

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ZAMS SONRASI ORTA KÜTLELİ YILDIZLARIN KİMYASAL BOLLUKLARI
İLE ATMOSFER PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Yahya NASOLO

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2023

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ZAMS SONRASI ORTA KÜTLELİ YILDIZLARIN KİMYASAL BOLLUKLARI İLE ATMOSFER PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Yahya NASOLO

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Şeyma ÇALIŞKAN TÜRKSOY

Bu tez çalışmasında geç B - erken F tayf türü aralığında olan sıfır yaş anakol sonrası orta kütleli ve düşük dönme hızına sahip 17 yıldızın kimyasal bolluk analizi, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde RTT150 teleskobu ile elde edilen yüksek çözünürlüklü tayfları kullanılarak gerçekleştirildi. Yıldızların atmosfer parametreleri, dikine hızları ve izdüşüm dönme hızları tayfsal olarak belirlendi. Bu parametreler kullanılarak her bir yıldız için yerel termodinamik denge ve düzlem paralel atmosfer varsayımlarını esas alan ATLAS9 kodu yardımıyla model atmosferler üretildi. Yıldızların tayfindan C, N, O, Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd ve Hg elementlerine ilişkin bolluk değerleri hesaplandı. Buna göre ilk kez analiz edilen yıldızlardan HD 4321, HD 125658, HD 137928, HD 154713 ve HD 159834'ün metalik çizgili, HD 2924 ve HD 26553'ün ise normal A-türünden olabilecekleri tespit edildi. Yıldızların Hertzsprung Russel diyagramında konumları belirlenip, kuramsal evrim yolu ve yaş çizgileri kullanılarak kütleleri ve yaşları öngörüldü. Belirlenen ısıtım gücü ve etkin sıcaklıkları yardımıyla yarıçapları hesaplandı. Atmosfer parametreleri ile kimyasal bollukları arasındaki olası ilişki Pearson, Spearman ve Kendall korelasyon analizi ile araştırıldı. Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi arttıkça Sc bolluğunda belirgin bir azalma, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Y, Zr ve Ba bolluklarında artma eğilimi gözlemlendi. Diğer taraftan yine Sc bolluğu azalırken Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Zr ve Ba bolluklarında bir artış görüldü.

Haziran 2023, 198 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yıldızlar, kimyasal bolluk analizi, kimyasal tuhaf yıldızlar, atmosferik parametreleri

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE RELATIONSHIPS BETWEEN ATMOSPHERE PARAMETERS AND CHEMICAL ABUNDANCES OF POST ZAMS STARS OF INTERMEDIATE MASS

Yahya NASOLO

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şeyma ÇALIŞKAN TÜRKSOY

In this study we performed chemical abundance analysis of 17 intermediate-mass, slow-rotating post zero age main sequence stars covering the late B to early F spectral type range using their high-resolution spectra obtained with the RTT150 telescope at TÜBİTAK National Observatory. The atmosphere parameters, radial velocities and projected rotational velocities were determined spectroscopically. Model atmospheres were computed for each star with the ATLAS9 code, which is based on local thermodynamic equilibrium and plane parallel assumptions. The abundances of C, N, O, Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, and Hg were measured from the spectra of the stars. Accordingly, HD 4321, HD 125658, HD 137928, HD 154713, and HD 159834 could be metallic-line stars, HD 2924 and HD 26553 could be of normal A-type. The positions of the stars on the Hertzsprung Russel diagram were determined. The masses and ages were predicted using theoretical evolution tracks and isochrones. Their radii were calculated using the obtained luminosity and effective temperatures. Pearson, Spearman, and Kendall correlation analyses were conducted to investigate the possible relationships between the parameters and chemical abundances. As the effective temperature and surface gravity acceleration increased, a significant decrease in Sc abundance and a tendency to increase in Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Y, Zr, and Ba abundances were observed. While Sc abundance decreased, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Zr, and Ba abundances increased.

June 2023, 198 pages

Key Words: Stars, chemical abundance analysis, chemically peculiar stars, atmospheric parameters

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda incelemek üzere, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nden veri elde etmem konusunda yardımcı olan ve bu süreçte maddi-manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Şeyma ÇALIŞKAN TÜRKSOY'a, Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri tüm değerli öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Açıklama borçlu olduğum biricik canım kızım Anita Rose Naderi NASOLO'ya, uzakta olsalar da hep yanımda hissettiğim aileme, başta Babam Fred NASOLO'ya ve Annem Emily NASOLO'ya ve kardeşlerim Ameena, Yasmeen ve Halima NASOLO'ya, her anlamda desteğiyle yanımda olan Harun ÇİÇEK Beye, Yücel ŞEN Beye ve Selçuk ÖZEL Beye ayrıca teşekkür ederim. Kızımın Annesi Sepideh NADERİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasında beraber benzer süreci geçirdiğim ve tez yazım konusunda çok dar vakti olmasına rağmen sağladığı desteğiyle Şengül YALGIN'a teşekkür ederim. Beraber çalışma fırsatı bulduğum Jannat ALAZZAWI'ya teşekkür ederim.

Süreçte varlığı ile destek olan Damla GÜMÜŞ'e ve can arkadaşım Veysel AKSOY'a teşekkür ederim. Eğitimimi gerçekleştirmem için destek sağlayan TUBİTAK BİDEB'e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam sırasında verdiği destekle birlikte, beraber mesai yaptığım Halide Kevser YAHŞI, iş arkadaşım ve dostum İbrahim Alperen YILDIRIM, zamanı olduğu sürece desteğini esirgemeyen Yağmur KABAK, Kübra Özge ÜNAL ve Çağla ALINCA'ya teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte anlayış gösteren yöneticilerim başta Ahmet BAYKURT Beye, Gökay UYMAZ Beye ve Erdal DENİZ Beye teşekkürlerim sunarım. Son olarak bir rüyamı anlatmak istiyorum.

Televizyon programındayız. Bir şeyler anlatırken her zaman olduğu gibi kapılmış, anlattıkça anlatıyorum. Moderatör dedi ki sen bunları nereden biliyorsun? Bunlar yüksek gizli bilgi. Şöyle bir baktım moderatöre ve “Sen neden mesleğimi

dedim. “Nedir ki senin mesleğin?” dedi. Astrofizikçiyim dedim. “Ne alakası var!” diye haykırdı. Yıldızlardaki gizli kalmış sırları ortaya çıkarıyoruz, yerdekiler mi bize sır kalacak derken uyandım. Bilinçaltını böyle çalıştırandır astronomi. Elinizde sadece ışınlam, koca evreni anlamaya çalışıyorsunuz. Hayattaki ufak bir ipucu ile arka plandakileri okuyabilmektir. Farklı açılardan bakabilmektir, geniş çerçeveden ayrıntıyı görebilmektir. Evet, bunları katmıştır bana bu dal. Bilim de cabası...

Yahya NASOLO
Ankara, Haziran 2023



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
2.1 Kimyasal Tuhaf Yıldızlar	7
2.1.1 Metalik çizgili (Am) yıldızlar	8
2.1.2 Ap ve Bp yıldızları	10
2.1.3 Civa-Mangan (HgMn) yıldızları.....	11
2.1.4 Anormal helyum bolluğuna sahip yıldızlar	12
2.1.5 λ Bootis yıldızları	13
2.2 Normal A-Türü Yıldızlar	13
2.3 Atomik Difüzyon Teorisi	14
2.4 Kalsiyum ve Skandiyum.....	16
2.5 Hedef Yıldızlar	16
2.5.1 Analizleri mevcut yıldızlar.....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1 Hedef Yıldızların Seçimi.....	26
3.2 Gözlemler.....	26
3.3 Gözlem Verilerinin İndirgenmesi	28
3.4 Çizgi Tanısı ve Eşdeğer Genişlik Ölçümü	30
3.5 Yıldızların Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi	32
3.5.1 Yıldız parametrelerinin fotometrik yöntemlerle belirlenmesi	34
3.5.2 Atmosfer parametrelerinin tayfsal yöntemlerle belirlenmesi.....	37
3.6 İzdüşüm Dönme Hızının ($v \sin i$) Belirlenmesi	39
3.7 Kimyasal Bolluk Analizi.....	40
3.8 İstatistiksel Analiz.....	42

3.8.1 P-değer	42
3.8.2 Örneklem büyüklüğü	43
3.8.3 Korelasyon analizi	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
4.1 Yıldızların Dikine ve İzdüşüm Dönme Hızları	47
4.1.1 Dikine hız yardımı ile yıldızların çift olma durumunun araştırılması	48
4.2 Yıldızların Atmosfer Parametreleri	48
4.2.1 Fotometrik yolla elde edilen yıldız parametreleri	48
4.2.2 Tayfsal yolla elde edilen atmosfer parametreleri	50
4.3 Bolluk Analizi Bulguları	56
4.4 İstatistiksel Analiz Bulguları	72
4.4.1 Kimyasal bolluk ile T_e arasındaki ilişkiler	73
4.4.2 Kimyasal bolluk ile $\log g$ arasındaki ilişkiler	74
4.4.3 Bolluklar arasında istatistiksel analiz sonuçları	75
4.5 Yıldızların Evrim Durumları	85
5. TARTIŞMA	90
5.1 Normal A-türü Yıldızlar	90
5.2 Klasik Am Yıldızları	92
5.3 Marjinal veya Hafif Am Yıldızları	93
5.4 HD 125658 ve HD 137928 Bollukları	95
5.5 Yıldızların Evrim Durumlarının Değerlendirilmesi	96
5.5.1 Yavaş dönen normal A-türü yıldızlar	97
5.6 Atmosferik Parametreler ve Kimyasal Bolluklar Arasındaki İlişkiler	99
5.6.1 Etkin sıcaklık ile kimyasal bolluklar arasındaki ilişkiler	99
5.6.2 Yüzey çekim ivmesi ile kimyasal bolluklar arasındaki ilişkiler	102
5.6.3 Bolluklar arasındaki ilişkiler	105
6. SONUÇ	108
KAYNAKLAR	111
EKLER	128
EK 1 Bu tez kapsamında ilk kez ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapılan yıldızların çizgi listesi	129
EK 2 Diğer yıldızların çizgi listesi	155
ÖZGEÇMİŞ	198

SİMGELER DİZİNİ

BD	Bolometrik Düzeltme
CP	Kimyasal Tuhaf
CP1	Metalik Çizgili Kimyasal Tuhaf Yıldız (Am-tür)
CP2	Bp/Ap Türü Kimyasal Tuhaf Yıldız
CP3	Kimyasal Tuhaf Civa-Mangan Yıldızı
CP4	Helyumca Fakir Kimyasal Tuhaf Yıldız
EG	Eşdeğer Genişlik
ED	Uyartılma Dengesi
FD	Fourier Dönüşümü
H ₀	Sıfır Hipotez
HgMn	Civa Mangan
HD	Henry Draper Katalog
HRD	Hertzprung Russel diyagramı
HIPPARCOS	High Precision PARallax Collecting Satellite
HFS	Aşırı İnce Yapı
ID	İyonizasyon Dengesi
IDL	Interactive Data Language
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
IRFM	Kızılötesi Akı Yöntemi
K	Kelvin
kG	kilo Gauss
km s ⁻¹	kilometre/saniye
log <i>g</i>	Yüzey Çekim İvmesi (cgs)
YTD	Yerel Termodinamik Denge
L _☉	Güneş'in Toplam Işınım Gücü, 3.86×10 ³³ erg s ⁻¹
L	Toplam Işınım Gücü
M _{bol}	Bolometrik Mutlak Parlaklık
Myıl	Milyon Yıl
M _v	Mutlak Görsel Parlaklık
M _☉	Güneş'in Kütlesi, 1.99×10 ³³ gr
RTT150	Rus-Türk Teleskobu 150 cm
S/G	Sinyal/Gürültü Oranı
SED	Tayfsal Enerji Dağılımı
TAMS	Anakoldan Ayrılma Noktası
<i>T_e</i>	Etkin Sıcaklık
Th-Ar	Toryum Argon
TUG	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
UD	Uyartılma Dengesi
VALD	The Vienna Atomic Line Database
<i>v_r</i>	Dikine Hız
<i>vsini</i>	İzduşum Ekvatoryal Dönme Hızı
ZAMS	Sıfır Yaş Anakolu

Kısaltmalar

Å	Angström
c	Işık hızı ($2.99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)
α	Sağ açıklık
δ	Dik açıklık
λ	Dalgaboyu
ξ	Mikrotürbülans
f_v	Işınımsal enerji akısı
σ	Standart sapma
σ_v	Toplam monokromatik soğurma kesiti
h	Planck sabiti ($6.6260755 \times 10^{-34} \text{ J s}$)
k	Boltzman sabiti ($8.617385 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$)
σ	Stefan-Boltzmann sabiti ($5.67037442 \times 10^{-8} \text{ kg s}^{-3} \text{ K}^{-4}$)
π	Paralaks
(m-M)	Uzaklık modülü
R	Çözünürlük ($\lambda/\Delta\lambda$)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Farklı iyonlar, atomlar ve moleküller için etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak yaklaşık çizgi şiddetleri.....	2
Şekil 3.1 HD 2924 yıldızının (a) bilimsel, (b) bias, (c) düz-alan ve (d) Th-Ar lamba tayfının ham görüntüleri	27
Şekil 3.2 HD 2924 yıldızı için seçilen açıklıkların bir gösterimi.....	29
Şekil 3.3 Yıldızların Mg Ib triplet bölgeleri için normalize edilmiş tayfları.	30
Şekil 3.4 HD 26553 için BinMag6 arayüzü ile eşdeğer genişlik ölçümü ve çizgi tanısı. Siyah gözlemsel tayf, kırmızı kuramsal tayf ve mavi eşdeğer genişlik ölçümü için yapılan Gauss fitini göstermektedir (EG = 5.54 pm).....	31
Şekil 3.5 HD 26553 için göreceli olarak zayıf Fe 5775.0643 Å çizgisinin eşdeğer genişlik ölçümü ve çizgi tanısı (EG = 0.36 pm)	31
Şekil 3.6 TempLogG uygulaması arayüzü.....	36
Şekil 3.7 IBM SPSS arayüzü (a), Minitab arayüzü (b)	44
Şekil 4.1 HD 26553 için tayfsal yöntemle (yukarıdan aşağıya) ξ , T_e ve $\log g$ belirlenmesine bir örnek	51
Şekil 4.2 HD 2924 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	53
Şekil 4.3 HD 4321 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	53
Şekil 4.4 HD 26553 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	54
Şekil 4.5 HD 125658 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	54
Şekil 4.6 HD 137928 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	55
Şekil 4.7 HD 154713 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	55
Şekil 4.8 HD 159834 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması	56
Şekil 4.9 Yıldızların HR diyagramında konumları	88
Şekil 4.10 Analizi yenilenen yıldızların HR diyagramında konumları.....	88
Şekil 5.1 HD 2924 ve HD 26553 yıldızlarının kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir	90
Şekil 5.2 HD 170920, HD 202240, HD 205939 ve HD 210516 yıldızlarının kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir	91

Şekil 5.3 HD 4321, HD 125658 ve HD 154713 yıldızların kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.	92
Şekil 5.4 HD 33266 ve HD 187340 yıldızların kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.	93
Şekil 5.5 HD 137928 ve HD 159834 kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.	94
Şekil 5.6 HD 23193, HD 178187 ve HD 182564 yıldızların kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.	94
Şekil 5.7 HD 125658 ve HD 137928 yıldızlarının öz hareketi.	95
Şekil 5.8 HR diyagramındaki δ Scutilerin bölgesi.	96
Şekil 5.9 Çalışılan yıldızların kütlelerinin dağılımı.	98
Şekil 5.10 Etkin sıcaklık ile Sc bolluğu arasındaki anti-korelasyon.	99
Şekil 5.11 Etkin sıcaklık ile S bolluğu arasındaki korelasyon.	100
Şekil 5.12 Etkin sıcaklık ile demir grubu element bollukları arasındaki korelasyonlar.	101
Şekil 5.13 Etkin sıcaklık ile ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar.	102
Şekil 5.14 $\log g$ ile Sc ve Ca bollukları arasındaki anti-korelasyonlar.	103
Şekil 5.15 $\log g$ ile demir grubu element bollukları arasındaki korelasyonlar.	104
Şekil 5.16 $\log g$ ile ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar.	104
Şekil 5.17 Sc ile Fe ve Zn bollukları arasındaki korelasyonlar.	105
Şekil 5.18 Demir grubu element bollukları arasındaki korelasyonlar.	106
Şekil 5.19 Demir grubu ve ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar.	107
Şekil 5.20 Ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar.	107
Şekil 6.1 Yıldızların sınıflandırma oranı.	108

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Yıldızların literatürdeki verileri	17
Çizelge 2.2 Analizleri mevcut yıldızların literatürdeki verileri	21
Çizelge 2.3 Gaia DR 2 fotometrik değerleri ile belirlenen etkin sıcaklıklar.....	25
Çizelge 3.1 Hedef kaynaklar ilişkin gözlemsel bilgiler.	26
Çizelge 3.2 Yıldız tayfların S/G değerleri.....	28
Çizelge 4.1 Yıldızların ölçülen dikine hız (v_r) ve $v \sin i$ değerleri.....	47
Çizelge 4.2 Yıldızların $ubvy\beta$ indisleri	49
Çizelge 4.3 Fotometrik olarak elde edilen başlangıç atmosfer parametreleri	49
Çizelge 4.4 Tayfsal olarak hesaplanan atmosfer parametreleri	52
Çizelge 4.5 HD 2924 yıldızının element bollukları ve hataları	58
Çizelge 4.6 HD 4321 yıldızının element bollukları ve hataları	59
Çizelge 4.7 HD 26553 yıldızının element bollukları ve hataları	59
Çizelge 4.8 HD 125658 yıldızının element bollukları ve hataları	60
Çizelge 4.9 HD 137928 yıldızının element bollukları ve hataları	61
Çizelge 4.10 HD 154713 yıldızının element bollukları ve hataları	62
Çizelge 4.11 HD 159834 yıldızının element bollukları ve hataları	63
Çizelge 4.12 HD 23193 yıldızının element bollukları ve hataları	64
Çizelge 4.13 HD 33266 yıldızının element bollukları ve hataları	64
Çizelge 4.14 HD 170920 yıldızının element bollukları ve hataları	65
Çizelge 4.15 HD 178187 yıldızının element bollukları ve hataları	66
Çizelge 4.16 HD 182564 yıldızının element bollukları ve hataları	67
Çizelge 4.17 HD 187340 yıldızının element bollukları ve hataları	68
Çizelge 4.18 HD 196821 yıldızının element bollukları ve hataları	69
Çizelge 4.19 HD 202240 yıldızın element bollukları ve hataları.....	69
Çizelge 4.20 HD 205939 yıldızının element bollukları ve hataları	70
Çizelge 4.21 HD 210516 yıldızının element bollukları ve hataları	71
Çizelge 4.22 Kimyasal bolluklar ile T_e arasındaki istatistiksel analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.23 Kimyasal bolluklar ile $\log g$ arasındaki istatistiksel analiz sonuçları	74
Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi	75

Çizelge 4.25 Bolometrik düzeltme için kullanılan, sıcaklığa bağlı katsayılar	86
Çizelge 4.26 Yıldızların HR diyagramındaki konumlarının belirlenmesi için gerekli parametreler	87
Çizelge 4.27 Yıldızlar için öngörülen kütle, yaş ve yarıçap	89



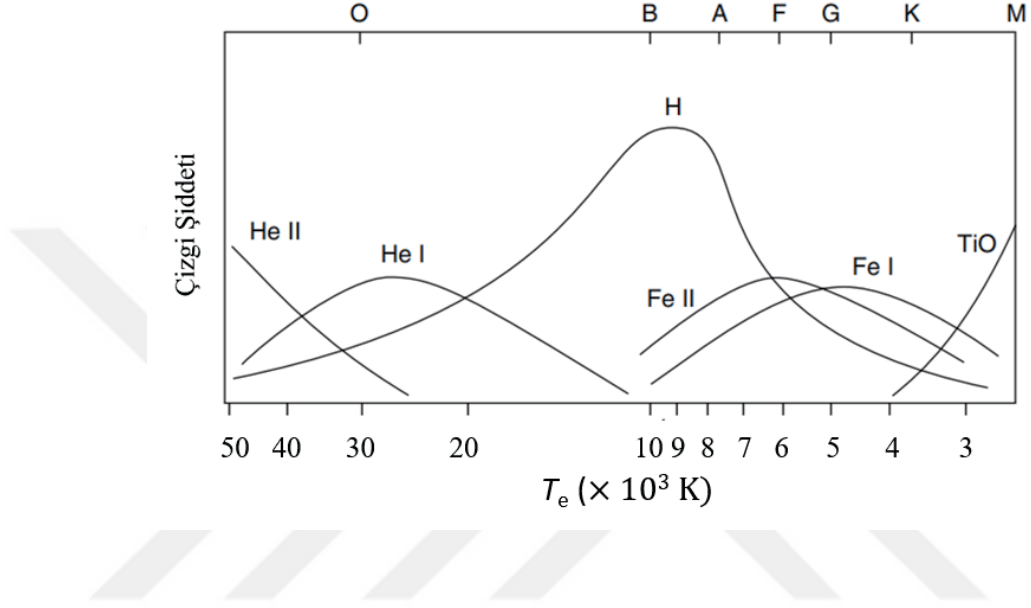
1. GİRİŞ

Eddington (1926)'a göre, “Çok da uzak olmayan bir gelecekte yıldız gibi bir cismi oldukça basit bir şekilde anlayabileceğimizi düşünmek hiç de sıra dışı değildir”. O günden bugüne, yıldızları anlamak adına hem fotometrik hem de tayfsal birçok analiz yöntemi geliştirildi. İç yapıları ‘Astrosismoloji’ gibi farklı yaklaşımlar kullanılarak önemli ölçüde anlaşıldı. Yüksek çözünürlüklü tayflar yardımıyla yıldızların ayrıntılı kimyasal bolluk analizleri yapıldı ve atmosferlerinin kimyasal bileşimleri incelenebildi. Öte yandan, yıldızların evrim süreçleriyle ilgili çalışmalar konusunda hem teorik hem de gözlemsel olarak çok yol kat edildi.

Daha çok yıldızın incelenmesi daha çok soruyu beraberinde getirdi. Bunun en belirgin örneği, uzun süredir var olan A tayf türü yıldızlarda görülen kimyasal tuhaflıklardır. Çift sistem üyesi olmayan bir yıldızın evrimini belirleyen en önemli parametreler, yıldızın kütlesi ve metalisitesidir. Yıldızın atmosfer parametreleri olan etkin sıcaklık (T_e) ve yüzey çekim ivmesi ($\log g$) büyük ölçüde bu parametrelere bağlıdır.

Yıldızların atmosfer parametreleri ile tayf çizgilerinin şiddeti arasında bir ilişki olduğu ortaya konuldu. Yıldız tayflarında genel olarak görülen birkaç atom, iyon ve molekülün çizgi şiddeti Şekil 1.1’de sıcaklığın bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir (LeBlanc 2010). Erken O türünden bir yıldızın tayfı güçlü He II çizgileri ile karakterize edilirken, bu tayf türü yıldızlarda nötr helyum çizgileri zayıftır. Hidrojen çizgileri ise yoktur veya son derece zayıftır. Geç O türünden B türüne doğru gidildikçe nötr helyum çizgileri belirginleşir. Hidrojen çizgileri ise daha da şiddetlenir. B tayf türünde güçlü nötr helyum çizgileri hakimdir. Zayıf olan hidrojen çizgileri, B0’dan B9’a doğru gittikçe güçlenir. A türünden bir yıldızın tayfında helyum çizgileri kaybolurken, hidrojen çizgileri çok şiddetlenir. Önemli ölçüde zayıf metal çizgileri görülür. A0 tayf türünden F0 tayf türüne doğru gidildikçe Ca II’nin H ve K çizgilerinin şiddeti hızla artar. F tayf türünde hidrojen çizgilerinin şiddeti azalır, metal çizgilerinin ve Ca II’nin H ve K çizgilerinin şiddeti ise artar. F tayf türünden G tayf türüne doğru çizgi şiddeti değişimi devam ederken, moleküler bantlara ilişkin çizgiler görülmeye başlar. K tayf türünde, Ca II’nin H ve K çizgisi şiddetli olup hidrojen çizgileri çok zayıftır. Çok sayıda soğurma çizgisi ve

moleküler çizgiler görülmesinden dolayı, bu tayf türündeki yıldızlarda özellikle kısa dalgaboyu bölgesinde süreklilik belirlenmesi oldukça güçtür. M türünden bir yıldızın tayfında ise TiO bantları hakim olup nötr metallerin çizgileri de şiddetlidir. Moleküler soğurma bantları belirgin olup tayf türü boyunca şiddetlenir. Hidrojen çizgileri görülmeyecek kadar zayıflar (bkz. Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Farklı iyonlar, atomlar ve moleküller için etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak yaklaşık çizgi şiddetleri

Belirli kütleler ve metalisiteler için yıldızların evrim yolunu modellemek mümkün olsa da benzer atmosfer parametrelerine sahip yıldızların kimyasal bileşimi beklenenden farklı bir kimyasal dağılım sergileyebilmektedir. Yıldızların kimyasal evrim süreçlerine bakıldığında, gözlenen bolluk dağılımlarının sadece kimyasal evrimle açıklanamayacağı görülmektedir. Genel anlamda, yıldızlar kimyasal bileşim bakımından doğdukları yerin kimliğini taşımalarına karşın yeterince anlaşılamamış yıldız iç süreçleri nedeniyle zamanla değişir. Geç B - erken F tayf türü aralığında bulunan sıfır yaş anakol (ZAMS) sonrası orta kütleli yıldızların, önemli bir kısmının bu iç süreçleri yansıtan kimyasal bolluk tuhaflıkları sergilemeleri nedeniyle, özellikle dikkate değer oldukları fark edilmiştir. Bu nedenle böyle yıldızların kimyasal bolluk dağılımı uzunca bir süredir araştırma konusudur.

Cannon (1897) ile Maury ve Pickering (1897), belirli yıldızların tayflarında görülen atomik türlere ilişkin bazı çizgilerin, normal yıldızlara kıyasla anormal derecede güçlü veya zayıf olduğunu fark ettiler. Bu yıldızlar kimyasal tuhaf olarak bilinmektedir. Karşımıza çıkan temel soru ise, bu atomik türlerin yıldızın atmosferinde böyle bir dağılımı nasıl sergilediğidir. Gözlenen bu kimyasal tuhaflikları açıklamak için çeşitli teoriler öne sürülmüştür. Başlangıçta, bu yıldızların atmosferlerinin fiziksel yapısında bilinmeyen bir olgu olduğu ve tayflarında anormal çizgilerin varlığına neden olabileceği düşünüldü. Ancak bu potansiyel çözüm, kimyasal olarak tuhaf yıldızların tayfını yeterince açıklayamadığı için kabul görmedi.

Bir diğer yaklaşım ise, bu yıldızların atmosferinde anormal element bolluklarına sahip olmalarıdır. Bu tuhaf element bolluklarının nedenini açıklamak için çeşitli süreçler önerilmiştir. Önerilen ilk süreç, kimyasal tuhaflığın serbest nötronların çekirdekler tarafından yakalanmasıyla meydana geldiği yönündeydi. Çekirdekler daha sonra bir bozunma tepkimesi yoluyla diğer elementlere bozunur fikri ortaya atıldı. Önerilen başka bir diğer süreç, α parçacıklarının yıldızların atmosferindeki çekirdeklerle tepkimeye girerek ortamdaki elementlerin bileşimini değiştirmesidir. Bu modelde, α parçacıklarının çekirdeklerle etkileşmesi için gereken yüksek hızların, çok büyük manyetik alanlar nedeniyle elde edildiği varsayılmaktaydı. Ancak bu tür çekirdek tepkimeleri için gerekli olan manyetik alan şiddetlerinin, manyetik yıldızların yüzeyinde gözlenenden çok daha büyük olması soru işaretlerini de beraberinde getirdi. Ayrıca, kimyasal olarak tuhaf yıldızların tümü manyetik alana sahip olmadığından, bu süreç, manyetik olmayan yıldızlar için gözlenen bolluk anomalilerinin kaynağı olamazdı (Boyd 2008). Önerilen bu nükleer süreçler, kimyasal olarak tuhaf yıldızların çeşitliliğini ve gözlenen bollukların etkin sıcaklıklarına bağımlılığını açıklayamamaktadır. Yıldızlarda gözlenen kimyasal tuhaflığı, zenginleştirilmiş maddenin yıldızın yüzeyinde birikmesiyle açıklamaya çalışan başka bir teori de başarılı olmadı (LeBlanc 2010).

Michaud (1970), kimyasal olarak tuhaf yıldızlarda gözlenen bolluk anomalilerinin, nükleer değil, atomik süreçlerin bir sonucu olduğunu öne sürdü. Bu teoride, elementler ışıınım alanından foton soğurma kapasitelerine göre yıldızın çeşitli derinliklerinde katmanlaşır. Bir atom bir fotonu soğurduğunda (bağlı-bağlı veya bağlı-serbest geçişler

ile) fotonun momentumu atoma aktarılır ve atom ışımsal kuvvete maruz kalır (Landstreet 1998). Yıldızlarda merkezden yüzeye doğru pozitif bir ışımsal akısı bulunduğundan, momentum transferi atomları yüzeye doğru iterken kütleçekimi merkeze doğru çeker (Landstreet 2014). Bu teoremin temeli; ışımsal kuvvet kütleçekim kuvvetinden büyük olduğunda, atomlar yıldızın yüzeyine doğru yayılırken, kütleçekimi ışımsal kuvvete galip geldiğinde aynı atomların merkeze doğru batmasıdır. Elementlerin belirli derinliklerde birikmesine neden olan bu sürece atomik difüzyon denir. Farklı türler farklı soğurma kabiliyetlerine sahip olduğundan, türler birbirlerine göre dağılırlar ve bazı elementler yüzeyde daha fazla bulunurken diğerleri daha az bulunur. Çok sayıda çalışma, difüzyon teorisinin belirli ölçüde, kimyasal olarak tuhaf yıldızların yüzeyinde gözlenen bolluk anomalilerinin çoğunu açıklayabildiğini göstermiştir (bkz. Vauclair ve Vauclair 1982, Alecian ve Vauclair 1983, Landstreet vd. 1998). Elementlerin yıldızlardaki dağılımı, yalnızca yüzeylerinde gözlenen bolluklarını değil, aynı zamanda yıldızların yapısını ve evrimini de etkileyebilir.

Belirli bir yıldızda çeşitli derinliklerde elementlerin birikmesi veya azalması, dalgaboyuna bağlı donukluğu değiştirdiğinden ışımsal geçişini de değiştirir. Bu durumun yıldızın yapısı üzerinde ve dolayısıyla HR diyagramındaki evrim yolunun konumu üzerinde ihmal edilemez bir etkisi olabilir. Atomik difüzyon, Astorosismoloji’de de rol oynayabilir. Örneğin, β Cephei türü yıldızların zonklamalarının, demir grubu elementlerin belirli katmanlarda birikmesine katkısı olduğu düşünülmektedir (Alecian ve Morgan 2023). Bu zonklamalar, element birikmesinin neden olduğu donukluk artışı nedeniyle hapsolan ışımsal tarafından yönetilir.

Bir element iyonunun difüzyon hızının büyüklüğü,

$$V_{\text{dif}} \approx D_i \left[-\nabla \ln C_i + \frac{A_i m_p g_{\text{rad}}}{kT} - \{(A_i - 1) + (A_i - Z_i) f_p\} \nabla \ln P \right] \quad (1.1)$$

ile tahmin edilebilir (Burgers 1960, Vauclair ve Vauclair 1982, Alecian ve Vauclair 1983, Landstreet vd. 1998). Burada D_i , ele alınan iyonun difüzyon katsayısı olup, A_i ve Z_i sırasıyla atom ağırlığını ve yükünü, C_i konsantrasyonunu ve g_{rad} de ışımsal

ivmelenmeyi temsil eder. T , P ve f_p değişkenleri yerel sıcaklık, basınç ve H II iyonizasyon kesridir. Köşeli parantez içinde bulunan ilk terim, derinliğe göre bir konsantrasyon gradiyenti olduğunda, kendiliğinden meydana gelen difüzyondur (LeBlanc vd. 2009).

Denklem (1.1)'de verilen iki önemli parametre difüzyon bölgesindeki sıcaklık ve basınçtır. Belirli bir yıldız için bu bölgesel parametreler önemli ölçüde T_e ve $\log g$ ile ilişkidir. T_e ve $\log g$, yıldızın en önemli atmosfer parametreleridir. Basıncın da dolaylı olarak T_e 'ye bağlılığı söz konusudur. Karacisim ışıması için ışıyım basıncı,

$$P_r = \frac{1}{3} a T^4 \quad (1.2)$$

ile verilir. Burada a ,

$$a = \frac{8\pi^5 k^4}{15c^3 h^3} = \frac{4\sigma}{c} \quad (1.3)$$

ile ifade edilir. Burada, h Planck sabiti, c ışık hızı, σ Stefan-Boltzmann sabiti ve k Boltzmann sabitidir. Işıyımsal ivmelenme, sıcaklığa bağlı olan ışıyım basıncı ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, ışıyımsal ivmelenme ve kütleçekimsel çökmeyi esas alan kimyasal ayrışma modeli, temel parametreler ile ilişkilendirebilir. Atomik difüzyon seçici olarak kimyasal elementleri etkiler ve yıldızlardaki basınç ve sıcaklık gibi iç gradyanların doğrudan bir sonucudur (Campilho vd. 2022). Atomik difüzyonun önemli olduğu diğer G, F ve A türü anakol yıldızlardır. Yıldız yapısı ve bolluk üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu için atomik difüzyonun dikkate alınması önemli olmaktadır (bkz. Richer vd. 2000, Michaud vd. 2011, Deal vd. 2018). Atmosfer parametrelerinin atomik difüzyona bağlı kimyasal ayrışma üzerindeki etkisi, yıldızların atmosferlerindeki element bolluklarıyla atmosfer parametreleri arasındaki olası ilişkiler kullanılarak belirlenebilir. Doğru bir şekilde modellendiğinde atomik difüzyon, yıldız iç yapısındaki makroskopik taşıma süreçlerinin verimliliğini anlamak için kullanılabilir (Richard 2005, Michaud vd. 2011, Semenova vd. 2020, Deal vd. 2020).

Tayf türü B, A ve F aralığında yer alan Pop I yıldızlarından ZAMS sonrası orta kütleli yıldızların azımsanmayacak bir kısmında (yaklaşık %30 kadarında) kimyasal bolluk tuhaflıklarının sergilendiği gözlenmiştir (Michaud vd. 2015). Kimyasal tuhaf (CP) yıldızların atmosferlerindeki bolluk anomalilerinin atomik difüzyon ve teorik modellerle açıklanabileceği öngörülmekte olduğundan etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve izdüşüm dönme hızı gibi temel parametrelerle bolluk arasında ilişki olup olmadığını bilmek önemlidir.

Bu doğrultuda, A tayf türünden düşük dönme hızına sahip 17 yıldız seçilerek kimyasal bolluk analizi gerçekleştirildi ve elde edilen bolluklar ile atmosfer parametreleri arasındaki olası korelasyon/anti-korelasyonlar araştırılması amaçlandı. Çalışmada düşük dönme hızına sahip kaynaklar seçildiğinden, dönme hızına göre önemli bir korelasyon beklenmemektedir. Hedef yıldızlardan HD 2924, HD 4321, HD 26553, HD 125658, HD 137928, HD 154713 ve HD 159834'ün ayrıntılı kimyasal bolluk analizi ilk kez bu çalışma kapsamında gerçekleştirildi. Diğer 10 kaynak ise bu yedi yıldızla aynı gözlem düzeneği kullanılarak gözlenmiş olmaları gerekçesiyle literatürde ayrıntılı kimyasal bolluk analizine sahip olsalar bile çalışma kapsamına alındı. Böylece tüm kaynakları homojen bolluk analizine tabi tutarak, güvenilir bir istatistiksel analiz sağlamak için gerekli olan sayıda örneklem elde edilmesi sağlandı.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Kimyasal Tuhaf Yıldızlar

Kimyasal tuhaf yıldızlar ilk olarak, tayflarında çeşitli atomik türlere ilişkin güçlü soğurma çizgilerinin varlığı nedeniyle Maury ve Pickering (1897) tarafından fark edildi. Öyle ki, sözü edilen atomik türlerin bollukları bu yıldızlarda Güneş bolluklarına göre birkaç kat daha fazladır. Bu durum, yıldız nükleosentezini gözlemlerden elde edilen sonuçlarla bağdaştırmaya çalışan astrofizikçiler için ciddi bir zorluk oluşturdu. Örneğin, genç kümelerde yer alan Ap yıldızlarının varlığını, ileri bir evrim aşamasındaki iç tepkimeler nedeniyle olduğu varsayımıyla bağdaştırmak zordur (Fowler vd. 1965).

Kimyasal tuhaf yıldızların farklı çeşitleri mevcut olup bu çeşitlilik birçok nedenden kaynaklanmaktadır. Örneğin, farklı T_e 'a sahip kimyasal tuhaf yıldızlar, çok farklı bolluk anomalileri sergileyebilir (LeBlanc 2010). Bu yıldızların bazıları güçlü manyetik alanlara sahipken, bazıları kayda değer manyetik alanlara sahip değildir. Güçlü manyetik alanların varlığı, yıldızlardaki element dağılımları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Manyetik yıldızlar için gözlenen bolluklar, manyetik olmayan benzerlerinden farklıdır. Bu bakımdan, kimyasal tuhaf yıldızların sınıflandırılması önemlidir.

Tarihsel olarak, kimyasal tuhaf yıldız terimi, üst anakol yıldızlarıyla ilişkilendirilmiştir. Preston (1974) kimyasal tuhaf yıldızları CP1, CP2, CP3 ve CP4 olmak üzere dört sınıfa ayırmıştır. CP1 yıldızları, AmFm ile gösterilen metalik çizgili yıldızlardır. A ve F tayf türlerinin yanında yer alan m harfi, bazı metal çizgilerinin bu yıldızlarda baskın olduğu anlamını taşımaktadır. CP2 yıldızları ApBp yıldızları olup tayf türünün yanına yazılan p harfi tuhaf anlamına gelmektedir. Bu yıldızların güçlü manyetik alanları vardır. CP3 (HgMn) yıldızları, önemli miktarda Hg ve Mn bollukları ile karakterize edilen yıldızlardır. Son olarak, CP4 grubu, atmosferik helyum bolluğu düşük olan helyumca-zayıf yıldızlarıdır. Preston sınıflamasında yer almasa da helyumca-zengin olan ve λ Boo türü olan tuhaf yıldızlar da mevcuttur.

2.1.1 Metalik çizgili (Am) yıldızlar

Am yıldızları, üç tayfsal özellik ile karakterize edilir: Balmer çizgilerinin şiddeti, aynı sıcaklıktaki normal A-türü yıldızlardan daha zayıf olan Ca II K çizgileri ve normal muadillerine göre şiddetli metal çizgilerdir. Tipik bir Am yıldızının tayfında, Ca II K çizgisinin şiddeti Balmer çizgilerinden daha zayıftır ve daha erken tayf türündekilere benzer. Metal çizgileri daha yoğundur ve daha geç tayf türündekilere benzer (Roman vd. 1948). Abt ve Morgan (1976) çalışmasına göre, bu tür yıldızlar tayflarındaki Ca II K çizgisinin şiddeti bakımından en az beş alt türe ayrılmıştır. Bu alt türlerin tayfları yine Ca II K çizgisinin şiddeti bakımından kendilerine göre daha erken tayf türündeki normal yıldızın tayfına benzemektedir. Yani, A7 tayf türünden bir yıldızın Ca II K çizgileri A2 tayf türünden bir normal yıldızın tayfını andırır ve bu tür Am yıldızlarına klasik Am yıldızı denmektedir. Eğer Ca II K çizgi şiddeti bakımından yıldızlar arasındaki alt tayf türü farkı beşten az ise (örneğin A7 ile A5 gibi), yıldız marjinal Am yıldızı olarak adlandırılmaktadır (Trust vd. 2021). Buna göre, yıldızın Ca bolluğu Güneş bolluğuna yakın olup metal bakımdan ise klasik Am bolluğu sergiler.

Metalik çizgili yıldızlar ilk olarak Titus ve Morgan (1940) tarafından bir grup olarak kabul edildi. AmFm yıldızları, $7000 \text{ K} < T_e < 10\,000 \text{ K}$ etkin sıcaklık aralığındaki manyetik olmayan anakol yıldızlarıdır (Cayrel vd. 1991). Başlıca özellikleri, atmosferlerinde Ca ve/veya Sc element bolluklarının düşük olmasıdır. Sc II ve/veya Ca II bolluğunun düşüklüğü bu sınıf için bir keşif kriteridir (Michaud vd. 2015). Gözlemsel istatistiklere bakıldığında, Am yıldızlarının çoğu yavaş dönmektedir (Fossati vd. 2008). Bu durum, ışımsal difüzyon ve kütleçekimsel çökmeye bağlı kimyasal ayrışma hipotezini destekler niteliktedir. Çünkü yavaş dönme hızının kimyasal ayrışma olgusunu yok etmesi beklenmez (Michaud vd. 2015). Yakın çift sistemler için ise, yavaş dönme hızı gelgit senkronizasyonu ile ilişkilendirilir (Khokhlova 1981). Bu yıldızların önemli bir oranının çift sistem olduğu bilinmektedir. Kimyasal ayrışma, bu yıldızların yavaş dönüşü göz önüne alındığında beklenen sakin atmosferler gerektirir (Takeda vd. 2008, Fossati vd. 2008, Abt 2009).

Genellikle demir grubu elementlerden daha düşük atomik kütleye sahip türler için küçük anomaliler görülür: Ca bolluğu düşük, Sc bolluğu da oldukça düşüktür. Fe bolluğu Güneş bolluğuna göre 3 kata, Ni bolluğu 10 kata kadar fazla görülür. Bu yıldızlar Eu'un aşırı bolluğu ile karakterize edilir (Michaud vd. 2015). Dış katmanı konvektif olup gözlenen yüzey bolluk tuhaflıkları daha derin bölgelerden kaynaklanmaktadır. Gözlenen bolluk tuhaflıklarından sorumlu olduğu düşünülen sürece dair ilk senaryo, bu tuhaflıkların hidrojen iyonizasyonu nedeniyle oluşan bir yüzey konvektif bölgesinin tabanında atomik difüzyonla oluşmasıdır. Am yıldızlarında normal A-türü yıldızların aksine helyum konveksiyon bölgesi yoktur, çünkü helyum bu yıldızların daha derin bölgelerine yerleşir. Am yıldızlarında helyumun daha derinlere yerleşmesinin nedeni, kütleçekimine kıyasla ışımsal ivmelenme tarafından yeterince desteklenmemesidir (Smith, 1971). Atomik difüzyon nedeniyle hidrojen konveksiyon bölgesinin tabanında biriken elementler karışır ve konveksiyonla yüzeye taşınır. Bu karışım bölgesinin tabanında bulunan Ca iyonu, Ar benzeri bir konfigürasyonda olduğundan, yani iki kez iyonize olduğundan, ışımsal ivmelenmeden fazla etkilenmez (Watson, 1970a). Soygaz konfigürasyonlarındaki türlerin ışıma kuvveti nispeten zayıftır ve kütleçekim nedeniyle yıldızın merkezine doğru yayılırlar. Bu süreç, Am yıldızlarının yüzeyinde gözlenen düşük kalsiyum bolluğunu açıklar. Atomik difüzyon içeren güncel yıldız evrim modelleri, AmFm yıldızlarının belirli derinliklerinde demir birikiminin bir konveksiyon bölgesine yol açabileceğini göstermektedir (Michaud vd. 1976). Demirin fazla oluşu nedeniyle donukluğun artması burada konveksiyonu tetikler. Bu nedenle, yüzey konvektif bölgesinin derinliği, AmFm yıldızlarının varlığını açıklamak için alternatif bir senaryo oluşturur. Işımsal ivmelenmelerin etkisi de dahil olmak üzere, dış konveksiyon bölgesinin altındaki difüzyon hızları hesaplanırsa, Am yıldızlarında gözlenen bolluk anomalileri ile niteliksel bir uyum elde edilir. Öyle ki, Am yıldızlarındaki aşırı bol elementlerin yukarı doğru difüzyon hızı en büyük iken, bolluğu en düşük elementlerin aşağı doğru difüzyon hızları en büyüktür (Michaud vd. 2015). Bu durum, AmFm yıldızlarının, en dıştaki konveksiyon bölgesinin altındaki kimyasal ayrışmanın sonucu olduğu önerisini gözlemsel olarak desteklemektedir. Ayrılmanın gerçekleşmesi için gerekli fiziksel koşullar, H-He I konveksiyon bölgesinin altındaki koşullardır. He II konveksiyon bölgesinin altında bu koşullar yoktur, böylece esas olarak ayrışmanın meydana geldiği katmanda, Ca ve Sc'nin maruz kaldığı ışımsal ivmelenme kütleçekiminden daha küçük olmaktadır. Vauclair vd.

(1974), He'nin kütleçekimsel çökmesinin 10^6 yıl sonra He II konveksiyon bölgesinin kaybolmasına yol açtığını ve ayrışmanın H-He I konveksiyon bölgesinin altında gerçekleşmesine olanak sağladığını gösterdi. Bu aynı zamanda Am yıldızlarının neden δ Scuti yıldızları gibi zonklamadığını da açıklar (Baglin 1972).

Gözlenen kimyasal anomalilerin 7000 ile 10 000 K etkin sıcaklık aralığı boyunca olması, bu olgunun dış konvektif katman ile olası ilişkisini güçlendirir (Michaud vd. 1976). Etkin sıcaklıktaki 10 000 K üst limiti, dış konveksiyon bölgesinin kaybolmasıyla ve 7000 K alt limiti ise yüzey konveksiyon bölgesinin hızlı genişlemesiyle belirlenir. Alt sıcaklık limitinin 7000 K olmasına karşın, karışım uzunluğu parametresinin değerine daha duyarlı olmasına bağlı olarak bu limit 6500 K'e kadar inebilir. Bu yaklaşım, Am türünden yıldızlar arasında kimyasal değişimi göstermez. Sadece genel yapıyı yansıtır.

Atomik difüzyonla rekabet eden en az bir hidrodinamik süreç daha olmalıdır. Bu süreç türbülans ise, Ca ve Sc'nin H-He I konveksiyon bölgesinin altına yerleşmesi için türbülans değeri o kadar küçük olmalıdır ki, bu küçük değerler için Mn ve Eu AmFm yıldızlarında çok fazla bulunabilmelidir (Vauclair vd. 1978).

2.1.2 Ap ve Bp yıldızları

Ap ve Bp yıldızları, $7000 \text{ K} < T_e < 15\,000 \text{ K}$ etkin sıcaklık aralığında yer alan ve güçlü manyetik alanlara sahip anakol yıldızlarıdır. Yüzeylerinde yaklaşık birkaç on kG'ye kadar değerlere ulaşan şiddetli manyetik alanlara sahiptir. Yıldız manyetik alanlarının, incelenen yıldızın türüne bağlı olarak iki kaynağı olduğu düşünülmektedir. Güneş gibi bazı yıldızların manyetik alanı, içlerindeki plazma akımları tarafından oluşturulmaktadır. Bu yaklaşıma dinamo teorisi denmektedir. Öte yandan yıldızlarda manyetik alanın varlığı, yıldızın olduğu bulutsuda bulunan galaktik manyetik alanın bir göstergesidir. Ön-yıldızın büzülmesi, bu galaktik alanın manyetik alan çizgilerini yoğunlaştırır ve bu nedenle yıldız oluştuğunda manyetik alan da yoğunlaşır. ApBp yıldızları gibi bazı yıldızlardaki manyetik alanın kaynağı, bu fosil manyetik alan teorisi ile açıklanır (Alecian vd. 2016). Ağır ve nadir toprak elementleri bakımından, Güneş değerlerinin 10^5 katına ulaşan aşırı bolluklar sergiler. Demir grubu elementleri ise bu yıldızların atmosferinde

aşırı bol olarak bulunur (Ghazaryan vd. 2018). Manyetik ApBp yıldızlarının en az iki alt grubu vardır: oldukça aşırı nadir toprak elementi bolluğu gösteren soğuk ($T_e \leq 10\,000\text{K}$) SrCrEu alt grubu ve aşırı miktarda Si gösteren sıcak Si alt grubudur (Leckrone 1981, Ryabchikova vd. 1999a, Kochukhov vd. 2006). Güçlü bir manyetik alanın varlığının, bu yıldızların atmosferindeki konvektif hareketleri engellediği tahmin edilmektedir. Bu varsayım, bolluk anomalilerinin yıldızın derinliklerinden kaynaklandığı Am yıldızlarının aksine, atomik difüzyon süreci Ap yıldızlarının atmosferlerinde işliyor olabilir (LeBlanc 2010). Yüklü iyonların hızı Lorentz kuvvetiyle değiştirildiğinden, bir manyetik alanın varlığı atomik türlerin difüzyonunu da değiştirir. Öte yandan Zeeman etkisi de devreye girebilir. Ap yıldızlarının yüzeyinde tespit edilen karmaşık manyetik alan konfigürasyonları, yüzeylerinde belirli elementlerin fazla veya az olabileceği bölgesel kümeleşmeye de yol açabilir. Si, Sr, Cr, Eu ve He gibi elementlere ait tayf çizgileri aşırı güçlü ya da zayıf yapılar sergilemektedir (Hubrig vd. 2010). Atmosferde difüzyon sürecinin etkin oluşu yine orada dikey bolluk tabakalaşmasına da yol açabilir (LeBlanc 2010). ApBp yıldızlarına ilişkin yapılan gözlemlerden elde edilen sonuçlar bu eğilimi doğrulamaktadır. Bu tür bolluk tabakalaşmaları atmosfer yapısını hem yatay hem de dikey olarak değiştirir.

2.1.3 Civa-Mangan (HgMn) yıldızları

Civa-Mangan (HgMn) yıldızları, AmFm yıldızlarının yüksek etkin sıcaklıklı uzantısı olarak görülmektedir. $10\,000\text{ K} < T_e < 16\,000\text{ K}$ etkin sıcaklık aralığında manyetik olmayan anakol yıldızlarıdır. İlk tanımlanmalarında, kimyasal olarak özel sıcak ApBp yıldızları ailesinin bir parçası olarak kabul edildiler (Morgan 1933). HgMn grubu çok iyi tanımlanmış bir grup olmayıp, Am yıldızlarına ilişkin olguların kaybolduğu sıcaklıkta başlar ve yaklaşık $16\,000\text{ K}$ 'da biter (Dworetsky 1993). Dönme hızları 100 km s^{-1} 'den küçük olmakla birlikte, bu yıldızlar yavaş dönen yıldızlardır (Wolff ve Wolff 1974). HgMn yıldızlarının temel özelliklerinden biri, kayda değer manyetik alanlarının olmamasıdır (Michaud vd. 2015). Genellikle, Güneş bolluğuna göre 10^4 kat fazla değere ulaşan Mn bolluğu ile 10^6 kata ulaşan Hg bolluğuna sahip olabilirler (Preston 1971). Nadir toprak elementleri ve civa aşırı miktarda bulunurken, helyum genellikle zayıftır (Smith ve Dworetsky 1993). Pt ve Ca için izotop anomalileri (^{48}Ca) dahil olmak üzere

diğer önemli bolluk anomalileri de bu yıldızlarda tespit edilmiştir (Castelli ve Hubrig 2004). Hg ve Ca izotop anomalileri arasında bir korelasyon yoktur (Cowley vd. 2008). Hg ve Pt izotopik oranları iyi bilinmektedir (Hubrig vd. 1999, Woolf ve Lambert 1999). Hg ve Pt izotopik tuhaflıkları muhtemelen ışık kaynaklı sürüklenme adı verilen fiziksel bir süreçten kaynaklanmaktadır (LeBlanc 2010). Bazı elementler, örneğin Ni bolluğu genellikle -0.5 dex kadar azdır (Smith 1996a). HgMn grubu homojen değildir: çeşitli atomik türler için bazı HgMn yıldızları anormal bolluk değerleri sergilerken, diğer HgMn yıldızları için sergilemez (Takada ve Hidai 1991). HgMn yıldızları nispeten sıcak yıldızlar olduğundan, bu yıldızlarda hidrojen konveksiyon bölgesi olması beklenmemektedir. Bu bağlamda, atomik difüzyonun gerçekleşmesi için atmosferleri yeterince kararlıdır (LeBlanc 2010).

2.1.4 Anormal helyum bolluğuna sahip yıldızlar

Kimyasal tuhaf yıldızların bir diğer grubu en sıcak olan ve anormal helyum bolluğuna sahip anakol yıldızlarını içerir. Bu helyumca anormal yıldızların birkaç çeşidi vardır.

Helyumca fakir yıldızlar; $14\,000\text{ K} < T_e < 20\,000\text{ K}$ aralığında bulunurlar (Deutsch 1974, Sargent 1964). Bazıları manyetik alanlara sahipken kayda değer manyetik alanı olmayanları da vardır. Manyetik alana sahip olanlarında He ve metallerin yüzey dağılımları, manyetik alan geometrisi ile ilişkili görünmektedir (Hunger vd. 1991). Manyetik alana sahip olmayanları P-Ga türü yıldızlar olarak bilinmektedir. Güneş değerlerine kıyasla aşırı P (10^2 kata kadar) ve Ga (10^5 kata kadar) bolluğuna sahiptir. Helyumca fakir yıldızlar kimyasal olarak heterojen bir gruptur. Tayflarında P, Kr ve Ga elementlerinin aşırı bolluklarıyla, C, O, Mg, S ve He elementlerinin ise azlığı ile karakterize edilmektedirler (Smith 1996). Bu grubunun diğer bir alt sınıfı da ^3He yıldızlarıdır. Bu yıldızlarda $^3\text{He}/^4\text{He}$ bolluk oranı anormal derecede yüksektir.

Helyumca zengin yıldızlar; Helyumun çok bol olduğu yıldızlar da vardır. Bu yıldızların atmosferinde $N(\text{He})/N(\text{H})$ oranı 0.3 ile 10 arasındadır (Michaud vd. 2015). Işınımsal ivmelenme, bu kadar büyük helyum fazlalıklarını sürdürmek için yeterince büyük değildir. Kütle kaybı gibi başka mekanizmaların da burada rol oynadığı düşünülmektedir

(Hunger vd. 1991). Aşırı helyum bolluğuna ek olarak, bu yıldızlar genellikle oldukça güçlü manyetik alanlara sahiptir (Borra ve Landstreet 1979).

2.1.5 λ Bootis yıldızları

λ Bootis yıldızları A tayf türünden yıldızlar olup $7500 < T_e < 9000$ K aralığında bulunurlar. Dönme hızı dağılımları normal A-türü yıldızlarıninkine yakındır. Dolayısıyla Am yıldızlarından daha hızlı dönerler (Bohlender ve Landstreet 1990). λ Bootis yıldızları, birçok metal bakımdan fakir olmaları ile karakterize edilirler, ancak C, N ve O bollukları normal A-türü yıldızlara benzer. Bu yıldızlarda tespit edilmiş kayda değer manyetik alanlar yoktur (Donati ve Landstreet 2009). HR diyagramında genellikle ZAMS'a yakın bulunurlar (Gray 1988). Michaud ve Charland (1986) çalışmasında, λ Bootis yıldızlarının kütle kaybı nedeniyle atomik difüzyonun sonucu olarak oluştuğunu öne sürdü. λ Bootis yıldızlarının çevresinde genellikle toz olduğu ve kimyasal bolluğunun yıldızlararası maddeninkine benzer olduğu kaydedildi (Venn ve Lambert 1990).

2.2 Normal A-Türü Yıldızlar

Normal A-tayf türü yıldızlar, Güneş bolluğuna göre CP yıldızları gibi anomaliler sergilemezler. Etkin sıcaklıkları Am yıldızları ile örtüşür. Dönme hızının atomik difüzyon nedeniyle kimyasal ayrışmanın etkisini bastırması beklendiğinden, Am yıldızlarından daha yüksek dönme hızlarına sahip olmaları beklenir (Abt ve Moyd 1973) . Bununla birlikte, düşük dönme hızlarına sahip olduğu gözlenen bazı normal A-türü yıldızlar, dönme hızı etkisine ilişkin bu görüşe meydan okumaktadır. Bilinen CP ve çift yıldızlar çıkarıldıktan sonra normal A0-A1 türü yıldızların yavaş dönenlerinin varlığı Dworetzky (1974) ve Ramella vd. (1989) tarafından doğrulandı. Bu yavaş dönen normal A-türü yıldızların varlığının çoğu, daha büyük kütleli yıldızlarda görülmektedir (Zorec ve Royer 2012).

Royer vd. (2014), yavaş dönen normal A-türü yıldızları incelemesi sonucunda, bu yıldızların doğasının belirsizliğini hala koruduğunu tespit etmiştir. Bunların bir kısmının

şimdiye kadar tanımlanamayan tayfsal çiftlerin üyeleri olduğu düşünülmektedir. Bir başka yaklaşım Abt (2009) tarafından önerildiği üzere, yavaş dönen normal A-türü yıldızlar, ileri evrim aşamasında Ap yıldızı olacak olan, henüz kimyasal tuhaflik sergilemeyen genç nesnelerdir. Tipik normal A-türü yıldızlar Güneş'e benzer element bollukları sergilerler. Ağır element bollukları Güneş değerlerine göre ± 0.4 dex kadar farklılık gösterir (Adelman ve Unsee, 2007). Kayda değer manyetik alanları yoktur. Tayflarında salma çizgileri görülmez. Fotometrik olarak değişim göstermezler (Adelman ve Unsee 2007). Bir çift sistem üyesi olmaları halinde, bileşenler arasında önemli bir kütle aktarımı söz konusu değildir (Adelman 1986 ve 1987).

2.3 Atomik Difüzyon Teorisi

Işınımsal ivmelenme, kütleçekimsel çökme ve yatay hareketleri de içeren karışım süreçlerine genellikle atomik difüzyon denir (Michaud vd. 2015). Atomik difüzyon, her parçacık için kütleçekim ve ışınımsal ivmelenme ile tanımlanan kısmi basıncı dengeye getiren süreci vurgular. Michaud (1970), yukarı anakolda yer alan kimyasal tuhaf yıldızları açıklamak için astrofizikte atomik difüzyonla birleştirilmiş ışınımsal ivmelenme kavramını önerdi. Kavram olarak atomik difüzyon, atomların en az iki tür içeren bir gazdaki nispi hareketidir. Bu hareketler kütleçekimine bağlı difüzyon, elektrik alan, manyetik alan ve ışınımsal ivmelenmeden kaynaklanabilir. Difüzyon, ortamın hidrodinamik olarak kararlı olduğu yıldızlarda meydana gelebilir. Konveksiyon ise, yüksek dönme hızı veya türbülansın olmadığı durumlarda oluşur. Bu nedenle, tüm yıldız türlerinde difüzyonun etkili olması beklenmez (Michaud vd. 2015). Difüzyonu anlamamanın ilk adımı, neyin doğal difüzyon olarak düşünülebileceğini incelemektir. Doğal difüzyon, diğer kuvvetlerin yokluğu durumunda ve belirli bir türün bir değişimi (gradyanı) mevcut olduğunda meydana gelir. Temel olarak elementler, ışınım alanından foton soğurma kapasitelerine göre yıldızın çeşitli derinliklerinde bulunurlar. Bir atom bir fotonu soğurduğunda foto-uyarılma veya foto-iyonlaşmayı takiben fotonun momentumu atoma aktarılır ve bu durum atom üzerinde ışınım kuvvetine neden olur (Landstreet vd. 1998). Yıldızlarda merkezden yüzeye çıkış yönünde pozitif bir ışınım akısı bulunduğundan, bu momentum transferi atomları yıldızın yüzeyine doğru iterken, kütleçekimi zıt yönde etki eder (Landstreet vd. 2014). Işınım kuvveti kütleçekiminden büyük olduğunda atomlar

yıldızın yüzeyine doğru yayılırken, kütleçekimi ışıyım kuvvetinden büyük olduğunda merkeze doğru batırlar. Bu süreç, elementlerin belirli derinliklerde birikmesine veya azalmasına neden olabilir. Farklı türler farklı soğurma yeteneklerine sahip olduğundan, türler birbirlerine göre dağılırlar ve bazı elementler yüzeyde fazla bulunurken diğlerleri daha az hale gelebilir (Alecian ve LeBlanc 2000).

ışıyım alanının tekdüze kısmından kaynaklanan momentumlar birbirini yok ettiğinden, hesaplamalarda yalnızca net foton akısı dikkate alınmalıdır (Alecian 2007). ışıyımsal ivmelenme, cebirsel olarak en basit şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir (Alecian 2007).

$$g_{\text{rad}} = \frac{1}{mc} \int_0^{\infty} \sigma_{\nu} F_{\nu} d\nu \quad (2.1)$$

Dışa doğru net ışıyımsal enerji akısı F_{ν} , toplam monokromatik soğurma kesiti σ_{ν} ile çarpılır. Kütlesi m olarak ele alınan atomik tür, frekans üzerinden integral edilir. Yıldızlarda, metallerin difüzyonunun ışıyımsal ivmelenmeler dahil edilmeden düşünölemeyeceğı söylenebilir (Alecian 2007).

Işık kaynaklı sürüklenme: Bir diğler difüzyon süreci olup bazı laboratuvar deneylerinde gözlenen fiziksel bir olgudur (bir örnek olarak bkz. Dattagupta vd. 1999). ışıyımsal ivmelenmenin difüzyondaki etkisinden farklıdır. Bu olgu, ışıyım alanından atomlara aktarılan momentumdan değıl, her bir atomun yıldıza göre sahip olduğü hızın bir fonksiyonu olan seçici ışıyımsal uyarılması yoluyla, atomlar arasında gerçekleşen momentum transferinden kaynaklanır.

Hidrojenin ambipolar difüzyonu: Hidrojen, artan sıcaklık nedeniyle yarıçapça derinliğın bir fonksiyonu olarak aşamalı olarak iyonlaşır. Bu nedenle, protonların sayı yoğunluğında yarıçapın bir fonksiyonu olarak negatif bir değışim meydana gelir. Öyle ki, nötr hidrojen içeri doğru yayılırken protonların dışa doğru difüzyonuna yol açar (Babel ve Michaud 1991). Hidrojenin ambipolar difüzyonu yıldızlarda önemli etkilere yol açabilir. Protonlar yüklü parçacıklar olduğundan, diğler iyonlar yüzeye doğru yayılırken etkili bir şekilde sürüklenip, yıldız yüzeyinde bulunan metallerin bolluğünü değıştirebilir.

Öte yandan, bir manyetik alanın varlığında, protonların akışı Lorentz kuvvetinden etkilenir ve bu durum ambipolar difüzyonu etkiler (Alecian 2023).

2.4 Kalsiyum ve Skandiyum

Kalsiyum (Ca) ve Skandiyum (Sc), Am yıldızlarının sınıflamasında önemli bir rol oynar. Öyle ki, bir yıldızın tayfında zayıf Ca II ve/veya Sc II çizgilerinin gözlenmesi Am yıldızlarının keşfi için önemli kriterlerdir (Preston 1974). Bu elementlerin AmFm yıldızlarında görülen düşük bolluklarını açıklamak için kalsiyumun ve skandiyumun ışımsal ivmelenmesi, ayrıca Sc'un ışımsal ivmelenmesinin kütleçekimden daha küçük olduğu bölgeyi yıldızda tespit etmek gerekir.

Alecian (1996) tarafından yapılan simülasyonlarda kalsiyumu yıldız zarfı boyunca sürükleyecek kadar büyük bir kütle kaybı oranının mevcudiyetinde, elementin yüzey bolluğunun önce arttığı sonra azaldığı görüldü. Bolluğun artmış olduğu fazın ne kadar uzun süreceğinin kütle kayıp oranına bağlı olduğu tespit edildi. Ca ve Sc'nın yüksek bolluklar sergilediği bu aşama, iki genç (< 100 Myıl) açık küme Persei (Hui Bon Hoa 1999) ve Pleiades'te (Gebran ve Monier 2008) çalışıldı. Bu küme üyelerinin bir kısmında, Ca ve Sc bolluğu normal A-türü yıldızlarda gözlenen bolluklara sahipken, diğer elementler AmFm yıldızlarında gözlenen bolluklara sahiptir. Bu sonuç, difüzyon hesaplamalarının tahminleriyle uyumludur. Ca bakımından zayıflığın ortaya çıkması, demir grubu element bolluklarının artmasından daha uzun sürer (Richer vd. 2000). Am yıldızları için Ca ve Sc ışımsal ivmelenmesi üzerine ayrıntılı bir tartışmaya Alecian vd. (2013)'ten erişilebilir.

2.5 Hedef Yıldızlar

Bu çalışma için yavaş dönen 17 A tayf türünden yıldız seçildi. Atomik difüzyon teorisinde kimyasal ayrışmanın etkisini bastıran önemli fiziksel süreçlerden biri, yıldızın dönmesidir. Dolayısıyla çalışma yıldızların seçiminde yıldızlarının izdüşüm dönme hızı ($v \sin i$) önemli bir parametredir. İlk başta Abt ve Moyd (1973) gözlenen CP1 yıldızlarının

ekvator dönme hızının 120 km s^{-1} 'den az olduğunu bildirdi. Abt (2000) ekvator dönme hızı 80 km s^{-1} 'den daha düşük olan hedef sıcaklık rejimindeki tüm anakol yıldızlarının AmFm yıldızı olduğunu ileri sürdü. Bu gözlemsel sonuç, $70\text{-}120 \text{ km s}^{-1}$ 'in altındaki ekvatoryal hızlarda He II konveksiyon bölgesi kaybolduğunda meydana gelen atomik difüzyona bağlı kimyasal ayrışma ile tutarlıdır (Michaud 1982). Bu nedenle, bu sıcaklık rejiminde düşük izdüşüm dönme hızlarına sahip ($v \sin i < 70 \text{ km s}^{-1}$) 17 hedef seçildi.

Bu yıldızlardan yedisinin ilk kez bu çalışma kapsamında ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapıldı. Bu yıldızlar, HD 2924, HD 26553, HD 4321, HD 125658, HD 154713, HD 137928 ve HD 159834'tür. Yıldızların literatür bilgileri Çizelge 2.1'de listelendi.

Çizelge 2.1 Yıldızların literatürdeki verileri

Yıldız	Parametreleri	Kaynak
HD 2924	Tayf türü	A2IV
	T_e	8730 K
	T_e	7800 K
	$\log (L/L_\odot)$	2.31
	$L_\odot$	134.59
	Kütle ($M_\odot$)	3.06
	$v \sin i$	30 km s^{-1}
	v_r	1.9 km s^{-1}
	v_r	2.1 km s^{-1}
	v_r	2.1 km s^{-1}
HD 26553	Tayf türü	A4 III
	$v \sin i$	18 km s^{-1}
	v_r	-24.9 km s^{-1}
	v_r	-24.9 km s^{-1}
HD 4321	Tayf türü	A2III
	T_e	7787 K
	$L_\odot$	50.05
	$v \sin i$	24 km s^{-1}
	v_r	-8.3 km s^{-1}
	V_r	-8.3 km s^{-1}
HD 125658	Tayf türü	A5III
	Tayf türü	A2

Çizelge 2.1 Yıldızların literatürdeki verileri

Yıldız	Parametreleri	Kaynak	
HD 154713	T_e	8123 K	McDonald vd. (2012)
	T_e	8430 K	David ve Hillenbrand (2015)
	$\log g$	4.27	David ve Hillenbrand (2015)
	$L_\odot$	17.9	McDonald vd. (2012)
	$v \sin i$	26 km s ⁻¹	Royer vd. (2002)
	v_r	1.3 km s ⁻¹	de Bruijne ve Eilers (2012)
	v_r	1.3 km s ⁻¹	Brandt (2021)
	Yaş 1B Myıl	581	David ve Hillenbrand (2015)
	Yaş 2B Myıl	363	David ve Hillenbrand (2015)
	Kütle 1B ($M_\odot$)	1.9	David ve Hillenbrand (2015)
	Kütle 2B ($M_\odot$)	1.78	David ve Hillenbrand (2015)
	Tayf türü	A3IV	Cowley vd. (1969)
	Tayf türü	A0	Cannon ve Pickering (1993)
	T_e	8550 K	Zorec ve Royer (2012)
	T_e	7954 K	McDonald vd. (2012)
	$\log (L/L_\odot)$	1.81	Zorec ve Royer (2012)
	$L_\odot$	47.48	McDonald vd. (2012)
	Kütle ($M_\odot$)	2.52	Zorec ve Royer (2012)
	$v \sin i$	39 km s ⁻¹	Zorec ve Royer (2012)
	v_r	-8.7 km s ⁻¹	de Bruijne ve Eilers (2012)
	v_r	-8.7 km s ⁻¹	Brandt (2021)
HD 137928	Tayf türü	A2 IV	Cowley vd. (1969)
	T_e	8649 K	Zorec ve Royer (2012)
	T_e	8637 K	McDonald vd. (2012)
	$\log (L/L_\odot)$	1.744	Zorec ve Royer (2012)
	$L_\odot$	32.62	McDonald vd. (2012)
	Kütle ($M_\odot$)	2.45	Zorec ve Royer (2012)
	$v \sin i$	34 km s ⁻¹	Zorec ve Royer (2012)
	v_r	-4.90 km s ⁻¹	de Bruijne ve Eilers (2012)
	v_r	-4.90 km s ⁻¹	Brandt (2021)
	v_r	-4.985 km s ⁻¹	Kervella vd. (2019)
HD 159834	Tayf türü	A7III	Eggen (1962)
	Tayf türü	A7IV	Cowley vd. (1969)
	Tayf türü	A2	Cannon ve Pickering (1993)
	T_e	7925 K	Zorec ve Royer (2012)
	T_e	7724 K	McDonald vd. (2012)
	T_e	8030 K	Burkhart ve Coupry (1991)

Çizelge 2.1 Yıldızların literatürdeki verileri (devam)

Yıldız	Parametreleri	Kaynak
HD 159834	$\log g$	3.7
	$\log (L/L_{\odot})$	1.63
	$L_{\odot}$	34.94
	v_r	-17 km s ⁻¹
	v_r	-17 km s ⁻¹
	v_r	-16.82 km s ⁻¹
	[Fe/H]	0.1
		Burkhart ve Coupry (1991)
		Zorec ve Royer (2012)
		McDonald vd. (2012)
		Bruijne ve Eilers (2012)
		Brandt (2021)
		Kervella vd. (2019)
		Burkhart ve Coupry (1991)

Bu çalışmada kullanılan yıldızların parametrelerini elde etmek için Zorec ve Royer (2012) aşağıdaki kaynak ve yöntemleri kullanmıştır;

- T_e ve $\log g$ için Moon ve Dworetzky (1985)'nin $ubvy\beta$ kalibrasyonlarını ve Hauck ve Mermilliod (1998)'in $ubvy\beta$ indislerini kullandı. Daha sıcak yıldızlar için ise Napiwotzki vd. (1993)'nin kalibrasyonlarını kullandı.
- Işınım gücü hesaplamaları için van Leeuwen (2007)'nin HIPPARCOS paralaksını, Zorec vd. (2009)'ın akılarını ve Lang (1992)'in bolometrik düzeltmelerini kullandı.
- Kütle tayini için Schaller vd. (1992)'nin evrim yolları kullandı.

McDonald vd. (2012) yıldızların tayfsal enerji dağılımına uyguladıkları fit yardımıyla etkin sıcaklık ve ışınım gücü ölçümü yaptı. Yıldızların dikine hızlarını Duflot vd. (1995) HIPPARCOS verisi ile, de Bruijne ve Eilers (2012) ve Brandt (2021) ise HIPPARCOS-Gaia verisi yardımıyla ölçtü. Royer vd. (2002) yıldızların $v_{\sin i}$ değerlerini, Carroll (1933) ve Ramella vd. (1989) tarafından açıklanan yöntemi kullanarak HIPPARCOS tayfları yardımıyla belirledi.

Yıldızların atmosfer parametreleri ATLAS9 model atmosferi ile oluşturulan A0V sentetik tayfları, Bessell (2011)'in $uvby$ renkleri ve Crawford (1966)'in H_{β} profilleri kullanılarak David ve Hillenbrand (2015) tarafından belirlendi. Aynı çalışmada, Bressan (2012)'nin

izokronları yardımı ile yaş ve kütle tayini de yapıldı. Hedef cisimlerden HD 125658 yıldızının bir Am türü adayı olduğu ilk olarak Bertaud (1958) tarafından belirtilmiştir.

Burkhart ve Coupry (1991), HD 159834 yıldızının atmosfer parametrelerini (T_e , $\log g$ ve $[Fe/H]$) ölçtü. Li, Al, Si ve Fe bolluklarını elde etmek için ise yıldızın çözünürlüğü $R \sim 90\,000$ olan ESO CAT tayfini kullandı. Sıcaklığı ve yüzey çekim ivmesini elde etmek için ise Moon ve Dworetsky (1985) $ubvy\beta$ indisleri ve kalibrasyonlarını kullandı.

2.5.1 Analizleri mevcut yıldızlar

Diğer hedef yıldızların ayrıntılı kimyasal bolluk analizleri Çalışkan vd. (2015), Elmaslı vd. (2016, 2018), Elmaslı ve Nasolo (2017), Kılıçoğlu vd. (2018) ve Çalışkan vd. (2022) tarafından daha önce gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların çoğunda kullanılan analiz yöntemleri, tezde kullanılan yöntemlere benzer olup etkin sıcaklık uyartılma dengesi ile, yüzey çekimi ivmesi iyonizasyon dengesi ile ve bolluk değerleri eşdeğer genişlik ölçüm yöntemiyle elde edilmiştir. Yıldızların literatürdeki parametreleri Çizelge 2.2’de yer almaktadır.

HD 23193 yıldızı, Hauck (1973) tarafından verilen Am yıldızları kataloğunda ve Renson vd. (1991) tarafından oluşturulan Ap ve Am yıldızları kataloğunda yer almaktadır. Yıldızın ayrıntılı kimyasal bolluk analizi HD 170920 yıldızla beraber Kılıçoğlu vd. (2018) tarafından yapıldı. HD 170920 yıldızının dikine hızı HIPPARCOS yıldızlarının kinematik verisi kullanılarak Gontcharov (2006) tarafından ölçüldü. Floquet (1970), HD 170920’nin bir Am yıldızı olabileceğini belirtti. Kılıçoğlu vd. (2018), Ankara Üniversitesi Kreiken Gözlemevinin (AUKR) T40 teleskobuna bağlı orta çözünürlüklü ($R \sim 13\,500$) Shelyak Echelle tayfçekerini ile elde edilen H_β çizgisini fit ederek, yıldızın etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesini hesapladı. HD 170920’yi alt dev A-türü bir yıldız olarak sınıflandırmıştır.

HD 33266 ve HD 205939 yıldızlarının ayrıntılı kimyasal bolluk analizi Çalışkan vd. (2015) tarafından yapıldı. Bu çalışmada, HD 33266 bir Am yıldızı ve HD 205939 ise

normal A-türü olarak sınıflandırıldı. Çift yıldız sistemlerini araştıran McAlister vd. (1989), bu yıldızın çift üyesi olmadığını kaydetti. Ayrıca, Burkhart ve Coupry (1991), Moon ve Dworetzky (1985) modellerini kullanarak HD 205939 yıldızının atmosfer parametrelerini hesapladı ve bolluk değerlerinden $\log \varepsilon$ (Li) 3.4, $\log \varepsilon$ (Si) 7.7 ve $\log \varepsilon$ (Fe) 8.0 olarak buldu.

Çizelge 2.2 Analizleri mevcut yıldızların literatürdeki verileri

Yıldız	Parametreleri	Kaynak
HD 23193	Tayf türü	A2m
	Tayf türü	A3 III
	T_e	8800 K
	$\log g$	3.8
	ξ	3.3 km s^{-1}
	v_{sini}	37.5 km s^{-1}
	v_r	21.8 km s^{-1}
	v_r	27.30 km s^{-1}
	v_r	27.32 km s^{-1}
	v_r	27.32 km s^{-1}
HD 33266	Tayf türü	A2III
	T_e	9200 K
	$\log g$	3.6
	ξ	2.6 km s^{-1}
	v_{sini}	12 km s^{-1}
	v_{sini}	15 km s^{-1}
	v_{sini}	10 km s^{-1}
	v	-4.402 km s^{-1}
	v_r	4.3 km s^{-1}
	v_r	4.3 km s^{-1}
HD 170920	Tayf türü	A4 III
	T_e	7497 K
	v_{sini}	27.30 km s^{-1}
	v_r	$-26.982 \text{ km s}^{-1}$
	v_r	-27.3 km s^{-1}
	Isınım gücü	$113.21 L_{\odot}$
HD 178187	Tayf türü	A4 III
	T_e	8210 K
	T_e	8247 K
	T_e	8176 K
	T_e	8500 K
	$\log g$	3.77
	$\log g$	3.40
	ξ	3.3 km s^{-1}
	v_{sini}	44 km s^{-1}

Çizelge 2.2 Analizleri mevcut yıldızların literatürdeki verileri (devam)

Yıldız	Parametreleri	Kaynak
HD 178187	$v_{\sin i}$	42 km s ⁻¹
	v_r	-21.811
	v_r	-21.9 km s ⁻¹
HD 182564	Tayf türü	A2mA3 IV
	Tayf türü	A2 III
	Tayf türü	A0
	T_e	8579 K
	$v_{\sin i}$	15 km s ⁻¹
	v_r	-28.10 km s ⁻¹
	v_r	-28.063
	Tayf türü	A0 III
HD 187340	Tayf türü	A2 III
	T_e	8933 K
	$\log g$	3,82
	$v_{\sin i}$	26 kms ⁻¹
	v_r	-3.872 kms ⁻¹
	v_r	-4.00 kms ⁻¹
	Tayf türü	A0 III
	Tayf türü	A0 III
HD 196821	T_e	10500 K
	T_e	10600 K
	$\log g$	3.7
	$\log g$	3.6
	ξ	3 kms ⁻¹
	ξ	0.00 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	22 kms ⁻¹
	$v_{\sin i}$	20 kms ⁻¹
	$v_{\sin i}$	20 kms ⁻¹
	$v_{\sin i}$	25 km s ⁻¹
	v_r	-32.489
	v_r	-32.60 kms ⁻¹
	Tayf türü	F0III
	T_e	8000 K
	$\log g$	2.5
HD 202240	ξ	3.00 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	18 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	26 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	17 km s ⁻¹
	v_r	-13.8 km s ⁻¹
	v_r	-12.8 km s ⁻¹
	v_r	-12.277km s ⁻¹
	Tayf türü	A7III
	T_e	7910 K

Çizelge 2.2 Analizleri mevcut yıldızların literatürdeki verileri (devam)

Yıldız	Parametreleri	Kaynak
HD 205939	T_e	7600 K,
	$\log g$	3.4
	$\log g$	3.2
	ξ	2.40 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	10 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	18 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	19 km s ⁻¹
	v_r	8.716 km s ⁻¹
	v_r	8.40 km s ⁻¹
	v_r	17.7, km s ⁻¹
	v_r	8.245 km s ⁻¹
HD 210516	Tayf türü	A3III
	T_e	8300 K
	$\log g$	3.3
	ξ	3.00 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	40 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	49 km s ⁻¹
	$v_{\sin i}$	52 km s ⁻¹
	v_r	7.8 km s ⁻¹
	v_r	12.16 km s ⁻¹
	v_r	8.0 km s ⁻¹
	v_r	8.245 km s ⁻¹

Okyudo ve Sadakane (1990), GENEVA fotometri ve North ve Hauck (1979) kalibrasyonları yardım ile HD 187340 yıldızının atmosfer parametrelerini hesapladıktan sonra, Okyama Astrofizik Gözlemevinde bulunan 188 cm teleskobuna bağlı coude tayfçeki ile alınan 3815-4590 Å dalgaboyunu kapsayan tayfına yaptıkları kimyasal bolluk analizinin sonucunda, bu yıldızın Am türü olduğunu belirledi. Adelman vd. (2011), Dominion Astrofizik Gözlemevi (DAO) SITE-4 CCD tayfçeki ile belirli dalgaboyu aralığına yaptığı analiz sonucunda bolluk anomaliliğini doğruladı. Daha sonra, ayrıntılı kimyasal bolluk analizi Elmaslı ve Nasolo (2017) tarafından yapıldı. Erspamer ve North (2003), Kunzli vd. (1997) kalibrasyonu yardımıyla GENEVA fotometrisi verilerinden yıldızın parametrelerini hesapladı. ELODIE ve CARALIE arşivdeki tayfları kullanarak [Fe/H] bolluğunu 0.42 olarak ölçtü.

Golay (1973), HD 196821'in değişen bir yıldız olduğunu belirledi. Heacox (1979), HD 196821'in Si-Cr grubuna sahip, kimyasal tuhaf bir yıldız olduğunu öne sürdü. Renson vd.

(1991), HD 196821'i B9 tayf türünden HgMn yıldızı olarak sınıflandırdı. Bu yıldızın ayrıntılı kimyasal bolluk analizini Çalışkan vd. (2022) gerçekleştirerek, yıldızın HgMn olabileceğini işaret etti.

Wu vd. (2011), ELODIE echelle tayf veri tabanından alınan tayfları UlySS paketi kullanarak gözlemsel tayfı, kuramsal tayf ile karşılaştırarak HD 178187 yıldızının atmosfer parametrelerini belirledi. Alonso (1999) ise çalışmasında, Alonso (1998)'de anlatılan Kızıl öte Akı Yöntemi (IRFM) fotometrik kalibrasyonunu kullanarak, HD 178187 yıldızının etkin sıcaklığını hesapladı. Ramirez (2005), IRFM fotometrik kalibrasyon ile etkin sıcaklığı hesapladı. Yıldızın ayrıntılı kimyasal bolluk analizi Elmaslı vd. (2018) tarafından gerçekleştirildi ve metalik çizgili yıldız olarak belirlendi.

HD 182564 yıldızının atmosfer parametreleri, Wu vd. (2011) tarafından hesaplandı. McDonald vd. (2012) da yıldızın etkin sıcaklığını hesapladı. Elmaslı ve Nasolo (2017) tarafından yüksek çözünürlüklü tayfına uygulanan ilk ayrıntılı bolluk analizi, yıldızın metalik çizgili yapısına dair kanıtları ortaya koydu.

Literatürde HD 202240 yıldızının ilk kimyasal bolluk analizi, $8-10 \text{ Å mm}^{-1}$ dağılımına sahip tayfları kullanan Kurtz (1976) tarafından yapılmıştır. Daha sonra ayrıntılı kimyasal bolluk analizi ise Elmaslı vd. (2016) tarafından gerçekleştirilerek yıldızın normal A-türünden olabileceği belirtildi. Aynı çalışmada HD 210516 yıldızının da ilk ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapıldı ve bu yıldızın da normal A-türünden olabileceği vurgulandı.

Andrae vd. (2018), hedef cisimlerden olan 16 yıldızın Gaia DR 2 fotometrik verisini kullanarak, Riello vd. (2018)'in geliştirdiği EXTRA TREES kalibrasyonu yardımıyla, ortalama 324 K hassasiyeti olan etkin sıcaklığını hesapladı. Gaia DR 2 fotometrik değerleri ve hesaplanan etkin sıcaklıklar Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 Gaia DR 2 fotometrik değerleri ile belirlenen etkin sıcaklıklar.

Yıldız	G_{mag}	BP_{mag}	RP_{mag}	$E_{(BP-PR)}$	T_e (K)
HD 2924	6.6499	6.7133	6.5818	0.2720	8262.0
HD 4321	6.4616	6.5725	6.3133	0.4005	7882.5
HD 26553	5.8208	6.2252	5.2892	-	5742.5
HD 125658	6.4127	6.5042	6.3067	0.2313	8266.5
HD 137928	6.4208	6.4733	6.3888	0.2140	8842.0
HD 154713	6.4226	6.4932	6.3530	0.3320	8453.8
HD 159834	-	-	-	-	-
HD 23193	5.571	5.6236	5.5327	0.1960	8842.0
HD 33266	6.1546	6.1843	6.1476	-	9300.0
HD 170920	5.8824	5.9959	5.7283	0.3330	7822.7
HD 178187	5.7565	5.8213	5.6804	-	8237.0
HD 182564	4.5214	4.6032	4.5320	0.1573	8831.0
HD 187340	5.8848	5.9355	5.8544	0.2480	8835.8
HD 196821	6.0502	6.0516	6.0686	0.2115	9716.0
HD 202240	5.9994	6.1543	5.7835	-	7421.8
HD 205939	6.1416	6.2766	5.9641	0.3955	7782.7
HD 210516	6.4145	6.4922	6.3360	0.1950	8440.3

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Hedef Yıldızların Seçimi

Atomik difüzyon teorisine göre kimyasal ayrışmanın etkisini bastıran önemli fiziksel süreçlerinden biri yıldızın dönmesidir. Dolayısıyla olası AmFm yıldızlarına ulaşabilmek adına geç B-erken F tayf türü aralığında yer alan düşük izdüşüm dönme hızlarına ($v \sin i < 70 \text{ km s}^{-1}$) sahip yıldızların seçilmesi hedeflendi. Buna göre verileri mevcut 7 yıldızın tayflarının incelenmesi düşünüldü. Ancak bu yıldızların tamamının AmFm türünden olması durumunda bile tez çalışmasının kapsamı için yeterli örneklem sayısına ulaşamayacağı gerekçesiyle, daha önce aynı gözlem düzeneği ile elde edilmiş ve farklı yazarlar tarafından analizleri yapılmış 10 yıldız daha çalışma kapsamına alındı. Bu yıldızlardan 1'i HgMn, 5'i Am ve 4'ü normal-A türü yıldızdır. Böylece seçilen 17 yıldız homojen bolluk analizine tabi tutulup, güvenilir bir istatistiksel analiz için gerekli olan sayıda örneklem elde edilmesi sağlandı.

3.2 Gözlemler

Çalışmada, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) 1.5 m ayna çapına sahip Rus-Türk Teleskobuna (RTT-150) bağlı Coudé Echelle Tayfçekeri (CET) ile 09BRTT150-477-0 ve 14BRTT150-671 numaralı gözlem projeleri kapsamında elde edilen veriler kullanıldı. Elektromanyetik tayfin görünür bölgesini kapsayan yüksek çözünürlüklü ($R \sim 40\,000$) tayfların dalgaboyu aralığı 3900 ila 9000 Å'dır. Yıldızlara ilişkin gözlem bilgileri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Hedef kaynaklar ilişkin gözlemsel bilgiler.

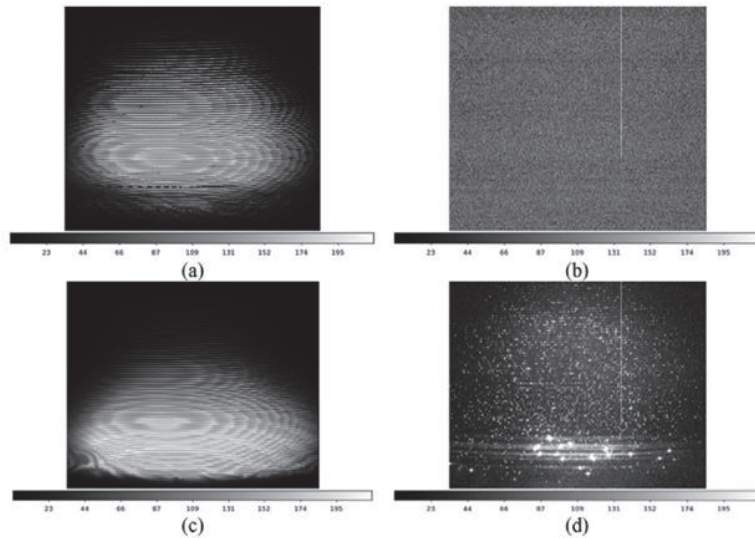
Yıldız	Dik Açıklık (δ 2000)	Sağ Açıklık (α 2000)	Poz süresi (s)	m_v^* (kadir)	Gözlem tarihi (JD)
HD 2924	+27 34 50.7208	00 32 34.565	4500 x 2	6.700	2457676.40354
HD 4321	+55 18 19.3726	00 46 15.053	4500 x 2	6.510	2457675.52970
HD 26553	+57 27 37.3104	04 15 01.795	4500 x 2	6.080	2455554.35951
HD 125658	+30 25 44.8652	14 20 08.668	4500 x 1	6.445	2458232.41112

Çizelge 3.1 Hedef kaynaklar ilişkin gözlemsel bilgiler (devam)

Yıldız	Dik Açıklık (δ 2000)	Sağ Açıklık (α 2000)	Poz süresi (s)	m_v^* (kadir)	Gözlem tarihi (JD)
HD 137928	+54 01 13.0614	15 26 32.189	4500 x 2	6.430	2458233.36410
HD 154713	+43 48 44.0552	17 05 04.944	4500 x 2	6.441	2458234.44101
HD 159834	+20 59 46.4787	17 35 59.568	4500 x 2	6.108	2458232.53631
HD 23193	+36 27 36.3378	03 44 31.443	4500 x 1	5.588	2457675.46604
HD 33266	+61 51 00.1476	05 13 02.815	4500 x 2	6.167	2455554.54604
HD 170920	-01 00 10.7084	18 31 56.993	3600 x 1	5.936	2457675.23182
HD 178187	+24 15 02.8153	19 06 38.396	4500 x 1	5.790	2457161.42025
HD 182564	+65 42 52.3095	19 20 40.093	1800 x 1	4.590	2457160.43596
HD 187340	+69 20 13.4185	19 44 18.417	4500 x 2	5.899	2457161.55663
HD 196821	+21 49 02.7842	20 39 10.649	4500 x 1	6.075	2455463.48488
HD 202240	+36 37 59.7369	21 13 26.426	4500 x 2	6.071	2455464.41234
HD 205939	+44 41 47.5727	21 37 27.874	4500 x 1	6.200	2455554.27694
HD 210516	+20 58 40.7374	22 10 30.183	4500 x 2	6.438	2455554.21645

* Oja (1991) tarafından belirlenmiştir.

Her bir gözlemde, yıldız tayflarıyla birlikte kalibrasyon görüntüleri (bias, düz-alan ve Th-Ar lamba tayfı) de alındı. Elde edilen ham tayflara ve kalibrasyon görüntülerine bir örnek olarak HD2924 yıldızı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Gözlenen tayflardaki aletsel etkiyi ortadan kaldırmak için bias ve düz-alan (Şekil 3.1b ve c), dalgaboyu kalibrasyonu için ise Th-Ar lamba tayfı (Şekil 3.1d) kullanıldı.



Şekil 3.1 HD 2924 yıldızının (a) bilimsel, (b) bias, (c) düz-alan ve (d) Th-Ar lamba tayfının ham görüntüleri

3.3 Gözlem Verilerinin İndirgenmesi

Ham tayfların indirgenmesi, IRAF (Tody 1986, 1993) standart indirgeme rutinleri kullanılarak gerçekleştirildi. Ham verinin IRAF ortamında işlenebilmesi için öncelikle görüntü başlık bilgilerinde gerekli düzenlemeler yapıldı. İndirgeme işlemine öncelikle yıldız görüntülerinden bias etkisi kaldırılarak başlandı ve piksel tepki eğrisini modellemek için kullanılan düz-alan görüntüsü ile düz-alan düzeltmesi yapıldı. Bir sonraki adımda, saçılmış ışık etkisi yıldız tayflarından arındırıldı. Th-Ar lamba tayfları kullanılarak dalgaboyu kalibrasyonu yapıldı. Ardından kozmik ışın giderme işlemi gerçekleştirildi. Çizgi örtüşmesine maruz kalmamış orta şiddetli soğurma çizgileri kullanılarak gözlemsel tayfların kayma miktarı (Doppler kayması)

$$v_{\text{dop}} = \left[\frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{lab}}} \right] \times c \quad (3.1)$$

Denklem (3.1) yardımıyla hız cinsinden ölçüldü. Burada v_{dop} , cismin bakış doğrultusundaki dikine hızı, $\Delta\lambda$ ise laboratuvar dalgaboyu (λ_{lab}) ile karşılaştırıldığında cisim için gözlenen dalgaboyundaki (λ_{obs}) kayma ve c ışık hızıdır.

Görüntü başlığında yer alan veriler yardımıyla Güneş merkezli dikine hızlar (v_r) belirlenerek tüm tayflara Doppler hız düzeltmesi uygulandı. Hava durumu ve gözlem programı elverişli olduğunda sinyal-gürültü oranını (S/G) iyileştirmek için birden fazla yıldız görüntüsü alındı. Bu görüntülerin birleştirilmesi ile daha yüksek S/G değeri elde edilmesi amaçlandı. Nihai S/G değerleri Çizelge 3.2’de sunuldu.

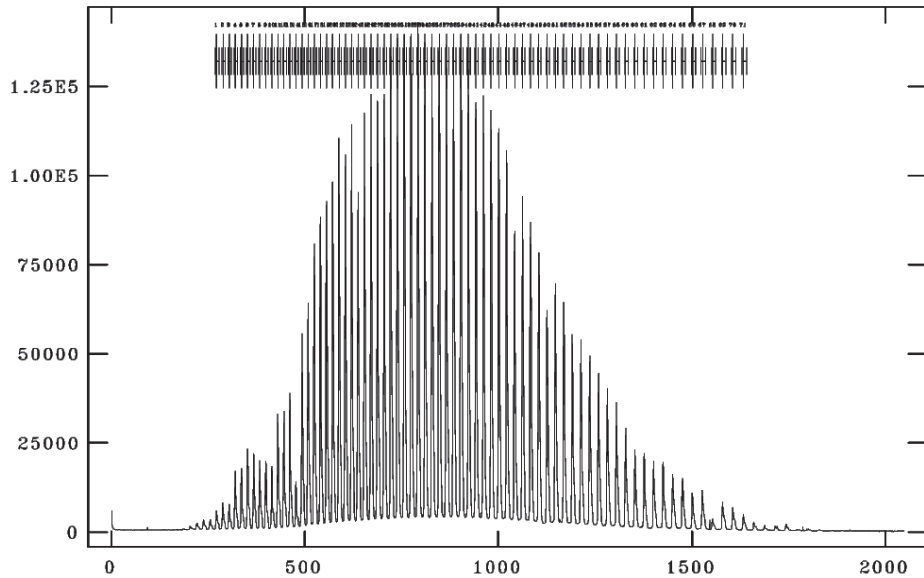
Çizelge 3.2 Yıldız tayfların S/G değerleri

Yıldız	S/G @5000Å
HD 2924	297
HD 4321	250
HD 26553	287
HD 125658	115
HD 137928	280
HD 154713	302

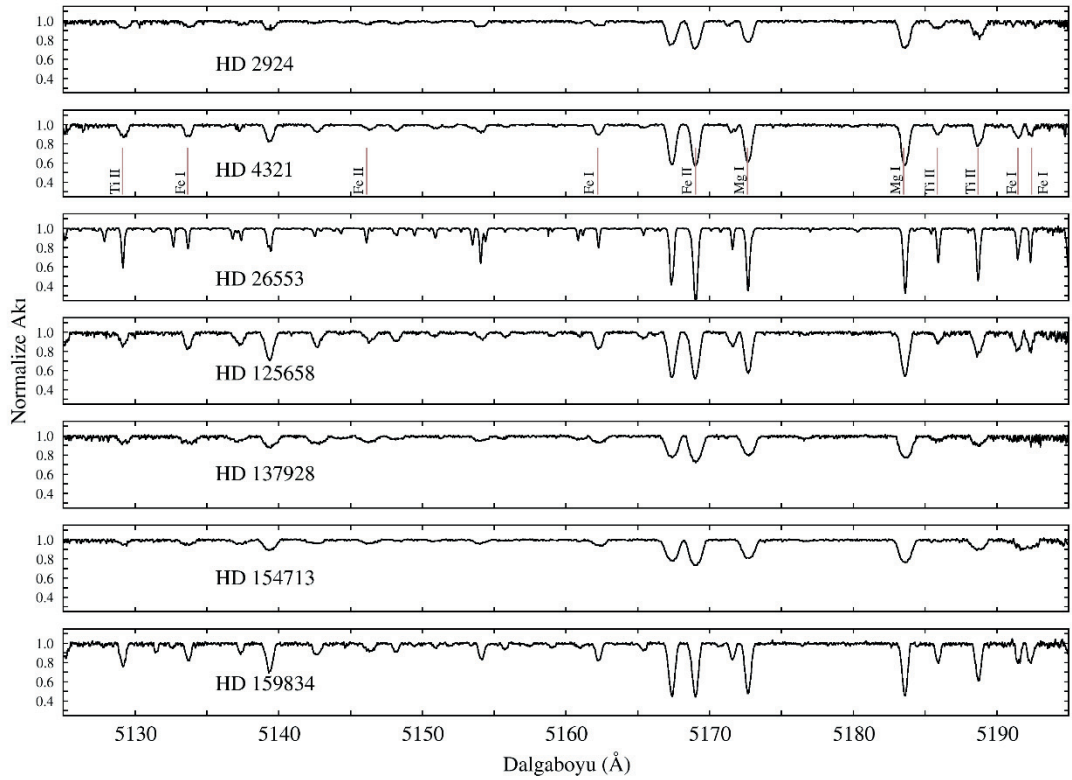
Çizelge 3.2 Yıldız tayfların S/G değerleri (devam)

Yıldız	S/G @5000Å
HD 159834	362
HD 23193	135
HD 33266	322
HD 170920	142
HD 178187	237
HD 182564	125
HD 187340	357
HD 196821	130
HD 202240	305
HD 205939	123
HD 210516	258

TUG Coudé Echelle Tayfçekerinin orta bölgesi daha etkin olup açıklıklar daha şiddetlidir. Kenarlara gidildikçe şiddeti azalmaktadır. Tayflardan seçilen açıklıklara bir boyutlu örnek Şekil 3.2’de gösterildi. Tayfların echelle açıklıkları, süreklilik noktalarına uygulanan spline-fit yöntemiyle manuel olarak normalize edildi. İlk kez bu çalışmada kimyasal bolluk analizi yapılacak yıldızların normalize edilmiş tayflarının Mg Ib triplet bölgeleri Şekil 3.3’te verildi.



Şekil 3.2 HD 2924 yıldızı için seçilen açıklıkların bir gösterimi



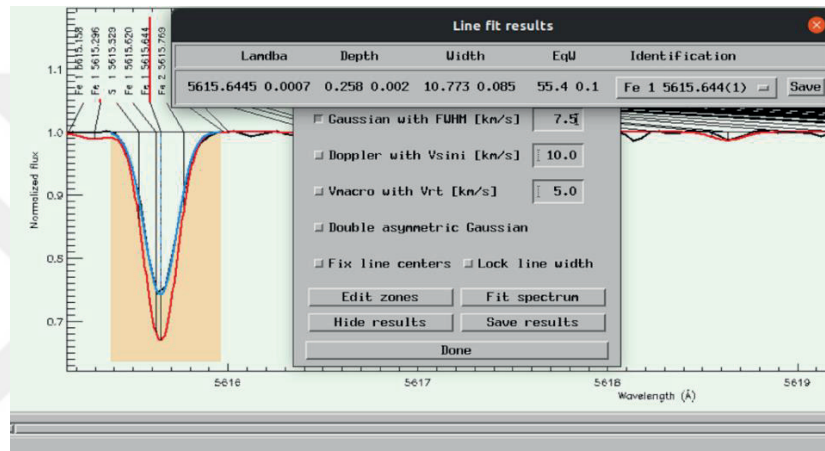
Şekil 3.3 Yıldızların Mg Ib triplet bölgeleri için normalize edilmiş tayfları.

3.4 Çizgi Tanısı ve Eşdeğer Genişlik Ölçümü

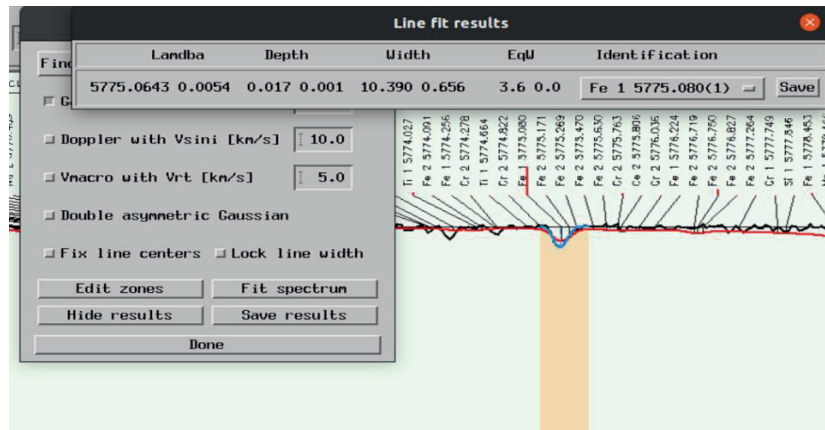
Yıldız tayflarında gözlenen soğurma çizgilerinin hangi atomik türe ait olduğunun belirlenmesi amacıyla indirgenmiş tayflardaki her bir çizgiye çizgi tanısı işlemi ve bu çizgilerin şiddetlerini ölçmek amacıyla ise eşdeğer genişlik ölçümü uygulanır. Bu işlemlerde kullanılan atomik veriler genellikle Kurucz atomik çizgi veritabanı (Kurucz ve Bell 1995) ve Viyana Atomik Çizgi Veritabanından (Vienna Atomic Line Database VALD, Piskunov vd. 1995, Kupka vd. 1999, Ryabchikova vd. 1999) alınmaktadır.

Bu çalışmada her bir soğurma çizgisine ait çizgi tanısı ve eşdeğer genişlik ölçümleri Synth3 programı yardımıyla oluşturan kuramsal tayf ve bir IDL görselleştirme programı olan BinMag6 (Kochukhov 2018) aracılığıyla yapıldı. Synth3 kodu büyük ölçüde SYNTHE (Kurucz 1993) kodu ile Synth, Synthmag kodları (Piskunov 1992) ve SME (Valenti ve Piskunov 1996) programı gibi iyi test edilmiş astrofiziksel yazılım

paketlerinden alt programların ve sayısal algoritmaların geliştirilmiş sürümlerine dayanmaktadır. Program, hidrojen soğurma çizgileri için Barklem vd. (2000) verilerini kullanmaktadır. Yerel Termodinamik Denge (LTE) ve düzlem-paralel geometriyi varsayan atmosfer modelleri yardımıyla, erken B'den geç M tayf türüne kadar olan yıldız tayflarının çeşitli fiziksel parametrelerinin hızlı ve doğru hesaplanması için tasarlanmıştır. Şekil 3.4'te BinMag6 ile gerçekleştirilen eşdeğer genişlik ölçümü ve çizgi tanısının bir örneği, göreceli olarak daha şiddetli bir çizgi için yer almaktadır. Şekil 3.5'te ise göreceli olarak zayıf bir çizgi yer almaktadır.



Şekil 3.4 HD 26553 için BinMag6 arayüzü ile eşdeğer genişlik ölçümü ve çizgi tanısı. Siyah gözlemsel tayf, kırmızı kuramsal tayf ve mavi eşdeğer genişlik ölçümü için yapılan Gauss fitini göstermektedir (EG = 5.54 pm)



Şekil 3.5 HD 26553 için göreceli olarak zayıf Fe 5775.0643 Å çizgisinin eşdeğer genişlik ölçümü ve çizgi tanısı (EG = 0.36 pm)

Tanımlanan çizgiler ve onlara ilişkin ölçülen eşdeğer genişlikler Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir. Eşdeğer genişlik ölçümü, çok şiddetli olmayan çizgiler için Gauss profil fiti, daha güçlü çizgiler için Voigt profil fiti kullanılarak, veya sadece çizgi profili üzerinden integral alınarak yapılır (Jofré 2019). Analizde çok şiddetli olmayan çizgiler ($EG < 200 \text{ mÅ}$) tercih edildi çünkü bu şiddetteki çizgiler mikrotürbülansdan bağımsızdır. Aynı zamanda çizgilerin oranı metalisite değişimlerine çok az bağımlı olur ya da hiç bağımlılık göstermez (Gray 1994).

3.5 Yıldızların Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi

Bir yıldızın atmosferi, yıldızdan yayılan ışıının akısının özelliklerini belirleyen dış katmandır. Bu katmanın fiziksel özellikleri, ilgili yıldızın astronomik gözlemlerinin doğru yorumlanmasında kilit rol oynar. Yıldız atmosferlerindeki gözlemsel süreçleri açıklamak için sayısal kuramsal model atmosfer hesaplamaları yapılır. Model atmosfer, bir yıldız atmosferinin çeşitli fiziksel değişkenlerinin (T_e , ρ , n_e vb.) derinliğine bağlı olarak yıldızın dış katmanının fiziksel yapısını tanımlar (LeBlanc 2010). Tipik olarak, bir yıldız atmosferinin alt sınırı için seçilen derinlik $\tau \approx 10^2 - 10^3$ mertebesinde. Burada τ , ortalama bir opasitenin veya frekansa bağlı opasitenin (κ_λ) optik derinlik ölçüsüdür (LeBlanc 2010). Bu derinlik, yıldız yarıçapının yüzde biri mertebesinde bir geometrik derinliğe karşılık gelir ve daha derin bölgelerin yüzey ışıının akısına katkısının önemsiz olarak kabul edilebileceği bir derinliktir (LeBlanc 2010). Dolayısıyla bu derinlikte atmosfer, iç katmanlardan gelen ışıına karşı tamamen donuktur. Atmosferin fiziksel yapısı, hidrostatik denge, ışıının geçiş denklemi, Saha ve Boltzmann denklemleri gibi astrofiziksel denklemlerle ifade edilir. Tayfta gözlenen soğurma çizgileri ise yıldız atmosferindeki atomik türlere ilişkin çizgi opasiteleri ile ilişkilidir.

Atomik çizgi donuklukları, ışıının geçişi ile atmosferin fiziksel yapısını etkilemesi bakımından yıldız astrofiziğinde çok önemli bir rol oynar (Mihalas 1978). Bir çizginin opasitesi bağlı-bağlı atomik geçişlerden kaynaklanır. Bu geçiş uyartılma geçiştir. Bağlı-serbest geçiş ise, bir iyonlaşma geçiştir. Bir diğer geçiş serbest-serbest geçiştir. Alt atomik enerji seviyesi i ile üst seviye j arasındaki bağlı-bağlı atomik geçişin donukluğu

$$\kappa_{\nu}\rho = \frac{\pi e^2}{m_e c} f_{ij} n_i \varphi_{\nu} \quad (3.2)$$

ile verilir. Burada, f_{ij} geçişin gerçekleşme olasılığı ile orantılı olan osilatör şiddeti olup değeri 0 ile 1 arasında değişebilir. Osilatör şiddeti kuantum-mekanik hesaplamalarla veya deneysel olarak elde edilebilir (Mihalas 1978). Önemli atomik veri parametrelerinden biri olan $\log gf$ değerini elde etmek için istatistiksel ağırlık (g) ile birleştirilir. Denklemdaki $\frac{\pi e^2}{m_e c} f_{ij}$ ifadesi atomik çizginin toplam etki kesiti ve $B_{ij} \frac{h\nu_0}{4\pi}$ ifadesine eşit olup Einstein katsayıları ile ilişkilendirilir. Çizgi profili ise φ_{ν} ile temsil edilmektedir.

Çizgi genişlemesi: Atomik türlerden kaynaklanan soğurma çizgilerinin genişliği çizgi profili ile tanımlanır. Çizgilerin genişlemesi üç süreçten kaynaklanır: doğal genişleme, Doppler genişlemesi ve basınç (veya çarpışma) genişlemesi (ayrıntı için bkz. Gray 1994). Bu süreçler tayfsal çalışmalar için çok önemlidir. Yanlış yorumlanması, çizginin hatalı ölçülmesine sebep olacağından kimyasal bolluk analizinin de hatalı olması ile sonuçlanır.

Yıldız atmosfer parametrelerinden olan etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi ayrıntılı bolluk analizi için ön koşullardır. Atmosfer parametreleri, yıldız atmosferindeki fiziksel koşulları tanımlamanın yanı sıra, yıldızın kütlesi, yarıçapı ve ışıyım gücü gibi fiziksel özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Çoğu yıldız için etkin sıcaklık ve $\log g$ 'nin doğrudan belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle, çeşitli belirleme yöntemleri geliştirilmiştir. Yöntemlerin bazıları atmosfer modeline dayalıdır. Bu yöntemler kullanıldığında metalisite kritik olmaktadır. Yanlış bir metalisite, bu parametrelerin belirlenen değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir.

Temel olarak atmosfer parametreleri fotometrik ve tayfsal yöntemler kullanılarak belirlenebilir. Fotometrik yöntemlerle T_e belirlenmesi mümkün olup bu yöntemde çeşitli yaklaşımlar kullanılarak kızarmanın etkisini dikkate almak gerekir. Tayfsal yöntemler bu konuda avantaj sağlamaktadır. Fotometri tekniği tayfsal yöntemden daha az hassas olsa da, çoğunlukla ortaya çıkan sürekli akılara dayandığından, model atmosfer hesaplamalarının ayrıntılarına daha az duyarlı olma gibi bir avantaja sahiptir. Öte yandan,

fotometri tekniği büyük ölçüde gözlenen parlaklıkları, gözlenen ortalama akılara dönüştürmek için kullanılan akı kalibrasyonuna bağlıdır (Holberg ve Bergeron 2006).

3.5.1 Yıldız parametrelerinin fotometrik yöntemlerle belirlenmesi

Fotometrik olarak yıldız parametrelerini belirlemek için astrofizikte kullanılan çeşitli yöntemler aşağıda verilmiştir.

Fotometrik grid kalibrasyonları: Yıldız akı dağılımlarının şeklini parlaklık farklılıkları (yani renkleri) yoluyla açıklamak için geliştirilmiş birçok fotometrik sistem vardır. Bu yöntemdeki gözlem süreleri spektrofotometri veya tayfsal yöntem için gereken süreden oldukça kısadır. Geniş band kullanıldığında çok daha sönük parlaklıklara genişletilebilir. Standartlaştırılmış filtre sistemlerinin kullanılması, yıldızların geniş bir aralıkta nicel analizine izin verir. Temelde, ATLAS atmosfer modelleriyle akı hesaplamalarından elde edilen kuramsal fotometrik indeksler, Vega'nın gözlenen renkleri ve bilinen atmosferik parametreleri kullanılarak normalize edilir. Moon ve Dworetzky (1985), gözlenen ve tahmin edilen renkler arasındaki tutarsızlığı azaltmak ve gridleri kaydırmak için, temel parametre değerleri iyi bilinen yıldızları kullandı. Genel olarak fotometri, atmosferik parametrelerinin çok iyi ilk tahminlerini verebilir. Başka uygun gözlemlerin yokluğunda, fotometriden elde edilen değerler, etkin sıcaklık ve $\log g$ 'de sırasıyla ± 200 K ve ± 0.2 dex'lik tipik belirsizliklerle çoğu amaç için yeterli doğruluktadır.

Etkin sıcaklık-Renk ilişkileri: Etkin sıcaklıklar, fotometrik renk ölçeklerinden tahmin edilebilir. Deneysel olarak elde edilen kalibrasyonlar, genellikle Kızılötesi Akı Yöntemi (IRFM) kullanılarak elde edilen, bilinen sıcaklıklara sahip yıldızlara dayanır. V-K, B-V gibi renk ölçekleri literatürde çok kullanılmaktadır (örn. Alonso vd. 1996, Houdashelt vd. 2000). V-K rengini içeren kalibrasyonlar özellikle kullanışlıdır, çünkü bu renk metalisiteye B-V'den çok daha az duyarlıdır (Alonso vd. 1996, Kinman ve Castelli 2002). Genellikle, kalibrasyonların elde edilmesinde yer alan birkaç adım vardır. Elde edilen parametrelerdeki belirsizlikleri ve nihai hatayı belirlemek güçtür (ayrıntılar için bkz Kinman ve Castelli 2002).

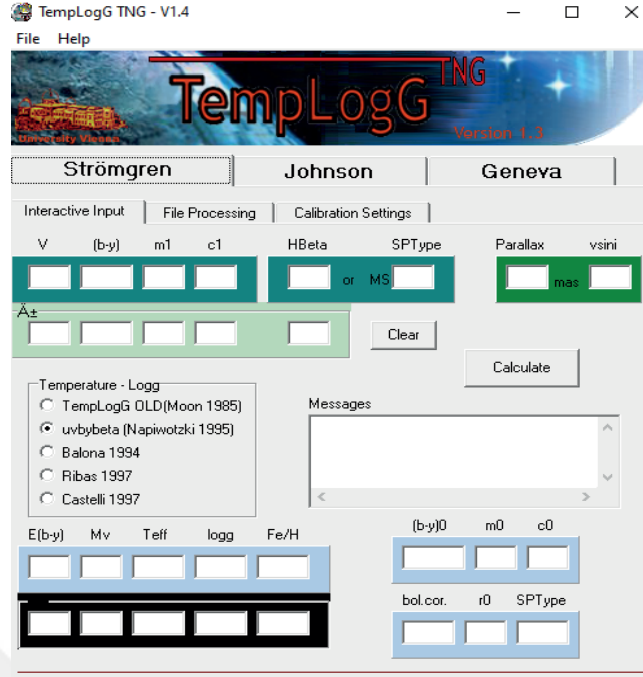
Kızılötesi akı yöntemi(IRFM): Blackwell ve Shallis (1977) ve Blackwell vd. (1980) tarafından geliştirilen IRFM, etkin sıcaklığı belirlemek için kullanılabilir. Yöntem, bir kızılötesi dalga boyundaki (λ_0) yıldız yüzey akısının, sıcaklığa nispeten duyarsız olduğu gerçeğine dayanır. Yöntem modelden bağımsız olup sadece yıldız yüzeyindeki kızılötesi akı, $\phi(T_e, \log g, \lambda_0)$ ile model hesaplamalarının kullanılmasını gerektirir (Blackwell ve Lynas-Gray 1994, Megessier 1994).

$$\frac{f_{\oplus}}{f_{\lambda_0}} = \frac{f_{*}}{f_{\lambda_0}} = \frac{\sigma T_e^4}{\phi(T_e, \log g, \lambda_0)} \quad (3.3)$$

Yöntemde, toplam entegre yıldız akısını ($f_{\oplus}$) elde etmek için tam bir akı dağılımı gerekir. Bununla birlikte, pratikte, özellikle uzak ultraviyolede akının tamamı gözlenebilir değildir. Ancak bu durum, toplam entegre akıyı elde etmek adına eksik akıyı eklemek için model atmosferlerin kullanılabildiği sadece en sıcak yıldızlarda ciddi bir sorundur. Bu yöntemin güvenilir sonuçlar vermesi için doğru kızılötesi akılar elbette gereklidir. Vega için IRFM sonuçlarının belirsizliği $\sim 150K$ 'dır. IR fotometrisinin mutlak kalibrasyonundaki belirsizlikleri önemlidir.

Akı çakıştırma yöntemi: Bir yıldızda ortaya çıkan akı dağılımı, atmosferik parametreleriyle ilişkilidir. Model atmosfer akılarını gözlemlere çakıştırarak bu parametrelerin değerlerini belirlemek için spektrofotometri kullanılabilmektedir. Bu durum akı dağılımının çeşitli atmosferik parametrelere duyarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, gözlenen akı dağılımı ve türetilmiş parametreler üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğinden, yıldızlararası kızarmaya dikkat edilmesi gerekir.

Tez çalışmasında, başlangıç parametrelerini elde etmek için fotometrik grid kalibrasyon yöntemi kullanıldı. Yıldızların etkin sıcaklıklarını (T_e) ve yüzey çekim ivmelerini ($\log g$) hesaplamak için Napiwotzki vd. (1993)'nin renk-sıcaklığı kalibrasyonlarını kullanan TempLogG (Kupka ve Bruntt 2001) arayüzü kullanıldı. TempLogG uygulamasının arayüzü Şekil 3.6'da verildi.



Şekil 3.6 TempLogG uygulaması arayüzü

TempLogG arayüz etkin sıcaklığı hesaplamada,

$$\theta = \frac{5040 \text{ K}}{T_e} \quad (3.4)$$

$$(b - y)_0 = \begin{cases} 0.307\theta - 0.175 & (\theta < 0.5) \\ 0.709\theta - 0.376 & (0.5 < \theta < 0.6) \\ 1.324\theta - 0.745 & (\theta > 0.6) \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\theta = 0.2489 + 0.2698[c_1] \quad (3.6)$$

ilişkilerini kullanmakta iken yüzey çekim ivmesini hesaplamada,

$$\log g_{MD} - \log g_H = 2.9406 - 0.7224 \log T_e \quad (3.7)$$

$$\log g = \log g_{MD} - 2.9406 - 0.7224 \log T_e \quad (3.8)$$

ilişkilerini kullanmaktadır. Burada, $\log g_{MD}$ Moon ve Dworetzky (1985) kalibrasyondan gelen $\log g$ değeri, $\log g_H$ ise hidrojen Balmer serisi çizgilerinden elde edilen değerdir. Napiwotzki kalibrasyonları, Strömgren fotometrisini kullanarak B, A ve F yıldızlarının

etkin sıcaklığını ve yüzey çekim ivmesini belirlemek için oluşturuldu. T_e için 200 K ve $\log g$ için 0.10 dex sistematik ve istatistiksel hatalara sahiptir (Napiwotzki 1993).

HD 182564 yıldızının Strömgren $ubvy\beta$ fotometrik verileri mevcut olmadığından, Etkin sıcaklık-Renk ilişkileri yöntemi kullanılarak başlangıç etkin sıcaklığı belirlendi. Yıldız parametrelerinin hesabı, Johnson 11-renk sistemi (Ducati 2002) ile elde edilmiş fotometrik verilerin ($B-V = 0.02$) kullanımını içeren Gray (1992) kalibrasyonu yardımıyla gerçekleştirildi. Bu kalibrasyon

$B-V < 0.00$ için,

$$\log T_e = 3.981 + 0.0142(B - V) + 16.3618(B - V)^2 + 81.8910(B - V)^3 + 161.5075(B - V)^4 \quad (3.9)$$

$0.00 \leq B-V \leq 1.5$ için ise,

$$\log T_e = 3.981 - 0.4728(B - V) + 0.2434(B - V)^2 - 0.0620(B - V)^3 \quad (3.10)$$

denklemleri ile verilir.

3.5.2 Atmosfer parametrelerinin tayfsal yöntemlerle belirlenmesi

Tayfsal olarak yıldız parametrelerini belirlemek için astrofizikte kullanılan çeşitli yöntemler aşağıda verilmiştir.

Balmer profil çakıştırması: Balmer çizgileri, $\log g$ 'ye neredeyse sıfır bağımlılıkları nedeniyle yaklaşık 8000 K'den daha soğuk yıldızlar için etkin sıcaklığı belirlemek için olanak sağlar (Gray 1992, Heiter vd. 2002). Kuramsal profiller gözlemsel tayflarla çakıştırılarak etkin sıcaklık belirlenebilir. Bununla birlikte, 8000 K'den daha sıcak yıldızlar için, profiller hem sıcaklığa hem de $\log g$ 'ye duyarlıdır. Bu yıldızlar için, etkin sıcaklığı farklı bir yöntemle belirlemek koşuluyla, $\log g$ için Balmer çizgileri kullanılabilir.

Tayfsal çizgi oranları: Tayfsal çizgiler, çizgi oluşturan bölgelerdeki sıcaklık değişimlerine karşı hassastır. Çizgi şiddeti oranları, tayfsal sınıflandırmadaki kullanımlarına benzer şekilde sıcaklık belirleme aracı olarak kullanılabilir. Gray ve Johanson (1991), yıldızların etkin sıcaklıklarını ± 10 K hassasiyetle belirlemek için çizgi derinliği oranlarını kullandı. Bu yöntem çok kesin bağıl sıcaklıklar verebilirken, etkin sıcaklık ölçeğindeki mutlak kalibrasyon daha düşük hassaslıkla belirlenebilir (Gray 1994).

Metal çizgi analizi: Ayrıntılı bir tayfsal analizde, çoğu zaman birçok çizginin eşdeğer genişliği ölçülür. Bunlar, metal çizgi analizi yoluyla atmosferik parametreleri belirlemek için kullanılabilir. İyonizasyon dengesi, uyartılma potansiyeli, mikrotürbülans ve bolluk, çizgilerin eşdeğer genişlik ilişkisine dayalıdır.

Tezde, tayfsal olarak atmosfer parametrelerini belirlemek için metal çizgi analizi yöntemine başvuruldu. Elde edilen sonuçlar Balmer profilleri yöntemi ile teyit edildi. Metal çizgi analiz yöntemi uygulamak için, yıldızın tayfında gözlenen en fazla çizgiye sahip atomik türe ilişkin çizgiler (bu çalışma Fe I/II) kullanılır. Temelde bu yöntem aşağıda özetlenmiştir.

Uyartılma dengesi (UD) adıyla bilinen bu yönteme göre seçilen etkin sıcaklık değeri için Fe I çizgilerinin eşdeğer genişlik ölçümlerinden hesaplanan bollukların aynı çizgilerin uyartılma potansiyelleri ile eğilim göstermeme durumu dikkate alınır Bu teknik, çizgi şiddetini soğurmanın gerçekleştirildiği atmosfer katmanının sıcaklığı ve atomun uyartılma durumu ile ilişkilendirilen Boltzmann denkleminde dayanmaktadır (Frebel vd. 2013). Yıldız tayfında gözlenen demir çizgilerinin sayısı bu yöntemle sıcaklık belirlemede yetersiz olursa, yeterli sayıda çizgiye sahip diğer atomik türler de (Ti, Ca veya Si) kullanılabilir.

Fotometrik yöntemlerin aksine bu teknik için herhangi bir kızarma etkisi bilgisine gerek yoktur. Bununla birlikte bu tekniği kullanmak için geniş dalgaboyu aralığında elde edilmiş yüksek çözünürlüklü ($R \geq 15\,000$) gözlemsel tayflar gerekmektedir (Frebel vd. 2013). Ayrıca yıldızın türüne uygun olarak seçilecek model atmosferler de bu yöntemi

kullanmak için gereklidir. Bu çalışmada model atmosfer üretmek için ATLAS9 (Kurucz 1993) kodu kullanıldı. ATLAS9, opasite dağılım fonksiyonu (ODF) yöntemiyle yıldız atmosfer modeli için geliştirilmiş bir koddur. ATLAS9 model atmosferler, düzlem paralel geometri yaklaşım altında, hidrostatik denge ve yerel termodinamik dengede çizgi oluşumu varsayar. Modeller, Güneş bolluklarına dayalı opasite dağılım fonksiyonları şeklinde çizgi opasite tablolarını içerir.

UD yöntemi ile belirlenen etkin sıcaklıklar yıldızla ilişkin nihai sıcaklık olarak kullanıldı. Yıldızların yüzey çekim ivmesini belirlemede iyonizasyon dengesi yöntemi kullanıldı.

İyonizasyon dengesi (ID) yönteminde $\log g$ serbest parametre olup tayfta gözlenen nötr Fe I çizgileri ile bir kere iyonize olmuş Fe II çizgilerinin eşdeğer genişliklerinden hesaplanan bolluklar arasındaki uyum dikkate alınır. Yöntem iyonize demir çizgilerinin yıldızın atmosferindeki basınca duyarlı olmasını esas alır (Jofré 2019). Tayfta yeterli sayıda Fe II çizgisi yoksa, prensip aynı olduğu için bu yöntem, diğer elementlerle de kullanılabilir (Jofré 2019).

3.6 İzdüşüm Dönme Hızının ($v \sin i$) Belirlenmesi

Tayf çizgilerinin profilini etkileyen en önemli yıldız parametrelerinden biri yıldızın dönme hızıdır. Dönme hızı, yıldız atmosfer bileşenlerini karıştırma kabiliyeti nedeniyle kimyasal tuhaf yıldızlar için kritiktir, öyle ki bu tür yıldızların incelenmesinde dikkate alınan bir parametredir. Yıldızların yüksek dönme hızları, kimyasal ayrışmayı bastırdığı için yıldızın kimyasal olarak tuhaf olmasını engellediği düşünülmektedir.

İzdüşüm dönme hızını ölçmek için sıfır dönme hızına sahip kuramsal yıldız tayf ile gözlemsel tayfin çapraz korelasyon fonksiyonu hesaplanır. $v \sin i$ parametresini elde etmek için önce çapraz korelasyon fonksiyonun merkezi maksimumun Fourier dönüşümünü elde edilir Díaz vd. (2011). Buna göre, gözlenen bir soğurma çizgisi profili, gözlenen tayftaki çizgi profilinin kendisi (çizgi oluşum gereği) ve dönme kaynaklı genişleme fonksiyonun konvolüsyonu olarak varsayılır (Díaz vd. 2011). Gözlenen tayf $D(\lambda)$,

kuramsal tayf $T(\lambda)$ ile dönme kaynaklı genişleme fonksiyonu $G(\lambda)$ arasındaki bir konvolüsyon olarak hesaplanabilir.

$$D(\lambda) = T(\lambda) * G(\lambda) \quad (3.11)$$

Burada, $T(\lambda)$ dönme hızı parametresinin sıfır ve diğer çizgi genişleme mekanizmalarının (doğal genişleme, ısısal genişleme, mikrotürbülans, stark etkisi vb.) etkisinin dikkate alındığı kuramsal tayftır. İzdüşüm dönme hızı belirlemek $G(\lambda)$ için fonksiyon elde etmek gerekmektedir. Bu fonksiyon $x < 1$ için

$$G(x) = \frac{2(1 - \varepsilon)(1 - x^2)^{1/2} + \frac{\pi\varepsilon}{2}(1 - x^2)}{\pi(1 - \frac{\varepsilon}{3})} \quad (3.12)$$

ile verilir. $x > 1$ için $G(x) = 0$ dır. Burada $x = \ln(\lambda/\lambda_0) \cdot c/(v \sin i)$. ε kenar kararmasının katsayısıdır.

3.7 Kimyasal Bolluk Analizi

Yıldızların kimyasal bolluklarını belirlemeye yönelik klasik yöntemler, tayfta gözlenen çizgilerin eşdeğer genişliklerinin (EG) ölçülmesine veya söz konusu atomik türe ilişkin soğurma çizgilerinin (veya moleküler bantların) kuramsal tayflarının hesaplanmasına dayanır. EG, büyüme eğrisine dayalı yıldız parametreleri verildiğinde, bir yıldızdaki elementin kimyasal bolluğu ile doğrudan ilişkili olabilen çizgi şiddetinin bir ölçüsüdür (Gray 2005). EG ölçümündeki baskın belirsizlik kaynağı sürekliliğin tayinidir. Manuel olarak yapılan ölçümlerde (genellikle küçük bir yıldız örnekleme ile çalışılıyor ise) yüksek hassasiyetli bolluklar elde edilebilir (Nissen vd. 2017). EG ölçümünden bollukları belirlemenin ciddi bir sınırlaması çizgi örtüşmesine maruz kalmış çizgiler içindir. Bu durumda söz konusu elemente ait bolluk, olması gerekenden daha fazla/az ölçülür. Dolayısıyla, EG ölçümünden bolluk belirleme yöntemi çok yüksek çözünürlük ve yüksek S/G tayflar için en iyi şekilde çalışır. Benzer şekilde, çizgilerin kendinden kaynaklı genişlemesi örtüşmesine katkıda bulunduğundan EG ölçümünden bolluk belirleme, yavaş dönen ve nispeten sıcak yıldızlar için en iyi sonucu verir (Jofré 2019).

Eşdeğer genişlik ölçümü temelinde kimyasal bolluk hesaplamada WIDTH9 (Sbordone vd. 2004, Kurucz 2005a) kodu kullanıldı. WIDTH Kurucz tarafından yazılmış EG ölçümüne dayalı bir bolluk belirleme programıdır. WIDTH9 ise LINUX altında çalışan biraz değiştirilmiş bir WIDTH sürümüdür. Temelde WIDTH9, tek tek çizgiler için büyüme eğrilerini hesaplar ve ölçülen eşdeğer genişliklerden bolluk değerlerini verir. Büyüme eğrisinin doğrusal kısmında olmayan daha güçlü çizgileri kullanmak, hatalar rastgele olmadığı için gerçek hatayı artırır (Kurucz 2005b), yani yanlış sonuçların elde edilmesine sebep olur. Eşdeğer genişlikle birlikte atomik çizgi listelerinin girdi dosyaları için Kurucz çizgi listeleri kullanır.

Kuramsal tayf temelinde bolluk hesabı için ise SYNTH (Kurucz 1993b, 2005b) kodu kullanıldı. Kuramsal tayf temelinde bolluk hesabı yapılmasının sebebi, tayfta gözlenen ve aşırı ince yapı bölünmesine (HFS) maruz kalmış atomik türlere ilişkin çizgilerin varlığıdır. Atomların çekirdek ve elektronları arasındaki elektromanyetik çok kutuplu etkileşim nedeniyle aşırı ince yapı (HFS) bölünmesi meydana gelir. Bu durum, elektronlar tarafından üretilen manyetik alanla etkileşime giren nükleer manyetik dipol momentinin enerjisinden kaynaklanmakta olup, farklı izotopların çizgilerinin bölünerek genişlemesine neden olur. HFS'nin çizgiyi genişletme etkisi küçük olup tayfta gözlenen çizgileri kaydırır ve şekillerini değiştirir. Bu ise eğer eşdeğer genişlik yöntemi kullanılacaksa bollukların hatalı hesaplanmasına yol açabilir. Bu nedenle çalışmada V, Sc, Mn, Y ve Ba elementlerine ilişkin bollukların hesabında HFS etkisini dikkate almak adına kuramsal tayf temelinde bolluk hesabı yapıldı. Bu etki, aralarında Sc, V, Mn, Co ve Cu'nun da bulunduğu tek atom numaralı elementlerde gözlenir. Tek atomik kütle numarasına sahip bir izotop (örn. Sc, V, Mn, Co vb.) sıfır olmayan nükleer açısal momentuma sahiptir ve seviyeleri, çekirdeğin manyetik momentumu ile elektron kabuğu arasındaki çoklu kutup etkileşimi nedeniyle bölünür (Niemczura 2014). Bu durumda $F = J + I$ seviyesinin açısal momentumu olup I bir nükleer açısal momentumdur. HFS bileşenlerinin bağlı gücü F 'ye bağlıdır (Niemczura 2014). En çok etkilenen çizgiler, sıkıca bağlı elektronların (özellikle s elektronlarını n) geçişlerini ve yüksek F değerlerine sahip seviyeleri, yani bir multiplet'in ilk gelen üyelerini içeren çizgilerdir. Bunun için Kurucz veri tabanından HFS etkisini içeren çizgi listeleri kullanılarak SYNTH (Kurucz 1993b, 2005b) kodu ile kuramsal tayflar oluşturuldu. Bu kuramsal tayflar ile gözlemsel

tayflar çakıştırılarak söz konusu elementlere ilişkin bolluklar elde edildi. Ayrıca izgi örtüşmesine maruz kalan türler için de bu yöntem kullanıldı.

3.8 İstatistiksel Analiz

Bu tez kapsamında istatistiksel kavramlar analiz aracı olarak kullanılmıştır. Bu kavramların ispatı ve temeli ayrı bir disiplin olup bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Çalışmada, yıldızların kimyasal bollukları ile atmosfer parametreleri arasında herhangi bir ilişki olup olmadığını belirlemek için korelasyon analizi gerçekleştirildi. Korelasyon analizinin sonuçlarının anlamlılığını gösterebilmek için, hipotez testinde (Sıfır Hipotez, H_0) olasılık değeri olan p-değer yöntemi uygulandı. P-değer yöntemi başta Pearson, Spearman ve Kendall korelasyon katsayılarının anlamlılığını irdelemek için kullanıldı.

3.8.1 P-değer

P-değer Fisher (1934, 1955, 1959) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Tanım olarak, p-değer, bir hipotez testinde H_0 'ın reddedilmesine izin veren en küçük anlamlılık düzeyidir. P-değer, α anlamlılık düzeyi ile karşılaştırılır. Sıfır Hipotezi, p-değer ve α anlamlılık düzeyine göre kabul edilir veya reddedilir. P-değer, hipotezin yapıldığı amaca bağlı olarak değişir. P-değer bir noktasal tahminden ziyade kümülatif bir olasılıktır (Cumming vd. 2005).

$$\alpha = \left(1 - \frac{\text{güven düzeyi}}{100}\right) \quad (3.13)$$

Denklem (3.12)'e göre güven düzeyi %95 olması halinde $\alpha = 0.05$ olarak bulunur. Anlamlı bir sonuç için $p < \alpha$ olmalıdır. Bu tez çalışmasında güven düzeyi %95 alındığından, p değer 0.05'ten küçük olan korelasyon sonuçları anlamlı kabul edilmiştir.

3.8.2 Örneklem büyüklüğü

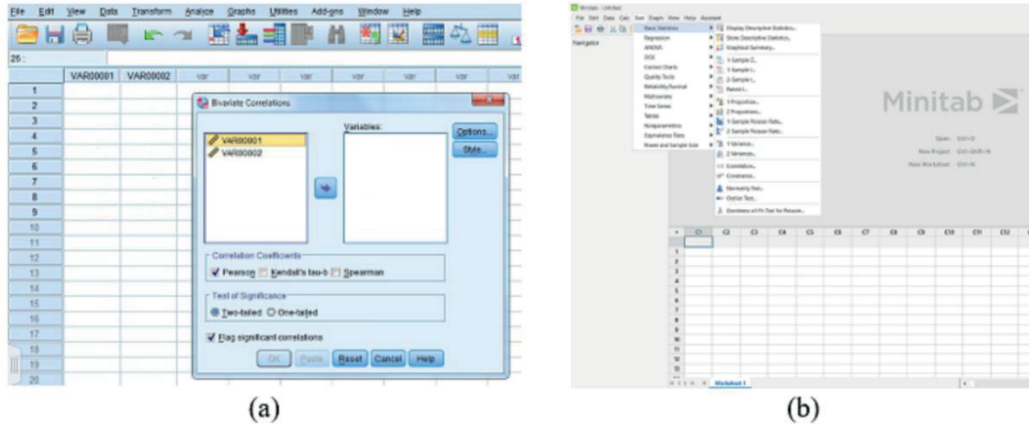
Pearson, Kendall tau ve Spearman korelasyonları davranış araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Hipotez testi yaygın olmasına rağmen, bir korelasyonun büyüklüğünün birincil ilgi konusu olduğu uygulamalarda aralık tahmini daha uygun olabilir (Bonett ve Wright, 2000). Teknik olarak n örneklem büyüklüğü olmak üzere, $n = 2$ ile bir korelasyon katsayısı hesaplanabilir. Bu yöntem çok kullanışlı olmasa da doğru olacaktır. İki değer eşit olmazsa hesaplanan korelasyon katsayı -1 veya +1 olup bir güven düzeyi mevcut olacaktır. Bu anlamda teknik olarak $n > 2$ 'den itibaren anlamlı güven düzeyleri hesaplanabilir.

Pearson r korelasyon katsayısı kullanmak için örneklem büyüklüğü yazarlara göre değişmektedir. Örneğin, David (1938)'e göre 25'e eşit veya daha büyük bir örneklem büyüklüğü yeterlidir. Birçok istatistikçi, Spearman ve Kendall tau için yaklaşık 10 örneğin yeterli olduğu görüşündedir. Adelman ve Unsuree (2007), Pearson korelasyonu için 17 örneklem kullanmıştır. Ghazaryan vd. (2018), Spearman'a dayalı korelasyon için en az 10 örnek kullanarak farklı çalışmalardan elde edilen veriler ile korelasyon analizi yapmıştır. Bu testler astrofizikte sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin Adelman ve Unsuree (2007) yıldızların kimyasal bollukları arasındaki ilişkiyi göstermek için Pearson korelasyon testi yaptı.

Bu çalışmada kullanılan 17 kaynağa ilişkin verinin aynı gözlem düzeneğiyle elde edilmiş ve aynı analiz yöntemine tabi tutulmuş olması, gerçekleştirilen korelasyon analizini daha güvenilir kılmaktadır

3.8.3 Korelasyon analizi

Bu çalışmada olası ilişkiler için başta Pearson korelasyonu olmak üzere Spearman sıra ve Kendall tau korelasyon testi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler İstatistik uygulamaları olan IBM SPSS statistics ve Minitab Data analysis programları yardımı ile yapıldı. IBM SPSS ve Minitab arayüzü Şekil 3.7'de verildi.



Şekil 3.7 IBM SPSS arayüzü (a), Minitab arayüzü (b)

En geniş anlamda korelasyon, değişkenler arasındaki ilişkinin bir ölçüsüdür. İki değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve ilişkinin yönünü ölçen iki değişkenli bir analiz yöntemidir. İki değişkenli korelasyon analizleri, iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü -1 ile +1 arasında tek bir değerde ifade eder (Schober 2018). Bu değere korelasyon katsayısı denir. Pozitif korelasyon katsayısı, bir değişkenin değerleri arttıkça diğer değişkenin de değerlerinin arttığı gösterirken, negatif korelasyon katsayısı ise bir değişkenin değerleri arttıkça diğer değişkenin değerlerinin azaldığını gösterir. Korelasyon katsayısının sıfır olması, değişkenler arasında anlamlı herhangi bir ilişkinin olmadığını ifade eder (Schober 2018). Korelasyon katsayısı sıfır olsa bile bazen nicelikler arasında doğrusal olmayan ilişkiler olabilir (Rodgers 1988).

Pearson korelasyon katsayısı veya Pearson r iki sürekli değişken arasındaki istatistiksel ilişkiyi veya genel ilişkiyi ölçen bir test istatistiğidir. Bravais (1844) tarafından yayınlanan matematiksel formül kullanılarak, Galton (1885) tarafından ortaya atılan bir fikri temel alarak, Pearson (1895) tarafından geliştirilmiştir. Kovaryans yöntemine dayandığından, ilgilenilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçmede en iyi yöntem olarak bilinir. İlişkinin veya korelasyonun büyüklüğü ve ilişkinin yönü hakkında bilgi verir. Pearson r doğrusal bir korelasyon olup aşağıdaki denklem ile elde edilir (Kutner 2005):

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})[y_i - \bar{y}]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.14)$$

Burada r korelasyon katsayısı, x_i bir örnekteki x değişkeninin değerleri, $\bar{x}$ x değişkeninin değerlerinin ortalaması, y_i bir örnekteki y değişkeninin değerleri ve $\bar{y}$ y değişkeninin değerlerinin ortalamasıdır.

Spearman korelasyon katsayısı: Diğer adıyla Spearman sıra korelasyonu veya Spearman rho (ρ), Spearman (1904) tarafından tanıtıldı. Spearman rho diğer korelasyon katsayıları gibi ikili değişken (ing. bivariate) arasındaki ilişkinin gücünü ölçer. Bu açıdan Pearson korelasyon katsayısına benzer. Spearman korelasyon katsayısı genellikle parametrik olmayan olarak tanımlanır (Zar 2014). Yani, Spearman korelasyonu, değişkenler bir yönde değişen fonksiyonla ilişkili olduğunda ortaya çıkar (Schober 2018). İki değişken arasındaki ilişkinin tek bir yönde değişen bir fonksiyon kullanılarak ne kadar iyi tanımlanabileceğini değerlendirir (Glasser vd. 1961). Spearman korelasyon katsayısı

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 + 1)} \quad (3.15)$$

denklemini ile elde edilir. Burada ρ Spearman'ın sıra korelasyon katsayısıdır. d_i ardışık iki gözlem arasındaki fark olup, n gözlem sayısıdır.

Pearson korelasyon katsayısı ile karşılaştırıldığında Spearman korelasyonu, iki değişkenin dağılımları hakkında varsayımlar yerine sıralamalar kullandığından, sürekli-düzenli veri (aralık veya oran) gerektirmez. Bu sayede, sıralı ölçüm seviyelerinin değişkenleri arasındaki ilişkiyi analiz etmemizi sağlar. Ayrıca, Spearman korelasyonu değişkenlerin normal dağıldığını varsaymaz. Bu nedenle bir Spearman korelasyon analizi, Pearson korelasyonunun varsayımlarının karşılanmadığı birçok durumda kullanılabilir.

Kendall sıralama korelasyonu: Kendall'ın τ katsayısı, aynı nesne grubuna ilişkin verilen iki sıralama seti arasındaki benzerlik derecesini değerlendirir (Kendall 1955). Bu katsayı, bir sıralama düzenini diğerine dönüştürmek için gerekli olan nesne çiftlerinin ters çevirme sayısına bağlıdır.

$$\tau = [(C - D)/(C + D)] \quad (3.16)$$

C uyumlu çiftlerin sayısı ve D uyumsuz çiftlerin sayısıdır. Kendall korelasyon katsayısı, iki $N(N-1)$ çift değer kümesi arasında hesaplanan standart bir korelasyon katsayısı olarak da yorumlanabilir. Burada her küme, N nesneden elde edilen tüm olası çiftleri temsil eder ve sırayla bir çift mevcut olduğunda 1, değilse 0 değerini atar (Hervé 2007). Kendall sıralama katsayısı, belirli bir uzaklığa dayandığından, zayıf sıralar, kısmi sıralar veya bölümler gibi diğer birleştirici yapılara kolaylıkla genelleştirilebilir (Degenne 1972).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Yıldızların Dikine ve İzdüşüm Dönme Hızları

Dikine hız ve izdüşüm dönme hız ölçümü için her yıldızın tayfının belirli bölgelerindeki çizgiler kullanıldı. Bu işlemler için tayflarda atomik verileri daha güvenilir olan ve başka çizgiler ile örtüşmemiş Fe, Ti ve Cr gibi elementlerin çizgileri seçildi. İzdüşüm dönme hızı için bölüm 3.6’te söz edilen yöntem uygulanarak ölçümler yapıldı.

IRAF’ın RVIDLINES paketini kullanarak hem gözlenen dikine hız hem de Güneş merkezine indirgenmiş dikine hız (v_r) ölçümü yapıldı. Analiz edilen tüm yıldızların Güneş merkezli dikine hızları ve izdüşüm dönme hızları Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Yıldızların ölçülen dikine hız (v_r) ve $v \sin i$ değerleri

Yıldız	v_r (km s ⁻¹)	$v \sin i$ (km s ⁻¹)
HD 2924	01.90±0.25	30±5
HD 4321	-07.60±0.70	24±4
HD 26553	-22.00±2.60	10±2
HD 125658	01.70±0.50	26±5
HD 137928	-03.90±0.40	34±5
HD 154713	-06.30±0.50	39±5
HD 159834	-16.20±2.00	14±3
HD 23193	19.30±3.00	42±5
HD 33266	-04.20±1.50	12±2
HD 170920	-27.10±2.40	16±5
HD 178187	-17.00±3.00	44±6
HD 182564	-25.00±5.00	24±4
HD 187340	01.20±0.50	12±2
HD 196821	-31.70±3.00	24±3
HD 202240	-14.80±2.50	26±5
HD 205939	17.70±1.20	19±3
HD 210516	08.80±1.50	49±7

4.1.1 Dikine hız yardımı ile yıldızların çift olma durumunun araştırılması

Am türü yıldızların önemli bir kısmının çift sistem üyesi olduğu düşünülmektedir. Özellikle tayfsal çift yıldızların, çıplak gözle veya teleskopla bileşenleri ayrı ayrı görünmemesinden dolayı, çift oldukları tayflarındaki çizgilerin dönemli olarak değişim göstermesinden anlaşılr. Dikine hız eğrileri yardımı ile çiftin üyelerine ilişkin parametreler belirlenebilir. Bu çalışma kapsamında yıldızların dikine hızları zamana bağlı olarak elde edilmediğinden dikine hız eğrileri de elde edilmemiştir. Ancak yine de çift olma olasılığına dair fikir edinmek adına yıldızların ölçülen dikine hızları, literatürdekiler ile kıyaslanarak dikine hızlarda önemli ölçüde değişim olup olmadığı kontrol edildi. Buna göre, HD 2429, HD 26553, HD 4321, HD 125658, HD 159834, HD 33266, HD170920, HD 182564, HD196821 ve HD 210516 yıldızlarının hata sınırları içinde dikine hızlarında kayda değer bir değişim olmadığı gözlemlendi.

Diğer taraftan HD 154713, HD 23193, HD 187340, HD 202240, HD 205939 ve HD 137928 yıldızların dikine hızlarında değişimler olduğu gözlemlendi. Bu yıldızların yeterli tayfsal verisi olmasa bile fotometrik yöntemler kullanılarak (mevcut ışık eğrileri temelinde) dönemlilik gösterip göstermedikleri araştırılabilir.

4.2 Yıldızların Atmosfer Parametreleri

Bu çalışmada seçilen 17 yıldızın başlangıç atmosfer parametreleri fotometrik yöntemler kullanılarak, nihai atmosfer parametreleri ise tayfsal yöntemlerle hesaplandı. Buna göre başlangıç parametreleri ile ilk model atmosferler üretildi. Bu atmosfer modelleri ve tayfsal yöntemler kullanılarak nihai atmosfer parametreleri tayin edildi.

4.2.1 Fotometrik yolla elde edilen yıldız parametreleri

Fotometrik yıldız parametrelerini belirlemek için, çalışmaya konu yıldızların çoğunluğu için Paunzen (2015) ve Hauck ve Mermilliod (1998) tarafından verilen Strömgen fotometrik verileri ve indisleri kullanıldı (Çizelge 4.2). Bu yıldızların parametreleri bölüm

3.5.1’de açıklandığı üzere grid kalibrasyon yöntemiyle elde edilerek Çizelge 4.3’te verildi.

Çizelge 4.2 Yıldızların $ubv\gamma\beta$ indisleri

Yıldız	V	H β	b – y	m ₁	c ₁
HD 2924	6.700	2.885	0.041	0.170	1.189
HD 4321	6.510	2.831	0.106	0.164	1.111
HD 26553	6.080	2.755	0.483	-0.002	1.620
HD 125658	6.445	2.861	0.076	0.220	0.951
HD 137928	6.430	2.888	0.042	0.177	1.087
HD 154713	6.441	2.876	0.048	0.180	1.122
HD 159834	6.108	2.845	0.096	0.203	1.045
HD 23193	5.588	2.896	0.037	0.176	1.088
HD 33266	6.167	2.851	0.000	0.169	1.130
HD 170920	5.936	2.854	0.110	0.144	1.260
HD 178187	5.790	2.889	0.053	0.194	1.083
HD 182564	4.590	-	-	-	-
HD 187340	5.899	2.886	0.024	0.024	1.144
HD 196821	6.075	2.800	-0.019	0.124	1.022
HD 202240	6.071	2.774	0.154	0.122	1.409
HD 205939	6.200	2.826	0.122	0.174	1.125
HD 210516	6.438	2.865	0.050	0.166	1.189

HD 182564 yıldızının Strömgren verileri mevcut olmadığından geniş bant fotometrik verileri (Ducati 2002) çalışmasından alındı. Bu yıldız için başlangıç atmosfer parametreleri etkin sıcaklık-renk kalibrasyonları yöntemiyle hesaplandı. (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Fotometrik olarak elde edilen başlangıç atmosfer parametreleri

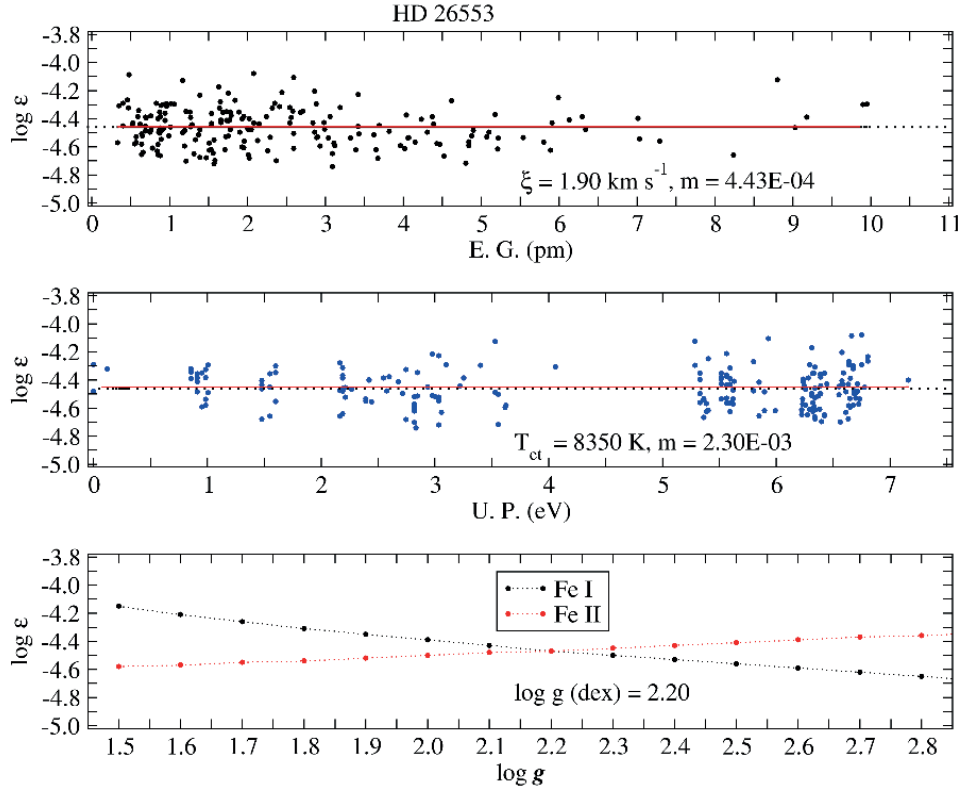
Yıldız	T_e (K) ± 200	$\log g$ (cgs) ± 0.10
HD 2924	8633	3.45
HD 4321	7659	3.27
HD 26553	7783	2.41
HD 125658	7966	3.94
HD 137928	8382	3.81
HD 154713	8217	3.63
HD 159834	7799	3.57

Çizelge 4.3 Fotometrik olarak elde edilen başlangıç atmosfer parametreleri (devam)

Yıldız	T_e (K) ± 200	$\log g$ (cgs) ± 0.10
HD 23193	8593	3.78
HD 33266	9293	3.58
HD 170920	8054	3.15
HD 178187	8396	3.83
HD 182564	9359	4.24
HD 187340	8987	3.66
HD 196821	10186	3.54
HD 202240	7736	2.41
HD 205939	7611	3.19
HD 210516	8017	3.63

4.2.2 Tayfsal yolla elde edilen atmosfer parametreleri

Fotometrik olarak elde edilen yıldız parametreleri kullanılarak her bir yıldız için başlangıç model atmosferleri üretildi. Üretilen başlangıç model atmosferi ile hesaplanan ilk atmosfer parametresi başlangıç mikrotürbülans (ξ) hızı oldu. Bunu uyartılma potansiyeli dengesi yöntemi ile etkin sıcaklık hesabı ve iyonizasyon dengesi yöntemi ile $\log g$ hesabı takip etti. Ardından tekrar mikrotürbülans belirlenerek bu değer nihai mikrotürbülans (ξ) hızı olarak alındı. HD 26553 yıldızı için T_e , $\log g$ ve ξ belirlenmesine yönelik bir örnek grafik Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 HD 26553 için tayfsal yöntemle (yukarıdan aşağıya) ξ , T_e ve $\log g$ belirlenmesine bir örnek

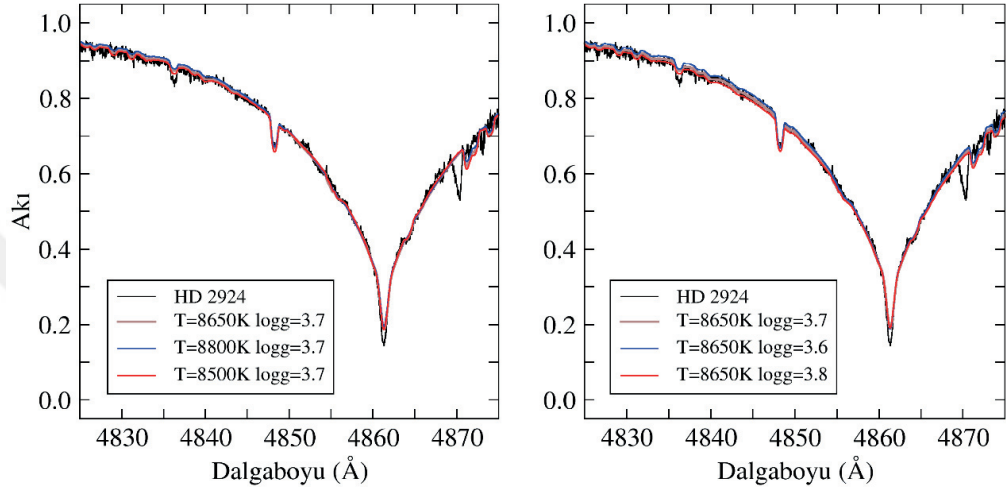
Bir yıldızın atmosfer parametrelerindeki tipik hatalar, T_e için ± 100 K %1~2, $\log g$ için ± 0.2 dex ($\sim$ %20) ve mikrotürbülans belirsizliği için ± 0.1 km s⁻¹'dir. Bu belirsizlikler bolluk belirlemelerinde 0.05-0.1 dex mertebesinde hatalara yol açar (Smalley 2005). Bunun yanında, bolluk değerlerini etkileyen tayf kalitesi, çizgilere ilişkin atomik veriler ve sürekliliğin belirlenmesi gibi diğer faktörleri de göz önüne bulundurmak gerekmektedir. Dolayısıyla bu faktörleri de göz önüne alacak şekilde hataların etkin sıcaklık için ± 150 K, $\log g$ için ± 0.1 dex ve mikrotürbülans için ± 0.5 km s⁻¹ mertebesinde olduğu kabul edildi. Söz edilen şekilde tayfsal olarak elde edilen tüm atmosfer parametreleri hatalarıyla birlikte Çizelge 4.4'te verildi.

Çizelge 4.4 Tayfsal olarak hesaplanan atmosfer parametreleri

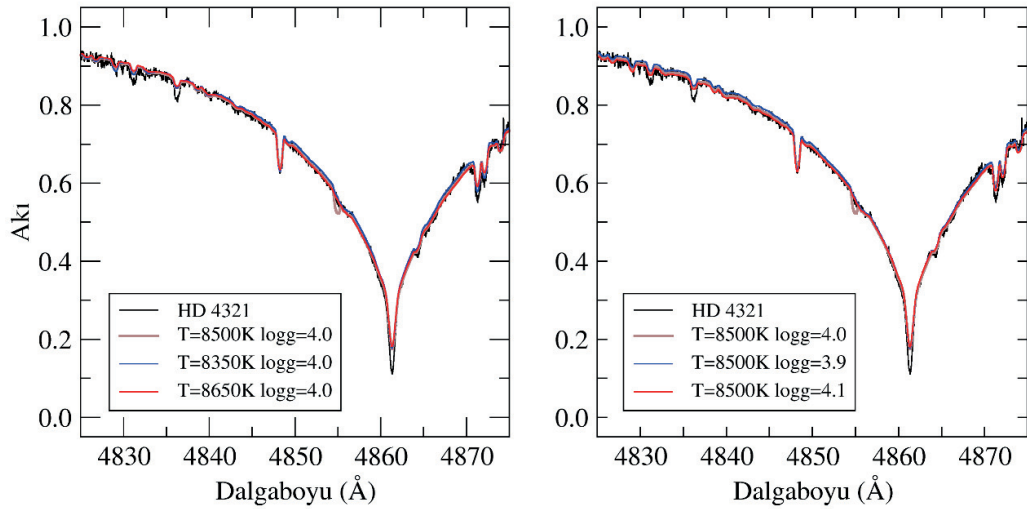
Yıldız	T_e (K)	$\log g$	ξ (km s ⁻¹)
	± 150	± 0.10	± 0.5
HD 2924	8650	3.70	2.60
HD 4321	8500	4.00	3.00
HD 26553	8350	2.20	1.90
HD 125658	8800	4.60	5.00
HD 137928	9100	3.80	4.00
HD 154713	8350	3.50	3.00
HD 159834	8350	3.90	3.20
HD 23193	8800	3.80	3.30
HD 33266	9200	3.60	2.60
HD 170920	8250	3.20	2.60
HD 178187	8500	3.40	2.80
HD 182564	9050	3.80	3.40
HD 187340	8800	3.40	2.80
HD 196821	10600	3.60	0.00
HD 202240	8000	2.50	3.00
HD 205939	7600	3.20	2.40
HD 210516	8300	3.30	3.00

Balmer profilleri bölüm 3.5’te söz edildiği gibi atmosfer parametreleri belirlemek için kullanılan tayfsal yöntemlerden biridir. Hidrojen Balmer çizgileri özellikle geç tayf türü yıldızların tayfsal etkin sıcaklık belirleme yöntemi olarak, yaygın olarak kullanılır (Amarsi vd. 2018). Etkin sıcaklığı 4500-8000 K arasında olan cüce veya dev yıldızlar için Balmer çizgileri kullanışlı bir tayfsal etkin sıcaklık belirleme yöntemidir (bkz. Cayrel vd. 2011, Ruchti vd. 2013). Bu tür yıldızların tayfında ortaya çıkan Balmer çizgileri, gaz sıcaklığına yüksek duyarlılık göstererek, basınçla genişleyen kanatlarla karakterize edilir. Ayrıca kanatlar, sürekli donukluğun baskın kaynağı olan H⁻ ile aynı basınca bağımlıdır. Öyle ki, süreklilik normalizasyonundan sonra, kanatlar $\log g$ ’ye karşı yalnızca zayıf bir şekilde duyarlıdır (bkz. Gray 2008). Sonuç olarak, ortaya çıkan Balmer çizgileri, etkin sıcaklıkları 100 K hata mertebesinde kullanılabilir (Barklem vd. 2002). Balmer çizgilerinin etkin sıcaklık belirlemedeki kullanışlılığı, potansiyel olarak çizgi oluşumu modellerindeki hatalarla sınırlıdır. Stark genişlemesi (Stehle 1994) ve öz-rezonans genişlemesi (Barklem vd. 2000) için, çizgi genişleme teorisi 20 K mertebesine karşılık

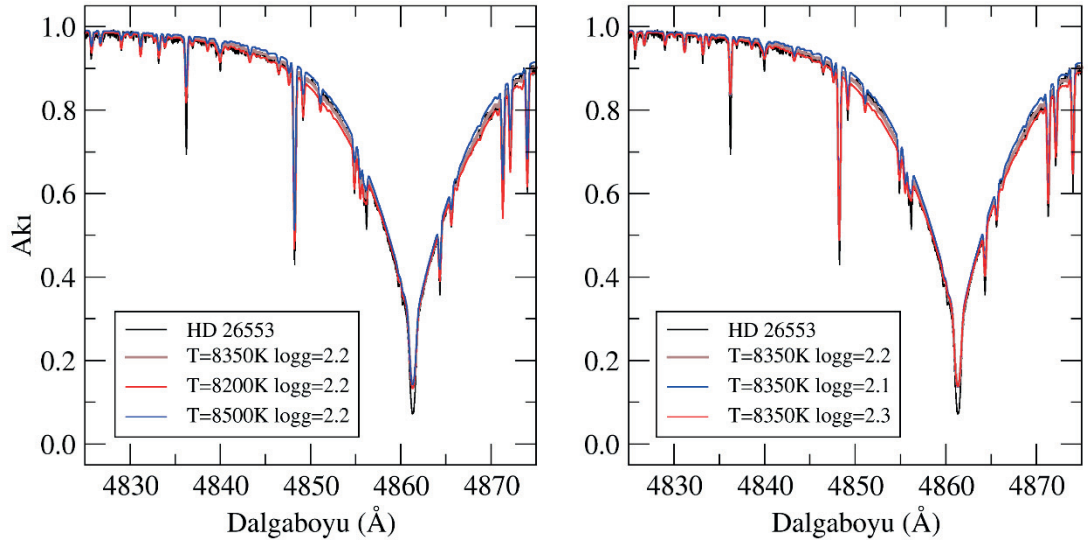
gelen bir etkin sıcaklık hatasıyla, artık sağlam temeller üzerindedir (Barklem vd. 2002). Bu nedenle, etkin sıcaklık belirlemelerini sınırlayan iki faktör, tek boyutlu (1D) hidrostatik model atmosferlerin kullanımı (bkz. Asplund 2005, Ludwig vd. 2009) ve gazın yerel termodinamik dengede olduğu varsayımdır (bkz. Przybilla ve Butler 2004, Barklem 2007).



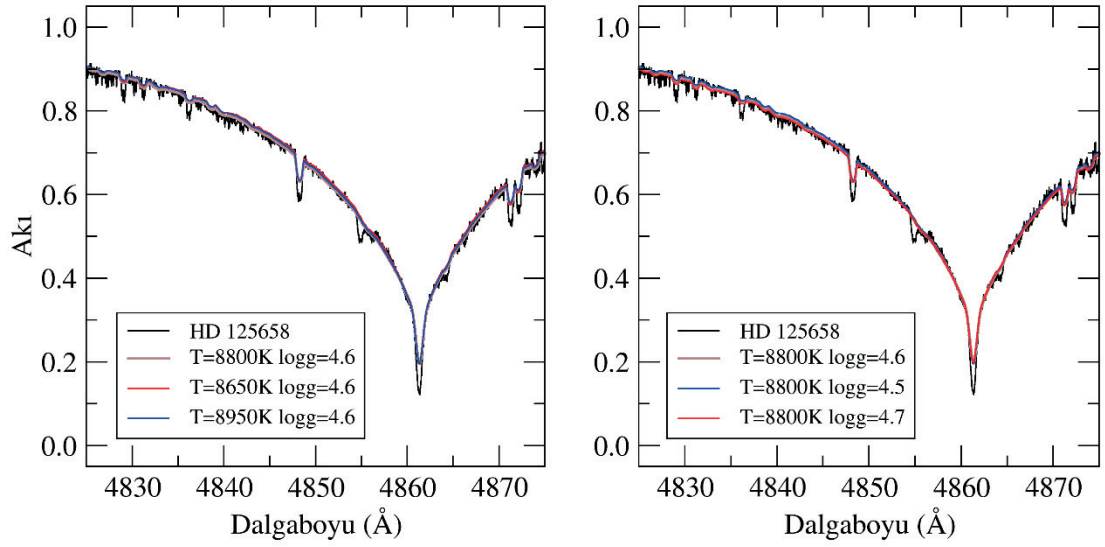
Şekil 4.2 HD 2924 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması



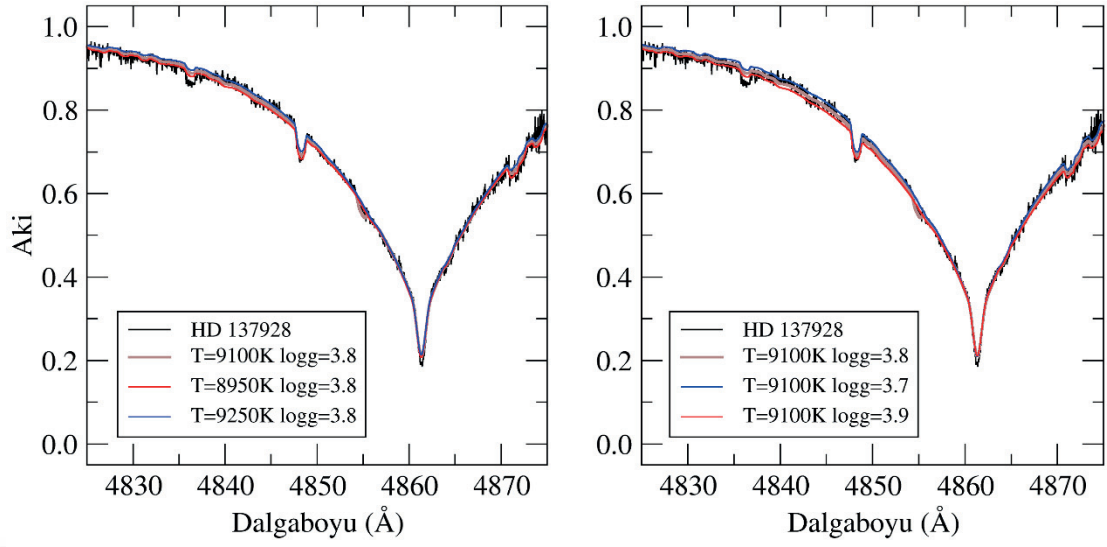
Şekil 4.3 HD 4321 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması



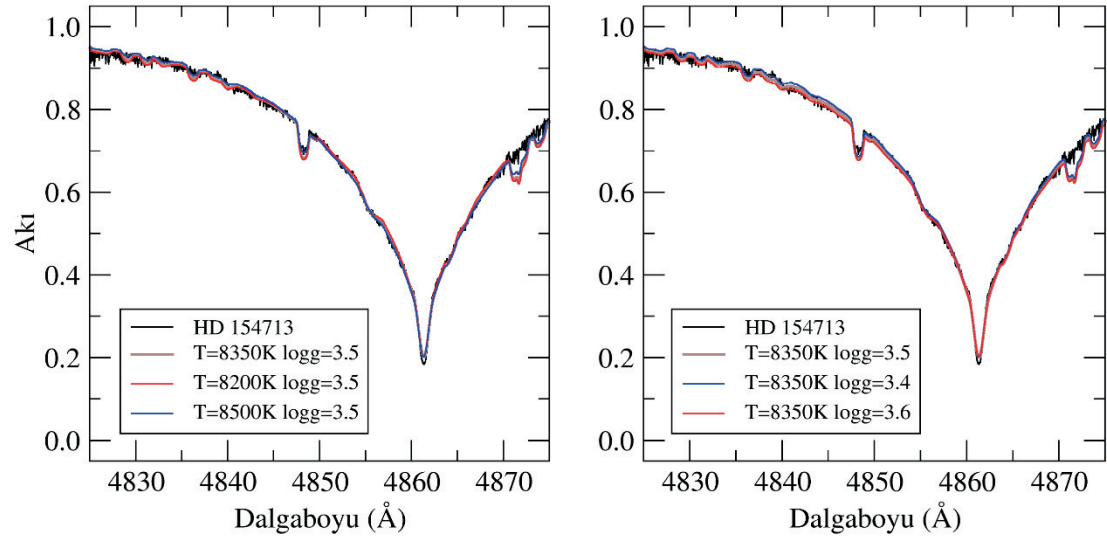
Şekil 4.4 HD 26553 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması



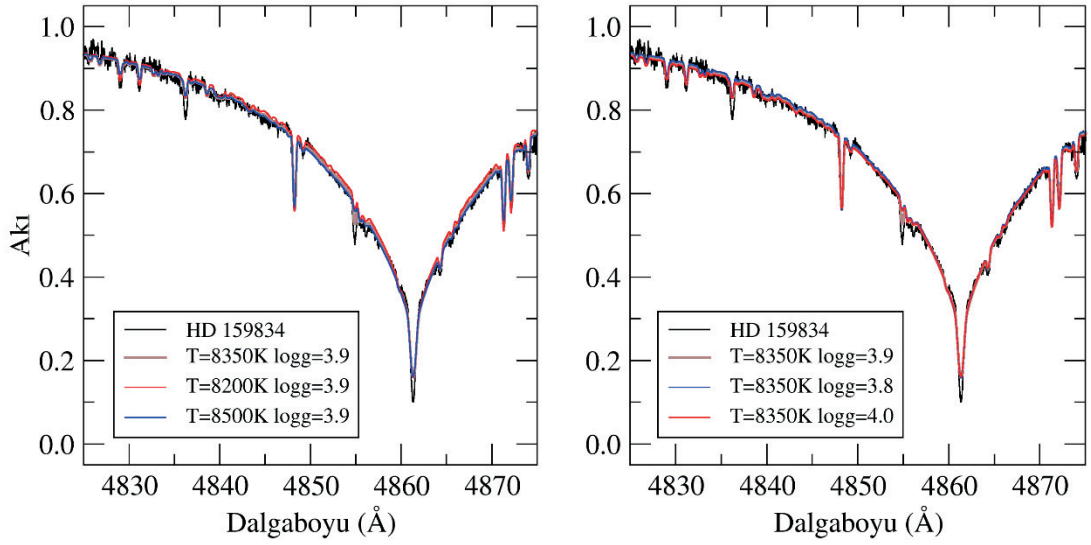
Şekil 4.5 HD 125658 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması



Şekil 4.6 HD 137928 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması



Şekil 4.7 HD 154713 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması



Şekil 4.8 HD 159834 yıldızının etkin sıcaklık ve $\log g$ 'ye göre üretilen kuramsal H_β çizgi profillerinin, gözlemsel H_β çizgi profili ile karşılaştırılması

Bu çalışmada metal çizgi analiz yöntemi ile elde edilen atmosfer parametreleri, Balmer serisinin H_β çizgisi karşılaştırması ile denetlendi. Ayrıntılı kimyasal bolluk analizi ilk defa bu çalışma kapsamında yapılan yıldızların H_β karşılaştırması Şekil 4.2'den Şekil 4.8'e kadar verildi. Bu yıldızların etkin sıcaklığı 8000 K üzerinde olduğundan, profillerin hem etkin sıcaklığa hem de $\log g$ 'ye karşı duyarlı olması beklenmektedir. Şekillerde sıcaklık sabit tutulup $\log g$ 'ye göre duyarlılık ve $\log g$ sabit tutulup sıcaklığa karşı olan duyarlılık incelenerek parametreleri teyit edildi. Her iki parametrenin etkisi olduğu göz önünde bulundurularak, bu yöntemle parametreler belirleme ihtiyacı olduğunda mutlaka parametrelerin biri farklı bir yöntem ile belirlenmiş olması gerekmektedir.

4.3 Bolluk Analizi Bulguları

Hedef yıldızların kimyasal bolluklarını belirlemede bölüm 3.7'da tartışılan yöntemler dikkate alındı. Buna göre çoğu atomik tür için bolluklar tayfta gözlenen çizgilerin eşdeğer genişlik ölçümleri temelinde WIDTH9 kodu ile ölçüldü. Yine bölüm 3.6'da tartışıldığı üzere bu yöntemle ölçülemeyen bolluklar için SYNTHES kodu kullanıldı.

Kimyasal bolluk analizinde genel olarak eşdeğer genişliği 200 mÅ'dan daha büyük çizgiler büyüme eğrisinin doğrusal kısmında olmadığından analizde dikkate alınmadı. Ancak mevcut tayflarda Sr bolluğunu ölçmenin tek yolu Sr II'nin 4077 ve 4215 Å dalgaboylu çizgileri olduğundan ve bu çizgilerin eşdeğer genişlikleri 200 mÅ'dan büyük olsa bile analizde kullanıldı. Yıldız tayflarında gözlenen ve tanısı yapılmış çizgilerin atomik verileri Kurucz çizgi listelerindeki veriler ile eşleştirildi. Çizgilere ait log *gf* gibi atomik bilgiler NIST (Kramida 2022) ve VALD veri tabanları kullanılarak güncellendi.

Çizelge 4.5'ten Çizelge 4.11'e kadar, bu çalışma kapsamında, ilk defa ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapılan yıldızların bolluk sonuçları ve hataları yer almaktadır. Çizelge 4.12'den Çizelge 4.21'e kadar ise analizleri yenilenen yıldızların bolluk sonuçları ve bu yıldızlara yönelik daha önce gerçekleştirilen analiz sonuçları, hataları ile verilmiştir. Çizelgelerde, ilişkili elementin Güneş bollukları log $\epsilon_{\odot}$ ile, yıldızdaki bolluğu log ϵ ile gösterilmiştir. İlgili elementin Güneş bolluğuna göre yıldızdaki bolluğu [X/H],

$$[X/H] = \log \epsilon_X - \log \epsilon_{\odot}$$

ifadesi ile verilir. Buna göre [X/H] = 0.0 dex olması, yıldızdaki X elementinin kimyasal bolluğunun Güneş'teki bolluğuna eşit olduğunu, ± 1.0 dex olması ise X elementinin bolluğunun Güneş değerinden sırasıyla 10 kat fazla ve 10 kat az olduğunu gösterir. Çizelgelerde verilen Güneş bolluğu değerleri Grevesse ve Sauval (1998) çalışmasından alınmıştır.

Hata analizi için, her bir atomik türe ilişkin çizgilerden hesaplanan bollukların (bireysel ölçümlerin) standart sapması σ_r ile verildi. Sistematik hata, atmosfer parametrelerindeki hataların kimyasal bolluklar üzerindeki etkisini göstermekte olup Denklem 4.16 ile hesaplanmıştır. Buna göre, sistematik hataları (σ_{sis}) hesaplamak için; etkin sıcaklık değerine eklenen ± 150 K ile yeni model atmosferler üretilerek bolluk ölçümü yeniden yapıldı. Yıldızın bolluğu ile hesaplanan bu yeni bolluklar arasındaki fark, etkin sıcaklıktan kaynaklanan hata değeri (σ_{T_e}) olarak varsayıldı. Benzer şekilde belirlenen

yüzey çekim ivmesi hatası $\sigma_{\log g}$ olarak alındı. Son olarak mikrotürbülans'a hata payı eklenerek bolluk hesabı yapıp σ_{ξ} elde edildi.

$$\sigma_{\text{sis}} = \sqrt{\sigma_{T_e}^2 + \sigma_{\log g}^2 + \sigma_{\xi}^2} \quad (4.1)$$

Her bir yıldız için element bolluklarındaki belirsizlikler Çizelge 4.5'ten ile Çizelge 4.21'e kadar listelenmiştir. Çizelgelerde gösterilen N çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.5 HD 2924 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
6.00	C I	8.52	8.45	-0.07	0.07	0.08	6
7.00	N I	7.92	8.05	0.13	0.00	0.04	1
8.00	O I	8.83	8.95	0.12	0.00	0.04	1
12.00	Mg I	7.58	7.55	-0.03	0.03	0.22	4
12.01	Mg II	7.58	7.62	0.04	0.00	0.14	1
14.01	Si II	7.55	7.48	-0.07	0.08	0.12	2
20.00	Ca I	6.36	6.49	0.13	0.05	0.19	7
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.09	-0.08	0.10	0.24	3
22.01	Ti II	5.02	5.19	0.17	0.08	0.12	9
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.17	0.17	0.00	0.22	1
24.00	Cr I	5.67	5.76	0.09	0.15	0.32	2
24.01	Cr II	5.67	5.85	0.18	0.06	0.14	10
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.30	-0.09	0.00	0.16	1
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.30	-0.09	0.00	0.04	1
26.00	Fe I	7.50	7.62	0.12	0.02	0.18	42
26.01	Fe II	7.50	7.64	0.14	0.02	0.18	46
30.00	Zn I	4.60	4.83	0.23	0.00	0.13	1
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.31	0.34	0.08	0.74	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.62	0.38	0.00	0.15	1
40.01	Zr II	2.60	3.21	0.47	0.00	0.27	1
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	2.41	0.28	0.00	0.24	1

Çizelge 4.6 HD 4321 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.72	0.20	0.03	0.06	11
08.00	O I	8.83	8.88	0.05	0.00	0.25	1
11.00	Na I	6.33	6.73	0.40	0.04	0.11	3
12.00	Mg I	7.58	7.57	-0.01	0.07	0.13	4
14.00	Si I	7.55	7.63	0.08	0.09	0.10	3
14.01	Si II	7.55	7.56	0.01	0.00	0.18	1
16.00	S I	7.33	7.66	0.33	0.07	0.10	5
20.00	Ca I	6.36	6.20	-0.16	0.03	0.15	10
20.01	Ca II	6.36	6.31	-0.05	0.01	0.05	2
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.62	-0.55	0.06	0.13	5
22.01	Ti II	5.02	5.23	0.21	0.03	0.22	18
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.18	0.18	0.09	0.07	2
24.00	Cr I	5.67	5.84	0.17	0.04	0.15	5
24.01	Cr II	5.67	5.87	0.20	0.04	0.10	24
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.62	0.23	0.01	0.17	2
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.61	0.22	0.00	0.03	1
26.00	Fe I	7.50	7.64	0.14	0.01	0.15	106
26.01	Fe II	7.50	7.62	0.12	0.02	0.14	49
28.00	Ni I	6.25	6.46	0.21	0.07	0.12	6
30.00	Zn I	4.60	5.08	0.48	0.00	0.14	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.59	0.62	0.00	0.39	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.56	0.32	0.04	0.11	2
40.01	Zr II	2.60	3.23	0.63	0.11	0.09	2
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.06	0.83	0.06	0.27	3
57.01	La II	1.17	2.45	1.28	0.00	0.14	1
58.01	Ce II	1.58	1.94	0.36	0.00	0.12	1
60.01	Nd II	1.50	2.55	1.05	0.14	0.15	2
62.01	Sm II	1.01	2.97	1.96	0.00	0.14	1
64.01	Gd II	1.12	2.90	1.78	0.00	0.10	1

Çizelge 4.7 HD 26553 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.37	-0.15	0.03	0.12	19
07.00	N I	7.92	8.20	0.28	0.08	0.02	2
08.00	O I	8.83	8.91	0.08	0.04	0.01	8
11.00	Na I	6.33	6.54	0.21	0.09	0.15	3
12.00	Mg I	7.58	7.77	0.19	0.01	0.19	4

Çizelge 4.7 HD 26553 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
12.01	Mg II	7.58	7.80	0.22	0.21	0.15	2
13.01	Al II	6.47	6.72	0.25	0.00	0.05	1
14.00	Si I	7.55	7.68	0.13	0.06	0.14	8
14.01	Si II	7.55	7.50	-0.05	0.04	0.11	2
16.00	S I	7.33	7.55	0.22	0.05	0.14	6
19.00	K I	5.12	5.33	0.21	0.00	0.18	1
20.00	Ca I	6.36	6.40	0.04	0.03	0.24	17
20.01	Ca II	6.36	6.37	0.01	0.03	0.13	4
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.04	-0.13	0.03	0.21	11
22.00	Ti I	5.02	5.01	-0.01	0.04	0.19	4
22.01	Ti II	5.02	4.99	-0.03	0.04	0.18	38
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.02	0.02	0.06	0.14	9
24.00	Cr I	5.67	5.72	0.05	0.04	0.18	9
24.01	Cr II	5.67	5.71	0.04	0.03	0.16	39
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.29	-0.10	0.06	0.18	8
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.26	-0.13	0.05	0.04	7
26.00	Fe I	7.50	7.58	0.08	0.01	0.19	202
26.01	Fe II	7.50	7.58	0.08	0.01	0.11	102
27.01	Co II	4.92	5.15	0.23	0.00	0.06	1
28.00	Ni I	6.25	6.19	-0.06	0.02	0.17	20
28.01	Ni II	6.25	6.20	-0.05	0.05	0.05	3
29.00	Cu I	4.21	4.53	0.32	0.00	0.16	1
30.00	Zn I	4.60	4.70	0.10	0.04	0.17	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.44	0.47	0.08	0.37	3
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.37	0.13	0.03	0.17	5
40.01	Zr II	2.60	2.75	0.15	0.06	0.13	8
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	2.43	0.30	0.05	0.33	4
57.01	La II	1.17	1.61	0.44	0.13	0.21	2
58.01	Ce II	1.58	1.72	0.14	0.00	0.18	1

Çizelge 4.8 HD 125658 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.72	0.20	0.06	0.06	7
08.00	O I	8.83	8.58	-0.25	0.11	0.14	2
11.00	Na I	6.33	6.71	0.38	0.01	0.10	2
12.00	Mg I	7.58	7.73	0.15	0.08	0.12	3
13.01	Al II	6.47	6.70	0.23	0.00	0.03	1

Çizelge 4.8 HD 125658 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
14.00	Si I	7.55	7.98	0.43	0.07	0.10	7
16.00	S I	7.33	7.71	0.38	0.06	0.09	2
20.00	Ca I	6.36	6.25	-0.11	0.05	0.14	11
20.01	Ca II	6.36	6.27	-0.09	0.00	0.04	1
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.76	-0.41	0.16	0.09	3
22.01	Ti II	5.02	5.39	0.37	0.04	0.09	17
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.42	0.42	0.05	0.07	2
24.00	Cr I	5.67	6.17	0.50	0.06	0.14	3
24.01	Cr II	5.67	6.07	0.40	0.03	0.07	19
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.91	0.32	0.04	0.13	4
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.98	0.39	0.08	0.03	2
26.00	Fe I	7.50	7.93	0.43	0.01	0.13	129
26.01	Fe II	7.50	7.89	0.39	0.03	0.07	50
28.00	Ni I	6.25	6.95	0.70	0.04	0.11	13
29.00	Cu I	4.21	4.93	0.72	0.00	0.13	1
30.00	Zn I	4.60	5.31	0.71	0.04	0.12	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.46	0.49	0.00	0.47	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.51	1.07	0.03	0.10	5
40.01	Zr II	2.60	4.08	1.48	0.10	0.09	3
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.61	1.18	0.04	0.22	3
57.01	La II	1.17	2.58	1.41	0.00	0.12	1
58.01	Ce II	1.58	2.99	1.41	0.00	0.11	1

Çizelge 4.9 HD 137928 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.73	0.21	0.00	0.08	2
08.00	O I	8.83	9.03	0.20	0.00	0.01	1
12.00	Mg I	7.58	7.78	0.20	0.10	0.19	4
14.01	Si II	7.55	7.77	0.22	0.06	0.16	3
16.00	S I	7.33	7.69	0.36	0.00	0.10	1
20.00	Ca I	6.36	6.47	0.11	0.02	0.16	3
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.79	-0.38	0.11	0.15	2
22.01	Ti II	5.02	5.31	0.29	0.04	0.17	11
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.52	0.52	0.00	0.13	1
24.01	Cr II	5.67	6.15	0.48	0.04	0.11	18
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.81	0.42	0.08	0.13	3

Çizelge 4.9 HD 137928 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
26.00	Fe I	7.50	7.92	0.42	0.02	0.15	64
26.01	Fe II	7.50	7.91	0.41	0.03	0.13	40
28.00	Ni I	6.25	6.90	0.65	0.05	0.12	4
30.00	Zn I	4.60	5.38	0.78	0.00	0.13	1
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.67	0.70	0.00	0.51	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.26	1.02	0.05	0.14	3
40.01	Zr II	2.60	3.81	1.21	0.06	0.09	3
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.36	1.23	0.04	0.21	2

Çizelge 4.10 HD 154713 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.42	-0.10	0.08	0.08	3
12.00	Mg I	7.58	7.25	-0.19	0.06	0.21	4
14.01	Si II	7.55	7.43	-0.12	0.06	0.16	3
16.00	S I	7.33	7.64	0.31	0.00	0.10	1
20.00	Ca I	6.36	6.05	-0.31	0.07	0.16	6
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.63	-0.54	0.04	0.10	2
22.01	Ti II	5.02	5.21	0.19	0.05	0.23	11
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.21	0.21	0.00	0.11	1
24.00	Cr I	5.67	5.79	0.12	0.04	0.27	2
24.01	Cr II	5.67	5.83	0.16	0.06	0.24	5
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.58	0.19	0.00	0.16	1
26.00	Fe I	7.50	7.68	0.18	0.02	0.20	59
26.01	Fe II	7.50	7.68	0.18	0.03	0.21	36
28.00	Ni I	6.25	6.47	0.22	0.07	0.14	6
30.00	Zn I	4.60	4.79	0.19	0.00	0.14	1
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.82	0.85	0.00	0.48	1
40.01	Zr II	2.60	3.28	0.68	0.04	0.17	2
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	2.92	0.79	0.05	0.29	3

Çizelge 4.11 HD 159834 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	σ_r	σ_{sis}	N
6.00	C I	8.52	8.46	-0.06	0.05	0.05	11
8.00	O I	8.83	8.72	-0.11	0.00	0.05	1
11.00	Na I	6.33	6.40	0.07	0.08	0.11	2
12.00	Mg I	7.58	7.49	-0.09	0.03	0.13	4
12.01	Mg II	7.58	7.62	0.04	0.08	0.07	2
14.00	Si I	7.55	7.75	0.20	0.03	0.10	5
16.00	S I	7.33	7.41	0.08	0.00	0.09	1
19.00	K I	5.12	5.13	0.01	0.00	0.13	1
20.00	Ca I	6.36	6.28	-0.08	0.03	0.16	12
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.86	-0.27	0.01	0.12	5
22.01	Ti II	5.02	5.39	0.37	0.02	0.22	22
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.31	0.31	0.08	0.10	3
24.01	Cr II	5.67	5.86	0.19	0.03	0.12	21
25.00	Mn II ^{HFS}	5.39	5.60	0.21	0.03	0.13	3
26.00	Fe I	7.50	7.66	0.16	0.01	0.16	108
26.01	Fe II	7.50	7.65	0.15	0.02	0.16	59
28.00	Ni I	6.25	6.55	0.30	0.04	0.13	10
29.00	Cu I	4.21	4.53	0.32	0.17	0.13	2
30.00	Zn I	4.60	5.05	0.45	0.11	0.13	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.94	0.97	0.00	0.51	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.81	0.57	0.02	0.17	7
40.01	Zr II	2.60	3.51	0.91	0.04	0.09	3
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.02	0.89	0.13	0.29	2
57.01	La II	1.17	2.68	1.51	0.00	0.19	1
58.01	Ce II	1.58	2.77	1.19	0.10	0.12	4
62.01	Sm II	1.01	2.59	1.58	0.00	0.13	1
63.01	Eu II	0.51	1.42	0.91	0.00	0.14	1

Ayrıntılı kimyasal bolluk analizi mevcut olan yıldızlar: Bu tez çalışmasından önce ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapılmış yıldızların bolluk değerleri bu çalışmada yeniden elde edilmiştir. Elde edilen kimyasal bolluk değerleri daha önce farklı yazarlar tarafından elde edilen sonuçlarla birlikte Çizelge 4.12'den Çizelge 4.21'e kadar listelenmiştir. Genel olarak bu çalışmada elde edilen ve daha önce farklı yazarlar tarafından elde edilen bolluk değerleri arasında çeşitli atomik türler için farklılıklar olsa bile bu farklılıklar ilgili yıldızın öngörülen türünü değiştirmediğinden farklılıkların kökeni detaylı olarak sorgulanmadı. Ancak bu farklılıklara yol açabilecek olası kaynaklar genel anlamda analizde kullanılan verilerin indirgenmesi, tayfların normalizasyonu,

analizde kullanılan çizgi seçimi, eşdeğer genişlik ölçümü ve kullanılan atomik veriler olarak ifade edilebilir.

Çizelge 4.12 HD 23193 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.34	-0.18	-0.43[1]	0.06	0.08	2
08.00	O I	8.83	8.75	-0.08	-0.07[1]	0.00	0.04	1
11.00	Na I	6.33	6.47	0.14	0.10[2]	0.02	0.11	2
12.00	Mg I	7.58	7.58	0.00	-0.06[5]	0.08	0.10	4
12.01	Mg II	7.58	7.58	0.00	...	0.01	0.06	2
14.01	Si II	7.55	7.89	0.34	0.35[3]	0.14	0.14	3
16.00	S I	7.33	7.56	0.23	0.21[1]	0.00	0.09	1
20.00	Ca I	6.36	6.24	-0.12	-0.19[5]	0.14	0.17	6
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.07	-0.10	-0.10[4]	0.15	0.16	3
22.01	Ti II	5.02	5.21	0.19	0.19[16]	0.11	0.13	14
24.00	Cr I	5.67	5.78	0.11	...	0.00	0.09	1
24.01	Cr II	5.67	5.82	0.15	0.13[11]	0.13	0.14	13
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.68	0.29	...	0.13	0.14	3
26.00	Fe I	7.50	7.77	0.27	0.27[76]	0.11	0.14	58
26.01	Fe II	7.50	7.77	0.27	...	0.14	0.15	44
28.00	Ni I	6.25	6.71	0.46	0.42[6]	0.13	0.14	8
30.00	Zn I	4.60	5.26	0.66	0.68[1]	0.00	0.12	1
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.93	0.96	1.16[1]	0.17	0.35	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.44	1.20	1.03[2]	0.11	0.15	2
40.01	Zr II	2.60	3.87	1.27	...	0.12	0.14	2
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.31	1.18	1.24[4]	0.08	0.22	3

* Kılıçoğlu vd. (2018) çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir

Çizelge 4.13 HD 33266 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.32	-0.20	-0.18[2]	0.04	0.09	6
07.00	N I	7.92	7.84	-0.08	-0.06[1]	0.00	0.02	2
08.00	O I	8.83	9.11	0.28	0.25[4]	0.05	0.10	3
11.00	Na I	6.33	6.53	0.20	...	0.06	0.10	4
12.00	Mg I	7.58	7.58	0.00	-0.01[3]	0.13	0.17	7
12.01	Mg II	7.58	7.40	-0.18	-0.16[2]	0.09	0.10	4
13.01	Al II	6.47	6.73	0.26	0.26[4]	0.02	0.06	3
14.00	Si I	7.55	7.59	0.04	0.38[1]	0.07	0.10	4
14.01	Si II	7.55	7.67	0.12	0.15[4]	0.06	0.10	6
16.00	S I	7.33	7.67	0.34	0.51[2]	0.06	0.10	4

Çizelge 4.13 HD 33266 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
20.00	Ca I	6.36	6.32	-0.04	-0.04[12]	0.02	0.18	13
20.01	Ca II	6.36	6.25	-0.11	...	0.04	0.12	3
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.49	-0.68	-0.68[2]	0.04	0.13	4
22.00	Ti I	5.02	5.28	0.26	...	0.00	0.13	1
22.01	Ti II	5.02	5.25	0.23	0.10[21]	0.07	0.14	35
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.56	0.56	0.57[5]	0.06	0.08	6
24.00	Cr I	5.67	5.91	0.24	0.24[5]	0.12	0.14	7
24.01	Cr II	5.67	5.88	0.21	0.21[25]	0.06	0.10	39
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.84	0.45	...	0.12	0.13	4
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.84	0.45	0.45[5]	0.03	0.03	6
26.00	Fe I	7.50	7.71	0.21	0.21[75]	0.12	0.14	187
26.01	Fe II	7.50	7.71	0.21	0.21[88]	0.11	0.14	165
27.01	Co II	4.92	5.21	0.29	...	0.07	0.13	3
28.00	Ni I	6.25	6.77	0.52	0.51[9]	0.08	0.11	26
28.01	Ni II	6.25	6.79	0.54	0.83[4]	0.10	0.11	5
29.00	Cu I	4.21	4.70	0.49	...	0.00	0.11	1
30.00	Zn I	4.60	5.32	0.72	0.71[1]	0.04	0.12	4
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.69	0.72	0.68[1]	0.02	0.15	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.00	0.76	0.77[2]	0.04	0.12	10
40.01	Zr II	2.60	3.55	0.95	0.87[2]	0.05	0.13	11
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.23	1.10	1.10[4]	0.02	0.22	3
58.01	Ce II	1.58	3.02	1.44	...	0.00	0.13	1
63.01	Eu II	0.51	1.64	1.13	...	0.00	0.14	1

*Çalışkan vd. (2015) çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.14 HD 170920 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.39	-0.13	-0.13[17]	0.12	0.13	18
07.00	N I	7.92	7.81	-0.11	...	0.10	0.11	3
08.00	O I	8.83	8.74	-0.09	-0.08[8]	0.14	0.15	8
11.00	Na I	6.33	6.29	-0.04	-0.04[2]	0.05	0.12	3
12.00	Mg I	7.58	7.63	0.05	0.08[4]	0.10	0.11	5
12.01	Mg II	7.58	7.62	0.04	...	0.10	0.13	6
13.01	Al II	6.47	6.51	0.04	0.00[1]	0.00	0.10	1
14.00	Si I	7.55	7.53	-0.02	-0.01[3]	0.15	0.16	6
14.01	Si II	7.55	7.53	-0.02	...	0.03	0.07	3
16.00	S I	7.33	7.54	0.21	0.16[4]	0.13	0.14	6
20.00	Ca I	6.36	6.33	-0.03	-0.04[24]	0.09	0.10	18
20.01	Ca II	6.36	6.32	-0.04	...	0.18	0.18	2
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.12	-0.05	-0.06[11]	0.12	0.13	12
22.01	Ti II	5.02	5.15	0.13	0.15[28]	0.13	0.18	48

Çizelge 4.14 HD 170920 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.16	0.16	...	0.11	0.14	3
24.00	Cr I	5.67	5.68	0.01	...	0.17	0.17	6
24.01	Cr II	5.67	5.68	0.01	0.01[24]	0.13	0.14	36
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.42	0.03	0.03[3]	0.15	0.16	10
26.00	Fe I	7.50	7.50	0.00	0.00[40]	0.14	0.16	156
26.01	Fe II	7.50	7.50	0.00	...	0.18	0.18	91
27.01	Co I	4.92	5.73	0.81	...	0.03	0.14	2
28.00	Ni I	6.25	6.42	0.17	0.16[11]	0.17	0.18	15
30.00	Zn I	4.60	4.94	0.34	0.41[2]	0.11	0.14	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.03	0.06	...	0.00	0.34	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.79	0.55	0.57[5]	0.15	0.16	12
40.01	Zr II	2.60	3.10	0.50	...	0.16	0.17	8
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.10	0.97	0.97[4]	0.14	0.29	4
57.01	La II	1.17	1.54	0.37	...	0.06	0.14	3
58.01	Ce II	1.58	2.32	0.74	...	0.20	0.14	3

*Kılıçoğlu vd. 2018 çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.15 HD 178187 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.75	0.23	...	0.06	0.08	6
08.00	O I	8.83	8.85	0.02	0.09[triplet]	0.00	0.02	1
12.00	Mg I	7.58	7.76	0.18	0.35[3]	0.07	0.15	5
14.01	Si II	7.55	7.72	0.17	0.29[2]	0.06	0.13	4
16.00	S I	7.33	8.00	0.67	0.70[1]	0.00	0.11	1
20.00	Ca I	6.36	6.38	0.02	0.36[5]	0.17	0.17	5
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.92	-0.25	-0.24[2]	0.16	0.19	8
22.01	Ti II	5.02	5.19	0.17	0.19[4]	0.08	0.14	19
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.40	0.40	...	0.10	0.12	4
24.01	Cr II	5.67	6.09	0.42	46[8]	0.17	0.19	13
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.78	0.39	...	0.04	0.05	2
26.00	Fe I	7.50	7.84	0.34	0.43[29]	0.12	0.15	63
26.01	Fe II	7.50	7.88	0.38	0.39[18]	0.11	0.14	31
27.01	Co II	4.92	5.51	0.59	...	0.00	0.06	1
28.00	Ni I	6.25	6.86	0.61	0.86[1]	0.08	0.15	4
28.01	Ni II	6.25	6.87	0.62	...	0.00	0.11	1
30.00	Zn I	4.60	5.07	0.47	...	0.00	0.14	1
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	4.02	1.05	1.35[1]	0.09	0.27	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.96	0.72	0.49[2]	0.11	0.15	4

Çizelge 4.15 HD 178187 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
40.01	Zr II	2.60	3.63	1.03	...	0.12	0.18	4
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.36	1.23	0.84[3]	0.17	0.19	2
58.01	Ce II	1.58	3.23	1.65	...	0.00	0.13	1
60.01	Nd II	1.50	2.59	1.09	...	0.00	0.15	1

*Elmaslı vd. 2018 çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.16 HD 182564 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	[X/H*]	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.54	0.02	...	0.08	0.12	2
08.00	O I	8.83	8.60	-0.23	...	0.04	0.04	2
11.00	Na I	6.33	6.77	0.44	1.27[2]	0.05	0.09	2
12.00	Mg I	7.58	7.55	-0.03	0.10[4]	0.04	0.14	4
14.01	Si II	7.55	7.73	0.18	0.40[3]	0.11	0.13	3
20.00	Ca I	6.36	6.52	0.16	0.30[5]	0.11	0.14	5
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.51	-0.66	-0.55[2]	0.14	0.15	3
22.01	Ti II	5.02	5.44	0.42	0.33[12]	0.14	0.14	17
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.76	0.76	...	0.08	0.10	3
24.00	Cr I	5.67	5.89	0.22	0.52[1]	0.14	0.15	4
24.01	Cr II	5.67	5.93	0.26	0.52[17]	0.13	0.13	18
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	6.11	0.72	...	0.00	0.11	1
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.90	0.51	...	0.03	0.14	3
26.00	Fe I	7.50	7.77	0.27	0.44[37]	0.16	0.17	92
26.01	Fe II	7.50	7.77	0.27	0.43[47]	0.17	0.17	58
28.00	Ni I	6.25	6.87	0.62	0.79[3]	0.14	0.15	10
30.00	Zn I	4.60	5.60	1.00	...	0.07	0.13	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.48	0.51	1.37[1]	0.01	0.34	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.21	0.97	1.55[2]	0.12	0.47	9
40.01	Zr II	2.60	3.90	1.30	...	0.14	0.14	4
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.37	1.24	...	0.08	0.10	2

*Elmaslı vd. 2017 çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.17 HD 187340 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[x/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.33	-0.19	-0.23[3]	0.09	0.11	9
08.00	O I	8.83	8.72	-0.11	-0.13[2]	0.08	0.09	10
11.00	Na I	6.33	6.61	0.28	0.46[1]	0.10	0.11	3
12.00	Mg I	7.58	7.68	0.10	...	0.13	0.13	6
12.01	Mg II	7.58	7.66	0.08	0.22[1]	0.10	0.15	5
13.01	Al II	6.47	6.48	0.01	0.08[1]	0.19	0.06	2
14.00	Si I	7.55	7.42	-0.13	...	0.09	0.10	5
14.01	Si II	7.55	7.43	-0.12	-0.12[3]	0.05	0.08	9
16.00	S I	7.33	7.69	0.36	...	0.04	0.10	5
20.00	Ca I	6.36	6.44	0.08	0.10[9]	0.17	0.18	24
20.01	Ca II	6.36	6.40	0.04	0.11[5]	0.12	0.13	3
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	2.81	-0.36	-0.29[8]	0.10	0.14	8
22.00	Ti I	5.02	5.23	0.21	...	0.12	0.13	3
22.01	Ti II	5.02	5.27	0.25	0.09[26]	0.10	0.14	58
23.01	V II ^{HFS}	4.00	4.36	0.36	0.39[4]	0.06	0.08	10
24.00	Cr I	5.67	5.87	0.20	0.03[4]	0.07	0.09	8
24.01	Cr II	5.67	5.86	0.19	0.06[8]	0.11	0.15	40
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.64	0.25	0.04[3]	0.10	0.11	9
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.71	0.32	0.008[1]	0.08	0.09	9
26.00	Fe I	7.50	7.73	0.23	0.21[119]	0.12	0.13	260
26.01	Fe II	7.50	7.73	0.23	0.20[60]	0.12	0.13	150
27.01	Co II	4.92	5.54	0.62	...	0.00	0.06	1
28.00	Ni I	6.25	6.78	0.53	0.51[2]	0.13	0.14	29
28.01	Ni II	6.25	6.73	0.48	0.56[1]	0.06	0.09	5
30.00	Zn I	4.60	5.24	0.64	0.65[2]	0.09	0.13	5
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	4.00	1.03	0.91[1]	0.07	0.32	2
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.15	0.91	0.88[7]	0.11	0.16	16
40.01	Zr II	2.60	3.65	1.05	0.82[2]	0.03	0.10	17
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.34	1.21	...	0.11	0.12	5
57.01	La II	1.17	1.95	0.78	...	0.16	0.26	2
58.01	Ce II	1.58	3.13	1.55	...	0.17	0.18	4
60.01	Nd II	1.50	2.68	1.18	...	0.00	0.16	1
62.01	Sm II	1.01	3.09	2.08	...	0.00	0.14	1
63.01	Eu II	0.51	0.76	0.25	...	0.00	0.14	1
64.01	Gd II	1.12	2.31	1.19	...	0.00	0.11	1
68.01	Er II	0.93	2.30	1.37	...	0.00	0.12	1

*Elmaslı vd. 2017 çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.18 HD 196821 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	9.39	0.87	...	0.00	0.08	1
08.00	O I	8.83	8.64	-0.19	-0.29[2]	0.06	0.07	3
12.00	Mg I	7.58	7.29	-0.29	-0.27[2]	0.03	0.13	2
12.01	Mg II	7.58	7.25	-0.33	0.33[1]	0.08	0.10	2
14.01	Si II	7.55	7.48	-0.07	-0.07[3]	0.11	0.15	4
15.00	P I ^{SYNTH}	5.45	7.07	1.62	1.64[4]	0.12	0.17	4
16.00	S I	7.33	7.80	0.47	...	0.00	0.11	1
20.01	Ca II	6.36	6.40	0.04	...	0.00	0.16	1
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.89	0.72	0.73[1]	0.00	0.12	1
22.01	Ti II	5.02	4.98	-0.04	-0.01[6]	0.17	0.18	7
23.01	V II	4.00	5.37	1.37	...	0.00	0.06	1
24.00	Cr I	5.67	7.13	1.46	1.52[1]	0.15	0.17	4
24.01	Cr II	5.67	7.15	1.48	1.54[25]	0.12	0.15	36
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	7.44	2.05	2.07[1]	0.15	0.16	3
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	7.52	2.13	2.11[24]	0.05	0.07	11
26.00	Fe I	7.50	7.76	0.26	0.00[4]	0.11	0.12	10
26.01	Fe II	7.50	7.71	0.21	0.21[31]	0.15	0.16	57
28.00	Ni I	6.25	6.37	0.12	0.04[1]	0.00	0.10	1
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	4.27	1.30	1.89[2]	0.00	0.12	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	3.79	1.55	1.55[1]	0.00	0.10	1
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	3.30	1.17	1.21[1]	0.03	0.14	2
80.01	Hg II ^{SYNTH}	1.13	6.55	5.42	5.32[3]	0.00	0.14	1

*Çalışkan vd. (2022) çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.19 HD 202240 yıldızın element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.45	-0.07	-0.07[8]	0.04	0.08	16
07.00	N I	7.92	8.19	0.27	...	0.08	0.09	5
08.00	O I	8.83	8.84	0.01	0.01[3]	0.08	0.08	5
11.00	Na I	6.33	6.63	0.30	0.38[2]	0.06	0.13	4
12.00	Mg I	7.58	7.59	0.01	0.01[4]	0.10	0.11	5
12.01	Mg II	7.58	7.61	0.03	0.20[2]	0.04	0.07	3
13.01	Al II	6.47	6.35	-0.12	...	0.00	0.06	1
14.00	Si I	7.55	7.52	-0.03	-0.03[3]	0.12	0.12	11
14.01	Si II	7.55	7.53	-0.02	0.10[2]	0.04	0.12	3
16.00	S I	7.33	7.57	0.24	0.23[4]	0.06	0.11	7
19.00	K I	5.12	5.44	0.32	...	0.00	0.18	1
20.00	Ca I	6.36	6.54	0.18	0.18[16]	0.13	0.19	27

Çizelge 4.19 HD 202240 yıldızın element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
20.01	Ca II	6.36	6.54	0.18	0.18[3]	0.04	0.07	3
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.24	0.07	...	0.17	0.18	14
22.01	Ti II	5.02	5.04	0.02	0.02[17]	0.14	0.15	41
23.01	V II	4.00	4.21	0.21	0.21[3]	0.07	0.15	8
24.00	Cr I	5.67	5.80	0.13	0.13[7]	0.12	0.16	12
24.01	Cr II	5.67	5.82	0.15	0.17[24]	0.17	0.18	44
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.44	0.05	0.03[5]	0.17	0.18	10
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.45	0.06	0.05[3]	0.14	0.16	3
26.00	Fe I	7.50	7.68	0.18	0.18[107]	0.14	0.17	229
26.01	Fe II	7.50	7.68	0.18	0.17[48]	0.13	0.14	91
27.01	Co II	4.92	5.02	0.10	0.07[1]	0.00	0.03	1
28.00	Ni I	6.25	6.31	0.06	0.07[9]	0.07	0.15	21
28.01	Ni II	6.25	6.32	0.07	...	0.08	0.15	2
30.00	Zn I	4.60	4.56	-0.04	-0.04[1]	0.00	0.14	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	3.00	0.03	...	0.00	0.33	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.43	0.19	0.19[6]	0.13	0.15	10
40.01	Zr II	2.60	2.95	0.35	0.37[2]	0.14	0.16	14
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	2.54	0.41	0.14[2]	0.02	0.28	3
57.01	La II	1.17	1.45	0.28	0.51[1]	0.09	0.15	2
58.01	Ce II	1.58	2.05	0.47	0.39[1]	0.07	0.15	3
63.01	Eu II	0.51	0.55	0.04	...	0.00	0.16	1
64.01	Gd II	1.12	1.89	0.77	...	0.00	0.13	1

*Elmaslı vd. (2018) çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.20 HD 205939 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.52	0.00	0.01[7]	0.15	0.03	9
07.00	N I	7.92	8.06	0.14	0.14[1]	0.07	0.10	2
08.00	O I	8.83	8.99	0.16	0.19[3]	0.05	0.08	2
11.00	Na I	6.33	6.46	0.13	0.25[2]	0.00	0.03	2
12.00	Mg I	7.58	7.66	0.08	0.09[3]	0.05	0.12	4
12.01	Mg II	7.58	7.68	0.10	...	0.02	0.07	3
14.00	Si I	7.55	7.76	0.21	0.21[4]	0.07	0.09	6
14.01	Si II	7.55	7.71	0.16	0.16[4]	0.03	0.11	3
16.00	S I	7.33	7.43	0.10	0.12[3]	0.02	0.04	3
19.00	K I	5.12	5.36	0.24	...	0.00	0.17	1
20.00	Ca I	6.36	6.36	0.00	0.03[16]	0.17	0.19	15
20.01	Ca II	6.36	6.40	0.04	0.11[1]	0.16	0.12	2
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.06	-0.11	-0.11[5]	0.05	0.17	5

Çizelge 4.20 HD 205939 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
22.00	Ti I	5.02	5.06	0.04	0.11[1]	0.00	0.13	1
22.01	Ti II	5.02	5.11	0.09	-0.06[23]	0.17	0.16	20
23.00	V II ^{HFS}	4.00	4.14	0.14	0.14[1]	0.11	0.10	2
24.00	Cr I	5.67	5.67	0.00	0.04[10]	0.10	0.14	6
24.01	Cr II	5.67	5.67	0.00	0.04[21]	0.14	0.14	23
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.29	-0.10	-0.24[4]	0.07	0.17	6
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.46	0.07	...	0.11	0.18	2
26.00	Fe I	7.50	7.55	0.05	0.05[126]	0.13	0.17	106
26.01	Fe II	7.50	7.55	0.05	0.05[39]	0.14	0.15	49
28.00	Ni I	6.25	6.35	0.10	0.10[8]	0.13	0.12	12
30.00	Zn I	4.60	4.41	-0.19	-0.22[2]	0.04	0.11	2
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	2.82	-0.15	...	0.00	0.30	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.26	0.02	-0.13[2]	0.10	0.16	3
40.01	Zr II	2.60	2.98	0.38	0.44[1]	0.01	0.11	1
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	2.68	0.55	0.44[2]	0.12	0.23	3

*Çalışkan vd. (2015) çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

Çizelge 4.21 HD 210516 yıldızının element bollukları ve hataları

Atom No	At. tür	$\log \varepsilon_{\odot}$	$\log \varepsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
06.00	C I	8.52	8.68	0.16	...	0.09	0.09	4
08.00	O I	8.83	9.02	0.19	0.14[4]	0.00	0.03	1
11.00	Na I	6.33	6.00	-0.33	...	0.01	0.14	2
12.00	Mg I	7.58	7.47	-0.11	-0.13[1]	0.12	0.13	4
13.01	Al II	6.47	7.03	0.56	...	0.00	0.06	1
14.00	Si I	7.55	7.98	0.43	...	0.00	0.12	1
14.01	Si II	7.55	7.85	0.30	0.39[2]	0.07	0.12	2
16.00	S I	7.33	7.53	0.20	...	0.00	0.11	1
20.00	Ca I	6.36	6.46	0.10	0.08[3]	0.09	0.15	7
21.01	Sc II ^{HFS}	3.17	3.33	0.16	0.16[1]	0.12	0.15	2
22.01	Ti II	5.02	5.12	0.10	0.10[9]	0.16	0.17	14
24.00	Cr I	5.67	5.83	0.16	...	0.12	0.12	2
24.01	Cr II	5.67	5.80	0.13	0.14[9]	0.10	0.10	10
25.00	Mn I ^{HFS}	5.39	5.45	0.06	...	0.01	0.17	2
25.01	Mn II ^{HFS}	5.39	5.47	0.08	...	0.00	0.00	1
26.00	Fe I	7.50	7.47	-0.03	-0.08[8]	0.12	0.13	28
26.01	Fe II	7.50	7.48	-0.02	-0.08[14]	0.13	0.14	22
28.00	Ni I	6.25	6.26	0.01	...	0.00	0.10	1
28.01	Ni II	6.25	6.27	0.02	...	0.00	0.31	1

Çizelge 4.21 HD 210516 yıldızının element bollukları ve hataları (devam)

Atom No	At. tür	$\log \epsilon_{\odot}$	$\log \epsilon$	[X/H]	[X/H]*	σ_r	σ_{sis}	N
38.01	Sr II ^{SYN}	2.97	2.91	-0.06	0.38[1]	0.00	0.12	1
39.01	Y II ^{HFS}	2.24	2.60	0.36	0.03[1]	0.00	0.12	1
40.01	Zr II	2.60	2.86	0.26	...	0.10	0.10	2
56.01	Ba II ^{HFS}	2.13	2.30	0.17	0.08[1]	0.03	0.22	2

*Elmaslı vd. (2018) çalışmasından alınan değerler olup parantez içindeki sayılar çizgi sayısını göstermektedir.

4.4 İstatistiksel Analiz Bulguları

Kimyasal bolluk değerlerinin etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi gibi temel parametrelerle ilişkili olup olmadığının belirlenmesi, yıldızda gözlenen bolluk dağılımının kaynağını araştırmak için önemli ipuçları sağlamaktadır. Bunun için, istatistiksel yaklaşımla yıldızların atmosfer parametrelerine karşı bolluk anomalilerinin olası ilişkisi incelenmiştir. Spearman'ın sıra korelasyon testi başta olmak üzere Pearson ve Kendall tau korelasyon testi etkin sıcaklık – bolluk, $\log g$ – bolluk ve bolluk – bolluk arasında uygulandı. Testler en az 10 örnek kullanılarak gerçekleştirildi. Yıldızların atmosfer parametreleri ile bolluklar arasında yapılan korelasyon analizi için Adelman ve Unsee (2007), normal A-türü ve Am türü yıldızların birlikte değerlendirilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir. Buna göre çalışmada yer alan tüm yıldızlar birlikte değerlendirdi. Tez kapsamında değerlendirilen ve yeniden bolluk analizine tabi tutulan HgMn yıldızı olan HD196821, normal A-türü ve Am türü yıldızlara kıyasla kayda değer şekilde bolluk farklılıkları gösterdiğinden korelasyon analizine dahil edilmedi. Ayrı bir grup olarak ele almak için ise yeterli örnek sayısı mevcut değildi.

Etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve bolluklar (örn. Ca, Sc, demir grubu elementler ve ağır elementler gibi) arasında artma ve azalma eğiliminde olan çeşitli ilişkiler (korelasyon/anti-korelasyonlar) tespit edildi. Bölüm 3.8'de açıklandığı ve Feigelson ve Babu (2012) çalışmasında da kullanıldığı üzere güven düzeyi %95 olarak alındı ve p-değeri 0.05'ten küçük olan korelasyon sonuçları anlamlı kabul edildi.

4.4.1 Kimyasal bolluk ile T_e arasındaki ilişkiler

C, O, Na, Mg, Si, S, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Y, Zr ve Ba elementlerinin bollukları ile atmosfer parametrelerinden T_e arasında gözlenen artış/azalma eğilimleri Çizelge 4.22’de verilmektedir. Örneklem sayısı 10’dan daha küçük ise sonuçlar gri olarak gösterildi. Çizelgelerde görülen kalın yazı tipi ile gösterilen sonuçlar önemli bir korelasyonun tespit edildiği, ancak p-değerinin 0.05’ten büyük olup %95 güven düzeyine göre anlamlı kabul edilen sonuçların dışında kalanlardır. Bunlardan bazıları için p-değeri büyük olmasına rağmen 0.05 değerine yakın olup sonuçlar kayda değer olabilir. Kalın kırmızı ile gösterilen sonuçlar ise hem önemli korelasyon/anti-korelasyonların tespit edildiği hem de 0.05 p-değerine göre anlamlı kabul edilen sonuçlardır.

Buna göre yıldızların etkin sıcaklıkları ile Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Y, Zr ve Ba bollukları arasında bir korelasyon, yani bu element bolluklarının sıcaklıkla artış eğilimi gösterdiği, Sc bolluğu arasında ise anti-korelasyon yani artan sıcaklıkla Sc bolluğunun azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22 Kimyasal bolluklar ile T_e arasındaki istatistiksel analiz sonuçları

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
C	0.022	0.934	-0.034	0.856	-0.021	0.937	16
N	-0.462	0.357	-0.200	0.573	-0.314	0.544	6
O	-0.100	0.722	-0.039	0.842	-0.004	0.842	15
Na	0.363	0.246	0.344	0.127	0.480	0.114	12
Mg	0.059	0.828	0.009	0.964	0.030	0.913	16
Al	0.215	0.643	0.293	0.362	0.396	0.379	7
Si	0.116	0.668	0.043	0.820	0.099	0.715	16
S	0.475	0.086	0.480	0.020	0.693	0.006	14
K	-0.549	0.451	-0.548	0.279	-0.738	0.262	4
Ca	0.017	0.951	-0.026	0.892	-0.038	0.887	16
Sc	-0.618	0.011	-0.507	0.007	-0.660	0.005	16
Ti	0.636	0.008	0.546	0.004	0.721	0.002	16
V	0.758	0.002	0.633	0.002	0.796	< 0.001	14
Cr	0.649	0.007	0.604	0.001	0.760	< 0.001	16
Mn	0.692	0.003	0.610	0.003	0.770	< 0.001	16
Fe	0.622	0.010	0.528	0.006	0.735	0.001	16
Co	0.099	0.852	0.200	0.573	0.257	0.623	6

Çizelge 4.22 Kimyasal bolluklar ile T_e arasındaki istatistiksel analiz sonuçları (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Ni	0.776	< 0.001	0.584	< 0.001	0.792	< 0.001	15
Cu	0.599	0.401	0.600	0.251	0.778	0.222	4
Zn	0.906	<0.001	0.789	< 0.001	0.916	< 0.001	15
Sr	0.575	0.020	0.421	0.026	0.543	0.030	16
Y	0.800	<0.001	0.605	0.002	0.799	<0.001	15
Zr	0.737	0.001	0.558	0.003	0.791	<0.001	16
Ba	0.623	0.010	0.466	0.014	0.670	0.004	16
La	0.568	0.183	0.551	0.091	0.655	0.111	7
Ce	0.629	0.070	0.435	0.112	0.599	0.880	9
Eu	0.619	0.381	0.667	0.174	0.800	0.200	4

4.4.2 Kimyasal bolluk ile $\log g$ arasındaki ilişkiler

Yüzey çekim ivmesi ve elementlerin kimyasal bollukları arasında uygulanan korelasyon/anti-korelasyon analizine göre de anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Buna göre Sc bolluğu $\log g$ artışı ile azalma eğilimdedir. Ca bolluğu için ise 0.129 p-değeri ile anlamlı düzey dışında kalsa da $\log g$ ile anti-korelasyon gözlemlendi. Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Y, Zr ve Ba bollukları ile $\log g$ arasında korelasyon bulundu (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23 Kimyasal bolluklar ile $\log g$ arasındaki istatistiksel analiz sonuçları

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
C	0.404	0.121	0.274	0.147	0.358	0.174	16
N	-0.702	0.120	-0.552	0.126	-0.696	0.125	6
O	-0.333	0.225	-0.234	0.232	-0.332	0.226	15
Na	0.239	0.455	0.185	0.408	0.347	0.269	12
Mg	-0.148	0.584	-0.112	0.555	-0.188	0.486	16
Al	0.239	0.607	0.143	0.652	0.214	0.645	7
Si	0.358	0.173	0.230	0.221	0.300	0.259	16
S	0.209	0.474	0.223	0.271	0.353	0.216	14
K	-0.773	0.227	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Ca	-0.380	0.147	-0.264	0.160	-0.396	0.129	16
Sc	-0.511	0.043	-0.417	0.026	-0.581	0.018	16

Çizelge 4.23 Kimyasal bolluklar ile log g arasındaki istatistiksel analiz sonuçları (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Ti	0.856	< 0.001	0.730	< 0.001	0.848	< 0.001	16
V	0.515	0.059	0.402	0.048	0.549	0.042	14
Cr	0.567	0.022	0.462	0.014	0.616	0.011	16
Mn	0.570	0.021	0.434	0.021	0.578	0.019	16
Fe	0.519	0.390	0.361	0.057	0.540	0.031	16
Co	0.588	0.220	0.138	0.702	0.406	0.425	6
Ni	0.703	0.003	0.500	0.011	0.686	0.005	15
Cu	0.723	0.277	0.548	0.279	0.932	0.368	4
Zn	0.648	0.009	0.488	0.013	0.662	0.007	15
Sr	0.372	0.156	0.213	0.258	0.428	0.098	16
Y	0.641	0.010	0.488	0.013	0.628	0.012	15
Zr	0.763	< 0.001	0.553	0.003	0.730	0.001	16
Ba	0.569	0.021	0.308	0.103	0.440	0.088	16
La	0.880	0.009	0.619	0.051	0.786	0.036	7
Ce	0.547	0.127	0.197	0.463	0.293	0.444	9
Eu	0.809	0.191	0.667	0.174	0.800	0.200	4

4.4.3 Bolluklar arasında istatistiksel analiz sonuçları

Her bir atomik türe ait element bolluğunun bir diğeri ile ilişkisini (eğer varsa) incelemek önemlidir çünkü bu durum, ilgili elementlerin benzer fiziksel durumlardan benzer şekilde etkilendiğinin işareti olabilir. Bu bağlamda C, N, O, Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La ve Ce türlerine ilişkin belirlenen kimyasal bollukların her biri için korelasyon/anti-korelasyon analizi yapıldı ve sonuçlar Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi

C							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
N	0.428	0.397	0.067	0.851	0.143	0.787	6
O	0.010	0.973	0.019	0.921	0.004	0.990	15
Na	0.042	0.898	0.137	0.536	0.242	0.449	12
Mg	0.333	0.208	0.110	0.557	0.136	0.617	16

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Al	0.561	0.236	-0.048	0.881	0.000	1.000	7
Si	0.111	0.683	0.310	0.095	0.469	0.067	16
S	0.770	0.001	0.133	0.511	0.218	0.454	14
K	0.004	0.996	0.000	1.000	0.000	1.000	4
Ca	0.044	0.871	0.059	0.752	0.118	0.664	16
Sc	0.015	0.957	-0.008	0.954	-0.017	0.795	16
Ti	-0.046	0.867	0.143	0.443	0.207	0.442	16
V	0.162	0.564	0.268	0.165	0.382	0.159	15
Cr	0.475	0.063	0.370	0.047	0.492	0.053	16
Mn	0.218	0.418	0.192	0.300	0.252	0.347	16
Fe	0.384	0.142	0.093	0.619	0.222	0.409	16
Co	0.262	0.616	-0.067	0.851	-0.860	0.872	6
Ni	0.315	0.253	0.163	0.399	0.301	0.276	15
Cu	0.750	0.250	0.183	0.718	0.316	0.684	4
Zn	0.051	0.856	0.077	0.692	0.152	0.589	15
Sr	0.314	0.237	-0.042	0.822	-0.085	0.753	16
Y	0.083	0.768	0.038	0.843	0.036	0.899	15
Zr	0.167	0.538	0.126	0.499	0.169	0.531	16
Ba	0.261	0.328	0.067	0.718	0.163	0.545	16
La	0.661	0.106	0.195	0.543	0.523	0.229	7
Ce	0.417	0.264	0.085	0.753	0.050	0.898	9
Eu	-0.238	0.762	-0.333	0.497	-0.400	6.000	4
N							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho	p	N
O	-0.077	0.885	-0.067	0.851	-0.029	0.957	6
Na	0.700	0.188	0.600	0.142	0.800	0.104	5
Mg	0.474	0.342	0.333	0.348	0.486	0.329	6
Al	-0.225	0.775	0.000	1.000	0.000	1.000	4
Si	0.059	0.912	0.200	0.573	0.257	0.623	6
S	-0.327	0.591	0.000	1.000	0.100	0.873	5
Ca	0.757	0.081	0.333	0.348	0.543	0.266	6
Sc	0.543	0.265	-0.067	0.851	-0.029	0.957	6
Ti	-0.607	0.207	-0.600	0.091	-0.771	0.072	6
V	-0.592	0.216	-0.333	0.348	-0.429	0.397	6
Cr	-0.123	0.817	-0.200	0.573	-0.143	0.787	6
Mn	-0.589	0.219	-0.333	0.348	-0.371	0.468	6
Fe	0.150	0.777	0.067	0.850	0.143	0.787	6
Co	-0.747	0.253	-0.667	0.174	-0.800	0.200	4
Ni	-0.770	0.128	-0.800	0.050	-0.800	0.037	5
Zn	-0.734	0.097	-0.467	0.188	-0.714	0.111	6
Sr	-0.206	0.696	-0.067	0.851	-0.143	0.787	6
Y	-0.831	0.040	-0.600	0.091	-0.771	0.072	6
Zr	-0.746	0.088	-0.733	0.039	-0.829	0.042	6
Ba	-0.903	0.014	-0.467	0.188	-0.600	0.208	6
Ce	-0.794	0.206	-0.667	0.174	-0.800	0.200	4

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

O							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Na	-0.435	0.158	-0.273	0.217	-0.385	0.217	12
Mg	-0.057	0.840	-0.048	0.604	-0.038	0.894	15
Al	0.476	0.280	0.429	0.176	0.643	0.119	7
Si	-0.043	0.879	0.029	0.882	0.039	0.889	15
S	-0.035	0.909	-0.026	0.903	-0.066	0.831	13
K	0.663	0.337	0.333	0.497	0.400	0.600	4
Ca	0.197	0.481	0.143	0.458	0.186	0.508	15
Sc	0.163	0.563	0.124	0.520	0.125	0.657	15
Ti	-0.452	0.090	-0.279	0.150	-0.410	0.129	15
V	-0.382	0.177	0.253	0.208	-0.332	0.246	14
Cr	-0.084	0.765	-0.096	0.520	-0.091	0.747	15
Mn	-0.333	0.226	-0.086	0.656	-0.114	0.685	15
Fe	-0.304	0.271	-0.279	0.150	-0.329	0.231	15
Co	-0.582	0.225	-0.333	0.348	-0.543	0.266	6
Ni	-0.434	0.106	-0.345	0.074	-0.445	0.096	15
Cu	-0.400	0.600	-0.183	0.718	-0.316	0.684	4
Zn	-0.346	0.225	-0.187	0.352	-0.196	0.503	14
Sr	-0.254	0.361	-0.162	0.400	-0.250	0.369	15
Y	-0.445	0.097	-0.295	0.125	-0.375	0.168	15
Zr	-0.495	0.061	-0.371	0.054	-0.461	0.084	15
Ba	-0.444	0.098	-0.306	0.113	-0.790	0.164	15
La	-0.475	0.282	-0.429	0.176	-0.571	0.180	7
Ce	-0.190	0.624	-0.278	0.297	-0.250	0.516	9
Eu	0.517	0.483	0.000	1.000	0.200	0.800	4
Na							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Mg	0.362	0.247	-0.031	0.890	-0.004	0.991	12
Al	-0.619	0.139	-0.524	0.099	-0.607	0.148	7
Si	-0.297	0.348	-0.182	0.411	-0.301	0.342	12
S	0.549	0.080	0.600	0.010	0.782	0.004	11
K	0.850	0.150	0.667	0.174	0.800	0.200	4
Ca	-0.070	0.829	0.000	1.000	0.007	0.983	12
Sc	-0.681	0.015	-0.515	0.020	-0.622	0.031	12
Ti	0.370	0.236	0.290	0.192	0.361	0.249	12
V	0.457	0.184	0.289	0.245	0.442	0.200	10
Cr	0.456	0.135	0.412	0.063	0.588	0.044	12
Mn	0.525	0.080	0.394	0.075	0.503	0.095	12
Fe	0.716	0.009	0.504	0.023	0.648	0.023	12
Co	-0.701	0.187	-0.600	0.142	-0.700	0.188	5
Ni	0.507	0.092	0.394	0.075	0.476	0.075	12

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Cu	0.878	0.122	0.548	0.279	0.632	0.368	4
Sr	0.378	0.226	0.152	0.493	0.238	0.457	12
Y	0.260	0.414	0.212	0.337	0.210	0.513	12
Zr	0.485	0.110	0.333	0.131	0.448	0.145	12
Ba	0.499	0.098	0.303	0.170	0.406	0.191	12
La	0.286	0.535	0.143	0.652	0.179	0.702	7
Ce	-0.029	0.947	-0.071	0.805	-0.167	0.693	8
Eu	-0.758	0.242	-0.667	0.174	-0.800	0.200	4

Mg

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Al	-0.350	0.441	-0.143	0.652	-0.321	0.482	7
Si	0.201	0.456	0.124	0.470	0.180	0.506	16
S	0.283	0.326	0.189	0.351	0.280	0.333	14
K	0.120	0.880	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Ca	0.319	0.229	0.118	0.528	0.077	0.778	16
Sc	0.780	0.774	-0.017	0.928	0.052	0.850	16
Ti	-0.099	0.714	-0.102	0.588	-0.140	0.605	16
V	-0.018	0.951	-0.044	0.826	-0.106	0.719	14
Cr	0.296	0.266	0.127	0.498	0.139	0.607	16
Mn	0.050	0.855	0.840	0.652	0.053	0.845	16
Fe	0.406	0.119	0.186	0.320	0.263	0.325	16
Co	0.059	0.911	-0.067	0.851	0.086	0.872	6
Ni	0.255	0.358	0.155	0.427	0.208	0.458	15
Cu	0.027	0.973	-0.183	0.718	-0.211	0.789	4
Zn	0.034	0.904	-0.010	0.960	-0.052	0.854	15
Sr	0.111	0.683	0.118	0.528	0.118	0.664	16
Y	0.088	0.754	0.029	0.882	0.041	0.884	15
Zr	0.171	0.526	0.067	0.718	0.082	0.761	16
Ba	0.257	0.337	0.262	0.162	0.290	0.275	16
La	-0.168	0.719	0.048	0.881	0.036	0.939	7
Ce	0.089	0.819	0.222	0.404	0.183	0.637	9
Eu	-0.557	0.443	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4

Al

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Si	0.815	0.025	0.619	0.051	0.821	0.023	7
S	-0.160	0.732	-0.238	0.453	-0.357	0.432	7
Ca	-0.231	0.618	-0.238	0.453	-0.286	0.535	7
Sc	0.045	0.923	-0.143	0.652	-0.071	0.879	7
Ti	0.057	0.903	-0.048	0.881	-0.071	0.879	7
V	0.252	0.630	0.200	0.573	0.257	0.623	6

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Cr	0.159	0.734	0.143	0.652	0.214	0.645	7
Mn	0.010	0.983	0.143	0.652	0.214	0.645	7
Fe	-0.266	0.564	-0.238	0.453	-0.357	0.432	7
Co	-0.108	0.862	0.200	0.624	0.200	0.747	5
Ni	-0.109	0.816	-0.143	0.652	-0.286	0.535	7
Zn	0.479	0.336	0.467	0.188	0.600	0.208	6
Sr	-0.165	0.724	-0.048	0.881	-0.143	0.760	7
Y	-0.024	0.960	-0.048	0.881	-0.071	0.879	7
Zr	-0.113	0.810	-0.143	0.652	-0.286	0.535	7
Ba	-0.347	0.445	-0.333	0.293	-0.429	0.337	7
la	0.534	0.354	0.400	0.327	0.500	0.391	5
ce	0.173	0.744	0.067	0.851	0.029	0.957	6
Si							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
S	-0.077	0.793	-0.099	0.622	-0.165	0.573	14
K	-0.670	0.330	-0.333	0.497	-0.400	6.000	4
Ca	0.008	0.976	-0.017	0.928	-0.047	0.863	16
Sc	0.134	0.620	0.050	0.787	0.091	0.737	16
Ti	0.148	0.584	0.067	0.718	0.109	0.688	16
V	0.365	0.199	0.143	0.477	0.297	0.303	14
Cr	0.296	0.265	0.109	0.558	0.165	0.542	16
Mn	0.258	0.334	0.150	0.418	0.271	0.311	16
Fe	0.209	0.438	0.101	0.588	0.166	0.538	16
Co	-0.252	0.630	-0.067	0.851	-0.143	0.787	6
Ni	0.197	0.481	0.153	0.428	0.188	0.503	15
Cu	0.816	0.184	0.183	0.718	0.316	0.684	4
Zn	0.364	0.182	0.257	0.181	0.382	0.160	15
Sr	-0.109	0.688	-0.100	0.589	-0.153	0.572	16
Y	0.287	0.299	0.219	0.255	0.311	0.260	15
Zr	0.289	0.278	0.183	0.322	0.235	0.380	16
Ba	0.096	0.723	0.109	0.558	0.141	0.602	16
La	0.650	0.114	0.524	0.099	0.679	0.094	7
Ce	0.229	0.554	0.056	0.835	0.117	0.765	9
Eu	0.825	0.175	0.333	0.497	0.600	0.400	4
S							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
K	0.713	0.287	0.667	0.174	0.800	0.400	4
Ca	-0.026	0.931	-0.033	0.870	-0.055	0.852	14
Sc	-0.389	0.169	-0.319	0.112	-0.552	0.041	14
Ti	0.183	0.531	0.376	0.062	0.403	0.153	14

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
V	0.502	0.096	0.455	0.040	0.692	0.013	12
Cr	0.719	0.004	0.641	0.001	0.774	0.001	14
Mn	0.617	0.190	0.473	0.019	0.719	0.004	14
Fe	0.669	0.009	0.626	0.002	0.802	< 0.001	14
Co	0.271	0.604	0.067	0.851	0.029	0.957	6
Ni	0.638	0.014	0.560	0.005	0.745	0.002	14
Cu	0.084	0.160	0.913	0.071	0.949	0.051	4
Zn	0.445	0.128	0.410	0.051	0.615	0.025	13
Sr	0.490	0.076	0.385	0.055	0.490	0.075	14
Y	0.427	0.145	0.385	0.067	0.555	0.049	13
Zr	0.465	0.940	0.451	0.025	0.635	0.015	14
Ba	0.544	0.044	0.530	0.008	0.682	0.007	14
La	0.070	0.881	0.143	0.652	0.107	0.819	7
Ce	0.513	0.158	0.444	0.095	0.667	0.050	9
Eu	-0.188	0.812	0.000	1.000	0.000	1.000	4

K							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Ca	0.945	0.055	1.000	< 0.001	1.000	< 0.001	4
Sc	0.939	0.061	1.000	< 0.001	1.000	< 0.001	4
Ti	-0.883	0.117	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
V	-0.508	0.462	0.000	1.000	-0.200	0.800	4
Cr	-0.446	0.554	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Mn	-0.617	0.383	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Fe	-0.148	0.852	0.000	1.000	0.200	0.800	4
Ni	-0.750	0.250	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Zn	-0.881	0.119	-0.667	0.174	-0.800	0.200	4
Sr	-0.888	0.112	-0.667	0.174	-0.800	0.200	4
Y	-0.835	0.165	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Zr	-0.820	0.180	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4
Ba	-0.830	0.170	-0.333	0.497	-0.400	0.600	4

Ca							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Sc	0.381	0.145	0.267	0.150	0.368	0.161	16
Ti	-0.098	0.719	-0.017	0.928	-0.047	0.862	16
V	0.227	0.435	0.055	0.784	0.042	0.887	14
Cr	0.059	0.829	0.042	0.822	0.057	0.833	16
Mn	-0.024	0.930	-0.050	0.787	-0.106	0.696	16
Fe	-0.047	0.863	-0.050	0.787	-0.080	0.770	16
Co	-0.517	0.294	-0.333	0.348	-0.429	0.397	6
Ni	-0.006	0.982	-0.038	0.843	-0.082	0.771	15

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Cu	-0.642	0.358	-0.548	0.279	-0.632	0.368	4
Zn	-0.005	0.985	-0.029	0.882	-0.064	0.820	15
Sr	-0.411	0.114	-0.283	0.126	-0.429	0.097	16
Y	-0.216	0.439	-0.162	0.400	-0.214	0.443	15
Zr	-0.154	0.569	-0.100	0.589	-0.203	0.451	16
Ba	-0.241	0.368	-0.008	0.964	-0.072	0.791	16
La	-0.780	0.039	-0.429	0.176	-0.714	0.710	7
Ce	-0.086	0.825	0.056	0.835	0.067	0.865	9
Eu	-0.934	0.066	-0.667	0.174	-0.800	0.200	4

Sc

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Ti	-0.604	0.013	-0.420	0.024	-0.586	0.017	16
V	-0.669	0.009	-0.451	0.025	-0.688	0.007	14
Cr	-0.432	0.950	-0.393	0.034	-0.611	0.012	16
Mn	-0.737	0.001	-0.500	0.007	-0.729	0.001	16
Fe	-0.486	0.056	-0.403	0.030	-0.533	0.033	16
Co	-0.042	0.937	-0.200	0.573	-0.257	0.623	6
Ni	-0.597	0.019	-0.421	0.029	-0.599	0.018	15
Cu	-0.504	0.496	-0.548	0.279	-0.738	0.262	4
Zn	-0.651	0.009	-0.486	0.012	-0.643	0.010	15
Sr	-0.548	0.028	-0.350	0.059	-0.509	0.044	16
Y	-0.474	0.075	-0.333	0.083	-0.450	0.092	15
Zr	-0.576	0.019	-0.433	0.019	-0.297	0.015	16
Ba	-0.636	0.008	-0.393	0.034	-0.543	0.030	16
La	-0.804	0.029	-0.619	0.051	-0.750	0.520	7
Ce	-0.416	0.265	-0.222	0.404	-0.317	0.406	9
Eu	-0.787	0.213	-0.667	0.174	-0.800	0.020	4

Ti

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
V	-0.010	0.973	0.317	0.102	0.374	0.170	15
Cr	0.575	0.020	0.515	0.006	0.700	0.003	16
Mn	0.679	0.004	0.487	0.009	0.622	0.010	16
Fe	0.548	0.028	0.407	0.030	0.573	0.020	16
Co	0.542	0.297	0.333	0.348	0.543	0.266	6
Ni	0.782	< 0.001	0.683	< 0.001	0.819	< 0.001	15
Cu	0.496	0.504	0.400	0.444	0.389	0.611	4
Zn	0.751	0.001	0.567	0.003	0.730	0.002	15
Sr	0.450	0.081	0.252	0.176	0.433	0.094	16
Y	0.668	0.007	0.548	0.005	0.689	0.005	15

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Zr	0.801	< 0.001	0.622	< 0.001	0.781	< 0.001	16
Ba	0.603	0.013	0.447	0.017	0.553	0.026	16
La	0.883	0.008	0.683	0.033	0.847	0.016	7
Ce	0.678	0.045	0.366	0.173	0.527	0.145	9
Eu	0.675	0.325	0.333	0.497	0.400	0.600	4

V

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Cr	0.676	0.008	0.692	< 0.001	0.868	< 0.001	14
Mn	0.947	< 0.001	0.824	< 0.001	0.934	< 0.001	14
Fe	0.675	0.008	0.663	0.001	0.854	< 0.001	14
Co	0.093	0.862	-0.067	0.851	0.086	0.872	6
Ni	0.860	< 0.001	0.735	< 0.001	0.869	< 0.001	13
Cu	0.588	0.412	0.548	0.279	0.738	0.262	4
Zn	0.859	< 0.001	0.714	< 0.001	0.859	< 0.001	14
Sr	0.382	0.178	0.407	0.043	0.565	0.035	14
Y	0.823	< 0.001	0.641	< 0.001	0.863	< 0.001	13
Zr	0.847	< 0.001	0.758	< 0.001	0.890	< 0.001	14
Ba	0.781	< 0.001	0.641	0.001	0.821	< 0.001	14
La	0.603	0.152	0.333	0.293	0.536	0.215	7
Ce	0.885	0.002	0.667	0.012	0.817	0.007	9
Eu	0.760	0.240	0.667	0.174	0.800	0.200	4

Cr

Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Mn	0.668	0.005	0.628	< 0.001	0.804	< 0.001	16
Fe	0.878	< 0.001	0.599	< 0.001	0.754	< 0.001	16
Co	0.036	0.946	-0.067	0.851	-0.086	0.872	6
Ni	0.812	< 0.001	0.663	< 0.001	0.841	< 0.001	15
Cu	0.911	0.089	0.913	0.071	0.949	0.051	4
Zn	0.652	0.008	0.632	0.001	0.777	< 0.001	15
Sr	0.050	0.050	0.377	0.043	0.542	0.030	16
Y	0.639	0.010	0.536	0.006	0.647	0.009	15
Zr	0.725	0.001	0.561	0.003	0.714	0.002	16
Ba	0.579	0.019	0.487	0.009	0.658	0.006	16
La	0.730	0.063	0.429	0.176	0.643	0.119	7
Ce	0.715	0.030	0.556	0.037	0.767	0.016	9
Eu	0.793	0.207	0.667	0.174	0.800	0.200	4

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Mn							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Fe	0.699	0.003	0.571	0.002	0.791	< 0.001	16
Co	0.207	0.694	-0.067	0.861	-0.086	0.872	6
Ni	0.893	< 0.001	0.727	< 0.001	0.892	< 0.001	15
Cu	0.692	0.308	0.548	0.279	0.738	0.262	4
Zn	0.848	< 0.001	0.714	< 0.001	0.875	< 0.001	15
Sr	0.503	0.047	0.317	0.087	0.579	0.019	16
Y	0.756	0.001	0.486	0.012	0.721	0.002	15
Zr	0.836	< 0.001	0.633	< 0.001	0.847	< 0.001	16
Ba	0.836	< 0.001	0.695	< 0.001	0.855	< 0.001	16
La	0.749	0.053	0.333	0.293	0.607	0.148	7
Ce	0.064	0.869	0.556	0.037	0.733	0.025	9
Eu	0.686	0.314	0.667	0.174	0.800	0.200	4
Fe							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Co	-0.620	0.907	0.067	0.851	0.029	0.957	6
Ni	0.876	< 0.001	0.779	< 0.001	0.908	< 0.001	15
Cu	0.966	0.034	0.913	0.051	0.949	0.051	4
Zn	0.651	0.009	0.529	0.006	0.730	0.002	15
Sr	0.605	0.013	0.437	0.019	0.623	0.010	16
Y	0.741	0.002	0.644	< 0.001	0.803	< 0.001	15
Zr	0.851	< 0.001	0.740	< 0.001	0.890	< 0.001	16
Ba	0.726	0.001	0.599	0.001	0.799	< 0.001	16
La	0.550	0.201	0.333	0.293	0.357	0.432	7
Ce	0.693	0.039	0.611	0.022	0.767	0.016	9
Eu	-0.139	0.861	0.000	1.000	0.000	1.000	4
Co							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Ni	0.424	0.402	0.333	0.348	0.543	0.266	6
Zn	0.479	0.336	0.333	0.348	0.486	0.329	6
Co	0.239	0.648	0.371	0.468	0.371	0.468	6
Y	0.618	0.191	0.333	0.348	0.543	0.266	6
Zr	0.443	0.378	0.467	0.188	0.600	0.208	6
Ba	0.701	0.121	0.333	0.348	0.543	0.266	6
La	0.413	0.587	0.333	0.497	0.400	0.600	4
Ce	0.456	0.363	0.333	0.348	0.543	0.266	6

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Ni							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Cu	0.862	0.138	0.913	0.017	0.949	0.051	4
Zn	0.856	< 0.001	0.641	< 0.001	0.840	< 0.001	14
Sr	0.602	0.018	0.402	0.037	0.286	0.022	15
Y	0.884	< 0.001	0.685	< 0.001	0.836	< 0.001	14
Zr	0.958	< 0.001	0.880	< 0.001	0.947	< 0.001	15
Ba	0.924	< 0.001	0.760	< 0.001	0.903	< 0.001	15
La	0.675	0.096	0.429	0.176	0.643	0.119	7
Ce	0.927	< 0.001	0.722	0.007	0.850	0.004	9
Eu	0.503	0.497	0.333	0.497	0.400	0.600	4

Cu							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Zn	0.750	0.250	0.548	0.279	0.738	0.262	4
Sr	-0.445	0.555	-0.183	0.718	-0.105	0.895	4
Y	0.880	0.120	0.913	0.071	0.946	0.051	4
Zr	0.824	0.176	0.913	0.071	0.949	0.051	4
Ba	0.728	0.272	0.913	0.071	0.949	0.051	4
Ce	0.611	0.389	0.548	0.279	0.738	0.262	4

Zn							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Sr	0.572	0.026	0.295	0.125	0.464	0.081	15
Y	0.890	< 0.001	0.692	< 0.001	0.864	< 0.001	14
Zr	0.872	< 0.001	0.695	< 0.001	0.875	< 0.001	15
Ba	0.839	< 0.001	0.593	< 0.001	0.829	< 0.001	15
La	0.729	0.063	0.524	0.099	0.714	0.710	7
Ce	0.760	0.017	0.444	0.095	0.600	0.088	9
Eu	0.659	0.341	0.667	0.174	0.800	0.200	4

Sr							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Y	0.640	0.010	0.410	0.033	0.618	0.014	15
Zr	0.631	0.009	0.417	0.024	0.624	0.010	16
Ba	0.654	0.006	0.460	0.013	0.639	0.008	16
La	0.651	0.113	0.619	0.051	0.750	0.052	7
Ce	0.652	0.057	0.611	0.022	0.750	0.020	9
Eu	0.494	0.506	0.000	1.000	0.000	1.000	4

Çizelge 4.24 Bir element ile bir diğeri arasındaki korelasyon matrisi (devam)

Y							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Zr	0.931	< 0.001	0.771	< 0.001	0.921	< 0.001	15
Ba	0.841	< 0.001	0.574	< 0.001	0.786	< 0.001	15
La	0.499	0.254	0.429	0.176	0.607	0.148	7
Ce	0.897	0.001	0.667	0.012	0.833	0.005	9
Eu	0.406	0.594	0.333	0.497	0.400	0.600	4
Zr							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Ba	0.876	< 0.001	0.695	< 0.001	0.868	< 0.001	16
La	0.724	0.066	0.524	0.099	0.714	0.071	7
Ce	0.869	0.002	0.667	0.012	0.833	0.005	9
Eu	0.567	0.433	0.333	0.497	0.400	0.600	4
Ba							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Eu	0.487	0.513	0.333	0.497	0.400	0.600	4
Ce	0.888	0.001	0.833	0.002	0.950	< 0.001	9
La	0.538	0.213	0.238	0.443	0.357	0.432	7
Ce							
Element	r	p	tau (τ)	p	rho (ρ)	p	N
Eu	0.538	0.462	0.333	0.497	0.400	0.600	4
La	0.484	0.272	0.238	0.453	0.393	0.383	7

4.5 Yıldızların Evrim Durumları

Bir yıldızın Hertzsprung-Russell (HR) diyagramı üzerindeki konumu, ilgili yıldızın evriminin hangi safhasında olduğunu önemli bir göstergesidir. Yıldızların HR diyagramında bulunduğu yeri belirleyebilmek için yapılması gereken, etkin sıcaklıklarının (T_e) ve toplam ışıyım güçlerinin ($L/L_\odot$) belirlenmesidir. Bu bağlamda HR diyagramında (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10) yıldızların konumunu belirlemek için yıldızların tayfsal olarak elde edilen etkin sıcaklıkları kullanıldı. Işıyım gücünü hesaplamak için ise önce standart uzaklık modülü formülü (Denklem 4.3) yardımıyla mutlak parlaklıkları (M_V) hesaplandı.

$$M_V = m_v + 5 \log(\pi) + 5 - A_v \quad (4.2)$$

Yıldızların paralaksıları (π) Gaia uzay teleskobu veritabanından (Gaia Collaboration 2020) alındı. $E(B-V)$ değerleri Kervella vd. (2019) çalışmasından alındı. Standart sönümleme yasası $A_V = 3.1 \times E(B-V)$ kullanılarak Johnson V bandındaki atmosferik kızarma (A_V) değeri her bir yıldız için hesaplandı. Torres (2010) çalışmasında verilen (Denklem 4.4) etkin sıcaklığa bağlı bolometrik düzeltme polinom fonksiyonu (Flower 1996) kullanılarak bolometrik düzeltme (BD) hesabı yapıldı. Buna göre kullanılan denklem,

$$BD_V = a + b(\log T_e) + c(\log T_e)^2 + \dots \quad (4.3)$$

olarak verilmiştir (Flower 1996). Fonksiyondaki etkin sıcaklığa bağlı katsayılar Çizelge 4.25'te yer almaktadır

Çizelge 4.25 Bolometrik düzeltme için kullanılan, sıcaklığa bağlı katsayılar

Katsayıları	$\log T_e < 3.70$	$3.70 < \log T_e < 3.90$	$\log T_e > 3.90$
a	-0.190537291496456E+05	-0.370510203809015E+05	-0.118115450538963E+06
b	0.155144866764412E+05	0.385672629965804E+05	0.137145973583929E+06
c	-0.421278819301717E+04	-0.150651486316025E+05	-0.636233812100225E+05
d	0.381476328422343E+03	0.261724637119416E+04	0.147412923562646E+05
e	...	-0.170623810323864E+03	-0.170587278406872E+04
f	...	...	-0.170587278406872E+04

Her bir yıldız için bolometrik mutlak parlaklık Denklem (4.5) yardımıyla hesaplandı.

$$M_{bol} = M_V + BD_V \quad (4.4)$$

Ardından Denklem (4.6) ile yıldızların ışıyım güçleri $\log(L/L_\odot)$ cinsinden hesaplandı.

$$M_{\text{bol}} - M_{\text{bol}\odot} = -2.5 \log \left[\frac{L}{L_{\odot}} \right] \quad (4.5)$$

Burada Güneş'in bolometrik mutlak parlaklığı 4.64 olarak alındı (Schmidt ve Kaler, 1982). Her bir yıldızla ilişkin belirlenen $\log T_e$, $E(B-V)$, BD, M_V ve $\log(L/L_{\odot})$ değerleri Gaia paralakslarıyla birlikte Çizelge 4.34'te listelenmiştir. Köşeli parantezde yer alan değerler ilgili parametrelerin hata değeridir.

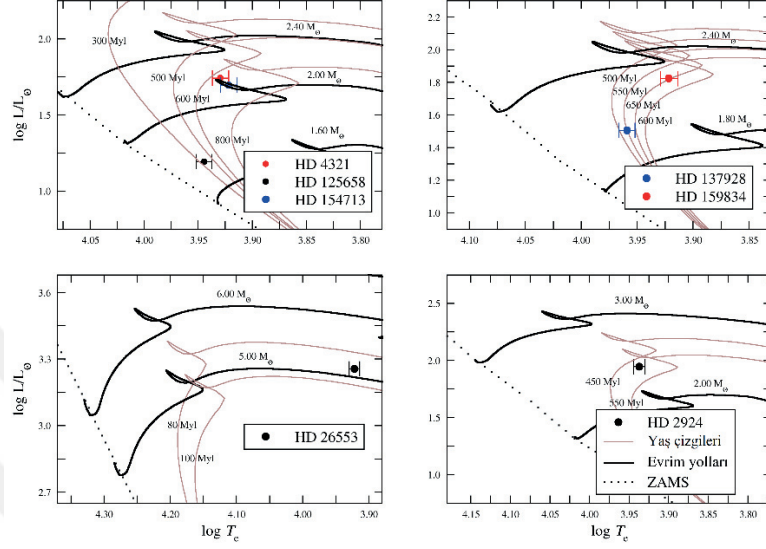
Çizelge 4.26 Yıldızların HR diyagramındaki konumlarının belirlenmesi için gerekli parametreler

Yıldız	$\log T_e$	π (mas)	$E(B-V)$	BD	M_V	$\log(L/L_{\odot})$
HD 2924	3.9370 [0.0075]	4.3978 [0.0292]	0.040	-0.0156	-0.2078	1.9453 [0.0100]
HD 4321	3.9294 [0.0076]	5.9672 [0.0209]	0.034	-0.0001	0.2834	1.7427 [0.0078]
HD 26553	3.9217 [0.0077]	1.5391 [0.0370]	0.170	0.0120	-3.5107	3.2555 [0.0215]
HD 125658	3.9445 [0.0072]	11.963 [0.1441]	0.007	-0.0341	1.6918	1.1929 [0.0147]
HD 137928	3.9590 [0.0071]	8.1997 [0.0243]	0.014	-0.0341	0.9556	1.5051 [0.0111]
HD 154713	3.9217 [0.0077]	6.3445 [0.0227]	0.021	0.0120	0.3878	1.6961 [0.0070]
HD 159834	3.9217 [0.0077]	6.4269 [0.1041]	0.023	0.0120	0.0687	1.8237 [0.0153]
HD 23193	3.9445 [0.0073]	11.166 [0.0519]	0.005	-0.0341	0.8120	1.5448 [0.0100]
HD 33266	3.9638 [0.0070]	6.7795[0.0364]	0.013	-0.0950	0.2827	1.7809 [0.0121]
HD 170920	3.9165 [0.0078]	4.9498[0.0712]	0.078	0.0179	-0.2073	1.9318 [0.0117]
HD 178187	3.9294 [0.0076]	9.9907[0.0406]	0.018	-0.0001	0.7322	1.5632 [0.0079]
HD 182564	3.9566 [0.0071]	14.250[0.1200]	0.008	-0.0705	0.3343	1.7504 [0.0129]
HD 187340	3.9445 [0.0073]	6.8231[0.0417]	0.012	-0.0341	0.0317	1.8570 [0.0258]
HD 196821	4.0253 [0.0061]	4.5549[0.0573]	0.026	-0.378209	-0.7132	2.2926 [0.0174]
HD 202240	3.9031 [0.0080]	0.9511[0.0243]	0.108	0.023977	-4.3727	3.5955 [0.0208]
HD 205939	3.8808 [0.0084]	5.5186[0.0227]	0.023	0.032106	-0.1622	1.9080 [0.0053]
HD 210516	3.9191 [0.0078]	4.4461[0.0331]	0.027	0.015176	-0.4058	2.0123[0.0087]

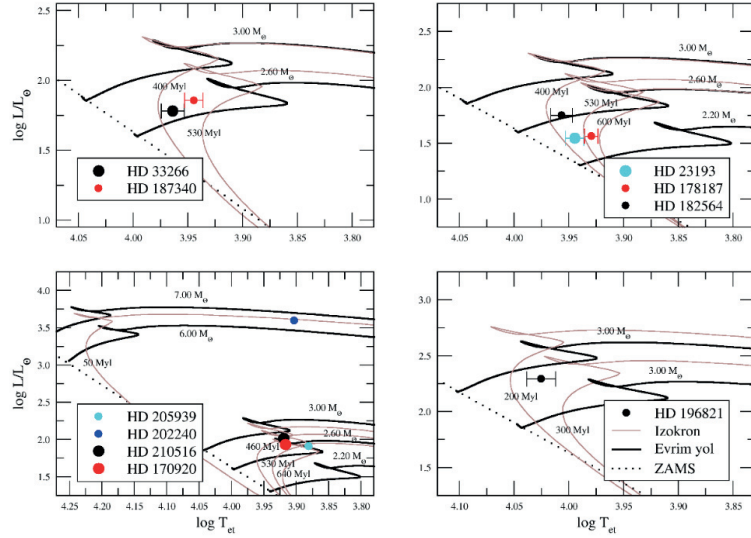
Böylece yıldızların HR diyagramı üzerindeki konumu belirlenmiş oldu. Bu konum aracılığıyla yıldızların kütlelerini ve yaşlarını öngörebilmek için Bressan vd. (2012)'nin çeşitli kütleler ve başlangıç kimyasal kompozisyonları için ürettiği teorik evrim yolları ve yaş çizgileri kullanıldı. Çalışmadaki her bir yıldızın Z değeri

$$[Fe/H] = \log Z/Z_{\odot} \quad (4.6)$$

ifadesiyle belirlendi. Burada PARSEC (Bressan vd. 2012) için $Z_{\odot}$ değeri 0.0152'dir. Yıldızların üzerinden geçip yıldızı temsil eden evrim yolları yardımı ile kütle, yaş çizgileri ile de yaşları öngörüldü.



Şekil 4.9 Yıldızların HR diyagramında konumları



Şekil 4.10 Analizi yenilenen yıldızların HR diyagramında konumları

Son olarak, yıldızların yarıçapları Stefan-Boltzmann yasasını temel alan ilişkiyi kullanarak belirlendi (Montambaux 2018). Bu ilişki,

$$\log\left(\frac{R}{R_{\odot}}\right) = 0.5 \times \log\left(\frac{L}{L_{\odot}}\right) - 2 \times \log T_e + 7.52340473 \quad (4.7)$$

ile verilmektedir. Yıldızlar için öngörülen kütleler, yaşlar ve yarıçaplar Çizelge 4.35’te listelenmektedir.

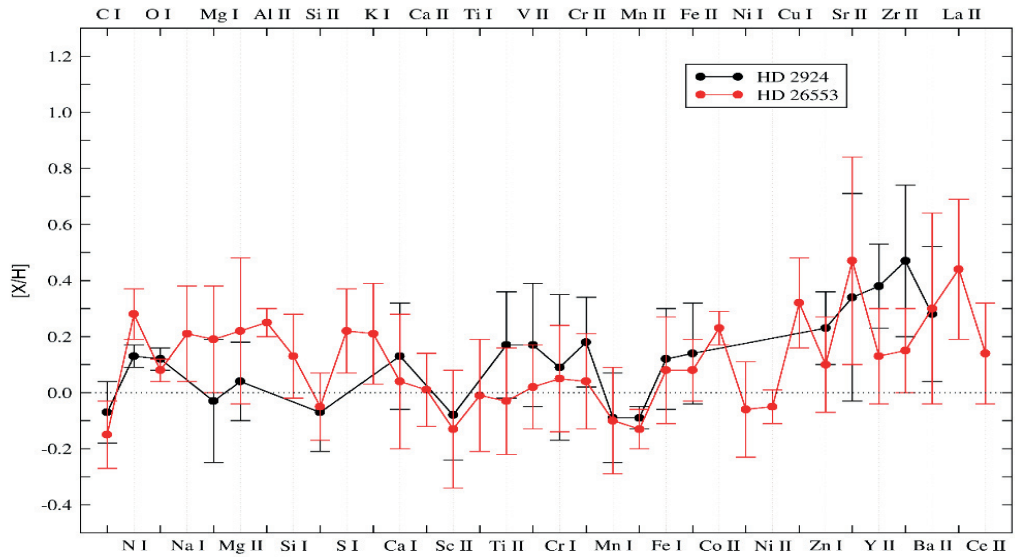
Çizelge 4.27 Yıldızlar için öngörülen kütle, yaş ve yarıçap

Yıldız	Kütle [$M_{\odot}$]	Yaş [Myıl]	Yarıçapı [$R_{\odot}$]
HD 2924	2.80 [0.09]	490 [40]	04.20 [0.40]
HD 4321	2.45 [0.08]	625 [50]	03.40 [0.30]
HD 26553	5.50 [0.30]	090 [05]	20.30 [2.20]
HD 125658	1.95 [0.06]	370 [40]	01.80 [0.20]
HD 137928	2.25 [0.07]	550 [50]	02.30 [0.25]
HD 154713	2.40 [0.08]	675 [60]	03.40 [0.30]
HD 159834	2.55 [0.07]	600 [50]	03.90 [0.40]
HD 23193	2.40 [0.08]	480 [40]	02.60 [0.25]
HD 33266	2.60 [0.09]	450 [40]	03.10 [0.30]
HD 170920	2.75 [0.09]	500 [50]	04.50 [0.40]
HD 178187	2.40 [0.09]	480 [40]	02.80 [0.25]
HD 182564	2.60 [0.09]	565 [50]	03.10 [0.30]
HD 187340	2.65 [0.09]	480 [50]	03.70 [0.40]
HD 196821	3.40 [0.09]	250 [30]	04.20 [0.40]
HD 202240	6.50 [0.09]	050 [04]	32.70 [4.50]
HD 205939	2.65 [0.09]	625 [50]	05.20 [0.50]
HD 210516	2.65 [0.09]	460 [40]	04.90 [0.50]

5. TARTIŞMA

5.1 Normal A-türü Yıldızlar

HD 2924 ve HD 26553'in bolluk analizi ilk kez bu çalışma kapsamında yapılmış olup, elde edilen bolluk dağılımı Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Bu yıldızların bolluk dağılımları esas alındığında, normal A-türünden oldukları düşünülmüştür. Öyle ki yıldızlar birkaç element dışında çoğunlukla A türünden yıldızların karakteristik özellikleri olan Güneş benzeri bolluklar ve ± 0.4 dex aralığında değişen ağır element bollukları sergilemektedir. Diğer taraftan Ca ve Sc bolluklarında kayda değer bir düşüş olmaması bu yıldızları kimyasal tuhaf olarak nitelendirmeyi mümkün kılmamıştır.

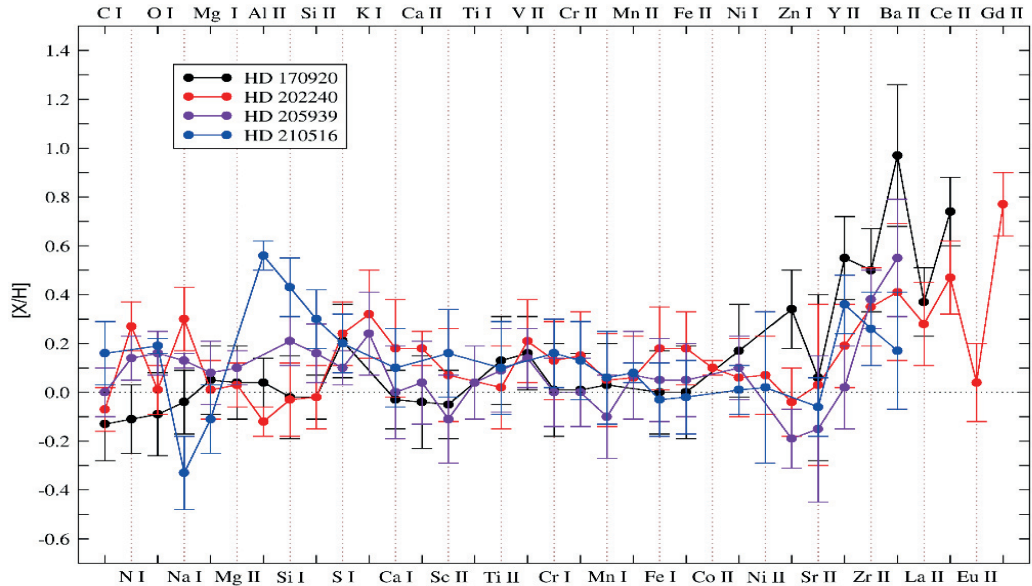


Şekil 5.1 HD 2924 ve HD 26553 yıldızlarının kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir

Buna göre HD 2924'te gözlenen C, N ve O bolluğu hata sınırları dahilinde Güneş değerlerinden önemli ölçüde sapma göstermemiştir. Mg ve Si bollukları Güneş bolluğunda olup Ti bolluğu Güneşe göre hafif fazladır. Ca ve Sc bolluklarında kayda değer bir düşüş görülmedi. Dolayısıyla bu durum yıldızı tuhaf olarak nitelendirmeyi mümkün kılmadı. Demir grubu elementlerden V, Cr ve Mn bolluklarında normal A-tayf

türü ile uyumlu olarak belirgin bir bolluk fazlalığı/azlığı gözlenmemiştir. Ağır element (Zn, Sr, Y, Ba) bollukları normal A-tayf türü yıldızlarda gözlenenle uyumlu olup ± 0.4 dex aralığındadır. HD 26553'te C ve N bolluklar Güneş değerlerinden sapma göstermektedir. Buna göre C hafifçe az iken N fazladır. Oksijen bolluğu Güneş değerindedir. Na, Mg, Al, S ve K bollukları Güneş bolluğuna göre hafifçe fazla olup Ca ve Sc bollukları Güneş değerlerindedir. Silisyumun yanı sıra demir grubu element (Ti, V, Cr, Mn, Fe, ve Ni) bollukları Co ve Cu hariç olmak üzere hata sınırlar içinde Güneş bolluğundadır. Co ve Cu bollukları ise Güneş bolluğuna göre hafif fazladır. Ağır elementlerden Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La ve Ce bollukları normal A-tayf türü yıldızlarda gözlenenle uyumlu olup ± 0.4 dex aralığındadır.

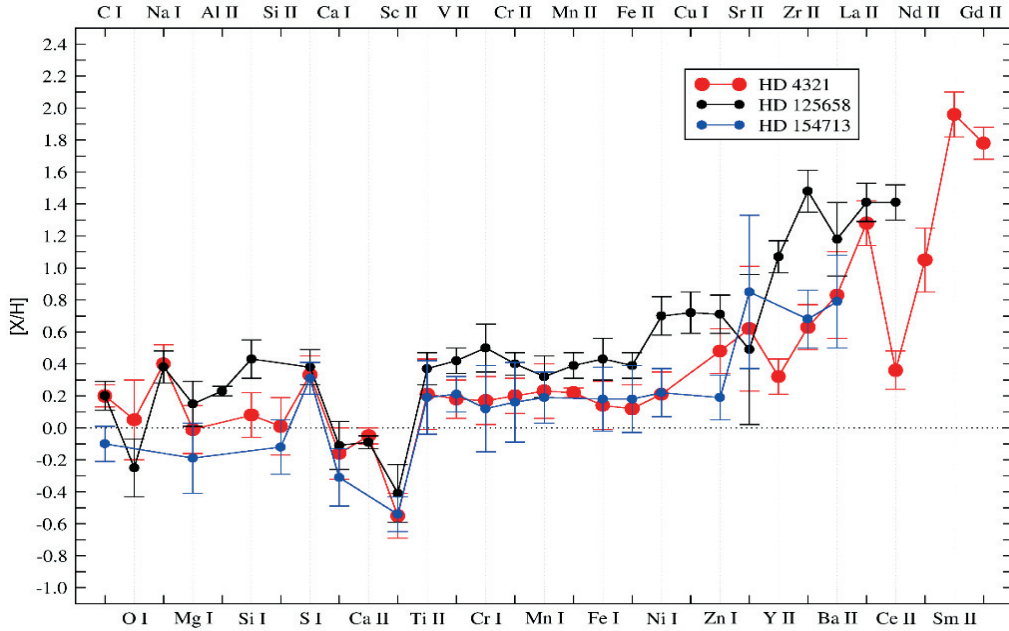
Daha önce kimyasal bolluk analizleri Çalışkan vd. (2015), Elmaslı vd. (2018) ve Kılıçoğlu vd. (2018) çalışmalarında yapıp bu analiz temelinde normal A-türünden oldukları ifade edilen HD 170920, HD 202240, HD 205939 ve HD 210516 yıldızlarının kimyasal bolluk değerleri bu çalışmada yeniden hesaplandı ve bu bolluk dağılımları Şekil 5.2'de gösterildi. Hesaplanan bolluk değerleri ile eski bolluk değerleri arasındaki fark bu yıldızların daha önce belirtilmiş olan türlerini değiştirecek nitelikte değildir.



Şekil 5.2 HD 170920, HD 202240, HD 205939 ve HD 210516 yıldızlarının kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir

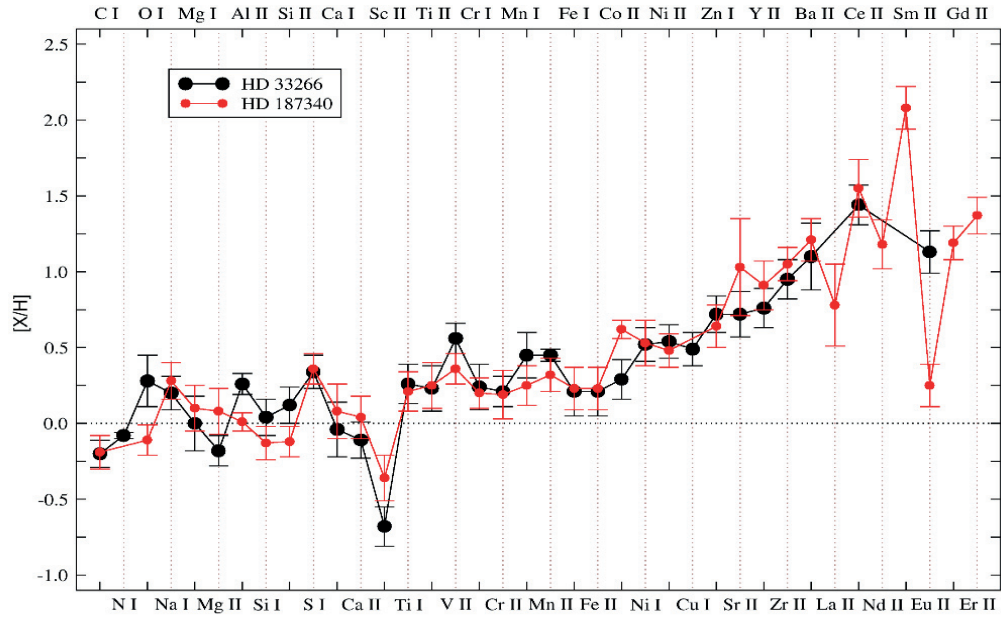
5.2 Klasik Am Yıldızları

İlk kez bu çalışma kapsamında kimyasal bolluk analizi gerçekleştirilen yıldızlardan HD 4321, HD 125658 ve HD 154713 yıldızlarının bolluk dağılımları Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Her üç yıldızda da genel bir bolluk trendi görülmektedir. Buna göre yıldızların demir grubu element (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni) bollukları Güneş'e nazaran fazla olup Ca bolluğu Güneş bolluğundan hafifçe az iken Sc bolluğu oldukça azdır. Ağır element (Y, Ba, La, Ce, ve HD 4321 için Nd, Sm ve Gd) bollukları yönünden yıldızlar oldukça zengindir. Tüm bu özellikler dikkate alınarak yıldızların klasik Am türünden olabilecekleri değerlendirildi.



Şekil 5.3 HD 4321, HD 125658 ve HD 154713 yıldızların kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.

Bolluk analizi daha önce Çalışkan (2015) ve Elmaslı vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen ve Am oldukları değerlendirilen HD 33266 ve HD 187340 yıldızları bu çalışmada yapılan tanımlamaya göre klasik Am yıldızları grubuna dahil edildi (Şekil 5.4). Özellikle HD 187340 yıldızının Ca bolluğu Güneş bolluğuna yakın iken Sc bolluğu -0.29 dex değeri ile oldukça düşüktür.

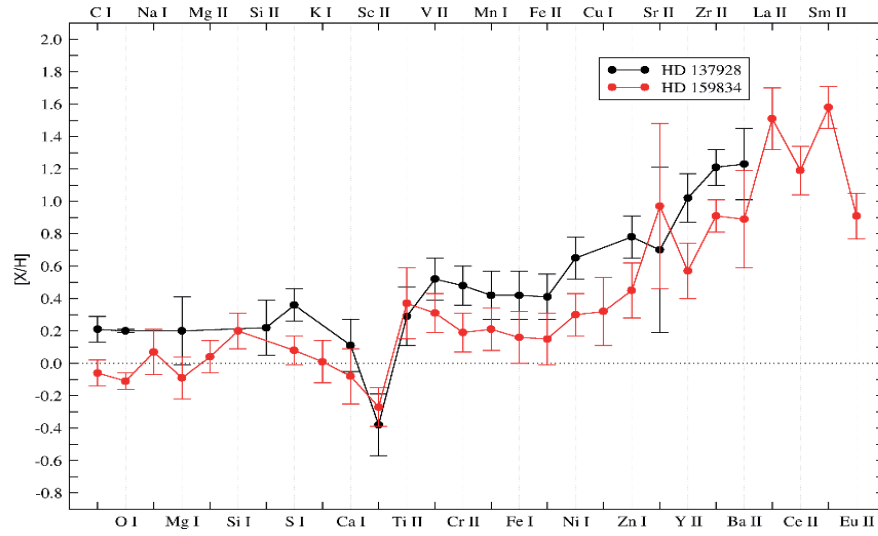


Şekil 5.4 HD 33266 ve HD 187340 yıldızların kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.

5.3 Marjinal veya Hafif Am Yıldızları

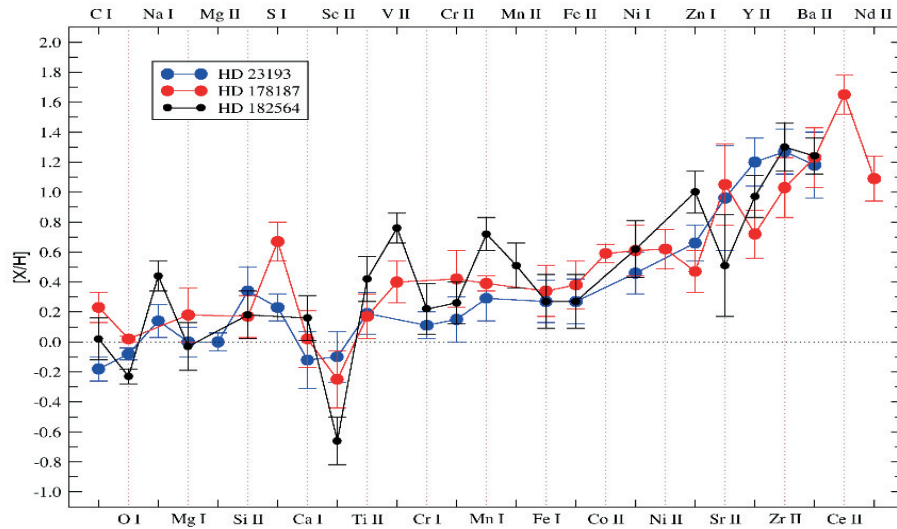
Marjinal Am yıldızları Sc ve/veya Ca bollukları bakımından Güneş veya Güneş'e yakın bolluklar sergilemekte oldukları için klasik Am yıldızlarından ayrılmaktadırlar. Diğer element bollukları bakımından ise klasik Am türü özellikleri gösterirler. Analizleri ilk kez bu çalışmada gerçekleştirilen HD 137928 ve HD 159834 yıldızlarının bolluk dağılımları Şekil 5.5'te gösterilmiştir.

Her iki yıldızın bolluk dağılımları da genel olarak benzer bir trend sergilemekte olup Ca ve Sc açısından değerlendirildiğinde; hata sınırları dahilinde Güneş bolluklarında Ca ve düşük Sc bolluğuna sahiptir. Klasik Am türü yıldızlara benzer olarak demir grubu element bollukları Güneş'e göre fazla iken ağır element bollukları oldukça fazladır.



Şekil 5.5 HD 137928 ve HD 159834 kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir.

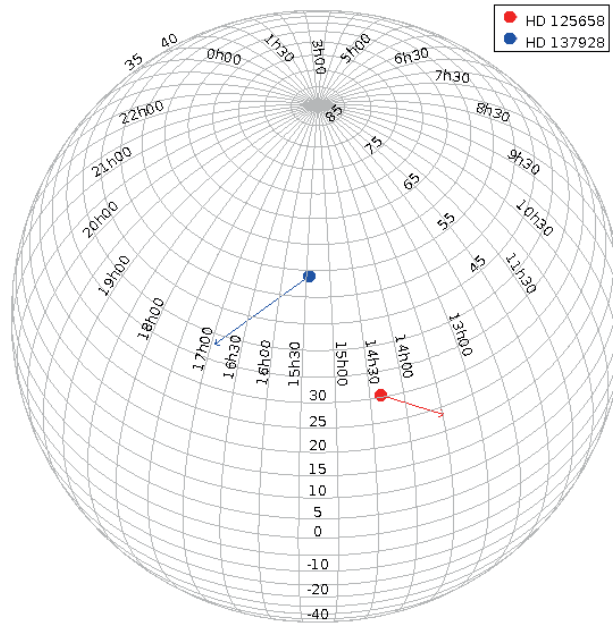
Elmaslı vd. (2018), Elmaslı ve Nasolo (2017) ve Kılıçoğlu vd. (2018) çalışmalarında analiz edilen ve Am oldukları değerlendirilen yıldızlardan HD 23193, HD 178187, HD 182564 Sc ve/veya Ca bollukları bakımından Güneş veya Güneş'e yakın olmaları bakımından bu çalışmada marjinal Am yıldızları sınıfına dahil edildi (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 HD 23193, HD 178187 ve HD 182564 yıldızların kimyasal bolluk dağılımı. Hata barları bolluklardaki toplam hatayı göstermektedir

5.4 HD 125658 ve HD 137928 Bollukları

Klasik Am olarak değerlendirilen HD 125658 ve marjinal olarak değerlendirilen HD 137928 yıldızlarının sahip oldukları 0.43 dex ve 0.42 dex'lik yüksek $[Fe/H]$ oranları ile diğer yıldızlardan ayrılmaktadır. Diğer element bollukları bakımından ise benzerlikler göstermektedirler. Örneğin, HD 125658 için Zn bolluğu 0.71 dex iken HD137828 için Zn bolluğu 0.78 dex'dir. Yıldızların Ni bollukları ise yine hemen hemen aynı olup sırasıyla 0.65 dex ve 0.70 dex tir. Diğer elementler için de bolluklar, hem dağılımları hem de değerleri bakımından hata aralığı içinde ve birbirine çok yakındır. Bu sonuç, bu yıldızların kökeni hakkında soru işaretlerini beraberinde getirdi. Gaia collaboration (2020) verileri yardımı ile yıldızların öz hareketleri incelenerek olası birlikte hareket etme durumu ve ortak kökenleri araştırıldı. Şekil 5.7'de görüldüğü gibi yıldızların hareket yönleri farklı olup birlikte hareket etme durumu söz konusu değildir.



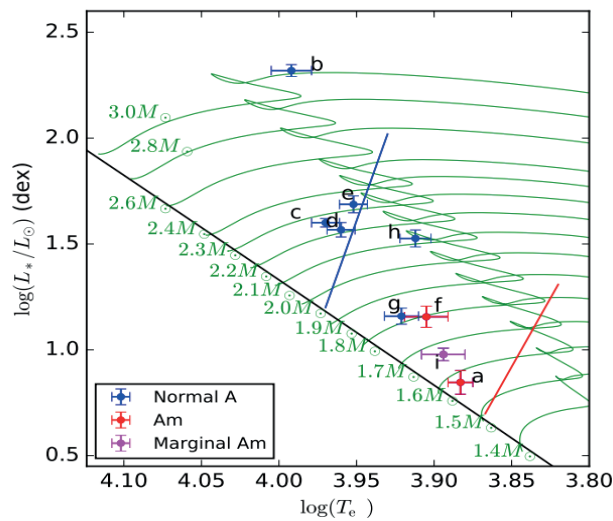
Şekil 5.7 HD 125658 ve HD 137928 yıldızlarının öz hareketi

HD 125658 yıldızının yaşı 370 milyon ve HD 137928 yıldızının yaşının ise 550 milyon yıl olması da ortak bir kümeden doğmuş olabilecekleri ihtimalini azaltmaktadır. Bu durumu göz ardı ederek yalnızca iki yıldızın sergilediği bolluk değerleri esasında, bu

yıldızların şimdiye kadar keşfedilen metalce en zengin Am yıldızları arasında olabilecekleri izlenimin varıldı.

5.5 Yıldızların Evrim Durumlarının Değerlendirilmesi

HR diyagramında hem Am hem de Am olmayan yıldızların kesin olarak konumlandırılması, normal A-türü yıldızlara göre bu yıldızların işgal ettiği bölgedeki olası sistematik farklılıkları araştırmak için yararlıdır. Am yıldızları δ Scuti yıldızları gibi zonklamasalar da HR diyagramında önemli ölçüde bu yıldızlarla kesişir. Ağır element difüzyonunun dahil edilmesi de, difüzyon teorisine göre Am yıldızları için kritik olan He II bölgesine önemli miktarda helyum bırakır ve demir donukluğunu artırır. Böylece HR diyagramının belirli bölgelerinde zonklamalar meydana gelir. Bu senaryoda, difüzyonun zonklama üzerindeki etkisi kararsızlık kuşağının genişliğini azaltmaktır. Sonuç olarak, He II iyonlaşma bölgesinde helyum yeterince azaldığında, kararsızlık ortadan kalkar (Turcotte vd. 2000). Bu nedenle Am yıldızları δ Scuti yıldızları gibi zonklama göstermezler. Şekil 5.8'de (Trust vd. 2021) mavi ve kırmızı çizgiler ile sınırlandırılan δ Scuti bölgesi gösterilmektedir. Am yıldızları δ Scuti bölgesinin anakol bandında dağılırken, normal A-türleri TAMS'a yakın veya anakoldan ayrılmış olup göreceli olarak daha büyük kütlelerde yoğunlaşmaktadır.



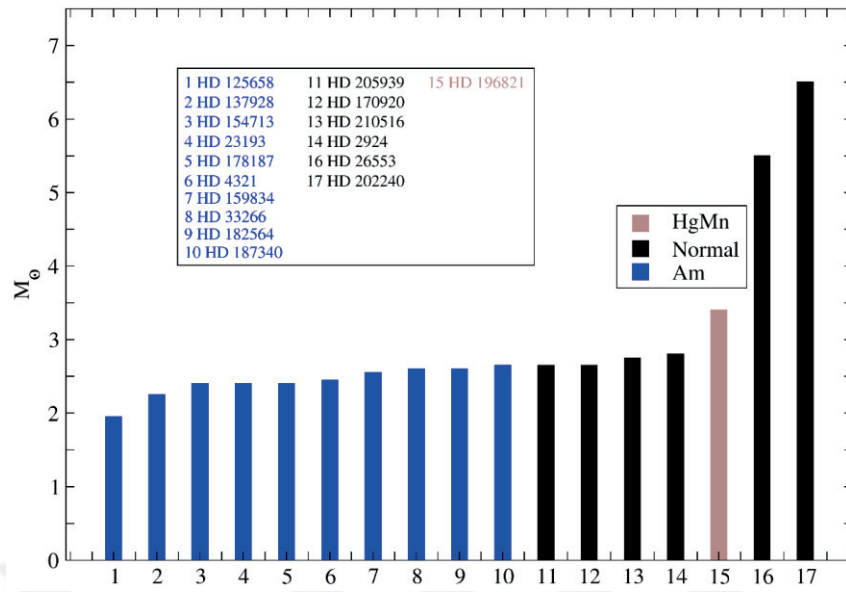
Şekil 5.8 HR diyagramındaki δ Scutilerin bölgesi

(Trust vd. 2021)'de görülen benzer olgu bu çalışmada da görülmektedir. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'un sol üstte klasik Am, sağ üst marjinal Am olmak üzere tüm Am yıldızları anakol bandında iyi bir şekilde dağılmıştır. Bu sonuç Cayrel vd. (1991)'in tüm Am yıldızlarının evrimleşmemiş anakol yıldızları olduğu tespiti ile uyumludur.

Şekil 4.9 altta ve Şekil 4.10 sol altta normal A-türü yıldızlar yer almaktadır. Anakol bandında yer alanlar TAMS'a yakın olup HD 202240 ve HD 26553 yıldızları anakoldan ayrılmış altdev kolundadır. Göreceli olarak normal A-türü, kütlece büyüktür. Şekil 4.10 sağ altta yer alan HgMn yıldızı (HD 196821), Am yıldızları ile aynı bölgeyi paylaşmakla birlikte, Am yıldızlarının sıcak uzantısı olarak görülmektedir. $\log T_e \sim 3.845$ veya $T_e \sim 7000$ K'nin altında hiç Am yıldızının olmaması, Kiel diyagramında (T_e - $\log g$) da görülen konveksiyonun başlangıcından dolayı bilinen sınırdır.

5.5.1 Yavaş dönen normal A-türü yıldızlar

Normal A-türü yıldızlardan HD 202240 ve HD 26513 anakoldan ayrılmış ve altdevler kolunda yer alırken, diğerlerinin TAMS'a yakın anakol yıldızları olduğu görülmektedir. Atomik difüzyon teorisine göre de yavaş dönen bu yıldızların Am türünden yıldızlar olması gerekmektedir. Dolayısıyla normal A-türünden olup da yavaş dönen yıldızlar dikkat çekmektedir. Zorec ve Royer (2012) tarafından yapılan çalışmaya göre, yavaş dönen normal A-türünden yıldızların çoğu Am türü yıldızlara göre daha büyük kütleli olma eğilimindedir. Şekil 5.9'da çalışmada irdelenen yıldızlar kütlelerine göre sıralandı. Normal A-türünden yıldızların kütleleri Am yıldızlarının kütlelerine göre daha büyük olma eğilimindedir. Bu sonuç Zorec ve Royer (2012)'in sonuçlarıyla tutarlıdır.



Şekil 5.9 Çalışılan yıldızların kütlelerinin dağılımı

Am yıldızlarının Kiel diyagramındaki dağılımları, konvektif zarf kütle kesrinde bir üst sınıra karşılık gelen yaklaşık $1.4 M_{\odot}$ 'de keskin bir sınır çizer. Bu yıldızların çoğu, demir grubu element (Cr, Mn, Fe, Ni) bolluklarında belirgin bir zenginleşmeye sahiptir (Sheng Xiang vd. 2020). Böyle özellikler, onların AmFm yıldızlarıyla ilişkili olduklarını düşündürür. Bolluk dağılımları, niteliksel olarak, ışımsal ivmelenmeyi içeren yıldız evrim modellerinin tahminleriyle tutarlıdır (Sheng Xiang vd. 2020). Özellikle kütleçekimsel çökme ve ışımsal ivmelenme arasındaki rekabeti de içeren bu durum, yıldızların AmFm olmalarının bünyesel evrimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıktığını düşündürür. Bu kimyasal tuhaf yıldızlar, $1.5 M_{\odot}$ 'nin üzerinde kütleyle sahip tüm yıldız popülasyonunun %40'ını oluşturur ve yıldız evrimi etkilerinden kaynaklanan "tuhaf" fotosferik bollukların, bu orta kütleli yıldızlar için her yerde bulunan bir fenomen olduğunu doğrular (Sheng Xiang vd. 2020).

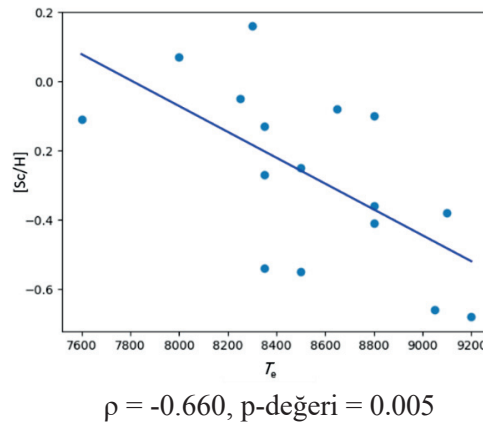
O halde, Zorec ve Royer (2012)'in tespiti ve Sheng Xiang vd. (2020)'in Am yıldızları için $1.5 M_{\odot}$ lik kütle alt limiti birlikte değerlendirildiğinde, Am yıldızı olmanın belirli bir kütle aralığında sergilenen bir olgu olabileceği düşünülebilir.

5.6 Atmosferik Parametreler ve Kimyasal Bolluklar Arasındaki İlişkiler

5.6.1 Etkin sıcaklık ile kimyasal bolluklar arasındaki ilişkiler

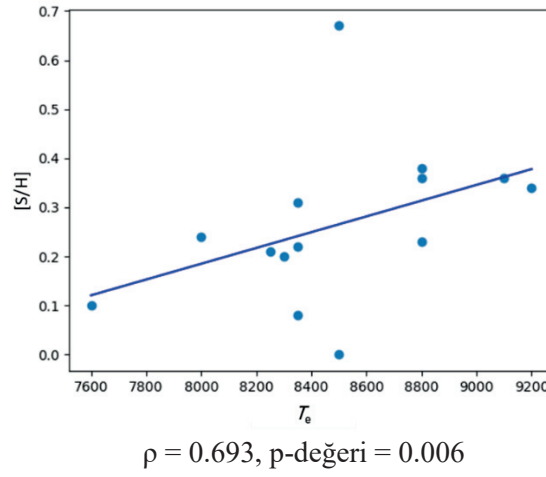
Ca ve Sc elementleri AmFm yıldızları için önemlidir. Çünkü bu elementlerin bollukları yıldızın AmFm türünden olup olmadığı konusunda önemli bir belirteçtir. Etkin sıcaklığın artması ile Ca elementi, yüzey konveksiyon bölgesinin altında gerçekleşen Ca iyonizasyon safhalarının soygaz konfigürasyonu safhalarından daha baskın olmadığı, daha yüksek yıldız tabakalarına doğru hareket eder. Bu durum Ca bolluğunda gözlenen eksikliği azaltır. Dolayısıyla T_e ve Ca arasında bir korelasyon beklenir. $T_e \approx 10\,000\text{ K}$ üzerinde olduğunda AmFm olgusu kaybolur. Bu çalışmada Pearson, Spearman ve Kendall tau testlerine göre etkin sıcaklık ile Ca arasında anlamlı ve kayda değer bir korelasyon görülmedi. Bu nedenle Ca'un etkin sıcaklıkla olası ilişkisinin $\log g$ ile birlikte iki boyutlu olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varıldı. Ghazaryan vd. (2018) çalışmasında AmFm yıldızları için elde ettiği 0.28 değerinde ρ ve 0.004 p-değeri ile Ca bolluğu ile etkin sıcaklık arasında bir korelasyon olduğunu vurguladı.

Sc'da Ca gibi AmFm yıldızları için önemli bir elementtir. Tez çalışmasında yıldızların Sc bollukları ile etkin sıcaklıkları arasında önemli bir anti-korelasyon gözlemlendi (bkz. Şekil 5.10). Spearman korelasyon katsayıları ve p-değerleri şekillerle birlikte yer almaktadır.



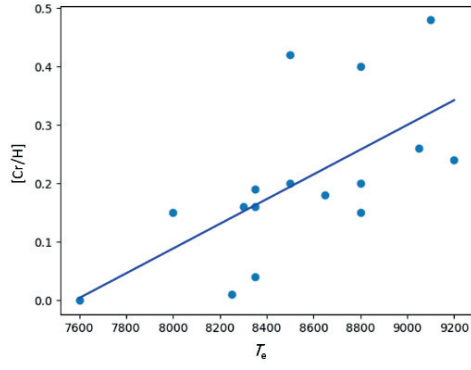
Şekil 5.10 Etkin sıcaklık ile Sc bolluğu arasındaki anti-korelasyon

Gerek lineer korelasyon gerekse Spearman veya Kendall tau testleri bu ilişkinin varlığını işaret etmektedir. Şekil 5.10'da görüldüğü üzere, sıcaklık arttıkça Sc bolluğu azalma eğilimindedir. Bu durum Ca'un bolluğunu etkileyen sürecin Sc'un bolluğunu etkileyen süreçten farklı olduğuna işaret etmektedir. Yani Sc'nin konveksiyon tabanının yüzeye kayması nedeniyle Ca bolluğuna etkileyen sürece nazaran ışımsal ivmelenmeden daha az etkilendiğine işaret ediyor olabilir. Na ve S bolluğu etkin sıcaklık arttıkça artma eğilimi göstermektedir. Şekil 5.11'de S bolluğu ile etkin sıcaklık arasındaki korelasyonu göstermektedir.

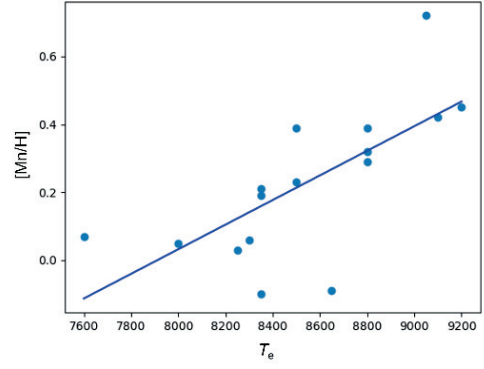


Şekil 5.11 Etkin sıcaklık ile S bolluğu arasındaki korelasyon

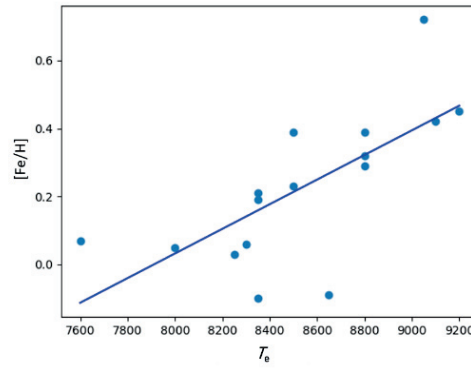
Demir grubu elementlerden Ti, V, Cr, Mn, Fe, ve Ni bollukları ve ağır elementlerden Zn, Sr, Y, Zr ve Ba bollukları etkin sıcaklık artış ile artıma eğilimdedir. (bkz. Şekil 5.12 ve Şekil 5.13). Bu elementlerden Zn ve Zr ile etkin sıcaklık arasındaki benzer ilişki AmFm yıldızları için Ghazaryan vd. (2018) tarafından da tespit edildi. Ayrıca, Ghazaryan vd. (2018), örneklem sayısının az olması gerekçesiyle bu tez çalışmasında değerlendirilemeyen Cu ve Ce bollukları ile etkin sıcaklık arasında da AmFm yıldızları için bir korelasyon buldu.



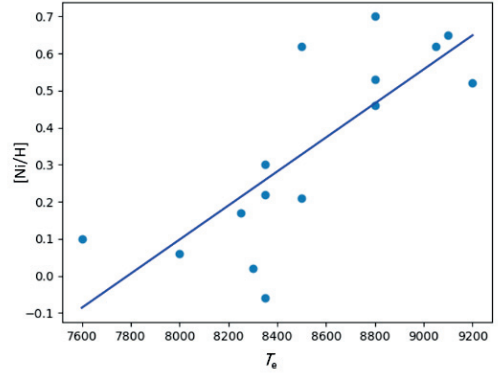
$\rho = 0.760$, p-değeri < 0.001



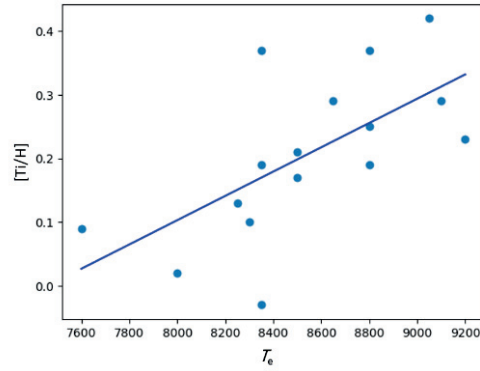
$\rho = 0.770$, p-değeri < 0.001



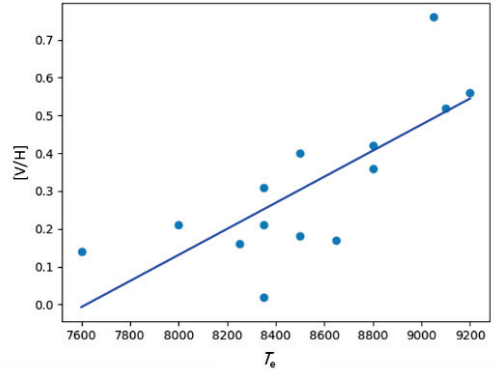
$\rho = 0.735$, p-değeri 0.001



$\rho = 0.792$, p-değeri < 0.001

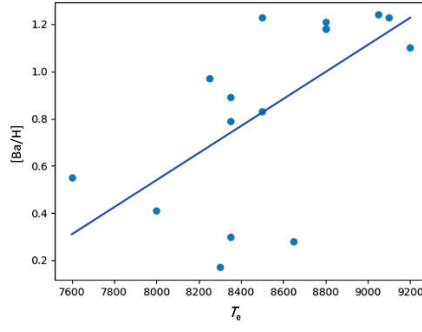


$\rho = 0.721$, p-değeri = 0.002

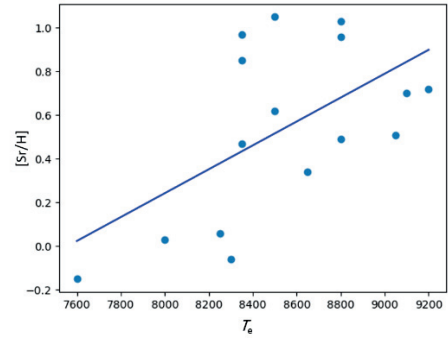


$\rho = 0.796$, p-değeri < 0.001

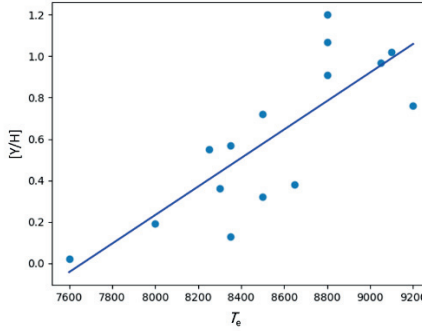
Şekil 5.12 Etkin sıcaklık ile demir grubu element bollukları arasındaki korelasyonlar



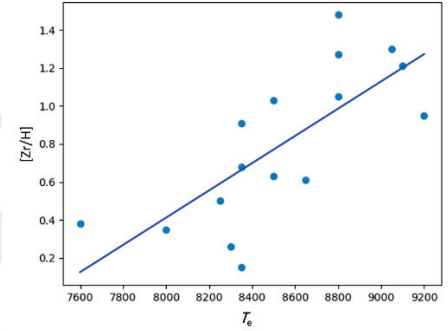
$\rho = 0.670$, p-değeri 0.004



$\rho = 0.543$, p-değeri 0.030



$\rho = 0.799$, p-değeri < 0.001



$\rho = 0.791$, p-değeri < 0.001

Şekil 5.13 Etkin sıcaklık ile ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar

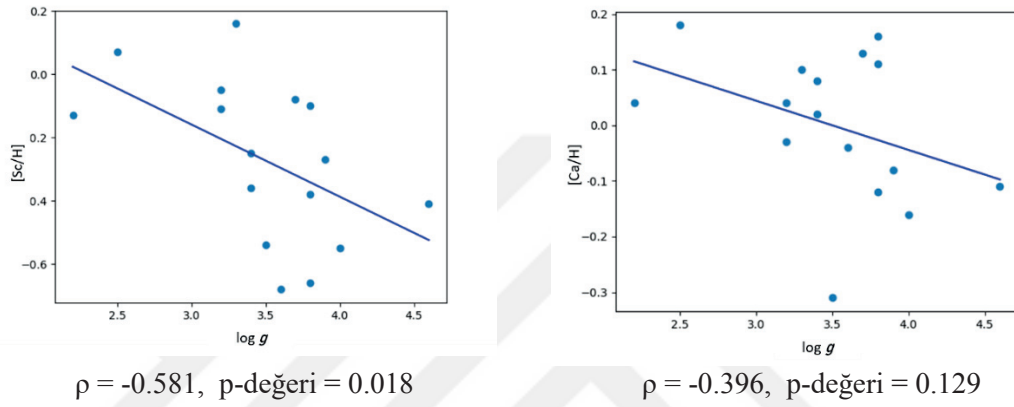
Bu elementlerin sıcaklıkla artış eğiliminde olması bu elementlerin ışımsal ivmelenmeye maruz kalmış olabileceğini göstermektedir. Atomik kütle bakımından demir grubu elementler ve özellikle ağır elementlerin kütleçekimsel çökmeye rağmen yüzey bolluklarının fazla olması, atomik difüzyon teorisinde olduğu gibi ışımsal ivmelenme etkisinin baskın olmasının bir sonucu olarak anlaşılabılır.

5.6.2 Yüzey çekim ivmesi ile kimyasal bolluklar arasındaki ilişkiler

Hem Ca hem de Sc bollukları yıldızların yüzey çekim ivmesi değerleri ile bir anti-korelasyon sergilemektedir (bkz. Şekil 5.14). Bu durum, yüzey çekim ivmesi düşük, göreceli olarak hızlı evrimleşmiş daha büyük kütleli yıldızların (örn. HD 20220 ve HD 26553) normal A-türünden olmalarını açıklayabilir. Öte yandan dolaylı olarak bir yıldızın

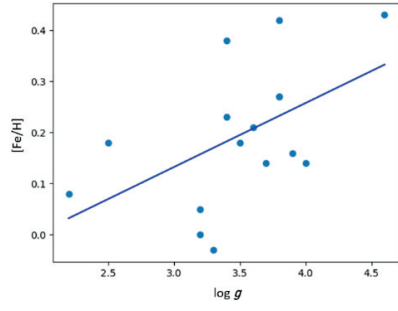
Am yıldızı olmasının belirli bir evrim aşamasında görülen bir olgu olduğu düşünülebilir. HR diyagramında görüldüğü üzere bu evrim aşaması yıldızın anakol evrim aşamasıdır.

Ca'un yüzey çekim ivmesi ile anti-korelasyonu, yüzey çekim ivmesinin artışıyla konveksiyon tabakasının yüzeye yaklaşmasından, Sc için ise kütleçekimsel çökmenin (ışınımsal ivmelenmeden az etkilendiğinden) baskın olmasından kaynaklanıyor olabilir.

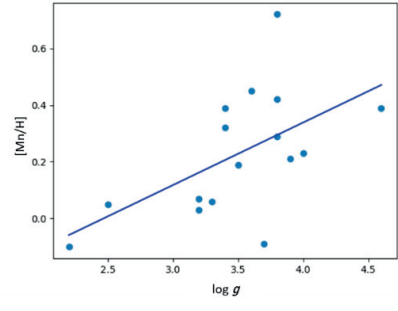


Şekil 5.14 $\log g$ ile Sc ve Ca bollukları arasındaki anti-korelasyonlar

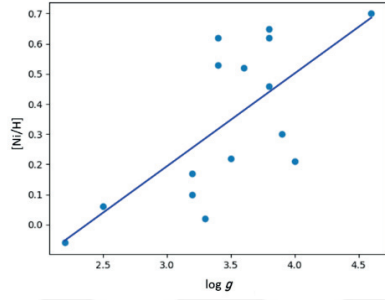
Elementlerin bazıları Şekil 5.15'te görüldüğü üzere Ti, V, Cr, Mn, Fe ve Ni bollukları ile $\log g$ arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulunmuştur. $\log g$ artışıyla bu elementlerin bolluğu artıma eğilimlidir. Benzer olgu Zn, Y, Zr ve Ba için de mevcuttur (birkaç elementi için bkz. Şekil 5.16). Bu elementlerin $\log g$ artışı ile böyle bir eğilim sergilemeleri elementlerin ışıınımsal ivmelenmeden etkilenmiş olabileceği tezini desteklemektedir, çünkü artan kütleçekimsel çökmeye rağmen bu olgu görülmektedir. Ghazaryan vd. (2018) S ve Sr için anti-korelasyon bulurken, La için bir korelasyon ve Ce için anlamlı düzey dışında yani hafif bir korelasyon tespit etti. Tez çalışmasında, La için örneklem sayısı 7 olduğu için değerlendirme dışında tutuldu. Ancak La ile $\log g$ arasında var olan korelasyon katsayısı 0.786 ve p-değeri 0.036 dır. Aynı durum Ce içinde geçerli olup, anlamlı düzeyin dışında çok hafif bir korelasyon görüldü.



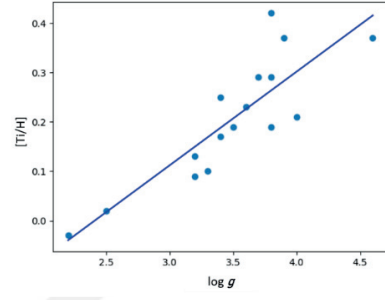
$$\rho = 0.540, \text{ p-değeri} = 0.031$$



$$\rho = 0.578, \text{ p-değeri} = 0.019$$

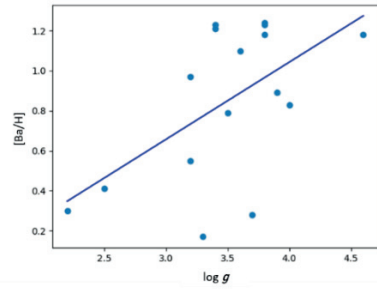


$$\rho = 0.686, \text{ p-değeri} = 0.005$$

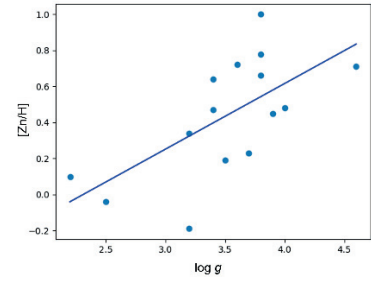


$$\rho = 0.848, \text{ p-değeri} < 0.001$$

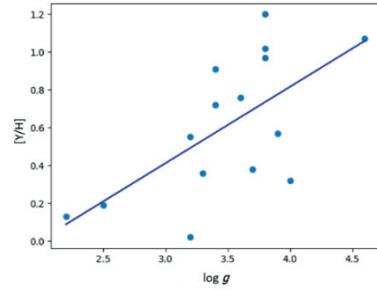
Şekil 5.15 $\log g$ ile demir grubu element bollukları arasındaki korelasyonlar



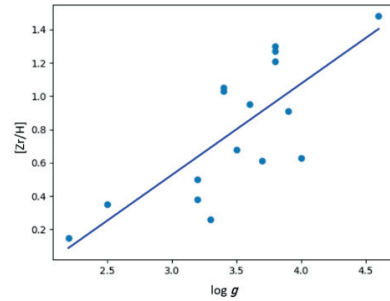
$$\rho = 0.440, \text{ p-değeri} = 0.088$$



$$\rho = 0.662, \text{ p-değeri} = 0.007$$



$$\rho = 0.628, \text{ p-değeri} = 0.012$$



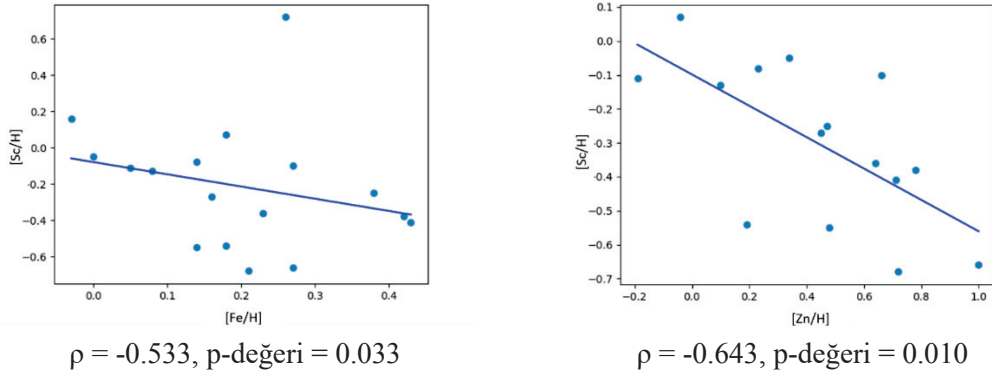
$$\rho = 0.730, \text{ p-değeri} = 0.001$$

Şekil 5.16 $\log g$ ile ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar

5.6.3 Bolluklar arasındaki ilişkiler

C ve S arasında güçlü bir korelasyon gözlemlendi. C ve Si arasında da orta düzeyde bir korelasyon mevcut olduğu görüldü. O bolluğu başta Na olmak üzere, Ti, V, Mn, Fe, Ni ve ağır elementlerden Y, Zr, ve Ba ile anti-korelasyon sergilemektedir. Bu durum, elementlerin daha baskın olmalarına sebebiyet veren fiziksel sürecin/süreçlerin O elementini etkilemediğini işaret etmektedir. Yani, ışımsal ivmelenmenin O'ya olan etkisinin daha az olabileceğini göstermektedir. Na, özellikle Cr ve Fe ile güçlü bir korelasyon sergilemekte olup diğer demir grubu elementler ve ağır elementler ile korelasyonları yine dikkate değerdir. Tüm korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.24'te yer almaktadır. Bazı elementlerin önemli korelasyonu aşağıda özetlenmiştir.

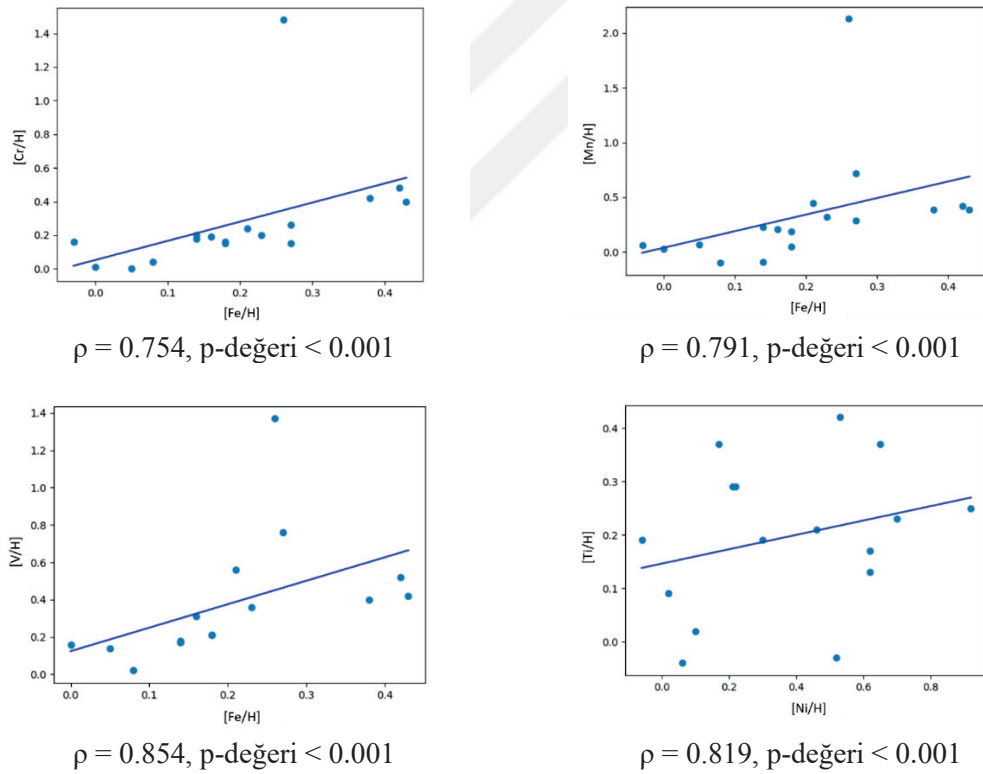
Sc bolluğu ile diğer element bollukları arasındaki ilişkiler; Sc başta Fe olmak üzere Ti, V, Cr, Mn, Ni, Zn, Sr, Y, Zr, ve Ba ile güçlü bir anti-korelasyon sergilemektedir (bkz. Şekil 5.17). Bu durum atmosfer parametreleri ile bolluklar arasında görülen korelasyonlara sebep olan ışımsal ivmelenme etkisi ile ilişkili olabilir.



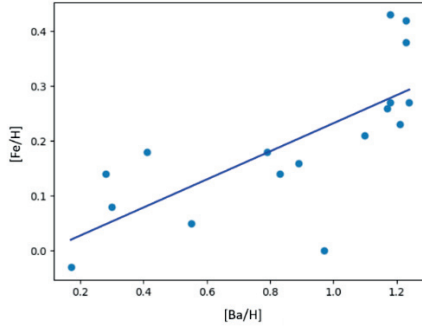
Şekil 5.17 Sc ile Fe ve Zn bollukları arasındaki korelasyonlar

S diğer elementler ile korelasyonu; S bolluğu V, Cr, Mn, Fe, Zn, Sr, Y, Zr ve Ba bollukları ile oldukça güçlü bir korelasyona sahiptir. Bu sonuç kükürt bolluğu ile demir grubu ve ağır element bolluklarında görülen fazlalığın benzer süreçten kaynaklanıyor olabileceğini işaret etmektedir.

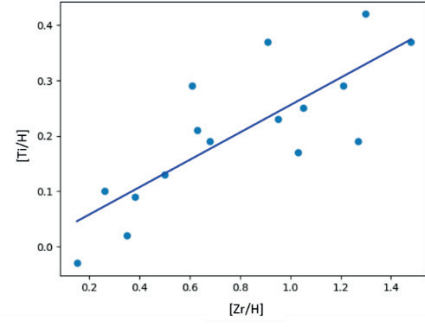
Demir grubu ve ağır elementlerin bollukları arasındaki korelasyonlar; Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Y, Zr ve Ba bolluklarının birbirleriyle aralarında korelasyonlar elde edildi (bkz. Şekil 5.18, 5.19 ve 5.20). Başta demir grubu elementlerin birbirleriyle olan korelasyonları, ağır elementlerin birbirleriyle olan korelasyonları ve demir grubu ile ağır elementler arasındaki korelasyonlar temelde bu elementlerin yıldız atmosferlerinde benzer sürece maruz kaldıklarını işaret etmektedir. Bu elementlerin atmosfer parametreleri ile olan korelasyonları göz önünde bulundurulduğunda ısınım salıvımlenme etkisine maruz kaldıkları görülmektedir. Bu sonuç, Adelman ve Unsree (2007) tarafından gerçekleştirilen lineer korelasyon analiz sonuçları ile oldukça uyumludur. Adelman ve Unsree (2007), Cr, Fe, Ni, Sr ve Ba arasında, Sr, Y, Zr ve Ba arasında ve Mn, Fe, Ni, Y, Zr, ve Ba arasında korelasyonlar olduğu buldu.



Şekil 5.18 Demir grubu element bollukları arasındaki korelasyonlar

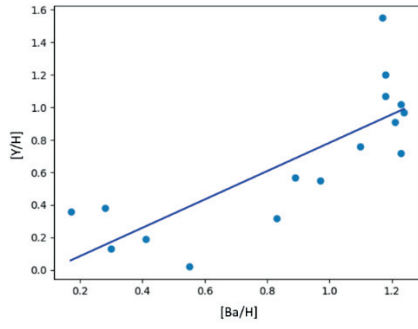


$$\rho = 0.799, \text{ p-değeri} < 0.001$$

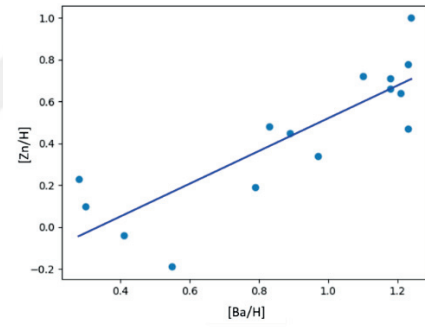


$$\rho = 0.781, \text{ p-değeri} < 0.001$$

Şekil 5.19 Demir grubu ve ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar



$$\rho = 0.786, \text{ p-değeri} < 0.001$$

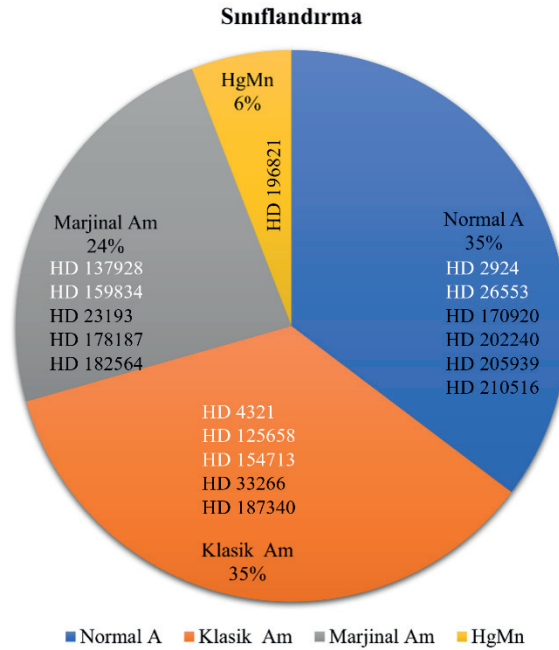


$$\rho = 0.829, \text{ p-değeri} < 0.001$$

Şekil 5.20 Ağır element bollukları arasındaki korelasyonlar

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, geç B - erken F tayf türü aralığında olan sıfır yaş anakol sonrası, orta kütleli ve düşük izdüşüm dönme hızlarına sahip 17 yıldızın kimyasal bolluk analizi, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edilen yüksek çözünürlüklü ve yüksek S/G değerlerine sahip tayfları temelinde gerçekleştirildi. Yıldızların atmosfer parametreleri olan etkin sıcaklıkları, yüzey çekim ivmeleri, metalisiteleri ve mikrotürbülans hızları elde edildi. Tayflardan C, N, O, Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd ve Hg elementlerine ilişkin kimyasal bolluklar belirlendi. Elde edilen bu kimyasal bolluk dağılımları esasında yıldızların normal A, Am ve HgMn türü olarak değerlendirilebileceği sonucuna varıldı. Bunlardan Am yıldızları, Ca ve Sc bolluk değerlerine göre klasik ve marjinal Am yıldızları olarak alt sınıflara ayrıldı. Tezde irdelenen yıldızların genel bir sınıflandırma oranı Şekil 6.1'de verildi.



Şekil 6.1 Yıldızların sınıflandırma oranı

Tayfsal analizleri ilk kez bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen ve Am türünden oldukları değerlendirilen HD 125658 ve HD 137928 yıldızlarının metalisiteleri sırasıyla

0.43 ve 0.42 dex olarak elde edildi. Bu bağlamda, bu iki yıldızın şimdiye kadar gözlenmiş metalce en zengin Am yıldızları arasında olabilecekleri sonucuna varıldı.

Yıldızların HR diyagramındaki konumları belirlenerek evrim durumları tartışıldı. Buna göre normal A-türü yıldızlardan HD 202240 ve HD 26553'ün altdevler kolunda yer aldığı, diğer tüm yıldızların evrimleşmemiş anakol yıldızları olduğu görüldü. Yıldızların yarıçapları tahmin edildi. Elde edilen başlangıç metal bollukları ile birlikte çeşitli kütle değerlerine sahip evrim yolları ve yaş çizgileri kullanılarak kütleleri ve yaşları tayin edildi. Bu bağlamda özellikle Am yıldızlarının belirli bir kütle aralığında olabileceği sonucu kayda değerdir.

Çalışmada yer alan ZAMS sonrası orta kütleli yıldızlarda gözlenen kimyasal bolluk anomalileri ile yıldızların bünyesel evrimlerinin ilişkili olabileceği öngörüldü. Atmosfer parametrelerinin bünyesel evrim üzerindeki olası etkisini anlamada kritik rol oynayan atomik difüzyon teorisi esas alındı. Bu bağlamda elde edilen atmosfer parametreleri ve kimyasal bolluk değerleri arasındaki korelasyonlar ve anti-korelasyonlar araştırıldı. Buna göre;

- Yıldızların etkin sıcaklıkları ile Sc bollukları arasında güçlü bir anti-korelasyon elde edildi. Sıcaklık artışı ile Sc bolluğunun azalma eğiliminde olduğu görüldü. Diğer taraftan etkin sıcaklığın Na, S, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Y, Zr ve Ba bollukları ile bir korelasyon sergilediği tespit edildi.
- Yıldızların yüzey çekim ivmeleri ile Ca ve Sc bollukları arasında bir anti-korelasyon elde edildi.

Etkin sıcaklık ile yüzey çekim ivmesi birlikte değerlendirdiğinde gözlenen Ca ve Sc bolluklarına neden olan sürecin aynı olmadığı düşünüldü. Gözlenen Sc bolluğunda ışıınımsal ivmelenmenin etkin rol oynayabileceği, Ca bolluğunda ise dış konveksiyon katmanının taban derinliğinin önemli olabileceği değerlendirildi.

Yıldızların kimyasal element bollukları arasında korelasyonlar ve anti-korelasyonlar elde edildi. Buna göre özellikle,

- Sc bolluklarının Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Y, Zr, ve Ba bollukları ile arasında güçlü bir anti-korelasyon,
- S bollukları ile V, Cr, Mn, Fe, Zn, Sr, Y, Zr ve Ba bollukları arasında güçlü bir korelasyon,
- Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Y, Zr ve Ba bolluklarının birbirleriyle korele oldukları,

gözlendi. Bu bağlamda, yıldızların atmosfer parametreleri ve kimyasal bolluk değerleri arasında elde edilen korelasyonlar ve anti-korelasyonların, atomik difüzyon teorisinde ifade edildiği üzere yıldız atmosfer parametrelerinin tesir edebileceği ışımsal ivmelenme ve kütleçekimsel çökme ile ilişkili olabileceği değerlendirildi. Bu durum söz konusu ZAMS sonrası orta kütleli yıldızların atmosfer parametreleri ile kimyasal bollukları arasında bir ilişki olabileceğini işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- Abt, H. A. 2000. Does Rotation Alone Determine Whether an A-Type Star's Spectrum Is Abnormal or Normal? *The Astrophysical Journal*, Vol. 544, Issue 2, pp. 933-936.
- Abt, H. A. 2009. Stellar Rotation versus Duplicity in Open Cluster Early-Type Stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Volume 121, Issue 886, pp. 1307
- Abt, H. A. And Morgan, W. W. 1976. MK morphology of a group of Am stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 205, pp. 446-447
- Abt, H. A. And Moyd, K. I. 1973. Rotation and shell spectra among A-type dwarfs. *Astrophysical Journal*, Vol. 182, p. 809
- Abt, H. A., Morrell, N. I. 1995. The Relation between Rotational Velocities and Spectral Peculiarities among A-Type Stars. *Astrophysical Journal Supplement* Vol. 99, pp. 135
- Adelman, S. J. 1987. Optical region elemental abundance analysis of B and A stars. VI. The normal stars HR 6559 (A7 IV) and eta Leporis (FO IV). *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, Vol. 67, pp. 353-363
- Adelman, S. J., and Unsree, N. 2007. On Chemical Abundances of AM and normal A-Type Stars. *Baltic Astronomy*, Vol. 16, pp. 183-190
- Adelman, S. J., Hayes, D. S., Philip, A. G., and Davis. 1986. CNO abundances of some field horizontal-branch and population I A stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 98, pp. 783-787
- Adelman, S. J., Yu, K., Gulliver, A. F. 2011. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms: XXXIII. β UMa (A0mA1 IV-V), α Dra (A0 III), π Dra (A2 IIIs), and κ Cep (B9 III) *Astronomische Nachrichten*, Vol.332, Issue 2, pp.153
- Alain D. 1972. *Techniques ordinales en analyse des données*. Classiques Hachette,
- Alecian, E., Tkachenko, A., Neiner, C., Folsom, C. P., and Leroy, B. 2016. The magnetic field of the double-lined spectroscopic binary system HD 5550 *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 589, pp.13
- Alecian, G. 1996. Fm-Am stars in open clusters as a tool for stellar physics. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 310, pp. 872-878
- Alecian, G. 2007. Atomic Diffusion and Radiative Accelerations in Stars. *EAS Publications Series*, Vol. 26, pp.37-48
- Alecian, G., and LeBlanc, F. 2000. Behaviour of radiative accelerations in stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 319, Issue 3, pp. 677-684.
- Alecian, G., LeBlanc, F., and Massacrier, G. 2013. Scandium in AmFm stars in the light of new atomic data. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 554, pp. 4

- Alecian, G., Morgan D. 2023. Opacities and Atomic Diffusion Galaxies Vol.11(3), pp. 62
- Alecian, G., Vauclair, S. 1983. Element Diffusion in Stellar Atmospheres. Fundamentals of Cosmic Physics, Vol. 8, pp. 369-402
- Alonso, A., Arribas, S., Martínez-Roger, C. 1996. The empirical scale of temperatures of the low main sequence (F0V-K5V). *Astronomy and Astrophysics*, v.313, p.873-890
- Alonso, A., Arribas, S., Martínez-Roger, C. 1998. Broad-band JHK(L') photometry of a sample of giants with $0.5 > [\text{Fe}/\text{H}] > -3$. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol. 131, pp. 209-219
- Alonso, A., Arribas, S., Martínez-Roger, C. 1998. Broad-band JHK(L') photometry of a sample of giants with $0.5 > [\text{Fe}/\text{H}] > -3$. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, v.131, p.209-219
- Alonso, A., Arribas, S., Martínez-Roger, C. 1999. The effective temperature scale of giant stars (F0-K5). II. Empirical calibration of T_{eff} versus colours and $[\text{Fe}/\text{H}]$. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol. 140, pp. 261-277
- Alonso, A., Arribas, S., Martínez-Roger, C. 1999. The effective temperature scale of giant stars (F0-K5). II. Empirical calibration of T_{eff} versus colours and $[\text{Fe}/\text{H}]$. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, v.140, p.261-277
- Amarsi, A. M., Nordlander, T., Barklem, P. S., Asplund, M., Collet, R., Lind, K. 2018. Effective temperature determinations of late-type stars based on 3D non-LTE Balmer line formation. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 615, id.A139, pp. 19
- Andrae, R., Fouesneau, M., Creevey, O., Ordenovic, C., Mary, N., Burlacu, A., Chaoul, L., Jean-Antoine-Piccolo, A., Kordopatis, G., Korn, A., Lebreton, Y., Panem, C., Pichon, B., Thévenin, F., Walmsley, G., Bailer-Jones, C. A. L. 2018. Gaia Data Release 2. First stellar parameters from Apsis. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 616, id. A8, pp. 29
- Asplund, M. 2005. Uncertainties in Stellar Abundance Analyses. Highlights of Astronomy, Vol. 13, as presented at the XXVth General Assembly of the IAU - 2003 [Sydney, Australia, 13 - 26 July 2003]. Edited by O. Engvold. San Francisco, CA: Astronomical Society of the Pacific, ISBN 1-58381-189-3. XXIX + 1085 pp., 2005, p.542
- Babel, J., Michaud, G. 1991. Ambipolar diffusion of hydrogen in the atmosphere of AP stars. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 248, pp. 155
- Baglin, A. 1972. Short Period Variable Stars IX. Rotation and Mixing in the Outer Layers of A Stars. Turbulent Mixing Due to the Meridional Circulation Velocity Field *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 19, pp. 45
- Barklem, P. S. 2007. Non-LTE Balmer line formation in late-type spectra: effects of atomic processes involving hydrogen atoms. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 466, Issue 1, April IV 2007, pp.327-337

- Barklem, P. S., Piskunov, N., O'Mara, B. J. 2000. Self-broadening in Balmer line wing formation in stellar atmospheres. *Astronomy and Astrophysics*, v.363, p.1091-1105
- Barklem, P. S., Piskunov, N., O'Mara, B. J. 2000. Self-broadening in Balmer line wing formation in stellar atmospheres. *Astronomy and Astrophysics*, v.363, p.1091-1105 (2000)
- Barklem, P. S., Stempels, H. C., Allende Prieto, C., Kochukhov, O. P., Piskunov, N., O'Mara, B. J. 2002 Detailed analysis of Balmer lines in cool dwarf stars. *Astronomy and Astrophysics*, v.385, p.951-967
- Bertaud, C. 1958. Catalogue et bibliographie des etoiles a spectre particulier. *Journal des Observateurs*, Vol. 42, pp. 45
- Bertaux, J. L., Lallement, R., Ferron, S., Boonne, C. 2014. TAPAS, a web-based service of atmospheric transmission computation for astronomy. 13th Biennial HITRAN Conference, held 23-25 June 2014 in Cambridge, MA. Online at <https://www.cfa.harvard.edu/hitran/13thHITRAN.html>, hitran-13, id.8
- Bessell, M. S. 2012. Photonic Passbands and Zero Points for the Strömgren uvby System. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Volume 123, Issue 910, pp. 1442
- Blackwell, D. E., Lynas-Gray, A. E. 1994. VizieR Online Data Catalog: Teff and angular diameters from IRFM (Blackwell+ 1994). *VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/282/899*
- Blackwell, D. E., Petford, A. D., Shallis, M. J. 1980. Use of the infra-red flux method for determining stellar effective temperatures and angular diameters; the stellar temperature scale. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 82, p. 249-252
- Blackwell, D. E., Shallis, M. J. 1977. Stellar angular diameters from infrared photometry. Application to Arcturus and other stars; with effective temperatures. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 180, 177-191 (1977)
- Bohlender, D. A., Landstreet, J. D. 1990. A search for magnetic fields in Lambda Bootis stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 247, pp.606
- Bonett, D.G. and Wright, T.A. 2000. Sample Size Requirements for Estimating Pearson, Kendall and Spearman Correlations. *Psychometrics*, Vol. 65, pp. 23-28.
- Borra, E. F., Landstreet, J. D. 1979. The magnetic field of the helium-strong stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 228, pp. 809-816
- Boyd, Richard N. 2008 *An Introduction to Nuclear Astrophysics*, by Richard N. Boyd. ISBN 978-0-226-06971-5 (HB). Published by the University of Chicago Press, Chicago, IL USA, 2008.
- Brandt, T. D. 2021. VizieR Online Data Catalog: Hipparcos-Gaia (EDR3) Catalog of Accelerations. *VizieR On-line Data Catalog: J/ApJS Vol. 254*, pp.42
- Bravais, A. 1844. *Analyse mathématique sur les probabilités des erreurs de situation d'un point*. Impr. Royale
- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S., Nanni, A. 2012. PARSEC: stellar tracks and isochrones with the PAdova and TRieste

- Stellar Evolution Code. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 427, Issue 1, pp. 127-145.
- Burgers, J. M. 1960. Motion of a Completely Ionized Gas across a Magnetic Field in the Presence of an Electric Force. Reviews of Modern Physics, vol. 32, Issue 4, pp. 868-880
- Burkhart, C., Coupry, M. F. 1991. The A and Am-Fm stars. I. The abundances of Li, Al, Si and Fe. Astronomy and Astrophysics, Vol. 249, pp. 205
- Çalışkan, Ş., Kılıçoğlu, T., Elmaslı, A., Nasolo, Y., Avcı, Z., Albayrak, B. 2015. Chemical abundance analysis of the A-type stars CP Cyg and HD 33266. New Astronomy, Vol. 34, pp. 6-10
- Çalışkan, Ş., Ünal, K., Özuyar, D., Kılıçoğlu, T., Elmaslı, A., Özgür, E., Nasolo, Y. 2022. Probable nature of HD 196821: Is the star a cool HgMn? Astronomische Nachrichten, Volume 343, Issue 8, article id. e20220020
- Campilho, B., Deal, M., Bossini, D. 2022. Atomic diffusion in solar-like stars with MESA. Comparison with the Montreal/Montpellier and CESTAM stellar evolution codes. Astronomy AND Astrophysics, Volume 659, id.A162, pp. 13
- Cannon, A. J. 1897. Project PHAEDRA: Preserving Harvard's Early Data and Research in Astronomy (<https://library.cfa.harvard.edu/project-phaedra>). Harvard College Observatory observations, logs, instrument readings, and calculations. Date range: 1897-10-12/1897-12-3. Sequence Vol. 3
- Cannon, A. J., Pickering, E. C. 1993. VizieR Online Data Catalog: Henry Draper Catalogue and Extension (Cannon+ 1918-1924; ADC 1989) VizieR On-line Data Catalog: III/135A. Originally published in: Harv. Ann. 91-100 (1918-1924)
- Carroll, J. A. 1933. The spectroscopic determination of stellar rotation and its effect on line profiles. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 93, pp. 478-507
- Castelli, F. 1991. Effective temperature and gravity $\log g$ and beta indices for B-type stars. Astronomy and Astrophysics, Vol. 251, pp. 106
- Castelli, F., Hubrig, S. 2004. The Ca II infrared triplet as indicator of anomalous Ca isotopic mixture in HgMn stars Astronomy and Astrophysics, Vol. 421, pp. 1-4
- Cayrel, R., Burkhart, C., van't Veer, C. 1991. The Fm-Am Stars: Observed Anomalies. Evolution of Stars: The Photospheric Abundance Connection: Proceedings of the 145th Symposium of the International Astronomical Union, held in Zlatni Pjasaci (Golden Sands), Bulgaria, August 27-31, 1990. Edited by Georges Michaud and A. V. Tutukov. International Astronomical Union. Symposium no. 145, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 99
- Cayrel, R., van't Veer-Menneret, C., Allard, N. F., Stehlé, C. 2011. The H α Balmer line as an effective temperature criterion. I. Calibration using 1D model stellar atmospheres. Astronomy & Astrophysics, Volume 531, id.A83, 6 pp.

- Christensen, R. 2005. Testing Fisher, Neyman, Pearson, and Bayes. *The American statistician*, Vol. 59, pp. 121-126
- Cowley, A., Cowley, C., Jaschek, M., Jaschek, C. 1969. A study of the bright A stars. I. A catalogue of spectral classifications. *Astronomical Journal*, Vol. 74, pp. 375-406
- Cowley, C. R., Hubrig, S., Castelli, F. 2008. Isotopic anomalies in CP stars: helium, mercury, platinum, and calcium Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, Vol. 38, No. 2, pp. 291-300
- Crawford, D. L. ; Barnes, J. V. ; Faure, B. Q. ; Golson, J. C. ; Perry, C. L. 1966. Photoelectric H beta photometry for 1217 star brighter than $V = 6.5$ magnitude. *Astronomical Journal*, Vol. 71, p. 709-718 (1966)
- Cumming, G., Finch, S. 2005. Inference by eye: Confidence intervals, and how to read pictures of data. *American Psychologist*, Vol. 60, pp. 170-180.
- Dattagupta, S., Ghosh, R., Singh, J. 1999. Magneto-Optic Piston Effect. *Physical Review Letters*, Vol. 83, Issue 4, pp.710-713
- David, F.N. 1938. Tables of the ordinates and probability integral of the distribution of the correlation coefficient in small samples. Cambridge: Cambridge University Press.
- David, T., Hillenbrand, L. 2015. The Ages of Early-Type Stars: Strömgren Photometric Methods Calibrated, Validated, Tested, and Applied to Hosts and Prospective Hosts of Directly Imaged Exoplanets. American Astronomical Society, AAS Meeting #225, id.449.02
- de Bruijne, J. H. J., Eilers, A. C. 2012. Radial velocities for the HIPPARCOS-Gaia Hundred-Thousand-Proper-Motion project. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 546, id. A61, pp. 14
- Deal, M., Goupil, M. J., Marques, J. P., Reese, D. R., Lebreton, Y. 2020. Chemical mixing in low mass stars. I. Rotation against atomic diffusion including radiative acceleration. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 633, id.A23, pp. 15
- Deal, M., Richard, O., Vauclair, S. 2018. Hydrodynamical Instabilities Induced by Atomic Diffusion in F and A Stars. Workshop on Astrophysical Opacities. ASP Conference Series, Vol. 515, proceedings of a conference held 1-4 August 2017 at Michigan University, Kalamazoo, Michigan, USA. Edited by Claudio Mendoza, Sylvaine Turck-Chièze, and James Colgan. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2018., p.181
- Degenne, A. 1972. Techniques ordinales en analyse des données Classiques Hachette, pp. 160
- Deutsch, A. J. 1974. A Study of the Spectrum Variables of Type a. *Astrophysical Journal*, vol. 105, pp. 283
- Díaz, C. G., González, J. F., Levato, H., Grosso, M. 2011. Accurate stellar rotational velocities using the Fourier transform of the cross-correlation maximum. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 531, id. A143, pp. 11

- Donati, J. -F., Landstreet, J. D. 2009. Magnetic Fields of Nondegenerate Stars Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 47, Issue 1, pp.3 33-370 Astronomy and Astrophysics Supplement, Vol.114, pp. 269
- Ducati, J. R. 2002. VizieR Online Data Catalog: Catalogue of Stellar Photometry in Johnson's 11-color system. CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues, 2237, 0
- Ducati, J. R. 2002. VizieR Online Data Catalog: Catalogue of Stellar Photometry in Johnson's 11-color system. CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues, 2237, 0 (2002)
- Duflot, M., Figon, P., Meyssonnier, N. 1995. Vitesses radiales. Catalogue WEB: Wilson Evans Batten. Subtitle: Radial velocities: The Wilson-Evans-Batten catalogue.
- Dworetzky, M. M. 1974. Rotational Velocities of a0 Stars. Astrophysical Journal Supplement, Vol. 28, pp. 101
- Dworetzky, M. M. 1993. Hg-Mn Versus Normal Stars Peculiar versus Normal Phenomena in A-type and Related Stars. International Astronomical Union, Colloquium No. 138, held in Trieste, Italy, July 1992. Editors, M.M. Dworetzky, F. Castelli, R. Faraggiana; Publisher, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, LC QB843.A12 I58 1992. ISBN 0937707635. P. 1
- Eddington, A. S. 1926. The Internal Constitution of the Stars. Cambridge: Cambridge University Press, (ISBN 9780521337083), 199
- Eggen, O. J. 1962. Space-velocity vectors for 3483 stars with proper motion and radial velocity. Royal Observatory Bulletin, pp. 51
- Elmaslı, A., Ünal, K. Ö., Çalışkan, Ş. 2018. High-resolution abundance analysis of the metallic-line star HR 7250. New Astronomy, Vol. 62, pp. 15-19.
- Elmaslı, A., Çalışkan, Ş., Kılıçoğlu, T., Ünal, K., Nasolo, Y., Albayrak, B. 2016. Detailed Photospheric abundances of 28 Peg and HD 202240 New Astronomy, Volume 42, p. 38-41.
- Elmaslı, A., Nasolo, Y. 2017. Chemical abundance analysis of π Dra and HR 7545. AIP Conference Proceedings, Vol. 1815, Issue 1, id.080012
- Ersparmer, D, North, P., 2003. Automated spectroscopic abundances of A and F-type stars using echelle spectrographs. II. Abundances of 140 A-F stars from ELODIE. Astronomy and Astrophysics, Vol. 398, pp. 1121-1135
- Evolution of Stars: the Photospheric Abundance Connection: Proceedings of the 145th Symposium of the International Astronomical Union, held in Zlatni Pjasaci (Golden Sands), Bulgaria, August 27-31, 1990. Edited by Georges Michaud and A. V. Tutukov. International Astronomical Union. Symposium no. 145, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 137
- Feigelson, E. D., Babu, G. J. 2012. Modern Statistical Methods for Astronomy. Modern Statistical Methods for Astronomy, Cambridge, UK: Cambridge University Press

- Feigelson, E. D., Babu, J. G. 2012. *Modern Statistical Methods for Astronomy* Modern Statistical. Cambridge, UK: Cambridge University Press,
- Fisher R. A. 1955. *Statistical Methods and Scientific Induction*. Journal of the Royal Statistical Society, Series B. Vol.17(1), pp. 69-78.
- Fisher R.A 1959. *Statistical methods and scientific inference*. (2nd ed.). New York: Hafner Publishing
- Fisher R.A. 1934. *Statistical Methods for Research Workers*. Edinburgh, UK. Vol. 5th Edition Fisher R.A.1955. *Statistical Methods and Scientific Induction*. Journal of the Royal Statistical Society, Series B. Vol. 17(1): pp. 69-78.
- Floquet, M. 1970. *Observations d'étoiles Ap et Am*. Astronomy & Astrophysics Supplement Series Vol. 1, No. 1, pp. 1
- Flower, P. J. 1996. Transformations from Theoretical Hertzsprung-Russell Diagrams to Color-Magnitude Diagrams: Effective Temperatures, B-V Colors, and Bolometric Corrections. *Astrophysical Journal* Vol.469, pp.355
- Fossati, L., Bagnulo, S., Monier, R., Khan, S. A., Kochukhov, O., Landstreet, J. D., Wade, G. A., Weiss, W. W. 2008. Chemical evolution of A- and B-type stars in open clusters: observed abundances vs. diffusion models. *Am stars in the Praesepe cluster*. Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, Vol. 38, No. 2, pp. 123-128.
- Fowler, W. A., Burbidge, E. M., Burbidge, G. R., Hoyle, F. 1965. The Synthesis and Destruction of Elements in Peculiar Stars of Types A and B. *Astrophysical Journal*, Vol. 142, pp. 423
- Frebel, A., Casey, A. R., Jacobson, N.R., Yu, Q. 2013. Deriving Stellar Effective Temperatures of Metal-poor Stars with the Excitation Potential Method. *The Astrophysical Journal*, Vol. 769, Issue 1, id. 57, pp. 10
- Gaia Collaboration 2020. *VizieR Online Data Catalog: Gaia EDR3* (Gaia Collaboration, 2020) *VizieR On-line Data Catalog: I/350*. Originally published in: 2020A&A...649A...1G; doi:10.5270/esa-lug
- Galton, F. 1886. Regression towards mediocrity in hereditary stature. *Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*. Vol. 15, pp. 246–263.
- Gebran, M., Monier, R. 2008. Chemical composition of A and F dwarfs members of the Pleiades open cluster. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 483, Issue 2, pp. 567-570
- Ghazaryan, S., Alecian, G., Hakobyan, A. A. 2018. New catalogue of chemically peculiar stars, and statistical analysis, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 480, Issue 3, pp. 2953-2962
- Glasser, G.J., Winter, R.F. 1961. Critical values of the coefficient of rank correlation for testing the hypothesis of independance. *Biometrika*. Vol. 48, pp. 444–448
- Golay, M. 1973. Remarks on the Photometric Criteria of Choice of the Standard Stars (survey Lecture). *Problems of Calibration of Absolute Magnitudes and Temperature of Stars*. Proceedings of IAU Symposium no. 54 Held in Geneva, Switzerland, Sept. 12-15, 1972. Edited by B. Hauck and Bengt E.

- Westerlund. International Astronomical Union. Symposium no. 54, Dordrecht, Boston, Reidel, p.275
- Gontcharov, G. A. 2006. Pulkovo Compilation of Radial Velocities for 35 495 Hipparcos stars in a common system. *Astronomy Letters*, Vol. 32, Issue 11, pp. 759-771
- Gray, D. F. 2008. *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres*. The Observation and Analysis of Stellar Photospheres, by David F. Gray, Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Gray, D. F. 1992. Books-Received - the Observation and Analysis of Stellar Photospheres - ED.2 *Journal of the British Astronomical Association*, Vol.102, NO. 4, P.230,
- Gray, D. F., Johanson, H. L. 1991. A technique for precisely measuring stellar temperatures. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, Vol. 85, No. 4, p. 183
- Gray, David F. 1994. Spectral Line-Depth Ratios as Temperature Indicators for Cool Stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, v.106, p.1248
- Gray, David F. 2005. *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres*. "The Observation and Analysis of Stellar Photospheres, 3rd Edition, by D.F. Gray. ISBN0521851866<http://www.cambridge.org/us/catalogue/catalogue.asp?isbn> n Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Gray, David F. 2005. *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres*. The Observation and Analysis of Stellar Photospheres, 3rd Edition, by D.F. Gray. ISBN 0521851866. <http://www.cambridge.org/us/catalogue/catalogue.asp?isbn=0521851866>. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Gray, R. O. 1988 The Spectral Classification of the Lambda Bootis Stars *Astronomical Journal* Vol. 95, pp.220
- Gray, R. O., Corbally, C. J. 1992. A New Approach to the Calibration of MK Spectral Type with Effective Temperature. *American Astronomical Society*, 181st AAS Meeting, id.100.06; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 24, p.1279
- Gray, R. O., Corbally, C. J. 1994. The Calibration of MK Spectral Classes Using Spectral Synthesis. I. The Effective Temperature Calibration of Dwarf Stars *Astronomical Journal* v.107, p.742
- Gray, R. O., Garrison, R. F. 1987. The Early A-Type Stars: Refined MK Classification, Confrontation with Strömgren Photometry, and the Effects of Rotation *Astrophysical Journal Supplement* v.65, p.581
- Grevesse, N., Sauval, A. J. 1998. Standard Solar Composition. *Space Science Reviews*, v. 85, Issue 1/2, p. 161-174
- Hauck, B. 1973. Catalogue of AM stars with known spectral types .*Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol. 10, p.385

- Hauck, B., Mermilliod, M. 1998. Uvbybeta photoelectric photometric catalogue. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol.129, pp. 431-433
- Heacox, W. D. 1979. Chemical abundances in Hg-Mn stars. *Astrophysical Journal*, Suppl. Ser., Vol. 41, p. 675-688 (1979)
- Heiter, U., Kupka, F., van't Veer-Menneret, C., Barban, C., Weiss, W. W., Goupil, M. J., Schmidt, W., Katz, D., Garrido, R. 2002. New grids of ATLAS9 atmospheres I: Influence of convection treatments on model structure and on observable quantities. *Astronomy and Astrophysics*, v.392, p.619-636
- Heiter, U., Soubiran, C., Netopil, M., Paunzen, E. 2014. On the metallicity of open clusters. II. Spectroscopy. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 561, pp. 22
- Hervé A. 2007. The Kendall Rank Correlation Coefficient Semantic Scholar Corpus ID: 18386364
- Holberg, J. B., Bergeron, P. 2006. Calibration of Synthetic Photometry Using DA White Dwarfs. *The Astronomical Journal*, Volume 132, Issue 3, pp. 1221-1233
- Houdashelt, M. L., Bell, R. A., Sweigart, A. V. 2000. Improved Color-Temperature Relations and Bolometric Corrections for Cool Stars. *The Astronomical Journal*, Volume 119, Issue 3, pp. 1448-1469
- Hubrig, S., González, J., Schöller, M. 2010. Multiplicity of Chemically Peculiar Stars. Binaries - Key to Comprehension of the Universe. Proceedings of a conference held June 8-12, 2009 in Brno, Czech Republic. Edited by Andrej Prša and Miloslav Zejda. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp. 257
- Hubrig, S., Wahlgren, G. M., Mathys, G. 1999. RoAp Stars: Recent Results and Future Prospects for Asteroseismology Unsolved Problems in Stellar Evolution: Poster Papers from the Space Telescope Science Institute Symposium, May 1998. Edited by Mario Livio. Space Telescope Science Institute Symposium Series v. 12. Baltimore, Md.: Space Telescope Science Institute, pp. 28
- Hui-Bon-Hoa, A. 1999. Metal abundances of A-type stars in galactic clusters. III. alpha Persei: new results. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 343, pp. 261-265
- Hunger, K., Groote, D., Heber, U. 1991. Intermediate he Rich Stars. Evolution of Stars: The Photospheric Abundance Connection: Proceedings of the 145th Symposium of the International Astronomical Union, held in Zlatni Pjasaci (Golden Sands), Bulgaria, August 27-31, 1990. Edited by Georges Michaud and A. V. Tutukov. International Astronomical Union. Symposium no. 145, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 173
- Jofré P., Heiter U., Soubiran C. 2019. Accuracy and Precision of Industrial Stellar Abundances. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* Vol. 57, pp 571-616
- Jofré, P., Heiter, U., Worley, C. C., Blanco-Cuaresma, S., Soubiran, C., Masseron, T., Hawkins, K., Adibekyan, V., Buder, S., Casamiquela, L., Gilmore, G., Hourihane, A., Tabernero, H. 2017. Gaia FGK benchmark stars: opening the black box of stellar element abundance determination. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 601, id. A38, pp. 22

- Jofré, P., Heiter, U., Worley, C. C., Blanco-Cuaresma, S., Soubiran, C., Masseron, T., Hawkins, K., Adibekyan, V., Buder, S., Casamiquela, L., Gilmore, G., Hourihane, A., Tabernero, H. 2017. Gaia FGK benchmark stars: opening the black box of stellar element abundance determination. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 601, id. A38, pp. 22
- Kendall, M.G. 1955. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
- Kervella, P., Arenou, F., Mignard, F., Thévenin, F. 2019. Stellar and substellar companions of nearby stars from Gaia DR2. Binarity from proper motion anomaly. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 623, id. A72, pp. 23
- Khokhlova, V. L. 1981. AM stars Chemically peculiar stars of the upper main sequence; International Conference on Astrophysics, 23rd, Liege, Belgium, Reports. (A82-37717 18-39) Liege, Universite de Liege, pp. 457-463.
- Kılıçoğlu, T., Çalışkan, Ş., Ünal, K. 2018. Behavior of Abundances in Chemically Peculiar Dwarf and Subgiant A-Type Stars: HD 23193 and HD 170920 *The Astrophysical Journal*, Volume 852, Issue 2, article id. 116, pp. 5
- Kinman, T., Castelli, F. 2002. The determination of T_{eff} for metal-poor A-type stars using V and 2MASS J, H and K magnitudes. *Astronomy and Astrophysics*, v.391, p.1039-1052
- Kochukhov, O. 2018. BinMag: Widget for comparing stellar observed with theoretical spectra. *Astrophysics Source Code Library*, record ascl:1805.015
- Kochukhov, O., Tsymbal, V., Ryabchikova, T., Makaganyk, V., Bagnulo, S. 2006. Chemical stratification in the atmosphere of Ap star HD 133792. Regularized solution of the vertical inversion problem *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 460, Issue 3, pp. 831-842
- Kramida, A., Ralchenko, Yu., Reader, J. and NIST ASD Team. 2022. NIST Atomic Spectra Database (version 5.10), [Online]. Available: <https://physics.nist.gov/asd> [Tue May 30 2023]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. DOI: <https://doi.org/10.18434/T4W30F>
- Kunzli, M., North, P., Kurucz, R. L., Nicolet, B. 1997. A calibration of Geneva photometry for B to G stars in terms of T_{eff} , $\log G$ and $[M/H]$. *A & A Supplement series*, Vol. 122, pp. 51-77.
- Kupka, F., Bruntt, H. 2001. Using TEMPLOGG for determining stellar parameters of MONS targets. First COROT/MONS/MOST Ground Support Workshop Edited by C. Sterken, published by C. Sterken, Vrije Universiteit Brussel, p. 39-46
- Kupka, F., Piskunov, N., Ryabchikova, T. A., Stempels, H. C., Weiss, W. W. 1999. VALD-2: Progress of the Vienna Atomic Line Data Base. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol.138, pp. 119-133
- Kurtz, D. W. 1976. Metallicity and pulsation: an analysis of the Delta Delphini stars. *Astrophysical Journal*, Suppl. Ser., Vol. 32, p. 651-680

- Kurucz, R. L. 1993. ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid. ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid. Kurucz CD-ROM No. 13. Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophysical Observatory
- Kurucz, R. L. 1993b. SYNTHE Spectrum Synthesis Programs and Line Data. SYNTHE Spectrum Synthesis Programs and Line Data. Kurucz CD-ROM No. 18. Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophysical Observatory
- Kurucz, R. L. 2005a. ATLAS12, SYNTHE, ATLAS9, WIDTH9, et cetera. *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, Vol.8, pp. 14
- Kurucz, R. L. 2005b. Rapid computation of line opacity in SYNTHE and DFSYNTHE. *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, Vol. 8, pp. 76
- Kurucz, R. L., Bell, B. 1995 Atomic line list. Kurucz CD-ROM, Cambridge, MA: Smithsonian Astrophysical Observatory
- Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Neter, J., Li, W. 2005. Simple linear regression. In: *Applied Linear Statistical Models (International Edition)* McGraw-Hill/Irvin, pp. 2–39.
- Landstreet, J. D. 1998. Detection of atmospheric velocity fields in A-type stars *Astronomy and Astrophysics*, Vol .338, pp. 1041-1056
- Landstreet, J. D. 2014. Diffusion in A and B stars Putting A Stars into Context: Evolution, Environment, and Related Stars, *Proceedings of the international conference held on June 3-7, 2013 at Moscow M.V. Lomonosov State University in Moscow, Russia*. Eds.: G. Mathys, E. Griffin, O. Kochukhov, R. Monier, G. Wahlgren, Moscow: Publishing house "Pero", pp. 230-238
- Landstreet, J. D., Dolez, N., Vauclair, S. 1998. Light elements as probes of weak stellar winds *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 333, pp. 977-988
- Lang, K. R. 1992. Book-Review - *Astrophysical Formulae* - ED.2. *Science*, Vol.255, NO.5051/MAR20, pp. 1589
- LeBlanc, F., 2010. *An Introduction to Stellar Astrophysics*. Wiley, 2010. ISBN: 978-0-470-69956-0
- LeBlanc, F., Monin, D., Hui-Bon-Hoa, A., Hauschildt, P. H. 2009 Stellar model atmospheres with abundance stratification. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 495, Issue 3, pp. 937-944
- Leckrone, D. S. 1981 The resonance line of B II in IUE spectra of chemically peculiar stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 250, pp. 687-700
- Ludwig, H. G., Behara, N. T., Steffen, M., Bonifacio, P. 2009. Impact of granulation effects on the use of Balmer lines as temperature indicators. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 502, Issue 2, 2009, pp.L1-L4
- Maury, A. C., Pickering, E. C. 1897. Spectra of bright stars photographed with the 11-inch Draper Telescope as part of the Henry Draper Memorial. *Annals of Harvard College Observatory*, Vol. 28, pp. 1-128
- McAlister, H. A., Hartkopf, W. I., Sowell, J. R., Dombrowski, Edmund G., Franz, Otto G. 1989. ICCD Speckle Observations of Binary Stars. IV. Measurements

- During 1986-1988 from the Kitt Peak 4-m Telescope. *Astronomical Journal* Vol. 97, pp. 510
- McDonald, I., Zijlstra, A. A., Boyer, M. L. 2012. Fundamental parameters and infrared excesses of Hipparcos stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 427, Issue 1, pp. 343-357.
- Megessier, C. 1994. Influence of the atmosphere model on the stellar effective temperature derived through the infrared flux method. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 289, p. 202-208 (1994)
- Michaud, G. (1970). Diffusion Processes in Peculiar a Stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 160, pp. 641.
- Michaud, G. 1982. Meridional circulation versus diffusion in stellar envelopes. *Astrophysical Journal*, Part 1, Vol. 258, July 1, 1982, pp. 349-353
- Michaud, G., Alecian, G., Richer, J. 2015. Atomic Diffusion in Stars. *Atomic Diffusion in Stars*, *Astronomy and Astrophysics Library*, ISBN 978-3-319-19853-8. Springer International Publishing Switzerland
- Michaud, G., Charland, Y. 1986. Mass Loss in A and F Stars: The lambda Bootis Stars. *Astrophysical Journal* v.311, p.326
- Michaud, G., Charland, Y., Vauclair, S., Vauclair, G. 1976, Diffusion in main-sequence stars: radiation forces, time scales, anomalies. *Astrophysical Journal*, Vol. 210, pp. 447-465
- Michaud, G., Richer, J., Richard, O. 2011. Horizontal branch evolution, metallicity, and sdB stars. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 529, id.A60, pp. 20
- Mihalas, D. 1978. *Stellar atmospheres*. San Francisco: W.H. Freeman
- Montambaux, G. 2018. Generalized Stefan-Boltzmann Law. *Foundations of Physics*. Vol. 48, Issue 4, pp. 395-410
- Moon, T. T., Dworetzky, M. M. 1985. Grids for the determination of effective temperature and surface gravity of B, A and F stars using uvby-beta photometry. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 217, pp. 305-315
- Morgan, W. W. 1933 Some Evidence for the Existence of a Peculiar Branch of the Spectral Sequence in the Interval B8-F0. *Astrophysical Journal*, Vol. 77, pp. 330
- Napiwotzki, R., Schoenberner, D., Wenske, V. 1993. On the determination of effective temperature and surface gravity of B, A, and F stars using Strömgren uvby-beta photometry. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 268, pt. 653-666
- Napiwotzki, R., Schoenberner, D., Wenske, V. 1993. On the determination of effective temperature and surface gravity of B, A, and F stars using Strömgren uvby-beta photometry. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 268, p. 653-666 (1993)
- Niemczura, E., Smalley, B., Pych, W., 2014. Determination of Atmospheric Parameters of B-, A-, F- and G-Type Stars. *Determination of Atmospheric Parameters of B-, A-, F- and G-Type Stars. Series: GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences*, ISBN: 978-3-319-06955-5.

- Nissen, P. E., Gustafsson, B. 2018. High-precision stellar abundances of the elements: methods and applications. *The Astronomy and Astrophysics Review*, Vol. 26, Issue 1, article id. 6, pp. 70
- Nissen, P. E., Silva Aguirre, V., Christensen-Dalsgaard, J., Collet, R., Grundahl, F., Slumstrup, D. 2017. High-precision abundances of elements in Kepler LEGACY stars. Verification of trends with stellar age. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 608, id. A112, pp. 13
- North, P., Hauck, B. 1979. Calibration of various parameter of the Geneva system from the Kurucz models. *Dudley Obs. Rep.*, No. 14, pp. 183 – 192
- Oja, T. 1991. UBV photometry of stars whose positions are accurately known. VI. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, Vol. 89, pp. 415
- Okuyudo, M., Sadakane, K. 1990. Spectroscopic Analyses of Two A-Type Stars: π Draconis and 68 Tauri. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol. 42, pp. 317-330.
- Osawa, K. 1959. Spectral Classification of 533 B8-A2 Stars and the Mean Absolute Magnitude of a0 V Stars. *Astrophysical Journal*, vol. 130, p.159
- Paunzen, E. 2015. A new catalogue of Strömgren-Crawford uvby β photometry. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 580, id. A23, pp. 3
- Pearson, K. 1895. Notes on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceedings of the Royal Society of London*. Vol. 58: pp. 240–242.
- Piskunov, N. E., Kupka, F., Ryabchikova, T. A., Weiss, W. W., Jeffery, C. S. 1995. VALD: The Vienna Atomic Line Data Base. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol. 112, pp. 525
- Piskunov, N. E., Valenti, J. A. 2002. New algorithms for reducing cross-dispersed echelle spectra. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 385, pp. 1095-1106
- Preston, G. W. 1974. The chemically peculiar stars of the upper main sequence. *Annual Rev. Astron. Astrophys.*, Vol. 12, pp. 257-277
- Preston, George W. 1971. The Mean Surface Fields of Magnetic Stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 164, pp. 309
- Przybilla, N., Butler, K. 2004. The Solar Hydrogen Spectrum in Non-Local Thermodynamic Equilibrium. *The Astrophysical Journal*, Volume 610, Issue 1, pp. L61-L64.
- Ramella, M., Faraggiana, R., Boehm, C., Gerbaldi, M. 1989. vsini of A0 dwarf stars. "Modeling the Stellar Environment: How and Why?"
- Ramírez, I., Meléndez, J. 2005. The Effective Temperature Scale of FGK Stars. I. Determination of Temperatures and Angular Diameters with the Infrared Flux Method. *The Astrophysical Journal*, Vol. 626, Issue 1, pp. 446-464
- Ramírez, I., Meléndez, J. 2005. The Effective Temperature Scale of FGK Stars. I. Determination of Temperatures and Angular Diameters with the Infrared Flux Method. *The Astrophysical Journal*, Volume 626, Issue 1, pp. 446-464.

- Renson, P., Gerbaldi, M., Catalano, F. A. 1991. General catalogue of AP and AM stars. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, Vol. 89, p. 429 (1991)
- Richard, O. 2005. Evolutionary stellar models including diffusion and radiative accelerations. *EAS Publications Series*, Volume 17, 2005, pp.43-52
- Richer, J., Michaud, G., Turcotte, S. 2000. The Evolution of AMFM Stars, Abundance Anomalies, and Turbulent Transport. *The Astrophysical Journal*, Volume 529, Issue 1, pp. 338-356
- Riello, M., De Angeli, F., Evans, D. W., Busso, G., Hambly, N. C., Davidson, M., Burgess, P. W., Montegriffo, P., Osborne, P. J., Kewley, A., Carrasco, J. M., Fabricius, C., Jordi, C., Cacciari, C., van Leeuwen, F., Holland, G. 2018. Gaia Data Release 2. Processing of the photometric data. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 616, id.A3, 19 pp.
- Rodgers, J.L., Nicewander, W.A., 1988. Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *Am Stat.* Vol. 42, pp. 59-66.
- Roman, Nancy G., Morgan, W. W., Eggen, Olin J. 1948. The Classification of the Metallic-Line Stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 107, pp.107-109
- Royer, F., Gebran, M., Monier, R., Hill, G., Gulliver, A., Adelman, S., Smalley, B., Pintado, O., Reiners, A. 2014. Normal A0-A1 stars with low $v \sin i$. Putting A Stars into Context: Evolution, Environment, and Related Stars, Proceedings of the international conference held on June 3-7, 2013 at Moscow M.V. Lomonosov State University in Moscow, Russia. Eds.: G. Mathys, E. Griffin, O. Kochukhov, R. Monier, G. Wahlgren, Moscow: Publishing house "Pero", pp. 265-269
- Royer, F., Grenier, S., Baylac, M. O., Gómez, A. E., Zorec, J. 2002. Rotational velocities of A-type stars in the northern hemisphere. II. Measurement of $v \sin i$. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 393, pp. 897-911
- Ruchti, G. R., Bergemann, M., Serenelli, A., Casagrande, L., Lind, K. 2013. Unveiling systematic biases in the 1D LTE excitation-ionization balance of Fe for FGK stars: a novel approach to determination of stellar parameters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 429, Issue 1, p.126-134
- Ryabchikova, T. A., Piskunov, N. E., Stempels, H. C., Kupka, F., Weiss, W. W. 1999. The Vienna Atomic Line Data Base - a Status Report. *Physica Scripta*, Vol. T83, Issue 1, pp. 162-173.
- Ryabchikova, T., Piskunov, N., Savanov, I., Kupka, F., Malanushenko, V. 1999a. Eu III identification and Eu abundance in CP stars *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 343, pp. 229-236
- Sargent, L. W. 1964. The Atmospheres of the Magnetic and Metallic-Line Stars. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 2, pp. 297
- Sbordone, L., Bonifacio, P., Castelli, F., Kurucz, R. L. 2004. ATLAS and SYNTHE under Linux. *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, Vol. 5, pp. 93

- Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G., Maeder, A. 1992. New Grids of Stellar Models from 0.8-SOLAR-MASS to 120-SOLAR-MASSSES at $Z=0.020$ and $Z=0.001$. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol.96, NO. 2/DEC, pp. 269
- Schober, P., Christa B., Lothar A. S. 2018. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *International Anesthesia Research Society*. Vol. 126 (5) pp. 1763-1768
- Semenova, E., Bergemann, M., Deal, M., Serenelli, A., Hansen, C., Gallagher, A., Bayo, A., Bensby, T., Bragaglia, A., Carraro, G., Morbidelli, L., Pancino, E., Smiljanic, R. 2020. The Gaia-ESO survey: 3D NLTE abundances in the open cluster NGC 2420 suggest atomic diffusion and turbulent mixing are at the origin of chemical abundance variations. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 643, id.A164, pp. 15
- Shajn, G., Albitzky, V. 1932. The radial velocities of 343 stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 92, p.771
- Sheng Xiang M., Walter Rix H., Ting Y., Ludwig H., Coronado, J., Zhang, M., Zhang H., Sven Buder S., Dal Tio P. 2020. *The Astrophysical Journal*, Vol. 898, pp. 1
- Smalley, B. 2005. Teff and log g determinations. *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, v.8, p.130
- Smalley, B. 2005. Teff and log g determinations. *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, Vol.8, pp.130
- Smith, K. C. 1996. Elemental abundances in normal late-B and HgMn stars from co-added IUE spectra. IV. Gallium. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 305, pp. 902
- Smith, K. C., Dworetsky, M. M. 1993. Elemental abundances in normal late-B and HgMn stars from co-added IUE spectra. I. Iron-peak elements. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 274, pp. 335-355
- Smith, Keith C. 1996a. Chemically Peculiar Hot Stars *Astrophysics and Space Science*, Vol. 237, Issue 1-2, pp. 77-105
- Smith, M. A. 1971. Microturbulence and abundances in Am stars: Inferences concerning metallicism. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 11, pp. 325
- Spearman, C. 1904. The Proof and Measurement of Association between Two Things. *Am. J. Psychol.* Vol. 15, pp. 72–101
- Stehle, C. 1994. Stark broadening of hydrogen Lyman and Balmer in the conditions of stellar envelopes. *Astronomy and Astrophysics Suppl.*, Vol. 104, p.509-527 (1994)
- Takada-Hidai, M. 1991. Non-Magnetic Anomalous Stars: The HgMn Stars -a Review of Elemental.
- Takeda, Y., Han, I., Kang, D., Lee, B., Kim, K. 2008. Rotation and Surface Abundance Peculiarities in A-Type Stars *Journal of The Korean Astronomical Society*, Vol. 41, issue 4, pp. 83-98

- Titus, J., Morgan, W. W 1940. On the Classification of the A Stars. I. The Spectral Types of the Brighter Members of the Hyades Cluster. *Astrophysical Journal*, Vol. 92, pp. 256
- Tody, D. 1986. The IRAF Data Reduction and Analysis System. IN: *Instrumentation in astronomy VI; Proceedings of the Meeting, Tucson, AZ, Mar. 4-8, 1986. Part 2 (A87-36376 15-35)*. Bellingham, WA, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, pp. 733.
- Tody, D. 1993. IRAF in the Nineties. *Astronomical Data Analysis Software and Systems II*, A.S.P. Conference Series, Vol. 52, 1993, R. J. Hanisch, R. J. V. Brissenden, and Jeannette Barnes, eds., pp. 173.
- Torres, G. 2010. On the Use of Empirical Bolometric Corrections for Stars. *The Astronomical Journal*, Vol. 140, Issue 5, pp. 1158-1162
- Trust, O., Jurua, E., De Cat, P., Joshi, S., Lampens, P. 2021. HERMES spectroscopy of normal A and Am stars *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 504, Issue 4, pp. 5528-5542
- Turcotte, S., Richer, J., Michaud, G., Christensen-Dalsgaard, J. 2000. The effect of diffusion on pulsations of stars on the upper main sequence δ Scuti and metallic A stars. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 360, p.603-616
- Valenti, J. A., Piskunov, N. 1996. Spectroscopy made easy: A new tool for fitting observations with synthetic spectra. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, v.118, p.595-603
- van Belle, G.T., von Braun, K. 2009. Directly Determined Linear Radii and Effective Temperatures of Exoplanet Host Stars. *The Astrophysical Journal*, Vol. 694, Issue 2, pp. 1085-1098
- van Leeuwen, F. 2007. Validation of the new Hipparcos reduction. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 474, Issue 2, pp. 653-664
- Vauclair, G., Vauclair, S., Michaud, G. 1978. Abundance anomalies in main-sequence stars: competition between diffusion processes and turbulent motions. *Astrophysical Journal*, Part 1, Vol. 223, pp. 920-936
- Vauclair, G., Vauclair, S., Pamjatnikh, A. 1974. Diffusion Processes in the Envelopes of Main sequence A Stars *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 31, pp. 63
- Vauclair, S., Vauclair, G. 1982. Element segregation in stellar outer layers. *Annual review of astronomy and astrophysics*. Volume 20. (A83-12176 02-90) Palo Alto, CA, Annual Reviews, Inc., pp. 37-60.
- Venn, K. A., Lambert, D. L. 1990. The Chemical Composition of Three Lambda Bootis Stars. *Astrophysical Journal* Vol. 363, pp. 234
- Watson W. D., 1970. Opacity of the solar core. *The Astrophysical Journal* Vol. 161, pp. 139-144
- Watson, W. D. 1970a. Element Diffusion and Abundance Anomalies in Metallic a Stars *Astrophysical Journal*, Vol. 162, pp. 45
- Wolff, S. C., Preston, G. W. 1978. Late B-type stars: rotation and the incidence of HgMn stars. *Astrophysical Journal*, Suppl. Ser., Vol. 37, p. 371-392 (1978)

- Wolff, S. C., Wolff, R. J. 1974. The manganese stars. *Astrophysical Journal*, Vol. 194, pp. 65-75
- Woolf, Vincent M., Lambert, D. L. 1999. Mercury Elemental and Isotopic Abundances in Mercury-Manganese Stars *The Astrophysical Journal*, Vol. 521, Issue 1, pp. 414-431.
- Wu, Y., Singh, H. P., Prugniel, P., Gupta, R., Koleva, M. 2011. Coudé-feed stellar spectral library - atmospheric parameters. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 525, id. A71, pp. 21
- Zar. H. J. 2014. Spearman Rank Correlation: Overview. *Statistics John Wiley & Sons, Ltd Reference Online*
- Zorec, J., Royer, F. 2012. Rotational velocities of A-type stars. IV. Evolution of rotational velocities. *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 537, id. A120, pp. 22
- Zorec, J., Cidale, L., Arias, M. L., Frémat, Y., Muratore, M. F., Torres, A. F., Martayan, C. 2009. Fundamental parameters of B supergiants from the BCD system. I. Calibration of the ($\lambda 1$, D) parameters into Teff *Astronomy and Astrophysics*, Volume 501, Issue 1, pp.297-320

EKLER

EK 1 Bu tez kapsamında ilk kez ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapılan yıldızların çizgi listesi

EK 2 Diğer yıldızların çizgi listesi

EK 1 Bu tez kapsamında ilk kez ayrıntılı kimyasal bolluk analizi yapılan yıldızların çizgi listesi

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlikler (pm)						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
C I	477.0027	-2.722	...	...	...	...	...	...	01.50
C I	477.1742	-2.120	...	06.46	...	05.87	02.93	03.78	04.22
C I	477.5897	-2.163	02.98	05.38	01.60	03.09	...	...	...
C I	493.2049	-1.884	04.45	06.89	03.04	03.56	...	02.74	02.90
C I	502.3849	-2.400	...	02.25	00.71	...	...	...	02.02
C I	503.9057	-2.000	...	04.14	...	03.02	02.06	...	...
C I	504.0134	-2.500	...	...	00.57	...	...	...	...
C I	505.2167	-1.648	06.78	...	05.08	...	...	06.63	08.37
C I	538.0337	-1.842	...	...	02.81	...	...	...	03.63
C I	579.3120	-2.157	...	02.37	00.98	02.10	...	...	01.60
C I	579.4473	-2.900	...	...	00.19	...	...	...	...
C I	580.0602	-2.440	...	01.32	...	...	...	...	...
C I	600.7175	-2.180	...	...	00.32	...	...	...	...
C I	601.0675	-2.020	...	...	00.42	...	...	...	...
C I	601.2230	-2.300	...	...	00.30	01.14	...	...	00.70
C I	601.3166	-1.370	01.59	04.02	...	...	...	...	...
C I	601.4830	-1.710	01.01	02.71	00.88	...	...	...	01.58
C I	639.7965	-1.890	...	...	00.53	...	...	...	...
C I	665.5517	-1.370	...	...	00.87	...	...	...	...
C I	667.1845	-1.660	00.65	01.53	00.43	...	...	...	...
C I	710.8934	-1.680	...	...	00.57	...	...	...	...
C I	711.6991	-0.910	...	06.82	03.87	...	...	...	04.50
C I	711.9656	-1.220	...	...	02.20	06.74	...	...	02.73
C I	786.0882	-0.730	...	...	02.12	...	...	...	...
N I	648.2699	-0.590	...	...	01.20	...	...	...	...
N I	672.2610	-0.980	...	...	00.74	...	...	...	...
N I	746.8312	-0.270	04.38	06.38	...	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
O I	543.5178	-1.880	...	...	01.02	...	...	...	...
O I	543.5775	-1.660	...	...	01.25	...	01.17	...	...
O I	543.6862	-1.510	...	...	01.81	...	...	...	...
O I	615.8187	-0.441	07.65	06.81	...	...	...	...	05.19
O I	645.3602	-1.364	...	...	01.23	...	...	...	...
O I	645.4444	-1.144	...	...	01.97	...	...	...	...
O I	715.6701	0.259	...	...	02.02	...	...	...	...
O I	777.4166	0.174	...	...	...	12.32	...	...	...
O I	777.5388	-0.046	...	...	...	14.06	...	...	...
O I	795.0803	0.340	...	...	02.74	...	...	...	...
O I	795.2159	0.170	...	...	02.59	...	...	...	...
Na I	498.2814	-0.950	...	...	00.63	...	...	...	...
Na I	568.2633	-0.700	...	05.14	02.14	04.94	...	...	04.03
Na I	568.8205	-0.450	...	07.61	03.28	07.35	...	...	04.14
Na I	589.5924	-0.184	...	...	...	...	19.78	19.92	...
Na I	616.0747	-1.260	...	02.55	...	...	...	...	...
Mg I	405.7505	-1.201	...	10.00	...	...	...	...	...
Mg I	416.7271	-1.004	07.60	08.17	06.01	13.77	09.85	07.29	09.70
Mg I	470.2991	-0.666	10.36	12.68	08.77	14.57	12.08	08.84	12.81
Mg I	517.2684	-0.402	17.81	...	...	...	20.00	19.52	...
Mg I	552.8405	-0.620	09.91	11.68	08.59	14.02	08.72	08.01	12.57
Mg I	571.1088	-1.833	...	...	01.52	...	...	...	02.78
Mg II	443.3988	-0.910	...	...	04.02	...	...	...	04.59
Mg II	787.7054	0.390	10.09	...	12.13	...	...	...	10.12
Al II	704.2083	0.350	...	00.32	02.27	01.30	...	...	...
Al II	704.2083	0.350	...	00.32	02.27	01.30	...	...	...
Si I	474.7993	-1.750	...	...	...	03.27	...	...	...
Si I	566.5555	-2.040	...	...	00.27	...	...	...	...
Si I	569.0425	-1.870	...	...	00.23	...	...	...	...
Si I	570.8400	-1.470	...	01.84	00.89	02.53	...	...	02.74

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Si I	577.2146	-1.750	...	...	00.50	02.02	...	...	01.03
Si I	579.7856	-2.050	...	...	...	...	...	...	00.94
Si I	594.8541	-1.230	...	03.21	01.68	03.03	...	...	03.12
Si I	609.1919	-1.400	...	...	00.34	...	...	...	...
Si I	614.5016	-0.820	...	...	...	...	02.36	...	...
Si I	625.4188	-0.600	...	02.65	...	04.01	...	...	...
Si I	641.4980	-1.100	...	...	00.23	...	...	...	...
Si I	703.4901	-0.880	...	...	00.93	02.55	...	...	...
Si I	740.5772	-0.820	...	...	...	...	...	...	03.69
Si I	740.9083	-0.880	...	...	...	05.05	...	...	...
Si II	505.5984	0.593	...	...	09.72	...	13.26	08.60	...
Si II	595.7559	-0.301	...	...	02.77	...	...	...	...
Si II	597.8930	0.004	03.35	...	...	...	...	...	...
Si II	634.7109	0.297	...	17.81	...	...	19.98	18.61	...
Si II	637.1371	-0.003	14.12	...	...	18.94	19.32	13.41	...
S I	469.4113	-1.770	...	01.34	00.86	02.08	...	...	...
S I	469.5443	-1.920	...	01.74	00.64	...	...	...	...
S I	605.2674	-0.740	...	02.68	01.35	...	...	04.16	...
S I	641.5522	-1.360	...	...	00.51	...	...	...	...
S I	675.7171	-0.310	01.86	05.90	02.90	04.79	04.77	...	04.65
S I	768.6160	-1.030	...	...	01.02	...	...	...	...
S I	964.9571	0.350	...	14.10	...	...	...	...	...
K I	769.8974	-0.170	...	...	02.49	...	...	...	03.86
Ca I	428.3011	-0.224	...	...	02.80	...	...	...	...
Ca I	428.9367	-0.303	...	...	01.70	...	...	...	...
Ca I	442.5437	-0.385	...	...	01.97	03.42	...	...	...
Ca I	443.4957	-0.029	...	05.53	03.71	07.03	...	...	08.81
Ca I	443.5679	-0.500	...	03.28	...	03.95	...	...	...
Ca I	445.4779	0.252	...	...	05.16	...	...	...	...
Ca I	445.5887	-0.510	...	03.46	...	02.51	...	...	04.90

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Ca I	428.3011	-0.224	...	...	02.80	...	...	...	...
Ca I	428.9367	-0.303	...	...	01.70	...	...	...	...
Ca I	442.5437	-0.385	...	...	01.97	03.42	...	...	...
Ca I	443.4957	-0.029	...	05.53	03.71	07.03	...	...	08.81
Ca I	443.5679	-0.500	...	03.28	...	03.95	...	...	...
Ca I	445.4779	0.252	...	...	05.16	...	...	...	...
Ca I	445.5887	-0.510	...	03.46	...	02.51	...	...	04.90
Ca I	457.8551	-0.560	...	01.53	...	...	...	...	02.73
Ca I	458.1395	-0.337	...	...	...	03.35	...	...	...
Ca I	458.5865	-0.186	...	03.06	01.29	04.03	...	...	03.87
Ca I	526.5556	-0.260	...	...	01.78	...	...	...	03.78
Ca I	558.1965	-0.710	...	...	00.74	...	...	00.44	...
Ca I	558.8749	0.210	04.79	...	03.75	07.61	04.01	05.60	08.86
Ca I	559.4462	-0.050	04.64	...	...	...	02.96	04.02	...
Ca I	585.7451	0.230	...	04.43	02.66	...	...	03.74	07.01
Ca I	560.1277	-0.690	01.92	...	...	...	...	...	...
Ca I	585.7451	0.230	04.33	...	...	...	...	...	...
Ca I	612.2217	-0.409	04.04	...	...	...	03.09	03.88	...
Ca I	616.2173	0.100	...	07.72	04.77	08.42	...	06.10	10.02
Ca I	616.9563	-0.270	...	...	00.89	...	...	...	...
Ca I	643.9075	0.470	08.62	08.59	04.92	05.44	...	...	...
Ca I	644.9808	-0.550	...	...	...	...	...	...	02.13
Ca I	646.2567	0.310	05.78	06.81	03.76	09.13	...	...	...
Ca I	647.1662	-0.590	...	02.01	00.78	...	...	...	03.03
Ca I	649.3781	0.140	...	...	02.74	03.60	...	...	06.76
Ca I	649.9650	-0.590	...	...	00.45	...	...	...	01.12
Ca II	500.1479	-0.517	...	...	04.50	...	...	...	...
Ca II	501.9971	-0.257	09.49	06.98	06.86	05.79	...	...	...
Ca II	502.1138	-1.217	...	...	01.29	...	...	...	...
Ca II	530.7224	-0.853	...	02.40	02.51	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Sc II	424.6822	0.320	12.51	11.36		11.52	12.74	...	...
Sc II	429.4767	-1.280	...	...	04.43	...	...	...	03.69
Sc II	440.0389	-0.510	...	03.35	09.74	03.84	...	...	10.09
Sc II	441.5557	-0.640	...	...	08.61	...	...	...	...
Sc II	443.1352	-1.880	...	...	01.49	...	...	...	...
Sc II	467.0407	-0.370	...	...		...	03.11	...	...
Sc II	503.1021	-0.260	...	03.44	06.87	...	...	03.06	...
Sc II	523.9813	-0.770	...	00.86	04.43	...	...	...	03.64
Sc II	552.6790	0.130	06.69	05.13		06.22	...	04.59	09.15
Sc II	564.1001	-1.040	01.68	...	02.57	...	...	...	01.80
Sc II	566.7149	-1.240	...	...	02.08	...	...	...	...
Sc II	568.4202	-1.050	...	...	02.47	...	...	...	...
Sc II	624.5637	-0.980	...	...	02.24	...	...	...	...
Ti I	453.3241	0.476	...	...	00.89	...	...	...	...
Ti I	453.4776	0.280	...	...	00.81	...	...	...	...
Ti I	498.1731	0.504	...	...	01.07	...	...	...	...
Ti I	499.9503	0.250	...	...	00.51	...	01.06	...	...
Ti II	402.5131	-1.980	...	...	09.04	...	...	...	...
Ti II	402.8343	-1.000	10.38	11.67	...	09.80	...	09.61	...
Ti II	405.3834	-1.210	...	...	09.52	...	...	...	...
Ti II	416.3645	-0.400	09.65	11.53	...	12.90	11.86	09.98	...
Ti II	428.7872	-2.020	...	...	...	...	07.55	...	...
Ti II	430.0049	-0.770	...	...	...	19.68	...	...	...
Ti II	438.6844	-1.260	...	04.93	06.82	05.75	06.91	...	08.83
Ti II	439.4051	-1.590	...	...	09.20	...	...	...	11.34
Ti II	439.5033	-0.660	...	17.28	...	04.66	...	...	...
Ti II	439.9772	-1.270	...	...	...	...	...	...	14.51
Ti II	441.1074	-1.060	04.53	04.28	07.10	10.86	04.81	04.54	06.49
Ti II	441.1925	-2.406	...	...	03.22	...	...	...	05.18
Ti II	441.7719	-1.430	...	...	...	...	...	...	14.19

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Ti II	442.1938	-1.770	...	...	05.90	...	...	...	04.75
Ti II	444.1734	-2.410	...	...	...	...	...	...	06.33
Ti II	444.3794	-0.700	...	...	...	...	...	14.79	...
Ti II	444.4558	-2.030	...	...	06.18	...	...	...	10.58
Ti II	445.0482	-1.450	...	11.52	...	08.37	...	...	15.03
Ti II	445.6648	-1.408	...	01.90	01.94	...	...	...	...
Ti II	446.4450	-2.080	09.11	09.13	...	...	05.89	03.72	06.08
Ti II	446.8507	-0.600	15.10	...	...	...	17.76	...	...
Ti II	447.0857	-2.280	...	...	06.04	...	...	...	...
Ti II	448.8331	-0.820	06.74	05.39	...	05.11	...	...	08.94
Ti II	449.3513	-2.730	02.35	...	...	...	...	...	...
Ti II	449.5455	-3.544	...	...	00.68	...	...	...	...
Ti II	450.0353	-3.093	...	...	01.16	...	...	...	...
Ti II	450.1273	-0.750	14.95	18.38	...	...	...	...	20.06
Ti II	451.8331	-2.555	...	03.06	04.42	...	...	...	...
Ti II	452.9474	-2.030	...	05.73	...	06.58	03.37	02.46	09.32
Ti II	454.4028	-2.400	...	...	03.36	...	...	...	06.07
Ti II	456.3761	-0.960	...	...	...	16.85	14.95	14.37	...
Ti II	456.8314	-2.650	...	...	02.31	...	...	...	...
Ti II	457.1968	-0.530	16.68	...	...	...	17.53	16.87	...
Ti II	456.3761	-0.960	...	15.75	...	...	...	...	...
Ti II	476.3881	-2.447	...	...	...	03.50	...	...	...
Ti II	458.0446	-2.790	...	...	01.37	...	...	...	...
Ti II	480.5085	-1.100	...	...	...	...	09.35	...	...
Ti II	458.3409	-2.720	...	...	01.58	...	...	...	...
Ti II	460.9264	-3.260	...	...	00.96	...	...	...	...
Ti II	463.6320	-2.855	...	...	01.45	...	...	...	...
Ti II	470.8665	-2.210	...	...	04.82	...	...	...	06.79
Ti II	471.9515	-3.220	...	...	00.96	...	...	...	...
Ti II	476.3881	-2.447	...	...	04.99	...	...	...	05.22

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Ti II	477.9985	-1.370	08.82	06.61	09.04	06.76	...	05.33	09.67
Ti II	479.8521	-2.430	...	03.36	03.62	...	...	...	...
Ti II	480.5085	-1.100	...	09.07	...	10.77	...	07.22	12.79
Ti II	498.1355	-3.160	...	...	00.35	...	...	...	...
Ti II	500.5157	-2.550	...	...	01.87	...	...	...	...
Ti II	501.0212	-1.336	...	...	03.23	...	...	...	...
Ti II	501.3330	-2.063	...	...	00.68	...	...	...	...
Ti II	501.3677	-1.935	...	...	03.84	...	...	...	...
Ti II	512.9152	-1.390	...	07.34	09.13	08.94	07.48	05.59	12.10
Ti II	518.5913	-1.350	09.56	...	08.17	...	...	...	...
Ti II	521.1536	-1.356	...	...	04.53	03.09	...	...	...
Ti II	526.8615	-1.620	...	...	02.99	...	...	...	05.12
Ti II	533.6771	-1.700	...	...	09.01	06.35	...	...	10.47
Ti II	538.1015	-2.080	...	...	06.21	...	...	...	...
Ti II	541.8751	-1.999	05.48	...	...	...	...	...	...
Ti II	549.0690	-2.650	...	01.85	02.11	...	...	...	...
V II	400.5706	-0.460	...	...	08.09	...	...	...	...
V II	400.8170	-2.120	...	...	00.73	...	...	...	...
V II	402.3388	-0.880	07.59	03.61	06.84	05.36	...	...	07.89
V II	403.5627	-0.960	...	...	...	...	09.07	05.57	...
V II	403.6782	-1.540	...	...	02.75	...	...	...	...
V II	406.5071	-0.238	...	...	01.33	...	...	...	...
V II	418.3440	-1.360	...	01.80	03.28	...	...	...	05.00
V II	420.9759	-1.936	...	...	01.76	...	...	...	...
V II	456.4589	-1.450	...	...	02.11	01.33	...	...	02.32
V II	581.9935	-1.703	...	...	00.40	...	...	...	...
Cr I	425.4336	-0.114	11.26	...	...	...	...	...	...
Cr I	428.9717	-0.361	...	...	05.49	...	...	...	...
Cr I	461.6124	-1.190	...	...	00.47	...	...	...	...
Cr I	464.6162	-0.700	...	02.62	01.02	...	...	...	03.87

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Cr I	465.1284	-1.460	...	00.69	...	...	...	...	...
Cr I	465.2157	-1.030	...	02.05	00.91	02.73	...	...	01.73
Cr I	470.8013	0.110	...	...	00.43	...	...	...	...
Cr I	475.6112	0.090	...	...	00.45	...	...	...	...
Cr I	492.2265	0.270	...	...	00.66	...	...	...	...
Cr I	520.4511	-0.208	03.85	06.26	04.16	08.70	...	...	07.72
Cr I	520.6037	0.019	...	...	...	...	11.32	08.37	...
Cr I	520.8425	0.158	...	...	...	...	10.55	10.35	...
Cr I	540.9784	-0.720	...	02.64	01.90	03.29	...	...	02.25
Cr II	400.3283	-0.601	...	...	02.45	...	...	...	...
Cr II	403.7972	-0.557	...	02.67	02.30	...	03.91	...	...
Cr II	405.1930	-2.192	...	03.96	...	...	...	...	...
Cr II	407.2561	-2.407	...	...	...	03.44	...	...	...
Cr II	408.7593	-3.220	...	...	00.84	...	...	...	...
Cr II	414.5781	-1.164	...	...	03.99	...	08.53	...	...
Cr II	417.9421	-1.773	...	...	06.91	...	...	...	04.94
Cr II	420.7363	-2.475	...	...	01.27	...	...	...	...
Cr II	424.2364	-0.590	...	...	10.79	...	...	...	...
Cr II	425.2632	-2.018	...	04.10	05.03	03.81	...	...	05.72
Cr II	426.1913	-1.531	...	09.25	...	10.71	10.61	07.45	10.49
Cr II	426.9277	-2.167	...	...	03.83	...	...	...	...
Cr II	427.5567	-1.709	...	04.82	08.14	06.28	...	...	08.70
Cr II	428.4188	-1.864	04.13	03.46	06.90	05.58	05.98	04.54	05.93
Cr II	453.9595	-2.530	...	...	02.82	...	01.58	...	...
Cr II	455.4988	-1.380	...	05.83	08.71	...	...	...	08.70
Cr II	455.8650	-0.660	...	...	...	...	15.75	...	...
Cr II	456.5740	-2.110	04.42	03.74	05.53	...	04.68	...	04.63
Cr II	458.8199	-0.630	10.88	10.53	...	15.94	14.49	15.56	14.00
Cr II	459.2049	-1.220	...	...	09.25	...	...	...	...
Cr II	461.6629	-1.290	...	...	08.08	08.06	09.63	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Cr II	461.8803	-1.110	...	09.17	...	13.29	10.72	09.39	10.20
Cr II	459.2049	-1.220	07.28	...	...	...	...	...	...
Cr II	461.6629	-1.290	07.13	...	...	...	...	...	...
Cr II	463.4070	-1.240	...	09.70	...	11.11	12.30	09.80	08.86
Cr II	469.7598	-1.880	...	...	00.67	...	...	...	...
Cr II	472.3340	-2.705	...	...	00.66	...	...	...	...
Cr II	481.2337	-1.800	...	...	05.34	...	...	...	...
Cr II	482.4127	-1.220	...	09.56	...	12.61	...	...	...
Cr II	490.1623	-0.826	...	...	...	...	...	...	00.98
Cr II	515.3499	-2.696	...	...	03.31	...	...	...	...
Cr II	521.0865	-2.945	...	...	01.65	...	...	...	...
Cr II	524.6768	-2.450	...	03.40	03.04	...	...	...	...
Cr II	524.9437	-2.426	...	01.36	02.45	02.39	...	...	...
Cr II	527.4964	-1.290	...	06.77	09.57	08.96	...	...	08.85
Cr II	530.5853	-2.357	03.62	02.81	04.65	...	04.48	...	04.06
Cr II	530.8408	-1.810	...	...	05.20	04.71	...	...	...
Cr II	531.0687	-2.280	...	01.88	02.96	...	03.60	...	02.58
Cr II	531.3563	-1.650	07.94	05.86	07.29	06.54	06.08	...	05.72
Cr II	533.4869	-1.562	05.39	04.12	06.59	05.98	06.65	...	05.04
Cr II	540.7604	-2.088	...	02.34	03.72	...	...	...	03.18
Cr II	542.0922	-2.360	...	02.66	03.63	02.90	...	...	...
Cr II	547.8365	-1.908	...	02.03	05.33	03.54	05.73	...	03.80
Cr II	550.2067	-1.990	02.64	...	03.94	...	...	...	...
Cr II	550.3212	-2.306	...	02.71	03.29	...	...	...	01.79
Cr II	550.8606	-2.110	02.80	02.24	03.52	01.93	02.86	...	02.33
Cr II	551.0702	-2.452	...	...	03.19	01.65	04.61	...	...
Cr II	562.0631	-1.145	...	...	00.75	...	...	...	...
Cr II	567.8390	-1.238	...	...	00.45	...	...	...	...
Cr II	605.3466	-2.160	...	...	01.36	...	...	...	...
Mn I	403.4483	-0.811	...	07.42	...	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Mn I	404.1355	0.285	04.72	...	03.36	09.72	03.78	...	...
Mn I	408.2939	-0.354	...	...	00.71	...	...	...	...
Mn I	408.3628	-0.250	...	...	02.18	...	...	...	...
Mn I	475.4042	-0.086	...	...	01.14	03.80	02.60	...	...
Mn I	476.1512	-0.138	...	...	...	...	...	...	01.86
Mn I	476.5846	-0.080	...	...	00.39	...	...	...	...
Mn I	476.6418	0.100	...	...	00.56	...	...	...	...
Mn I	478.3427	0.042	...	02.94	01.36	05.62	03.76	04.87	...
Mn I	482.3524	0.144	...	...	01.39	...	...	...	06.59
Mn I	602.1819	0.034	...	...	...	01.61	...	...	02.91
MN II	425.1717	-1.058	...	01.31	00.95	01.85	...	...	01.99
MN II	425.2963	-1.138	...	...	01.32	...	...	...	...
MN II	447.8637	-0.950	...	...	00.87	...	...	...	...
MN II	475.5727	-1.242	01.58	...	02.16	02.13	...	...	...
MN II	555.9047	-1.318	...	...	01.32	...	...	...	...
MN II	557.0539	-1.444	...	...	00.53	...	...	...	...
MN II	738.7190	-2.553	...	...	01.43	...	...	...	...
Fe I	400.1661	-1.880	...	...	00.85	...	...	...	...
Fe I	400.3762	-1.290	...	...	01.06	...	...	...	...
Fe I	400.5242	-0.610	...	...	08.24	...	...	...	...
Fe I	400.6311	-0.990	...	...	01.95	...	...	...	...
Fe I	400.7272	-1.300	...	...	02.32	...	...	...	...
Fe I	401.7148	-0.920	...	...	01.57	...	...	...	...
Fe I	402.1866	-0.660	...	...	03.67	...	07.48	...	...
Fe I	404.0638	-1.120	...	...	...	...	...	...	06.65
Fe I	404.4609	-1.080	...	...	01.93	...	...	...	...
Fe I	405.8217	-1.070	...	...	01.73	...	...	...	...
Fe I	405.9713	-1.220	...	...	00.69	...	...	...	...
Fe I	406.1095	-0.668	...	...	...	...	...	...	03.90
Fe I	406.2441	-0.780	...	03.95	...	08.16	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	406.6585	-1.610	...	...	00.64	...	...	...	...
Fe I	406.7978	-0.430	04.97	04.27	04.06	06.87	...	...	...
Fe I	407.1738	-0.022	...	...	...	...	...	16.04	19.83
Fe I	407.3762	-0.920	...	03.15	02.24	05.86	...	02.81	05.34
Fe I	407.4786	-0.970	...	03.53	03.42	06.10	...	...	05.16
Fe I	407.6629	-0.360	...	...	04.02	...	...	...	...
Fe I	407.8354	-1.500	...	...	01.79	...	...	...	...
Fe I	407.9838	-1.330	...	...	01.37	...	...	...	...
Fe I	408.4492	-0.590	...	...	...	...	...	...	08.73
Fe I	413.3856	-1.300	...	...	...	03.19	...	...	...
Fe I	413.4677	-0.490	...	...	...	09.23	07.82	06.62	...
Fe I	413.6998	-0.540	...	...	...	06.01	06.08	05.64	...
Fe I	408.0209	-1.220	...	...	00.78	...	03.46	...	...
Fe I	414.7669	-2.104	02.94	...	...	03.98	...	...	...
Fe I	415.3900	-0.270	...	...	...	10.46	...	...	08.37
Fe I	415.4499	-0.688	...	...	03.65	...	...	...	...
Fe I	415.4805	-0.370	...	...	03.39	...	...	...	...
Fe I	415.6799	-0.620	...	...	...	10.55	...	...	...
Fe I	415.7780	-0.403	...	03.77	03.62	08.10	...	...	...
Fe I	415.8792	-0.670	...	02.85	01.95	...	...	...	...
Fe I	417.4913	-2.969	...	...	00.94	...	...	...	...
Fe I	417.5636	-0.670	...	05.54	03.09	08.96	...	...	...
Fe I	418.1755	-0.180	...	...	...	...	12.98	10.90	...
Fe I	418.4891	-0.860	...	05.90	02.93	...	...	...	...
Fe I	418.7039	-0.548	...	07.25	05.89	...	...	...	...
Fe I	418.8731	-0.235	...	...	...	08.04	...	...	07.04
Fe I	419.1430	-0.666	09.98	...	05.21	...	12.53	10.78	...
Fe I	419.5329	-0.492	06.19	...	...	...	...	06.92	...
Fe I	419.6209	-0.740	...	05.74	01.96	04.24	...	...	...
Fe I	419.8634	-0.760	...	...	01.47	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	420.0924	-1.000	...	...	01.78	...	...	...	...
Fe I	420.2029	-0.708	...	...	09.03	...	15.14	...	17.03
Fe I	421.0343	-0.870	...	...	...	...	07.68	07.95	...
Fe I	421.3648	-1.290	...	...	...	...	...	03.02	03.45
Fe I	421.6183	-3.356	...	...	01.39	...	...	...	...
Fe I	421.7546	-0.510	...	04.10	02.59	05.32	03.74	04.96	06.00
Fe I	421.9360	0.120	...	07.48	04.80	09.61	...	...	...
Fe I	422.2213	-0.967	05.19	05.77	04.07	10.21	06.80	08.86	...
Fe I	422.4171	-0.410	...	...	03.09	...	...	...	...
Fe I	422.4513	-1.020	...	...	00.88	...	...	...	...
Fe I	422.5956	-1.390	...	...	00.89	...	...	...	...
Fe I	423.3602	-0.604	...	...	05.80	...	...	...	...
Fe I	423.5936	-0.341	...	...	...	...	12.68	11.58	...
Fe I	423.8023	-1.216	...	...	01.63	02.38	...	...	...
Fe I	424.0371	-1.340	...	...	01.17	...	...	...	01.65
Fe I	424.5258	-1.170	...	...	02.58	03.47	...	...	04.27
Fe I	424.6084	-1.110	...	...	00.64	...	...	...	...
Fe I	424.7425	-0.230	...	...	04.43	...	...	...	...
Fe I	424.8224	-1.320	...	02.03	00.84	...	...	...	04.00
Fe I	425.0119	-0.405	...	10.82	07.03	...	...	...	13.73
Fe I	426.0474	-0.020	...	...	09.95	...	14.60	14.76	16.55
Fe I	426.6964	-1.680	...	...	00.86	...	...	...	...
Fe I	426.7826	-1.110	...	...	02.35	...	...	...	...
Fe I	427.1153	-0.349	...	...	07.29	...	...	...	...
Fe I	428.2403	-0.810	...	...	06.34	12.43	...	09.92	11.85
Fe I	428.5442	-1.190	...	...	01.29	02.76	...	...	03.65
Fe I	429.8037	-1.370	...	...	00.99	02.64	...	...	02.98
Fe I	438.3545	0.200	...	...	...	...	...	17.92	...
Fe I	438.8407	-0.590	...	...	01.58	...	04.84	...	...
Fe I	440.4750	-0.142	14.54	...	...	...	17.69	17.29	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	440.8414	-1.710	...	...	01.78	04.43	...	...	05.15
Fe I	441.5122	-0.615	...	...	09.90	...	...	...	04.85
Fe I	443.0614	-1.659	02.84	...	01.75	05.17	03.00	02.73	04.15
Fe I	443.3218	-0.700	...	01.97	01.31	...	...	...	07.21
Fe I	444.2339	-1.255	...	04.46	04.37	...	...	...	...
Fe I	444.6832	-1.330	...	...	00.53	...	...	...	...
Fe I	444.7717	-1.342	05.11	04.95	03.42	08.37	04.90	04.78	06.79
Fe I	445.4381	-1.250	...	...	01.21	...	...	...	...
Fe I	446.6551	-0.590	07.23	08.37	04.88	10.90	10.10	09.35	09.43
Fe I	448.2739	-1.350	...	...	00.52	...	...	...	04.02
Fe I	448.4220	-0.720	...	04.18	01.72	05.78	04.85	03.42	01.91
Fe I	448.5676	-1.020	...	02.71	00.64	02.26	...	...	...
Fe I	448.9739	-3.966	...	...	00.47	...	...	...	...
Fe I	449.0760	-0.990	...	...	00.55	...	...	...	...
Fe I	449.4563	-1.136	04.88	06.62	05.18	11.55	05.98	08.38	...
Fe I	452.5137	-0.340	...	05.17	03.43	...	05.59	...	...
Fe I	452.8614	-0.822	...	...	...	...	10.06	...	...
Fe I	453.1148	-2.155	04.71	02.69	02.15	...	03.36	02.96	...
Fe I	460.2941	-1.950	03.15	03.85	02.02	04.24	04.94	...	...
Fe I	461.1279	-0.670	...	01.78	01.90	03.92	02.53	...	...
Fe I	461.9288	-1.120	...	...	00.88	...	...	...	...
Fe I	462.5045	-1.340	...	01.51	00.90	01.33	...	...	02.46
Fe I	464.3464	-1.290	...	01.85	00.83	01.11	...	...	...
Fe I	464.7434	-1.310	...	02.72	01.54	03.34	...	...	03.10
Fe I	465.4608	-1.077	...	...	...	...	...	03.03	...
Fe I	466.7454	-0.751	...	...	01.51	...	...	...	04.56
Fe I	466.9173	-1.410	...	...	...	...	...	...	02.38
Fe I	467.8846	-0.660	...	03.30	01.56	05.61	05.13	...	05.31
Fe I	469.1412	-1.450	...	03.65	01.75	04.27	...	...	03.30
Fe I	470.7274	-1.080	...	02.77	01.75	05.50	...	01.88	04.97

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	471.0284	-1.612	...	01.41	00.65	...	...	...	...
Fe I	472.7399	-1.162	...	...	...	...	...	...	02.05
Fe I	472.8546	-1.280	...	...	00.62	02.82	...	...	...
Fe I	473.6773	-0.740	03.69	04.77	02.99	09.78	04.55	04.54	...
Fe I	474.1529	-2.000	...	...	00.33	...	...	...	...
Fe I	474.5800	-1.270	...	...	00.70	...	...	...	02.38
Fe I	490.3310	-1.080	...	...	...	...	...	03.31	05.36
Fe I	491.8994	-0.370	...	...	...	...	10.43	08.25	...
Fe I	492.0502	0.060	11.68	13.33	09.75	18.10	04.31	...	14.05
Fe I	493.8174	-1.018	...	...	00.87	01.04	...	...	01.96
Fe I	493.8814	-1.077	...	02.83	02.29	...	...	05.27	...
Fe I	493.9687	-3.340	...	...	00.60	...	...	...	...
Fe I	495.7298	-0.342	...	...	07.01	...	...	...	...
Fe I	496.2572	-1.290	...	00.86	...	...	...	...	...
Fe I	496.6088	-0.890	...	04.72	02.01	07.13	...	...	04.39
Fe I	497.3102	-0.950	...	02.16	...	02.61	...	...	02.74
Fe I	496.9917	-0.710	...	...	00.87	...	...	...	...
Fe I	498.3250	-0.111	...	...	02.26	...	...	...	...
Fe I	498.3853	-0.050	...	...	02.37	...	...	...	...
Fe I	498.8950	-0.890	...	...	...	...	...	01.56	...
Fe I	499.4130	-3.080	...	...	00.88	...	...	...	01.78
Fe I	500.5712	-0.142	...	...	03.12	07.45	...	...	...
Fe I	500.7275	-0.196	...	04.48	02.59	...	03.95	...	06.29
Fe I	501.2068	-2.642	...	05.13	02.54	...	03.22	03.87	...
Fe I	501.4942	-0.250	04.89	03.85	02.86	05.66	...	...	...
Fe I	502.2236	-0.530	...	04.36	...	06.17	...	...	...
Fe I	502.7123	-0.530	...	...	01.73	05.02	...	02.19	03.27
Fe I	502.8126	-1.123	...	...	00.87	02.02	...	...	03.27
Fe I	504.9820	-1.420	...	04.46	02.91	07.09	...	...	05.68
Fe I	505.1635	-2.795	...	...	01.68	...	...	03.39	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	506.5018	-0.147	04.63	03.86	03.19	08.95	05.50	04.12	06.17
Fe I	506.8766	-1.230	...	...	...	...	...	...	03.78
Fe I	507.4748	-0.200	...	04.20	02.54	04.98	06.90	03.67	06.14
Fe I	507.6264	-0.712	...	...	00.76	...	...	...	...
Fe I	507.8975	-0.381	...	...	01.66	...	...	...	...
Fe I	507.9223	-2.067	...	...	00.66	...	...	...	...
Fe I	507.9740	-3.220	...	...	00.59	...	...	...	...
Fe I	510.7641	-2.418	...	03.14	...	...	...	...	...
Fe I	512.1639	-0.810	...	...	00.93	03.28	...	...	02.02
Fe I	512.3720	-3.068	...	...	00.96	...	...	...	...
Fe I	513.3688	0.140	05.47	07.54	04.39	10.17	08.76	05.42	08.25
Fe I	513.7382	-0.400	...	...	...	...	...	...	04.25
Fe I	515.9058	-0.820	...	...	...	02.33	07.31	...	...
Fe I	515.1911	-3.322	...	...	...	...	...	...	01.26
Fe I	515.9058	-0.820	...	...	...	...	...	...	02.09
Fe I	516.2273	0.020	04.66	06.15	03.69	10.86	...	06.30	08.58
Fe I	516.6282	-4.195	...	...	00.40	...	...	...	...
Fe I	517.1596	-1.793	...	04.50	04.23	08.16	...	...	...
Fe I	519.1454	-0.551	...	06.19	05.99	10.53	...	...	10.73
Fe I	519.2344	-0.421	...	...	04.52	08.77	...	...	...
Fe I	519.4941	-2.090	...	...	02.68	...	...	...	...
Fe I	519.6059	-0.524	...	...	01.19	...	...	...	...
Fe I	521.5180	-0.967	...	02.92	...	05.53	02.82	...	04.01
Fe I	521.6274	-2.150	...	...	01.57	02.67	...	...	...
Fe I	521.7389	-1.162	...	...	01.54	02.08	...	...	...
Fe I	523.2940	-0.190	...	11.54	08.80	...	13.91	11.23	13.16
Fe I	523.5387	-0.967	...	...	00.89	...	...	...	...
Fe I	524.2491	-0.840	...	...	01.19	03.82	...	...	...
Fe I	525.0646	-2.050	...	...	01.01	...	...	...	02.38
Fe I	525.3462	-1.670	...	...	...	...	...	...	01.75

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	526.3306	-0.970	...	...	02.08	03.01	...	...	...
Fe I	526.6555	-0.490	...	06.22	05.10	13.46	06.56	06.96	...
Fe I	526.9537	-1.321	...	...	09.18	...	...	...	17.47
Fe I	527.3164	-1.037	...	01.66	...	04.60	...	...	06.49
Fe I	528.3621	-0.630	...	...	04.04	...	...	...	...
Fe I	532.4179	-0.240	06.47	09.05	06.30	14.19	08.44	07.27	10.60
Fe I	533.2900	-2.940	...	...	00.40	...	...	...	...
Fe I	533.9929	-0.680	...	...	02.90	08.64	...	...	...
Fe I	534.1024	-2.060	...	04.78	02.71	07.07	...	...	04.66
Fe I	535.3374	-0.840	...	01.74	00.75	03.66	...	...	03.52
Fe I	536.4871	0.220	04.90	...	03.11	07.56	05.42	04.90	...
Fe I	536.7466	0.350	...	05.43	04.31	12.05	05.41	...	07.73
Fe I	536.9961	0.350	05.97	08.19	03.96	12.81	09.04	05.66	08.19
Fe I	537.1489	-1.645	08.13	11.77	07.08	15.13	09.15	08.57	12.29
Fe I	538.3369	0.500	07.24	09.23	05.91	13.64	09.64	08.52	09.75
Fe I	538.9479	-0.410	02.31	02.96	01.17	03.95	01.93	...	...
Fe I	539.1459	-0.812	...	01.14	...	03.30	01.85	...	02.73
Fe I	539.3167	-0.910	03.70	03.85	02.56	06.63	04.48	05.95	05.57
Fe I	539.7128	-1.993	...	07.48	04.98	11.87	...	...	...
Fe I	539.8274	-0.670	...	...	...	02.85	...	...	02.55
Fe I	540.0501	-0.160	03.33	03.22	02.88	05.96	04.32	02.77	...
Fe I	540.5775	-1.844	07.03	08.09	05.22	12.48	07.09	07.75	...
Fe I	541.0910	0.280	03.91	06.47	03.49	10.38	06.80	04.74	...
Fe I	541.5199	0.500	07.25	08.26	05.07	12.71	07.08	08.39	09.65
Fe I	542.4068	0.520	...	08.57	06.13	11.44	06.84	...	...
Fe I	542.9696	-1.879	...	...	04.84	...	...	...	...
Fe I	543.4524	-2.122	04.69	06.01	03.82	09.76	03.31	04.88	07.91
Fe I	544.5042	-0.020	04.72	04.59	02.84	07.31	05.29	04.47	05.45
Fe I	544.6583	-1.243	...	...	00.48	...	...	...	...
Fe I	544.6916	-1.930	...	...	04.47	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	547.3901	-0.760	...	02.83	...	01.46	01.60	...	...
Fe I	549.7516	-2.849	...	...	...	...	...	01.76	...
Fe I	550.1465	-2.950	...	...	01.21	...	...	...	...
Fe I	550.6779	-2.797	...	...	01.64	...	...	...	...
Fe I	555.4894	-0.440	...	02.58	02.08	...	...	...	03.47
Fe I	556.3600	-0.990	...	...	...	02.55	...	...	01.43
Fe I	556.5704	-0.458	...	02.52	01.39	04.28	...	...	02.88
Fe I	556.9618	-0.540	03.86	04.00	03.04	07.59	04.65	03.79	...
Fe I	557.2842	-0.310	...	06.93	04.15	11.54	05.94	06.07	...
Fe I	557.6089	-1.000	...	03.05	01.66	04.87	01.65	03.78	03.49
Fe I	558.6756	-0.210	05.86	08.28	04.84	12.71	08.28	07.87	09.44
Fe I	561.5644	-0.140	07.64	09.11	05.54	14.40	09.39	08.63	...
Fe I	562.4542	-0.900	02.76	02.70	02.41	06.04	03.86	03.26	03.95
Fe I	563.3946	-0.270	...	01.44	00.85	...	01.83	...	01.53
Fe I	563.8262	-0.870	...	01.05	00.76	02.05	...	...	...
Fe I	565.8816	-0.920	...	...	...	04.19	...	...	...
Fe I	566.2516	-0.573	...	...	01.27	...	...	...	...
Fe I	567.9024	-0.920	...	...	00.46	...	...	...	...
Fe I	568.6530	-0.630	...	01.78	00.57	02.70	...	...	02.11
Fe I	570.5992	-0.530	...	...	...	...	...	...	02.87
Fe I	570.9378	-1.240	...	02.29	01.26	04.20	...	...	03.62
Fe I	571.7833	-1.130	...	...	...	...	...	...	02.19
Fe I	575.3122	-0.760	...	01.43	00.94	...	...	...	01.56
Fe I	576.2992	-0.450	...	03.16	01.89	04.68	03.45	...	03.98
Fe I	577.5081	-1.298	...	...	00.36	...	...	...	...
Fe I	581.6373	-0.680	...	...	00.69	...	...	...	...
Fe I	585.9586	-0.386	01.61	01.71	00.85	02.02	03.02	01.37	02.74
Fe I	586.2357	-0.051	...	02.87	01.39	03.52	02.66	...	...
Fe I	593.0181	-0.230	...	02.51	...	04.09	02.82	...	03.52
Fe I	593.4655	-1.170	...	...	...	01.61	...	...	01.95

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	598.4815	-0.443	...	01.89	...	02.62	...	...	02.24
Fe I	598.7065	-0.654	...	01.46	...	01.85	...	...	01.60
Fe I	602.0169	-0.270	...	02.63	01.84	07.49	03.91	...	03.61
Fe I	602.4058	-0.120	05.73	04.36	02.86	...	...	03.91	05.81
Fe I	602.7051	-1.210	...	...	...	...	...	...	02.13
Fe I	605.6005	-0.460	...	01.20	01.02	...	...	...	01.68
Fe I	607.8491	-0.481	...	...	...	...	01.95	...	...
Fe I	613.6615	-1.400	...	05.12	02.13	05.59	...	...	05.43
Fe I	613.7691	-1.403	...	03.81	02.05	05.52	...	...	...
Fe I	617.0506	-0.440	...	...	00.69	...	...	...	02.40
Fe I	619.1558	-1.600	...	...	02.02	05.22	...	...	05.53
Fe I	621.9281	-2.433	...	...	...	...	...	...	01.48
Fe I	623.0722	-1.281	03.50	03.79	03.06	05.73	02.67	...	05.84
Fe I	623.2640	-1.200	...	...	00.57	01.52	...	...	...
Fe I	624.6318	-0.960	...	...	01.54	04.55	...	...	...
Fe I	625.2555	-1.687	...	03.35	01.33	04.93	...	...	03.61
Fe I	630.1500	-0.672	...	02.47	01.51	03.29	...	...	...
Fe I	633.5330	-2.230	...	01.29	00.96	01.79	...	...	...
Fe I	633.6823	-1.050	...	01.92	00.92	04.21	...	...	02.79
Fe I	639.3600	-1.620	04.12	02.71	01.93	04.45	...	...	03.58
Fe I	640.0000	-0.520	04.99	04.35	02.98	08.50	...	...	...
Fe I	640.8017	-0.970	...	...	01.27	01.90	...	...	02.26
Fe I	641.1648	-0.820	04.21	02.28	02.44	05.92	03.31	...	...
Fe I	641.9949	-0.240	...	02.67	...	03.63	...	...	...
Fe I	642.1350	-2.027	...	02.44	...	02.79	...	...	...
Fe I	643.0845	-2.006	...	01.65	01.65	...	...	...	...
Fe I	649.4980	-1.273	...	...	02.89	06.27	...	...	06.30
Fe I	667.7985	-1.470	...	02.91	01.77	06.44	...	...	03.75
Fe I	741.1153	-0.418	...	02.48	02.59	05.37	...	...	...
Fe I	744.5749	-0.219	...	...	01.53	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe I	749.5066	-0.058	...	04.06	02.01	...	...	...	...
Fe I	751.1019	0.099	06.09	05.69	04.62	09.46	...	...	...
Fe I	783.2196	-0.019	...	...	01.71	04.16	...	...	...
Fe I	799.8944	0.017	...	04.39	...	...	...	...	...
Fe II	408.7284	-4.710	...	...	01.69	...	...	...	...
Fe II	417.8862	-2.480	...	...	...	...	...	...	13.47
Fe II	425.8154	-3.400	...	...	...	...	10.79	08.87	...
Fe II	426.3869	-1.712	...	...	01.16	...	...	...	...
Fe II	427.3326	-3.258	07.24	...	09.63	...	12.06	06.20	09.70
Fe II	427.8159	-3.816	04.47	03.11	05.83	03.59	...	03.54	04.37
Fe II	428.6280	-1.622	...	...	...	...	...	...	01.14
Fe II	429.6572	-3.010	11.50	10.20	...	...	...	12.93	...
Fe II	430.3176	-2.490	...	...	...	...	...	...	16.55
Fe II	438.5387	-2.570	...	11.39	...	13.87	...	12.78	13.35
Fe II	440.2877	-2.721	...	...	01.61	...	...	...	...
Fe II	441.3601	-3.870	05.63	03.17	...	...	...	...	...
Fe II	441.6830	-2.600	...	13.37	...	16.07	...	...	14.68
Fe II	441.8957	-1.839	...	...	00.73	...	...	...	...
Fe II	445.5266	-2.143	...	...	02.30	...	...	...	...
Fe II	447.2929	-3.430	05.60	06.51	07.76	10.25	07.00	04.70	06.60
Fe II	447.4164	-3.139	...	...	00.70	...	...	...	...
Fe II	448.9183	-2.970	09.25	09.55	...	12.31	...	08.70	11.09
Fe II	449.1405	-2.700	10.14	...	...	15.55	14.70	11.83	12.78
Fe II	449.9688	-1.865	...	...	01.02	...	...	...	...
Fe II	450.8288	-2.210	15.56	15.58	...	18.51	15.44	14.31	16.02
Fe II	451.5339	-2.480	12.44	13.51	...	17.32	16.68	14.11	15.46
Fe II	452.0224	-2.600	11.03	13.00	...	15.21	14.53	15.28	14.41
Fe II	452.2634	-2.030	14.01	16.93	...	...	17.35	18.27	19.26
Fe II	454.1524	-3.050	08.44	09.11	...	11.93	11.16	10.24	11.71
Fe II	455.5893	-2.290	...	...	...	...	...	13.51	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe II	457.6340	-3.040	08.62	09.14	...	...	12.78	10.62	...
Fe II	457.9527	-2.508	...	...	01.94	...	...	...	...
Fe II	458.0063	-3.725	...	...	05.56	04.33	...	...	...
Fe II	458.2835	-3.100	...	...	09.75	10.77	...	...	...
Fe II	459.6015	-1.837	...	...	04.19	...	...	...	01.83
Fe II	460.1378	-4.428	...	...	01.78	...	...	...	...
Fe II	462.0521	-3.280	...	06.53	09.22	07.68	07.75	06.87	08.16
Fe II	463.5316	-1.650	03.95	03.44	06.61	07.83	06.43	05.34	05.12
Fe II	466.3708	-4.265	...	02.29	04.63	02.65	...	...	03.29
Fe II	466.6758	-3.330	06.62	...	09.25	...	07.40	06.88	07.57
Fe II	471.3193	-4.932	...	...	01.01	...	...	...	...
Fe II	473.1453	-3.360	...	06.40	...	11.63	12.16	09.67	08.91
Fe II	491.3292	0.012	...	...	01.67	...	...	...	...
Fe II	492.3927	-1.320	20.42	...	...	...	...	20.36	...
Fe II	495.1584	0.175	...	...	01.39	...	...	...	...
Fe II	495.3987	-2.757	...	...	01.43	...	...	...	...
Fe II	497.7035	0.041	...	...	01.45	...	...	...	...
Fe II	499.0509	0.177	...	...	01.65	...	...	...	...
Fe II	499.3358	-3.650	06.18	...	06.54	04.81	07.20	03.85	04.22
Fe II	500.0743	-4.740	...	...	01.71	...	...	...	...
Fe II	500.4195	0.497	01.75	01.77	02.50	01.88	03.82	...	01.31
Fe II	500.6841	-0.427	...	...	00.49	...	...	...	...
Fe II	501.8440	-1.220	20.66	...	...	...	...	...	...
Fe II	503.2712	0.109	...	...	...	...	01.62	...	...
Fe II	503.6920	-4.520	...	...	01.41	...	...	...	...
Fe II	506.1718	0.217	01.48	01.18	01.52	...	01.98	...	01.11
Fe II	508.9214	-0.035	...	...	...	...	02.48	...	...
Fe II	512.0352	-4.214	...	01.24	02.84	01.80	...	...	02.13
Fe II	512.7866	-2.535	...	...	02.50	...	...	...	...
Fe II	513.2669	-4.180	...	...	03.78	...	...	...	01.77

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe II	513.6802	-4.490	...	...	02.40	...	...	...	...
Fe II	514.4355	0.283	01.26	...	...	...	03.50	...	...
Fe II	514.9465	0.396	01.17	...	...	...	...	...	00.98
Fe II	515.0941	-4.452	01.47	...	...	02.60	...	...	...
Fe II	515.7282	-0.312	...	...	00.54	...	...	...	...
Fe II	516.0839	-2.641	01.92	00.80	02.16	01.86	03.62	...	...
Fe II	516.1184	-4.483	...	...	01.28	...	...	...	...
Fe II	516.9033	-0.870	23.89	...	...	...	...	...	...
Fe II	518.0314	0.044	...	01.57	01.11	...	...	...	...
Fe II	521.8842	-0.205	...	...	00.56	...	...	...	...
Fe II	523.4625	-2.050	...	15.03	...	18.23	15.56	15.51	16.98
Fe II	525.1233	0.507	03.40	...	01.76	...	...	...	...
Fe II	525.4929	-3.227	07.80	04.78	08.53	08.84	09.31	07.81	07.30
Fe II	525.6938	-4.250	01.74	01.49	04.05	...	04.09	02.06	...
Fe II	526.0259	1.069	...	...	...	04.63	...	04.52	02.80
Fe II	526.4812	-3.190	...	...	08.69	04.95	...	...	...
Fe II	527.2397	-2.030	...	...	03.96	01.73	...	...	03.69
Fe II	527.6002	-1.940	...	15.50	...	19.55	...	...	18.89
Fe II	527.8207	-1.558	...	...	00.60	...	...	...	...
Fe II	527.8938	-2.408	...	01.26	01.58	...	...	...	01.63
Fe II	528.4109	-3.190	...	...	10.23	...	...	...	...
Fe II	529.1666	0.575	01.72	...	...	...	...	...	...
Fe II	531.5563	-1.457	...	...	00.53	...	...	...	...
Fe II	536.2869	-2.739	11.00	11.25	...	...	15.00	12.80	14.43
Fe II	538.7063	0.518	01.45	...	01.73	...	02.96	...	00.83
Fe II	539.5857	0.358	...	...	01.19	...	...	...	...
Fe II	540.8811	-2.393	...	...	...	01.98	...	...	...
Fe II	541.1375	-0.435	...	...	00.35	...	...	...	...
Fe II	541.4073	-3.790	03.07	04.64	04.95	05.82	...	...	04.21
Fe II	542.5257	-3.360	04.74	04.50	07.46	...	...	...	06.01

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe II	542.7826	-1.664	04.21	01.40	02.41	03.34	04.86	01.48	01.17
Fe II	543.2967	-3.629	03.97	03.94	06.01	05.18	05.49	03.83	04.39
Fe II	553.4847	-2.930	...	...	...	...	11.49	...	...
Fe II	543.9707	-2.309	...	...	00.60	...	...	...	...
Fe II	544.5807	-0.106	...	...	00.49	...	...	...	...
Fe II	546.6908	-1.885	...	...	01.72	...	...	...	...
Fe II	550.6195	0.950	...	03.02	...	...	...	...	...
Fe II	550.7072	-0.325	...	...	00.50	...	...	...	...
Fe II	552.5125	-4.609	...	...	...	...	...	...	01.59
Fe II	552.9053	-0.250	...	...	00.53	...	...	...	...
Fe II	552.9932	-1.875	...	00.77	01.55	...	...	00.85	01.05
Fe II	553.2088	-0.327	...	...	00.51	...	...	...	...
Fe II	553.4847	-2.930	10.00	08.43	...	...	...	10.20	10.09
Fe II	556.7842	-1.887	...	...	...	01.08	02.08	...	...
Fe II	564.3880	-1.458	...	...	...	01.60	...	...	...
Fe II	559.1368	-4.685	...	...	01.12	...	...	...	...
Fe II	562.7497	-4.360	...	01.10	01.94	...	...	...	...
Fe II	564.8904	-0.242	...	...	00.50	...	...	...	...
Fe II	573.2724	-4.667	...	...	00.47	...	...	...	...
Fe II	578.3630	0.206	...	...	00.80	...	...	...	...
Fe II	583.5492	-2.372	...	...	...	01.99	04.15	...	...
Fe II	595.2510	-2.032	...	...	...	03.54	...	...	...
Fe II	599.1376	-3.557	...	03.52	...	05.42	...	...	05.23
Fe II	608.4111	-3.808	03.26	01.79	04.05	03.73	03.86	02.90	02.63
Fe II	611.3322	-4.158	...	...	02.47	...	...	...	...
Fe II	614.7741	-2.721	06.70	06.57	08.28	08.70	07.96	05.69	06.88
Fe II	614.9258	-2.724	05.57	04.81	08.73	07.85	06.96	05.12	06.22
Fe II	615.0098	-4.754	...	...	00.73	...	...	...	...
Fe II	617.5146	-1.983	01.58	...	02.12	03.69	...	...	...
Fe II	622.9349	-4.824	...	...	00.62	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Fe II	623.3534	-2.939	...	...	00.98	...	...	05.47	...
Fe II	623.8392	-2.630	07.05	...	08.76	07.86	07.87	...	07.58
Fe II	623.9366	-4.538	...	...	01.54	02.78	...	...	...
Fe II	623.9953	-3.439	02.90	03.22	03.48	01.49	04.10	...	...
Fe II	624.7557	-2.329	...	...	...	...	12.61	...	...
Fe II	624.8898	-2.696	...	...	01.86	...	...	09.68	01.68
Fe II	629.1830	0.303	...	...	00.52	...	...	...	...
Fe II	630.5296	-2.039	...	...	01.97	...	...	...	...
Fe II	631.7394	-2.158	...	...	01.39	...	...	...	...
Fe II	631.7983	-1.990	03.65	...	04.99	06.46	05.94	...	04.26
Fe II	633.1954	-1.977	01.70	...	01.98	...	...	...	01.17
Fe II	636.9462	-4.253	...	01.46	03.38	...	...	...	01.73
Fe II	638.3722	-2.271	...	...	02.99	02.62	03.81	...	02.48
Fe II	638.5451	-2.618	...	...	02.06	01.69	...	...	01.48
Fe II	640.7251	-3.699	...	...	02.25	...	...	...	01.84
Fe II	641.6919	-2.740	06.90	04.77	07.20	07.13	07.56	05.43	06.42
Fe II	644.6410	-2.073	...	...	01.86	02.56	...	...	...
Fe II	648.2204	-2.268	...	...	02.47	...	...	...	02.81
Fe II	650.6333	-3.111	...	...	01.26	...	...	...	...
Fe II	651.6080	-3.450	...	05.48	...	08.69	...	...	05.90
Fe II	730.8073	-3.017	...	...	06.02	...	...	...	...
Fe II	744.9335	-3.308	...	02.24	04.09	...	...	...	...
Fe II	746.2407	-2.734	05.63	04.88	07.94	...	...	...	07.41
Fe II	747.9693	-3.588	...	...	02.06	...	...	...	...
Fe II	749.5619	-0.094	...	...	00.83	...	...	...	...
Fe II	751.5831	-3.432	...	...	02.76	...	...	...	...
Fe II	771.1723	-2.543	...	06.28	09.02	12.09	...	...	08.45
Co II	416.0673	-1.828	...	...	01.94	...	...	...	...
Ni I	429.5881	-0.480	...	...	...	...	...	...	01.80
Ni I	440.1538	0.040	...	...	02.27	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Ni I	446.2449	-0.550	...	...	00.46	...	...	...	...
Ni I	454.6920	-0.271	...	...	...	02.25	...	...	...
Ni I	460.4982	-0.250	...	...	00.71	04.58	...	03.65	...
Ni I	460.6219	-1.000	...	...	...	01.34	...	...	...
Ni I	468.6207	-0.580	...	...	00.32	03.55	...	...	...
Ni I	471.4408	0.260	02.59	04.61	02.31	11.37	05.94	06.00	06.99
Ni I	471.5757	-0.320	...	01.56	00.61	03.84	...	02.08	03.73
Ni I	475.6510	-0.270	...	02.24	00.78	...	...	...	04.09
Ni I	478.6531	-0.160	...	04.87	01.23	...	...	...	07.24
Ni I	490.4407	-0.170	...	...	...	...	...	01.77	03.98
Ni I	491.8362	-0.240	...	...	00.51	...	...	...	...
Ni I	493.7341	-0.390	...	...	...	03.12	...	...	02.42
Ni I	498.0166	0.070	...	...	01.20	07.50	03.86	...	...
Ni I	501.7568	-0.020	...	...	01.43	...	...	...	...
Ni I	503.5357	0.290	...	...	01.37	...	...	...	...
Ni I	508.0528	0.330	...	...	01.68	...	...	...	...
Ni I	508.1107	0.300	...	...	01.45	...	...	...	...
Ni I	508.4089	0.030	...	...	01.07	04.46	...	...	...
Ni I	509.9927	-0.100	...	...	00.76	...	...	...	...
Ni I	511.5389	-0.110	...	01.79	...	04.32	03.00	01.91	03.21
Ni I	515.5762	-0.090	...	01.43	00.64	02.60	01.90	...	02.57
Ni I	547.6900	-0.890	...	...	02.93	...	...	...	...
Ni I	571.5066	-0.352	...	...	00.41	02.78	...	...	01.56
Ni I	608.6276	-0.530	...	...	...	...	...	00.83	...
Ni I	712.2191	0.040	...	...	01.13	05.37	...	...	...
Ni II	419.2065	-3.055	...	...	01.70	...	...	...	...
Ni II	424.4779	-3.109	...	...	01.46	...	...	...	...
Ni II	542.4572	-1.988	...	...	00.37	...	...	...	...
Cu I	510.5537	-1.516	...	...	...	00.84	...	...	01.53
Cu I	521.8197	0.476	...	...	00.90	...	...	...	01.13

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Zn I	468.0134	-0.815	...	...	00.44	...	...	...	02.70
Zn I	472.2153	-0.338	01.78	04.03	00.90	04.57	...	...	...
Zn I	481.0528	-0.137	...	05.19	...	05.26	04.59	03.04	04.85
Sr II	407.7709	0.167	14.97	22.71	15.77	...	...	...	...
Sr II	421.5519	-0.145	14.82	20.70	12.86	25.20	21.33	23.74	25.95
Y II	439.8013	-1.000	...	...	...	...	...	...	08.81
Y II	488.3684	0.070	...	...	...	...	...	...	12.46
Y II	490.0120	-0.090	...	...	...	...	09.31	...	...
Y II	508.7416	-0.170	04.88	04.30	03.95	11.49	08.69	...	10.42
Y II	511.9112	-1.360	...	...	...	...	...	...	01.84
Y II	512.3211	-0.830	...	...	01.66	06.37	04.39	...	04.29
Y II	520.0406	-0.570	...	02.92	...	07.07	...	...	...
Y II	540.2774	-0.510	...	...	00.98	03.06	...	...	03.31
Y II	547.3388	-1.020	...	...	00.49	...	...	...	...
Y II	550.9895	-1.010	...	...	...	03.55	...	...	03.51
Y II	566.2925	0.160	...	...	03.01	...	...	...	...
Zr II	405.0316	-1.000	...	...	01.36	...	...	...	...
Zr II	409.0535	-1.009	...	...	01.06	...	...	...	...
Zr II	414.9217	-0.030	07.81	...	...	...	...	...	...
Zr II	415.0986	-0.992	...	02.81	...	05.06	...	...	...
Zr II	416.1213	-0.720	...	...	03.55	...	...	...	...
Zr II	420.8977	-0.460	...	...	03.50	...	...	08.49	...
Zr II	421.1907	-1.083	...	...	02.71	04.73	03.99	03.64	05.71
Zr II	437.9742	-0.356	...	...	...	10.19	...	...	...
Zr II	440.3349	-1.203	...	...	00.45	...	...	...	01.56
Zr II	441.4539	-1.171	...	...	00.74	...	...	...	...
Zr II	444.0452	-1.127	...	...	01.20	...	...	...	02.26
Zr II	449.6980	-0.860	...	02.40	...	...	04.69	...	...
Zr II	511.2297	-0.590	...	...	...	...	03.90	...	...
Ba II	493.4076	-0.150	...	...	...	...	...	13.79	...

Atomik türü	Dalgaboyu (nm)	log gf	Eşdeğer genişlik						
			HD2924	HD4321	HD26553	HD125658	HD137928	HD154713	HD159834
Ba II	585.3668	-1.000	...	05.01	...	...	04.08	03.63	09.75
Ba II	614.1713	-0.076	05.79	13.75	...	...	13.02	12.09	19.00
Ba II	649.6897	-0.377	...	10.91	...	...	...	...	...
La II	404.2901	0.270	...	...	...	02.73	...	...	07.10
La II	412.3218	0.120	...	...	01.09	...	...	...	...
La II	442.9905	-0.490	...	02.74	...	...	...	...	...
La II	492.1776	-0.680	...	...	00.59	...	...	...	...
Ce II	418.6594	0.813	...	...	00.86	...	...	...	...
Ce II	424.8671	0.109	...	...	...	...	...	...	01.38
Ce II	446.0207	0.171	...	...	...	...	...	...	03.20
Ce II	456.2359	0.081	...	00.41	...	01.65	...	...	03.38
Ce II	462.8161	0.008	...	...	...	...	...	...	04.37
Nd II	503.3507	-0.230	...	00.51	...	...	...	...	...
Nd II	531.9815	-0.210	...	00.56	...	...	...	...	...
Sm II	446.7341	-0.300	...	...	...	...	...	...	01.75
Sm II	471.9841	-1.820	...	00.29	...	...	...	...	...
Eu II	412.9725	0.204	...	...	...	...	...	...	04.07
Gd II	448.3329	-0.662	...	00.72	...	...	...	...	...

EK 2 Diğer yıldızların çizgi listesi

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
C I	402.2844	-2.650	...	...	...	...	...	...	...	01.26	...	...
C I	402.9413	-2.190	...	...	05.44	...	...	...	...	...	...	...
C I	422.8326	-2.794	...	...	...	...	...	...	...	...	02.02	...
C I	473.4260	-2.090	...	...	...	03.77	...	...	...	...	...	...
C I	477.0027	-2.722	...	...	01.21	...	...	...	...	...	01.76	...
C I	477.1742	-2.120	...	...	03.62	05.87	...	...	...	...	...	07.20
C I	477.5897	-2.163	...	...	02.66	...	...	01.20	...	02.10	...	...
C I	478.3798	-2.560	...	...	...	...	...	...	...	...	00.85	...
C I	481.7373	-3.203	...	...	...	...	...	...	...	...	00.64	...
C I	493.2049	-1.884	...	...	04.94	06.50	03.81	01.89	...	06.03	06.63	04.57
C I	501.7086	-2.500	...	...	...	...	...	00.49	...	01.15	...	...
C I	502.4916	-2.700	...	...	...	...	...	...	03.14	...	...	...
C I	502.3849	-2.400	...	...	...	...	...	...	...	01.36	...	...
C I	503.9057	-2.000	...	...	02.20	03.59	...	...	...	...	05.38	03.96
C I	504.0134	-2.500	...	...	...	...	...	...	...	01.71	01.49	...
C I	505.2167	-1.648	03.28	...	06.22	07.72	02.90	04.24	...	...	11.28	07.79
C I	530.2870	-1.840	...	...	...	01.19	...	...	...	...	...	...
C I	538.0337	-1.842	...	...	03.70	...	...	02.27	...	...	07.55	...
C I	569.3109	-1.850	...	...	...	...	...	...	...	...	02.40	...
C I	571.0681	-2.710	...	...	00.36	...	...	...	...	...	...	...
C I	579.3120	-2.157	...	...	02.02	...	...	00.43	...	03.37	...	...
C I	579.4473	-2.900	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
C I	580.0602	-2.440	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
C I	600.1121	-2.070	...	...	...	...	...	...	...	00.89	00.96	...
C I	600.7175	-2.180	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
C I	601.0675	-2.020	...	...	00.39	...	...	...	...	...	...	...
C I	601.2230	-2.300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
C I	601.3166	-1.370	02.01	...	03.53	...	...	...	...	03.67	04.05	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log gf	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
CI	601.4830	-1.710	...	...	01.32	...	...	...	...	01.33	01.36	...
CI	601.6449	-1.820	...	...	00.92	...	...	00.60	...	02.08	02.28	...
CI	634.2317	-1.880	...	...	...	...	...	...	...	00.53	...	...
CI	639.7965	-1.890	...	...	00.94	...	...	...	...	...	...	...
CI	665.5517	-1.370	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
CI	666.3044	-1.800	...	...	...	...	...	...	...	01.34	...	...
CI	667.1845	-1.660	...	...	...	...	...	00.68	...	01.04	02.94	...
CI	682.8115	-1.280	...	...	...	...	...	...	...	02.85	04.34	...
CI	710.0124	-1.600	...	...	...	...	...	...	...	...	03.09	...
CI	710.8934	-1.680	...	...	...	...	...	...	...	...	02.81	...
CI	711.1472	-0.810	...	...	...	...	...	...	...	...	06.32	...
CI	711.6991	-0.910	...	...	03.88	...	...	...	...	06.72	07.06	...
CI	711.5172	-0.710	...	...	...	...	...	...	...	...	07.99	...
CI	711.9656	-1.220	...	...	01.81	...	...	...	...	...	07.31	...
CI	786.0882	-0.730	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
CI	906.1436	-0.335	...	...	...	...	...	18.67	...	...	...	...
CI	907.8288	-0.557	...	...	17.80	...	...	...	...	...	...	...
NI	648.2699	-0.590	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
NI	672.2610	-0.980	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
NI	744.2298	-0.454	...	...	...	...	...	...	...	05.16	01.93	...
NI	746.8312	-0.270	...	...	03.98	...	...	...	...	...	04.27	...
NI	856.7735	-0.700	...	...	...	...	...	...	...	04.04	...	...
NI	868.3403	-0.045	...	...	...	...	...	...	...	13.89	...	...
NI	868.6149	-0.448	...	04.13	09.18	...	...	...	...	...	05.70	...
NI	870.3247	-0.412	...	...	...	...	...	...	...	07.99	03.45	...
NI	871.8837	-0.433	...	...	...	...	...	...	...	09.74	...	...
NI	918.7453	0.260	...	01.59	...	...	...	...	...	...	...	...
NI	939.2793	0.237	...	...	07.98	...	...	...	...	...	...	...
OI	532.9690	-1.410	...	...	...	...	...	01.32	01.25	01.72	...	...
OI	533.0741	-1.120	...	...	02.64	...	...	01.52	01.05	03.31	...	...

[illegible]

[illegible]

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Si I	612.5021	-0.930	...	00.97	...	...	...	00.85	...	01.19	...	...
Si I	613.1573	-1.200	...	...	...	...	...	...	...	...	01.38	...
Si I	614.5016	-0.820	...	...	...	...	...	00.70	...	01.82	...	...
Si I	623.7319	-0.530	...	...	...	...	...	01.10	...	...	...	...
Si I	625.4188	-0.600	...	...	...	...	...	01.28	...	04.00	05.12	...
Si I	641.4980	-1.100	...	...	...	...	...	...	...	01.06	...	...
Si I	703.4901	-0.880	...	...	...	...	...	...	...	01.07	02.22	...
Si I	740.5772	-0.820	...	...	...	...	...	...	...	...	05.44	...
Si I	740.9083	-0.880	...	...	...	...	...	...	...	01.13	...	...
Si I	742.3496	-0.314	...	...	...	...	...	...	...	04.04	09.68	...
Si I	794.4001	-0.310	...	00.81	...	...	...	...	...	...	...	...
Si I	872.8010	-0.610	...	...	...	...	...	...	...	02.14	05.63	...
Si I	874.2446	-0.630	...	...	...	...	...	...	...	04.35	...	...
Si I	889.2720	-0.830	...	...	...	...	...	...	...	03.37	...	...
Si II	412.8054	0.316	...	...	...	...	...	11.07	...	...	...	...
Si II	413.0894	0.476	...	...	11.16	15.53	...	09.29	...	13.35	...	...
Si II	504.1024	0.291	...	...	...	07.87	...	06.38	02.06	...	...	...
Si II	505.5984	0.593	...	09.79	08.31	13.64	...	10.72	04.48	10.74	08.65	...
Si II	505.3617	-0.359	...	...	...	...	...	02.72	...	...	01.58	...
Si II	595.7559	-0.301	04.61	03.86	03.85	...	...	02.49	01.69	...	...	...
Si II	597.8930	0.004	05.95	04.90	03.84	...	07.07	04.80	...	...	...	06.27
Si II	634.7109	0.297	...	19.27	17.76	...	18.68	...	...	20.15	17.13	...
Si II	637.1371	-0.003	20.94	14.55	15.78	15.89	16.64	15.72	03.36	...	15.23	19.04
S I	469.4113	-1.770	...	00.49	...	...	...	...	...	01.89	...	...
S I	469.5443	-1.920	...	...	...	...	...	...	...	01.41	01.05	...
S I	605.2674	-0.740	...	01.25	02.50	...	...	01.33	...	03.08	03.02	...
S I	604.6027	-1.030	...	...	...	...	...	01.51	...	...	...	...
S I	617.3584	-1.370	...	...	...	...	...	...	...	...	01.28	...
S I	641.5522	-1.360	...	...	02.03	...	...	...	...	...	...	...
S I	674.3531	-0.920	...	...	...	...	...	...	...	02.99	02.73	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log gf	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
S I	674.8837	-0.600	...	01.71	04.36	...	...	01.12	...	04.57	04.82	...
S I	675.7171	-0.310	03.67	02.37	03.97	...	...	03.88	...	05.68	05.53	04.96
S I	768.6160	-1.030	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S I	869.4626	0.080	...	...	09.04	...	...	...	...	09.13	...	...
S I	887.4423	-0.050	...	...	...	...	...	...	...	...	05.89	...
S I	964.9571	0.350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S I	923.7538	0.040	...	...	...	...	...	...	07.24	...	...	...
S I	852.1441	-0.319	...	...	...	...	...	...	...	...	04.37	...
K I	769.8974	-0.170	...	...	...	...	...	...	...	06.09	10.14	...
Ca I	422.6728	0.243	...	...	17.23	...	...	14.38	...	...	...	...
Ca I	428.3011	-0.224	...	1.77	...	...	...	03.43	...	07.11	...	...
Ca I	428.9367	-0.303	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ca I	430.2528	0.275	...	02.34	...	...	...	07.13	...	...	...	...
Ca I	442.5437	-0.385	...	01.11	...	...	...	...	...	06.12	08.17	...
Ca I	443.4957	-0.029	04.10	02.34	...	...	...	04.32	...	09.95	...	...
Ca I	443.5679	-0.500	...	00.72	04.37	...	...	02.05	...	05.29	...	...
Ca I	445.4779	0.252	07.74	03.47	...	...	06.96	05.72	...	...	...	...
Ca I	445.5887	-0.510	...	00.85	04.72	...	...	...	...	...	06.03	...
Ca I	452.6928	-0.430	...	...	...	...	...	...	...	...	05.05	...
Ca I	457.8551	-0.560	...	...	...	...	...	00.59	...	02.25	03.91	...
Ca I	458.1395	-0.337	...	...	02.41	...	...	01.79	...	...	06.32	...
Ca I	458.5865	-0.186	...	...	...	...	...	01.43	...	...	05.73	...
Ca I	468.5268	-0.880	...	...	...	...	...	...	...	01.41	...	...
Ca I	526.4237	-0.720	...	...	...	...	...	...	...	02.89	...	...
Ca I	526.5556	-0.260	...	00.68	03.01	...	...	01.89	...	04.87	07.29	...
Ca I	551.2980	-0.290	...	...	...	...	...	00.70	...	02.37	03.18	02.10
Ca I	558.1965	-0.710	...	...	01.89	...	...	00.99	...	03.03	04.06	...
Ca I	558.8749	0.210	04.03	01.97	06.16	06.14	02.94	03.70	...	08.89	11.41	07.33
Ca I	559.0114	-0.710	...	...	02.00	...	...	01.04	...	02.99	03.92	...
Ca I	559.4462	-0.050	...	...	05.53	...	02.99	03.64	...	09.25	...	06.49

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Ca I	559.8480	-0.220	...	...	03.06	02.63	02.81	02.80	...	07.48	07.36	...
Ca I	560.1277	-0.690	...	...	...	...	...	...	...	02.66	06.01	...
Ca I	585.7451	0.230	03.08	01.21	...	...	...	03.71	...	07.26	...	05.14
Ca I	560.1277	-0.690	...	...	01.37	...	...	...	...	...	...	...
Ca I	585.7451	0.230	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ca I	612.2217	-0.409	...	...	06.79	...	04.68	03.50	...	09.93	...	08.29
Ca I	616.2173	0.100	03.88	02.52	08.53	05.94	...	04.32	...	11.76	11.89	08.67
Ca I	616.3755	-1.020	...	...	...	...	...	...	...	...	03.20	...
Ca I	616.6439	-0.900	...	...	...	...	...	...	...	01.42	...	...
Ca I	616.9563	-0.270	...	...	...	...	...	...	...	05.25	08.03	...
Ca I	643.9075	0.470	...	02.34	08.94	...	...	03.85	...	12.01	12.17	...
Ca I	644.9808	-0.550	...	...	...	...	...	...	...	02.95	04.16	...
Ca I	646.2567	0.310	05.15	01.55	07.47	03.95	...	03.61	...	09.84	12.80	10.33
Ca I	647.1662	-0.590	...	...	...	...	...	00.97	...	02.66	06.66	...
Ca I	649.3781	0.140	...	...	06.12	...	...	01.90	...	...	...	...
Ca I	649.9650	-0.590	...	...	...	...	...	...	...	02.68	03.38	...
Ca I	714.8150	0.208	...	...	05.63	...	...	...	...	06.61	09.50	...
Ca II	500.1479	-0.517	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ca II	501.9971	-0.257	09.49	03.56	08.89	...	...	05.23	...	10.36	...	...
Ca II	502.1138	-1.217	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ca II	530.7224	-0.853	...	01.27	02.19	...	...	03.02	00.57	05.85	02.66	...
Ca II	824.8796	0.621	...	...	...	...	...	17.79	...	...	21.45	...
Ca II	891.2068	0.575	...	15.28	...	...	...	...	...	...	...	...
Sc II	424.6822	0.320	14.98	07.35	...	14.67	07.60	11.91	...	...	17.19	...
Sc II	429.4767	-1.280	...	...	03.44	...	...	01.37	...	07.63	...	...
Sc II	437.4457	-0.440	...	...	...	07.87	...	...	...	...	...	...
Sc II	440.0389	-0.510	...	...	08.46	...	...	05.45	...	13.66	...	...
Sc II	441.5557	-0.640	...	01.12	...	...	...	...	...	...	...	...
Sc II	443.1352	-1.880	...	...	...	...	...	...	...	03.48	...	...
Sc II	467.0407	-0.370	...	00.91	08.98	05.26	01.54	...	21.82	09.59	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Sc II	503.1021	-0.260	06.21	...	07.96	05.44	...	02.76	...	11.25	09.92	08.24
Sc II	523.9813	-0.770	...	...	03.31	...	...	01.61	...	07.68	05.67	...
Sc II	535.7199	-2.210	...	...	...	...	...	...	...	00.71	...	...
Sc II	552.6790	0.130	04.34	01.55	08.86	05.94	01.83	04.72	...	15.47	10.06	...
Sc II	564.1001	-1.040	...	...	02.17	...	...	00.79	...	05.11	03.79	03.53
Sc II	565.7896	-0.500	...	...	07.09	04.03	...	02.35	...	...	...	...
Sc II	566.7149	-1.240	...	...	01.75	...	...	...	...	04.99	...	...
Sc II	568.4202	-1.050	...	...	02.62	...	...	...	...	07.78	...	...
Sc II	624.5637	-0.980	...	...	...	06.81	...	...	...	04.29	...	...
Sc II	632.0851	-1.770	...	...	...	...	...	...	...	...	00.71	...
Ti I	453.3241	0.476	...	00.68	...	...	...	01.88	...	...	04.84	...
Ti I	453.4776	0.280	...	...	...	...	...	00.76	...	...	...	...
Ti I	498.1731	0.504	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti I	499.9503	0.250	...	...	...	...	...	...	...	...	04.71	...
Ti I	501.4276	0.110	...	...	...	...	...	00.56	...	...	...	...
Ti I	517.3743	-1.118	...	...	...	...	...	...	...	...	00.73	...
Ti I	519.2969	-1.006	...	...	...	...	00.83	...	...	...	...	...
Ti II	401.2385	-1.610	...	10.81	...	12.04	...	...	...	...	...	...
Ti II	402.5131	-1.980	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	402.8343	-1.000	...	...	13.45	...	...	08.96	...	...	11.46	...
Ti II	405.3834	-1.210	...	...	...	10.25	...	06.70	...	...	...	...
Ti II	405.6189	-2.678	...	...	...	...	...	...	...	05.67	...	...
Ti II	416.3645	-0.400	11.54	08.91	11.80	...	13.45	12.64	...	...	13.51	12.73
Ti II	417.1910	-0.560	...	07.78	...	...	...	11.95	04.39	...	...	...
Ti II	418.4303	-1.858	...	...	...	...	...	07.99	...	...	...	...
Ti II	427.7537	-0.825	...	...	...	...	...	00.64	...	...	...	...
Ti II	428.7872	-2.020	...	04.83	08.02	...	07.21	09.18	...	10.66	...	08.70
Ti II	429.0219	-1.120	...	...	15.26	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	429.4099	-1.110	...	...	...	14.98	...	13.57	...	...	...	...
Ti II	430.0049	-0.770	...	13.93	17.16	...	...	...	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Ti II	430.1914	-1.160	...	09.84	14.72	...	...	12.94	...	...	...	...
Ti II	431.2864	-1.160	...	...	...	...	...	12.86	...	...	...	...
Ti II	438.6844	-1.260	06.38	04.72	06.81	07.67	06.26	06.60	...	...	...	08.72
Ti II	439.1031	-2.750	...	...	02.46	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	439.4051	-1.590	...	...	11.04	...	...	07.01	...	13.90	...	...
Ti II	439.5033	-0.660	16.79	14.27	...	15.65	...	...	...	...	...	...
Ti II	439.9772	-1.270	10.81	...	11.99	...	...	...	...	...	12.25	...
Ti II	440.7678	-2.470	...	...	...	...	...	...	...	06.27	05.88	...
Ti II	440.9516	-2.569	...	01.14	03.54	...	...	...	...	...	06.10	...
Ti II	441.1074	-1.060	...	03.53	06.02	...	05.62	...	...	...	06.32	...
Ti II	441.1925	-2.406	...	...	04.04	...	...	02.26	...	05.93	...	...
Ti II	441.7719	-1.430	...	08.45	12.22	...	...	11.36	...	15.35	12.03	...
Ti II	441.8330	-2.460	...	03.13	05.42	...	...	04.20	...	...	04.84	...
Ti II	442.1938	-1.770	...	02.59	08.17	...	06.08	02.46	...	08.77	05.26	...
Ti II	442.3239	-2.672	...	...	...	...	...	...	...	03.06	03.89	...
Ti II	444.1734	-2.410	...	02.21	04.86	...	...	04.15	...	...	05.04	...
Ti II	444.3794	-0.700	...	12.77	17.06	15.65	...	15.40	...	...	16.57	...
Ti II	444.4558	-2.030	...	...	08.35	...	...	04.73	...	12.17	06.49	...
Ti II	445.0482	-1.450	09.70	...	13.14	10.48	...	09.72	...	...	...	12.35
Ti II	445.6648	-1.408	...	...	...	...	...	...	...	03.69	02.90	...
Ti II	446.4450	-2.080	07.35	04.50	08.38	10.16	07.74	08.57	...	...	...	...
Ti II	446.8507	-0.600	...	...	17.51	...	...	16.72	06.89	...	18.80	...
Ti II	447.0857	-2.280	...	...	...	04.84	06.69	03.12	...	...	05.80	...
Ti II	448.8331	-0.820	...	05.25	08.15	...	06.09	07.16	...	...	...	...
Ti II	449.3513	-2.730	...	...	03.91	...	...	02.02	...	04.57	03.32	...
Ti II	449.5455	-3.544	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	450.0353	-3.093	...	...	...	...	...	...	...	02.17	...	...
Ti II	450.1273	-0.750	15.29	12.87	17.29	16.68	...	16.69	...	...	18.22	18.22
Ti II	451.8331	-2.555	...	01.51	04.36	...	...	03.18	...	08.98	05.33	03.55
Ti II	452.9474	-2.030	...	04.47	...	...	05.94	06.44	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Ti II	453.3969	-0.770	...	...	...	...	...	14.68	05.17	...	...	...
Ti II	454.4028	-2.400	...	...	...	...	...	02.56	04.72	06.45	...	...
Ti II	456.3761	-0.960	16.33	11.82	...	...	...	15.14	...	...	...	16.62
Ti II	456.8314	-2.650	...	...	...	...	...	...	...	04.48	04.68	...
Ti II	457.1968	-0.530	...	14.37	18.13	...	17.38	...	...	...	...	17.79
Ti II	456.3761	-0.960	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	476.3881	-2.447	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	458.0446	-2.790	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	458.9958	-1.790	...	05.42	09.80	10.29	07.60	07.93	...	11.05	...	...
Ti II	460.9264	-3.260	...	...	...	...	...	...	...	02.15	...	...
Ti II	463.6320	-2.855	...	...	...	...	...	...	...	02.91	...	...
Ti II	465.5773	-3.014	...	...	...	...	...	...	...	...	02.00	...
Ti II	470.8665	-2.210	...	...	...	...	...	...	...	07.49	07.04	...
Ti II	471.9515	-3.220	...	...	...	...	...	...	...	01.79	01.25	...
Ti II	476.3881	-2.447	...	...	...	...	...	03.69	...	08.14	07.60	...
Ti II	476.4526	-2.770	...	...	...	...	...	02.75	...	06.27	...	...
Ti II	477.9985	-1.370	...	...	...	...	...	06.30	02.34	..	10.77	10.63
Ti II	479.8521	-2.430	...	...	...	...	...	02.21	...	08.06	04.97	03.96
Ti II	480.5085	-1.100	...	...	...	...	...	09.28	02.51	...	...	12.59
Ti II	458.3409	-2.720	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	460.9264	-3.260	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	463.6320	-2.855	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	470.8665	-2.210	...	...	07.03	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	471.9515	-3.220	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	476.3881	-2.447	...	02.00	04.31	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	476.4526	-2.770	...	...	02.79	01.54	...	...	...	...	...	...
Ti II	477.9985	-1.370	07.59	06.37	08.84	09.36	06.65	...	...	...	...	...
Ti II	479.2432	-3.328	...	...	00.89	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	479.8521	-2.430	...	...	05.19	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	480.5085	-1.100	09.96	06.99	11.58	11.45	09.27	...	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Ti II	498.1355	-3.160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	499.6367	-2.915	...	...	...	...	...	...	...	01.81	...	...
Ti II	500.5157	-2.550	...	...	...	...	...	...	...	02.85	...	...
Ti II	501.0212	-1.336	03.80	01.68	...	...	...	03.27	...	04.75	03.12	...
Ti II	501.3330	-2.063	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	501.3677	-1.935	...	...	...	...	...	...	...	07.02	...	...
Ti II	503.7790	-3.504	...	...	...	...	...	00.33	...	...	...	...
Ti II	507.2281	-0.750	...	...	...	...	...	...	...	09.72	06.46	...
Ti II	521.1536	-1.356	...	...	...	...	...	...	...	07.53	04.00	...
Ti II	512.9152	-1.390	06.90	04.83	09.02	08.13	08.77	08.63	...	...	...	08.59
Ti II	515.4070	-1.920	...	...	07.09	07.33	...	05.81	...	...	07.23	...
Ti II	518.5913	-1.350	05.83	...	10.17	...	06.84	...	...	...	09.16	08.17
Ti II	518.8680	-1.210	...	...	10.99	14.17	10.94	...	...	...	...	...
Ti II	521.1536	-1.356	...	...	05.73	...	...	03.03	...	...	...	05.15
Ti II	522.6543	-1.300	...	...	...	...	...	10.85	...	...	...	...
Ti II	525.2019	-2.502	...	...	...	...	...	...	...	01.51	00.61	...
Ti II	526.2137	-2.106	...	...	06.03	04.73	...	...	...	08.31	...	...
Ti II	526.8615	-1.620	...	...	...	...	...	03.10	...	06.77	06.14	...
Ti II	533.6771	-1.700	05.79	04.38	08.35	05.78	...	06.93	00.58	...	...	...
Ti II	538.1015	-2.080	...	02.58	04.86	...	03.15	04.29	...	10.34	08.63	...
Ti II	541.8751	-1.999	...	...	05.00	...	...	03.20	...	08.81	04.84	...
Ti II	549.0690	-2.650	...	...	...	...	...	...	...	04.29	02.06	...
Ti II	549.2862	-2.956	...	...	...	...	...	...	...	01.25	...	...
Ti II	623.1299	-3.881	...	...	00.14	...	...	...	...	...	...	...
Ti II	649.1561	-1.793	...	...	04.11	...	...	...	...	08.01	04.40	...
Ti II	668.0133	-1.855	...	...	...	...	...	...	...	01.76	...	...
V II	400.5706	-0.460	...	...	07.73	...	...	...	...	10.88	...	...
V II	400.8170	-2.120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
V II	402.3388	-0.880	...	05.68	08.13	07.71	07.23	07.57	...	11.73	05.91	...
V II	403.5627	-0.960	...	04.49	...	07.01	08.15	05.80	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log gf	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
V II	403.6782	-1.540	...	01.93	...	...	...	02.64	...	...	...	...
V II	403.9571	-2.110	...	...	...	...	...	00.77	...	00.99	...	...
V II	405.1054	-1.648	...	00.99	...	...	...	...	...	03.54	...	...
V II	405.3587	-0.323	...	...	...	...	02.38	...	...	...	...	...
V II	406.5071	-0.238	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
V II	418.3440	-1.360	...	02.31	...	...	...	...	...	...	01.34	...
V II	420.2357	-1.750	...	...	01.81	01.14	...	01.07	...	...	...	...
V II	420.5089	-1.053	...	...	...	...	...	02.71	...	...	...	...
V II	420.9759	-1.936	...	...	...	...	...	01.13	01.71	02.27	...	...
V II	451.2718	-0.879	...	...	...	...	...	...	...	00.91	...	...
V II	456.4589	-1.450	...	01.68	...	...	...	01.60	...	04.36	...	...
V II	592.8862	-1.598	...	...	...	...	...	00.41	...	...	...	...
V II	581.9935	-1.703	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr I	425.4336	-0.114	10.51	...	11.76	...	...	07.89	09.16	15.13	...	12.59
Cr I	428.9717	-0.361	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr I	454.5953	-1.370	...	...	...	...	...	...	...	...	01.40	...
Cr I	461.6124	-1.190	...	...	...	...	...	00.33	...	...	...	...
Cr I	464.6162	-0.700	...	01.17	02.69	...	...	01.15	...	03.82	05.03	...
Cr I	465.1284	-1.460	...	...	...	...	...	01.26	...	01.11	02.22	...
Cr I	465.2157	-1.030	...	00.60	...	...	...	...	...	02.34	-03.46	02.69
Cr I	470.8013	0.110	...	00.36	...	...	...	00.69	...	...	...	...
Cr I	475.6112	0.090	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr I	492.2265	0.270	...	00.47	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr I	495.4806	-0.300	...	...	...	...	...	...	...	...	01.31	...
Cr I	520.4511	-0.208	...	02.39	04.60	...	04.53	...	04.21	08.78	10.62	...
Cr I	520.6037	0.019	...	03.12	09.15	...	...	07.37	03.32	09.73	...	...
Cr I	520.8425	0.158	...	03.81	11.25	...	05.73	08.79	04.51	14.17	...	...
Cr I	529.7377	0.167	...	...	...	...	...	...	...	01.77	...	...
Cr I	529.8272	-1.150	...	...	...	...	...	...	...	03.12	04.41	...
Cr I	534.5796	-0.980	...	...	...	...	...	...	...	03.55	03.35	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Cr I	540.9784	-0.720	...	...	03.36	...	...	01.48	...	04.02	...	...
Cr I	579.0957	0.324	...	...	...	...	...	...	...	01.60	...	...
Cr II	400.3283	-0.601	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr II	403.7972	-0.557	01.54	02.45	...	...	...	02.53	08.42	03.00	02.82	...
Cr II	405.1930	-2.192	...	...	06.22	...	...	04.76	...	08.88	...	07.35
Cr II	407.2561	-2.407	...	01.33	...	...	...	02.12	...	06.76	03.83	...
Cr II	408.7593	-3.220	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr II	414.5781	-1.164	...	03.29	05.21	06.76	...	04.46	...	04.13	...	...
Cr II	417.2591	-2.356	...	...	04.77	...	...	...	...	07.01	...	...
Cr II	417.9421	-1.773	...	...	05.00	...	...	06.07	...	...	05.26	...
Cr II	420.7363	-2.475	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr II	422.4860	-1.726	...	...	...	...	...	02.40	...	...	...	...
Cr II	424.2364	-0.590	...	...	...	...	13.12	...	...	...	12.15	...
Cr II	425.2632	-2.018	03.43	03.00	03.04	08.56	...	03.79	...	07.02	05.52	05.64
Cr II	425.6108	-1.394	...	...	...	...	...	...	04.73	01.37	...	...
Cr II	426.1913	-1.531	...	05.87	...	09.31	07.64	08.51	...	13.28	08.41	...
Cr II	426.9277	-2.167	...	02.21	...	...	...	02.72	...	...	...	...
Cr II	427.5567	-1.709	...	05.40	05.23	...	...	05.89	...	10.37	07.72	...
Cr II	428.4188	-1.864	05.83	04.28	05.59	...	04.94	04.83	...	08.07	05.48	...
Cr II	451.1775	-1.370	...	...	...	...	...	...	04.16	00.81	...	...
Cr II	453.9595	-2.530	...	...	02.37	...	...	02.65	07.14	...	...	...
Cr II	455.4988	-1.380	...	06.15	07.36	...	05.98	07.93	...	11.16	08.02	...
Cr II	455.8650	-0.660	...	...	14.24	...	...	...	...	...	...	14.99
Cr II	456.5740	-2.110	03.15	03.60	04.64	06.65	...	04.56	08.36	...	...	05.08
Cr II	458.8199	-0.630	11.22	11.26	13.09	06.69	12.93	13.13	...	17.36	...	13.93
Cr II	459.2049	-1.220	...	07.06	07.63	...	07.94	07.17	...	...	...	09.90
Cr II	461.6629	-1.290	08.59	05.75	07.45	09.31	09.62	07.29	...	...	07.70	...
Cr II	461.8803	-1.110	...	09.17	09.89	12.81	...	10.89	...	13.82	11.22	11.98
Cr II	463.4070	-1.240	...	08.61	10.61	10.68	...	10.79	...	14.91	10.34	10.78
Cr II	469.7598	-1.880	...	00.35	00.86	...	...	00.93	...	00.88	00.37	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Cr II	472.3340	-2.705	...	...	...	...	...	...	...	02.39	...	...
Cr II	474.2162	-3.125	...	...	...	...	...	...	02.72	...	...	...
Cr II	481.2337	-1.800	05.19	...	...	...	04.65	03.86	...	07.19	05.28	05.99
Cr II	482.4127	-1.220	...	09.73	12.56	...	10.02	...	...	...	10.68	...
Cr II	487.6399	-1.457	...	...	07.51	...	...	...	...	...	...	...
Cr II	488.4607	-2.080	...	...	03.64	...	...	...	...	...	02.76	...
Cr II	490.1623	-0.826	...	...	...	...	...	...	...	...	01.30	...
Cr II	491.2462	-0.948	...	...	...	...	...	...	...	...	01.10	...
Cr II	495.2794	-1.436	...	...	...	...	...	...	04.58	02.45	...	...
Cr II	515.3499	-2.696	...	01.29	01.80	...	...	...	04.33	...	...	...
Cr II	521.0865	-2.945	...	...	...	...	...	01.09	06.19	02.18	00.84	...
Cr II	523.7329	-1.160	...	...	...	...	...	...	...	...	11.07	...
Cr II	524.6768	-2.450	...	...	...	...	...	02.20	06.50	06.16	02.89	...
Cr II	524.9437	-2.426	...	01.79	01.73	...	...	...	10.06	04.41	03.36	...
Cr II	527.4964	-1.290	...	06.36	08.17	...	09.62	...	...	12.61	...	...
Cr II	527.9876	-2.100	...	03.29	05.51	03.96	03.24	...	...	07.53	...	...
Cr II	530.5853	-2.357	02.08	...	02.91	...	...	...	06.81	08.50	04.58	...
Cr II	530.8408	-1.810	...	02.86	03.70	...	...	03.77	09.88	07.39	03.64	...
Cr II	531.0687	-2.280	02.01	01.39	01.55	...	...	01.79	05.58	05.21	02.57	...
Cr II	531.3563	-1.650	05.45	04.46	06.44	07.37	06.61	05.25	09.61	10.36	06.64	06.72
Cr II	531.8382	-3.128	...	...	...	...	...	...	03.19	...	...	...
Cr II	533.4869	-1.562	05.90	04.37	04.97	08.07	...	05.06	...	08.76	06.93	...
Cr II	534.6538	-2.948	...	00.57	...	...	...	...	...	...	...	...
Cr II	536.9356	-2.860	...	...	...	01.68	...	...	...	...	...	...
Cr II	539.0866	1.091	...	...	...	...	...	...	03.07	...	...	...
Cr II	540.7604	-2.088	03.18	01.93	...	...	03.64	02.36	06.97	06.61	04.00	...
Cr II	542.0922	-2.360	...	01.75	...	...	03.06	01.49	05.41	05.67	03.19	...
Cr II	547.2601	-2.882	...	...	...	...	...	...	03.56	01.61	...	...
Cr II	547.7483	-2.994	...	...	...	...	...	...	...	...	00.92	...
Cr II	547.8365	-1.908	02.93	03.30	04.72	...	...	03.90	06.60	07.54	...	...

[illegible]

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Mn I	602.1819	0.034	...	...	01.23	...	...	...	...	01.88	02.59	...
Mn II	420.5381	-3.376	...	...	...	...	04.84	...	...	...	...	...
Mn II	420.6367	-1.566	...	...	...	...	...	01.74	...	...	...	...
Mn II	425.1717	-1.058	...	...	...	...	...	01.30	...	...	...	...
Mn II	425.2963	-1.138	...	...	...	...	...	...	05.29	...	...	...
Mn II	425.9200	-1.589	...	01.70	...	...	...	...	...	...	...	...
Mn II	429.2237	-2.226	...	...	...	...	...	...	...	...	00.24	...
Mn II	447.8637	-0.950	...	00.96	...	...	...	01.00	...	...	...	...
Mn II	473.8290	-2.244	...	...	...	...	...	...	05.03	...	...	...
Mn II	475.5727	-1.242	...	01.96	...	...	...	02.05	07.35	03.05	...	02.01
Mn II	480.6823	-1.559	...	...	...	...	...	01.29	...	...	...	...
Mn II	529.5384	0.360	...	...	...	...	...	...	03.85	...	...	...
Mn II	529.9386	0.827	...	00.85	...	...	...	...	05.79	...	...	...
Mn II	555.9047	-1.318	...	...	...	...	...	00.93	07.05	...	...	...
Mn II	557.0539	-1.444	...	01.01	...	...	...	00.61	04.22	00.62	00.67	...
Mn II	557.8126	-1.400	...	...	...	...	...	...	07.60	01.30	...	...
Mn II	616.8348	-2.046	...	...	...	...	...	...	01.07	...	...	...
Mn II	738.7190	-2.553	...	...	...	...	...	01.17	...	...	...	...
Mn II	741.5810	-2.202	...	...	...	...	...	...	07.52	...	...	...
Mn II	743.2300	-2.498	...	...	...	...	...	...	06.61	...	...	...
Fe I	400.0457	-1.630	...	...	...	...	...	...	...	03.62	...	...
Fe I	400.1661	-1.880	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	400.3762	-1.290	...	...	...	...	...	...	...	01.61	03.98	...
Fe I	400.5242	-0.610	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	400.6311	-0.990	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	400.6624	-1.371	...	...	02.02	...	...	...	...	03.58	...	...
Fe I	400.7272	-1.300	...	...	2.75	...	...	...	...	04.33	...	...
Fe I	400.9713	-1.200	...	02.60	05.36	06.12	...	...	...	09.25	...	...
Fe I	401.7148	-0.920	...	...	...	...	...	03.02	...	...	...	...
Fe I	401.8267	-1.360	...	...	...	...	...	01.72	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	402.1866	-0.660	...	...	...	...	04.12	04.32	...	...	10.91	...
Fe I	404.0638	-1.120	...	01.41	03.76	...	...	...	...	03.84	...	...
Fe I	404.3897	-0.826	...	01.67	03.86	...	02.26	...	...	06.51	...	...
Fe I	404.4609	-1.080	...	...	03.29	...	...	03.25	...	...	...	...
Fe I	405.4806	-0.944	...	...	03.76	...	...	02.05	...	06.48	...	...
Fe I	405.5812	0.280	...	...	16.37	...	18.00	...	...	...	...	...
Fe I	405.8217	-1.070	...	00.74	02.49	...	...	...	...	03.25	...	...
Fe I	405.9713	-1.220	...	...	...	...	...	...	...	02.03	...	...
Fe I	406.1095	-0.668	...	...	...	...	...	01.12	...	02.02	...	...
Fe I	406.2441	-0.780	...	02.03	...	...	...	03.71	...	...	...	...
Fe I	406.6585	-1.610	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	406.7978	-0.430	...	02.58	05.57	...	...	04.54	...	...	...	...
Fe I	407.1738	-0.022	...	11.54	...	16.67	...	15.33	...	...	...	...
Fe I	407.3762	-0.920	...	01.63	...	04.17	03.45	02.81	...	06.24	...	...
Fe I	407.4786	-0.970	...	01.81	04.34	...	...	02.21	...	05.34	06.88	...
Fe I	407.6629	-0.360	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	407.8354	-1.500	...	01.34	...	...	...	01.91	...	03.86	...	...
Fe I	407.9167	-1.200	...	...	...	...	...	...	...	04.63	...	...
Fe I	407.9838	-1.330	...	...	...	...	...	01.13	...	...	...	...
Fe I	408.0209	-1.220	...	...	...	...	...	01.12	...	02.53	...	...
Fe I	408.4492	-0.590	...	01.92	...	...	...	03.80	...	...	...	...
Fe I	411.8545	0.280	...	...	...	...	11.15	...	...	...	...	...
Fe I	412.1802	-1.300	...	...	...	...	...	...	...	03.56	...	...
Fe I	412.6183	-0.960	...	00.81	...	...	...	02.24	...	...	...	...
Fe I	413.2899	-0.920	...	02.50	...	...	...	02.90	...	...	...	...
Fe I	413.3856	-1.300	...	01.09	...	...	...	...	...	...	03.20	...
Fe I	413.4677	-0.490	...	...	...	11.79	05.91	05.12	...	10.67	...	...
Fe I	413.6521	-1.530	...	...	...	...	...	...	...	01.18	...	...
Fe I	413.6998	-0.540	...	02.34	04.32	...	...	03.54	...	...	...	...
Fe I	413.7420	-0.960	...	...	...	...	...	...	...	01.93	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	414.0403	-1.221	...	...	...	...	...	...	...	...	04.23	...
Fe I	414.1863	-1.900	...	...	...	...	...	...	...	...	01.88	...
Fe I	414.2588	-1.020	...	...	...	...	...	...	...	...	03.21	...
Fe I	414.3868	-0.450	...	09.49	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	414.7669	-2.104	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	415.3900	-0.270	...	...	...	...	...	...	...	11.02	...	...
Fe I	415.4499	-0.688	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	415.4805	-0.370	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	415.6799	-0.620	...	03.13	...	10.31	...	05.37	...	...	...	...
Fe I	415.7780	-0.403	...	03.00	05.71	...	...	03.67	...	...	...	...
Fe I	415.8792	-0.670	...	...	...	...	...	01.96	...	...	...	...
Fe I	416.9757	-1.910	...	...	...	...	...	...	...	00.89	01.28	...
Fe I	417.0901	-1.100	...	...	05.30	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	417.4913	-2.969	...	...	01.05	...	...	01.36	...	02.50	...	...
Fe I	417.5636	-0.670	...	02.83	...	...	03.71	05.39	...	08.33	...	...
Fe I	418.1755	-0.180	...	...	...	...	09.05	09.49	...	13.25	12.72	10.18
Fe I	418.2383	-1.190	...	...	...	...	...	01.35	...	...	...	...
Fe I	418.4891	-0.860	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	418.7039	-0.548	...	...	...	...	...	06.89	...	...	...	...
Fe I	418.7795	-0.554	...	06.67	08.61	...	09.85	07.15	...	...	...	...
Fe I	418.8731	-0.235	...	...	03.28	...	...	04.10	...	06.68	...	...
Fe I	418.9558	-1.330	...	...	...	...	...	00.68	...	...	...	...
Fe I	419.1430	-0.666	...	04.37	07.97	...	09.55	06.59	...	...	12.26	...
Fe I	419.5329	-0.492	...	03.21	04.57	...	03.09	04.76	...	08.64	...	07.69
Fe I	419.6209	-0.740	...	01.82	03.59	...	02.92	02.48	...	...	...	...
Fe I	419.6531	-2.110	...	...	...	...	...	00.29	...	01.58	...	...
Fe I	419.8304	-0.719	...	...	...	...	...	09.36	...	...	...	...
Fe I	419.8634	-0.760	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	419.9095	0.250	...	...	...	...	12.25	...	...	...	...	...
Fe I	420.0924	-1.000	...	...	...	...	...	01.41	...	03.02	04.72	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log gf	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	420.2029	-0.708	...	...	...	13.11	12.05	...	...	...	...	12.75
Fe I	420.7127	-1.460	...	...	...	...	...	01.94	...	04.39	...	...
Fe I	421.0343	-0.870	...	...	07.72	...	...	04.32	...	...	...	06.75
Fe I	421.3648	-1.290	02.95	01.68	...	05.99	...	02.60	...	04.08	...	...
Fe I	421.6183	-3.356	...	00.58	03.33	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	421.7546	-0.510	06.90	02.02	03.85	...	02.85	03.41	...	...	...	...
Fe I	421.9360	0.120	08.97	04.65	...	...	07.71	06.86	...	...	...	...
Fe I	422.0341	-1.290	...	...	03.03	...	06.61	02.42	...	...	06.72	...
Fe I	422.2213	-0.967	06.42	03.68	...	07.59	...	04.97	...	...	10.54	...
Fe I	422.4171	-0.410	...	...	...	...	...	03.01	...	...	10.50	...
Fe I	422.4513	-1.020	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	422.5454	-0.500	...	...	...	...	...	05.10	...	...	...	...
Fe I	422.5956	-1.390	...	...	...	...	...	01.56	...	...	...	...
Fe I	423.3602	-0.604	...	...	...	...	...	07.21	...	...	...	...
Fe I	423.5936	-0.341	...	...	...	...	...	10.02	02.89	...	...	13.43
Fe I	423.8023	-1.216	...	01.77	...	...	...	01.77	...	03.64	04.75	...
Fe I	423.9848	-1.643	...	...	03.34	...	...	02.19	...	...	...	...
Fe I	424.0371	-1.340	...	...	...	...	...	00.86	...	02.31	02.23	...
Fe I	424.1117	-2.510	...	...	...	...	...	...	...	...	00.62	...
Fe I	424.5258	-1.170	...	01.38	02.45	...	...	01.98	...	04.90	...	...
Fe I	424.6084	-1.110	...	...	...	...	...	01.11	...	02.36	...	...
Fe I	424.7425	-0.230	...	03.18	...	...	05.11	...	...	09.78	...	...
Fe I	424.8224	-1.320	...	00.61	...	...	...	...	...	02.75	...	...
Fe I	425.0787	-0.710	...	...	...	...	10.86	10.86	...	...	...	...
Fe I	425.0119	-0.405	...	05.56	...	...	...	...	...	13.06	...	...
Fe I	426.0474	-0.020	...	08.61	...	...	...	12.50	04.69	...	...	...
Fe I	426.6964	-1.680	...	...	...	...	...	...	...	02.31	03.63	...
Fe I	426.7826	-1.110	...	00.76	...	...	...	01.61	...	04.45	06.57	...
Fe I	427.1153	-0.349	...	06.43	...	...	...	08.31	...	14.27	...	...
Fe I	427.6675	-1.210	...	00.30	...	...	...	...	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	427.9488	-1.460	...	...	...	...	...	00.38	...	...	...	...
Fe I	428.2403	-0.810	09.92	05.76	08.35	09.10	10.35	08.20	...	11.84	...	...
Fe I	428.5442	-1.190	...	01.31	03.00	...	...	01.49	...	03.51	...	...
Fe I	428.6863	-1.829	...	...	...	...	...	...	...	01.47	...	...
Fe I	429.1463	-4.080	...	...	...	...	...	...	...	02.12	...	...
Fe I	429.8037	-1.370	...	...	...	...	...	...	...	...	05.34	...
Fe I	429.9234	-0.430	...	06.33	...	12.01	...	...	...	...	...	...
Fe I	430.7902	-0.070	...	...	...	...	17.00	...	...	...	...	...
Fe I	437.5930	-3.031	...	...	...	...	...	01.38	...	06.57	09.25	...
Fe I	438.3545	0.200	...	13.75	...	...	...	17.22	...	...	21.91	...
Fe I	438.8407	-0.590	...	01.38	03.40	...	...	02.55	...	04.36	...	...
Fe I	440.4750	-0.142	17.24	11.13	16.93	17.93	15.21	15.08	04.88	...	19.65	...
Fe I	440.8414	-1.710	...	01.50	...	...	...	02.09	...	04.60	...	...
Fe I	441.5122	-0.615	...	08.55	...	...	13.57	11.27	...	...	...	...
Fe I	442.2568	-1.110	...	01.30	05.97	...	...	03.63	...	...	...	...
Fe I	442.7310	-3.044	...	01.46	03.02	...	...	03.25	...	...	...	...
Fe I	442.4188	-1.610	...	...	...	...	...	00.63	...	...	...	...
Fe I	443.0614	-1.659	...	01.02	...	...	02.37	02.40	...	04.19	...	03.14
Fe I	443.3218	-0.700	...	...	...	...	...	01.86	...	...	...	...
Fe I	443.8343	-1.630	...	...	...	...	...	...	...	01.11	...	...
Fe I	444.2339	-1.255	...	02.99	04.69	...	...	05.25	...	09.00	...	...
Fe I	444.6832	-1.330	...	00.46	00.71	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	444.7717	-1.342	05.61	02.47	04.68	06.41	04.70	04.60	...	07.33	...	...
Fe I	445.4381	-1.250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	445.8080	-1.136	...	00.30	...	...	...	...	...	...	03.81	...
Fe I	445.9117	-1.279	...	02.17	...	10.05	...	05.16	...	...	...	...
Fe I	446.6551	-0.590	07.17	04.10	07.38	08.41	07.31	06.01	...	10.22	10.12	...
Fe I	446.9376	-0.260	...	...	06.49	...	...	04.79	...	...	...	...
Fe I	447.6076	-0.292	...	03.12	...	...	...	03.65	...	...	...	...
Fe I	448.2253	-1.482	...	01.81	03.43	...	01.49	03.60	...	08.08	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	448.2739	-1.350	...	...	...	...	...	00.62	....	...	...	...
Fe I	448.4220	-0.720	03.69	01.14	03.54	...	02.36	02.43	....	04.02	05.88	...
Fe I	448.5676	-1.020	...	...	02.88	...	...	00.91	....	02.14	03.18	...
Fe I	448.9739	-3.966	...	...	...	...	...	...	....	...	...	...
Fe I	449.0084	-1.580	...	00.42	...	...	...	00.69	....	...	...	...
Fe I	449.0760	-0.990	...	00.34	...	...	...	00.58	....	...	...	...
Fe I	449.4563	-1.136	06.63	04.90	06.99	...	...	05.44	....	11.42	...	06.68
Fe I	449.4563	-1.136	...	04.22	...	...	...	...	....	...	10.66	...
Fe I	451.4184	-2.050	...	...	...	...	...	...	....	01.89	02.29	...
Fe I	451.7524	-1.840	...	...	...	...	...	...	....	01.04	...	...
Fe I	452.5137	-0.340	...	02.21	...	07.20	03.30	05.12	....	...	08.07	...
Fe I	452.8614	-0.822	...	05.33	09.19	03.68	10.05	05.81	....	...	12.51	...
Fe I	453.1148	-2.155	04.79	00.94	03.02	...	02.56	01.74	....	...	07.54	03.65
Fe I	454.7847	-0.780	...	02.25	...	...	...	01.43	....	...	...	...
Fe I	459.2651	-2.449	...	...	...	...	...	01.57	....	03.35	...	...
Fe I	459.8117	-1.570	...	...	...	...	...	...	....	01.19	...	...
Fe I	457.4718	-2.970	...	...	...	00.61	...	...	....	...	...	...
Fe I	460.2001	-3.154	...	...	...	...	...	...	....	00.73	02.04	...
Fe I	460.2941	-1.950	03.03	01.74	...	...	...	01.61	....	05.71	...	...
Fe I	460.7646	-1.652	...	...	...	...	...	...	....	...	03.37	...
Fe I	461.1279	-0.670	03.47	01.25	...	04.60	01.87	02.36	....	05.10	06.34	...
Fe I	461.3203	-1.670	...	00.42	...	...	...	00.41	....	02.21	03.76	...
Fe I	461.9288	-1.120	...	...	...	...	...	00.59	....	...	...	...
Fe I	462.5045	-1.340	01.31	00.76	02.05	...	...	01.33	....	02.83	03.58	...
Fe I	463.7503	-1.390	...	...	...	...	...	01.64	....	01.88	...	...
Fe I	463.8010	-1.120	...	...	02.72	03.15	...	...	....	02.25	...	...
Fe I	464.1829	-0.924	...	...	...	...	...	...	....	...	01.18	...
Fe I	464.3464	-1.290	...	...	...	...	...	00.89	....	01.82	02.70	...
Fe I	464.7434	-1.310	...	01.08	02.16	...	...	01.88	....	03.81	...	...
Fe I	465.4608	-1.077	...	00.95	02.39	...	...	...	....	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	466.1535	-1.270	...	...	...	...	...	...	...	...	01.35	...
Fe I	466.7454	-0.751	...	00.96	03.18	...	...	...	...	03.41	...	...
Fe I	466.8134	-1.416	...	...	...	...	...	...	...	...	03.10	...
Fe I	466.9173	-1.410	...	...	01.46	...	...	...	...	01.64	03.22	...
Fe I	467.3164	-0.980	...	...	...	...	...	01.21	...	...	...	...
Fe I	467.8846	-0.660	...	...	04.14	06.58	...	03.38	...	...	...	...
Fe I	468.8177	-0.951	...	...	...	...	...	...	...	00.76	...	...
Fe I	469.0138	-1.680	...	...	...	...	...	...	...	...	01.06	...
Fe I	469.1412	-1.450	...	00.64	...	...	...	01.78	...	03.47	06.33	...
Fe I	470.4948	-1.570	...	...	...	...	...	...	...	...	01.72	...
Fe I	470.7274	-1.080	04.09	01.20	03.41	04.50	...	02.40	...	05.35	04.85	...
Fe I	470.9088	-1.038	...	...	...	...	...	00.67	...	...	...	...
Fe I	471.0284	-1.612	...	...	...	...	...	00.48	...	02.19	04.48	...
Fe I	472.7399	-1.162	...	00.70	...	...	...	...	...	02.50	03.49	...
Fe I	472.8546	-1.280	...	...	...	...	...	...	...	02.02	02.52	...
Fe I	473.6773	-0.740	04.68	02.05	05.67	07.29	...	03.61	...	07.33	...	04.25
Fe I	474.1529	-2.000	...	...	...	...	...	...	...	01.59	...	...
Fe I	474.5800	-1.270	...	...	00.97	...	...	00.97	...	02.29	02.55	...
Fe I	476.8320	-1.115	...	...	01.33	...	...	00.81	...	...	06.34	...
Fe I	477.2804	-2.897	...	...	...	...	...	...	...	02.12	...	...
Fe I	478.9651	-0.840	...	01.25	...	...	02.89	01.72	...	...	...	...
Fe I	480.0649	-1.260	...	...	...	...	...	...	...	00.86	...	...
Fe I	487.8211	-1.010	...	...	06.19	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	489.1492	-0.140	...	...	...	...	...	...	...	...	14.94	...
Fe I	489.4562	-1.529	...	...	...	...	...	...	...	...	1.04	...
Fe I	490.3310	-1.080	...	...	04.61	...	...	...	...	...	08.28	...
Fe I	491.8994	-0.370	...	04.28	...	09.47	07.32	09.36	...	...	...	...
Fe I	492.0502	0.060	13.42	07.82	11.00	...	10.62	10.88	03.45	...	...	...
Fe I	492.4770	-2.220	...	...	...	...	...	...	...	03.49	...	...
Fe I	493.3341	-0.597	...	00.65	...	...	...	01.35	...	03.16	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik								HD205939	HD210516
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240		
Fe I	493.0315	-1.350	...	...	...	...	...	...	...	01.31	...	...
Fe I	493.8174	-1.018	...	...	01.55	...	...	00.96	...	02.06	...	...
Fe I	493.8814	-1.077	...	01.30	...	...	...	02.69	...	...	...	...
Fe I	493.9241	-1.510	...	...	...	...	...	...	...	00.87	...	...
Fe I	493.9687	-3.340	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	495.7298	-0.342	...	...	...	13.39	...	...	...	...	...	...
Fe I	495.7596	0.127	13.83	...	...	...	...	11.43	04.15	...	...	...
Fe I	496.2572	-1.290	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	496.6088	-0.890	...	02.10	02.69	...	...	03.15	...	05.69	06.16	...
Fe I	496.7897	-0.534	...	...	...	...	...	...	...	02.92	04.16	...
Fe I	497.3102	-0.950	...	00.91	...	...	...	01.41	...	03.04	03.91	...
Fe I	497.8603	-0.930	...	...	02.61	...	...	01.41	...	03.84	04.22	...
Fe I	496.7897	-0.534	...	...	...	...	...	01.01	...	...	...	...
Fe I	496.9917	-0.710	...	00.93	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	498.3250	-0.111	...	...	...	...	...	02.43	...	...	...	...
Fe I	498.3853	-0.050	...	...	...	...	04.66	03.96	...	...	...	...
Fe I	498.5253	-0.560	...	01.35	...	...	...	...	...	04.40	...	...
Fe I	498.8950	-0.890	...	00.69	01.73	...	...	...	...	03.24	04.59	...
Fe I	499.1268	-0.670	...	00.54	02.07	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	499.4130	-3.080	...	...	...	...	...	00.80	...	03.81	03.36	...
Fe I	500.2792	-1.580	...	...	...	...	...	01.06	...	01.39	02.64	...
Fe I	500.5712	-0.142	...	02.84	...	...	...	05.09	...	...	...	...
Fe I	500.6119	-0.615	...	...	...	07.57	...	05.63	...	...	...	...
Fe I	500.7275	-0.196	03.93	01.49	03.99	...	02.62	02.39	...	05.81	...	...
Fe I	501.2068	-2.642	02.87	...	04.37	...	...	01.81	...	...	...	...
Fe I	501.4942	-0.250	...	...	...	...	...	03.70	...	06.01	...	...
Fe I	502.1590	-0.677	...	01.28	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	502.2236	-0.530	...	...	...	...	02.50	03.72	...	04.50	...	...
Fe I	502.7123	-0.530	...	00.82	03.67	...	...	02.32	...	04.31	...	...
Fe I	502.8126	-1.123	...	00.76	...	...	...	00.61	...	02.21	03.24	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	504.4211	-2.150	...	...	...	...	...	...	...	01.19	01.91	...
Fe I	504.9820	-1.420	...	01.92	04.07	...	03.49	03.34	...	06.77	...	03.93
Fe I	505.1635	-2.795	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	506.5018	-0.147	...	02.42	04.68	04.28	05.03	03.97	...	07.89	08.13	...
Fe I	506.7150	-0.970	...	00.60	01.09	...	...	00.85	...	02.58	...	...
Fe I	506.8766	-1.230	...	01.43	03.14	02.93	...	02.45	...	06.06	...	...
Fe I	507.4748	-0.200	03.33	01.85	03.67	...	03.69	03.98	...	05.95	07.19	...
Fe I	507.6264	-0.712	...	00.64	...	...	...	...	...	01.80	...	...
Fe I	507.8975	-0.381	...	00.79	02.14	...	02.26	02.66	...	05.61	05.17	...
Fe I	507.9223	-2.067	...	...	00.66	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	507.9740	-3.220	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	508.3338	-2.958	...	...	...	...	...	00.63	...	02.87	...	...
Fe I	509.0773	-0.400	...	...	01.88	...	...	01.06	...	03.76	...	...
Fe I	509.6998	-0.196	...	...	03.08	04.60	...	03.32	...	06.17	...	...
Fe I	509.8573	-0.957	...	...	01.76	04.37	...	...	...	04.44	...	...
Fe I	510.7641	-2.418	...	...	02.99	...	...	01.88	...	...	07.71	...
Fe I	510.9652	-0.980	...	...	...	...	...	...	...	02.47	...	...
Fe I	511.0358	-1.366	...	00.71	02.52	...	...	01.31	...	...	...	...
Fe I	512.1639	-0.810	...	00.37	...	...	...	...	...	02.40	...	...
Fe I	512.3720	-3.068	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	512.5117	-0.140	...	...	...	06.12	05.49	03.66	...	05.30	03.08	...
Fe I	512.6193	-1.080	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	513.3688	0.140	09.34	03.86	07.12	..	07.04	05.95	...	08.88	09.04	...
Fe I	513.7382	-0.400	...	02.10	03.63	05.29	...	04.03	...	...	...	...
Fe I	513.9462	-0.570	...	03.60	09.36	...	05.17	07.91	...	...	...	...
Fe I	514.1739	-2.150	...	...	...	...	...	...	...	01.61	...	...
Fe I	514.2541	-0.143	...	01.90	05.75	04.32	04.06	04.14	...	05.73	...	...
Fe I	514.8229	-0.290	...	...	...	03.85	...	02.24	...	05.61	06.60	...
Fe I	515.9058	-0.820	...	...	...	...	...	01.33	...	...	...	...
Fe I	515.1911	-3.322	...	...	...	...	...	...	...	02.12	02.29	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	515.9058	-0.820	...	...	...	...	...	...	...	01.96	02.53	...
Fe I	516.2273	0.020	06.08	03.49	04.98	07.60	06.87	05.78	...	07.83	...	07.44
Fe I	516.4552	-1.360	...	...	...	...	...	...	...	...	00.61	...
Fe I	516.6282	-4.195	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	517.1596	-1.793	...	02.71	06.48	...	04.00	04.46	...	09.52	...	...
Fe I	519.1454	-0.551	...	05.25	09.07	...	04.81	...	...	10.28	10.34	...
Fe I	519.2344	-0.421	...	03.53	...	...	...	05.98	...	...	...	...
Fe I	519.4941	-2.090	...	01.17	04.00	...	...	02.99	...	...	...	...
Fe I	519.5472	0.018	...	...	...	...	03.12	03.71	...	...	...	...
Fe I	519.6059	-0.524	...	...	02.00	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	519.8711	-2.135	...	...	...	...	...	...	...	02.34	...	...
Fe I	520.2336	-1.838	...	...	02.69	...	01.54	02.24	...	04.40	...	...
Fe I	521.5180	-0.967	03.17	...	03.39	03.65	...	03.44	...	04.76	...	...
Fe I	521.6274	-2.150	...	...	...	...	...	01.06	...	...	...	...
Fe I	521.7389	-1.162	...	...	02.20	...	...	01.54	...	...	...	...
Fe I	522.8376	-1.290	...	...	...	...	...	00.42	...	...	...	...
Fe I	523.2940	-0.190	...	06.24	09.88	14.20	08.54	07.32	...	...	...	...
Fe I	523.5387	-0.967	...	...	...	...	...	01.35	...	...	...	...
Fe I	524.2491	-0.840	...	...	...	...	...	01.99	...	...	04.93	...
Fe I	525.0646	-2.050	...	...	...	...	...	...	...	02.62	03.89	...
Fe I	525.3462	-1.670	...	...	...	...	...	...	...	02.01	02.12	...
Fe I	526.3306	-0.970	...	00.85	03.75	...	...	01.89	...	04.32	...	...
Fe I	526.6555	-0.490	08.58	03.78	07.67	...	05.98	06.34	...	...	...	...
Fe I	526.9537	-1.321	...	...	...	14.90	13.19	10.46	...	15.21	...	...
Fe I	527.0356	-1.510	...	...	08.21	...	06.44	...	...	10.39	...	...
Fe I	527.3164	-1.037	...	...	03.89	...	...	03.16	...	06.34	07.44	...
Fe I	528.3621	-0.630	...	...	...	...	...	05.91	...	...	...	...
Fe I	528.8527	-1.670	...	...	...	...	...	...	...	00.86	01.49	...
Fe I	530.2300	-0.880	...	...	...	...	...	...	...	...	07.18	...
Fe I	532.4179	-0.240	09.10	05.21	08.57	08.51	07.50	07.38	01.36	11.85	12.84	...

[illegible]

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	547.0093	-1.810	...	...	...	...	...	...	...	...	00.58	...
Fe I	547.3901	-0.760	...	...	...	...	...	00.84	...	01.94	...	...
Fe I	547.6565	-0.453	...	...	...	...	...	02.10	...	...	...	...
Fe I	548.0861	-1.260	...	...	...	...	...	00.73	...	...	...	...
Fe I	548.1243	-1.400	...	...	...	...	...	...	...	...	01.99	...
Fe I	548.7745	-0.352	...	01.17	03.05	...	01.52	02.80	...	03.57	05.46	...
Fe I	549.7516	-2.849	...	...	03.19	...	...	...	...	...	06.36	...
Fe I	550.1465	-2.950	...	...	...	...	...	00.74	...	02.71	...	...
Fe I	550.6779	-2.797	...	...	02.76	...	...	01.86	...	04.95	...	...
Fe I	554.3936	-1.140	...	...	...	...	...	00.89	...	...	02.12	...
Fe I	555.4894	-0.440	...	...	02.74	...	...	01.70	...	03.71	05.07	...
Fe I	556.0212	-1.190	...	...	...	...	...	...	...	...	01.31	...
Fe I	556.2116	-0.962	...	...	...	01.37	...	00.98	...	...	03.39	...
Fe I	556.3600	-0.990	...	00.33	...	...	...	...	...	02.15	02.39	...
Fe I	556.5704	-0.458	...	01.02	01.83	02.63	...	01.91	...	03.88	04.05	...
Fe I	556.9618	-0.540	05.39	02.00	05.62	06.18	03.67	03.75	...	...	07.83	04.72
Fe I	557.2842	-0.310	07.87	03.12	07.20	06.74	06.06	05.37	01.23	09.54	10.91	06.62
Fe I	557.6089	-1.000	02.27	01.05	02.74	08.41	02.32	01.96	...	04.69	05.74	...
Fe I	558.6756	-0.210	08.01	04.88	07.82	09.29	07.73	07.48	...	11.18	11.07	08.14
Fe I	560.2945	-0.851	...	...	04.68	03.89	...	02.87	...	04.02	06.87	...
Fe I	561.5644	-0.140	08.22	05.28	08.69	10.14	08.89	08.28	...	12.01	13.10	10.81
Fe I	562.4542	-0.900	02.69	01.87	03.19	...	09.05	03.46	...	04.78	05.98	04.38
Fe I	563.3946	-0.270	01.76	00.73	...	...	...	01.14	...	02.07	03.65	...
Fe I	563.8262	-0.870	...	00.48	01.58	...	...	01.13	...	01.77	02.78	...
Fe I	564.1434	-1.180	...	...	00.92	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	564.9987	-0.920	...	...	...	...	...	...	...	...	01.06	...
Fe I	565.0706	-0.960	...	...	...	...	...	...	...	00.62	00.69	...
Fe I	565.8816	-0.920	...	01.73	03.75	...	02.62	02.24	...	...	08.62	...
Fe I	566.2516	-0.573	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	567.9024	-0.920	...	...	00.63	...	...	...	...	01.59	02.75	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	568.6530	-0.630	...	...	...	...	...	00.55	...	02.47	04.56	...
Fe I	570.1544	-2.216	...	...	...	...	...	...	...	01.44	02.59	...
Fe I	570.5992	-0.530	...	00.86	...	...	...	01.75	...	03.71	03.73	...
Fe I	570.9378	-1.240	02.58	00.94	02.21	...	...	02.37	...	04.40	05.24	...
Fe I	571.7833	-1.130	...	...	...	...	...	...	...	00.90	01.53	...
Fe I	571.2131	-2.060	...	...	...	...	...	...	...	...	01.07	...
Fe I	575.3122	-0.760	...	00.73	...	...	...	00.95	...	...	03.16	...
Fe I	576.2992	-0.450	03.16	01.14	02.83	...	...	02.01	...	04.33	...	...
Fe I	577.5081	-1.298	...	...	...	...	...	...	...	01.06	...	...
Fe I	581.6373	-0.680	...	00.85	...	...	...	...	...	01.67	...	...
Fe I	585.9586	-0.386	02.17	00.87	...	...	01.37	01.13	...	02.63	...	...
Fe I	586.2357	-0.051	03.68	01.10	...	...	01.57	02.06	...	...	...	03.81
Fe I	590.5671	-0.730	...	...	...	...	...	00.35	...	...	...	...
Fe I	591.4201	-0.136	...	00.98	...	...	...	02.41	...	03.51	05.72	...
Fe I	592.7789	-1.090	...	...	...	...	...	00.33	...	...	...	...
Fe I	593.0181	-0.230	03.20	01.12	02.90	...	...	02.38	...	04.57	04.69	...
Fe I	593.4655	-1.170	...	...	...	...	...	01.07	...	01.43	02.40	...
Fe I	597.6777	-1.503	...	...	00.64	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	598.4815	-0.443	...	00.45	01.63	...	...	01.37	...	...	03.80	...
Fe I	598.7065	-0.654	...	...	01.30	...	...	00.69	...	...	01.60	...
Fe I	600.3011	-1.120	...	...	01.70	...	...	00.75	...	02.44	02.99	...
Fe I	600.7960	-0.978	...	...	...	...	...	00.52	...	00.50	...	...
Fe I	602.0169	-0.270	...	00.71	02.82	...	...	02.75	...	04.93	05.20	...
Fe I	602.4058	-0.120	05.16	...	...	...	03.44	03.88	...	05.47	06.29	...
Fe I	602.7051	-1.210	...	...	...	...	...	...	...	02.05	...	...
Fe I	605.6005	-0.460	...	...	...	...	...	01.27	...	02.75	03.92	...
Fe I	606.5482	-1.530	...	...	...	...	...	...	...	...	05.47	...
Fe I	607.8491	-0.481	...	00.48	01.33	...	...	00.91	...	02.35	02.96	...
Fe I	612.7906	-1.399	...	...	...	...	...	...	...	00.82	...	...
Fe I	613.6615	-1.400	...	01.19	04.31	...	02.06	02.27	...	06.09	07.98	...

[illegible]

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe I	738.6334	-0.392	...	...	...	...	...	...	...	...	02.16	...
Fe I	740.1683	-1.690	...	...	...	...	...	...	...	...	00.85	...
Fe I	741.1153	-0.418	...	...	...	...	...	...	...	03.32	...	...
Fe I	744.5749	-0.219	...	...	...	...	...	...	...	05.59	...	...
Fe I	749.1647	-0.997	...	...	...	...	...	...	...	01.79	...	...
Fe I	749.5066	-0.058	...	...	...	...	...	02.34	...	05.51	07.26	...
Fe I	751.1019	0.099	07.77	02.87	...	...	...	...	...	07.10	10.09	...
Fe I	756.8899	-0.868	...	...	...	...	...	...	...	...	03.77	...
Fe I	783.2196	-0.019	...	...	...	...	...	...	...	...	06.11	...
Fe I	794.5846	0.088	...	...	...	...	...	...	...	...	09.59	...
Fe I	799.8944	0.017	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe I	838.7772	-1.493	...	...	...	...	...	...	...	...	12.11	...
Fe I	868.8624	-1.212	...	...	08.75	...	...	...	...	14.22	14.64	...
Fe II	402.4547	-2.480	...	06.96	...	...	...	08.49	...	...	...	...
Fe II	404.8832	-2.145	...	...	02.95	07.72	...	04.35	...	...	...	...
Fe II	408.7284	-4.710	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	412.2668	-3.380	...	06.84	07.83	...	...	09.63	...	12.02	...	...
Fe II	412.4787	-4.200	...	02.77	...	...	...	04.46	...	...	...	...
Fe II	412.8748	-3.770	...	04.11	05.13	...	...	05.12	...	...	...	...
Fe II	416.8660	-5.312	...	...	...	...	...	...	...	01.21	...	...
Fe II	417.3461	-2.180	...	...	...	...	...	14.13	...	...	...	...
Fe II	417.8862	-2.480	...	11.02	14.00	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	423.3172	-2.000	...	...	17.62	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	425.8154	-3.400	...	07.77	10.27	11.81	09.89	10.20	06.67	...	...	...
Fe II	426.3869	-1.712	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	427.3326	-3.258	09.97	07.03	09.11	...	07.54	08.65	...	...	...	...
Fe II	427.8159	-3.816	05.66	03.53	03.78	...	...	03.86	...	08.73	06.22	07.78
Fe II	428.6280	-1.622	...	01.16	...	...	...	00.71	...	...	...	...
Fe II	429.6572	-3.010	...	09.95	12.70	...	...	...	...	...	12.06	11.59
Fe II	430.3176	-2.490	...	11.66	13.63	16.54	...	14.26	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	438.5387	-2.570	...	11.00	...	14.39	...	13.02	...	17.52	...	...
Fe II	438.4319	-3.500	...	...	...	...	...	07.16	...	...	...	...
Fe II	440.2877	-2.721	...	...	00.68	...	...	...	...	01.07	...	...
Fe II	441.3601	-3.870	...	...	...	...	02.51	02.94	...	...	...	...
Fe II	441.6830	-2.600	...	11.54	11.03	15.47	13.27	13.38	...	...	...	...
Fe II	441.8957	-1.839	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	444.6237	-2.439	...	...	01.65	...	...	00.98	...	...	...	...
Fe II	444.9616	-1.589	...	...	...	...	...	00.98	...	...	...	...
Fe II	445.1551	-1.844	...	02.94	03.13	...	...	02.83	02.95	...	...	...
Fe II	445.5266	-2.143	...	02.71	01.45	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	446.1439	-4.114	...	03.39	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	447.2929	-3.430	09.24	04.88	07.25	06.91	06.24	07.26	05.39	12.21	...	...
Fe II	447.4164	-3.139	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	448.7497	-2.141	...	...	...	...	...	00.29	...	...	...	...
Fe II	448.9183	-2.970	09.60	09.06	11.15	...	10.52	10.98	08.47	16.38	...	...
Fe II	449.1405	-2.700	12.73	09.41	12.73	12.27	11.93	12.27	...	...	...	11.18
Fe II	449.9688	-1.865	...	09.70	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	450.8288	-2.210	16.79	12.72	14.25	17.93	15.78	16.04	...	...	...	15.57
Fe II	451.5339	-2.480	16.35	11.62	13.63	15.50	13.69	15.26	12.63	...	...	14.58
Fe II	452.0224	-2.600	15.53	11.16	13.73	16.24	13.70	13.71	...	...	14.85	14.47
Fe II	452.2634	-2.030	19.66	13.70	18.28	18.75	16.85	17.49	...	...	...	16.54
Fe II	454.1524	-3.050	10.88	08.05	09.45	13.72	...	10.76	04.75	14.25	12.08	11.79
Fe II	455.3252	-2.602	...	00.53	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	455.5893	-2.290	...	12.53	16.37	...	...	15.30	...	...	...	...
Fe II	457.6340	-3.040	11.78	08.23	10.99	12.53	08.85	10.33	04.98	16.13	11.67	10.29
Fe II	457.9527	-2.508	...	...	01.15	...	...	...	...	01.35	...	...
Fe II	458.0063	-3.725	...	03.08	05.18	...	...	04.64	...	...	...	...
Fe II	458.2835	-3.100	...	09.47	08.85	...	07.77	10.60	04.70	...	...	...
Fe II	458.3837	-2.020	...	...	16.24	...	...	18.00	...	...	...	...
Fe II	459.6015	-1.837	...	02.93	03.69	...	...	...	03.96	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	459.8494	-1.497	...	00.93	...	...	...	01.03	...	...	...	...
Fe II	460.1378	-4.428	...	00.48	...	...	...	01.24	...	02.36	...	...
Fe II	462.0521	-3.280	07.51	05.93	07.76	...	07.68	08.12	04.39	12.60	...	08.40
Fe II	462.8786	-1.737	...	...	...	...	...	00.92	...	...	...	...
Fe II	462.9339	-2.370	...	...	...	...	13.54	14.56	...	...	...	...
Fe II	463.5316	-1.650	04.77	05.17	04.00	...	04.11	06.49	06.00	07.62	05.70	...
Fe II	464.0812	-1.880	...	...	...	...	...	00.90	...	...	...	...
Fe II	465.6981	-3.630	...	05.05	...	05.23	06.12	06.78	01.68	10.80	...	...
Fe II	466.3708	-4.265	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	466.5805	-4.918	...	00.86	...	...	...	00.97	...	...	...	...
Fe II	466.6758	-3.330	08.11	...	07.61	...	07.46	07.86	02.85	12.57	...	09.79
Fe II	471.3193	-4.932	...	00.43	...	...	...	...	...	01.21	...	...
Fe II	473.1453	-3.360	10.03	07.25	09.76	09.70	...	...	04.93	13.18	09.53	...
Fe II	491.3292	0.012	...	...	00.76	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	492.3927	-1.320	...	19.30	...	...	21.51	...	...	29.67	19.62	...
Fe II	494.8096	-0.324	...	00.68	...	...	...	...	00.83	...	...	...
Fe II	494.8793	-0.008	...	01.06	...	...	...	...	...	00.86	...	...
Fe II	495.1584	0.175	...	01.84	...	...	...	01.69	03.03	...	...	...
Fe II	495.3987	-2.757	...	00.81	...	...	...	01.61	...	01.71	...	...
Fe II	495.8822	-0.645	...	...	...	...	...	...	00.64	...	...	...
Fe II	497.7035	0.041	...	01.30	...	...	...	01.20	...	...	...	...
Fe II	499.0509	0.177	...	01.47	...	...	...	01.46	02.14	...	...	...
Fe II	499.3358	-3.650	06.06	03.56	05.04	08.28	06.62	04.90	02.76	10.15	07.45	06.78
Fe II	500.0743	-4.740	...	00.49	...	...	...	01.20	...	...	...	...
Fe II	500.4195	0.497	03.76	02.71	02.01	...	03.44	02.89	03.27	...	02.41	...
Fe II	500.6841	-0.427	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	500.7739	-0.203	...	...	...	...	...	00.42	...	...	...	...
Fe II	500.9022	-0.415	...	...	...	...	...	00.55	...	...	...	...
Fe II	501.8440	-1.220	19.31	19.41	...	...	...	...	...	30.95	19.92	...
Fe II	501.9462	-2.697	...	...	...	...	...	01.07	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log gf	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	502.2792	-0.023	...	01.11	...	...	...	00.77	...	...	...	...
Fe II	503.0630	0.397	...	01.43	00.77	...	...	..	...	...	...	...
Fe II	503.2712	0.109	...	01.63	...	...	01.94	01.42	...	01.00	...	...
Fe II	503.6920	-4.520	...	...	...	...	...	00.61	...	...	...	...
Fe II	504.5114	-0.134	...	...	...	...	...	00.63	02.39	00.75	...	...
Fe II	504.7641	-0.068	...	...	...	...	...	01.15	..	...	...	...
Fe II	506.1718	0.217	...	01.65	...	...	...	01.31	02.58	01.50	...	...
Fe II	506.7893	-0.198	...	00.60	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	507.0899	0.242	...	01.54	...	...	...	01.35	02.98	...	...	...
Fe II	507.5764	0.277	...	01.10	...	...	...	01.77	...	...	...	...
Fe II	508.2230	-0.099	...	...	...	...	...	...	...	00.93	...	...
Fe II	508.9214	-0.035	...	00.87	...	...	...	00.93	01.77	...	...	...
Fe II	508.6306	-0.475	...	...	...	...	...	00.62	...	...	...	...
Fe II	509.3576	0.112	...	01.80	01.21	...	01.85	...	...	01.11	...	...
Fe II	510.0607	0.171	...	...	...	...	...	01.24	...	...	...	...
Fe II	510.0727	0.703	...	04.12	...	06.09	...	...	...	...	...	...
Fe II	510.6109	-0.276	...	00.80	...	...	...	00.87	01.20	...	...	...
Fe II	511.3004	-0.499	...	00.51	...	...	...	...	01.19	...	...	...
Fe II	511.7034	-0.126	...	00.83	...	...	...	00.43	...	...	...	...
Fe II	512.0352	-4.214	...	01.07	01.32	...	...	02.12	...	04.79	...	...
Fe II	512.7866	-2.535	...	01.91	...	...	...	02.60	...	02.46	...	...
Fe II	513.2669	-4.180	...	02.38	...	...	02.28	02.88	...	05.73	02.36	...
Fe II	513.6802	-4.490	...	01.31	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	514.3880	0.102	...	00.68	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	514.4355	0.283	...	01.34	...	...	01.39	02.02	...	...	00.54	...
Fe II	514.6127	-3.913	...	...	05.69	04.49	...	...	02.70	09.10	...	...
Fe II	514.9465	0.396	...	01.82	...	...	01.81	02.16	...	01.61	00.63	...
Fe II	515.0941	-4.452	...	00.57	01.79	...	00.84	00.97	...	04.87	...	...
Fe II	515.0489	-0.124	...	...	...	...	...	...	00.81	...	...	...
Fe II	515.7282	-0.312	...	00.84	00.70	...	...	...	01.49	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	516.0839	-2.641	02.10	...	01.20	...	...	02.57	...	...	...	...
Fe II	516.9033	-0.870	...	...	26.62	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	516.1184	-4.483	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	516.6555	-0.030	...	00.74	...	...	...	00.68	...	...	...	...
Fe II	516.9033	-0.870	...	21.06	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	518.0314	0.044	...	00.77	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	519.9122	0.101	...	00.93	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	521.3960	-0.218	...	...	...	...	...	00.83	...	...	00.31	...
Fe II	521.5844	-0.227	...	00.79	...	...	...	00.67	...	...	...	...
Fe II	521.6854	0.390	...	01.50	...	...	...	...	02.77	...	...	...
Fe II	521.8842	-0.205	...	00.57	...	...	...	00.44	...	...	...	...
Fe II	522.2361	-0.326	...	00.48	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	522.3260	-0.410	...	00.73	...	...	...	00.46	01.39	...	...	...
Fe II	523.4625	-2.050	19.28	11.96	15.51	18.55	15.57	15.79	...	18.80	14.80	...
Fe II	523.7950	0.135	...	...	...	...	...	00.85	...	...	...	...
Fe II	524.7952	0.630	...	01.70	...	...	...	00.85	...	...	...	...
Fe II	525.1233	0.507	02.43	02.23	...	...	...	02.04	02.35	...	...	...
Fe II	525.4929	-3.227	05.65	05.09	07.47	07.91	07.31	06.09	02.61	11.38	08.46	05.68
Fe II	525.6938	-4.250	02.17	...	02.10	05.01	...	03.45	...	06.33	03.69	...
Fe II	526.0259	1.069	04.42	04.85	03.19	...	06.01	05.11	05.27	04.35	02.60	02.66
Fe II	526.4812	-3.190	...	06.55	06.26	07.39	06.94	09.00	...	...	08.38	...
Fe II	527.2397	-2.030	...	...	03.50	05.26	04.47	04.11	02.36	05.29	03.04	...
Fe II	527.6002	-1.940	16.64	12.91	16.57	16.80	16.98	16.47	...	22.32	...	...
Fe II	527.8207	-1.558	...	00.56	...	...	...	00.55	...	02.71	01.09	...
Fe II	527.8938	-2.408	...	01.32	...	...	...	02.31	...	...	...	...
Fe II	528.4109	-3.190	...	06.71	11.21	...	07.51	09.21	02.97	...	...	...
Fe II	529.1666	0.575	...	01.92	...	...	02.97	02.57	02.17	...	01.60	...
Fe II	531.5563	-1.457	...	...	...	...	...	...	...	...	00.32	...
Fe II	537.5847	-0.291	...	...	...	...	...	00.91	...	00.74	...	...
Fe II	533.7732	-3.892	...	...	02.73	...	02.90	...	...	08.01	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	536.2869	-2.739	12.93	10.46	12.56	12.56	13.09	...	08.02	...	...	...
Fe II	538.7063	0.518	02.03	02.21	...	...	02.98	02.32	02.09	...	00.72	...
Fe II	539.5857	0.358	...	01.91	...	...	02.45	01.92	...	...	...	...
Fe II	540.8811	-2.393	...	01.15	00.61	...	...	01.72	...	02.27	...	...
Fe II	540.2059	0.502	...	01.59	...	...	...	02.09	03.36	...	01.15	...
Fe II	541.1375	-0.435	...	...	...	...	...	03.75	...	...	...	...
Fe II	541.4073	-3.790	...	02.73	03.88	...	...	...	...	07.86	03.77	...
Fe II	542.5257	-3.360	...	04.48	06.29	...	06.44	06.70	...	10.81	...	...
Fe II	542.7826	-1.664	...	01.96	01.09	...	03.71	02.41	...	03.03	...	...
Fe II	543.2967	-3.629	05.23	03.96	05.13	...	04.28	05.34	02.52	09.28	06.72	...
Fe II	553.4847	-2.930	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	543.9707	-2.309	...	...	...	...	...	00.71	...	...	...	...
Fe II	544.2351	-0.303	...	00.65	...	...	...	00.66	...	...	...	...
Fe II	544.4387	-0.185	...	...	...	...	...	...	01.51	...	...	...
Fe II	544.5807	-0.106	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	545.7730	-0.168	...	...	...	...	...	...	01.15	...	...	...
Fe II	546.5931	0.521	...	02.28	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	546.6908	-1.885	...	...	...	...	...	01.60	...	...	...	...
Fe II	548.2308	0.432	...	01.76	...	...	...	01.44	...	...	...	...
Fe II	549.2079	-0.180	...	00.50	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	549.3833	0.211	...	01.24	...	...	...	01.17	...	01.22	00.74	...
Fe II	550.6195	0.950	04.66	03.03	...	05.84	02.99	03.35	...	...	...	01.93
Fe II	550.7072	-0.325	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	552.5125	-4.609	...	...	01.05	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	552.9053	-0.250	...	...	...	...	...	00.74	...	...	...	...
Fe II	552.9932	-1.875	...	01.56	01.69	...	00.72	01.72	...	02.60	...	...
Fe II	553.2088	-0.327	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	553.2864	-2.780	...	...	...	...	...	...	...	00.70	...	...
Fe II	553.4847	-2.930	11.49	08.10	09.91	11.72	09.87	09.98	04.43	13.14	11.58	12.26
Fe II	554.4763	0.117	...	01.25	...	...	...	00.93	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	556.7842	-1.887	01.58	01.70	00.89	...	01.16	01.44	...	02.14	01.53	...
Fe II	558.8220	0.086	...	01.00	...	...	...	00.58	01.23	...	...	...
Fe II	564.3880	-1.458	...	01.30	01.06	...	01.97	...	...	...	...	...
Fe II	559.1368	-4.685	...	...	...	...	...	00.47	...	01.75	...	...
Fe II	562.7497	-4.360	...	...	...	...	...	01.33	...	03.56	02.05	...
Fe II	564.3880	-1.458	...	...	...	...	...	01.33	...	02.07	...	...
Fe II	564.5392	0.085	...	01.11	...	...	...	01.48	...	...	...	...
Fe II	564.8904	-0.242	...	00.59	...	...	...	00.76	...	...	...	...
Fe II	573.2724	-4.667	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	574.7884	-2.909	...	00.31	...	...	...	...	...	01.38	...	...
Fe II	578.0128	0.325	...	01.72	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	578.4448	0.060	...	...	...	...	...	00.73	...	...	...	...
Fe II	578.3630	0.206	...	00.86	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	581.3677	-2.750	...	01.27	...	...	...	...	...	01.92	...	...
Fe II	582.3155	-3.070	...	...	...	...	...	...	...	01.41	...	...
Fe II	583.5492	-2.372	...	...	...	...	...	01.25	...	...	...	...
Fe II	595.2510	-2.032	03.31	01.61	01.73	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	595.5698	0.232	...	00.75	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	596.1705	0.699	...	02.47	...	...	...	02.51	...	...	...	...
Fe II	599.1376	-3.557	05.78	03.09	03.66	...	05.54	03.62	...	...	05.87	06.07
Fe II	604.5465	-2.419	...	...	01.00	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	608.4111	-3.808	02.31	02.01	03.04	...	02.97	03.23	...	07.11	03.42	04.30
Fe II	611.3322	-4.158	...	...	...	...	...	...	...	04.35	02.12	...
Fe II	611.6057	-4.691	...	...	...	...	...	...	...	01.34	...	...
Fe II	612.9703	-4.655	...	...	...	...	...	...	...	...	00.61	...
Fe II	614.7741	-2.721	06.29	05.32	07.88	07.12	08.56	07.45	05.13	11.47	08.07	...
Fe II	614.9258	-2.724	06.50	05.59	07.24	...	07.15	07.83	04.47	11.44	...	...
Fe II	615.0098	-4.754	...	...	...	...	...	...	...	00.95	...	...
Fe II	617.5146	-1.983	02.50	01.79	02.58	...	...	01.97	...	03.31	02.54	...
Fe II	617.9384	-2.602	...	01.88	01.15	...	...	...	...	01.97	01.94	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	622.9349	-4.824	...	...	...	...	...	...	...	01.32	...	...
Fe II	623.3534	-2.939	...	00.75	...	...	...	00.61	...	...	...	...
Fe II	623.8392	-2.630	07.44	05.81	07.95	...	07.61	08.30	03.65	11.33	07.90	06.99
Fe II	623.9366	-4.538	...	...	...	...	...	03.00	...	...	...	...
Fe II	623.9953	-3.439	02.11	02.53	02.00	...	...	...	...	04.12	...	...
Fe II	624.7557	-2.329	...	09.57	09.58	...	...	11.59	05.62	14.96	12.13	10.34
Fe II	624.8898	-2.696	...	01.40	01.61	...	...	01.38	00.90	03.42	01.52	...
Fe II	629.1830	0.303	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	631.6615	-1.850	...	13.34	...	...	17.63	...	...	...	...	...
Fe II	630.5296	-2.039	...	02.13	...	...	...	02.46	...	...	...	...
Fe II	631.7394	-2.158	...	00.92	04.59	...	05.45	03.98	...	...	06.38	...
Fe II	631.7983	-1.990	04.11	03.39	...	...	...	...	...	05.95	...	...
Fe II	633.1954	-1.977	01.50	01.63	01.47	...	...	...	...	03.15	02.44	02.48
Fe II	636.9462	-4.253	...	01.21	03.00	...	02.32	02.35	...	...	03.28	...
Fe II	638.3722	-2.271	02.56	02.19	01.99	...	03.93	02.95	...	...	02.22	...
Fe II	638.5451	-2.618	...	01.68	...	...	...	01.60	...	...	01.25	...
Fe II	640.7251	-3.699	...	00.81	01.66	...	...	01.52	...	...	...	...
Fe II	641.6919	-2.740	07.41	05.00	06.21	07.92	09.09	07.02	...	10.36	07.28	05.40
Fe II	643.3814	-2.471	...	...	...	...	...	...	...	01.43	...	...
Fe II	644.6410	-2.073	...	02.22	...	...	...	02.10	...	03.66	01.69	...
Fe II	644.2955	-2.885	...	...	...	...	...	...	...	02.37	...	...
Fe II	645.6383	-2.075	...	09.16	...	14.22	...	...	...	...	...	...
Fe II	648.2204	-2.268	...	...	02.18	...	...	...	01.47	02.42	01.47	...
Fe II	649.3035	-2.575	...	...	...	...	...	02.42	...	...	...	...
Fe II	650.6333	-3.111	...	...	...	...	...	...	...	01.42	...	...
Fe II	651.6080	-3.450	...	05.81	...	...	...	07.83	...	...	11.09	...
Fe II	651.7018	-2.755	...	00.79	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	662.7261	-1.609	...	...	...	...	...	...	...	...	00.97	...
Fe II	692.2030	0.912	...	00.85	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	722.4487	-3.243	...	...	...	...	...	...	...	05.96	04.45	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Fe II	730.8073	-3.017	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	731.0216	-3.359	...	...	...	...	...	...	...	04.65	...	...
Fe II	744.9335	-3.308	...	02.79	...	...	...	...	...	...	03.56	...
Fe II	746.2407	-2.734	06.89	05.53	07.14	...	...	07.10	...	11.94	09.51	...
Fe II	747.9693	-3.588	...	...	...	...	...	...	...	03.36	...	...
Fe II	749.5619	-0.094	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fe II	751.3162	0.191	...	...	...	...	...	...	...	...	01.81	...
Fe II	751.5831	-3.432	...	...	...	...	...	...	...	...	03.81	...
Fe II	771.1723	-2.543	...	...	07.36	...	...	09.67	...	11.82	...	...
Fe II	920.4072	0.059	...	03.66	...	...	...	...	...	...	...	...
Co I	412.1311	-0.320	...	00.44	...	...	...	...	...	...	...	...
Co I	405.2919	-0.210	...	...	01.08	...	...	...	...	...	...	...
Co I	559.0720	-1.870	...	...	00.38	...	...	...	...	...	...	...
Co I	711.7801	-2.034	...	...	...	...	...	...	...	...	01.43	...
Co II	414.5136	-2.039	...	...	...	...	...	...	...	01.05	...	...
Co II	416.0673	-1.828	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Co II	451.6633	-2.562	...	00.17	...	...	...	00.42	...	...	...	...
Co II	456.9250	-2.503	...	00.14	...	...	...	...	...	...	...	...
Co II	466.0656	-2.205	...	00.36	...	01.24	...	...	...	...	01.46	...
Ni I	429.5881	-0.480	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ni I	440.1538	0.040	...	04.36	04.77	...	03.35	05.92	...	04.43	05.84	...
Ni I	446.2449	-0.550	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ni I	454.6920	-0.271	...	00.44	...	...	...	...	...	...	03.02	...
Ni I	460.4982	-0.250	02.71	01.17	03.35	...	...	01.59	...	...	...	...
Ni I	460.6219	-1.000	...	...	...	...	...	...	...	...	01.21	...
Ni I	460.9905	-0.580	...	...	...	...	...	...	...	...	00.79	...
Ni I	464.8646	-0.100	...	02.22	04.12	03.99	03.76	04.61	...	05.42	04.59	...
Ni I	468.6207	-0.580	...	...	01.56	...	...	01.32	...	...	02.36	...
Ni I	470.3803	-0.735	...	00.49	...	...	...	00.60	...	...	...	...
Ni I	471.4408	0.260	06.04	03.87	05.37	08.77	...	05.56	...	05.56	08.42	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Ni I	471.5757	-0.320	01.33	...	...	...	01.41	02.06	...	01.97	02.42	...
Ni I	473.2456	-0.550	...	...	...	...	...	...	...	...	01.87	...
Ni I	475.4756	-0.970	...	...	...	...	...	...	...	00.87	...	...
Ni I	475.6510	-0.270	...	01.02	...	...	...	01.87	...	...	05.14	...
Ni I	478.6531	-0.160	05.06	02.57	03.88	06.93	...	...	...	...	07.63	...
Ni I	482.9016	-0.330	...	...	...	...	...	...	...	...	04.74	...
Ni I	490.4407	-0.170	...	...	03.49	...	...	...	...	...	03.66	...
Ni I	491.3968	-0.630	...	...	...	...	...	...	...	...	01.99	...
Ni I	491.8362	-0.240	...	00.36	...	...	...	...	...	...	...	...
Ni I	493.5831	-0.350	...	01.00	...	...	...	01.71	...	...	...	...
Ni I	493.7341	-0.390	...	01.04	...	...	02.42	02.29	...	02.36	02.17	...
Ni I	495.3200	-0.580	...	...	...	...	...	00.60	...	...	...	...
Ni I	498.0166	0.070	04.13	02.04	03.86	...	04.06	04.74	...	03.76	04.16	...
Ni I	499.8218	-0.690	...	...	...	...	...	00.78	...	00.81	01.37	...
Ni I	500.0338	-0.430	...	00.57	...	...	...	01.98	...	...	...	...
Ni I	501.0934	-0.870	...	...	...	...	...	00.85	...	...	01.08	...
Ni I	501.7568	-0.020	...	02.64	02.89	...	...	02.73	...	02.51	...	...
Ni I	503.5357	0.290	...	...	...	...	...	06.05	01.53	...	06.23	04.44
Ni I	503.8588	-0.220	...	...	...	...	...	01.89	...	...	...	...
Ni I	504.8843	-0.380	...	...	...	...	...	00.93	...	...	...	...
Ni I	508.0528	0.330	...	...	04.56	...	07.09	04.28	...	03.77	...	...
Ni I	508.1107	0.300	...	02.53	...	...	...	03.57	...	...	...	...
Ni I	508.4089	0.030	03.65	01.80	03.04	06.26	03.30	02.66	...	02.65	03.65	...
Ni I	509.9316	-0.440	...	00.61	...	...	...	...	...	...	...	...
Ni I	509.9927	-0.100	...	01.34	02.13	...	...	02.79	...	02.25	...	...
Ni I	511.5389	-0.110	02.29	01.53	02.05	...	02.77	02.25	...	01.46	02.53	...
Ni I	515.5762	-0.090	...	01.02	...	...	02.03	01.96	...	01.96	...	...
Ni I	517.6559	-0.440	...	...	...	...	...	...	...	...	01.63	...
Ni I	547.6900	-0.890	...	03.22	09.29	...	...	05.56	...	09.46	...	...
Ni I	559.2140	-0.512	...	...	00.99	...	...	...	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Ni I	569.4977	-0.610	...	...	...	...	...	...	...	...	00.99	...
Ni I	571.5066	-0.352	01.13	00.64	...	...	...	01.27	...	01.38	02.07	...
Ni I	600.7306	-3.330	...	...	...	...	...	...	...	00.04	...	...
Ni I	608.6276	-0.530	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ni I	617.6807	-0.260	...	00.49	...	...	...	...	...	01.67	02.14	...
Ni I	664.3629	-2.300	...	...	...	...	...	...	...	...	01.18	...
Ni I	676.7768	-2.170	...	...	...	...	...	...	...	...	01.79	...
Ni I	712.2191	0.040	...	...	...	...	...	02.81	...	03.42	03.99	...
Ni I	752.2758	-0.575	...	...	...	...	...	...	...	...	03.70	...
Ni I	772.7613	-0.170	...	...	...	...	...	01.77	...	...	05.58	...
Ni I			...		...	...				...	...	...
Ni II	401.5474	-2.424	...	03.53	...	...	...	04.28	...	...	...	...
Ni II	406.7031	-1.290	...	...	...	14.80	...	12.49	...	...	...	12.32
Ni II	419.2065	-3.055	...	02.26	...	...	...	01.77	...	...	...	...
Ni II	424.4779	-3.109	...	01.86	...	...	...	02.82	...	01.64	...	...
Ni II	499.2024	0.990	...	00.64	...	...	...	...	...	...	...	...
Ni II	506.6328	-1.799	...	01.55	...	...	...	02.36	...	01.36	...	...
Ni II	542.4572	-1.988	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cu I	510.5537	-1.516	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cu I	521.8197	0.476	...	00.56	00.90	...	...	...	...	...	...	...
Zn I	468.0134	-0.815	...	00.78	...	...	...	00.84	...	...	00.97	...
Zn I	472.2153	-0.338	...	01.59	02.82	...	03.81	02.45	...	02.02	02.12	...
Zn I	481.0528	-0.137	04.52	02.49	05.26	04.22	06.24	03.42	...	02.79	03.61	...
Sr II	407.7709	0.167	22.72	16.29	18.37	17.35	19.59	21.11	...	21.86	20.24	19.24
Sr II	421.5519	-0.145	23.34	...	...	16.42	18.12	20.30	12.34	...	...	...
Sr II	430.5443	-0.136	...	03.56	...	...	...	...	...	...	...	...
Y II	430.9631	-0.750	...	...	06.18	...	07.63	08.05	...	...	...	...
Y II	437.4935	0.160	...	...	...	...	...	12.30	...	...	...	...
Y II	439.8013	-1.000	...	02.14	06.39	...	05.15	04.71	...	06.65	07.44	...
Y II	468.2324	-1.510	...	00.85	03.33	...	...	02.44	...	02.14	02.11	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log gf	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Y II	488.3684	0.070	...	...	09.51	...	...	...	...	...	08.06	...
Y II	490.0120	-0.090	...	...	11.42	...	...	...	...	...	...	...
Y II	508.7416	-0.170	10.00	05.10	08.42	08.55	07.21	08.65	...	09.52	06.82	...
Y II	511.9112	-1.360	...	00.44	...	...	...	01.32	...	01.71	...	...
Y II	512.3211	-0.830	06.68	01.95	03.25	05.09	04.76	03.23	...	02.37	...	...
Y II	520.0406	-0.570	...	02.07	04.14	04.95	06.11	03.82	...	04.74	03.78	...
Y II	540.2774	-0.510	...	01.00	02.37	...	01.04	02.65	...	03.30	...	...
Y II	547.3388	-1.020	...	01.22	...	...	...	00.74	...	...	...	...
Y II	550.9895	-1.010	...	...	03.37	...	02.13	03.07	...	02.44	01.65	...
Y II	566.2925	0.160	...	03.95	08.76	05.75	03.34	07.47	...	05.62	...	05.16
Y II	572.8890	-1.120	...	...	...	...	...	00.84	...	...	...	...
Zr II	402.9684	-0.597	...	02.73	...	...	...	...	...	...	...	...
Zr II	403.4101	-1.550	...	...	...	...	...	01.87	...	...	...	...
Zr II	405.0316	-1.000	...	...	...	...	...	03.43	...	02.97	...	...
Zr II	409.0535	-1.009	...	...	...	...	...	...	...	03.56	...	...
Zr II	414.9217	-0.030	...	07.78	09.90	12.94	...	...	...	12.16	...	...
Zr II	415.0986	-0.992	...	02.54	...	...	...	03.13	...	03.13	03.23	...
Zr II	415.6276	-0.770	...	...	...	...	...	04.98	...	05.18	...	...
Zr II	416.1213	-0.720	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Zr II	417.9807	-0.777	...	...	...	...	...	02.30	...	...	...	...
Zr II	420.8977	-0.460	...	03.83	04.83	08.79	...	...	...	...	...	04.36
Zr II	421.1907	-1.083	05.11	03.39	04.67	05.15	06.75	05.61	...	04.96	05.03	02.58
Zr II	423.1668	-1.020	...	...	...	...	...	01.09	...	...	...	...
Zr II	429.3117	-0.800	...	...	01.25	...	...	01.15	...	01.20	...	...
Zr II	437.9742	-0.356	...	03.25	...	...	06.07	04.28	...	05.02	...	...
Zr II	440.3349	-1.203	...	...	01.09	...	...	02.37	...	...	...	...
Zr II	441.4539	-1.171	...	00.54	...	...	...	02.43	...	...	...	...
Zr II	444.0452	-1.127	...	01.42	02.03	...	...	02.53	...	01.96	...	...
Zr II	449.6980	-0.860	08.19	02.99	04.59	06.97	05.78	06.44	...	07.55	05.91	...
Zr II	461.3972	-1.520	...	00.66	...	...	...	01.66	...	02.04	01.57	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Zr II	511.2297	-0.590	...	01.38	01.59	...	02.49	02.27	...	01.88	...	...
Zr II	535.0373	-1.276	...	...	...	...	...	...	...	00.51	...	...
Ba II	416.6000	-0.420	...	...	...	...	...	01.16	...	...	...	...
Ba II	493.4076	-0.150	...	...	15.97	...	...	13.10	...	...	...	11.45
Ba II	585.3668	-1.000	05.81	01.91	06.57	06.32	04.59	03.57	...	05.45	...	...
Ba II	614.1713	-0.076	13.08	06.77	12.51	14.72	10.45	11.13	...	12.08	12.25	07.91
Ba II	649.6897	-0.377	09.78	05.45	10.70	...	...	09.97	00.74	11.39	13.71	...
La II	404.2901	0.270	...	...	01.02	...	...	01.26	...	01.98	...	...
La II	412.3218	0.120	...	...	02.14	...	...	01.14	...	02.57	...	...
La II	442.9905	-0.490	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
La II	461.9874	-0.140	...	...	00.17	...	...	...	...	...	...	...
La II	492.1776	-0.680	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ce II	415.9031	0.156	...	...	...	...	...	01.50	...	...	...	...
Ce II	416.6649	-0.820	...	...	...	...	...	00.66	...	...	...	...
Ce II	418.1076	-0.424	...	...	...	...	...	00.70	...	...	...	...
Ce II	418.6594	0.813	...	...	02.23	...	...	04.52	...	...	...	...
Ce II	424.8671	0.109	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ce II	438.2165	-0.021	...	...	01.39	...	...	...	...	...	...	...
Ce II	442.9267	0.217	...	...	...	...	...	...	...	01.08	...	...
Ce II	446.0207	0.171	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Ce II	448.6909	-0.474	...	00.46	...	...	...	...	...	...	...	...
Ce II	456.2359	0.081	...	...	02.11	...	...	...	...	01.59	...	...
Ce II	462.8161	0.008	...	...	...	...	...	...	...	01.30	...	...
Ce II	477.3941	-0.498	...	...	...	01.13	...	...	...	...	...	...
Nd II	406.9265	-0.390	...	...	...	...	...	00.59	...	...	...	...
Nd II	427.5077	0.440	...	...	...	00.76	...	...	...	...	...	...
Nd II	503.3507	-0.230	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Nd II	531.9815	-0.210	...	...	...	...	...	...	...	...	00.80	...
Sm II	446.7341	-0.300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Sm II	467.4593	-1.055	...	...	...	...	...	00.84	...	...	...	...

Atomik türü	Dalgaboyu (Nm)	log <i>gf</i>	Eşdeğer genişlik									
			HD23193	HD33266	HD170920	HD178187	HD182564	HD187340	HD196821	HD202240	HD205939	HD210516
Sm II	471.9841	-1.820	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eu II	412.9725	0.204	...	01.24	...	...	...	00.42	...	01.69	...	...
Gd II	404.9423	-0.124	..	..	..	..	..	00.78	...	...	...	...
Gd II	404.9855	0.429	..	..	..	..	..	..	..	02.86	...	...
Gd II	448.3329	-0.662	..	..	..	..	..	...	...	...	...	...
Er II	441.9608	0.386	...	...	...	...	...	01.02	...	...	...	...