

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ CİVARINDAKİ YILDIZLARIN KİMYASAL BOLLUKLARI

Etem GÜNEŞ

Danışman
Prof. Dr. Nuri ÖZEK

II. Danışman
Doç. Dr. Hasan H. ESENOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA-2015

© 2015 [Etem GÜNEŞ]

TEZ ONAYI

Etem GÜNEŞ tarafından hazırlanan "**Güneş Civarındaki Yıldızların Kimyasal Bollukları**"adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

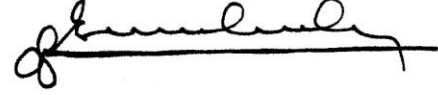
Danışman

Prof. Dr. Nuri ÖZEK
Süleyman Demirel Üniversitesi



II. Danışman

Doç. Dr. Hasan H. ESENOĞLU
İstanbul Üniversitesi



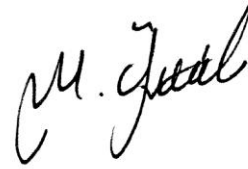
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Seyfettin ÇAKMAK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Taner TANRIVERDİ
Niğde Üniversitesi



Enstitü Müdür V. Doç.Dr.Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Etem GÜNEŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	7
3.1. Çalışmada Kullanılan F ve G Yıldızlarının Genel Özellikleri	7
3.2. Yıldızların Spektrumları	8
3.3. Spektrel Çizgi Profili ve Eşdeğer Genişlik	12
3.4. Metalisite	15
3.5. Etkin Sıcaklık	17
3.6. Kütle Analizi	18
3.7. Yüzey Çekim İvmesi	22
3.8. Mikrotürbülans Hızı	23
3.9. Yıldız Model Atmosferlerinin Oluşturulması	24
3.10. IRAF, ATLAS9 ve WIDTH9 Programları Hakkında Genel Bilgi.....	25
3.11. Kimyasal Bolluk Analizi	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	27
4.1. Çizgi Tanıları ve Eşdeğer Genişliklerin Ölçümü	27
4.2. Yıldız Model Atmosferleri	34
4.3. Bolluk Analizi	35
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	39
5.1. Çizgi Ölçümleri.....	39
5.2. Model Atmosfer Parametreleri	40
5.3. Bolluk Sonuçları	41
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ	53

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ CİVARINDAKİ YILDIZLARIN KİMYASAL BOLLUKLARI

Etem GÜNEŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nuri ÖZEK

II. Danışman: Doç. Dr. Hasan H. ESENOĞLU

Bu çalışmanın amacı, Güneş civarındaki yıldızların kimyasal bolluklarını spektroskopik olarak incelemektir.

Güneş civarındaki yıldızların birçok özelliği Güneş'e benzerdir. Bu özellikler arasından kimyasal bolluk ve kütle açısından Güneş'e benzeyen 15 yıldız seçilmiş ve bu tez çalışmasında incelenmiştir. Hipparcos kataloğundan (HIP) bu çalışmada kullanılan 17409, 21847, 27435, 28908, 29432, 30545, 35509, 44089, 50606, 61053, 70520, 72043, 73941, 85810 ve 86184 yıldızları ELODIE veri arşivlerinden alınmıştır. Çalışmada spektrumların 5000 Å ile 6000 Å dalgaboyu aralığındaki çizgilerinin tanısı yapılmış ve eşdeğer genişlikleri ölçülmüştür.

Bu çalışmada incelenen 15 yıldızın kütlesi, Girardi vd. (2000)' nin farklı Z ağır element bolluğu değerleri için oluşturdukları Padova yıldız evrim yollarından hesaplanmıştır. Bu çalışmadaki tüm yıldızların kütleleri $0,6 M_{\odot}$ ile $1,6 M_{\odot}$ aralığında çıkmıştır.

Kurucz (1995) ve ATLAS9 programı kullanılarak model atmosfer hesaplamaları yapılmıştır. Yıldızların atmosferik parametreleri olan etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans hızı ve metalizite'nin başlangıç değerleri literatürden seçilmiştir. Oluşturulan model atmosferleri kullanarak bolluk hesabı yapan WIDTH9 programı ile incelenen yıldızların Fe, Ni ve Ti bollukları hesaplanmıştır. Bu çalışmada incelenen 15 adet F ve G spektral tipli cüce yıldızın element bolluklarının Güneş değerlerine yakın olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: F ve G-tip yıldızlar, Güneş civarı yıldızlar, atmosferik parametreler, model atmosfer, metal bolluğu analizi, kütle tayini.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CHEMICAL ABUNDANCE OF THE STARS AROUND THE SUN

Etem GÜNEŞ

Süleyman Demirel University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Nuri ÖZEK

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan H. ESENOĞLU

The aim of this study is to investigate the chemical abundances of stars near the sun spectroscopically.

Many features of the stars near the Sun are similar to the sun. Among these characteristics in terms of chemical abundance and mass similar to the sun 15 stars has been selected and studied in this thesis. The Hipparcos Catalogue (HIP) used in this study 17409, 21847, 27435, 28908, 29432, 30545, 35509, 44089, 50606, 61053, 70520, 72043, 73941, 85810 and 86184 stars were taken from the ELODIE archives data. Identification of lines in the spectrum of 5000 Å and 6000 Å wavelength range and equivalent widths were measured in the study.

The mass of these 15 stars examined in this study was calculated from the Padova stellar evolution ways that created for an abundance of heavy elements for different Z values. The mass of all the stars in this work were calculated in the range of 0.6 $M_{\odot}$ to 1.6 $M_{\odot}$.

The model atmosphere calculations were made using ATLAS9 and Kurucz (1995) programs. The initial values of atmospheric parameters of the stars; such as effective temperature, surface gravity, microturbulans velocity and metalizite were selected from the literature. The stars which were analysed with WIDTH9 abundance calculator program created by using the model atmosphere, Fe, Ni and Ti abundances were calculated. Element abundances of 15 F and G spectral type of dwarf stars examined in this study were found to be close to the solar value.

Key Words: F and G-type stars, Solar neighborhood stars, atmospheric parameters, model atmosphere, metal abundance analysis, mass determination.

2015, 53 sayfa

TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren ve engin bilgi birikimi sayesinde kendisinden çok şey öğrendiğim değerli sayın hocam Doç. Dr. Hasan H. ESENOĞLU 'a teşekkürü bir borç bilir, minnet ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca tüm çaba ve emeklerini benden esirgemeyen bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Melihat ASLAN' a en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca bilgisini ve desteğini esirgemeyen Süleyman Demirel Üniversitesi Fizik Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Nuri ÖZEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezin şekillenmesinde önemli katkıları olan TEZ İZLEME KOMİTESİ' n deki değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca bilgisayar konusunda desteğini, bilgisini ve birikimini hiçbir zaman esirgemeyen Gökhan YÜCEL'e ayrıca teşekkür ederim.

Çalışma süresince her zaman destek ve yardımlarıyla yanımda olan arkadaşım Dr. Evrim Beyhan ŞEN' e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Tüm çalışmalarım boyunca maddi ve manevi her türlü yardımı göstermekten kaçınmayan anneme, babama ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Etem GÜNEŞ
ISPARTA, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1A, B, C ve D. Normalizasyonu yapılan örnek (HIP17409) spektrumlar	11
Şekil 3.2. Fe (A), Ni (B) ve Ti (C) elementlerinin çizgi tanısı ve eşdeğer genişliği ölçümlerinin yapıldığı örnek tayflar	15
Şekil 3.3. $0,6 M_{\odot} - 1,4 M_{\odot}$ kütle aralığındaki Padova eğrilerinden $Z=0.008$ (A), $Z=0.019$ (B) ve $Z=0.030$ (C) yıldız evrim eğrileri ve yıldızların bu eğriler üzerindeki konumları	21
Şekil 4.1. Fe (A), Ni (B) ve Ti (C) elementlerinin dalga boylarına karşılık eşdeğer genişlikleri	33
Şekil 4.2. Yıldızların Güneş karşılaştırmalı element bolluk grafiği	38
Şekil 4.3. Güneş'in Fe I çizgilerine ait büyüme eğrisine bir örnek	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yıldızların katalog numaraları ve tayfsal türü	7
Çizelge 3.2. Yıldızlara ait fotometrik bilgiler	8
Çizelge 3.3. Spektrumların Bazı Bilgileri	9
Çizelge 3.4. Elementlerin gözlenen dalgaboyları, laboratuvar dalgaboyları, multiplet numaraları ve $\log(gf)$ değerleri	13
Çizelge 3.5. Yıldızların m_1 , c_1 ve metalisite $[M/H]$ değerleri	16
Çizelge 3.6. Yıldızların θ_{eff} ve etkin sıcaklık değerleri	18
Çizelge 3.7. Bu çalışmada hesaplanan 15 yıldızın kütleleri ve diğer parametreleri	20
Çizelge 3.8. Bu çalışmadaki yıldızlar için hesaplanan yüzey çekim ivmesi, mutlak bolometrik parlaklık ve bolometrik düzeltme değerleri.....	23
Çizelge 3.9. Bu çalışmada hesaplanan mikrotürbülans hız değerleri.....	24
Çizelge 4.1. 10 adet Fe I çizgisinin eşdeğer genişlikleri (mÅ)	28
Çizelge 4.2. 6 adet Ni I çizgisinin eşdeğer genişlikleri (mÅ)	29
Çizelge 4.3. 5 adet Ti I çizgisinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).....	30
Çizelge 4.4. Yıldızların Güneş'e göre Fe, Ni ve Ti elementlerinin bolluk değerleri. Ayrıca karşılaştırma amacıyla Güneş'in ($\log N_{\odot}$) her üç element için bolluk değerleri verilmiştir	36
Çizelge 4.5. Çalışmadaki yıldızların Fe, Ni ve Ti bolluk değerleri.....	37
Çizelge 5.1a. İncelenen 15 yıldızın nötral Fe bolluk değerlerinin literatür ile karşılaştırması.....	43
Çizelge 5.1b. İncelenen 15 yıldızın nötral Fe bolluk değerlerinin literatür ortalaması ile karşılaştırması.....	44
Çizelge 5.2a. İncelenen 15 yıldızın nötral Ni bolluk değerlerinin literatür ile karşılaştırması.....	44
Çizelge 5.2b. İncelenen 15 yıldızın nötral Ni bolluk değerlerinin literatür ortalaması ile karşılaştırması.....	45
Çizelge 5.3a. İncelenen 15 yıldızın nötral Ti bolluk değerlerinin literatür ile karşılaştırması.....	45
Çizelge 5.3b. İncelenen 15 yıldızın nötral Ti bolluk değerlerinin literatür ortalaması ile karşılaştırması.....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABROSS	Rosseland donukluğu
ACCRAD	Işınım soğurulmasından kaynaklanan ivme
BC	Bolometrik düzeltme
(B-V)	UBV sisteminde renk indeksi
(b-y)	Strömgren ubvy sisteminde renk indeksi
c	Işık hızı
c_1	Balmer süreksizliğinin bir ölçütü
dex	10 tabanında logaritmik olarak bolluk birimi
[Fe/H]	Hidrojene göre demirin metal bolluğu
FLXCNV	Konveksiyonla taşınan enerji akısı
g	Yüzey çekim ivmesi (cms^{-2})
$g_{\odot}$	Güneş için yüzey çekim ivmesi ($2,740 \times 10^4 cms^{-2}$)
HD	Henry Draper kataloğu
HIP	Hipparcos kataloğu
H-R	Hertzprung- Russell diyagramı
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
L	Işınım gücü
$L_{\odot}$	Güneş'in ışınım gücü
logg	Yüzey çekim ivmesi
mas	Mili açı saniye ($" \times 10^{-3}$)
[M/H]	Metalsite
$M_{\star}$	Yıldız kütlesi ($M_{\odot}$)
m_1	Işınımın azaltılmasının bir ölçütü
M_{bol}	Bolometrik mutlak parlaklık
$M_{bol\odot}$	Güneş'in bolometrik mutlak parlaklığı
$M_{\odot}$	Güneş kütlesi ($1,989 \times 10^{33} g$)
M_V	Mutlak parlaklık
$N_{\star}$	İncelenen element
$N_{\odot}$	İncelenen elementin Güneş değeri
[Ni/H]	Hidrojene göre nikelin metal bolluğu
ODF	Opasite Dağılım Fonksiyonu
P	Gaz basıncı
Pop I	Popülasyon I
Pop II	Popülasyon II
PRADK	Yüzeydeki ışınım basıncı
R	Yarıçap
$R_{\odot}$	Güneş yarıçapı
RHOX	Kütle fonksiyonu
T	Sıcaklık
T_{eff}	Etkin sıcaklık
[Ti/H]	Hidrojene göre titanyumun metal bolluğu
V	Görünen parlaklık
VELSND	Ses hızı
VCOMV	Konveksiyon hızı
V_r	Radyal (dikine) hız
VTURB	Türbülans hızı
W	Eşdeğer genişlik

Z	Ağır element bolluğu
$Z_{\odot}$	Güneş için ağır element bolluğu
λ	Dalgaboyu
$\lambda_{göz}$	Gözlenen dalgaboyu
λ_{lab}	Laboratuvar dalgaboyu
ξ	Mikrotürbülans hızı
π	Paralaks
$\Delta\lambda / \lambda$	Ayırma gücü
XNE	Elektron yoğunluğu
θ_{eff}	Renk ve metalisiteye bağlı polinom fonksiyonları

1. GİRİŞ

Çok sayıda elementin ve zaman zaman moleküllerin karakteristik spektral çizgileri yıldızlardan alınan ışıktaki gözlemlenebilir. Kaliteli ve güvenilir tayfsal verilerle yapılan analizler, bir yıldızın en önemli atmosfer parametreleri olan etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve mikrotürbülans hızının hesaplanmasına izin verir. Yıldızların detaylı tayfsal analizleriyle yapılan kimyasal bolluk çalışmaları, atmosferlerindeki kimyasal bileşimlerinin ortaya konması ve evrim durumlarının belirlenebilmesi bakımından önemlidir. Yıldız ışınımında bir elementin karakteristik spektral çizgilerinin varlığından o yıldızın en dış katmanlarının kimyasal bileşimi hakkında bazı bilgiler elde edilebilir. Spektroskopi biliminin doğuşundan hemen sonra kimyasal elementlerden çoğunun Güneş'in en dış katmanlarında var olduğu bulunmuştur.

Gökbilimciler atmosferi yıldızın ışınımını aldığımız katmanlar olarak tanımlarlar. Bunun anlamı bu katman yıldızın kendisine ilişkin doğrudan bilgi elde edebildiğimiz katmandır. Daha aşağısında foton alamadığımız katmana da atmosfer diyoruz. Alt katmanlardan gelen ışınımın tümü üst katmanlardaki atomlarca bir veya birden çok soğurulduktan sonra yıldız atmosferindeki bir atom tarafından salınır. Aldığımız fotonlar, son olarak salındıkları atomların durumuna ilişkin bilgi verir ki bu atomlarda yıldız atmosferindeki atomlardır (Böhm-Vitense, E. 1989).

Güneş civarı yıldızları incelediğimiz bu çalışmamızda, Güneş'imiz bilindiği gibi galaksimizin Orion kolunda bulunmaktadır. Yaklaşık 5 milyar yaşındaki Güneş'imiz galaksimizin merkezinden 8,5 kpc (Kerr ve Lynden-Bell, 1986) uzaklığında yer alır.

Yıldızların merkezinde H ve He'un daha ağır elementlere dönüşür ve yıldızın ölümünden sonra bunlar yıldızlar arası ortama tekrar dönmektedir. Buna göre, Gökadamız aslında küresel bir H ve He bulutu olarak evrimine başlamış olabilir. Metalce zayıf Pop II yıldızlarından oluşan bulutlar, galaktik düzleme doğru çöken metallerle zenginleştirilmiş olabilir. Şu anda sadece sarmal kolların yoğun bölgelerinde Pop I'e ait metalce zengin yıldızların oluşumları sürmektedir. Astronomlar H ve He'dan sonra gelen elementlere kütlece büyük (ağır) anlamında Fe elementleri olarak isimlendirmektedir. Bu çalışmada 15 Güneş civarı yıldızın Fe, Ni ve Ti elementlerinin metal bollukları bulunmuştur.

Gökadamızdaki yıldızlar metal bolluklarına göre kabaca iki genel gruba ayrılabilir. Bu ayırımın amacı: benzer yaşa, bileşime ve kinematiğe sahip yıldızların ortak gruplanmasını sağlamaktır. Bu tür ortak özelliklerin belirlenmesi, yıldızlarda kayıtlı olan Gökadanın geçmiş evrimini araştırmakla yapılır. Metal bolluğunun ve yörüngenin niteliği fosil özelliklerdir. Bunlar galaktik evrim ile değişmezler. Aslında bu, yıldızın yaşı doğrudan doğruya metal bolluğu ile bağlantılı olduğundan, onların yaşı ile ilgileniyoruz anlamına gelir (Özdemir vd. 2005).

Galaksimizin 4 bileşenine ayrımında (şişkin bölge, ince disk, kalın disk ve halo) metal bolluğu ve kinematiğine bakılmaktadır. Galaksinin incelenmesinde metal bolluğu çok önemli rol oynamaktadır. Çünkü Galaksi düzlemine dik (radyal) doğrultuda metal gradientin olup olmaması, Galaksi için farklı bir oluşum senaryosunu gerektirir. Gradiyentin varlığının kanıtlanması halinde, Galaksinin çökerek oluştuğu şeklindeki senaryonun kabul edilmesi gerekir. Metal bolluğu gradientinin olmaması halinde ise Galaksinin bir takım cüce galaksilerin birleşmesi veya Galaksimize dışarıdan önemli miktarda gaz akışı sonucunda oluştuğu şeklindeki düşüncenin kabul edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu düşüncüyü savunanlar, Galaksinin çökmesinin yavaş olduğunu iddia etmektedir. Kaynak olarak da küresel kümeler arasındaki büyük yaş farkı gösterilmektedir. Bununla beraber, yeni çalışmalar küresel kümelerin büyük bir kısmının yaş farklarının iddia edildiği kadar büyük olmadığını gösteriyor (Karaali vd. 2002).

Galaktik çekirdek ve galaktik diskte bulunan bazı yıldızların metal bolluğu çok yüksek çıkmaktadır. Bunun sebebi galaksimizin erken evrelerinde büyük kütleli yıldızların, çok hızlı bir şekilde oluşmuş olmalarıdır. Güneş, etrafındaki yıldızların çoğunu içine alan ince diskte bulunur. Diskteki yıldızlar Güneş'e benzer metal bolluğuna sahiptirler. Güneş, genç ve metalce zengin olan Popülasyon I yıldızıdır. Popülasyon I yıldızları galaktik düzleme yakın bulunurlar ve genç yıldızlardır. Homojen olmayan bir dağılım gösterirler. Bu tür yıldızlar galaksimizin ince diskini oluştururlar.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Eggen (1962) 221 adet cüce yıldızın ve Twarog (1980) F ve G tipi cüce yıldızın fotometrik ve düşük çözünürlüklü gözlemlere dayanan çalışmalarında, metal bolluğunun yaşla ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Çalıştıkları yıldızlarda α -elementlerinin (Ca, Mg, Ne, O, Si ve Ti), Güneş'e yakın değerlerden daha yüksek değerlere doğru değişiklik gösterdiğini ortaya koymuşlardır. İleriki yıllarda gelişen gözlem ve analiz teknikleriyle Galaktik kimyasal evrimi daha detaylı çalışmak mümkün olmuştur.

Edvardsson vd. (1993), 189 adet F ve G cüce yıldızın Al, Ba, Ca, Fe, Mg, O, Na, Nd, Ni, Si, Ti, Y ve Zr elementlerinin bolluk analizlerini yapmışlardır. Yaş ve metalisite arasında zayıf bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Eggen (1998) çalışmasında benzer özellikteki yıldızların evrimsel tarihlerini belirlemek için astrometrik ve fotometrik parametrelerini araştırmıştır. Çalışmada en yaşlı yıldızların (halo) yaşı $t \geq 10-12$ Gyr ve hızları (V) -50 km/s ile -800 km/s aralığına sahiptir. Ağır element bolluğu $[Fe/H] = -0,8$ dex den daha az bolluğa sahiptir. Çalışmada HIP28908 ve HIP70520 tez yıldızlarının $[Fe/H]$ bolluklarını bulmuşlardır.

Chen vd. (2000), daha gelişmiş analiz teknikleri kullanarak, Edvardsson vd. (1993)'nin sonuçlarını araştırmak ve genişletmek amacıyla 90 adet F ve G tip cüce yıldızını incelemişlerdir. Diğer elementlerde Edvardsson vd. ile tutarlı sonuçlar elde etmelerine rağmen metalce zayıf yıldızlarda Edvardsson vd.'den farklı olarak Al ve Na elementlerini daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Gaidos ve Gonzales (2002) çalışmalarında, 34 adet G0-K2 tip Güneş benzeri yıldız için C, Ca, Fe, Mg, Na, Ni, S, Si ve Ti elementlerinin bolluklarını MOOG (Snedden, 1973) programı kullanarak incelemişlerdir. Yazarlar, yıldızların ağır element bolluğu ve kinematikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Ağır element bollukları yıldızların oluşumları hakkında kimyasal bilgi yansıttığı bilinmektedir.

Reddy vd. (2003), yine Edvardsson vd. (1993)'den esinlenerek ve onların sonuçlarını araştırmak amacıyla 181 adet F ve G cücesinde 27 elementin bolluklarını incelemişlerdir. Tez yıldızlarından HIP29432 ve HIP30545'in Fe bolluğu bu çalışmada yer almaktadır. α -

elementlerinin göreceli bolluğu azalan Fe bolluğuyla artar. s- prosesiyle ortaya çıkan ağır element bolluğu azalan Fe bolluğuyla azalır. Al, Ca, Eu, Mg, Si ve Ti için kalın disk yıldızlarının [Element/Fe] oranı ince disk yıldızlarından daha büyüktür. Fe ve Na grubu elementleri için [Element/Fe] oranı ince disk ve kalın disk yıldızlarında çok benzerdir. Ba, ince diske göre kalın disk yıldızlarında çok az olabilmektedir.

Prieto vd. (2004) çalışmalarında, Güneş civarında bulunan 118 adet F-G-K tipi yıldızın spektroskopik olarak incelemişler ve Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Mn, Ni, O, Sc, Si, Ti, Y ve Zn elementlerin bolluklarını hesaplamışlardır.

Luck ve Heiter (2005) çalışmalarında, 114 adet F-G-K tip cüce yıldızın metal bolluk analizini MARCS75 (Gustafsson vd. 1975) programını kullanarak 14 elementin (Al, C, Ca, Cr, Fe, Mg, Mn, Na, O, S, Sc, Si, Ti ve V) metal bolluklarını hesaplamışlardır.

Valenti ve Fischer (2005)'nin çalışmalarında, F-G-K türü 1040 adet yıldız spektroskopik olarak inceleyerek yıldız katalogunu oluşturmuşlardır. Valenti vd. (2005) farklı bir bolluk analizi metodu izleyerek, sentetik spektrumlar ile gözlemsel spektrumların karşılaştırılmasından, tüm yıldızlar için ayrı ayrı etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, metalisite, dönme hızı ve beş elementin (Fe, Na, Ni, Si ve Ti) bolluklarını hesaplamışlardır. Ayrıca, tez yıldızlarından HIP27435, HIP29432, HIP30545, HIP44089, HIP72043, HIP73941 ve HIP85810'un [Fe/H], [Ni/H] ve [Ti/H] bollukları da bulunmaktadır.

Reddy vd. (2006) çalışmalarında, F ve G tür cüce yıldızların Al, Ba, C, Ca, Ce, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Mg, Mn, Na, Nd, Ni, O, Sc, Si, Ti, V, Y ve Zn elementlerinin bolluklarını analiz etmişlerdir. 176 adet cüce yıldız Hipparcos kataloğundan seçilmiş ve yüksek çözünürlüklü tayfları ile analiz edilmiştir. Reddy vd. kalın disk yıldızlarının bolluklarını ince disk yıldızlarının bollukları ile karşılaştırmışlardır. Alfa elementlerinin (Ca, Mg, O, Si ve Ti) kalın diskteki Fe oranı ince diskteki Fe oranına kıyasla $-0.3 < [Fe/H] < -1.2$ dex aralığında artış göstermektedir. Diğer elementler (Al, Co, Sc, V ve Zn) içinde benzer şekilde kalın diskteki Fe oranı ince diskteki Fe oranına göre artış göstermektedir. Cr, Cu, Mn, Na ve Ni elementlerinin Fe'e göre bolluğu ince ve kalın disk için çok benzerlik göstermektedir. Kalın disk yıldızlarının Fe bollukları $[Fe/H] > -0.3$ dex değerleri içermez. Ayrıca HIP70520 tez yıldızının [Fe/H], [Ni/H] ve [Ti/H] oranı da yer almaktadır.

Ramirez vd. (2009) çalışmalarında, 64 adet yıldız için Al, Ba, C, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, O, S, Sc, Si, Ti, V, Y, Zn ve Zr elementlerin metal bolluklarını Kurucz'un uygun model atmosferlerini kullanarak, MOOG (Snedden, 1973) programıyla hesaplamışlardır. İnceledikleri 19 elementin metal bollukları Galaktik ince disk kimyasal evriminin daha önceki modellemeleriyle uyumlu olduğunu bulmuşlardır.

Arnadottir vd. (2010) çalışmalarında, Samanyolu'nun ayrıntılı bir görüntüsünü elde etmek için farklı ölçeklerde fotometrik ve spektroskopik olarak tarama gözlemi yapmışlardır. Birinci amaçları, Strömgren fotometriden bulunan metalisite $[M/H]$ için uygun kalibrasyonları değerlendirmişlerdir. İkinci amaçları, cüce yıldızların kendi doğasındaki metalisite bağımlılığını yansıtmak için standart diziler geliştirmişlerdir. Son amaçları, ugriz fotometrisinden bulunan metalisite ile Strömgren fotometri sisteminden bulunan metalisite karşılaştırarak test etmişlerdir. 451 adet cüce yıldızın renk indeksini (b-y) 0,3 ile 1,0 aralığında homojenize edilmiş katalog oluşturmuşlardır. Bu katalogda tüm yıldızların uvby ile yüksek çözünürlüklü ve sinyal gürültü oranı yüksek tayflardan belirlenmiş Fe bollukları yer almaktadır. Ayrıca HIP44089 tez yıldızının $[Fe/H]$ oranı bu katalog da yer almaktadır.

Nissen ve Schuster (2011), Güneş civarında bulunan halo yıldızlarının ayırımını yapmak için 94 adet yıldızın element bolluklarını araştırmışlardır. $[Ba/Fe]$, $[Cu/Fe]$ ve $[Zn/Fe]$ için α -elementlerince zengin ve fakir halo popülasyonları arasında sistematik farklar olduğu sonucuna varmışlardır.

Bensby ve Feltzing (2012), Galaktik ince ve kalın diskin kimyasal ve kinematik özelliklerini araştırmak için, Güneş civarında bulunan 703 adet yıldızın element bolluk analizini yapmışlardır. Belirli bir metal bolluğunda, kalın diskin bolluk eğilimi, ince diskten α -elementleri bakımından daha zengin olduğunu bulmuşlardır. Kalın diskin metal zenginlik limiti, en azından Güneş değerlerine ulaşır, metalce zayıflık limiti ise yaklaşık $[Fe/H]=-0,8$ dex civarında olduğunu bulmuşlardır.

Mishenina vd. (2013) çalışmalarında, 276 adet cüce yıldız için Ba, Ce, Eu, Fe, La, Nd, Ni, Sm, Y ve Zr elementlerin metal bollukları analiz edilmiştir. Metal bolluğu tayinleri $-1 \leq [Fe/H] \leq +0,3$ dex bulmuşlardır. $[Ni/Fe]$ oranı metalisite aralığı düşünüldüğünde akı değerinin Güneş'in akı değerine yakın olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda çekirdek çökmeli süpernova (SN) ve SNIa fırlattığı metalisite'nin $[Ni/Fe]$ oranına yakın olduğunu

bulmuşlardır. $[\text{Ni}/\text{Fe}]$ oranının Güneş'in $[\text{Ni}/\text{Fe}]$ oranından yüksek olması doğrulanmıştır. Ayrıca, tez yıldızlarından HIP17409, HIP21847, HIP27435, HIP28908, HIP29432, HIP61053 ve HIP85810'un Fe ve Ni bolluğunu ve HIP30545'inde sadece Fe bolluğunu çalışmışlardır.

Gonzalez (2014) çalışmasında, 37 adet F ve G geç tip cüce yıldızının Li elementinin bolluğunu incelemiştir. Çalışmasında MOOG (Snedden, 1973) ve Kurucz ve Bell (1995) programlarını kullanarak yıldızların model atmosfer ve metal bollukları analizi yapılmıştır. Çalışmasındaki 37 yıldızın Li elementinin bolluk değeri literatürdeki verilerle uyumlu bulmuştur. Ayrıca, tez yıldızlarından HIP27435'in Fe bolluğunu da bulmuştur.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan F ve G Yıldızlarının Genel Özellikleri

Bu çalışmada, Güneş civarında bulunan F ve G tipi cüce yıldızlar incelenmiştir. Düşük kütleli olarak doğan F ve G tip cüce yıldızlar uzun ömürlü olduklarından, kimyasal kompozisyonları oluştukları zamandaki yıldızlar arası ortamı yansıtır. Bu yıldızların element bolluk analizleri, galaksimizin kimyasal evrimi hakkında bilgi sağlar.

Bu çalışmada incelenen yıldızların Hipparcos (HIP), Henry Draper (HD) kataloglarındaki numaraları ve Hipparcos Kataloğundan (ESA, 1997) alınan tayfsal türü Çizelge 3.1’de verilmektedir. Çizelge 3.2’de yıldızlara ait bazı fotometrik bilgiler verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yıldızların katalog numaraları ve tayfsal türü.

HD Numarası	HIP Numarası	Tayfsal Türü
23050	17409	G2V
29645	21847	G0V
38858	27435	G4V
41330	28908	G0V
42618	29432	G3V
45067	30545	F9V
57006	35509	F8V
76752	44089	G2V
89389	50606	F8V
108954	61053	F9V
126512	70520	F9V
129814	72043	G5V
134044	73941	F8V
159222	85810	G1V
160933	86184	F9V

Çizelge 3.2. Yıldızlara ait fotometrik bilgiler.

HIP	B-V (kadir)	Görünen Parlaklık (V)	b-y (kadir)
17409	0,583	7,47	0,386
21847	0,593	5,99	0,370
27435	0,639	6,00	0,402
28908	0,600	6,12	0,382
29432	0,642	7,00	0,404
30545	0,564	5,90	0,361
35509	0,537	6,00	0,340
44089	0,680	7,45	0,412
50606	0,580	6,00	0,369
61053	0,568	6,22	0,360
70520	0,581	7,30	0,378
72043	0,636	7,52	0,401
73941	0,537	6,00	0,353
85810	0,639	6,56	0,406
86184	0,596	6,42	0,391

Yıldızlara ait B-V değerleri Hipparcos (Van Leeuwen, 2007), yıldızların görünen parlaklığı (V) SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) veri merkezinden alınmıştır ve b-y değerleri UVBY-BETA katalogundan alınmıştır (Hauck ve Mermilliod, 1997).

3.2. Yıldızların Spektrumları

Yıldızlar hakkındaki özellikle atmosfer bilgileri yıldız tayfı incelemelerinden elde edilir. Örneğin yıldızların kütleleri, sıcaklıkları ve kimyasal yapıları eşdeğer genişliklerden hesaplanır.

Bu çalışmada kullanılan yıldızların fits formatındaki eşel spektrumu ELODIE arşivinden alınmıştır (<http://atlas.obs-hp.fr/elodie/>). Çalışmada kullanılan 15 yıldızın spektrumları 5000 Å ile 6000 Å dalgaboyu aralığındaki çizgilerinin tanısı yapılmış ve eşdeğer genişlikleri ölçülmüştür. Yıldızların gözlem tarihi ve dalgaboyu aralığı Çizelge 3.3'te verilmiştir.

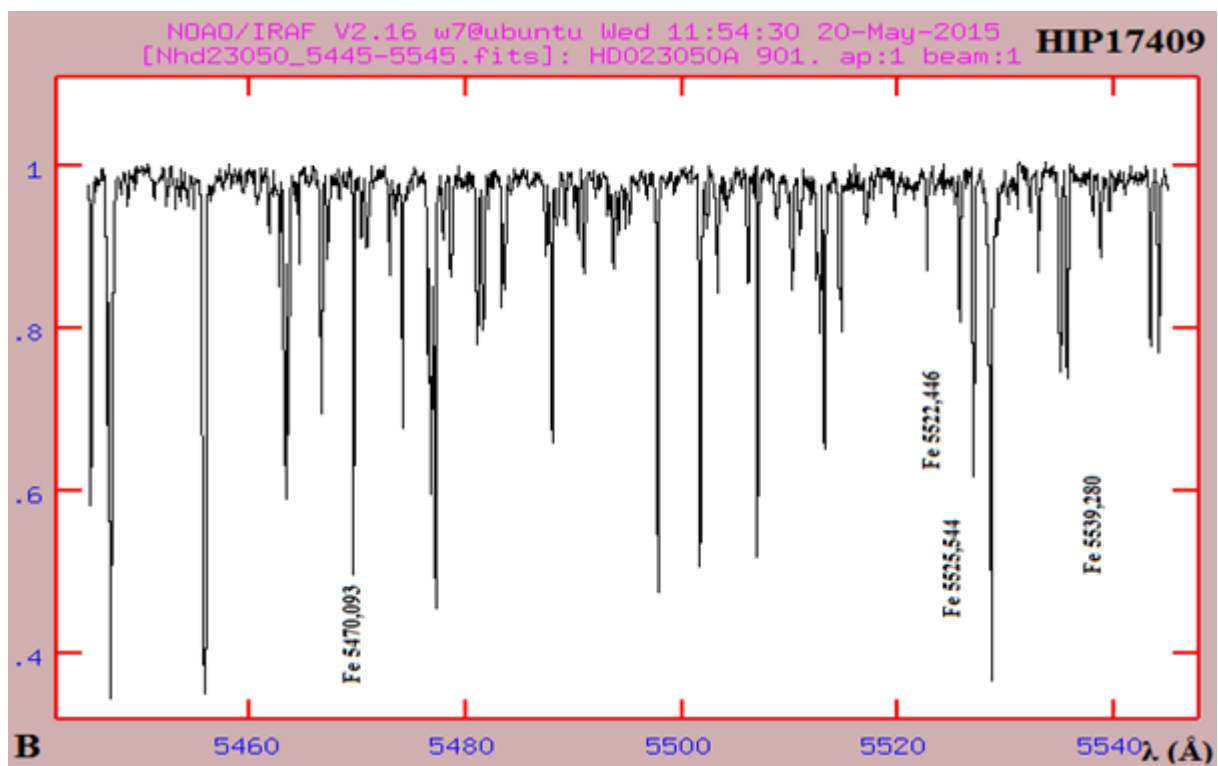
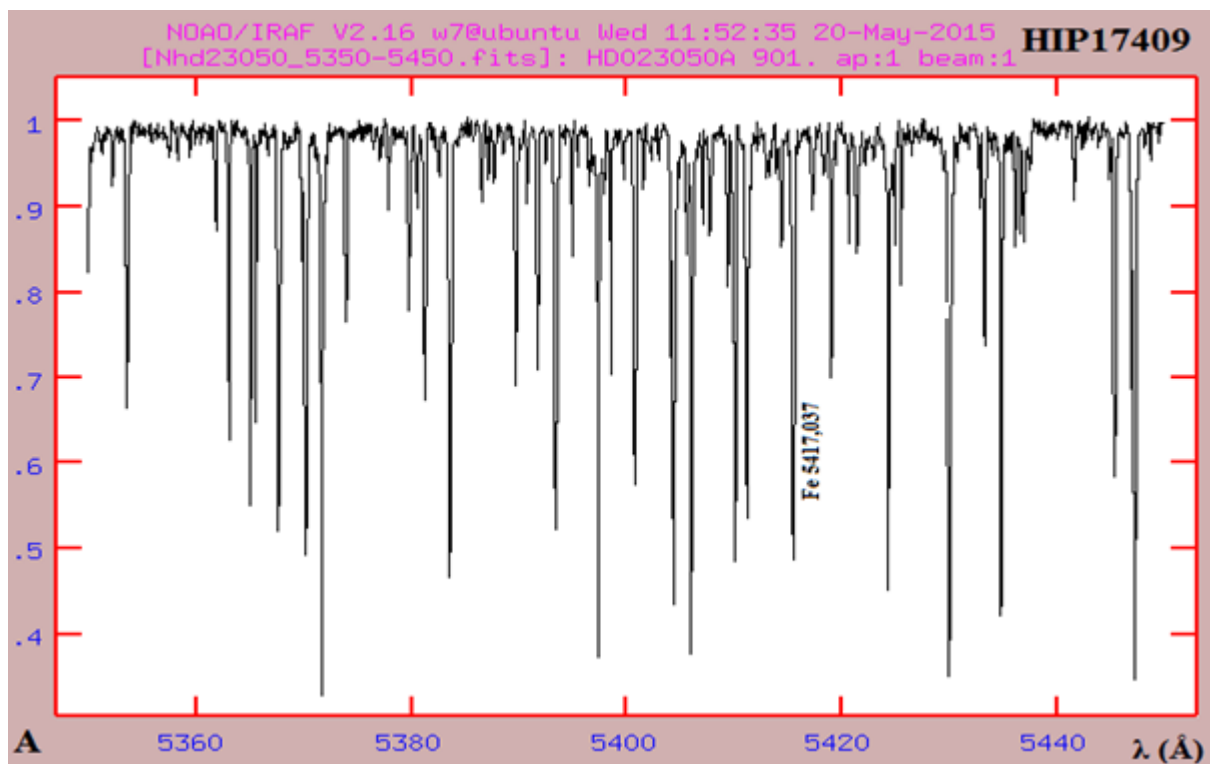
Çalışmada kullanılan yıldızların ayırma gücü $\Delta\lambda/\lambda = R = 42000$ 'dir. Bu ayırma gücü ile yaklaşık 7 km/s hız (ΔV) hassasiyetine ulaşılabilir (3.1).

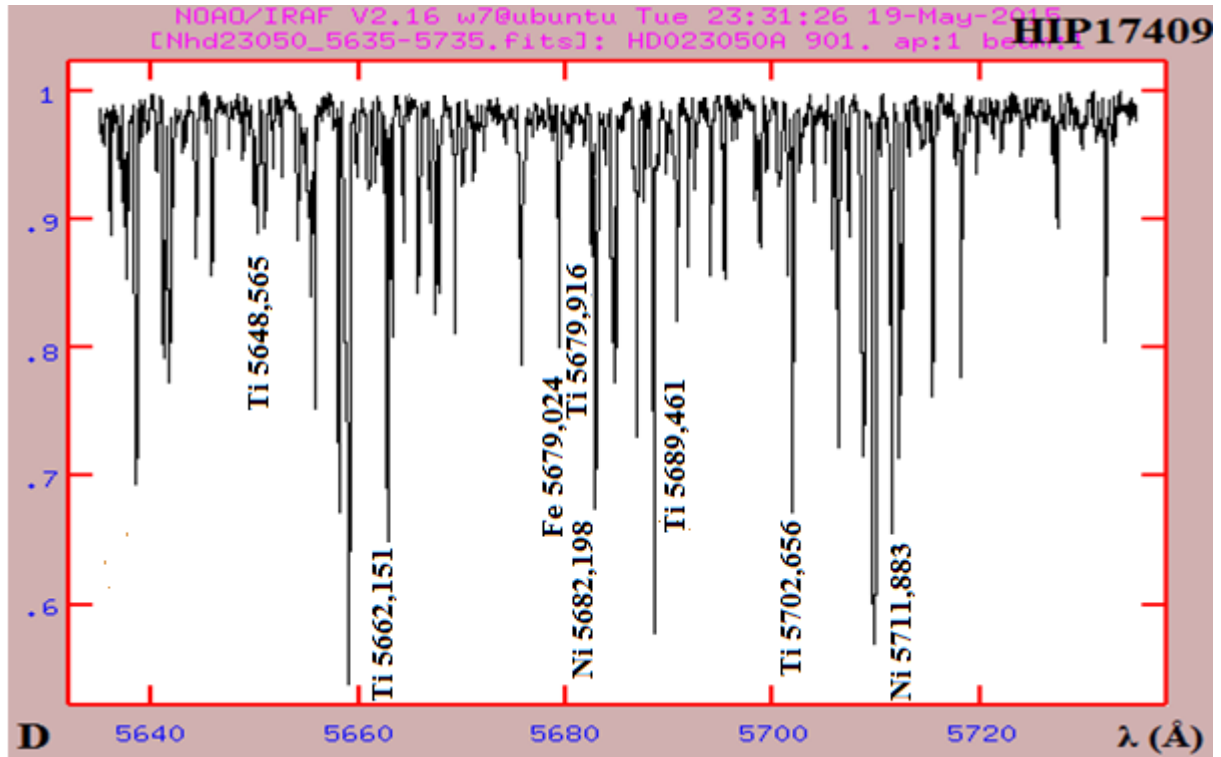
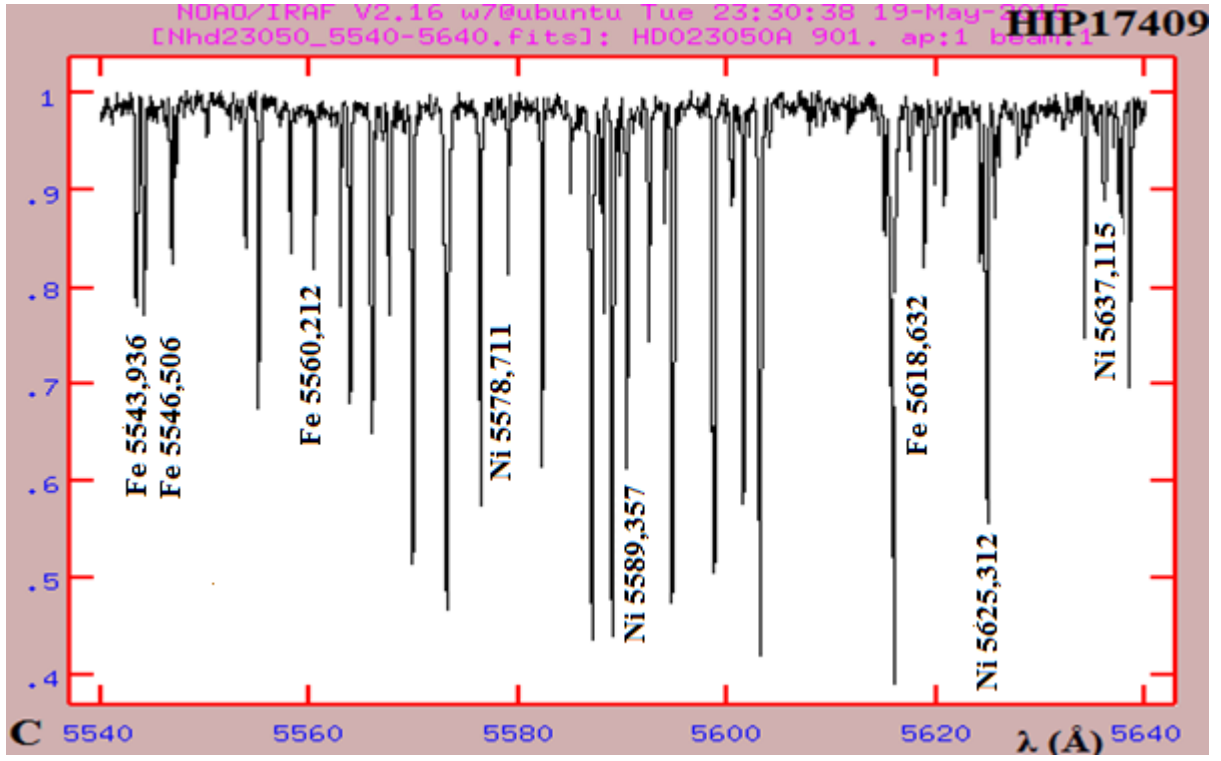
$$\Delta V = \frac{c \text{ (ışık hızı)}}{R} = \frac{299800 \text{ km/s}}{42000} \cong 7 \text{ km/s} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.3. Spektrumların bazı bilgileri.

HIP	Gözlem Tarihi	Dalgaboyu Aralığı (Å)
17409	Ekim 1999	5350-6300
21847	Ekim 2001	5350-6300
27435	Ocak 1998	5350-6300
28908	Ocak 1997	5350-6300
29432	Şubat 1998	5350-6300
30545	Ocak 1998	5350-6300
35509	Aralık 2000	5350-6300
44089	Mart 1997	5310-6645
50606	Nisan 1997	5310-6645
61053	Ocak 2000	5350-6300
70520	Şubat 1998	5350-6300
72043	Mart 1999	5350-6300
73941	Mart 1998	5310-6645
85810	Temmuz 2001	5350-6300
86184	Mayıs 2004	5350-6300

ELODIE arşivinden alınan spektrumların dalgaboyu kalibrasyonu yapılmış ama normalizasyon yapılmamıştır. ELODIE arşivinden alınan 15 yıldızının spektrumunun normalizasyonu, IRAF'ın süreklilik ekranı kullanılarak yapılmıştır. Normalizasyonu yapılan örnek bir spektrum Şekil 3.1A, B, C ve D' de verilmiştir.





Şekil 3.1A, B, C ve D. Normalizasyonu yapılan örnek (HIP17409) spektrumlar.

3.3. Spektrel Çizgi Profili ve Eşdeğer Genişlik

Spektrel çizginin ayrıntılı şekline çizgi profili denir ve yıldız atmosferinin özelliklerini yansıtır. Bir spektrel çizginin eşdeğer genişliği yıldız atmosferinde söz konusu dalgaboyunda soğurabilecek durumda ne kadar atom olduğuna bağlıdır. Eşdeğer genişlik yıldız spektrumunda belirli bir çizginin şiddetini karakterize eder. Ne kadar çok atom varsa çizgi o kadar geniş ve şiddetlidir. Eşdeğer genişlik, gerçekte sürekli spektrumda çizginin sahip olduğu enerjinin bir ölçüsüdür.

Element bollukları, blend olmayan tayf çizgilerinin eşdeğer genişlikleri kullanılarak WIDTH 9 programıyla hesaplandı. Programın girdi dosyası olarak her atom ve iyon için ayrı ayrı çizgi atlası oluşturuldu. Çizgi atlası, ATLAS9'dan alınan model atmosfer değerleri ve çizgilere ait atomik verilerden oluşturuldu.

Çalışmada kullanılan yıldızların tayf çizgilerinin hangi atom ve iyonlara ait oldukları, çizgi tanısı yöntemiyle tanımlandı. Bu yöntem, aşağıdaki kriterler dikkate alınarak uygulanmıştır.

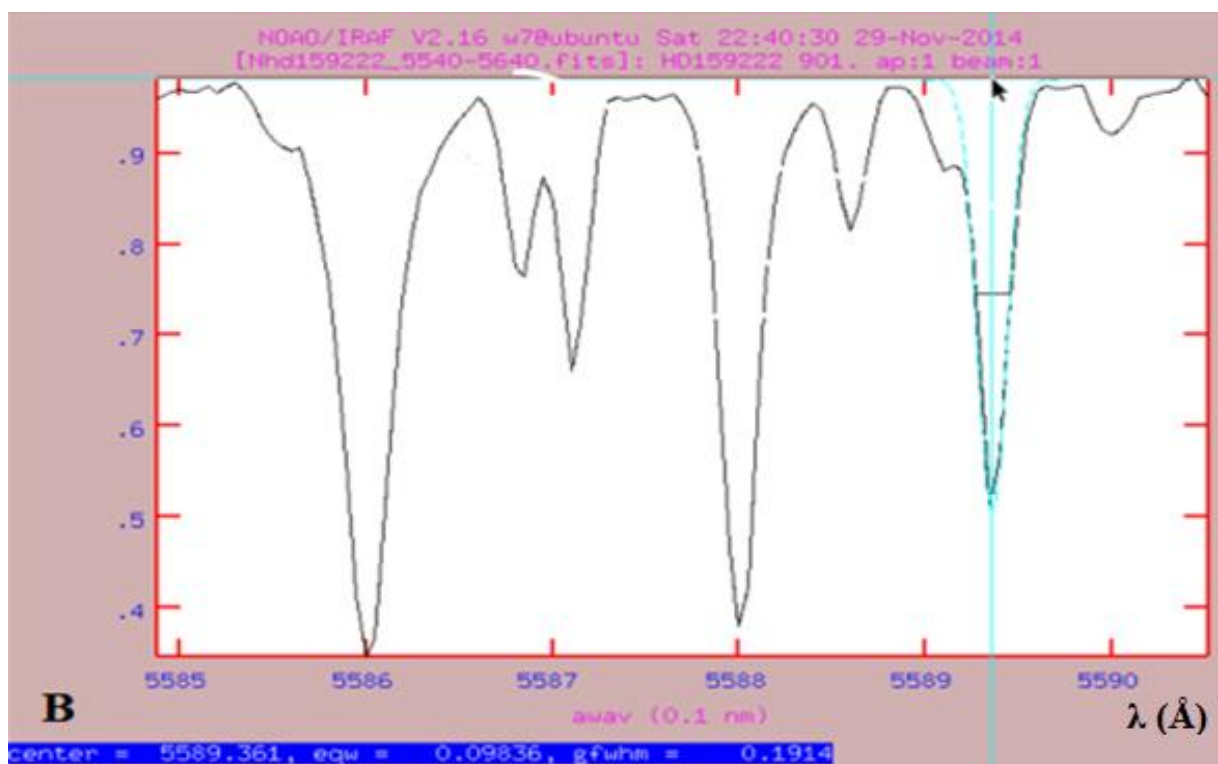
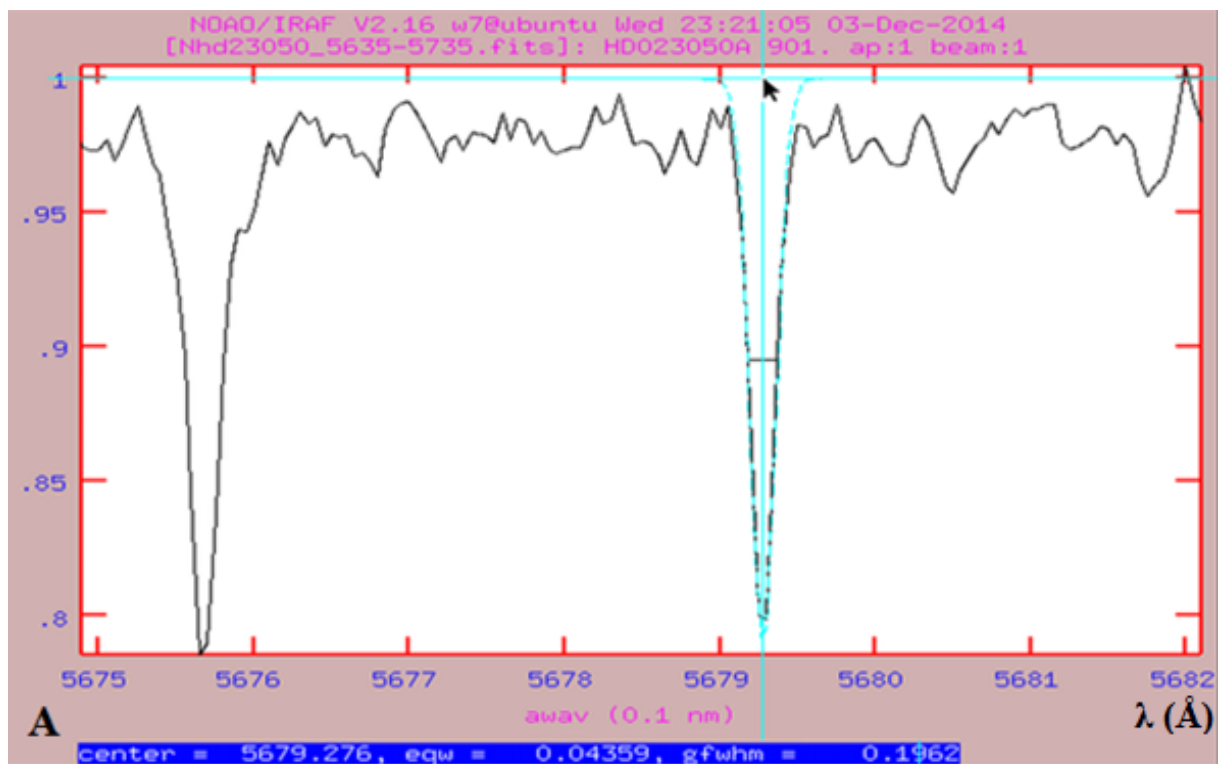
Çizgi tanısında izlenen yol (Tokalı, 2011):

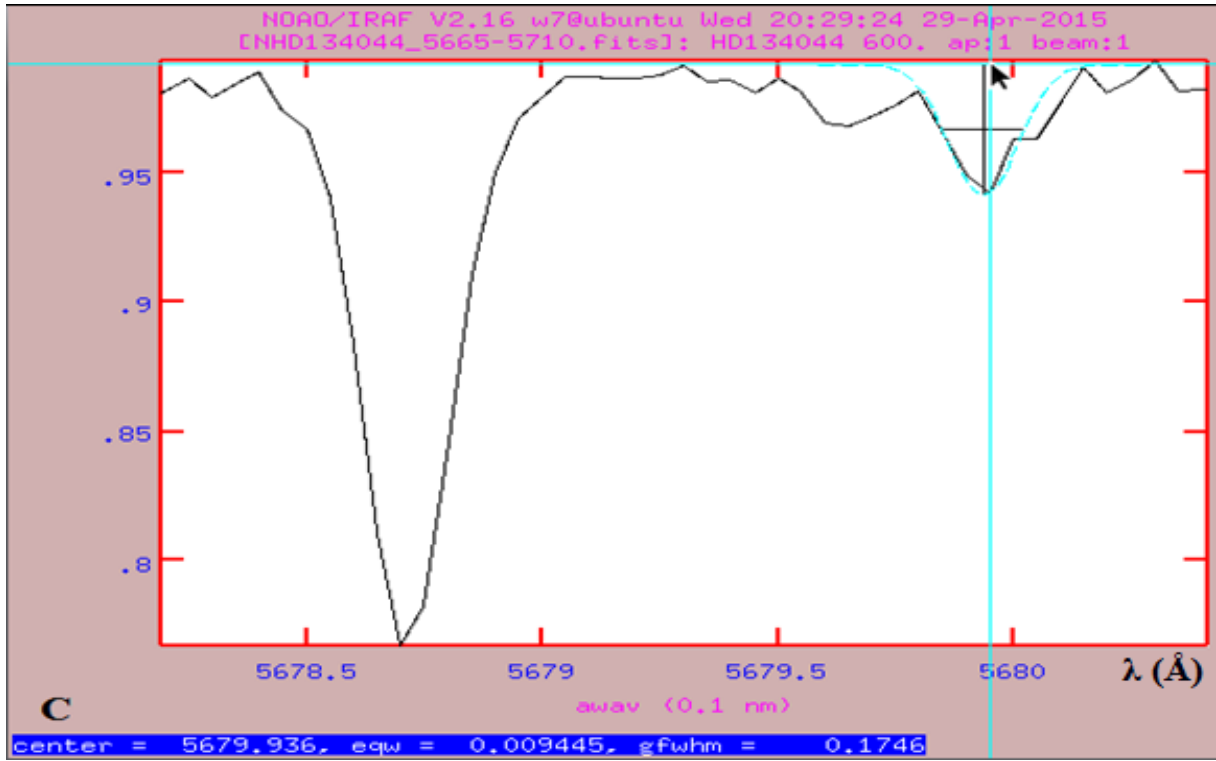
- Yıldızların etkin sıcaklık ve spektrel sınıfına göre, spektrumlarında bulunması muhtemel olan elementler ve iyonlar belirlenmiştir.
- Çizgilerin gözlemsel ile laboratuvar dalgaboyları eşit veya yakın değerde olmalı. Ölçülen dalgaboyları Moore (1945) Katalogundaki laboratuvar dalgaboyları ile karşılaştırılarak çizgi tanısı yapılmıştır.
- Benzer tür yıldızların tanı listeleri kullanılmıştır.
- Tanısı yapılan Fe, Ni ve Ti elementleri için, bulunması muhtemel olmayan multipletler (RMT; Revised Multiplied Tables, Moore 1945) ve çizgiler tanı listesinden çıkarılmıştır.
- Blend olmayan ve gürültüden etkilenmemiş çizgilerin tanısı yapılmıştır.
- Kullanılan laboratuvar dalgaboyları ve $\log(gf)$ 'ler Kurucz'dan alınmıştır. Ayrıca elementlerin gözlenen dalgaboyları, laboratuvar dalgaboyları, multiplet ve $\log(gf)$ numaraları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Elementlerin gözlenen dalgaboyları, laboratuvar dalgaboyları, multiplet numaraları ve $\log(gf)$ değerleri.

Element	Gözlenen Dalgaboyu (Å)	Laboratuvar Dalgaboyu (Å)	Multiplet No	$\log(gf)$
Fe I	5417,037	5417,03	1148	-1,680
Fe I	5470,093	5470,17	1144	-1,810
Fe I	5522,446	5522,46	1108	-1,550
Fe I	5525,544	5525,552	1062	-1,330
Fe I	5539,280	5539,28	871	-2,660
Fe I	5543,936	5543,930	1062	-1,140
Fe I	5546,506	5546,512	1145	-1,310
Fe I	5560,212	5560,230	1164	-1,190
Fe I	5618,632	5618,646	1107	-1,380
Fe I	5679,024	5679,023	1183	-0,920
Ni I	5578,711	5578,734	47	-2,640
Ni I	5589,357	5589,384	205	-1,140
Ni I	5625,312	5625,326	221	-0,700
Ni I	5637,115	5637,121	218	-0,820
Ni I	5682,198	5682,204	232	-0,470
Ni I	5711,883	5711,905	69	-2,270
Ti I	5648,565	5648,570	269	-0,260
Ti I	5662,151	5662,154	249	-0,109
Ti I	5679,916	5679,908	269	-0,570
Ti I	5689,461	5689,465	249	-0,469
Ti I	5702,656	5702,666	249	-0,440

Çalışmada kullanılan 15 yıldız a ait 10 adet Fe, 6 adet Ni ve 5 adet Ti'a ait çizgilerin tanısı yapılmıştır. Buna göre her bir yıldızın yukarıdaki 3 elemente ait toplam 21 adet çizgi tanısı yapılmış olmaktadır. Ayrıca Fe, Ni ve Ti elementlerinin çizgi tanısı ve eşdeğer genişliği ölçümlerinin yapıldığı üç tayf örneği Şekil 3.2A, B ve C'de verilmiştir.





Şekil 3.2. Fe (A), Ni (B) ve Ti (C) elementlerinin çizgi tanısı ve eşdeğer genişliği ölçümlerinin yapıldığı örnek tayflar.

3.4. Metalisite

Yıldızların mevcut metalisitesini ölçmek için bir yıldız tayfındaki soğurma çizgileri kullanılır. Yıldızların detaylı tayfsal analizleriyle yapılan kimyasal bolluk çalışmaları, atmosferlerindeki kimyasal bileşimlerin ortaya konması ve evrim durumlarının belirlenebilmesi bakımından önemlidir. Yıldız evrimi yalnızca cismin başlangıç kütesine değil aynı zamanda metal bolluğuna da bağlıdır. Yüzey element bolluğu çalışılması hem yıldız evrimi hem de kimyasal evrim açısından önemlidir.

Bu çalışmada yıldızların etkin sıcaklık ve bolluk hesabı için gerekli olan başlangıç metalisite değeri, Schuster ve Nissen (1989)'nin kalibrasyonları kullanılmış, Strömgren m_1 indeksinden hesaplanmıştır. Schuster ve Nissen; uvby-beta fotometrisi kullanarak, F ve G tipi yıldızlar için kalibrasyonlar yapmışlardır. Çalışmada kalibrasyonlardan G ve F tipi yıldızlar için olan aşağıdaki bağıntı kullanılarak $[M/H]$ oranı hesaplanmıştır (3.2).

$$[M/H] = -2,0965 + 22,45 \times m_1 - 53,8 \times m_1^2 - 62,04 \times m_1 \times (b - y) + 145,5 \times m_1^2 \times (b - y) + [85,1 \times m_1 - 13,8 \times c_1 - 137,2 \times m_1^2]xc_1 \quad (3.2)$$

Bu çalışmada kullanılan m_1 , c_1 ve Strömgren uvby sisteminde renk indeksi (b-y) değerleri uvby-beta katalogundan alınmıştır (Hauck ve Mermilliod, 1997). Yıldızların yukarıdaki formülden hesapladığımız metalisite $[M/H]$ değerlerini literatürden aldığımız m_1 ve c_1 değerleri ile birlikte Çizelge 3.5'te verilmiştir. Yıldızların literatürden aldığımız renk indeksleri (b-y) Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Yıldızların m_1 , c_1 ve metalisite $[M/H]$ değerleri.

Yıldız (HIP)	m_1	c_1	Metalisite [M/H]
17409	0,152	0,321	-0,5568
21847	0,196	0,400	0,1615
27435	0,199	0,284	-0,2528
28908	0,171	0,341	-0,2685
29432	0,214	0,304	-0,0769
30545	0,168	0,396	-0,2436
35509	0,168	0,472	-0,1139
44089	0,213	0,348	-0,0096
50606	0,181	0,370	-0,1332
61053	0,181	0,330	-0,0636
70520	0,143	0,315	-0,6320
72043	0,197	0,352	-0,0814
73941	0,165	0,391	-0,2296
85810	0,216	0,364	0,0905
86184	0,162	0,356	-0,5310

3.5. Etkin Sıcaklık

Etkin sıcaklık yıldızın Hertzsprung- Russell (H-R) diyagramı üzerindeki konumunu belirlemede yardımcı olur. Bundan dolayıdır ki bir yıldıza ait model atmosferin elde edilmesinde gerekli en önemli fiziksel parametre etkin sıcaklıktır. Alonso vd. (1996)' nin kalibrasyonları kullanılarak etkin sıcaklık hesaplanmıştır. Bu çalışmada incelenen yıldızlar 100 pc'den yakın olduğu için, sönükleşme düzeltmesi yapılmamıştır (Bilir vd., 2008). Alonso vd.'nin çalışmalarında buldukları etkin sıcaklık bağıntısı bu çalışmada kullanılmıştır. Pratik olarak $\theta_{\text{eff}} = P(\text{renk, metalisite})$ formu ile polinom fonksiyonları göz önüne alınarak etkin sıcaklık, renk ve metalisite arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Buna göre, etkin sıcaklık ve θ_{eff} 'in elde edilmesi aşağıdaki bağıntıdan çıkarılmıştır (3.3).

$$\theta_{\text{eff}} = 0,537 + 0,854 \times (b - y) + 0,196 \times (b - y)^2 - 0,198 \times (b - y) \times c_1 - 0,026 \times (b - y) \times ([M/H]) - 0,014 \times ([M/H]) - 0,009 \times ([M/H])^2 \quad (3.3)$$

Etkin sıcaklık, $T_{\text{eff}} = \frac{5040}{\theta_{\text{eff}}}$ bağıntısından elde edilmiştir. Yukarıdaki formülden elde edilen θ_{eff} ve etkin sıcaklık (T_{eff}) değerleri Çizelge 3.6'te verilmiştir. Yıldızların renk indeksi (b-y) Çizelge 3.2'de ve metalisite [M/H] ve c_1 değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.6. Yıldızların θ_{eff} ve etkin sıcaklık değerleri.

Yıldız (HIP)	θ_{eff}	Etkin sıcaklık (T_{eff}) Kelvin
17409	0,8831	5707
21847	0,8498	5930
27435	0,8987	5608
28908	0,8782	5738
29432	0,8906	5659
30545	0,8572	5879
35509	0,8356	6031
44089	0,9073	5555
50606	0,8600	5860
61053	0,8496	5931
70520	0,8853	5692
72043	0,8876	5678
73941	0,8418	5987
85810	0,8790	5733
86184	0,8890	5669

3.6. Kütle Analizi

Kütle ve metal bolluğu Galaksimizin yapısını, oluşumunu ve evrimini açıklamada önemli iki temel parametredir. Bu çalışmada kullanılmak üzere yıldızların paralaksıları HIPPARCOS katalogundan ve yıldızların görünen parlaklığı (V) SİMBAD veri merkezinden alınmıştır. Yukarıdaki parametreler mutlak parlaklık (M_v) ve Güneş'e göre ışıma gücü $[\log(L/L_{\odot})]$ hesaplanmıştır (3.4 ve 3.5).

$$M_v = V - 5 \log\left(\frac{1000}{\pi}\right) + 5 \quad (3,4)$$

$$\log(L/L_{\odot}) = ((4,82 - M_v)/2,5) \quad (3,5)$$

Bu çalışmada hesaplanan Z ağır element değerleri, $[\text{Fe}/\text{H}]$ metal bolluğu değerlerinden ve

$$Z = 10^{[\text{Fe}/\text{H}]} Z_{\odot} \quad (3.6)$$

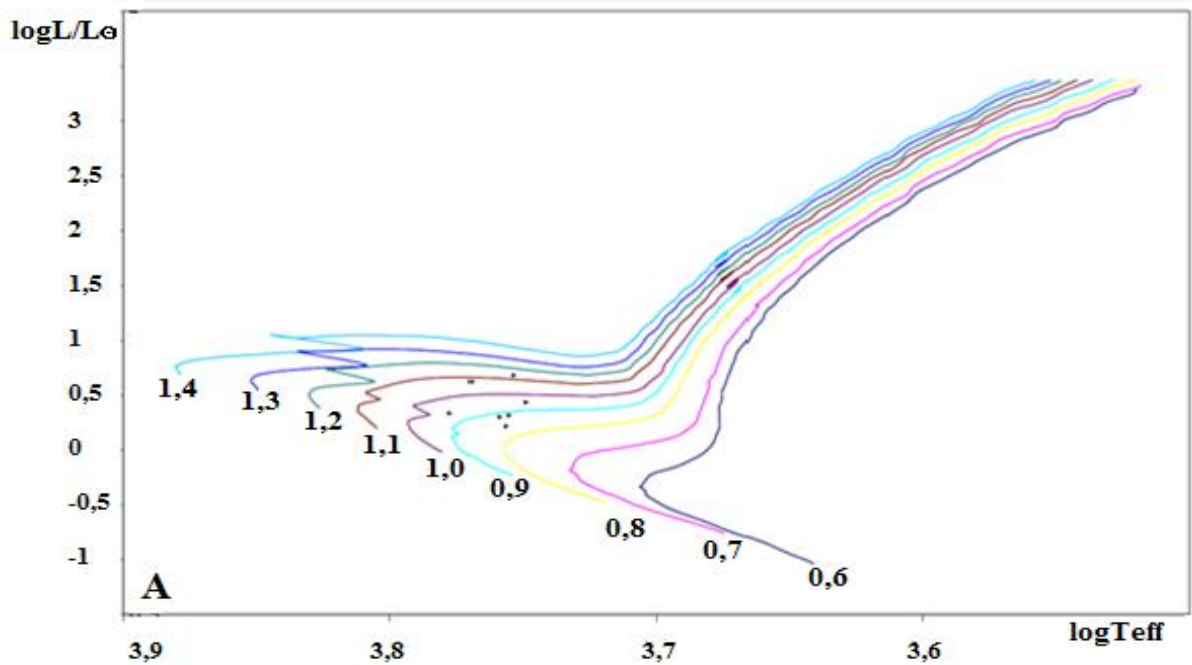
formülü kullanılarak yıldızların ağır element bolluğu (Z) hesaplanmıştır (3.6). Burada Güneş için ağır element bolluğu $Z_{\odot}=0,019$ değeri kullanılmıştır.

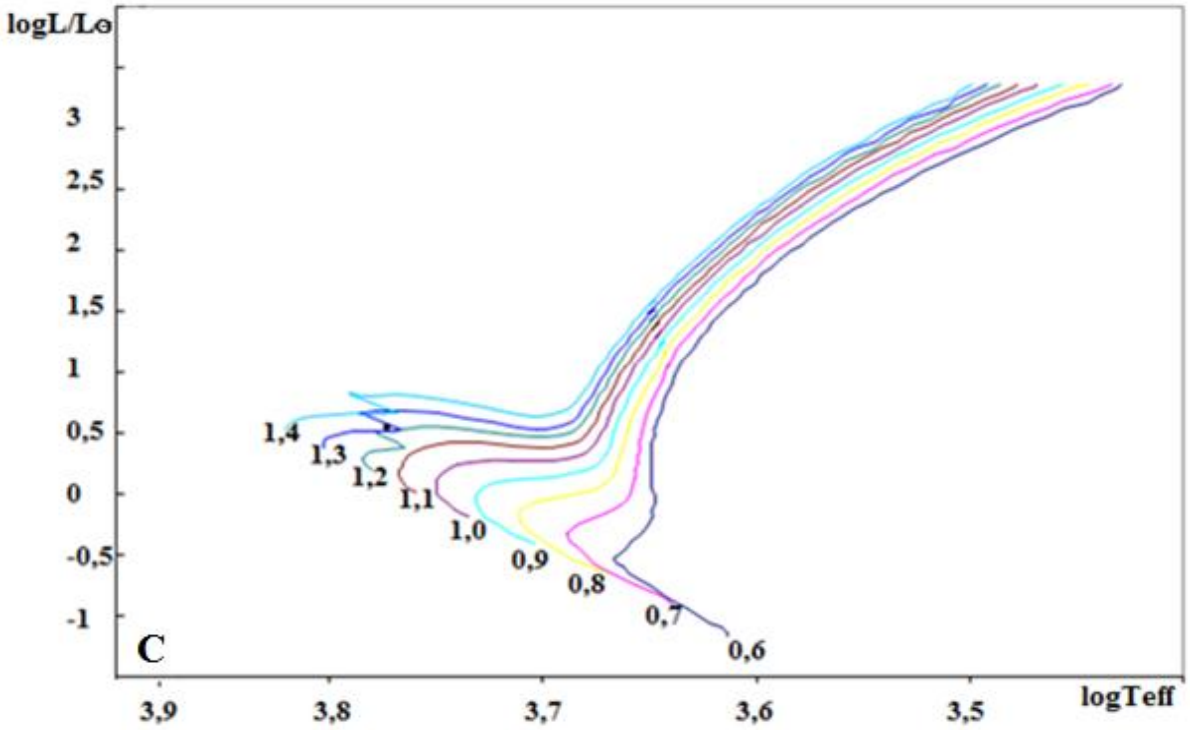
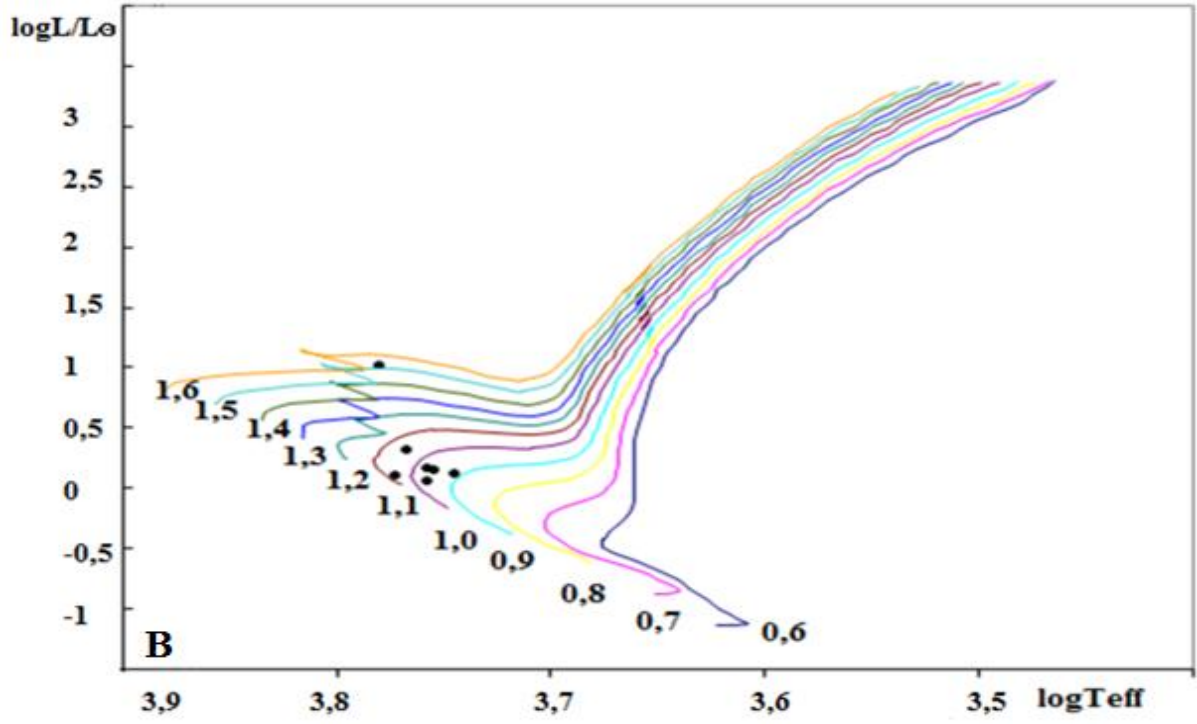
Yukarıdaki hesaplanan $\log(L/L_{\odot})$ ve $\log T_{\text{eff}}$ parametreleri kullanılarak Padova eğrileri çizdirilmiş (Girardi vd., 2000) ve yıldız kütleleri Güneş kütlesi biriminde bulunmuştur ($M_{\odot} = 1,9891 \times 10^{33}\text{g}$). Kütle hesabında kullanılan paralaks, mutlak parlaklık, ısıma gücü, ağır element bolluğu ve kütleler Çizelge 3.7’de verilmiştir. Yıldızların görünen parlaklık değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Girardi vd.’nin yıldız kütleleri için farklı Z değerleri oluşturmuşlardır. Padova evrim eğrileri çizdirilirken $Z=0.008$ için 7 yıldız (HIP 17409, 27435, 28908, 30545, 70520, 73941, 86184), $Z=0.019$ için 7 yıldız (HIP 29432, 35509, 44089, 50606, 61053, 72043 ve 85810) ve $Z=0.030$ içinde 1 yıldız (HIP 21847) alınarak 3 farklı grafik üzerinde Şekil 3.3A, B ve C’de çizdirilmiştir.

Çizelge 3.7. Bu çalışmada hesaplanan 15 yıldızın kütleleri ve diğer parametreleri.

Yıldız (HIP)	Paralaks (π , mas)	Mutlak parlaklık (M_V)	Işıma gücü ($\log(L/L_\odot)$)	Ağır Element Bolluğu(Z)	Kütle ($M_\odot$)
17409	0,2308	4,29	0,21	0,005	0,84
21847	0,3138	3,47	0,54	0,028	1,32
27435	0,3589	3,74	0,43	0,011	0,95
28908	0,3903	4,08	0,30	0,010	0,89
29432	0,4255	4,40	0,17	0,016	0,98
30545	0,2979	3,27	0,62	0,011	1,08
35509	0,1876	2,28	1,02	0,015	1,52
44089	0,2595	4,52	0,12	0,019	0,92
50606	0,3211	3,99	0,33	0,014	1,06
61053	0,4592	4,53	0,12	0,016	1,08
70520	0,2226	4,04	0,31	0,004	0,88
72043	0,2432	4,45	0,15	0,016	0,96
73941	0,3352	3,99	0,33	0,011	0,95
85810	0,4181	4,67	0,06	0,023	0,98
86184	0,2189	3,12	0,68	0,006	1,14





Şekil 3.3. $0,6 M_{\odot} - 1,4 M_{\odot}$ kütle aralığındaki Padova eğrilerinden $Z=0.008$ (A), $Z=0.019$ (B) ve $Z=0.030$ (C) yıldız evrim eğrileri ve yıldızların bu eğriler üzerindeki konumları.

3.7. Yüzey Çekim İvmesi

Yıldızlara ait model atmosfer elde edilmesinde gerekli olan parametrelerden biride yüzey çekim ivmesidir. Bu çalışmada kullanılmak üzere yıldızların Bolometrik düzeltmeleri (BC), Allen'in Astrofiziksel Nicelikler (Cox, 1999) kitabında verdiği, sıcaklıklara göre bolometrik düzeltme çizelgesinden kalibrasyonları kullanılarak bulunmuştur. Çalışmada kullanılan mutlak bolometrik parlaklık (M_{bol}) aşağıdaki bağıntıdan (Chen vd., 2000) elde edilmiştir (3.7).

$$M_{bol} = V + BC + 5\log\pi + 5 \quad (3.7)$$

Bu çalışmada yıldızların yüzey çekim ivmeleri aşağıdaki bağıntı (Chen vd., 2000) ile elde edilmiştir (3.8) ve Güneş'in yüzey çekimi olarak $g_{\odot} = 2,740 \times 10^4 \text{ cms}^{-2}$ ile Güneş kütlesi $M_{\odot} = 1,989 \times 10^{33} \text{ g}$ alınmıştır (Cox, 1999).

$$\log \frac{g}{g_{\odot}} = \log \frac{M}{M_{\odot}} + 4\log \frac{T_{eff}}{T_{eff\odot}} + 0,4(M_{bol} - M_{bol\odot}) \quad (3.8)$$

Bu çalışmadaki yıldızların Hipparcoss paralakslarından bulunan yüzey çekim ivmesi ($\log g$), mutlak bolometrik parlaklık (M_{bol}) ve bolometrik düzeltme (BC) değerleri Çizelge 3.8'de verilmektedir. Yıldızların görünen parlaklıkları Çizelge 3.2'de, etkin sıcaklıkları (T_{eff}) Çizelge 3.6'te, Paralaksları (π) ve kütleleri Çizelge 3.7'da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Bu çalışmadaki yıldızlar için hesaplanan yüzey çekim ivmesi, mutlak bolometrik parlaklık ve bolometrik düzeltme değerleri.

Yıldız (HIP)	BC (Kadir)	M_{bol} (Kadir)	Logg (cm/s²)
17409	-0,20	4,09	4,08
21847	-0,18	3,29	4,02
27435	-0,21	3,53	3,87
28908	-0,18	3,90	4,03
29432	-0,20	4,20	4,17
30545	-0,17	3,10	3,87
35509	-0,16	2,12	3,64
44089	-0,20	4,32	4,16
50606	-0,16	3,84	4,12
61053	-0,17	4,36	4,36
70520	-0,17	3,87	4,00
72043	-0,21	4,24	4,19
73941	-0,16	3,83	4,11
85810	-0,19	4,48	4,31
86184	-0,17	2,95	3,74

3.8. Mikrotürbülans Hızı

Yıldız atmosferlerindeki küçük ölçekli mikrotürbülans hareketleri tayf çizgilerinin şeklini ve eşdeğer genişliklerini değiştirdiğinden, mikrotürbülans hızının (ξ) doğru olarak tespit edilip bolluk hesabında kullanılması önemlidir.

Bu çalışmada mikrotürbülans hızları, fotometriden bulunan etkin sıcaklık değerleri ve Hipparcoss paralakslarından bulunan yüzey çekim ivmeleri kullanılarak Prieto vd. (2004)'nin çalışmalarında verdikleri mikrotürbülans hız formülünden (3.9),

$$\xi = 1,645 + 3,854 \times 10^{-4}(T_{\text{eff}} - 6387) - 0,6400 \times (\log g - 4,373) - 3,427 \times 10^{-4} \times (T_{\text{eff}} - 6387) \times (\log g - 4,373) \text{ kms}^{-1} \quad (3.9)$$

yıldızların mikrotürbülans hızları hesaplanmıştır. Hesaplanan mikrotürbülans hız değerleri Çizelge 3.9’de verilmiştir. Yıldızların yüzey çekim ivmesi ($\log g$) Çizelge 3.8’de ve etkin sıcaklık (T_{eff}) Çizelge 3.6’te verilmiştir.

Çizelge 3.9. Bu çalışmada hesaplanan mikrotürbülans hız değerleri.

Yıldız (HIP)	ξ (kms^{-1})
17409	1,5020
21847	1,6379
27435	1,5288
28908	1,5346
29432	1,4410
30545	1,6824
35509	1,8844
44089	1,3981
50606	1,5546
61053	1,4734
70520	1,5239
72043	1,4446
73941	1,6214
85810	1,4187
86184	1,6154

3.9. Yıldız Model Atmosferlerinin Oluşturulması

Yıldız model atmosferleri, yıldızın iç kısmı ile dış uzay arasındaki ortamı temsil etmektedir. Yıldızların spektroskopik analizi ise yıldız atmosfer yapısının belirlenmesini sağlar. Başka bir deyişle bir yıldızın atmosferinin analizi, yayınlanan ışınımın en iyi şekilde tespitini sağlar. Başarılı bir analizde, yıldızın yayınlanan ve gözlenen yıldız ışınımı arasındaki uyumun başarılı bir şekilde elde edilmesi ile gerçekleşebilir.

Yıldızların ayrıntılı tayfsal analizi, yıldız astrofiziği için önemlidir. Yıldızların atmosferine uygun model atmosfer seçimi ile güvenilir yöntemlerden elde edilen atmosfer parametreleri

kullanılarak yıldızların metal bolluk değerleri bulunabilir. Bunun için tayfsal verilerle etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve mikrotürbülans hızı ilk girdi verileri kullanılır.

Çalışmada kullanılan yıldızların model atmosferi; atmosfer parametrelerinin geniş bir değer aralığında model yapabilen ATLAS9 programı ile oluşturuldu. Yıldızların metal bollukları, WIDTH9 programı yardımıyla hesaplandı. Program, yıldız için kabul edilen model atmosferi, atmosfer parametrelerini ve çizgi atlasları kullanarak bolluk hesapları yapıldı. Bu hesaplamaların ayrıntısı aşağıda 3.10 ve 11’de verilmiştir.

3.10. IRAF, ATLAS9 ve WIDTH9 Programları Hakkında Genel Bilgi

Bu çalışmada kullanılan LINUX işletim sisteminde çalışan IRAF, ATLAS9 ve WIDTH9 bilgisayar programları kullanılarak yıldızlar için gerekli veri analizleri yapılmıştır.

IRAF (Image Reduction and Analysis Facility), Ulusal Optik Astronomi Gözlemevinin (NOAO-National Optical Astronomical Observatory) indirgeme program paketidir. Tayflar, NOAO’nin veri indirgeme ve analiz program paketi IRAF (<http://iraf.noao.edu/>) ile indirgenmiştir.

ATLAS9 (Kurucz, 2005), yüzey çekim ivmesi ve farklı etkin sıcaklık değerleri için yıldız atmosfer modelleri oluşturan LINUX işletim sisteminde çalışan bir bilgisayar programıdır. Yıldızların atmosfer parametrelerinin geniş bir değer aralığında model yapabilen ATLAS9 programı ile oluşturuldu.

WIDTH9 programı yıldız atmosferlerinin kimyasal bileşimini incelemek için kullanılan Fortran 77 kodunda yazılmış, LINUX işletim sisteminde çalışan bir bilgisayar programıdır. WIDTH9 programı, her çizgi için çizgi profillerini ve büyüme eğrisini hesaplar. Çizgi’nin gözlenen eşdeğer genişliğinden bolluk değerini elde eder.

WIDTH9 programı, yıldız için kabul edilen model atmosferi, atmosfer parametrelerini ve çizgi atlasını kullanarak bolluk hesabı yapar. Yıldızın metal bollukları, WIDTH9 programı yardımıyla hesaplanmıştır.

3.11. Kimyasal Bolluk Analizi

Yıldızların atmosferlerine ilişkin gerçekleştirilen kimyasal bolluk analizi, bir bakıma yıldızların genetik kodlarını belirlemeye yönelik araştırmalar olarak da anılabilir. Öyle ki, bir yönüyle incelenen yıldızın doğasını açığa çıkarırken diğer bir yönüyle de galaktik kimyasal evrimde yıldızların katkısını dolayısıyla onların evrendeki misyonunu doğru bir şekilde anlayabilmeyi mümkün kılar.

Bir yıldızın kimyasal bolluk analizinin gerçekleştirilebilmesi için geleneksel olarak kullanılan yöntem, yıldız atmosferinde yer alan çeşitli atomik türlerin oluşturduğu soğurma çizgilerinin eşdeğer genişlikleri ölçümüdür. Bu yöntem ile yıldızın tayfında gözlenen temiz (blend olmayan yani yakın çizgi profili iç içe girmemiş) ve çok şiddetli olmayan çizgilerin bollukları belirlenebilir.

Çalışmada kullanılan yıldızların yüzey çekim ivmesi ve etkin sıcaklığı ile olası mikrotürbülans hız değerleri kullanılarak Fe I, Ni I ve Ti I çizgilerinden Fe, Ni ve Ti elementlerinin bollukları hesaplanmıştır. Bollukların eşdeğer genişliğe göre değişimleri ayrıntılı bir şekilde incelenerek dağılımlarda saçılmanın en az ve eğimin en küçük olduğu mikrotürbülans hızları tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan yıldızların her birinin metal bolluğunu belirlemek için Fe, Ni ve Ti çizgileri kullanıldı. Her bir yıldızın atmosferinde gözlenen Fe, Ni ve Ti çizgilerinin eşdeğer genişlikleri ölçüldü. Bu eşdeğer genişlikler ve çeşitli mikrotürbülans hız değerleri kullanılarak, her bir yıldız için üretilen model atmosferlerle birlikte WIDTH9 programı yardımıyla yıldızların element bollukları hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çizgi Tanıları ve Eşdeğer Genişliklerin Ölçümü

Çalışmada kullanılan 15 yıldız Güneş civarı olduğundan, Fe, Ni ve Ti elementlerine ait çizgilerin tanısı Güneş spektrumu (http://bass2000.obspm.fr/solar_spect) referans alınarak yapılmıştır. Tez yıldızlarının her birinin metal bolluğunu belirlemek için yine Fe, Ni ve Ti çizgileri kullanılmıştır. Her bir yıldızın atmosferinde gözlenen bu üç çizginin eşdeğer genişlikleri ölçüldü. Spektrumlar üzerindeki çizgilerin gözlenen dalga boyları ve eşdeğer genişlikleri IRAF'ın splot (plot and analyze spectra - spektrum çizdirme ve analiz) ekranı çalıştırılarak elde edilmiştir. Bu eşdeğer genişlikler her bir yıldız için üretilen model atmosferlerle birlikte kullanılarak, yıldızların metal bolluk değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, 15 yıldızın 5000 Å ile 6000 Å dalga boyları aralığındaki Fe (10 adet), Ni (6 adet) ve Ti (5 adet) elementlerinin çizgi tanısı yapılmış ve eşdeğer genişlikleri ölçülmüştür. Tanısı yapılan elementlerin ölçüm sonuçları Çizelge 4.1, 2 ve 3'te verilmiştir. Ayrıca 3 element için 15 yıldızın dalga boylarına karşılık eşdeğer genişliklerini toplu görmek için Şekil 4.1A, B ve C'deki grafikler verilmiştir.

Çizelge 4.1. 10 adet Fe I çizgisinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).

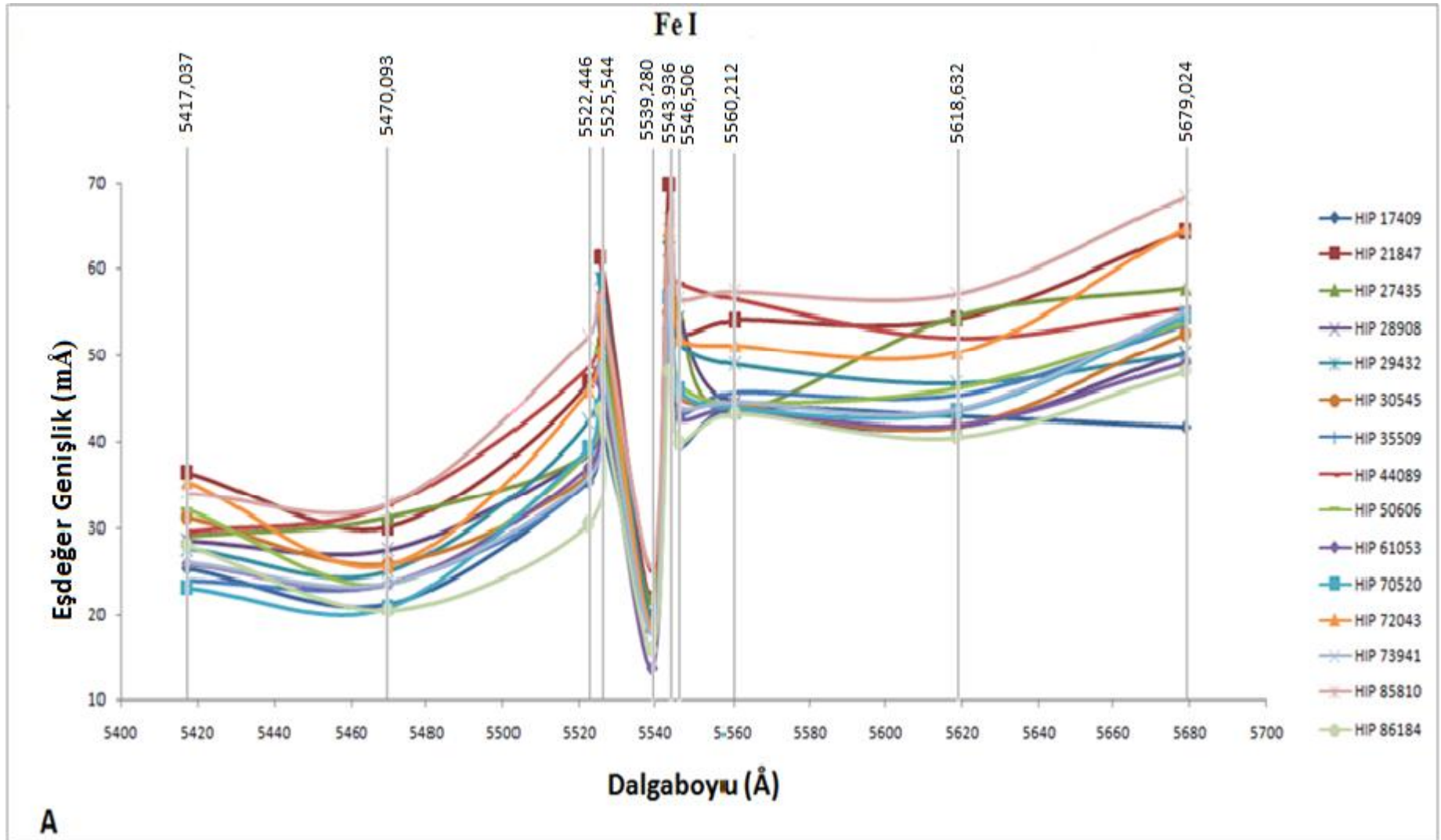
Yıldız (HIP)	λ dalgaboylarına (Å) göre Fe I çizgilerinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).									
	5417,037	5470,093	5522,446	5525,544	5539,280	5543,936	5546,506	5560,212	5618,632	5679,024
17409	25,29	21,18	35,32	41,62	20,11	50,84	39,52	43,71	42,84	41,72
21847	36,41	30,05	46,84	61,22	21,92	69,79	52,93	54,03	54,15	64,24
27435	29,08	31,14	38,95	51,62	21,84	63,59	54,67	43,47	54,43	57,62
28908	28,53	27,51	38,47	43,47	18,96	53,91	54,13	44,25	41,70	50,23
29432	27,56	25,04	42,33	58,74	19,66	62,12	51,44	48,95	46,59	50,18
30545	31,08	25,85	36,23	47,53	18,92	54,82	45,05	44,19	41,68	52,48
35509	23,97	23,65	35,67	54,51	17,76	54,92	43,38	45,53	45,27	53,61
44089	29,53	32,58	48,49	56,72	24,94	58,69	58,21	56,36	51,98	55,44
50606	32,08	23,55	38,80	50,31	18,69	52,18	46,47	44,37	46,02	53,82
61053	25,94	23,63	37,18	46,59	13,56	54,81	42,66	43,68	41,89	48,97
70520	23,11	20,84	39,29	43,92	18,66	56,65	45,86	43,85	43,41	54,55
72043	35,33	25,77	45,82	56,07	18,71	64,45	52,15	51,17	50,34	64,68
73941	26,09	23,67	35,89	48,61	17,86	57,44	44,08	44,47	43,69	55,08
85810	34,04	32,71	52,17	56,52	25,58	65,72	56,47	57,23	56,98	68,27
86184	28,05	20,52	30,36	43,62	15,81	48,03	39,87	43,09	40,44	48,01

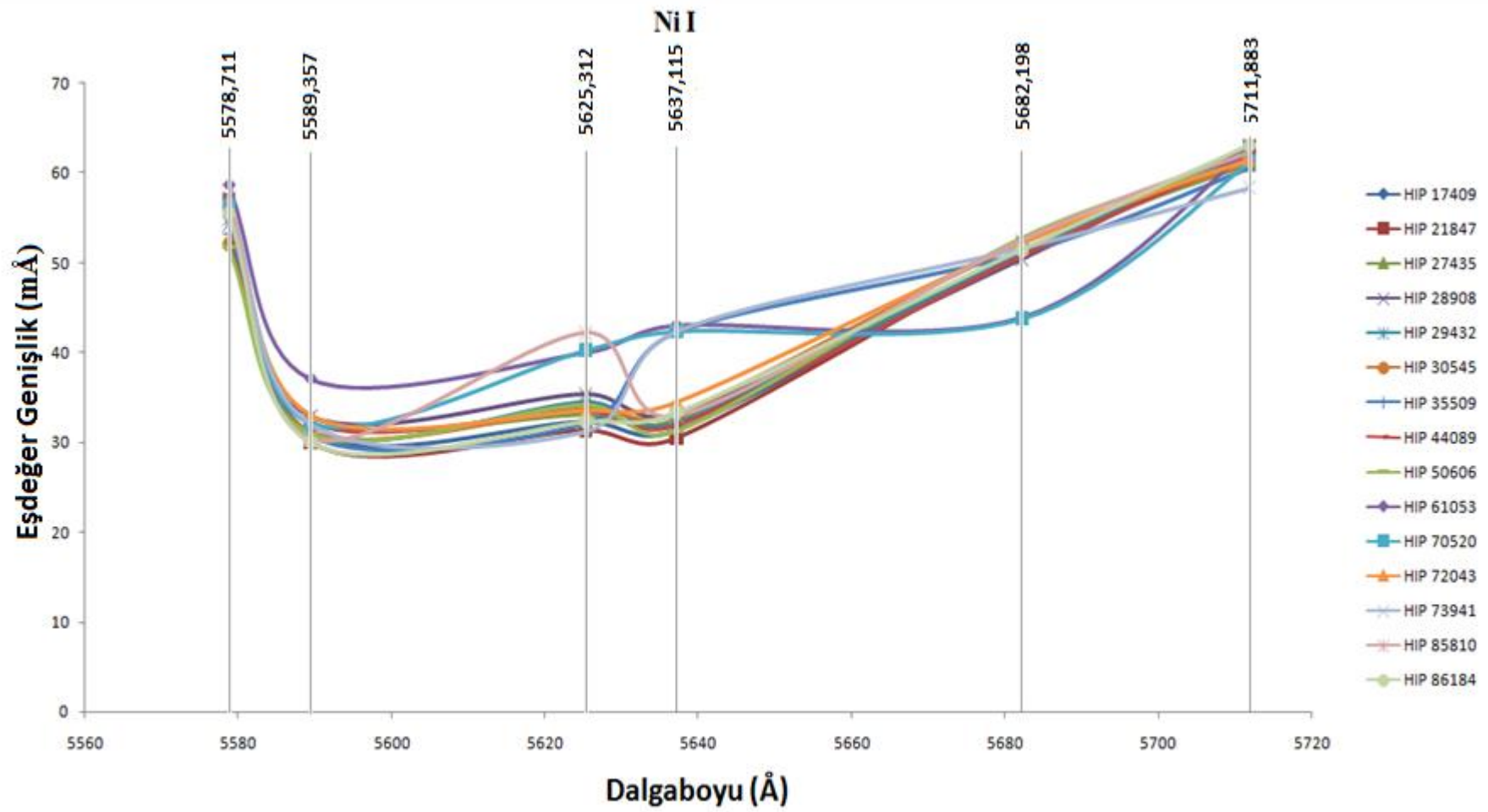
Çizelge 4.2. 6 adet Ni I çizgisinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).

Yıldız (HIP)	λ dalgaboylarına (Å) göre Ni I çizgilerinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).					
	5578,711	5589,357	5625,312	5637,115	5682,198	5711,883
17409	56,41	31,10	32,36	31,39	50,98	61,77
21847	57,07	30,13	31,43	30,57	51,30	62,97
27435	56,30	33,04	33,12	32,58	51,42	61,02
28908	54,36	32,90	35,34	33,12	50,43	63,12
29432	54,91	31,07	34,47	32,12	51,27	62,32
30545	52,12	31,30	33,90	33,22	52,23	61,03
35509	53,29	30,80	32,18	32,28	51,09	60,56
44089	52,17	32,31	33,61	31,99	50,80	62,01
50606	51,72	30,95	34,20	41,26	52,80	61,39
61053	58,72	37,11	40,04	43,07	43,98	62,92
70520	56,23	32,14	40,23	42,35	43,76	61,23
72043	56,16	33,10	33,60	34,52	52,30	61,60
73941	57,31	32,12	31,30	42,41	51,71	58,39
85810	56,78	30,40	42,19	32,94	52,56	62,32
86184	55,56	30,01	32,31	33,31	51,49	63,12

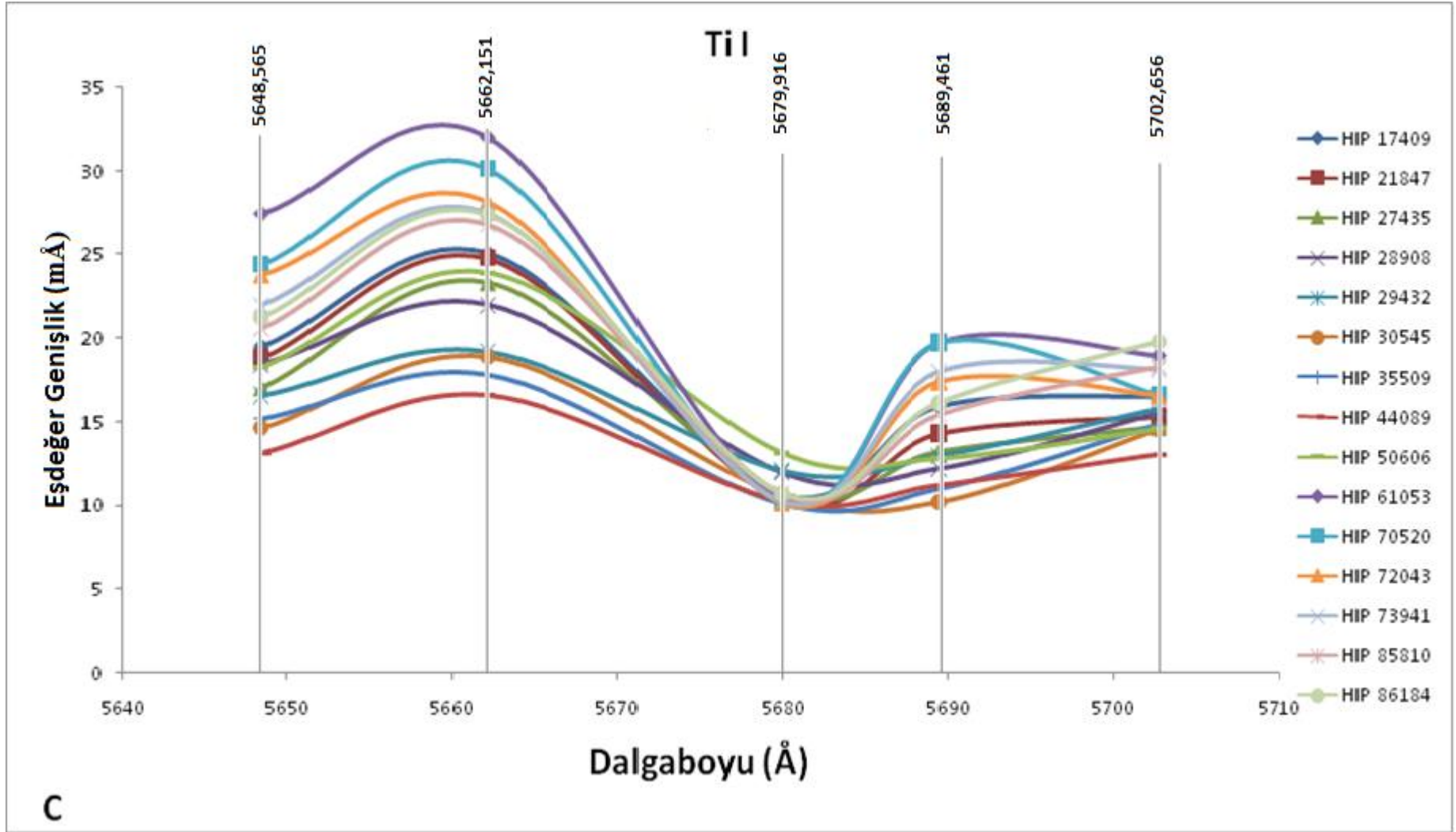
Çizelge 4.3. 5 adet Ti I çizgisinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).

Yıldız (HIP)	λ dalgaboylarına (Å) göre Ti I çizgilerinin eşdeğer genişlikleri (mÅ).				
	5648,565	5662,151	5679,916	5689,461	5702,656
17409	19,53	25,12	10,74	15,95	16,57
21847	18,83	24,78	10,34	14,30	15,31
27435	17,04	23,34	10,74	13,20	14,67
28908	18,45	21,98	11,99	12,21	15,52
29432	16,61	19,23	12,12	13,02	15,81
30545	14,64	18,89	10,65	10,23	14,56
35509	15,22	17,85	10,17	11,05	14,89
44089	13,14	16,57	10,29	11,23	13,06
50606	18,26	23,93	13,14	12,80	14,56
61053	27,44	32,00	10,33	19,72	18,96
70520	24,43	30,13	10,14	19,74	16,64
72043	23,77	28,12	10,15	17,38	16,57
73941	21,96	27,43	10,23	17,98	18,13
85810	20,64	26,82	10,72	15,47	18,34
86184	21,25	27,35	10,75	16,14	19,78





B



Şekil 4.1. Fe (A), Ni (B) ve Ti (C) elementlerinin dalgaboylarına karşılık eşdeğer genişlikleri.

4.2. Yıldız Model Atmosferleri

Yıldızlar için oluşturulan model atmosferleri; bir yıldızın atmosferinde sıcaklığın, gazın, elektron ve ışınım basıncının, konvektif hızın, akının ve bunlarla ilişkili tüm niceliklerin, (geometrik ya da optik) derinlik değişenlerinin fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini anlamamızı sağlar. Bu amaçla geliştirilen ATLAS9 kodu hem erken türden hem de geç türden yıldızlar için atmosfer modeli oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasındaki 15 yıldızın atmosfer modeli Linux sürümlü ATLAS9 kodu çalıştırılarak oluşturulmuştur.

ATLAS9 programı çalıştırıldığında ilk önce model atmosferin girdi dosyası (ODF) oluşturulur. Girdi dosyasındaki en önemli parametreler, yıldızın etkin sıcaklığı ve yüzey çekim ivmesi'dir. Ayrıca mikrotürbülans hızı da girdi dosyasında belirtilir. ATLAS9, kabul edilen metalisite ve mikrotürbülans hız değerlerini kullanarak model atmosferleri oluşturur.

ATLAS9'un oluşturduğu model atmosfer, varsayılan bir kimyasal kompozisyon için optik derinliğin bir fonksiyonu olarak, basınç ve kaynak fonksiyonunu veren değerlerin tablosunu içermektedir.

Model atmosfer çıktısındaki veri setlerinde geçen 10 atmosfer parametresinin açıklaması ve formülleri aşağıda verilmiştir.

RHOX: Kütle fonksiyonu, M_j $M_j = \int_0^x (\rho(x) dx$ $(gr\ cm^{-2})$

T: Sıcaklık (K°)

P: Gaz basıncı, $P_j(j)$ $(dyn\ cm^{-2})$

XNE: Elektron yoğunluğu, $N_c(j)$ $(\ cm^{-3})$

ABROSS: Rosseland donukluğu, $k_{Ross}(j)$ $(gr^{-1}cm^2)$

ACCRAD: Işınım soğrulmasından kaynaklanan ivme, $grad(j)$

$$grad(j) = \left(\frac{4\pi}{c}\right) \int_0^\infty (dk(v)/dM_j) dv \quad (cm\ s^{-2})$$

$$VTURB: \text{ Mikrotürbülans hızı, } V_{turb}(j) \quad (km\ s^{-1})$$

$$FLXCNV: \text{ Konveksiyonla Taşınan Enerji Akısı, } F_{conv} \quad (erg\ cm^{-2}s^{-1})$$

$$VCOMV: \text{ Konveksiyon hızı, } V_{conv} \quad (cm\ s^{-1})$$

$$VELSND: \text{ Ses hızı, } V_s(j) \quad V_s^2(j) = (C_p/C_v)(\partial P_{tot}/\partial P_g)_T / (\partial \rho/\partial P_g)_T \quad (cm\ s^{-1})$$

C_p : Sabit basınçta özgül ısı

C_v : Sabit hızda özgül ısı

P_{tot} : Toplam basınç

P_g : Gaz basıncı

$$PRADK: \text{ Yüzeydeki ışıyım basıncı, } PRADK \quad PRADK = \left(\frac{4\pi}{c}\right) \int_0^\infty \kappa_V(1) dv \quad (dyn\ cm^{-2})$$

4.3. Bolluk Analizi

Bu çalışmada nötral demir (Fe I), nikel (Ni I) ve titanyum (Ti I) çizgileri kullanılarak bu üç elementin bollukları hesaplanmıştır. Söz konusu kullanılan yıldızların element bollukları hesabında N incelenen elementleri ve $N_\odot$ de incelenen elementlerin Güneş cinsinden değerleridir. $[N/H] = (N/H)_* - (N/H)_\odot$ formülü kullanılarak yıldızların $[Fe/H]$, $[Ni/H]$ ve $[Ti/H]$ bollukları hesaplanmıştır. Çizelge 4.4'te yıldızların Fe, Ni ve Ti elementlerinin Güneş'e göre bollukları logaritmik olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yıldızların Güneş'e göre Fe, Ni ve Ti elementlerinin bolluk değerleri. Ayrıca karşılaştırma amacıyla Güneş'in ($\log N_{\odot}$) her üç element için bolluk değerleri verilmiştir (Grevesse and Sauval 2002).

Yıldız (HIP)	$\log N_{\text{Fe}}$	$\log N_{\text{Ni}}$	$\log N_{\text{Ti}}$
17409	7,30±0,10	6,04±0,09	4,97±0,07
21847	7,65±0,06	6,14±0,07	5,10±0,07
27435	7,41±0,11	5,98±0,12	4,84±0,08
28908	7,39±0,13	6,07±0,09	4,95±0,11
29432	7,43±0,07	6,04±0,09	4,88±0,12
30545	7,44±0,11	6,14±0,08	4,97±0,12
35509	7,49±0,08	6,15±0,08	5,08±0,11
44089	7,47±0,10	5,99±0,12	4,71±0,12
50606	7,46±0,10	6,11±0,09	5,05±0,11
61053	7,45±0,07	6,26±0,12	5,24±0,09
70520	7,34±0,07	6,06±0,13	5,02±0,08
72043	7,50±0,08	6,07±0,11	4,99±0,08
73941	7,50±0,08	6,21±0,12	5,21±0,06
85810	7,62±0,08	6,13±0,07	5,01±0,06
86184	7,25±0,10	5,98±0,09	4,98±0,06
GÜNEŞ	7,50±0,05	6,25±0,04	5,02±0,06

Yıldızların metal bollukları, genelde hidrojene göre ifade edilmektedir: $N(\text{element})/N(\text{Hidrojen})$. Ayrıca bu ifade Güneş göre de normalize edilir: $(N(\text{element})/N(\text{Hidrojen}))_{\odot}$.

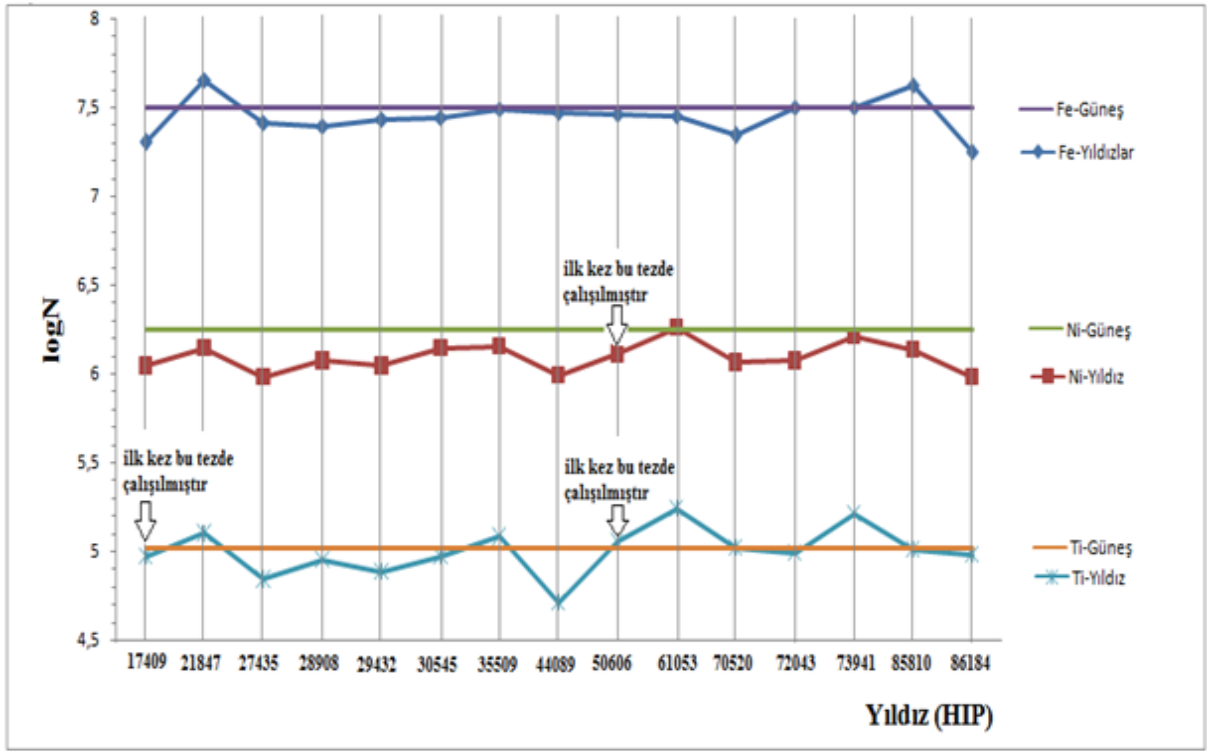
Etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve mikrotürbülans hızını içeren girdi dosyası uygun model atmosferini oluşturmakta ve bu da WIDTH9 programı ile birlikte gerçekçi bir bolluk hesabına olanak verir. WIDTH9 programı, çizgilerin eşdeğer genişliğini kullanarak, oluşan optik derinlikteki sıcaklık ve basınç etkilerini çıkardıktan sonra, büyüme eğrisi yöntemiyle yıldızların bolluk hesabını yapmaktadır. Burada, $[N/H] = \log(N/H)_{\star} - \log(N/H)_{\odot}$ formülü kullanılarak yıldızların $[Fe/H]$, $[Ni/H]$ ve $[Ti/H]$ bollukları dex cinsinden hesaplanmış ve Çizelge 4.5'te verilmiştir. Elde edilen bolluk değerleri Güneş'e göre normalize edilirken

Güneş'in hidrojen bolluğu $\text{LogN}_H = 12$ olarak alınmıştır. Ayrıca, yıldızların element bolluk grafiği Güneş ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.2' verilmiştir.

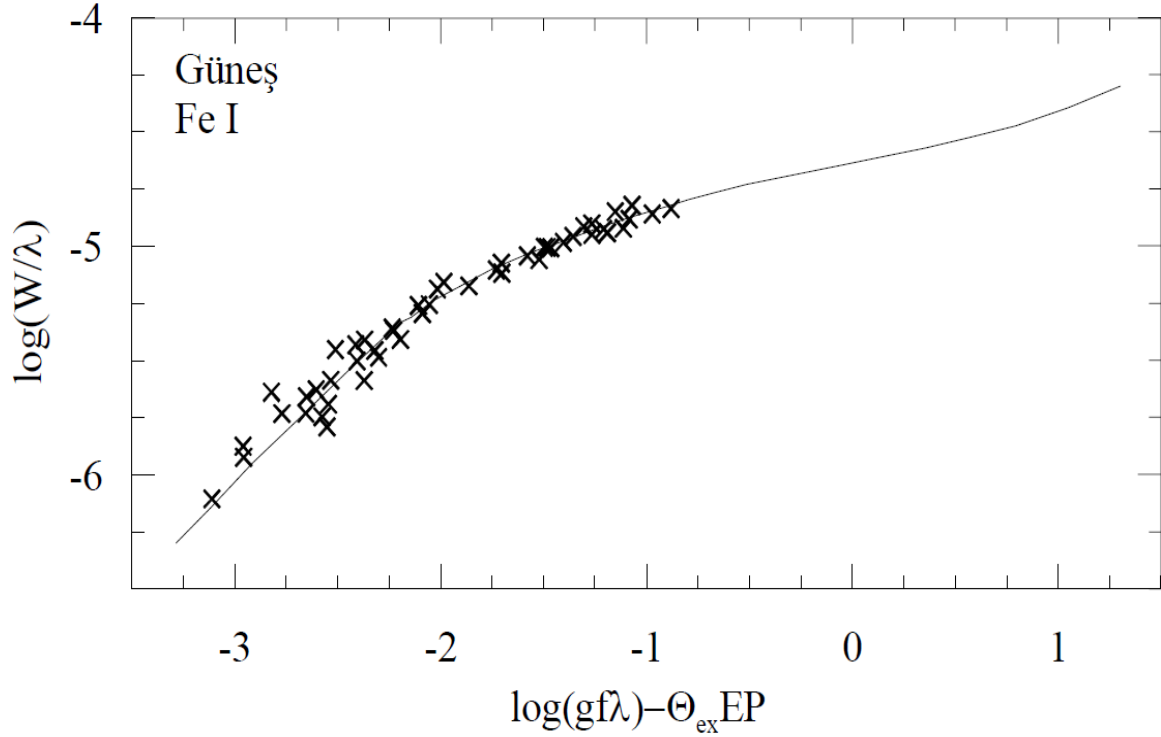
Çizelge 4.5. Çalışmadaki yıldızların Fe, Ni ve Ti bolluk değerleri.

Yıldız (HIP)	[Fe/H] (dex)	[Ni/H] (dex)	[Ti/H] (dex)
17409	-0,20	-0,21	-0,05
21847	0,15	-0,11	0,08
27435	-0,09	-0,27	-0,18
28908	-0,11	-0,18	-0,07
29432	-0,07	-0,21	-0,14
30545	-0,06	-0,11	-0,05
35509	-0,01	-0,10	0,06
44089	-0,03	-0,26	-0,31
50606	-0,04	-0,14	0,03
61053	-0,05	0,01	0,22
70520	-0,16	-0,19	0,00
72043	0,00	-0,18	-0,03
73941	0,00	-0,04	0,19
85810	0,12	-0,12	-0,01
86184	-0,25	-0,27	-0,04

Büyüme eğrisi, bolluğun logaritmik değerine karşılık, eşdeğer genişliklerin değeri olarak verilmektedir. 10 adet Fe I, 6 adet Ni I ve 5 adet Ti I çizgisi kullanılarak yapılan Fe, Ni ve Ti bollukları WIDTH9 programı kullanılarak hesaplanmıştır. WIDTH9 programı yıldızların bolluk değerlerini vermekte ancak büyüme eğrisi şekillerini göstermemektedir. Bu yüzden örnek bir büyüme eğrisi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yıldızların Güneş karşılaştırmalı element bolluk grafiği.



Şekil 4.3. Güneş'in Fe I çizgilerine ait büyüme eğrisine bir örnek. Büyüme eğrisinde g : istatistik ağırlık, f : osilatör şiddeti, $\Theta_{ex} = 5040/T_{ex}$ ve EP: eksitasyon potansiyeli'dir (Aslan, 2006).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında 15 yıldıza ait atmosfer parametreleri bulunmuştur. Bunlar elementlerin çizgi tanıları ve eşdeğer genişliklerinin ölçümü, model atmosferleri ve 3 elementin bolluk analizi şeklindedir. Aşağıda bu bulgular tartışılmıştır.

5.1. Çizgi Ölçümleri

Çalışmada kullanılan 15 yıldız Güneş civarında olduğundan, 5000 Å ile 6000 Å dalgaboyu aralığındaki Fe, Ni ve Ti elementlerine ait çizgilerin tanısı ve eşdeğer genişlik ölçümleri Güneş spektrumu referans alınarak yapılmıştır (Çizelge 4.1, 2 ve 3)

Tayflarda ortaya çıkan element çizgilerinin tamamı laboratuvar atlasında mevcut olanlardır. Tanısı belirsiz olan spektrel çizgi olmamıştır (yani yeni bir element bulgusu yoktur). Eşdeğer genişlik ölçümleri laboratuvar atlasında verilenlere yakın bulunmuştur. Laboratuvar merkezi dalgaboyları ile ölçülenler arasındaki “en büyük” farklar Fe, Ni ve Ti için sırasıyla 0,770 Å, 0,023 Å ve 0,010 Å olmuştur. Benzer şekilde laboratuvar dalgaboyları ile ölçülen dalgaboyları arasındaki “ortalama” farklar Fe, Ni ve Ti için sırasıyla -0,030 Å, 0,016 Å ve 0,004 Å’dur. Elementlerin gözlenen dalgaboyları, laboratuvar dalgaboyları ve multiplet numaraları Çizelge 3.4’te verilmiştir (Moore,1945).

Çizelge 4.1, 2 ve 3’teki eşdeğer genişlik değerleriyle oluşturulan Şekil 4.1A, B ve C’nin yorumlamasını da şöyle yapabiliriz:

Demir için: Ölçülen nötral Fe çizgileri içinde 5546,506 Å çizgisi “en büyük” ve 5539,280 Å çizgisi de “en küçük” eşdeğer genişlikli olarak görülmektedir. HIP27435 yıldızının eşdeğer genişlikleri diğer tüm tez yıldızların genişliklerinden farklılık göstermiştir.

Nikel için: 15 yıldızdan 10’unun (HIP 17409, 21847, 27435, 28908, 29432, 30545, 44089, 50606, 720043, 86184) eşdeğer genişlikleri bir grup olarak uyum içerisindedir. Ancak bu gruptan diğer 5 yıldızın (HIP 35509, 61053, 70520, 73941, 85810) bazı çizgilerin eşdeğer genişlikleri ayrılmıştır. Bunlardan 70520 ve 61053 yıldızlarının 5682,198 Å dalgaboyundaki, 35509, 61053, 70520 ve 73941 yıldızlarının 5637,115 Å dalgaboyundaki ve 70520, 85810 ve

61053 yıldızlarının da 5625,312 Å dalgaboyundaki çizgilerin eşdeğer genişlikleri diğer yıldızlarından farklılık göstermektedir.

Titanyum için: Ölçülen nötral Ti çizgilerinin eşdeğer genişliklerinin tümünde bir uyumluluk görülmektedir.

5.2. Model Atmosfer Parametreleri

Bu çalışmadaki 15 yıldızın atmosfer modeli, etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans hızı ve metalisite değerlerine göre ATLAS9'da oluşturulmuştur. Bu işlemde kullanılan parametre sayısı 10'dur (RHOX, T, P, XNE, ABROSS, ACCRAD, VTURB, FLXCNV, VCOMV, VELSDN) ve 72 satırda uygun değerlere yaklaşabilmektedir. Bu parametreler $T_{\text{eff}} = 5707 \text{ K}^\circ$, $\log g = 4,08100$, $V_{\text{TURB}} = 200000 \text{ cm s}^{-1}$ ve 1'den 99'a kadar metalisite girdileri ile örnek HIP17409 yıldızının model atmosferi için yıldız yüzeyinden merkeze doğru aşağıdaki aralıklarda değişmektedir. Bu örnek atmosfer modelinde yüzeydeki ışıyım basıncı ($\text{PRADK}, \text{dyn cm}^{-2}$) = 1,419 bulunmuştur.

Kütle fonksiyonu ($\text{RHOX}, \text{gr cm}^{-2}$): 0,0007615 – 11,553

Sıcaklık (T, K°): 3743,4 – 9877,0

Gaz basıncı ($P, \text{dyn cm}^{-2}$): 9,177 – 139200

Elektron yoğunluğu ($\text{XNE}, \text{cm}^{-3}$): $1,693 \cdot 10^9$ – $4,875 \cdot 10^{15}$

Rosseland donukluğu ($\text{ABROSS}, \text{cm}^2 \text{gr}^{-1}$): 0,0001751 – 64,24

ışıyım soğrulmasından kaynaklanan ivme ($\text{ACCRAD}, \text{cm s}^{-2}$): 0,02018 – 3,767

Konveksiyonla taşınan enerji akısı ($\text{FLXCNV}, F_{\text{conv}}, \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$): 0,000 – 0,9709

Konveksiyon hızı ($\text{VCOMV}, V_{\text{conv}}, \text{km s}^{-1}$): 0,000 – 229400

Ses hızı ($\text{VELSDN}, \text{cm s}^{-1}$): 708500 – 907200

5.3. Bolluk Sonuçları

Bu çalışmada incelediğimiz 15 tez yıldızı için bulunan bolluk değerleri literatür ile karşılaştırılması verilmiştir (Çizelge 5.1a, 2a ve 3a'da her üç elementin sırasıyla 10 adet Fe, 6 adet Ni ve 5 adet Ti). Söz konusu çizelgenin yorumunu şöyle yapabiliriz:

1. Literatürde 17 adet Fe için ve 6'şar adet de Ni ve Ti için bolluk üzerine makale bulunmaktadır. En fazla Fe bolluğu üzerine çalışma yapıldığı anlaşılmaktadır.

2. Literatürde yeterince Fe bolluğu mevcuttur (yıldız başına ortalama 5 makale): bizim çalışmamızın sonuçları literatürde en az 3 ve en fazla 10 makale ile karşılaştırılabilmektedir. Fakat Ni için literatürde çalışma az yapılmıştır (yıldız başına ortalama 2 makale): bizim çalışmamızın sonuçları en az 1 ve en fazla 4 makale ile karşılaştırılırken HIP50606 yıldızının hiç çalışmadığı görülmüştür ve ilk kez bu tez çalışmasında Ni bolluğu verilmiştir. Ti için ise literatürde daha da az çalışma yapılmıştır (yıldız başına ortalama 1 makale): bizim çalışmamızın sonuçları en az 1 ve en fazla 4 makale ile karşılaştırılırken HIP17409 ve HIP50606 yıldızlarının hiç çalışmadığı görülmüştür ve ilk kez bu tez çalışmasında Ti bollukları verilmiştir.

Çizelge 5.1b, 2b ve 3b'de üç elementin 15 yıldız için ortalama bolluk değerlerinin literatürdeki ortalama bolluk değerleri ile kıyaslanması verilmiştir. Bu çizelgelerin de yorumunu şöyle yapabiliriz:

1. Fe, Ni ve Ti için en büyük ve en küçük bolluk değerleri arasındaki farklar sırasıyla 0,15 ile -0,25, 0,01 ile -0,27 ve 0,22 ile -0,31 dex bulunmuştur.

2. Benzer şekilde yıldızların bolluk değerleri arasındaki ortalama farklar da Fe, Ni ve Ti için sırasıyla -0,05, -0,16 ve -0,02 dex çıkmıştır. Buna göre bulduğumuz bolluk değerleri Güneş'inkine çok yakındır. Bununla birlikte çalıştığımız yıldızlarda ortalama bolluk değerleri kıyaslandığında Fe, Ni ve Ti bollukları hidrojene oranla az (negatif) görülmektedir.

3. Bulduğumuz sonuçlar literatürdekilerine genelde yakın çıkmıştır. Bununla birlikte, Soubiran ve Girard (2005) çalışmasında 743 adet Güneş benzeri yıldızın Al, Ca, Fe, Mg, Na,

Ni, O, Si ve Ti elementlerinin bolluklarını $-1,3 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0,5$ dex aralığında bulmuştur. Çalışmada bulduğumuz Fe, Ni ve Ti elementlerinin bolluk sonuçları bu aralığa düşmektedir.

Şekil 4.2'de tez yıldızların bolluk değerleri Güneş'inki ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Fe bolluğu Güneş'inkine en yakın görülmektedir. Ti bolluğu da nispeten Güneş bolluğuna yakın olduğunu söyleyebiliriz. Ni bolluğu Güneş bolluğundan genelde küçük çıkmıştır. Literatürde bulunmayan ve bu tez çalışmasında ilk kez ölçülen 2 yıldızın Ti bolluğu Güneş'inkine çok yakın Ni bolluğu ise Güneş'inkinden küçük çıkmıştır.

15 tez yıldızın Fe, Ni ve Ti elementlerine ait kimyasal bollukları bulunmuştur. Özetle bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Toplam 21 adet element çizgi tanısı yapılmıştır (10 adet Fe, 6 adet Ni ve 5 adet Ti) . Tanısı yapılamayan tayfsal çizgi olmamıştır.
2. Tanısı yapılanların eşdeğer genişlikleri ölçülmüştür (Toplamda 315 adet).
3. Atmosfer parametreleri kullanılarak 45 adet model atmosfer oluşturulmuştur.
4. Elementlerin bolluk analizleri yapılmıştır. Bulduğumuz 45 adet bolluk değerleri Güneş'inkine yakın olmakla birlikte literatürdekilerden genelde küçük çıkmıştır. HIP50606 yıldızının Ni ve Ti ile HIP17409'un Ti bollukları ilk kez bu tez çalışmasında verilmiştir.

Çizelge 5.1a. İncelenen 15 yıldızın nötral Fe bolluk değerlerinin literatür ile karşılaştırması.

HIP Literatür	[Fe/H] (dex)														
	17409	21847	27435	28908	29432	30545	35509	44089	50606	61053	70520	72043	73941	85810	86184
Bu çalışma	-0,20	0,15	-0,09	-0,11	-0,07	-0,06	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,16	0,00	0,00	0,12	-0,25
Bensby vd.2014						-0,03									
Gonzalez.2014			-0,18												
Mishenina vd.2013	-0,36	0,14	-0,23	-0,18	-0,07	-0,02				-0,12				0,06	
Ramirez vd.2012	-0,41				-0,08	-0,09					-0,60				
Adibekyan vd.2012			-0,22												
Casagrande vd.2011							0,18	0,05	0,06			0,04	-0,03		
Arnadottir vd.2010								0,03							
Holmberg vd.2009	-0,409	0,14	-0,30	-0,25	-0,10	-0,08	0,02	-0,04	-0,02	-0,13	-0,62	-0,10	-0,12	0,05	-0,33
Cenarro vd.2007															-0,32
Reddy vd.2006											-0,62				
Soubiran ve Girard.2005	-0,36	0,10	-0,23	-0,21	-0,16	-0,07				-0,11	-0,63			0,06	-0,39
Valenti ve Fischer.2005			-0,23		-0,11	-0,03		0,03				0,00	0,05	0,10	
Mishenina vd.2004	-0,36	0,14	-0,23	-0,18		-0,02				-0,12				0,06	
Kovtyukh vd.2004	-0,31	0,19	-0,18	-0,13	-0,02	0,03			0,03	-0,07	-0,50			0,11	-0,11
Bruntt vd.2004						-0,17	-0,08								
Reddy vd.2003					-0,16	-0,12									
Eggen.1998				-0,22							-0,60				

Çizelge 5.1b. İncelenen 15 yıldızın nötral Fe bolluk değerlerinin literatür ortalaması ile karşılaştırması.

HIP Literatür	[Fe/H] (dex)														
	17409	21847	27435	28908	29432	30545	35509	44089	50606	61053	70520	72043	73941	85810	86184
Bu çalışma	-0,20	0,15	-0,09	-0,11	-0,07	-0,06	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,16	0,00	0,00	0,12	-0,25
Ortalama	-0,37	0,14	-0,21	-0,20	-0,10	-0,06	0,04	0,02	0,02	-0,11	-0,59	-0,03	-0,03	0,07	-0,27
literatür	±0,04	±0,03	±0,04	±0,05	±0,05	±0,06	±0,13	±0,05	±0,04	±0,02	±0,05	±0,10	±0,10	±0,03	±0,12

Çizelge 5.2a. İncelenen 15 yıldızın nötral Ni bolluk değerlerinin literatür ile karşılaştırması.

		[Ni/H] (dex)													
HIP															
Literatür	17409	21847	27435	28908	29432	30545	35509	44089	50606	61053	70520	72043	73941	85810	86184
Bu çalışma	-0,21	-0,11	-0,27	-0,18	-0,21	-0,11	-0,10	-0,26	-0,14	0,01	-0,19	-0,18	-0,04	-0,12	-0,27
Mishenina vd.2013	0,03	0,06	0,01	-0,01	-0,01					-0,01				0,03	
Adibekyan vd.2012			-0,245												
Reddy vd.2006											0,01				
Soubiran ve Girard.2005	0,07	0,05	0,01	0,02	-0,02	-0,02				-0,02	0,11			0,03	0,04
Valenti ve Fischer.2005			-0,27		-0,13	-0,09		0,02				-0,02	0,03	0,10	
Bruntt vd.2004						-0,20	-0,12								

Çizelge 5.2b. İncelenen 15 yıldızın nötral Ni bolluk değerlerinin literatür ortalaması ile karşılaştırması.

		[Ni/H] (dex)														
HIP Literatür		17409	21847	27435	28908	29432	30545	35509	44089	50606	61053	70520	72043	73941	85810	86184
Bu çalışma		-0,21	-0,11	-0,27	-0,18	-0,21	-0,11	-0,10	-0,26	-0,14	0,01	-0,19	-0,18	-0,04	-0,12	-0,27
Ortalama		0,05	0,06	-0,12	0,01	-0,05	-0,10	-0,12	0,02		-0,02	0,06	-0,02	0,03	0,05	0,04
Literatür		±0,03	±0,04	±0,15	±0,02	±0,07	±0,09	±0,00	±0,00		±0,01	±0,04	±0,00	±0,00	±0,04	±0,00

Çizelge 5.3a. İncelenen 15 yıldızın nötral Ti bolluk değerlerinin literatür ile karşılaştırması.

		[Ti/H] (dex)														
Literatür	HIP	17409	21847	27435	28908	29432	30545	35509	44089	50606	61053	70520	72043	73941	85810	86184
Bu çalışma		-0,05	0,08	-0,18	-0,07	-0,14	-0,05	0,06	-0,31	0,03	0,22	0,00	-0,03	0,19	-0,01	-0,04
Bensby vd.2014		-0,02														
Adibekyan vd.2012		-0,160														
Reddy vd.2006		0,23														
Soubiran ve Girard.2005		-0,04			0,15	-0,04	0,00				0,04	0,25				0,09
Valenti ve Fischer.2005				-0,22		-0,11	0,05		0,03				0,03	0,04	0,03	
Bruntt vd.2004		-0,19 -0,09														

Çizelge 5.3b. İncelenen 15 yıldızın nötral Ti bolluk değerlerinin literatür ortalaması ile karşılaştırması.

		[Ti/H] (dex)														
HIP Literatür		17409	21847	27435	28908	29432	30545	35509	44089	50606	61053	70520	72043	73941	85810	86184
Bu çalışma		-0,05	0,08	-0,18	-0,07	-0,14	-0,05	0,06	-0,31	0,03	0,22	0,00	-0,03	0,19	-0,01	-0,04
Ortalama			-0,04	-0,19	0,15	-0,06	-0,04	-0,09	0,03		0,04	0,24	0,03	0,04	0,03	0,09
Literatür			±0,00	±0,04	±0,00	±0,05	±0,10	±0,00	±0,00		±0,00	±0,01	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00

KAYNAKLAR

Adibekyan, V. Zh., Sousa, S. G., Santos, N. C., Delgado, M. E., Gonzalez, H. J. I., Israelian, G., Mayor, M., Khachatryan, G., 2012. Chemical abundances of 1111 FGK stars from the HARPS GTO planet search program. Galactic stellar populations and planets. *Astronomy and Astrophysics*, 545, 32- 15.

Alonso, A., Arribas, S., Martinez-Roger, C., 1996. The Emprical Scale of Temperatures of the Low Main Sequence (FOV-K5). *Astronomy and Astrophysics*, 313, 873-890.

Arnadottir, A. S., Feltzing, S., Lundström, I., 2010. The ability of intermediate-band Strömrgren photometry to correctly identify dwarf, subgiant, and giant and provide stellar metallicities and surface gravities. *Astronomy and Astrophysics*, 521, 40-77.

Aslan, M. S., 2006. Zayıf ve Şiddetli Çizgili Geç F ve Erken G Spektrel Sınıf Anakol Yıldızlarının Spektroskopik İncelenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi. 88s. İstanbul.

BASS2000, 2014. Solar Survey Archive. İnternet adresi: http://bass2000.obspm.fr/solar_spect. Erişim Tarihi: 12.02.2014.

Bensby, T., Feltzing, S., 2012. Chemical Evolution of the Galactic Disk. *Galactic Archaeology: Near-field Cosmology and the Formation of the Milky Way*. ASP Conference Series, 458, 201.

Bensby, T., Feltzing, S., Oey, M. S., 2014. Chemical abundances of solar neighbourhood dwarfs. *Astronomy and Astrophysics*, 3562, 90-71.

Bilir, S., Ak, S., Karaali, S., Cabrera-Lavers, A., Chonis, T. S., Gaskell, C. M., 2008. Transformations between 2MASS, SDSS and BVRI Photometric Systems; Bridging the near-infrared and optical. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 384, 1178-1188.

Böhm-Vitense, E. 1989. *Introduction to Stellar Astrophysics*. Cambridge University Press, Cambridge.

[Bruntt, H.](#), [Bikmaev, I. F.](#), [Catala, C.](#), [Solano, E.](#), [Gillon, M.](#), [Magain, P.](#), [Van't Veer-Menneret, C.](#), [Stütz, C.](#), [Weiss, W. W.](#), [Ballereau, D.](#), [Bouret, J. C.](#), [Charpinet, S.](#), Hua, T., Katz, D., [Lignières, F.](#), [Lueftinger, T.](#), 2004. Abundance analysis of targets for the COROT/MONS asteroseismology missions. II. Abundance analysis of the COROT main targets. *Astronomy and Astrophysics*, 425, 683-695.

[Casagrande, L.](#), [Schönrich, R.](#), [Asplund, M.](#), [Cassisi, S.](#), [Ramírez, I.](#), [Melendez, J.](#), [Bensby, T.](#), [Feltzing, S.](#), 2011. New constraints on the chemical evolution of the solar neighbourhood and Galactic disc(s). Improved astrophysical parameters for the Geneva-Copenhagen Survey. *Astronomy and Astrophysics*, 530, 138-21.

Cenarro, A. J., Peletier, R. F., Sanchez-Blazquez, P., Selam, S. O., Toloba, E., Cardiel, N., Falcon-Barroso, J., Gorgas, J., Jimenez-Vicente, J., Vazdekis, A., 2007. Medium-resolution Isaac Newton Telescope library of empirical spectra-II. The stellar atmospheric parameters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 374, 664-690.

Chen, Y. Q., Nissen, P. E., Zhao, G., Zhang, H. W., Benoni, T., 2000, Chemical Composition of 90 F and G Disk Dwarfs, *Astronomy and Astrophysical Supplement Series*, 141, 491-506.

Cox, N. A., 1999. *Allen's Astrophysical Quantities*. The Antlone Press, London.

Edvardsson, B., Andersen, J., Gustafsson, B., Lambert, D. L., Nissen, P. E., Tomkin, J., 1993. The Chemical Evolution of Galactic Disk. *Astronomy and Astrophysics*, 275, 101-152.

Eggen, O.J., Lynden-Bell, D., Sandage, A.R., 1962. Evidence From the Motions of Old Stars that the Galaxy Collapsed. *ApJ*, 136, 748-766.

Eggen, O. J., 1998. Kinematics and metallicity of Stars in the solar region. *The Astrophysical Journal*, 115, 2397-2434.

ESA, 1997. The Hipparcos and Tycho Catalogues. İnternet adresi: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=I/239>. Erişim Tarihi: 05.02.2014.

Gaidos, E. J., Gonzales, G., 2002. Stellar atmospheres of nearby young solar analogs. *New Astronomy*, 7, 211-226.

Girardi, L., Bressan, A., Bertelli, G., Chiosi, C., 2000. Evolutionary tracks and isochrones for low- and intermediate- mass Stars: From 0.15 to $M_{\odot}$, and from $Z=0.0004$ to 0.03. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 141, 371- 383.

Gonzalez, G., 2014. Parent stars of extrasolar planets - XIII. additional evidence for Li abundance anomalies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441, 1201-1208.

Grevesse, N., Sauval, A. J., 2002. The composition of the solar photosphere. 30, 3-11.

Gustafsson, B., Bell, R. A., Eriksson, K., Nordlund, A. 1975. A Grid of Model Atmospheres for Metal-deficient Giant Stars I. *A&A*, 42, 407-432.

[Hauck, B.](#), [Mermilliod, M.](#), 1997. uvby-beta Catalogue. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 129, 431.

Holmberg, J., Nordström, B., Andersen, J., 2009. The Geneva-Copenhagen Survey of the solar neighbourhood. III. Improved distances, ages, and kinematics. *Astronomy and Astrophysics*, 501, 941-947.

IRAF 2014. Erişim adresi: <http://iraf.noao.edu/>. Erişim Tarihi: 14.01.2014.

Kerr, F. J., Lynden-Bell. D., 1986. Review of galactic constants. *MNRAS*, 221, 1023-1038.

Karaali, S., Bilir, S., Karatař, Y., Ak. S. G., 2002. Yeni Bir Metal Bolluğu Kalibrasyonu. XIII. Ulusal Astronomi Toplantısı, 2-6 Eylül, TUG, Antalya, 42-47.

Kovtyukh, V. V., Soubiran, C., Belik, S. I., 2004. A new Böhm-Vitense gap in the temperature range 5560 to 5610 K in the main sequence hm-Vitense gap in the main sequence. *Astronomy and Astrophysics*, 427, 933-936.

Kurucz, L. R., 2005. ATLAS12, SYNTHE, ATLAS9, WIDTH9, et cetera. Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement, 8, 14.

Kurucz, L. R., Bell, B., 1995. Atomic Line Data Kurucz CD-Rom No.23, Cambridge. İnternet adresi: <http://cfa-www.harvard.edu/amdata/ampdata/kurucz23/sekur.html>. Erişim Tarihi: 23.02.2014.

Luck, R. E., Heiter, U., 2005. Stars within 15 parsecs: Abundances for a Northern Sample. The Astrophysical Journal, 129, 1063-1083.

Mishenina, T. V., Soubiran, C., Bienaymé, O., Korotin, S. A., Belik, S. I., Usenko, I. A., Kovtyukh, V. V., 2004. Spectroscopic Investigation of Stars on the Lower Main Sequence. Astronomy and Astrophysics, 489, 923-930.

Mishenina, T. V., Pignatari, M., Korotin, S. A., Soubiran, C., Charbonnel, C., Thielemann, F. K., Gorbaneva, T. I., Basak, N. Yu., 2013. Abundances of neutron-capture elements in stars of the Galactic disk substructures. Astronomy and Astrophysics, 552, 128-12.

Moore, C. E., 1945. A Multiplet Table Astrophysical Interest, Princeton University Observatory, Princeton, New Jersey.

Nissen, P.E., Schuster, W.J., 2011. Two Distinct Halo Populations in the Solar Neighborhood. II. Evidence From Stellar Abundances of Mn, Cu, Zn, Y, and Ba. Astronomy and Astrophysics, 530, 15-27.

Özdemir, S., Gürol, B., Demircan, O., (Editör) 2005. Astronomi ve Astrofizik, ISBN:975-9091-30-5, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti, Ankara.

Prieto, A. C., Barklem, P. S., Lambert, D. L., Cunha, k., 2004. S4N: A Spectroscopic Survey of Stars in the solar Neighborhood. The Nearest 15 pc. Astronomy and Astrophysics, 420, 183-205.

Ramirez, I., Fish, J. R., Lambert, D. L., Allende P. C., 2012. Lithium abundances in nearby FGK dwarf and subgiant stars: Internal destruction, galactic chemical evolution, and exoplanets. *The Astrophysical Journal*, 756, 46-14.

Ramirez, I., Melendez, J., Asplund, M., 2009. Accurate abundance patterns of solar twins and analogs. Does the anomalous solar chemical composition come from planet formation? *The Astronomy and Astrophysics*, 508, 17-20.

[Reddy, B. E.](#), [Lambert, D. L.](#), [Allende Prieto, C.](#), 2006. Elemental abundances for 176 stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 7367, 1329.

Reddy, B.E., Tomkin, J., Lambert, D.L., Prieto, C.A., 2003. The Chemical Compositions of Galactic Disk F and G Dwarfs. *MNRAS* 340, 304-340.

Schuster, W. J. and Nissen, P. E., 1989. Uvby- β Photometry of High Velocity and Metal-Poor Stars II. Intrinsic Color and Metallicity Calibrations. *Astronomy and Astrophysics*, 221, 65-77.

SIMBAD Astronomical Database 2014. İnternet adresi: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> Erişim Tarihi: 19.03.2014.

Snedden, C. A., 1973. PhD thesis, The University of Texas at Austin.

Soubiran, C., Girard, P., 2005. Abundance trends in kinematical groups of the Milky Way's disk. *Astronomy and Astrophysics*, 438, 139-151.

The ELODIE archive 2014. An on-line database of high-resolution stellar spectra. İnternet adresi: <http://atlas.obs-hp.fr/elodie/>. Erişim tarihi: 11.02.2014.

Tokalı,S., 2011. G-Tip Yıldızların Spektroskopik İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77 s, Isparta.

Twarog, B. A., 1980. The Chemical Evolution of Solar Neighborhood. II – The Age-Metallicity Relation and the History of the Star Formation in the Galactic Disk. *Astrophysical Journal*, 242, 242-259.

Valenti, J. A., Fischer, D. A., 2005. Spectroscopic properties of cool Stars (SPOCS). I. 1040 F, G, and K dwarfs from Keck, Lick, and AAT Planet Search Programs. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 159, 141-166.

Van Leeuwen, F., 2007. Hipparcos, the New Reduction. İnternet adresi: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR-3>. Erişim tarihi: 05.03.2014.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Etem GÜNEŞ

Doğum Yeri ve Yılı : ADIYAMAN, 1981

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : etemgunes@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Adıyaman Erdemir Lisesi (2001)

Lisans : Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü
(2004-2009)

Tezsiz Yüksek Lisans : Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği
(2009-2010)

Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

Aslan, M., Yücel, G., Güneş, E., 2012. Poster Sunumu. HD 43856'nın Kimyasal Bolluk Analizi. Türk Fizik Derneği 29. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.