

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YILDIZLARIN TAYFSAL ANALİZİ VE SINIFLANDIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren CAN
2000007344

Anabilim Dalı: Fizik

Program: Fizik Tezli Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül F. YELKENCİ

HAZİRAN 2024

T.C.

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YILDIZLARIN TAYFSAL ANALİZİ VE SINIFLANDIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren CAN

2000007344

Anabilim Dalı: Fizik

Program: Fizik Tezli Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül F. YELKENCİ

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Dursun KOÇER

Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALIŞ

HAZİRAN 2024

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinde yıldızların tayfi incelenmiş ve sınıflandırması yapılmıştır. Radyal hız niceliği, renk sıcaklıkları ve çizgi derinlik oranı yöntemi (LDR) ile etkin sıcaklık değerleri belirlenmiştir.

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmam boyunca gösterdiği her türlü destek, sabır ve yardımlarından dolayı çok değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül F. YELKENÇİ'ye en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca her türlü desteği için sevgili eşim Mehmet CAN'a, canım kızım Arya Derin'e ve sevgili kardeşim Pınar ERBAŞ'a teşekkür ederim.

Haziran, 2024

Ceren CAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SİMGE LİSTESİ	ix
KISA ÖZET	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. ELEKTROMANYETİK TAYFIN TARİHİ	1
1.2. YILDIZ TAYFLARI	2
1.3. YILDIZ TAYFLARINDA ÇİZGİ OLUŞUMU	6
1.4. YILDIZLARIN TAYFSAL SINIFLANDIRILMASI	12
1.5. H-R DİYAGRAMI	15
1.6. YILDIZLARIN RENK SICAKLIĞI	18
1.7. TAYFSAL SINIFLANDIRMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	20
2. MALZEME VE YÖNETİM	29
2.1. GÖZLEM VERİLERİ	29
2.1.1. SVO (Spanish Virtual Observatory)	30
2.1.2. ELODIE TAYFÖLÇERİ	30
2.1.3. LAMOST TELESKOBU (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope)	32
2.1.4. LIVERPOOL TELESKOBU	34
2.2. VERİ ANALİZİ	37
2.2.1 SPLAT-VO	37

2.2.2. NIST (The National Institute of Standards and Technology).....	37
2.2.3. VALD (The Vienna Atomic Line Database).....	38
2.3. ÇİZGİ DERİNLİK ORANI (LDR) YÖNTEMİ İLE SICAKLIK TAYİNİ	38
2.4. YILDIZLARIN TAYFSAL İNCELEMESİ.....	39
2.4.1 HD 46150 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ	39
2.4.2. HD 229258 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ.....	42
2.4.3. BD-034630 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ.....	45
2.4.4. HD 350350 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ.....	48
2.4.5. HD 199893 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ.....	51
2.4.6. BD+364307 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ.....	54
2.4.7. BD+004814 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ.....	57
3. SONUÇLAR.....	60
3.1. BULGULAR	60
3.2. TARTIŞMA VE SONUÇ	63
KAYNAKÇA.....	68
EKLER.....	72

KISALTMALAR

NIST	: The National Institute of Standards and Technology (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü)
SVO	: Spanish Virtual Observatory (İspanya Sanal Gözlemevi)
VALD	: The Vienna Atomic Line Database (Viyana Atomik Çizgi Veritabanı)
SIMBAD	: The Strasbourg Astronomical Data Center (Strasbourg Astronomik Veri Merkezi)
IVOA	: The International Virtual Observatory Alliance (Uluslararası Sanal Gözlemevi İttifakı)
OHM	: Observatoire de Haute Provence (Haute Provence Gözlemevi)
LT	: Liverpool Teleskobu
TSO	: The Schools' Observatory
VO	: Virtual Observatory (Sanal Gözlemevi)
LDR	: Line Depth Ratio (Çizgi Derinlik Oranı)

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Yıldızların ışınlam gücü sınıflandırması	10
Tablo 1.2 9 yıldız için tayf türü, yıldızın sıcaklığı ve parlaklığı (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022).....	13
Tablo 1.3 Tayf sınıflandırmasına göre renk, sıcaklık ve belirgin soğurma çizgileri (Nave, t.y.).....	14
Tablo 1.4 Tayf incelemesi sırasında gözlenebilecek bazı çizgi kimlikleri.	27
Tablo 2.1 Bu çalışmada kullanılan veri bilgileri.....	29
Tablo 2.2 LAMOST'un özellikleri	34
Tablo 2.3 HD 46150 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	41
Tablo 2.4 HD 229258 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	43
Tablo 2.5 HD 229258 yıldızın SVO Veri Tabanındaki değerleri (Spanish Virtual Observatory, 2020).....	45
Tablo 2.6 BD-034630 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	47
Tablo 2.7 BD-034630 isimli yıldızın SVO Veri Tabanındaki değerleri (Spanish Virtual Observatory, 2020).....	48
Tablo 2.8 HD 350350 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	50
Tablo 2.9 HD 199893 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	52
Tablo 2.10 HD 199893 yıldızına ait çizgi derinlik oranı verileri.....	54
Tablo 2.11 BD+36 4307 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	56
Tablo 2.12 BD+364307 yıldızına ait çizgi derinlik oranı verileri.....	57
Tablo 2.13 BD+004814 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri	59
Tablo 3.1 Yıldızların sonuç bulguları	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 1814’de Joseph von Fraunhofer’in çizimi ve renklendirmesi ile Güneş’in tayfı üzerinde Fraunhofer çizgileri. (Kılıçoğlu, 2014).....	2
Şekil 1.2 Işın enerjisini absorplamış olan iyonun, temel enerji seviyesinden, kararsız uyarılmış enerji seviyesine geçişi. (Aktaş ve Yağmur, 2022).....	3
Şekil 1.3 Absorpladığı ışın enerjisine eşit enerjinin dışarıya salınarak elektronun temel enerji seviyesine geri dönüşü. (Aktaş ve Yağmur, 2022)	3
Şekil 1.4 Beyaz bir ışık kaynağı ile gözlemci arasına prizma konulduğunda oluşan sürekli tayf (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022).....	3
Şekil 1.5 Soğuk bir yıldızın sürekli zemine göre tayf kesiti (Evren, 2018).....	4
Şekil 1.6 Hidrojen için soğurma (absorpsiyon) tayfı modeli (Beşergil, 2020)	5
Şekil 1.7 Hidrojen için salma (emisyon) tayfı modeli (Beşergil, 2020)	5
Şekil 1.8 Hidrojen soğurma (absorpsiyon) çizgileri (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)	5
Şekil 1.9 Görece daha sıcak bir yıldızın tayfı (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)	5
Şekil 1.10 Görece soğuk bir yıldızın tayfı (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)	6
Şekil 1.11 HD 124320 isimli A2V sınıfına ait bir yıldızın ışıınım tayfı ile bu tayfa ait “iz” görüntüsü. (Australia Telescope National Facility, 2022).....	6
Şekil 1.12 Bir yıldızın sıcaklık-yükseklik grafiği. (The University of Arizona, t.y.)..	7
Şekil 1.13 Bir çizgi profilinin eşdeğer genişliği (Magrini, 2018).....	7
Şekil 1.14 Yoğunluğun az olmasının çizgi oluşumuna etkisi (Magrini, 2018).....	8
Şekil 1.15 Yoğunluğun fazla olmasının çizgi oluşumuna etkisi (Magrini, 2018)	9
Şekil 1.16 Bir süper dev ve bir cüce yıldızın tayf örneği (Pisgah Astronomical Research Institute, 2023).....	10
Şekil 1.17 A3I sınıfı Süperdev ile A3V sınıfı cüce Anakol yıldızının ışık tayfındaki çizgilerin basınç genişlemesi. (Magrini, 2018).....	11

Şekil 1.18 Çizgi profilinde sönümlenme ve doppler etkisi (Magrini, 2018)	11
Şekil 1.19 O, B, A, F, G, K ve M türü yıldızlar için yıldız tayfları örneği (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022).....	12
Şekil 1.20 Farklı türdeki yıldızlarda görülebilecek soğurma çizgileri (Yelkenci, 2020)	14
Şekil 1.21 Yıldızlardan alınan ışık tayfları. Tayflarda ara sınıflar arasındaki farklar da gösterilmiştir. (Rutten, 2007)	15
Şekil 1.22 H-R Diyagramı örneği (The Schools' Observatory, 2024)	16
Şekil 1.23 H-R Diyagramı (DocPlayer, 2022)	18
Şekil 1.24 Güneş tayfı ile karacisim tayfı karşılaştırması. (University of Aberta, t.y.)	19
Şekil 1.25 Bazı atomik tür ve molekülün tayf türü ve sıcaklığına göre dağılımı (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.)	20
Şekil 1.26 Bazı yıldız tayflarında ortaya çıkan element çizgileri (Kılıçoğlu, 2020)..	21
Şekil 1.27 OV sınıfı 5 yıldızın yıldız tayfı. (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.)	21
Şekil 1.28 O ve B tipi yıldız tayfları. (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.)	22
Şekil 1.29 A3I, A3III ve A3V sınıfı yıldızlara ait tayflar (The University of Arizona, t.y.)	23
Şekil 1.30 Farklı türden yıldızların tayf örnekleri (Kılıçoğlu, 2020).....	25
Şekil 1.31 H-R diyagramı üzerinde yıldız sınıflandırması ve özellikleri.....	26
Şekil 2.1 ELODIE'nin perspektif görüntüsü (Ilovaisky, 2004)	31
Şekil 2.2 LAMOST Teleskop yapısı (National Astronomical Observatories, 2012a)	33
Şekil 2.3 Liverpool Teleskobunun dış yapısı (Wikimedia Commons, 2020).....	35
Şekil 2.4 Liverpool Teleskobu ile gözlem sırasında alınan görüntüdür. (The TMT International Observatory LLC [TIO], 2024)	35
Şekil 2.5 Liverpool Teleskobu (Astrophysics Research Institute, Liverpool John Moore's University, 2024)	36
Şekil 2.6 HD 46150 yıldızının tayfı	39
Şekil 2.7 4026.65 Å ve 4102.2 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.....	40

Şekil 2.8 HD 229258 yıldızının tayf grafiği	42
Şekil 2.9 6562 Å ve 6678 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.	42
Şekil 2.10 BD-034630 yıldızının tayfı	45
Şekil 2.11 3968.26 Å, 4102.042 Å, 4340.104 Å ve 4861.834 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.....	46
Şekil 2.12 BD-034630 isimli yıldız fit geçirilmiş tüm tayf görüntüsü.....	47
Şekil 2.13 HD 350350 yıldızının tayfı	49
Şekil 2.14 6563.6 Å, 6830 Å 6842.8 Å ve 6869.2 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.....	49
Şekil 2.15 HD 199893 yıldızının tayfı	51
Şekil 2.16 3799.27 Å 3836.19 Å ve 3889.557 Å dalga boyuna ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.....	51
Şekil 2.17 HD 199893 isimli yıldız fit geçirilmiş tüm tayf görüntüsü.....	53
Şekil 2.18 BD+364307 yıldızının tayfı	55
Şekil 2.19 6869.2 Å, 6979.6 Å, 7017.2 Å dalga boyuna ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.....	55
Şekil 2.20 BD+004814 yıldızının tayfı	58
Şekil 2.21 6216.4 Å ve 6450.8 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.....	58

SİMGE LİSTESİ

α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gamma
δ	: Delta
$\text{\AA}$	: Angstrom
K	: Sıcaklık birimi (Kelvin)
r	: Çizgi derinlik oranı
T_{et}	: Etkin sıcaklık
λ	: Dalga boyu
ϑ	: Hız büyüklüğü
c	: Işık hızı büyüklüğü
z	: Dalga boyu kayma miktarı

Enstitüsü : **Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**
Anabilim Dalı : **Fizik**
Programı : **Fizik Tezli Yüksek Lisans**
Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül F. YELKENÇİ**
Tez Türü ve Tarihi : **Yüksek Lisans – Haziran 2024**

KISA ÖZET

YILDIZLARIN TAYFSAL ANALİZİ VE SINIFLANDIRMASI

Ceren CAN

Bu çalışmada HD 46150, HD 229258, BD-034630, HD 30350, HD 199893, BD+364307, BD+004814 isimli 7 adet farklı tayf türüne ait yıldızın tayfsal incelemesi yapılmıştır. Yıldızların gözlemsel verileri için Spanish Virtual Observatory (SVO) ve The School's Observatory (SO) veri tabanlarından elde edilen tayflar kullanılmıştır. LAMOST ve Liverpool Teleskobuna ait veriler tercih edilmiştir. Yıldızların veri analizinde astronomik tayfları görüntülemek, indirgemek ve analiz etmek için SPLAT-VO yazılımı kullanılmıştır. Tayflardaki çizgi tanısı için NIST (The National Institute of Standards and Technology) ve VALD (The Vienna Atomic Line Database) atomik veri tabanlarından ve moleküler çizgi çalışmalarından faydalanılmıştır. Yapılan tayfsal incelemede yıldızların tayflarında çeşitli atomik tür ve moleküllere ait çizgilerin tanısı yapılmış, bazı çizgilerin eşdeğer genişlikleri ölçülmüş, radyal hız değerleri belirlenmiş ve bazı yıldızların sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. BD-034630 yıldızı ile HD 199893 yıldızına ait tayflar geniş bir dalga boyu aralığına sahip olduğundan renk sıcaklıkları sırasıyla 7559.59 K ve 7146.6 K olarak hesaplanmıştır. Tayflarda ilgili çizgilerin bulunması sebebiyle çizgi derinlik oranı yöntemi kullanılarak HD 199893 ve BD+364307 yıldızlarının etkin sıcaklıkları sırasıyla 5970.9 K ve 5409.13 K olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulardan çalışmadaki yıldızların tayf türlerine ait birer ön tahmin yapılmıştır. HD 46150

yıldızının tayf türü O5, HD 229258 yıldızının tayf türü B0, BD-034630 yıldızının tayf türü G0, HD 30350 yıldızının tayf türü G0, HD 199893 yıldızının tayf türü G1, BD+364307 yıldızının tayf türü K0, BD+004814 yıldızının tayf türü M0 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yıldız tayfı, radyal hız, renk sıcaklığı, çizgi derinlik oranı, tayfsal veri analizi.

Bilim Dalı Sayısal Kodu :20202



University : Istanbul Kültür University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : Physics
Programme : Physics Master's Degree
Supervisor : Dr. Lecturer Ayşegül F. YELKENÇİ
Degree Awarded and Date : MA – June 2024

ABSTRACT

SPECTRAL ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF STARS

Ceren CAN

In this study, 7 stars from different spectral types (HD 46150, HD 229258, BD-034630, HD 30350, HD 199893, BD+364307, BD+004814) were spectroscopically analyzed. For the observational data of the stars, spectra from the Spanish Virtual Observatory (SVO) and The School's Observatory (SO) databases were utilized. Data from LAMOST and the Liverpool Telescope were preferred. For the data analysis of the stars, SPLAT-VO software was used to display, reduce and analyze astronomical spectra. NIST (The National Institute of Standards and Technology) and VALD (The Vienna Atomic Line Database) atomic databases and molecular line studies were used for line identification in the spectra. In the spectral analysis, lines pertaining to various atomic species and molecules were identified in the spectra of the stars, equivalent widths of certain lines were measured, radial velocity values were determined and temperature values of several stars were calculated. As the spectra of BD-034630 and HD 199893 have a wide range of wavelengths, their color temperatures are calculated to be 7559.59 K and 7146.6 K, respectively. The effective temperatures of HD 199893 and BD+364307 were calculated as 5970.9 K and 5409.13 K, respectively, using the line depth ratio method owing to the presence of the relevant lines in the spectra. A preliminary estimation of the spectral types of the stars in the study

was carried out using the findings obtained. The spectral type of HD 46150 was determined as O5, HD 229258 as B0, BD-034630 as G0, HD 30350 as G0, HD 199893 as G1, BD+364307 as K0, and BD+004814 as M0.

Keywords: Star spectrum, radial velocity, color temperature, line depth ratio, spectral data analysis.

Department of Science Numerical Code: 20202

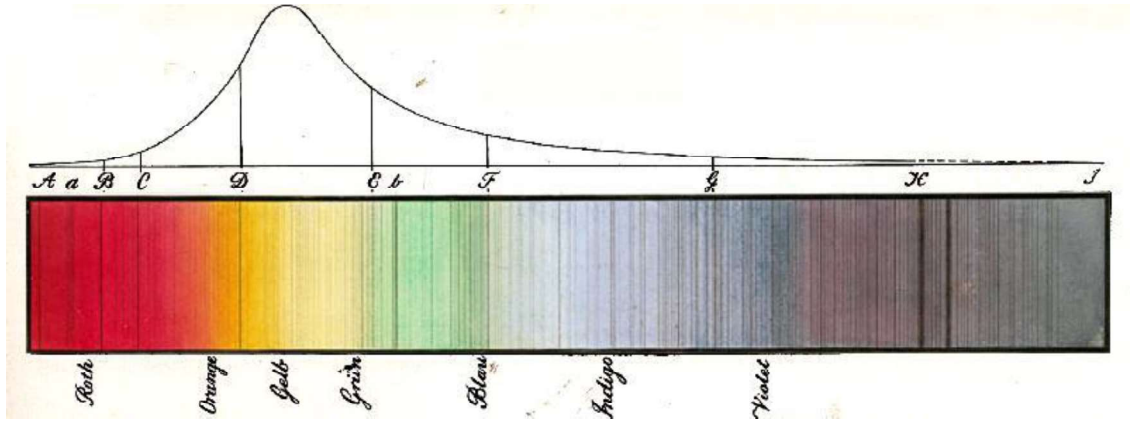


1. GİRİŞ

1.1. ELEKTROMANYETİK TAYFIN TARİHİ

Tayflar ile ilgili ilk yapılan bilimsel açıklama Gustav Kirchhoff ve Robert Bunsen isimli iki bilim insanına aittir. Bunsen kendi geliştirdiği güçlü bir gaz brülöründe belirli kimyasalların ısıtıldığında yaptığı ışımının karakteristik parlak çizgiler ortaya çıkardığını farketti. Daha önce Joseph von Fraunhofer'in yaptığı basit yıldız tayfında farkedilen karanlık çizgiler ile kendi oluşturduğu gaz tayfında ortaya çıkan karanlık çizgilerin aynı noktalarda olduğu görülüyordu.

Gustav Kirchhoff ve Robert Bunsen, tüm kimyasal elementlerin kendine özgü bir tayf ürettiğini keşfetti. Bu tayflar, o kimyasalın "parmak izi" gibi birbirinden farklı olduğundan bir tayfa bakıldığında ilgili gazın yapısında hangi kimyasalların bulunduğu tespit edilebiliyordu. Dolayısıyla Kirchhoff ve Bunsen tayf ölçümünü yıldızların kimyasal bileşiminin tespiti için bir yöntem olabileceğini fark ettiler. Böylece Kirchhoff 1860 yıllarında Güneş'ten gelen ışınımın tayflarını inceleyerek 16 farklı kimyasal elementi tespit etti. Şekil 1.1'de 1814'de Joseph von Fraunhofer'in çizimi ve renklendirmesi ile Güneş'in tayfı üzerinde Fraunhofer çizgileri görülmektedir. (Center for History of Physics, a Division of the American Institute of Physics, 2022; Kılıçoğlu, 2014)

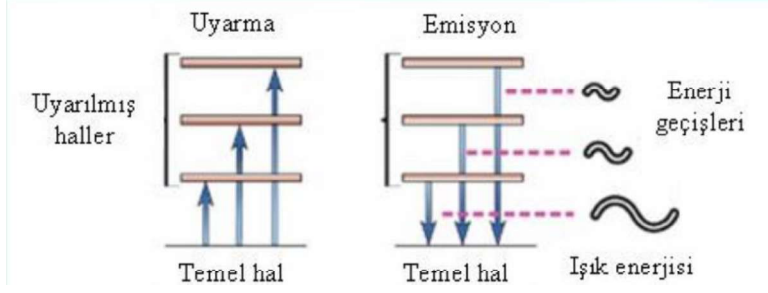


Şekil 1.1 1814’de Joseph von Fraunhofer’in çizimi ve renklendirmesi ile Güneş’in tayfı üzerinde Fraunhofer çizgileri. (Kılıçoğlu, 2014)

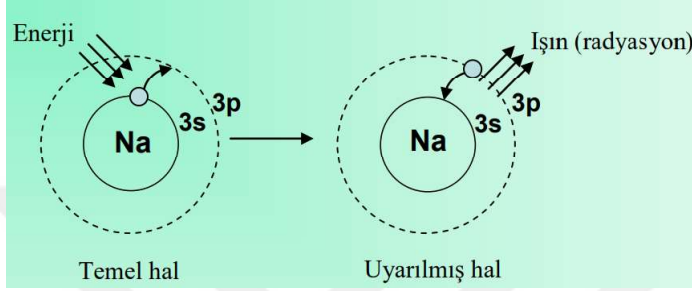
Bu gelişmeler ünlü bilim insanı Warren de la Rue tarafından “Güneşe gidip bir kısmını getirip laboratuvarlarımızda analiz edecek olsak, onları bu yeni tayf analizi yöntemiyle yapabileceğimizden daha doğru inceleyemezdik.” sözleriyle yorumlandı. (Center for History of Physics, a Division of the American Institute of Physics, 2022)

1.2. YILDIZ TAYFLARI

Sürekli tayf içeren bir elektromanyetik dalga, saydam bir ortamdan geçirilirse, tayf içindeki bazı dalga boylarının kaybolduğu gözlenir. Buna ışının absorplanması (Soğurulması) denir. Absorpsiyon olayı, bazı dalga boylarındaki enerjinin; maddenin iyon, atom veya moleküllerine aktarılması ile gerçekleşir. Böylece ışın enerjisini absorplamış olan iyon, Şekil 1.2’de modellendiği gibi atom veya moleküller temel enerji seviyesinden, kararsız uyarılmış enerji seviyesine geçer. Uyarılmış bir atom veya molekülün ömrü 10^{-8} saniye kadardır. Bu süre sonunda absorpladığı ışın enerjisine eşit enerjiyi dışarıya salar. Böylece Şekil 1.3’te modellendiği gibi elektron temel enerji seviyesine geri döner. (Aktaş ve Yağmur, 2022)



Şekil 1.2 Işın enerjisini absorplamış olan iyonun, temel enerji seviyesinden, kararsız uyarılmış enerji seviyesine geçişi. (Aktaş ve Yağmur, 2022)



Şekil 1.3 Absorpladığı ışın enerjisine eşit enerjinin dışarıya salınarak elektronun temel enerji seviyesine geri dönüşü. (Aktaş ve Yağmur, 2022)

Tayfmetre ya da optik tayfmetre, maddelerin analizi için kullanılan bir araçtır. Bu araç maddeden gelen ışınımı analiz eder ve belirli bir aralıktaki ışığın farklı özelliklerini belirler. Belirlenen özellik çoğunlukla astronomi ve kimyayla ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır. Çoğunlukla tayfmetre olarak prizmalar kullanılsa da günümüzde kırılım ızgaraları, hareketli yarıklar ve fotodetektörler de kullanılmaktadır. (Aktaş ve Yağmur, 2022)

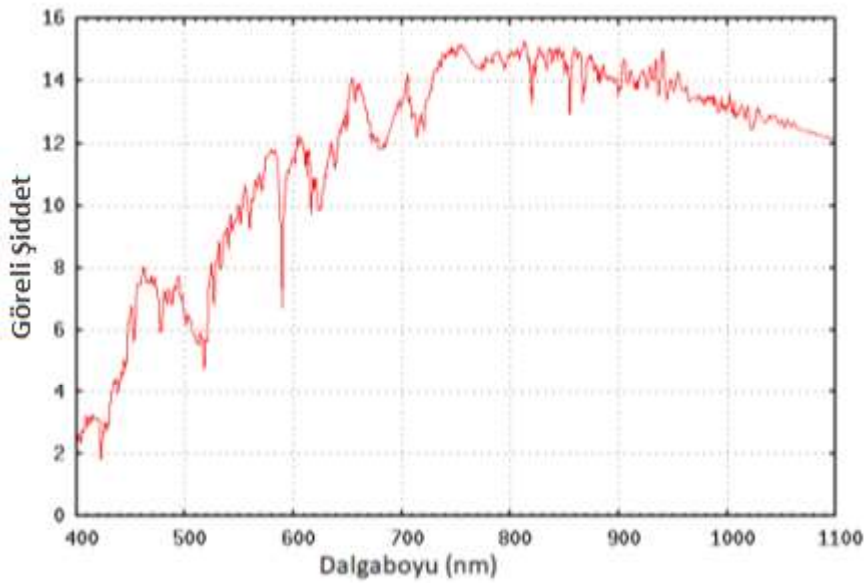
Yıldızlardan bize ulaşan elektromanyetik tayfı sürekli değildir. Oysa beyaz ışığın elektromanyetik tayfı Şekil 1.4'te görüldüğü gibi sürekli. Yıldızların tayfında görülen karanlık çizgiler yapılarında bulunan elementlerin bazı dalga boylarından gelen enerjileri soğurması nedeniyle oluşur. Bu şekilde oluşan tayfa soğurma tayfı denir. Görülen karanlık çizgiler ise “soğurma çizgileri” olarak adlandırılır. (Evren, 2018)



Şekil 1.4 Beyaz bir ışık kaynağı ile gözlemci arasına prizma konulduğunda oluşan sürekli tayf (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

Yıldız tayflarındaki çizgilerin zemine göre baskınlıkları, yıldız atmosferinde elementlerin yoğunluk bakımından durumu hakkında bilgi verir.

Parlaklıklar, fotografik veya fotometrik yolla belirlenirken tayf çizgileri tayf çeker kullanılarak elde edilir. Işık ölçüm (fotometri), belli dalga boyu aralıklarından gelen ışının baskınlıklarının saptanmasını sağlar. Tayf bilim ise tüm dalga boylarında gelen ışının baskınlığının belirlenmesini sağlar. Fotometrik analiz daha sönük yıldızların gözleminde fayda sağlar. (Evren, 2018) Soğuk bir yıldızın sürekli zemine göre tayf kesiti Şekil 1.5'te verilmiştir.

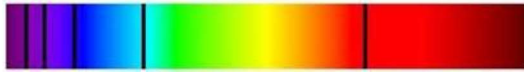


Şekil 1.5 Soğuk bir yıldızın sürekli zemine göre tayf kesiti (Evren, 2018).

Yıldızların ışınımı, sürekli tayf içindeki soğurma çizgilerinden oluşur. Bu ışınım yıldızın atmosferinden geçen sürekli ışının atmosferin içinde barındırdığı gazlar ile etkileşmesinden kaynaklanır. Atmosferdeki gazların bazı dalga boylarındaki ışınımı soğurması sonucunda tayfta soğurma çizgileri ya da salma çizgileri gözlenir. Böylece ortaya soğurma tayfı ya da salma tayfı ortaya çıkar. Bu iki olay aynı anda oluşsa da gözlemlenen tayflar arasındaki fark gözlemcinin konumu ile ilgilidir. Sonuç olarak her iki tayf türü de yıldızlarda hangi gazların bulunduğunun belirlenmesine olanak sağlar.

Yıldız atmosferinin alt katmanından gelen sürekli ışınım önünde bulunan gaz içindeki atom ya da moleküller sürekli ışınım içindeki bazı dalga boylarını soğurduğunda geriye kalan ışınım yoluna devam eder. Bu nedenle eğer yıldızın bu ışınımı yayma

doğrultusunda bir gözlemci bulunuyorsa yalnızca yıldızdan gelen soğurma tayfını gözlemleyecektir. Şekil 1.6'da Hidrojen elementi için soğurma tayfı modeli gösterilmiştir. Soğurma işlemini gerçekleştiren atom ya da moleküller 10^{-6} ve 10^{-10} saniye aralığında soğurdukları enerjiyi geri verecek ve temel hale dönecektir. Bu sırada salınan fotonlar rastgele saçılacaktır. Dolayısıyla yıldız ışınımına dik konumda olmayan yani yıldız diskinin kenarının görüldüğü doğrultuda bulunan bir gözlemci salma tayfını gözlemleyecektir (Evren, 2018). Şekil 1.7'de Hidrojen elementi için salma tayfı modeli gösterilmiştir. Şekil 1.8'de ise sıcak bir yıldızın güçlü Hidrojen soğurma çizgileri görülmektedir.



Şekil 1.6 Hidrojen için soğurma (absorpsiyon) tayfı modeli (Beşergil, 2020)



Şekil 1.7 Hidrojen için salma (emisyon) tayfı modeli (Beşergil, 2020)



Şekil 1.8 Hidrojen soğurma (absorpsiyon) çizgileri (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

Gözlenen soğurma tayfı, yıldız atmosferindeki kimyasal yapıya ve yıldızın yüzey sıcaklığına bağlıdır. Sıcak bir yıldızın tayfında hidrojen elementinin soğurma çizgileri baskın olarak gözlenirken daha soğuk bir yıldız tayfında sodyum ya da demir gibi ağır elementlerin soğurma çizgileri gözlenir. (Kılıçoğlu, 2020)

Şekil 1.9'da gösterilen yıldızın tayfında güçlü hidrojen soğurma çizgileri gözlenmektedir. Bu gözlem sonucunda incelenen yıldızın sıcak bir yıldız olduğu sonucuna varılabilir. (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)



Şekil 1.9 Görece daha sıcak bir yıldızın tayfı (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

Şekil 1.10'da gösterilen yıldızın tayfında gözlenen soğurma çizgileri, sodyum, demir ve titanyum oksit gibi moleküllerine aittir. Bununla birlikte çok zayıf hidrojen soğurma

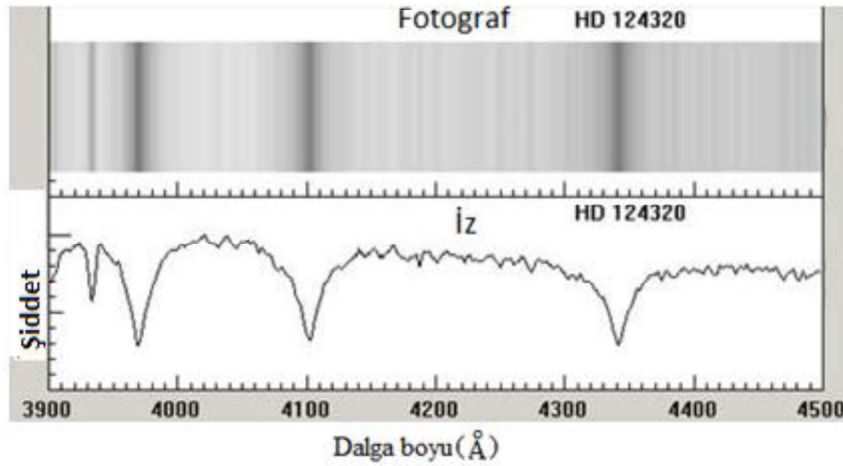
izgileri de gözlenmektedir. Dolayısıyla incelenen yıldıztın görece daha soğuk bir yıldıztı olduğu sonucuna varılabilir. (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)



Şekil 1.10 Görece soğuk bir yıldıztın tayfı (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

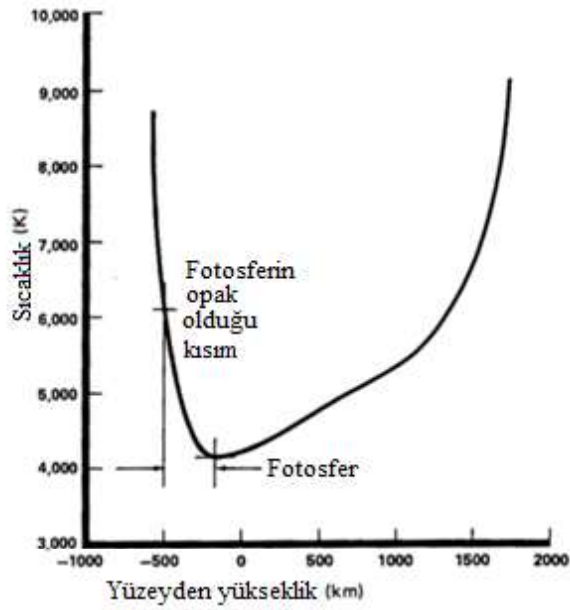
1.3. YILDIZ TAYFLARINDA ÇİZGİ OLUŞUMU

Bir ışıktı tayfında gözlenen siyah çizgiler, yıldıztın ışığı soğurduğu dalga boylarıdır. Bu çizgilerin genişlikleri, tayftaki konumları ve yoğunlukları yıldıztı atmosferinin yapısı hakkında bilgi verir. Bu nedenle yıldıztı yapıları, yıldıztı aitt ışıktı tayfındaki çizgilerin özelliklerine göre şiddet - dalga boyu grafiği oluşturularak incelenir. (Australia Telescope National Facility, 2022) şekil 1.11’de HD 124320 yıldıztına aitt tayf ve bu tayfa aitt dalga boyu-şiddet grafiği gösterilmiştir.



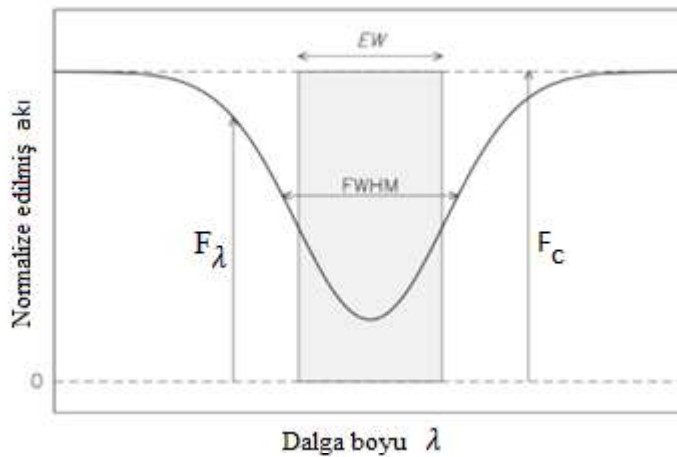
Şekil 1.11 HD 124320 isimli A2V sınıfına aitt bir yıldıztın ışıttım tayfı ile bu tayfa aitt “iz” görüntüsü. (Australia Telescope National Facility, 2022)

Yıldıztın sıcaklığı, atmosferinin dış katmanlarına doğru azalırt. Bu azalma fotosfer tabakasına kadar sürer. Sıcaklıktı, yıldıztın tamamen opak yani ışıktı geçirmez olduğu seviye ile kromosfer ve korona tabakasının baőladıėı seviye arasında hızla düőer. şekil 1.12’deki grafik bir yıldıztın sıcaklığının, yıldıztın yüzeyine yakın olan fotosfer tabakasında en düşük değerine ulaőtıėını göstermektedir. (The University of Arizona, t.y.)



Şekil 1.12 Bir yıldızın sıcaklık-yükseklik grafiği. (The University of Arizona, t.y.)

Tayftaki bir çizginin eşdeğer genişliği Şekil 1.13’de gösterildiği gibi grafikteki çizginin (kanatlarla beraber tüm çizgi profili eğrisinin) alanına eşit olacak biçimde çizilir. Bu nedenle kanatları geniş bir profil, geniş bir dikdörtgen ile temsil edilir. Dolayısıyla çizgi alanı denildiğinde aslında dikdörtgen alanından bahsedilmektedir. (Magrini, 2018)



Şekil 1.13 Bir çizgi profilinin eşdeğer genişliği (Magrini, 2018)

Çizgi profilinin en düşük ve en yüksek parlaklık değeri, “optik derinlik” olarak tanımlanır. Optik derinliğin yarısı FWHM değeridir. Profil alanına eşit çizilecek dikdörtgenin genişliği, optik derinlik değerinin 2/3 kadarı olarak alınır.

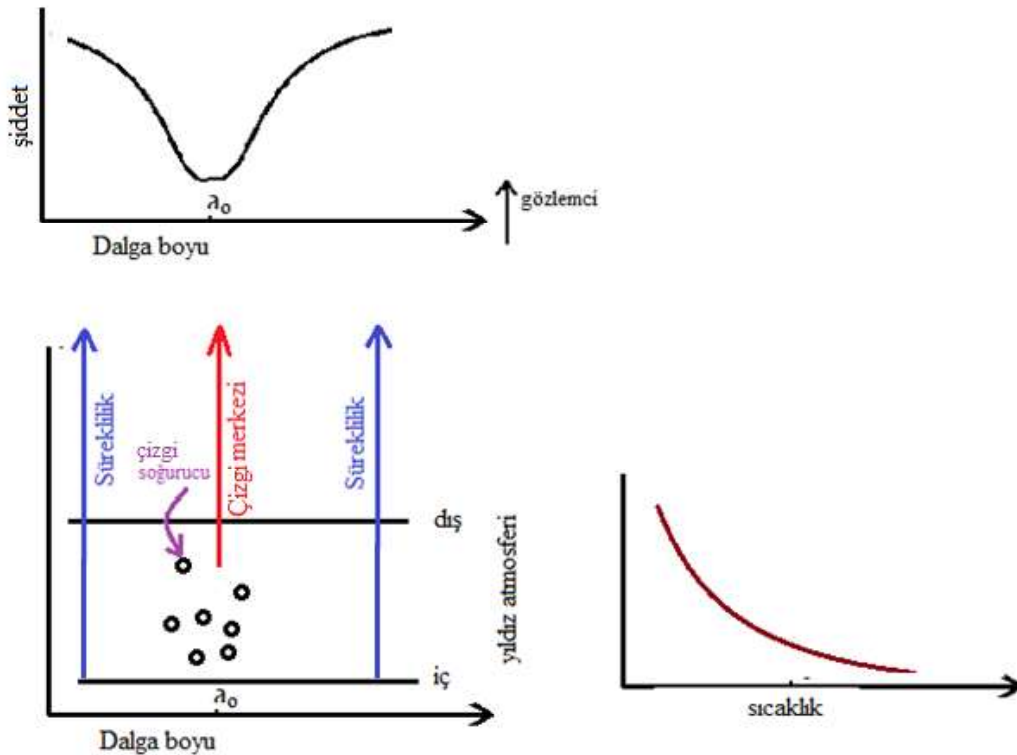
Eşdeğer genişlik hesabı için aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$W = \int \frac{F_c - F_\lambda}{F_c} d\lambda$$

(Magrini, 2018)

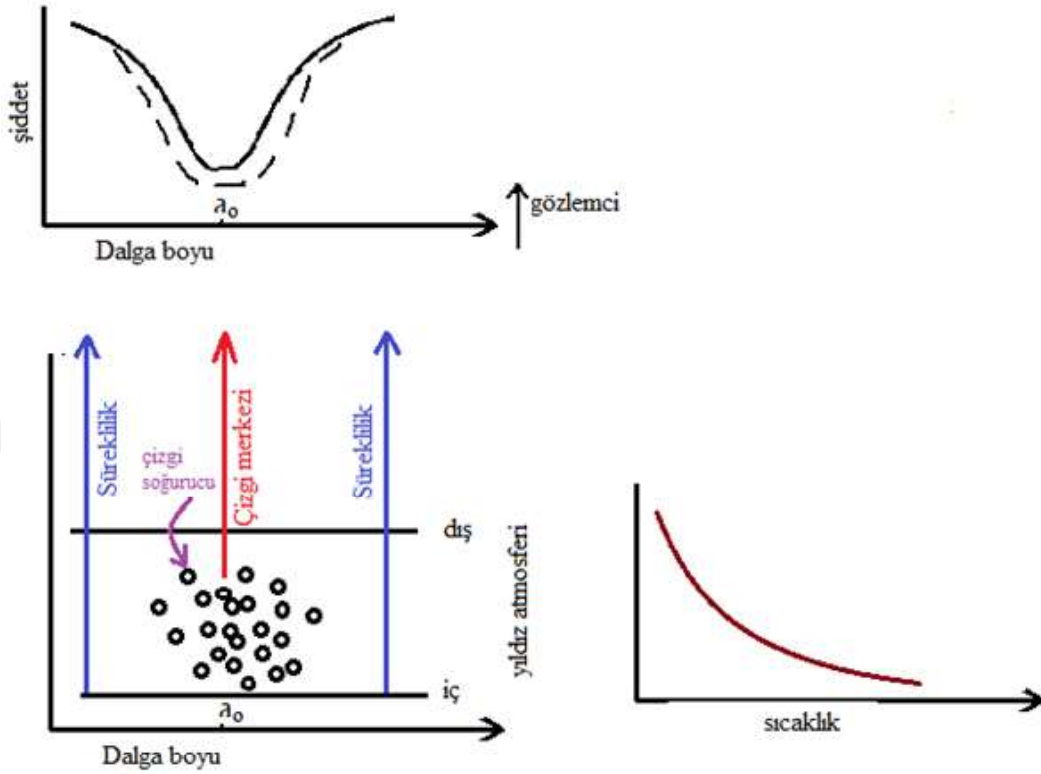
Burada F_c süreklilikteki akı ve F_λ belirli bir dalga boyundaki akı değeridir.

Yıldız atmosferinin fotosfer tabakasındaki en derin katmanlardan sıcak, parlak ve sürekli ışınım yayılır. Bu ışınım yüksek katmanlardaki atomlar tarafından soğurulur. Böylece bir “soğurma” yani “absorpsiyon hattı” oluşur. Dolayısıyla absorpsiyon hattı üzerinde yoğunluk azalır. Derinlerden gelen ışınımın soğurulması ile sürekli ışınımdaki azalma Şekil 1.14’de görüldüğü gibi temsil edilebilir.



Şekil 1.14 Yoğunluğun az olmasının çizgi oluşumuna etkisi (Magrini, 2018)

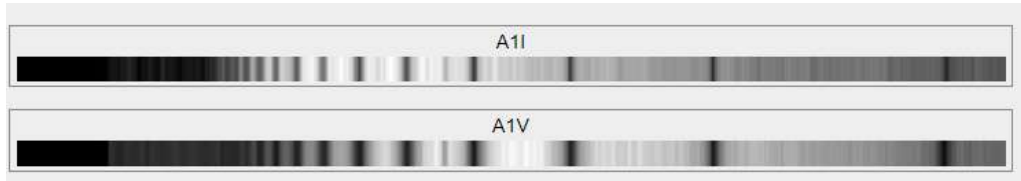
Absorpsiyon hattında soğurucu atomların sayısı artarsa oluşacak çizgi derinleşerek Şekil 1.15’de görüldüğü gibi doyuma ulaşır. (Magrini, 2018)



Şekil 1.15 Yoğunluğun fazla olmasının çizgi oluşumuna etkisi (Magrini, 2018)

Bir atomun hızı gözlemci konumuna göre değişiklik gösterir. Bir tayf çizginin kalınlaşması, incelenen atomun hızlandığı anlamına gelir. Hızlanan atomlar çizginin kanat kısımlarının daha geniş ve parlak görünmesine neden olur. Atomların hızlanabilecekleri sıcaklığa ulaşmaları, yıldız sıcaklığının yüksek olduğunu gösterir. Bu nedenle tayf çizgileri incelenirken kanatları geniş olan kalın çizgiler elde edilen verilerin bir “cüce yıldızdan” geldiğini göstermektedir.

İncelenen yıldız tayfindaki çizgiler daha ince ise sürekliliği bozan kanatlarda darlaşma gözleniyor demektir. Bu durum sıcaklığın daha düşük olduğunu yani atomların hızlarının azaldığı anlamına gelir. Dolayısıyla sıcaklığı az olan bir yıldızda bulunan atomlar moleküleleşmiş olabilir. Dev yıldız tayflarındaki çizgilerin ince olmasının sebebi bu şekilde açıklanabilmektedir. Şekil 1.16’de Scope Projesinin sayfasında bir yıldızın ışık tayfi sınıflandırılırken kullanılan yardımcı görseller verilmiştir.



Şekil 1.16 Bir süper dev ve bir cüce yıldızın tayf örneği (Pisgah Astronomical Research Institute, 2023)

Şekil 1.16 incelendiğinde çizgilerin V sınıfı bir cüce yıldız için daha kalın olduğu görülür. Yıldızların ışınlam gücü sınıflandırması Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1 Yıldızların ışınlam gücü sınıflandırması

İşınım gücü	Özelliği
0	Hiper dev
I	Süper dev
II	Parlak dev
III	Dev
IV	Alt dev
V	Anakol Cüce
VI	Alt cüce
VII	Beyaz cüce

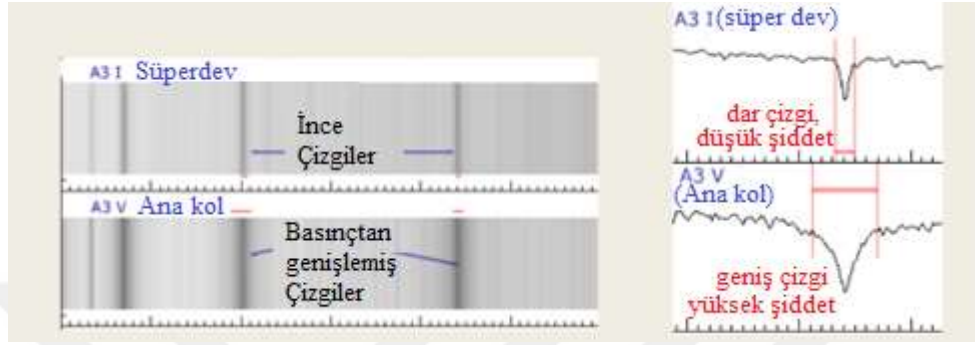
Bir tayfsal çizginin şekli çizgi profili ile temsil edilir. Bir çizginin kanatlarındaki ışınlam, daha sıcak seviyelerdeki daha derinlerdeki gazdan gelir. Çizginin merkezi daha düşük sıcaklıklardaki katmanlardan oluşur. Çizgi merkezinde opaklık en fazladır; kanatlara gittikçe azalır.

Bir atom, nötr haldeki bir atom veya iyonla çarpıştığında uyarılabilir. Bu çarpışma sonucu olan çizgi genişlemesine “basınç genişlemesi” denir.

Bir hattın şeklini genel olarak doğal genişleme oluşturur. Çarpışma sayısının artması ile basınç genişlemesi de artar. Bu nedenle ortamdaki atom sayısı artışı, çarpışma sayısını artırır. (Magrini, 2018)

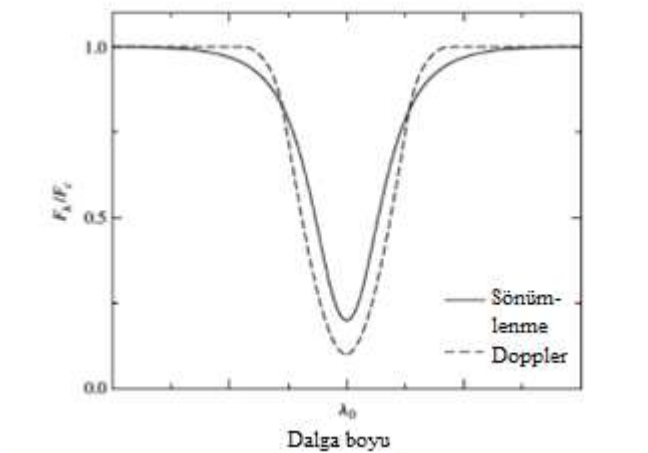
Basınç genişlemesi, atom sayısı ile doğru orantılıdır. Dar çizgiler, tayfin geldiği ortamın düşük yoğunluklu bir atmosfer olduğunu gösterir. Bu nedenle dar çizgilere

sahip bir tayf gözleendiğinde bu tayfin dev veya süper dev yıldızlardan geldiği öngörölür. Geniş çizgiler ise atmosferdeki yoğunluğu gösterir. Cüce yıldızların atmosfer yoğunluğu yüksek olduğundan kalın çizgilere sahip bir tayf gözleendiğinde bu tayfin bir cüce yıldızdan geldiği öngörölür. Bu durum Şekil 1.17’de gösterilmiştir. (Magrini, 2018)



Şekil 1.17 A3I sınıfı Süperdev ile A3V sınıfı cüce Anakol yıldızının ışık tayfindaki çizgilerin basınç genişlemesi. (Magrini, 2018)

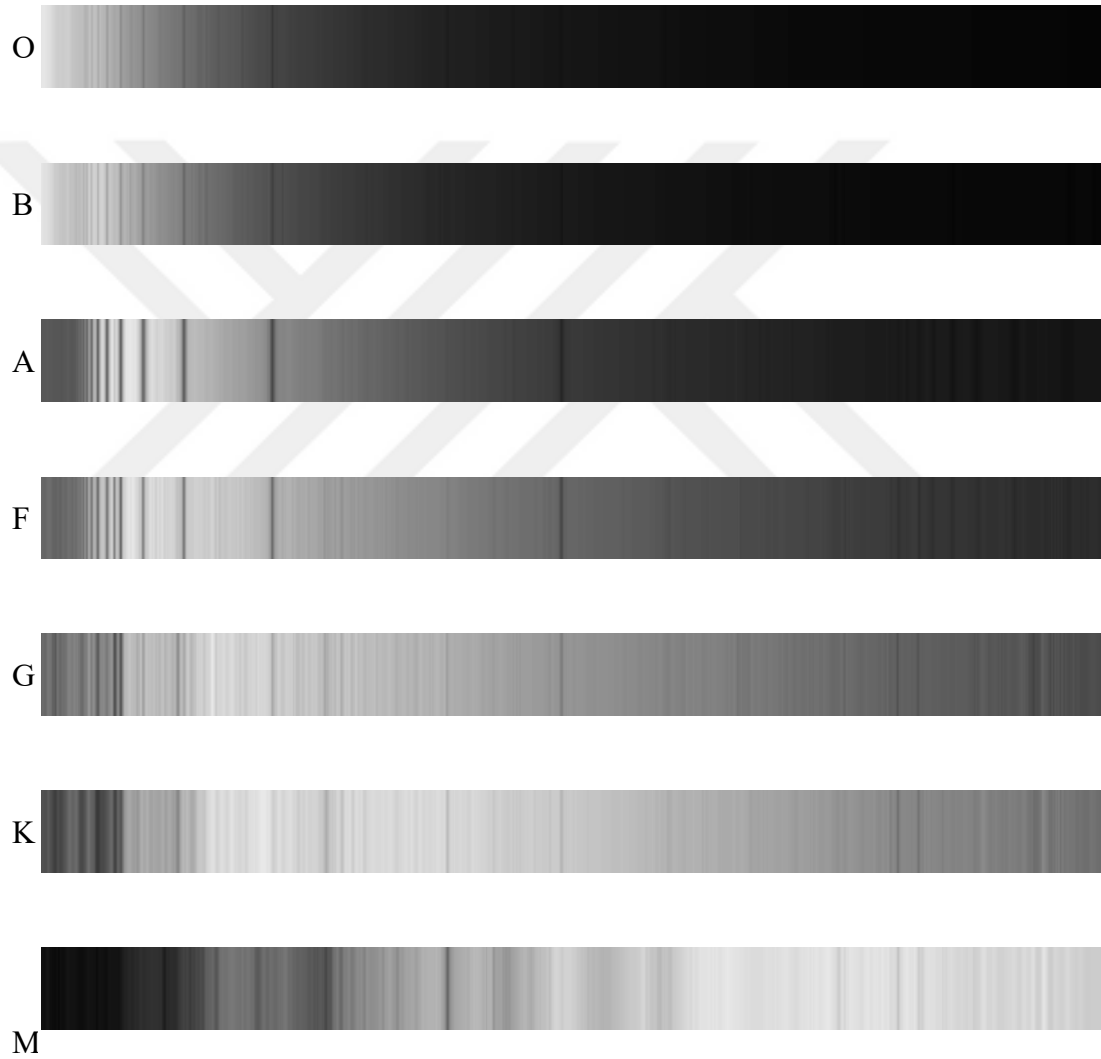
Sönümlenme ve Doppler genişlemeleri üst üste çakıştırıldığında ortaya Voigt profili çıkar. Doppler genişlemesi merkeze daha yakın kısımlarda baskındır. Kanat kısımlarında ise Sönümlenme (Damping) sonucu doğal genişlemenin daha baskın olduğu görülür. Bu durum Şekil 1.18’de gösterilmiştir. (Magrini, 2018)



Şekil 1.18 Çizgi profilinde sönümlenme ve doppler etkisi (Magrini, 2018)

1.4. YILDIZLARIN TAYFSAL SINIFLANDIRILMASI

Yıldız türleri için O, B, A, F, G, K ve M olmak üzere 7 ana tür belirlenmiştir. Bu sınıflandırma temelde yıldızın sıcaklığı ile ilgilidir. Bu yıldız türlerinin bilinen ana sınıf tayfları Şekil 1.19’de görülmektedir. Bu sıralamada O ve B tipi yıldızlar mavi renktedir ve sıcak yıldızları temsil etmektedir (Teker, 2003). M tipi yıldızlar ise kırmızı renkte olup diğerlerine göre daha az sıcaklığa sahip olan yıldızlardır. (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)



Şekil 1.19 O, B, A, F, G, K ve M türü yıldızlar için yıldız tayfları örneği (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

O, B, A, F, G, K, M isimli bu ana sınıflandırmalar alt bölümlere de ayrılmıştır. O tipi yıldızlar O5, O6, O7, O8 ve O9 olarak alt gruplara ayrılır. B, A, F, G ve M tipi yıldızlar ise 10 birime bölünmüştür: B0 ila B9; A0 ila A9; F0 ila F9; G0 ila

G9; ve M0 ila M9. K sınıfı yıldızlar ise 8 küçük birime bölünmüştür. Bunlar, K0'dan K7'ye kadardır. (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

Aynı türden görünen bazı yıldızlar, farklı özellikler gösterdiklerinden bir sınıflandırma daha yapılmıştır. Işınım güçlerine göre yapılan bu sınıflandırmada aynı tayf çizgilerine sahip olmalarına rağmen bazı yıldızların tayf çizgilerinin farklı genişlikte olduğu görülmüştür. Tayf türleri, alt sınıflara G2, K5, M4 gibi numaralarla ayrıldıkları için, yeni yapılacak sınıflandırmada I, II, III, IV ve V şeklinde Roman sayılar kullanılmıştır. Sınıflandırmada kullanılan sayı I'den V'e doğru gittikçe, çizgi genişliği artmaktadır. Örneğin Güneş bu sınıflandırmada G2V olarak kategorize edilmiştir. Bu onun sıcaklığı 6.000 C olduğundan soğuk G2 tayf türünden ve V ışınım gücü sınıfından bir yıldız olduğunu, sarımsı beyaz bir yıldız olduğunu anlatmaktadır.

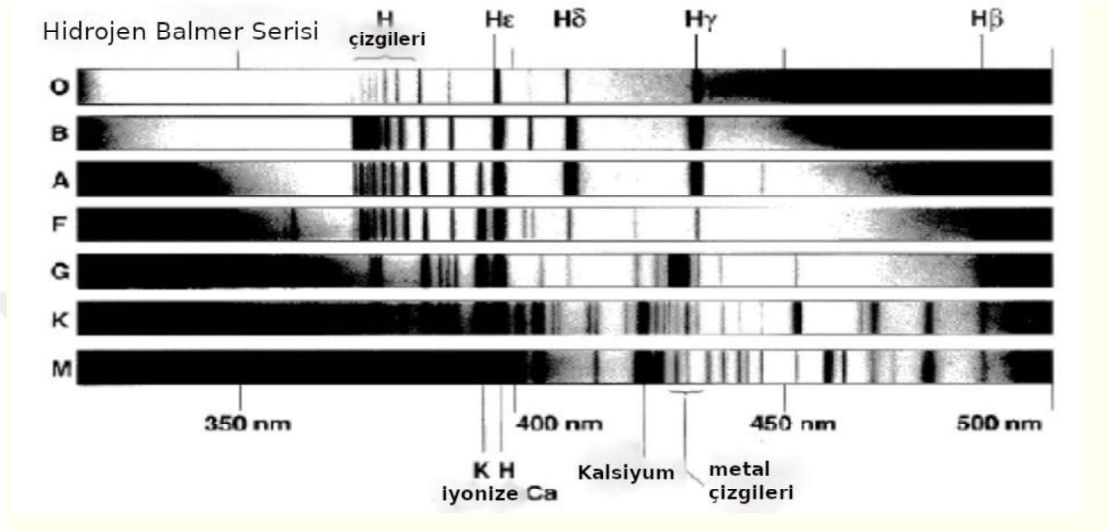
Burada 0 sınıfı hiper devleri, I sınıfı süper devleri, II sınıfı parlak devleri, III sınıfı devleri, IV sınıfı alt devleri, V sınıfı anakolu (cüceleri), VI sınıfı alt cüceleri ve VII sınıfı ise beyaz cüceleri tanımlar.

Birkaç örnek yıldız için tayf türleri, her bir yıldızın sıcaklığı ve parlaklığı ile birlikte aşağıdaki Tablo 1.2'de verilmiştir. (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

Tablo 1.2 9 yıldız için tayf türü, yıldızın sıcaklığı ve parlaklığı (Pisgah Astronomical Research Institute, 2022)

Yıldız Adı	Tayf Türü	Kütle (Güneş Kütlelerinde)	Sıcaklık (C)	Parlaklık (Güneş Parlaklıklarında)
Teta Orijini	O6V	40	40.000	210.000
Alfa Cru	B1 V	13	26.000	16.000
regulus	B7 V	3.5	10.300	150
vega	A0 V	2.1	9.600	37
Altair	A7 V	1.7	8.000	10.7
Güneş	G2 V	1	6.000	1
Epsilon Eri	K2 V	0,8	3.900	0,3
Kapteyn'in Yıldızı	M1 V	0.38	3.800	0.004

Şekil 1.20’de ise belirli tayf türündeki yıldız tayflarında yer alan atom soğurma çizgileri gösterilmiştir.



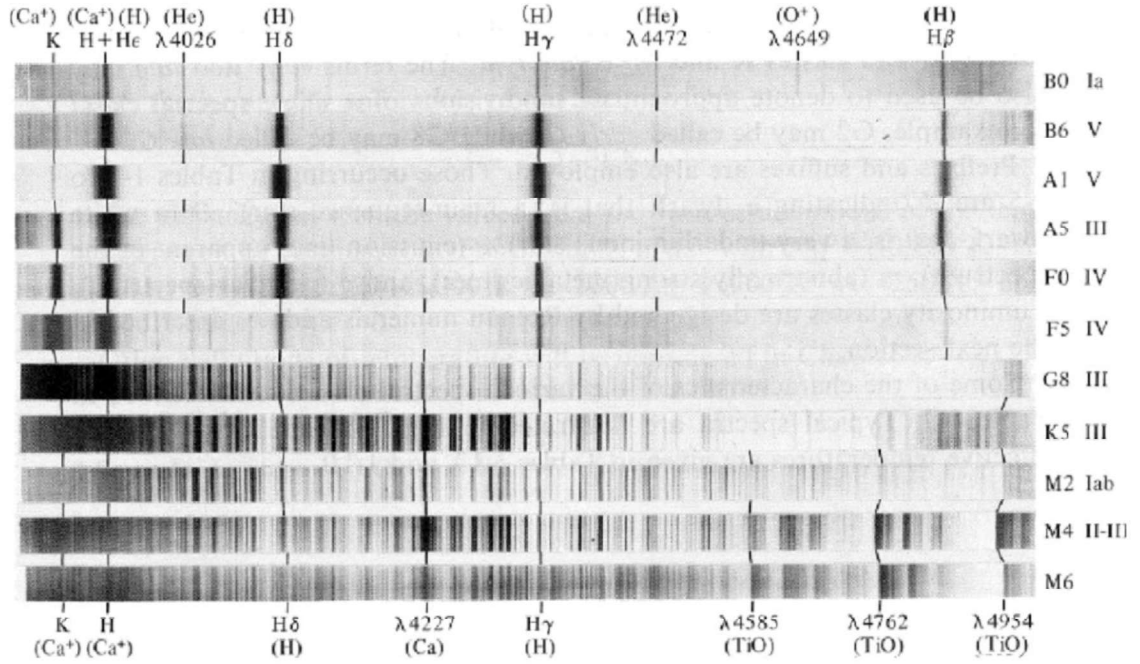
Şekil 1.20 Farklı türdeki yıldızlarda görülebilecek soğurma çizgileri (Yelkenci, 2020)

Tablo 1.2’de yıldızları tayf sınıfına göre renk, sıcaklık ve belirgin soğurma çizgileri verilmiştir.

Tablo 1.3 Tayf sınıflandırmasına göre renk, sıcaklık ve belirgin soğurma çizgileri (Nave, t.y.)

Tayf Sınıfı	Renk	Sıcaklık (K)	Belirgin Soğurma Çizgileri
O	Mavi	41,000	He ⁺ , O ⁺⁺ , N ⁺⁺ , Si ⁺⁺ , He, H
B	Mavi	31,000	He, H, O ⁺ , C ⁺ , N ⁺ , Si ⁺
A	Mavi-Beyaz	9,500	H(güçlü), Ca ⁺ , Mg ⁺ , Fe ⁺
F	Beyaz	7,240	H(zayıf), Ca ⁺ , iyonize metaller
G	Sarı-Beyaz	5,920	H(zayıf), Ca ⁺ , iyonize ve nötr metal
K	Turuncu	5,300	Ca ⁺ (güçlü), nötr metaller(güçlü), H(zayıf)
M	Kırmızı	3,850	Nötr atomlar(güçlü), TiO

Şekil 1.21’de bazı yıldızlardan alınan ışık tayfi, ara sınıflar da gösterilerek verilmiştir.

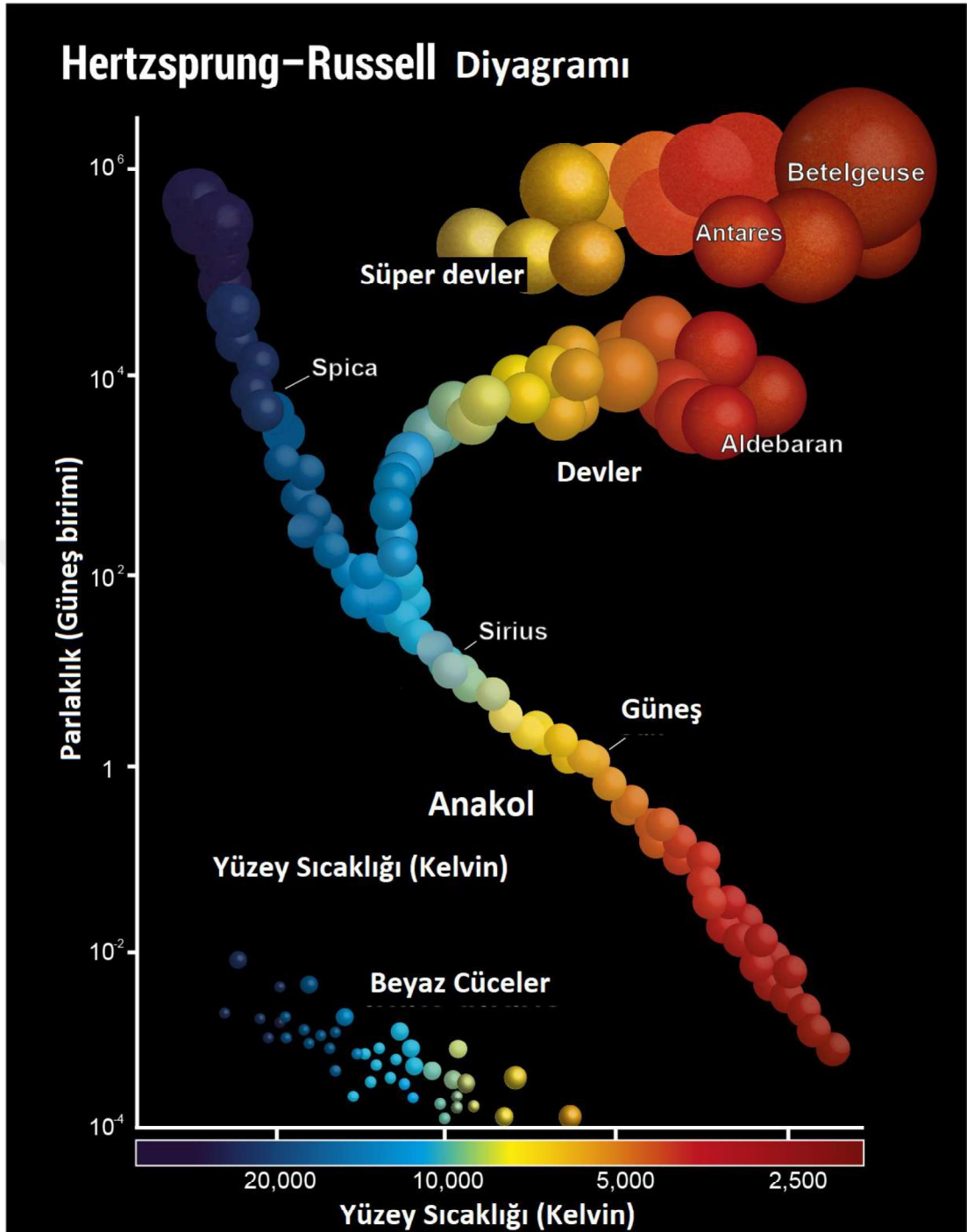


Şekil 1.21 Yıldızlardan alınan ışık tayfları. Tayflarda ara sınıflar arasındaki farklar da gösterilmiştir. (Rutten, 2007)

Bu bilgiler ışığında yıldız sınıflandırmaları en rahat Hertzsprung – Russell (H-R) Diyagramı’nda görülür.

1.5. H-R DİYAGRAMI

Yıldız tipleri, sıcaklıkları ile parlaklıkları karşılaştırılarak Hertzsprung – Russell olarak bilinen H-R diyagramı oluşturulmuştur. Bu diyagramın bir örneği Şekil 1.22’de verilmiştir. H-R diyagramında tayf türü sınıflandırması, yatay eksen üzerinde gösterilir. Bu sınıflandırmada O, B, A, F, G, K, M tayf türleri yıldızın kimliğini oluşturan, tayfsal özelliklerine göre belirlenir. Tayf türü doğrudan yıldızın etkin sıcaklığı ile ilişkili olduğundan, yatayda etkin sıcaklık ifadesi de yer alabilir. Benzer şekilde dikey ekseninde yer alan ışıyım gücü de yıldızın mutlak parlaklığı ile ilgili olduğundan, ışıyım gücü yerine, mutlak parlaklık ifadesi de görülebilir. (Fizik. Net. Tr, 2022)



Şekil 1.22 H-R Diyagramı örneği (The Schools' Observatory, 2024)

Sonuç olarak bu diyagramda dikey eksen ısıtma(ışınım) gücünü ya da mutlak parlaklığı gösterirken yatay eksen ise yıldızların tayf sınıfını gösterir.

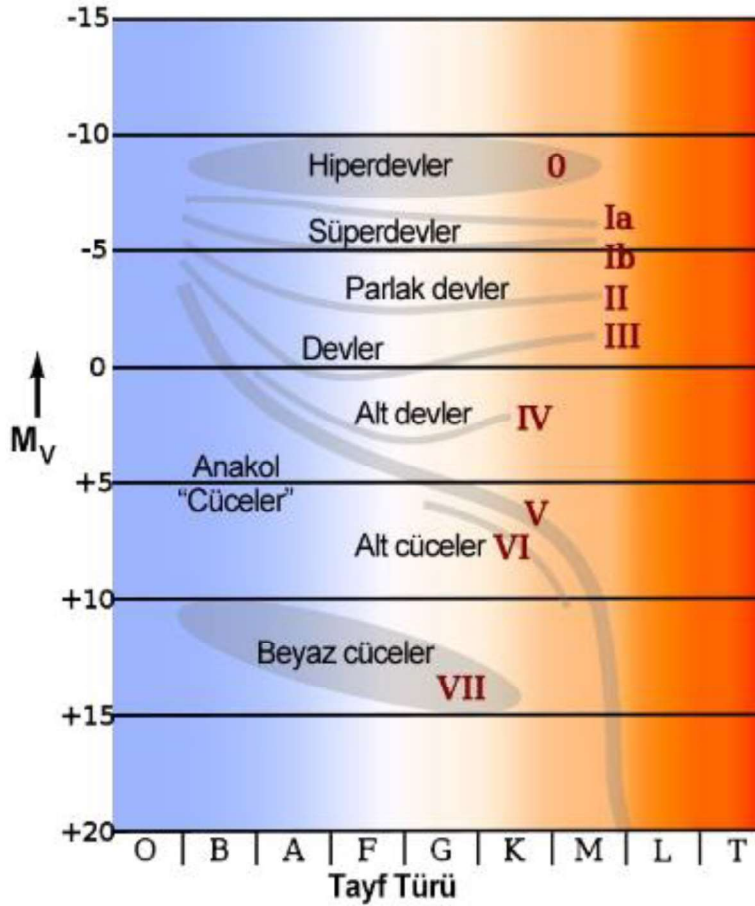
Yıldızlar bu diyagrama yerleştirildiklerinde en parlak ve en sıcak yıldızlar sol üstte, en sönük ve en soğuk yıldızlar ise sağ altta bulunmaktadır. Bu nedenle Güneş diyagramın ortalarında yer almaktadır.

Soğuk yıldızlar kırmızı, sıcak yıldızlar ise mavi yıldızlar olduğundan H-R diyagramında soldan sağa doğru gidildikçe sıcaklık azalır ve yıldızların rengi maviden kırmızıya doğru değişir.

H-R diyagramına dikkat edilecek olursa, sağ alttan sol üste kadar uzanan, farklı parlaklıklara ve etkin sıcaklıklara sahip yıldızların yer aldığı bir kısım bulunmaktadır. Bu kısımdaki yıldızlara anakol yıldızları denir. Yıldızların evrimleri sırasında, ömürlerinin büyük bir bölümünü burada geçirdikleri bilinmektedir. Güneş şu anda anakol üzerinde yer alan cüce bir yıldızdır.

H-R diyagramında yarıçapları eşit olan soğuk bir yıldız ile sıcak bir yıldızın yaptığı ışımadan, sıcak olanınki daha fazla olacaktır. Soğuk olan (kırmızı), sıcak olana göre (maviye göre), daha az ışıyım gücüne sahiptir. Dikey ekseninde de ışıyım gücü olduğu için, yarıçapı ifade eden doğru, yatık bir doğrudur.

Anakol üzerinde yer alan soğuk yani kırmızı yıldızlar, sıcak yani mavi renkli olanlara göre daha düşük kütleye sahiptirler. Kütle, bir yıldızın yaşamı için belirleyici bir parametredir. Bunun nedeni yıldızın başlangıç için kendi kütle çekimi üzerinde ne kadar çökeceğini, dolayısıyla merkezinin ne kadar sıcak olacağını belirlemesidir. Yıldızın merkez sıcaklığı nükleer tepkimelerin kaderini belirler. Bu nedenle yıldızın yaşamı, en temel olarak onun kütesine bağlıdır. Bu yüzden anakol üzerinde daha büyük kütleye sahip olan mavi yıldızların yaşam süresi, daha düşük kütleye sahip kırmızı yıldızlara göre çok daha kısa olacaktır (Şekil 1.23).

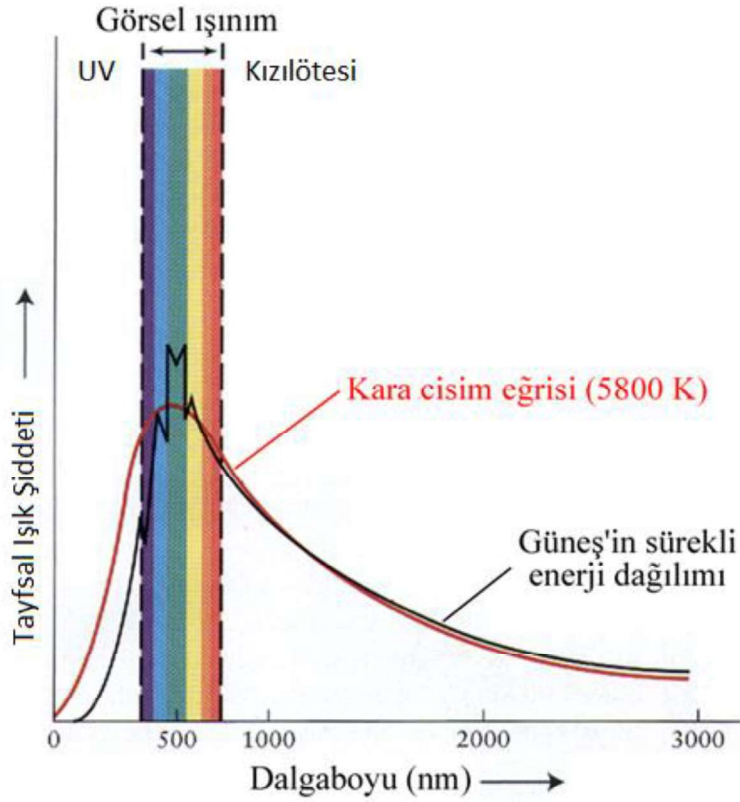


Şekil 1.23 H-R Diyagramı (DocPlayer, 2022)

H-R diyagramında yeri bilinen bir yıldız hakkında pek çok bilgi edinilebilir. Böylece yıldızlar kategorize edilirken farklı özellikler dikkate alındığından tek bir diyagram ile aynı anda yıldızın sıcaklık, ışınlam gücü, evre, yarıçap, kütle ve parlaklığı H-R diyagramı üzerinden okunabilmektedir. (DocPlayer, 2022)

1.6. YILDIZLARIN RENK SICAKLIĞI

Yıldızlardan alınan ışık tayfları, kara cisim ışımasına tam olarak uymaz. Fakat yıldızların sürekli tayflarını incelemek için kara cisim ışıması model olarak kullanılabilir. Şekil 1.24'de verilen grafikte kara cisim ışıması ile Güneş'ten elde edilen sürekli ışınlam tayfı ve maksimum dalga boyu görülmektedir. Siyah eğri, güneşin sürekli tayfını temsil ederken kırmızı eğri, yüzey sıcaklığı 5800 K olan bir kara cismin tayfını temsil etmektedir.



Şekil 1.24 Güneş tayfı ile karacisim tayfı karşılaştırması. (University of Aberta, t.y.)

Her ne kadar iki model tam olarak örtüşmese de özellikle süreklilik açısından iki tayfın benzerliği fark edilmektedir. Güneş'ten alınan ışıınım tayfında maksimum dalga boyu ile sıcaklık aşağıdaki kara cisim için kullanılan formül ile bulunabilir.

$$\lambda_{\text{maks}} \cdot T = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ [1]}$$

λ_{maks} : Işıınımın maksimum şiddette olduğu dalga boyu

T: Yüzey sıcaklığı

$2,9 \cdot 10^{-3}$ m.K: Wien Sabiti

Bu formülde Güneş'in sıcaklık değeri yerine 5800 K yazıldığında,

$$\lambda_{\text{maks}} \cdot 5800 = 2.9 \cdot 10^{-3}$$

$$\lambda_{\text{maks}} = 0.5 \cdot 10^{-6}$$

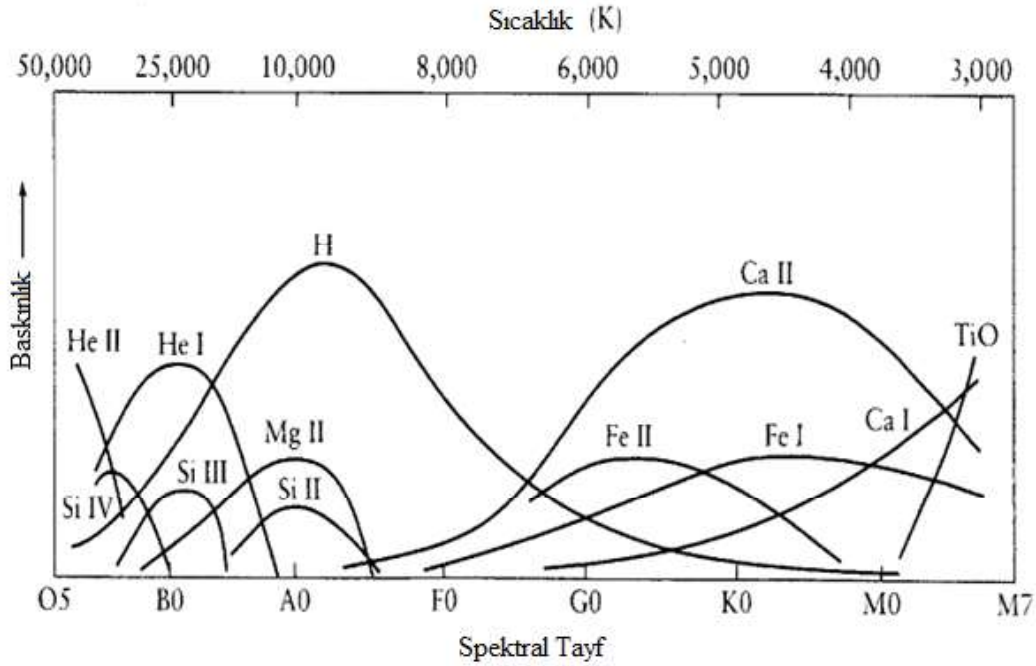
$$\lambda_{\text{maks}} = 500 \text{ nm}$$

bulunur. Bu dalga boyu ışık tayfında yeşil-mavi arasında kalmaktadır. (University of Aberta, t.y.)

1.7. TAYFSAL SINIFLANDIRMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yıldız tayflarında gözlenen çizgilerin konumu ve genişliği, yıldızın sıcaklığı hakkında bilgi verebilmektedir. Şekil 1.25'te de görüldüğü gibi Silisyum (Si) atomu ancak 8,000 Kelvin sıcaklığının üstündeki yıldızlarda belirgin bir çizgi oluşumu gösterir. Bu nedenle bir yıldız tayfında Silisyum çizgileri gözlenmiyorsa bu yıldızın sıcaklığının 8,000 Kelvin'den az olduğu sonucuna varılabilir. Yıldızların tayflarında önemli bir diğer belirteç Titanyum oksit molekülüdür (TiO). Şekil 1.25'te de görüldüğü gibi TiO ancak M tipi yıldızlarda gözlenebilir. TiO çizgileri ancak 3,000 Kelvin civarında gözlenebilir durumda olur. Bu nedenle M tipi bir yıldızın sıcaklığının 3,000 Kelvin civarında olduğu ve dolayısıyla görece daha soğuk bir yıldız tayfının incelendiği sonucuna ulaşılabilir.

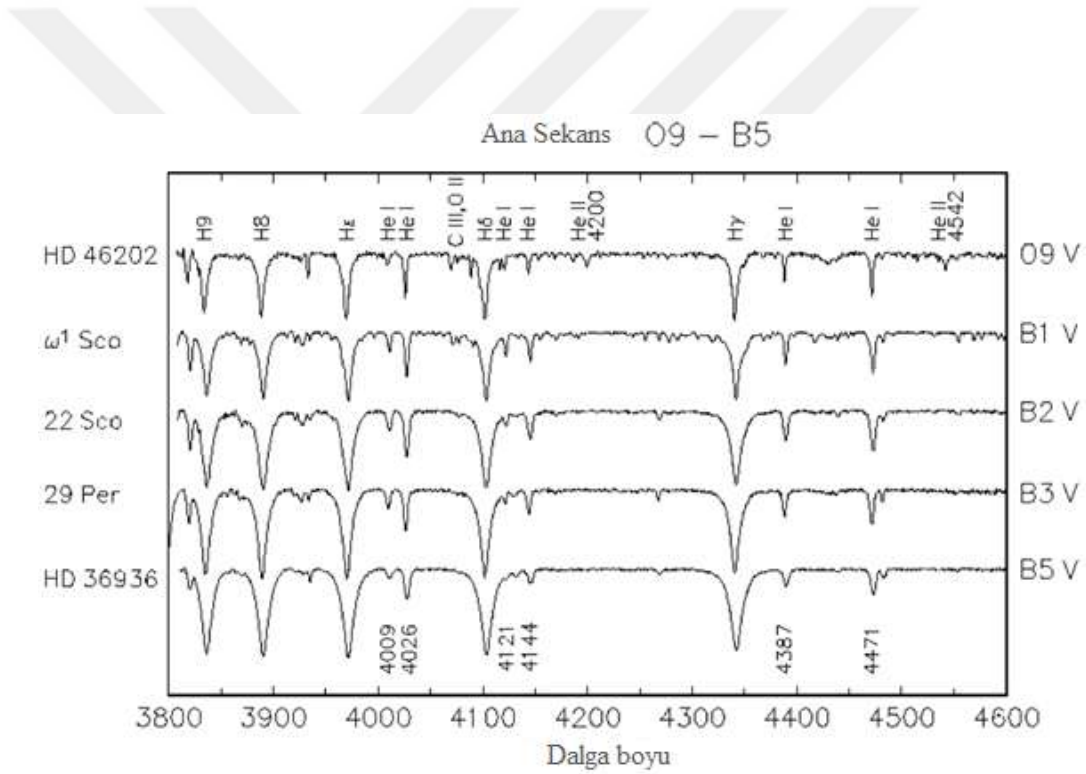
Kalsiyum (Ca) için çizilen Şekil 1.25'teki grafiğe dikkat edilirse eğrinin K sınıfı yıldızların tayfında 4,500 Kelvin civarında maksimuma ulaştığı gözlenir. Bu nedenle baskın Ca çizgileri de yine sınıflandırma amaçlı kullanılabilir.



Şekil 1.25 Bazı atomik tür ve molekülün tayf türü ve sıcaklığına göre dağılımı (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.)

Şekil 1.25'de verilen grafik ile Şekil 1.26'da verilen farklı sınıflara ait yıldız tayfları karşılaştırılabilir.

Tayfta yer alan HeI 4471 ile HeII 4542 hattı taranmıştır. Tayf tipi bulunurken He I çizgilerinin gücünün He II'ye oranı göz önünde bulundurulmalıdır. Şiddet-Dalga boyu grafiğine bakıldığında He I 4471 çizgisinin derinliğinin, sıcaklık azaldıkça artma eğilimi gösterdiği görülür. Örneğin Şekil 1.27'de O4V sınıfından HD 46223 yıldızı ile O9V sınıfından HD 46202 yıldızının HeI 4471 çizgisinin derinlikleri incelendiğinde görece soğuk olan O9 sınıfı yıldız tayfında derinliğinin artmış olduğu fark edilir. He II 4542 çizgisinin derinliği ise sıcaklık azaldıkça azalmaktadır. Etkin bir sınıflandırma için He I için 4471, He II için 4542 çizgilerindeki derinlikler oranlanabilir. HeI/HeII oranı 1'den büyük ise O8 ya da O9 sınıfı (görece soğuk yıldızlar), küçük ise O5 ve alt sınıflar (görece sıcak yıldızlar), yaklaşık 1'e eşit ise O6 ya da O7 sınıfı bir yıldız olduğu söylenebilir. (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.)



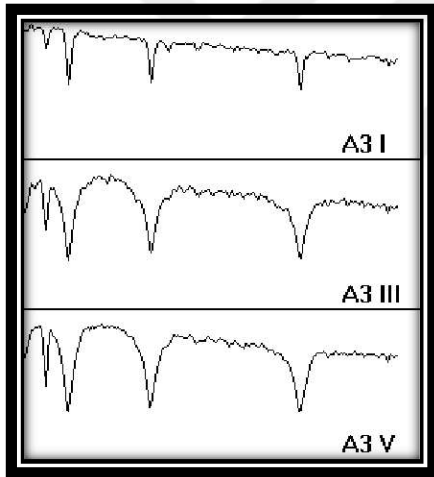
Şekil 1.28 O ve B tipi yıldız tayfları. (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.)

Tayf sınıflandırmasında birbirine yakın olan O-tipi ve B-tipi yıldız tayflarının ayrımı, He II (iyonize helyum) çizgileri üzerinden yapılabilir. Şekil 1.28'de görüldüğü gibi O sınıfında He II çizgisi varken B sınıfında bu çizgiler yoktur. (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.; The University of Arizona, t.y.)

Bir yıldızın tayfı, yıldızın yüzey çekim ivmesine göre değişiklik gösterir. Bu nedenle yüzey çekim ivmeleri birbirinden çok farklı olan devler, süper devler ve beyaz cüceler tayflarına bakılarak birbirinden ayrılabilir.

İki yıldızın sıcaklığı karşılaştırılabilir ölçüde aynı kalmak koşulu ile yüksek yüzey çekim ivmesine sahip olan yıldız daha yüksek basınca (fotosfer basıncına) sahiptir. Basınç yüksek olduğunda tayf çizgilerinde genişleme görülür (The University of Arizona, t.y.).

Dolayısı ile diğer etkiler yaklaşık aynı kalmak koşuluyla cüce yıldızların tayflarındaki çizgiler, süper devlerden alınan tayflara kıyasla daha geniş çizgi oluşturma eğilimindedir. Bu nedenle hepsi A3 sınıfı üç farklı yıldızdan alınan tayfların Şekil 1.29'da görüldüğü gibi I sınıfı yıldızlardaki tayf çizgiler daha ince iken III sınıfı yıldızlardaki çizgiler daha kalın ve baskındır.



Şekil 1.29 A3I, A3III ve A3V sınıfı yıldızlara ait tayflar (The University of Arizona, t.y.)

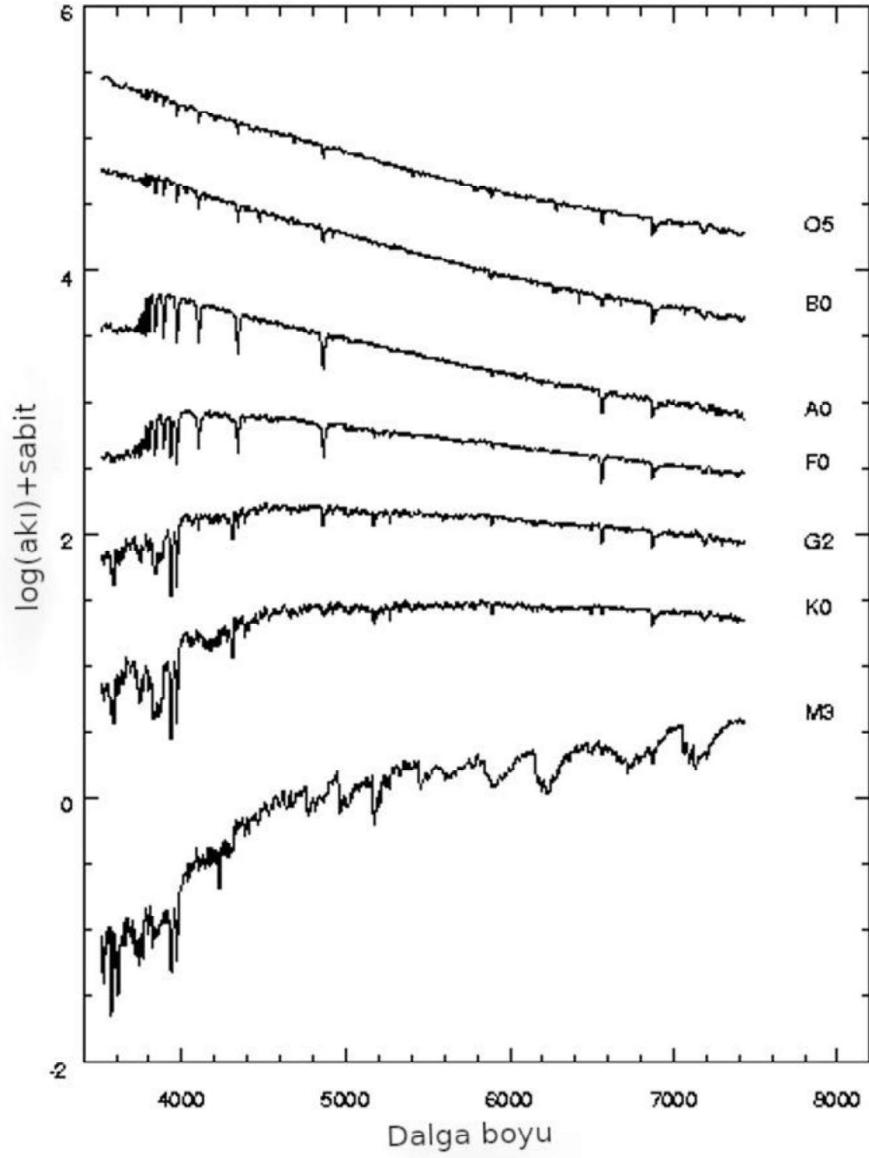
Şekil 1.29'da A3 V sınıfı olan bir yıldız, A3 I sınıfı bir yıldızla göre daha geniş çizgili bir tayf oluşturduğu gözlenir. Bu durumda A3 V sınıfı bir yıldızın yüzey basıncının A3 I sınıfı bir yıldızla göre daha büyük olduğu öngörülebilir. Basınç, tayf çizgilerinin genişlemesine sebep olduğundan hat genişlikleri Şekil 1.29'daki gibi bir değişime gözlenir.

Aynı sıcaklığa sahip iki yıldızdan yüzey çekim ivmesi değeri büyük olan yıldız daha fazla basınca sahip olacağından atomlar arasındaki çarpışma oranı artar. Çarpışmalar

enerji seviyelerinde geçici değişikliğe sebep olur. Bu durumun sonucu olarak atom soğurabileceği ışı nım aralı ğından biraz daha büyük ve biraz daha küçük dalga boylarını da soğurabilir duruma gelir. Yıldızın yayı nladığı tayf çizgileri genişlemiş olur.

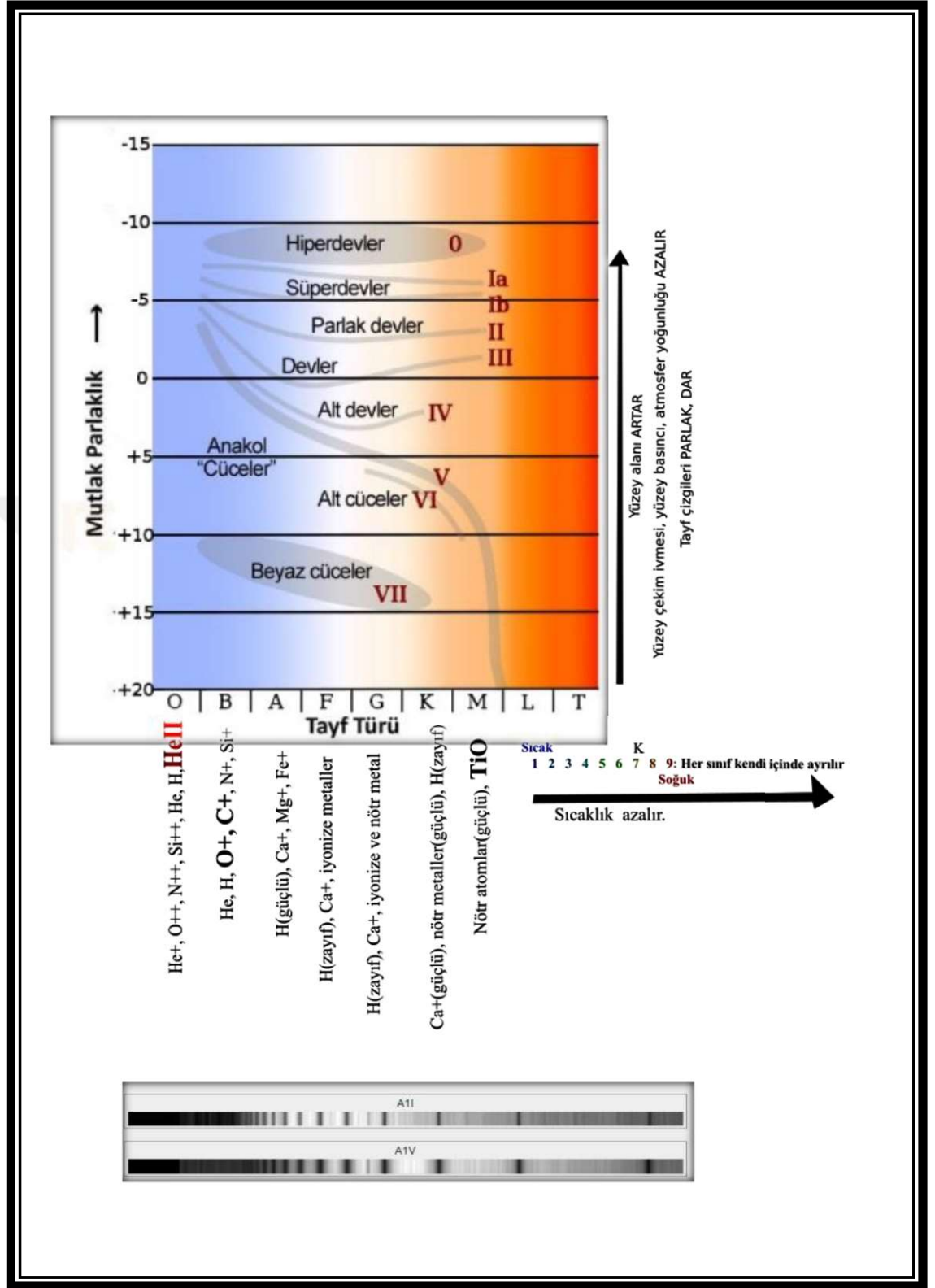
En yüksek yüzey çekim ivmesinin beyaz cücelerde bulunduğu söylenebilir. Ana kol yıldızlarının da beyaz cüceler kadar olmasa da yine de yüksek yüzey çekimine sahip oldukları bilinmektedir. Yıldız genişleyerek dev halini alınca yüzey çekim ivmesi azalır. Böylece dev yıldızlardan gelen tayflarda çizgiler daha dar bir görünüme sahip olur. Süper dev yıldızlar ise en çok genişleyen yıldızlar olduğundan atmosferleri ince ve yüzey çekim ivmeleri düşüktür. Bu nedenle en dar tayf çizgileri, süper devlerden gelen tayflardan elde edilir. (The University of Arizona, t.y.)

Şekil 1.30’da verilen farklı türden yıldızların tayflarında M3 sınıfı yıldızın tayfına bakıldığında tayftaki sürekliliğın azalmış olduğu görü lür. Bu durum yıldız atmosferinin yeni molekül oluşumuna izin verecek kadar soğuk olduğunu gösterir. (Kılıçoğlu, 2020)



Şekil 1.30 Farklı türden yıldızların tayf örnekleri (Kılıçoğlu, 2020)

Yıldızların tayfları incelenirken bilinenler H-R diyagramı kullanılarak Şekil 1.31’de verilmiştir.



Şekil 1.31 H-R diyagramı üzerinde yıldız sınıflandırması ve özellikleri

Tayf Türü M olan bir yıldız incelendiğinde aşağıdaki özellikler göze çarpar:

- Atomik soğurma nedeniyle 5600 Å'un altında çizgi yoğunluğu fazladır. Daha yüksek dalga boylarında çizgiler netlik kazanır.

- 4600-5600 Å arasında MgH absorpsiyon çizgileri gözlenmesi beklenir.
- Özellikle 5130 Å civarında MgH'a ait çizgi belirgindir.
- CaH çizgileri 6400, 6900 ve 7500 Å civarında etkindir.
- LaO ve VO₂'nin her ikisi de TiO emiliminin zayıf olduğu yerde etkindir. Bu bölgeler 7300–7600 Å ve 7900–8200 Å aralıklarıdır.
- FeH bileşiği çizgilerinin 9900 Å civarında gözlenmesi beklenir.
- H₂O, 13300-11000 Å arasında zayıf çizgiler oluşturur.
- CO, yaklaşık 2,3–2,4 µm ve 4,3–5,5 µm ile kızıl ötesindeki tayfta önemli ölçüde çizgi oluşturur.
- Daha soğuk yıldızlarda 6036 Å, 6079 Å ve 6132 Å civarında ScO çizgileri gözlenmesi beklenir. (Nordlander, 2012)

Tüm bunlar ışığında tayf sınıflandırması sırasında kullanılabilecek çizgilerden bazıları Tablo 1.4'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4 Tayf incelemesi sırasında gözlenebilecek bazı çizgi kimlikleri (University of Hawaii Institute for Astronomy [UHIfA], t.y.; The University of Arizona, t.y; Nordlander, 2012.).

Çizgi kimliği	Dalga boyu (Å)	Tayf Sınıfı						
H9	3835.397	O	B	A				
H8	3889.064	O	B	A				
CaII	3933.66			A	F	G		
K	3942.53	O		A	F			
CaII	3968.47				F	G		
He	3970.075	O	B	A	F			
HeI	4026.1914	O						
MnI	4 030.76			A		G	K	
FeI	4045.8122				F	G	K	
CIII	4070.26	O						
OII	4072.157	O	B					
SrII	4077.7140				F		K	
Si IV	4088.862	O						

H δ	4101.734	O	B	A	F	G	K	
Si IV	4116.104	O						
HeI	4120.8154	O						
Si II	4128.07	O		A				
HeI	4143.761	O						
FeI	4143.8678				F		K	
FeII	4172.856				F			
TiII	4171.9038			A	F			
HeII	4199.839	O						
Sr II	4215.5240				F			
CaI	4226.73			A	F		K	M
FeII	4233.1627			A				
FeI	4250-4300				F			
CII	4267.258		B					
FeI	4271.1535	0			F			
CH1	4302.78					G		
H γ	4340.472	O	B	A				
O II	4347.420		B					
Y II	4374.933				F			
FeI	4383.5447				F			
FeI	4385.2493					G		
HeI	4387.9296	O	B					
TiII	4395.0312				F			
FeII	4395.8141				F			
FeII	4399.803	0			F			
TiII	4417.7137				F			
FeII	4416.818				F			
OII	4416.974		B					
Ti II	4443.8007				F			
HeI	4471.4802	O						
MgII	4481.327	O	B	A				
HeII	4541.593	O						
Si III	4554.00		B					

Ba II	4554.033				F			
N III	4634.14	O						
HeII	4859.32	O						
H β	4861.35	O						
HeII	5411.516	O						
O2	6565.283	O						

2. MALZEME VE YÖNETİM

2.1. GÖZLEM VERİLERİ

Bu çalışmada 7 farklı yıldızın tayfsal incelemesi yapılmıştır. Yıldızlara ait gözlem verileri SVO ve TSO Astronomik veri tabanlarından elde edilmiştir. Bu çalışmada incelen yıldızların isimleri, SIMBAD veri tabanında verilen tayf türü, bu çalışmada kullanılan gözlemlerin elde edildiği teleskop, gözlem tarihi, kullanılan tayfın dalga boyu aralığı Tablo 2.1’de verilmiştir. (The Strasbourg Astronomical Data Center [SIMBAD], 2021a)

Tablo 2.1 Bu çalışmada kullanılan veri bilgileri

Yıldız ismi	SIMBAD Tayf Türü	Teleskop	Gözlem Tarihi	Dalga boyu aralığı (Å)
HD 46150	O5	OHM	1999	4000- 6799.95
HD 229258	B2	Liverpool Teleskobu	2010	6200.4-7500.4
BD-034630	A4	LAMOST Teleskobu	2022	3429.5- 9370.2
HD 350350	F1	Liverpool Teleskobu	2010	6200.4-7500.4
HD 199893	G0	LAMOST Teleskobu	2019	3700-9097
BD+36 4307	K0	Liverpool Teleskobu	2010	6200.4-7500.4
BD+004814	M0	Liverpool Teleskobu	2010	6200.4-7500.4

SVO (Spanish Virtual Observatory) veri tabanının sorgu sayfasından HD 46150, BD-034630 ve HD 199893 isimli yıldızların tayfsal verileri aratılarak tayflarına

ulaşılmıştır.

HD 229258, HD 200389, HD 350350, BD+36 4307, BD+004814 tayflarına ise 2023 yılı The Schools' Observatory veri tabanında sunulan Liverpool Teleskobu verilerinden ulaşılmıştır.

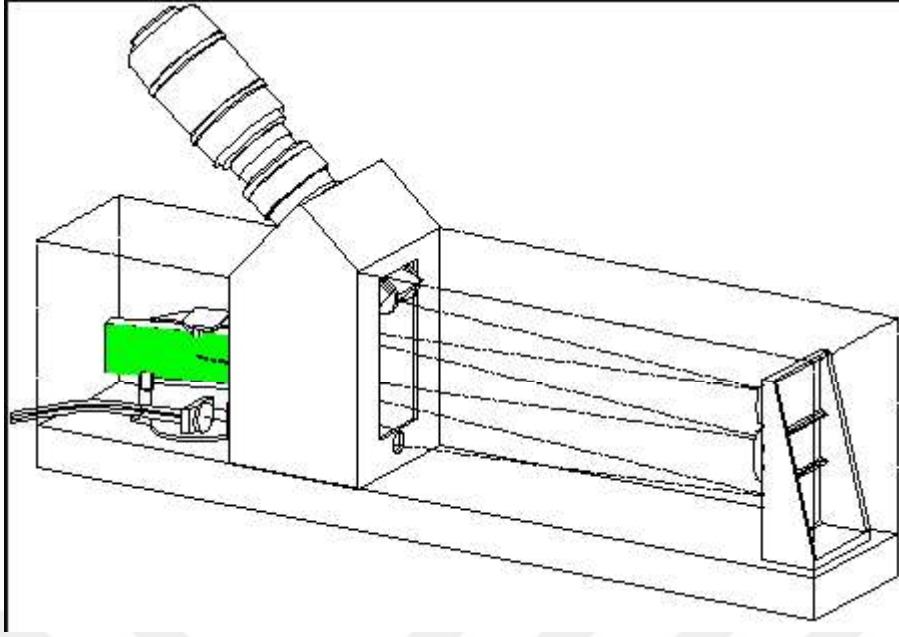
2.1.1. SVO (Spanish Virtual Observatory)

SVO, teknik, bilimsel ve yönetsel düzeyde astronominin gelişmesi ve gözlem verilerinin tüm dünya ile paylaşılmasında rol oynayan bir oluşumdur. Haziran 2002'de kurulmuş olup şu anda 21 üyeden oluşmaktadır. 2004 yılında IVOA (the International Virtual Observatory Alliance) üyesi olan kuruluş aktif olarak görev yapmaktadır. Kuruluş, astronomi arşivlerinin geliştirilmesi ve kullanılması konusunda çalışmaktadır. (Solano, 2015)

SVO (Spanish Virtual Observatory)'nın veri tabanının sorgu sayfasından HD 46150 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve ELODIE Tayflarına ulaşılmıştır. Aynı veri tabanında HD 199893 ve BD-034630 isimli yıldızlara ait gözlem verileri aratılmış ve LAMOST (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope) ile elde edilen tayflara ulaşılmıştır.

2.1.2. ELODIE TAYFÖLÇERİ

ELODIE, 12 yılı aşkın gözlemlerin ardından 2006 Ağustos ortasında hizmet dışı bırakılmıştır. O zamana kadar 1.93 metre uzunluğundaki Observatoire de Haute Provence (OHM)'nin teleskobu ile kullanılmıştır. (Ilovaisky, 2017) Bu cihazla ilk gözlemler 1 Haziran 1993'te yapılmıştır. İki odak düzlemi açıklığı mevcuttur. Her ikisi de 2 yay saniye genişliğindedir. Bunlardan biri yıldız ışığı için kullanılır ve diğeri gökyüzü arka planı veya dalga boyu kalibrasyon lambası için kullanılır. Tayflar, 42000 tayfsal çözünürlükle 3000 Å dalga boyu aralığını (3850-6800 Å) kapsar. Şekil 2.1, ELODIE'nin perspektif görüntüsünü vermektedir. (Ilovaisky, 2004)



Şekil 2.1 ELODIE'nin perspektif görüntüsü (Ilovaisky, 2004)

Cassegrain adaptörüne iki lamba monte edilmiştir: bağlı akı kalibrasyonu için bir tungsten lamba ("düz alan") ve dalga boyu kalibrasyonu için bir Toryum lamba. Her iki lambanın pozlama süreleri gözlemci için otomatik olarak ayarlanır.

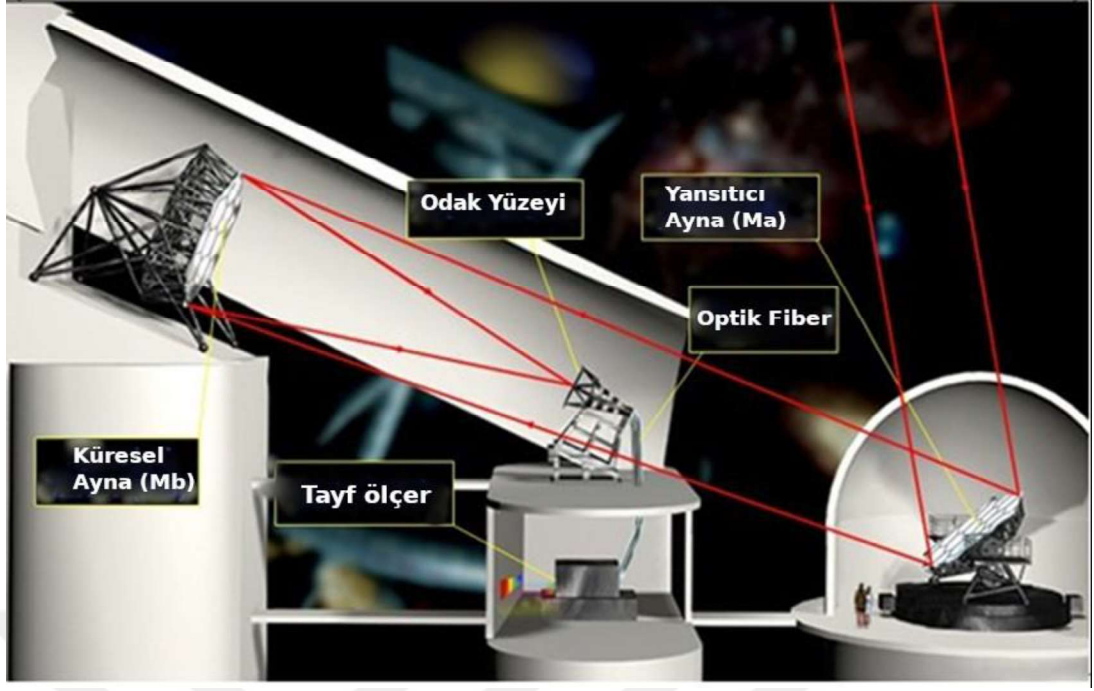
Hızlar, katalogdaki koordinatlar kullanılarak veya girilmemişse teleskoptan güneş sisteminin merkezine göre düzeltilir. Tayfsal tip, dönüş, çiftlik ve sinyal-gürültü oranı gibi parametrelere bağlı olan radyal hızların doğruluğu, en kötü durumlarda ± 50 m/s'den, en kötü durumlarda ± 6 m/s'ye kadar değişebilir. (Ilovaisky, 2004; Baranne ve ark., 1996).

ELODIE, Haute-Provence, Marsilya ve Cenevre Gözlemevleri arasındaki iş birliği bağlamında tasarlanmış ve inşa edilmiş bir Haute-Provence Gözlemevi aracıdır. (Baranne ve ark., 1996).

2.1.3. LAMOST TELESKOBU (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope)

LAMOST Teleskobu (Büyük Gökyüzü Alanı Çok Nesneli Fiber Spektroskopik Teleskop) Çin Bilimler Akademisi tarafından inşa edilmiştir. Bu teleskop ulusal ve büyük bir bilimsel projedir. Projenin finansmanı Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu tarafından sağlanmıştır. LAMOST, Çin Bilimler Akademisi Ulusal Astronomi Gözlemevleri tarafından işletilmekte ve yönetilmektedir. (National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, 2019) Bu teleskop Çin Ulusal Astronomi Gözlemevi'nin Xinglong İstasyonunda bulunan özel bir yarı meridyen yansıtan Schmidt teleskopudur. (National Astronomical Observatories, 2012a) Destek sistemi, montaj ve izleme sistemi, teleskop kontrol sistemi, odak düzlemi aletleri, teleskop muhafazası, gözlemevi kontrolü ve veri işleme birimlerinden oluşmaktadır.

LAMOST optik sistemi, kuzey ucunda yansıtıcı bir Schmidt Ma ayna, güney ucunda küresel bir birincil ayna Mb ve arada bir odak yüzeyinden oluşur. Kuzey ucundaki ayna olan Ma, her biri 1,1 m çapraz çapa ve 25 mm kalınlığa sahip 24 adet altıgen düzlem alt aynadan oluşan $5,72 \text{ m} \times 4,40 \text{ m}$ boyutundadır. Güney ucundaki ayna olan Mb ise her biri 1,1 m diyagonal çapa ve 75 mm kalınlığa sahip 37 adet altıgen küresel alt aynadan oluşan $6,67 \text{ m} \times 6,05 \text{ m}$ boyutlarındadır. (National Astronomical Observatories, 2012a)



Şekil 2.2 LAMOST Teleskop yapısı (National Astronomical Observatories, 2012a)

Hem birincil ayna hem de odak yüzeyi zemin tabanlarına sabitlenmiştir ve yansıtıcı düzeltici gök cisimlerinin hareketini takip etmektedir. Bu nedenle gök cisimleri meridyen geçişleri çevresinde gözlenir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi toplanan ışık Ma'dan Mb'ye yansır, yine Mb tarafından yansıtılır ve odak yüzeyinde gözlenen gökyüzünün görüntüsünü oluşturur. Bireysel nesnelerin ışığı, odak yüzeyine hassas bir şekilde konumlandırılmış optik fiberlerin ön uçlarına beslenir ve daha sonra, sırasıyla ve aynı anda tayflara dağılmak ve CCD dedektörlerine kaydedilmek üzere, alttaki odaya sabitlenmiş tayf ölçere aktarılır. Mevcut geniş odak yüzeyi, 4000 kadar fiberi barındırır; bu sayede uzaktaki ve soluk gök cisimlerinin 20,5 kadire kadar toplanan ışığı ile tayfölçerler beslenir ve bu, gece başına birkaç on binlerce tayf gibi çok yüksek bir tayf elde edilebilmesine olanak tanır. (National Astronomical Observatories, 2012b) LAMOST Teleskobunun ana özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 LAMOST'un özellikleri

Ma 5,72 metre × 4,4 metre	Mb 6,67 metre × 6,05 metre	Görüş alanı 5°
Odak düzlemi f 1,75m	Odak uzaklığı 20m	Fiber optik lif sayısı 4000
Tayfsal dalga boyu aralığı 370-900 nm	Tayfsal çözünürlük gücü R=500, 1000, 1500	Sınır büyüklüğü 20,5 m (R=500 modunda 1,5 saat pozlama)
Tayfsal çözünürlük 1 / 0,25 nm	Gözlemlenebilir gökyüzü -10° ila +90° Sapma	

LAMOST düzenli araştırmasının ilk yıl gözlem misyonu 28 Eylül 2012'de başlamıştır ve Temmuz 2013'te tamamlamıştır. (National Astronomical Observatories, 2012a)

2.1.4. LIVERPOOL TELESKOBU

LT olarak da bilinen Liverpool Teleskobu, astronomların evreni incelemesi için veri sunmaktadır. LT, tamamen robotik olduğundan personel gerekmeden kullanılabilir. LT, tamamen robotik olduğundan personel gerekmeden kullanılabilir.

Liverpool John Moores Üniversitesi bünyesinde yer alan Liverpool teleskobunun bakımını da yine Liverpool John Moores Üniversitesi üstlenmektedir. Teleskop, Birleşik Krallık, Liverpool'daki ve çevresindeki bilim insanları ve mühendisler tarafından tasarlanıp inşa etmiştir. Liverpool Teleskobu Kuzeybatı Afrika kıyılarındaki İspanyol La Palma adasında yer almaktadır. Hava koşulları bakımından La Palma bölgesi Liverpool'a göre çok daha iyi astronomik koşullar sunması nedeniyle teleskop bu adada inşa edilmiştir. Şekil 2.3'te Liverpool Teleskobunun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.3 Liverpool Teleskobunun dış yapısı (Wikimedia Commons, 2020)

Teleskopun tamamı 8,5 metre yüksekliğinde, 6,5 metre genişliğinde ve yaklaşık 24 ton ağırlığına sahiptir. Devasa boyutuna rağmen Liverpool Teleskobu, gökyüzünün farklı bölgelerine bakmak için hareket edebilir. Liverpool Teleskobu ile yapılmakta olan bir gözlem sırasındaki görsel Şekil 2.4’te verilmiştir.



Şekil 2.4 Liverpool Teleskobu ile gözlem sırasında alınan görüntüdür. (The TMT International Observatory LLC [TIO], 2024)

Teleskobun 2 metre çapında bir aynası bulunmaktadır. Liverpool Teleskobu görünür dalga boyları ve kızılötesi dalga boylarında ışık toplayarak yıldız kimyasının incelenebilmesi için gerekli tayf lerler barındırır.



şekil 2.5 Liverpool Teleskobu (Astrophysics Research Institute, Liverpool John Moores University, 2024)

Özel tasarlanmış bir kubbe aynayı ve aletleri yağmurdan veya diğer kötü hava koşullarından teleskobu korur (şekil 2.5). Kubbenin şekli havanın teleskopun üzerinden akmasını sağlar. Böylece teleskoba yakın kısımdaki hava türbülansı önlenerek görüntülerin bulanık görünmesi engellenmiş olur. (The Schools' Observatory, 2023a)

2000'li yılların başından beri Liverpool John Moores  niversitesi tarafından geliştirilen ‘‘The Schools' Observatory’’ projesi ile robotik Liverpool Teleskobu okulların da erişimine açık hale getirilmiştir. Projenin amacı evrene yeni bir pencere açarak öğrencilere bilim yapma ve teknolojiyi deneyimleme konusunda ilham vermektir. (The Schools' Observatory, 2023b)

Bu çalışmada 2023 yılı The Schools' Observatory Kampanyası kapsamında sunulan yıldız tayflarının bazıları kullanılmıştır. Kampanyada eğitime katkı amacıyla sunulan tayflar temin edilmiştir.

Liverpool Teleskobu'ndan alınan veri dosyaları SPLAT-VO programında

incelenmiştir.

2.2. VERİ ANALİZİ

2.2.1 SPLAT-VO

SPLAT-VO, astronomik tayfları görüntülemek, karşılaştırmak, değiştirmek, indirgemek ve analiz etmek için kullanılmaktadır. Sanal Gözlemevi (VO) protokollerini ve hizmetlerini kullanarak dünya çapındaki veri tabanlarından tayfları aramak ve almak için kullanılan bir yazılımdır. SPLAT-VO'nun geliştirilmesi, Starlink StarJava girişiminin bir parçası olarak 1999 yılında, başlamıştır. Daha fazla gelişme, 2009 yılına kadar Hawaii'deki Ortak Astronomi Merkezi tarafından desteklenmiştir. 2011 yılı sonundan bu yana SPLAT-VO'nun geliştirilmesi, Alman Astrofizik Sanal Gözlemevi ve Çek Cumhuriyeti Bilimler Akademisi Astronomi Enstitüsü tarafından sürdürülmektedir. Bu tarihten itibaren, en yeni VO protokollerinin desteklenmesinin yanı sıra yeni görselleştirme ve tayf depolama yeteneklerinin de aralarında bulunduğu birçok yeni özellik eklenmiştir. (Škoda ve ark., 2014)

Bu çalışmada SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldızlara ait tayfsal fits verileri grafik halinde görüntülenmiş normalizasyon yapılmış ve belirgin çizgilerin incelemesi yapılarak çeşitli parametreleri ölçülmüştür.

SPLAT-VO ile incelenen yıldız tayflarında görülen belirgin çizgileri tanımlaması için NIST (The National Institute of Standards and Technology) ve VALD (The Vienna Atomic Line Database)'ın atomik veri tabanlarından faydalanılmıştır. Ayrıca The Identification of Molecular Spectra (Pearse ve Gaydon, 1950) adlı çalışmada belirtilen moleküler çizgi kimlikleri de kullanılmıştır.

2.2.2. NIST (The National Institute of Standards and Technology)

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) 1901'de kurulmuştur. ABD Ticaret Bakanlığı'nın bir parçasıdır. ABD'nin endüstriyel rekabet gücünü arttırmak için kurulmuştur. Akıllı elektrik şebekesi, elektronik sağlık kayıtlarının tutulması, atom saatleri, gelişmiş nano materyaller ve bilgisayar çipleri gibi pek çok ürün ve hizmet, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü tarafından sağlanan teknoloji, ölçüme ve standartlara dayanmaktadır. Bu enstitünün hazırladığı atomik tayfsal veri tabanı, atom

enerjisi seviyeleri, dalga boyları ve geçiş olasılıkları hakkında makul ölçüde güncel olan NIST tarafından kritik olarak değerlendirilen verilere erişim ve arama yeteneği sağlar. Veri Merkezi, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (NIST) Fiziksel Ölçüm Laboratuvarı'nda bulunmaktadır. (National Institute of Standards and Technology [NIST], 2022)

2.2.3. VALD (The Vienna Atomic Line Database)

Viyana Atomik Çizgi Veri Tabanı (VALD), astronomi alanında kullanılan atomik ve moleküler geçiş parametrelerini gösteren bir platformdur. VALD, astrofizik uygulamaları için çizgi alt kümelerinin seçilmesine yönelik araçlar sunar. Bu araçlar çizgi tanımlama, tayfsal gözlemler için hazırlık, kimyasal bileşim ve radyal hız ölçümleri, model atmosfer hesaplamalarıdır.

VALD, kritik olarak değerlendirilen veri kümeleriyle düzenli olarak güncellenmektedir. VALD proje ekibi uzmanları, verilerin istatistiksel özelliklerini araştırır, elde edilen sonuçları farklı veri kaynaklarıyla kapsamlı bir şekilde karşılaştırır ve her yeni kaynak için veri seçimine temel olacak kalite derecelendirmesini oluşturur. (The Vienna Atomic Line Database [VALD], 2023)

2.3. ÇİZGİ DERİNLİK ORANI (LDR) YÖNTEMİ İLE SICAKLIK TAYİNİ

Bu çalışmada SIMBAD Veri Tabanına göre sırasıyla G ve K türü olan HD 199893 ve BD+364307 isimli yıldızların tayfları çizgi derinlik oranı (LDR) yöntemi ile incelenmiştir. F.K.Yelkenci'nin 2008 yılında hazırlamış olduğu Yüksek Lisans Tezinde verilen çizgi derinlik oranında kullanılabilecek çizgilerden faydalanılmıştır. Bu çalışmaya göre çizgi derinliği için kullanılabilecek çizgiler 5899.95 Å ve 6771.04 Å aralığındadır, yıldızların tayf sınıfları ise F-G-K sınıfları olmalıdır. Bu çalışmada incelenen yıldızların tayfsal özellikleri sebebiyle bu yöntem sadece incelenen 2 yıldız için kullanılabilmektedir. Süreklilik belirlenmesindeki olası hataların sonuçlar üzerindeki etkilerini azaltmak için seçilen çizgiler birbirine yakındır. Mikrotürbülans ve dönmeye bağlılığın etkilerini azaltmak için ise görece zayıf çizgiler seçilmiştir. Seçim kriterlerine uygun olarak seçilmiş çizgilerin çizgi derinlik oranları hesaplanmıştır. (Yelkenci, 2008)

Çizgi derinlikleri R_1 ve R_2 olarak SPLAT-VO programında incelenen normalize tayf üzerinden ölçülmüş ve çizgi derinlik oranı $r = R_1 / R_2$ olarak hesaplanmıştır. LDR yöntemine göre bir yıldızın etkin sıcaklık-çizgi derinlik oranı ilişkisini temsil eden denklem

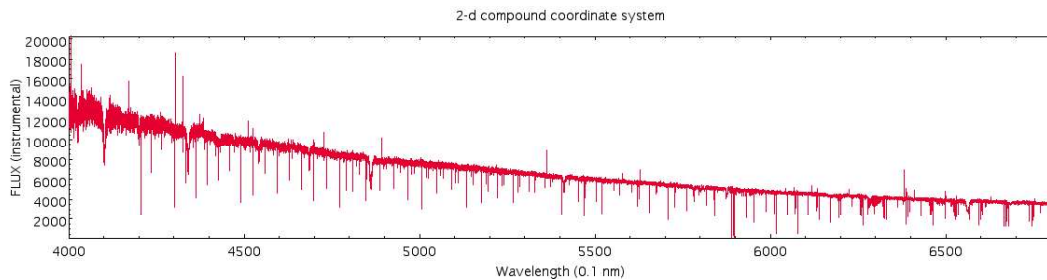
$$T_{et} = A + Br + Cr^2 + Dr^3 \quad [2]$$

Şeklinde gösterilen 3. dereceden bir polinom olduğundan çalışmada hesaplamalar bu denklem üzerinden yapılmıştır. Burada T_{et} etkin sıcaklık, r çizgi derinlik oranı, A , B , C , D ise katsayılarıdır. Her çizgi çifti için farklı katsayılar önerilmektedir. (Yelkenci, 2008) Bu çalışmada çizgi derinlik oranı (LDR) yöntemi için kullanılan çizgilerin yer tespiti için SpectroWeb1.0 interaktif veri tabanı kullanılmıştır. (SpectroWeb Development Team, 2010)

2.4. YILDIZLARIN TAYFSAL İNCELEMESİ

2.4.1 HD 46150 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

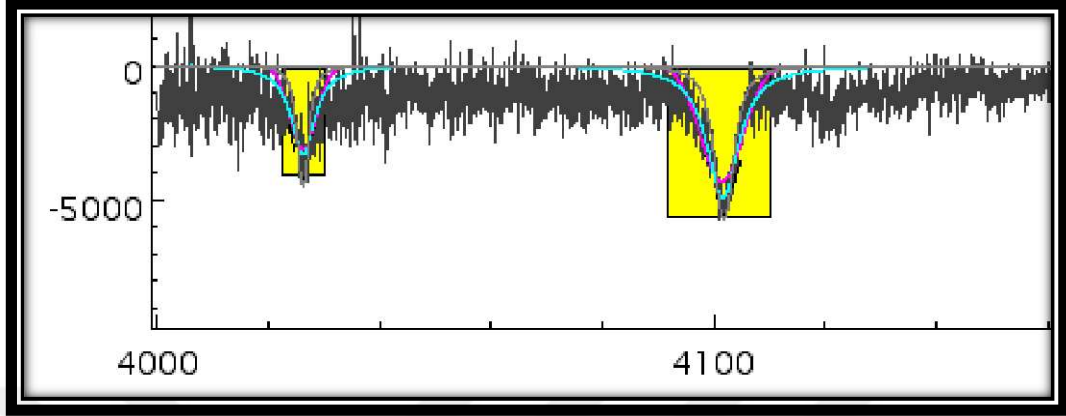
SVO (Spanish Virtual Observatory)'nun veri tabanının sorgu sayfasından HD 46150 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve ELODIE tayflarına ulaşılmıştır. SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldıza ait tayfsal fits verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 HD 46150 yıldızının tayfı

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak yıldız tayfına en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelemesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri

sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM değerleri ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7 4026.65 Å ve 4102.2 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x eksenini $\text{\AA}$ cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama olarak yıldızın radyal hız değeri

$$z = \frac{\lambda_g - \lambda_{lab}}{\lambda_{lab}} \quad \lambda_g: \text{Gözlenen dalga boyu} \quad [3]$$

λ_{lab} : Laboratuvarda ölçülen dalga boyu

$$\vartheta = c \cdot z \quad z: \text{kızıla kayma miktarı} \quad [4]$$

İlişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayfındaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır (Çay, 2004).

Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu, çizgi tanısı Tablo 2.3’te verilmiştir.

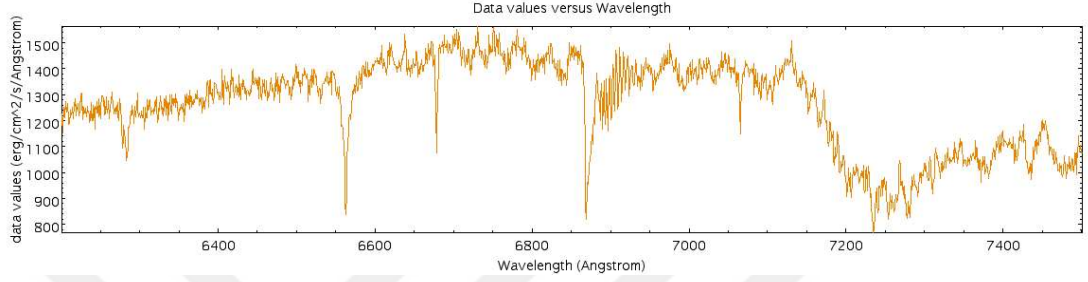
Tablo 2.3 HD 46150 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal		Tanı
				Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	
Å	Å		Å	Å	Å	
4026.65	0.347522	1.042567	1.50874	4026.613	4026.191	He I
4102.2	0.647699	1.943097	2.811932	4102.163	4101.734	Hδ
4200.3	0.371448	1.114345	1.612612	4200.279	4199.839	He II
4340.95	0.584034	1.752103	2.535538	4340.926	4340.472	Hγ
4471.9	0.32403	0.97209	1.406749	4471.948	4471.48	He I
4542.05	0.387173	1.161518	1.680879	4542.068	4541.593	He II
4686.15	0.360403	1.08121	1.564662	4686.189	4685.698	He II
4861.85	0.676142	2.028426	2.935416	4861.849	4861.34	Hβ
5412.1	0.474362	1.423086	2.059404	5412.083	5411.516	He II
5780.25	0.284267	0.793473	1.188691	5780.293	5779.688	Fe I
5796.65	0.108741	0.326224	0.472092	5796.675	5796.068	Th I
5876.25	0.309096	0.927288	1.341915	5876.236	5875.621	He I
6563.5	0.872376	2.617127	3.787348	6563.497	6562.81	Hα

HD 46150 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının 31.39 km/s olduğu hesaplanmıştır. Yıldızın SIMBAD Veri Tabanında verilen radyal hız değeri ise 31.83 km/s dir. (The Strasbourg Astronomical Data Center [SIMBAD], 2021b)

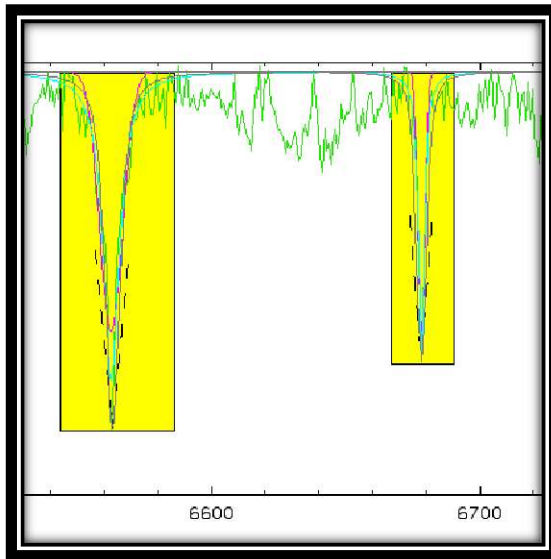
2.4.2. HD 229258 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

2023 yılı The Schools' Observatory Kampanyası kapsamında sunulan veri tabanında Liverpool Teleskobu ile elde edilmiş olan HD 229258 yıldızına ait tayf kullanılmıştır. SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldıza ait tayf verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8 HD 229258 yıldızının tayf grafiği

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak tayfına en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelemesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM değerleri ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9 6562 Å ve 6678 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama olarak yıldızın radyal hız değeri [3] ve [4] ilişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayfindaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır.

Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu, çizgi tanısı Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4 HD 229258 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	Tanı
Å	Å		Å	Å	Å	
6278.2	0.680822	2.042467	2.955734	6278.563	6279.68	Fe III
6283.6	0.947209	2.841627	4.11223	6283.442	6284.56	C II
6562	2.912173	8.736519	12.64296	6561.7	6562.867	H α
6678	1.034752	3.104257	4.492292	6678.461	6679.649	C I
6721.2	2.315609	6.946827	10.05303	6720.657	6721.853	Si I
6740.6	1.957205	5.871615	8.497046	6740.441	6741.64	Si I
6768	2.313933	6.941799	10.04575	6768.406	6769.61	N I
6799	3.101321	9.303964	13.46413	6799.47	6800.68	C II
6838	2.125596	6.376789	9.228104	6838.078	6839.295	Ti I

6869.2	1.298124	3.894373	5.635701	6869.308	6870.53	C III
7065.2	1.285848	3.857544	5.582405	7064.45	7065.707	He I
7234.8	1.198062	3.594187	5.20129	7235.133	7236.42	C II
7240.4	0.486909	1.460725	2.113873	7240.492	7241.78	N II
7254	0.578957	1.73687	2.513493	7253.157	7254.448	O I
7277.2	0.578932	1.736796	2.513387	7277.445	7278.74	Si III
7281.2	0.578856	1.736567	2.513055	7281.514	7282.81	Si I
7290.8	1.029714	3.089141	4.470417	7290.173	7291.47	Ca II
7371.6	1.036989	3.110967	4.502003	7371.688	7373	Si I
7432.6	1.931764	5.795293	8.386598	7432.807	7434.13	C III

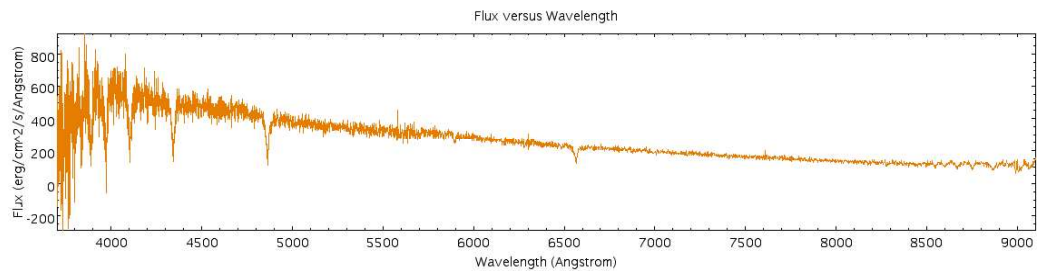
HD 229258 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının -53.32 km/s olduğu hesaplanmıştır. SVO (Spanish Virtual Observatory)'nun veri tabanının sorgu sayfasından HD 229258 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve GAIA Veri Tabanındaki ortalama radyal hız değerinin -53.129 km/s olduğu görülmüştür. HD 229258 yıldızı için SVO (Spanish Virtual Observatory)'nun veri tabanı sorgu sayfası görüntüsü Tablo 2.5'te verilmiştir. (Spanish Virtual Observatory, 2020)

Tablo 2.5 HD 229258 yıldızın SVO Veri Tabanındaki değerleri (Spanish Virtual Observatory, 2020)

Object: HD 229258 (Star)							
Warning. Some services failed: see Search Log							
Gaia DR3 parameters							
Parameter	Number of results found	Number of valid results	Min	Max	Mean	StdDev	
GAIA_PM_RA	1	1	-2.076	-2.076	-2.076	0	See results
GAIA_PM_DEC	1	1	-3.739	-3.739	-3.739	0	See results
GAIA_PARALLAX	1	1	0.755	0.755	0.755	0	See results
GAIA_RV	1	1	-53.129	-53.129	-53.129	0	See results
GAIA_RUWE	1	1	1.369	1.369	1.369	0	See results
GAIA_TEFF	1	1	19803.652	19803.652	19803.652	0	See results
GAIA_LOGG	1	1	3.815	3.815	3.815	0	See results
GAIA_FEH	1	1	-0.166	-0.166	-0.166	0	See results
GAIA_A0	1	1	1.934	1.934	1.934	0	See results

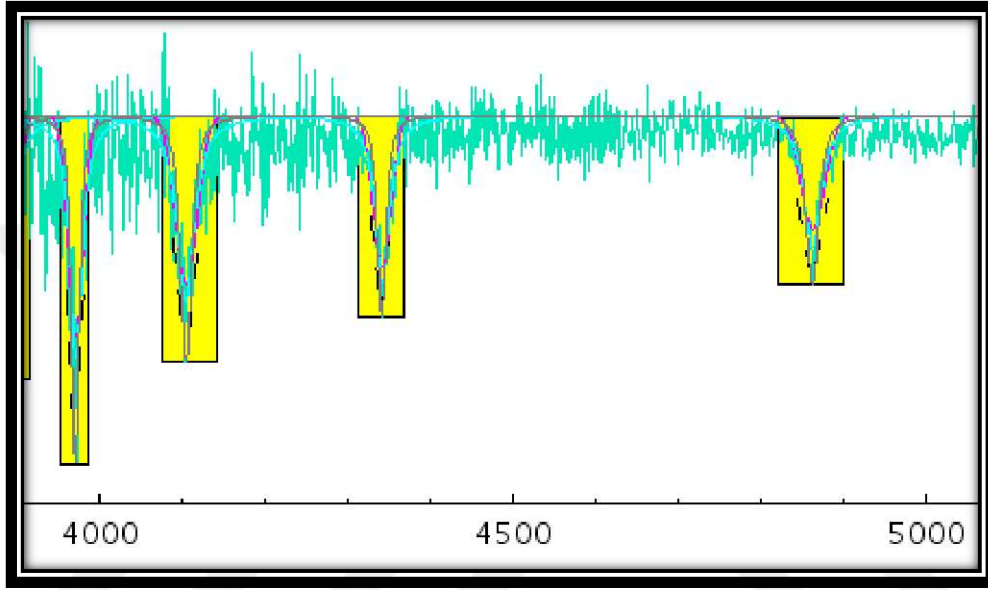
2.4.3. BD-034630 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

SVO (Spanish Virtual Observatory)'nun veri tabanının sorgu sayfasından BD-034630 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve LAMOST teleskobu ile çekilen tayflarına ulaşılmıştır. SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldıza ait tayfsal fits verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10 BD-034630 yıldızının tayfı

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak tayfına en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelemesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM değerleri ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11 3968.26 Å, 4102.042 Å, 4340.104 Å ve 4861.834 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama olarak yıldızın radyal hız değeri [3] ve [4] ilişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayftaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır.

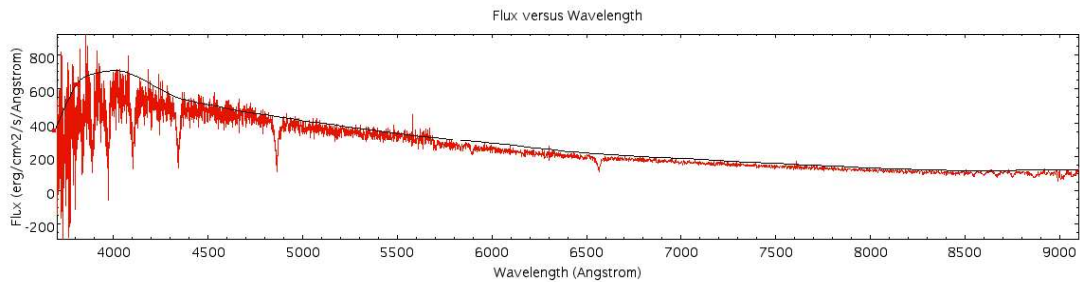
Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu, çizgi tanısı Tablo 2.6’da verilmiştir.

Tablo 2.6 BD-034630 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal		Tanı
				Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	
Å	Å		Å	Å	Å	
3835.307	1.969359	5.908076	8.54981	3835.38	3835.391	H9
3885.081	3.117721	9.353163	13.53533	3885.15	3885.145	Fe I
3968.26	2.613682	7.841047	11.34709	3968.330	3968.469	Ca II
4102.042	3.798213	11.39464	16.48963	4102.115	4101.734	H δ
4340.104	3.025025	9.075075	13.1329	4340.181	4340.472	H γ
4861.834	4.401498	13.2045	19.10875	4861.92	4861.35	H β
6564.477	3.934789	11.80437	17.08256	6564.593	6565.283	O II

BD-034630 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının -5.31018 km/s olduğu hesaplanmıştır. Yıldızın SIMBAD Veri Tabanında verilen radyal hız değeri ise -6.436860 km/s dir. (The Strasbourg Astronomical Data Center [SIMBAD], 2021c)

3699.986 Å ile 9099.135 Å aralığındaki dalga boylarını kapsayan bu tayf, görece geniştir. Bu nedenle yıldıza ait renk sıcaklığını bulmak için Wien Yasası kullanılmıştır. Bu işlem için BD-034630 yıldız tayf grafiği üzerinden fit geçirilmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 BD-034630 isimli yıldız fit geçirilmiş tüm tayf görüntüsü

Işımanın maksimum şiddette iken gözlenen dalga boyu 3833.54 Å olarak saptanmıştır. Hesaplama aşağıda gösterilmiştir.

$$\lambda_{\text{maks}} \cdot T = 2.898 \cdot 10^{-3}$$

$$3.83354 \cdot 10^{-7} \cdot T = 2.898 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 7559.59 \text{ K}$$

λ_{maks} : Işıının maksimum dalga boyu

T: Yüzey sıcaklığı

$2.898 \cdot 10^{-3}$ m.K: Wien Sabiti

Buna göre yıldızın hesaplanan renk sıcaklığı değeri 7559.59 K'dir. SVO Veri Tabanında yıldıza ait verilen çeşitli parametreler Tablo 2.7'de verilmekte olup yıldızın ortalama etkin sıcaklık değeri 7753.77 K olarak görülmektedir.

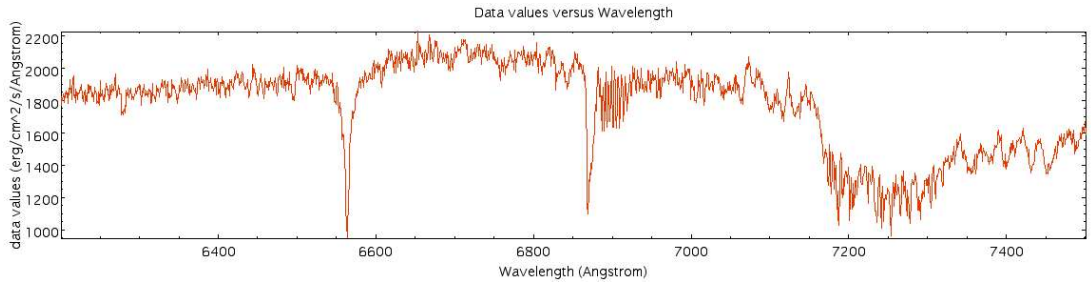
Tablo 2.7 BD-034630 isimli yıldızın SVO Veri Tabanındaki değerleri (Spanish Virtual Observatory, 2020)

Parameter	Number of results found	Number of valid results	Min	Max	Mean	StdDev	
Teff	44	44	3.97	12152.01	7753.77	1748.16	See results
Logg	31	31	3.202	5.2	3.782	0.335	See results
M/H	26	26	-2	0.395	-0.938	0.84	See results
ColorExcess	26	26	0.032	0.641	0.384	0.133	See results
Age	0	0	?	?	?	?	
RadialVel	97	97	-163.85	1000132.12	20611.031	142853.167	See results
Sptype	17						See results
ProperMotionRA	59	59	-12.3	29	3.536	5.222	See results
ProperMotionDEC	59	59	-25.9	-0.002	-5.166	4.646	See results
Vsini	4	4	1.695	280.606	135.723	117.428	See results

2.4.4. HD 350350 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

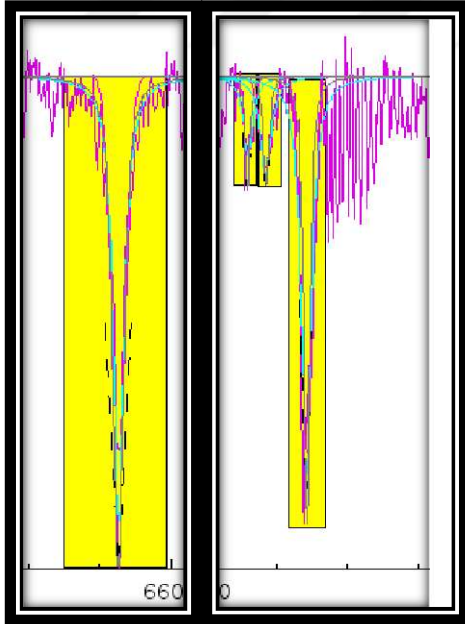
2023 yılı The Schools' Observatory Kampanyası kapsamında sunulan veri tabanında Liverpool Teleskobu ile elde edilmiş olan HD 350350 yıldızına ait tayf kullanılmıştır.

SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldıza ait tayfsal verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.13’de gösterilmiştir.



Şekil 2.13 HD 350350 yıldızının tayfı

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak tayfa en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelemesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM değerleri ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.14’de verilmiştir.



Şekil 2.14 6563.6 Å, 6830 Å 6842.8 Å ve 6869.2 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y ekseni $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x ekseni Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama olarak yıldızın radyal hız değeri [3] ve [4] ilişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayftaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltilmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır.

Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu ve çizgi tanısı Tablo 2.8’de verilmiştir.

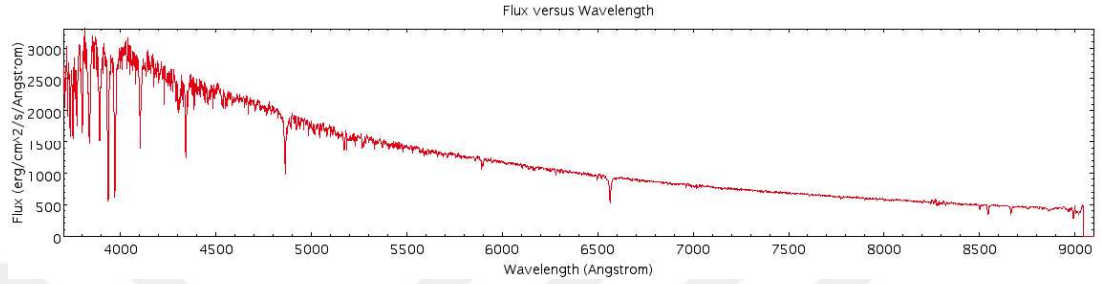
Tablo 2.8 HD 350350 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	Tanı
Å	Å		Å	Å	Å	
6282	0.693171	2.079513	3.009345	6281	6280.77	Fe I
6563.6	2.237205	6.139094	9.275065	6562.6	6562.797	H α
6830	0.913661	2.740983	3.966584	6829	6829.03	Fe II
6842.8	0.913661	2.740983	3.966584	6841.72	6841.68	Ti I
6869.2	1.194614	3.583842	5.186319	6868.12	6868.171	Sr II
7235.6	1.227498	3.682493	5.329081	7234.46	7234.39	Ti III
7290.8	0.489194	1.467582	2.123795	7289.65	7289.6	Si I

HD 350350 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının 47.34893 km/s olduğu hesaplanmıştır. Yıldıza ait literatür incelemesi yapıldığında veri tabanlarında yıldızın radyal hız hesabının yapılmamış olduğu saptanmıştır.

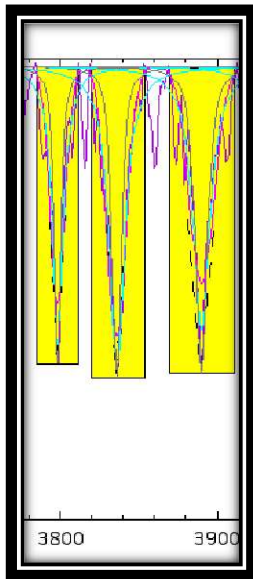
2.4.5. HD 199893 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

SVO (Spanish Virtual Observatory)'nun veri tabanının sorgu sayfasından HD 199893 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve LAMOST teleskobu ile çekilen tayflarına ulaşılmıştır. SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldıza ait tayfsal fits verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.15’de gösterilmiştir.



Şekil 2.15 HD 199893 yıldızının tayfı

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak tayfa en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelenmesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.16’da verilmiştir.



Şekil 2.16 3799.27 Å 3836.19 Å ve 3889.557 Å dalga boyuna ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y ekseni $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x ekseni Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama olarak yıldızın radyal hız değeri [3] ve [4] ilişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayftaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır.

Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu, çizgi tanısı Tablo 2.9’da verilmiştir.

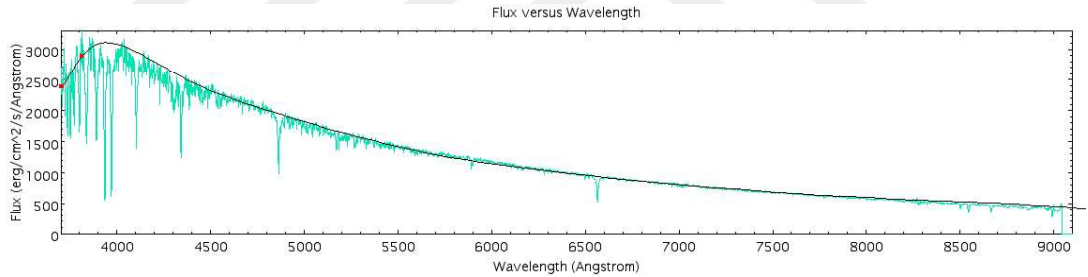
Tablo 2.9 HD 199893 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	Tanı
Å	Å		Å	Å	Å	
3799.27	2.589806	7.769419	11.24343	3798.393	3798.511	Fe I
3836.19	3.235072	9.705216	14.0448	3835.304	3835.397	H9
3934.596	3.193879	9.581637	13.86597	3933.687	3933.663	Ca II
3970.088	3.826929	11.48079	16.6143	3969.171	3969.257	Fe I
4032.739	1.175563	3.526689	5.103611	4031.808	4031.727	Fe II
4046.692	1.279438	3.838315	5.554577	4045.757	4045.812	Fe I
4102.987	2.690779	8.072338	11.6818	4102.039	4101.742	Hδ
4227.661	1.331649	3.994947	5.781245	4226.685	4226.728	Ca I
4327.132	1.170668	3.512005	5.082361	4326.133	4325.94	Fe I

4341.103	3.108155	9.324464	13.4938	4340.1	4340.472	H γ
4862.954	4.674051	14.02215	20.29201	4861.831	4861.333	H β
6564.477	2.673971	8.021913	11.60883	6562.961	6562.819	H α
8544.765	5.458754	16.37626	23.69873	8542.792	8542.09	Ca II

HD 199893 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının 69.25 km/s olduğu hesaplanmıştır. Yıldızın SIMBAD Veri Tabanında verilen radyal hız değeri ise 4.77 km/s dir. (The Strasbourg Astronomical Data Center [SIMBAD], 2021d)

3699.986 Å ile 9097.04 Å aralığındaki dalga boylarını kapsayan bu tayf, görece geniştir. Bu nedenle yıldızın renk sıcaklığını bulmak için Wien Yasası kullanılmıştır. Bu işlem için HD 199893 yıldız tayfı üzerinden fit geçirilmiştir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 HD 199893 isimli yıldızın fit geçirilmiş tüm tayf görüntüsü

Işımanın maksimum şiddette iken gözlenen dalga boyu 3811.537 Å olarak saptanmıştır. Bu hesaplama aşağıda gösterilmiştir.

$$\lambda_{\text{maks}} \cdot T = 2.898 \cdot 10^{-3}$$

$$4.055086 \cdot 10^{-7} \cdot T = 2.898 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 7146.58 \text{ K}$$

λ_{maks} : Işımanın maksimum dalga boyu

T: Yüzey sıcaklığı

$2.898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$: Wien Sabiti

Buna göre yıldızın hesaplanan sıcaklık değeri 7146.58 K'dir. SVO (Spanish Virtual Observatory)'nın veri tabanının sorgu sayfasından HD 199893 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve GAIA Veri Tabanındaki ortalama etkin sıcaklık değeri 6462.35 K olarak görülmüştür. (Spanish Virtual Observatory, 2020)

HD 199893 yıldız tayfında çizgi derinlik oranını kullanmak için Ti I /Fe II (6258.1 / 6247.56) çizgilerin derinlikleri ölçülmüştür. Ti I / Fe II oranına göre çizgi derinlik oranı parametreleri

$$T_{et} = A + Br + Cr^2 + Dr^3$$

formülü ile yıldızın bir sıcaklık tahmini yapılmıştır. İlgili ölçüm ve sonuçlar Tablo 2.10'da verilmiştir. (Yelkenci, 2008)

Tablo 2.10 HD 199893 yıldızına ait çizgi derinlik oranı verileri

					Denklem Katsayıları				Etkin Sıcaklık Tet (K)
TiI (Å)	FeII (Å)	TiI çizgi derinliği	FeII çizgi derinliği	Çizgi derinlik oranı r	A	B	C	D	
6258.1	6247.56	52.3611	75.223	0.69608	6662.2	1247.5	395.85	-43.73	5970.90

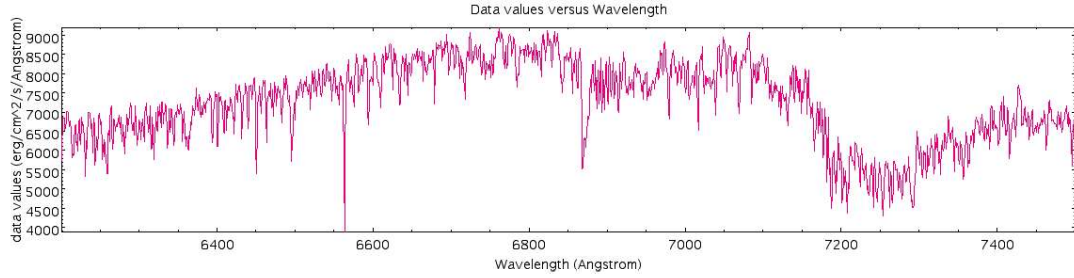
Hesaplamalar sonucunda etkin sıcaklık değerinin 5970.90 K olduğu tahmin edilmiştir. SVO (Spanish Virtual Observatory) veri tabanının sorgu sayfasından HD 199893 yıldızına ait gözlem verileri aratıldığında yıldızın etkin sıcaklık değerinin, 6462.35 K olduğu görülmüştür. (Spanish Virtual Observatory, 2020)

Daha yüksek kaliteli tayflar kullanılırsa bu değerinin güvenilirliğinin artabileceği öngörülmektedir. (Yelkenci, 2008)

2.4.6. BD+364307 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

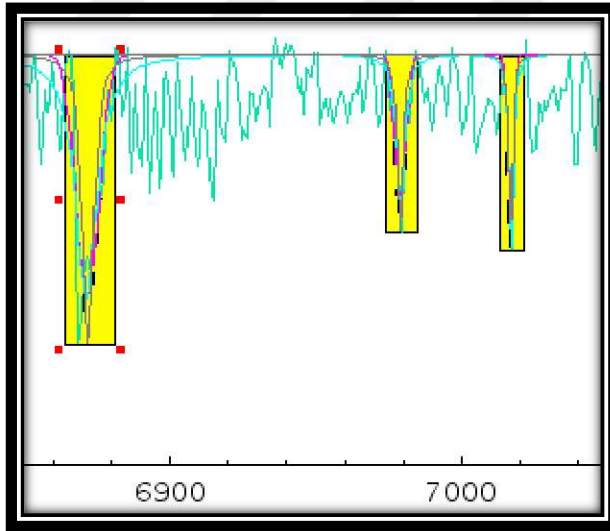
2023 yılı The Schools' Observatory Kampanyası kapsamında sunulan veri tabanında Liverpool Teleskobu ile elde edilmiş olan BD+364307 yıldızına ait tayf kullanılmıştır.

SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldıza ait tayf verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18 BD+364307 yıldızının tayfı

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak tayfa en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelenmesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM değerleri ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.19’da verilmiştir.



Şekil 2.19 6869.2 Å, 6979.6 Å, 7017.2 Å dalga boyuna ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksen $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x eksen $\text{\AA}$ cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama

olarak yıldızın radyal hız değeri [3] ve [4] ilişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayftaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltilmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır.

Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu, çizgi tanısı Tablo 2.11’de verilmiştir.

Tablo 2.11 BD+36 4307 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	Tanı
Å	Å		Å	Å	Å	
6362	1.618186	4.854559	7.025224	6361.6	6361.337	Ti I
6450.8	0.360659	1.081978	1.565773	6450.4	6450.131	MgH I
6495.6	0.987003	2.96101	4.284995	6495.2	6495.21	Fe II
6563.6	0.973965	0.71294	2.698527	6563.2	6562.81	H α
6869.2	1.0969	3.2907	4.762101	6868.7	6868.786	Cu II
6979.6	0.555359	1.666077	2.411046	6979.1	6979.172	MgH I
7017.2	0.338334	1.015003	1.468851	7016.7	7016.79	Si I
7204.4	0.35591	1.067728	1.545152	7203.9	7203.911	Cr I
7291.6	1.077769	3.233306	4.679045	7291.1	7291.055	Mg I

BD+364307 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının 23.68 km/s olduğu hesaplanmıştır. Yıldızın SIMBAD Veri Tabanında verilen radyal hız değeri ise 20.10 km/s dir. (The Strasbourg Astronomical Data Center [SIMBAD], 2021e)

BD+364307 yıldız tayfında çizgi derinlik oranını kullanmak için Ti I /Fe II (6258.1 / 6247.56) çizgilerin derinlikleri ölçülmüştür. Ti I / Fe II oranına göre çizgi derinlik oranı parametreleri

$$T_{et} = A + Br + Cr^2 + Dr^3$$

formülü ile yıldızla ait bir sıcaklık tahmini yapılmıştır. İlgili ölçüm ve sonuçlar Tablo 2.12’de verilmiştir. (Yelkenci, 2008)

Tablo 2.12 BD+364307 yıldızına ait çizgi derinlik oranı verileri

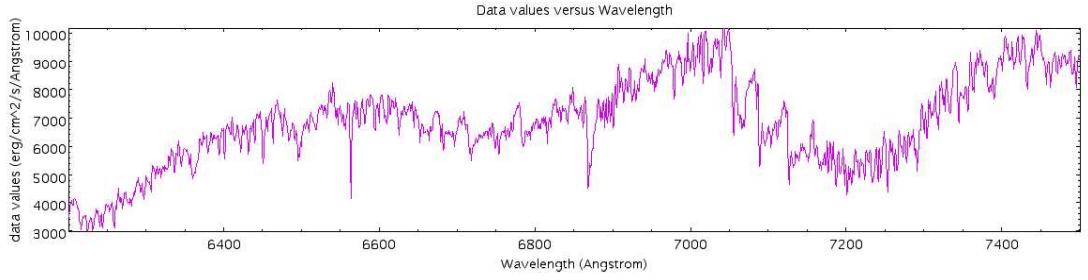
					Denklem Katsayıları				Etkin Sıcaklık Tet (K)
Ti I (Å)	Fe II (Å)	Ti I çizgi derinliği	Fe II çizgi derinliği	Çizgi derinlik oranı r	A	B	C	D	
6258.1	6247.56	1035.46	529.07	1.957	6662.2	-1247.5	395.85	43.726	5409.13

Hesaplamalar sonucunda etkin sıcaklık değerinin 5409.13 K olduğu tahmin edilmiştir. SVO (Spanish Virtual Observatory)’nun veri tabanının sorgu sayfasından BD+364307 yıldızına ait gözlem verileri aratıldığında yıldızla ait etkin sıcaklık değerleri 3000 K ile 6695.31 K arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. SVO veritabanı sayfasında tüm değerlerin ortalaması olarak 4677.02 K değeri verilmiştir. Bu çalışmada literatür değeri olarak bu veri alınmıştır. (Spanish Virtual Observatory, 2020)

Daha yüksek kaliteli tayflar kullanılırsa bu değerin güvenilirliğinin artabileceği öngörülmektedir. (Yelkenci, 2008)

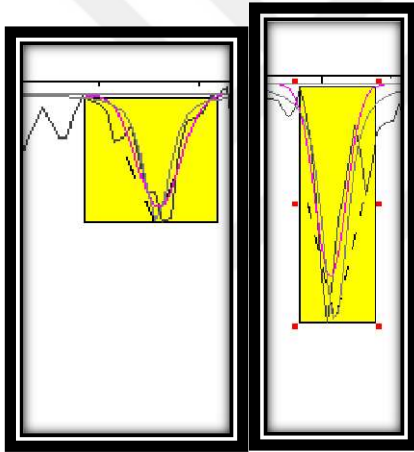
2.4.7. BD+004814 YILDIZININ TAYFSAL İNCELEMESİ

2023 yılı The Schools’ Observatory Kampanyası kapsamında sunulan veri tabanında Liverpool Teleskobu ile elde edilmiş olan BD+004814 yıldızına ait tayf kullanılmıştır. SPLAT-VO yazılımı kullanılarak yıldızla ait tayf verileri grafik hale getirilerek incelenmiştir. Bu grafik Şekil 2.20’de gösterilmiştir.



Şekil 2.20 BD+004814 yıldızının tayfı

SPLAT-VO programının çeşitli özellikleri kullanılarak tayfa en iyi uyum gösteren eğri geçirilmiş ve süreklilik oluşturularak normalizasyon yapılmıştır. Ardından belirgin çizgilerin incelemesi yapılmış ve programın çeşitli özellikleri sayesinde çizgilerin merkezi dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği ve FWHM değerleri ölçülmüştür. Bazı belirgin çizgilere ait SPLAT-VO görüntüleri Şekil 2.21’de verilmiştir.



Şekil 2.21 6216.4 Å ve 6450.8 Å dalga boylarına ait tayf çizgi incelemesidir. Grafikteki y eksenini $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ akı, x eksenini Å cinsinden dalga boyunu göstermektedir.

Belirgin çizgilerin merkezi dalga boyları kullanılarak NIST ve VALD veri tabanlarında laboratuvar dalga boyları ile karşılaştırılmış ve ilk çizgi tanıları yapılmıştır. Bu ilk tanılardan dalga boyu kayma miktarları hesaplanmış ve ortalama olarak yıldızın radyal hız değeri [3] ve [4] ilişkisi ile bulunmuştur. Daha sonra bu kayma miktarı tayftaki diğer çizgilere uygulanmış ve radyal hız düzeltmesi yapılmıştır. Diğer çizgilerin tanısı bu düzeltmeden sonra yine veri tabanlarından yapılmıştır.

Grafik üzerinden geçirilen uyumlu eğri ile tayftaki çizgilerin ölçülen dalga boyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, FWHM, radyal hızca düzeltilmiş dalga boyu, çizgi tanısı Tablo 2.13'te verilmiştir.

Tablo 2.13 BD+004814 isimli yıldızın tayfsal ölçümleri

Ölçülen dalga boyu	Eşdeğer Genişlik	Çizgi Derinliği	FWHM	Radyal Hızca Düzeltilmiş Dalgaboyu	Laboratuvar Dalgaboyu	Tanı
Å	Å		Å	Å	Å	
6216.4	17.61145	23.37914	55.37386	6216.08	6216.352	Fe I
6281.2	47.58096	56.44556	145.2588	6280.88	6280.763	Fe I
6360.4	31.59037	41.56691	99.08556	6360.07	6360.11	Na III
6450.8	30.19271	35.43083	91.92684	6450.47	6450.247	Co I
6495.6	29.2894	38.93658	92.12755	6495.27	6495.212	Fe II
6563.6	9.617864	12.71598	30.20673	6563.26	6563.307	MgH I
6625.2	15.89906	20.43395	49.55235	6624.86	6625.1	Fe I
6648.4	5.621614	7.889185	17.95519	6648.06	6648.081	Fe I
6652	7.386872	9.374502	22.94516	6651.65	6651.5	TiO I
6682	10.0909	13.11503	31.54495	6681.66	6681.35	MgH I
6715.6	80.36392	95.13283	245.2108	6715.25	6715.38	Fe I
6753.2	71.55402	84.28426	218.0609	6752.85	6753.02	V1
6785.2	66.42429	86.52916	207.7766	6784.85	6785.01	V1
6868.4	26.27655	35.35797	82.92967	6868.05	6867.91	Ba I
6954	75.39915	88.71821	229.7179	6953.64	6953.62	MgH I
7054.8	13.15557	17.27517	41.24058	7054.45	7054.5	TiO I
7066	50.50594	55.45864	151.349	7065.64	7065.71	Ti I
7088.4	6.85992	8.342175	21.07361	7088.03	7087.9	TiO I

7345.2	33.36028	40.70185	102.5682	7344.82	7344.733	MgH 1
7390.8	48.94515	65.01861	153.922	7390.42	7390.426	CH I

BD+004814 isimli yıldızın tayfsal incelemesi sonucunda radyal hızının 15.47 km/s olduğu hesaplanmıştır. SVO (Spanish Virtual Observatory)'nun veri tabanının sorgu sayfasından HD 22958 yıldızına ait gözlem verileri aratılmış ve GAIA Veri Tabanındaki ortalama radyal hız değerinin 13.962 km/s olduğu görülmüştür. (Spanish Virtual Observatory, 2020)

3. SONUÇLAR

3.1. BULGULAR

Bu çalışmada tayfsal incelemesi yapılan sonuç bulgularından bazıları (radyal hız, renk sıcaklığı, etkin sıcaklık, tayf türü) tablo 3.1 de verilmiştir. Radyal hız ve sıcaklık için referans kabul edilen literatür değerleri SIMBAD ve SVO veri tabanından alınmıştır.

Tablo 3.1 Yıldızların sonuç bulguları

Yıldız	Radyal Hız (km/s) Bu çalışma	Radyal Hız (km/s) Literatür	Renk Sıcaklığı (K) Bu çalışma	Etkin Sıcaklık (K) Bu çalışma	Etkin Sıcaklık (K) Literatür	Tayf Türü Bu çalışma	Tayf Türü Literatür
HD 46150	31.39	31.83				O5	O5
HD 229258	-53.33	-53.1				B0	B0
BD-034630	-5.31	-6.43	7559.59		7753.77	G0	A4
HD 350350	47.35	yok				G0	F1
HD 199893	69.25	4.77	7146.6	5970.9	6462.35	G1	G0
BD+364307	23.68	20.1		5409.13	4677.02	K0	K0
BD+004814	15.47	13.96				M0	M0

HD 46150 yıldızının 4000- 6799.95 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.3'te verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. He I, H I, He II, Fe I, Th I 'ya ait olmak üzere 5 atomik türün çizgileri bulunmuştur. Yıldızın radyal hızı 31.39 km/s olarak bulunmuştur. 4471 Å dalga boyunda He I ve 4541 Å dalga boyunda He II çizgisinin varlığı bulunmuştur. Literatüre göre bu çizgiler O türü yıldızların görünür tayfında gözlenen çizgiler arasında yer alır. 4471 Å dalga boyunda tanımlanan He I çizgisinin eşdeğer genişliği 0.32 ölçülmüştür. Literatüre göre bu değer O4 tipi yıldızlarda en fazla 0.15 değerini almakta, O6 ve O8 sınıflarına doğru bu değer sırasıyla 0.4 ve 0.8 şeklinde artmaktadır. Buna göre HD 46150 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu O5 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987)

HD 229258 yıldızının 6200.4-7500.4 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.4'te verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. Fe III, CII, H I, C I, Si I, N I, Ti I, C III, He I, N II, O I, Si III, Ca II'ya ait olmak üzere 13 atomik türün çizgileri bulunmuştur. Yıldızın radyal hızı -53.33 km/s olarak bulunmuştur. 7065 Å dalga boyunda He I çizgisinin varlığı bulunmuştur. Literatüre göre B türü yıldızların yakın kızılöte tayfında gözlenen bir çizgidir. 6562 Å dalga boyunda tanımlanan H I çizgisinin eşdeğer genişliği 2.9 ölçülmüştür. Literatüre göre bu değer B0 tipi yıldızlarda en fazla 3.5 değerini almakta, B2 ve B5 sınıflarına doğru bu değer sırasıyla 5 ve 6 şeklinde artmaktadır. Buna göre HD 229258 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu B0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987)

BD-034630 yıldızının 3429.5- 9370.2 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.6'da verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. Fe I, Ca II, H I O II'ye ait olmak üzere 4 atomik türün çizgileri bulunmuştur. Yıldızın radyal hızı -5.31 km/s olarak bulunmuştur. 4101 Å dalga boyunda Hδ çizgisinin varlığı bulunmuştur. Literatüre göre G türü yıldızların görünür tayfında gözlenen bir çizgidir. 4340 Å dalga boyunda tanımlanan Hγ çizgisinin eşdeğer genişliği 3.02 ölçülmüştür. Literatüre göre bu değer G0 tipi yıldızlarda 3 değerini almakta, G2 sınıfına doğru bu değer 2.9 şeklinde değişmektedir. Buna göre BD-

034630 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu G0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır (Jaschek& Jaschek, 1987). Işımanın maksimum şiddette iken gözlenen dalga boyu 3833.54 Å olarak saptanmış, Wien Yasasına göre yıldızın renk sıcaklığı 7559.59 K olarak hesaplanmıştır.

HD 350350 yıldızının 6200.4-7500.4 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.8'te verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. Fe I, H I, Fe II, Ti I, Sr II, Ti III, Si I'a ait olmak üzere 7 atomik türün çizgileri bulunmuştur. Yıldızın radyal hızı 47.35 km/s olarak bulunmuştur. 6562Å dalga boyunda H I çizgisinin varlığı bulunmuştur. 6562 Å dalga boyunda tanımlanan H I çizgisinin eşdeğer genişliği 2.24 ölçülmüştür. Literatüre göre bu değer F0 tipi yıldızlarda en fazla 5.5 değerini almakta, F2, F5 ve G0 sınıflarına doğru bu değer sırasıyla 5.0, 4.3 ve 2.8 şeklinde azalmaktadır. Buna göre HD 350350 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu G0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987)

HD 199893 yıldızının 3700 - 9097 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.9'da verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. Fe I, H I, Ca II, Fe II, Ca I'ya ait olmak üzere 5 atomik türün çizgileri gözlenmiştir. Yıldızın radyal hızı 69.25 km/s olarak bulunmuştur. 3933 Å dalga boyunda Ca II çizgisinin varlığı tespit edilmiştir. Literatüre göre G türü yıldızların tayfında gözlenen bir çizgidir. 4246 Å dalga boyunda tanımlanan Ca I çizgisinin eşdeğer genişliği 1.33 ölçülmüştür. Literatüre göre bu değer G0 tipi yıldızlarda en fazla 1.1 değerini almakta, G2 ve G5 sınıflarına doğru bu değer sırasıyla 1.5 ve 1.8 şeklinde artmaktadır. Buna göre HD 199893 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu G1 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır (Jaschek& Jaschek, 1987). Işımanın maksimum şiddette iken gözlenen dalga boyu 3811.537 Å olarak saptanmış, Wien Yasasına göre yıldızın renk sıcaklığı 7146.58 K olarak hesaplanmıştır. Ti I ve Fe II atomik çizigilerinin, çizgi derinlikleri oranı hesaplanarak LDR yöntemi ile yıldızın etkin sıcaklık değerinin 5970.90 K olduğu öngörülmüştür.

BD+364307 yıldızının 6200.4-7500.4 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.11’de verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. Ti I, MgH I, Fe II, H I Cu II, Si I, Mg I, Cr I’ya ait olmak üzere 8 atomik tür ve moleküle ait çizgiler bulunmuştur. Yıldızın radyal hızı 23.68 km/s olarak bulunmuştur. Tayf incelendiğinde merkezi dalga boyu 7117 Å olan çizgi görülmüş ve bu çizgi Si I olarak tanımlanmıştır. Literatüre göre bu çizgi K sınıfı yıldızlarda gözlenen bir çizgidir. Buna göre BD+364307 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu K türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır (Jaschek& Jaschek, 1987). Ti I ve Fe II atomik çizigilerinin, çizgi derinlikleri oranı hesaplanarak LDR yöntemi ile yıldızın etkin sıcaklık değerinin 5409.13 K olduğu öngörülmüştür.

BD+004814 yıldızının 6200.4-7500.4 Å dalga boyu aralığında incelenen tayfında Tablo 2.13’te verilen çizgilerin tanısı yapılmış ve hangi elementlere ait olduğu belirlenmiştir. Fe I, Na III, Co I, Fe II, MgH I, TiO I, V I, Ba I, He I, Ti I CH I’ya ait olmak üzere 11 atomik tür ve molekülün çizgileri bulunmuştur. Yıldızın radyal hızı 15.47 km/s olarak bulunmuştur. 7054 Å dalga boyunda TiO çizgisinin varlığı bulunmuştur. Literatüre göre M0 - M2 türü yıldızların yakın kızılöte tayfında gözlenen bir çizgidir. 7126 Å dalga boyunda beklenen TiO çizgisi ise gözlenmemiştir. Literatüre göre bu çizgi M2 ve daha sonrası sınıflarda gözlenen bir çizgidir. Buna göre BD+004814 yıldızının tayfsal incelemesi sonucu M0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987)

3.2. TARTIŞMA VE SONUÇ

HD 46150 yıldızının radyal hızı 31.39 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde SIMBAD Veri Tabanından alınan radyal hız değeri 31.83 km/s olup bu çalışmada hesaplanan değer ile oldukça uyumludur. 4471 Å dalga boyunda He I ve 4541 Å dalga boyunda He II çizgisinin varlığı bulunmuş, 4471 Å dalga boyunda tanımlanan He I çizgisinin ölçülen eşdeğer genişliğinden HD 46150 yıldızının O5 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek&Jaschek, 1987) Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü de O5 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile

oldukça uyumludur. Yıldızın tayfsal incelemesi sırasında kullanılan tayf verileri yakın kızılöte dalga boyu aralığına girmektedir. Görsel bölgeyi içeren tayf verileri elimizde bulunmadığından yıldızın renk sıcaklığı ölçülmemiştir.

HD 229258 yıldızının radyal hızı -53.33 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde SVO Veri Tabanından alınan GAIA radyal hız değeri -53.1 km/s olup bu çalışmada hesaplanan değer ile oldukça uyumludur. 7065 Å dalga boyunda He I çizgisinin varlığı bulunmuş, 6562 Å dalga boyunda tanımlanan H I çizgisinin ölçülen eşdeğer genişliğinden HD 229258 yıldızının B0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987) Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü de B0 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile oldukça uyumludur. Yıldızın tayfsal incelemesi sırasında kullanılan tayf verileri yakın kızılöte dalga boyu aralığına girmektedir. Görsel bölgeyi içeren tayf verileri elimizde bulunmadığından yıldızın renk sıcaklığı ölçülmemiştir.

BD-034630 yıldızının radyal hızı -5.31 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde SIMBAD Veri Tabanından alınan radyal hız değeri -6.43 km/s olup bu çalışmada hesaplanan değer ile uyumludur. 4101 Å dalga boyunda H δ çizgisinin varlığı bulunmuş, 4340 Å dalga boyunda tanımlanan H γ çizgisinin ölçülen eşdeğer genişliğinden BD-034630 yıldızının G0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987) Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü de A4 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile uyumlu gözükme de SIMBAD'da bu tayf türü tahminin yanında kaynak belirtilmemiştir. Büyük ihtimalle SIMBAD'daki tayf türü tahmini otomatik indirgeme sonucu oluşturulan bir tahmindir. Bu yıldızda 3968 Å dalga boylu CaII çizgisinin varlığı yıldızın F tipinden sonraki bir sınıfa ait olduğunu göstermektedir. Çünkü bu çizgi F0'dan sonra görülmeye başlanmalıdır (Bkz. Şekil 1.25). Görsel bölgeyi içeren tayf verileri incelenerek yıldızın renk sıcaklığı 7559.59 K olarak hesaplanmıştır. Literatürde SIMBAD Veri Tabanından alınan etkin sıcaklık değeri ise 7753.77 K'dir. Etkin sıcaklık ön tahminimiz literatür ile uyumludur. Aynı zamanda sıcaklık değerleri F ve erken G tipi yıldızlarda rastlanan sıcaklık değerleridir (Bkz. Şekil 1.21). Buna göre bu yıldız için yaptığımız tayf türü tahmini SIMBAD'da verilen tahminden daha doğru görülmektedir.

HD 350350 yıldızının radyal hızı 47.35 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde HD 350350 yıldızı ile ilgili bir radyal hız değeri bulunmamaktadır. 6562 Å dalga boyunda tanımlanan H α çizgisinin varlığı ve bu çizginin ölçülen eşdeğer genişliğinden HD 350350 yıldızının G0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987) Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü F1 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile çok uyumlu gözükmemektedir. Bu çalışmada yıldızın tayfsal incelemesi sırasında kullanılan tayf verileri yakın kızılöte dalga boyu aralığına girmektedir. Görsel bölgeyi içeren tayf verileri elimizde bulunmadığından yıldızın renk sıcaklığı ölçülmemiş ve tayf sınıflamasında önemli olan belli başlı optik bölge çizgileri kullanılamadığından tayf türü tahmini sadece bir ön tahmin değeri vermektedir. Yıldızın optik görsel bölgeye ait tayfları ile tekrar incelemesi yapılmalıdır.

HD 199893 yıldızının radyal hızı 69.25 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde SIMBAD Veri Tabanından alınan radyal hız değeri 4.77 km/s olup hesaplanan değerden oldukça farklıdır. Bununla birlikte yıldızın SVO Veri Tabanından elde edilen GAIA ve APOGEE-2'den alınan radyal hız değerleri birden fazla ve birbirinden oldukça farklıdır. Bu nedenle literatürde HD 199893 yıldızının güvenilir bir radyal hız değeri bulunmamaktadır. Bu çalışmada 3933 Å dalga boyunda Ca II çizgisinin varlığı bulunmuş, 4246 Å dalga boyunda tanımlanan Ca I çizgisinin ölçülen eşdeğer genişliğinden HD 199893 yıldızının G1 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987) Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü G0 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile uyumludur. Yıldızın tayfsal incelemesi sırasında kullanılan tayf verileri görsel bölgeyi de içerdiğinden yıldızın renk sıcaklığı hesaplanmış ve 7146.6 K olarak bulunmuştur. İncelenen tayfta Ti I ve Fe II çizgilerinin derinlik oranı LDR yöntemi ile incelenerek yıldıza ait etkin sıcaklık değeri 5970.9 K olarak hesaplanmıştır. Bu iki değer ortalama ise 6558.75 K'dir. Literatürde SVO (Spanish Virtual Observatory) veri tabanının sorgu sayfasından HD 199893 yıldızına ait gözlem verileri aratıldığında yıldıza ait etkin sıcaklık değerleri 6462.35 K olarak verilmiştir. Hesaplanan ortalama değer ile literatür değerleri oldukça uyumludur (Spanish Virtual Observatory, 2020). Bu çalışmada hesaplanan sıcaklık değeri genel olarak geç F ve erken G tiplerinde görülen sıcaklık değeridir. Buna göre tayf türü tahmini de hesaplanan sıcaklık değeri ile uyumludur.

BD+364307 yıldızının radyal hızı 23.68 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde SIMBAD Veri Tabanından alınan radyal hız değeri 20.1 km/s olup hesaplanan değer ile uyumludur. 7117 Å dalga boyunda Si I çizgisinin varlığı bulunmuş, bu nedenle BD+364307 yıldızının K türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır (Jaschek& Jaschek, 1987). Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü de K0 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile uyumludur. Yıldızın incelenen tayfında Ti I ve Fe II çizgilerinin derinlik oranı LDR yöntemi ile incelenerek yıldıza ait etkin sıcaklık değeri 5409.13 K olarak hesaplanmıştır. Literatürde SVO (Spanish Virtual Observatory) veri tabanının sorgu sayfasından BD+364307 yıldızına ait gözlem verileri aratıldığında yıldıza ait etkin sıcaklık değerlerinin ortalaması olarak 4677.02 K değeri verilmiştir (Spanish Virtual Observatory, 2020). Ayrıca bu çalışmada 5409.13 K olarak hesaplanan sıcaklık değeri dikkate alındığında BD+364307 yıldızının tayf türünün K0 olduğu öngörülmüştür. 5400 K sıcaklık tipik bir K tipi yıldız sıcaklığıdır (Bkz. Şekil 1.21). Dolayısıyla bu çalışmada hesaplanan sıcaklık değeri ile tayf türü tahmini uyumludur. Halbuki SVO veri tabanındaki sıcaklık değeri geç K erken M türüne ait bir sıcaklık değeri olup, SIMBAD Veri Tabanı'nda öngörülen tayf türü ile uyumlu değildir. Yıldızın tayfsal incelemesi sırasında kullanılan tayf verileri yakın kızılöte dalga boyu aralığına girmektedir. Görsel bölgeyi içeren tayf verileri elimizde bulunmadığından yıldızın renk sıcaklığı ölçülmemiştir.

BD+004814 yıldızının radyal hızı 15.47 km/s olarak bulunmuştur. Literatürde SVO Veri Tabanından alınan GAIA radyal hız değeri 13.96 km/s olup bu çalışmada hesaplanan değer ile uyumludur. 7054 Å dalga boyunda TiO çizgisinin varlığı bulunmuş fakat 7126 Å dalga boyunda beklenen TiO çizgisinin gözlenmemiş olması sonucu BD+004814 yıldızının M0 türünden bir yıldız olduğu tahmini yapılmıştır. (Jaschek& Jaschek, 1987) Bu yıldız için SIMBAD veri tabanındaki tayf türü de M0 olarak verilmiştir. Tayf türü ön tahminimiz literatür ile oldukça uyumludur. Yıldızın tayfsal incelemesi sırasında kullanılan tayf verileri yakın kızılöte dalga boyu aralığına girmektedir. Görsel bölgeyi içeren tayf verileri elimizde bulunmadığından yıldızın renk sıcaklığı ölçülmemiştir.

Bu çalışmada 7 adet farklı tayf türüne ait yıldıztın tayfsal incelemesi yapılmıştır. İncelemede kullanılan tayflar, çeşitli gzlemeyleri ve kurumlara ait veri tabanlarından elde edilmiştir. Bu sebepten ötürü incelenen yıldıztların tayfları aynı bölgeyi kapsamamakta, kimisi daha geniş bir bölgeyi kapsarken kimisinininki daha dar bir bölgeyi kapsar. Bununla birlikte yapılan tayfsal incelemede yıldıztların tayflarında çeşitli atomik tür ve moleküllere ait çizgilerin tanısı yapılmış, bazı çizgilerin eşdeğer genişlikleri ölçülmüş, radyal hız değerleri belirlenmiş, mümkün olan tayflardan mümkün olduğu taktirde yıldıztların renk sıcaklığı, LDR yöntemi ile de etkin sıcaklığı hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulardan çalışmadaki yıldıztların tayf türlerine ait birer n tahmin yapılmıştır. Bu yapılan çalışma, yıldıztların olası ayrıntılı araştırmaları için bir n tahmin niteliğinde olup, başlangıç değerleri içerdiğinden yol gösterici bir çalışma olacaktır. Bu alışma internetteki astronomik veri tabanlarının ve ilgili yazılımların kullanımına dair bir örnek teşkil etmektedir.

KAYNAKÇA

- Aktaş, Z. ve Yağmur, E. (2022). Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi, Erişim tarihi: 21.10.2022, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/60967/mod_resource/content/0/AAS.pdf
- Astrophysics Research Institute, Liverpool John Moores University (2024). New positions at New Robotic and Liverpool Telescopes, Erişim Tarihi: 24.03.2023, <https://telescope.livjm.ac.uk/News/#positions>
- Australia Telescope National Facility (2022). Types of Astronomical Spectra, Erişim Tarihi:28.03.2023, https://www.atnf.csiro.au/outreach/education/senior/astrophysics/spectra_astro_types.html
- Baranne, A., Queloz, D., Mayor, M., Adrianzyk, G., Knispel, G., Kohler, D., ... & Vin, A. (1996). ELODIE: A spectrograph for accurate radial velocity measurements. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 119(2), 373-390.)
- Beşergil, B. (2020). Atomik Spektroskopi; Alev, Absorbsiyon, Floresans (alev, absorbsiyon, floresans). Erişim tarihi: 21.10.2022, http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog-page_587.html
- Center for History of Physics, a Division of the American Institute of Physics (2022). Spectroscopy and the Birth of Astrophysics, Erişim tarihi: 20.10.2022, <https://history.aip.org/exhibits/cosmology/tools/tools-spectroscopy.htm>
- Çay, M. T. (2004). Alfa Perseli (F5Ib) Süperdev Yıldızının Spektral Analizi. (Doktora Tezi). Ulusal Tez Merkezi. (150758)
- DocPlayer (2022). H-R Diyagramı, Erişim tarihi: 19.09.2022, <https://docplayer.biz.tr/53283891-H-r-diyagrami-bir-yildizin-hertzsprung-russell-diyagramindaki-yeri-biliniyorsa-o-yildizin.html>
- Encyclopædia Britannica (2024). Hertzsprung-Russell Diagram, Erişim Tarihi: 15.05.2024, <https://kids.britannica.com/students/assembly/view/149080>
- Evren, S. (2018). Astronomiye Giriş II Yıldızlar ve Derin Uzay Cisimleri sf 16-17

- Fizik. Net. Tr. (2022). Hertzsprung-Russell Diyagramı Erişim tarihi: 18.09.2022, <https://www.fizik.net.tr/site/hertzsprung-russell-diyagrami/>
http://scope.pari.edu/selecterapplet.php?panelName=Case16292_AL&w=1140&h=578
- Ilovaisky, S.A. (2004). ELODIE Spectrograph, Erişim tarihi: 14.03.2024, <http://www.obs-hp.fr/guide/elodie/elodie-eng.html>
- Ilovaisky, S.A. (2017). The ELODIE Archive, Erişim Tarihi: 9/10/2023, <http://atlas.obs-hp.fr/elodie/intro.html>
- Jaschek, C., Jaschek, M. (1987). The classification of stars, Cambridge, Cambridge: University Press.
- Kılıçoğlu, T. (2014). M6 açık kümesi üyesi yıldızların tayfsal analizleri; M6 açık kümesi üyesi yıldızların tayfsal analizleri; Spectral analysis of the members of the open cluster M6. Ph. D. Thesis.
- Kılıçoğlu, T. (2020). AST202 Astronomi II Tayfsal Sınıflama, Erişim Tarihi: 21.10.2022, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/107779/mod_resource/content/0/Astronomi_II_Konu_08_Tayfsal_Siniflama_Sunum.pdf
- Magrini, L. (2018). STELLAR SPECTROSCOPY II. DETERMINATION OF STELLAR PARAMETERS AND ABUNDANCES, Erişim Tarihi: 28.03.2023, https://e-l.unifi.it/pluginfile.php/940081/mod_resource/content/1/lezione6bis.pdf
- National Astronomical Observatories (2012a). Telescope, Erişim tarihi: 01.02.2024, <https://www.lamost.org/public/instrument?locale=en>
- National Astronomical Observatories (2012b). LAMOST Survey, Erişim tarihi: 12.12.2023, <https://www.lamost.org/public/?locale=en>
- National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences (2019). Standard acknowledgement, Erişim tarihi: 20.02.2024, <https://dr5.lamost.org/v3/>
- Nave, R. (t.y.). Stellar Spectral Types, Erişim tarihi: 02/12/2022, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Starlog/staspe.html>
- Nordlander, T. (2012). Analyses of cool stars using molecular lines, Erişim Tarihi: 14/02/2024, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:528152/FULLTEXT01.pdf>
- Pearse, R.W.B., Gaydon, A.G., (1950). The Identification of Molecular Spectra, Erişim Tarihi: 10.11.2023,

https://is.muni.cz/el/sci/podzim2012/F7050/um/Gaydon_Pearce-Identification_of_Molecular_Spectra-1.pdf?lang=en

- Pisgah Astronomical Research Institute (2022). Spectroscopy, Erişim tarihi: 21.10.2022, <http://scope.pari.edu/science.php#Spectroscopy>
- Pisgah Astronomical Research Institute (2023). Stellar Classification Online Public Exploration, Erişim tarihi: 21.10.2022, <http://scope.pari.edu/science.php#Spectroscopy>
- Rutten, R.J. (2007). STELLAR SPECTRA A. Basic Line Formation, Erişim Tarihi: 29.03.2023, <http://www.astro.sunysb.edu/fwalter/AST341/ssa.pdf>
- şkoda, P., Draper, P. W., Neves, M. C., Andreşiş, D., & Jenness, T. (2014). Spectroscopic analysis in the virtual observatory environment with SPLAT-VO. Astronomy and Computing, 7, 108-120. P.
- Solano, E. (2015). Ten years of the Spanish Virtual Observatory. Highlights of Spanish Astrophysics VIII, 78-89.
- Spanish Virtual Observatory (2020). SVO DISCOVERY TOOL- HD 229258, Erişim Tarihi: 9/10/2023, <https://sdc.cab.inta-csic.es/SVODiscoveryTool/jsp/searchform.jsp>
- SpectroWeb Development Team (2010). SpectroWeb : The Interactive Database of Spectral Standard Star Atlases, Erişim Tarihi: 10.01.2024, <http://spectra.freeshell.org/spectroweb.html>
- Teker, A. (2003). B Yıldızlarının Genel şzellikleri ve 2 Del Yıldızının Atmosfer Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi. (129529)
- The National Institute of Standards and Technology, (2022). About NIST, Erişim tarihi: 26.03.2024, <https://www.nist.gov/about-nist>
- The National Solar Observatory (2023). Students, Erişim Tarihi: 9/10/2023, <https://nso.edu/students/#more>
- The Schools' Observatory (2023a). Liverpool Telescope, Erişim tarihi:10/01/2023, <https://www.schoolsobservatory.org/learn/eng/tels/lt>
- The Schools' Observatory (2023b). About The Schools' Observatory, Erişim Tarihi: 9/10/2023, <https://www.schoolsobservatory.org/get-started/about>
- The Schools' Observatory (2024). Hertzsprung-Russell Diagram, Erişim Tarihi: 26/05/2024, <https://www.schoolsobservatory.org/learn/astro/stars/class/hrdiagram>
- The Strasbourg Astronomical Data Center (2021a). SIMBAD, Erişim Tarihi: 13/10/2022, <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-fbasic>

- The Strasbourg Astronomical Data Center (2021b). HD 46150 -- Young Stellar Object, Erişim Tarihi: 13/10/2022, <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-basic?Ident=HD+46150&submit=SIMBAD+search>
- The Strasbourg Astronomical Data Center (2021c). BD-03 4630, Erişim Tarihi: 13/10/2022, <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-basic?Ident=BD-034630&submit=SIMBAD+search>
- The Strasbourg Astronomical Data Center (2021d). HD 199893, Erişim Tarihi: 13/10/2022, <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-basic?Ident=HD+199893&submit=SIMBAD+search>
- The Strasbourg Astronomical Data Center (2021e). BD+36 4307, Erişim Tarihi: 13/10/2022, <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-basic?Ident=BD%2B36+4307&submit=SIMBAD+search>
- The TMT International Observatory LLC, (2024). NEIGHBOURS OF EL ROQUE DE LOS MUCHACHOS: LIVERPOOL TELESCOPE (LT). Erişim tarihi: 23.11.2023, <http://tmtlapalma.org/en/neighbours-of-el-roque-de-los-muchachos-liverpool-telescope-lt/>
- The University of Arizona (t.y.). Lecture 14: Stellar Spectroscopy and the HR Diagram, Stellar Masses, Erişim Tarihi: 29.03.2023, https://ircamera.as.arizona.edu/astr_250/Lectures/Lecture_14.htm
- The Vienna Atomic Line Database (2023). About VALD, Erişim tarihi: 12.02.2023, http://vald.astro.uu.se/~vald/php/vald.php?docpage=about_vald.html
- University of Alberta (t.y.). Lecture 4: Blackbody Radiation Erişim Tarihi: 28.03.2023, https://sites.ualberta.ca/~pogosyan/teaching/ASTRO_122/lect4/lecture4.html
- University of Hawaii Institute for Astronomy (t.y.). 6. Stellar spectra, Erişim Tarihi: 28.03.2023, https://home.ifa.hawaii.edu/users/kud/teaching_16/6_Stellar_spectra.pdf
- Wikimedia Commons (2020). Liverpool Teleskobu dış cephesi, Erişim tarihi: 12.10.2023, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Liverpool_Telescope_exterior.jpg
- Yelkenci, A. (2020). İKÜ Ayşegöl Yelkenci Yüksek Lisans Ders Notları Yıldızların Özellikleri
- Yelkenci, F. K. (2008). Spektral Çizgi Derinlik Oranlarından Yıldız Sıcaklıklarının Ölçümü: Bir Kalibrasyon Çalışması. (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi. (232524)

EKLER

Ek 1. HD 46150 yıldızının tayf grafiği

Ek 2. HD 229258 yıldızının tayf grafiği

Ek 3. BD-034630 yıldızının tayf grafiği

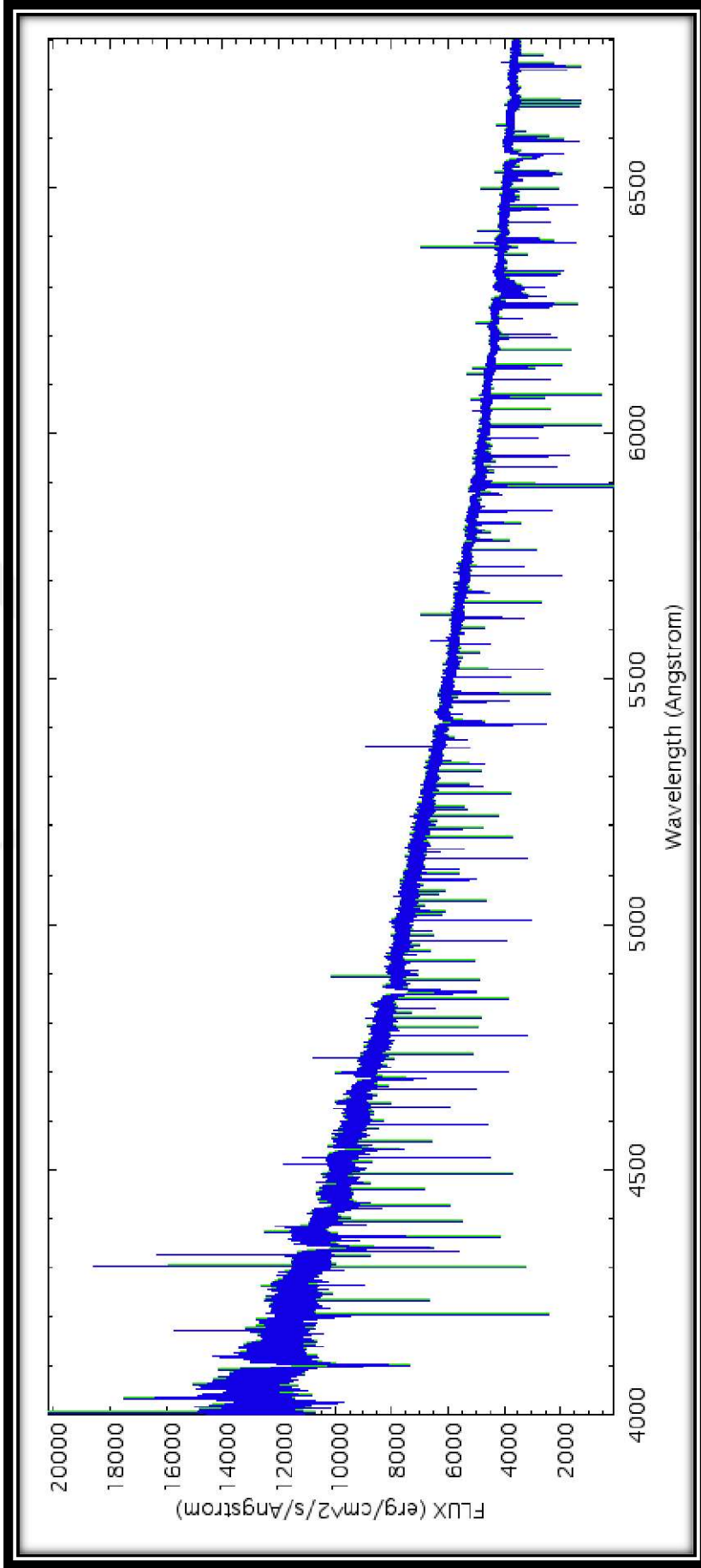
Ek 4. HD 350350 yıldızının tayf grafiği

Ek 5. HD 199893 yıldızının tayf grafiği

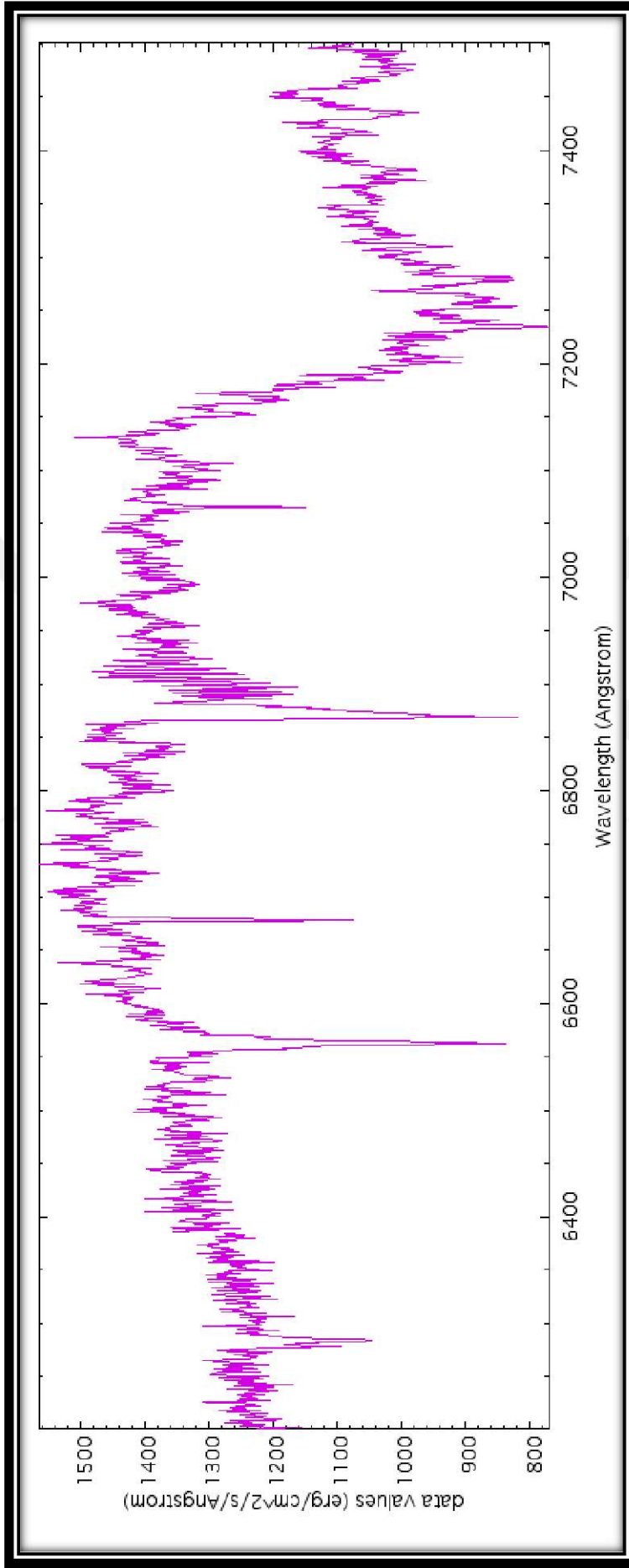
Ek 6. BD+364307 yıldızının tayf grafiği

Ek 7. BD+004814 yıldızının tayf grafiği

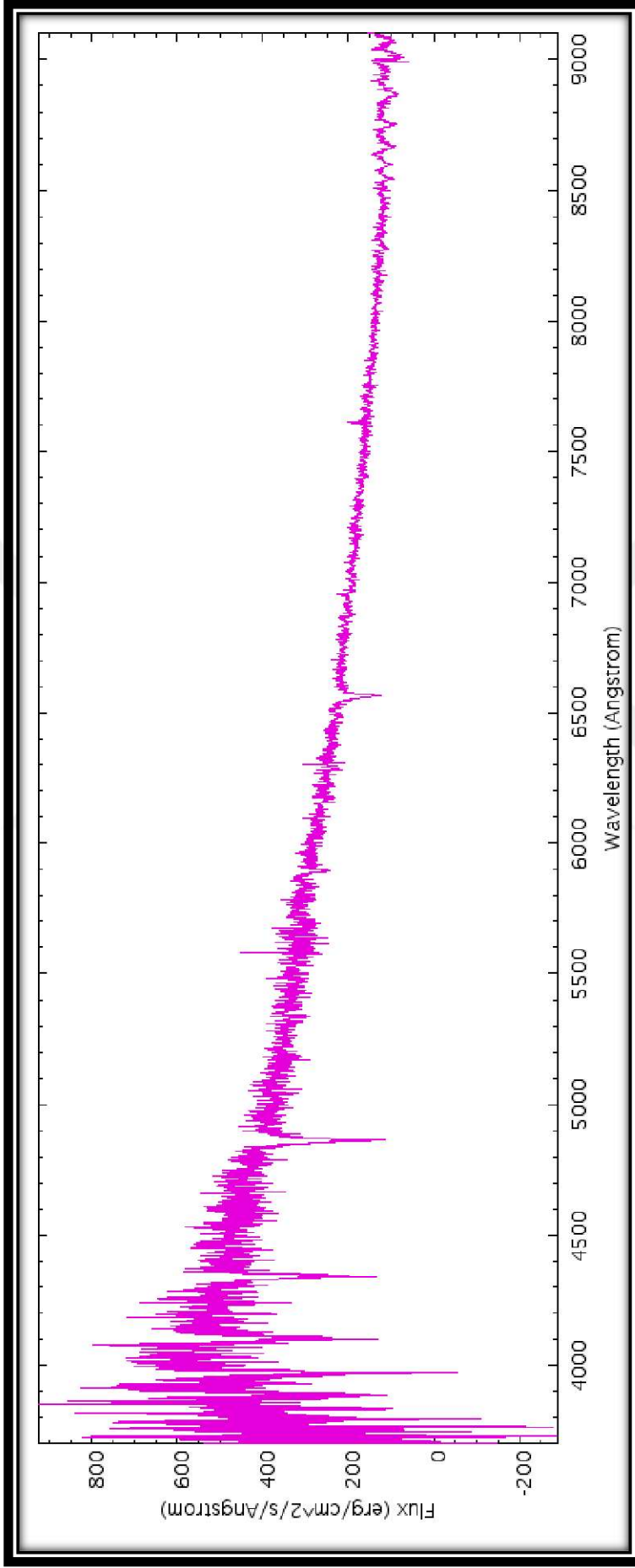
Ek 1. HD 46150 yıldızının tayf grafiği



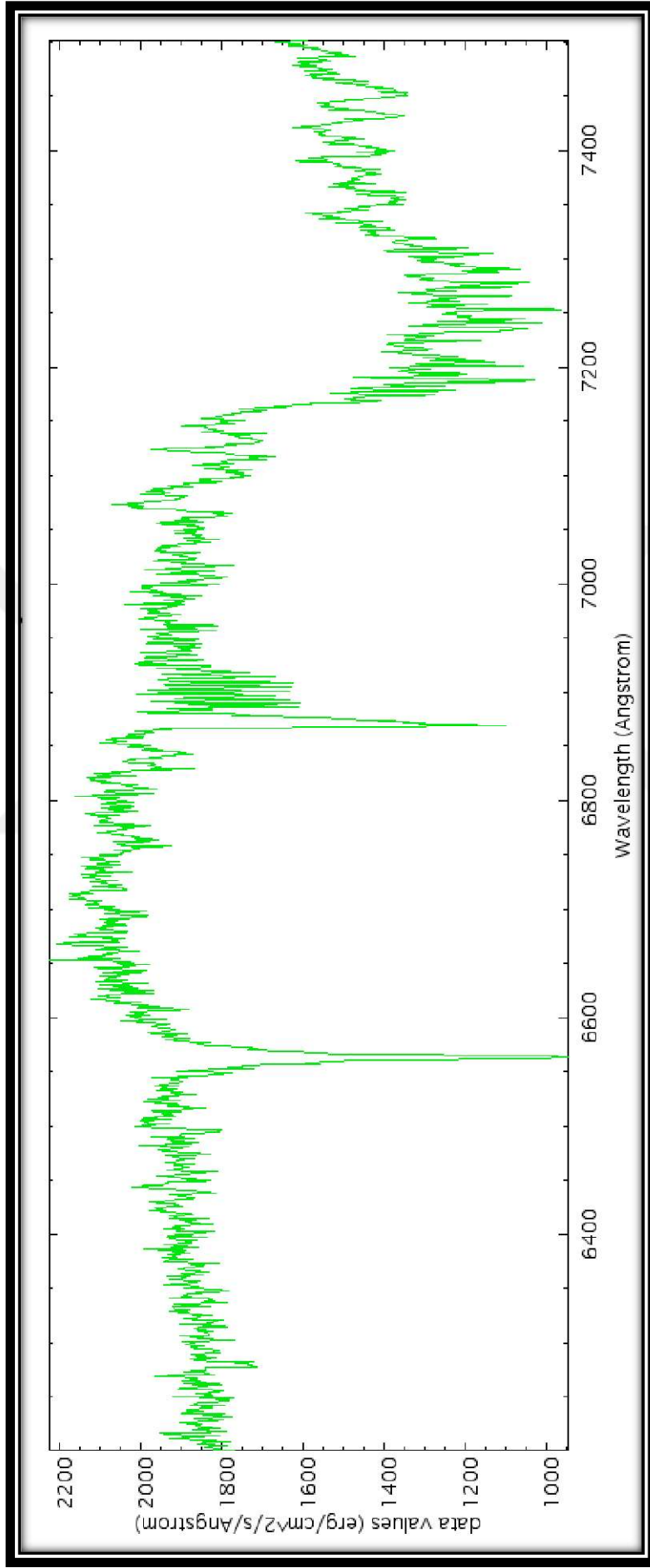
Ek 2. HD 229258 yıldızının tayf grafiği



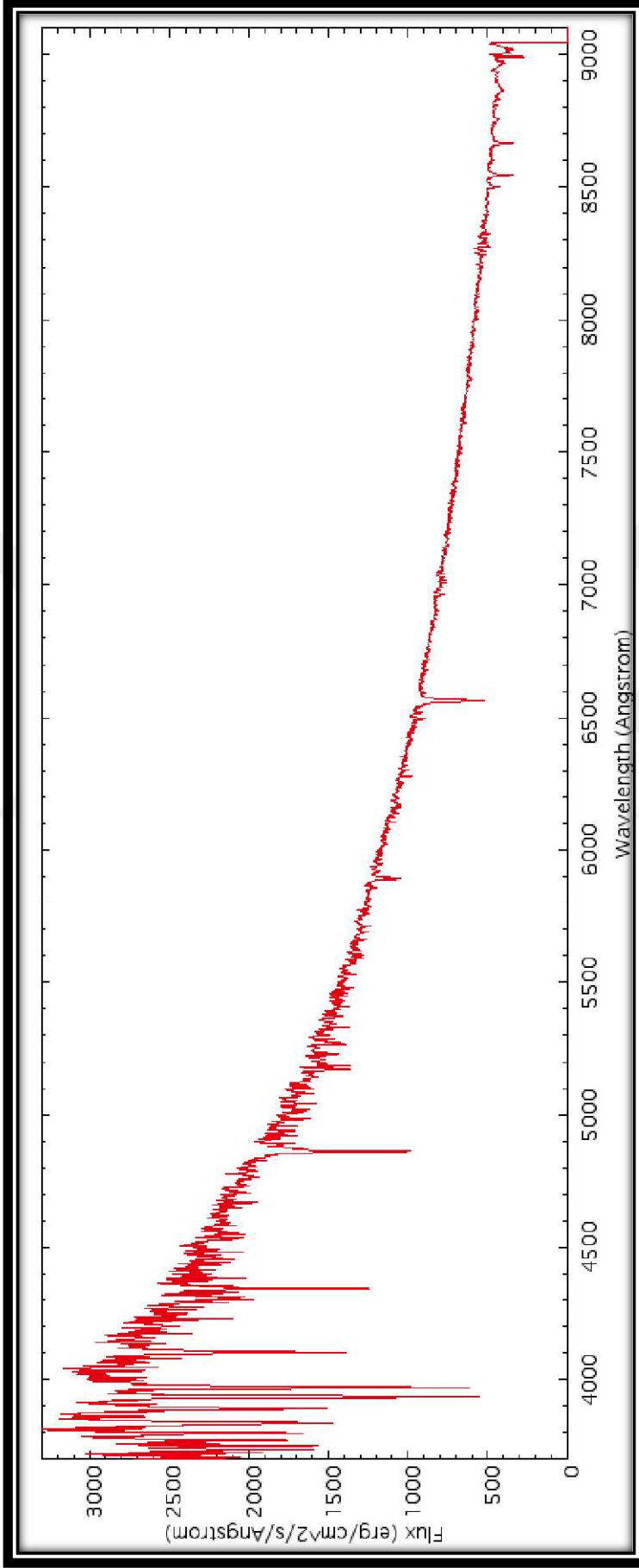
Ek 3. BD-034630 yıldızının tayf grafiği



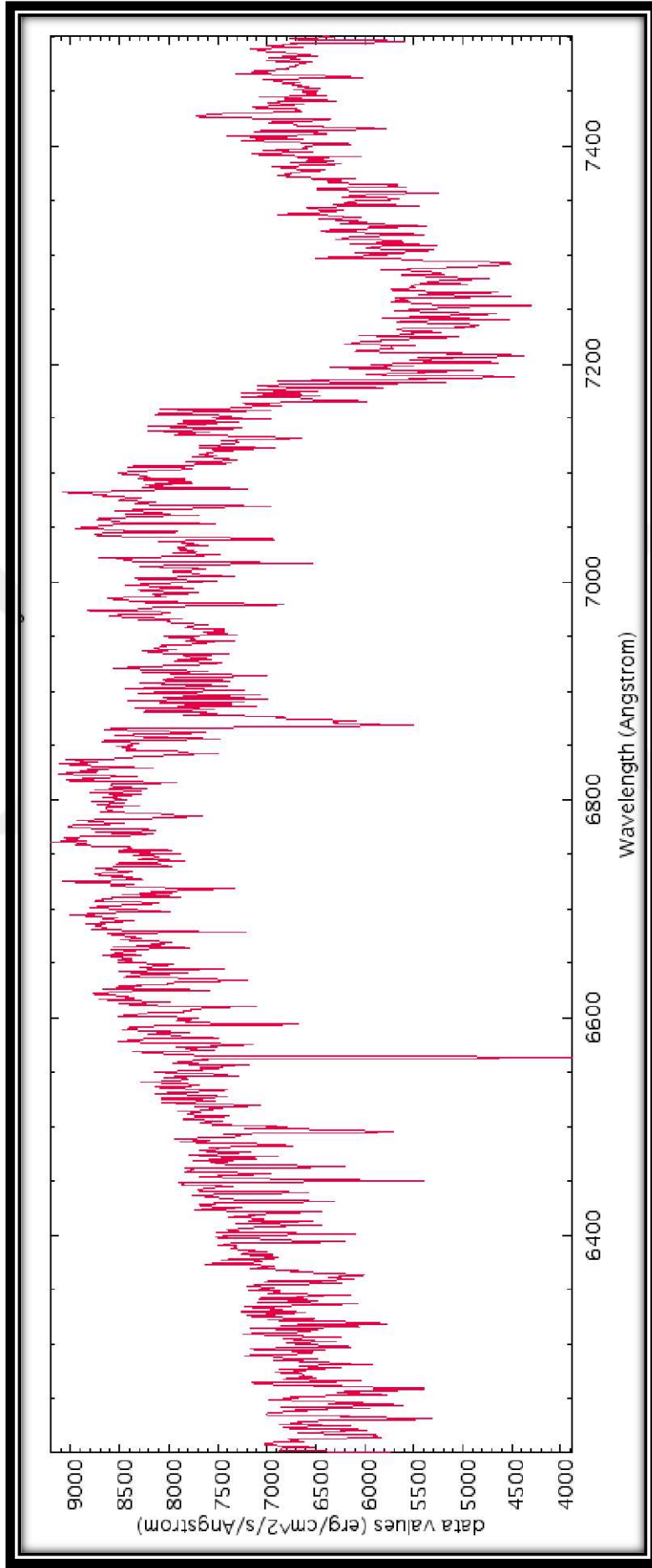
Ek 4. HD 350350 yıldızının tayf grafiği



Ek 5. HD 199893 yıldızının tayf grafiği



Ek 6. BD+364307 yıldızının tayf grafiği



Ek 7. BD+004814 yıldızının tayf grafiği

