

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

67 Mus ve 112 Her YILDIZLARININ TAYFSAL ANALİZİ

Senem ÇABUK

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

67 Mus ve 112 Her YILDIZLARININ TAYFSAL ANALİZİ

Senem ÇABUK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kutluay YÜCE

Bu doktora tez çalışmasında tayfsal çift yıldız sistemlerinden güney yarımküre yıldızı 67 Mus ve kuzey yarımküre yıldız sistemi 112 Her'in optik bölge tayfları kullanılarak tayfsal analizleri gerçekleştirilmiştir. Tayfsal veriler, Şili'deki Cerro Tololo Inter-American Rasathanesi'nde (CTIO, Şili) bulunan SMARTS 1.5-m teleskobuna bağlı CHIRON tayfölçeri ile yapılan gözlemlerden elde edildi. Gözlemler, $\lambda\lambda$ 4100–8900 Å dalga boyu aralığında $R \sim 80000$ çözünürlük sağlayan fiber modu konfigürasyonu kullanılarak eşel basamaklar halinde alındı. Tek bir pozlama için tipik sinyal-gürültü oranı $S/G = 300:1$ ve birleştirilmiş (co-added) tayflar için 1000:1'e kadar çıkmaktadır. Tayflar, Prof. Dr. Graham Hill ve Prof. Dr. Austin F. Gulliver tarafından programlanıp geliştirilen yazılımlar ile işlenerek; tayfların normalizasyonu, S/G ölçümleri, tayfları eşel basamaklarına ayrıştırma/birleştirme, eşdeğer genişlik (EW) ölçümü, kimyasal element bolluk analizi ve radyal hız ölçümleri gerçekleştirildi. Her iki çift yıldız sistemi için radyal hız analizleri yapıldı ve yörünge parametreleri elde edildi. Ardından atmosfer parametreleri belirlenerek ayrıntılı kimyasal bolluk analizleri gerçekleştirildi. He, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy ve Hg elementlerinin bollukları hesaplanarak kimyasal bileşimleri ile ilgili bilgi edinildi. Yıldızların HR diyagramında yerleri belirlenerek kuramsal evrim yolu ve yaş çizgileri kullanılarak kütleleri ve yaşları hesaplandı. Spektroskopik bulgular, 67 Mus ve 112 Her çift yıldız sistemlerinin kimyasal sıra dışı (CP) yıldız özellikleri sergilediğini ortaya koydu. Yıldızların diğer CP yıldızlarıyla kimyasal bolluk analizi sonuçları karşılaştırılarak kimyasal sıra dışı yıldızlar arasındaki konumları belirlendi. 67 Mus, tipik bir A_p (CP2) türü kimyasal sıra dışı yıldız olarak tanımlandı; 112 Her sisteminin baş bileşeni ise, civa (Hg) ve mangan (Mn) bolluklarının Güneş değerlerine kıyasla önemli ölçüde yüksek olması nedeniyle Civa-Mangan (HgMn; CP3) türü olarak sınıflandırıldı. 112 Her sisteminin yoldaş bileşeni ise, belirgin metal çizgilerinden elde edilen yüksek metal bolluklarına dayanarak metalik çizgili (A_m ; CP1) türü bir yıldız olarak belirlendi. Yıldızların SB1 ve SB2 türü tayfsal çift yıldızlar olduğunu destekleyen sonuçlar elde edildi.

Nisan 2025, 254 sayfa

Anahtar Kelimeler: 67 Mus, 112 Her, element bollukları, model atmosfer, tayfsal çift yıldız

ABSTRACT

PhD Thesis

THE SPECTRAL ANALYSIS of 67 Mus and 112 Her STARS

Senem ÇABUK

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

Supervisor: Prof. Dr. Kutluay YÜCE

In this thesis, spectral analyses of the southern hemisphere star 67 Mus and the northern hemisphere star system 112 Her, which are the binary stars, were carried out using optical spectra. The spectral data were obtained from observations made with the CHIRON spectrograph attached to the SMARTS 1.5-m telescope at the Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO, Chile) in Chile. Observations were taken in sliding steps using a fiber mode configuration that provides a resolution of $R \sim 80000$ in the wavelength range $\lambda\lambda$ 4100–8900 Å. Typical signal-to-noise ratio for a single exposure is $S/N = 300:1$ and up to $1000:1$ for co-added spectra. Spectra were processed using the softwares which were programmed and developed by Prof. Dr. Graham Hill and Prof. Dr. Austin F. Gulliver; normalization of spectra, S/N measurements, decomposition/merging of spectra into sliding steps, equivalent width (EW) measurement, chemical element abundance analysis and radial velocity measurements were performed. Radial velocity analyses were performed for both binary star systems and orbital parameters were obtained. Then, atmospheric parameters were determined and detailed chemical abundance analyses were performed. The abundances of He, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy and Hg elements were calculated and information about their chemical compositions was obtained. The stars were located in the HR diagram and their masses and ages were calculated using the theoretical evolutionary path and age lines. Spectroscopic evidence revealed that 67 Mus and 112 Her binary systems exhibit typical features of chemically peculiar (CP) stars. Their positions among chemically peculiar stars were determined by comparing the results of chemical abundance analysis with other CP stars. 67 Mus was identified as a typical *Ap* (CP2) type chemically peculiar star, while the primary component of the 112 Her system was classified as a Mercury-Manganese (HgMn; CP3) star due to its significantly enhanced Hg and Mn abundances compared to solar values. The secondary component of 112 Her was determined to be a metallic-line (*Am*; CP1) type star, based on its high metallic abundances inferred from prominent metal lines. Results supporting that the stars are spectral binaries of type SB1 and SB2 were obtained.

April 2025, 254 pages

Keywords: 67 Mus, 112 Her, elemental abundances, model atmosphere, spectroscopic binary star

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, yıldızların kimyasal bolluk ve radyal hız analizi üzerine kurgulandığı için, yüksek kaliteli gözlemsel tayflar talep edilen tarihlerde elde edilecek şekilde Şili'deki Cerro Tololo Inter-American Rasathanesi'nde (CTIO) yıldızların gözlemi yaptırılarak temin edilmiştir. Yıldız astrofiziğinin önemli çalışma konularından yıldız spektroskopisi alanında yetişmemi sağlayacak şekilde tez konumun belirlenmesinde, uluslararası iş birliği neticesinde yıldız tayflarının temininde ve tez çalışmam süresince bana aklıma gelemeyecek kalitede imkanlar sağlayan, hiçbir zaman maddi-manevi desteğini esirgemeyen ve bilimsel öğretileriyle rehber olan danışman hocam Prof. Dr. Kutluay YÜCE'ye (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Tayfsal verilerimizin elde edilmesi süresince maddi-manevi emek harcayan ve unutulmaz bir çalışma grubuna dahil olmamı sağlayan Prof. Dr. Saul J. ADELMAN'a (The Citadel, Amerika Birleşik Devletleri) teşekkür ederim.

Analizlerimi Brandon Üniversitesi'ndeki ana bilgisayarlara bağlanarak gerçekleştirirken sorularıma her zaman cevap veren ve tayf verilerimizin temininde destek olan kıymetli hocam Prof. Dr. Austin F. GULLIVER'e (Brandon, Kanada) çok teşekkür ederim.

Çalışma grubumuzda temin ettiği analiz programları için Prof. Dr. Graham HILL'e (University of Auckland, Yeni Zelanda) ve desteklerinden ötürü Prof. Dr. Olga PINTADO'ya (Universidad de San Pablo, Arjantin) teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında engin bilgileri ile bana yol gösteren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Fehmi EKMEKÇİ (Ankara Üniversitesi) ve Prof. Dr. Melike AFŞAR (Ege Üniversitesi) hocalarıma (Tez İzleme Komitesi Üyeleri) çok teşekkür ederim. Bilimsel yorumları ve tavsiyeleriyle çalışmama katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Birol GÜROL (Ankara Üniversitesi) ve Prof. Dr. Bayram TEKİN'e (ODTÜ) teşekkürü bir borç bilirim.

Biricik eşim Nazım ÇABUK ve canım çocuklarım Yusuf ÇABUK, Nisa ÇABUK ve Gökçe ÇABUK'a bir ömürlük destek ve sevgi kaynaklarım oldukları için her şeyden çok

teşekkür ederim. Beni özgür düşünmeye ve kendi kararlarımı vermeme imkân sağlayan ve hep destek olan biricik babam Adnan ERDEN ve annem Hülya ERDEN'e çok teşekkür ederim.

Can arkadaşım Deniz BALTA'ya her zaman yanımda olduğu için teşekkür ederim. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü çalışma sınıfında sohbet etme, yardımlaşma imkânı bulduğum tüm arkadaşlarıma varlıklarından ötürü teşekkür ederim. Bölüm çalışanlarımız Ercan ÖGER, Emrullah ECİK ve Nefika ALTUNDAĞ'a teşekkür ederim.

İlkokul üçüncü sınıfta aklımda şimşekler çakmasına sebep olan cümlesiyle astronomi bilimini çok sevmemi sağlayan kıymetli öğretmenim Zeynep AKDAM'a; bir öğretmen olarak bende emeği olan tüm öğretmenlerime, öğrencilerime ve meslektaşlarıma teşekkür ederim...

Bu çalışmada yapılan literatür taraması bilgilerinde SIMBAD (Strasbourg, Fransa) ve SAO/NASA ADS (Astrophysics Data System Abstract Service) kaynakları kullanılmıştır.

Senem ÇABUK
Ankara, Nisan 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Kimyasal Sıra Dışı Yıldızlar.....	4
2.1.1 CP1 – Metalik çizgili A (<i>Am</i>) yıldızları.....	6
2.1.2 CP2 – Manyetik <i>Ap</i> yıldızları.....	9
2.1.3 CP3 – HgMn yıldızları.....	14
2.1.4 CP4 – Zayıf Helyum çizgili (He-weak) yıldızlar.....	16
2.2 Tayfsal Çift Yıldızların Temel Özellikleri	17
2.2.1 Tek çizgili tayfsal çift yıldızlar.....	21
2.2.2 Çift çizgili tayfsal çift yıldızlar.....	24
2.3 67 Mus.....	26
2.3.1 Fotometrik çalışmalar.....	28
2.3.2 Atmosfer parametrelerine ait çalışmalar.....	29
2.3.3 Dönme hızı.....	31
2.3.4 Radyal hız	31
2.3.5 Element bolluk analizine ait çalışmalar.....	34
2.4 112 Her.....	39
2.4.1 Fotometrik çalışmalar.....	41
2.4.2 Dönme hızı.....	42
2.4.3 Radyal hız	43
2.4.4 Atmosfer parametreleri ve element bolluk çalışmaları.....	50
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	55
3.1 Gözlemsel Bilgi	55
3.2 Radyal Hız Ölçümü	66

3.2.1 67 Mus sisteminin radyal hız ölçümü.....	68
3.2.2 112 Her sisteminin radyal hız ölçümü.....	74
3.3 Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi.....	80
3.4 Kimyasal Bolluk Analizleri.....	89
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	90
4.1 67 Mus ve 112 Her Yıldızlarının Tayfsal Verilerinin S/G Oranları.....	90
4.2 67 Mus Sisteminin Radyal Hız Eğrisi ve Yörünge Elemanlarının Belirlenmesi	94
4.3 112 Her (SB2) Sisteminin Radyal Hız Eğrisi ve Yörünge Elemanlarının Belirlenmesi	99
4.4 67 Mus Yıldızının Atmosfer Parametreleri.....	101
4.5 112 Her A Yıldızının Atmosfer Parametreleri	103
4.6 112 Her B Yıldızının Atmosfer Parametreleri	106
4.7 67 Mus Yıldızının Kimyasal Bolluk Analizi	107
4.8 112 Her Sisteminin Kimyasal Bolluk Analizi	115
4.8.1 112 Her A yıldızının kimyasal bolluk analizi	115
4.8.2 112 Her B yıldızının kimyasal bolluk analizi	121
4.9 Yıldızların Kütlesi ve Evrim Durumu	128
4.9.1 67 Mus sisteminin kütlesi ve evrim durumu	130
4.9.2 112 Her sisteminin kütlesi ve evrim durumu	130
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	135
KAYNAKLAR	149
EKLER	164
EK 1 67 Mus yıldızının CHIRON gözlemsel tayf seti	165
EK 2 67 Mus'un radyal hız ölçümünde kullanılan 4 eşel basamağın tamamına (üst paneller) ve bir kesitine (alt paneller) ilişkin tayf görüntüleri	166
EK 3 112 Her yıldızının CHIRON gözlemsel tayf seti	170
EK 4 112 Her sisteminin radyal hız ölçümünde kullanılan $\lambda\lambda$ 4575 – 4628 Å dalgaboyu aralığına ilişkin normalize edilmemiş (üst panel) ve normalize tayf (alt panel) kesit örnekleri	171
EK 5 112 Her sisteminin normalize tayf dosyaları	172
EK 6 STELLAR programında oluşturulan çizgi listesi kütüphanelerinin içerdiği verilerden bir kesit	173
EK 7 67 Mus yıldızının her bir gözlemsel tayfının 4 eşel basamağından ve ortalamalarından hesaplanan radyal hız değerleri	174

EK 8 67 Mus yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi	185
EK 9 112 Her A yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi	218
EK 10 112 Her B yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi	231
ÖZGEÇMİŞ	252



SİMGELER DİZİNİ

K	Kelvin
$R_{\odot}$	Güneş'in yarıçapı, 6.96×10^{10} cm
$M_{\odot}$	Güneş'in kütlesi, 1.99×10^{33} gr
$L_{\odot}$	Güneş'in toplam ışıınım gücü, 3.86×10^{33} erg sn ⁻¹
m	Kadir; parlaklık birimi
Å	Angström (1×10^{10} m)
mÅ	mili Angström
mas	miliyay-saniye
λ	Dalgaboyu, Å
W_{λ}	Eşdeğer genişlik
T_e	Etkin sıcaklık
g	Yüzey çekim ivmesi
$v \sin i$	Dönme hızı
S/G	Sinyal gürültü oranı
α	Sağ açıklık
δ	Dik açıklık
l	Galaktik enlem
b	Galaktik boylam
M	Kütle
R	Yarıçap
V_r	Radyal (dikine) hız
ξ	Mikrotürbülans Hızı
dex	10 üzeri anlamında olup bolluk birimidir
nm	nanometre, 10^{-9} m
R	Ayırma Gücü
M_V	Mutlak görsel parlaklık
Δa	Fotometrik indeks
Δm_V	V bandı ışık değişim genliği
pc	Parsek
km s ⁻¹	kilometre/saniye

G Gauss (manyetik alan yoğunluğu birimi)

Kısaltmalar

HR diyagramı	Hertzsprung Russel diyagramı
CCD	Charged-Coupled Device
HD	Henry-Draper kataloğu
HR	Parlak yıldızlar kataloğu
BD	Bonner Durchmusterung kataloğu
SAO	Smithsonian Astrophysical Observatory Catalogue
HIP	Hipparcos kataloğu
FWHM	Yarı yükseklikteki tam genişlik
LTE	Yerel Termodinamik Denge
non-LTE	Yerel Termodinamik Denge’de olmayan
CTIO	Cerro Tololo Inter-American Observatory
DAO	Dominion Astrofizik Gözlemevi
CP	Kimyasal olarak sıra dışı yıldızlar
CP1	Metalik çizgili (A_m) kimyasal sıra dışı yıldız
CP2	Bp/Ap türü kimyasal sıra dışı yıldız
CP3	Kimyasal sıra dışı Civa-Mangan yıldızı
CP4	Helyumca fakir kimyasal sıra dışı yıldız
ZAMS	Zero-Age Main Sequence (Sıfır-Yaş Anakolu)
MK	Morgan Keenan sınıflaması
HJD	Güneş merkezli Jülyen Tarihi
NIST	National Institute of Standards and Technology
VALD	The Vienna Atomic Line Database

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Üç <i>Am</i> yıldızına ait tayfin normal HR1279 yıldızı ile karşılaştırılması	7
Şekil 2.2 Si II $\lambda\lambda$ 4128–4130 Å çifti nedeniyle λ 4130 Å civarında güçlü geniş blendler gösteren dört sıcak Si Ap yıldızı	13
Şekil 2.3 Üç temsili HgMn yıldızı	14
Şekil 2.4 Çift yıldız sisteminde Doppler etkisinin görülme evreleri	21
Şekil 2.5 SB1 türü çift yıldızın radyal hız eğrisinde sadece dışmerkezlilik (<i>e</i>) değerinin değişmesiyle ortaya çıkan değişim.....	22
Şekil 2.6 Örnek bazı SB1 türü tayfsal çift yıldızlara ilişkin gözlem ve radyal hız çözümleri	23
Şekil 2.7 Bir LMXB (Low Mass X-Ray Binary) olan V404 Cyg çift yıldızının K0 yoldaş bileşeni ile oluşturduğu radyal hız eğrisi	24
Şekil 2.8 SB2 türü bir çift yıldız sistemi olan HR 104'ün radyal hız eğrisi	25
Şekil 2.9 67 Mus'un radyal hız eğrisi (Maitzen ve Wood 1977)	32
Şekil 2.10 67 Mus'un radyal hız eğrisi (Dworetzky 1982)	33
Şekil 2.11 67 Mus (üçgen), HR 1094 (kare) ve γ Gem (dolu daire) yıldızlarına ait element bolluklarının [Element/Fe] Güneş'in değerlerinden olan farkları.....	35
Şekil 2.12 67 Mus'un Co II 6538 Å civarındaki gözlemsel tayfinin, kimyasal bakımdan normal yıldız olan γ Gem ile karşılaştırılması	36
Şekil 2.13 67 Mus'un λ 5875.6 Å'da He I çizgisi etrafındaki sentetik tayfı	37
Şekil 2.14 112 Her'in radyal hız eğrisi (Meyer 1926)	46
Şekil 2.15 112 Her'in radyal hız eğrisi (Catanzaro ve Leto 2004)	49
Şekil 2.16 Farklı sıcaklıktaki bazı yıldızların Demir bolluklarını gösteren grafik.....	54
Şekil 3.1 CTIO'da bulunan SMART teleskopları ve SMART 1.5m teleskobu..	55
Şekil 3.2 CHIRON tayfçekerinin optik düzeni	60
Şekil 3.3 CHIRON tayfçekerinin optik elemanları ve ışığın izlediği yol	61
Şekil 3.4 67 Mus (a) ve 112 Her'in (b) $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å dalgaboyu aralığını kapsayan normalize tayf kesitleri	62
Şekil 3.5 CHIRON tayfçekerinin eşel basamak belirleyicileri	64
Şekil 3.6 Veri analizi sürecinin akış şeması	65
Şekil 3.7 67 Mus'un 7 Şubat 2021 tarihli gözlemsel tayfindaki 73 eşel basamağın görünümü	65
Şekil 3.8 Gözlemsel tayfin ardışık 2 eşel basamağının görünümü.....	66

Şekil 3.9 67 Mus'un gözlemsel tayfına en iyi uyumu sağlayan sentetik tayftan bir kesit.....	69
Şekil 3.10 λ 4200 Å yöresindeki eşel basamaklar için model atmosfer komut dosyasından bir bölüm	71
Şekil 3.11 67 Mus'un 7 Şubat 2021 tarihli CHIRON tayf verisinin 5. eşel basamağına uygulanan CCF sonrası oluşan Gauss fiti	72
Şekil 3.12 19 Mart 2021 tarihli tayf verisinde 67 Mus için hesaplanan radyal hız değeri ve konumu	73
Şekil 3.13 112 Her'in 4 Haziran 2021 tarihli eşel tayfı.....	74
Şekil 3.14 112 Her'in 4 Haziran 2021 tarihli ardışık iki eşel basamağına ilişkin tayf kesiti	75
Şekil 3.15 112 Her için λ 4600 Å yöresindeki sentetik tayftan bir kesitin verileri.....	76
Şekil 3.16 112 Her sisteminin 4 Haziran 2021 tarihli $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å dalgaboyu aralığındaki gözlemsel tayfına uygulanan çapraz korelasyon fonksiyonu sonucu oluşan Gauss fiti.....	78
Şekil 3.17 4 Haziran 2021 tarihli tayf verisinde 112 Her sisteminin baş ve yoldaş yıldızları için hesaplanan radyal hız değerleri ve konumları..	79
Şekil 3.18 8 Haziran 2021 tarihli tayf verisinde 112 Her sisteminin baş ve yoldaş yıldızları için hesaplanan radyal hız değerleri ve konumları..	79
Şekil 3.19 67 Mus'un kimyasal bolluk analizinde kullanılan $\lambda\lambda$ 4150 – 5440 Å dalgaboyu aralığındaki normalize gözlemsel tayfı	81
Şekil 3.20 67 Mus tayfindan S/G oranı ölçümü	82
Şekil 3.21 112 Her için FD3'ten alınan sonuçlar. Baş (siyah) ve yoldaş (kırmızı) yıldızların tayfı	84
Şekil 3.22 112 Her A yıldızının sentetik ve gözlemsel tayflarının karşılaştırılması.....	85
Şekil 3.23 112 Her A'nın $\lambda\lambda$ 4575-5868 Å dalgaboyu aralığındaki normalize gözlemsel tayfı	86
Şekil 3.24 112 Her A yıldızının atmosfer parametrelerini belirlemek için hazırlanan tayfindan $\lambda\lambda$ 5577-5600 Å aralığındaki bölgede yapılan S/G ölçümleri.....	86
Şekil 3.25 112 Her B için λ 4500 Å yöresindeki gözlemsel tayfa uygulanan sentetik tayf bilgilerinden bir kesit	87
Şekil 3.26 112 Her B'nin normalize ve atmosfer parametrelerini belirlemek için hazırlanan tayfindan $\lambda\lambda$ 5577-5600 Å aralığındaki bölgede yapılan S/G ölçümleri	88
Şekil 3.27 112 Her B'nin normalize tayfının $\lambda\lambda$ 4575-5868 Å dalgaboyu aralığındaki gözlemsel tayfı	88

Şekil 4.1 Sol panel: 67 Mus'a ait tek (üstte) ve birleştirilmiş (altta) tayflardan bir kesit. Sağ panel: Aynı çizgi profillerinin ayrıntıları görülmektedir	93
Şekil 4.2 67 Mus'un ORBIT GUI programı aracılığıyla elde edilen radyal hız eğrisi.....	98
Şekil 4.3 112 Her sisteminin ORBIT GUI programı aracılığıyla gerçekleştirilen radyal hız eğrisi	100
Şekil 4.4 Farklı etkin sıcaklık (Te) ve yüzey çekim ivmesi (log g – renk kodlu) değerlerin Güneş bolluğuna sahip modelleri için mikrotürbülans dağılımı.....	101
Şekil 4.5 67 Mus'un gözlemsel H β profili ile sentetik profilin karşılaştırılması.....	102
Şekil 4.6 67 Mus'un gözlemsel Fe II λ 4508 Å çizgisi ile sentetik tayfın karşılaştırılması.....	102
Şekil 4.7 67 Mus'un gözlemsel ve kuramsal Mg II λ 4481 Å profillerinin karşılaştırılması	103
Şekil 4.8 112 Her A'nın gözlemsel ve kuramsal H β profillerinin karşılaştırılması.....	104
Şekil 4.9 Şekil 4.9 112 Her A'nın gözlemsel ve kuramsal Mg II λ 4481 Å profillerinin karşılaştırılması.....	105
Şekil 4.10 112 Her B için yapılan H β profil uyumu	107
Şekil 4.11 112 Her B'nin gözlemsel ve kuramsal Mg II λ 4481 Å profillerinin karşılaştırılması	107
Şekil 4.12 Şekil 4.12 67 Mus'un Fe II çizgilerine uygulanan sentetik fit örnekleri.....	111
Şekil 4.13 67 Mus'un Ti II, Cr I, Cr II ve Co I çizgilerinin bazılarına uygulanan sentetik fit örnekleri	112
Şekil 4.14 67 Mus'un Y II çizgi uyumundan bir örnek	113
Şekil 4.15 67 Mus'un Gd II ve Ce II çizgi uyumlarından örnekler	114
Şekil 4.16 112 Her A'nın He I λ 5015.676 Å çizgisine uygulanan sentetik fit...	116
Şekil 4.17 112 Her A'nın demir bolluğunu hesaplamak üzere belirlenen Fe II çizgilerinden bir kesit	118
Şekil 4.18 Mn II λ 4518.956 ve 4478.687 Å çizgisini gösteren grafik	119
Şekil 4.19 112 Her A yıldız tayfının H ϵ Balmer çizgisi bölgesi	120
Şekil 4.20 112 Her A'nın gözlemsel Hg II λ 3983.890 Å çizgisi	120
Şekil 4.21 Oksijen bolluğunun hesaplanmasında kullanılan bir O I çizgisini gösteren grafik	122
Şekil 4.22 112 Her B'nin gözlemsel ve kuramsal Mg I çizgi karşılaştırmaları.....	122

Şekil 4.23 112 Her B'nin kalsiyum bolluğunu hesaplamak için belirlenen Ca I çizgilerinden bir kesit	123
Şekil 4.24 112 Her B'nin Fe bolluğunu hesaplamak için tespit edilen Fe I çizgilerinden bir kesit	125
Şekil 4.25 112 Her B'nin krom bolluğunu hesaplamak için tespit edilen Cr çizgilerinden bir kesit	126
Şekil 4.26 112 Her B'nin Ti II çizgilerinden bir kesit	126
Şekil 4.27 112 Her B'nin Mn I soğurma çizgilerinden bir örnek	127
Şekil 4.28 Anakol çift yıldızlarının kütle - parlaklık dağılımı	129
Şekil 4.29 112 Her A ve B yıldızlarının radyal hız eğrilerinin yarı-genlikleri...	131
Şekil 4.30 67 Mus, 112 Her A ve B yıldızlarının Claret (2005)'in kütle izokronlarına göre evrimsel durumları	134
Şekil 5.1 67 Mus, 112 Her A ve 112 Her B yıldızlarının element bolluklarının karşılaştırılması	139
Şekil 5.2 67 Mus yıldızının diğer CP2 – Ap yıldızları ile element bolluklarının karşılaştırılması	142
Şekil 5.3 112 Her A yıldızının diğer HgMn yıldızları ile element bolluklarının karşılaştırılması	144
Şekil 5.4 112 Her B yıldızının diğer Am yıldızları ile element bolluklarının karşılaştırılması	147
Şekil 5.5 112 Her A ve 112 Her B yıldızlarının element bolluklarının Güneş'e göre farklılıkları	148

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. 67 Mus için belirlenen görünür parlaklık (m_v) değerleri	27
Çizelge 2.2 67 Mus'un Johnson UBV Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri	28
Çizelge 2.3 67 Mus'un Strömngren <i>uvby</i> Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri....	28
Çizelge 2.4 67 Mus'un Geneva Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri	28
Çizelge 2.5 67 Mus'un literatürde yer alan atmosfer parametre değerleri	30
Çizelge 2.6 67 Mus'un literatürdeki mikrotürbülans hızları (ξ)	30
Çizelge 2.7 67 Mus yıldızının literatürde yer alan $v \sin i$ değerleri	31
Çizelge 2.8 67 Mus'un yörünge elemanları (Maitzen ve Wood 1977)	32
Çizelge 2.9 67 Mus'un radyal hız değerleri (Dworetsky 1982)	33
Çizelge 2.10 67 Mus'un yörünge elemanları (Dworetsky 1982)	34
Çizelge 2.11 112 Her sisteminin SIMBAD veritabanında listelenen görünür parlaklık (m_v) değerleri	40
Çizelge 2.12 112 Her sistemindeki bileşen yıldızların literatürde yer alan kütle ve yarıçap değerleri	41
Çizelge 2.13 112 Her sisteminin Johnson UBV Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri	41
Çizelge 2.14 112 Her sisteminin Strömngren <i>uvby</i> Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri	42
Çizelge 2.15 112 Her sisteminin Geneva Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri	42
Çizelge 2.16 112 Her sisteminin izdüşümsel dönme hızı değerleri	42
Çizelge 2.17 112 Her'in baş yıldızına ait radyal hız değerleri (Meyer 1926)	44
Çizelge 2.18 112 Her'in Meyer (1926) çalışmasında yer alan yörünge elemanları	46
Çizelge 2.19 112 Her sisteminin radyal hız değerleri (Ryabchikova vd. (1996)....	47
Çizelge 2.20 112 Her sisteminin belirlenen yörünge elemanları (Ryabchikova vd. 1996)	49
Çizelge 2.21 112 Her sisteminin etkin sıcaklık (T_e) ve $\log g$ değerleri	50
Çizelge 2.22 112 Her sisteminin mikrotürbülans hız değerleri	51
Çizelge 2.23 112 Her sisteminin literatürdeki element bolluk değerleri ($\log N/H$)	51
Çizelge 3.1 67 Mus yıldızına ait veriler	56
Çizelge 3.2 112 Her yıldızına ait veriler	59
Çizelge 3.3 CHIRON tayfçekerinin her eşel basamak için başlangıç ve bitiş dalgaboyu değerleri	63

Çizelge 3.4 67 Mus'un 15 Şubat 2021 tarihli radyal hız analiz değerleri	72
Çizelge 3.5 112 Her sisteminin 4 Haziran 2021 tarihli gözlemsel verisinden elde edilen radyal hız değerleri	78
Çizelge 3.6 FD3'te kullanılan program parametreleri	83
Çizelge 4.1 67 Mus'un S/G ölçümleri	90
Çizelge 4.2 112 Her'in S/G ölçümleri	94
Çizelge 4.3 67 Mus yıldızının ölçülen radyal hız değerleri	95
Çizelge 4.4 67 Mus yıldızının hesaplanan yörünge parametreleri	98
Çizelge 4.5 112 Her sisteminin baş ve yoldaş bileşenine ait ölçülen radyal hız değerleri	99
Çizelge 4.6 112 Her sisteminin hesaplanan yörünge elemanları	100
Çizelge 4.7 67 Mus yıldızının belirlenen atmosfer parametreleri	103
Çizelge 4.8 112 Her A yıldızının fiziksel parametrelerini belirlemek için yapılan iterasyonların bazılarının sonuçları	104
Çizelge 4.9 112 Her A yıldızının atmosfer parametreleri	106
Çizelge 4.10 112 Her B yıldızının tespit edilen atmosfer parametreleri	106
Çizelge 4.11 67 Mus'un He bolluğu ve Güneş'in değerleri ile karşılaştırılması...	108
Çizelge 4.12 67 Mus'un Güneş'e göre ortalama C, N, O bollukları.....	109
Çizelge 4.13 67 Mus'un hafif elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	109
Çizelge 4.14 67 Mus'un Demir grubu elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	111
Çizelge 4.15 67 Mus'un ağır elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	114
Çizelge 4.16 112 Her A yıldızının He bolluğu ($\log(\text{He}/\text{H})$) ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	116
Çizelge 4.17 112 Her A yıldızının C, N, O bolluğu ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	116
Çizelge 4.18 112 Her A yıldızının hafif elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	117
Çizelge 4.19 112 Her A yıldızının demir grubu elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	119
Çizelge 4.20 112 Her B yıldızının C, N, O bolluğu ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	121
Çizelge 4.21 112 Her B yıldızının hafif elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	123

Çizelge 4.22 112 Her B yıldızının Demir grubu elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	124
Çizelge 4.23 112 Her B yıldızının ağır elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması	127



1. GİRİŞ

Yıldızların tayfsal analizleri, onlardan gelen ışınların tayfsal teknikle incelenmesine dayanır. Yüksek çözünürlüklü tayflar kullanılarak gerçekleştirilen yıldız atmosferlerinin element bolluk analizleri yıldızların maddesel yapısı, yörünge hareketleri, fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri hakkında güvenilir bilgi edinmeyi sağlar. Detaylı tayf ölçümleri aynı zamanda onların sınıflandırılmasına, aralarındaki benzerlik ve farklılıkların anlaşılmasına yardımcı olur. Yıldız fotosferlerine ilişkin element bollukları, oluşum bölgeleri, enerjinin iç yapıda üretilmesi ve enerji taşınmasındaki süreçlere yönelik astrofiziksel problemlerin çözümüne ışık tutar.

Geç - B ve erken - A tayf türü anakol yıldızlarının atmosferlerinde konveksiyon hareketler ve yıldız rüzgarları baskın değildir. Birçoğunun fotosferinde birkaç km s^{-1} gibi küçük değerlerde mikrotürbülans hareketleri gözlenir. Bu atmosfer şartları, onların atmosfer modellemelerini ve gözlemsel yıldız tayflarının sentetik tayflarla karşılaştırılmalarını diğer yıldız türlerine nispeten daha kolay hale getirir. Ayrıca böylesi bir atmosferik kararlılık difüzyon ayrışmasının oluşmasına sebep olur ve B - A türü yıldızların yaklaşık dörtte birinin yüzey element bolluk miktarlarında Güneş'e göre sapmalara neden olur (Adelman vd. 2004).

Optik bölge tayf analizlerinde, fiziksel parametrelerinden beklenenin dışında kimyasal bileşimleri açısından anormallik göstermeyen yıldızlar “normal” yıldız olarak sınıflandırılırlar ve Güneş'tekine yakın yüzey element bolluklarına sahiptirler (Adelman 2004b). Ancak bazı yıldızların kimyasal element bolluk analizlerinin, element bolluklarına ait değerler uç noktalarda olduğu görülür. Atom ve iyonların çok zengin ya da fakir olduklarını gösteren bu yıldızlar, kimyasal sıra dışı (chemically peculiar; CP) yıldızlar olarak adlandırılırlar. Geç B türünden erken F tayf türü aralığına kadar üst anakol yıldızlarının sıra dışı element bollukları, çeşitli alt gruplara ayrılacak şekilde kimyasal bileşim farklılıkları göstermeleri nedeniyle literatürde tartışmaya ve araştırmaya açık bir konudur. Tayflarındaki keskin soğurma çizgileri, “normal” yıldızlardan daha yavaş döndüklerini göstermektedir. Bu sebeple izdüşümsel dönme hızlarına ait ($v \sin i$) değerlerin düşük olması CP yıldızlarının gözlemsel bir özelliğidir.

CP yıldızlarının araştırılmasına ilişkin tarih oldukça eski olup, bu yıldız tiplerinin incelenmesi yıldız astrofiziği açısından önemlidir. CP yıldızları, normal yıldızlardan sapma gösteren özellikleri nedeniyle, yıldız evrimi teorisinin farklı yönlerini test etmek ve geliştirmek için de önemli bir laboratuvar işlevi görürler. Bu yıldızların özelliklerini anlamak, genel olarak yıldızların ve galaksilerin kimyasal ve dinamik evrimi hakkında daha geniş bir katkı sunar. Element bolluk analizleri ve kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılmaları kolay değildir. Çünkü, atmosferlerindeki element bolluk dağılımının karmaşıklığını açıklamak için; manyetik alanlar, atomik difüzyon, kendi eksen etrafında dönme ve pulsasyon (hızlı dönen A_p / roA_p yıldızındaki gibi; Kurtz 1990) gibi çok farklı olguların bir arada ve derinliğine incelenmesini gerekmektedir.

Kimyasal olarak sıra dışı yıldızların tayflarının incelenmesi yıldız evrimi açısından da önemlidir. CP yıldızları, yaşamlarının çoğunu Anakol Yıldızları olarak geçirirler. Bu aşamada, çekirdekteki Hidrojen atomları füzyona uğrar. Hafif atomların bolluğundaki değişimler dışında bileşimde pek fazla değişiklik olmaz. Ancak, bir aşamada, difüzyon, konveksiyon ve dönüş gibi süreçler yıldız atmosferinin kimyasının değiştiği yeni koşullar yaratır (Yüce vd. 2022).

Yıldızlar, evrenimizin temel yapıtaşlarıdır ve büyük bir kısmı çift ya da çoklu sistemlerin birer üyesidir (Duchêne ve Kraus 2013). Lee vd. (2020), yıldız oluşum sürecinde çoğu zaman kümeleşmenin olduğunu; tek yıldızların sayıca çok az bir oranda bulunduğunu belirtmektedir. Birbirleri ile olan etkileşimleri bu sistemlerin tek, çift ya da çoklu sistemin bir parçası olduğunun anlaşılmasını sağlar. Aynı zamanda benzer kimyasal bileşime sahip olarak doğan yıldızların içeriğinin incelenmesi ve karşılaştırılması, kimyasal anomalilerinin anlaşılmasında etkili bir yaklaşımdır.

Çift ve çoklu yıldız sistemleri farklı şekillerde sınıflandırılırlar. Görsel çift yıldızlar teleskop yardımıyla iki ayrı yıldız olarak ayırt edilebilir. Astrometrik çift yıldızlarda, sistemin yalnızca bir bileşeni doğrudan görülebilirken, görülmeyen bileşenle olan karşılıklı kütle çekim etkisinden dolayı yaptıkları salınım hareketinden, görülmeyen bileşenin varlığının ortaya çıkarıldığı çift yıldız sistemleridir. Bu tür sistemlerde, gözlemlenen yıldızın yörüngesel hareketi, genellikle "görünmeyen" bir yoldaş yıldızın

varlığına işaret eder. Örtlen çift yıldızlar ise tutulma göstererek görünür parlaklıklarında zamana bağlı değişimlerle belirlenir. Tayfsal çift yıldız sistemlerinin en belirgin ayırt edici özelliği tayflarında gözlemlenen Doppler kaymasıdır. Her iki yıldız, ortak bir kütle merkezinde hareket ederken gözlemcinin bakış doğrultusunda bir yıldız uzaklaşırken; diğer bileşen yaklaşır. Elde edilen tayfsal verilerde yaklaşan yıldızın tayfında elektromanyetik tayfın mavi bölgesine doğru kayma gözlenirken, uzaklaşanın tayfında kırmızı tarafa kayma görülür.

Bu tez çalışması, tayfında yalnızca baş yıldızla ait soğurma çizgilerinin görüldüğü SB1 türü tayfsal çift sistem olan güney yarımküre yıldızı 67 Mus ile her iki bileşenin soğurma çizgileri görülen SB2 türü kuzey yarımküre yıldız sistemi 112 Her'in optik bölge tayflarının analizlerine dayanır. Yıldızların tayfsal verileri uluslararası iş birliği çerçevesinde elde edildi. Gözlemler Ekim 2022 tarihi itibarıyla tamamlanmıştır. Şili'deki Cerro Tololo Inter-American Rasathanesi'nde (CTIO) bulunan 1.5-m çaplı SMARTS (Small and Moderate Aperture Research Telescope System = Küçük ve Orta Açıklık Araştırma Teleskop Sistemi) teleskobuna bağlı CHIRON tayfölçeri ile yapılan gözlemler, proje verilerek ve saatlik teleskop kullanım ücreti karşılığı yapılmıştır. 67 Mus (HR 5049) ve 112 Her (HR 7113) yıldızlarının teleskop zamanı toplamda yaklaşık 36 saat olup, kullanım bedeli olan \$7200 Amerikan Doları Prof. Dr. Saul J. ADELMAN ve Prof. Dr. Kutluay YÜCE tarafından sağlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Kimyasal Sıra Dışı Yıldızlar

Kimyasal sıra dışı (CP) yıldızlar, standart tayfsal sınıflandırmaya uymayan yıldızlardır (örn. Maury 1897, Cannon 1901). Bunun başlıca sebepleri; tayflarındaki bazı elementlere ait soğurma çizgilerinin güçlü ya da zayıf oluşu, keskin tayf çizgilerinden anlaşılan yavaş dönme hızına sahip olmaları ve değişken çizgi şiddetleridir (örn. Ludendorff 1906, Baxandall 1913, Guthnick ve Prager 1914).

CP yıldızları ilk Antonia Maury'nin dikkatini çekmiştir (Maury 1897). Antonia Maury'nin kimyasal sıra dışı yıldızları gündeme getirmesi, Harvard Gözlemevi'nde yaptığı yıldız tayfları üzerindeki çalışmaları sonucunda olmuştur. Maury'nin bu konuda en önemli çalışması, Henry Draper Kataloğu üzerinde gerçekleştirdiği tayfsal sınıflandırma ve analizlerdir. Bu katalog, Edward Charles Pickering tarafından başlatılmış ve yıldızların tayfsal özelliklerinin sistematik bir şekilde incelenmesini amaçlamıştır. Katalogda, yıldızların tayfsal sınıflandırmaları üzerine yoğunlaşmış ve kendi benzersiz sınıflandırma sistemini geliştirmiştir. Bu sistem, yıldız tayflarının sadece sıcaklıklarını değil, aynı zamanda çizgi genişlikleri gibi diğer özelliklerini de dikkate alıyordu. Maury, bazı yıldızların tayflarında görülen sıra dışılıkları belirledi ve bunların kimyasal bileşimlerdeki farklılıklardan kaynaklandığını öne sürdü. Bu farklılıklar, onların evrimsel süreçleri ve iç yapıları hakkında önemli ipuçları sağlamaktaydı. Bu sınıflandırma, yıldızların kimyasal özelliklerine dayanarak yapılan ilk ayrıntılı çalışmalardan biri olarak kabul edilmektedir (Carroll ve Ostlie 2017).

Üst anakol bölgesinde yer alan bazı CP yıldızların birçok türünde gözlemlenen kimyasal sıra dışı özelliklerin sebebi olarak atomik yayılım teorisi (atomic diffusion) gösterilmektedir. Atomik yayılım, yavaş dönen yıldızların durgun atmosferlerinde, ışınsal yükselim (radiative elevation) ve gravitasyonel çökelim (gravitational settling) etkileşimiyle oluşan özel durumdur (Richer vd. 2000). En büyük bolluk anomalileri bu yıldızlarda gözlemlendiğinden; Michaud (1970), *Ap* ve *Bp* yıldızlarının kimyasal bolluklarında gözlemlenen sıra dışılıktan ışınlı kaynaklı difüzyonun sorumlu olduğunu

ileri sürmüştür. Birçok element çekim kuvveti etkisiyle içe doğru çekilirken, soğurma çizgileri yerel akı maksimumuna yakın olan bazı elementler dışa doğru itilir. Civa-Mangan (HgMn) tipi yıldızlar arasında ağır elementler göreceli olarak bol miktarda iken, yıldızlarda genelde bol olan hafif elementlerin oranı azalır. Metal çizgili *Am* tipi yıldızlarda gözlenen bolluk anormalliğinin ana nedeni olarak da ışıyım basıncı tarafından kontrol edilen atomik difüzyon kabul edilmiştir. Işıyım basıncı ve yüzey çekim (bölgesel) arasındaki denge, elementin yukarı doğru itilmesini ve orada tutulmasını sağlar. Aynı zamanda bu denge aşağı yöndeki hareketini de belirler. Eğer direnç gösteren hidrodinamik süreçler yoksa, atomik difüzyon gözlenenden daha büyük bolluk anomalileri üretebilir. Sabit bir oranda türbülans ve kütle kaybı meydana geliyorsa bolluk miktarlarında azalma beklenebilir (Yüce 2020).

CP yıldızlarda elementlerin bolluk analizi yapıldığında ortaya çıkan bolluk anomalilerinin başlıca sebeplerinden birisi de dikey tabakalaşmadır. Dikey tabakalaşma, bir gökcisminin atmosferinde veya dış katmanlarında elementlerin farklı yüksekliklerde farklı bolluklara sahip olması durumudur. Bu süreç, kütleçekimsel çökme, radyatif itme, konveksiyon ve difüzyon gibi mekanizmaların karmaşık etkileşimleri sonucu ortaya çıkar (Vauclair ve Vauclair 1982). Kütleçekimsel çökme, düşük konveksiyonlu yıldızlarda ve gezegen atmosferlerinde ağır elementlerin kütle çekim etkisiyle alt katmanlara çökmesi, hafif elementlerin ise üst katmanlarda birikmesi sürecidir. Radyatif itme, sıcak yıldızlarda ışıyım basıncının belirli elementleri üst katmanlara taşıyarak bolluklarının yüksekliğe bağlı olarak değişmesine neden olan süreçtir. Bir yıldız veya gezegen atmosferinde konveksiyon hareketinin güçlü olması durumunda elementlerin homojen dağılmasını, zayıf olması durumunda ise kütlelerine veya iyonlaşma durumlarına göre farklı katmanlarda birikmesini sağlayan mekanizmadır. Difüzyon mekanizmaları, termal hareketlerin elementleri farklı katmanlara dağıtması (atomik difüzyon) ve manyetik alanların yüklü parçacıkların hareketini kısıtlayarak belirli elementlerin belirli katmanlarda toplanmasına neden olur.

CP yıldızlarının standart sınıflaması Preston (1974) tarafından yapılmıştır. Preston, CP yıldızlarını dört gruba ayırır; Metalik çizgili yıldızlar (CP1; bir diğer adı da *Am* yıldızları), manyetik *Ap* yıldızları (CP2 ya da mCP), HgMn yıldızları (CP3, Civa-Mangan yıldızları)

ve zayıf-Helyum çizgili yıldızlar (CP4). Bu yıldızlardan CP2 ve CP4 tipleri için manyetik alanların varlığı gözlemlenmiştir. Manyetik özellikli olmayan CP1 ve CP3 tipi yıldızların çoğu zaman çift sistemlerde bulunduğu ve kendi eksenleri etrafında dönme hızlarının Güneş gibi normal kimyasal bileşimli yıldızlardan daha yavaş olduğu farkedilmiştir. Bazı CP yıldızlarının tayfsal analizlerinden Si, Hg veya nadir toprak elementleri (Rare Earth Elements = REEs) gibi elementlerin diğer yıldızlara oranla çok daha fazla olduğu; buna karşılık diğer tiplerin atmosferlerinde kimi elementlerin çok daha az bulunduğu (He-zayıf yıldızlar gibi) kaydedilmiştir.

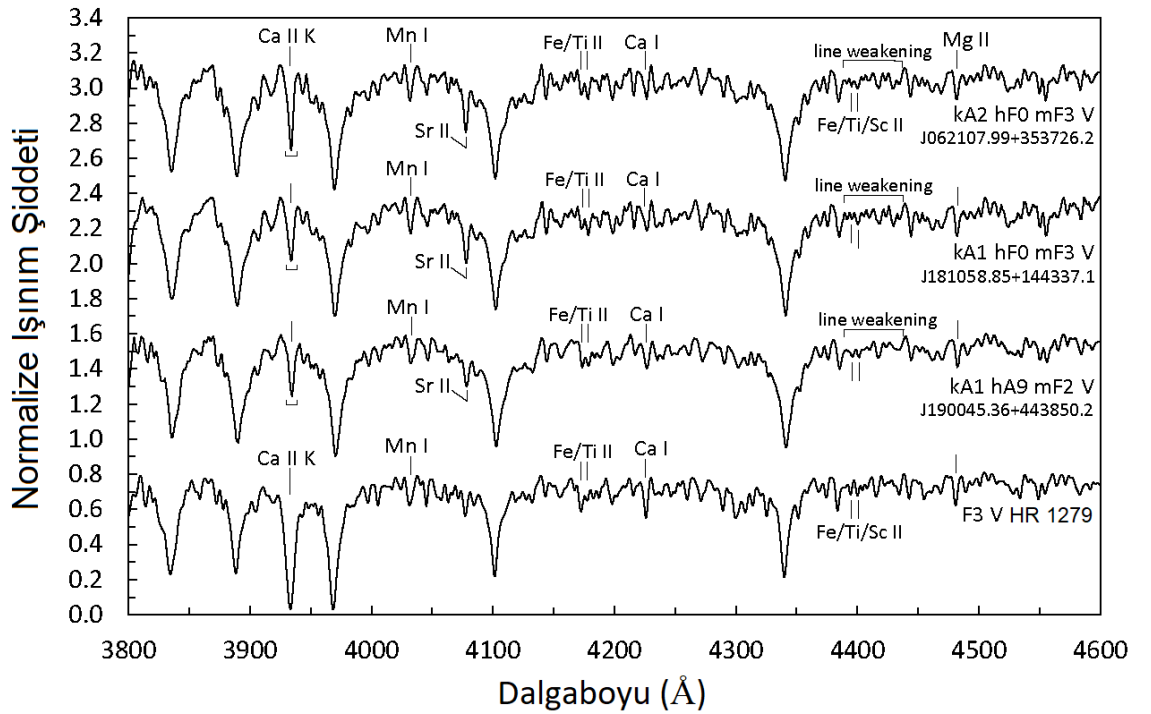
CP yıldızlarının kimyasal bolluk çalışmalarında dikkat çeken özelliklerden biri C,N,O bolluklarının Güneş'teki değerlere yakın ya da daha fakir olma durumudur. Adelman ve Yüce (2010)'nın inceledikleri bazı CP yıldızlarından elde ettikleri değerler bu tespiti destekler niteliktedir. Yüce ve Adelman (2014) çalışmasında incelenen 17 adet HgMn ve 21 adet *Am* yıldızının C ve O bollukları da yine Güneş'ten daha fakir veya Güneş bolluğu civarındadır. Takeda vd. (2018)'de 100 normal, *Am* ve HgMn yıldızı için C,N,O bolluklarına ilişkin analizler yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda normal yıldızların C,N,O bolluğunda belirgin bir zenginlik ya da fakirlik görülmezken ($-1 \lesssim [C,N,O/H] \lesssim 0$); CP yıldızlarında C veya N için ~ 2 dex kadar belirgin derecede büyük fakirlik tespit edilmiştir.

2.1.1 CP1 – Metalik çizgili A (*Am*) yıldızları

Metalik çizgili yıldızlar ilk kez Titus ve Morgan (1940) tarafından kimyasal sıra dışı yıldızlar olarak fark edilmiştir. Sonraki çalışmalarda, incelenen bütün *Am* yıldızlarının yavaş dönen yıldızlar ($V_{\text{ekvator}} \sim 100 \text{ km s}^{-1}$) olduğu tespit edilmiştir. Tayflarında *Ap* yıldızları ile benzer anormallikler göstermeyen, metalik çizgili ve aynı zamanda manyetik özellik göstermeyen yıldızlara *Am* tipi yıldızlar denilmektedir. A - F tayf türü aralığında kimyasal sıra dışı olmayan yıldızların hemen hemen %70 kadarı δ Scuti değişenleri olarak sınıflandırılmaktadır (Carrier vd. 2007).

CP1/*Am* yıldızları, Ca ve Sc'nin önemli miktarda azlığı ve genel olarak Demir-pikli elementlerin ve daha ağır elementlerin fazlalığıyla karakterize edilen A ve erken F tayf türü aralığındaki yıldızlardır. Bu yıldızlar, Ca II K çizgileri, Balmer çizgileri ve/veya metal çizgilerine göre yapılan sınıflandırmada belirgin bir farklılık gösterirler. Ca II K ile metal çizgilerinden elde edilen tayf türü farkı en az 5 alt tayf türü farkı vardır. Aralarındaki fark 5 alt türden az ise Morgan vd. (1978) tarafından 'proto *Am*' yıldızları olarak adlandırılmıştır. Günümüzde ise 'marjinal *Am*' yıldızları olarak bilinmektedir.

Şekil 2.1'deki karşılaştırmada *Am* yıldızlarının metalik çizgi tayfları, Hidrojen çizgileri göre biraz daha geç ve Ca II K çizgileri açıkça zayıf olarak görünmektedir ve sırasıyla A1V ve A2V standartlarıyla en iyi şekilde eşleşir. Ayrıca özellikle güçlü Sr λ 4077 Å çizgilerine ve $\lambda\lambda$ 4395–4400 Å bölgesindeki soğurma çizgilerinin zayıflaması da dikkat çekmektedir.



Şekil 2.1 Üç *Am* yıldızına ait tayfın normal HR1279 yıldızı ile karşılaştırılması (Hümmerich 2021)

Am yıldızları nispeten zayıf Ca II K çizgisinin yanı sıra zayıf Ca I λ 4226 Å çizgisine sahiptir ve Sc II'den önemli katkılar içeren $\lambda\lambda$ 4395–4400 Å bölgesindeki soğurma

çizgilerindeki zayıflama fark edilir. *Am* yıldızlarının sınıflandırılmasında Ca II K çizgisi, Hidrojen çizgileri ve metalik çizgilerin kuvvetinden türetilen tayf türleri belirtilmektedir. Bu süreçte geleneksel olarak kullanılan çizgilerin çoğu ya güçlü (Sr II λ 4077 Å ve Fe/Ti II $\lambda\lambda$ 4172–4179 Å gibi) ya da zayıf (λ 4417 Å gibi) olduğundan, bu yıldızların kimyasal bileşimlerine göre yapılan sınıflandırmada dikkatli olunması gerekir.

Değişen yıldız olmayanların çoğu ise metalik çizgili yıldızlardır. Bu yıldızların zonklamadıkları gözlemsel olarak henüz kanıtlanmamasına rağmen, genellikle iki olasılık üzerinde durulur: Fotometrik değişkenlik gösteren *Am* tipi yıldızlar ya sayıca nispeten azdır ya da sahip oldukları zonklamalar henüz tespit edilemeyecek derecede düşük genliklidir (Carrier vd. 2007).

Am tipi yıldızlarda C, N, O ve Ca bollukları genelde Güneş'e nazaran daha az iken, Demir grubu elementler daha fazladır. Bu bolluk anormalliklerinin nedenleri arasında yıldızda kütle kaybı, türbülans hareketi ve gezegenini yutması gibi farklı fiziksel süreçler gösterilebilir (Michaud 2005).

Marjinal *Am* yıldızları için yaygın olarak kullanılan sınıflandırma, Ca II K çizgisine, Hidrojen çizgilerine ve metalik çizgilere göre 3 türü içerir. Tipik kimyasal model, Ca ve/veya Sc'nin az miktarda olduğunu ve Fe, Y, Ba ve nadir toprak elementlerinin aşırı bolluğu olduğunu gösterir (Catanzaro ve Balona 2012).

Kimyasal elementlerin sıra dışı bollukları yalnızca yıldız atmosferleriyle veya yıldızın iç katmanlarının bir seviyesine kadar bulunan kısmı ile (*AmFm* yıldızlarında) ilişkilidir ve tüm yıldızın kimyasal bileşimini yansıtmaz (Khalack vd. 2020).

Normal A tipi ve *Am* yıldızlarının bolluk değerleri birbirine benzemektedir. Aralarındaki ayrımı yapabilmek amacıyla, Adelman ve Unsree (2007) tarafından 17 yıldız araştırılmıştır. Gözlemlerden elde edilen birçok bolluk sıra dışı durumların birbirleriyle uyumlu olduğunu göstermektedir. Bu sonuçla, *Am* türü yıldız tanımının, “görünürde

normal A'' (*superficially normal stars*) olarak sınıflandırılan yıldızlarda da rol oynadığı sonucunu ortaya çıkarmıştır.

2.1.2 CP2 – Manyetik Ap yıldızları

Ap yıldızları, normal A yıldızlarına kıyasla atmosferlerinde yüksek düzeylerde metalik elementlerin bulunmasından dolayı kimyasal sıra dışı yıldızlar olarak sınıflandırılırlar. Bunlar aynı zamanda manyetik özellikli yıldızlardır ve $\sim 0.1\text{--}30$ kG Gauss mertebesinde manyetik alanlara sahiptirler (Babcock 1960 ve Landstreet 1982). Ap yıldızlarının manyetik alanları, yıldızın manyetik kutupları arasındaki bir manyetik kalkan tarafından korunur. Güçlü manyetik özellik gösteren Ap yıldızları mCP olarak sınıflandırılırlar.

B – F tayf türü aralığındaki yıldızları kapsayan CP2 yıldızları, değişken çizgi şiddetleri ve radyal hız değişimlerinin yanı sıra genel olarak aynı periyodikliğe sahip fotometrik değişkenlikle karakterize edilir. CP2 yıldızları tipik olarak Güneş'e kıyasla Si, Sr, Cr, Eu ve diğer nadir toprak elementleri için birkaç dex kadar aşırı bolluğa sahiptir (Saffe vd. 2005). Bu elementlerin aşırı bolluğu etkin sıcaklıkla güçlü bir pozitif korelasyon gösterir (Bernhard vd. 2015).

Yıldız maddesinin homojen olmayan dağılımından kaynaklanan, tayf çizgilerinde kendini gösteren Zeeman yarılması ve aşırı bolluk anomalileri manyetik CP yıldızlarının tayfsal analizlerini zorlaştırmaktadır. Demir-pikli elementlerin bolluk açısından 10 ila 100 kat zengin olmaları yaygındır. Vanadyum ve Nikel çizgileri genellikle zayıftır ve bu elementler bazı yıldızlarda fakirdir. Lantanit grubu nadir toprak elementleri, Güneş bolluğundan 100 ila 1000 kat veya daha fazla bolluk miktarına sahip olabilir. Aktinit grubu nadir toprak elementleri Uranyum ve Toryum, manyetik CP yıldızlarının birkaçında zayıf olarak bulunur.

Manyetik CP yıldızlarında Civa bolluğu da fazla bulunabilmektedir fakat CP3 türü HgMn yıldızlarındaki kadar çok değildir (Cowley 1993). Manyetik CP yıldızlarındaki bolluklar birçok nedenden dolayı büyük belirsizliklere sahiptir. Bu grup yıldızların bazılarında,

elementlerin bolluk dağılımı yıldız yüzeyi boyunca homojen değildir. Ek olarak, Zeeman etkisi yıldız tayflarının teorik olarak yeniden üretilmesini büyük ölçüde karmaşıktır. Manyetik CP yıldızlarındaki bollukların çoğu homojen yüzeylere sahip modellere dayanmaktadır. Bu tür modellerin kullanılmasıyla ne kadar hata yapıldığını görmek için sayısal deneyler yapılması gerekir. Elbette, genelleme yapmak zordur çünkü homojenlik miktarı bir yıldızdan diğerine değişir.

Yüce ve Adelman (2019) çalışmasında Fairborn Gözlemevi, Arizona'da bulunan FCAPT (Four College Automated Photoelectric Telescope) ile yapılan gözlemler sonucunda, mCP yıldızları HD 16545, HD 93226, HR 7575 ve HR 8206'nın diferansiyel Strömgren $uvby$ gözlemlerini elde ettiler. Çalışmada, geç-B erken-F tayf türü aralığındaki bu mCP (manyetik kimyasal sıra dışı) yıldızlarının tayfsal ve fotometrik özellikleri ile bu yıldızların periyotlarının ve Strömgren $uvby\beta$ fotometrik genliklerinin dağılımları incelenmiştir. Araştırmaya göre, eğer manyetik alan, yıldız fotosferindeki element bolluğunun değişmesine neden oluyorsa; o zaman tüm mCP yıldızları hem tayflarında hem de akı dağılımlarında bu etkinin izlerini göstermeliydi. Tüm yıldızların dönme hareketi yaptığı göz önüne alındığında, bu yıldızların bazen düşük genlikli de olsa tayfsal, manyetik ve fotometrik değişimler göstermesi gerekmektedir. Sonuç olarak bu yıldızların fotometrik dönemleri ile genlikleri arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenildi.

Manyetik yıldızlardaki fotometrik değişimler için genel olarak kabul gören açıklama, yıldızın kendi eksenini etrafında dönüşünün yüzeyinde homojen olmayan parlaklık dağılımına sebep olmasıdır (Guthnick ve Prager 1914).

Adelman (2002), mCP yıldızları için ZAMS (Zero Age Main Sequence = Sıfır Yaş Anakol)'dan uzaklaştıkça dönme hızlarının azalacağı beklentisi için bazı kanıtlar bulmuştur. Çok hızlı dönen mCP yıldızlarının birçoğunun ZAMS'a yakın olduğunu ve çok yavaş dönenlerin bazılarının ZAMS'tan çok uzakta olduğunu fark etmiştir.

A_p yıldızlarının çoğu, tayfsal olarak tespit edilebilen manyetik alana sahiptir. Bu manyetik alan, yıldızın manyetik kutuplarına doğru yoğunlaşan elementlerin yüzeyde

yerleşmesine neden olur. Bu durum, yüzeydeki element yoğunluğunun dağılımında ve dolayısıyla tayfında farklılıklar yaratır.

Ap yıldızlarının bazı özellikleri şunlardır: Genellikle A veya B tayf türünden yıldızlardır. Tayflarında genellikle manyetik bölgeler bulunur ve bu bölgeler tayfta geniş veya keskin tayf çizgileri olarak kendisini gösterir. Yüzeylerindeki element dağılımı, manyetik kutuplara doğru yoğunlaşır ve bu nedenle elementlerin bulunduğu yerlere göre tayflarında farklılıklar oluşur. Genellikle yavaş dönme (rotasyon) hızına sahiptirler. Bazı *Ap* yıldızları, aşırı metal zenginliği ve yavaş dönme hızları nedeniyle, potansiyel olarak yaşamın var olabileceği gezegenlere sahip olabilirler.

Ap yıldızların tayfları, yüzeydeki elementlerin dağılımını gösterir ve manyetik alanın etkilerini yansıtır. Tayfsal analiz, manyetik alanın yoğunluğunu, bileşenlerini ve dağılımını tahmin etmek için kullanılabilir.

Ap/CP2 yıldızları, tayflarında şaşırtıcı miktarda çeşitlilik sergiler ve HD 101065 (Przybylski yıldızı; Przybylski 1961) yıldızı gibi bilinen en sıra dışı yıldızlardan bazıları bu gruba aittir. *Am* yıldızları genel olarak Demir-pikli elementleri ve daha ağır elementlerin aşırı bolluğunu gösterirken, *Ap* yıldızlarında yalnızca belli başlı elementlerin bolluğunda zenginlik görülmektedir. Bu yıldızlara $7000\text{ K} < T_e < 16000\text{ K}$ gibi geniş bir sıcaklık aralığında karşılaşılr ve dağılımlarının sıcak ve soğuk ucunda çok farklı tayflar gösterirler. Hubrig vd. (2000)'e göre etkin sıcaklıklar, manyetik *Ap* (*mCP*) yıldızlarının evrimsel durumuna ilişkin tartışmanın merkezinde yer almaktadır. Literatürde *Ap* yıldızları için birçok sınıflandırma sistemi önerilmiştir ve yüksek çözünürlükte hiçbir iki *Ap* yıldızı tayfının aynı görünmemesi oldukça mümkündür. Ayrıca *Ap* yıldızlarının tayfsal değişkenler olması onları araştırma adına ilgiyi arttırmaktadır fakat bu yıldızlarla uğraşırken; *Ap* yıldız tayflarının düşük çözünürlükte sınıflandırırken, "en aldatıcı özelliğinin, $\lambda 4130\text{ Å}$ yakınında merkezlenen güçlü, geniş bir blend çizgisinin varlığı" olduğu daima akılda tutulması gerekmektedir (Gray ve Corbally 2009). Daha sıcak *Ap* yıldızlarında bu karışım genellikle Si II $\lambda\lambda 4128\text{--}4130\text{ Å}$ ikilisinden kaynaklanırken, daha soğuk yıldızlarda ise öncelikle güçlü Eu II $\lambda 4130\text{ Å}$ çizgisinden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde, özellikle daha soğuk *Ap* yıldızlarının karakteristik

özelliği olan güçlü λ 4077 Å çizgisinin yorumlanmasında da dikkatli olunması gerekmektedir. Bu iyonların diğer ilgili soğurma çizgilerine göre değerlendirilmesi gereken Si II λ 4076 Å, Sr II λ 4077 Å ve Cr II λ 4077 Å gibi farklı iyonların katkılarını içerebilir.

Bunun dışında tayfsal sınıflandırmada, belirli geleneksel sınıflandırma kriterlerinin *Ap* yıldızları için güvenilir sonuçlar vermeyebileceğinin farkında olunması gerekmektedir. Özellikle aşağıdaki noktaları göz önünde bulundurmak gerekir:

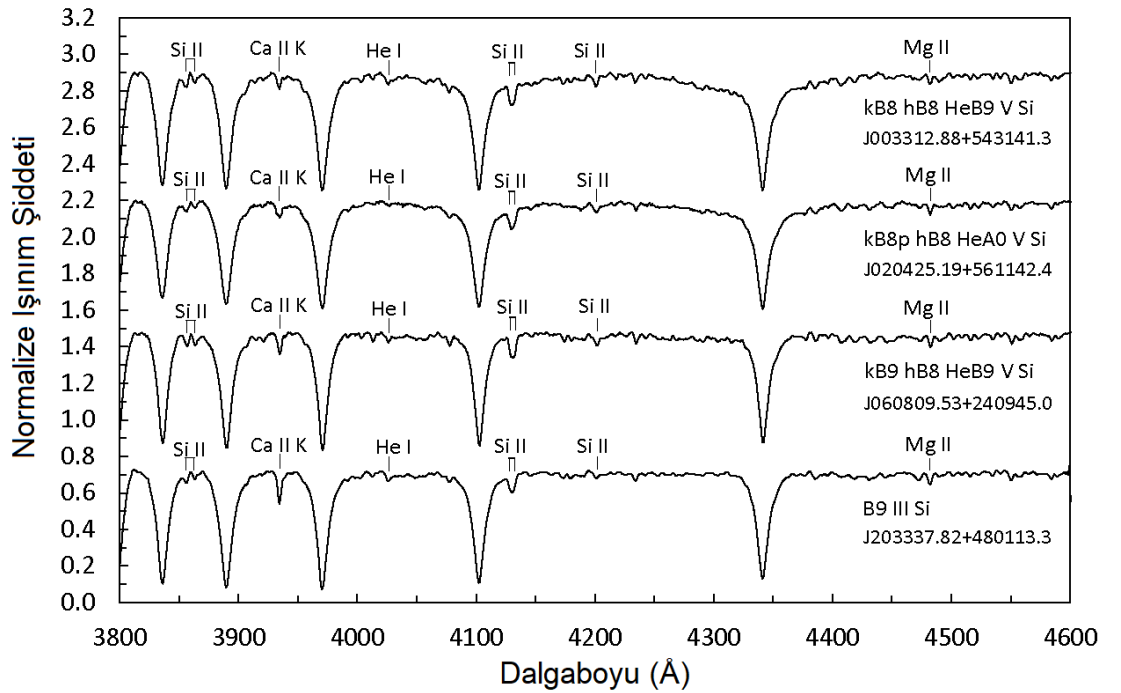
- *Ap* yıldızları alışılmadık derecede zayıf veya güçlü Ca II K çizgileri gösterme eğilimindedir. Bu nedenle Ca II K çizgisinin şiddetine dayalı bir sıcaklık belirlemesi güvenilmezdir.
- Pek çok *Ap* yıldızının atmosferi He açısından gözle görülür derecede fakirdir, bu da tayflarında zayıf He I çizgileri oluşmasına neden olur.
- *Ap* yıldızlarının metalik çizgi tayfları o kadar sıra dışıdır ki, sıcaklık veya parlaklık sınıflandırmasında geleneksel olarak kullanılan birçok çizginin uygulanabilirliği, bu çizgiler alışılmadık derecede zayıf veya güçlü görünebileceğinden ciddi şekilde tehlikeye girer (Hümmerich 2021).

Bu nedenle, bir *Ap* yıldızının sıcaklık ve parlaklık tipini en iyi Hidrojen Balmer çizgi profillerine göre belirleyebiliriz (Gray ve Corbally 2009).

CP2 yıldızlarında gözlenen manyetik alan nedeniyle yüzeylerindeki element dağılımı ve tayfsal özellikleri, yıldızın dönüşüyle değişebilir. Bu nedenle, bazı CP yıldızları düzensiz tayfsal değişimler gösterirken, diğerleri nispeten daha sabit bir tayfsal karaktere sahiptir. CP yıldızlarında manyetik alan etkisi, bu konuda çalışan astrofizikçiler tarafından yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu çalışmalar, manyetik alanın yıldızın iç yapısı ve evrimi üzerindeki etkisini anlamamıza yardımcı olmaktadır (Hubrig 2014).

Ap yıldızları arasında sıcak Si yıldızları oldukça homojen bir grup oluşturur. Bunlar, λ 3856 Å, λ 3862 Å ve $\lambda\lambda$ 4128–4130 Å çizgilerinde güçlü Si II çizgileri ile karakterize edilir. Si II $\lambda\lambda$ 4128–4130 Å blend çizgilerinin yanı sıra diğer iyonlardan da

kaynaklanabileceğinden (veya en azından katkıları içerebileceğinden), bir Si özelliği oluşturmak için λ 3856 Å ve λ 3862 Å çizgilerinin varlığının kontrol edilmesi zorunludur. Kırmızı tayf bölgesinde λ 5041 Å, $\lambda\lambda$ 5055-5056 Å, λ 6347 Å ve λ 6371 Å'deki Si II çizgileri belirleyici niteliktedir. Yalnızca daha sıcak Si yıldızlarında bulunan yüksek uyarımlı Si II λ 4200 Å çizgisinin varlığına dikkat edilmelidir. Bazı sıcak Si yıldızlarının tayflarında görülen zayıf He çizgileri onların geçmişte A-türü yıldızlar olarak sınıflandırılmasına yol açmıştır. Ancak bunların çoğu aslında B8 ve B9 tayfsal sınıflarına aittir. Ayrıca sıklıkla zayıf Mg II λ 4481 Å çizgileri gösterirler (Şekil 2.2).

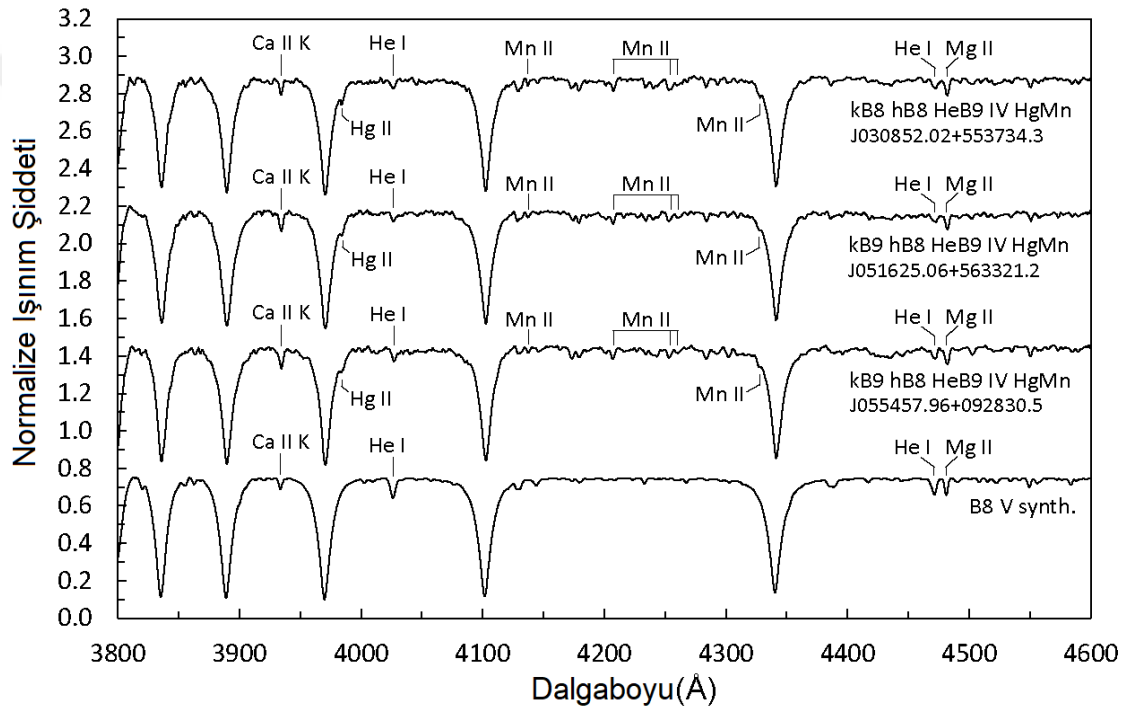


Şekil 2.2 Si II $\lambda\lambda$ 4128–4130 Å çifti nedeniyle λ 4130 Å civarında güçlü geniş blendler gösteren dört sıcak Si Ap yıldızı (Hümmerich 2021)

Şekil 2.2 örneğinde yıldız tayflarında yalnızca daha sıcak Si yıldızlarında bulunan yüksek uyarımlı Si II λ 4200 Å çizgisinin de varlığını göstermektedir. Dört yıldızın tümü açıkça He-zayıftır ve oldukça zayıf Mg II λ 4481 Å çizgileri gösterir. J020425.19+561142.4'teki (üstten 2. tayf) sıra dışı Ca II K çizgi profili göstermektedir.

2.1.3 CP3 – HgMn yıldızları

CP yıldızlarının önemli bir grubu da HgMn tipi yıldızlar denilen gruptur. Adlarının ima ettiği gibi bu yıldızlar şiddetli Civa (Hg) ve Mangan (Mn) çizgileri gözlenen tayflarıyla tanınırlar. Hümmerich (2021)'e göre HgMn/CP3 yıldızları, güçlü Hg ve Mn fazlalığıyla (Güneş'e göre sırasıyla +6 dex ve +3 dex'e kadar) karakterize edilen B6-A0 tayf türü aralığında bulunan yıldızlardır. Görünür bölgenin kısa dalgaboyu tarafında Hg II ve Mn II çizgilerinin varlığına göre sınıflandırılırlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Üç temsili HgMn yıldızı. En altta karşılaştırma amaçlı sentetik tayf bulunmaktadır (Hümmerich 2021)

Hg II λ 3984 Å çizgisi Civa-Mangan yıldızları için belirleyici çizgilerin başında yer alır ve bu çözünürlükte H_e çizgisinin kırmızı kanadında sadece bir tümsek gibi görünür. En göze çarpan Mn II özellikleri λ 4136 Å, $\lambda\lambda$ 4252-4259 Å ve özellikle λ 4206 Å'da bulunur. Genel olarak yıldızın tüm tayfında bulunan Mangan çizgileri ile bolluğunu belirleyerek bir Mn yıldızı olup/olmadığı hakkında çıkarım yapılabilir. Yukarıda gösterilen örnek tayfların tümü biraz zayıf He I çizgilerine sahiptir. Karşılaştırma için, en altta $T_e = 12500$

K, $\log g = 4.0$, $[M/H]=0.0$ ve $\xi = 2 \text{ km s}^{-1}$ 'lik bir mikrotürbülans hızı (tayf tipi ve ışıınım sınıfı B8 V) olan normalize sentetik tayf görölmektedir.

HgMn yıldızlarının kimyasal bolluk analizleri sonucunda He, Ni ve Al gibi bazı elementlerin beklenenden az ve Fe, Ga ve Xe gibi elementlerin aşırı bol miktarda olması durumu ile karşılaşılr (Castelli ve Hubrig 2004, Yüce vd. 2011). Element bolluk oranları elementten elemente (atom numarasının fonksiyonu olarak) ve yıldızdan yıldıza farklılık göstermektedir. Bu yıldız grubunda var olduğu tahmin edilen difüzyon sürecinin, sıcaklığı birbirine yakın yıldızlarda neden birbirinden farklı element bolluk dağılımlarına yol açtığı henüz anlaşılmamıştır. HgMn tipi yıldızlar çift ya da çoklu sistemlerin birer üyesi olabilir. Aslında, bu gruptan yıldızların çift sistemin üyesi olanlarının %50 den daha fazla olduğu (Smith 1996); hatta bazı çalışmalarda %91'e kadar ulaşabildiğı (Schöller vd. 2010) anlaşılmaktadır. Çift olma halinin, HgMn yıldızlarında gözlenen element bolluk dağılımlarının anlaşılmasında ve teorisinde çok önemli bir rol oynadığı öne sürölmektedir (Hubrig vd. 2012).

HgMn yıldızlarında kuvvetli ve düzenli manyetik alanlar görölmez; fakat birçok araştırmacı zayıf manyetik alanların bulunduğunu iddia etmiştir. Ancak, bu iddia hâlen tartışılmaktadır. HgMn tipi yıldızların yüzeylerindeki element dağılımının homojen olmamasından hareketle, element oluşum evrimlerinin birbirinden bağımsız ve yerel olabileceğı düşünölmektedir (Kochukhov vd. 2007). Çok az sayıda HgMn yıldızının fotometrik bakımdan değışken olduğu da bilinmektedir.

HgMn yıldızları da atmosferlerinde yüksek düzeylerde metalik elementler gösterirler. Ancak, *Ap* / *Bp* yıldızlarından farklı olarak, HgMn yıldızlarının manyetik alanları düşük veya hiç olmadığından bu yıldızların atmosferleri ışıınım basıncından etkilenir. CP yıldızlarında gözlemlenen sıra dışı yüzey element bolluklarının beklenilenden sapması Güneş'teki değerlerden orta ölçekte veya çok büyük olabilir (Loden ve Sundman 1989). En sıra dışı bu tip gökcisimleri arasında aşırı bol lantanit elementleri sergileyen HD 51418 (Jones vd. 1974), HD 9996 (Preston ve Wolff 1970) yıldızları ile HgMn grubu ile ilişkili olduğu düşünölen HD 65949 (Cowley vd. 2010) sayılabilir.

2.1.4 CP4 – Zayıf Helyum çizgili (He-weak) yıldızlar

Zayıf Helyum çizgili yıldızlar, adından da anlaşılacağı gibi atmosferlerinde güneş bolluğuna nazaran daha düşük düzeylerde Helyum bolluğu gösteren kimyasal sıra dışı yıldızlardır. Bu yıldızların manyetik alanları vardır fakat çok güçlü değildir ve atmosferik özellikleri genellikle *Ap/Bp* yıldızlarından ve HgMn yıldızlarından farklıdır. Zayıf-Helyum / CP4 yıldızları, Hidrojen çizgi profilinden türetilen tayf türü için alışılmadık derecede zayıf He I çizgilerine sahip B-türü yıldızlardır (genellikle B3 ve daha geç B türü yıldızlar). Bu nedenle, bu yıldızlar için genellikle He I çizgilerinin gücüne dayalı bir tayf türü belirtilir (Osawa 1965, Garrison ve Gray 1994). Bu grubun diğer özellikleri; oldukça belirgin metalik çizgiler, alışılmadık (çoğunlukla geniş ve üçgen) He I çizgi profilleri (özellikle λ 4471 çizgisinde fark edilir) ve C II λ 4267 ve Si III λ 4552 çizgileridir (Hümmerich 2021).

He-bakımından zengin ve fakir yıldızların çoğu anakol yıldızıdır. Zayıf Helyum çizgili yıldızların oluşumu hala tam olarak anlaşılamamıştır. Bununla birlikte, Hidrojen yerine Helyum elementinin yıldız yüzeyine çıkaran etkilerin olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, yıldızın içindeki elementlerin karışmasından kaynaklanabilir veya yıldızın yüzeyindeki kimyasal reaksiyonların sonucu olarak ortaya çıkabilir. Ayrıca, manyetik alanların rolü de araştırılmaktadır. Çeşitli incelemeler ve makaleler (örn. Hümmerich 2021), CP yıldızlarının temel parametrelerini elde etmenin zorluklarını vurgulamaktadır. Çoğu zaman, fotometri ve model atmosfer uyumu yoluyla CP yıldızlarının etkin sıcaklıklarının ve yüzey çekim ivmelerinin belirlenmesi, “normal” olarak adlandırılan yıldızlara göre daha karmaşıktır.

Zayıf Helyum çizgili yıldızlar, astrofizikçiler tarafından sıklıkla incelenir. Özellikle, elementlerin yüzey bileşimi ile manyetik alan arasındaki ilişkiyi anlamak için kullanılırlar. Ayrıca, yıldızların özellikleri, evrimleri hakkında da ipuçları verir. Örneğin, zayıf Helyum çizgili yıldızların Hidrojen Balmer çizgi şiddetlerinin zayıf olmalarından ötürü daha yüksek sıcaklıklarda ortaya çıktığı düşünülmektedir.

2.2 Tayfsal Çift Yıldızların Temel Özellikleri

Çift yıldızlar, evrendeki tek yıldızlar kadar yaygındırlar; görünür yıldızların yaklaşık yarısı çift veya çoklu sistemlerin üyesidir (Kallrath ve Eugene 1998, Lada 2006). Çift yıldız sistemleri, sağlayabileceği bilgiler nedeniyle önemlidir. Bir yıldızın en önemli temel parametrelerinden biri kütlesidir. Sistemde bulunan yıldızlar arasındaki kütleçekim etkisi, onların belirli bir yörüngede dolanmasına neden olur ve bu durum konumlarının ve hızlarının değişimiyle tespit edilebilir. Bu yolla doğrudan kütle tayini yapılabilir. Aynı zamanda bileşen yıldızlar arasındaki mesafe hakkında da bilgi edinmemizi sağlar. Bazı çift yıldız sistemleri, bize yıldızların boyutları hakkında bilgi verebilecek özelliklere sahiptir. Yıldızların diğer temel parametreleri gözlem ve analiz yöntemine bağlı olarak belirlenebilmektedir. Yöntemler çift yıldız sistemin türüne bağlıdır.

Tayfsal çift yıldızlar, bileşen yıldızların özelliklerinin yanı sıra üyesi oldukları galaksilerin yapılarının ve evrimlerinin anlaşılmasına yardımcı olur. Örneğin, galaksilerdeki tayfsal çift yıldızların dağılımı ve özellikleri, galaksilerin evrimi hakkında önemli bilgiler sağlar.

Kütleçekim, yıldızların kütlesine bağlı olduğundan, çift yıldızların incelenmesi aynı zamanda görünmez gök cisimlerini bulmamıza da yardımcı olur. Eğer bir sistemde gözle görülemeyecek kadar sönük bir gök cismi varsa, uygun bir gözlem yöntemi ile, o cismin doğrudan ya da dolaylı yollarla tespiti mümkündür. Bu şekilde kahverengi cüceler veya gezegenlerin varlığı tespit edilebilmektedir.

Çift yıldız sistemleri birkaç yüzyıldır incelenmektedir. 1783 yılında John Goodricke, Algol'deki ışık değişkenliğinin her 68.8 saatte normalden yaklaşık 2 kadir daha sönük hale gelecek şekilde periyodik olduğunu tespit etmişti. Yıldızın tutulma gösteren bir çift olduğundan kaynaklandığı tanımlamıştır. Başka bir çalışmada, William Herschel'in kız kardeşi Caroline ile Algol yıldızının 40 yıllık gözlem sürecine dayalı yaptıkları çalışmayı 1802 ve 1803'te bir rapor halinde yayınladı. Gözlemledikleri çift yıldızlardan bazılarının Newton yasalarına uygun yörüngelerde olduğunu gösterdiler ve görsel çift yıldız tanımını literatüre eklemiş oldular.

Kullanılan gözlem tekniklerine bağılı olarak yakın çift yıldızlar çeşitli gruplara ayrılır. On dokuzuncu yüzyıldan itibaren çift sistemleri incelemek için birçok yöntem kullanıldı. Gökbilimciler tarafından çift yıldızları gözlemlemek için esas olarak kullanılan teknikler *astrometri*, *fotometri* ve *spektroskopidir*. Her teknikten elde edilen ölçümün değişimi analiz edilebilir ve gözlemlediğimiz cismin çift sistemin bir üyesi olduğunu gösterebilir.

Görsel bir çift yıldız sistemi, bileşenler arası nispeten büyük bir açısal ayrıklığa sahiptir. Araştırmacılar teleskoplarla yaptıkları gözlemlerde yıldızların göreceli konumlarındaki değişimi fark edebilirler çünkü iki yıldız arasındaki açısal mesafe yay saniyesi düzeyindedir.

Bir bileşenin yoldaşına göre göreceli yörüngesi, *astrometri* kullanılarak gözlemlenen bir dizi konum açısı ve açısal uzaklıktan belirlenmektedir. Yörünge dönemleri sistemlerin ayrıklığına bağılı olarak yüzlerce günden yüzyıllara kadar değişmektedir. Yıldızların önemli parametrelerinden birisi olan kütle, Kepler'in üçüncü yasasından belirlenir. Bu yasa (Denklem 2.1), yıldızların yörünge periyodunu, P ve yörüngelerinin büyüklüğü iki yıldızın kütlelerinin toplamı ile ilişkilendirir.

$$G(m_1 + m_2) = 4\pi^2 a^3 / P^2 \quad (2.1)$$

Burada G evrensel kütleçekim sabitidir ve a sistemin yarı-büyük eksen uzunluğudur. Parlaklıkları arasında büyük fark bulunan bazı görsel çift yıldızlar için, yoldaş bileşenden gelen ışınım miktarı, baş bileşenin yüksek ışınım gücü veya parlaklığı nedeniyle görülemeyebilir. Böylesine bir sistem, gözlemciye, arka plandaki yıldızlarla karşılaştırıldığında konumu periyodik olarak değişen tek bir yıldız gibi görülür. Böyle çiftlere *astrometrik çift yıldızlar* denir.

Örten çift yıldızlar, sistemdeki her iki yıldızın gökyüzü düzlemine yaklaşık olarak dik bir yörüngede dolanırlarken parlaklıklarında periyodik bir değişime neden olan çift sistemlerdir. Gözlemcinin bakış doğrultusunda bir yıldız diğerinin önünden geçtiğinde tutulma meydana gelecektir. Bu tür bir sistemin fotometrik gözlemi, çift yıldızın karakteristik ışık eğrisini gösterecektir.

Örten çift sistemler, ışık eğrilerinin şekline göre üç farklı gruba ayrılırlar. Bunlar Algol türü örten çift yıldızlar (*EA*), Beta-Lyrea türü örten çift yıldızlar (*EB*) ve W UMa türü örten çift yıldızlar (*EW*) dır. *EA* türü çift yıldızın ışık eğrisi, tutulmanın dışında neredeyse düz bir maksimuma sahip, açıkça tanımlanmış bir tutulmaya sahiptir. Keşfedilen ilk örten çift yıldız sistemi Algol, bu tür yıldızların tarihsel bir prototipidir. *EB* tipi veya β Lyrae tipi, tutulmadan kaynaklanan ışık eğrisinde sürekli değişkenlik gösteren bir çift sistemdir. Hem *EA* hem de *EB* tipleri, iki minimum arasında büyük bir farka sahiptir; bu durum, iki bileşenin yüzey parlaklığındaki farklılığı gösterir. Son olarak, *EW* tipi veya W UMa tipi, her iki yıldızın da Roche loblarını doldurduğu, aynı düşük yoğunluklu zarfı (atmosferi) paylaştığı kısa periyotlu bir sistemdir (Wilson 1994). Bileşen yıldızlar arasındaki uzaklık, yarıçaplarının toplamına kıyasla çok küçüktür. Bu yakınlık, her iki bileşenin evrimini etkiler. Bu sistemlerin çoğunun periyotları 0.2 ile 1 gün arasındadır (Maceroni ve Van't Veer, 1996). Işık eğrisinde sürekli olarak değişim olan ancak tutulma aşaması ile tutulma dışı aşama arasında hiçbir ayrım olmayan çift yıldızlardır. Her iki minimumun derinlikleri neredeyse aynıdır.

Bir ışık eğrisinin analizi, yörünge eğimini, ışıyım gücü oranını, bileşen yıldızların kütle oranını ve yıldız biçimleri hakkında bilgi sağlayabilir. Örten çift yıldızların mutlak parametreleri, onların fotometrik ve tayfsal gözlemlerinden belirlenebilir.

Tayfsal çift yıldızlar, birbirine teleskop ile ayırt edilemeyecek kadar yakın olan çift yıldızlardır. Gözlemsel tayflarında her iki bileşene ait soğurma/salma çizgilerinin görülmesi ve bu çizgilerin Doppler kayması incelemeleri sonucunda keşfedilmesi ile bileşenlerinin özellikleri tespit edilmektedir. Bu çift sistemlerin iki temel alt grubu vardır; yalnızca bir bileşenin tayfının gözlemlendiği tek çizgili tayfsal çiftler (SB1) ve her iki bileşenin tayfının da tespit edilebildiği çift çizgili tayfsal çiftler (SB2). Bir çift yıldız sisteminin radyal hızı (V_{rad}), yıldızın bakış doğrultusundaki hızını gösterir (Denklem 2.2). Radyal hız, soğurma veya salma çizgilerinin Doppler kayması miktarının belirlenmesini sağlayacak aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \left[\frac{1 + (V_{\text{rad}}/c)}{1 - (V_{\text{rad}}/c)} \right]^{1/2} - 1 \approx \frac{V_{\text{rad}}}{c} \quad (2.2)$$

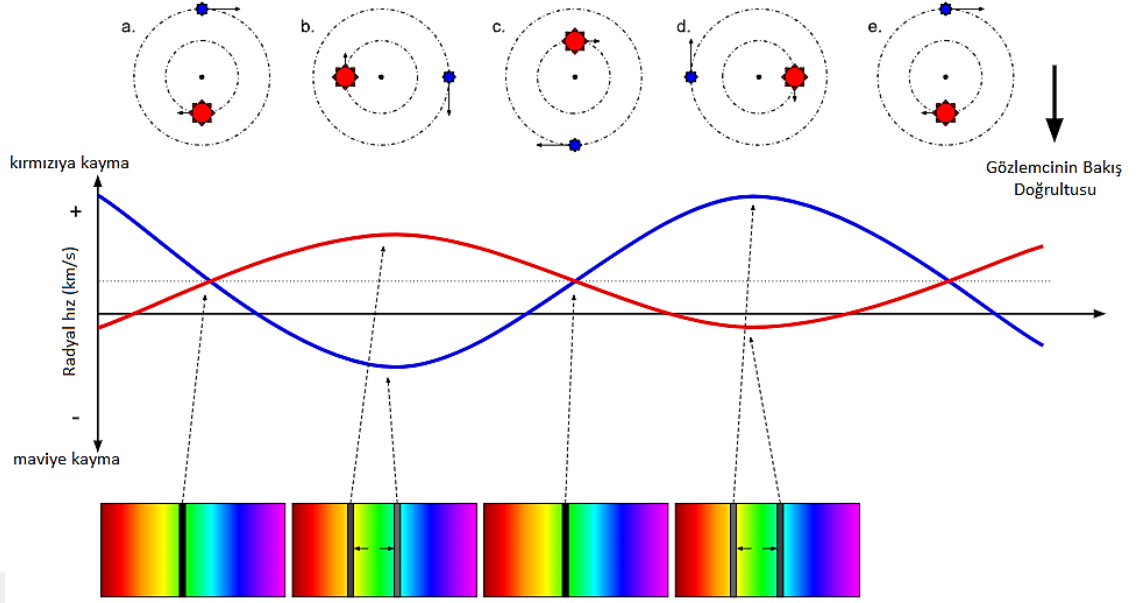
Burada V_{rad} , ışık hızından (c) çok daha küçük olan, gözlemciye göre radyal hızdır, λ bir çizginin gözlemlenen dalga boyudur (Denklem 2.3). $\Delta\lambda$ Doppler kayması nedeniyle dalga boyunda gerçekleşen değişimi ve λ_0 incelenen tayfsal çizginin laboratuvar dalgaboyunu ifade eder. Gözlemciye göre uzaklaşan bir yıldız için, tayf çizgisi uzun dalgaboyuna kaydığında radyal hız pozitiftir. Yıldızın yaklaşma durumunda ise negatiftir ve tayf maviye kayar (Şekil 2.4). Bir çift yıldızın yörüngesi, radyal hızının değişiminden şu şekilde belirlenebilir:

$$\begin{aligned} V_{\text{rad}} = \dot{z} &= \sin i [\sin(v + \omega)\dot{r} + r \cos(v + \omega)\dot{v}] + \gamma \\ &= \frac{2\pi a \sin i}{P(1 - e^2)^{1/2}} [\cos(v + \omega) + e \cos \omega] + \gamma \\ &= K [\cos(v + \omega) + e \cos \omega] + \gamma \end{aligned} \quad (2.3)$$

Burada a sistemin yarı-büyük eksen uzunluğu, i sistemin yörünge eğimini, e yörünge dışmerkezliğidir, v gerçel anomali açısını ve ω parametresi ise enberi noktasının (periastro) boylamıdır. $K = [2\pi a \sin i] / [P (1 - e^2)^{1/2}]$ parametresine radyal hız eğrisinin yarı genliği denir ve K ile gösterilir. “Sistemin hızı” veya “çift sistemin kütle merkezinin radyal hızı” ise γ ile gösterilir.

Bir yıldızın maksimum veya minimum radyal hızı, yıldız yükselen düğümde ($v + \omega = 0$) veya alçalan düğümde ($v + \omega = \pi$) olduğunda meydana gelecektir. Dairesel bir yörüngesi varsa radyal hız eğrisi kosinüs eğrisidir.

Tayfsal çift yıldızların tayf çizgilerindeki değişimler, birbirlerine olan yakınlıklarına, dolanma hızlarına, kütlelerine ve kimyasal bileşimlerine bağlıdır. Bu keşif, fiziksel özelliklerini anlamak ve gözlemle ölçülemeyen özelliklerini belirlemek için kullanılır. Kütle, yarıçapı, yüzey sıcaklığı ve yaşları gibi özellikler, kimyasal bolluk analizleri ve Hidrojen Balmer serisi soğurma çizgilerine yapılan uyumların analizi yoluyla belirlenir.

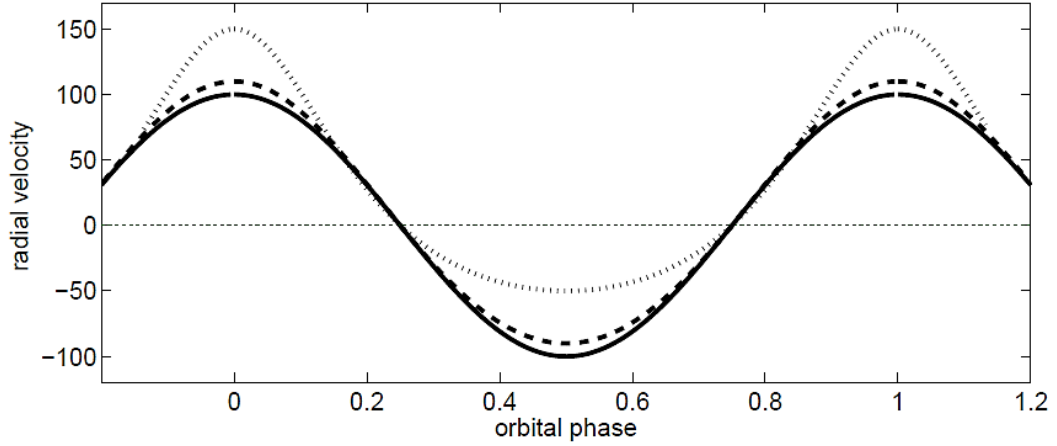


Şekil 2.4 Çift yıldız sisteminde Doppler etkisinin görülme evreleri
(<https://publish.obsidian.md/astrowiki/C.+Stars+%26+Stellar+Evolution/Binary+Stars>)

2.2.1 Tek çizgili tayfsal çift yıldızlar

Tek çizgili tayfsal çift yıldızların (SB1) baş bileşeni, tayf çizgilerindeki Doppler kayması nedeniyle gözlemlenen hareketlerle belirlenir. Yoldaş bileşenin varlığı tayftaki çizgilerin Doppler kaymalarına neden olur fakat görülemez. SB1 tayfsal çift yıldızlarının bileşenleri, yörünge hareketleri sırasında gözlemciye yaklaşıp uzaklaşırken çizgi profillerindeki kaymaların hesaplanmasıyla oluşturulan radyal hız eğrileri aracılığıyla elde edilir. Bu eğri, radyal hızındaki değişimlerin bir sonucudur. Radyal hız, bir yıldızın gözlemciye doğru yaklaşma veya uzaklaşma hızıdır ve yıldızın tayf çizgilerinin kayma miktarıyla orantılıdır.

SB1 türü sistemlerde yalnızca baş yıldızın radyal hızı ölçülebilir. Eğrinin biçimi dışmerkezlik (eksantriklik), e ile tanımlanır (Şekil 2.5). $e = 0$ için, eğri bir kosinüs eğrisidir (Şekil 2.5'teki kalın kesiksiz çizgi). Tüm yörünge elemanlarının değerleri sabit tutulup e değeri artırılırsa, sinüs görünümü bozulur (Komonjinda 2008).



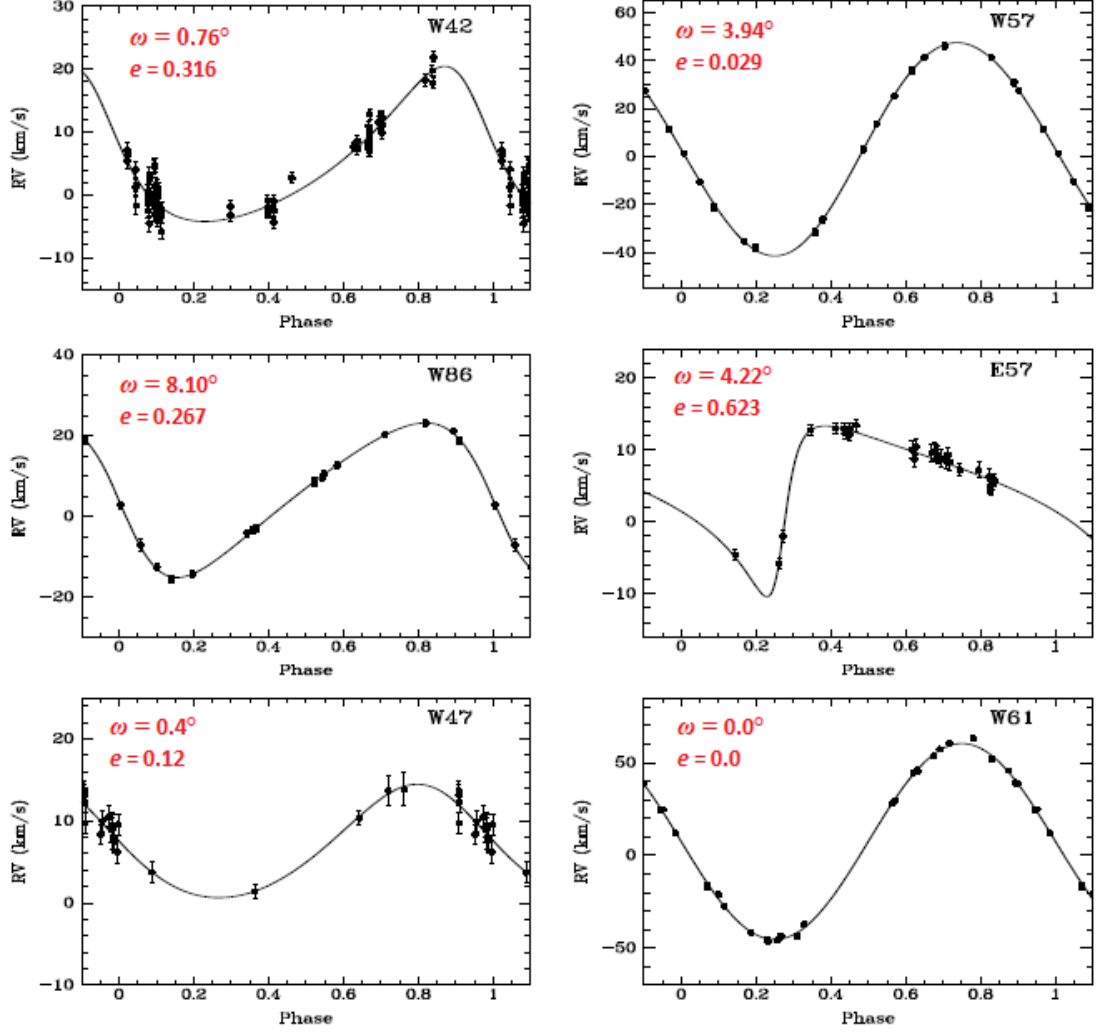
Şekil 2.5 SB1 türü çift yıldızın radyal hız eğrisinde sadece dışmerkezlilik (e) değerinin değişmesiyle ortaya çıkan değişim (Komonjinda 2008)

Şekil 2.5'te dairesel ($e = 0$, kalın düz çizgi) ve eliptik yörüngelere ilişkin radyal hız eğrilerine ait örnekler verilmiştir. Kalın kesikli çizgi $e = 0.1$ ve $\omega = 0^\circ$ eğrisini, noktalı çizgi ise $e = 0.5$ ve $\omega = 0^\circ$ eğrisini temsil etmektedir. Bu eğrilerin yarı genliği $K = 100 \text{ km s}^{-1}$ dir, bu örnekte $\gamma = 0 \text{ km s}^{-1}$ dir. Yörünge parametrelerinin farklı değerlerde olması eğrilerde farklı görünümüler oluşmasına neden olur. Şekil 2.6'da farklı e ve ω değerlerine sahip SB1 türü çift yıldızların radyal hız eğrileri ile ilgili örnekler bulunmaktadır.

Tek çizgili tayfsal çift sistemlerde yıldız kütleli kara deliklerin keşfi yapıldı (Şekil 2.7). SB1 çift yıldızların birçoğu, sistemlerinin milisaniye kadar çok kısa zaman ölçeği değişkenliğine sahip olağanüstü parlak X-ışın kaynakları olması nedeniyle keşfedilmiştir; bu, X-ışınlarının, maddenin sıkışık bir nesne üzerinde birikmesi nedeniyle yayıldığı çift bir modeli akla getirmektedir (Casares 2006).

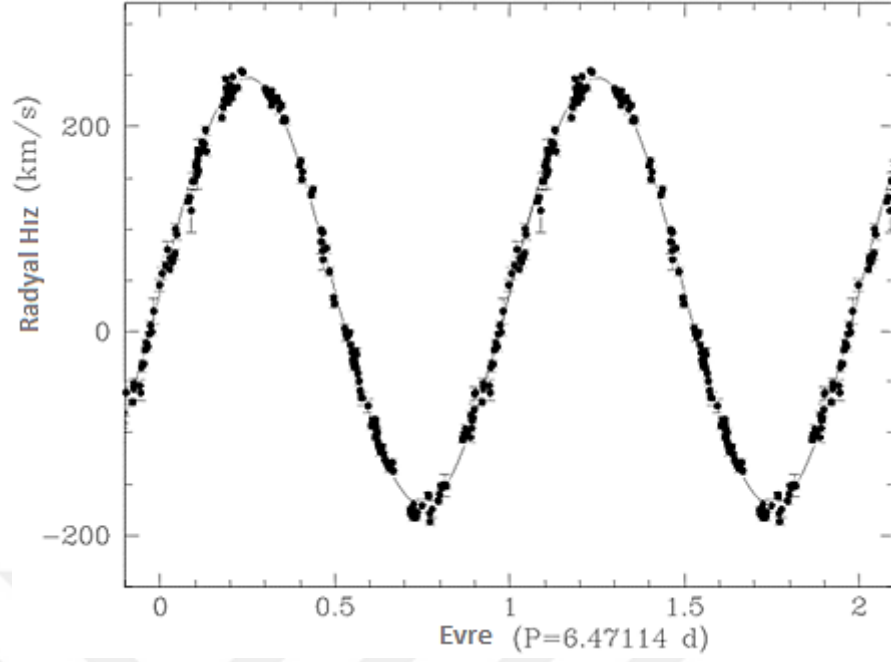
SB1 sistemindeki yoldaş yıldızın görülememesinin iki olası nedeni vardır. İlki, her iki yıldızın da anakol yıldızı olması ve yoldaş yıldızın, çok daha parlak görünen baş yıldızın yakınında gözlemlenemeyecek kadar sönük olmasıdır. Bu, yoldaş yıldızın, çift sistemi $0 \leq q \leq 1$ kütle oranı aralığına yerleştiren baş yıldızdan daha az kütleli olduğu anlamına gelir. İkinci olasılık ise yoldaş yıldızın kütlelerinin baş yıldızınkinden daha yüksek olması, dolayısıyla baş yıldızdan daha kısa bir ömre sahip olması ve bu nedenle yıldız evriminin son aşamasında olabileceğidir. Bu, yoldaş yıldızın baş yıldızdan daha büyük kütleli

olduğu anlamına gelir. İkinci olasılık için kütle oranı aralığı $1 \leq q$ için bir alt sınır elde edilebilir.



Şekil 2.6 Örnek bazı SB1 türü tayfsal çift yıldızlara ilişkin gözlem ve radyal hız çözümleri (Gonzalez ve Levato 2009)

SB1 türü çift yıldızlar, özellikle gezegen araştırmaları için kullanılan radyal hız yöntemi açısından önemlidir. Bileşenler arasındaki yörüngesel hareketler, gezegenlerin bileşen yıldızlar etrafında dolarken oluşturduğu Doppler kaymalarına neden olur. Bu kaymalar da gezegenlerin varlığının belirlenmesine yardımcı olurlar.



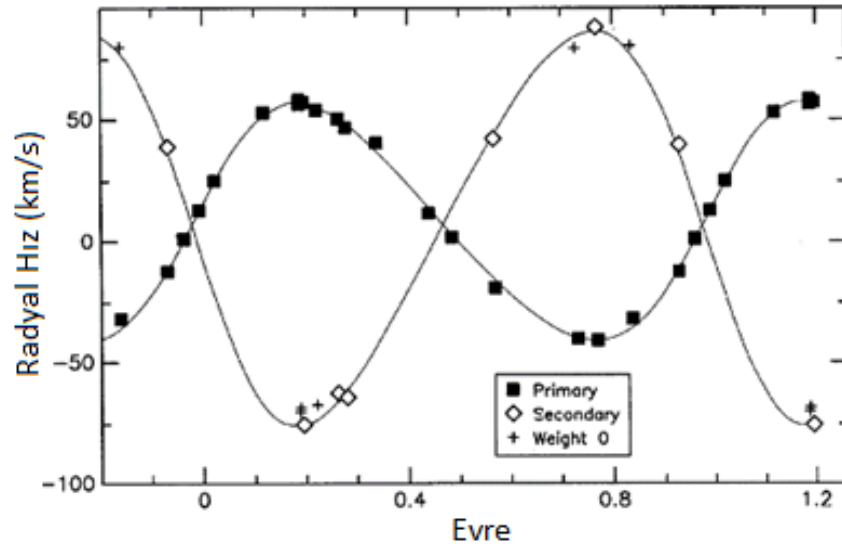
Şekil 2.7 Bir LMXB (Low Mass X-Ray Binary) olan V404 Cyg çift yıldızının K0 yoldaş bileşeni ile oluşturduğu radyal hız eğrisi (Casares 2006)

Mayor ve Queloz (1995) tarafından geliştirilen radyal hız belirleme yöntemi kullanılarak sıcak Jüpiter ötegezegeni 51 Peg b'yi keşfetmeleri nedeniyle Michel Mayor ve Didier Queloz'a 2019 Nobel Fizik Ödülü verilmiştir (bkz. Mayor ve Queloz 1995).

2.2.2 Çift çizgili tayfsal çift yıldızlar

Çift çizgili tayfsal çift yıldızlar (SB2), tayflarında bileşen yıldızların çizgilerinin görüldüğü çift sistemlerdir. Bu tür sistemler, SB1 tayfsal çift yıldızlarına benzer şekilde, bir yörüngede kütle merkezi etrafında hareket ederler. Yıldız tayfında her iki bileşene ait tayf çizgileri ayrıştırma yöntemleriyle tayfları ayrıştırılarak her iki yıldızın radyal hızları tespit edilir (örn. Şekil 2.8).

SB2 tayfsal çift yıldızlarının tayf çizgilerindeki kaymalar, her iki yıldızın da Doppler kaymasından kaynaklanır. Radyal hız analizi, bileşen yıldızların kütlelerini ve yörüngesinin yapısını belirlemek için kullanılır.



Şekil 2.8 SB2 türü bir çift yıldız sistemi olan HR 104'ün radyal hız eğrisi (Hill vd. 1993)

SB2 türü sistemler, özellikle sıcak, büyük ve kütleli yıldızların keşfi için önemlidir. Yörünge hareketi, özellikle büyük kütleli yıldızların yörüngelerindeki etkileşimler, çift yıldızların evrimi üzerinde ipuçları verir. (Torres vd. 2010).

Çift çizgili tayfsal çift yıldızların element bollukları, aynı yıldız öncesi bulutsudan kaynaklanan iki bileşen arasındaki kimyasal farklılaşma hakkında bilgi sağlar. Her bir bileşene ilişkin soğurma çizgilerinin gözlemsel dalgaboyu, kütle merkezlerinin yörüngesinde dolandıkça değişir. Çizgi sayısı, tek yıldız tayfına nazaran daha çoktur; çünkü her iki yıldıza ait soğurma çizgileri bir tayfta görünür. Sistem bileşenlerini oluşturan her iki yıldızın da dönme hızları farklı olduğundan, çizgilerin hangi bileşene ait olduğuna dair ipuçlarını üretir. Baş yıldızdan gelen birçok çizgi, yoldaş yıldızın çizgileriyle karışmış olabileceğinden analizler zorlayıcı gelebilir (Adelman vd. 2015).

SB2 tayfsal çift yıldızlarının analizi, büyük çaplı teleskoplar ve özellikle yüksek çözünürlüklü tayfçeker (spektrograf) teknolojilerinin kullanımıyla giderek daha doğru ve ayrıntılı hale gelmektedir. Bu tür yıldızların keşfi ve analizi, astrofizik ve gökbilim alanlarındaki birçok çalışmada önemli bir rol oynamaktadır.

2.3 67 Mus

67 Mus, Güney yarımküre yıldızıdır. Sinek (*Musca*) takımyıldızının bir üyesidir. 67 Mus, bu özel ismini gökbilimci John Flamsteed'in 1712'deki yıldız atlasından almıştır. John Flamsteed, yıldızları takımyıldızın Latince adı ve önüne koyduğu bir numara ile adlandırmıştır. Flamsteed tanımlamasına göre adı 67 Musca olup, 67 Mus olarak bahsedilmektedir. Yale Parlak Yıldızlar Kataloğu (Bright Star Catalogue) HR 5049, Hipparcos Yıldız Kataloğu HIP 65522 ve Henry Draper Kataloğu ise HD 116458 numaraları ile listelemiştir. Ayrıca, GSC 09246-01665, Gaia DR2 5843993572548726400 ve SAO 257042 isimleri ile de bilinir.

67 Mus, Jaschek ve Jaschek (1959) ve Hoffleit ve Jaschek (1982) tarafından A0p (Cr-Eu), Houk ve Cowley (1975) tarafından ApHg(Mn), Renson vd. (1991) tarafından A0p (Si-Eu-Cr) ve Chen vd. (2017) tarafından B9IIIp olarak sınıflandırılmıştır.

67 Mus yıldızının 2000 yılına ait ekvator koordinatları; $\alpha = 13^{\text{sa}}25^{\text{dk}}50^{\text{s}}.30$, $\delta = -70^{\circ}37'38''.09$ ve galaktik koordinatları; $l = 305^{\circ}.80$ ve $b = -07^{\circ}.94$ dir. Hubrig vd. (2000) tarafından yıldızın Güneş'ten uzaklığı $r = 146$ pc ve galaktik merkezden uzaklığı $R = 7322$ pc olarak verilmiştir. Hipparcos Kataloğu (ESA 1997)'nda yıldızın paralaksı 7.03 mili-yay saniye olarak belirtilmiştir. 2007 yılı Hipparcos verileri 67 Mus yıldızının uzaklık değerini $r = 136.05$ pc ve paralaksını 7.35 mili-yay saniye olarak güncellemiştir (van Leeuwen, 2007). Yıldızın kütlesi $M = 2.96 M_{\odot}$ (Schaller vd. 1992) ve yarıçapı $R = 3.54 R_{\odot}$ (North, 1998)'dir. Dokuzuncu Tayfsal Çift Yıldız Yörüngeleri Kataloğu (9th Catalogue of Spectroscopic Binary Orbits) (Pourbaix vd. 2004)'na ve Dworetsky (1982)'e göre; 67 Mus yörünge periyodu 126.18 gün olan tek çizgili tayfsal çift (SB1) yıldız sistemidir.

Hensberge (1993) Avrupa Güney Gözlemevi (ESO)'nde yapılan uzun süreli fotometrik gözlemlerin sonuçlarını kullanarak, yıldızın fotometrik periyodunu 147.9 ± 0.6 gün olarak belirlemiştir. Bununla birlikte, Strömgren *uvby* gözlemlerini “Uzun Süreli Değişen Yıldızların Fotometrisi Projesi (Long-Term Photometry of Variables Project)”

kapsamındaki gözlemlerle birleştirerek (Manfroid vd. 1991, Catalano ve Leone 1993), 4.27349 (± 0.00032) günlük bir periyot belirlemiştir.

Yıldıza ilişkin literatürde farklı tayfsal sınıflandırmaların olmasından hareketle, Dworetsky vd. (1980), yıldızın tayfsal değişkenlik göstermesinden şüphelenmiştir. Wood ve Campusano (1975) 67 Mus ile ilgili araştırmalarında güçlü bir negatif manyetik alan ölçmüş (-2400 ± 400 Gauss) ve 70.651 günlük bir manyetik çevrim belirlemişlerdir (Catalano vd. 1998). Bu periyodun, Albrecht vd. (1977) ve Mathys (1991) tarafından verilen ortalama boylamsal manyetik alanla (-1800 Gauss) desteklendiğini ortaya koymuşlardır. Yıldızın mutlak parlaklığı Hubrig vd. (2000) tarafından $M_v = -0^m.19$ olarak verilmiştir. Literatürde yer alan görsel parlaklık değerleri çizelge 2.1’de listelenmiştir.

Çizelge 2.1 67 Mus için belirlenen görünür parlaklık (m_v) değerleri

m_v (kadir)	Kaynaklar
5.8	Jaschek ve Jaschek (1959)
5.84	Bertaud (1959)
5.66	Cousins ve Stoy (1962)
5.67	Slawson vd. (1992)
5.7	Hensberge (1993)
5.66	Ferrero vd. (2012)

67 Mus, keskin çizgili CP2 tipi bir yıldızdır (Catalano vd. 1998). Kimyasal sıra dışı yıldızların fotometrik ışık değişimleri özellikle son 30 yılda Yer tabanlı gözlemsel verilere dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir (örn.; Adelman vd. 1992, North ve Adelman 1995, Adelman 2004a). Manyetik özellikli kimyasal sıra dışı yıldızlar (m_{CP}), kimyasal bakımdan “normal” yıldızların aksine görünür ve moröte bölge tayflarında, birçok genişlemiş çizgi profil özellikleri sergilemektedirler. Bu grubun görünür bölgedeki en baskın özelliği $\lambda 5200\text{\AA}$ çizgisinin merkez bölgesidir. Prof. Dr. Saul J. Adelman (The CITADEL, Charleston, Amerika Birleşik Devletleri)’nin ‘spektrofotometrik’ alandaki çalışmaları bu özelliklerin m_{CP} yıldızları için optik bölge belirteçleri olduğunu göstermektedir (örn. Adelman ve Pyper 1993). 67 Mus, $\lambda 5200\text{\AA}$ fotometrik indeksi $\Delta\alpha$; 0.054 seviyesinde bir değere sahiptir (Catalano vd. 1998). $\lambda 5200\text{\AA}$ yapısını belirlemek

için yeterince yüksek dalgaboyu yoğunluğu ile gözlenir. Onun profili, yıldızın tayfsal sıra dışılık türü ile ve zayıf bir şekilde Paschen sürekliliğinin kırmızı ucunda renk sıcaklığı ile değişir (Adelman ve Pyper 1993). Bu özelliğin kökeni farklı biçimlerde Silisyum elemnetinin, Demir-pikli elementlerin ve/veya Europium elementinin bağlı-serbest iyonizasyon kenarlarına, Si kendiliğinden iyonlaşma özelliklerine ve diferansiyel çizgi soğurmasına bağlanmıştır (örn. Adelman ve Wolken 1976).

2.3.1 Fotometrik çalışmalar

67 Mus için Johnson UBV, Strömgren *uvby* ve Geneva fotometrik sistemindeki değerleri çizelge 2.2-2.3 ve 2.4'te listelenmiştir.

Çizelge 2.2 67 Mus'un Johnson UBV Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri

B-V (kadir)	U-B (kadir)	m _v (kadir)	Kaynaklar
-0.03	-0.18	5.66	Cousins ve Stoy (1962)
-0.05	-0.13	5.66	Waelkens (1985)
-0.03		5.67	Slawson vd. (1992)
-0.035		5.66	Ferrero vd. (2012)

Çizelge 2.3 67 Mus'un Strömgren *uvby* Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri

b-y (kadir)	m ₁ (kadir)	c ₁ (kadir)	Kaynaklar
-0.044	0.217	0.853	Grønbech ve Olsen (1976)

Çizelge 2.4 67 Mus'un Geneva Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri

U-B ₁	B ₁ -B ₂	B ₂ -V ₁	B ₂ -G	V ₁ -G	Kaynak
0.427	-0.652	-0.198		-0.446	Nishimura (1998)
			-0.644	-0.446	Hauck ve North (1982)

Adelman (1998) mCP tipi yıldızların Hipparcos uydusu ile alınan fotometrik gözlemlerini incelemiştir. 67 Mus'un Hipparcos Uydusu (ESA 1997) ile yapılan fotometrik gözlemlere göre sistemin ışık değişim genliği; 0^m.03 dir.

Grønbech ve Olsen (1976) tarafından Strömgren *uvby* fotometrisi ile bulunan $V = 5^m.665$ değeri Johnson UB V sisteminden buldukları değer ile uyumludur. Güçlü pozitif m_1 indeksi, A_p yıldızlarında beklendiği gibi güçlü metalik çizgilerin etkisini göstermektedir. Maitzen ve Wood (1977), her biri yaklaşık 10 günlük olan iki aralıkta fotometrik değişkenlik aramışlar ve 67 Mus'un bu zaman aralığında hemen hemen sabit kaldığını tespit etmişlerdir.

Wood ve Campusano (1975) tarafından 67 Mus için oldukça güçlü bir negatif manyetik alan keşfinin açıklanmasından sonra, bu parlak A_p yıldızının fotometrik periyodikliğinin araştırılması, ESO La Silla Gözlemevi'nde gerçekleştirilmiştir. 67 Mus için manyetik alan değerlerinin, ışık eğrisinin 45 çevrimlik verisine uymadığı gerçeği, karşılaştırma yıldızının değişken olabileceğine dair bir gösterge olarak anlaşılmıştır.

Grønbech ve Olsen'un (1976) Strömgren *uvby* fotometrisinde, 67 Mus yıldızına ait ($b-y$) ve (m_1) değerlerinin sabit olduğu görülmüştür. 67 Mus yıldızında kızarma etkisinden arındırılmış ($b-y$) rengi $0^m.04-0^m.06$ oranında mavidir (Maitzen ve Wood 1977).

2.3.2 Atmosfer parametrelerine ait çalışmalar

Bir yıldızın atmosfer parametreleri (etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans hızı, metal bolluğu), yıldızların fotometrik ve tayfsal verileri kullanılarak çeşitli yöntemlerle hesaplanır. Bunlar, dar veya geniş bant fotometrisi, spektrofotometri, gözlemsel Balmer çizgilerinin kuramsal ve sentetik profillerle karşılaştırılmasını ve/veya metal çizgilerinin iyonizasyon dengelerini içerir. Literatürde yer alan 67 Mus'un atmosferik parametre değerleri çizelge 2.5, 2.6 ve 2.7 de listelenmiştir.

Nishimura (1998) ve Hubrig vd. (2000) tarafından 67 Mus'un atmosfer parametreleri belirlenirken; etkin sıcaklık değerinin bulunmasında, Moon ve Dworetzky (1985) ve Geneva fotometrik verilerinin kalibrasyonunu uygulayan *uvby*- β fotometrik verilerinden yararlanılmıştır. Nihai sonuca Nishimura (1998) çalışmasında H_α uyumu ile ulaşılırken; Hubrig vd. (2000) ise kızılötesi akı yöntemi (IRFM = Infrared Flux Method) ve ayrıntılı

spektroskopik çalışmalar yoluyla ulaşmışlardır. Yüzey çekim ivmesi için ise, HIPPARCOS kataloğunda verilen paralaks verileri kullanılarak yıldızın kütle - yarıçap ilişkisinden elde edilmiştir.

Çizelge 2.5 67 Mus'un literatürde yer alan atmosfer parametre değerleri

T_e (K)	$\log g$	Kaynaklar	Yöntem
10280	3.83	Hubrig vd. (2007)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10300	3.81	Ryabchikova vd. (2006)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10280		Kochukov ve Bagnulo (2006)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10300	3.81	Nishimura vd. (2004)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
11300	3.95	Adelman vd. (2000)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10300	3.81	Hubrig vd. (2000)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10500	4.00	Nielsen ve Wahlgren (2000)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10750	3.5	Nishimura (1998)	UBVB ₁ B ₂ V ₁ G fotometrisi
10471	3.81	North (1998)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi
10870	4.00	North ve Nicolet (1990)	<i>uvbyβ</i> fotometrisi

67 Mus yıldızının güçlü manyetik özelliğinden kaynaklanan tayfında bozulmalar tayf boyunca bir tutarlılık göstermez. Bu sebeple Nishimura (1998), mikrotürbülans hızının belirlenmesinde her çizgi için tam bir gözlemsel ve sentetik tayf uyumu görülmediğinden, belirgin ve yüksek eşdeğer genişliğine sahip blend olmayan Cr II ve Fe II çizgilerinden yararlanmıştır. Literatürdeki bu değerler çizelge 2.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.6 67 Mus'un literatürdeki mikrotürbülans hızları (ξ)

ξ (km s ⁻¹)	Kaynaklar
0.0 $\pm$ 0.0	Nishimura vd. (2004)
2.0 $\pm$ 0.5	Nishimura (1998)

2.3.3 Dönme hızı

Yıldızın dönme hızı, tayfindaki soğurma çizgilerinin şeklini etkilemektedir. Dönme hızı yüksekse tayf çizgileri genişler ve çizgi derinliği sığlaşır, eğer çizgi oldukça zayıfsa sürekliliğe karışabilir. Dönme hızı düşükse soğurma çizgileri daha derin ve dar olarak biçimlenir.

Dworetsky vd. (1980) 67 Mus'un dönme hızını ($< 6 \text{ km s}^{-1}$) olarak, Nielsen ve Wahlgren (2000) ise Fe II λ 4508 Å çizgi profilinden $v \sin i = 4 \text{ km s}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. 67 Mus, Parlak Yıldızlar Kataloğu'nda "Ap HgMn" tipi bir yıldız olarak sınıflandırılmış olup, $v \sin i$ değeri $\leq 49 \text{ km s}^{-1}$ dir. Literatürde 67 Mus için yer alan dönme hızı değerleri çizelge 2.7'de listelenmiştir.

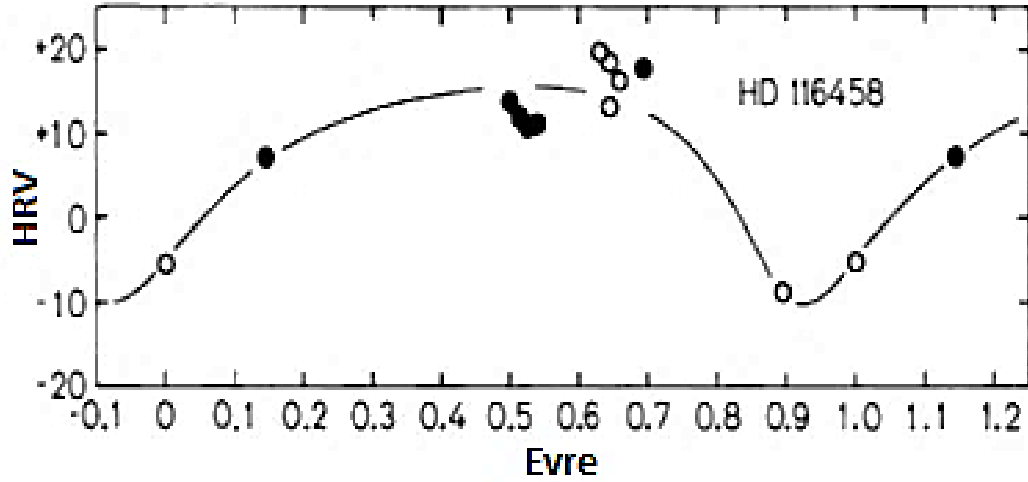
Çizelge 2.7 67 Mus yıldızının literatürde yer alan $v \sin i$ değerleri

$v \sin i \text{ (km s}^{-1}\text{)}$	Kaynaklar
≤ 40	Levato (1972)
0	Renson vd. (1991)
4	Nielsen ve Wahlgren (2000)
4	Nishimura vd. (2004)
8	Ryabchikova vd. (2006)
0	Hubrig vd. (2007)
21.4	Ferrero vd. (2012)

2.3.4 Radyal hız

67 Mus'un radyal hızı ilk kez Maitzen ve Wood (1977) tarafından ESO'nun Kamera III (3.320 Å/mm) ve Kamera II (12.286 Å/mm) tayfçekerleri ile alınan gözlemlerden yararlanılarak belirlenmiştir. 67 Mus'un Güneş merkezli radyal hız eğrisi (Heliocentric Radial Velocities = HRV) şekil 2.9'da ve yörünge elemanları çizelge 2.8'da verilmiştir. Dworetsky (1982) daha fazla gözlemsel verisine dayalı çalışmasında yıldızın radyal hız değerlerinin evreye bağlı değişimini incelemiştir (Şekil 2.10). Radyal hız eğrisinde

sürekli çizgi, gözlemsel verilerle uyumlu en iyi teorik dikine hız değişimini göstermektedir.



Şekil 2.9 67 Mus'un radyal hız eğrisi (Maitzen ve Wood 1977)

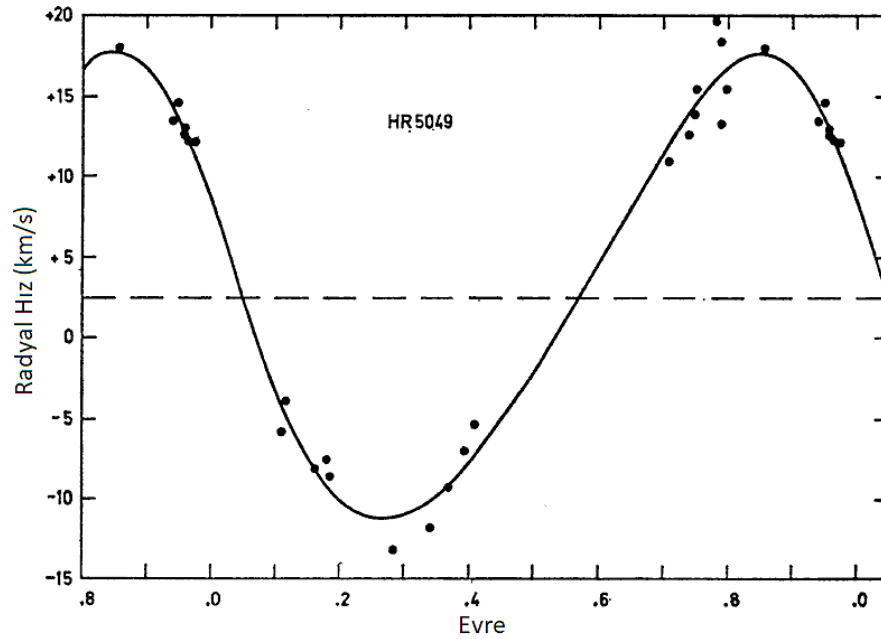
Çizelge 2.8 67 Mus'un yörünge elemanları (Maitzen ve Wood 1977)

Dönem (P)	70.651 gün
Dış merkezlilik (e)	0.4 ± 0.1
Periastron zamanı (T)	JD 2440925.2
Enberinin Boylamı (ω)	$160^\circ \pm 15^\circ$
Sistemin uzay hızı (γ)	$+8 \text{ km s}^{-1}$

Dworetsky (1982) 1960 – 1980 yılları arasında gerçekleştirdiği 25 gözlem sonucunda elde ettiği tayfsal veriden 67 Mus'un radyal hız değerlerini belirlemiştir (Şekil 2.11). Gözlemler Londra Üniversitesi Gözlemevi'nde bulunan 74 inç (1.88 m) Radcliffe Teleskobu ile yüksek çözünürlüklü bir CCD tabanlı spektrograf aracılığıyla elde edilmiştir. Tayflar, görünür dalga boyunu (optik tayf) içermektedir. 67 Mus'un radyal hız değerleri çizelge 2.9'da ve elde ettiği parametreler çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.9 67 Mus'un radyal hız değerleri (Dworetzky 1982)

<i>Radial-velocity observations of HR 5049</i>							
<i>Date U.T.</i>	<i>Plate</i>	<i>J.D. minus 2 400 000</i>	<i>Rad. Vel. km/s</i>	<i>s.e. km/s</i>	<i>No. of lines</i>	<i>Phase</i>	<i>(O-C) km/s</i>
1964 May 26	DY988	38542.31	— 7.5	0.6	9	.1793	+1.6
June 22	DY1013	569.28	— 6.9	0.5	13	.3930	+1.1
1966 Mar. 9	DZ1589*	39193.54	—11.8	2.2	3	.3405	—1.8
1967 July 19	DY1883*	39691.30	—13.1	0.4	7	.2854	—2.0
1970 Dec. 10	G1568Z	40930.82	— 5.8	0.7	10	.1090	—1.9
1971 Mar. 1	H292Z	41011.75	+15.5	0.3	9	.7504	+0.9
26	H341Z	036.74	+14.6	0.3	9	.9484	+0.9
27	H348Z	037.68	+12.9	0.3	8	.9559	—0.2
28	H358Z	038.64	+12.3	0.3	8	.9635	—0.1
29	H362Z	039.66	+12.1	0.5	8	.9716	+0.5
1972 Mar. 27	H767Z	41403.66	+18.0	0.4	8	.8564	+0.3
1975 Mar. 6	G6587Z	42477.73	— 9.2	0.5	10	.3687	—0.2
11	G6593Z	482.81	— 5.3	0.7	10	.4090	+1.9
Apr. 27	G6751Z	529.72	+19.7	0.5	10	.7808	+3.6
28	G6755Z	530.71	+13.3	0.6	10	.7886	—3.1
28	G6757Z	530.78	+18.4	0.5	10	.7892	+2.0
29	G6762Z	531.68	+15.5	0.6	10	.7963	—1.2
June 17	G6914Z	580.53	— 8.5	0.6	10	.1834	+0.8
1978 Jan. 20	G9080	43529.78	+11.0	0.4	9	.7065	—1.0
24	G9120	533.78	+12.6	0.4	9	.7382	—1.4
25	G9129	534.78	+14.0	0.5	7	.7462	—0.4
Feb. 22	DZ4004	561.62	+12.6	0.4	22	.9589	—0.2
1979 July 31	DZ4760	44086.23	— 3.9	0.9	8	.1166	+0.7
Aug. 6	DZ4807	092.21	— 8.1	0.9	8	.1640	+0.2
1980 July 21	G11447	44442.49	+13.5	0.5	9	.9401	—0.9



Şekil 2.10 67 Mus için radyal hız eğrisi (Dworetzky 1982)

Çizelge 2.10 67 Mus'un yörünge elemanları (Dworetzky 1982)

Dönem (P)	126.18 ± 0.06 gün
Dış merkezlilik (e)	0.15 ± 0.03
Periastron zamanı (T)	JD 2441421
Enberinin Boylamı (ω)	$68^\circ \pm 24^\circ$
Radyal hız yarı genliği (K)	14.4 ± 0.4 km s ⁻¹
Sistemin uzay hızı (γ)	$+2.5 \pm 0.5$ km s ⁻¹

2.3.5 Element bolluk analizine ait çalışmalar

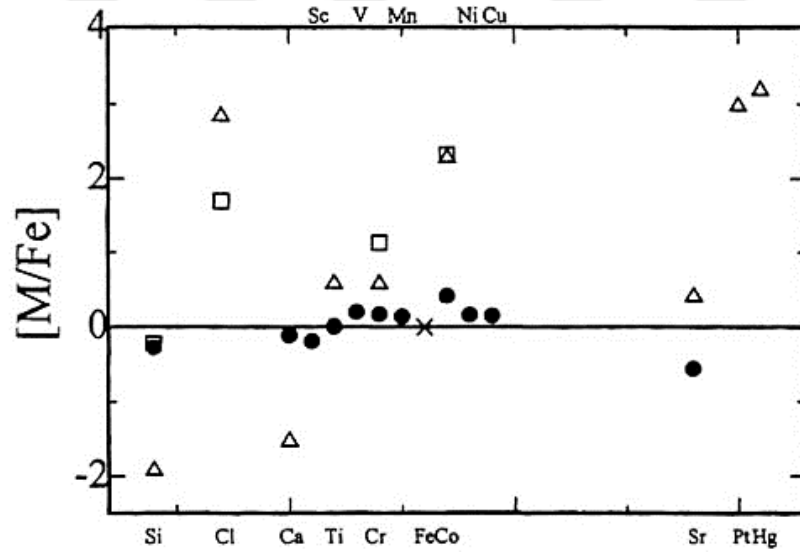
67 Mus yıldızı, yüzey kimyasal özellikleri bakımından “sıra dışı” olarak ilk kez Henry Draper Kataloğu'nda sınıflandırılmıştır. Geç B tayf türü yıldızların sıcaklık değerleri $T_e = 11000 - 16000$ K aralığındadır.

Aller (1960)'in bazı B yıldızlarının element bolluğunu incelediği çalışmasında bu yıldızların Güneş'e nazaran 2-10 kat daha fazla bolluk oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Nedenini, gökadamızdaki maddenin kimyasal evriminden ileri geldiği, zamanla ağır elementlerin bolluğundaki artışın yıldızlarda bu elementlerin üretimiyle ve genç B türü yıldızların oluşumuyla ilgili olan yıldızlararası ortamın zenginleşmesinin bir sonucu olarak açıklamıştır.

Henry Draper Kataloğu'na göre 67 Mus Si tipi bir yıldızdır. λ 4128.1 Å ve λ 4131.1 Å çizgileri Balmer çizgileri hariç en güçlü çizgilerdir. Michigan Tayfsal Kataloğu (Houk ve Cowley 1975)'na göre, Hidrojen çizgileri yıldızın B9III türü olduğunu göstermektedir. Göze çarpan şiddetli çizgisi yoktur, ancak pek çok zayıf çizgi (Cr ve Si) bulunmaktadır ve normal bir Ap yıldızı değildir. Cannon, λ 4128 Å ve λ 4131 Å'deki Si II çizgilerinin tayfdaki en güçlü çizgiler olduğunu belirtirken; Jaschek ve Jaschek (1959)'e göre, 42 Å mm⁻¹ dispersiyonlu tek bir tayfin analizinden 67 Mus'u Ap(Cr-Eu) olarak sınıflandırmıştır. 67 Mus'un U-B ve B-V renk ölçekleri, yıldızın tayf türünün B9 olabileceğini göstermektedir (Jamar vd. 1978).

Dworetzky vd. (1980) çalışmasında 15.6 Å mm^{-1} çözünürlüklü tayfçeker ile elde edilmiş gözlemsel verilerden 67 Mus'un tayfsal anomalilerini rapor etmişlerdir. Şiddetli Co I, Co II, Ti II, Cr II ve Fe II çizgilerini tespit etmişlerdir. Çalışmada Sc II, V II, Ni II, Zr II ve nadir toprak elementlerine ait bolluk hesabı yapılamamış ve Mn I, Mn II, Sr II ve Y II çizgilerinden element bollukları hesaplanmıştır. İlk olarak bu çalışmada güçlü Co I ve Co II çizgilerini tanımlamış ve “büyüme eğrisi” tekniğini kullanarak Güneş’e göre +3.0 dex kadar Kobalt bakımından zengin olduğunu saptamışlardır (bkz. Şekil 2.11). 67 Mus ile Klor-Kobalt tipi HR 1094 yıldızı arasında tayfsal benzerlikler bulunmuştur (Sadakane 1992).

Dworetzky (1982)’e göre 67 Mus’a ilişkin en önemli tayfsal anormallik, Co II çizgilerinden tespit edilen 1 dex’e kadar varan Kobalt zenginliğidir. Çalışmalarında nadir toprak elementlerin izlerine rastlanmamış ya da çok zayıftır. Belirgin olmamakla birlikte Si ve Sr vardır ve birkaç Demir grubu elemente ait soğurma çizgileri ise tayfta oldukça güçlüdür.

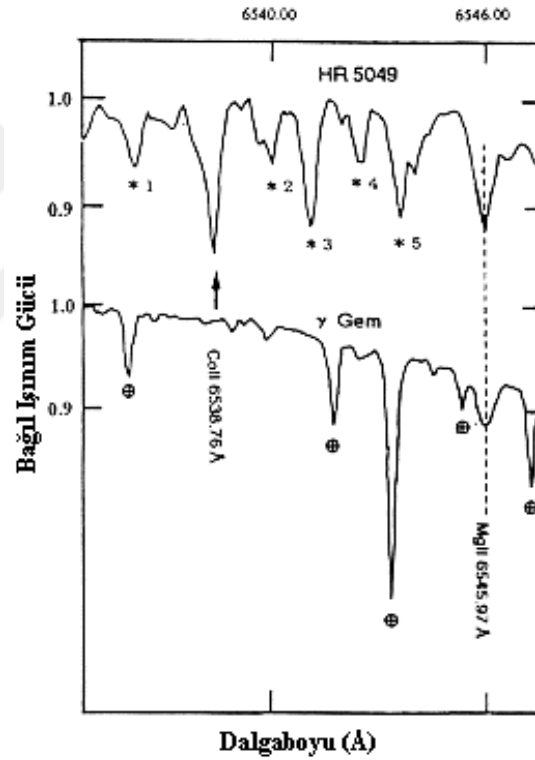


Şekil 2.11 67 Mus (üçgen), HR 1094 (kare) ve γ Gem (dolu daire) yıldızlarına ait element bolluklarının [Element/Fe] Güneş'in değerlerinden olan farkları

Nishimura (1998), 67 Mus'un λ 5700-6700Å dalgaboyu aralığındaki (ESO, La Silla) tayflarını kullanarak, yerel termodinamik denge (LTE) varsayımıyla paralel düzlem geometrili model atmosfer yöntemini kullanarak yıldızın tayfsal analizini

gerçekleştirmiştir (bkz. Şekil 2.12). Hesaplanan görelî bolluklardan bazıısı Cl (+3.3 dex, üst limit), Co (+4.0 dex), Si (+1.3 dex), Cr (+2.8 dex) ve Fe (+1.6 dex) değerindedir. Pr III çizgi yoğunluğu dönme periyoduna (147.9 gün) bağılı olarak değişkenlik göstermektedir.

Geç B yıldızlarında geçiş metalleri bir noktaya kadar iki kat iyonize durumdadır ve Co III çizgisi (Shenstone, 1960) 1900 Å'dan kısa dalgalarda güçlü birçok çizgi olarak kendini gösterir. A0p tipi bir yıldız olan 67 Mus, Kobalt elementinin varlığını gösteren belirteçlere sahiptir.



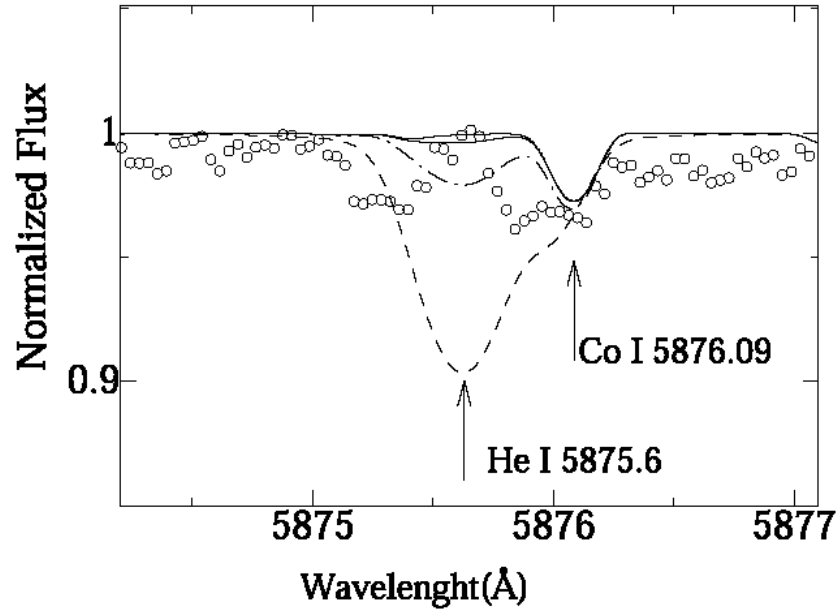
Şekil 2.12 67 Mus'un Co II 6538 Å civarındaki gözlemsel tayfının, normal yıldız γ Gem ile karşılaştırılması. γ Gem'de görülen birçok atmosferik çizgi, artı işareti olan dairelerle gösterilir. Mg II λ 6545.97 Å çizgisi her iki yıldızda da görülmektedir. 67 Mus'ta görülen çizgiler yıldız simgesi ile verilmiştir (*1: Cr II 6536.61Å, *2: Fe II λ 6540.24 Å, *3: Fe II λ 6541.37 Å, *4: tanımlanamayan çizgi, *5: Fe II λ 6543.81 Å).

Birçok güçlü “tanımlanmamış” çizginin, laboratuvarında henüz gözlemlenmemiş Co II çizgileri olabileceği Nishimura vd. (2004) tarafından belirtilmiştir. Kobalt bolluğu, HgMn

yıldızlarında Güneş'e nazaran az, *ApBp* ve *AmFm* yıldızlarında fazladır. Yıldızların kimyasal bolluk analiz çalışmaları sonucunda Kobalt elementi ile ilgili en zengin yıldızın, 3.4 dex civarındaki değeriyle 67 Mus yıldızında gözleendiği bilinmektedir (Nishimura vd. 2004) (Şekil 2.12). Pr III çizgilerinin varlığı ise ilk olarak Mathys ve Cowley (1992) tarafından rapor edilmiştir.

Nishimura vd. (2004) tarafından $\lambda\lambda$ 5700 – 6700 Å aralığında yapılan tayfsal analizlerde 67 Mus (HR 5049) tayfında He I çizgisi belirgin değildir. Şekil 2.13'de yıldızın gözlemsel ve kuramsal He I λ 5875.6 Å çizgi profillerinin karşılaştırılması görülmektedir. Çalışmada yıldızın atmosfer parametreleri $T_e = 10300$ K, $\log g = 3.81$, $v \sin i = 4$ km s⁻¹ ve $\xi = 0$ km s⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yıldızın element bolluklarına ait bulguları özetle aşağıdaki şekildedir.

He I çizgisinden hesaplanan Helyum bolluğu ortalama $\log (\text{He}/\text{H}) = -3.0$ dex olup, Güneş'in değerinden yaklaşık 2.0 dex daha azdır.



Şekil 2.13 67 Mus'un λ 5875.6 Å dalgaboyunda He I çizgisi etrafındaki sentetik tayfı. Hesaplamalar, $T_e = 10300$ K değeri ile bir model atmosfer kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Açık daireler - gözlemsel tayf, kesikli çizgi - Güneş bolluğu, noktalı çizgi - -1.0 dex, düz çizgi - -2.0 dex (uyarlanmış) ve ince düz çizgi - Güneş değerine kıyasla -3.0 dex (Nishimura vd. 2004)

C II çizgisinden hesaplanan Karbon bolluğu ortalama $\log (C/H) = -3.7$ dex olup, Güneş'e göre 0.25 dex daha azdır. O I çizgisinden hesaplanan Oksijen bolluğu $\log (O/H) = -3.69$ dex değerindedir ve Güneş'ten 0.56 dex daha azdır. Azot bolluğu ile ilgili herhangi bir tespit yapılmamıştır.

Mg I ve Mg II çizgilerinden hesaplanan ortalama Magnezyum bolluk değeri, yıldızın Magnezyum bakımından Güneş'ten bir miktar daha az olduğunu gösterir. Si II çizgisinden hesaplanan bolluk değeri Güneş'e göre 0.20 dex daha fazla, üç tane Cl II çizgisinden hesaplanan klor bolluğu ise 1.9 dex daha fazladır. Atmosferindeki Kalsiyum bolluğu ile ilgili herhangi bir tespit yapılamamıştır.

Sc II çizgisinden elde edilen bolluk değeri Güneş bolluğuna oldukça yakın; Ti, V, Mn, Fe ve Ni bollukları Güneş'tekinden biraz daha fazladır. Kromun Cr I ve Cr II çizgilerinden hesaplanan bolluk miktarları Güneş'e göre yaklaşık 2 dex fazladır. Co I ve Co II çizgilerinden elde edilen bolluk değerlerine göre Güneş'ten çok daha fazla bolluk sergilemektedir (~ 3.50 dex daha zengindir).

İki tane Sr II çizgisinden elde edilen bolluk miktarı Güneş'le aynı değerde bulunmuştur. İtiryum miktarı Y II çizgilerinden elde edilen değerlere göre Güneş bolluğundan oldukça fazladır. Bir adet Ba II çizgisinden hesaplanan Baryum miktarı Güneş bolluğu seviyesindedir.

La II, Ce II, Gd II çizgisinden hesaplanan bolluklar Güneş bolluğuna kıyasla oldukça fazladır. Europyum, Praseodim ve Disprosyum elementlerinin bolluk değerleri hesaplanırken nötr çizgilerine rastlanmadığından, Eu II ve Eu III çizgilerinden yararlanılmış olup, Güneş'ten daha az miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Pr II ve Pr III çizgilerinden hesaplanan bolluk değerleri Güneş'teki bolluk değerine göre daha zengindir. Disprosyum elementinin Dy II ve Dy III çizgilerinden ve 3 adet Nd III çizgilerinden elde edilenler ise yine Güneş'ten oldukça fazladır.

2.4 112 Her

112 Her, Kuzey yarımküre yıldızıdır. HD 174933, HR 7113, BD+21 3582, GSC 01596-02751, Gaia DR2 4531234550775627136, 2MASS J18521643+2125305, TYC 1596-2751-1 ve SAO 86521 katalog isimleri ile de bilinmektedir.

Parlak kuzey yarımküre yıldızı 112 Her ilk olarak Warren (1973) tarafından kimyasal sıra dışı olarak sınıflandırılmıştır. Yıldız B9 (Frost vd. 1926), B9 Mn (Jaschek vd. 1963), B9p Hg (Cowley vd. 1969), B8 Hg (Abt vd. 1972), B9 HgMn (Babu ve Sinvhal 1972) ve B9 II-III HgMn (Chen vd. 2017) olarak sınıflandırılmıştır. Tayfsal çift yıldız olduğu belirlendikten sonra Myers vd. (2002) tarafından hazırlanan SKY2000 yıldız kataloğunda B9II-IIp HgMn olarak kaydedilmiştir.

112 Her sistemi (baş yıldız 112 Her A, yoldaş yıldız 112 Her B olarak anılacaktır), Dokuzuncu Tayfsal Çift Yıldız Yörüngeleri Kataloğu'nda (Pourbaix vd. 2004) yer alan Ryabchikova vd. (1996) ve Catanzaro ve Leto (2004) verilerine göre 6.362462 ± 0.000011 gün periyodu olan bir çift çizgili tayfsal çift (SB2) sistemdir.

Yıldızın V bandında mutlak parlaklığı Westin (1985) tarafından $M_v = 0^m.184$ olarak verilmiştir. Görünür parlaklık (m_v) değeri Eggen (1967) tarafından $5^m.48$ olarak belirlenmiştir (tüm literatür sonuçları için bkz. Çizelge 2.11).

112 Her yıldızının 2000 yılına ait ekvator koordinatları; α (2000) = $18^{\text{sa}}52^{\text{dk}}16^{\text{s}}.43$, δ (2000) = $+21^{\circ}25'30''.6$ ve galaktik koordinatları; l (2000) = $52^{\circ}.26$ ve b (2000) = $9^{\circ}.41$ dir. Hipparcos Kataloğu (ESA 1997)'nda yıldızın paralaksı 7.1 mili-yay saniyesi olarak belirtilmiştir. Bu değer kullanılarak 112 Her sisteminin uzaklığı $r = 140.85 \text{ pc} = 459.38$ ışık yılı olarak bulunmuştur. 2007 yılı Hipparcos verileri 112 Her yıldızının uzaklık değerini $r = 124.38 \text{ pc} = 405.48$ ışık yılı ve paralaksını 8.04 mili-yay saniyesi olarak güncellemiştir (van Leeuwen, 2007).

Çizelge 2.11 112 Her sisteminin SIMBAD veritabanında listelenen görünür parlaklık (m_v) değerleri

m_v (kadir)	Kaynaklar
5.48	Kogure & Suzuki (1986)
5.20	Jaschek ve Jaschek (1980)
5.49	Eggen (1974)
5.41	Crawford vd. (1973)
5.20	Durrant (1970)
5.48	Eggen (1967)
5.33	Osawa (1959)
5.33	Meyer (1927)
5.3	Frost vd. (1926)

Westin'e (1985) göre 112 Her sisteminin Güneş'e uzaklığı $r = 107.5$ pc dir. Singh ve Naranan (1982) 112 Her'in uzaklığını 310 pc olarak hesaplamıştır. Seligman ve Aller (1970), 112 Her sisteminin Güneş'e olan uzaklığını yaklaşık 170 pc değerinde bulmuşlardır. 112 Her'in paralaksı Wagman ve Crissman'a (1957) göre $\sigma(\pi) / \pi = 0''.003$ yay saniyesidir. Ryabchikova (1998) çalışmasında baş ve yoldaş yıldızların kütlesi $3.96 M_{\odot}$ ve $2.0 M_{\odot}$ ve yarıçapları $3.3 R_{\odot}$ ve $2.1 R_{\odot}$ dir (Çizelge 2.12).

Seligman (1970), bileşenler arasındaki ortalama uzaklık değerini $28 R_{\odot}$ olarak tahmin ederek baş yıldızın yörünge hareketiyle eş zamanlı olarak döndüğü sonucuna ulaştı. Kütle oranını 2.06 ± 0.17 bularak, baş yıldızın kütlesini $M_{112\text{HerA}} = 4.7 M_{\odot}$ ve yörünge eğim açılarını $i = 14^{\circ} \pm 1^{\circ}$ olarak saptamıştır.

Seligman ve Aller'e (1970) göre, normal yıldızların fiziksel özelliklerinin Schmidt-Kaler (1965) tarafından bir çizelge olarak verildiği çalışmasında bu tür tayfsal sınıflar için, sırasıyla, yaklaşık $4.7 M_{\odot}$ ve $2.4 M_{\odot}$ kütlelerini önermiştir. Bu durumda kütle oranı, gözlemlenen değerle iyi bir uyum içindedir ve yaklaşık 1.95'lik değerdir.

Çift çizgili sistemlerin ışık ve kütle oranları, etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmelerini hassas belirlemek için önemli verilerdir. Seligman ve Aller (1970), 112 Her sisteminin Mg II, Si II ve Fe II çizgilerinin analizinden ısıma oranlarını 10 ± 0.5 olarak buldular.

Çizelge 2.12 112 Her sistemindeki bileşen yıldızların literatürde yer alan kütle ve yarıçap değerleri

Kütle ($M_{\odot}$)		Yarıçap ($R_{\odot}$)		Kütle Oranı	Yarıçap Oranı	Kaynaklar
112 Her A	112 Her B	112 Her A	112 Her B			
3.90	2.00	3.30	2.10	2.07 ± 0.08	1.50 ± 0.07	Catanzaro ve Leto (2004)
3.97	1.93			1.98 ± 0.03		Ryabchikova vd. (1996)
4.70	2.23			2.06		Guthrie (1986)
3.50				2.06 ± 0.17		Seligman (1970)
3.57						Lanz vd. (1993)
				2.08		Takada-Hidai vd. (1986)
				2.08		Wolff ve Preston (1978)
						Durrant (1970)

2.4.1 Fotometrik çalışmalar

Seligman ve Aller (1970), 112 Her sisteminin renkleri ve gözlemlenen çizgi şiddetlerinden, baş yıldız için B7 V, yoldaş yıldız için A3 V olarak sınıflandırmışlardır. Jamar vd. (1978) 112 Her sisteminin UBV bantlarındaki fotometrik değerlerini $V = 5.48$, $(B - V) = -0.09$, $(U - B) = -0.45$ olarak saptamışlardır. 112 Her için Johnson UBV, Strömgren $uvby\beta$ ve Geneva fotometrik sistemindeki değerleri çizelge 2.13 – 2.14 ve 2.15'te listelenmiştir.

Çizelge 2.13 112 Her sisteminin Johnson UBV Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri

B-V	U-B	m_v	Kaynaklar
-0.07	-0.41	5.20	Jaschek ve Jaschek (1980)
-0.09	-0.45	5.48	Jamar vd. (1978)
-0.07			Adelman (1977)
-0.08	-0.42	5.48	Mendoza (1977)
-0.07			Kubiak (1973)
-0.06		5.20	Durrant (1970)
-0.10	-0.45		Sargent vd. (1969)
-0.07			Jugaku ve Sargent (1968)
-0.06			Wolff (1967)
-0.10			Searle vd. (1966)

Çizelge 2.14 112 Her sisteminin Strömgren $uvby\beta$ Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri

u-b	b-y	m ₁	c ₁	Kaynaklar
	-0.035	0.123	0.586	Dolk vd. (2003)
	-0.044			Adelman (1979)
0.744	-0.044			Adelman ve Pyper (1979)
0.832				Wolff ve Preston (1978)
	-0.042			Adelman (1977)
0.763	-0.037	0.126	0.585	Warren (1973)
0.760	-0.035	0.123	0.584	Crawford vd. (1973)
0.800	-0.013			Kubiak (1973)
0.758	-0.042			Cameron (1966)

Çizelge 2.15 112 Her sisteminin Geneva Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri

B ₂ -V ₁	B ₂ -G	V ₁ -G	Kaynaklar
-0.214	-0.702		Adelman (1984)
	-0.702	-0.488	Hauck ve North (1982)

2.4.2 Dönme hızı

Seligman ve Aller (1968), 112 Her sisteminin Lick Gözlemevi'nde elde ettiği tayfsal verilerin analizinden bileşen yıldızın varlığı tayftaki Doppler kaymasıyla ortaya konulmuştur. Bu tayfları kullanarak, Seligman (1970) baş ve yoldaş bileşenin dönme hızı değerlerini, sırasıyla, $5.8 \pm 0.8 \text{ km s}^{-1}$ ve $10 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$ olarak belirlemiştir. Yıldızın, literatürde yer alan dönme hızı değerleri çizelge 2.16'da listelenmiştir.

Çizelge 2.16 112 Her sisteminin izdüşümsel dönme hızı değerleri

v sin i (km s ⁻¹)			Kaynaklar
112 Her A	112 Her B	112 Her	
6.0			Ghazaryan vd. (2018)
20.0			Maza vd. (2010)
		20.0	Strom ve Wolff (2005)
5.0	8.0		Dolk vd. (2003)

Çizelge 2.16 112 Her sisteminin izdüşümsel dönme hızı değerleri (devam)

$v \sin i \text{ (km s}^{-1}\text{)}$			Kaynaklar
112 Her A	112 Her B	112 Her	
6.0	8.0	2.0	Wahlgren ve Hubrig (2000)
			Ryabchikova vd. (1996)
		16.0	Klochko ve Kopylov (1985)
		13.0	Hoffleit ve Jaschek (1982)
		≤ 5.0	Wolff ve Preston (1978)
		20.0	Jamar vd. (1978)
		5.0	White vd. (1976)
		9.0	Preston (1970)
20.0	40.0	≤ 6.0	Seligman (1970)
			Seligman ve Aller (1970)
26.0	17.0	23.0	Durrant (1970)
			Schmidt-Kaler (1965)

2.4.3 Radyal hız

HgMn yıldızları arasındaki çift sistem olma durumu için, SB sistemlerinin görülme sıklığının normal yıldızlarda görülme sıklığına benzer olduğuna dair açık kanıtlar vardır. Abt ve Snowden (1973), CP yıldızları arasında çift yıldızlar için ilk sistematik araştırmayı gerçekleştirdi ve HgMn yıldız örneklerinin %43'ünün SB sistemine ait olduğunu buldu. Bu orantı, Jaschek ve Gomez (1970) tarafından bulunan normal yıldızlar arasındaki ikili orantıya çok benzemektedir. Floquet (1983), Schneider (1981) tarafından yayınlanan HgMn yıldızlarının kataloğunu analiz etti ve bu yıldızların %54'ünün radyal hız değişimine sahip oldukları sonucuna vardı.

Öte yandan, çift çizgili tayfsal çift yıldızların (SB2) HgMn yıldızları olarak normal yıldızlara göre daha yaygın olduğu bulunmuştur (Wolff ve Preston 1978, Gerbaldi vd. 1985). Wolff ve Preston (1978), SB2'nin ve genel olarak yakın çiftlerin bu fazlalığının, dönme eşzamanlılığına ve dolayısıyla düşük dönme hızlarına yönelik güçlü bir eğilim ile açıklanabileceğini öne sürdü. Yavaş dönme hızı, yıldız atmosferinde kimyasal özelliğin oluşmasına izin vermek için gereken en önemli kısıtlamalardan biridir.

112 Her, Meyer (1926) tarafından keşfedilen, bir SB2 sistemidir. Gözlemsel veriler, Meyer tarafından Kaliforniya'daki (Amerika Birleşik Devletleri) Lick ve Mount Wilson Gözlemevleri'nin 36 inç (0.91 m) ve 40 inçlik teleskoplarından 1912 - 1926 yılları arasında 41 ayrı gecede elde edilmiştir.

Çalışmada bu yıldızın dönemini 6.3624 gün olarak bulunmuştur ancak tayfında yoldaş yıldızla dair çizgiler tespit edilememiştir. Baş yıldıza ilişkin radyal hız ölçümleri, radyal hız eğrisi ve belirlenen yörünge elemanları, sırasıyla, çizelge 2.17, şekil 2.14 ve çizelge 2.18'de görülmektedir. Şekilde içi boş daireler Lick (1926), içi dolu daireler Lick (1913-1924) ve çubuklu içi boş daireler Mount Wilson (1912-1913) gözlemsel verilerini temsil etmektedir.

Çizelge 2.17 112 Her'in baş yıldıza ait radyal hız değerleri (Meyer 1926)

G. M. T.	Evre	Radyal Hız (km s ⁻¹)	Gözlemevi
1913, Haziran 3.954	3.280	-5.5	Lick
1919, Temmuz 8.887	2.376	-3.6	Lick
Temmuz 10.708	4.196	-12.3	Lick
1922, Haziran 30.822	2.338	-5.8	Lick
Temmuz 25.829	1.899	-10.5	Lick
Ağustos 31.704	0.595	-31.7	Lick
1924, Haziran 24.928	2.128	-8.1	Lick
1926, Mart 11.528	2.714	-2.0	Lick
12.515	3.700	-8.7	Lick
13.520	4.705	-19.6	Lick
14.517	5.704	-37.2	Lick
15.522	0.347	-34.5	Lick
16.510	1.335	-16.6	Lick
20.500	5.325	-30.4	Lick
21.514	6.339	-39.8	Lick
22.508	0.971	-21.4	Lick
24.503	2.966	-4.8	Lick

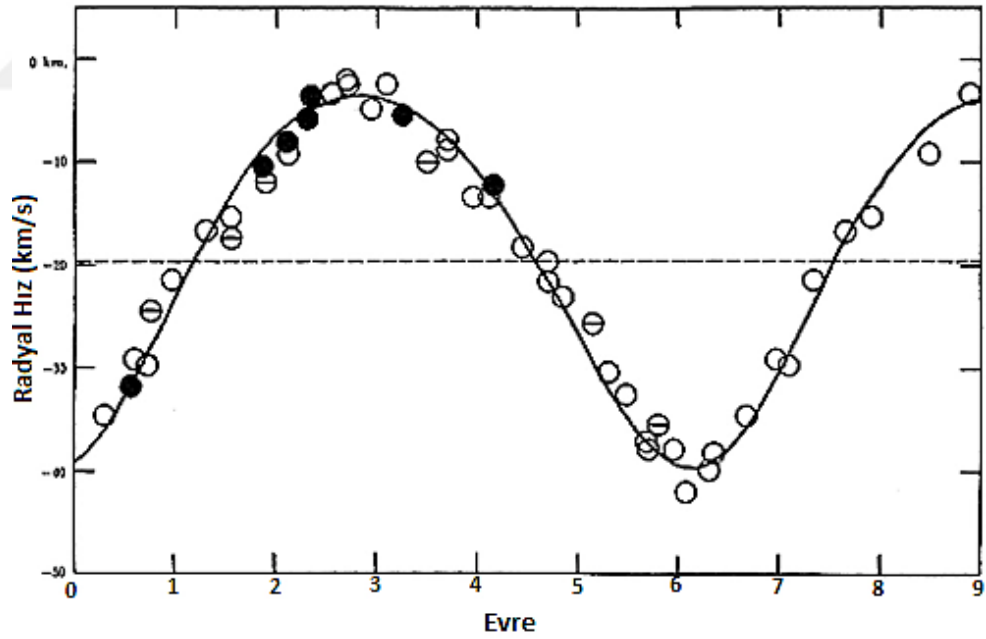
Çizelge 2.17 112 Her'in radyal hız değerleri (Meyer 1926) (devam)

G. M. T.	Evre	Radyal Hız (km s ⁻¹)	Gözlemevi	
	25.502	3.965	-13.3	Lick
	27.507	5.970	-37.8	Lick
	28.504	0.604	-29.1	Lick
	29.487	1.587	-15.3	Lick
Mart	30.488	2.588	-3.3	Lick
Nisan	14.502	4.877	-23.1	Lick
	20.458	4.471	-18.2	Lick
	21.488	5.501	-32.6	Lick
	24.490	2.141	-9.2	Lick
	25.493	3.144	-2.5	Lick
	26.494	4.145	-13.4	Lick
	28.453	6.104	-42.2	Lick
Nisan	29.463	0.751	-29.7	Lick
Mayıs	1.451	2.739	-2.4	Lick
	2.442	3.730	-7.8	Lick
	3.420	4.708	-21.6	Lick
	4.441	5.729	-37.8	Lick
	11.432	6.357	-38.1	Lick
1912, Haziran	27.926	-	-35.4	Mount Wilson
Ağustos	2.817	-	-10.1	Mount Wilson
Ağustos	26.650	-	-12.0	Mount Wilson
Eylül	1.662	-	-17.4	Mount Wilson
1913, Haziran	24.935	-	-25.7	Mount Wilson
Ağustos	16.788	-	-24.4	Mount Wilson

Çizelge 2.18 112 Her'in Meyer (1926) çalışmasında yer alan yörünge elemanları

Dönem (P)	6.3624 gün
Enberi geçiş zamanı (T)	J.D. 2424589.675 $\pm$ 0.608
Dışmerkezlilik (e)	0.118 $\pm$ 0.034
Enberinin Boylamı (ω)	195°.09 $\pm$ 35°.05
Yarı-genlik (K)	18.00 $\pm$ 1.09 km s ⁻¹
Sistemin uzay hızı (γ)	-19.66 km s ⁻¹
a sin i	1600000 km

Kırk yıl sonra, Seligman ve Aller (1968) Lick Gözlemevi'nde yapmış oldukları tayfsal çalışmaları ile yoldaş yıldızın tayf çizgilerini buldular. İkincil bileşen için birkaç radyal hız ölçümü Conti (1970) ve Seligman (1970) tarafından rapor edilmiştir. Seligman ve Aller (1970) çalışmasında 112 Her için gözlemlenen radyal hızlara eklenecek olan hız düzeltmesinin 1.09 ± 1.32 km s⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2.14 112 Her'in radyal hız eğrisi (Meyer 1926)

Bu sistemin her iki bileşenine ait ilk yörünge çözümü, Ryabchikova vd. (1996) tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada, Ryabchikova vd. tarafından Dominion

Astrofizik Gözlemevi'ndeki (DAO, Victoria-Kanada) 1.22-m teleskobunun coude tayföçlerinden elde ettiği gözlemsel verilerden belirledikleri radyal hız değerleriyle literatürdeki ölçümleri birleştirerek (Çizelge 2.19), sistemin yörünge elemanlarını (Çizelge 2.20) belirlemişlerdir.

Catanzaro ve Leto (2004), Catania Astrofizik Gözlemevi'nden (OAC) elde ettiği 112 Her yıldızının tayflarda yoldaş bileşenin çizgilerini gösterecek kadar yüksek S/G değerine ulaşamadıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle, yalnızca baş bileşen için radyal hız değerlerini ölçmüşlerdir. Çalışmada, kendi verilerinin (içi dolu daire sembol) yanı sıra Conti (1970, dolgu altıgen), Seligman (1970, baş yıldız: dolgu kare, yoldaş yıldız: içi boş kare), Abt ve Snowden (1973, içi boş yıldız), Aikman (1976, yıldız), Ryabchikova vd. (1996, içi dolu üçgen) ve Stickland ve Weatherby (1984) verilerini de kullanılarak sistemin radyal hız eğrisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 2.15).

Çizelge 2.19 112 Her sisteminin radyal hız değerleri (Ryabchikova vd. (1996))

JD (+2400000)	Bileşen	Evre	Radyal Hız (km s ⁻¹)	Kaynaklar
39956.910	b	0.270	-45.2	Ryabchikova vd. (1996)
39957.929	b	0.430	-54.4	Ryabchikova vd. (1996)
40047.696	b	0.539	-46.0	Ryabchikova vd. (1996)
40074.796	b	0.798	-1.7	Ryabchikova vd. (1996)
40075.858	b	0.965	16.8	Ryabchikova vd. (1996)
38566.966	b	0.810	0.0	Ryabchikova vd. (1996)
39782.624	b	0.877	12.9	Ryabchikova vd. (1996)
47336.908	b	0.198	-25.3	Ryabchikova vd. (1996)
47337.887	b	0.352	-48.5	Ryabchikova vd. (1996)
47700.867	b	0.402	-53.1	Ryabchikova vd. (1996)
47701.842	b	0.555	-44.7	Ryabchikova vd. (1996)
47747.754	b	0.772	-9.5	Ryabchikova vd. (1996)
47748.763	b	0.930	17.1	Ryabchikova vd. (1996)
47750.765	b	0.245	-35.4	Ryabchikova vd. (1996)
47831.593	b	0.970	16.4	Ryabchikova vd. (1996)
47832.621	b	0.110	-4.4	Ryabchikova vd. (1996)
48380.937	b	0.300	-42.8	Ryabchikova vd. (1996)
48479.580	b	0.795	0.3	Ryabchikova vd. (1996)
48762.920	b	0.327	-46.5	Ryabchikova vd. (1996)

Çizelge 2.19 112 Her sisteminin radyal hız değerleri (Ryabchikova vd. (1996)
(devam)

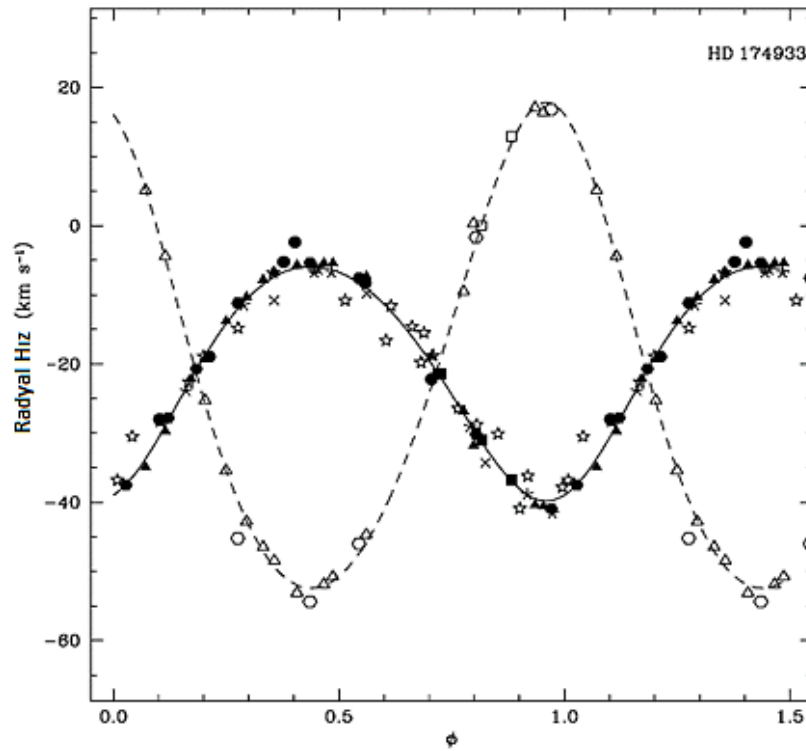
JD (+2400000)	Bileşen	Evre	Radyal Hız (km s ⁻¹)	Kaynaklar
48763.903	b	0.482	-50.8	Ryabchikova vd. (1996)
49202.785	b	0.462	-51.9	Ryabchikova vd. (1996)
49276.621	b	0.070	5.1	Ryabchikova vd. (1996)
38241.862	a	0.715	-21.3	Ryabchikova vd. (1996)
39781.628	a	0.723	-21.4	Ryabchikova vd. (1996)
47702.846	a	0.716	-21.4	Ryabchikova vd. (1996)
48093.844	a	0.170	-22.2	Ryabchikova vd. (1996)
48758.932	a	0.703	-18.9	Ryabchikova vd. (1996)
52204.255	a	0.211	-18.9	Catanzaro ve Leto (2004)
52205.302	a	0.376	-5.2	Catanzaro ve Leto (2004)
52534.402	a	0.101	-2.8	Catanzaro ve Leto (2004)
52536.309	a	0.401	-2.4	Catanzaro ve Leto (2004)
52537.301	a	0.556	-8.3	Catanzaro ve Leto (2004)
39955.930	a	0.119	-27.8	Ryabchikova vd. (1996)
40101.671	a	0.025	-37.5	Ryabchikova vd. (1996)
40102.664	a	0.181	-20.7	Ryabchikova vd. (1996)
39956.910	a	0.273	-11.2	Ryabchikova vd. (1996)
39957.929	a	0.433	-5.4	Ryabchikova vd. (1996)
40047.696	a	0.542	-7.6	Ryabchikova vd. (1996)
40074.796	a	0.801	-30.2	Ryabchikova vd. (1996)
40075.858	a	0.968	-40.9	Ryabchikova vd. (1996)
38566.966	a	0.813	-31.0	Ryabchikova vd. (1996)
39782.624	a	0.880	-36.8	Ryabchikova vd. (1996)
47336.908	a	0.201	-19.3	Ryabchikova vd. (1996)
47337.887	a	0.355	-6.7	Ryabchikova vd. (1996)
47700.867	a	0.405	-5.7	Ryabchikova vd. (1996)
47701.842	a	0.558	-7.3	Ryabchikova vd. (1996)
47747.754	a	0.775	-26.8	Ryabchikova vd. (1996)
47748.763	a	0.933	-40.4	Ryabchikova vd. (1996)
47750.765	a	0.248	-13.8	Ryabchikova vd. (1996)
47831.593	a	0.952	-40.6	Ryabchikova vd. (1996)
47832.621	a	0.113	-29.7	Ryabchikova vd. (1996)
48380.937	a	0.293	-10.3	Ryabchikova vd. (1996)
48479.580	a	0.797	-31.8	Ryabchikova vd. (1996)
48762.920	a	0.330	-7.8	Ryabchikova vd. (1996)

Çizelge 2.19 112 Her sisteminin radyal hız değerleri (Ryabchikova vd. (1996) (devam)

JD (+2400000)	Bileşen	Evre	Radyal Hız (km s ⁻¹)	Kaynaklar
48762.920	a	0.330	-7.8	Ryabchikova vd. (1996)
48763.903	a	0.485	-5.4	Ryabchikova vd. (1996)
49202.785	a	0.465	-5.4	Ryabchikova vd. (1996)
49276.621	a	0.070	-34.9	Ryabchikova vd. (1996)

Çizelge 2.20 112 Her sisteminin belirlenen yörünge elemanları (Ryabchikova vd. 1996)

Dönem (P)	6.362462 ± 0.000011 gün
Enberi geçiş zamanı (T)	J.D. 2440006.073 ± 0.076
Dışmerkezlilik (e)	0.107 ± 0.008
Enberinin Boylamı (ω)	198°.69 ± 4°.53
Baş yıldızın Yarı-genliği (K₁)	17.64 ± 0.21 km s ⁻¹
Yoldaş Yıldızın Yarı-genliği (K₂)	34.94 ± 0.36 km s ⁻¹
Sistemin uzay hızı (γ)	-19.66 km s ⁻¹
σ_A	0.605 km s ⁻¹
σ_B	1.748 km s ⁻¹



Şekil 2.15 112 Her sisteminin radyal hız eğrisi (Catanzaro ve Leto 2004)

2.4.4 Atmosfer parametreleri ve element bolluk çalışmaları

112 Her yıldızının atmosfer parametreleri (etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans hızı), 1970-2018 yılları arasında tayfsal teknikle belirlenmeye çalışılmıştır. Tayfsal çift yıldız olarak keşfedilmeden önceki çalışmalarda, sistemin baş yıldızına ait atmosfer parametreleri yer almaktadır. 112 Her sisteminin literatürde yer alan atmosfer parametre değerleri, sırasıyla, çizelge 2.21 ve çizelge 2.22’de listelenmiştir.

Çizelge 2.21 112 Her sisteminin etkin sıcaklık (T_e) ve $\log g$ değerleri

T_e (K)			$\log g$			Kaynaklar
112 Her A	112 Her B	112 Her	112 Her A	112 Her B	112 Her	
13100			4.10			Ghazaryan vd. (2018)
13450						Maza vd. (2010)
13294	8500		4.15	4.20		Dolk vd. (2003)
		13100	4.10			Wahlgren ve Hubrig (2000)
13100	8500		4.21	4.20		Ryabchikova vd. (1996)
		13450				Drake vd. (1994)
		13250			4.14	Lanz vd. (1993)
		13450			4.15	Smith ve Dworetzky (1993)
		13500			2.38	Guthrie (1986)
		13583				Westin (1985)
		13000				Adelman (1985)
		13500			4.10	Klochko ve Kopylov (1985)
		13000			4.00	Adelman ve Pyper (1979)
		12290			4.20	Takada (1979)
		14000				Sadakane (1976)
		10233				Code vd. (1976)
		13800				White vd. (1976)
13500	10000		4.00	4.20		Adelman ve Sargent (1972)
13500	10000					Seligman ve Aller (1970)

Ryabchikova vd. (1996) çalışmasında 112 Her A için mikrotürbülans hızı 0 km s^{-1} olarak belirlenmiştir. Bu, birçok diğer HgMn (Civa-Mangan) yıldızlarıyla tutarlı bulunmuştur. Ti II ve Cr II çizgileri de bu sonucu desteklemektedir. 112 Her B için mikrotürbülans hızı 1.2 km s^{-1} dir. Bu değer, Fe I ve Fe II çizgilerinin iyonizasyon dengesinden elde edilmiştir.

Çizelge 2.22 112 Her sisteminin mikrotürbülans hız değerleri

$\xi \text{ (km s}^{-1}\text{)}$		Kaynaklar
112 Her A	112 Her B	
0.0	1.2	Ryabchikova vd. (1996)
0.0	-	White vd. (1976)
6.0	6.0	Adelman ve Sargent (1972)

112 Her ile ilgili en ayrıntılı element bolluk analizi Ryabchikova vd. (1996) tarafından yapılmıştır. İncelenen tayflar, Dominion Astrofizik Gözlemevi'nin (DAO) 1.22-m teleskobunun coude tayfölçerinden Reticon dedektörü kullanılarak 1988-1995 yılları arasında farklı 18 gecede elde edilmiştir. Tipik S/G değeri 200 dir. Tayflardaki soğurma çizgi profillerinin dalgaboyu ve eşdeğer genişlik ölçümleri yapılmış olup, metal çizgilerine Gauss profilleri uygulanarak analiz edilmiştir. Önceki yıllarda Ryabchikova vd. (1996) kadar kapsamlı olmasa da 112 Her sistemi için yapılmış kimyasal bolluk analizi çalışmaları bulunmaktadır. Çizelge 2.23'de 112 Her sisteminin literatürde yer alan kimyasal bolluk analizleri sonucunda elde edilen element bolluk değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.23 112 Her sisteminin literatürdeki element bolluk değerleri (log N/H)

Element	Ryabchikova vd. (1996)		Smith ve Dworetsky (1993)	Smith (1996)	Seligman ve Aller (1970)	
	112 Her A	112 Her B	112 Her	112 Her	112 Her A	112 Her B
He I	-2.43				-1.91	
C I		-3.85				
C II	-5.36				-4.40	
O I	-3.36	-2.62				
Mg I		-4.96				

Çizelge 2.23 112 Her sisteminin literatürdeki element bolluk değerleri (log N/H)
(devam)

Element	Ryabchikova vd. (1996)		Smith ve Dworetsky (1993)	Smith (1996)	Seligman ve Aller (1970)	
	112 Her A	112 Her B	112 Her	112 Her	112 Her A	112 Her B
Mg II	-5.56	-5.25		-5.14	-5.56	-6.00
Al I		-6.82				
Al II	-6.42			-8.07	-8.5	-6.90
Si I		-5.38				
Si II	-5.05			-5.10	-5.31	-4.90
Si III	-4.82					
P II	-4.71				-4.51	-4.1
P III	-4.80					
S II	-5.84					
Ca I	-4.55	-5.83				-6.00
Sc II	-9.06	-9.26			-8.32	-8.60
Ti I		-6.76				
Ti II	-6.30	-6.74			-6.78	-7.10
V II		-7.32			-8.40	
Cr I		-5.98				
Cr II	-6.50	-5.94	-6.90		-6.79	-6.10
Mn I	-4.74	-5.95				
Mn II	-4.91	-6.00	-5.25		-5.75	-5.80
Fe I	-3.55	-4.41			-4.08	-4.30
Fe II	-3.60	-4.43	-3.60		-4.08	-4.00
Fe III					-4.08	
Co I		-6.33				
Ni I		-5.18				
Ni II	-6.07	-4.97	-6.50		-8.70	-7.40
Ga II	-5.27			-5.65	-5.31	-4.00
Sr II	-8.57	-8.67			-9.0	-9.30
Y II	-8.04	-8.67				
Zr II	-7.74	-8.69			-9.30	-8.3
Xe II	-5.78					
Ba II		-8.08				
La II		-9.69				
Ce II		-8.62				
Pr II		-9.08				

Çizelge 2.23 112 Her sisteminin literatürdeki element bolluk değerleri (log N/H)
(devam)

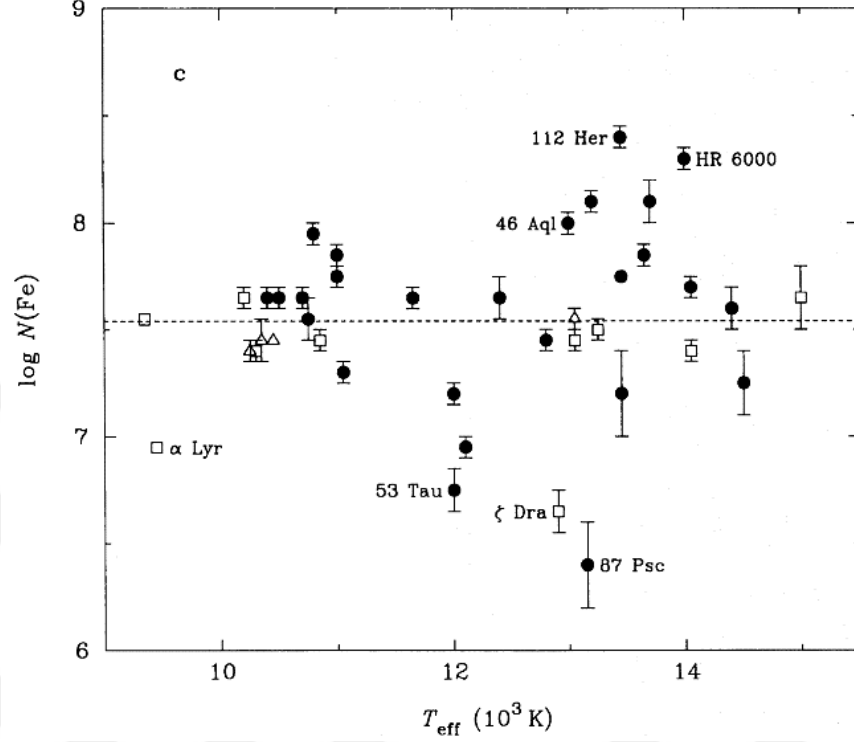
Element	Ryabchikova vd. (1996)		Smith ve Dworetsky (1993)	Smith (1996)	Seligman ve Aller (1970)	
	112 Her A	112 Her B	112 Her	112 Her	112 Her A	112 Her B
Nd II		-8.75				
Sm II		-8.98				
Eu II		-10.75				
Gd II		-9.34				
Hg II	-5.59				-5.80	-6.00

Tayfsal çift yıldızların element bolluğu, aynı yıldız öncesi bulutsudan kaynaklanan iki bileşen arasındaki kimyasal farklılaşma hakkında bilgi sağlayabilir (Adelman vd. 2015). Bir HgMn yıldızına sahip çift sistemlerde, yoldaş genellikle kimyasal sıra dışı olduğuna dair özellikler sergileyebilir (bkz. Şekil 2.7). Benzer kütleli yıldızlarla oluşan çift yıldızlar arasında, HgMn tipinin her iki bileşenine sahip birkaç sistem tespit edilmiştir (örneğin, 41 Eri, HR 7694, 46 Dra, HD 33647) ve daha düşük kütle oranındaki sistemlerde, benzer özelliklerde olan yoldaş yıldızlar tespit edilmiştir. Bunlardan bazılarının metalik çizgili yıldızı olduğu rapor edilmiştir (örneğin AR Aur, ξ Lup, HR 4072, 112 Her) (Gonzalez vd. 2013). Seligman ve Aller (1970), 112 Her sisteminin her iki bileşeninin de bolluk analizini gerçekleştirmişlerdir. Baş yıldız, HgMn yıldızlarının tipik özelliklerini gösterirken, yoldaş yıldızın bolluğu, kabul edilen atmosferik parametre değerlerine ve göreceli akı katkısına büyük ölçüde bağlıdır (Ryabchikova vd. 1996).

112 Her A, He ve Mg bakımından çok fakir ve Fe bakımından zengin HgMn (Şekil 2.20) yıldızıdır. Kimyasal bileşimi, yüksek Fe bolluğuna sahip başka bir sıcak HgMn yıldızı olan HR 7664 yıldızına benzer, ancak Mn bolluğu, çoğu sınıf üyesi tarafından tanımlanan sıcaklık-bolluk oranının altındadır. 112 Her B ise, metalik çizgili A (*Am*) yıldızlarına ve soğuk *Ap* (cool ro*Ap*) yıldızlarına benzerlik gösterir. Baş yıldızın element bolluğu, HgMn yıldızları HR 4072 B ve χ Lup B ile uyumludur (Ryabchikova vd. 1996).

Smith ve Dworetsky (1993), geç B tayf türünden bazı HgMn ($\bullet$), normal ($\square$), görünürde normal (Δ , superficially normal stars) yıldızların Fe bolluklarını etkin sıcaklık

değerleriyle karşılaştırmışlardır (bkz. Şekil 2.16). 112 Her'in Demir bolluğunun incelenen diğer yıldızlardan daha fazla olduğu görülmektedir.



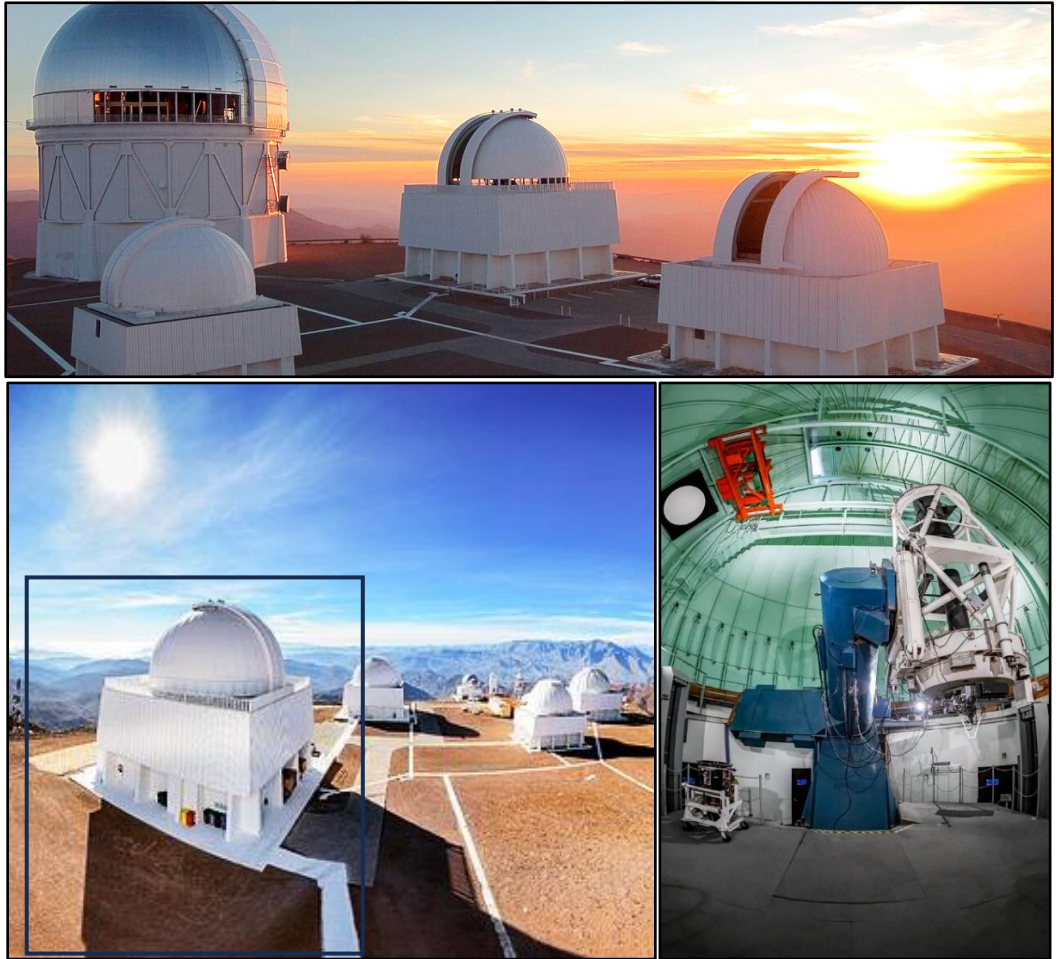
Şekil 2.16 Farklı sıcaklıktaki bazı yıldızların Demir bolluklarını gösteren grafik (Smith ve Dworetsky 1993)

Ryabchikova (1998)'ya göre, 112 Her B'nin atmosferinin ayrıntılı bir çalışması, bolluk modellerinin *Am* ve *roAp* yıldızlarındaki bolluklara benzer olduğunu göstermektedir. İkincil yıldızın *Am* yıldızı olarak sınıflandırmasını düşündüren tek özellik Co/Ni oranıdır: 112 Her B ve *Am* yıldızlarında $[\text{Co}/\text{Ni}] \approx -1.0$; tüm *roAp* yıldızlarında ise $[\text{Co}/\text{Ni}] \approx 0.5$ sonucunu vermektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Gözlemsel Bilgi

Güney yarımküre yıldızı olan 67 Mus ve kuzey yarımküre yıldızı 112 Her sistemlerinin bu tez çalışması kapsamında incelenen tayfsal verileri, Prof. Dr. Saul J. Adelman ve Prof. Dr. Austin F. Gulliver tarafından, Cerro Tololo Inter-American Rasathanesi'ndeki (CTIO) (Şekil 3.1) SMARTS 1.5-m (Small and Moderate Aperture Research Telescope System = Küçük ve Orta Açıklık Araştırma Teleskop Sistemi) teleskobuna bağlı CHIRON tayfölçeri ile uluslararası proje kapsamında Ocak 2021 ile Ekim 2022 tarihleri arasında kaydedilmiştir. CHIRON, SMARTS 1.5-m teleskobunda oldukça kararlı, çapraz dağılmış bir eşel tayfölçeridir.



Şekil 3.1 CTIO'da bulunan SMART teleskopları ve SMART 1.5-m teleskobu

CHIRON, CTIO Konsorsiyumu tarafından işletilen SMARTS 1.5-m teleskobundaki optik, fiber beslemeli, yüksek çözünürlüklü bir echelle spektrometresidir (Şekil 3.2 ve 3.3). Dedektörü, Teledyne e2v tarafından üretilen, 4096 (yatay) x 4112 (dikey) boyutlarında ve 15 µm kare piksellere sahip CCD231-84 cihazdır (Tokovinin vd. 2013).

SB1 türü çift yıldız sistemi 67 Mus'un verileri 18 Ocak 2021 ile 5 Şubat 2022 tarihleri arasında 79 adet yüksek çözünürlüklü tayflardan oluşmaktadır (EK 1). Pozlama süreleri 500-1080 saniye aralığındadır. SB2 türü çift yıldız sistemi 112 Her'in gözlemleri ise 7 Nisan 2021 ile 30 Eylül 2022 tarih aralığını kapsamakta olup toplamda 14 adet yüksek çözünürlüklü veri setinin pozlama süreleri 600 - 1000 saniyedir.

67 Mus ve 112 Her'in gözlemsel bilgileri çizelge 3.1 ve 3.2'de listelenmiştir.

Çizelge 3.1 67 Mus yıldızına ait veriler

Sıra	Pozlama Adı	Başlangıç Zamanı (UT)			Pozlama Süresi (Saniye)	Gözlem Tarihi JD (+2400000)
		Saat	Dk	Saniye		
1	210118_1183	9	11	54.9	800	59233.887903
2	210130_1148	6	24	26.8	920	59245.772300
3	210130_1193	9	13	40.1	540	59245.887616
4	210207_1162	7	48	18.8	920	59253.830541
5	210215_1167	8	54	27.6	920	59261.876361
6	210226_1148	5	23	51.6	920	59272.730226
7	210308_1156	7	26	1.0	1070	59282.815925
8	210316_1169	8	15	47.6	1070	59290.850493
9	210317_1159	5	44	11.9	1070	59291.745218
10	210317_1160	6	2	19.7	1070	59291.757809
11	210317_1161	6	20	27.3	1070	59291.770396
12	210317_1162	6	38	35.1	1070	59291.782907
13	210319_1121	6	14	11.6	1070	59293.766048
14	210319_1122	6	32	19.3	1070	59293.778637
15	210319_1123	6	50	26.9	1070	59293.791225
16	210319_1124	7	8	34.5	1070	59293.803813
17	210319_1125	7	26	42.2	1070	59293.816402

Çizelge 3.1 67 Mus yıldızına ait veriler (devam)

Sıra	Pozlama Adı	Başlangıç Zamanı (UT)			Pozlama Süresi (Saniye)	Gözlem Tarihi JD (+2400000)
		Saat	Dk	Saniye		
18	210319_1126	7	44	49.8	1070	59293.828990
19	210320_1153	5	2	45.6	1070	59294.716442
20	210320_1154	5	20	53.2	1070	59294.729030
21	210320_1155	5	39	0.9	1070	59294.741619
22	210320_1156	5	57	8.5	1070	59294.754207
23	210320_1157	6	15	16.2	1070	59294.766796
24	210320_1158	6	33	23.8	1070	59294.779384
25	210323_1156	6	3	19.7	1070	59297.758733
26	210401_1163	5	57	53.6	1070	59306.748576
27	210408_1147	4	52	16.5	1070	59313.703380
28	210412_1159	4	42	45.5	1070	59317.696319
29	210414_1152	3	24	54.0	1070	59319.641944
30	210415_1148	3	37	32.9	1070	59320.651123
31	210415_1149	3	55	39.3	1070	59320.663831
32	210415_1150	4	13	46.8	1070	59320.675845
33	210415_1151	4	32	4.8	1070	59320.689259
34	210416_1160	6	21	5.8	1070	59321.764826
35	210422_1139	2	13	6.9	1070	59327.592512
36	210423_1157	6	35	9.8	1070	59328.774711
37	210423_1158	6	53	26.9	1070	59328.787419
38	210423_1159	7	11	25.2	1070	59328.799433
39	210423_1160	7	19	28.3	1070	59328.812141
40	210424_1140	2	13	9.1	1070	59329.592512
41	210424_1141	2	31	18.8	1070	59329.605220
42	210424_1142	2	49	21.7	1070	59329.617928
43	210424_1143	3	8	9.2	1070	59329.630648
44	210425_1138	2	29	41.9	1070	59330.603808
45	210425_1139	2	47	57.7	1070	59330.616516
46	210425_1140	3	5	56.5	1070	59330.628530
47	210425_1141	3	24	16.0	1070	59330.641944
48	210426_1135	3	33	207	1070	59331.648299
49	210426_1136	3	51	34.6	1070	59331.661007
50	210427_1140	3	2	10.9	1070	59332.626412

Çizelge 3.1 67 Mus yıldızına ait veriler (devam)

Sıra	Pozlama Adı	Başlangıç Zamanı (UT)			Pozlama Süresi (Saniye)	Gözlem Tarihi JD (+2400000)
		Saat	Dk	Saniye		
51	210427_1141	3	20	25.8	1070	59332.639120
52	210428_1143	3	31	7.0	1070	59333.646887
53	210430_1150	4	34	42.3	1070	59335.690671
54	210501_1143	4	11	50.1	1070	59336.674433
55	210505_1142	2	43	6.0	1070	59340.613692
56	210511_1138	2	18	37.5	1070	59346.596042
57	210524_1139	2	34	51.9	1070	59359.607338
58	210529_1146	3	22	28.5	1070	59364.640532
59	210605_1133	1	51	35.8	1070	59371.577674
60	210612_1136	2	20	20.8	1070	59378.597454
61	210616_1139	1	56	1.3	1070	59382.580567
62	210620_1145	2	22	43.3	1070	59386.599109
63	210621_1133	1	53	21.7	1070	59387.578715
64	210622_1140	1	51	17.2	1070	59388.577280
65	210624_1118	23	21	3.2	1070	59390.472951
66	210626_1161	3	12	54.2	1070	59392.633958
67	210627_1120	23	36	27.0	1070	59393.483646
68	210628_1116	3	39	54.5	1070	59394.652708
69	210629_1119	23	39	10.2	1070	59395.485532
70	210630_1129	1	12	4.6	1070	59396.550046
71	210702_1125	0	40	37.4	1070	59398.528206
72	210707_1123	23	54	23.5	1070	59403.496100
73	220119_1160	8	51	43.7	1080	59599.869248
74	220122_1161	9	6	21.8	1080	59602.879410
75	220125_1156	9	16	13.1	1080	59605.886262
76	220128_1163	9	10	51.1	1080	59608.882535
77	220131_1151	9	11	55.4	1080	59611.883275
78	220202_1143	8	47	4.8	1080	59613.866019
79	220205_1141	8	59	6.0	1080	59616.874375

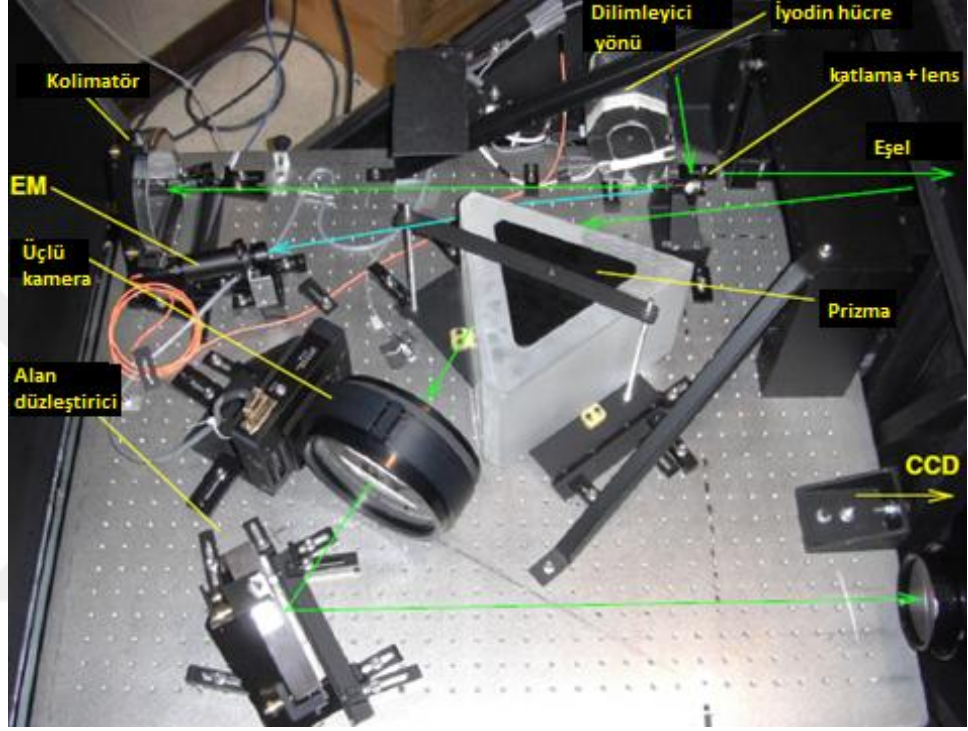
Çizelge 3.2 112 Her yıldızına ait veriler

<i>Sıra</i>	<i>Pozlama Adı</i>	<i>Tarih</i>	<i>Pozlama Süresi (Saniye)</i>	<i>Gözlem Tarihi JD (+2400000)</i>
1	210604_1157	4 Haziran 2021	850	59370.75988
2	210605_1150	5 Haziran 2021	850	59371.95635
3	210606_1156	6 Haziran 2021	850	59372.75988
4	210607_1156	7 Haziran 2021	850	59373.74505
5	210608_1153	8 Haziran 2021	850	59374.70056
6	210609_1164	9 Haziran 2021	850	59375.75706
7	210610_1165	10 Haziran 2021	850	59376.74293
8	210611_1161	11 Haziran 2021	850	59377.73657
9	210612_1158	12 Haziran 2021	850	59378.72740
10	210613_1159	13 Haziran 2021	850	59379.71398
11	210614_1131	14 Haziran 2021	850	59380.75706
12	210616_1153	16 Haziran 2021	850	59382.67796
13	220517_1157	17 Mayıs 2022	880	59717.87472
14	220517_1168	17 Mayıs 2022	880	59717.87472

İncelenen 67 Mus ve 112 Her sistemlerinin eşel tayf ayrıştırmaları, normalize edilmesi, S/G ölçümü radyal hız analizi, eşdeğer genişlik ölçümü ve kimyasal bolluk analizleri sürecinde yazılımı ve geliştirilmesi Prof. Dr. Austin F. Gulliver (Brandon Üniversitesi, Kanada) ve Prof. Dr. Graham Hill (Auckland Üniversitesi, Yeni Zelanda) tarafından yazılan ve geliştirilen bilgisayar programları kullanılmıştır. Programların, bu tez kapsamında kullanımı için Prof. Dr. Austin F. Gulliver (Victoria, Kanada), Prof. Dr. Graham Hill (Yeni Zelanda) ve Prof. Dr. Saul J. Adelman (Charleston, Amerika Birleşik Devletleri)'dan gerekli izinler alınmıştır.

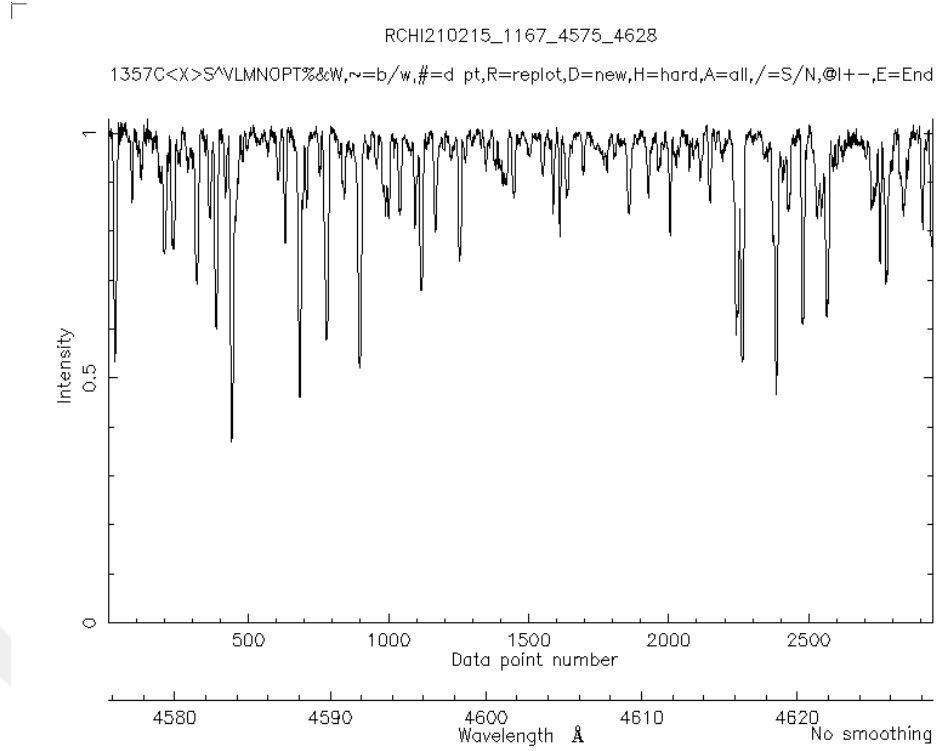
Kullanılan programlar, her biri imleç ile kontrol edilebilen kullanıcı arayüzüne sahiptir. Analizlerde kullanılan programlar, Brandon Üniversitesi (Kanada)'ndeki UNIX işletim sistemi OPENVMS üzerinde (<https://vmssoftware.com/products/clusters/>) çalışmakta olup WINDOWS işletim sistemine uygun olabilmesi için Prof. Dr. Gulliver tarafından geliştirilen X-Win 32 arayüz programı aracılığıyla çalıştırılmıştır. Türkiye'den söz konusu programlara erişim SSH (Güvenli SHell Protokolü) ağ protokolüyle sağlanmıştır.

dalgaboyu aralığı 55 Å dir (bkz. Şekil 3.7). Gözlemsel veriler, $\lambda\lambda$ 4100–8900 Å dalgaboyu aralığında $R \sim 80000$ çözünürlüğü olan fiber modu konfigürasyonu kullanılarak eşel basamaklar halinde alınmıştır (bkz. Şekil 3.4, Çizelge 3.1). Tek bir pozlama için tipik sinyal-gürültü oranı $S/G = 300$ ve birleştirilmiş (co-added) tayflar için 800'e kadar çıkabilmektedir.

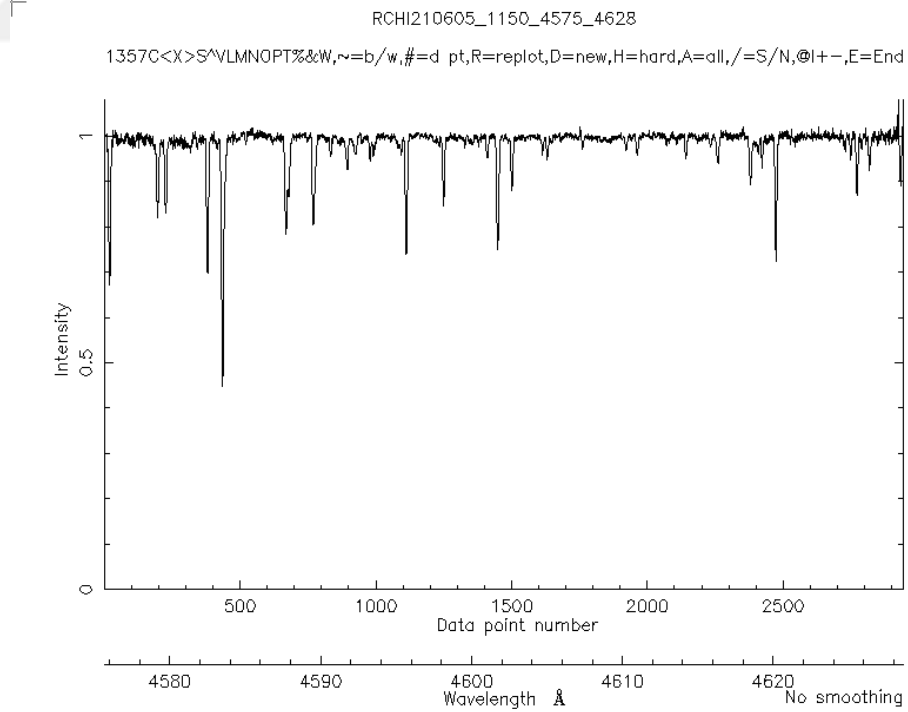


Şekil 3.3 CHIRON tayfçekinin optik elemanları ve ışığın izlediği yol

Bu tez çalışmasında şekil 3.6'da gösterilen veri analizi adımları takip edilmiştir. CHIRON tayfçekeri ile alınan 73 eşel basamağın tamamı (bkz. Çizelge 3.3, Şekil 3.5, 3.7, 3.8), yazılımı ve geliştirilmesi yakın zamanda Dr. Hill ve Dr. Gulliver tarafından tamamlanan 'Normalize Echelle Order' programı kullanılarak $\lambda\lambda$ 4108 - 8758 Å tayf aralığını kapsayan tek bir tayfta birleştirilmiş ve sürekliliğine göre normalize edilmiştir (bkz. Şekil 3.4). Program, OpenVMS ortamında çalıştırılır. Program, 12. dereceden bir polinomun sığabileceği süreklilik noktalarının üretilmesine dayalı olarak normalizasyon sağlar.



(a)



(b)

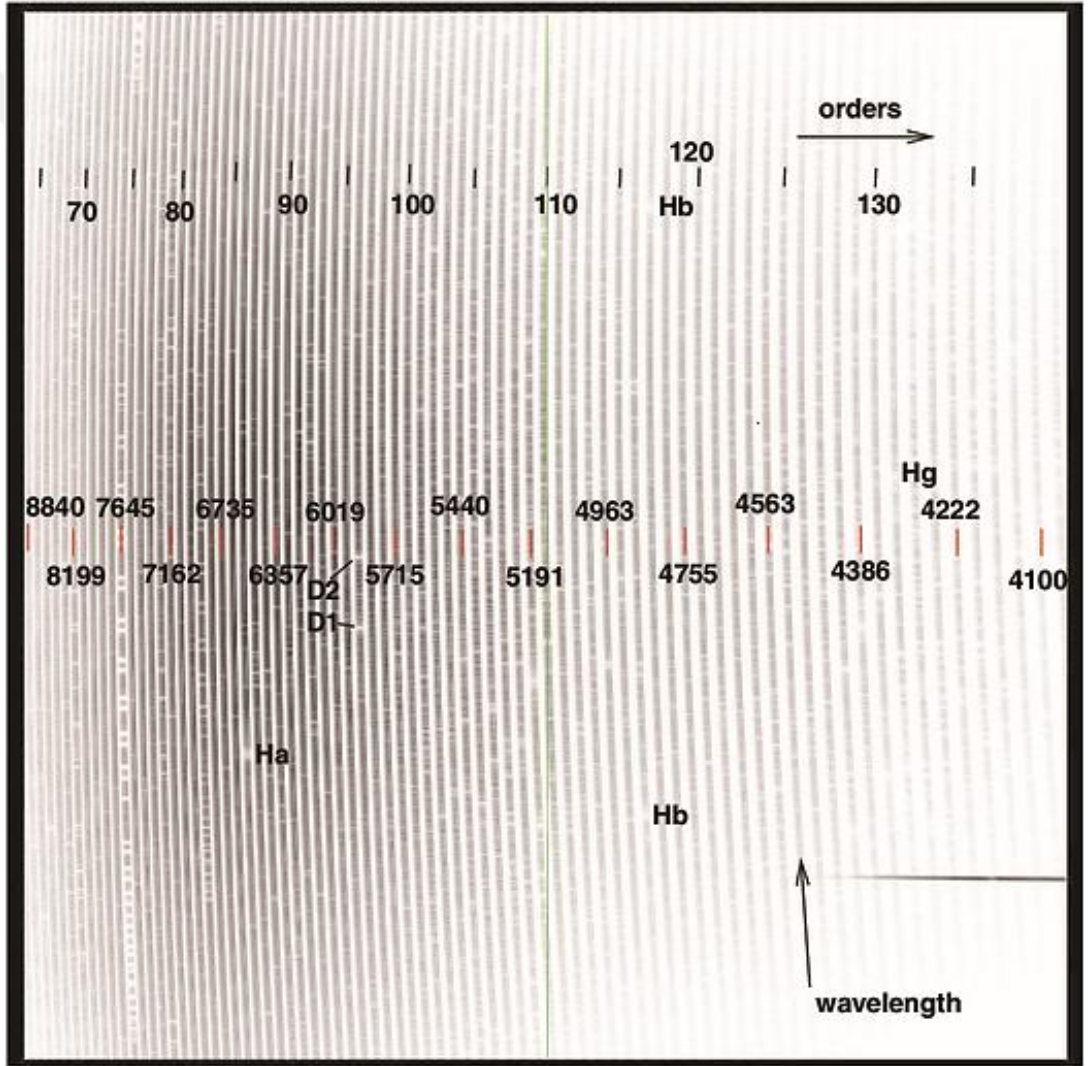
Şekil 3.4 67 Mus (a) ve 112 Her'in (b) $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å dalgaboyu aralığını kapsayan normalize tayf kesitleri

Yıldızın bir geceye ait tek pozluk tayf verisinin 73 eşel basamak isim listesi bir ana dosyadan (masterfile) girilir ve kontrol komutlarını içeren bir komut dosyası kullanılarak program tarafından otomatik olarak işlenir. Eşel basamakların her birinin normalize edilmesinin ardından tüm dalgaboyu aralığını kapsayan tek bir dosyada birleştirilir. Normalize işlemi ile ilgili yapılan testler, hataların 0.01 km s^{-1} mertebesinde olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 3.4).

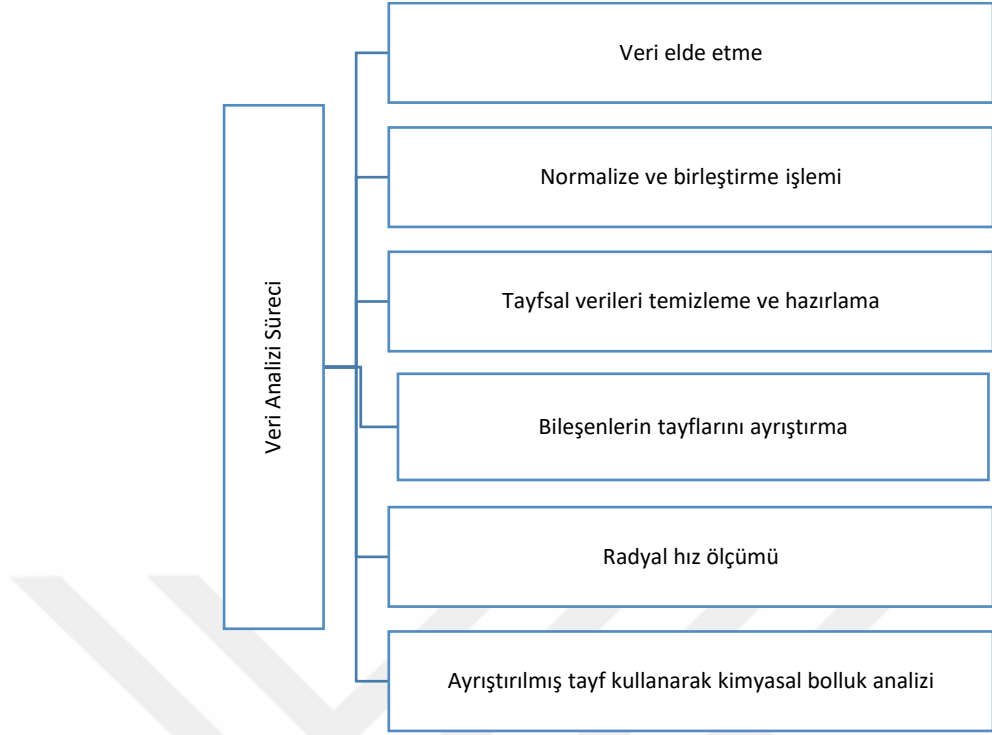
Çizelge 3.3 CHIRON tayfçekerinin her eşel basamak için başlangıç ve bitiş dalgaboyu değerleri

Eşel basamak	Dalgaboyu aralığı (Å)	Eşel basamak	Dalgaboyu aralığı (Å)	Eşel basamak	Dalgaboyu aralığı (Å)
1	4108 - 4155	26	5024 – 5083	51	6468 – 6543
2	4138 - 4186	27	5070 – 5129	52	6543 – 6619
3	4169 – 4217	28	5116 – 5175	53	6620 – 6697
4	4200 – 4248	29	5163 – 5223	54	6699 – 6777
5	4231 – 4280	30	5211 – 5271	55	6780 – 6858
6	4263 – 4313	31	5259 – 5320	56	6863 – 6942
7	4296 – 4346	32	5309 – 5370	57	6947 – 7028
8	4329 – 4379	33	5359 – 5422	58	7034 – 7116
9	4362 – 4413	34	5411 – 5474	59	7123 – 7206
10	4397 – 4447	35	5463 – 5527	60	7215 – 7298
11	4431 – 4482	36	5517 – 5581	61	7308 – 7393
12	4466 – 4518	37	5572 – 5636	62	7404 – 7490
13	4502 – 4554	38	5627 – 5693	63	7503 – 7590
14	4538 – 4591	39	5684 – 5750	64	7605 – 7692
15	4575 – 4628	40	5742 – 5809	65	7709 – 7798
16	4613 – 4666	41	5801 – 5869	66	7816 – 7906
17	4651 – 4705	42	5862 – 5930	67	7926 – 8018
18	4690 – 4744	43	5924 – 5992	68	8039 – 8132
19	4729 – 4784	44	5987 – 6056	69	8156 – 8250
20	4769 – 4824	45	6051 – 6121	70	8276 – 8371
21	4810 – 4866	46	6117 – 6188	71	8399 – 8496
22	4851 – 4907	47	6184 – 6256	72	8526 – 8625
23	4893 – 4950	48	6253 – 6325	73	8658 – 8758
24	4936 – 4994	49	6323 – 6396		
25	4980 – 5038	50	6395 – 6469		

Tayfların tamamının, VCROSS (Hill 1982, Hill ve Fisher 1986) kullanılarak uygun bir sentetik referans tayf ile çapraz korelasyon tekniği uygulanarak radyal hızları (RV) ölçülmüştür. Normalizasyonu yapılan tayf dosyaları, oluşturulduktan sonra, temizlenerek FD3'te (Ilijić vd. 2004) ASCII formatında “.dat” uzantılı olarak kullanıma hazır hale getirilir. Daha sonra Doppler kaymasının oluşturduğu etkiler ile ilgili bilgiler programın girdi dosyasına eklenerek baş ve yoldaş bileşenlerin tayfını ayrı ayrı elde etmek için kullanılır. Çift yıldızın yoldaş bileşenine dair tayfsal verilere ulaşılabiliyorsa hem baş hem de yoldaş bileşenin tayf verisi ayrı ayrı elde edilir.

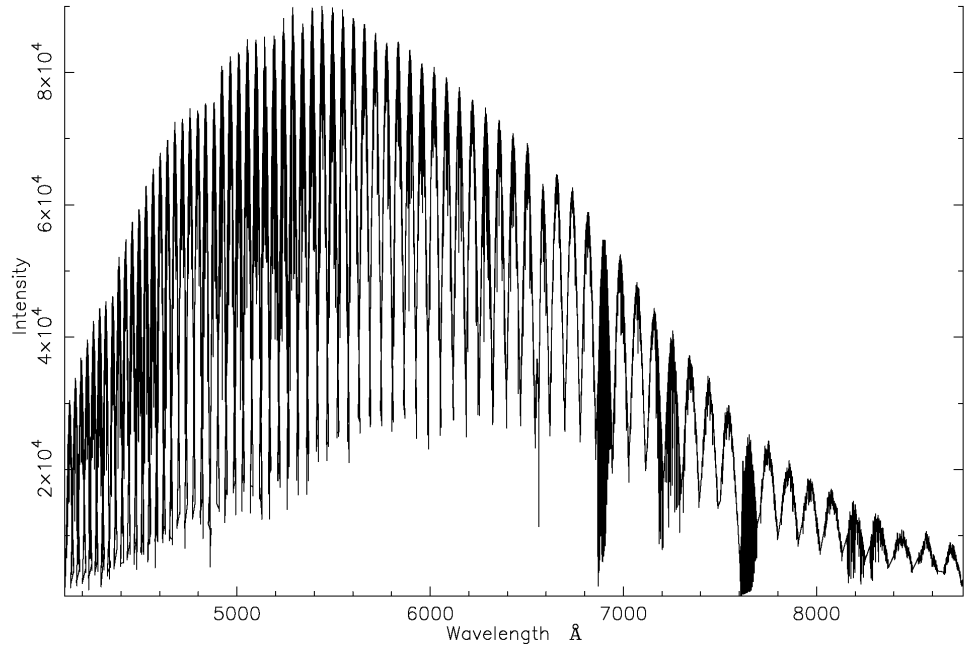


Şekil 3.5 CHIRON tayfçekerinin eşel basamak belirleyicileri (Tokovinin vd. 2013)

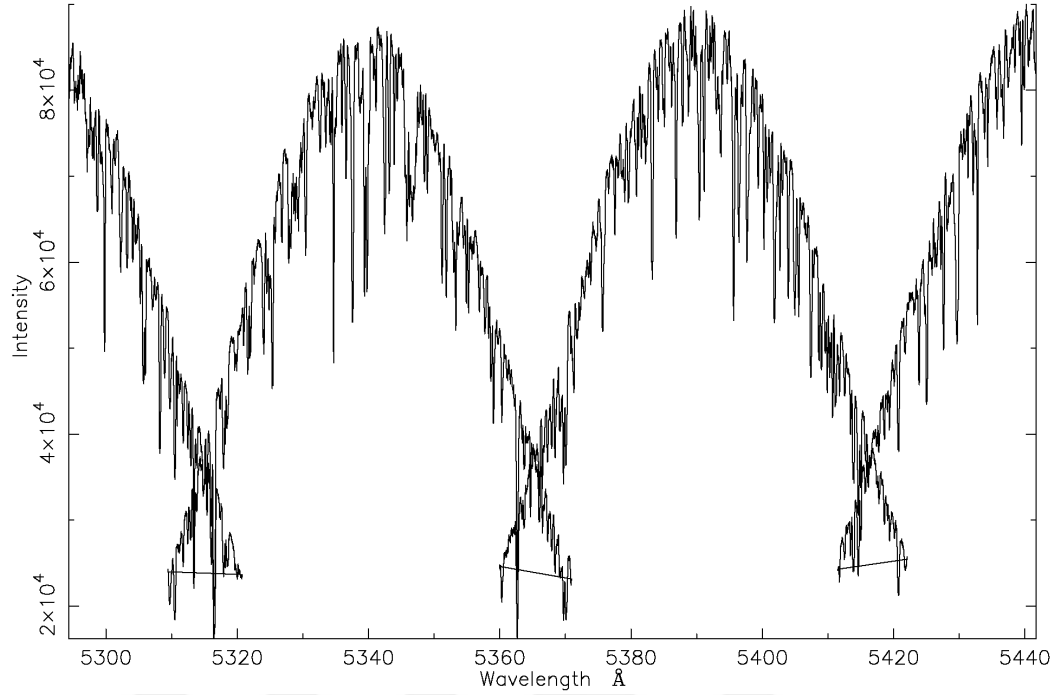


Şekil 3.6 Veri analizi sürecinin akış şeması

WCHI210207_1162.FTS



Şekil 3.7 67 Mus'un 7 Şubat 2021 tarihli gözlemsel tayfındaki 73 eşel basamağın görünümü



Şekil 3.8 Gözlemsel tayfın ardışık 2 eşel basamağının görünümü. Her sıra ortalama 55 Å dalgaboyu aralığındaki veriyi içerir

Yıldızların tayfsal verileri “.fts” formatındadır ve her eşel basamak ayrıldıktan sonra ASCII metin dosyaları olduklarını belirten “.dat” uzantısıyla otomatik isimlendirilerek kaydedilmiştir.

3.2 Radyal Hız Ölçümü

SB1 ve SB2 türü tayfsal çift yıldız sistemleri 67 Mus ve 112 Her’in radyal hız analizleri gerçekleştirilerek yörünge elemanları hesaplanmıştır. Tayfsal çift yıldızların yörünge elemanlarını belirlemek için hassas radyal hız ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. 1980’li yıllara kadar radyal hız ölçümlerinin kesinliği 1000 m s^{-1} kadar yüksekti çünkü radyal hızları belirlemek için yalnızca 10-100 yıldız çizgisi kullanılıyordu. Bu ölçümler, radyal hız genlikleri 2 km s^{-1} ’den daha düşük olan çift yıldızların verilerini tespit edebilecek kadar hassas değildi. 1980’lerden bu yana, radyal hız ölçüm teknikleri, çapraz korelasyon gibi yöntemlerle gelişti, böylece radyal hız hassasiyeti 300 m s^{-1} ’den düşük

oldu. Ancak çok az çalışmada, bu yeni teknik kullanılarak çift yıldız sistemlerinin radyal hızlarının önceki ölçümleri yeniden incelendi (Kato vd. 2013).

Radyal hızın belirlenmesi için pek çok karmaşık yöntem vardır. Bunlar arasında, bir yıldızın tayfının uygun şekilde seçilmiş bir şablon tayf ile çapraz korelasyonunu kullanan, bu tür ölçümler için özel olarak tasarlanmış programlarla açıklayanlar vardır. Griffin vd. (2000) konuya yönelik çeşitli yaklaşımlara ilişkin ayrıntılı bir çalışma sunmuş ve bunların tayfsal sınıf ve türlerdeki yıldızlar için uygulanabilirliğini değerlendirmiştir.

Bazı soğuk yıldızlarda ise yıldız aktivitesi birkaç $m s^{-1}$ 'lik sinyalleri tetikleyebilir. Bu, fiziksel olarak dedektördeki pikselin 1/100'ünden daha küçük değişikliklere karşılık gelir ve tayfsal çizgilerin şeklindeki değişiklikleri görmemizi zorlaştırır. Bu tür küçük değişimleri ölçmek için yaygın bir yaklaşım, eşel basamak boyunca gözlemsel tayftaki tüm çizgilerin üzerinden sentetik tayfla karşılaştırılmasına dayalı çapraz korelasyon fonksiyonu uygulanarak tayftaki tüm çizgi profillerine ait kayma miktarlarının ortalamasının alınmasıyla belirlenir. Bu işlem, sonuç çapraz korelasyon fonksiyonunu belirler. Farklı tayflar arasındaki Doppler kaymasını ölçmek ve dolayısıyla bir yıldızın radyal hızını zamanın fonksiyonu olarak elde etmek için CCF'nin ağırlık merkezindeki değişiklikler hesaplanır. Ağırlık merkezi genellikle CCF'ye uygun normal yoğunluk şeklinin ortalaması alınarak tahmin edilir. Farklı tayflar arasındaki çizgi şekilleri, yıldız aktivitesi tarafından indüklenen sinyallerin varlığını gösterir ve CCF için uygun modellerin farklı parametrelerinin analiz edilmesiyle ölçülür. Genellikle, CCF'nin genişliği, tam genişlikteki yarı maksimum (FWHM) ve CCF açığortayının hesaplanması ve açığortay eğim açıklığının ölçülmesi yoluyla normal yoğunluğunun asimetrisi kullanılarak tahmin edilir. Yıldız aktivitesi, çapraz korelasyon fonksiyonunun şeklindeki zamana bağlı değişiklikler ölçülerek saptanır (Simola vd. 2019).

Çapraz korelasyon yöntemi, radyal hız ölçümünde kullanılan yöntemler arasında en hassas yöntem olması ve en az hatayla sonuç verebilmesi nedeniyle günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Çünkü diğer yöntemler gibi tayftaki az sayıda soğurma çizgisi dikkate alınarak yapılmazlar. Çapraz korelasyon yöntemi, geniş bir tayf aralığı içeren hesaplamalara olanak tanır. Bu ise daha hassas bir radyal hız analizi yapmamızı sağlar.

Her bir evreye ilişkin gözlemsel tayftan radyal hız ölçümü gerçekleştirilir. Dalgaboyları şablon tayfla eşleştirilir ve ardından her eşel basamak çifti için çapraz korelasyon fonksiyonu hesaplanır. Elde edilen Gauss profilleri, Cauchy-Lorentz fonksiyonu kullanılarak belirlenen CCF'nin tepe noktalarını oluşturur. Uygun hale getirilmiş fonksiyonun FWHM ve genlik gibi ek parametreleri de elde edilerek tahmini radyal hızdaki belirsizlik için kullanılırlar.

Bir yıldızın tayf türü ve görünür parlaklığı biliniyorsa, tahmini etkin sıcaklık (T_e), yüzey çekim ivmesi ($\log g$) ile sentetik tayf hesaplanabilir. Standart bolluklara sahip temel bir sentetik tayf, ortalama bir mikrotürbülans hızı ve kabaca tahmin edilen izdüşümsel dönme hızı, RV değerini elde etmek için yeterlidir. Bununla birlikte, yukarıda belirtilen parametreler ne kadar doğru bir şekilde türetilirse, CCF'nin maksimum değeri o kadar yüksek olur. CCF'nin maksimum değerine yüksek bir değere ulaşmak aynı zamanda radyal hızdaki hatanın küçük olmasını, yani daha hassas bir radyal hız değeri bulmak anlamına da gelir. CCF'nin en avantajlı yanı, bütün bir eşel basamağı baz alarak ölçüm yapılabilmesidir.

Her ikisi de tayfsal çift yıldız olan 67 Mus ve 112 Her için Güneş merkezli radyal hız (v_r) ölçümleri farklı şekillerde gerçekleştirilmiştir. Bu durumun ana sebebi 67 Mus (SB1) yıldızının tayfında yalnız baş yıldızın tayfı gözlemlendiğinden radyal hız ölçüm programı

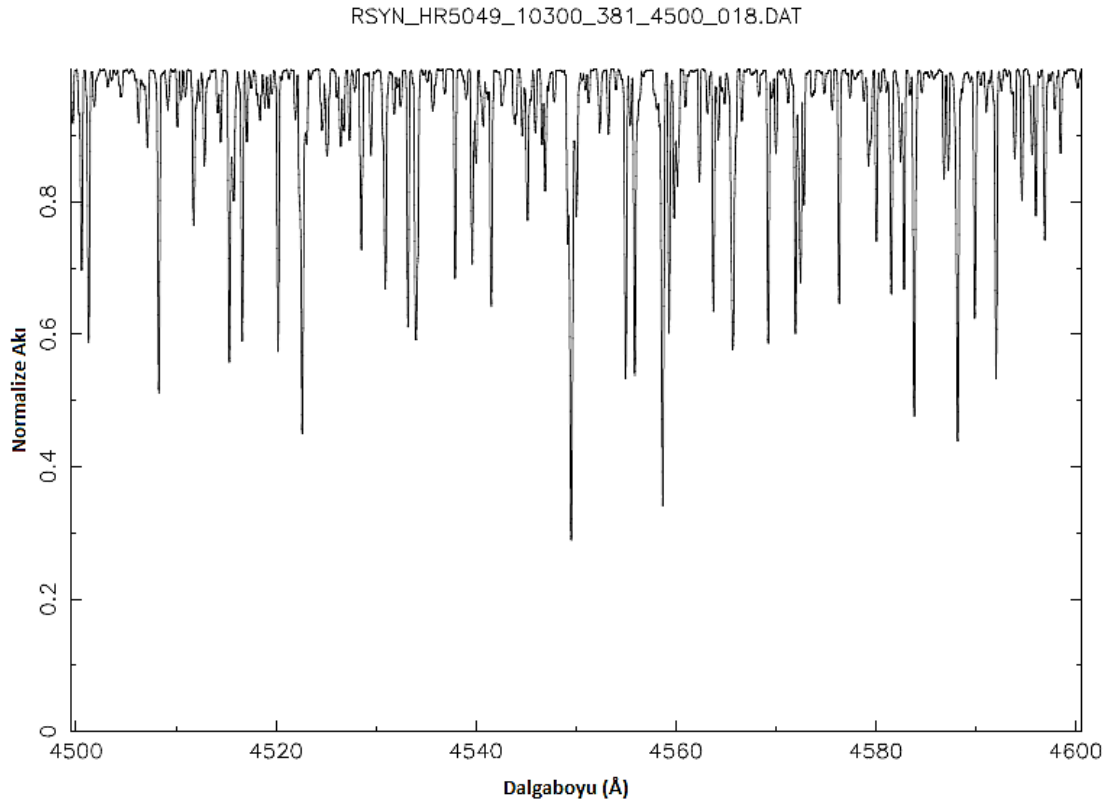
3.2.1 67 Mus sisteminin radyal hız ölçümü

67 Mus yıldızının radyal hız analizinde, CHIRON eşel tayflarının 5., 10., 15. ve 19. basamak verileri kullanılmıştır. Radyal hız ölçümünde kullanılan dört eşel basamağın dalga boyu aralıkları aşağıdadır.

- $\lambda\lambda$ 4231 – 4280 Å (5. eşel basamak)
- $\lambda\lambda$ 4396 – 4447 Å (10. eşel basamak)
- $\lambda\lambda$ 4575 – 4628 Å (15. eşel basamak)
- $\lambda\lambda$ 4729 – 4784 Å (19. eşel basamak).

Bu eşel basamaklardaki tayfin radyal hız ölçümünde kullanılmasının temel nedenleri, Hidrojen Balmer serisinden etkilenmemeleri ve gözlemsel tayfin özellikle kırmızı bölgedeki Yer atmosferinden kaynaklı su buharı ve diğer atmosferik moleküllerin yıldız sinyalini bozmasından dolayı tellürik çizgilerden etkilenmeyen kaliteli çizgileri barındırmasıdır. Ayrıca bu bölgede B-türü yıldızlarda radyal hız ölçümü için pek çok kaliteli çizgi bulunur. Bu eşel basamaklara ait tayflara ilişkin bazı örnekler EK-2’de verilmiştir.

67 Mus'un radyal hız analizinde kullanılmak üzere, STELLAR programı (Hill, Gulliver ve Adelman 1996) aracılığıyla $T_e = 10300$ K, $\log g = 3.810$, $\xi = 0$ km s⁻¹ ve $v \sin i = 4$ km s⁻¹ değerleri (Nishimura vd. 2004) ile model atmosfer oluşturulmuştur. Bu veriler, 0.018 Å aralıklarla $\lambda\lambda$ 4200 – 4800 Å aralığı için hazırlanmış model atmosfer veri bilgilerini içerir.



Şekil 3.9 67 Mus’un gözlemsel tayfına en iyi uyumu sağlayan sentetik tayftan bir kesit

67 Mus'un gözlemsel tayflarına en iyi uyumu sağlayan sentetik tayfların modellenmesi için söz konusu atmosfer parametrelerine uygun olan akı değerleri kullanılmıştır. Üretilen sentetik tayftan bir kesit şekil 3.9'da gösterilmektedir. Tüm eşel basamağı ele alarak radyal hız ölçümü yapılmasını sağlayan; Prof. Dr. Graham Hill'e (Auckland University of Technology, Yeni Zelanda) ait VCROSS programı (Hill 1982) kullanılmıştır.

Eşel basamaklarına ayrılan tayflar, radyal hız ölçümünde kullanılmak üzere VCROSS programının çalıştırıldığı dizine taşınmıştır. Burada kullanılan dosyalar .DAT formatındadır. 67 Mus'un 79 gözlemsel eşel tayfının dört farklı eşel basamağından radyal hız ölçümleri gerçekleştirilir.

VCROSS programı öncelikle çapraz korelasyon fonksiyonu oluşturmak için kullanıcıdan radyal hız aralıklarını içeren "vcr*.dat" formatında bir model komut dosyası istemektedir. Burada "*" radyal hız hesaplaması yapılacak eşel basamak için merkezi dalgaboyu değerini alır. Kullanıcı daha önce yapılmış radyal hız ölçümlerini literatürden araştırarak kullanacağı tayf için uygun aralıkları kapsayan değerleri girdiği bir .DAT dosyası oluşturur. Örneğin λ 4231 - 4280 Å dalgaboyu aralığını içeren eşel basamağa çapraz korelasyon uygularken program kullanıcıdan vcr4250.dat dosyası için sınır değerlerin (radyal hız değerleri -100, +100 km s⁻¹ olacak şekilde) yer aldığı;

-100. 100.
4235.0 4278.0 bilgilerini istemektedir.

İkinci adımda CCF'yi yıldıza uygun atmosfer parametrelerine göre hesaplayabilmek için kullanıcıdan model atmosfer bilgilerini içeren bir komut dosyası girilmesi istenir. Örneğin RSYN_HR5049_10300_381_4200_018.DAT komut dosyası girilerek λ 4200 Å yöresindeki eşel basamaklar için etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, tayfsal çözünürlük verilerini içeren bir veri dosyası ile modelleme yapılması sağlanır. Verilen bu örneğe ilişkin model atmosfer bilgilerinin küçük bir kısmı şekil 3.10'da paylaşılmıştır. Bu model atmosfer kullanılarak, beşinci ve onuncu eşel basamaktan radyal hız ölçümü gerçekleştirilmiştir. On beşinci ve on dokuzuncu eşel basamakların radyal hız ölçümü için ise, RSYN_HR5049_10300_381_4500_018.DAT model tayfı kullanılmıştır.

VMS-DECTERM

File Edit Commands Options Print

DISK\$AUSTIN2:[ADELMAN.SYNSPEC.SYNSPEC49.HR5049]

Temp: 10300. log g: 3.810 incl: 90.00 vsini: 9.3 0m fr: 0.000 RV: 0.0 m-t

Computed spectrum

Lambda	Flux(l/c)	Flux(l)	Flux(c)
4150.0000	0.9152	2.9918E+08	3.2690E+08
4150.0180	0.9267	3.0293E+08	3.2689E+08
4150.0360	0.9387	3.0684E+08	3.2689E+08
4150.0540	0.9499	3.1053E+08	3.2689E+08
4150.0720	0.9608	3.1406E+08	3.2688E+08
4150.0900	0.9692	3.1680E+08	3.2688E+08
4150.1080	0.9721	3.1775E+08	3.2688E+08
4150.1260	0.9674	3.1620E+08	3.2687E+08
4150.1440	0.9541	3.1187E+08	3.2687E+08
4150.1620	0.9389	3.0690E+08	3.2686E+08
4150.1800	0.9278	3.0326E+08	3.2686E+08
4150.1980	0.9202	3.0077E+08	3.2686E+08
4150.2160	0.9146	2.9894E+08	3.2685E+08
4150.2340	0.9103	2.9752E+08	3.2685E+08
4150.2520	0.9071	2.9648E+08	3.2684E+08
4150.2700	0.9034	2.9526E+08	3.2684E+08
4150.2880	0.8961	2.9287E+08	3.2684E+08
4150.3060	0.8847	2.8915E+08	3.2683E+08
4150.3240	0.8732	2.8538E+08	3.2683E+08
4150.3420	0.8684	2.8382E+08	3.2682E+08
4150.3600	0.8729	2.8529E+08	3.2682E+08
4150.3780	0.8817	2.8815E+08	3.2681E+08
4150.3960	0.8886	2.9041E+08	3.2681E+08
4150.4140	0.8901	2.9089E+08	3.2681E+08
4150.4320	0.8858	2.8947E+08	3.2680E+08
4150.4500	0.8776	2.8680E+08	3.2680E+08
4150.4680	0.8679	2.8363E+08	3.2679E+08
4150.4860	0.8597	2.8093E+08	3.2679E+08
4150.5040	0.8572	2.8011E+08	3.2678E+08
4150.5220	0.8639	2.8230E+08	3.2678E+08

DISK\$AUSTIN2:[CABUK.VCROSS.67MUS]RSYN_HR5049_10300_381_4200_018.DAT;1(2,1) 0%

Şekil 3.10 λ 4200 Å yöresindeki eşel basamaklar için model atmosfer dosyasından bir bölüm

Çapraz korelasyon fonksiyonunun maksimum değerini merkeze alacak şekilde diğer tüm eğrilerden arındırarak bir Gauss fiti oluşturulması gerektiğinden, grafiğin sınırlarını daraltarak daha net bir radyal hız hesabı yapılması sağlanır. Şekil 3.11’de görüldüğü üzere model tayf ile WCHI210207_1162_4231_4280.DAT gözlem verisine çapraz korelasyon uygulanarak en uygun fit oluşturulur.

Bu işlemle birlikte OpenVMS ekranında Gauss fitinin uygulanmasının sonucunda hesaplanan değerler görüntülenmektedir. Verilen örneğe ait hesaplanan değerler şöyledir:

Dosya Adı	d(RV)	err	RV (abs)	FWHM	EW	Ht	Profile	rms
WCHI210207_1162_4231_4280.	-10.43	0.10	-10.43	17.8	17.0	0.900	Gaussian	0.027

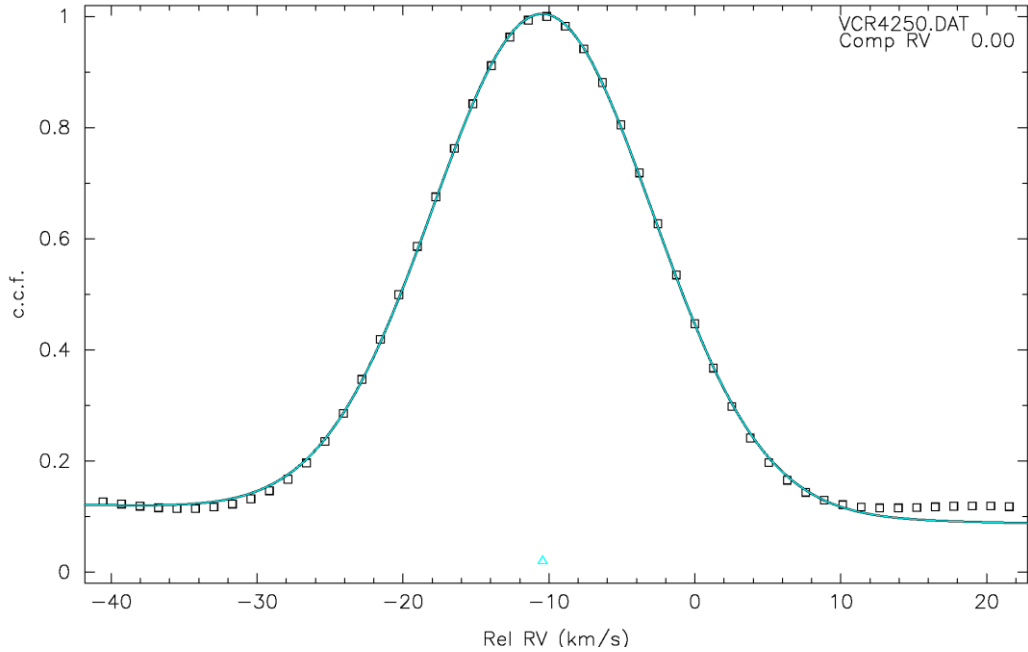
Her bir gözlem verisine ait dört eşel basamak için radyal hız verileri bulunarak bu dört değer aritmetik ortalaması alınır ve o gözlem verisine ait radyal hız değeri hesaplanmış olur. Çizelge 3.4’te 15 Şubat 2022 tarihli gözlem dosyasına ait (WCHI220205_1141.FTS) radyal hız hesaplanması ilişkin değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 3.4 67 Mus'un 15 Şubat 2021 tarihli radyal hız analiz değerleri

Poz Numarası	Tayf Dosyasının Adı	d(RV)	Hata	RV (abs)	FWHM	EW	Ht	Profil	rms
210215_1167	WCHI210215_1167_4231_4280	-9.89	0.11	-9.89	17.8	17.0	0.895	Gauss	0.029
210215_1167	WCHI210215_1167_4397_4447	-11.28	0.14	-11.28	17.0	14.8	0.818	Gauss	0.037
210215_1167	WCHI210215_1167_4575_4628	-9.69	0.17	-9.69	22.3	20.7	0.874	Gauss	0.042
210215_1167	WCHI210215_1167_4729_4784	-9.88	0.21	-9.88	14.8	13.1	0.830	Gauss	0.061
Radyal Hız (km s ⁻¹)									-10.185
Hata Miktarı (± km s ⁻¹)									0.157

- d(RV)** : VCROSS programına giriş yapılan radyal hız değeri ile hesaplanan arasındaki fark (67 Mus için giriş değeri olarak 0 değeri girildi),
- err** : Hesaplanan radyal hız için hata miktarı,
- RV(abs)** : Mutlak radyal hız değeri. Bu değer hesaplamalar sonucunda elde edilen radyal hız değeridir,
- FWHM** : CCF yönteminden elde edilen Gauss dağılımına ilişkin yarı yükseklikteki tam genişlik (full width half maksimum),
- EW** : CCF yönteminden elde edilen Gauss dağılımına ilişkin eşdeğer genişlik,
- Ht** : CCF yönteminden elde edilen Gauss dağılımına ilişkin eğrinin tepe noktasının değeri,
- rms** : CCF ile elde edilen Gauss dağılımına uygulanan fit'e ilişkin fark karelerinin ortalama değeri (root mean square).

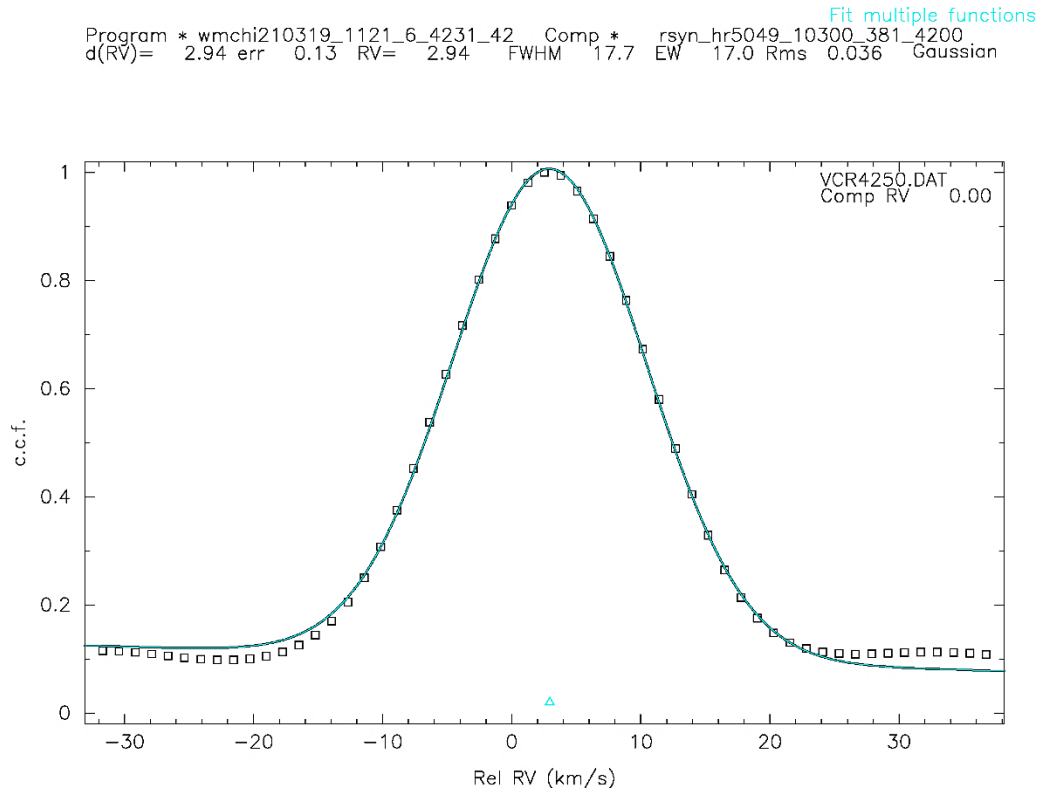
Program * WCHI210207_1162_4231_4280. Comp * RSYN_HR5049_10300_381_4200
d(RV)= -10.43 err 0.10 RV= -10.43 FWHM 17.8 EW 17.0 Rms 0.027 Gaussian



Şekil 3.11 67 Mus'un 7 Şubat 2021 tarihli CHIRON tayf verisinin 5. eşel basamağına uygulanan CCF sonrası oluşan Gauss fiti

67 Mus yıldızına ait 79 tayf verisinin her biri için 4 eşel basamak ele alınmış ve toplam 316 radyal hız hesabı yapılmıştır. Örnek olarak çizelge 3.4'te 15 Şubat 2021 tarihli gözlem için elde edilen radyal hız ölçümleri verilmiştir. 67 Mus için tayfsal gözlemlerimiz tüm bir evreyi tamamlayacak şekilde 79 veri seti olarak alınmıştır. Her dört eşel basamak için hesaplanan radyal hızlar ve hata miktarlarının aritmetik ortalamaları alınarak o tayf için sonuç radyal hız ve hata miktarı bulunmuştur.

Bu basamaklar 67 Mus sisteminin 79 gecelik gözlem verisine ayrı ayrı uygulanarak tüm tayflar için yıldızın radyal hız hesaplamaları yapılmıştır. Başka bir örnek olarak şekil 3.12'te sistemin baş yıldızının radyal hızını hesaplamak için CCF'nin ürettiği verilerden oluşan grafik görülmektedir.



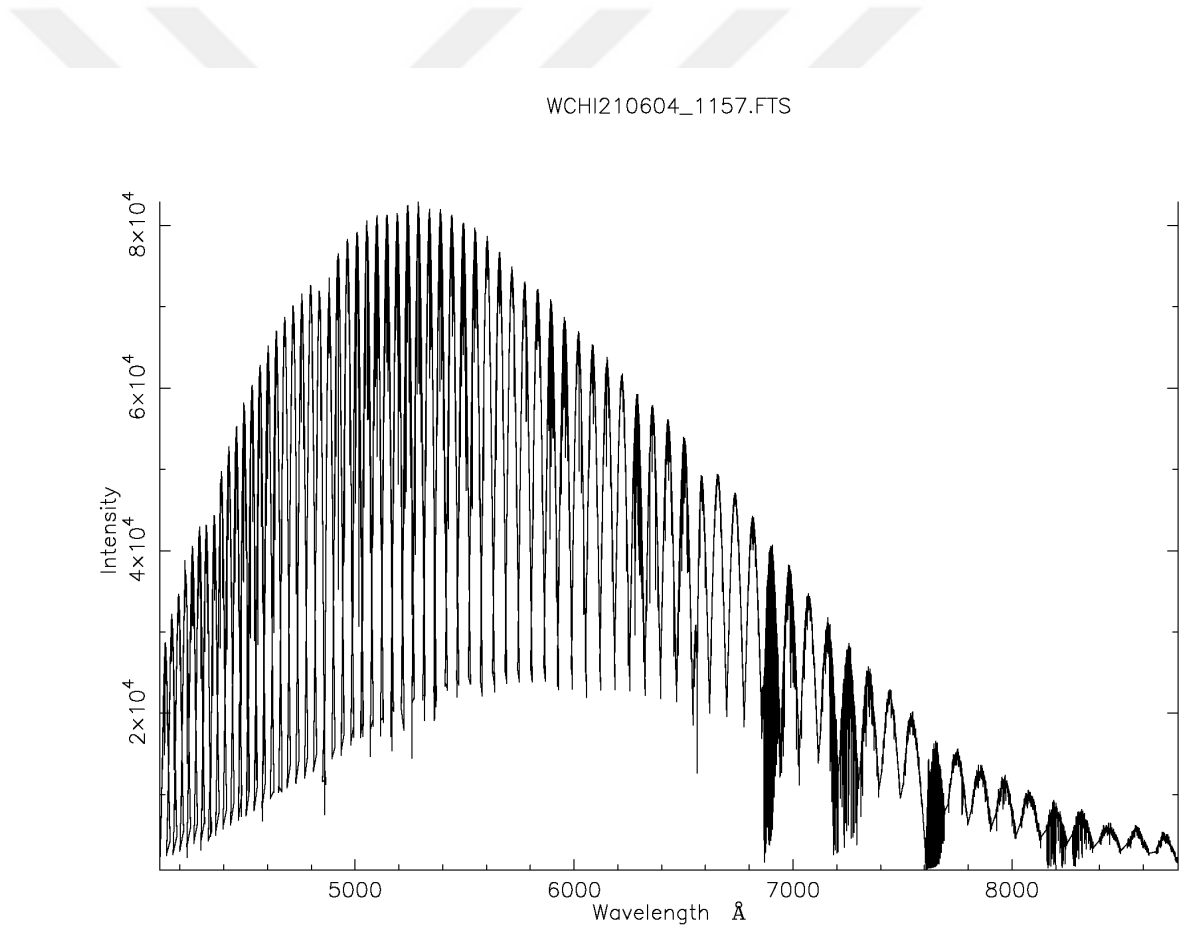
Şekil 3.12 19 Mart 2021 tarihli tayf verisinde 67 Mus için hesaplanan radyal hız değeri ve konumu

67 Mus sisteminin radyal hızları ve verilere ilişkin bilgiler araştırma bulguları bölümünde çizelge 4.3'te ve yapılan tüm ölçümler EK-7'de verilmiştir.

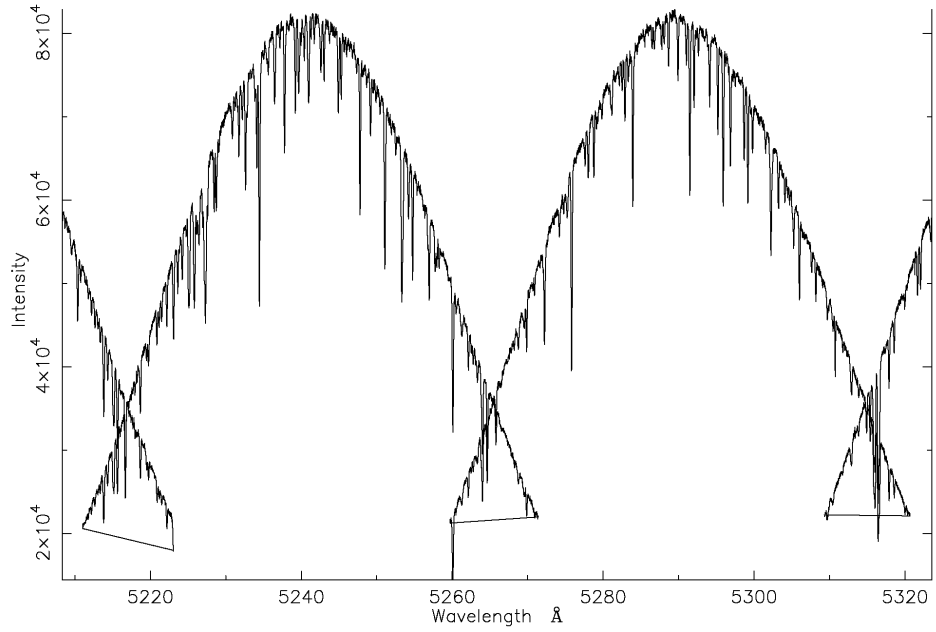
3.2.2 112 Her sisteminin radyal hız ölçümü

112 Her sisteminin her iki bileşeni için 14 farklı geceden alınan tayflarla CCF yöntemi ile radyal hız analizi gerçekleştirilmiştir. 112 Her yıldızının gözlem bilgileri EK 3'te listelenmiştir.

Elde edilen tayflardan 4 Haziran 2021 gecesine ait “.FTS” uzantılı bir gözlem veri setinin $\lambda\lambda$ 4108 – 8758 Å dalgaboyu aralığını kapsayan 73 eşel basamağını içeren görüntüsü şekil 3.13'te gösterilmiştir. Her bir eşel basamağının ortalama dalgaboyu aralığı 55 Å dir (bkz. Şekil 3.14).



Şekil 3.13 112 Her'in 4 Haziran 2021 tarihli eşel tayfı



Şekil 3.14 112 Her'in 4 Haziran 2021 tarihli ardışık iki eşel basamağına ilişkin tayf kesiti

Tek çizgili tayfsal çift yıldız olan 67 Mus sistemine uyguladığımız radyal hız analizine ilişkin yöntem 112 Her sistemi için aynı gibi görünse de radyal hız ölçümünde VCROSS programı ile yapılan uygulama biraz daha karmaşıktır. Bu karmaşıklığın sebebi 112 Her'in çift çizgili tayfsal çift yıldız olmasıdır. Bu nedenle VCROSS programının SB2 türü sistemler için çalışacak şekilde kullanılması gerekmektedir. Aşamalı olarak her iki bileşenin de radyal hız değerleri hesaplanabilmektedir.

SB2 çift sistemlerinin tayfında, her iki bileşene dair çizgiler bulunduğundan bu tür çift yıldızlar için ölçümler yapılacağı zaman, tayfin normalize edilmesi gerekir. İlk adım olarak, CUBEDATA olarak anılan 73 eşel basamağın birleşik olarak bulunduğu FTS uzantılı dosyaların ayrıştırılması tamamlanır. Eşel basamaklarına ayrılan tayflardan radyal hız ölçümünde kullanılmak üzere $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å dalgaboyu aralığındaki eşel tayflar normalize edilerek VCROSS programının çalıştırıldığı dizine taşınır. Bu eşel basamağa ait bölgeye ilişkin normalize edilmiş ve edilmemiş tayf görünüşleri EK 4'te verilmiştir.

Toplam 14 gözlemsel veri setine sahip 112 Her sisteminin baş ve yoldaş bileşenlerinin (112 Her A ve 112 Her B) her bir gözlem verisi için yukarıda belirtilen dalgaboyu aralığını içeren eşel basamaktaki tayftan her iki bileşene ait radyal hız tespiti ve hata miktarları hesaplanmıştır. 112 Her için tayfsal gözlemlerimiz tüm bir evreyi tamamlayacak şekilde 14 veri seti olarak alınmıştır. Her bir gözlem verisine ait $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å (15. eşel basamak) eşel basamağından radyal hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

112 Her sistemi için sentetik tayfin modellenmesinde $T_e = 13000$ K, $\log g = 4.0$ ve $v \sin i = 5.0$ km s⁻¹ değerleriyle üretilen akı verileri kullanılmıştır (Şekil 3.15). Bu veriler yıldızın günümüze kadar yapılan en kapsamlı çalışması olan Ryabchikova vd. (1996) kaynak alınarak oluşturulmuştur. λ 4605 Å yöresindeki eşel basamak için bileşen yıldızların radyal hız hesaplamalarında RSYN_13000_40_4575_4628.DAT sentetik tayf kullanılmıştır.

DISK\$AUSTIN2:[ADELMAN.SYNSPEC.SYNSPEC49.SP4500]			
Temp: 13000. log g: 4.000 incl: 90.00 vsini: 5.0 Om fr: 0.000 RV: 0.0 m-t>			
Computed spectrum			
Lambda	Flux(l/c)	Flux(l)	Flux(c)
4575.0000	0.9997	3.8190E+08	3.8201E+08
4575.0100	0.9997	3.8190E+08	3.8201E+08
4575.0200	0.9997	3.8189E+08	3.8200E+08
4575.0300	0.9997	3.8189E+08	3.8200E+08
4575.0400	0.9997	3.8189E+08	3.8200E+08
4575.0500	0.9997	3.8189E+08	3.8200E+08
4575.0600	0.9997	3.8189E+08	3.8199E+08
4575.0700	0.9997	3.8189E+08	3.8199E+08
4575.0800	0.9997	3.8188E+08	3.8199E+08
4575.0900	0.9997	3.8188E+08	3.8199E+08
4575.1000	0.9997	3.8188E+08	3.8198E+08
4575.1100	0.9997	3.8188E+08	3.8198E+08
4575.1200	0.9997	3.8188E+08	3.8198E+08
4575.1300	0.9998	3.8188E+08	3.8198E+08
4575.1400	0.9998	3.8188E+08	3.8197E+08
4575.1500	0.9998	3.8188E+08	3.8197E+08
4575.1600	0.9998	3.8188E+08	3.8197E+08
4575.1700	0.9998	3.8187E+08	3.8197E+08
4575.1800	0.9998	3.8187E+08	3.8196E+08
4575.1900	0.9998	3.8187E+08	3.8196E+08
4575.2000	0.9998	3.8187E+08	3.8196E+08
4575.2100	0.9998	3.8186E+08	3.8195E+08
4575.2200	0.9998	3.8186E+08	3.8195E+08
4575.2300	0.9998	3.8186E+08	3.8195E+08
4575.2400	0.9998	3.8185E+08	3.8195E+08
4575.2500	0.9998	3.8185E+08	3.8194E+08
4575.2600	0.9998	3.8185E+08	3.8194E+08
4575.2700	0.9997	3.8184E+08	3.8194E+08
4575.2800	0.9997	3.8184E+08	3.8194E+08

Şekil 3.15 112 Her sistemi için λ 4600 Å yöresindeki sentetik tayftan bir kesitin verileri

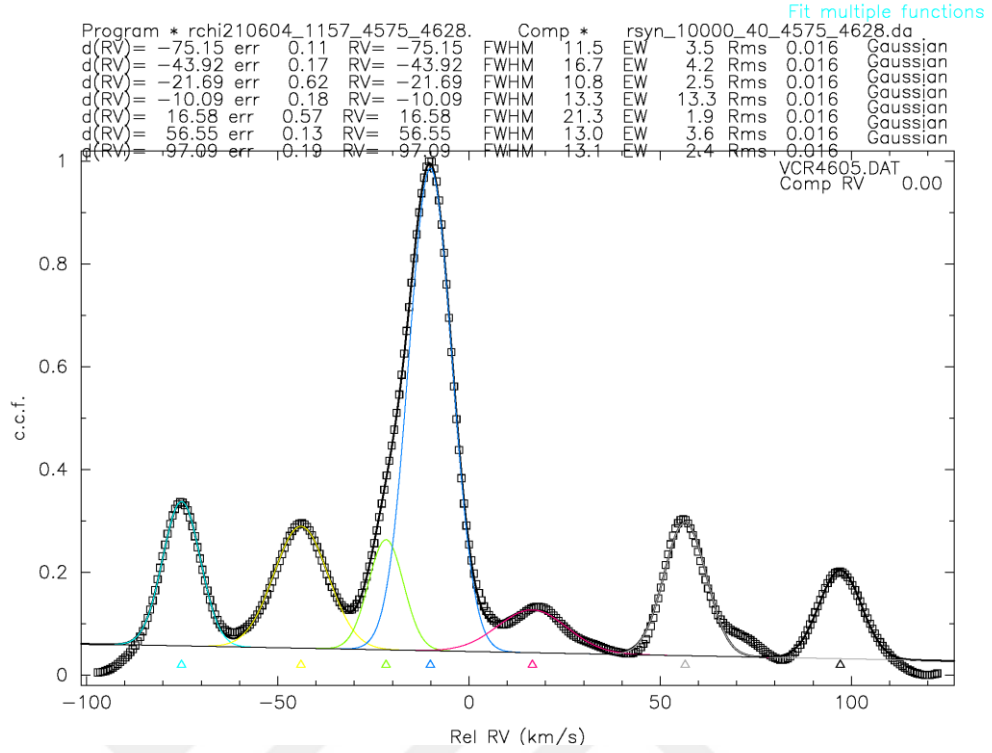
CCF'yi yıldıza uygun atmosfer parametrelerine göre hesaplayabilmek için kullanıcıdan model atmosfer bilgilerini içeren bir komut dosyası girilir. Burada en önemli ayrım çift yıldız sisteminin SB1 ya da SB2 türünden oluşuyla ilgilidir. SB2 türü 112 Her sisteminde

CCF için kullanılacak sentetik tayfımız, $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å dalgaboyu aralığında 0.01 Å adımla oluşturulmuştur. Oluşan tüm tepe noktaları arasında en güçlü olan baş yıldızına ait olan radyal hız değerini temsil ederken; “genellikle” ikinci en güçlü tepe noktası yoldaş yıldızı belirtir. Diğer tepe noktaları, yıldız tayfı ile sentetik karşılaştırma tayf arasındaki girişim tarafından üretilen yapay tepelerdir. Her iki yıldızın sağlıklı bir radyal hız ölçümünü yapmak için CCF hesaplaması sonucunda oluşan tüm tepe noktalarına düzgün birer Gauss fiti uygulanır. Bu yapay tepe noktaları genellikle iki gerçek tepe noktasına göre kaydırılan tekrarlanabilir bir modele sahiptirler. Burada 1. maksimum ve 2. maksimum değerlerini merkeze alacak şekilde diğer tüm eğrilerden arındırılarak Gauss fitlerini oluşturmak gerektiğinden grafiğin sınırlarını daraltarak daha net bir radyal hız hesabı yapılmasını sağlayacak komutlar verilir.

Bu aşamadan sonra şekil 3.16’de görüldüğü üzere model atmosfer ile RCHI210604_1157_4575_4628.DAT dosyasının çapraz korelasyonunun uygulanacağı Gauss fiti oluşturmak için ilgili komutlar yazılır ve her iki bileşen için en uygun fitler belirlenir.

Şekil 3.16’da görüldüğü üzere sol baştan başlayarak her bir tepe noktası için Gauss fiti uygulanmıştır. Burada, hem baş ve yoldaş yıldızlar için; hem de sentetik karşılaştırma tayfı arasındaki girişim tarafından üretilen yapay noktalar için ölçüm sonuçları ekranın üst kısmında sırasıyla listelenmiştir. Bu işlemle birlikte OpenVMS ekranında Gauss fitlerinin uygulanmasının sonucunda hesaplanan radyal hız değerleri görüntülenmektedir. Verilen örneğe ait hesaplanan radyal hızlar çizelge 3.5’te verilmiştir.

Hesaplanan değerlerden en yüksek tepe noktasına ait radyal hız değeri baş yıldızın; diğer tepe noktalarının arasından girişim sonucu oluşan tepelerden olmayan fakat yüksek pik gösteren noktanın radyal hız değeri de yoldaş yıldızın radyal hızını verir. (bkz. Şekil 3.17). Diğer tepe noktalarının tamamı yıldız tayfı ile sentetik karşılaştırma tayfı arasındaki girişim tarafından üretilen yapay noktalara ait sonuçlardır. Bu yapay tepelerin her tayfsal veri için radyal hız hesabı yapılırken yakın noktalarda tekrar oluşuyor olması ile konumları belirlenebilmektedir.



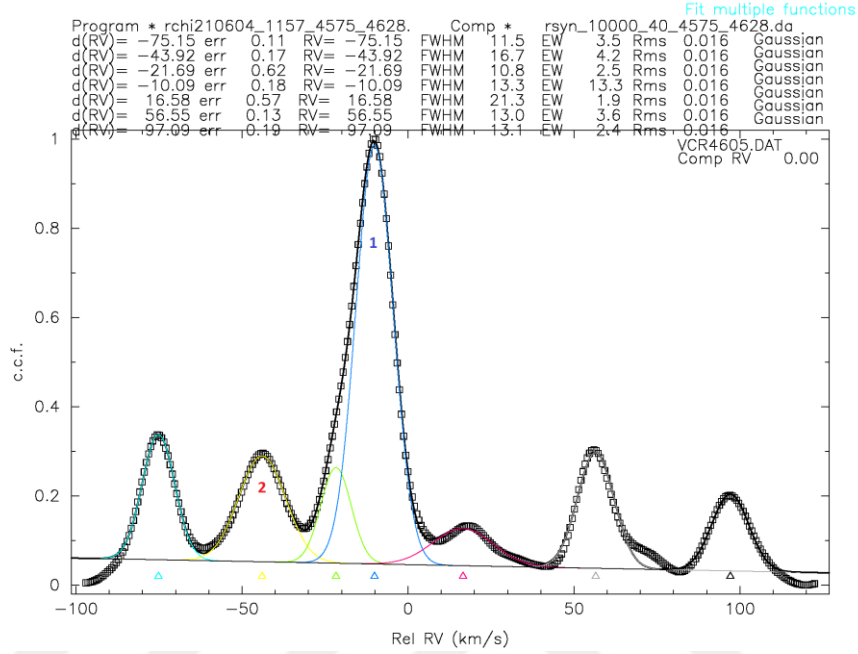
Şekil 3.16 112 Her sisteminin 4 Haziran 2021 tarihli tayf verisinin $\lambda\lambda$ 4575 - 4628 Å dalgaboyu aralığındaki tayfı için elde edilen CCF dağılımı ve uygulanan Gauss fiti

Çizelge 3.5 112 Her sisteminin 4 Haziran 2021 tarihli gözlemsel verisinden elde edilen radyal hız değerleri

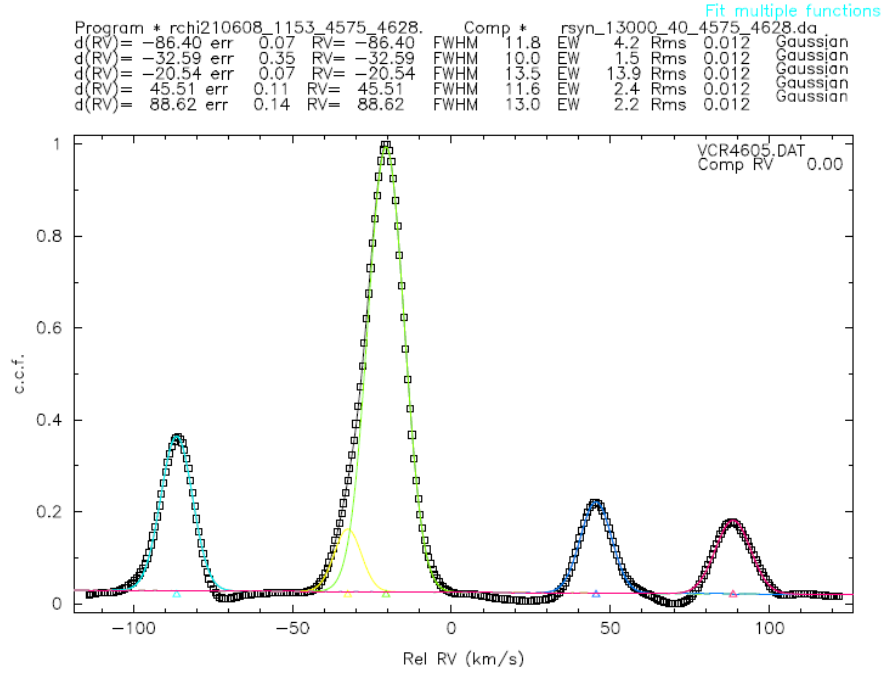
Dosya adı	RV (abs)	err	FWHM	EW	Ht	Profile	rms
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	-75.15	0.11	11.5	3.5	0.323	Gaussian	0.14
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	-43.92	0.17	16.7	4.2	0.197	Gaussian	0.14
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	-21.69	0.62	10.8	2.5	0.150	Gaussian	0.14
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	-10.09	0.18	13.3	13.3	0.947	Gaussian	0.14
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	16.58	0.57	21.3	1.9	0.059	Gaussian	0.14
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	56.55	0.13	13.0	3.6	0.201	Gaussian	0.14
RCHI210604_1157_4575_4628.DAT	97.09	0.19	13.1	2.4	0.142	Gaussian	0.14

112 Her sisteminin baş ve yoldaş bileşeni için farklı gecelerde alınmış 14 tayfından elde edilen radyal hız değerleriyle sistem yıldızlarının her ikisi için radyal hız eğrileri ve yörünge parametreleri elde edilmiştir. Sistemin radyal hızları ve verilere ilişkin bilgiler, araştırma bulguları bölümünde çizelge 4.5'te verilmektedir. Başka bir örnek olarak

şekil 3.18’de sistemin baş ve yoldaş yıldızının radyal hız değerlerinin hesaplanması sonucunda elde edilen grafik verilmiştir.



Şekil 3.17 4 Haziran 2021 tarihli tayf verisinde 112 Her sisteminin baş ve yoldaş yıldızları için hesaplanan radyal hız değerleri ve konumları



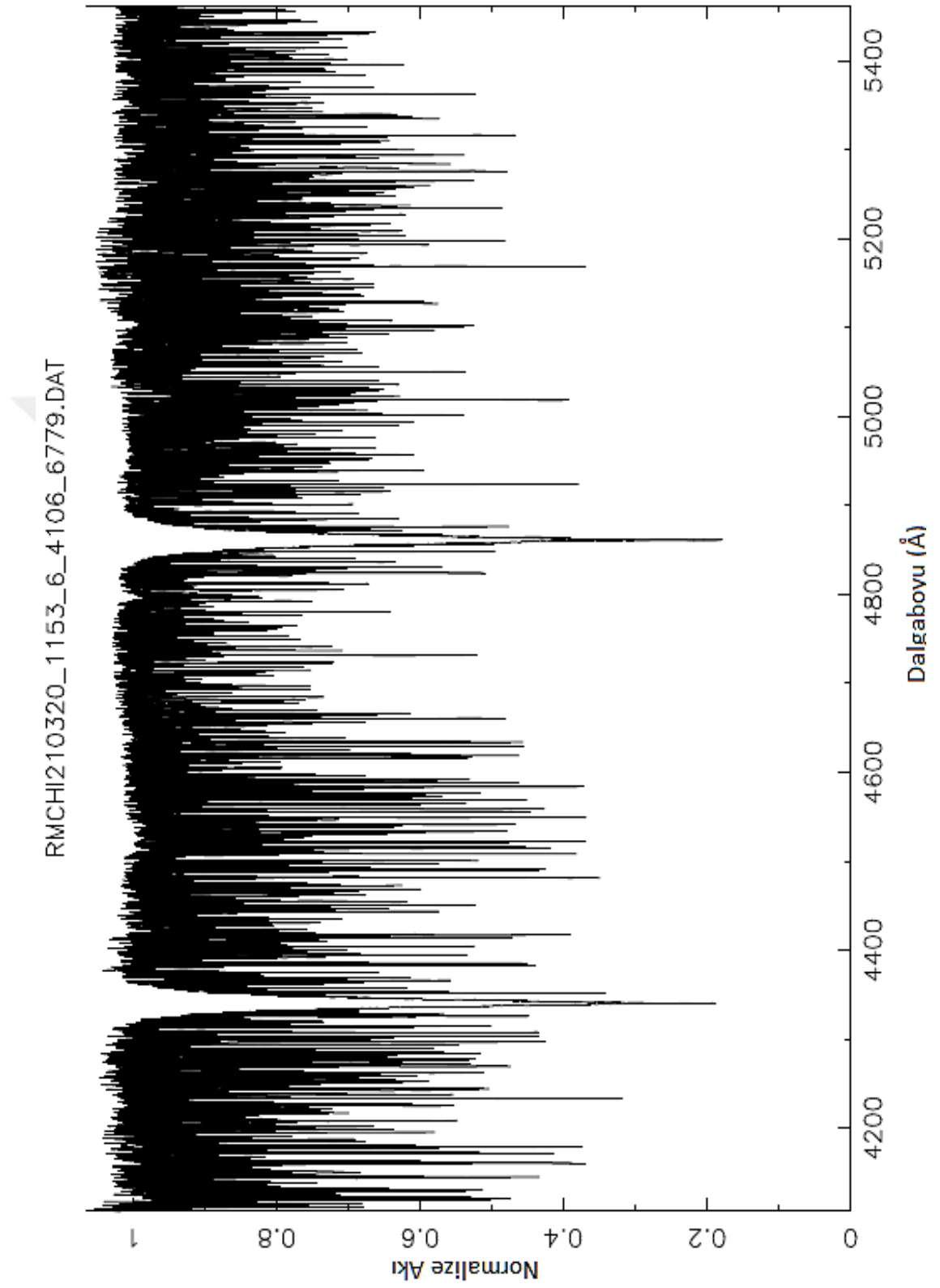
Şekil 3.18 8 Haziran 2021 tarihli tayf verisinde 112 Her sisteminin baş ve yoldaş yıldızları için hesaplanan radyal hız değerleri ve konumları

3.3 Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi

Yıldızların atmosfer parametreleri, atmosferindeki herhangi bir kimyasal elementin bolluğunun belirlenmesinde önemlidir. Bunlar, ayrıca, yıldızın olduğu yıldızlararası ortamın bileşimin ya da ilk bileşimi değiştirebilecek çeşitli fiziksel süreçlerin anlaşılmasında temel parametrelerdir. Atmosfer parametreleri bu nedenle yıldızların ve galaksilerin fiziği ile ilgili birçok araştırma alanında gereklidir. Yüksek çözünürlüklü, yüksek S/G değerine sahip tayfların ayrıntılı analizi, diğer dolaylı metalik belirleme yöntemlerinin kalibre edilebildiği yıldız fotosferlerinin kimyasal bileşimini tahmin etmenin birincil yöntemidir. Ayrıntılı tayfsal analizde zayıf çizgilerin de eşdeğer genişliklerinin tespiti yapılarak hassas bollukların hesaplanması sağlanmaktadır. Gözlemsel tayfa, çeşitli atmosfer parametre değerlerine sahip sentetik tayfların uygulanarak en iyi uyumu veren model atmosferin elde edilmesi sonucu tüm elementlere ait bollukların belirlenmesini sağlamakla gerçekleştirilir. Çözünürlük ve sinyal-gürültü oranı ne kadar yüksek olursa, sonuçların o kadar iyi olduğu varsayılır. Bununla birlikte, her bir bireysel çalışmanın kendine özgü gözlemsel özellikleri, tercih edilen yıldız atmosfer modelleri, atomik çizgi verileri ve analiz yöntemleri vardır.

Bir yıldızın yüzey çekim ivmesi doğrudan kütlesi ve yarıçapı ile belirlenebilir. Yüzey çekim ivmesi, yıldız atmosferinin fotosferik basıncının bir ölçüsüdür. Tayfsal çift yıldızlarda doğrudan ölçüm mümkündür. En çok kullanılan yöntemler, Fe I ve Fe II çizgilerinden elde edilen metalik değerleri uyuşana kadar $\log g$ 'nin ayarlandığı, demirin iyonlaşma dengesini veya çarpışma sönümlemesiyle genişleyen güçlü çizgilerden oluşan kanatları kullanmaktır. Uygun değere ulaşıncaya, $\log g$ 'deki hata ortalama 0.10 dex civarındadır (Soubiran vd. 2010).

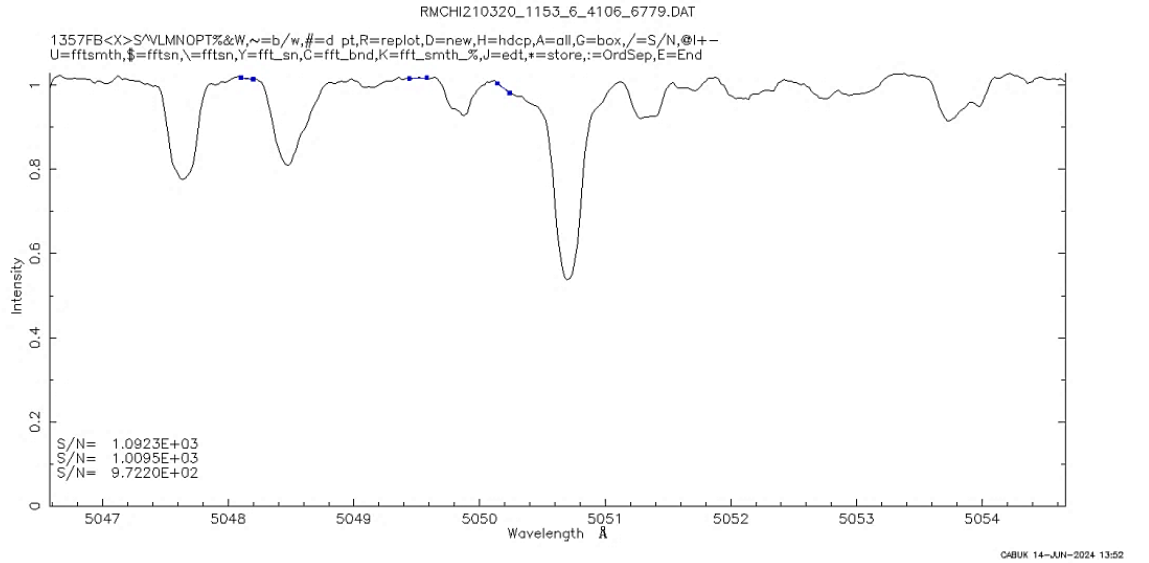
HgMn yıldızları, birçok araştırmacı tarafından, hızlı dönüş, yüksek mikrotürbülans hızı ve güçlü manyetik alanlar nedeniyle nispeten sakin yıldız atmosferlerinde ışıınımsal difüzyon ve kütleçekimsel çökme etkilerini incelemek için neredeyse ideal bir doğal laboratuvar olarak kabul edilir (Vauclair ve Vauclair 1982, Smith 1996). Ayrıca atomik verilerin de tahmin edilmesinde faydalı olabilirler (Lanz 1995).



Şekil 3.19 67 Mus'un kimyasal bolluk analizinde kullanılan $\lambda\lambda$ 4150 – 5440 Å dalgaboyu aralığındaki normalize gözlemsel tayfı

Smalley (2005)'e göre yıldızın atmosfer parametrelerindeki hatalar, etkin sıcaklık (T_e) için ± 100 K, $\log g$ için ± 0.2 dex ve mikrotürbülans hızı (ξ) için ± 0.1 km s⁻¹ dir. Bu hata miktarları, bolluk belirlemelerinde 0.05 - 0.1 dex seviyesinde belirsizliklerin oluşmasına sebep olur. Bu yüzden yıldızın kimyasal analizinin doğru yapılabilmesi için yüksek çözünürlüklü tayflardan belirlenen doğru atmosfer parametrelerine ihtiyaç vardır.

67 Mus yıldızının tayf gözlemleri 1.5-m SMART teleskobuna bağlı Coudé Eşel tayfçeker ve 2048 x 2048 piksel boyutlarındaki CCD ile alınmıştır. Yüksek çözünürlüklü ($R \equiv \lambda / \Delta\lambda = 80000$) ve çok yüksek sinyal – gürültü oranına sahip ($S/G \geq 1000$) (bkz. Şekil 3.20) verilerin dalgaboyu aralığı ise $\sim \lambda\lambda$ 4000-9000 Å ve pozlama süresi ortalama 1000 saniyedir. Kozmik ışıklardan ve tek tayf pozunun oluşturabileceği sorunları engellemek için yıldızın birçok gözlem gecesinde en az iki tayfı alınmış ve indirgeme aşamasında birleştirilmiştir (co-added).



Şekil 3.20 67 Mus tayfindan S/G oranı ölçümü

Atmosfer parametrelerinin (etkin sıcaklık; T_e , yüzey çekim ivmesi; $\log g$, mikrotürbülans hızı; ξ , dönme hızı; $v \sin i$) tespitini ve kimyasal bolluk analizlerini yapmak amacıyla 20 Mart 2021 tarihli tayf, normalize edilerek $\lambda\lambda$ 4106 – 6779 Å arası dalgaboyunu içeren eşel basamaklar birleştirilmiştir (bkz. Şekil 3.19). 67 Mus'un model atmosfer oluşturmak

için yararlanılan paralaks (van Leeuwen 2007) ve görünür parlaklık değerleri SIMBAD verilerinden 7.7590 mili-yay saniye ve $V = 5^m.65$ olarak alınmıştır.

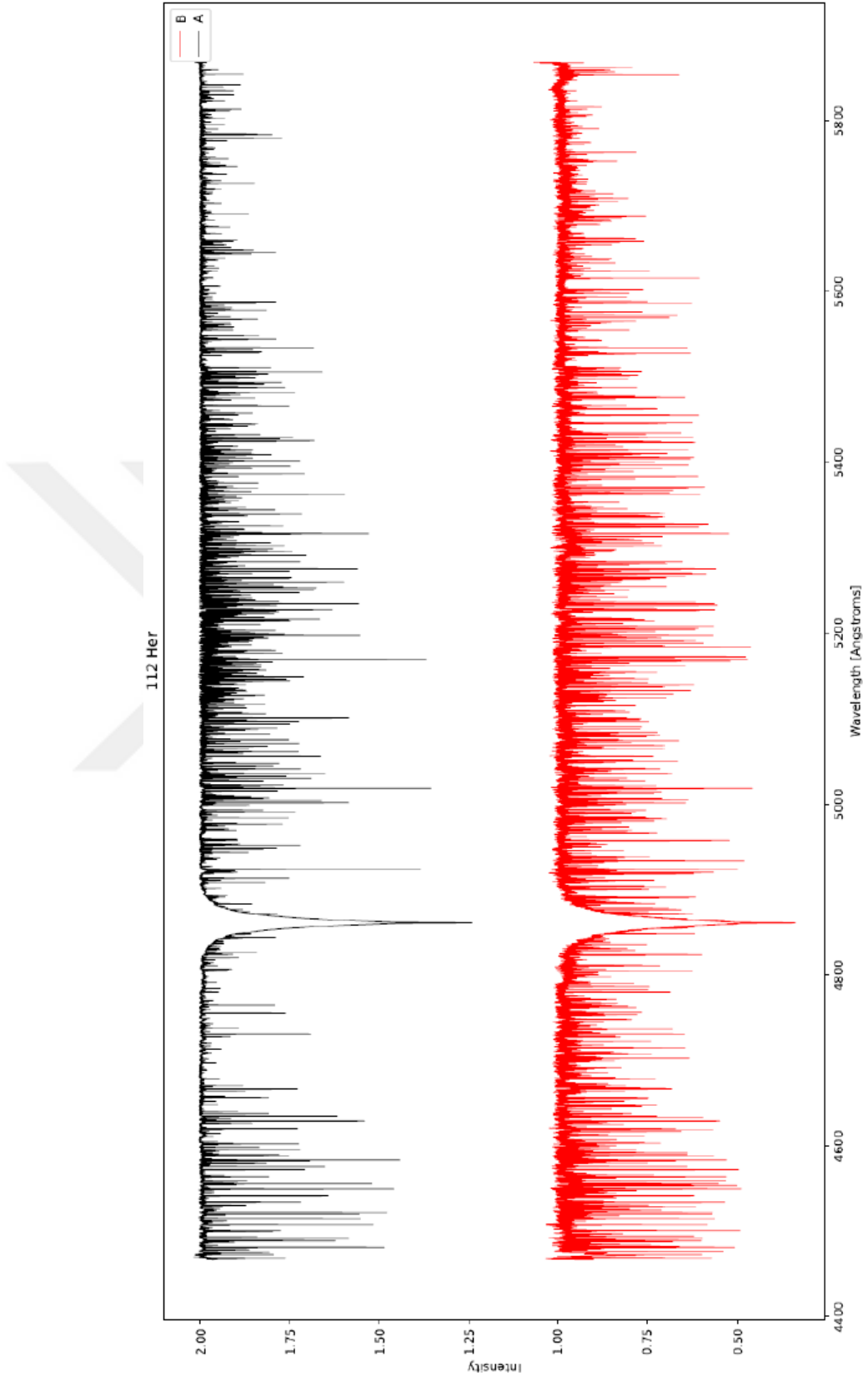
67 Mus, SB1 tipi bir çift yıldız olduğu için tayf ayrıştırma ile yoldaş yıldızın tayfinin elde edilmesi mümkün olmamıştır. Böylece 67 Mus sistemi ile ilgili çalışmada sadece baş yıldızın tayfsal analizi gerçekleştirilmiştir.

SB2 türü tayfsal çift yıldız sistemi 112 Her'in her iki bileşenin atmosfer parametreleri (etkin sıcaklık - T_e , yüzey çekim ivmesi - $\log g$, mikrotürbülans - ξ , dönme hızı - $v \sin i$) ve kimyasal bolluk belirlemeleri ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. C – tabanlı program FD3 tayf ayrıştırma programı (Ilijic vd. 2004) yardımıyla sistemin iki bileşenine ait tayflar ayrı ayrı elde edilmiş ve atmosfer parametreleri ve element bolluk analizi için hazırlanmıştır (EK 5, Şekil 3.21).

FD3, S. Ilijic (2014) tarafından geliştirilen SB2 tayfsal ayrıştırma programı “FDBinary”nin (Fourier Disentangling – Fourier Ayrıştırma) üçüncü sürümüdür. Unix/Windows ortamında komut satırı yardımcı programı olarak kullanılabilir, komut satırında doğrudan kullanıcıyla arayüz kurabilir veya bir betik dosyası kullanarak kendi başına çalışabilir. Betik dosyası, FD3 (Ilijic 2014) tarafından oluşturulan çıktı dosyasıyla paralel olarak okunmadığı sürece anlaşılabilir bir yapıya sahiptir ve veriler dikkatlice girilmelidir. Analizde kullanılan optimizasyon çalışmaları Nr , maksimum yinelemeler Ni ve minimum tek-yönlü küçültme faktörü $SMIN$ değerleri çizelge 3.6'da yer almaktadır. 112 Her'in $\lambda\lambda$ 4466Å – 5868Å aralığı için son, çözülmüş tayf şekil 3.21'de sunulmuştur. Bu sonuç $Nr = 15$, $Ni = 1500$ ve $SMIN = 0.0001$ kullanılarak elde edildi.

Çizelge 3.6 FD3'te kullanılan program parametreleri

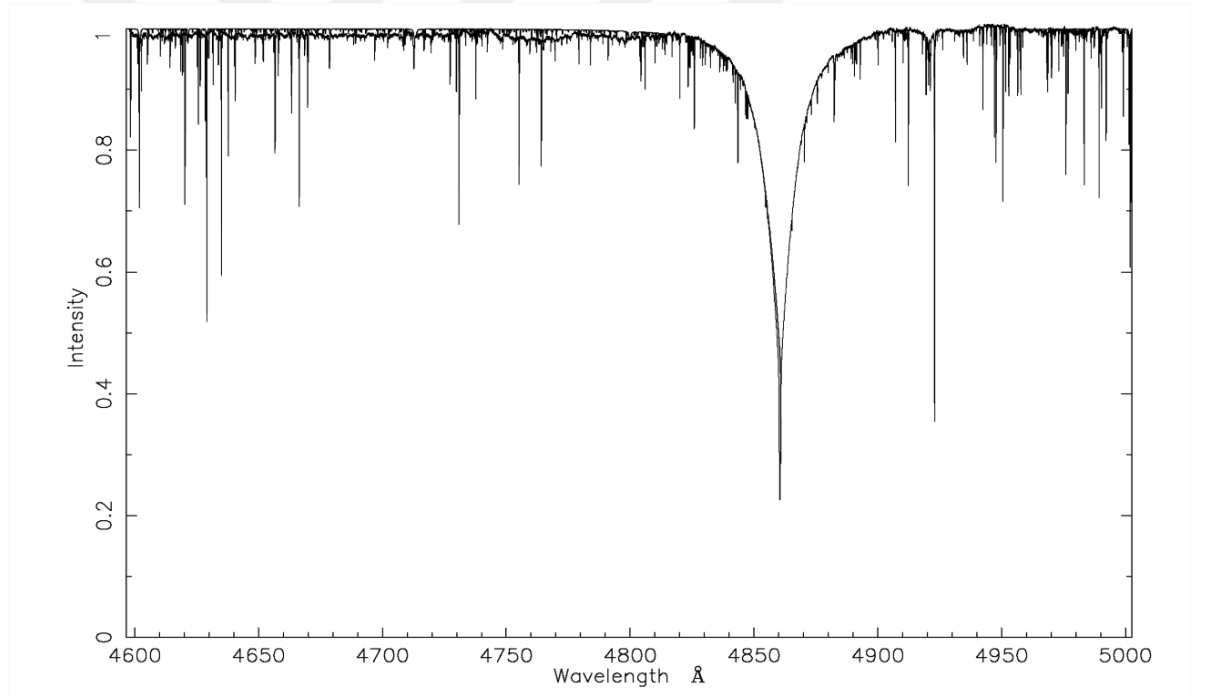
Parametre	Değer
Optimizasyon Çalıştırmaları (Nr)	50 - 100
Çalışma Başına Maksimum Tekrarlamalar (Ni)	1000 - 1500
Minimum Tek-Yönlü Küçültme Faktörü ($SMIN$)	0.0001



Şekil 3.21 112 Her için FD3'ten alınan sonuçlar. Baş (siyah) ve yoldaş (kırmızı) yıldızların tayfı

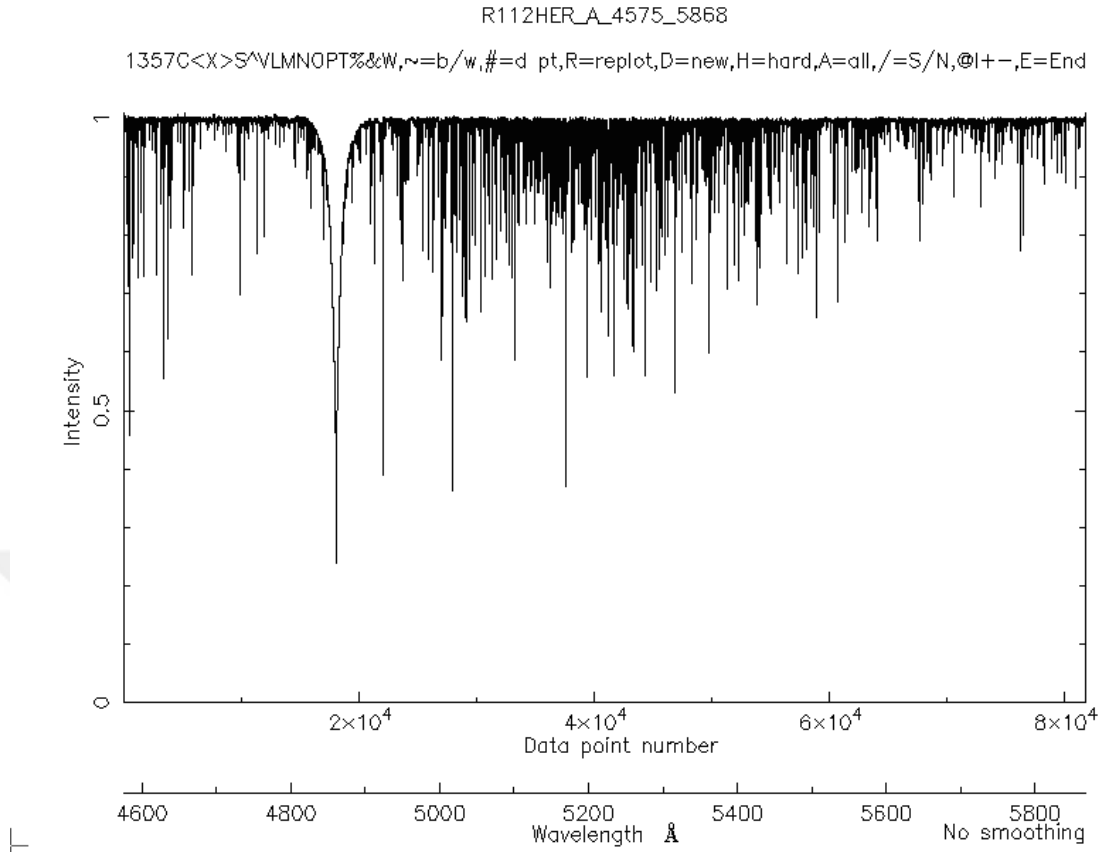
112 Her sisteminin her iki bileşenine ait atmosfer parametrelerinin tespitini ve kimyasal bolluk analizlerini yapmak amacıyla 4 Haziran 2021 tarihli tayfı normalize edilmiş ve $\lambda\lambda$ 4106 – 5868 Å arası dalgaboyunu içeren eşel basamaklar birleştirilmiştir. 112 Her A ve 112 Her B'nin bolluk analizinde kullanılan sistemin paralaks (van Leeuwen 2007) ve görünür parlaklık değerleri SIMBAD verilerine göre 8.0400 mili-yay saniye ve $V = 5^m.39$ dır.

Atmosfer parametrelerini belirlemek için üretilen sentetik tayf için, Ryabchikova vd. (1996) tarafından verilen atmosfer parametreleri kullanılmıştır: $T_e = 13000$ K, $\log g = 4.0$ ve $v \sin i = 5.0$ km s⁻¹. 112 Her A yıldızının sentetik tayfı (bkz. Şekil 3.22), 0.018 Å aralıklarla oluşturulmuş model atmosfer veri bilgilerini içerir.

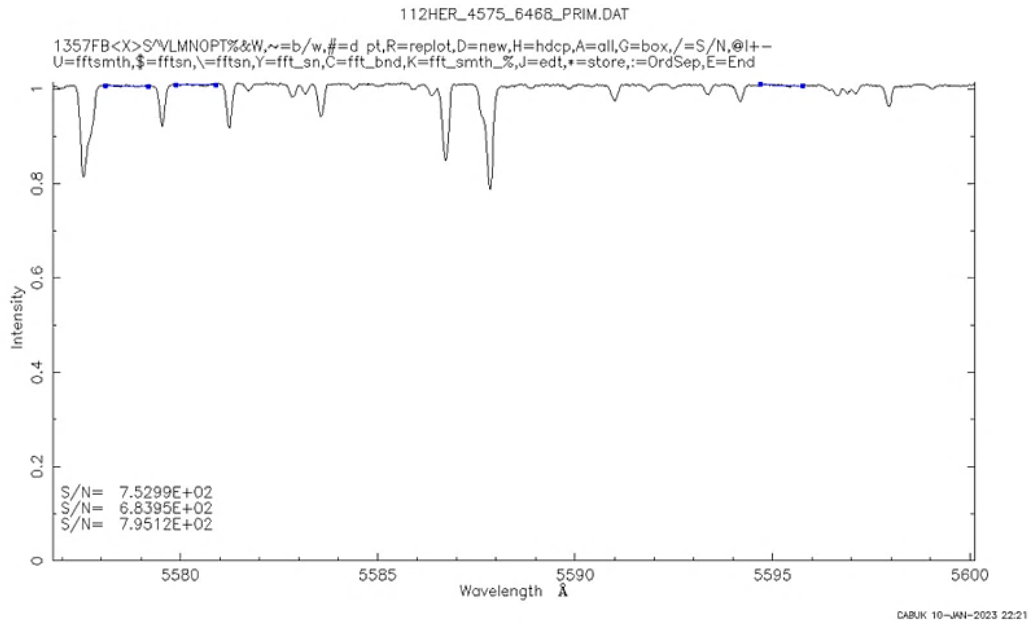


Şekil 3.22 112 Her A yıldızının sentetik ve gözlemsel tayflarının karşılaştırılması

Atmosfer parametrelerinin tespitini ve kimyasal bolluk analizlerini yapmak amacıyla 112 Her A yıldızının ayrıştırılmış yüksek çözünürlüklü ve yüksek S/G oranına (Şekil 3.24) sahip tayfı NEO programı ile normalize edilmiş ve $\lambda\lambda$ 4575 – 5868 Å arası dalgaboyunu içeren orderlar birleştirilmiştir (bkz. Şekil 3.23).



Şekil 3.23 112 Her A'nın $\lambda\lambda$ 4575-5868 Å dalgaboyu aralığındaki normalize gözlemsel tayfi



Şekil 3.24 112 Her A yıldızının atmosfer parametrelerini belirlemek için hazırlanan tayfindan $\lambda\lambda$ 5577-5600 Å aralığındaki bölgede yapılan S/G ölçümleri

Sistemin yoldaş yıldızı olan 112 Her B'nin atmosfer parametrelerini belirlemek için modellenen sentetik tayf, Ryabchikova vd. (1996) değerlerinden yararlanıldı. Oluşturulan sentetik tayf (bkz. Şekil 3.25) 0.018 Å aralıklarla düzenlenen model atmosfer veri bilgilerini içermektedir. 112 Her B yıldızı için model atmosferin oluşturulmasında $T_e = 8500$ K, $\log g = 4.2$, $v \sin i = 5.0$ km s⁻¹ ve $\xi = 0.0$ km s⁻¹ parametrelerine karşılık gelen akı verileri dahil edilmiştir. 112 Her B'nin gözlemsel tayflarının ortalama S/G değeri 500 dir.

DISKŞAUSTIN2:[ADELMAN.SYNSPEC.SYNSPEC49.SP4500]

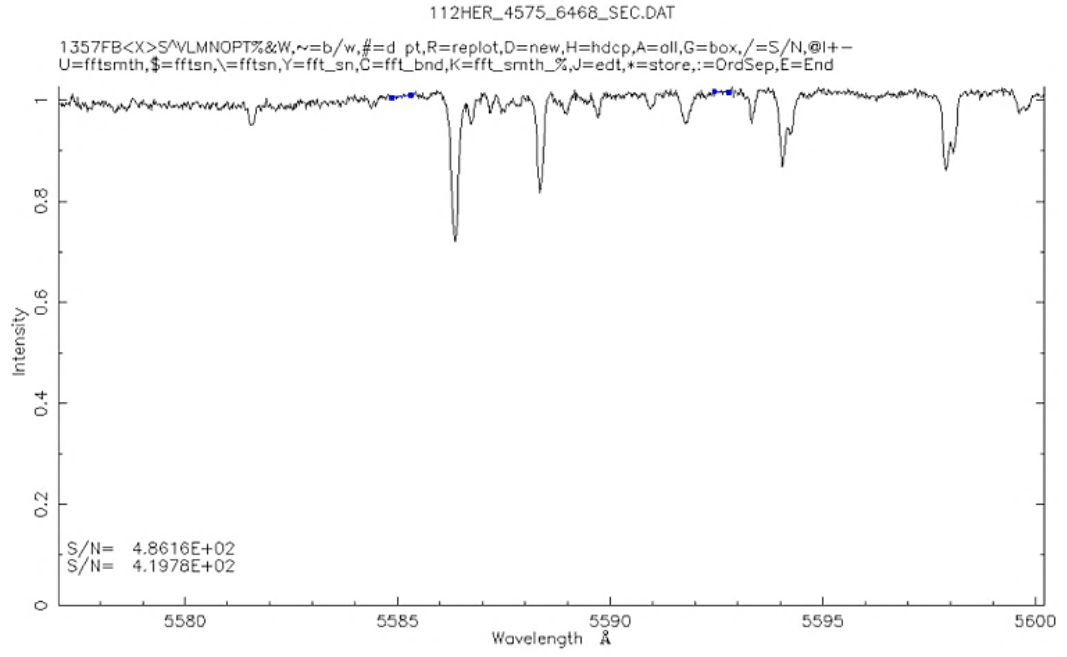
Temp: 8500. log g: 4.200 incl: 90.00 vsini: 5.0 Om fr: 0.000 RV: 0.0 m-t

Computed spectrum

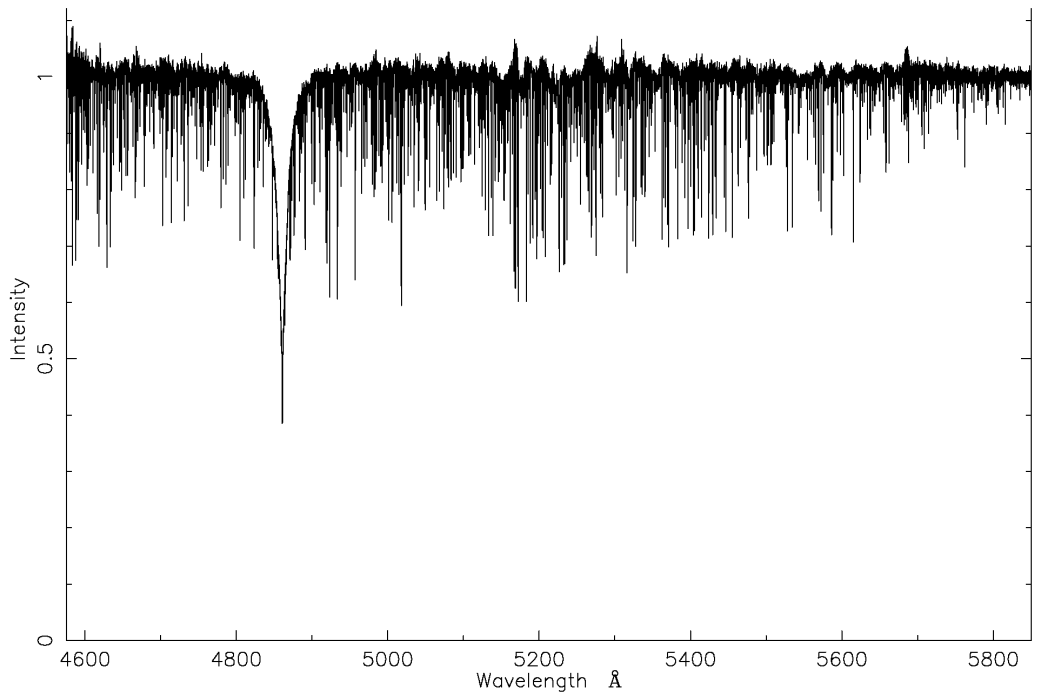
Lambda	Flux(l/c)	Flux(l)	Flux(c)
4575.0000	0.9976	1.7233E+08	1.7275E+08
4575.0100	0.9974	1.7230E+08	1.7275E+08
4575.0200	0.9970	1.7223E+08	1.7275E+08
4575.0300	0.9963	1.7212E+08	1.7275E+08
4575.0400	0.9955	1.7198E+08	1.7275E+08
4575.0500	0.9948	1.7184E+08	1.7275E+08
4575.0600	0.9942	1.7174E+08	1.7275E+08
4575.0700	0.9938	1.7167E+08	1.7275E+08
4575.0800	0.9935	1.7163E+08	1.7275E+08
4575.0900	0.9934	1.7160E+08	1.7274E+08
4575.1000	0.9933	1.7159E+08	1.7274E+08
4575.1100	0.9933	1.7159E+08	1.7274E+08
4575.1200	0.9933	1.7159E+08	1.7274E+08
4575.1300	0.9935	1.7161E+08	1.7274E+08
4575.1400	0.9937	1.7164E+08	1.7274E+08
4575.1500	0.9940	1.7170E+08	1.7274E+08
4575.1600	0.9945	1.7178E+08	1.7274E+08
4575.1700	0.9952	1.7190E+08	1.7274E+08
4575.1800	0.9960	1.7204E+08	1.7274E+08
4575.1900	0.9967	1.7217E+08	1.7273E+08
4575.2000	0.9973	1.7226E+08	1.7273E+08
4575.2100	0.9975	1.7230E+08	1.7273E+08
4575.2200	0.9976	1.7232E+08	1.7273E+08
4575.2300	0.9976	1.7232E+08	1.7273E+08
4575.2400	0.9976	1.7232E+08	1.7273E+08
4575.2500	0.9976	1.7232E+08	1.7273E+08
4575.2600	0.9976	1.7232E+08	1.7273E+08
4575.2700	0.9976	1.7231E+08	1.7273E+08
4575.2800	0.9976	1.7231E+08	1.7272E+08

Şekil 3.25 112 Her B için λ 4500 Å yoresindeki gözlemsel tayfa uygulanan sentetik tayf bilgilerinden bir kesit

Atmosfer parametrelerinin tespitini ve kimyasal bolluk analizlerini yapmak amacıyla 112 Her B yıldızının ayrıştırılmış yüksek çözünürlüklü ve yüksek S/G oranına sahip tayfı (bkz. Şekil 3.26) normalize edilmiş $\lambda\lambda$ 4575 - 5868 Å arası dalgaboyunu içeren orderlar birleştirilmiştir (bkz. Şekil 3.27).



Şekil 3.26 112 Her B'nin normalize ve atmosfer parametrelerini belirlemek için hazırlanan tayfından $\lambda\lambda$ 5577-5600 Å aralığındaki bölgede yapılan S/G ölçümleri



Şekil 3.27 112 Her B'nin normalize tayfının $\lambda\lambda$ 4575-5868 Å dalgaboyu aralığındaki gözlemsel tayfı

3.4 Kimyasal Bolluk Analizleri

Bu doktora tez çalışmasında incelenen yıldızların element bolluk analizleri, model atmosferler kullanarak tayfsal sentez yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Tayfsal sentez tekniği, gözlemsel tayfın, bolluk miktarı hesaplanmak istenen belirli bir element için soğurma çizgilerini içeren bir model tayf ile karşılaştırmalı analizine dayanır. STELLAR programı, OpenVMS sunucusunda uygulanabilen FORTRAN temelli bir programdır. Program, yıldızın gözlemsel tayfına en iyi uyumu sağlayan fotosferine ilişkin fiziksel parametrelerinden (etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans ve dönme hızı) sentetik tayf oluşturmayı, soğurma çizgilerinin eşdeğer genişlik ölçümlerini ve element bolluk oranlarını hesaplamayı sağlamaktadır.

STELLAR programı, normalize tayf ile sentetik tayfı, başlangıç bolluk değerleriyle en iyi uyumu verecek fit oluşturarak; 20 iterasyon sonucunda atmosfer parametrelerine, radyal hız değerine ve yıldızın ele alınan elementin bolluğuna göre en uygun bolluk miktarını hata miktarıyla birlikte hesaplar. Program, kendi içerisindeki çizgi kütüphanesini kullanır. Bir elemente ait programda sınırları girilen dalgaboyu aralığında bulunan tüm çizgiler için ortalama bolluk hesaplanır.

Model tayf içindeki elementin bolluğunu, gözlemsel ve model tayflar arasında bir uyum elde edilene kadar değiştirerek uygulanır. Bu çalışmada kimyasal bolluk miktarı hesaplanmak istenen elementin miktarı ölçülür. Sonuçlar $\log N/N_H$ (cm^3 başına H atomu sayısına göre element bollukları) şeklindedir.

STELLAR programı aracılığıyla He - Hg arası tüm elementler için her iki sistem için kimyasal bolluk hesaplamaları yapılmış olup bölüm 4.6 ve 4.7 de sunulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 67 Mus ve 112 Her Yıldızlarının Tayfsal Verilerinin S/G Oranları

CHIRON tayfçeker çözünürlüğünün $R = 80000$ olması ve aynı gecede alınmış birden fazla tayfin birleştirilerek kullanılmasıyla bu tez çalışmasında kullanılan gözlemsel verinin kalitesinin artırılması sağlanmıştır. 67 Mus ve 112 Her yıldızının tayfsal verilerinden farklı dört bölge için yapılan S/G ölçümleri çizelge 4.1 ve çizelge 4.2’te yer almaktadır.

Çizelge 4.1 67 Mus’un S/G ölçümleri

67 Mus Tayf İsmi	Gözlem Tarihi	Poz Süresi (saniye)	Dalgaboyu aralığındaki (Å) S/G değeri			
			4631-4653	5088-5119	5996-6057	6625-6700
WCHI210118_1183	18-01-2021	800	237	189	270	236
WCHI210130_1148	30-01-2021	920	221	187	244	220
WCHI210130_1193	30-01-2021	540	183	162	187	174
WCHI210207_1162	07-02-2021	920	251	206	297	260
WCHI210215_1167	15-02-2021	920	220	177	241	206
WCHI210226_1148	26-02-2021	920	220	192	263	229
WCHI210308_1156	08-03-2021	1070	266	203	293	252
WCHI210316_1169	16-03-2021	1070	243	178	293	243
WCHI210317_1159	21-03-2021	1070	235	173	280	242
WCHI210317_1160	21-03-2021	1070	235	173	280	242
WCHI210317_1161	21-03-2021	1070	241	173	288	240
WCHI210317_1162	21-03-2021	1070	218	172	253	229
WMCHI210317_1159_4 (birleştirilmiş)			343	244	418	367
WCHI210319_1121	19-03-2021	1070	223	164	243	218
WCHI210319_1122	19-03-2021	1070	221	161	249	219
WCHI210319_1123	19-03-2021	1070	231	170	276	235
WCHI210319_1124	19-03-2021	1070	245	166	264	224
WCHI210319_1125	19-03-2021	1070	233	167	260	227
WCHI210319_1126	19-03-2021	1070	218	164	243	217
WMCHI210319_1121_6 (birleştirilmiş)			390	256	485	448
WCHI210320_1153	20-03-2021	1070	200	155	204	201
WCHI210320_1154	20-03-2021	1070	198	156	211	204
WCHI210320_1155	20-03-2021	1070	203	159	212	195
WCHI210320_1156	20-03-2021	1070	210	154	223	200
WCHI210320_1157	20-03-2021	1070	195	152	199	186
WCHI210320_1158	20-03-2021	1070	175	145	195	170

Çizelge 4.1 67 Mus'un S/G ölçümleri (devam)

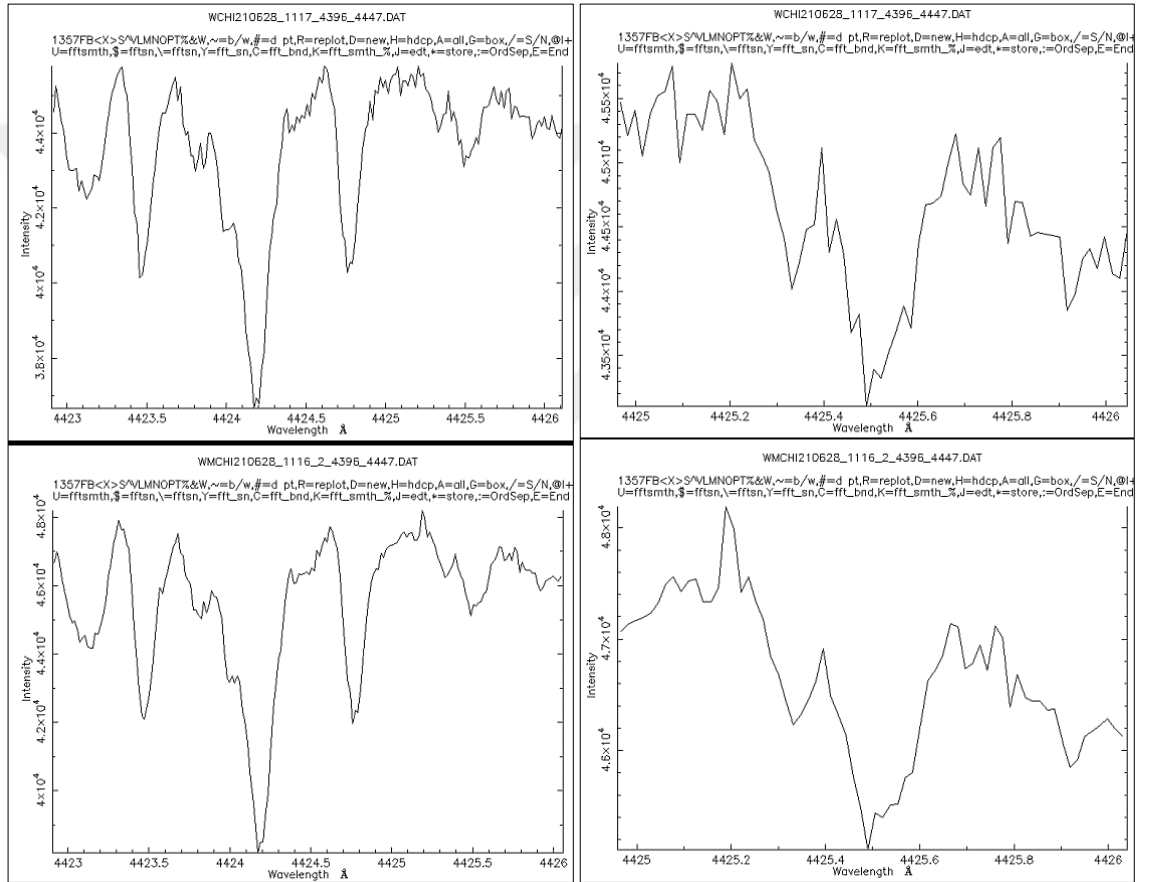
67 Mus Tayf İsmi	Gözlem Tarihi	Poz Süresi (saniye)	Dalgaboyu aralığındaki (Å) S/G değeri			
			4631-4653	5088-5119	5996-6057	6625-6700
WMCHI210320_1153_6 (birleştirilmiş)			361	249	419	405
WCHI210323_1156	23-03-2021	1070	248	139	268	249
WCHI210401_1163	01-04-2021	1070	276	212	273	263
WCHI210408_1147	08-04-2021	1070	260	186	268	260
WCHI210412_1159	12-04-2021	1070	269	187	272	262
WCHI210414_1152	14-04-2021	1070	240	181	261	250
WCHI210415_1148	15-04-2021	1070	267	162	320	281
WCHI210415_1149	15-04-2021	1070	269	230	314	273
WCHI210415_1150	15-04-2021	1070	278	387	296	287
WCHI210415_1151	15-04-2021	1070	275	221	306	278
WMCHI210415_1148_4 (birleştirilmiş)			395	282	601	454
WCHI210416_1160	16-04-2021	1070	285	214	270	244
WCHI210419_1146	19-04-2021	1070	207	169	209	196
WCHI210422_1139	22-04-2021	1070	219	172	228	218
WCHI210423_1157	23-04-2021	1070	232	180	221	207
WCHI210423_1158	23-04-2021	1070	224	173	214	204
WCHI210423_1159	23-04-2021	1070	210	167	211	194
WCHI210423_1160	23-04-2021	1070	202	165	196	185
WMCHI210423_1157_4 (birleştirilmiş)			356	266	391	355
WCHI210424_1140	24-04-2021	1070	249	187	278	271
WCHI210424_1141	24-04-2021	1070	249	187	278	271
WCHI210424_1142	24-04-2021	1070	245	182	254	250
WCHI210424_1143	24-04-2021	1070	257	186	266	258
WMCHI210424_1140_4 (birleştirilmiş)			374	269	417	386
WCHI210425_1138	25-04-2021	1070	273	191	278	270
WCHI210425_1139	25-04-2021	1070	264	190	288	277
WCHI210425_1140	25-04-2021	1070	260	184	271	263
WCHI210425_1141	25-04-2021	1070	273	193	275	264
WMCHI210425_1138_4 (birleştirilmiş)			404	287	482	431
WCHI210426_1135	26-04-2021	1070	255	188	269	261
WCHI210426_1136	26-04-2021	1070	263	190	274	268
WCHI210427_1140	26-04-2021	1070	254	150	293	271
WCHI210427_1141	26-04-2021	1070	263	188	307	268
WMCHI210427_1140_2 (birleştirilmiş)			314	260	406	379
WCHI210428_1143	28-04-2021	1070	265	187	259	252
WCHI210430_1150	30-04-2021	1070	245	179	226	216
WCHI210501_1143	01-05-2021	1070	245	181	239	224
WCHI210505_1142	05-05-2021	1070	213	173	224	214
WCHI210511_1138	11-05-2021	1070	262	188	270	252
WCHI210524_1139	24-05-2021	1070	256	233	307	271

Çizelge 4.1 67 Mus’un S/G ölçümleri (devam)

67 Mus Tayf İsmi	Gözlem Tarihi	Poz Süresi (saniye)	Dalgaboyu aralığındaki (Å) S/G değeri			
			4631-4653	5088-5119	5996-6057	6625-6700
WCHI210529_1146	29-05-2021	1070	187	191	198	184
WCHI210612_1136	12-06-2021	1070	261	233	307	260
WCHI210616_1139	16-06-2021	1070	188	173	192	170
WCHI210620_1145	20-06-2021	1070	237	214	257	248
WCHI210621_1133	21-06-2021	1070	241	179	260	228
WCHI210622_1140	22-06-2021	1070	205	199	220	199
WCHI210624_1118	24-06-2021	1070	203	193	226	216
WCHI210624_1119	24-06-2021	1070	233	209	245	233
WMCHI210624_1118_2 (birleştirilmiş)			326	257	366	336
WCHI210626_1161	26-06-2021	1070	251	188	268	249
WCHI210626_1162	26-06-2021	1070	252	183	267	251
WCHI210626_1163	26-06-2021	1070	270	181	255	239
WCHI210626_1164	26-06-2021	1070	237	186	258	242
WMCHI210626_1161_4 (birleştirilmiş)			379	266	370	295
WCHI210627_1120	27-06-2021	1070	243	174	233	220
WCHI210627_1121	27-06-2021	1070	229	176	234	228
WCHI210627_1122	27-06-2021	1070	234	175	229	226
WCHI210627_1123	27-06-2021	1070	228	170	234	209
WMCHI210627_1120_4 (birleştirilmiş)			364	268	415	392
WCHI210628_1116	28-06-2021	1070	240	182	252	257
WCHI210628_1117	28-06-2021	1070	248	178	250	236
WCHI210628_1116_2 (birleştirilmiş)			345	257	387	335
WCHI210629_1119	29-06-2021	1070	244	178	257	242
WCHI210630_1129	30-06-2021	1070	272	188	259	265
WCHI210702_1125	02-07-2021	1070	105	101	97	83
WCHI210707_1123	07-07-2021	1070	266	185	264	256
WCHI220119_1160	19-01-2022	1070	294	227	342	298
WCHI220122_1161	22-01-2022	1070	292	234	326	305
WCHI220125_1156	25-01-2022	1070	286	230	328	296
WCHI220128_1163	28-01-2022	1080	302	249	388	339
WCHI220131_1151	31-01-2022	1080	307	247	367	321
WCHI220202_1143	02-02-2022	1080	306	243	359	323
WCHI220205_1141	05-02-2022	1080	292	247	345	315

Tayfsal verilerin S/G değerlerini iyileştirme çalışmalarından olan “gecede ardışık alınan tayfların birleştirilerek tek bir tayfa indirgenmesi (co-added)” tekniği 1980’li yıllardan itibaren uygulanmaktadır. Özellikle Leckrone ve Adelman (1989) yüksek çözünürlüklü IUE tayflarında yaptıkları çalışmalarla bu tekniği geliştirmiş; normalize edilmemiş tayflarda oluşan düşük S/G kalitesini yükseltme çalışmaları yapmışlardır. 67 Mus yıldızı için alınan tayfların bir kısmı bir gecede ardışık elde edilen tayflardan oluşmaktadır ve bu

tayfların çizelge 4.1’de görüleceği üzere birleştirme (co-added) tekniği uygulandığında S/G kalitesinde artış olduğu görülmektedir. 67 Mus için 28 Haziran 2021 gecesine ait tek poz ve aynı gecede alınmış 2 tayfın birleştirme tekniği uygulanmış bölümlerinden $\lambda\lambda$ 4423-4426 Å arası karşılaştırılması şekil 4.1’de verilmiştir. Sağdaki şekil ise daha ayrıntılı görmemizi sağlayan 1 Å’luk yakınlaştırılmış tayfı içermektedir. Çizelge 4.1’de bu iki tayfsal verinin ölçümlerine bakılırsa tayf birleştirme yönteminin 67 Mus yıldızı tayfının kalitesini yaklaşık 2 kat arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.1 Sol panel: 67 Mus’a ait tek (üstte) ve birleştirilmiş (altta) tayflardan bir kesit ve Sağ panel: Aynı çizgi profillerinin ayrıntıları görülmektedir

Bu teknik ile tayfların S/G kalitesini arttırabilmek için; bir gecede ardışık olarak alınan tayflardan birisi dalgaboyu referansı olarak seçilir ve diğer tayflar bununla aynı hizada olacak şekilde ayrı ayrı kaydırılır. Her tayfın kısa ve uzun dalga boyu için ayrı bir çapraz korelasyon gerçekleştirilir ve alınan bu ardışık tayfların her birinin dalga boyu ölçekleri, iki tayf arasında doğrusal bir ilişki olacak şekilde düzeltilir. Bu yöntem ile elde edilen

birleştirilmiş tayfın S/G değeri birleştirilen tayflardan herhangi birisinin 3 katına kadar arttırılabilir ve kötü piksellerin etkisini azaltabilir (Leckrone ve Adelman 1989).

Çizelge 4.2 112 Her'in S/G ölçümleri

112 Her Tayf İsmi	Gözlem Tarihi	Poz Süresi (saniye)	Dalgaboyu aralığındaki (Å) S/G değeri			
			4631-4653	5088-5119	5996-6057	6625-6700
WCHI210407_1177	07-04-2021	600	244	196	248	208
WCHI210408_1171	08-04-2021	1000	308	233	315	266
WCHI210604_1157	04-06-2021	850	275	298	258	233
WCHI210605_1150	05-06-2021	850	283	232	270	248
WCHI210606_1156	06-06-2021	850	277	223	267	235
WCHI210607_1156	07-06-2021	850	284	228	278	244
WCHI210608_1153	08-06-2021	850	243	201	221	193
WCHI210609_1164	09-06-2021	850	271	316	250	231
WCHI210610_1165	10-06-2021	850	281	248	259	233
WCHI210611_1161	11-06-2021	850	272	286	250	236
WCHI210612_1158	12-06-2021	850	262	237	275	227
WCHI210613_1159	13-06-2021	850	279	236	284	260
WCHI210614_1131	14-06-2021	850	266	215	236	218
WCHI210616_1153	16-06-2021	850	295	192	205	181

$\lambda > 6000$ Å bölgesinde, gözlemlenen tayfta tellürik çizgiler giderek daha yaygın hale gelir. Bu dar ve yapay faktörlerin sinyal üzerinde ciddi bir etkisi vardır. Kırmızı bölgede ne kadar uzağa bakılırsa (dalga boyu daha uzun), yerküreye ait çizgiler o kadar fazla görünür. Bunlar, yakın kızılötesinde soğurma tayfı güçlü olan Dünya atmosferinin su buharından kaynaklanmaktadır. 73 eşel basamaktan $\lambda < 6000$ Å için, tellürik çizgilerden etkilenmeyen kısımlar analizlerimiz için tercih edilmiştir.

4.2 67 Mus Sisteminin Radyal Hız Eğrisi ve Yörünge Elemanlarının Belirlenmesi

Çift yıldız sistemlerinde radyal hız değerlerinin tespit etmek ve yörünge elemanlarını belirlemek; yıldızın kütlesi, yarıçapı, ışıyım güçleri oranı ve aralarındaki mesafeyi bulacak bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgileri hesaplayabilmek için çift yıldızın her ikisinin de radyal hız eğrisini oluşturacak yörünge parametrelerini bulmak yeterli olacaktır.

Tayfsal çiftler için SB2 türü yıldızlarda her iki bileşene ait yörünge parametreleri oluşturabileceğinden özellikle kütle oranı gibi değerleri elde etmek mümkün olmaktadır. SB1 türü çift yıldızlarda sadece baş yıldızın radyal hız eğrisi ve yörünge parametreleri bulunduğundan radyal hız analizi sonucundaki parametrelerden yukarıda bahsi geçen yıldız bilgilerini elde etmek mümkün olmayabilir.

67 Mus yıldızının 79 gözlemsel verisi için yapılan radyal hız ölçümleri yapılarak baş yıldızın radyal hız değerleri (Çizelge 4.3) ve yörünge parametreleri (Çizelge 4.4) belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 67 Mus sisteminin ölçülen radyal hız değerleri

	Pozlama Adı	Pozlama süresi (saniye)	v_r (km s^{-1})	Hata (km s^{-1})	JD (+2400000)	Evre
1	210118_1183	800	-2.21	0.33	59233.887903	0.099
2	210130_1148	920	-9.05	0.36	59245.772300	0.193
3	210130_1193	540	-9.21	0.37	59245.887616	0.194
4	210207_1162	920	-10.61	0.37	59253.830541	0.257
5	210215_1167	920	-10.16	0.37	59261.876361	0.321
6	210226_1148	920	-7.07	0.35	59272.730226	0.407
7	210308_1156	1070	-2.90	0.32	59282.815925	0.487
8	210316_1169	1070	1.10	0.31	59290.850493	0.550
9	210317_1159	1070	1.52	0.31	59291.745218	0.557
10	210317_1160	1070	1.54	0.31	59291.757809	0.558
11	210317_1161	1070	1.57	0.31	59291.770396	0.558
12	210317_1162	1070	1.53	0.31	59291.782907	0.558
13	210319_1121	1070	2.55	0.31	59293.766048	0.573
14	210319_1122	1070	2.49	0.31	59293.778637	0.574
15	210319_1123	1070	2.52	0.31	59293.791225	0.574
16	210319_1124	1070	2.55	0.31	59293.803813	0.574
17	210319_1125	1070	2.55	0.31	59293.816402	0.574
18	210319_1126	1070	2.56	0.31	59293.828990	0.574
19	210320_1153	1070	3.17	0.31	59294.716442	0.581
20	210320_1154	1070	3.14	0.31	59294.729030	0.581
21	210320_1155	1070	3.16	0.31	59294.741619	0.581

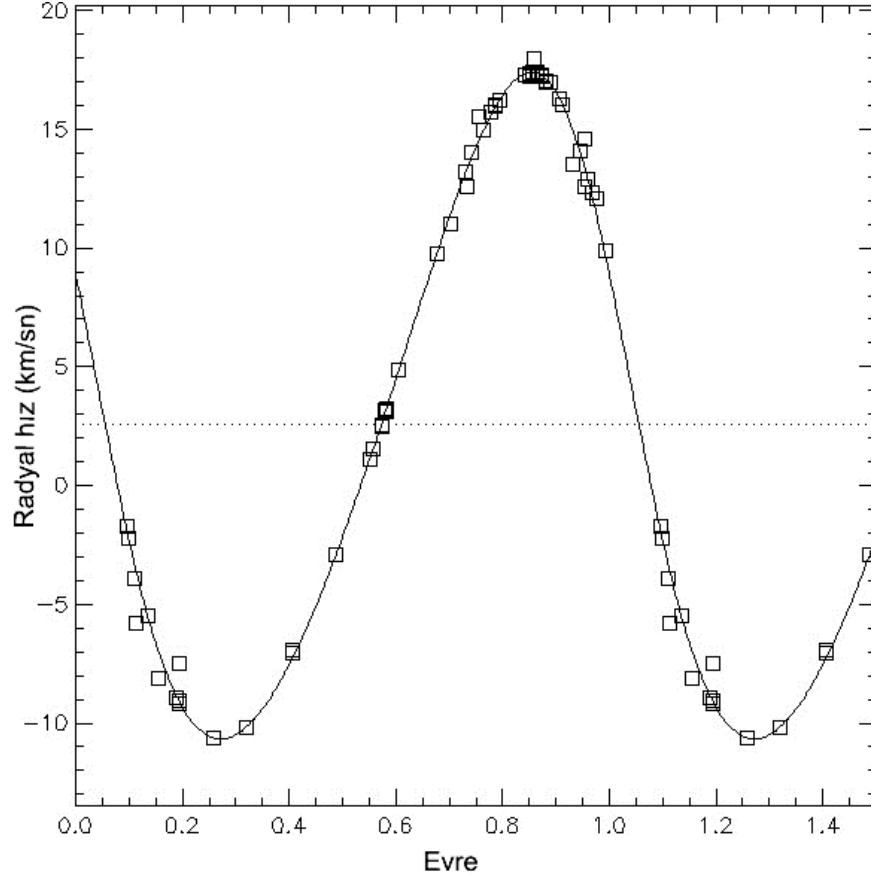
Çizelge 4.3 67 Mus yıldızının ölçülen radyal hız değerleri (devam)

	Pozlama Adı	Pozlama süresi (saniye)	v_r (km s^{-1})	Hata (km s^{-1})	JD (+2400000)	Evre
22	210320_1156	1070	3.18	0.31	59294.754207	0.581
23	210320_1157	1070	3.22	0.31	59294.766796	0.581
24	210320_1158	1070	3.19	0.31	59294.779384	0.581
25	210323_1156	1070	4.88	0.30	59297.758733	0.605
26	210401_1163	1070	9.77	0.29	59306.748576	0.676
27	210408_1147	1070	13.19	0.28	59313.703380	0.731
28	210412_1159	1070	14.96	0.27	59317.696319	0.763
29	210414_1152	1070	15.73	0.27	59319.641944	0.778
30	210415_1148	1070	15.97	0.27	59320.651123	0.786
31	210415_1149	1070	15.96	0.27	59320.663831	0.787
32	210415_1150	1070	15.99	0.27	59320.675845	0.787
33	210415_1151	1070	16.01	0.27	59320.689259	0.787
34	210416_1160	1070	16.24	0.27	59321.764826	0.795
35	210422_1139	1070	17.31	0.26	59327.592512	0.841
36	210423_1157	1070	17.30	0.27	59328.774711	0.851
37	210423_1158	1070	17.30	0.26	59328.787419	0.851
38	210423_1159	1070	17.32	0.26	59328.799433	0.851
39	210423_1160	1070	17.25	0.27	59328.812141	0.851
40	210424_1140	1070	17.43	0.27	59329.592512	0.857
41	210424_1141	1070	17.42	0.26	59329.605220	0.857
42	210424_1142	1070	17.39	0.27	59329.617928	0.857
43	210424_1143	1070	17.44	0.27	59329.630648	0.858
44	210425_1138	1070	17.37	0.27	59330.603808	0.865
45	210425_1139	1070	17.36	0.27	59330.616516	0.865
46	210425_1140	1070	17.39	0.27	59330.628530	0.865
47	210425_1141	1070	17.39	0.27	59330.641944	0.866
48	210426_1135	1070	17.25	0.27	59331.648299	0.874
49	210426_1136	1070	17.27	0.27	59331.661007	0.874
50	210427_1140	1070	17.00	0.27	59332.626412	0.876
51	210427_1141	1070	17.05	0.27	59332.639120	0.877
52	210428_1143	1070	16.97	0.26	59333.646887	0.877
53	210430_1150	1070	16.31	0.27	59335.690671	0.878
54	210501_1143	1070	16.03	0.27	59336.674433	0.909

Çizelge 4.3 67 Mus yıldızının ölçülen radyal hız değerleri (devam)

	Pozlama Adı	Pozlama süresi (saniye)	v_r (km s^{-1})	Hata (km s^{-1})	JD (+2400000)	Evre
55	210505_1142	1070	14.06	0.27	59340.613692	0.960
56	210511_1138	1070	9.86	0.28	59346.596042	0.982
57	210524_1139	1070	-1.74	0.31	59359.607338	0.095
58	210529_1146	1070	-5.46	0.32	59364.640532	0.135
59	210605_1133	1070	-8.91	0.33	59371.577674	0.190
60	210612_1136	1070	-10.46	0.16	59378.597454	0.236
61	210616_1139	1070	-10.74	0.16	59382.580567	0.268
62	210620_1145	1070	-10.37	0.16	59386.599109	0.299
63	210621_1133	1070	-10.22	0.16	59387.578715	0.308
64	210622_1140	1070	-10.09	0.16	59388.577280	0.315
65	210624_1118	1070	-9.69	0.16	59390.472951	0.332
66	210626_1161	1070	-9.25	0.16	59392.633958	0.347
67	210627_1120	1070	-8.93	0.16	59393.483646	0.355
68	210628_1116	1070	-8.55	0.16	59394.652708	0.363
69	210629_1119	1070	-8.34	0.16	59395.485532	0.371
70	210630_1129	1070	-8.02	0.16	59396.550046	0.379
71	210702_1125	1070	-7.42	0.16	59398.528206	0.886
72	210707_1123	1070	-5.38	0.16	59403.496100	0.926
73	220119_1160	1080	9.12	0.16	59599.869248	0.012
74	220122_1161	1080	6.44	0.16	59602.879410	0.012
75	220125_1156	1080	3.70	0.16	59605.886262	0.035
76	220128_1163	1080	0.96	0.16	59608.882535	0.059
77	220131_1151	1080	-1.66	0.16	59611.883275	0.083
78	220202_1143	1080	-3.14	0.16	59613.866019	0.099
79	220205_1141	1080	-5.29	0.16	59616.874375	0.123

Radyal hız ölçümlerinden, ORBIT GUI (Tokovinin 1992) programı aracılığıyla yörüngesel evreye göre radyal hız eğrisi oluşturularak yapılan (Şekil 4.2) radyal hız analizinden elde edilen yörünge elemanlarına (parametrelerine) ait bilgiler çizelge 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.2 67 Mus'un ORBIT GUI programı aracılığıyla elde edilen radyal hız eğrisi

Çizelge 4.4 67 Mus yıldızının hesaplanan yörünge parametreleri

Parametreler	Değerler
P (Periyot)	126.24084 ± 0.00147 gün
T (Epok) JD (2400000+)	41421.4150 ± 0.2132
e (Dışmerkezlilik)	0.1411 ± 0.0010
ω (Enberinin boylamı)	$66^\circ.73 \pm 0^\circ.32$
K₁ (Radyal hız yarı genliği)	$14.03 \pm 0.02 \text{ km s}^{-1}$
V₀ (Sistemin uzay hızı)	$2.58 \pm 0.01 \text{ km s}^{-1}$
NRV (RV gözlem sayısı)	79

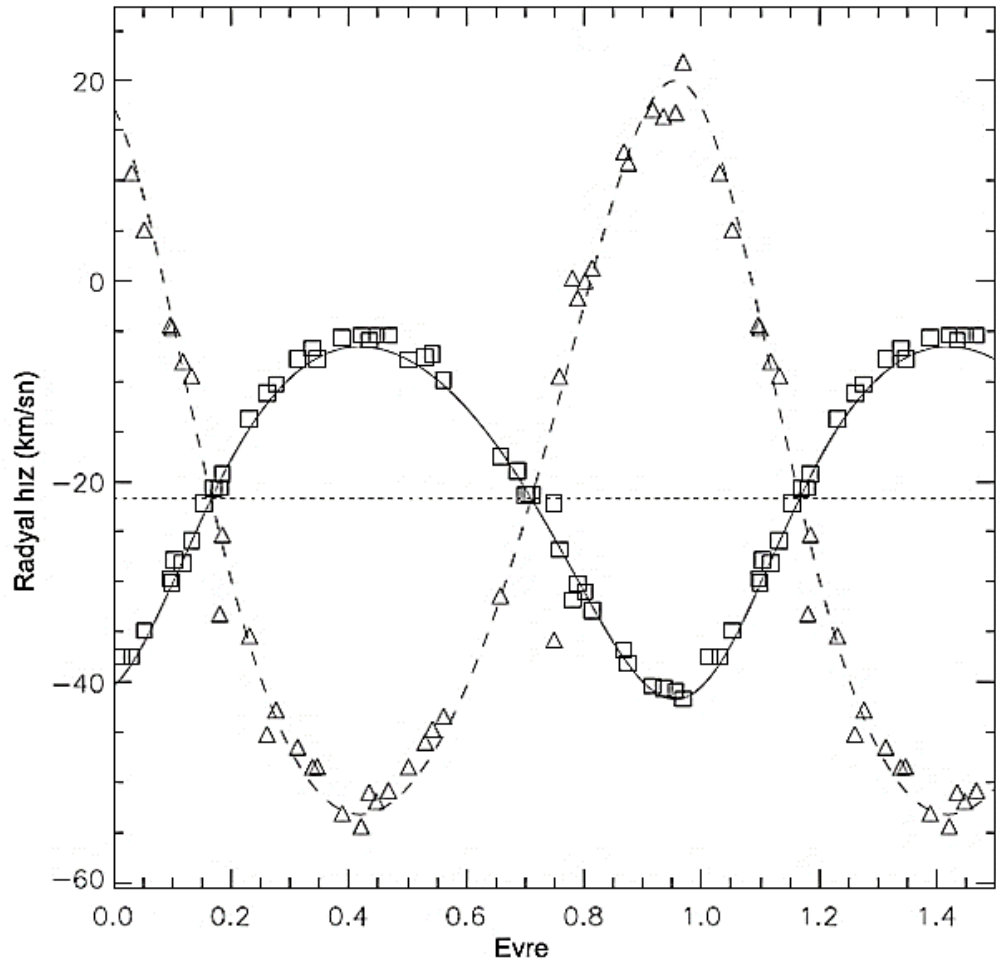
4.3 112 Her (SB2) Sisteminin Radyal Hız Eğrisi ve Yörünge Elemanlarının Belirlenmesi

112 Her yıldızının 14 gözlemsel verisi için yapılan radyal hız ölçümleri sonucu baş ve yoldaş yıldızların radyal hız değerleri elde edilerek (Çizelge 4.5) yörünge parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5 112 Her sisteminin baş ve yoldaş bileşenine ait ölçülen radyal hız değerleri

Poz Numarası	Pozlama Süresi (s)	112 Her A v_r (km s ⁻¹)	Hata (km s ⁻¹)	112 Her B v_r (km s ⁻¹)	Hata (km s ⁻¹)	Evre
210604_1157	850	-9.89	0.10	-43.42	0.19	0.561
210605_1150	850	-22.14	0.13	-	-	0.749
210606_1156	850	-38.11	0.09	11.80	0.34	0.875
210607_1156	850	-37.47	0.15	10.79	0.29	0.030
210608_1153	850	-20.61	0.05	-	-	0.180
210609_1164	850	-7.79	0.07	-48.44	0.30	0.346
210610_1165	850	-7.86	0.07	-48.49	0.27	0.501
210611_1161	850	-17.46	0.06	-31.38	0.18	0.658
210612_1158	850	-32.89	0.05	1.28	0.24	0.813
210613_1159	850	-41.67	0.05	21.88	0.15	0.968
210614_1131	850	-25.92	0.06	-9.45	0.29	0.132
210616_1153	850	-5.93	0.11	-50.99	0.36	0.434
220517_1157	880	-30.08	0.04	-4.67	0.15	0.100
220517_1168	880	-28.42	0.04	-8.04	0.15	0.118

112 Her için yapılan radyal hız ölçümlerinden, ORBIT GUI (Tokovinin 1992) programı aracılığıyla yörüngesel evreye göre radyal hız eğrisi çözümü yapılarak (Şekil 4.3) radyal hız analizinden elde edilen yörünge elemanlarına ait bilgiler çizelge 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.3 112 Her sisteminin ORBIT GUI programı aracılığıyla gerçekleştirilen radyal hız eğrisi

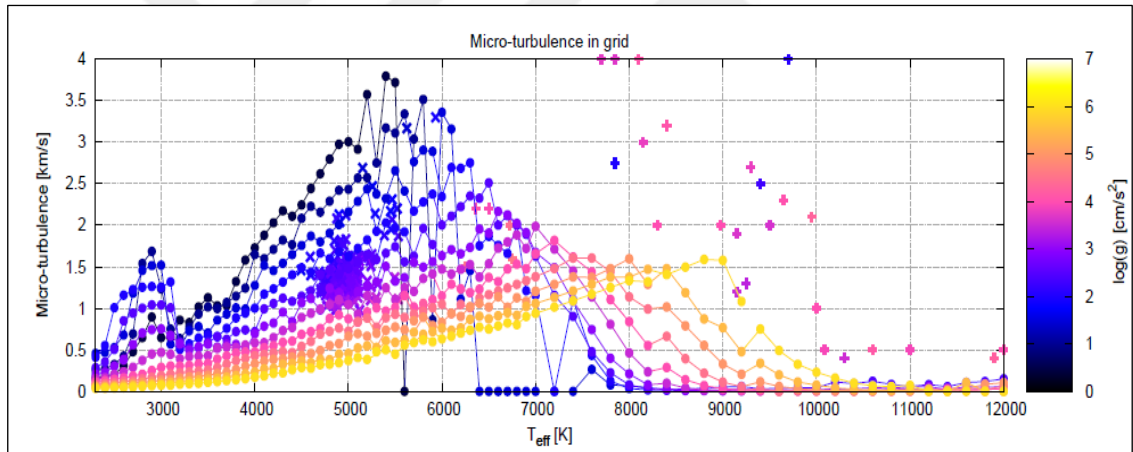
Çizelge 4.6 112 Her sisteminin hesaplanan yörünge elemanları

P (Periyot)	6.36248 ± 0.00000 gün
T (Epok) JD(2400000+)	40006.1513 ± 0.0091
e (Dışmerkezlilik)	0.1501 ± 0.0012
ω (Enberinin boylamı)	$202^\circ.01 \pm 0^\circ.52$
K₁ (Baş yıldızın radyal hız yarı genliği)	$17.584 \pm 0.030 \text{ km s}^{-1}$
K₂ (Yoldaş yıldızın radyal hız yarı genliği)	$36.599 \pm 0.085 \text{ km s}^{-1}$
V₀ (Sistemin uzay hızı)	$-21.695 \pm 0.017 \text{ km s}^{-1}$
NRV (RV gözlem sayısı)	14

14 gecelik gözlem sonucunda elde edilen veriler ve hesaplanan yörünge elemanlarıyla birlikte 112 Her sisteminin radyal hız analizi tamamlanmıştır.

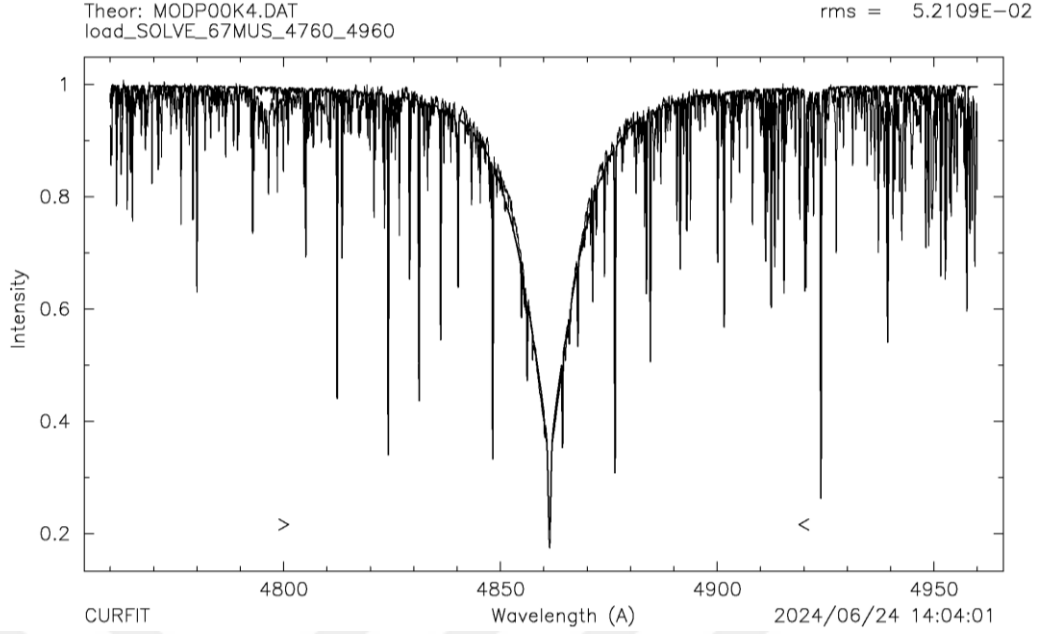
4.4 67 Mus Yıldızının Atmosfer Parametreleri

67 Mus yıldızının atmosfer parametreleri belirlenirken mikrotürbülans hızının farklı değerleri için farklı model atmosferler oluşturulmuştur. Nishimura (1998)'e göre bu sistemin mikrotürbülans hızı 2 km s^{-1} dir. Daha önce yapılmış olan sınırlı çalışmalardan elde edilen etkin sıcaklık ve $\log g$ değerlerine göre bu yıldızın mikrotürbülans değerinin $< 4 \text{ km s}^{-1}$ olması gerektiği öngörülmüştür. Aşağıdaki diyagramda (Şekil 4.4) anakol ve alt dev yıldızların etkin sıcaklıklarına karşılık yüzey çekim ivmesi ve mikrotürbülans değerleri verilmiştir.



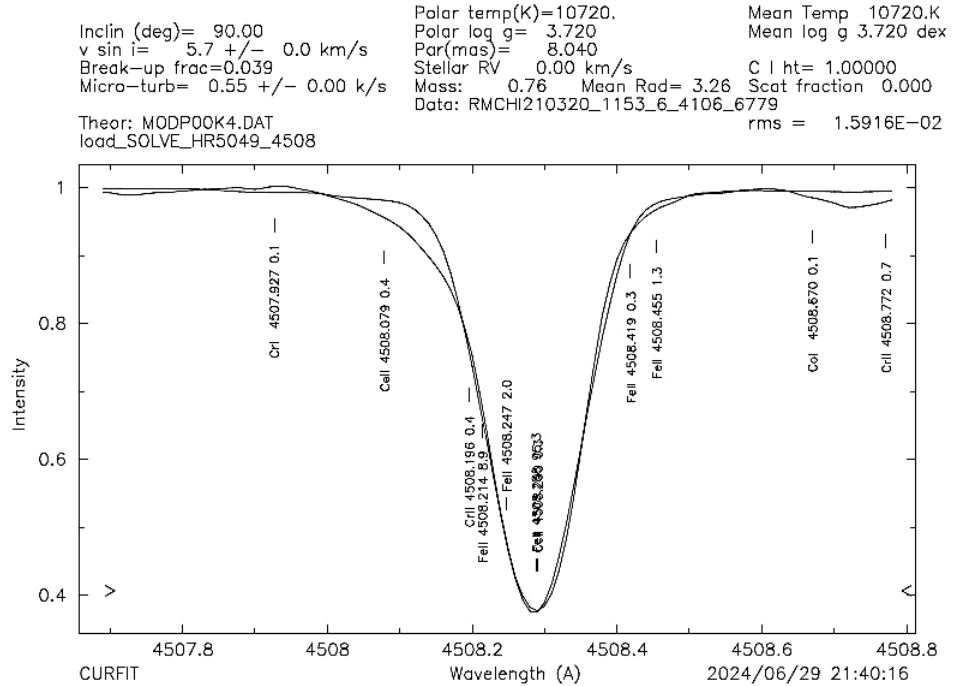
Şekil 4.4 Farklı etkin sıcaklık (T_e) ve yüzey çekim ivmesi ($\log g$ – renk kodlu) değerlerin Güneş bolluğuna sahip modelleri için mikrotürbülans hız dağılımı (Husser vd. 2013).

67 Mus'un atmosfer parametrelerinin belirlenmesinde, Hidrojen Balmer serisinin $H_\beta \lambda 4861 \text{ Å}$ çizgisinden yararlanılmıştır. Yıldızın literatürde yer alan atmosfer parametrelerine ilişkin değerler (bkz. Çizelge 2.5, 2.6 ve 2.7) kullanılarak çok sayıda sentetik tayflar üretildi. Program analizinde, mikrotürbülans hızı ve dönme hızı değerleri sabit tutularak gözlemsel ve kuramsal tayfin karşılaştırılmasında en iyi uyumu veren değerler $T_e = 10720 \text{ K}$, $\log g = 3.72$ olarak elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.5).



Şekil 4.5 67 Mus'un gözlemsel H_β profili ile sentetik profilin karşılaştırılması

Mg II λ 4481 Å (Şekil 4.7) ve 67 Mus'un yüksek manyetik alanından etkilenmeyen Fe II λ 4508 Å (Şekil 4.6) çizgi uyumlarına göre de yıldıza ait mikrotürbülans ve dönme hızı değerleri belirlendi. Belirlenen atmosfer parametreleri çizelge 4.7'de verilmiştir.

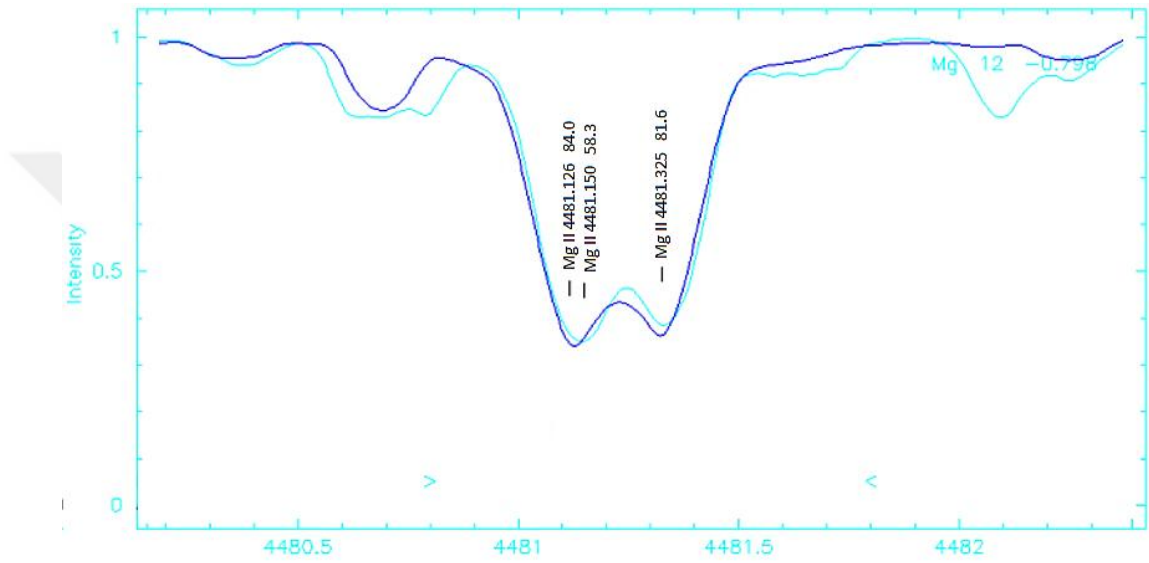


Şekil 4.6 67 Mus'un gözlemsel Fe II λ 4508 Å çizgisi ile sentetik tayfin karşılaştırılması

Çizelge 4.7 67 Mus yıldızının belirlenen atmosfer parametreleri

T_e (K)	$\log g$	ξ (km s ⁻¹)	$v \sin i$ (km s ⁻¹)
10720	3.72	0.55	5.7

STELLAR programında tipik hata miktarları etkin sıcaklıkta $T_e \pm 100$ K, yüzey çekim ivmesinde $\log g \pm 0.2$, mikrotürbülans $\xi \pm 0.2$ ve dönme hızında $v \sin i \pm 0.5$ km s⁻¹ dir.



Şekil 4.7 67 Mus'un gözlemsel ve kuramsal Mg II λ 4481 Å profillerinin karşılaştırılması

4.5 112 Her A Yıldızının Atmosfer Parametreleri

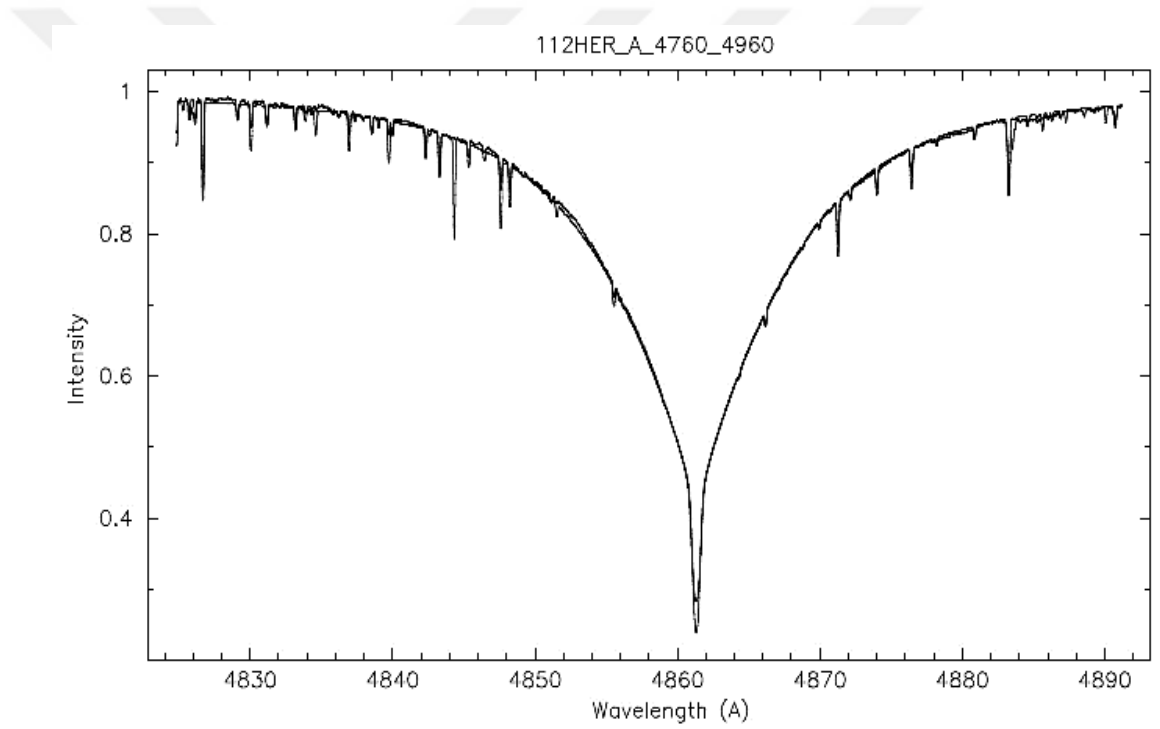
STELLAR programı literatür verilerinden yararlanarak oluşturduğumuz komut dosyasında 112 Her A yıldızının atmosfer parametrelerini (etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi) doğru belirlemek amacıyla sınır değerler istemektedir. Bu aralıktaki değerler, farklı 20 iterasyon ile test edilerek yıldız için en uygun fiziksel parametrelerin hesaplanması sağlanmıştır. Çizelge 4.8'de farklı iterasyonlar için elde edilen fiziksel parametre sonuçları bulunmaktadır.

112 Her A yıldızının da tayfsal gözlemlerine dayalı atmosfer parametrelerini hesaplariken Hidrojen Balmer çizgilerinden yararlanıldı. Bu çizgilerin kanatları *sıcaklık* ve *yüzey*

çekim ivmesi değişiminden etkilenmektedir. Bu iki atmosfer parametresinin birkaç farklı değeri için kuramsal Balmer çizgisi üretilerek gözlemsel profil ile olan uyumuna bakıldı.

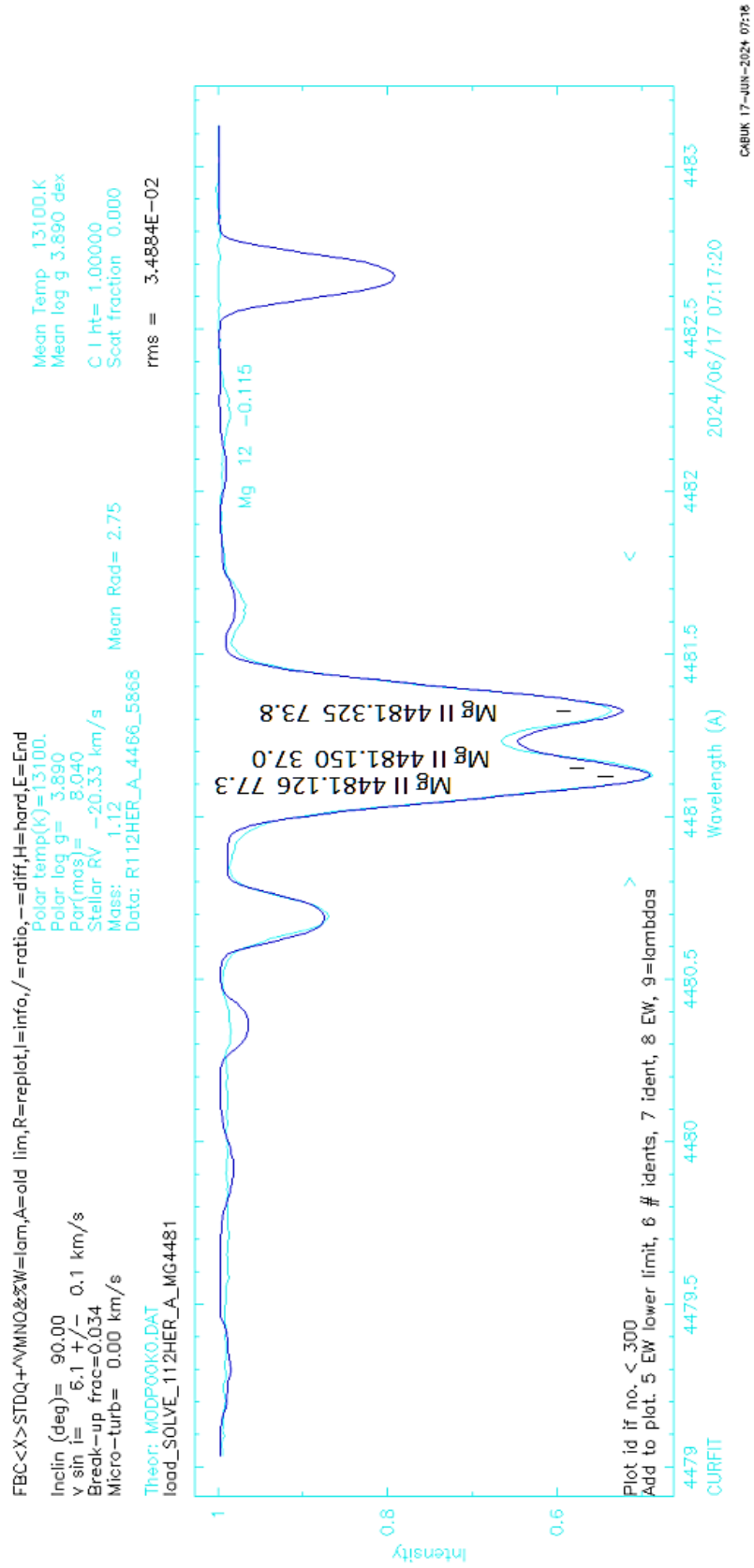
Çizelge 4.8 112 Her A yıldızının fiziksel parametrelerini belirlemek için yapılan iterasyonların bazılarının sonuçları

İterasyon No	T_e (K)	$\log g$	ξ (km s ⁻¹)	$v \sin i$ (km s ⁻¹)
1	13055 $\pm$ 100	3.888 $\pm$ 0.05	0.0	6.9 $\pm$ 0.1
2	13211 $\pm$ 100	3.890	0.0	6.8 $\pm$ 0.1
3	13247 $\pm$ 100	4.000	0.0	6.6 $\pm$ 0.1
4	13300	4.110	0.0	5.9 $\pm$ 0.1



Şekil 4.8 112 Her A'nın gözlemsel ve kuramsal H $_{\beta}$ profillerinin karşılaştırılması

112 Her A'nın atmosfer parametrelerinin belirlenmesinde, Hidrojen Balmer serisinin H $_{\beta}$ λ 4861 Å çizgisinden yararlanılmıştır. Yıldızın literatürde yer alan atmosfer parametrelerine ilişkin değerler (bkz. Çizelge 2.16, 2.21 ve 2.22) kullanılarak çok sayıda sentetik tayflar üretildi ve profil uyumları incelendi. En iyi uyumu sağlayan değerler $T_e = 13000$ K, $\log g = 4.0$, $\xi = 0.0$ km s⁻¹ ve $v \sin i = 5.0$ km s⁻¹ dir (bkz. Şekil 4.8).



Şekil 4.9 112 Her A'nın gözlemsel ve kuramsal Mg II λ 4481 Å profillerinin karşılaştırılması

Atmosfer parametreleri gözlemsel ve sentetik H_β çizgi profillerinin yanı sıra Mg II λ 4481 Å çizgisinin model atmosfer ile uyumu ile teyit edildi. Şekil 4.8’de H_β çizgisi aracılığıyla bulunan etkin sıcaklık değeri $T_e = 13100$ K ve yüzey çekim ivmesi $\log g = 3.89$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Bu verilerle yaptığımız Mg II λ 4481 Å çizgisi uyumu ile dönme hızı ve mikrotürbülans değerleri tespit edilmiştir (Şekil 4.9, Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 112 Her A yıldızının atmosfer parametreleri

T_e (K)	$\log g$	ξ (km s ⁻¹)	$v \sin i$ (km s ⁻¹)
13100	3.890	0.0	5.80

4.6 112 Her B Yıldızının Atmosfer Parametreleri

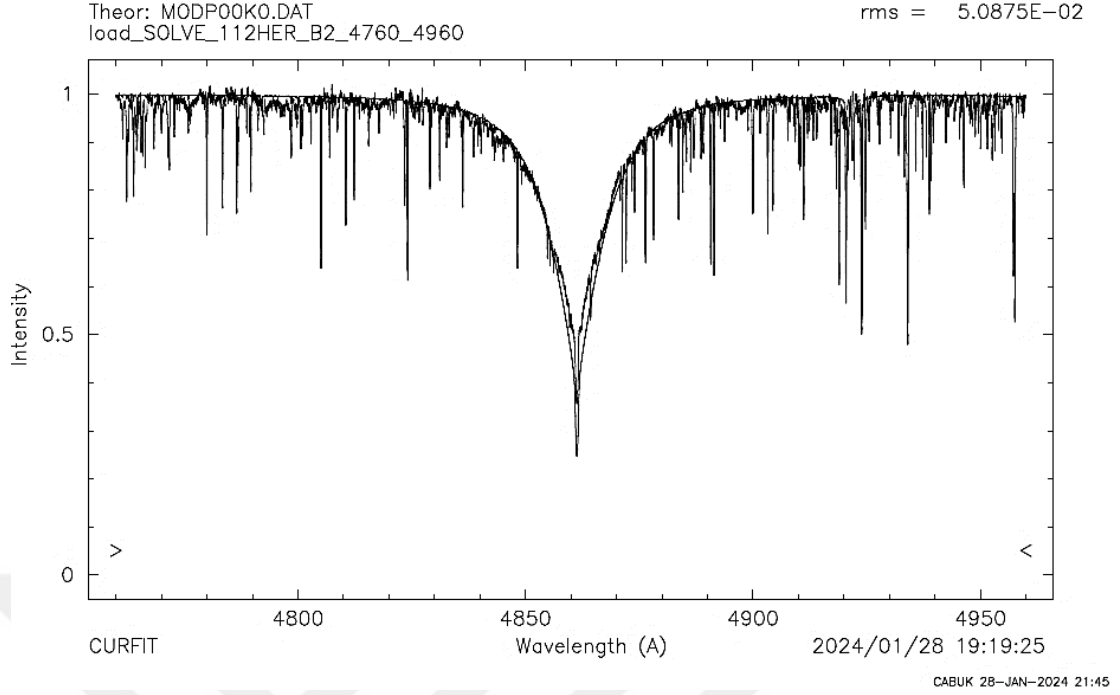
112 Her B’nin tayfsal gözlemlerine dayalı atmosfer parametrelerini hesaplamak için Hidrojen Balmer çizgilerinden (H_β λ 4861 Å - Şekil 4.10) ve Mg II λ 4481 Å çizgilerinden yararlanıldı. Bu iki atmosfer parametresinin farklı değerleri için kuramsal Balmer çizgisi üretilerek gözlemsel profil ile olan uyumuna bakıldı.

112 Her B’nin H_β ve Mg II 4481 Å çizgileri uyumu (Şekil 4.11) aracılığıyla bulunan etkin sıcaklık değeri $T_e = 8613$ K ve yüzey çekim ivmesi $\log g = 4.11$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

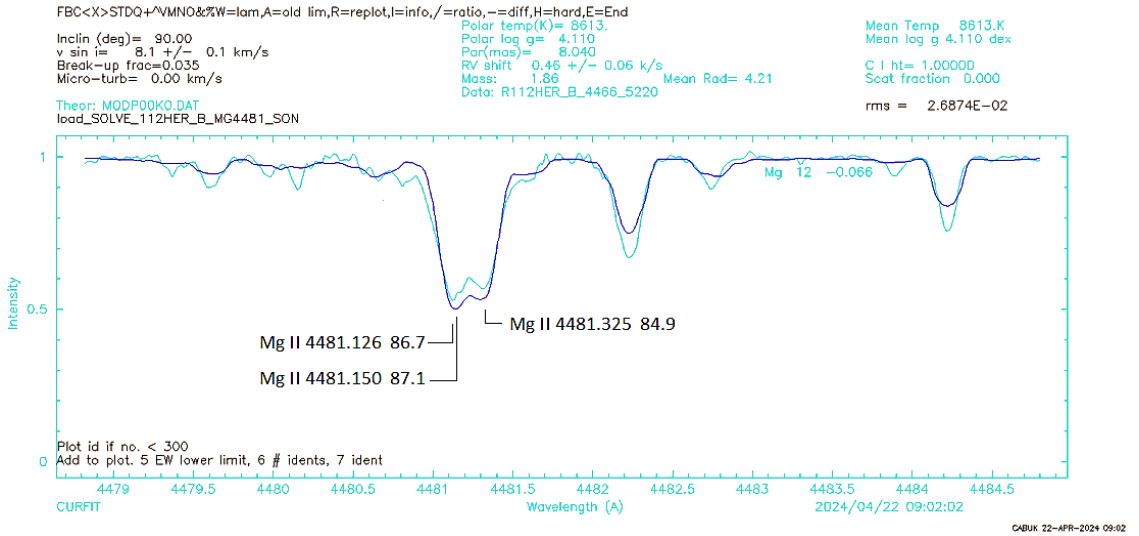
Çizelge 4.10 112 Her B yıldızının tespit edilen atmosfer parametreleri

T_e (K)	$\log g$	ξ (km s ⁻¹)	$v \sin i$ (km s ⁻¹)
8613	4.11	0.0	7.50

Mg II λ 4481 Å çizgisi uyumu aracılığıyla tespit ettiğimiz etkin sıcaklık ve $\log g$ değerlerini referans alarak dönme hızı ve mikrotürbülans değerleri elde edildi (Şekil 4.11).



Şekil 4.10 112 Her B için yapılan H_β profil uyumu



Şekil 4.11 112 Her B'nin gözlemsel ve kuramsal Mg II λ 4481 Å profillerinin karşılaştırılması

4.7 67 Mus Yıldızının Kimyasal Bolluk Analizi

67 Mus, 4.7 kG gibi güçlü bir manyetik alana sahiptir (bkz. Nishimura vd. 2004 ve Mathys 1991). Bu güçlü manyetik alan, her çizgi profilini farklı şekillerde değiştirir. STELLAR her çizgiyi manyetik alana göre uyarlamaz ve bu nedenle her çizgiye uyum

ideal olmayacaktır ancak olabilecek en yakın bolluk değerleri belirlenmiştir. 67 Mus sisteminin baş bileşeni için 20 Mart 2021 tarihli gözlemsel verinin $\lambda\lambda$ 4150 – 6440 Å dalgaboyu aralığındaki normalize tayf bolluk analizinde kullanılmıştır. Model atmosfer için yıldızın paralaks ve görünür parlaklık değerleri SIMBAD verilerine göre 7.76 mili-yay saniye ve $V = 5^m.651$ dir. Oluşturulan sentetik tayflar ve belirlediğimiz atmosfer parametrelerine ait değerler kullanılarak yıldıza ait He ve Hg arasındaki element/iyon bolluk değerleri hesaplanmıştır.

67 Mus için toplam 1648 soğurma çizgisinden He I, C I, C II, N I, O I, Mg I, Mg II, Al II, Si I, Si II, P II, S II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn II, Fe I, Fe II, Fe III, Co I, Co II, Ni I, Ni II, Sr II, Y II, La II, Ce II, Pr II, Nd II, Eu II, Gd II, Dy II ve Hg I elementlerinin bolluk miktarları hesaplanmıştır (28 farklı elemente ait 37 atomik tür). Aşağıda bu hesaplamalar sonucu elde edilen bilgiler yer almaktadır. Tüm çizgi listesi EK 8’de yer almaktadır. Güneş bolluğuna göre kıyaslamalar için Grevesse ve Sauval (1998)’dan yararlanılmıştır. Verilen “ n ” değeri bolluk hesabı yapılan çizgi sayısını göstermektedir.

He: 67 Mus yıldızının 5 adet He I çizgisinden hesaplanan Helyum bolluğu (bkz. Çizelge 4.11) ortalama $\log (\text{He}/\text{H}) = -1.08$ dex olup, Güneş bolluğu (-1.05) civarındadır.

Çizelge 4.11 67 Mus’un He bolluğu ve Güneş’in değerleri ile karşılaştırılması

Tür	67 Mus				Güneş Bolluğu
	n	Bolluk Değeri ($\log (\text{He}/\text{H})$)	Hata Miktarı	[X]	
He I	5	-1.08	0.13	-0.03	-1.05

$$[X] = \log \epsilon (X)_{\text{Yıldız}} - \log \epsilon (X)_{\text{Güneş}}$$

C,N,O: C I ve C II çizgilerinden hesaplanan Karbon bolluğu ortalama $\log (\text{C}/\text{H}) = -3.81$ dex olup, hata sınırları içerisinde Güneş bolluğundadır (-3.52 dex). N I çizgilerinden hesaplanan Azot bolluğu $\log (\text{N}/\text{H}) = -4.08$ dex olup Güneş bolluğundadır (-4.12 dex). O I çizgilerinden hesaplanan Oksijen bolluğu $\log (\text{O}/\text{H}) = -2.67$ dex değerindedir ve Güneş bolluğundan (-3.21 dex) daha zengindir. (bkz. Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 67 Mus'un Güneş'e göre ortalama C, N, O bollukları

Tür	67 Mus				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri (log (X/H))	Hata Miktarı	[X]	
C I	3	-3.61	0.00	-0.09	-3.52
C II	4	-4.02	0.22	-0.57	-3.52
N I	4	-3.69	0.16	0.43	-4.12
O I	5	-2.67	0.03	0.54	-3.21

Hafif elementler (Mg, Al, Si, P, S, Ca, Sc): Mg I ve Mg II çizgilerinden hesaplanan ortalama Magnezyum bolluğu $\log (\text{Mg}/\text{H}) = -4.63$ dex bulunmuştur ve yıldızın Magnezyum bakımından Güneş bolluğuna (-4.46 dex) yakındır.

Çizelge 4.13 67 Mus'un hafif elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	67 Mus				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri (log (X/H))	Hata Miktarı	[X]	
Mg I	3	-4.50	0.09	-0.04	-4.46
Mg II	6	-4.73	0.11	-0.27	-4.46
Al II	1	-6.34	-	-0.77	-5.57
Si I	5	-4.21	0.01	-0.28	-4.49
Si II	5	-4.26	0.04	-0.23	-4.49
P II	4	-4.44	0.14	2.15	-6.59
S II	9	-3.98	0.19	0.77	-4.71
Ca I	1	-5.64	-	0.04	-5.68
Ca II	2	-5.84	0.20	-0.16	-5.68
Sc II	5	-8.90	0.07	-0.03	-8.87

Bir adet Al II çizgisinden hesaplanan bolluk değeri $\log (\text{Al}/\text{H}) = -6.34$ dex olup Güneş'ten (-5.57 dex) daha fakirdir. Si I ve Si II çizgilerinden hesaplanan Silisyum bolluğu $\log (\text{Si}/\text{H}) = -4.23$ dex olarak tespit edilerek Güneş bolluğu (-4.49 dex) civarındadır. Yıldızın P II çizgilerinden belirlenen Fosfor elementi için bolluk değeri $\log (\text{P}/\text{H}) = -4.44$ dex, Güneş bolluğundan (-6.59 dex) oldukça zengindir. Kükürt elementi için belirlenen bolluk

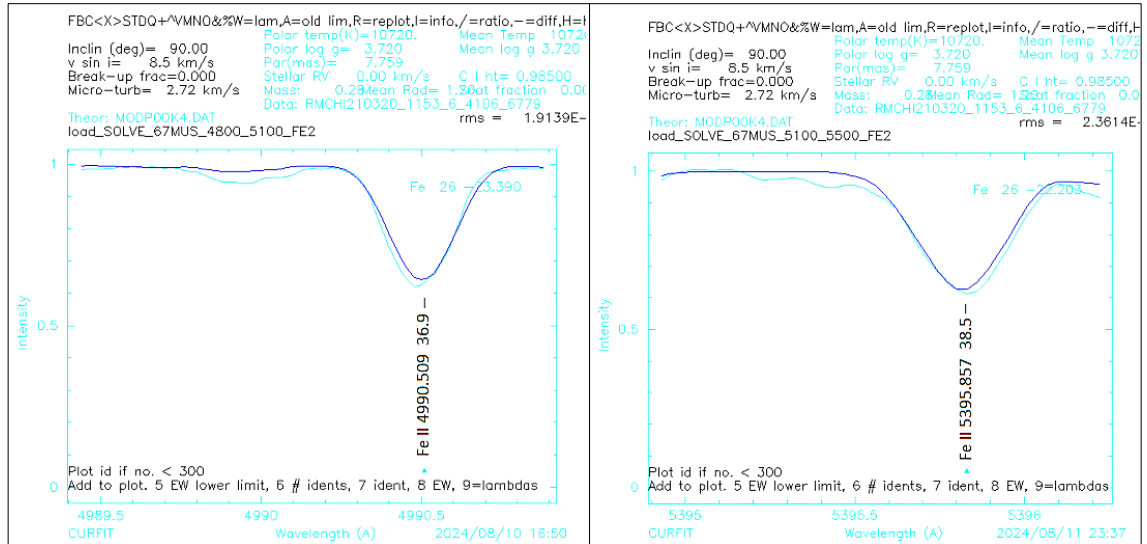
değeri $\log (S/H) = -3.98$ dex, Güneş'ten (-4.71 dex) zengindir. Ca I ve Ca II çizgilerinden hesaplanan ortalama Kalsiyum bolluğu $\log (Ca/H) = -5.74$ dex olup Güneş'in bolluk değerine (-5.68 dex) oldukça yakındır. Skandiyum bolluğu da Kalsiyum elementi gibi Güneş'in bolluk değerine (-8.87 dex) oldukça yakın bir değer olan $\log (Sc/H) = -8.90$ dex bulunmuştur (bkz. Çizelge 4.13).

Demir grubu elementler (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni): 67 Mus yıldızında Demir grubu elementlerin tamamı Güneş'ten daha zengindir. Titanyum elementi -6.15 dex'lik bolluk ile Güneş'ten (-7.02 dex) yaklaşık 1 dex daha fazladır (bkz. Şekil 4.13). Yıldızın V II çizgilerinden hesaplanan bolluk değeri ise $\log (V/H) = -6.61$ dex olup Güneş'e göre (-8.04 dex) yaklaşık 1.43 dex daha fazladır. Krom bolluğu (Cr I ve Cr II) ortalama $\log (Cr/H) = -4.44$ dex olarak hesaplanmış ve Güneş'ten 1.93 dex daha çoktur. Mn II çizgilerinden hesaplanan Mangan elementinin bolluk değeri $\log (Mn/H) = -5.17$ dex olarak Güneş'ten yaklaşık 1.48 dex daha fazladır. Demir bolluğu için Fe I, Fe II ve Fe III çizgilerinden yapılan element bolluk analizi sonucu ortalama Demir bolluğu $\log (Fe/H) = -3.28$ dex olarak elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.12). Güneş'in Demir bolluğu -4.54 dex olduğundan 67 Mus yıldızı Demir bakımından daha zengindir. Ni I ve Ni II çizgilerinden hesaplanan Nikel bolluğu $\log (Ni/H) = -4.60$ dex civarı olup Güneş'ten 1 dex kadar daha çoktur.

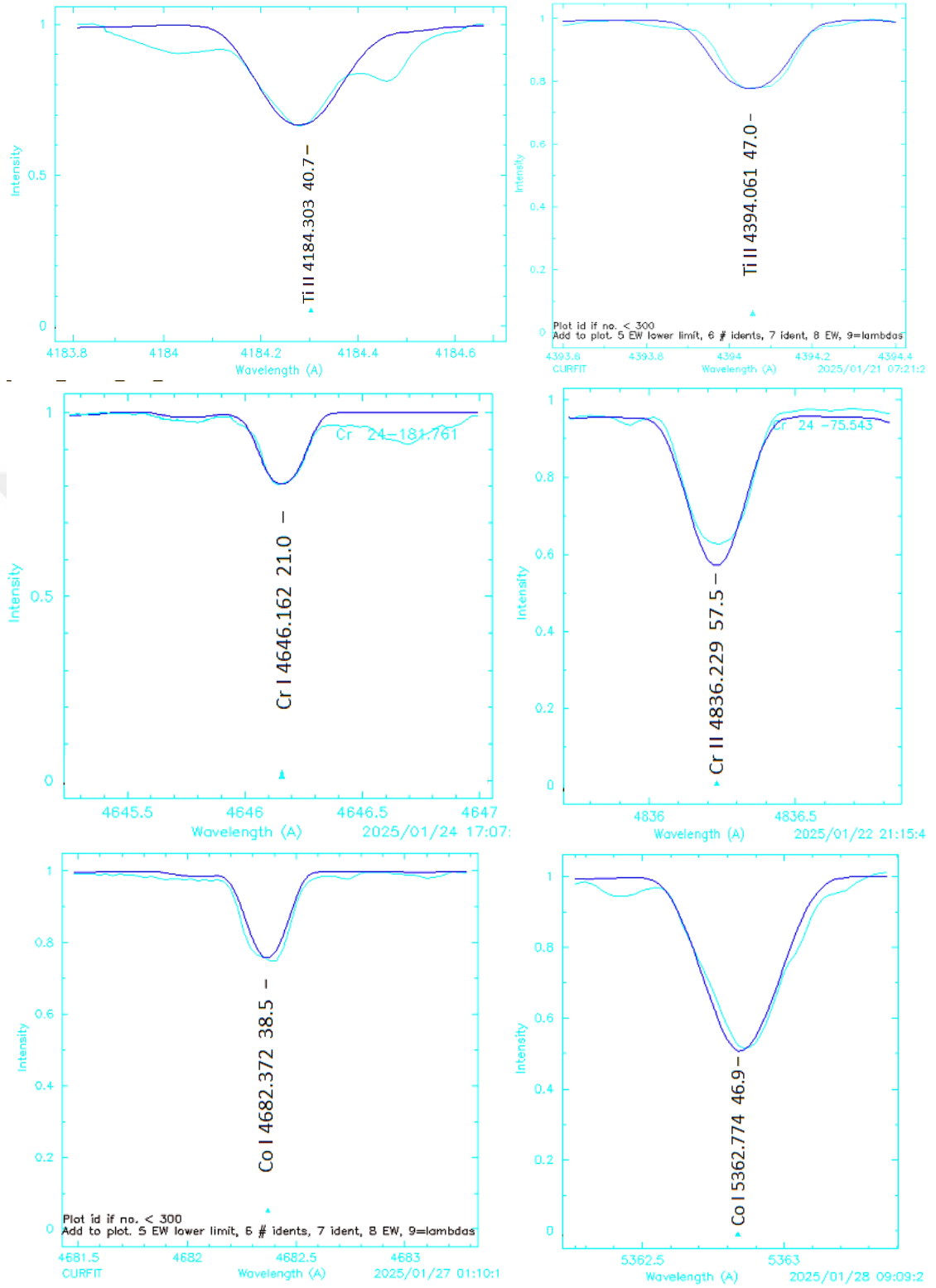
67 Mus ile ilgili yapılan araştırmalarda Kobalt elementi ile ilgili hesaplanan bolluk değerleri bu yıldızın Kobalt açısından oldukça zengin olduğunu ortaya koymuştur (bkz. Dworetsky vd. 1980, Nishimura vd. 2004) Çünkü Kobalt bolluğu Güneş'e kıyasla yaklaşık $+3.0$ dex civarında fazladır. Bu tez çalışmasında 242 Co I ve Co II çizgilerinden hesaplanan bolluk miktarı $\log (Co/H) = -3.34$ dex'tir. Bu değer Güneş'ten (-7.12 dex) yaklaşık 3.78 dex daha fazladır. Demir grubu elementlere ait element bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile kıyaslaması çizelge 4.14'te yer almaktadır.

Çizelge 4.14 67 Mus'un Demir grubu elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	67 Mus				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri (log (X/H))	Hata Miktarı	[X]	
Ti II	70	-6.15	0.18	0.87	-7.02
V II	2	-6.61	0.04	1.43	-8.04
Cr I	23	-4.48	0.25	1.89	-6.37
Cr II	203	-4.42	0.25	1.95	-6.37
Mn II	31	-5.17	0.15	1.48	-6.65
Fe I	211	-3.28	0.03	1.26	-4.54
Fe II	555	-3.30	0.03	1.24	-4.54
Fe III	9	-3.25	0.03	1.29	-4.54
Co I	105	-3.34	0.04	3.78	-7.12
Co II	137	-3.37	0.07	3.75	-7.12
Ni I	4	-4.73	0.03	1.06	-5.79
Ni II	18	-4.52	0.16	1.27	-5.79

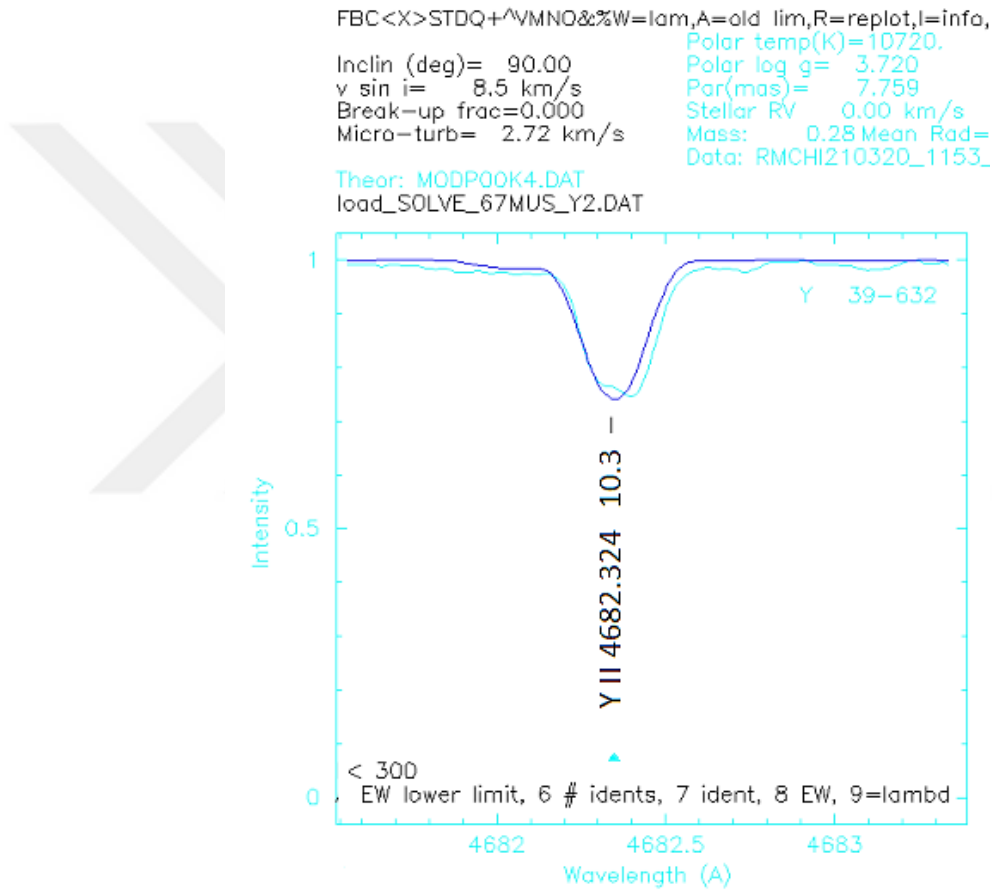


Şekil 4.12 67 Mus'un Fe II çizgilerine uygulanan sentetik fit örnekleri



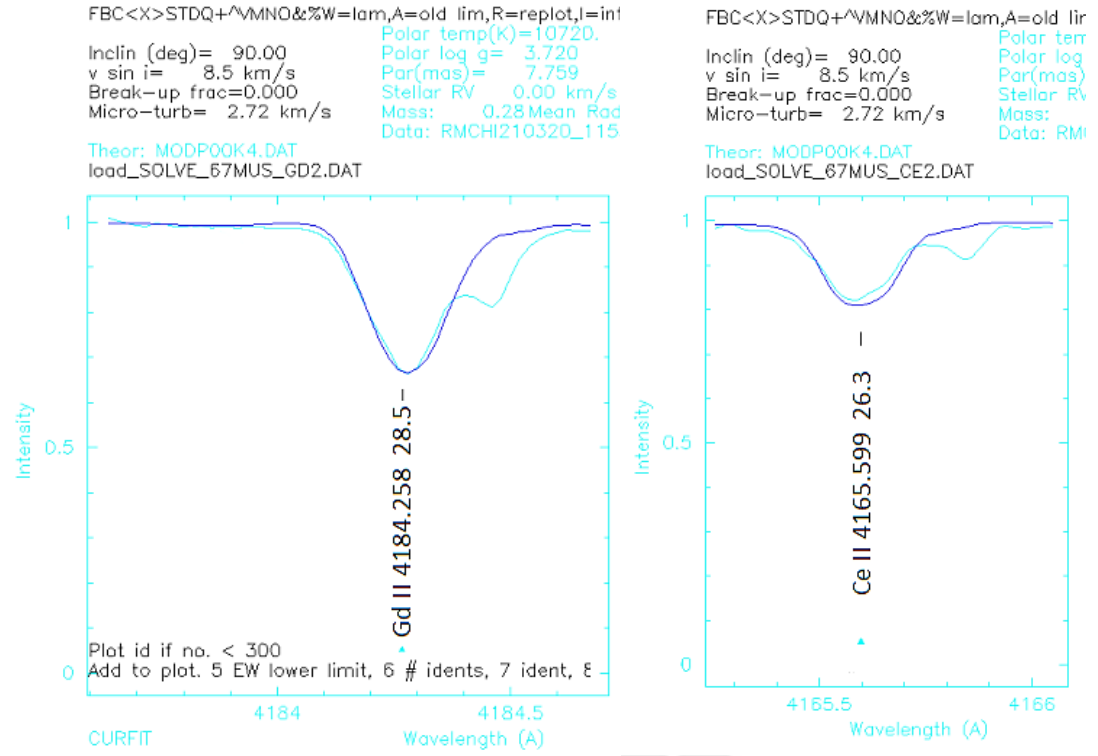
Şekil 4.13 67 Mus'un Ti II, Cr I, Cr II ve Co I çizgilerinin bazılarına uygulanan sentetik fit örnekleri

Ağır elementler (Sr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Eu, Gd, Dy, Hg): Kimyasal sıra dışı yıldızların element bolluk analizleri sonucunda ağır elementlerin Güneş'e kıyasla daha zengin olduğu bilinmektedir (bkz. Adelman vd. 2004). 67 Mus yıldızının ağır elementleri ile ilgili yapılan hesaplamalar sonucunda tek çizgiden hesaplanan stronsiyum elementi bolluğu $\log (\text{Sr}/\text{H}) = -8.76$ dex bulunarak Güneş bolluğuna (-9.07 dex) çok yakın olduğu belirlenmiştir. Y II çizgilerinden hesaplanan İtiryum bolluğunun $\log (\text{Y}/\text{H}) = -7.66$ dex olarak Güneş'ten (-9.80 dex) 2 dex kadar daha zengin olduğu tespit edildi (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 67 Mus yıldızının Y II çizgi uyumundan bir örnek

Yıldızın La II ve Ce II çizgilerinden hesaplanan bolluk değerleri $\log (\text{La}/\text{H}) = -8.08$ dex ve $\log (\text{Ce}/\text{H}) = -7.11$ dex olup Güneş'e göre sırasıyla yaklaşık 2.82 dex ve 3.34 dex daha zenginlerdir. Praseodim, Neodim, Europyum, Gadolinyum, Disprosyum ve Civa bollukları Güneş'ten oldukça fazladır (bkz. Çizelge 4.15, Şekil 4.15).



Şekil 4.15 67 Mus'un Gd II ve Ce II çizgi uyumlarından örnekler

Çizelge 4.15 67 Mus'un ağır elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	67 Mus				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri (log (X/H))	Hata Miktarı	[X]	
Sr II	1	-8.76	-	0.31	-9.07
Y II	14	-7.66	0.16	2.04	-9.80
La II	4	-8.08	0.17	2.82	-10.90
Ce II	89	-7.11	0.15	3.34	-10.45
Pr II	20	-6.95	0.13	4.38	-11.33
Nd II	33	-7.07	0.21	3.47	-10.54
Eu II	5	-7.44	0.09	4.09	-11.53
Gd II	42	-7.43	0.17	3.45	-10.88
Dy II	7	-7.49	0.13	3.41	-10.90
Hg I	1	-5.91	-	5.00	-10.91

4.8 112 Her Sisteminin Kimyasal Bolluk Analizi

112 Her A ve 112 Her B'nin sentez yöntemiyle bolluk analizinde kullanılan model atmosfer için yıldızın paralaks ve görünür parlaklık değerleri SIMBAD verilerine göre, sırasıyla, 8.04 mili-yay saniye ve $V = 5^m.39$ değerleri kullanılmıştır. Oluşturulan sentetik tayflar ve atmosfer parametre değerleri ve bu tez çalışmasından bulunan radyal hız değeri kullanılarak He ve Hg arasındaki element/ion bolluk değerleri hesaplandı. STELLAR, element bolluğu analizinde her satır için bireysel bolluğu listelememektedir. Programın kütüphanesindeki Kurucz (Kurucz ve Bell, 1995) ve VALD (Piskunov vd. 1995) veritabanlarından oluşturulan çizgi listelerine göre tüm tayfi dikkate alarak bolluk analizleri yapar (atomik veriler ve kaynak gösterimi örneği için bkz. EK 6). Sonuç olarak elementin $\log (N/N_H)$ formatında bolluk değerini verir. Ayrıca tespit edilen ve element bolluğu hesaplamasına dahil edilen her soğurma çizgisi için merkezi dalga boyu değeri, atom/ion numarası, element gösterimi, $\log gf$ değeri ve eşdeğer genişlik miktarlarını listeler ve bu değerleri çıktı dosyasına kaydeder. STELLAR'ın diğer programlara göre en belirgin avantajı, element bolluğu hesaplamalarını mümkün olduğunca düşük hata payı ile yapmasıdır.

4.8.1 112 Her A yıldızının kimyasal bolluk analizi

Sentetik tayf için 112 Her A yıldızının daha önce belirlediğimiz atmosfer parametrelerini baz alarak bir çizgi listesi kütüphanesi oluşturuldu. Böylece gözlenen ve sentetik tayflar arasındaki en iyi uyumun bolluğu elde edildi.

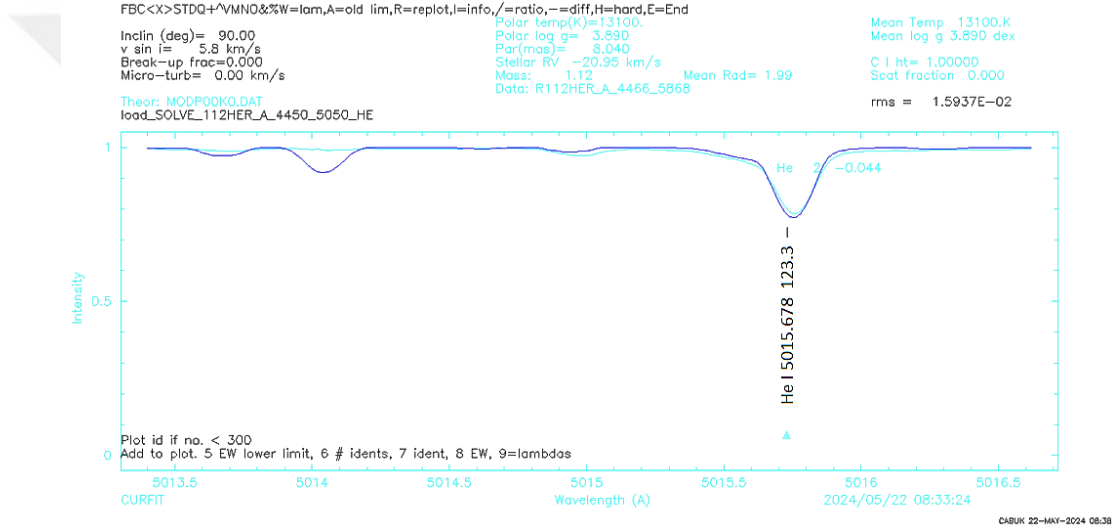
112 Her A için toplam 703 soğurma çizgisinden He I, C II, N I, N II, O I, O II, Ne I, Mg II, Al II, Si II, P II, S II, Ar II, Ca II, Ti II, Cr II, Mn II, Fe I, Fe II, Fe III, Ni II ve Hg II elementlerinin bolluk miktarları hesaplanmıştır (18 farklı elemente ait 22 atomik tür). Aşağıda bu hesaplamalar sonucu elde edilen bilgiler yer almaktadır Tüm çizgi listesi EK 9'da yer almaktadır.

He: He I çizgisinden hesaplanan Helyum bolluğu (bkz. Çizelge 4.16) ortalama $\log (\text{He}/\text{H}) = -2.36$ dex olup Güneş'ten yaklaşık 1.31 dex daha azdır (Şekil 4.16).

Çizelge 4.16 112 Her A yıldızının He bolluğu ($\log (\text{He}/\text{H})$) ve Güneş bolluğu ile karşılaştırılması

Tür	112 Her A				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (\text{He}/\text{H})$)	Hata Miktarı	[X]	
He I	1	-2.36	-	-1.31	-1.05

$$[X] = \log \epsilon (X)_{\text{Yıldız}} - \log \epsilon (X)_{\text{Güneş}}$$



Şekil 4.16 112 Her A'nın He I λ 5015.676 Å çizgisine uygulanan sentetik fit

C,N,O: C II çizgilerinden hesaplanan Karbon bolluğu ortalama $\log (\text{C}/\text{H}) = -5.28$ dex olup, Güneş'e göre 1.76 dex daha azdır.

Çizelge 4.17 112 Her A yıldızının C, N, O bolluğu ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her A				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (\text{X}/\text{H})$)	Hata Miktarı	[X]	
C II	4	-5.28	0.00	-1.76	-3.52
N I	66	-4.08	0.01	0.04	-4.12
N II	18	-4.08	2.65	0.04	-4.12
O I	16	-3.17	0.02	0.04	-3.21
O II	1	-3.60	-	-0.39	-3.21

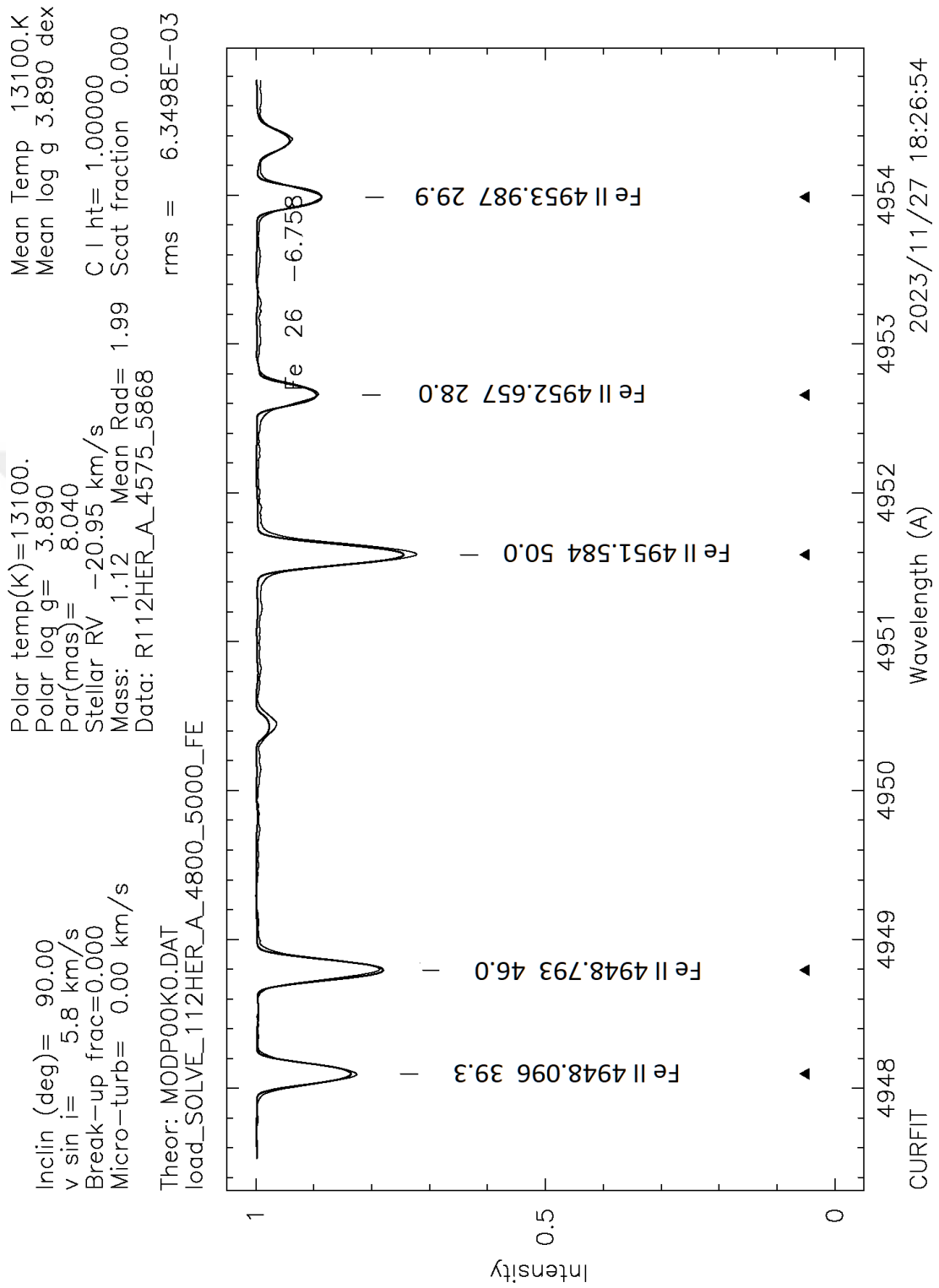
N I ve N II çizgilerinden hesaplanan azot bolluğu $\log (N/H) = -4.08$ dex, O I ve O II çizgilerinden hesaplanan Oksijen bolluğu $\log (O/H) = -3.17$ dex olup Güneş'in değerlerine yakındır (bkz. Çizelge 4.17).

Hafif elementler (Ne, Mg, Al, Si, P, S, Ar, Ca): Mg II çizgilerinden hesaplanan ortalama Magnezyum bolluğu $\log (Mg/H) = -5.57$ dex tespit edilmiş ve yıldızın Magnezyum bakımından Güneş'ten daha fakir olduğunu göstermiştir (Mg II λ 4481 Å çizgisi için bkz. Şekil 4.18). Al II çizgilerinden hesaplanan bolluk değeri $\log (Al/H) = -6.38$ dex olup Güneş'ten 0.81 dex daha fakirdir. Silisyum (Si II) bolluğu Güneş'e göre 0.71 dex daha az, Ca II çizgisinden hesaplanan Kalsiyum bolluğu ise Güneş'in değerinden 0.21 dex daha fazladır (Şekil 4.17). Fosfor (P II) bolluk miktarı $\log (P/H) = -4.71$ dex olarak Güneş'ten daha zengindir. Atmosferindeki Kükürt bolluğu S II çizgilerinden $\log (S/H) = -4.67$ dex olarak hesaplanmıştır ve Güneş'in Kükürt bolluk değerine çok yakındır. Ar II çizgilerinden hesaplanan bolluk değeri $\log (Ar/H) = -5.78$ dex olarak tespit edilmiştir (bkz. Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 112 Her A yıldızının hafif elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her A				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (X/H)$)	Hata Miktarı	[X]	
Ne I	10	-3.92	0.01	0.04	-3.96
Mg II	3	-5.57	0.01	-1.11	-4.46
Al II	10	-6.38	0.01	-0.81	-5.57
Si II	31	-5.20	0.01	-0.71	-4.49
P II	30	-4.71	0.13	1.88	-6.59
S II	40	-4.67	0.57	0.04	-4.71
Ar II	4	-5.78	0.06	-0.19	-5.59
Ca II	20	-5.47	0.39	0.21	-5.68

Demir grubu elementler (Ti, Cr, Mn, Fe, Ni): Ti ve Fe (Şekil 4.17) bollukları Güneş bolluğundadır.

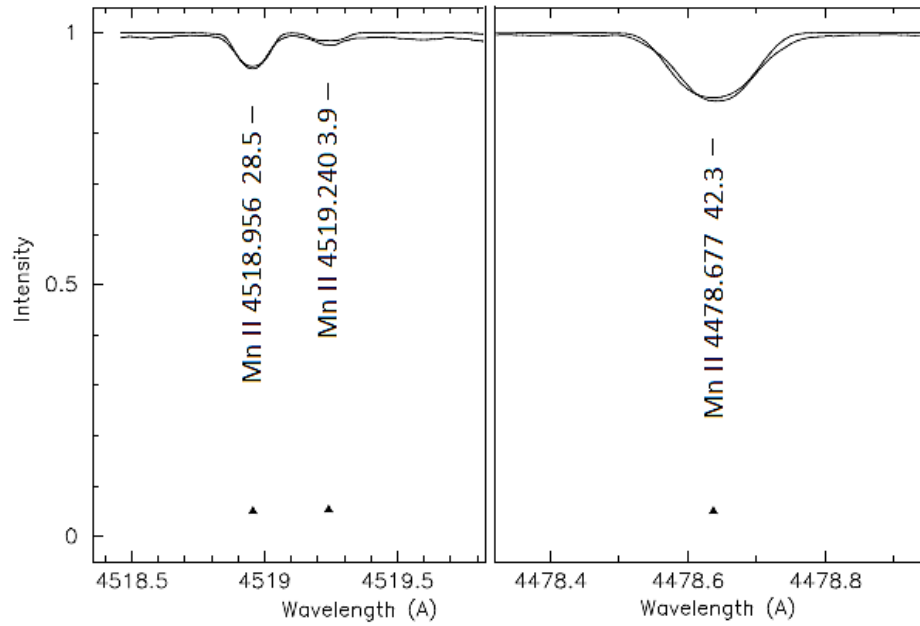


Şekil 4.17 112 Her A'nın demir bolluğunu hesaplamak üzere belirlenen Fe II çizgilerinden bir kesit

Yıldızın Ni II çizgilerinden hesaplanan bolluk değeri $\log (\text{Ni}/\text{H}) = -6.05$ dex olup yıldızın Güneş'e göre yaklaşık 0.26 dex kadar daha fakir olduğunu gösterir. Krom bolluğu $\log (\text{Cr}/\text{H}) = -6.76$ dex olup Güneş'ten 0.39 dex daha fakirdir. 51 tane Mn II çizgisinden hesaplanan Mangan elementinin hesaplanan bolluk değeri $\log (\text{Mn}/\text{H}) = -5.15$ dex olarak Güneş'ten yaklaşık 1.50 dex daha fazladır ve bu fazlalık yıldızı bir Mangan yıldızı olduğunu göstermiştir (bkz. Çizelge 4.19, Şekil 4.18).

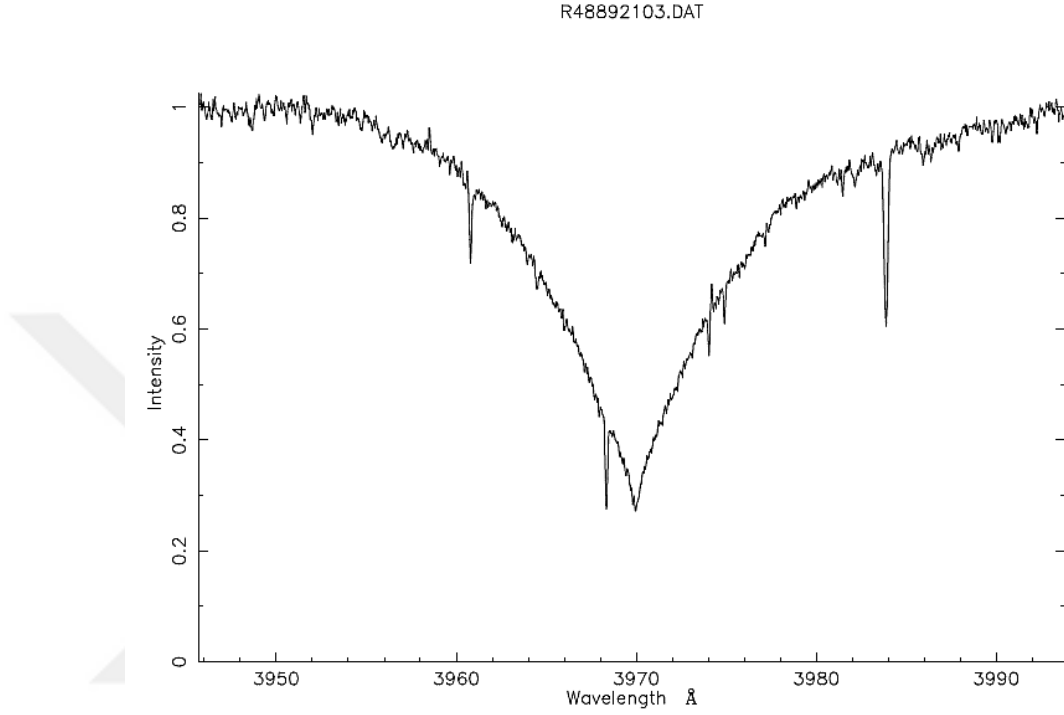
Çizelge 4.19 112 Her A yıldızının Demir grubu elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her A				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (\text{X}/\text{H})$)	Hata Miktarı	[X]	
Ti II	12	-6.41	0.01	0.61	-7.02
Cr II	11	-6.76	0.01	-0.39	-6.37
Mn II	51	-5.15	0.05	1.50	-6.65
Fe I	24	-3.65	0.01	0.89	-4.54
Fe II	301	-3.65	0.02	0.89	-4.54
Fe III	8	-3.65	0.01	0.89	-4.54
Ni II	41	-6.05	0.01	-0.26	-5.79

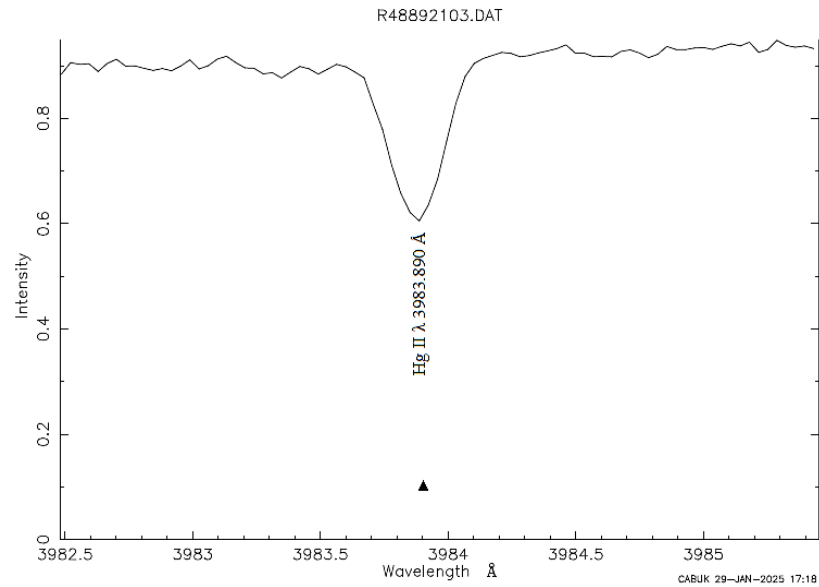


Şekil 4.18 Mn II λ 4518.956 ve 4478.687 Å çizgisini gösteren grafik

Hg: 112 Her A ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda yıldızın CP3 türü bir Civa-Mangan (HgMn) yıldızı olduğu tanımlanmıştır. Çalışmamızda, Hg II λ 3983.890 Å çizgisinden Civa bolluğunu hesaplamak üzere Prof. Dr. Saul J. Adelman'ın elde ettiği DAO serisi tayflarından yararlanılmıştır.



Şekil 4.19 112 Her A yıldız tayfının H_γ Balmer çizgisi bölgesi



Şekil 4.20 112 Her A'nın gözlemsel Hg II λ 3983.890 Å çizgisi

Hg II λ 3983.890 Å çizgisi (Şekil 4.20) H ϵ Balmer çizgisinin kanadında (Şekil 4.19) bulunduğu için öncelikle normalize işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen Hg bolluğu $\log (\text{Hg}/\text{H}) = -5.25$ dex olarak bulunmuştur. Bu değer Güneş'in Civa bolluğu (-10.91 dex) değerinden oldukça fazladır. Yıldızın Güneş'ten yaklaşık 5.66 dex daha zengin olması, 112 Her A yıldızının bir Civa yıldızı olduğunu göstermektedir.

Yapılan kimyasal bolluk analizi sonucunda Hg ve Mn bolluklarının normalden oldukça yüksek tespit edilmesi yıldızın tipik bir HgMn yıldızı olduğunu göstermektedir.

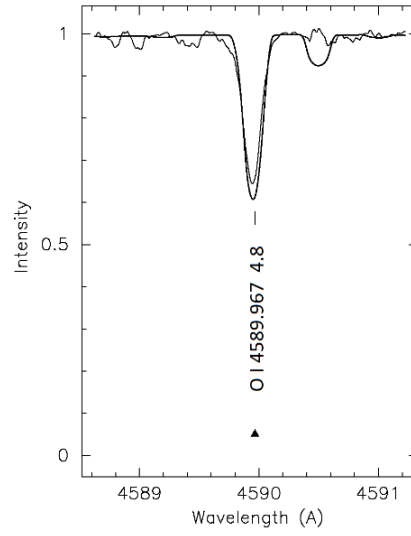
4.8.2 112 Her B yıldızının kimyasal bolluk analizi

112 Her B için toplam 1300 soğurma çizgisinden C I, C II, N I, O I, Na I, Mg I, Mg II, Al II, Si I, Si II, S I, S II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti I, Ti II, V I, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Co I, Ni I, Ni II, Cu I, Zn I, Y II, Zr II, Ba II, La II, Ce II, Nd II ve Eu II elementlerinin bolluk miktarları hesaplanmıştır (26 farklı elemente ait 37 atomik tür). Aşağıda bu hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Tüm çizgi listesi EK 10'da yer almaktadır.

C,N,O: C I çizgilerinden hesaplanan Karbon bolluğu ortalama $\log (\text{C}/\text{H}) = -4.17$ dex olup, Güneş'e göre 0.75 dex daha fakirdir. N I çizgilerinden hesaplanan Azot bolluğu $\log (\text{N}/\text{H}) = -3.93$ dex değerinde olup Güneş bolluğundadır. O I çizgilerinden hesaplanan Oksijen bolluğu $\log (\text{O}/\text{H}) = -3.49$ dex değerlerindedir ve Güneş'ten 0.28 dex daha fakirdir (bkz. Şekil 4.21) (bkz. Çizelge 4.20).

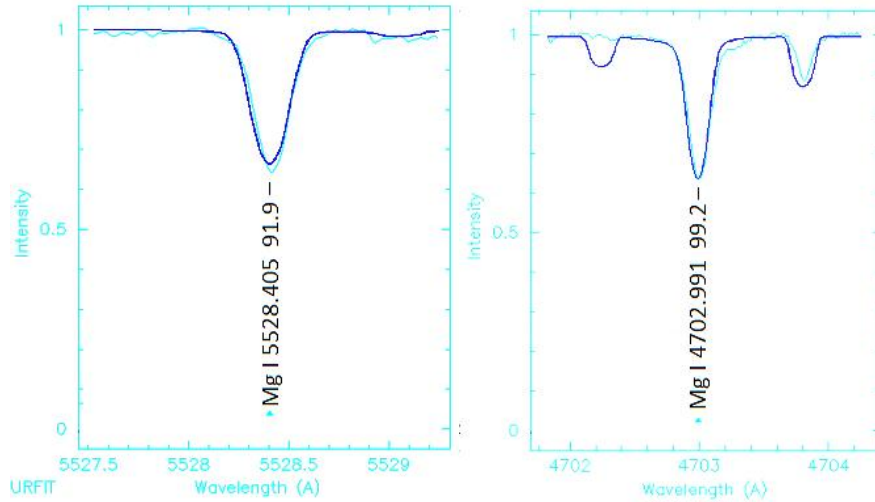
Çizelge 4.20 112 Her B yıldızının C, N, O bolluğu ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her B				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (\text{X}/\text{H})$)	Hata Miktarı	[X]	
C I	98	-4.18	0.01	-0.75	-3.43
N I	4	-3.93	0.15	-0.19	-4.12
O I	12	-3.49	0.26	-0.28	-3.21



Şekil 4.21 Oksijen bolluğunun hesaplanmasında kullanılan bir O I çizgisini gösteren grafik

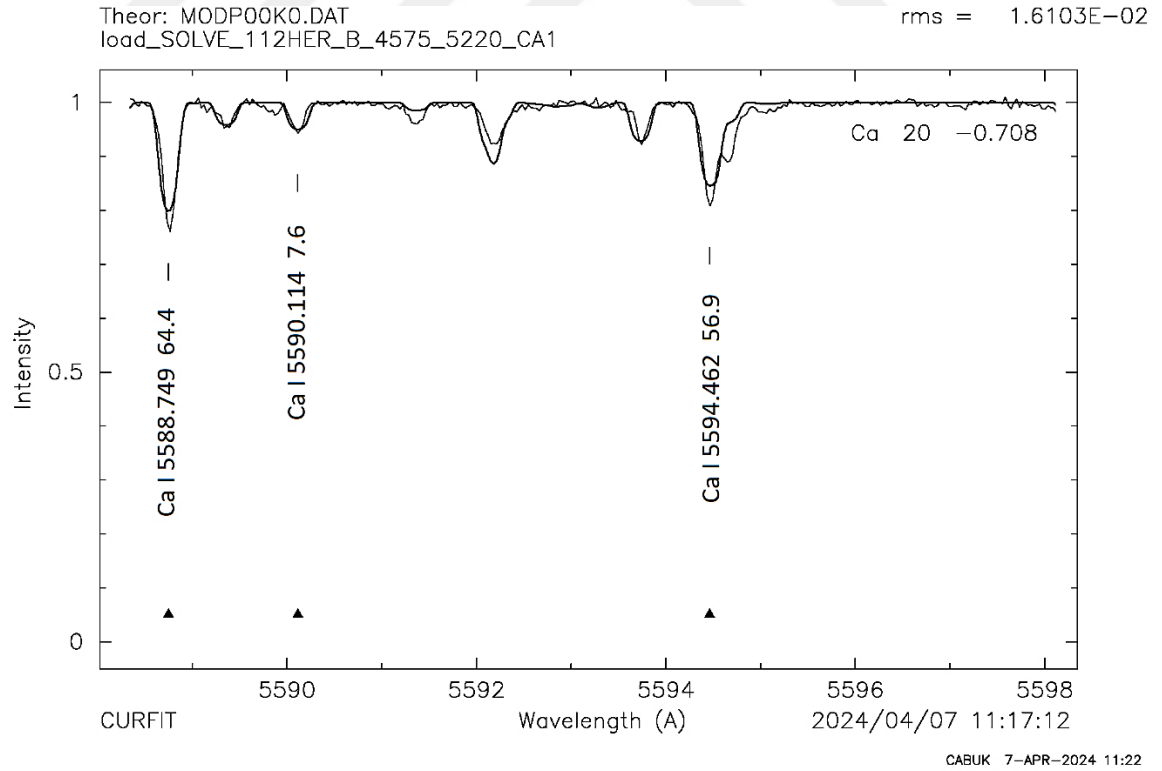
Hafif elementler (Na, Mg, Al, Si, S, Ca, Sc): Bu grupta tespit edilen element bollukları genel anlamda Güneş bolluğuna yakın sonuçlar vermektedir. Mg I ve Mg II çizgilerinden hesaplanan ortalama Magnezyum bolluğu $\log (\text{Mg}/\text{H}) = -4.85$ dex hesaplanarak yıldızın Magnezyum bakımından Güneş bolluğunda olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 4.22). Al II çizgisinden hesaplanan bolluk değeri $\log (\text{Al}/\text{H}) = -5.75$ dex olup Güneş bolluğuna yakındır. Na I, Si I, Si II, S I, S II, Ca I (Şekil 4.23) ve Sc II çizgisinden hesaplanan Sodyum, Silisyum, Kükürt, Kalsiyum ve Skandiyum bollukları Güneş bolluğundadır (bkz. Çizelge 4.21).



Şekil 4.22 112 Her B'nin gözlemsel ve kuramsal Mg I çizgi çakıştırmaları

Çizelge 4.21 112 Her B yıldızının hafif elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her B				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri (log (X/H))	Hata Miktarı	[X]	
Na I	4	-5.76	0.32	-0.05	-5.71
Mg I	6	-4.77	0.04	-0.31	-4.46
Mg II	4	-5.05	0.03	-0.59	-4.46
Al II	1	-5.75	-	-0.18	-5.57
Si I	46	-4.44	0.56	0.05	-4.49
Si II	12	-4.42	0.09	0.07	-4.49
S I	9	-4.78	0.03	-0.11	-4.67
S II	4	-4.66	0.01	0.05	-4.71
Ca I	21	-5.82	0.08	-0.14	-5.68
Ca II	9	-5.96	0.24	-0.28	-5.68
Sc II	7	-9.23	0.22	-0.36	-8.87



Şekil 4.23 112 Her B'nin kalsiyum bolluğunu hesaplamak için belirlenen Ca I çizgilerinden bir kesit

Demir grubu elementler (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn): 112 Her B yıldızının Ti (Şekil 4.26), Co, Ni ve Fe (Şekil 4.24) bollukları Güneş bolluğu civarındadır.

Yıldızın V I ve V II çizgilerinden hesaplanan bolluk değeri $\log (V/H) = -7.32$ dex olup Güneş'e göre yaklaşık 0.72 dex kadar daha zengindir. Krom bolluğu $\log (Cr/H) = -5.90$ dex ve Bakır bolluğu $\log (Cu/H) = -7.28$ dex olup Güneş'ten sırasıyla 0.46 ve 0.55 dex daha zenginlerdir (Şekil 4.25). Mn I ve Mn II çizgilerinden hesaplanan Mangan elementinin hesaplanan bolluk değeri $\log (Mn/H) = -5.40$ dex olarak Güneş'ten yaklaşık 1.25 dex daha fazladır (bkz. Çizelge 4.22, Şekil 4.27).

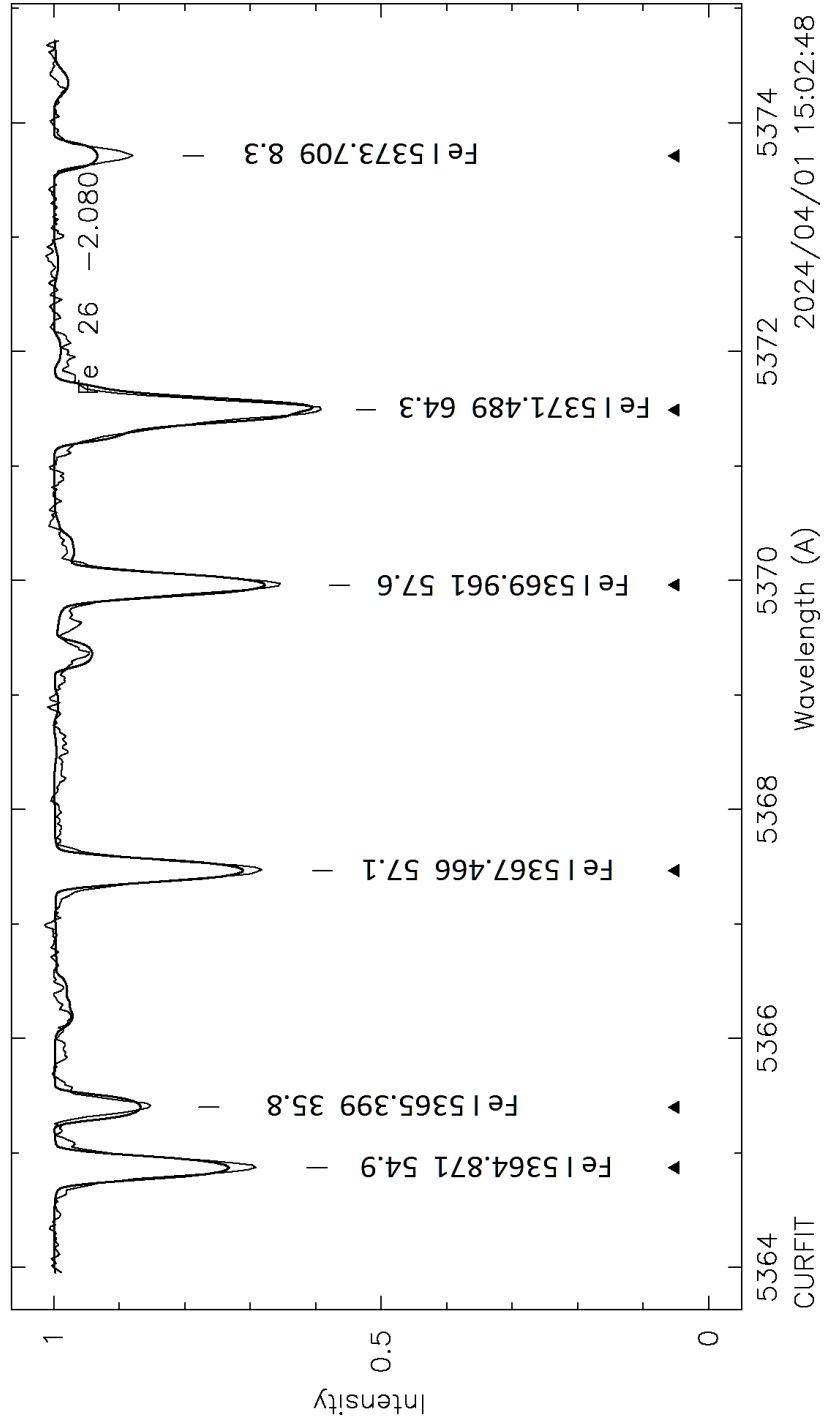
Çizelge 4.22 112 Her B yıldızının Demir grubu elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her B				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (X/H)$)	Hata Miktarı	[X]	
Ti II	39	-7.12	0.01	-0.10	-7.02
V I	3	-7.31	0.01	0.73	-8.04
V II	7	-7.33	0.01	0.71	-8.04
Cr I	41	-5.90	0.10	0.47	-6.37
Cr II	62	-5.91	0.09	0.46	-6.37
Mn I	12	-5.30	0.73	1.35	-6.65
Mn II	24	-5.41	0.17	1.24	-6.65
Fe I	391	-4.34	0.01	0.20	-4.54
Fe II	226	-4.33	0.01	0.20	-4.54
Co I	3	-7.08	0.35	0.04	-7.12
Ni I	151	-5.57	0.01	0.18	-5.75
Ni II	46	-5.66	0.01	0.13	-5.79
Cu I	2	-7.28	0.01	0.55	-7.83
Zn I	2	-6.71	0.01	0.73	-7.44

Incl_i (deg)= 90.00
 v sin i= 7.5 km/s
 Break-up frac=0.000
 Micro-turb= 0.00 km/s
 Theor: MODP00K0.DAT
 load SOLVE_112HER_B_5220_5868_FE1

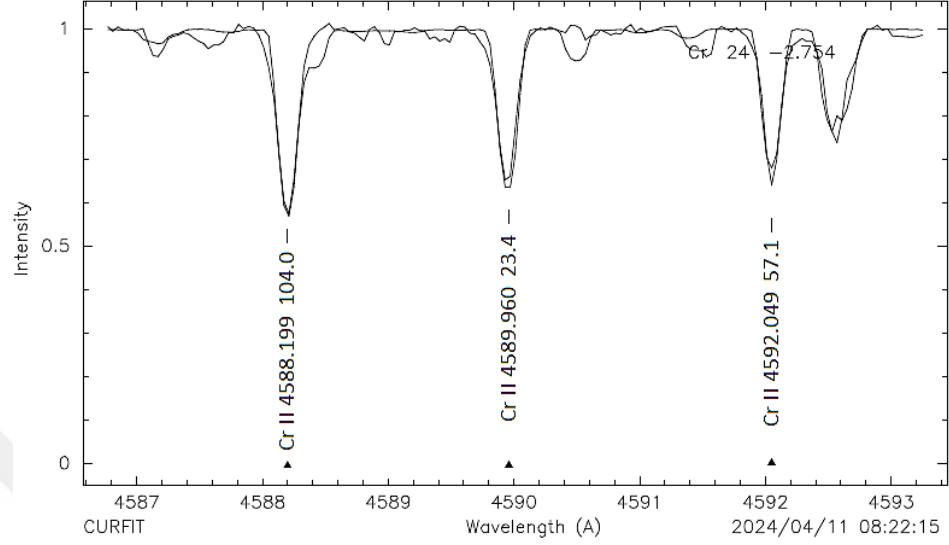
Polar temp(K)= 8613.
 Polar log g= 4.110
 Par(mas)= 8.040
 Stellar RV -21.90 km/s
 Mass: 1.86 Mean Rad= 1.99
 Data: R112HER_B_5200_5868

Mean Temp 8613.K
 Mean log g 4.110 dex
 C I ht= 1.00000
 Scat fraction 0.000
 rms = 1.4169E-02



Şekil 4.24 112 Her B'nin Fe bolluğunu hesaplamak için tespit edilen Fe I çizgilerinden bir kesit

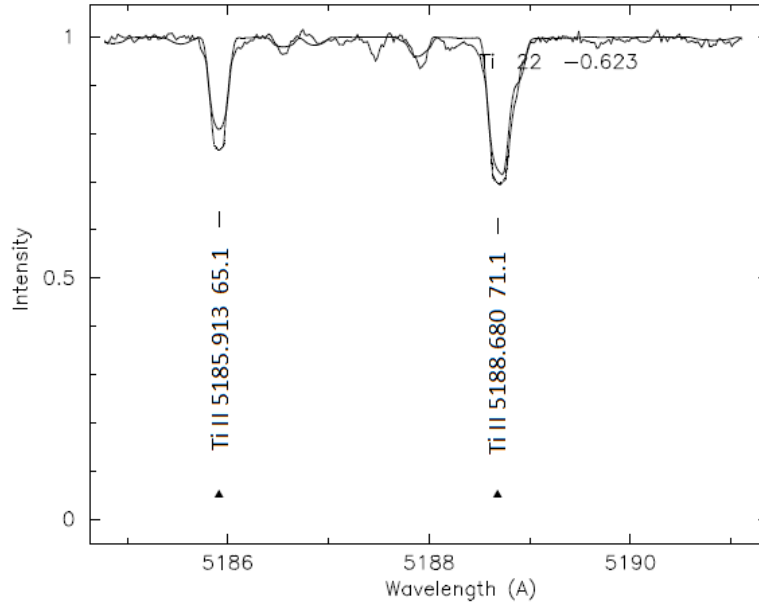
Incln (deg)= 90.00 Polar temp(K)= 8613. Mean Temp 8613.K
 v sin i= 7.5 km/s Polar log g= 4.110 Mean log g 4.110 dex
 Break-up frac=0.000 Par(mas)= 8.040
 Micro-turb= 0.00 km/s Stellar RV -21.90 km/s C I ht= 1.00000
 Mass: 1.86 Mean Rad= 1.99 Scat fraction 0.000
 Data: R112HER_B_4466_5220 rms = 2.6651E-02
 Theor: MODP00K0.DAT
 load_SOLVE_112HER_B_4575_5220_CR2



CABUK 11-APR-2024 10:19

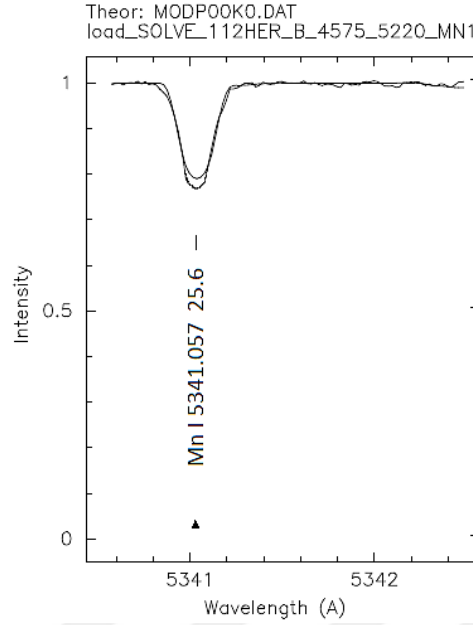
Şekil 4.25 112 Her B'nin Krom bolluğunu hesaplamak için tespit edilen Cr çizgilerinden bir kesit

Incln (deg)= 90.00 Polar temp(K)= 8613. Mean Temp 8613.K
 v sin i= 7.5 km/s Polar log g= 4.110 Mean log g 4.110 dex
 Break-up frac=0.000 Par(mas)= 8.040
 Micro-turb= 0.00 km/s Stellar RV -21.90 km/s C I ht= 1.00000
 Mass: 1.86 Mean Rad= 1.99 Scat fraction 0.000
 Data: R112HER_B_4466_5220 rms = 3.1654E-02
 Theor: MODP00K0.DAT
 load_SOLVE_112HER_B_4575_5220_TI2



CABUK 9-APR-2024 13:20

Şekil 4.26 112 Her B'nin Ti II çizgilerinden bir kesit



Şekil 4.27 112 Her B'nin Mn I soğurma çizgilerinden bir örnek

Ağır elementler (Y, Zr, Ba, La, Ce, Nd, Eu): Yapılan çalışma sonucunda İtiryum bolluğunun Güneş bolluğunda olduğu tespit edildi ($\log (Y/H) = -9.70$ dex). Yıldızın Zr II ve Ba II çizgilerinden hesaplanan bolluk değerleri $\log (Zr/H) = -8.92$ dex ve $\log (Ba/H) = -9.14$ dex olup Güneş'e göre sırasıyla yaklaşık 0.48 dex ve 0.73 dex daha zenginlerdir. Lantan, Seryum ve Europyum bollukları Güneş'ten oldukça fazladır (bkz. Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23 112 Her B yıldızının ağır elementlerinin bolluk miktarları ve Güneş bolluğu ile karşılaştırması

Tür	112 Her B				Güneş Bolluğu
	<i>n</i>	Bolluk Değeri ($\log (X/H)$)	Hata Miktarı	[X]	
Y II	8	-9.71	0.01	0.09	-9.80
Zr II	5	-8.92	0.01	0.48	-9.40
Ba II	2	-9.14	0.05	0.73	-9.87
La II	2	-9.61	0.03	1.17	-10.78
Ce II	4	-9.20	0.01	1.25	-10.45
Nd II	1	-8.53	-	2.01	-10.54
Eu II	1	-9.81	-	1.68	-11.49

112 Her SB2 çift yıldız sisteminde; 112 Her B yıldızının sistemin yoldaş yıldızı olması ve baş yıldızın bir HgMn yıldızı olması, yoldaş yıldızın bir *Am* tipi yıldız olmasının genel olarak rastlanan bir durum olduğunu ortaya koyuyor (bkz. Ryabchikova vd. 1996). Co – Ni arası bollukların Güneş bolluğu civarında oluşu ve atom numarası 40’tan büyük elementlerde Güneş’ten oldukça zengin elementlerin tespit edilmesi yine *Am* tipi yıldızların genel özelliklerindendir.

4.9 Yıldızların Kütlesi ve Evrim Durumu

Tayfsal çift yıldız bileşenlerinin kütle oranı, radyal hızlardaki oranlarından doğrudan hesaplanabilir. Sistemin toplam kütlelerini elde etmek için öncelikle sistemin yörünge parametrelerinin hesaplanması gerekir. Yörünge parametreleri, gözlemlenen radyal hız eğrilerinden elde edilebilir.

Tayfsal çift yıldızların toplam kütlesi Kepler’in 3. yasasından belirlenmektedir.

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} a^3 \quad (4.1)$$

Sistemin yarı büyük eksen a ,

$$a = a_1 + a_2 = \frac{P}{2\pi} (v_1 + v_2) \quad (4.2)$$

$i = 90^\circ$ olması durumunda toplam kütle,

$$m_1 + m_2 = \frac{P}{2\pi G} (v_1 + v_2)^3 \quad (4.3)$$

bağıntısıyla çözülür.

Benzer şekilde $i \neq 90^\circ$ olması durumunda $v_{1r} = v_1 \sin i$ ve $v_{2r} = v_2 \sin i$ olacağı için toplam kütle,

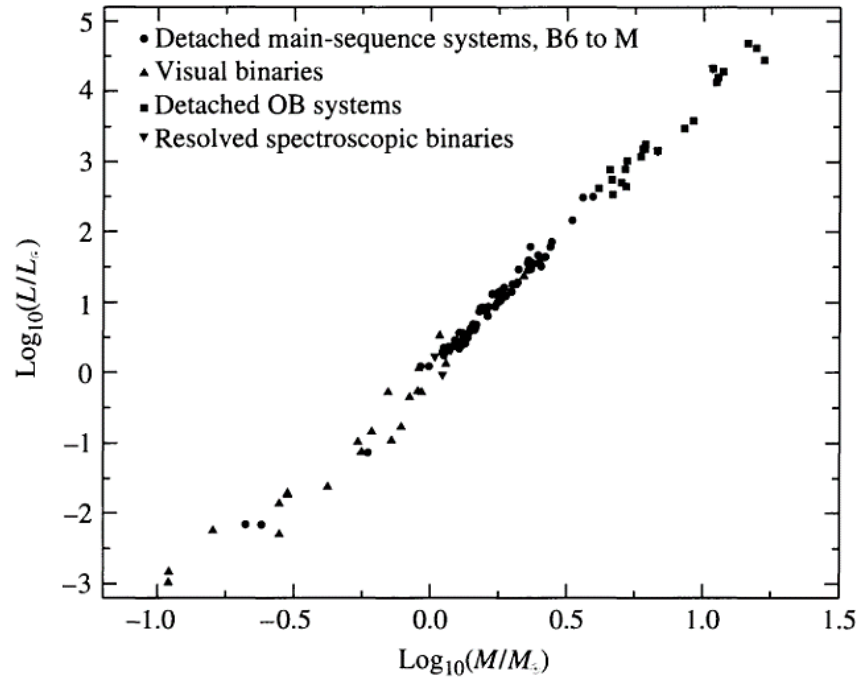
$$m_1 + m_2 = \frac{P}{2\pi G} \frac{(v_{1r} + v_{2r})^3}{\sin^3 i} \quad (4.4)$$

Bağıntısıyla hesaplanır. Bu nedenle tayfsal çift yıldızların toplam kütlesi yalnızca yörünge eğimi biliniyorsa belirlenebilir. Ayrıca görsel çift sistemler veya tutulma gösteren sistemler olmaları durumunda toplam kütle belirlenebilir; bu da bu tür sistemleri, yıldız kütlelerinin “kesin” tespitleri için özellikle değerli kılar.

Tek çizgili tayfsal çift yıldızlar için (yani bir bileşenin diğerinden çok daha parlak olduğu ve daha düşük parlaklıkta olan bileşenin tespit edilemediği durumlarda), denklem (4.4) ile verilen toplam kütle ifadesinde v_{2r} 'yi değiştiririz.

$$m_1 + m_2 = \frac{P}{2\pi G} \frac{v_{1r}^3}{\sin^3 i} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)^3 \quad (4.5)$$

Eğer m_1 ya da $\sin i$ değerlerinden biri ya da her ikisi de bilinmiyorsa, kütle fonksiyonu, saptanamayan yoldaş bileşenin kütlesi olan m_2 için bir alt sınırı belirler.



Şekil 4.28 Anakol çift yıldızlarının kütle - parlaklık dağılımı

Radyal hızlar genellikle sistemin kütle merkezinin astrometrik ölçümlerinden daha yüksek hassasiyetle ölçülebildiğinden, tayfsal çift yıldızların kütle oranı genellikle görsel çift yıldızların kütle oranlarından daha yüksek bir hassasiyetle belirlenebilir. Yörünge eğimleri (i) bilinmese bile tayfsal çift sistemlerin toplam kütleleri $\langle \sin^3 i \rangle \approx 2/3$ kabul edilerek istatistiksel olarak tahmin edilebilir. Yıldızları (eğer aralarındaki uzaklık biliniyorsa) etkin sıcaklıklarına veya parlaklıklarına göre gruplandırarak, yıldız kütesine olan bağımlılığı incelenebilir (Şekil 4.28). Tayfsal çift yıldızların toplam kütlesi yalnızca bu sistemlerin aynı zamanda görsel çift veya tutulma gösteren (eclipsing) sistemler olması durumunda belirlenebilir.

4.9.1 67 Mus sisteminin kütlesi ve evrim durumu

67 Mus sisteminin her iki bileşenine ait yörünge parametreleri elde edilemediği için bu sistemde yalnızca baş yıldızın kütlesi, Husser vd. (2013) tarafından verilen kütle-ışınım gücü bağıntısından elde edilen ifade kullanılarak hesaplanmıştır. Bu bağıntı;

$$\left(\frac{T_{e\ 67Mus}}{T_{e\odot}}\right)^4 = \left(\frac{M_{67Mus}}{M_{\odot}}\right)^2$$

$$(M_{67Mus})^2 = \left(\frac{10720}{5750}\right)^4 = 1.8644^4 = 12.0825$$

$$M_{67Mus} = 3.48 M_{\odot}$$

olarak bulunur.

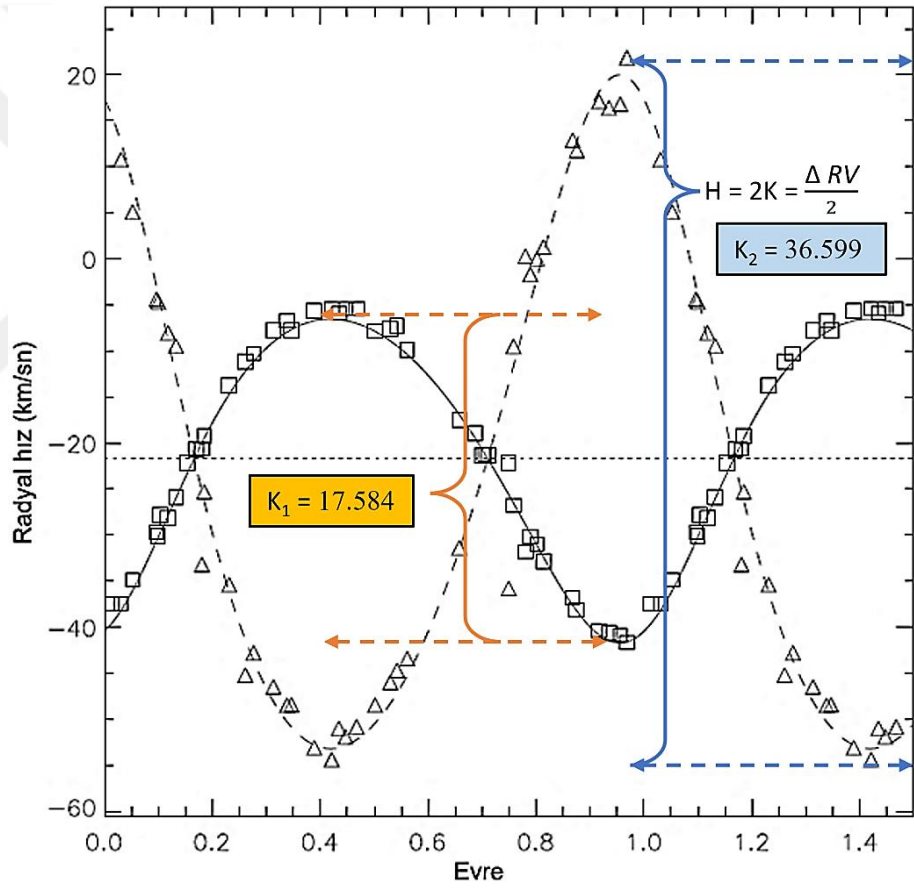
4.9.2 112 Her sisteminin kütlesi ve evrim durumu

Radyal hız analizi sonucu elde ettiğimiz yörünge parametrelerinden 112 Her sistemine ait kütle oranı, toplam kütle ve 112 Her A ile 112 Her B yıldızlarının ayrı ayrı kütleleri hesaplanabilir.

Radyal hız ölçümlerinden elde edilen baş ve yoldaş yıldızın yarı genlik değerleri, yıldız sisteminin doğrudan kütle oranını bulmayı sağlar.

- Baş yıldızın yarı genliği, $K_1 = 17.584$
- Yoldaş yıldızın yarı genliği, $K_2 = 36.599$
- Kütle oranı, q olmak üzere,

$$q = \frac{M_1}{M_2} = \frac{K_2}{K_1}$$



Şekil 4.29 112 Her A ve B yıldızlarının radyal hız eğrilerinin yarı-genlikleri

Yarı genlik değerlerini yerine yazdığımızda;

$$q = \frac{M_1}{M_2} = \frac{36.599}{17.584}$$

Kütle oranı;

$$q = 2.0813$$

bulunur. Şekil 4. 29'da radyal hız eğrisi üzerinde genlik ve yarı-genlikler (K_1 ve K_2) gösterilmiştir.

Sistemin toplam kütesini bulmak için Aitken (1918) "The Binary Stars" ve Karttunen vd. (2006) "Fundamental Astronomy" kaynaklarındaki denklemlere göre hesaplama yapacak olursak:

$$(M_1 + M_2) = \frac{2\pi G}{P} \cdot \frac{(K_1 + K_2)^3}{K_1 K_2 \sqrt{1 - e^2}}$$

Bu bağıntıda;

G : Evrensel çekim sabiti ($6.67430 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$)

P : Yörünge periyodu (6.36248 gün)

e : Dışmerkezlilik (0.15)

i : Yörünge eğim açısı ($14^\circ.7$) değerlerindedir.

Aitken (1918) bu bağıntıyı;

$$(M_1 + M_2) \sin^3(i) = \frac{P \cdot (K_1 + K_2)^3}{2\pi G (1 - e^2)^{3/2}}$$

olarak düzenlemiştir. Burada bulduğumuz yörünge parametrelerinin birim dönüşümlerini yaparak denklemde yerine yazarsak;

- ✓ $P = 6.36245 \times 24 \times 3600 = 550886.016$ saniye
- ✓ $i = 14.7 \times (\pi / 180) = 0.2566$ radyan
- ✓ $\sin^3(i) = \sin^3(0.2566) = 0.01689$
- ✓ $(1 - e^2) = (1 - 0.15^2)^{3/2} = (0.9775)^{3/2} = 0.996$

$$(M_1 + M_2) = \frac{550886.016 \times 1.592 \times 10^4}{4.054 \times 10^{-10} \times 0.01689}$$

$$(M_1 + M_2) = \frac{2.162 \times 10^{29}}{0.01689} \approx 1.28 \times 10^{31} \text{ kg}$$

$M_{\odot}$ cinsinden yazarsak ($M_{\odot} = 1.989 \times 10^{30} \text{ kg}$);

$$(M_1 + M_2) = \frac{1.28 \times 10^{31}}{1.989 \times 10^{30}}$$

$$(M_1 + M_2) = 6.43 M_{\odot}$$

$q = 2.0813$ olduğuna göre, 112 Her B'nin kütlesi;

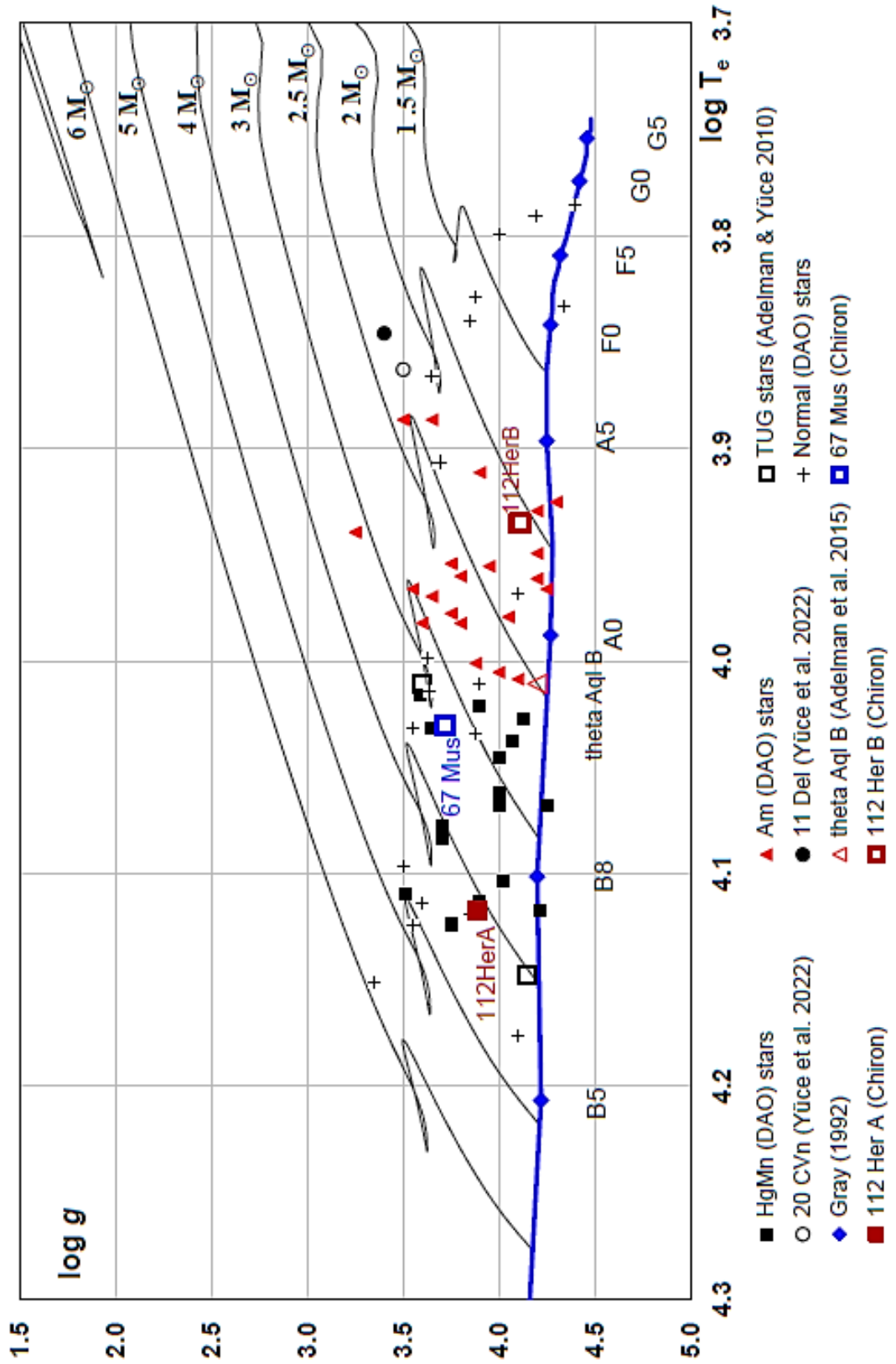
$$M_{112HerB} = \frac{6.43}{3.0813} = 2.09 M_{\odot}$$

112 Her A'nın kütlesi;

$$M_{112HerA} = 6.43 - 2.09 = 4.34 M_{\odot}$$

olarak bulunur. Şekil 4.30'de HgMn, *Am* ve normal A yıldızlarının TUG ve DAO verilerinden Yüce vd. (2022) tarafından oluşturulan HR Diyagramı'nda CHIRON tayflarından bu tez çalışmasında elde edilen atmosfer parametre (T_e , $\log g$) değerleri de kullanılarak 112 Her A, 112 Her B ve 67 Mus yıldızlarının konumları Claret (2005)'in teorik evrim yollarıyla karşılaştırılmaktadır. Buna göre;

- ✓ 112 Her A, en sıcak HgMn yıldızlarına yakındır ve ZAMS'dan uzaklaşmaya başlamıştır.
- ✓ 112 Her B, en soğuk ve evrimleşmemiş metalik çizgili *Am* yıldızıdır.
- ✓ 67 Mus ise evrimleşmiş HgMn yıldızları arasında olup, 112 Her A'dan ileri evrim aşamasındadır.



Şekil 4.30 67 Mus, 112 Her A ve B yıldızlarının Claret (2005)'in kütle izokronlarına göre evrimsel durumları

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

1- Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen bu doktora tezinde, 67 Mus ve 112 Her yıldızlarının atmosferleri yüksek ayırma gücü ve çok yüksek sinyal gürültü oranına sahip görünür bölge tayfları ile incelendi. Geç B ve erken A tayf türü aralığındaki bu yıldızlar kimyasal sıra dışı yıldız grubunun üyeleridir. Bu çalışma sırasında 67 Mus ve 112 Her çift yıldız sistemlerinin özellikleri kapsamlı bir şekilde literatürden araştırıldı ve yıldızlara ilişkin bazı parametreler kaynaklarıyla birlikte listelendi. Analizlerimizden elde ettiğimiz bulgular, bu yıldızların ve benzer kimyasal türden yıldızların literatürdeki değerleri ile karşılaştırılmalarına yardımcı oldu.

2- 67 Mus ve 112 Her yıldızlarının yüksek kaliteli tayflarını elde etmek için, Yurt dışı ortaklı uluslararası gözlem projesi kapsamında, Şili'deki Cerro Tololo Inter-American Rasathanesi'nde (CTIO) bulunan 1.5-m çaplı SMARTS teleskobuna gözlem projeleri verildi. Tayf kalitesini (süreklilik ve çizgi profilleri) yükseltmek amacıyla her bir yıldızın aynı gecede ardışık olarak birden fazla poz süresinde alınmış gözlemsel ham tayfları, birleştirme tekniğiyle indirgenerek sinyal gürültü oranları artırılma yoluna gidildi. Böylece, gözlem projeleri hazırlanırken tayf kalitesinin yükseltilmesi yönünde beklenen değerlere ulaşıldı. Gözlemsel veri kalitesi her iki çift yıldız sisteminin literatür çalışmalarında yer alan veri kalitesinden daha yüksektir. Her iki yıldız için S/G değeri birleştirilmiş (co-added) tayflarda 500'ün üzerindeki değerlere ulaşıldı. Gözlemsel yıldız tayflarının kalitesi, tayfsal sentez yöntemini uygulayarak gerçekleştirilen yıldız atmosferlerinin analizinde ve buradan elde edilen bulguların güvenilirliğinde önemlidir.

3- Yıldızların yüksek çözünürlüklü ve yüksek S/G değerli görünür bölge tayfları, bu tez çalışmasında ilk kez kullanılan bilgisayar programı (NEO) yardımıyla normalize edildi. Yıldızların gözlemsel tayflarına uygulanan sentetik modeller, süreklilik ve soğurma çizgilerine yapılan uyumlara kolaylık sağlamıştır. Uygulanan gözlemsel ve kuramsal tayf karşılaştırmaları, programın başarılı olduğunu göstermektedir.

4- 67 Mus ve 112 Her çift yıldız sistemlerinin görünür bölge tayfları FD3 tayf ayrıştırma programı ile incelendi. Analizler, yüksek kaliteli tayflar yardımıyla gerçekleştirilse de 67 Mus için yoldaş bileşene ait herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Bu durum yine de yoldaş bileşenin görünür bölge tayf aralığında olmayan veya çok sönük bir yoldaş yıldızla sahip olabileceğini düşündürmektedir.

5- 67 Mus'un 79 ve 112 Her'in 14 gözlem gecesinden elde edilen tayfsal verilerine çapraz korelasyon yöntemi uygulanarak radyal hız ölçümleri yapıldı. CHIRON'un bazı eşel basamaklarını kullanarak, eşel boyunca tayfsal sentez yöntemiyle gerçekleştirilen radyal hız ölçümlerine göre:

- i) 67 Mus'un en küçük ve en büyük radyal hız değerleri, -10.74 ve 17.44 km s^{-1} ,
ortalama radyal hız değeri, 2.58 km s^{-1} ,
radyal hız değişim genliği 14.09 km s^{-1} dir.
- ii) 112 Her A'nın en küçük ve en büyük radyal hız değerleri, -38.11 ve -5.93 km s^{-1} ,
radyal hız değişim genliği 16.09 km s^{-1} ve
112 Her B'nin en küçük ve en büyük radyal hız değerleri, -50.99 ve 11.80 km s^{-1}
radyal hız değişim genliği 36.44 km s^{-1} dir.
Sistemin ortalama radyal hız değeri, -21.70 km s^{-1} olarak bulundu.

Her iki yıldız için bulunan bu radyal hız değerleri, literatürdeki (67 Mus için Dworetsky 1982 ve 112 Her için Ryabchikova vd. 1996) değerleri ile uyumludur.

6- Her iki yıldız sistemi için bu çalışmadan elde edilen radyal hız ölçümleri kullanılarak, ORBIT GUI programı aracılığıyla radyal hız eğrileri oluşturularak yörünge parametreleri belirlendi.

- i) 67 Mus sisteminin yüksek kaliteli gözlemsel 79 tayfsal verisi, yörünge hareketine ilişkin tüm evre aralığını yaklaşık 0.02 adımlarla kapsamaktadır (bkz. Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2). Bu durum sistemin radyal hız eğrisinin daha detaylı oluşturulmasını sağladı. Böylece bu çalışmadan ulaşılan yörünge parametre değerlerinin daha küçük hata miktarları ile tespit edilmesini sağlamıştır. Örneğin, bu çalışmada $P = 126.24084 \pm 0.00147$ gün,

$K_1 = 14.03 \pm 0.02 \text{ km s}^{-1}$ iken Dworetsky (1982) çalışmasında $P = 126.18 \pm 0.06$ gün $K_1 = 14.4 \pm 0.4 \text{ km s}^{-1}$ dir.

ii) 112 Her sisteminin yüksek kaliteli gözlemsel 14 tayfsal verisi, yörüngesel hareketine ilişkin tüm evre aralığını yaklaşık 0.1 adımlarla kapsamaktadır (bkz. Çizelge 4.5 ve Şekil 4.3). Bu durum sistemin radyal hız eğrisinin daha detaylı oluşturulmasını ve buradan elde edilen yörünge parametre değerlerinin daha küçük hata miktarları ile tespit edilmesini sağlamıştır. Örneğin, bu çalışmada yoldaş yıldızın radyal hız yarı genliği $K_2 = 36.599 \pm 0.085 \text{ km s}^{-1}$, dış merkezlilik (e) = 0.1501 ± 0.0012 iken Ryabchikova vd. (1996) çalışmasında $K_2 = 34.94 \pm 0.36 \text{ km s}^{-1}$, $e = 0.107 \pm 0.008$ dir.

7- Gözlemsel H_β ve Mg II λ 4481 Å çizgi profillerinin, yerel termodinamik denge varsayımı altında oluşturulan kuramsal profillerle karşılaştırılmasından, yıldızın etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans hızı ve dönme hızına ait en olası değerler (T_e ; K, $\log g$, ξ ; km s^{-1} , $v \sin i$; km s^{-1}) elde edildi: 67 Mus için (10720 K, 3.72, 0.55, 5.7), 112 Her A için (13100 K, 3.89, 0.0, 5.8) ve 112 Her B için (8613 K, 4.11, 0.0, 7.5) dir. 67 Mus'un atmosfer parametrelerinin belirlenmesinde Fe II λ 4508.2 Å çizgisinden de yararlanıldı. Bu parametrelere ilişkin hata miktarları, $\pm 100 \text{ K}$ (T_e), ± 0.2 ($\log g$), $\pm 0.1 \text{ km s}^{-1}$ (ξ) ve $\pm 0.1 \text{ km s}^{-1}$ ($v \sin i$) dir.

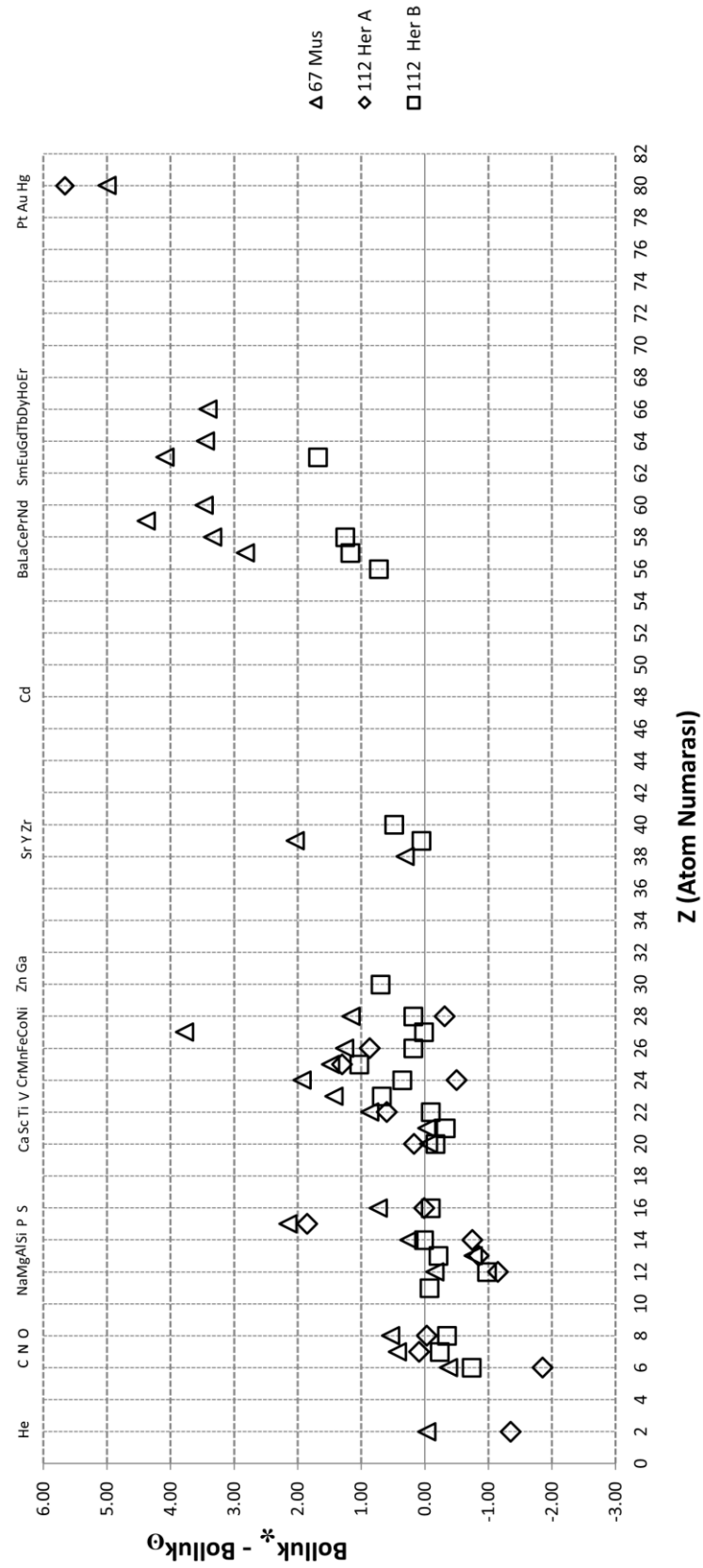
8- Bulduğumuz atmosfer parametre değerleri, güncel atomik veri setleri (NIST, VALD, Kurucz) ve çizgilerin eşdeğer genişlikleri kullanılarak bu yıldızların (67 Mus, 112 Her A ve 112 Her B) atmosferlerindeki element bollukları ayrıntılı olarak hesaplandı. Elde edilen bolluk değerlerine göre;

i) 67 Mus için $\lambda\lambda$ 4150 - 5440 Å dalgaboyu aralığındaki tayf çizgilerinden He I (5), C I (3), C II (4), N I (4), O I (5), Mg I (3), Mg II (6), Al II (1), Si I (5), Si II (5), P II (4), S II (9), Ca I (1), Ca II (2), Sc II (5), Ti II (70), V II (2), Cr I (23), Cr II (203), Mn II (31), Fe I (211), Fe II (555), Fe III (9), Co I (105), Co II (137), Ni I (4), Ni II (18), Sr II (1), Y II (14), La II (4), Ce II (89), Pr II (20), Nd II (33), Eu II (5), Gd II (42), Dy II (7) ve Hg I (1) elementlerin bollukları belirlendi (28 farklı elemente ait 37 atomik tür ve toplam 1648 çizgi). 67 Mus'un kimyasal bolluk analizi ile ilgili literatürdeki en

kapsamlı çalışma olan Nishimura vd. (2004)'te belirlenen element bollukları dışında; C I, N I, Al II, Si I, P II, S II, Ca I, Ca II, Fe III, Ni I ve Hg I atomik türlerin varlıkları ve onlara ait bolluk oranları ilk kez bu tez çalışmasında belirlendi.

ii) 112 Her A için $\lambda\lambda$ 3900 - 5868 Å dalgaboyu aralığındaki tayf çizgilerinden He I (1), C II (4), N I (66), N II (18), O I (16), O II (1), Ne I (10), Mg II (3), Al II (10), Si II (31), P II (30), S II (40), Ar II (4), Ca II (20), Ti II (12), Cr II (11), Mn II (51), Fe I (24), Fe II (301), Fe III (8), Ni II (41) ve Hg II (1) elementlerin bollukları belirlendi (18 farklı elemente ait 22 atomik tür ve toplam 703 çizgi). 112 Her A'nın kimyasal bolluk analizi ile ilgili literatürdeki en kapsamlı çalışma olan Ryabchikova vd. (1996)'da belirlenen element bollukları dışında; N I, N II, O II, Ne I, Ar II, Ca II ve Fe III atomik türlerin varlıkları ve onlara ait bolluk oranları ilk kez bu tez çalışmasında belirlendi.

iii) 112 Her B için $\lambda\lambda$ 4466 - 5868 Å dalgaboyu aralığındaki tayf çizgilerinden C I (98), C II (1), N I (4), O I (12), Na I (4), Mg I (6), Mg II (4), Al II (1), Si I (46), Si II (12), S I (9), S II (4), Ca I (21), Ca II (9), Sc II (7), Ti I (7), Ti II (35), V I (3), V II (7), Cr I (41), Cr II (62), Mn I (12), Mn II (24), Fe I (391), Fe II (226), Co I (3), Ni I (151), Ni II (46), Cu I (2), Zn I (2), Y II (8), Zr II (5), Ba II (2), La II (2), Ce II (4), Nd II (1) ve Eu II (1) elementlerin bollukları belirlendi (26 farklı elemente ait 37 atomik tür). 112 Her B'nin kimyasal bolluk analizi ile ilgili literatürdeki en kapsamlı çalışma olan Ryabchikova vd. (1996)'da belirlenen element bollukları dışında; C II, N I, Na I, Si II, S I, S II, Ca II, V I, Cu I ve Zn I atomik türlerin varlıkları ve onlara ait bolluk oranları ilk kez bu tez çalışmasında belirlendi. Bu üç yıldız için elde edilen element bolluklarının Güneş'teki değerlerden olan farkları şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1 67 Mus, 112 Her A ve 112 Her B yıldızlarının element bolluklarının karşılaştırılması

iv) 67 Mus ve 112 Her A'nın He/H miktarları, sırasıyla, -1.08 ± 0.13 dex (5 çizgiden) ve -2.36 dex (1 çizgiden) dir. Güneş'te bu değer $\log (\text{He/H}) = -1.05$ dex olduğuna göre, incelediğimiz bu iki yıldızdan 67 Mus'un Helyum bolluğu Güneş bolluğunda iken; 112 Her A He bakımından oldukça fakirdir. 112 Her B'nin Helyum elementine ait herhangi bir çizgi profili mevcut değildir.

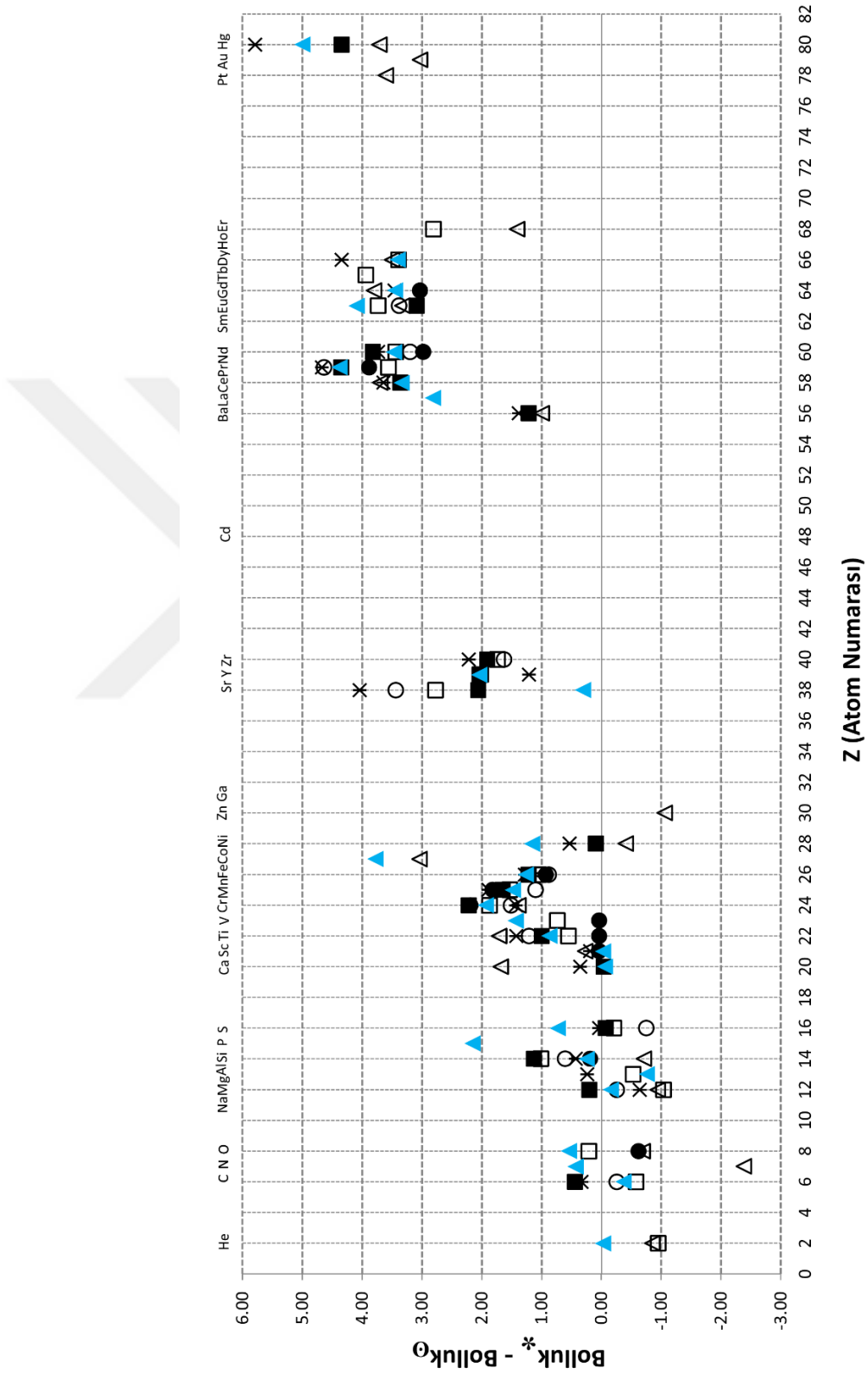
v) 67 Mus'un Karbon (C I, II), Azot (N I), Oksijen (O I) elementleri için ortalama bolluk değerleri Güneş'teki değerlere göre, sırasıyla, -0.29 ± 0.17 , $+0.43 \pm 0.16$ dex ve $+0.54 \pm 0.03$ dex kadar farklıdır. 112 Her A'nın Karbon (C II), Azot (N I, II), Oksijen (O I) elementlerinin ortalama bolluk değerleri Güneş'teki değerlerden olan farklar, sırasıyla, -1.76 ± 0.00 , $+0.04 \pm 0.01$ ve $+0.04 \pm 0.23$ dex dir. 112 Her B'nin Karbon (C I), Azot (N I), Oksijen (O I) elementlerinin ortalama bolluk değerleri Güneş'teki değerlere göre, sırasıyla, -0.75 ± 0.01 , -0.19 ± 0.16 ve -0.28 ± 0.26 dex dir.

10- Yavaş dönen manyetik CP yıldızları, atomik difüzyonun belirli optik derinliklerde kimyasal bollukların birikmesine veya tükenmesine yol açabileceği hidrodinamik olarak kararlı yıldız atmosferlerine sahip olurlar (Michaud 1970). Hidrodinamik olarak kararlı bir atmosferde atomik difüzyon, CP yıldızlarında yatay (az veya aşırı bolluk yamalarının varlığı) ve dikey bolluk tabakalaşmasından sorumludur. mCP yıldızlarda, dipolar yapıdaki manyetik alan atomik difüzyonu önemli ölçüde artar ve yıldız atmosferinin belirli bölgelerinde aşırı bolluk yamalarının varlığına neden olur (Alecian ve Stift 2010). Romanyuk vd. (2014), gözlemlenen manyetik alan konfigürasyonunun ve çizgi profillerinin değişkenliğinin analiz edilen mCP yıldızlarında birkaç on yıl süresince değişmediğini göstermiştir. Bu gerçek, mCP yıldızlarının atmosferlerinin hidrodinamik olarak kararlı olduğu hipotezini desteklemektedir.

Düşük dönme hızına sahip bir mCP yıldızının hidrodinamik olarak kararlı bir atmosfere sahip olma olasılığı yüksektir. Atomik difüzyon mekanizması element bolluğunun dikey tabakalaşmasına neden olabilir. Düşük bir $v \sin i$ değeri, gözlemsel tayflarda dar ve çoğunlukla blend olmamış çizgi profillerinin oluşmasını sağlar ve bu da bolluk analizi için faydalıdır. 67 Mus yıldızının $v \sin i$ değeri 5.7 km s^{-1} olduğundan yıldızının hidrodinamik olarak kararlı bir atmosfere sahip olma ihtimali de yüksektir.

Yüce vd. (2019) mCP yıldızlarının Strömgren *uvby* fotometrik ışık değişim genlikleri ve periyotları arasında ilişkiyi araştırdılar. 75 mCP yıldız verisiyle gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda fotometrik periyotlar ve genlikler arasında önemli bir değişimin bulunmadığı sonucunu elde ettiler. Manyetik yıldızların fotometrik ışık değişimleri için genel olarak kabul gören açıklama, yıldızın dönme hareketinin, yüzeyinde homojen olmayan parlaklık dağılımı oluşturmaya neden olduğu verisini desteklemiş oldular.

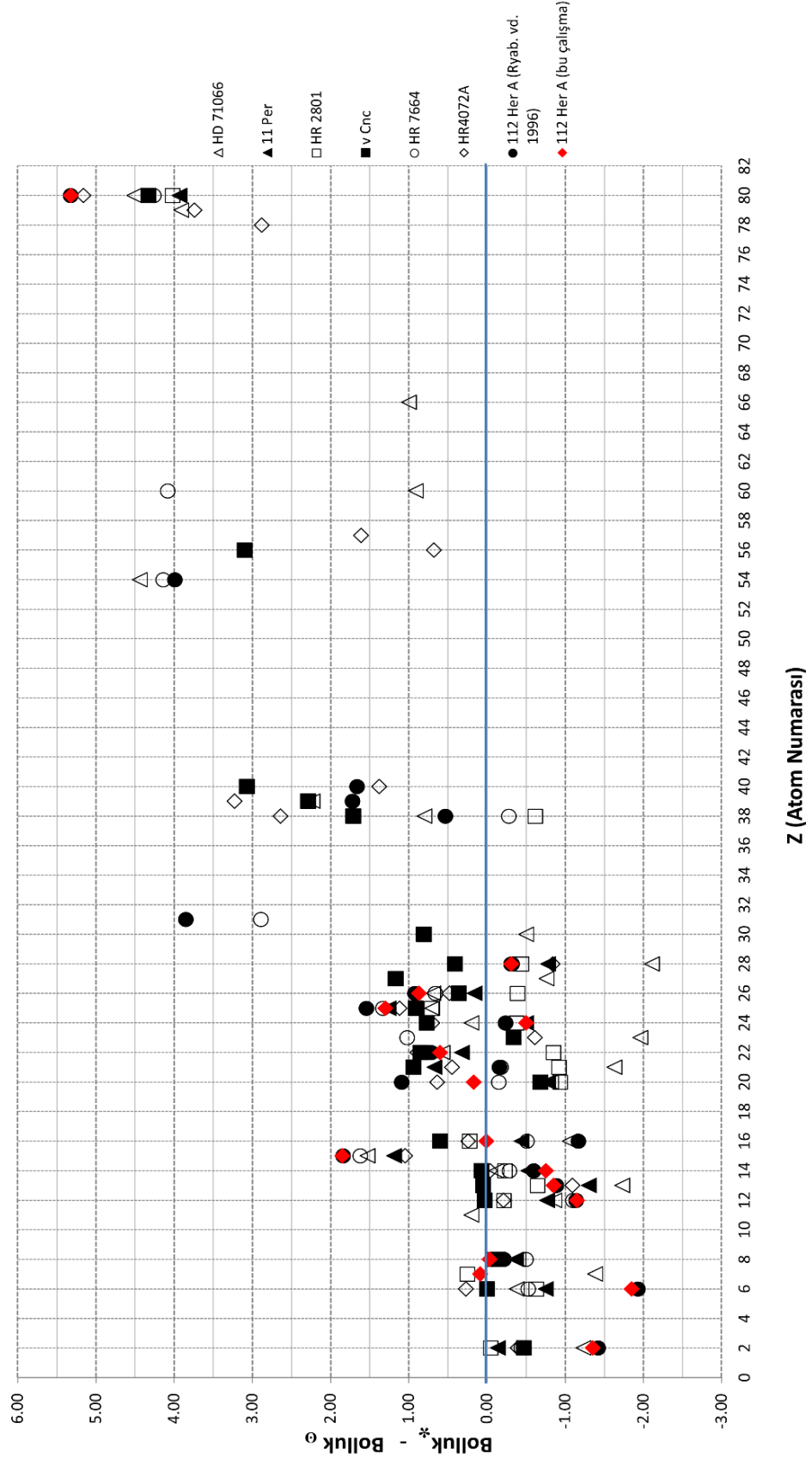
67 Mus yıldızının baş bileşeni ile ilgili yapılan kimyasal bolluk analizi sonucunda Demir grubu elementlerinin oldukça yüksek bolluk sergilediği izlenmiştir. Tipik *Ap* yıldızlarında He I çizgileri zayıf olduğundan, belirlenen Helyum bolluk değerleri genel olarak Güneş bolluğunda veya daha fakirdir. 67 Mus yıldızının Helyum bolluğu da *Ap* yıldızı özelliğindedir. 67 Mus yıldızının manyetik alanının bulunuşu daha önceki çalışmalarda da belirtildiği üzere Co bolluğuyla ilişkilidir. Bu yıldız Co açısından zengin bir yıldız olup, tipik CP2 - *Ap* türü yıldız özelliği göstermektedir. Literatürde incelenen bazı *Ap* yıldızlarından olan HR 1094 (Nielsen ve Wahlgren 2000), HD 10221 (Glagolevskii vd. 2005), HD 43819 (Glagolevskii vd. 2005), HD 187474 (Strasser vd. 2001), HD 192913 (López-Garcia ve Adelman 1999), HD 133029 (López-Garcia ve Adelman 1999) ve bu çalışmanın (67 Mus) sonuçları Güneş'in değerlerine göre karşılaştırılmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 67 Mus yıldızının diğer CP2 – *A_p* yıldızları ile element bolluklarının karşılaştırılması

11- 112 Her yıldız sisteminde; 112 Her B'nin sistemin yoldaş yıldızı ve baş yıldızın bir HgMn yıldızı olması, yoldaş yıldızın bir *Am* tipi yıldız olması genel olarak rastlanan bir durum olduğunu ortaya koymaktadır (bkz. Ryabchikova vd. 1996). Belirli bir element için bolluk anomalilerinin yayılımı *Am* yıldızları arasında HgMn yıldızları arasında olduğundan daha küçük olma eğilimindedir (Yüce ve Adelman 2018). Co – Ni arası bollukların Güneş bolluğu civarında oluşu ve atom numarası 40'tan büyük elementlerde Güneş'ten oldukça zenginliğinin tespit edilmesi yine *Am* tipi yıldızların genel özelliklerindendir. Çabuk (2016)'da *Am* tipi yıldızların etkin sıcaklık ve mikrotürbülans hızlarının arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla 21 *Am* yıldızının regresyon analizi yapılmıştır. Analize dahil edilen yıldızların etkin sıcaklıklarının 10000 K'e yaklaştıkça mikrotürbülans hızlarının 0 km s⁻¹ yöresine indiği gözlemlenmektedir. Bu tez çalışmasında elde ettiğimiz mikrotürbülans hızı değeri, bahsi geçen çalışmayla da uyum içindedir.

Çift çizgili tayfsal çift (SB2) yıldızların element bollukları, aynı yıldız öncesi bulutsuda ortaya çıkan iki bileşen arasındaki kimyasal farklılaşma hakkında bilgi sağlayabilir (Adelman vd. 2015). 112 Her A yıldızı Civa, Mangan ve Demir grubu elementlerinin bollukları göz önüne alındığında kimyasal açıdan tipik bir HgMn yıldızı özelliği gösterir. HgMn yıldızları, üst anakolda gözlemlenen en yavaş dönen yıldızlar arasındadır (Wolff ve Preston 1978) ve çok düşük mikrotürbülans değerlerine sahiptirler (Adelman 1994). Bu özellikler onların son derece kararlı atmosferlere sahip olduklarını göstermektedir. Adelman vd. (2004) tarafından HgMn yıldızlarında çok ağır elementlerin (Pt, Au, Hg, Tl ve Bi) üst anakolda bulunan kimyasal sıra dışı yıldızların atmosferlerinde Güneş'in bir milyon katına kadar varan bolluklarda olduğu belirtilmiştir. Bu artışların, çift yıldızlar arasında gerçekleşen madde transferine dayalı senaryolardan ziyade atmosfer dinamiklerinden (yani difüzyondan) kaynaklandığına inanılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen 112 Her A'nın element bolluk oranları, literatürde incelenen bazı HgMn tipi HD 71066 (Yüce vd. 2010), 11 Per (Adelman ve Yüce 2010), HR 2801 (Adelman ve Yüce 2010), ν Cnc, HR7664 (Adelman ve Yüce 2010), HR 4072 A (Adelman 1994), 112 Her A (Ryabchikova vd. 1996) ve Güneş'in değerleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 112 Her A yıldızının diğer HgMn yıldızları ile element bolluklarının karşılaştırılması

12- Talon vd. (2006) tarafından yapılan hesaplamalar, *Am* tipi yıldızlarda gözlenen bolluk anormalliğinin ana nedeni olarak, ışınım ivmesi tarafından kontrol edilen atomik difüzyonu göstermiştir. Işınım basıncı ve bölgesel yüzey çekimi arasındaki denge; bir elementin yukarı doğru itilmesine ve desteklenmesine ya da aşağı doğru hareketini belirler. Eğer karşı koyan hidrodinamik süreçler etkin değilse, atomik difüzyon gözlenenden daha büyük bolluk anormallikleri üretebilir. Sabit bir oranda türbülans karışımı ve kütle kaybı meydana geliyorsa element bolluk miktarlarında azalma beklenebilir (Yüce 2020). Adelman ve Unsee (2007)'ye göre *Am* ve 'görünürde normal A' tipi yıldızların büyük bir kısmı, çift yıldız sistemlerinin üyesidir. Yıldız tiplerinin belirlenmesi için sistemlerin ışık şiddetleri oranı bulunmalıdır. Baş yıldızın yoldaş yıldızına göre daha büyük ve sıcak olması beklendiği gibi; optik ve moröte bölgelerde üretilen normalize akının büyük bir kısmı da baş yıldızına aittir. Toplam akıdan bileşke yıldız akısı çıkarıldığında, baş yıldızın etkin sıcaklığına ilişkin ölçümler daha tutarlı olmaktadır.

Yüzey çekim ivmesi bakımından, normal A ve *Am* yıldız tipleri arasında önemli bir fark yoktur ve anakol yıldızlarındaki gibi olmaları beklenir (Relyea ve Kurucz 1978). Değişen yıldız olmayan A tayf türü yıldızların çoğu metal çizgili *Am* tipi yıldızlardır. Bu tip yıldızların zonklamadıkları gözlemsel olarak henüz kanıtlanmamasına rağmen, genellikle iki olasılık üzerinde durulur. Fotometrik değişim gösteren *Am* tipi yıldızlar ya sayı bakımından nispeten azdır ya da sahip oldukları zonklamalar henüz tespit edilemeyecek derecede düşük genliklidir (Carrier vd. 2007).

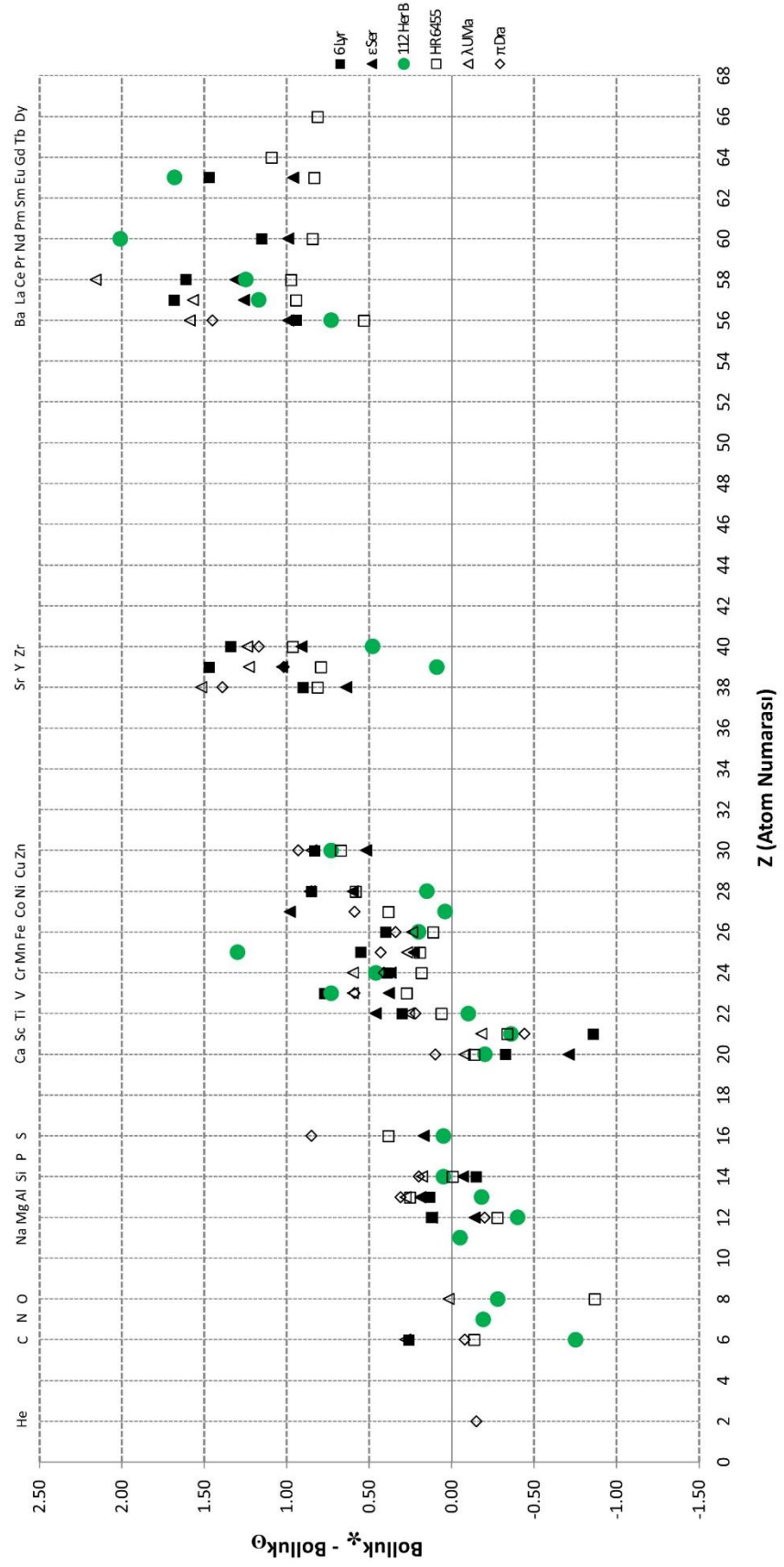
Am tipi yıldız atmosferlerinde C, N, O ve Ca bollukları genelde Güneş'e nazaran daha azken Demir grubu elementler daha fazladır. Bu bolluk anormalliklerinin nedenleri arasında gezegen soğurması, kütle kaybı, türbülans gibi farklı fiziksel süreçler gösterilir (Michaud 2005).

Çabuk vd. (2023)'e göre *Am* tipi yıldızlarının Titanyumdan daha hafif elementlerinin bolluk değeri ($Z < 22$), kabul edilmiş Güneş bolluk değerlerinde veya daha azdır (S hariç). *Am* yıldızları Ti ve Fe (dahil) aralığındaki elementler bakımından, Güneş'in bolluk değerlerine sahip veya daha zengindir. Ağır elementler, Güneş'e nazaran 1.0 dex civarında zenginlik gösterirler. Ba ve daha ağır elementler ($Z > 56$), Güneş'in

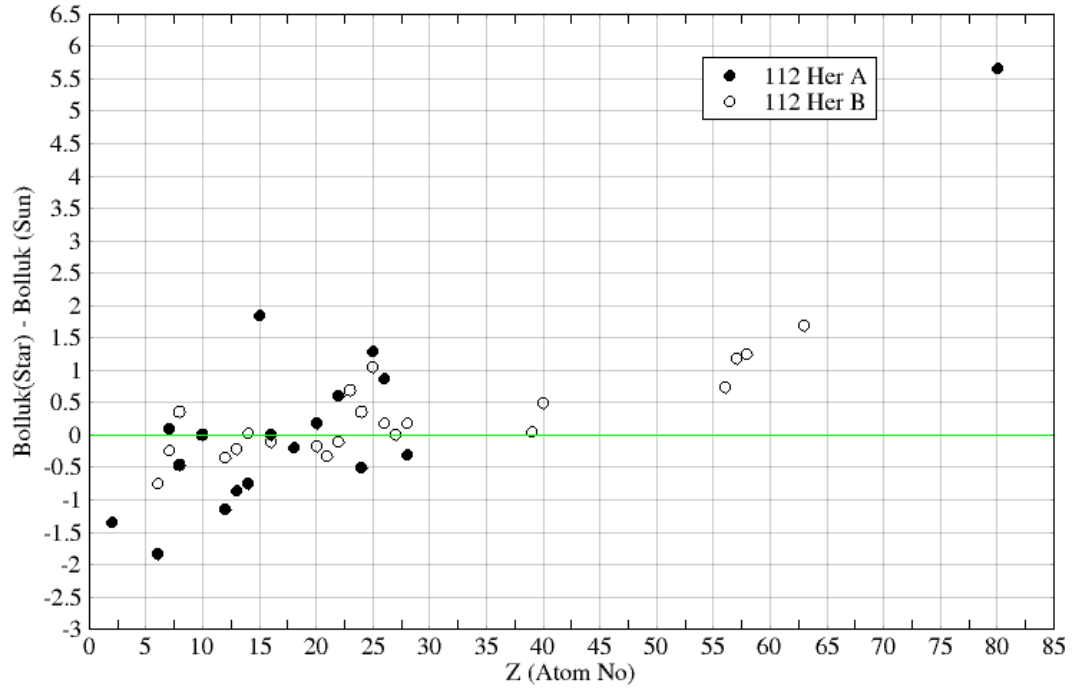
değerlerinden yaklaşık 0.50 - 2.00 dex daha fazladır. Helyum bolluğu bakımından ise, *Am* - tipi yıldızlar Güneş'e yakın veya fakir iken; normal A yıldızlarında herhangi bir anormallik kaydedilmemiştir. İyonlaşmış metal çizgileri (örn.; Fe II, Si II ve Mg II gibi) A5 türü civarında maksimum şiddete ulaşır. MKK sınıflamasına göre, A2 türüne kadar Balmer çizgilerinin şiddeti, daha sonraki sınıflarda ise Fe II, Mg II ve Ti II çizgi şiddet oranları kullanılır (Çabuk ve Yüce 2012).

Literatürde incelenen bazı *Am* tipi 6 Lyr (Adelman vd. 1999), ϵ Ser (Adelman ve Albayrak 1998), HR 6455 (Yüce vd. 2011), λ UMa (Adelman 1999) ve π Dra (Adelman vd. 2011) yıldızlarının 112 Her B (bu çalışma) ile karşılaştırılması şekil 5.4'teki gibidir. Yıldızların element bolluklarının atom numaralarına göre dağılımları değerlendirildiğinde, 112 Her B yıldızının tipik metal çizgili *Am* tipi bir yıldız olduğu söylenebilir.

Tayfsal çift yıldızlar aynı ortamda oluşan iki farklı yıldız olduklarından çoğu zaman kimyasal bolluk analizleri sonucunda benzer özellikler göstermektedirler. Bu durumu kıyaslamak açısından SB2 türü çift yıldız sistemi olan 112 Her'in HgMn tipi baş yıldız ve *Am* tipi yoldaş bileşeninin bu tez çalışmasında hesaplanan element bolluklarının Güneş'teki değerleriyle karşılaştırılmasını gösteren grafik şekil 5.5'te görülmektedir.



Şekil 5.4 112 Her B yıldızının diğer αm yıldızları ile element bolluklarının karşılaştırılması



Şekil 5.5 112 Her A ve 112 Her B yıldızlarının element bolluklarının Güneş'e göre farklılıkları. 112 Her A ve 112 Her B'den elde edilen bolluklar için atom numarasına göre bolluk farklılıkları, sırasıyla dolu daireler ve boş daireler olarak gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abt, H. A., Chaffee, Frederic H. ve Suffolk, G. 1972. Rotational Velocities of AP Stars. *Astrophysical Journal*, vol. 175, p.779.
- Abt, H. A. ve Snowden, M. S. 1973. The Binary Frequency for AP Stars. *Astrophysical Journal Supplement*, vol. 25, p.137.
- Adelman, S. J. ve Sargent, W. L. W. 1972. A Peculiar B Star in the Old Disk Population: 38 Draconis. *Astrophysical Journal*, vol. 176, p.671.
- Adelman, S. J. ve Wolken, P. R. 1976. Are the broad continuous absorption features of magnetic peculiar A stars bound-free discontinuities? *Astrophysical Journal*, vol. 207, p. 159-166
- Adelman, S. J. 1977. An examination of Berger's catalog of spectrophotometric scans for broad, continuum features in peculiar A and mercury-manganese stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 89, p. 650-657.
- Adelman, S. J. 1979. Spectrophotometry of peculiar B and A stars. I. On the detection of the lambda 5200 broad, continuum features of peculiar A stars. *Astronomical Journal*, vol. 84, p. 857-866.
- Adelman, S. J. ve Pyper, D. M. 1979. Spectrophotometry of peculiar B and A stars. II. Eleven mercury-manganese stars. *Astronomical Journal*, vol. 84, p. 1603-1611.
- Adelman, S. J. 1984. Spectrophotometry of peculiar B and A stars. XVI. The derivation of indices by fitting the Balmer and Paschen continua of the normal stars and application to the mercury-manganese stars. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, vol. 55, p. 479-496.
- Adelman, S. J. 1985. On the ultraviolet energy distributions and the temperatures of peculiar B and A stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 97, p. 970-975.
- Adelman, S. J., Dukes, R. J., Jr., ve Pyper, D. M. 1992. Photometry of eight magnetic peculiar A stars. *Astronomical Journal (ISSN 0004-6256)*, vol. 104, no. 1, p. 314-326.
- Adelman, S. J. ve Pyper, D. M, 1993 "Spectrophotometry of Peculiar B and A star. XIX. Variability of the magnetic CP stars". *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 101, 393-407.
- Adelman, S. J. 1994. Elemental Abundance Analyses with DAO Spectrograms - Part Twelve - the Mercury / Manganese Stars HR:4072A and HR:7775 and the Metallic Lined Star HR:4072B. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 266, NO. 1/JAN, P. 97.
- Adelman, S. J. 1998. On the Hipparcos photometry of chemically peculiar B, A, and F stars. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 132, 93-97.
- Adelman, S. J. ve Albayrak, B. 1998. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms - XX. The early A stars epsilon Serpentis, 29 Vulpeculae and sigma Aquarii. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 300, no. 2, OUP, pp. 359-372.

- Adelman, S. J. 1999. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms - XXII. The B9-A3 stars λ Ursae Majoris, 59 Herculis, 14 Cygni and 29 Cygni, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 310, no. 1, OUP, pp. 146–156.
- Adelman, S.J., Çalışkan, H., Çay, T., Koçer, D. ve Tektunalı, H.G. 1999. Elemental Abundance Analyses with DAO Spectrograms - XXI. The Hot Metallic-Lined Stars 60 Leonis and 6 Lyrae. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 305(3), pp. 591-601.
- Adelman, S. J., Gulliver, A. F. ve Lodén, L. O. 2000. On the cobalt abundances of early-type stars. Astronomy and Astrophysics, vol. 353, p.335-338.
- Adelman, S. J. 2002. On the Periods of the Magnetic CP Stars. Baltic Astronomy, vol. 11, pp. 475–485.
- Adelman, S. J., Proffitt, C. R., Wahlgren, G. M., Leckrone, D. S. ve Dolk, L. 2004. Heavy Element Abundances in Late-B and Early-A Stars. I. Co-Added IUE Spectra of HgMn Stars. The Astrophysical Journal Supplement Series, vol. 155, Issue 1, pp. 179-189.
- Adelman, S. J. 2004a. The extraordinary photometric changes of the CP2 star HR 7224. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 351, Issue 3, pp. 823-825.
- Adelman, S. J. 2004b. The physical properties of normal A stars. in: J. J.Zverko et. al. (eds.), The A Star Puzzle. IAU Sym. 224,UK:CambridgeUniversityPress, p.1–11.
- Adelman, S.J. ve Unsuree, N. 2007. On Chemical Abundances of *Am* and Normal A-Type Stars. Baltic Astronomy, vol. 16, pp. 183-190.
- Adelman, S.J. ve Yüce, K. 2010. Elemental Abundance Analyses with Coudé Echelle Spectrograms from the TÜBİTAK National Observatory of Turkey: I. The HgMn Stars 11 Per, HR 2801, and ν Cnc. Astronomische Nachrichten, vol. 331(8), pp. 785-793.
- Adelman, S. J., Yu, K. ve Gulliver, A. F. 2011. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms: XXXIII. β UMa (A0mA1 IV-V), α Dra (A0 III), π Dra (A2 IIIs), and κ Cep (B9 III). Astronomische Nachrichten, vol. 332, no. 2, p. 153.
- Adelman, S. J., Yüce, K. ve Gulliver, A. F. 2015. Elemental Abundance Analyses with DAO Spectrograms. XXXVIII. The SB2 Stars HR 104 (A2 V) and θ Aql (B9.5 III). Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 127, Issue 952, pp. 509.
- Adelman, S. J., Gulliver, A. F. ve Gucella, L. J. 2017. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms: XL. Astronomische Nachrichten, vol. 338, no. 5, pp. 584–597.
- Aikman, G. C. L. 1976. The spectroscopic binary characteristics of the mercury-manganese stars. Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria, vol. 14, p. 379-410.
- Aitken, R. G. 1918. The binary stars. New York D. C. McMurtie.
- Alecian, G. ve Stift, M. J. 2010. Bi-dimensional element stratifications computed for magnetic *Ap* star atmospheres. Astronomy and Astrophysics, vol. 516, 17 pp.

- Albrecht, R., Jenkner, H., Weiss, W. W. ve Wood, H. J. 1977. Automatic photographic wavelength measurements with a digital microdensitometer. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 58, no. 1-2, June 1977, p. 93-98.
- Aller, L. H. 1960. *Interpretation of Normal Stellar Spectra, Stellar atmospheres*. Edited by Jesse Leonard Greenstein. Supported in part by the National Science Foundation. Published by the University of Chicago Press, Chicago, ILL USA, p.232.
- Andersen, T., Petersen, P. ve Hauge, O. 1976. The solar hafnium abundance. *Solar Physics*, vol. 49, no. 2, pp. 211–215.
- Anonymous. 2022. Web Sitesi: <https://sb9.astro.ulb.ac.be/mainform.cgi>, Erişim Tarihi: 04.02.2022.
- Anonymous. 2024. Web Sitesi: <https://publish.obsidian.md/astrowiki/C.+Stars+%26+Stellar+Evolution/Binary+Stars>, Erişim Tarihi: 18.10.2024.
- Babcock, H. W. 1960. The 34-KILOGAUSS Magnetic Field of HD 215441. *The Astrophysical Journal*, vol. 132, IOP, p. 521.
- Babu, G. S. D. ve Sinvhal, S. D. 1972. On magnetic stars. *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, vol. 23, p. 297.
- Baxandall, F. E 1913. Stars,Spectra of, On the occurrence of Europium lines in stellar spectra. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 74, p.32.
- Bernhard, K., Huemmerich, S. ve Paunzen, E. 2015. Magnetic, chemically peculiar (CP2) stars in the SuperWASP survey. *Astronomische Nachrichten*. vol. 336. pp. 981-990.
- Bertaud, C. 1959. Catalogue et bibliographie des  toiles A   spectre particulier. *Journal des Observateurs*, vol. 42, p.45.
- Brenner, N. 1970. FOURT. M.I.T. Information Processing Center Applications Program Series Report, Ap-7, revision 4.
- Cameron, R. C. 1966. Photo-Electric U V B Y and H  Photometry of Magnetic and Other Peculiar and Metallic-Line a Stars. *Spectral Classification and Multicolour Photometry, Proceedings from Symposium no. 24 held in Saltsjobaden, Sweden, Aug 17-21, 1964*.
- Cannon, A. J. 1901. *Harvard Ann.*, vol. 28, issue 129.
- Carrier, F., Eggenberger, P., Leyder, J.C., Debernardi, Y. ve Royer, F. 2007. A Search for Solar-Like Oscillations in the *Am* Star HD 209625. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, vol. 470, pp. 1009-1012.
- Carroll, B. W. ve Ostlie, D. A. 2017. *An Introduction to Modern Astrophysics* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Casares, J. 2006. Observational evidence for stellar-mass black holes. *Proceedings of the International Astronomical Union* 2.
- Castelli, F. ve Hubrig, S. 2004. The Ca II infrared triplet as indicator of anomalous Ca isotopic mixture in HgMn stars. *Astronomy and Astrophysics*, vol.421, pp.L1-L4.

- Catalano, F. A. ve Leone, F. 1993. The light variations of some southern CP2 stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* (ISSN 0365-0138), vol. 100, no. 2, pp. 319-330.
- Catalano, F. A., Leone, F. ve Kroll, R. 1998. Near infrared light variations of CP stars. The SiSrCrEu stars, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, vol.131, pp. 63-72.
- Catanzaro, G. ve Balona, L. A. 2012. Abundances in HD 27411 and the helium problem in *Am* stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 421, Issue 2, pp. 1222–1230.
- Catanzaro, G. ve Leto, P. 2004. Orbital solutions for SB2 systems with a HgMn component. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 416, pp. 661-668.
- Chen, P. S., Liu, J. Y. ve H. G. Shan 2017. A New Photometric Study of *Ap* and *Am* Stars in the Infrared. *The Astronomical Journal*, vol. 153, p.218 (28pp).
- Claret, A. 2005. New grids of stellar models including tidal-evolution constants up to carbon burning. II. From 0.8 to 125 $M_{\odot}$: the Small Magellanic Cloud ($Z = 0.002 \{-0.004\}$), *Astronomy and Astrophysics*, vol. 440, Issue 2, pp.647-651.
- Code, A. D., Davis, J., Bless, R. C. ve Brown, R. H. 1976. Empirical effective temperatures and bolometric corrections for early-type stars. *Astrophysical Journal*, vol. 203, p. 417-434.
- Conti, P. S. 1970. Zeeman Measures of Four Double-Lined Peculiar a Stars. *Astrophysical Journal*, vol. 160, p.1077.
- Corliss, C.H. ve Bozman, W.R. 1962. Experimental transition probabilities for spectral lines of seventy elements; derived from the NBS Tables of spectral-line intensities, NBS Monograph 53, Washington: US Department of Commerce, National Bureau of Standards.
- Cousins, A. W. J. ve Stoy, R. H. 1962. Photoelectric magnitudes and colours of Southern stars. *Royal Observatory Bulletin*, 64.
- Cowley, C. R. 1993. Abundances in Magnetic *Ap*-Stars. *Astronomical Society of the Pacific*, San Francisco, CA, 1993. LC # QB843.A12 I58, ISBN # 0937707635. P. 18.
- Cowley, A., Cowley, C., Jaschek, M. ve Jaschek, C. 1969. A study of the bright A stars. I. A catalogue of spectral classifications. *Astronomical Journal*, vol. 74, pp. 375-406.
- Cowley, C. R., Hubrig, S., Palmeri, P., Quinet, P., Biémont, E., Wahlgren, G. M., Schütz, O. ve González, J. F. 2010. Abundances and Orbit of the Rhenium Star HD 65949. *American Astronomical Society, AAS Meeting #215*, id.424.05; *Bulletin of the American Astronomical Society*, vol. 42, p.331.
- Crawford, D. L., Barnes, J. V., Golson, J. C. ve Hube, D. P. 1973. Four-color and H β photometry for the bright B8 and B9 type stars north of declination -10° . *Astronomical Journal*, vol. 78, pp. 738 – 746.
- Çabuk, S. ve Yüce, K. 2012. Yıldız Spektroskopisinde Atomik Verinin Önemi. UAK-2012, 18. Ulusal Astronomi Kongresi, Malatya, pp.575-581. DOI: 10.13140/RG.2.2.28209.25440.

- Çabuk, S. 2016. Normal A Yıldız Atmosferlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri ABD.
- Çabuk, S., Yüce, K., Gulliver, A. F. ve Adelman, S. J. 2023. Normal ve Metal Çizgili A Yıldızlarının [Fe/H] Bolluklarının Diğer Element Bollukları ile Korelasyonu. Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics, vol. 4, no.3, pp. 316-322.
- Dolk, L., Wahlgren, G. M. ve Hubrig, S. 2003. On the elemental abundance and isotopic mixture of mercury in HgMn stars. Astronomy and Astrophysics, vol. 402, pp.299-313.
- Drake, S. A., Linsky, J. L. ve Bookbinder, J. A. 1994. A search for radio emission from the 'nonmagnetic' chemically peculiar stars. Astronomical Journal (ISSN 0004-6256), vol. 108, no. 6, pp. 2203-2206.
- Duchêne, G. ve Kraus, A. 2013. Stellar Multiplicity. Annual Review of Astronomy and Astrophysics. vol. 51, issue 1, pp. 269-310.
- Durrant, C. J. 1970. Rotation and chemical abundances in the peculiar A stars - II. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 147, p. 75.
- Dworetzky M.M., Trueman M.R.G. ve Stickland D.J. 1980. Cobalt in the southern magnetic *Ap* star HR 5049. A&A vol. 85, pp. 138-140.
- Dworetzky M.M. 1982. Orbit of the spectroscopic binary cobalt star HR 5049. The Observatory. vol. 102, pp. 138-141.
- Eggen, O. J. 1967. Narrow and broad band photometry of red stars : I. Northern giants. Astrophysical Journal, Suppl. Ser., vol. 14, p. 307.
- Eggen, O. J. 1974. Luminosities And Motions Of Peculiar B-Type Stars. Pub. Astron. Soc. Pacific, vol. 86, pp. 241-262.
- ESA, 1997. The Hipparcos and Tycho Catalogues, SP-1200.
- Ferrero, R. F., Morales D. C., Halbwachs, J. L. ve Cabo Cubeiro, A. M. 2012. High Ionization Species in the Nearby Interstellar Medium from an Exhaustive Analysis of the IUE INES Database. The Astronomical Journal, vol. 143, Issue 2, article id. 28, 38 p.
- Floquet, M. 1983. Binary *Ap*-Stars. Les Etoiles Binaires Dans le Diagramme H.R. Comptes Rendus Sur les Journees de Strasbourg, 5eme Reunion, Strasbourg, France, le 20 Janvier 1983. [In French] Editors, Observatoire de Strasbourg, Strasbourg, France, 1983. ISBN # NONE. LC # QB821.E76 1983, P. 83.
- Frost, E. B., Barrett, S. B. ve Struve, O. 1926. Radial velocities of 368 helium stars. Astrophysical Journal, 64, 1-77.
- Fuhr, J.R., Martin, G.A. ve Wiese, W.L. 1988. Atomic transition probabilities: Iron through Nickel. Journal of Physical and Chemical Reference Data, vol. 17, Suppl.4.
- Garrison, R. F. ve Gray, R. O. 1994. The Late B-Type Stars: Refined MK Classification, Confrontation With Stromgren Photometry, And The Effects of Rotation. Astronomical Journal, vol. 107, p. 1556.

- Gerbaldi, M., Floquet, M. ve Hauck, B. 1985. Frequency of Bp-Ap stars among spectroscopic binaries. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 146, pp. 341-351.
- Ghazaryan, S., Alecian, G. ve Hakobyan, A. A. 2018. New catalogue of chemically peculiar stars, and statistical analysis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 480, Issue 3, pp. 2953-2962.
- Glagolevskii, Y. V., Ryabchikova, T. A. ve Chountonov, G. A. 2005. Magnetic Field and Chemical Composition of the Peculiar Star HD 10221. *Astronomy Letters*, vol. 31, no. 5, Springer, pp. 327–334.
- González, J. F. ve Levato, H. 2009. Spectroscopic study of the open cluster Blanco 1. *A&A*, vol. 507, number 1, pp. 541-547.
- González, J. F., Saffe, C., Castelli, F., Hubrig, S., Ilyin, I., Schöller, M., Carroll, T. A., Leone, F. ve Giarrusso, M. 2013. HD 161701, a chemically peculiar binary with a HgMn primary and an Ap secondary. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 561, id.A63, 12 p.
- Gray, R. O. ve Corbally, C. J. 2009. *Stellar Spectral Classification*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 2009.
- Grevesse, N. ve Sauval, A. J. 1998. Standard Solar Composition. *Space Science Reviews*, vol. 85, Issue 1/2, pp. 161-174.
- Griffin, R.E.M., David M. ve Verschueren, W. 2000. Accuracy of radial-velocity measurements for early-type stars. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, vol. 147, Number 2, pp. 299 – 321.
- Grønbech, B. ve Olsen, E. H. 1976. Four-color uvby photometry for bright O to G0 type stars south of declination +10. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, vol. 25, pp. 213 – 270.
- Guthnick, P. ve Prager, R. 1914. *Photoelektrische untersuchungen an spektroskopischen Doppelsternen und an Planeten*, Berlin, Ferd. Dummlers Verlagsbuchhandlung.
- Guthrie, B. N. G. 1986. Orbital inclinations of late B-type spectroscopic binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 220, pp. 559-569.
- Hauck, B. ve North, P. 1982. Photometric properties of AP stars in the Geneva system. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 114, no. 1, pp. 23-40.
- Hensberge, H. 1993. Longterm Variability in Cp-Stars, Peculiar versus Normal Phenomena in A-type and Related Stars. International Astronomical Union, Colloquium No. 138, held in Trieste, Italy, July 1992. Editors, M.M. Dworetsky, F. Castelli, R. Faraggiana; Publisher, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, CA, 1993. LC # QB843.A12 I58 1992. ISBN # 0937707635. P. 547.
- Hill, G. 1982. The Reduction of Spectra - Part Four - Vcross - an Interactive Cross-Correlation Velocity Program. *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory*, vol. 16, No. 5, p. 59.
- Hill, G. ve Fisher, W. A. 1986, *Pub. Dom. Obs.*, 16, 159.
- Hill G., Adelman, S. J. ve Gulliver, A. F. 1993. The Double-Lined Spectroscopic Binary HR 104. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 105, pp. 748-752.

- Hill, G., Gulliver, A. F. ve Adelman, S. J. 1996. The Spectrophotometric Fitting Program STELLAR, in M.A.S.S. Model Atmospheres and Spectrum Synthesis, vol. 108, p. 184.
- Hoffleit, D. ve Jaschek, C. 1982. The Bright Star Catalogue. Fourth revised edition. (Containing data compiled through 1979), New Haven, CT (USA): Yale University Observatory, 15 + 472 p.
- Houk N. ve Cowley A.P. 1975, University of Michigan Catalogue of Two-Dimensional Spectral Types for the HD Stars. vol.1 (University Michigan, Ann Arbor).
- Hubrig, S., North, P. ve Mathys, G. 2000. Magnetic AP Stars in the Hertzsprung-Russell Diagram. The Astrophysical Journal, vol. 539, Issue 1, pp. 352-363.
- Hubrig, S., North, P. ve Schoeller, M. 2007. Evolution of Magnetic Fields in Stars Across the Upper Main Sequence: II. Observed distribution of the magnetic field geometry. Astron. Nachr. / AN 999, No. 88, pp. 1 – 16.
- Hubrig, S., González, J. F., Ilyin, I., Korhonen, H., Schöller, M., Savanov, I., Arlt, R., Castelli, F., Lo Curto, G., Briquet, M. ve Dall, T. H. 2012. Magnetic fields of HgMn stars. Astronomy and Astrophysics, vol. 547, no. A90, 2012. doi:10.1051/0004-6361/201219778.
- Hubrig, S. 2014. First X-ray detection of strongly magnetic and fast rotating B star HD 345439. XMM-Newton Proposal ID #76414.
- Husser, T. O., Wende-von Berg, S., Dreizler, S., Homeier, D., Reiners, A., Barman, T. ve Hauschildt, P. H. 2013. A new extensive library of PHOENIX stellar atmospheres and synthetic spectra. Astronomy & Astrophysics, vol. 553, id.A6, pp. 9.
- Hümmerich, S. 2021. An Atlas of LAMOST Low-Resolution Spectra of Chemically Peculiar Stars.
- Ilijić, S., Hensberge, H., Pavlovski, K. ve Freyhammer, L. M. 2004. Obtaining normalised component spectra with FDBinary, In Spectroscopically and Spatially Resolving the 17 Components of the Close Binary Stars. Proceedings of the Workshop held 20-24 October 2003 in Dubrovnik, Croatia, ASP Conference Series, vol. 318. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp. 111-113.
- Jamar, C., Macau-Hercot, D. ve Praderie, F. 1978. Absolute ultraviolet spectrophotometry from the TD1 satellite. X. The ultraviolet spectrum of the *Ap* stars. Astronomy and Astrophysics, vol. 63, pp. 155-174.
- Jaschek M. ve Jaschek C. 1959. Southern peculiar A stars. PASP vol. 71, pp. 48-50.
- Jaschek, M., Jaschek, C. ve Lavagnino, C. J. 1963. On the Presence of GA II in Peculiar Stars. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 75, no. 442, p. 15.
- Jaschek, C. ve Gómez, A. E. 1970. The Frequency of Spectroscopic Binaries. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 82, no. 488, p. 809.
- Jaschek, M. ve Jaschek, C. 1980. Ground-based observations of some stars classified in the satellite ultraviolet with spectral particularities. Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser., vol. 42, pp. 115-118.

- Jones, T. J., Wolff, S. C. ve Bonsack, W. K. 1974. The holmium Ap star HD 51418. *Astrophysical Journal*, vol. 190, pp. 579 – 583.
- Jugaku, J. ve Sargent, W. L. W. 1968. Studies of the Peculiar a Stars. V. Continuous Energy Distributions. *Astrophysical Journal*, vol. 151, p. 259.
- Kallrath, J. ve Eugene F. M. 1998. *Eclipsing Binary Stars: Modeling and Analysis*. Published by Springer.
- Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M. ve Donner, K.J. 2006. *Fundamental Astronomy*. Publisher Springer Berlin, Heidelberg, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53045-0>.
- Katoh, N., Itoh, Y., Toyota, E., ve Sato, B. 2013. Determination of Orbital Elements of Spectroscopic Binaries Using High-dispersion Spectroscopy. *The Astronomical Journal*, vol. 145, Issue 2, 41, pp. 12.
- Khalack, V., LeBlanc, F. ve Kobzar, O. 2020. VeSElKA: Vertical Stratification of Element Abundances in CP stars. *Proceedings of the Polish Astronomical Society*, Vol. 11.vISBN: 978-83-950430-9-3, pp. 201-208.
- Kochukhov, O. ve Bagnulo, S. 2006. Evolutionary state of magnetic chemically peculiar stars. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 450, Issue 2, pp. 763-775.
- Kochukhov, O., Adelman, S. J., Gulliver, A. F. ve Piskunov, N. 2007. Weather in stellar atmosphere revealed by the dynamics of mercury clouds in α Andromedae. *Nature Physics* vol. 3, pp. 526–529.
- Klochkova, V. G. ve Kopylov, I. M. 1985. On rotation velocities of chemically peculiar stars. *Astronomicheskii Zhurnal*, vol. 62, Sept.-Oct. 1985, p. 947-955 *Soviet Astronomy*, vol. 29, Sept.-Oct. 1985, pp. 549-554.
- Kogure, T. ve Suzuki, M. 1986. A search for the H α emission in spectroscopic binaries of the spectral types B0 - B9. *Astrophysics and Space Science*, vol. 127, Issue 1, pp. 143-151.
- Komonjinda, S. 2008. A study of binary star orbits using precise radial velocity measurements with the HERCULES spectrograph. *Doktora Tezi*. University of Canterbury, Yeni Zelanda.
- Kubiak, M. 1973. The Effective Temperatures of B Type Stars. *Acta Astronomica*, vol. 23, pp. 23.
- Kurtz , D. W. 1990. Rapidly oscillating Ap stars. *Annual review of astronomy and astrophysics*. vol. 28, pp. 607-655.
- Kurucz, R. L. 1975. Kurucz unpublished extrapolations. <http://kurucz.harvard.edu/linelists/lines/gfall.ref>.
- Kurucz, R. L. ve Peytremann, E. 1975. A table of semiempirical gf values. Pt 1: Wavelengths: 5.2682 NM to 272.3380 nm; Pt 2: Wavelengths: 272.3395 NM to 599.3892 nm; Pt 3: Wavelengths: 599.4004 NM to 9997.2746 NM. *SAO Special Report*.
- Kurucz, R. L. ve Bell, B. 1995. *Atomic line list*, Kurucz CD-ROM. Cambridge, MA: Smithsonian Astrophysical Observatory.

- Kurucz, R.L. 1988. Semiempirical calculation of gf values for the iron group. Commission 14 on Atomic and Molecular Spectroscopy, Transactions of the IAU, pp. 168-172.
- Kurucz, R. L. 1994, ATLAS Atomic Data for Fe and Ni. Kurucz CM-ROM No. 22, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA.
- Lada, C. 2006. Stellar Multiplicity and the Initial Mass Function: Most Stars Are Single. *The Astrophysical Journal*, vol. 640, pp. L63-L66.
- Landstreet, J. D. 1982. A search for magnetic fields in normal upper-main-sequence stars. *The Astrophysical Journal*, vol. 258, pp. 639–650.
- Lanz, T., Artru, M. C., Didelon, P. ve Mathys, G. 1993. The GA II lines in the red spectrum of AP stars. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 272, pp. 465-476.
- Lanz, T. 1995. The Atmospheres of Chemically Peculiar Stars: A Laboratory for Atomic Physics. *Astrophysical Applications of Powerful New Databases. Joint Discussion No. 16 of the 22nd. General Assembly of the I.A.U., held in The Hague, Netherlands, August 22-23, 1994. ASP Conference Series*, vol. 78.
- Lee, Y. N., Offner, S. S. R., Hennebelle, P., André, P., Zinnecker, H., Ballesteros-Paredes, J., Inutsuka, S. ve Kruijssen, J. D. M. 2020. The origin of the stellar mass distribution and multiplicity. *Space Science Reviews*, vol. 216, pp. 1-56.
- Leckrone, D. S. ve Adelman, S. J. 1989. On the Signal-to-Noise Ratio in IUE High-Dispersion Spectra. *Astrophysical Journal Supplement* vol. 71, p. 387.
- Levato, O. H. 1972. Rotational Velocities and Spectral Types of Some A-Type Stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 84, No. 500, p.584.
- Loden, L. O. ve Sundman, A. 1989. Giant CP stars? *Journal of Astrophysics and Astronomy* (ISSN 0250-6335), vol. 10, June 1989, p. 183-196.
- López-García, Z. ve Adelman, S. J. 1999. Elemental abundance studies of CP stars. II. The silicon stars HD 133029 and HD 192913. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, vol. 137, pp. 227–232.
- Ludendorff, H. 1906. Untersuchungen über die Spektren der Sterne R Coronae borealis 12 Canum venaticorum und 72 Ophiuchi. *Astronomische Nachrichten*, volume 173, Issue 1, p.1.
- Maceroni, C. ve Van't Veer, F. 1996. The properties of W Ursae Majoris contact binaries: new results and old problems. *Astronomy and Astrophysics* 311, pp. 523–531.
- Maitzen, H. M. ve Wood, H. J. 1977. Variability of the AP stars HD 116458 and HD 116890. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 58, no. 3, June 1977, pp. 389-391.
- Manfroid, J., Sterken, C., Bruch, A., Burger, M., de Groot, M. ve Duerbeck, H. W. 1991. Long-term photometry of variables at ESO. I - The first data catalogue (1982-1986). *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* (ISSN 0365-0138), vol. 87, no. 3, March 1991, pp. 481-498.
- Mathys, G. 1991. Spectropolarimetry of magnetic stars. II - The mean longitudinal magnetic field. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* (ISSN 0365-0138), vol. 89, no. 1, pp. 121-157.

- Mathys, G. ve Cowley, C. R. 1992. The third spectrum of praseodymium in magnetic AP stars. *Astronomy and Astrophysics* (ISSN 0004-6361), vol. 253, no. 1, Jan. 1992, pp. 199-202.
- Maury A. C. 1897. *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*. Cambridge, MA. vol. 28 pp. 1-128.
- Mayor, M. ve Queloz, D. A 1995. Jupiter-mass companion to a solar-type star. *Nature* vol. 378, pp. 355–359.
- Maza, N. L., Levato, H. ve Lopez-Garcia, Z. 2010. Atomic Species In The Spectrum Of The Hg-Mn Star HD 53244. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, vol. 46, pp. 339–348.
- Meggers, W.F., Corliss, C.H. ve Scribner, B.F. 1975. Tables of spectral-line intensities. Part I, II - arranged by elements. NBS Monograph, 145, Part I, II, p. 15+387; p. 15+213.
- Mendoza, E. E. 1977. $H\alpha$ and O I photometry of Ap stars. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, vol. 2, pp. 259-261.
- Meyer, W. F. 1926. Note on the orbit of spectroscopic binary 112 Herculis. *Lick Observatory Bulletin*, vol. 13, pp. 49-49.
- Michaud, G. 1970. Diffusion Processes in Peculiar a Stars. *Astrophysical Journal*, vol. 160, p. 641.
- Michaud, G. 2005. Atomic diffusion in stellar surfaces and interiors. *The A-Star Puzzle*, Cambridge University Press.
- Moon, T. T. ve Dworetzky, M. M. 1985. Grids for the determination of effective temperature and surface gravity of B, A and F stars using uvbybeta photometry. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 217, pp. 305-315.
- Morgan, W. W., Abt, H. A. ve Tapscott, J. W. 1978. Revised MK Spectral Atlas for stars earlier than the sun. Williams Bay: Yerkes Observatory, and Tucson: Kitt Peak National Observatory.
- Myers, J. R., Sande, C. B., Miller, A. C., Warren, W. H., Jr. ve Tracewell, D. A. 2002. VizieR Online Data Catalog: SKY2000 Catalog, Version 4 (Myers+ 2002), VizieR On-line Data Catalog: V/109. Originally published in: Goddard Space Flight Center, Flight Dynamics Division.
- Nielsen, K. ve Wahlgren, G. M. 2000. A spectroscopic study of the magnetic CP-star HR 1094. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 356, pp. 146-156.
- Nishimura, M. 1998. Spectroscopic Analysis of the Cobalt Peculiar Star HR 5049 in the Red Spectral Region. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 50, pp. 285-295.
- Nishimura, M., Sadakane, K., Kato, K., Takeda, Y. ve Mathys, G. 2004. Chemical composition of the magnetic B star HR 5049. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 420, pp. 673-681.
- North, P. ve Nicolet, B. 1990. A new calibration of Geneva photometry in terms of T_e , $\log G$ and mass for B stars. *Astronomy and Astrophysics* (ISSN 0004-6361), vol. 228, no. 1, Feb. 1990, pp. 78-88.

- North, P. ve Adelman, S. J. 1995. Stroemgren and Geneva photometry of the magnetic CP stars 56 Tauri, HD 111133, HD 126515 and HD 215441. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, vol. 111, pp. 41.
- North, P. 1998. Do Si stars undergo any rotational braking? *Astronomy and Astrophysics*, vol. 334, pp. 181-187.
- Osawa, K. 1959. Spectral Classification of 533 B8-A2 Stars and the Mean Absolute Magnitude of a0 V Stars. *Astrophysical Journal*, vol. 130, pp.159.
- Osawa, K. 1965. Spectral Classification and Three-Color Photometry of A-Type Stars. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 15, pp. 274.
- Piskunov, N. E., Kupka, F., Ryabchikova, T. A., Weiss, W. W. ve Jeffery, C. S. 1995. VALD: The Vienna Atomic Line Data Base. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, vol. 112, pp. 525.
- Pourbaix, D., Tokovinin, A. A., Batten, A. H., vd. 2004. SB⁹: The ninth catalogue of spectroscopic binary orbits. *A&A*, vol. 424, pp. 727-732.
- Preston, G. W. 1970. The Rotation of the AP Stars from the Point of View of the Rigid Rotator Model. *Stellar Rotation, Proceedings of IAU Colloq. 4, held at the Ohio State University, Columbus, Ohio, 8-11 September 1969. Edited by Arne Slettebak. Gordon and Breach Science Publishers, 1970, p. 254.*
- Preston, G. W. ve Wolff, S. C. 1970. The Very Slow Spectrum, Magnetic, and Photometric Variations of HD 9996. *The Astrophysical Journal*, vol. 160, IOP, p. 1071.
- Preston, G. W. 1974. The chemically peculiar stars of the upper main sequence. *Annual Rev. Astron. Astrophys.*, vol. 12, pp. 257-277.
- Przybylski, A. 1961. HD 101065 – a G0 Star with High Metal Content. *Nature*, vol. 189, p. 739.
- Relyea, L. J. ve Kurucz, R. L. 1978. A theoretical analysis of UVBY photometry. *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 37, May 1978, p. 45-69.
- Renson, P. Gerbaldi, M. ve Catalano, F. A. 1991. General Catalogue of Ap and Am stars. *A&AS*, vol. 89, pp. 429-434.
- Richer, J., Michaud, G., ve Turcotte, S. 2000. The Evolution of AMFM Stars, Abundance Anomalies, and Turbulent Transport. *The Astrophysical Journal*, vol. 529, Issue 1, pp. 338-356.
- Romanyuk, I. I., Semenko, E. A. ve Kudryavtsev, D. O. 2014. Results of magnetic field measurements of CP stars carried out with the Russian 6-m telescope. I. Observations in 2007. *Astrophysical Bulletin*, vol. 69, Issue 4, pp. 427-438.
- Ryabchikova, T., Ryabtsev, A., Kochukhov, O. ve Bagnulo, S. 2006. Rare-earth elements in the atmosphere of the magnetic chemically peculiar star HD 144897. New classification of the Nd III spectrum. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 456, Issue 1, pp. 329-338.
- Ryabchikova, T. 1998. Abundance analysis of SB2 binary stars with HgMn primaries. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, vol. 27, no. 3, pp. 319-323.

- Ryabchikova, T. A., Zakharova, L. A. ve Adelman, S. J. 1996. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms - XIV. The double-lined spectroscopic binary 112 Herculis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 283, Issue 4, pp. 1115-1132.
- Sadakane, K. 1976. Spectroscopic study of the *Ap* star 73 Draconis: a model atmosphere analysis. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 28, pp. 469-494.
- Sadakane, K. 1992. A chlorine-cobalt peculiar star HR 1094. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan* (ISSN 0004-6264), vol. 44, no. 2, pp. 125-133.
- Saffe, C., Levato, H. ve López-García, Z. 2005. Elemental Abundance Studies of CP Stars. The Silicon Stars HD 87240 and HD 96729. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, vol. 41, pp. 415–421.
- Sargent, W. L. W. ve Searle, L. 1962. Studies of the Peculiar a Stars. I. The Oxygen-Abundance Anomaly. *Astrophysical Journal*, vol. 136, p. 408.
- Sargent, A. I., Greenstein, J. L., ve Sargent, W. L. W. 1969. A Search for Neon in the Spectra of Peculiar a and B Stars. *Astrophysical Journal*, vol. 157, p. 757.
- Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G. ve Maeder, A. 1992. New grids of stellar models from 0.8 to 120 $M_{\odot}$ at $Z=0.020$ and $Z=0.001$. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, vol. 96, p. 269.
- Schmidt-Kaler, T. 1965. The Evolutionary Status of Dwarf Emission B Stars. *Astronomical Journal*, vol. 70, p. 691.
- Schneider, H. 1981. A catalogue and bibliography of Mn-Hg stars. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, vol. 44, pp. 137-149.
- Schöller, M., Correia, S., Hubrig, S. ve Ageorges, N. 2010. Multiplicity of late-type B stars with HgMn peculiarity. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 522, id.A85, 12 pp.
- Searle, L., Lingershausen, W. T. ve Sargent, W. L. W. 1966. Studies of the Peculiar a Stars IV, The Relative Abundances of Four Iron-Peak Elements. *Astrophysical Journal*, vol. 145, p. 141.
- Searle, L. ve Sargent, W. L. W. 1967. On the Origin of the Peculiar A Stars. Helen B. Warner prize lecture of the American Astronomical Society, presented at Berkeley, California, Baltimore, Mono Book Corporation, p. 219.
- Seligman, C. E. ve Aller, L. H. 1968. A Spectroscopic Study of the AP Star System 112 Herculis. *Astronomical Journal*, vol. 73, p. 201.
- Seligman, C. E. 1970. A Mass Ratio for 112 Herculis. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 82, No. 484, p.128.
- Seligman, C. E. ve Aller, L. H. 1970. A Model Atmosphere Analysis of the Binary 112 Herculis. *Astrophysics and Space Science*, vol. 9, Issue 3, pp. 461-481.
- Shenstone, A. G. 1960. The third spectrum of cobalt (Co III). *Canadian Journal of Physics*. vol. 38, p. 677.

- Simola, U., Dumusque, X. ve Cisewski-Kehe, J. 2019. Measuring precise radial velocities and cross-correlation function line-profile variations using a Skew Normal density. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 622, id.A131, 26 pp.
- Singh, K. P. ve Naranan, S. 1982. X-ray observations of single-line spectroscopic binaries. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 113, pp. 167-169.
- Slawson, R. W., Hill, R. J. ve Landstreet, J. D. 1992. A homogeneous catalog of new UBV and H-beta photometry of B- and A-type stars in and around the Scorpius-Centaurus OB association. *Astrophysical Journal Supplement Series* (ISSN 0067-0049), vol. 82, no. 1, pp. 117-144.
- Smalley, B. 2005. Teff and log g determinations. *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, vol.8, pp.130.
- Smith, K. C. ve Dworetzky, M. M. 1993. Elemental Abundances in Normal Late B-Stars and Hgmn-Stars from Co-Added IUE Spectra - Part One - Iron Peak Elements. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 274, no. 2/Jul(II), p. 335.
- Smith, K. C. 1996. Elemental abundances in normal late-B and HgMn stars from co-added IUE spectra. IV. Gallium. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 305, p. 902.
- Soubiran, C., Le Campion, J. F., Cayrel de Strobel, G. ve Caillio, A. 2010. The PASTEL catalogue of stellar parameters. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 515, id. A111, 5 pp.
- Stickland, D. J. ve Weatherby, J. 1984. Radial velocities of northern mercury stars. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, vol. 57, pp. 55-67.
- Strasser, S., Landstreet, J. D. ve Mathys, G. 2001. Surface abundance distribution models of Si, Cr, Mn, Fe, Pr and Nd for the slowly rotating *Ap* star HD 187474. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 378, pp. 153–164.
- Strom, S. E. ve Wolff, S. C. 2005. B Star Rotational Velocities in H And X Persei: A Probe of Initial Conditions During the Star Formation Epoch? *The Astronomical Journal*, vol. 129, pp. 809-828.
- Takada, M. 1979. Surface gravity of Mn-Hg stars. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 31, pp. 473-479.
- Takada-Hidai, M., Sadakane, K. ve Jugaku, J. 1986. The Abundance of Gallium in B-Type Chemically Peculiar Stars. *Astrophysical Journal* vol. 304, pp. 425.
- Takeda Y., Kawanomoto S., Ohishi N., Kang D.-I., Lee B.-C., Kim K.-M. ve Han I., 2018. Photospheric carbon, nitrogen, and oxygen abundances of A-type main-sequence stars. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 70, Issue 5, id. 91.
- Talon, S., Richard, O. ve Michaud, G. 2006. *AmFm* Stars as a Test of Rotational Mixing Models. *The Astrophysical Journal*, vol. 645, issue 1, pp. 634-651.
- Titus, J. ve Morgan, W.W. 1940. On the Classifications of the A Stars. I. The Spectral Types of the Brighter Members of the Hyades Cluster. *Astrophysical Journal*, vol. 92, pp. 256-260.
- Tokovinin, A. 1992. Speckle Spectroscopic Studies of Late-Type Stars. *Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research*, ASP Conference Series, vol. 32, IAU Colloquium 135, 1992, H.A. McAlister and W.I. Hartkopf, Eds., p. 573.

- Tokovinin, A., Fischer, D. A., Bonati, M., Giguere, M. J., Moore, P., Schwab, C., Spronck, J. F. P. ve Szymkowiak, Andrew 2013. CHIRON—A Fiber Fed Spectrometer for Precise Radial Velocities. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 125, Issue 933, p. 1336.
- Torres, G., Andersen, J. ve Giménez, A., 2010. Accurate masses and radii of normal stars: modern results and applications. The Astronomy and Astrophysics Review, vol. 18, Issue 1-2, pp. 67-126.
- van Leeuwen, F. 2007. Hipparcos, the New Reduction of the Raw Data: Astrophysics and Space Science Library, vol. 350. ISBN 978-1-4020-6341-1. Springer Science + Business Media B.V.
- Vauclair, S. ve Vauclair, G. 1982. Element segregation in stellar outer layers. In: Annual review of astronomy and astrophysics, vol. 20. (A83-12176 02-90) Palo Alto, CA, Annual Reviews, Inc., 1982, pp. 37-60.
- Wagman, N. E. ve Crissman, H. L. 1957. Photographic determination of the parallaxes of 35 stars with the Thaw refractor. Astronomical Journal, vol. 62, pp. 279-280.
- Wahlgren, G. M. ve Hubrig, S. 2000. Emission lines in the spectra of late-B type stars. Astronomy and Astrophysics, vol. 362, pp. L13-L16.
- Warner, B. 1968. Atomic oscillator strengths-II. Neutral magnesium. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 139, OUP, p. 103.
- Warren, W. H., Jr. 1973. *ubvy* photometry of *Am* and *Ap* stars. Astronomical Journal, vol. 78, pp. 192 – 199.
- Waelkens, C. 1985. Photometric variations and period determination of eight southern CP stars. Astronomy and Astrophysics Supplement Series (ISSN 0365-0138), vol. 61, pp. 127-139.
- Westin, T. N. G. 1985. The local system of early type stars - Spatial extent and kinematics. Astronomy and Astrophysics Supplement Series (ISSN 0365-0138), vol. 60, pp. 99-134.
- White, R. E., Vaughan, A. H. Jr., Preston, G. W. ve Swings, J. P. 1976. Isotopic abundances of Hg in mercury stars inferred from Hg II λ 3984. Astrophysical Journal, vol. 204, pp. 131-140.
- Wilson, R. E. 1994. Binary star light-curve model. Publ. Astron. Soc. Pac. 106.703, p. 921.
- Wolff, S. C. ve Preston, G. W. 1978. Late B-type stars - Rotation and the incidence of HgMn stars. Astrophysical Journal Supplement Series, vol. 37, pp. 371-392.
- Wolff, S. C. 1967. A Spectroscopic and Photometric Study of the AP Stars. Astrophysical Journal Supplement, vol. 15, pp. 21.
- Wolff, S. C. ve Preston, G. W. 1978. Late B-type stars: rotation and the incidence of HgMn stars. Astrophysical Journal, Suppl. Ser., vol. 37, pp. 371-392.
- Wood, H. J. ve Campusano, L. B. 1975. Zeeman observations of new southern magnetic stars. Astronomy and Astrophysics, vol. 45, no. 2, pp. 303-305.

- Ylonen, T. 2006. The Secure Shell (SSH) Protocol Architecture. SSH Communications Security Corp, Ed. C. Lonvic, Cisco Systems, Inc. RFC 4251, DOI 10.17487/RFC4251.
- Yüce, K., Adelman, S. J., Gulliver, A. F. ve Hill, G. 2011. Elemental abundance analyses with DAO spectrograms: XXXII. HR 6455 (A3 III), δ Aqr (A3 V), η Lep (F2 V), and 1 Boo (A1 V). *Astronomische Nachrichten*, vol. 332(7), pp. 681-689.
- Yüce, K., Castelli, F. ve Hubrig, S. 2011. Wavelengths and oscillator strengths of Xe II from the UVES spectra of four HgMn stars. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 528, Art. no. A37.
- Yüce, K. ve Adelman, S.J. 2014. Elemental Abundance Analyses with DAO Spectrograms. XXXIV. A Three-Dimensional Graphical Examination of the Elemental Abundances of the Mercury-Manganese and Metallic-Line Stars. *Astronomical Society of the Pacific*, vol. 126, pp. 345–358.
- Yüce, K. ve Adelman, S. J. 2018. Mathematical Assessment of Physical and Chemical Processes from the Middle B to the Early F Type Main Sequence Stars. *Astrometry and Astrophysics in the Gaia Sky*, vol. 330, pp. 362–363.
- Yüce, K. ve Adelman, S. J. 2019. On the variability of the A0 supergiants 9 Per, HR 1035, 13 Mon, Deneb, and HR 8020 as seen in FCAPT Strömgren photometry. *New Astronomy*, vol. 66, pp. 88–99.
- Yüce, K., Adelman, S. J., Pyper, D. M. ve Dukes R. J. 2019. On the properties of the magnetic Chemically Peculiar B, A, and F-type stars. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 15(S354):435-438.
- Yüce, K. 2020. Optik Bölge Tayf Analizlerinden Manyetik Özellik Göstermeyen geç B – erken F Türü Yıldızların Kimyasal Element Bollukları. *TJAA cilt 1, sayı 1*, s.129-133.
- Yüce, K., Adelman, S. J. ve Gulliver, A. F. 2022. A More Powerful Approach For Studying the Abundances of Chemically Peculiar Stars. *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, vol. 3, pp. 88–92.

EKLER

EK 1 67 Mus yıldızının CHIRON gözlemsel tayf seti

EK 2 67 Mus'un radyal hız ölçümünde kullanılan 4 eşel basamağın tamamına (üst paneller) ve bir kesitine (alt paneller) ilişkin tayf görüntüleri

EK 3 112 Her yıldızının CHIRON gözlemsel tayf seti

EK 4 112 Her sisteminin radyal hız ölçümünde kullanılan $\lambda\lambda$ 4575 – 4628 Å dalgaboyu aralığına ilişkin normalize edilmemiş (üst panel) ve normalize tayf (alt panel) kesit örnekleri

EK 5 112 Her sisteminin normalize tayf dosyaları

EK 6 STELLAR programında oluşturulan çizgi listesi kütüphanelerinin içerdiği verilerden bir kesit

EK 7 67 Mus yıldızının her bir gözlemsel tayfının 4 eşel basamağından ve ortalamalarından hesaplanan radyal hız değerleri

EK 8 67 Mus yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi

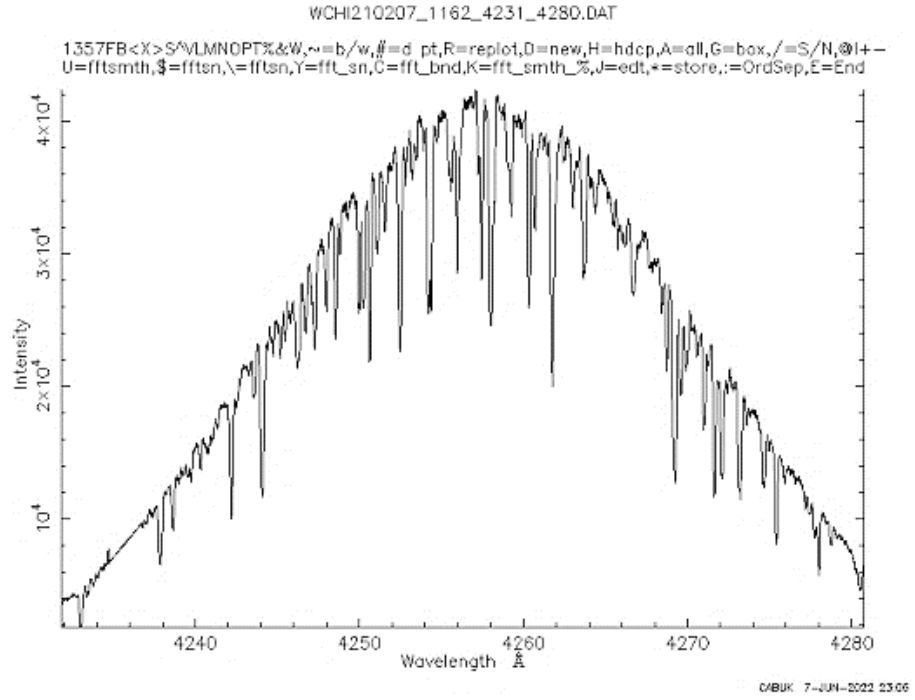
EK 9 112 Her A yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi

EK 10 112 Her B yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi

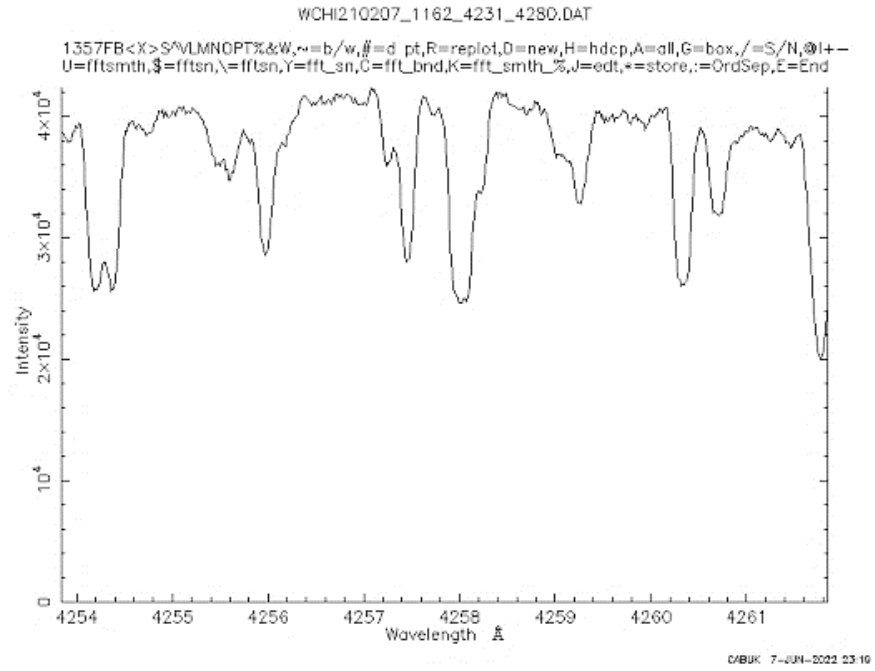
EK 1 67 Mus yıldızının CHIRON gözlemsel tayf seti

Sıra No	Dosya Adı	Gözlem Tarihi			Sıra No	Dosya Adı	Gözlem Tarihi		
		Gün	Ay	Yıl			Gün	Ay	Yıl
1	WCHI210207_1162.FTS;2	7	2	2021	41	WCHI210426_1136.FTS;3	26	4	2021
2	WCHI210215_1167.FTS;2	15	2	2021	42	WCHI210427_1140.FTS;3	27	4	2021
3	WCHI210226_1148.FTS;2	26	2	2021	43	WCHI210427_1141.FTS;3	27	4	2021
4	WCHI210308_1156.FTS;2	8	3	2021	44	WCHI210428_1143.FTS;2	28	4	2021
5	WCHI210316_1169.FTS;2	16	3	2021	45	WCHI210430_1150.FTS;2	30	4	2021
6	WCHI210317_1159.FTS;2	17	3	2021	46	WCHI210501_1143.FTS;2	1	5	2021
7	WCHI210317_1160.FTS;2	17	3	2021	47	WCHI210505_1142.FTS;2	5	5	2021
8	WCHI210317_1161.FTS;2	17	3	2021	48	WCHI210511_1138.FTS;3	11	5	2021
9	WCHI210317_1162.FTS;2	17	3	2021	49	WCHI210524_1139.FTS;2	24	5	2021
10	WCHI210319_1121.FTS;3	19	3	2021	50	WCHI210529_1146.FTS;1	29	5	2021
11	WCHI210319_1122.FTS;3	19	3	2021	51	WCHI210605_1133.FTS;3	5	6	2021
12	WCHI210319_1123.FTS;3	19	3	2021	52	WCHI210612_1136.FTS;3	12	6	2021
13	WCHI210319_1124.FTS;3	19	3	2021	53	WCHI210616_1139.FTS;2	16	6	2021
14	WCHI210319_1125.FTS;3	19	3	2021	54	WCHI210620_1145.FTS;1	20	6	2021
15	WCHI210319_1126.FTS;3	19	3	2021	55	WCHI210621_1133.FTS;1	21	6	2021
16	WCHI210323_1156.FTS;2	23	3	2021	56	WCHI210622_1140.FTS;1	22	6	2021
17	WCHI210401_1163.FTS;2	1	4	2021	57	WCHI210624_1118.FTS;1	24	6	2021
18	WCHI210408_1147.FTS;2	8	4	2021	58	WCHI210624_1119.FTS;1	24	6	2021
19	WCHI210412_1159.FTS;2	12	4	2021	59	WCHI210626_1161.FTS;1	26	6	2021
20	WCHI210414_1152.FTS;2	14	4	2021	60	WCHI210626_1162.FTS;1	26	6	2021
21	WCHI210415_1148.FTS;4	15	4	2021	61	WCHI210626_1163.FTS;1	26	6	2021
22	WCHI210415_1149.FTS;4	15	4	2021	62	WCHI210626_1164.FTS;1	26	6	2021
23	WCHI210415_1150.FTS;4	15	4	2021	63	WCHI210627_1120.FTS;3	27	6	2021
24	WCHI210415_1151.FTS;4	15	4	2021	64	WCHI210627_1121.FTS;3	27	6	2021
25	WCHI210416_1160.FTS;5	16	4	2021	65	WCHI210627_1122.FTS;3	27	6	2021
26	WCHI210419_1146.FTS;1	19	4	2021	66	WCHI210627_1123.FTS;3	27	6	2021
27	WCHI210422_1139.FTS;2	22	4	2021	67	WCHI210628_1116.FTS;1	28	6	2021
28	WCHI210423_1157.FTS;2	23	4	2021	68	WCHI210628_1117.FTS;1	28	6	2021
29	WCHI210423_1158.FTS;2	23	4	2021	69	WCHI210629_1119.FTS;1	29	6	2021
30	WCHI210423_1159.FTS;2	23	4	2021	70	WCHI210630_1129.FTS;1	30	6	2021
31	WCHI210423_1160.FTS;2	23	4	2021	71	WCHI210702_1125.FTS;1	2	7	2021
32	WCHI210424_1140.FTS;2	24	4	2021	72	WCHI210707_1123.FTS;1	7	7	2021
33	WCHI210424_1141.FTS;2	24	4	2021	73	WCHI220119_1160.FTS;1	19	1	2022
34	WCHI210424_1142.FTS;2	24	4	2021	74	WCHI220122_1161.FTS;1	22	1	2022
35	WCHI210424_1143.FTS;2	24	4	2021	75	WCHI220125_1156.FTS;1	25	1	2022
36	WCHI210425_1138.FTS;2	25	4	2021	76	WCHI220128_1163.FTS;1	28	1	2022
37	WCHI210425_1139.FTS;2	25	4	2021	77	WCHI220131_1151.FTS;1	31	1	2022
38	WCHI210425_1140.FTS;2	25	4	2021	78	WCHI220202_1143.FTS;1	2	2	2022
39	WCHI210425_1141.FTS;2	25	4	2021	79	WCHI220205_1141.FTS;1	5	2	2022
40	WCHI210426_1135.FTS;3	26	4	2021					

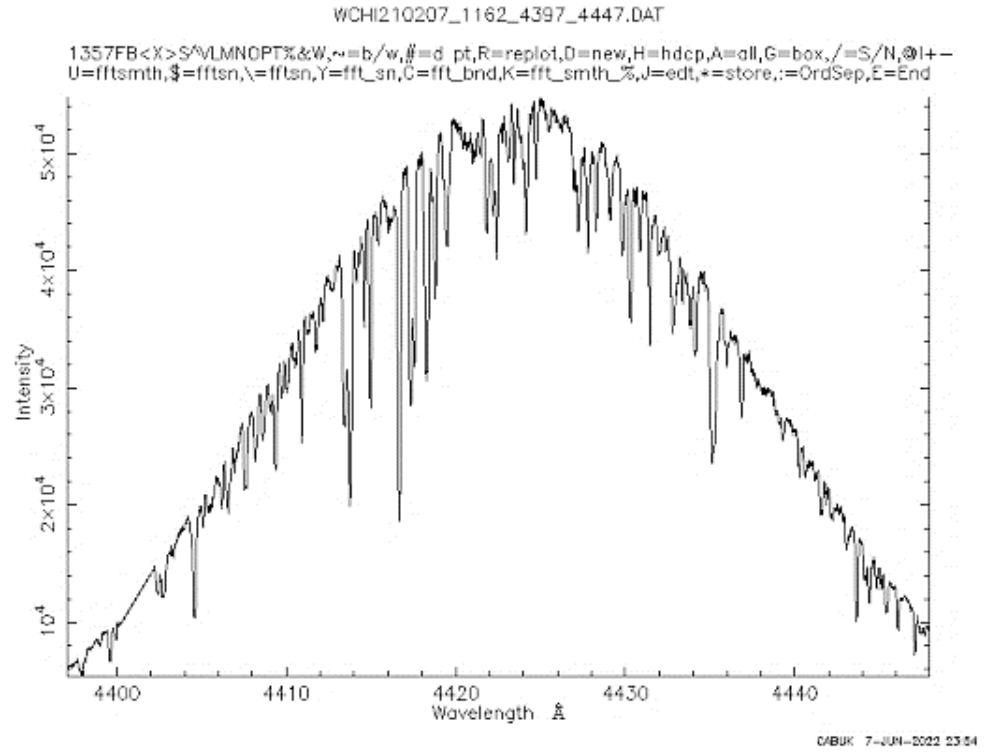
EK 2 67 Mus’un radyal hız ölçümünde kullanılan 4 eşel basamağın tamamına (üst paneller) ve bir kesitine (alt paneller) ilişkin tayf görüntüleri



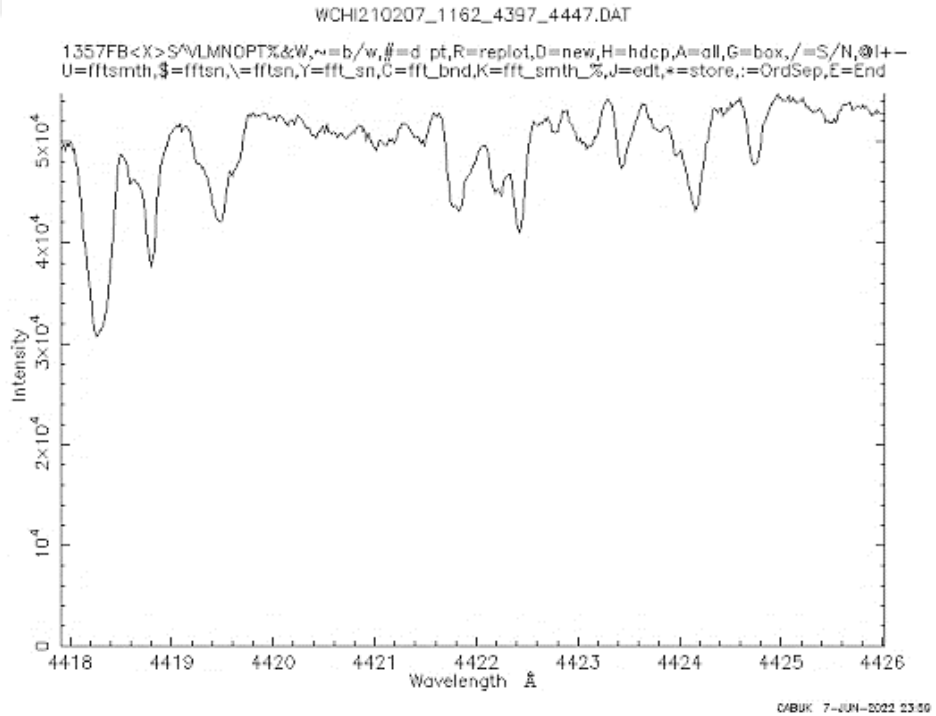
a) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4231 – 4280 Å arasını kapsayan eşel basamağı



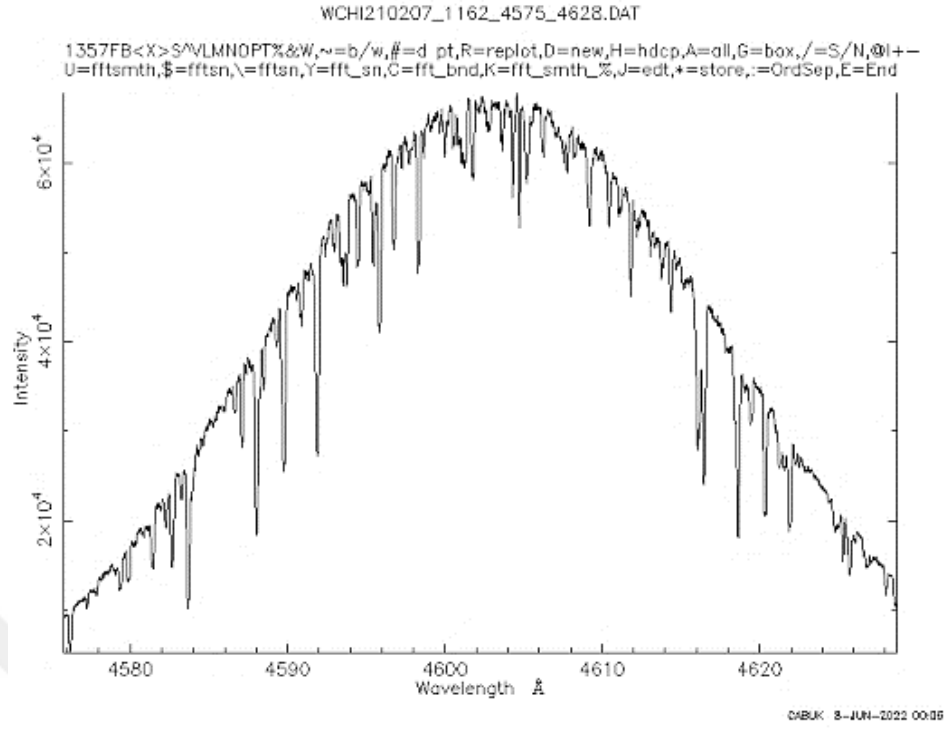
b) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4254 – 4261 Å aralığını içeren tayf kesiti



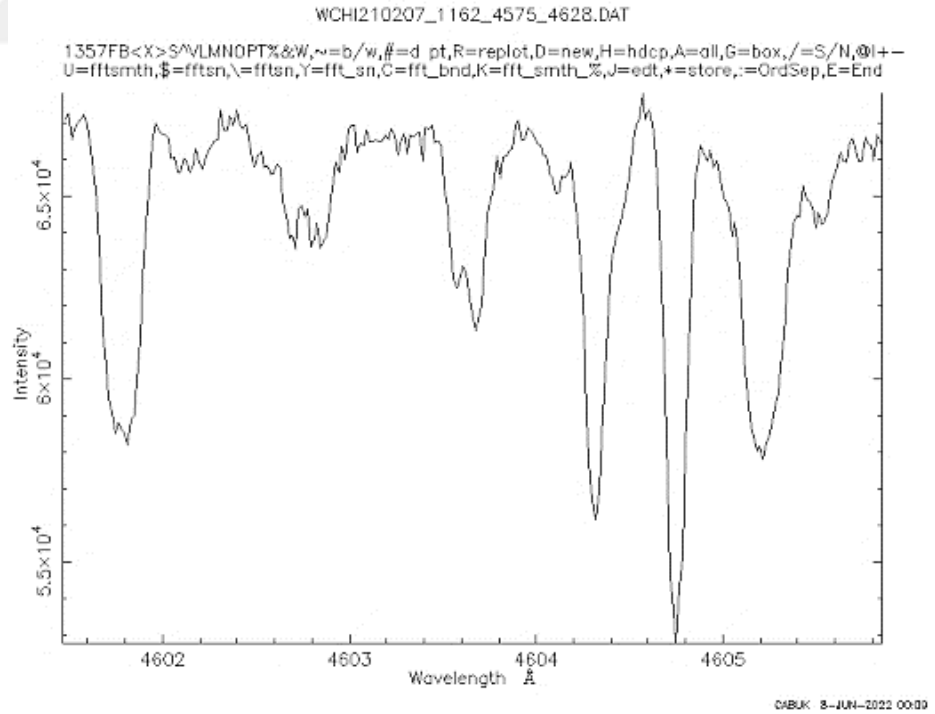
c) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4397 – 4447 Å arasını kapsayan eşel basamağı



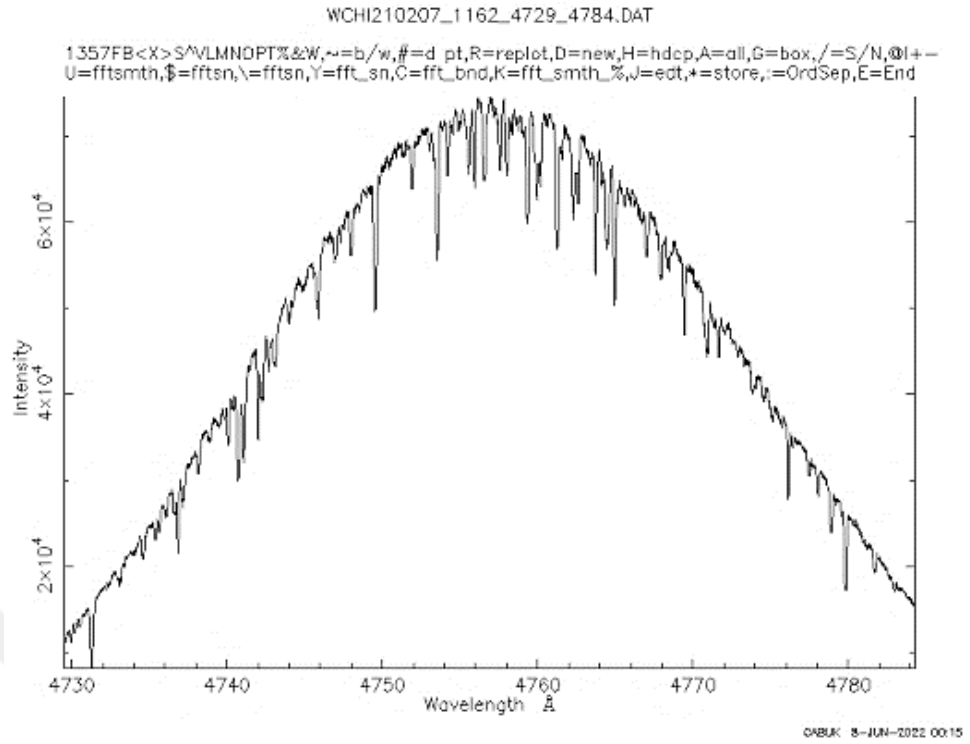
d) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4418 – 4426 Å aralığını içeren tayf kesiti



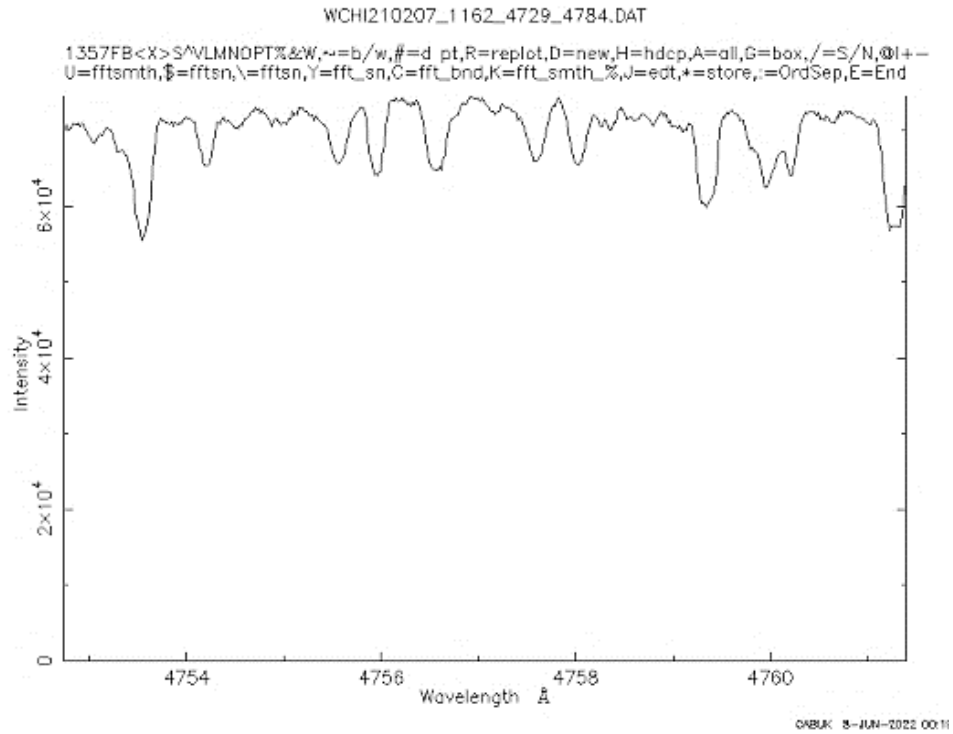
e) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4575 – 4628 Å arasını kapsayan eşel basamağı



f) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4601 – 4606 Å aralığını içeren tayf kesiti



g) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4575 – 4628 Å arasını kapsayan eşel basamağı

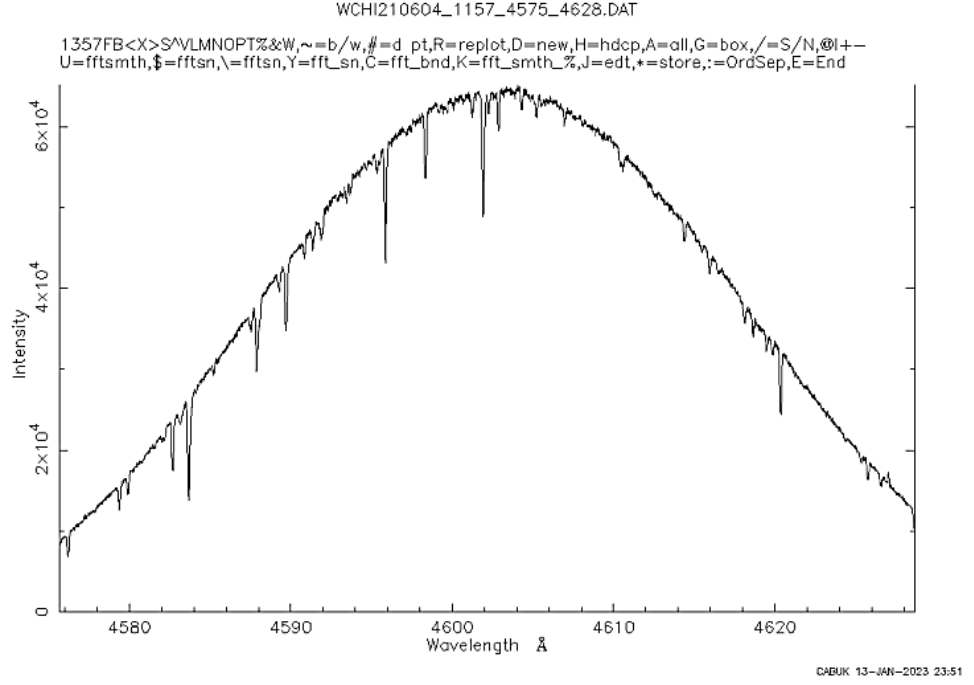


h) 67 Mus yıldızının $\lambda\lambda$ 4753 – 4761 Å aralığını içeren tayf kesiti

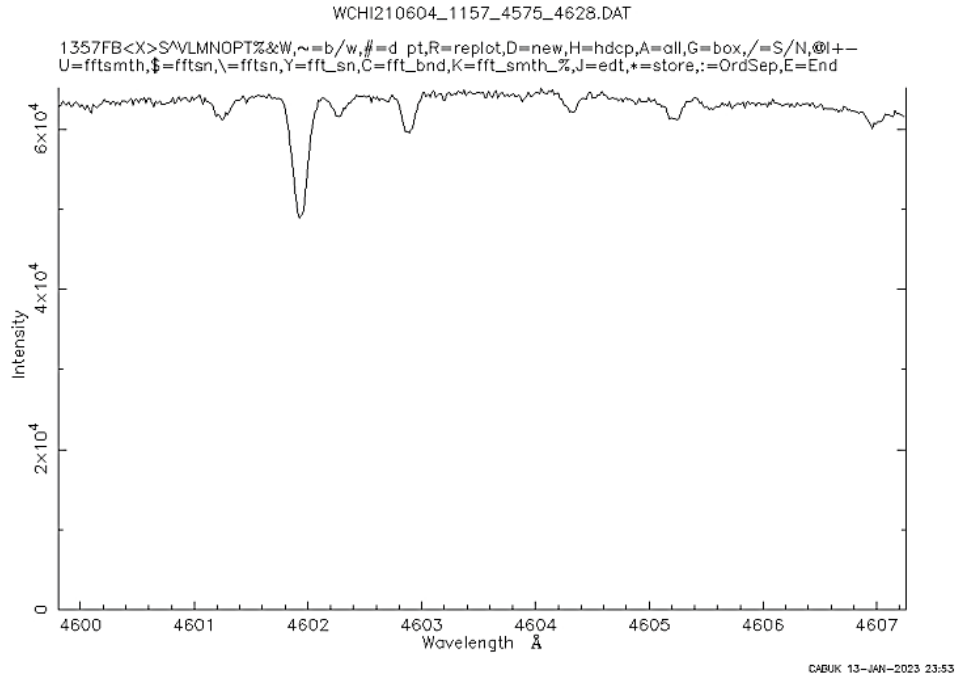
EK 3 112 Her yıldızının CHIRON gözlemsel tayf seti

Sıra No	Dosya Adı	Gözlem Tarihi		
		Gün	Ay	Yıl
1	WCHI210407_1177.FTS	7	4	2021
2	WCHI210408_1171.FTS	8	2	2021
3	WCHI210604_1157.FTS	4	6	2021
4	WCHI210605_1150.FTS	5	6	2021
5	WCHI210606_1156.FTS	6	6	2021
6	WCHI210607_1156.FTS	7	6	2021
7	WCHI210608_1153.FTS	8	6	2021
8	WCHI210609_1164.FTS	9	6	2021
9	WCHI210610_1165.FTS	10	6	2021
10	WCHI210611_1161.FTS	11	6	2021
11	WCHI210612_1158.FTS	12	6	2021
12	WCHI210613_1159.FTS	13	6	2021
13	WCHI210614_1131.FTS	14	6	2021
14	WCHI210616_1153.FTS	16	6	2021
15	WCHI220517_1157.FTS	17	5	2022
16	WCHI220520_1152.FTS	20	5	2022
17	WCHI220927_1117.FTS	27	9	2022
18	WCHI220930_1116.FTS	30	9	2022

EK 4 112 Her sisteminin radyal hız ölçümünde kullanılan $\lambda\lambda$ 4575 – 4628 Å dalgaboyu aralığına ilişkin normalize edilmemiş (üst panel) ve normalize tayf (alt panel) kesit örnekleri



a) 112 Her sisteminin 15. eşel basamağının tayf görüntüsü



b) 15. eşel basamağına ait bir tayf kesiti

EK 5 112 Her sisteminin normalize tayf dosyaları

Sıra	Dosya Adı
1	RCHI210604_1157_4575_4628.DAT
2	RCHI210605_1150_4575_4628.DAT
3	RCHI210606_1156_4575_4628.DAT
4	RCHI210607_1156_4575_4628.DAT
5	RCHI210608_1153_4575_4628.DAT
6	RCHI210609_1164_4575_4628.DAT
7	RCHI210610_1165_4575_4628.DAT
8	RCHI210611_1161_4575_4628.DAT
9	RCHI210612_1158_4575_4628.DAT
10	RCHI210613_1159_4575_4628.DAT
11	RCHI210614_1131_4575_4628.DAT
12	RCHI210616_1153_4575_4628.DAT
13	RCHI220517_1157_4575_4628.DAT
14	RCHI220517_1158_4575_4628.DAT
15	RCHI220517_1159_4575_4628.DAT
16	RCHI220517_1160_4575_4628.DAT
17	RCHI220517_1161_4575_4628.DAT
18	RCHI220517_1162_4575_4628.DAT
19	RCHI220517_1163_4575_4628.DAT
20	RCHI220517_1164_4575_4628.DAT
21	RCHI220517_1165_4575_4628.DAT
22	RCHI220517_1166_4575_4628.DAT
23	RCHI220517_1167_4575_4628.DAT
24	RCHI220517_1168_4575_4628.DAT

EK 6 STELLAR programında oluşturulan çizgi listesi kütüphanelerinin içerdği verilerden bir kesit

λ (nm)	Atom/İyon	log gf	ELO	Kaynaklar
450.0962	23.01	-3.781	86027.94	K88
450.0987	24.01	-2.724	116355.55	K88
450.0993	24.00	-2.310	37205.79	K88
450.0995	27.01	-4.699	85876.40	K88
450.1004	26.01	-3.518	84266.56	K88
450.1037	09.01	-2.760	266453.88	KP
450.1039	24.01	-3.927	115742.55	K88
450.1048	24.01	-2.266	116213.38	K88
450.1057	20.00	-4.798	47036.23	K88
450.1058	28.01	-3.788	113407.31	K88
450.1080	24.00	-0.335	28679.43	K88
450.1091	26.01	-2.468	85172.81	K88
450.1103	24.00	-1.092	23511.98	K88
450.1171	26.02	-2.189	222734.33	K88
450.1238	23.00	-1.892	15000.94	K88
450.1260	25.01	-4.193	48317.85	K88
450.1273	22.01	-0.750	8997.71	FMW
450.1274	09.01	-0.450	266453.88	KP
450.1276	26.01	-0.947	112607.56	K88
450.1278	10.01	-1.200	301948.00	KP
450.1279	42.00	-1.622	18356.49	WB
450.1329	10.01	-2.380	301948.00	KP
450.1368	26.01	-3.865	50142.79	K88
450.1372	62.01	-2.119	2688.69	MC
450.1416	23.00	-2.429	17182.08	K88
450.1427	23.02	-3.688	63315.05	K88
450.1435	24.01	-1.303	116572.42	K88
450.1437	12.02	-1.460	584687.88	KP
450.1437	12.02	-0.030	584687.88	KP
450.1481	20.00	-5.465	48578.32	K88
450.1487	27.01	-3.861	94744.00	K88
450.1520	24.01	-3.325	116385.67	K88
450.1617	26.00	-3.240	59729.17	K94
450.1637	27.00	-3.254	54989.62	K88

Kaynaklar: FMW = Fuhr vd. (1988), K88 = Kurucz (1988), K94 = Kurucz (1994), MC = Meggers vd. 1975, NBS = Corliss ve Bozman (1962), APH = Andersen vd. 1976, KP = Kurucz ve Peytremann (1975), WB = Warner (1968), CB = Corliss ve Bozman (1962), K = Kurucz (1975).

EK 7 67 Mus yıldızının her bir gözlemsel tayfının 4 eşel basamağından ve ortalamalarından hesaplanan radyal hız değerleri

Poz Numarası	d(RV)	err	RV (abs)	FWHM	EW	Ht	Profile	rms	RV_ort (km s ⁻¹)	Err_ort (±km s ⁻¹)
210215_1167	-9.89	0.11	-9.89	17.8	17.0	0.895	Gaussian	0.029	-10.19	0.16
210215_1167	-11.28	0.14	-11.28	17.0	14.8	0.818	Gaussian	0.037		
210215_1167	-9.69	0.17	-9.69	22.3	20.7	0.874	Gaussian	0.042		
210215_1167	-9.88	0.21	-9.88	14.8	13.1	0.830	Gaussian	0.061		
210226_1148	-6.78	0.11	-6.78	17.8	17.1	0.899	Gaussian	0.03	-7.05	0.16
210226_1148	-8.08	0.14	-8.08	17.0	14.9	0.825	Gaussian	0.036		
210226_1148	-6.58	0.18	-6.58	22.6	21.0	0.874	Gaussian	0.044		
210226_1148	-6.74	0.22	-6.74	14.9	13.1	0.830	Gaussian	0.063		
210308_1156	-2.49	0.12	-2.49	17.8	17.1	0.900	Gaussian	0.032	-2.79	0.17
210308_1156	-3.88	0.14	-3.88	17.1	15.2	0.835	Gaussian	0.038		
210308_1156	-2.37	0.19	-2.37	22.8	21.2	0.874	Gaussian	0.045		
210308_1156	-2.42	0.22	-2.42	14.8	13.1	0.832	Gaussian	0.064		
210316_1169	1.49	0.13	1.49	17.8	17.2	0.905	Gaussian	0.035	1.16	0.17
210316_1169	0.1	0.15	0.10	17.0	15.0	0.829	Gaussian	0.039		
210316_1169	1.59	0.19	1.59	22.8	21.3	0.878	Gaussian	0.047		
210316_1169	1.46	0.22	1.46	15.1	13.4	0.833	Gaussian	0.064		
210317_1159	1.93	0.13	1.93	17.7	17.1	0.907	Gaussian	0.035		
210317_1159	0.58	0.15	0.58	16.9	15.0	0.831	Gaussian	0.039	1.61	0.17
210317_1159	2.03	0.19	2.03	22.7	21.2	0.879	Gaussian	0.047		
210317_1159	1.89	0.23	1.89	15.0	13.4	0.836	Gaussian	0.066		

210317_1160	1.92	0.13	1.92	17.6	17.0	0.909	Gaussian	0.035		
210317_1160	0.61	0.15	0.61	16.9	15.0	0.832	Gaussian	0.039	1.63	0.17
210317_1160	2.04	0.19	2.04	22.8	21.3	0.878	Gaussian	0.047		
210317_1160	1.94	0.22	1.94	15.0	13.3	0.836	Gaussian	0.064		
210317_1161	1.94	0.13	1.94	17.6	17.0	0.908	Gaussian	0.035		
210317_1161	0.62	0.15	0.62	17.0	15.0	0.830	Gaussian	0.039	1.64	0.17
210317_1161	2.04	0.19	2.04	22.6	21.2	0.880	Gaussian	0.047		
210317_1161	1.94	0.22	1.94	14.9	13.3	0.838	Gaussian	0.064		
210317_1162	1.93	0.13	1.93	17.7	17.1	0.904	Gaussian	0.035	1.63	0.17
210317_1162	0.61	0.15	0.61	16.9	15.0	0.833	Gaussian	0.039		
210317_1162	2.06	0.19	2.06	22.6	21.2	0.881	Gaussian	0.046		
210317_1162	1.92	0.22	1.92	15.0	13.4	0.838	Gaussian	0.064		
210319_1121	2.94	0.13	2.94	17.7	17.0	0.906	Gaussian	0.036	2.66	0.17
210319_1121	1.63	0.15	1.63	16.9	14.9	0.828	Gaussian	0.039		
210319_1121	3.06	0.19	3.06	22.5	21.1	0.882	Gaussian	0.046		
210319_1121	3	0.22	3.00	15.0	13.3	0.836	Gaussian	0.064		
210319_1122	2.95	0.13	2.95	17.6	17.0	0.905	Gaussian	0.036	2.64	0.17
210319_1122	1.61	0.15	1.61	16.9	15.0	0.831	Gaussian	0.039		
210319_1122	3.02	0.19	3.02	22.6	21.2	0.881	Gaussian	0.047		
210319_1122	2.96	0.22	2.96	14.9	13.3	0.837	Gaussian	0.063		
210319_1123	2.94	0.13	2.94	17.7	17.0	0.905	Gaussian	0.036	2.65	0.17
210319_1123	1.63	0.15	1.63	16.9	15.0	0.832	Gaussian	0.039		

210319_1123	3.05	0.19	3.05	22.4	21.1	0.884	Gaussian	0.047		
210319_1123	2.96	0.22	2.96	15.0	13.3	0.835	Gaussian	0.064		
210319_1124	2.93	0.13	2.93	17.7	17.1	0.907	Gaussian	0.036	2.64	0.17
210319_1124	1.61	0.15	1.61	16.9	14.9	0.831	Gaussian	0.039		
210319_1124	3.06	0.19	3.06	22.6	21.2	0.881	Gaussian	0.047		
210319_1124	2.95	0.22	2.95	15.0	13.4	0.837	Gaussian	0.063		
210319_1125	2.94	0.13	2.94	17.7	17.0	0.905	Gaussian	0.036	2.64	0.17
210319_1125	1.6	0.15	1.60	16.9	15.0	0.833	Gaussian	0.039		
210319_1125	3.04	0.19	3.04	22.5	21.1	0.884	Gaussian	0.046		
210319_1125	2.98	0.22	2.98	15.0	13.4	0.838	Gaussian	0.064		
210319_1126	2.94	0.13	2.94	17.7	17.1	0.907	Gaussian	0.035	2.65	0.17
210319_1126	1.6	0.15	1.60	16.9	14.9	0.831	Gaussian	0.039		
210319_1126	3.06	0.19	3.06	22.5	21.1	0.881	Gaussian	0.047		
210319_1126	2.98	0.22	2.98	15.0	13.4	0.839	Gaussian	0.063		
210323_1156	5.26	0.13	5.26	17.8	17.2	0.908	Gaussian	0.037	4.98	0.17
210323_1156	3.93	0.15	3.93	17.0	14.9	0.823	Gaussian	0.038		
210323_1156	5.42	0.18	5.42	22.4	21.2	0.892	Gaussian	0.045		
210323_1156	5.32	0.22	5.32	15.2	13.5	0.836	Gaussian	0.064		
210401_1163	10.19	0.15	10.19	18.2	17.9	0.925	Gaussian	0.041	9.86	0.17
210401_1163	8.83	0.14	8.83	16.7	14.8	0.833	Gaussian	0.036		
210401_1163	10.26	0.18	10.26	22.0	20.9	0.896	Gaussian	0.046		
210401_1163	10.14	0.22	10.14	14.8	13.3	0.840	Gaussian	0.064		

210408_1147	13.61	0.14	13.61	17.7	17.3	0.920	Gaussian	0.04	13.33	0.17
210408_1147	12.37	0.14	12.37	16.6	15.3	0.870	Gaussian	0.039		
210408_1147	13.69	0.18	13.69	21.9	20.8	0.892	Gaussian	0.047		
210408_1147	13.64	0.22	13.64	15.1	13.5	0.840	Gaussian	0.065		
210412_1159	15.32	0.15	15.32	17.7	17.3	0.921	Gaussian	0.041	15.09	0.18
210412_1159	14.17	0.14	14.17	16.5	15.6	0.889	Gaussian	0.04		
210412_1159	15.44	0.19	15.44	21.8	20.6	0.889	Gaussian	0.047		
210412_1159	15.41	0.22	15.41	15.0	13.6	0.850	Gaussian	0.064		
210414_1152	16.08	0.15	16.08	17.6	17.3	0.925	Gaussian	0.042	15.83	0.17
210414_1152	14.95	0.14	14.95	16.5	15.7	0.896	Gaussian	0.04		
210414_1152	16.18	0.18	16.18	21.6	20.5	0.889	Gaussian	0.047		
210414_1152	16.11	0.22	16.11	14.9	13.4	0.843	Gaussian	0.065		
210415_1148	16.34	0.15	16.34	17.6	17.3	0.924	Gaussian	0.042	16.11	0.18
210415_1148	15.2	0.14	15.20	16.2	15.6	0.901	Gaussian	0.04		
210415_1148	16.45	0.19	16.45	21.6	20.3	0.885	Gaussian	0.047		
210415_1148	16.46	0.22	16.46	14.9	13.4	0.846	Gaussian	0.065		
210415_1149	16.34	0.15	16.34	17.6	17.3	0.925	Gaussian	0.042	16.12	0.17
210415_1149	15.21	0.14	15.21	16.2	15.5	0.900	Gaussian	0.04		
210415_1149	16.43	0.18	16.43	21.6	20.4	0.887	Gaussian	0.047		
210415_1149	16.49	0.22	16.49	14.8	13.3	0.845	Gaussian	0.066		
210415_1150	16.33	0.15	16.33	17.6	17.3	0.923	Gaussian	0.042		

210415_1150	15.2	0.14	15.20	16.2	15.5	0.900	Gaussian	0.041	16.11	0.18
210415_1150	16.45	0.19	16.45	21.5	20.3	0.887	Gaussian	0.047		
210415_1150	16.44	0.22	16.44	14.9	13.5	0.848	Gaussian	0.065		
210415_1151	16.32	0.15	16.32	17.5	17.3	0.924	Gaussian	0.042	16.11	0.17
210415_1151	15.21	0.14	15.21	16.2	15.5	0.899	Gaussian	0.04		
210415_1151	16.44	0.18	16.45	21.5	20.3	0.887	Gaussian	0.047		
210415_1151	16.45	0.22	16.45	15.0	13.5	0.843	Gaussian	0.065		
210319_1121	2.94	0.13	2.94	17.7	17.0	0.960	Gaussian	0.036	2.64	0.17
210319_1121	1.61	0.15	1.61	16.9	15.0	0.831	Gaussian	0.039		
210319_1121	3.05	0.19	3.05	22.5	21.1	0.883	Gaussian	0.047		
210319_1121	2.97	0.22	2.97	15.0	13.4	0.837	Gaussian	0.063		
210415_1148	16.33	0.15	16.33	17.6	17.3	0.924	Gaussian	0.042	16.11	0.17
210415_1148	15.2	0.14	15.20	16.2	15.5	0.900	Gaussian	0.04		
210415_1148	16.45	0.18	16.45	21.5	20.3	0.887	Gaussian	0.047		
210415_1148	16.46	0.22	16.46	14.9	13.4	0.845	Gaussian	0.066		
210423_1157	17.64	0.15	17.64	17.5	17.3	0.928	Gaussian	0.044	17.42	0.18
210423_1157	16.56	0.14	16.56	16.2	15.5	0.898	Gaussian	0.041		
210423_1157	17.75	0.19	17.75	21.5	20.3	0.886	Gaussian	0.048		
210423_1157	17.74	0.23	17.74	14.9	13.4	0.844	Gaussian	0.066		
210424_1140	17.74	0.16	17.74	17.5	17.2	0.927	Gaussian	0.044	17.55	0.18
210424_1140	16.68	0.14	16.68	16.1	15.4	0.897	Gaussian	0.041		
210424_1140	17.87	0.19	17.87	21.5	20.3	0.886	Gaussian	0.048		

210424_1140	17.89	0.22	17.89	14.8	13.3	0.845	Gaussian	0.065		
210425_1138	17.71	0.16	17.71	17.5	17.3	0.929	Gaussian	0.044	17.51	0.18
210425_1138	16.66	0.14	16.66	16.1	15.4	0.897	Gaussian	0.041		
210425_1138	17.83	0.19	17.83	21.5	20.3	0.885	Gaussian	0.048		
210425_1138	17.85	0.22	17.85	14.9	13.4	0.845	Gaussian	0.065		
210426_1135	17.63	0.15	17.63	17.5	17.3	0.930	Gaussian	0.044	17.42	0.18
210426_1135	16.53	0.14	16.53	16.3	15.5	0.896	Gaussian	0.041		
210426_1135	17.73	0.19	17.73	21.6	20.4	0.887	Gaussian	0.048		
210426_1135	17.78	0.22	17.78	15.0	13.5	0.843	Gaussian	0.065		
210612_1136	-10.3	0.09	-10.30	17.7	17.2	0.913	Gaussian	0.025	-10.46	0.16
210612_1136	-11.39	0.14	-11.39	16.4	14.2	0.813	Gaussian	0.036		
210612_1136	-9.92	0.17	-9.92	21.8	20.2	0.870	Gaussian	0.042		
210612_1136	-10.24	0.23	-10.24	14.7	12.7	0.809	Gaussian	0.064		
210616_1139	-10.55	0.09	-10.55	17.6	17.1	0.910	Gaussian	0.026	-10.74	0.16
210616_1139	-11.68	0.14	-11.68	16.5	14.2	0.812	Gaussian	0.037		
210616_1139	-10.18	0.17	-10.18	22.0	20.5	0.875	Gaussian	0.042		
210616_1139	-10.53	0.22	-10.53	14.7	12.7	0.815	Gaussian	0.062		
210620_1145	-10.17	0.1	-10.17	17.8	17.2	0.907	Gaussian	0.026	-10.37	0.16
210620_1145	-11.33	0.14	-11.33	16.6	14.4	0.816	Gaussian	0.036		
210620_1145	-9.85	0.17	-9.85	21.9	20.4	0.875	Gaussian	0.043		
210620_1145	-10.13	0.22	-10.13	14.7	12.7	0.816	Gaussian	0.063		

210621_1133	-10.05	0.1	-10.05	17.8	17.2	0.907	Gaussian	0.027	-10.22	0.16
210621_1133	-11.2	0.14	-11.20	16.7	14.4	0.812	Gaussian	0.037		
210621_1133	-9.7	0.17	-9.70	22.0	20.5	0.874	Gaussian	0.042		
210621_1133	-9.93	0.22	-9.93	14.8	12.9	0.819	Gaussian	0.063		
210622_1140	-10.05	0.1	-10.05	17.8	17.2	0.907	Gaussian	0.027	-10.09	0.16
210622_1140	-10.94	0.14	-10.94	16.6	14.3	0.813	Gaussian	0.036		
210622_1140	-9.54	0.17	-9.54	22.1	20.5	0.874	Gaussian	0.043		
210622_1140	-9.82	0.22	-9.82	14.7	12.8	0.819	Gaussian	0.063		
210624_1118	-9.48	0.1	-9.48	17.8	17.2	0.907	Gaussian	0.027	-9.69	0.16
210624_1118	-10.65	0.14	-10.65	16.7	14.4	0.813	Gaussian	0.036		
210624_1118	-9.17	0.17	-9.17	22.1	20.6	0.875	Gaussian	0.043		
210624_1118	-9.46	0.22	-9.46	14.8	12.9	0.817	Gaussian	0.063		
210626_1161	-9.02	0.1	-9.02	17.7	17.0	0.902	Gaussian	0.028	-9.25	0.16
210626_1161	-10.2	0.14	-10.20	16.5	14.3	0.815	Gaussian	0.037		
210626_1161	-8.72	0.17	-8.72	21.5	20.2	0.883	Gaussian	0.043		
210626_1161	-9.05	0.22	-9.05	14.7	12.9	0.820	Gaussian	0.064		
210627_1120	-8.71	0.1	-8.71	17.7	17.0	0.902	Gaussian	0.027	-8.93	0.16
210627_1120	-9.87	0.14	-9.87	16.6	14.4	0.815	Gaussian	0.036		
210627_1120	-8.45	0.17	-8.45	21.9	20.4	0.876	Gaussian	0.044		
210627_1120	-8.69	0.22	-8.69	14.8	12.9	0.820	Gaussian	0.063		
210628_1116	-8.32	0.1	-8.32	17.9	17.1	0.902	Gaussian	0.028	-8.55	0.16
210628_1116	-9.52	0.14	-9.52	16.9	14.6	0.814	Gaussian	0.036		

210628_1116	-8.05	0.18	-8.05	22.2	20.7	0.876	Gaussian	0.043		
210628_1116	-8.3	0.22	-8.30	14.8	13.0	0.825	Gaussian	0.063		
210628_1117	-8.32	0.1	-8.32	17.9	17.1	0.902	Gaussian	0.028	-8.57	0.16
210628_1117	-9.53	0.14	-9.53	16.8	14.6	0.816	Gaussian	0.036		
210628_1117	-8.09	0.18	-8.09	22.2	20.7	0.876	Gaussian	0.044		
210628_1117	-8.33	0.21	-8.33	14.8	13.0	0.825	Gaussian	0.063		
210629_1119	-8.11	0.1	-8.11	17.8	17.1	0.903	Gaussian	0.028	-8.34	0.16
210629_1119	-9.39	0.14	-9.39	16.8	14.7	0.822	Gaussian	0.037		
210629_1119	-7.85	0.18	-7.85	22.1	20.6	0.877	Gaussian	0.044		
210629_1119	-7.99	0.22	-7.99	14.6	12.8	0.823	Gaussian	0.065		
210630_1129	-7.76	0.1	-7.76	17.9	17.1	0.899	Gaussian	0.028	-8.02	0.16
210630_1129	-9.02	0.14	-9.02	16.8	14.7	0.820	Gaussian	0.035		
210630_1129	-7.54	0.18	-7.54	22.2	20.8	0.882	Gaussian	0.044		
210630_1129	-7.77	0.23	-7.77	14.9	12.9	0.815	Gaussian	0.066		
210702_1125	-7.15	0.1	-7.15	17.9	17.2	0.906	Gaussian	0.027	-7.42	0.16
210702_1125	-8.47	0.14	-8.47	16.8	14.8	0.827	Gaussian	0.035		
210702_1125	-6.98	0.18	-6.98	22.1	20.6	0.874	Gaussian	0.044		
210702_1125	-7.08	0.21	-7.08	14.9	13.2	0.832	Gaussian	0.06		
210707_1123	-5.08	0.11	-5.08	17.9	17.1	0.897	Gaussian	0.031	-5.38	0.16
210707_1123	-6.41	0.14	-6.41	17.0	14.9	0.824	Gaussian	0.036		
210707_1123	-4.94	0.18	-4.94	22.4	21.0	0.881	Gaussian	0.045		
210707_1123	-5.07	0.22	-5.07	14.9	13.2	0.831	Gaussian	0.064		

220119_1160	9.39	0.14	9.39	17.7	17.2	0.912	Gaussian	0.039	9.12	0.17
220119_1160	8.08	0.14	8.08	16.8	14.8	0.830	Gaussian	0.036		
220119_1160	9.53	0.18	9.53	22.1	20.9	0.888	Gaussian	0.047		
220119_1160	9.46	0.22	9.46	15.0	13.5	0.841	Gaussian	0.064		
220122_1161	6.67	0.14	6.67	17.7	17.2	0.912	Gaussian	0.038	6.44	0.17
220122_1161	5.44	0.14	5.44	16.9	14.7	0.819	Gaussian	0.036		
220122_1161	6.89	0.18	6.89	22.4	21.0	0.881	Gaussian	0.046		
220122_1161	6.77	0.22	6.77	15.1	13.4	0.835	Gaussian	0.064		
220125_1156	3.96	0.13	3.96	17.7	17.2	0.913	Gaussian	0.035	3.70	0.17
220125_1156	2.68	0.14	2.68	16.7	14.6	0.822	Gaussian	0.038		
220125_1156	4.16	0.19	4.16	22.6	21.1	0.874	Gaussian	0.047		
220125_1156	4	0.22	4.00	14.9	13.2	0.833	Gaussian	0.065		
220128_1163	1.15	0.12	1.15	17.7	17.2	0.918	Gaussian	0.032	0.96	0.17
220128_1163	0.01	0.15	0.01	16.7	14.7	0.828	Gaussian	0.038		
220128_1163	1.42	0.2	1.42	23.0	21.1	0.863	Gaussian	0.047		
220128_1163	1.27	0.22	1.27	14.9	13.1	0.829	Gaussian	0.065		
220131_1151	-1.47	0.11	-1.47	17.7	17.3	0.917	Gaussian	0.03	-1.66	0.17
220131_1151	-2.61	0.14	-2.61	16.7	14.6	0.825	Gaussian	0.037		
220131_1151	-1.16	0.19	-1.16	22.9	21.0	0.860	Gaussian	0.046		
220131_1151	-1.38	0.22	-1.38	14.8	13.0	0.823	Gaussian	0.065		
220202_1143	-2.99	0.1	-2.99	17.7	17.3	0.917	Gaussian	0.028		

220202_1143	-4.1	0.14	-4.10	16.6	14.6	0.824	Gaussian	0.036	-3.14	0.16
220202_1143	-2.63	0.19	-2.63	22.9	20.9	0.858	Gaussian	0.046		
220202_1143	-2.84	0.22	-2.84	14.8	13.0	0.824	Gaussian	0.065		
220205_1141	-5.15	0.1	-5.15	17.8	17.4	0.917	Gaussian	0.027	-5.29	0.16
220205_1141	-6.27	0.13	-6.27	16.5	14.4	0.819	Gaussian	0.035		
220205_1141	-4.76	0.19	-4.76	22.7	20.6	0.854	Gaussian	0.046		
220205_1141	-4.99	0.23	-4.99	14.6	12.7	0.817	Gaussian	0.067		
210118_1183									-2.21	0.33
210130_1148									-9.05	0.36
210130_1193									-9.21	0.37
210207_1162									-10.61	0.37
210320_1153									3.17	0.31
210320_1154									3.14	0.31
210320_1155									3.16	0.31
210320_1156									3.18	0.31
210320_1157									3.22	0.31
210320_1158									3.19	0.31
210427_1140									17.00	0.27
210427_1141									17.05	0.27
210428_1143									16.97	0.26
210430_1150									16.31	0.27
210501_1143									16.03	0.27
210505_1142									14.06	0.27
210511_1138									9.86	0.28
210524_1139									-1.74	0.31

210529_1146		-5.46	0.32
210605_1133		-8.91	0.33



EK 8 67 Mus yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi

67 Mus					
Lambda(A)	Atom No	Element	log gf	EW(mA)	Kaynaklar
4387.929	2.00	He I	-0.883	21.0	NBS
4471.498	2.00	He I	0.052	107.1	NBS
4921.931	2.00	He I	-0.435	49.5	NBS
5015.678	2.00	He I	-0.820	18.7	NBS
5047.738	2.00	He I	-1.602	40.9	NBS
4341.641	6.00	C I	-1.490	25.1	KP
4342.401	6.00	C I	-2.150	5.3	KP
4344.306	6.00	C I	-1.790	11.9	KP
4735.464	6.01	C II	-1.200	8.8	GUES
4737.966	6.01	C II	-1.000	13.2	GUES
4744.766	6.01	C II	-0.600	30.8	GUES
4747.279	6.01	C II	-1.000	13.2	GUES
4223.131	7.00	N I	-1.090	6.7	NBS
4224.879	7.00	N I	-1.490	5.1	NBS
5329.690	8.00	O I	-1.410	6.5	NBS
5330.741	8.00	O I	-1.120	11.9	NBS
5436.862	8.00	O I	-1.510	5.6	NBS
5167.321	12.00	Mg I	-1.030	17.0	KP
5172.684	12.00	Mg I	-0.402	66.6	KP
5183.604	12.00	Mg I	-0.180	75.1	KP
4384.637	12.01	Mg II	-0.790	30.0	KP
4390.572	12.01	Mg II	-0.530	41.6	KP
4427.994	12.01	Mg II	-1.210	18.4	KP
4433.988	12.01	Mg II	-0.910	20.8	KP
4436.491	12.01	Mg II	-0.890	8.0	KP
4851.099	12.01	Mg II	-0.680	9.3	KP
4663.046	13.01	Al II	-0.284	31.5	NBS
5258.842	14.00	Si I	-0.180	13.1	KP
5268.387	14.00	Si I	-0.580	5.8	KP
5333.241	14.00	Si I	-0.020	21.9	KP
5346.043	14.00	Si I	-0.800	9.5	KP
5404.665	14.00	Si I	-0.530	5.4	KP
4232.849	14.01	Si II	-1.000	13.6	GUES
5041.024	14.01	Si II	0.291	67.2	GUES
5055.984	14.01	Si II	0.593	73.9	GUES
5056.317	14.01	Si II	-0.359	51.5	GUES
4463.027	15.01	P II	0.026	16.3	MRB
4468.000	15.01	P II	-0.208	6.9	MRB
5378.192	15.01	P II	-0.062	8.2	MRB

5409.722	15.01	P II	-0.368	36.2	MRB
4924.110	16.01	S II	-0.059	7.2	MWRB
4925.343	16.01	S II	-0.235	7.9	MWRB
5009.567	16.01	S II	-0.094	10.0	MWRB
5014.042	16.01	S II	0.030	8.6	MWRB
5032.434	16.01	S II	0.282	13.4	MWRB
5212.267	16.01	S II	0.658	7.6	MWRB
5212.620	16.01	S II	0.658	7.6	MWRB
5428.655	16.01	S II	-0.012	7.6	MWRB
5432.797	16.01	S II	0.311	14.2	MWRB
4716.743	20.01	Ca II	-0.938	6.1	K88
4721.022	20.01	Ca II	-0.783	8.4	K88
4246.822	21.01	Sc II	0.320	54.4	MFW
4314.083	21.01	Sc II	-0.100	37.8	MFW
4320.732	21.01	Sc II	-0.260	37	MFW
4324.996	21.01	Sc II	-0.440	8.6	MFW
4374.457	21.01	Sc II	-0.440	13.2	MFW
4163.648	22.01	Ti II	-0.400	51.5	MFW
4171.910	22.01	Ti II	-0.560	50.3	MFW
4173.537	22.01	Ti II	-2.000	35.2	MFW
4174.072	22.01	Ti II	-1.250	17.4	MFW
4184.303	22.01	Ti II	-1.858	40.7	MFW
4287.872	22.01	Ti II	-2.020	33.3	MFW
4290.219	22.01	Ti II	-1.120	55.0	MFW
4294.099	22.01	Ti II	-1.110	56.2	MFW
4300.049	22.01	Ti II	-0.770	59.8	MFW
4301.914	22.01	Ti II	-1.160	54.1	MFW
4307.863	22.01	Ti II	-1.290	52.8	MFW
4312.864	22.01	Ti II	-1.160	54.7	MFW
4314.975	22.01	Ti II	-1.130	55.5	MFW
4316.799	22.01	Ti II	-1.420	34.9	MFW
4320.960	22.01	Ti II	-1.870	37.6	MFW
4330.245	22.01	Ti II	-1.401	37.2	MFW
4330.695	22.01	Ti II	-2.040	28.9	MFW
4337.260	22.01	Ti II	-2.052	15.8	MFW
4337.915	22.01	Ti II	-1.130	56.3	MFW
4341.364	22.01	Ti II	-2.280	37.7	MFW
4344.288	22.01	Ti II	-2.090	40.6	MFW
4350.834	22.01	Ti II	-1.400	37.1	MFW
4367.659	22.01	Ti II	-1.270	15.6	MFW
4374.815	22.01	Ti II	-1.290	40.8	MFW
4386.844	22.01	Ti II	-1.260	33.8	MFW
4394.051	22.01	Ti II	-1.590	47.0	MFW
4395.033	22.01	Ti II	-0.660	63.0	MFW

4395.850	22.01	Ti II	-2.170	15.8	MFW
4399.772	22.01	Ti II	-1.270	53.5	MFW
4411.074	22.01	Ti II	-1.060	19.7	MFW
4417.719	22.01	Ti II	-1.430	51.3	MFW
4421.938	22.01	Ti II	-1.770	15.4	MFW
4432.109	22.01	Ti II	-2.100	15.5	MFW
4443.794	22.01	Ti II	-0.700	63.2	MFW
4444.558	22.01	Ti II	-2.030	35.4	MFW
4450.482	22.01	Ti II	-1.450	52.0	MFW
4464.450	22.01	Ti II	-2.080	28.3	MFW
4468.507	22.01	Ti II	-0.600	64.4	MFW
4469.138	22.01	Ti II	-2.099	25.0	MFW
4488.331	22.01	Ti II	-0.820	35.8	MFW
4493.513	22.01	Ti II	-2.730	10.3	MFW
4529.474	22.01	Ti II	-2.030	14.3	MFW
4533.969	22.01	Ti II	-0.770	62.3	MFW
4545.133	22.01	Ti II	-1.869	40.9	MFW
4549.617	22.01	Ti II	-0.450	63.7	MFW
4563.761	22.01	Ti II	-0.960	60.1	MFW
4571.968	22.01	Ti II	-0.530	63.2	MFW
4589.958	22.01	Ti II	-1.790	42.9	MFW
4629.279	22.01	Ti II	-2.240	16.5	MFW
4657.206	22.01	Ti II	-2.150	26.5	MFW
4708.665	22.01	Ti II	-2.210	13.4	MFW
4779.985	22.01	Ti II	-1.370	45.3	MFW
4805.085	22.01	Ti II	-1.100	50.2	MFW
4855.906	22.01	Ti II	-1.325	16.1	MFW
4865.612	22.01	Ti II	-2.610	25.9	MFW
4874.014	22.01	Ti II	-0.790	41.8	MFW
4911.193	22.01	Ti II	-0.340	53.9	MFW
5010.212	22.01	Ti II	-1.336	11.4	K88
5013.677	22.01	Ti II	-1.935	19.5	K88
5072.281	22.01	Ti II	-0.750	43.4	K88
5154.070	22.01	Ti II	-1.920	30.7	K88
5185.913	22.01	Ti II	-1.350	49.2	K88
5188.680	22.01	Ti II	-1.210	57.8	K88
5211.536	22.01	Ti II	-1.356	31.3	K88
5226.543	22.01	Ti II	-1.300	56.1	K88
5262.137	22.01	Ti II	-2.106	15.0	K88
5268.615	22.01	Ti II	-1.620	10.2	K88
5336.771	22.01	Ti II	-1.700	43.0	K88
5381.015	22.01	Ti II	-2.080	15.9	K88
5396.558	22.01	Ti II	-1.770	17.0	K88
4254.336	24.00	Cr I	-0.114	53.5	MFW

4274.797	24.00	Cr I	-0.231	52.5	MFW
4289.717	24.00	Cr I	-0.361	51.1	MFW
4337.557	24.00	Cr I	-1.112	23.8	MFW
4339.399	24.00	Cr I	-0.864	35.2	MFW
4339.710	24.00	Cr I	-1.429	23.5	MFW
4340.127	24.00	Cr I	-0.770	17.4	MFW
4344.501	24.00	Cr I	-0.550	37.6	MFW
4351.811	24.00	Cr I	-0.440	42.0	MFW
4861.842	24.00	Cr I	-0.956	13.9	MFW
4870.797	24.00	Cr I	0.050	14.1	MFW
4887.013	24.00	Cr I	0.100	10.9	MFW
5204.511	24.00	Cr I	-0.208	52.0	MFW
5206.037	24.00	Cr I	0.019	57.1	MFW
5208.425	24.00	Cr I	0.158	59.3	MFW
5254.904	24.00	Cr I	-0.551	8.1	MFW
5264.153	24.00	Cr I	-1.290	14.9	MFW
5276.067	24.00	Cr I	-0.100	23.4	MFW
5297.377	24.00	Cr I	0.167	14.8	MFW
5328.323	24.00	Cr I	0.460	36.9	MFW
5345.796	24.00	Cr I	-0.980	9.4	MFW
5409.784	24.00	Cr I	-0.720	28.5	MFW
4161.075	24.01	Cr II	-2.466	25.6	K88
4170.614	24.01	Cr II	-3.051	45.1	K88
4172.591	24.01	Cr II	-2.356	55.0	K88
4179.421	24.01	Cr II	-1.773	56.4	K88
4181.513	24.01	Cr II	-2.499	13.5	K88
4195.417	24.01	Cr II	-2.318	31.7	K88
4207.363	24.01	Cr II	-2.475	47.0	K88
4209.807	24.01	Cr II	-1.811	39.6	K88
4215.738	24.01	Cr II	-2.629	51.5	K88
4217.056	24.01	Cr II	-2.809	49.6	K88
4221.996	24.01	Cr II	-1.927	35.9	K88
4224.087	24.01	Cr II	-3.526	17.3	K88
4224.860	24.01	Cr II	-1.726	44.9	K88
4229.811	24.01	Cr II	-3.324	30.3	K88
4233.243	24.01	Cr II	-2.115	52.7	K88
4236.379	24.01	Cr II	-3.302	39.4	K88
4238.725	24.01	Cr II	-4.044	8.5	K88
4242.364	24.01	Cr II	-0.590	160.8	K88
4246.409	24.01	Cr II	-3.218	29.4	K88
4246.932	24.01	Cr II	-1.772	6.3	K88
4252.632	24.01	Cr II	-2.018	54.1	K88
4256.108	24.01	Cr II	-1.394	38.7	K88
4257.415	24.01	Cr II	-1.360	15.3	K88

4266.180	24.01	Cr II	-3.682	8.5	K88
4268.883	24.01	Cr II	-1.570	35.1	K88
4269.277	24.01	Cr II	-2.167	52.7	K88
4271.866	24.01	Cr II	-1.461	10.1	K88
4275.567	24.01	Cr II	-1.709	58.1	K88
4277.314	24.01	Cr II	-1.445	12.2	K88
4280.325	24.01	Cr II	-3.670	26.3	K88
4281.049	24.01	Cr II	-3.392	37.1	K88
4284.188	24.01	Cr II	-1.864	56.6	K88
4284.687	24.01	Cr II	-1.620	7.3	K88
4295.218	24.01	Cr II	-1.538	8.6	K88
4299.864	24.01	Cr II	-1.365	18.7	K88
4303.562	24.01	Cr II	-2.283	32.4	K88
4306.916	24.01	Cr II	-1.185	49.5	K88
4309.790	24.01	Cr II	-1.334	19.9	K88
4314.986	24.01	Cr II	-1.663	18.2	K88
4318.697	24.01	Cr II	-3.655	8.9	K88
4334.304	24.01	Cr II	-0.180	6.4	K88
4341.072	24.01	Cr II	-1.870	42.4	K88
4352.607	24.01	Cr II	-3.258	23.8	K88
4362.924	24.01	Cr II	-1.887	38.8	K88
4368.107	24.01	Cr II	-3.015	35.1	K88
4371.025	24.01	Cr II	-1.543	19.1	K88
4391.791	24.01	Cr II	-2.598	26.9	K88
4419.768	24.01	Cr II	-0.148	6.8	K88
4424.866	24.01	Cr II	-0.121	7.0	K88
4430.429	24.01	Cr II	-2.317	29.0	K88
4465.731	24.01	Cr II	-1.183	44.8	K88
4471.239	24.01	Cr II	-3.713	7.5	K88
4511.775	24.01	Cr II	-1.370	41.2	K88
4514.459	24.01	Cr II	-2.845	8.4	K88
4523.074	24.01	Cr II	-2.789	8.0	K88
4531.825	24.01	Cr II	-1.186	28.4	K88
4533.983	24.01	Cr II	-2.632	21.5	K88
4539.595	24.01	Cr II	-2.530	47.3	K88
4544.689	24.01	Cr II	-4.022	8.5	K88
4546.623	24.01	Cr II	-1.179	26.3	K88
4549.965	24.01	Cr II	-1.266	21.2	K88
4554.988	24.01	Cr II	-1.380	63.8	MFW
4558.309	24.01	Cr II	-1.364	14.0	MFW
4564.270	24.01	Cr II	-1.274	22.9	MFW
4565.740	24.01	Cr II	-2.110	55.0	MFW
4571.241	24.01	Cr II	-4.178	6.2	MFW
4577.419	24.01	Cr II	-1.420	12.2	MFW

4587.264	24.01	Cr II	-1.650	34.0	MFW
4588.199	24.01	Cr II	-0.630	149.2	MFW
4588.624	24.01	Cr II	-1.706	5.9	MFW
4589.962	24.01	Cr II	-1.920	6.7	MFW
4592.049	24.01	Cr II	-1.220	70.0	MFW
4604.460	24.01	Cr II	-1.479	9.3	MFW
4604.861	24.01	Cr II	-2.115	32.4	MFW
4616.241	24.01	Cr II	-1.639	46.8	MFW
4616.629	24.01	Cr II	-1.290	65.5	MFW
4618.803	24.01	Cr II	-1.110	80.0	MFW
4634.070	24.01	Cr II	-1.240	62.9	MFW
4658.209	24.01	Cr II	-1.347	13.3	MFW
4669.379	24.01	Cr II	-1.573	8.2	MFW
4670.400	24.01	Cr II	-2.385	18.0	MFW
4671.354	24.01	Cr II	-2.010	37.2	MFW
4695.762	24.01	Cr II	-1.887	12.1	MFW
4697.598	24.01	Cr II	-1.880	41.5	MFW
4701.608	24.01	Cr II	-3.494	11.6	MFW
4710.782	24.01	Cr II	-2.571	6.1	MFW
4713.258	24.01	Cr II	-2.329	17.8	MFW
4713.965	24.01	Cr II	-3.559	10.1	MFW
4715.092	24.01	Cr II	-2.310	25.4	MFW
4723.340	24.01	Cr II	-2.705	43.2	MFW
4736.999	24.01	Cr II	-2.782	38.8	MFW
4742.162	24.01	Cr II	-3.125	26.6	MFW
4761.428	24.01	Cr II	-2.542	20.6	MFW
4765.110	24.01	Cr II	-2.719	10.6	MFW
4779.053	24.01	Cr II	-1.925	39.5	MFW
4793.124	24.01	Cr II	-2.431	8.6	MFW
4812.337	24.01	Cr II	-1.800	63.7	MFW
4815.304	24.01	Cr II	-2.097	7.3	MFW
4824.127	24.01	Cr II	-1.220	92.1	MFW
4836.229	24.01	Cr II	-2.250	57.5	MFW
4848.235	24.01	Cr II	-1.140	102.1	MFW
4856.186	24.01	Cr II	-2.260	57.5	MFW
4857.595	24.01	Cr II	-2.182	12.3	MFW
4860.202	24.01	Cr II	-2.048	60.8	MFW
4864.326	24.01	Cr II	-1.372	73.9	MFW
4884.607	24.01	Cr II	-2.080	60.7	MFW
4888.111	24.01	Cr II	-1.472	7.3	MFW
4891.485	24.01	Cr II	-3.044	43.2	MFW
4896.054	24.01	Cr II	-2.463	8.0	MFW
4901.623	24.01	Cr II	-0.826	54.7	MFW
4903.765	24.01	Cr II	-1.201	14.4	MFW

4912.462	24.01	Cr II	-0.948	53.0	MFW
4917.062	24.01	Cr II	-1.546	6.2	MFW
4918.069	24.01	Cr II	-2.386	10.8	MFW
4920.230	24.01	Cr II	-2.488	53.5	K88
4923.196	24.01	Cr II	-1.399	9.3	K88
4940.981	24.01	Cr II	-3.091	32.1	K88
4952.794	24.01	Cr II	-1.436	45.4	K88
4990.441	24.01	Cr II	-2.377	12.8	K88
4996.040	24.01	Cr II	-1.314	11.9	K88
5024.520	24.01	Cr II	-1.541	43.1	K88
5044.196	24.01	Cr II	-1.427	8.6	K88
5046.429	24.01	Cr II	-1.644	8.1	K88
5075.263	24.01	Cr II	-2.375	30.2	K88
5076.147	24.01	Cr II	-1.781	22.1	K88
5085.658	24.01	Cr II	-2.244	23.2	K88
5091.123	24.01	Cr II	-2.055	15.9	K88
5097.311	24.01	Cr II	-2.640	53.7	K88
5110.512	24.01	Cr II	-2.474	6.3	K88
5116.049	24.01	Cr II	-3.630	16.4	K88
5117.408	24.01	Cr II	-2.477	5.6	K88
5121.078	24.01	Cr II	-1.818	18.9	K88
5126.934	24.01	Cr II	-2.874	6.0	K88
5137.088	24.01	Cr II	-1.532	33.8	K88
5142.486	24.01	Cr II	-2.194	13.8	K88
5143.000	24.01	Cr II	-1.548	10.0	K88
5153.499	24.01	Cr II	-2.696	52.1	K88
5174.850	24.01	Cr II	-2.214	10.2	K88
5191.428	24.01	Cr II	-3.362	34.7	K88
5199.523	24.01	Cr II	-0.610	6.4	K88
5202.567	24.01	Cr II	-2.178	14.4	K88
5229.170	24.01	Cr II	-0.106	19.3	K88
5232.496	24.01	Cr II	-2.093	62.1	K88
5236.508	24.01	Cr II	-1.963	20.1	K88
5238.198	24.01	Cr II	-2.357	6.7	K88
5241.420	24.01	Cr II	-0.586	6.3	K88
5243.457	24.01	Cr II	-3.451	16.6	K88
5246.768	24.01	Cr II	-2.450	59.5	K88
5249.437	24.01	Cr II	-2.426	59.5	K88
5250.137	24.01	Cr II	-0.421	8.6	K88
5254.290	24.01	Cr II	-0.422	8.7	K88
5266.406	24.01	Cr II	0.027	23.5	K88
5267.030	24.01	Cr II	-3.324	24.3	K88
5267.460	24.01	Cr II	-1.894	12.4	K88
5273.640	24.01	Cr II	0.186	21.6	K88

5274.964	24.01	Cr II	-1.290	77.8	K88
5283.917	24.01	Cr II	-2.230	9.7	K88
5284.495	24.01	Cr II	-0.167	14.3	K88
5308.408	24.01	Cr II	-1.810	67.6	K88
5310.687	24.01	Cr II	-2.280	59.3	K88
5313.563	24.01	Cr II	-1.650	70.0	MFW
5313.907	24.01	Cr II	-0.418	8.6	MFW
5316.287	24.01	Cr II	-1.957	10.8	MFW
5318.382	24.01	Cr II	-3.128	40.3	MFW
5322.159	24.01	Cr II	-0.461	8.1	MFW
5324.294	24.01	Cr II	-0.114	16.5	MFW
5328.292	24.01	Cr II	-0.086	16.7	MFW
5328.713	24.01	Cr II	-0.562	6.2	MFW
5329.431	24.01	Cr II	0.326	25.4	MFW
5334.414	24.01	Cr II	-0.205	13.6	MFW
5334.869	24.01	Cr II	-1.562	71.4	MFW
5337.772	24.01	Cr II	-2.029	64.1	MFW
5342.521	24.01	Cr II	0.101	31.6	MFW
5346.067	24.01	Cr II	-2.650	54.3	MFW
5346.538	24.01	Cr II	-2.948	46.8	MFW
5351.309	24.01	Cr II	-0.359	9.7	MFW
5355.064	24.01	Cr II	-0.088	17.9	MFW
5357.567	24.01	Cr II	-0.315	10.6	MFW
5357.929	24.01	Cr II	0.048	26.1	MFW
5363.876	24.01	Cr II	0.028	25.4	MFW
5366.655	24.01	Cr II	0.121	14.9	MFW
5367.649	24.01	Cr II	-0.362	9.5	MFW
5370.164	24.01	Cr II	0.319	25.0	MFW
5388.977	24.01	Cr II	-0.471	7.7	MFW
5390.866	24.01	Cr II	1.091	46.2	MFW
5391.313	24.01	Cr II	0.483	31.3	MFW
5394.799	24.01	Cr II	-2.507	8.0	MFW
5396.537	24.01	Cr II	0.698	37.2	MFW
5396.890	24.01	Cr II	-3.592	6.3	MFW
5397.805	24.01	Cr II	0.842	41.0	MFW
5398.274	24.01	Cr II	-0.136	15.3	MFW
5399.484	24.01	Cr II	-0.241	12.4	MFW
5400.418	24.01	Cr II	-2.903	30.3	MFW
5402.201	24.01	Cr II	-0.388	9.1	MFW
5407.604	24.01	Cr II	-2.088	66.8	MFW
5409.189	24.01	Cr II	0.334	25.9	MFW
5410.574	24.01	Cr II	-3.613	13.5	MFW
5414.090	24.01	Cr II	-0.508	6.3	MFW
5414.862	24.01	Cr II	-1.780	25.0	MFW

5415.874	24.01	Cr II	-0.309	10.6	MFW
5419.409	24.01	Cr II	-3.583	22.9	MFW
5420.922	24.01	Cr II	-2.360	62.5	MFW
5426.955	24.01	Cr II	-0.246	12.0	MFW
4205.381	25.01	Mn II	-3.376	18.7	K88
4206.367	25.01	Mn II	-1.566	19.6	K88
4238.791	25.01	Mn II	-3.626	29.2	K88
4242.333	25.01	Mn II	-1.262	29.2	K88
4244.248	25.01	Mn II	-2.396	21.3	K88
4251.717	25.01	Mn II	-1.058	30.1	K88
4252.963	25.01	Mn II	-1.138	20.7	K88
4259.200	25.01	Mn II	-1.589	18.6	K88
4260.467	25.01	Mn II	-4.246	17.2	K88
4282.490	25.01	Mn II	-1.679	21.8	K88
4308.158	25.01	Mn II	-1.723	17.2	K88
4326.639	25.01	Mn II	-1.254	31.4	K88
4338.367	25.01	Mn II	-2.090	20.5	K88
4342.583	25.01	Mn II	-1.977	10.3	K88
4343.981	25.01	Mn II	-1.095	36.7	K88
4345.593	25.01	Mn II	-2.164	8.9	K88
4346.391	25.01	Mn II	-1.544	9.6	K88
4348.398	25.01	Mn II	-1.500	22.8	K88
4356.621	25.01	Mn II	-2.026	8.2	K88
4363.255	25.01	Mn II	-1.909	9.0	K88
4365.217	25.01	Mn II	-1.350	9.4	K88
4377.767	25.01	Mn II	-2.144	6.3	K88
4379.669	25.01	Mn II	-1.850	11.7	K88
4434.067	25.01	Mn II	-1.514	6.7	K88
4478.637	25.01	Mn II	-0.950	18.7	K88
4755.727	25.01	Mn II	-1.242	32.0	K88
4764.728	25.01	Mn II	-1.351	29.1	K88
5295.412	25.01	Mn II	0.360	14.1	K88
5297.056	25.01	Mn II	0.623	30.0	K88
5299.386	25.01	Mn II	0.827	23.1	K88
5302.431	25.01	Mn II	0.997	29.3	K88
4153.900	26.00	Fe I	-0.270	21.5	FMW
4154.805	26.00	Fe I	-0.370	22.5	FMW
4156.799	26.00	Fe I	-0.620	12.8	FMW
4157.780	26.00	Fe I	-0.403	16.4	FMW
4158.792	26.00	Fe I	-0.670	7.3	FMW
4163.668	26.00	Fe I	-1.587	8.4	FMW
4175.636	26.00	Fe I	-0.670	24.8	FMW
4176.566	26.00	Fe I	-0.620	8.5	FMW
4181.755	26.00	Fe I	-0.180	40.3	FMW

4184.891	26.00	Fe I	-0.860	8.7	FMW
4187.039	26.00	Fe I	-0.548	36.7	FMW
4187.795	26.00	Fe I	-0.554	36.8	FMW
4188.731	26.00	Fe I	-0.235	7.6	FMW
4191.430	26.00	Fe I	-0.666	33.2	FMW
4195.329	26.00	Fe I	-0.492	14.2	O
4198.304	26.00	Fe I	-0.719	31.3	FMW
4198.634	26.00	Fe I	-0.760	15.7	FMW
4199.095	26.00	Fe I	0.250	45.2	FMW
4202.029	26.00	Fe I	-0.708	44.9	FMW
4203.938	26.00	Fe I	-0.350	13.8	FMW
4208.604	26.00	Fe I	-1.758	6.2	FMW
4210.343	26.00	Fe I	-0.870	16.2	FMW
4222.213	26.00	Fe I	-0.967	12.2	FMW
4225.454	26.00	Fe I	-0.500	10.4	FMW
4227.427	26.00	Fe I	0.230	42.7	FMW
4238.023	26.00	Fe I	-1.216	19.4	FMW
4271.760	26.00	Fe I	-0.164	51.8	FMW
4309.374	26.00	Fe I	-1.180	4.0	FMW
4315.085	26.00	Fe I	-0.970	17.5	FMW
4337.239	26.00	Fe I	-0.691	8.1	FMW
4343.271	26.00	Fe I	-1.700	6.3	FMW
4375.930	26.00	Fe I	-3.031	6.8	FMW
4384.270	26.00	Fe I	-0.996	7.2	K94
4388.407	26.00	Fe I	-0.590	7.1	K94
4466.551	26.00	Fe I	-0.590	30.0	K94
4469.376	26.00	Fe I	-0.260	22.5	K94
4476.019	26.00	Fe I	-0.570	27.8	K94
4494.563	26.00	Fe I	-1.136	13.1	K94
4525.137	26.00	Fe I	-0.340	19.0	K94
4547.847	26.00	Fe I	-0.780	5.0	K94
4556.126	26.00	Fe I	-0.787	4.6	K94
4611.279	26.00	Fe I	-0.670	5.6	K94
4616.600	26.00	Fe I	-0.991	6.3	K94
4678.846	26.00	Fe I	-0.660	5.9	K94
4736.773	26.00	Fe I	-0.740	10.1	K94
4871.318	26.00	Fe I	-0.410	38.5	K94
4878.211	26.00	Fe I	-1.010	10.7	K94
4890.755	26.00	Fe I	-0.430	38.1	K94
4891.492	26.00	Fe I	-0.140	46.8	K94
4903.310	26.00	Fe I	-1.080	6.8	K94
4918.994	26.00	Fe I	-0.370	39.6	K94
4920.502	26.00	Fe I	0.060	50.5	K94
4938.814	26.00	Fe I	-1.077	6.9	K94

4957.298	26.00	Fe I	-0.342	41.7	K94
4966.088	26.00	Fe I	-0.890	6.4	K94
4967.897	26.00	Fe I	-0.534	5.7	K94
4978.692	26.00	Fe I	-0.455	7.5	K94
4982.499	26.00	Fe I	0.164	33.0	K94
4983.250	26.00	Fe I	-0.111	14.5	K94
4983.853	26.00	Fe I	-0.050	19.0	K94
4985.253	26.00	Fe I	-0.560	7.0	K94
5021.590	26.00	Fe I	-0.677	6.4	O
5022.236	26.00	Fe I	-0.530	7.0	FMW
5027.123	26.00	Fe I	-0.530	4.4	FMW
5049.820	26.00	Fe I	-1.420	6.1	FMW
5090.773	26.00	Fe I	-0.400	6.9	FMW
5096.998	26.00	Fe I	-0.196	13.5	FMW
5125.117	26.00	Fe I	-0.140	16.8	FMW
5125.837	26.00	Fe I	-0.478	6.6	FMW
5133.688	26.00	Fe I	0.140	31.5	FMW
5137.382	26.00	Fe I	-0.400	7.4	FMW
5162.273	26.00	Fe I	0.020	24.4	FMW
5165.410	26.00	Fe I	-0.026	16.1	FMW
5167.488	26.00	Fe I	-1.260	38.0	FMW
5171.596	26.00	Fe I	-1.793	8.6	FMW
5191.454	26.00	Fe I	-0.551	35.6	FMW
5192.344	26.00	Fe I	-0.421	36.1	FMW
5195.472	26.00	Fe I	0.018	23.3	FMW
5208.594	26.00	Fe I	-0.980	5.7	FMW
5215.180	26.00	Fe I	-0.967	5.7	FMW
5232.940	26.00	Fe I	-0.190	46.1	FMW
5242.491	26.00	Fe I	-0.840	5.1	FMW
5263.306	26.00	Fe I	-0.970	5.6	FMW
5269.537	26.00	Fe I	-1.321	48.7	FMW
5273.164	26.00	Fe I	-1.037	4.8	FMW
5281.790	26.00	Fe I	-1.020	6.3	FMW
5292.597	26.00	Fe I	-0.031	7.0	FMW
5328.039	26.00	Fe I	-1.466	43.2	FMW
5339.929	26.00	Fe I	-0.680	19.3	FMW
5364.871	26.00	Fe I	0.220	26.5	FMW
5400.501	26.00	Fe I	-0.160	12.6	FMW
5404.117	26.00	Fe I	0.540	45.8	FMW
5405.775	26.00	Fe I	-1.844	13.7	FMW
5410.910	26.00	Fe I	0.280	31.2	FMW
5415.199	26.00	Fe I	0.500	43.2	FMW
5424.068	26.00	Fe I	0.520	44.6	FMW
5429.696	26.00	Fe I	-1.879	18.0	FMW

5434.524	26.00	Fe I	-2.122	4.8	FMW
4155.774	26.01	Fe II	-2.762	4.9	FMW
4160.623	26.01	Fe II	-5.036	8.9	FMW
4164.809	26.01	Fe II	-3.288	7.8	FMW
4167.299	26.01	Fe II	-0.557	22.1	FMW
4171.369	26.01	Fe II	-2.767	4.6	FMW
4173.461	26.01	Fe II	-2.180	109.5	FMW
4177.692	26.01	Fe II	-3.753	42.2	FMW
4178.442	26.01	Fe II	-3.542	5.7	FMW
4178.862	26.01	Fe II	-2.480	65.6	FMW
4180.981	26.01	Fe II	-1.840	50.5	FMW
4181.257	26.01	Fe II	-1.094	5.7	K88
4182.689	26.01	Fe II	-3.663	13.2	K88
4183.200	26.01	Fe II	-4.873	6.2	K88
4184.285	26.01	Fe II	-4.807	16.4	K88
4184.821	26.01	Fe II	-0.929	8.4	K88
4193.630	26.01	Fe II	-1.113	5.4	K88
4199.093	26.01	Fe II	-3.989	13.4	K88
4199.491	26.01	Fe II	-0.226	22.0	K88
4200.521	26.01	Fe II	-0.303	19.0	K88
4202.522	26.01	Fe II	-2.333	18.8	K88
4202.859	26.01	Fe II	-2.613	15.4	K88
4203.547	26.01	Fe II	-0.895	10.7	K88
4204.481	26.01	Fe II	-2.758	5.3	K88
4205.595	26.01	Fe II	-0.302	11.4	K88
4208.167	26.01	Fe II	-1.222	5.4	K88
4213.518	26.01	Fe II	-2.212	14.2	K88
4217.899	26.01	Fe II	-0.976	7.0	K88
4221.396	26.01	Fe II	-3.073	10.2	K88
4222.881	26.01	Fe II	-1.229	5.5	K88
4229.369	26.01	Fe II	-2.529	6.8	K88
4235.394	26.01	Fe II	-0.758	12.4	K88
4238.819	26.01	Fe II	-2.725	21.1	K88
4240.493	26.01	Fe II	-0.955	7.4	K88
4246.222	26.01	Fe II	-0.956	9.1	K88
4250.437	26.01	Fe II	-1.746	23.5	K88
4252.385	26.01	Fe II	-1.159	5.1	K88
4258.340	26.01	Fe II	-4.131	30.9	K88
4263.869	26.01	Fe II	-1.712	24.3	K88
4265.889	26.01	Fe II	-2.559	6.9	K88
4273.326	26.01	Fe II	-3.258	49.3	K88
4278.159	26.01	Fe II	-3.816	39.8	K88
4282.598	26.01	Fe II	-2.736	4.9	K88
4285.716	26.01	Fe II	-2.619	5.4	K88

4286.280	26.01	Fe II	-1.622	26.6	K88
4288.558	26.01	Fe II	-2.554	7.0	K88
4296.572	26.01	Fe II	-3.010	53.0	K88
4300.656	26.01	Fe II	-2.552	6.1	K88
4303.176	26.01	Fe II	-2.490	69.3	K88
4312.988	26.01	Fe II	-1.712	23.4	K88
4314.979	26.01	Fe II	-3.103	35.5	K88
4318.188	26.01	Fe II	-1.981	26.1	K88
4319.413	26.01	Fe II	-2.119	23.0	K88
4319.680	26.01	Fe II	-1.758	21.2	K88
4321.309	26.01	Fe II	-1.830	18.1	K88
4324.191	26.01	Fe II	-2.705	5.2	K88
4332.881	26.01	Fe II	-4.730	13.5	K88
4333.787	26.01	Fe II	-2.393	27.9	K88
4338.703	26.01	Fe II	-4.102	36.9	K88
4343.275	26.01	Fe II	-2.184	33.7	K88
4347.995	26.01	Fe II	-3.685	14.6	K88
4351.769	26.01	Fe II	-2.100	117.7	K88
4354.344	26.01	Fe II	-1.395	31.9	K88
4357.584	26.01	Fe II	-2.113	34.7	K88
4358.162	26.01	Fe II	-1.686	5.8	K88
4361.247	26.01	Fe II	-2.114	33.9	K88
4369.411	26.01	Fe II	-3.670	42.4	K88
4372.222	26.01	Fe II	-4.381	20.8	K88
4377.340	26.01	Fe II	-2.757	11.0	K88
4379.500	26.01	Fe II	-3.759	8.7	K88
4380.740	26.01	Fe II	-3.919	6.3	K88
4385.387	26.01	Fe II	-2.570	59.0	K88
4386.585	26.01	Fe II	-4.945	6.8	K88
4397.931	26.01	Fe II	-3.654	6.0	K88
4402.877	26.01	Fe II	-2.721	15.1	K88
4406.673	26.01	Fe II	-0.907	7.4	K88
4413.601	26.01	Fe II	-3.870	41.2	K88
4416.830	26.01	Fe II	-2.600	58.4	K88
4418.957	26.01	Fe II	-1.839	15.6	K88
4427.945	26.01	Fe II	-1.825	5.6	K88
4431.605	26.01	Fe II	-1.767	18.0	K88
4435.270	26.01	Fe II	-0.675	7.9	K88
4440.430	26.01	Fe II	-2.905	8.3	K88
4440.766	26.01	Fe II	-2.466	6.6	K88
4445.261	26.01	Fe II	-0.677	13.7	K88
4446.237	26.01	Fe II	-2.439	28.7	K88
4447.504	26.01	Fe II	-0.923	7.9	K88
4448.521	26.01	Fe II	-0.595	15.9	K88

4449.616	26.01	Fe II	-1.589	24.6	K88
4450.305	26.01	Fe II	-2.899	15.0	K88
4451.551	26.01	Fe II	-1.844	40.8	K88
4451.975	26.01	Fe II	-0.742	9.8	K88
4453.205	26.01	Fe II	-2.162	17.9	K88
4455.266	26.01	Fe II	-2.143	32.7	K88
4459.684	26.01	Fe II	-0.979	6.5	K88
4460.898	26.01	Fe II	-0.810	9.2	K88
4461.439	26.01	Fe II	-4.114	33.9	K88
4461.706	26.01	Fe II	-2.046	35.0	K88
4467.931	26.01	Fe II	-2.327	8.8	K88
4469.620	26.01	Fe II	-1.764	5.0	K88
4471.273	26.01	Fe II	-2.194	13.9	K88
4472.086	26.01	Fe II	-1.791	5.4	K88
4472.622	26.01	Fe II	-2.340	11.1	K88
4472.929	26.01	Fe II	-3.430	46.6	K88
4474.164	26.01	Fe II	-3.139	18.0	K88
4480.688	26.01	Fe II	-2.389	26.0	K88
4485.978	26.01	Fe II	-2.361	7.8	K88
4487.497	26.01	Fe II	-2.141	18.7	K88
4489.183	26.01	Fe II	-2.970	54.6	K88
4491.405	26.01	Fe II	-2.700	57.8	K88
4504.343	26.01	Fe II	-3.266	6.1	K88
4507.102	26.01	Fe II	-1.918	15.4	K88
4508.288	26.01	Fe II	-2.210	95.3	K88
4510.513	26.01	Fe II	-2.925	13.8	K88
4512.056	26.01	Fe II	-2.182	16.5	K88
4512.398	26.01	Fe II	-2.612	5.7	K88
4515.339	26.01	Fe II	-2.480	60.4	K88
4515.609	26.01	Fe II	-2.736	26.9	K88
4520.224	26.01	Fe II	-2.600	59.5	K88
4522.634	26.01	Fe II	-2.030	119.4	K88
4524.493	26.01	Fe II	-2.878	15.7	K88
4525.034	26.01	Fe II	-3.056	10.3	K88
4529.569	26.01	Fe II	-3.186	15.3	K88
4533.732	26.01	Fe II	-3.345	5.2	K88
4534.168	26.01	Fe II	-3.470	47.0	K88
4541.058	26.01	Fe II	-2.484	8.1	K88
4541.524	26.01	Fe II	-3.050	53.8	K88
4545.148	26.01	Fe II	-2.461	7.2	K88
4547.260	26.01	Fe II	-1.781	6.8	K88
4549.192	26.01	Fe II	-1.870	42.5	K88
4549.474	26.01	Fe II	-1.750	174.3	K88
4550.647	26.01	Fe II	-1.059	5.8	K88

4553.252	26.01	Fe II	-2.602	18.5	K88
4555.893	26.01	Fe II	-2.290	75.9	K88
4556.392	26.01	Fe II	-2.233	14.0	K88
4559.554	26.01	Fe II	-2.573	5.9	K88
4563.127	26.01	Fe II	-2.497	6.9	K88
4576.340	26.01	Fe II	-3.040	54.4	K88
4579.527	26.01	Fe II	-2.508	22.1	K88
4580.063	26.01	Fe II	-3.725	45.5	K88
4583.999	26.01	Fe II	-4.216	25.6	K88
4591.004	26.01	Fe II	-2.248	11.3	K88
4593.606	26.01	Fe II	-2.413	9.2	K88
4595.682	26.01	Fe II	-4.255	19.4	K88
4596.015	26.01	Fe II	-1.837	40.4	K88
4598.494	26.01	Fe II	-1.497	28.5	K88
4601.378	26.01	Fe II	-4.428	23.8	K88
4605.370	26.01	Fe II	-2.224	11.6	K88
4610.594	26.01	Fe II	-3.545	6.2	K88
4612.283	26.01	Fe II	-3.074	5.3	K88
4614.551	26.01	Fe II	-2.570	6.6	K88
4619.628	26.01	Fe II	-2.140	17.5	K88
4620.521	26.01	Fe II	-3.280	51.5	K88
4625.481	26.01	Fe II	-2.070	17.0	K88
4625.893	26.01	Fe II	-2.202	35.2	K88
4628.786	26.01	Fe II	-1.737	20.7	K88
4629.339	26.01	Fe II	-2.370	71.0	K88
4631.873	26.01	Fe II	-1.873	14.5	K88
4634.371	26.01	Fe II	-2.431	7.6	K88
4635.316	26.01	Fe II	-1.650	47.0	K88
4638.050	26.01	Fe II	-1.518	29.3	K88
4640.812	26.01	Fe II	-1.880	18.2	K88
4648.235	26.01	Fe II	-4.853	5.1	K88
4648.944	26.01	Fe II	-4.389	18.4	K88
4652.216	26.01	Fe II	-2.174	12.8	K88
4656.981	26.01	Fe II	-3.630	42.7	K88
4663.708	26.01	Fe II	-4.265	17.9	K88
4665.805	26.01	Fe II	-4.918	6.2	K88
4666.758	26.01	Fe II	-3.330	50.6	K88
4668.923	26.01	Fe II	-2.504	6.5	K88
4670.182	26.01	Fe II	-4.100	36.2	K88
4688.785	26.01	Fe II	-2.599	5.5	K88
4709.634	26.01	Fe II	-2.865	8.3	K88
4713.193	26.01	Fe II	-4.932	5.6	K88
4720.149	26.01	Fe II	-4.750	5.5	K88
4728.185	26.01	Fe II	-2.583	5.0	K88

4731.453	26.01	Fe II	-3.360	50.2	K88
4760.169	26.01	Fe II	-3.553	6.0	K88
4768.550	26.01	Fe II	-2.594	6.0	K88
4780.021	26.01	Fe II	-2.493	6.1	K88
4804.718	26.01	Fe II	-2.393	9.2	K88
4810.745	26.01	Fe II	-3.227	13.9	K88
4815.446	26.01	Fe II	-2.312	7.5	K88
4824.198	26.01	Fe II	-1.215	7.9	K88
4824.838	26.01	Fe II	-1.893	17.9	K88
4825.736	26.01	Fe II	-4.829	9.1	K88
4826.142	26.01	Fe II	-1.307	7.1	K88
4826.683	26.01	Fe II	-0.442	23.3	K88
4831.202	26.01	Fe II	-2.771	6.6	K88
4833.197	26.01	Fe II	-4.780	8.4	K88
4836.951	26.01	Fe II	-1.954	15.2	K88
4838.552	26.01	Fe II	-1.443	5.4	K88
4839.998	26.01	Fe II	-4.900	7.5	K88
4843.294	26.01	Fe II	-2.158	18.4	K88
4845.353	26.01	Fe II	-2.094	10.2	K88
4846.480	26.01	Fe II	-5.075	5.1	K88
4855.548	26.01	Fe II	-4.270	29.8	K88
4859.031	26.01	Fe II	-1.062	6.7	K88
4860.677	26.01	Fe II	-0.293	24.1	K88
4866.206	26.01	Fe II	-0.734	15.1	K88
4868.806	26.01	Fe II	-5.155	5.8	K88
4871.277	26.01	Fe II	-4.058	36.5	K88
4880.871	26.01	Fe II	-2.680	5.7	K88
4883.287	26.01	Fe II	-0.642	17.2	K88
4892.295	26.01	Fe II	-2.974	7.2	K88
4893.820	26.01	Fe II	-4.450	21.8	K88
4901.056	26.01	Fe II	-0.986	13.5	K88
4908.151	26.01	Fe II	-0.304	27.5	K88
4913.292	26.01	Fe II	0.012	34.2	K88
4922.192	26.01	Fe II	-0.811	15.4	K88
4923.927	26.01	Fe II	-1.320	272.1	K88
4924.921	26.01	Fe II	-4.749	6.0	K88
4937.078	26.01	Fe II	-0.998	13.6	K88
4942.177	26.01	Fe II	-1.419	5.7	K88
4945.062	26.01	Fe II	-1.482	5.2	K88
4946.905	26.01	Fe II	-1.197	8.5	K88
4948.793	26.01	Fe II	-0.008	32.9	K88
4950.429	26.01	Fe II	-3.609	5.8	K88
4951.584	26.01	Fe II	0.175	38.0	K88
4952.657	26.01	Fe II	-0.654	13.7	K88

4953.987	26.01	Fe II	-2.757	25.1	K88
4958.822	26.01	Fe II	-0.645	25.2	K88
4959.562	26.01	Fe II	-1.223	7.8	K88
4969.365	26.01	Fe II	-0.767	20.7	K88
4974.218	26.01	Fe II	-0.844	17.1	K88
4975.245	26.01	Fe II	-1.588	12.6	K88
4976.006	26.01	Fe II	-1.583	12.8	K88
4977.035	26.01	Fe II	0.041	35.4	K88
4977.923	26.01	Fe II	-0.667	13.2	K88
4981.081	26.01	Fe II	-1.260	7.2	K88
4984.488	26.01	Fe II	0.011	33.7	K88
4987.278	26.01	Fe II	-0.985	12.8	K88
4990.509	26.01	Fe II	0.177	36.9	K88
4991.126	26.01	Fe II	-4.365	17.4	K88
4991.440	26.01	Fe II	-0.571	20.3	K88
4993.358	26.01	Fe II	-3.650	47.6	K88
4999.180	26.01	Fe II	-0.483	21.6	K88
5000.743	26.01	Fe II	-4.740	7.9	K88
5001.561	26.01	Fe II	-1.140	9.2	K88
5001.959	26.01	Fe II	0.896	49.8	K88
5004.195	26.01	Fe II	0.497	43.5	K88
5004.773	26.01	Fe II	-0.759	20.4	K88
5006.841	26.01	Fe II	-0.427	21.7	K88
5007.447	26.01	Fe II	-0.363	24.4	K88
5007.739	26.01	Fe II	-0.203	29.6	K88
5009.022	26.01	Fe II	-0.415	22.9	K88
5010.060	26.01	Fe II	-0.848	15.6	K88
5011.029	26.01	Fe II	-1.180	8.5	K88
5015.755	26.01	Fe II	-0.049	31.9	K88
5018.440	26.01	Fe II	-1.220	313.8	K88
5019.462	26.01	Fe II	-2.697	28.0	K88
5020.015	26.01	Fe II	-0.722	26.9	K88
5021.594	26.01	Fe II	-0.300	26.3	K88
5022.420	26.01	Fe II	-0.064	31.4	K88
5022.792	26.01	Fe II	-0.023	33.5	K88
5026.806	26.01	Fe II	-0.222	28.7	K88
5029.097	26.01	Fe II	-0.854	18.4	K88
5030.630	26.01	Fe II	0.397	50.2	K88
5031.898	26.01	Fe II	-0.783	17.9	K88
5032.712	26.01	Fe II	0.109	35.6	K88
5034.003	26.01	Fe II	-0.954	14.1	K88
5035.708	26.01	Fe II	0.606	45.2	K88
5040.759	26.01	Fe II	-0.674	28.2	K88
5045.114	26.01	Fe II	-0.134	31.4	K88

5047.641	26.01	Fe II	-0.068	32.0	K88
5048.435	26.01	Fe II	-0.597	13.6	K88
5060.257	26.01	Fe II	-0.525	18.1	K88
5061.718	26.01	Fe II	0.217	38.5	K88
5062.935	26.01	Fe II	-0.932	13.7	K88
5065.097	26.01	Fe II	-0.446	19.4	K88
5065.431	26.01	Fe II	-1.968	5.7	K88
5067.893	26.01	Fe II	-0.198	31.1	K88
5070.584	26.01	Fe II	-0.860	15.9	K88
5070.899	26.01	Fe II	0.242	38.4	K88
5072.570	26.01	Fe II	-1.267	6.9	K88
5073.562	26.01	Fe II	-2.818	8.8	K88
5074.053	26.01	Fe II	-1.973	30.2	K88
5075.764	26.01	Fe II	0.277	38.1	K88
5078.296	26.01	Fe II	-1.184	8.1	K88
5080.239	26.01	Fe II	-1.101	9.6	K88
5081.901	26.01	Fe II	-0.585	16.4	K88
5082.230	26.01	Fe II	-0.099	31.0	K88
5083.506	26.01	Fe II	-0.833	16.7	K88
5085.217	26.01	Fe II	-0.999	12.3	K88
5086.306	26.01	Fe II	-0.475	18.3	K88
5087.215	26.01	Fe II	-2.098	17.2	K88
5089.214	26.01	Fe II	-0.035	34.1	K88
5090.831	26.01	Fe II	-1.811	7.7	K88
5093.465	26.01	Fe II	-2.140	24.4	K88
5093.780	26.01	Fe II	-0.568	17.3	K88
5094.906	26.01	Fe II	-0.561	15.1	K88
5096.907	26.01	Fe II	-0.685	25.4	K88
5097.271	26.01	Fe II	0.308	39.1	K88
5102.915	26.01	Fe II	-1.215	7.3	K88
5106.109	26.01	Fe II	-0.276	26.4	K88
5107.110	26.01	Fe II	-0.726	23.2	K88
5107.547	26.01	Fe II	-0.882	13.9	K88
5112.156	26.01	Fe II	-0.836	14.4	K88
5113.004	26.01	Fe II	-0.499	20.6	K88
5115.062	26.01	Fe II	-0.453	18.9	K88
5119.341	26.01	Fe II	-0.558	13.6	K88
5120.352	26.01	Fe II	-4.214	25.5	K88
5123.188	26.01	Fe II	-2.374	8.4	K88
5127.866	26.01	Fe II	-2.535	33.8	K88
5128.762	26.01	Fe II	-1.082	10.5	K88
5132.669	26.01	Fe II	-4.180	29.3	K88
5136.802	26.01	Fe II	-4.490	17.4	K88
5140.692	26.01	Fe II	-0.546	17.4	K88

5141.370	26.01	Fe II	-0.650	24.5	K88
5143.880	26.01	Fe II	0.102	34.9	K88
5144.355	26.01	Fe II	0.283	38.3	K88
5145.772	26.01	Fe II	-0.401	27.2	K88
5146.127	26.01	Fe II	-3.913	39.4	K88
5148.907	26.01	Fe II	-0.397	21.9	K88
5149.465	26.01	Fe II	0.396	40.5	K88
5150.489	26.01	Fe II	-0.124	29.6	K88
5150.941	26.01	Fe II	-4.452	19.1	K88
5152.878	26.01	Fe II	-0.987	12.1	K88
5154.409	26.01	Fe II	-4.136	30.0	K88
5154.739	26.01	Fe II	-1.010	11.0	K88
5156.915	26.01	Fe II	-1.078	9.9	K88
5157.282	26.01	Fe II	-0.312	24.7	K88
5159.912	26.01	Fe II	-1.186	8.0	K88
5160.839	26.01	Fe II	-2.641	29.9	K88
5161.184	26.01	Fe II	-4.483	17.4	K88
5166.555	26.01	Fe II	-0.030	32.5	K88
5167.531	26.01	Fe II	-1.050	8.7	K88
5169.033	26.01	Fe II	-0.870	478.7	K88
5169.808	26.01	Fe II	-1.138	8.1	K88
5170.777	26.01	Fe II	-0.357	22.8	K88
5171.640	26.01	Fe II	-4.372	15.1	K88
5172.990	26.01	Fe II	-2.463	29.9	K88
5177.020	26.01	Fe II	-0.179	29.0	K88
5178.371	26.01	Fe II	-0.589	13.6	K88
5180.314	26.01	Fe II	0.044	34.2	K88
5183.526	26.01	Fe II	-0.846	14.3	K88
5186.873	26.01	Fe II	-0.301	24.9	K88
5190.736	26.01	Fe II	-0.863	15.8	K88
5192.442	26.01	Fe II	-2.023	11.6	K88
5194.892	26.01	Fe II	-0.153	28.3	K88
5196.441	26.01	Fe II	-1.021	9.0	K88
5197.577	26.01	Fe II	-2.100	80.8	K88
5199.122	26.01	Fe II	0.101	36.0	K88
5200.804	26.01	Fe II	-0.371	23.5	K88
5202.592	26.01	Fe II	-0.762	16.0	K88
5203.638	26.01	Fe II	-0.046	33.1	K88
5213.540	26.01	Fe II	-0.815	16.0	K88
5213.960	26.01	Fe II	-0.218	25.6	K88
5214.489	26.01	Fe II	-0.532	27.7	K88
5215.349	26.01	Fe II	-0.009	34.4	K88
5215.844	26.01	Fe II	-0.227	29.3	K88
5216.863	26.01	Fe II	0.608	43.9	K88

5218.335	26.01	Fe II	-2.827	20.8	K88
5218.842	26.01	Fe II	-0.205	28.0	K88
5219.926	26.01	Fe II	-0.366	20.6	K88
5222.361	26.01	Fe II	-0.326	22.5	K88
5223.260	26.01	Fe II	-0.410	21.6	K88
5223.800	26.01	Fe II	-0.594	14.6	K88
5224.411	26.01	Fe II	-0.572	15.0	K88
5225.968	26.01	Fe II	-0.405	21.9	K88
5227.759	26.01	Fe II	-0.619	27.3	K88
5228.896	26.01	Fe II	-0.305	25.0	K88
5231.907	26.01	Fe II	-0.645	21.7	K88
5232.787	26.01	Fe II	-0.062	31.3	K88
5234.625	26.01	Fe II	-2.050	87.9	K88
5236.613	26.01	Fe II	-0.698	24.8	K88
5237.950	26.01	Fe II	0.135	35.0	K88
5239.813	26.01	Fe II	-0.461	17.0	K88
5241.059	26.01	Fe II	-0.714	21.5	K88
5243.192	26.01	Fe II	-1.645	27.7	K88
5245.455	26.01	Fe II	-0.507	13.9	K88
5247.952	26.01	Fe II	0.630	44.2	K88
5249.344	26.01	Fe II	-0.597	31.8	K88
5251.233	26.01	Fe II	0.507	42.0	K88
5253.641	26.01	Fe II	-0.091	30.7	K88
5254.400	26.01	Fe II	-0.767	15.8	K88
5254.929	26.01	Fe II	-3.227	53.5	K88
5257.122	26.01	Fe II	0.032	32.3	K88
5257.894	26.01	Fe II	-0.711	19.6	K88
5258.423	26.01	Fe II	-1.097	8.5	K88
5260.259	26.01	Fe II	1.069	52.9	K88
5262.317	26.01	Fe II	-0.364	20.0	K88
5262.956	26.01	Fe II	-0.905	13.1	K88
5263.483	26.01	Fe II	-1.030	10.3	K88
5264.177	26.01	Fe II	0.357	39.3	K88
5264.812	26.01	Fe II	-3.190	54.2	K88
5265.981	26.01	Fe II	-0.940	13.1	K88
5268.409	26.01	Fe II	-1.054	8.4	K88
5270.027	26.01	Fe II	0.068	33.3	K88
5271.100	26.01	Fe II	-0.684	19.7	K88
5272.397	26.01	Fe II	-2.030	42.8	K88
5276.002	26.01	Fe II	-1.940	107.6	K88
5278.207	26.01	Fe II	-1.558	16.9	K88
5278.938	26.01	Fe II	-2.408	32.4	K88
5284.109	26.01	Fe II	-3.190	58.4	K88
5291.666	26.01	Fe II	0.575	44.2	K88

5298.860	26.01	Fe II	-1.132	7.9	K88
5300.922	26.01	Fe II	-2.578	15.9	K88
5303.395	26.01	Fe II	-1.612	15.3	K88
5304.244	26.01	Fe II	-3.266	8.3	K88
5306.180	26.01	Fe II	0.222	36.4	K88
5309.881	26.01	Fe II	-0.651	17.5	K88
5310.635	26.01	Fe II	-0.858	11.2	K88
5311.900	26.01	Fe II	-1.109	8.1	K88
5313.106	26.01	Fe II	-0.643	21.6	K88
5314.034	26.01	Fe II	-0.890	11.9	K88
5315.086	26.01	Fe II	-0.383	18.6	K88
5315.563	26.01	Fe II	-1.457	22.8	K88
5316.225	26.01	Fe II	0.337	40.2	K88
5316.615	26.01	Fe II	-1.850	123.5	K88
5318.057	26.01	Fe II	-0.136	28.6	K88
5318.750	26.01	Fe II	-0.567	27.1	K88
5322.234	26.01	Fe II	-0.518	30.7	K88
5325.553	26.01	Fe II	-2.600	65.2	K88
5328.934	26.01	Fe II	-0.790	14.2	K88
5329.652	26.01	Fe II	-1.304	6.0	K88
5337.732	26.01	Fe II	-3.892	39.9	K88
5339.585	26.01	Fe II	0.537	44.0	K88
5344.095	26.01	Fe II	-0.683	18.6	K88
5345.955	26.01	Fe II	-1.082	8.9	K88
5346.856	26.01	Fe II	-0.605	27.2	K88
5347.190	26.01	Fe II	-0.277	23.6	K88
5351.933	26.01	Fe II	-0.848	12.8	K88
5353.079	26.01	Fe II	-0.895	12.2	K88
5355.419	26.01	Fe II	-0.412	18.0	K88
5358.876	26.01	Fe II	-0.305	23.6	K88
5360.486	26.01	Fe II	-0.597	23.9	K88
5368.914	26.01	Fe II	-0.948	9.5	K88
5371.275	26.01	Fe II	-0.705	17.1	K88
5375.847	26.01	Fe II	-0.291	30.7	K88
5379.244	26.01	Fe II	-0.864	13.0	K88
5382.391	26.01	Fe II	-3.102	11.5	K88
5386.022	26.01	Fe II	-1.042	9.4	K88
5387.063	26.01	Fe II	0.518	42.9	K88
5388.021	26.01	Fe II	-0.725	18.3	K88
5389.033	26.01	Fe II	-1.148	7.1	K88
5391.983	26.01	Fe II	-0.682	18.8	K88
5395.857	26.01	Fe II	0.358	38.5	K88
5397.943	26.01	Fe II	-0.759	15.3	K88
5398.946	26.01	Fe II	-0.814	12.8	K88

5399.564	26.01	Fe II	-0.851	12.3	K88
5402.059	26.01	Fe II	0.502	42.1	K88
5402.907	26.01	Fe II	-0.667	18.5	K88
5405.106	26.01	Fe II	-0.268	21.1	K88
5405.663	26.01	Fe II	-0.435	15.3	K88
5408.811	26.01	Fe II	-2.393	32.3	K88
5411.375	26.01	Fe II	-0.435	30.9	K88
5411.974	26.01	Fe II	-1.070	8.6	K88
5412.746	26.01	Fe II	-0.823	13.0	K88
5414.073	26.01	Fe II	-3.790	38.0	K88
5414.850	26.01	Fe II	-0.311	17.4	K88
5425.257	26.01	Fe II	-3.360	52.3	K88
5427.826	26.01	Fe II	-1.664	42.4	K88
5429.988	26.01	Fe II	0.458	41.2	K88
5432.967	26.01	Fe II	-3.629	42.7	K88
5436.618	26.01	Fe II	-0.951	9.7	K88
5439.707	26.01	Fe II	-2.309	16.6	K88
5440.068	26.01	Fe II	-2.817	9.1	K88
5442.351	26.01	Fe II	-0.303	22.4	K88
5443.449	26.01	Fe II	-0.591	26.5	K88
5444.387	26.01	Fe II	-0.185	24.0	K88
4382.511	26.02	Fe III	-3.018	4.8	K88
4395.755	26.02	Fe III	-2.595	6.8	K88
4419.596	26.02	Fe III	-2.218	16.0	K88
4431.019	26.02	Fe III	-2.572	7.1	K88
5127.387	26.02	Fe III	-2.218	5.3	K88
5156.111	26.02	Fe III	-2.018	8.0	K88
4162.164	27.00	Co I	-0.360	26.0	K88
4331.224	27.00	Co I	-0.684	19.4	K88
4337.529	27.00	Co I	-1.470	12.0	K88
4373.628	27.00	Co I	-0.469	26.8	K88
4374.907	27.00	Co I	-1.292	25.0	K88
4380.069	27.00	Co I	-0.561	24.5	K88
4402.668	27.00	Co I	-0.650	13.6	K88
4417.389	27.00	Co I	-1.087	10.5	K88
4466.878	27.00	Co I	-0.543	36.0	K88
4469.540	27.00	Co I	-0.335	41.4	K88
4471.543	27.00	Co I	-0.766	25.4	K88
4478.314	27.00	Co I	-1.001	12.2	K88
4483.588	27.00	Co I	-0.762	17.8	K88
4483.922	27.00	Co I	-1.066	10.2	K88
4494.750	27.00	Co I	-0.817	11.6	K88
4517.090	27.00	Co I	-0.803	19.9	K88
4526.793	27.00	Co I	-0.579	11.1	K88

4530.954	27.00	Co I	0.152	49.5	K88
4533.981	27.00	Co I	-0.500	37.9	K88
4549.651	27.00	Co I	-0.328	42.0	K88
4552.435	27.00	Co I	-0.662	12.0	K88
4565.577	27.00	Co I	-0.220	43.7	K88
4566.605	27.00	Co I	-0.665	11.9	K88
4570.018	27.00	Co I	-0.425	26.6	K88
4594.626	27.00	Co I	-0.076	39.6	K88
4596.891	27.00	Co I	-0.014	40.6	K88
4625.763	27.00	Co I	-0.371	27.0	K88
4628.867	27.00	Co I	-0.719	10.8	K88
4629.358	27.00	Co I	-0.187	42.8	K88
4663.400	27.00	Co I	-0.250	42.5	K88
4682.372	27.00	Co I	-0.363	38.5	K88
4693.165	27.00	Co I	-0.545	31.5	K88
4704.159	27.00	Co I	-0.569	25.7	K88
4746.111	27.00	Co I	-0.242	27.6	K88
4749.669	27.00	Co I	-0.321	42.0	K88
4754.338	27.00	Co I	-0.853	21.3	K88
4756.721	27.00	Co I	-0.010	37.8	K88
4768.089	27.00	Co I	-0.671	26.5	K88
4771.079	27.00	Co I	-0.504	36.9	K88
4776.313	27.00	Co I	-0.418	36.8	K88
4778.224	27.00	Co I	-0.297	20.4	K88
4779.987	27.00	Co I	-0.219	43.1	K88
4792.846	27.00	Co I	-0.067	44.6	K88
4813.467	27.00	Co I	0.050	48.2	K88
4821.142	27.00	Co I	-0.280	25.9	K88
4840.247	27.00	Co I	0.144	50.0	K88
4843.460	27.00	Co I	-0.957	14.1	K88
4862.086	27.00	Co I	-0.901	17.1	K88
4867.872	27.00	Co I	0.226	52.0	K88
4869.375	27.00	Co I	-0.462	15.9	K88
4882.694	27.00	Co I	-0.984	13.5	K88
4966.581	27.00	Co I	-0.474	20.6	K88
5108.898	27.00	Co I	-0.370	30.8	K88
5122.768	27.00	Co I	-0.644	27.4	K88
5126.198	27.00	Co I	-0.529	23.6	K88
5133.466	27.00	Co I	0.033	41.4	K88
5146.749	27.00	Co I	-0.320	33.8	K88
5154.059	27.00	Co I	-0.597	20.7	K88
5156.356	27.00	Co I	0.037	39.1	K88
5163.336	27.00	Co I	-0.575	13.0	K88
5177.597	27.00	Co I	-0.422	17.2	K88

5179.676	27.00	Co I	-0.420	17.3	K88
5180.176	27.00	Co I	-0.509	25.7	K88
5187.452	27.00	Co I	-0.610	16.9	K88
5192.393	27.00	Co I	-0.485	14.5	K88
5210.835	27.00	Co I	-0.501	16.0	K88
5211.816	27.00	Co I	-0.161	34.6	K88
5212.691	27.00	Co I	-0.110	44.5	K88
5214.730	27.00	Co I	-0.108	36.0	K88
5234.715	27.00	Co I	-0.245	23.1	K88
5235.192	27.00	Co I	-1.470	22.6	K88
5237.079	27.00	Co I	-0.355	29.2	K88
5243.531	27.00	Co I	-0.881	13.4	K88
5247.911	27.00	Co I	-2.070	10.4	K88
5250.000	27.00	Co I	0.320	45.5	K88
5264.836	27.00	Co I	-0.980	19.5	K88
5266.500	27.00	Co I	-1.240	34.1	K88
5268.495	27.00	Co I	-0.318	33.8	K88
5280.629	27.00	Co I	-0.030	44.3	K88
5283.484	27.00	Co I	-0.339	14.9	K88
5284.132	27.00	Co I	-0.771	20.5	K88
5287.782	27.00	Co I	-0.381	14.2	K88
5316.765	27.00	Co I	-0.625	27.4	K88
5325.272	27.00	Co I	0.168	43.1	K88
5332.647	27.00	Co I	-0.790	13.6	K88
5336.162	27.00	Co I	-0.615	12.0	K88
5339.514	27.00	Co I	-0.188	13.2	K88
5341.325	27.00	Co I	0.039	35.6	K88
5342.695	27.00	Co I	0.690	54.8	K88
5343.378	27.00	Co I	-0.263	25.4	K88
5344.560	27.00	Co I	0.097	42.6	K88
5347.494	27.00	Co I	-0.160	29.7	K88
5352.045	27.00	Co I	0.060	47.1	K88
5353.496	27.00	Co I	0.566	51.6	K88
5362.774	27.00	Co I	0.384	46.9	K88
5368.895	27.00	Co I	-0.910	10.8	K88
5369.590	27.00	Co I	-1.650	16.8	K88
5378.247	27.00	Co I	-0.425	28.3	K88
5381.768	27.00	Co I	-0.032	32.2	K88
5383.408	27.00	Co I	-0.704	17.0	K88
5390.470	27.00	Co I	-0.563	10.2	K88
5393.739	27.00	Co I	-0.326	16.7	K88
5399.758	27.00	Co I	-0.379	16.9	K88
5401.990	27.00	Co I	-0.264	20.3	K88
5413.703	27.00	Co I	-0.392	29.8	K88

4158.314	27.01	Co II	-1.909	13.7	K88
4158.869	27.01	Co II	-4.119	34.8	K88
4159.362	27.01	Co II	-2.741	36.7	K88
4160.673	27.01	Co II	-1.828	134.1	K88
4171.976	27.01	Co II	-3.591	45.7	K88
4178.233	27.01	Co II	-1.875	26.8	K88
4181.095	27.01	Co II	-3.058	29.8	K88
4181.657	27.01	Co II	-1.520	33.2	K88
4185.636	27.01	Co II	-2.055	12.2	K88
4190.707	27.01	Co II	-0.569	13.1	K88
4208.594	27.01	Co II	-3.226	51.1	K88
4223.516	27.01	Co II	-3.592	22.6	K88
4224.824	27.01	Co II	-1.938	20.2	K88
4234.547	27.01	Co II	-1.898	15.9	K88
4238.044	27.01	Co II	-2.293	44.7	K88
4243.725	27.01	Co II	-4.765	11.2	K88
4244.249	27.01	Co II	-1.894	49.5	K88
4250.139	27.01	Co II	-3.184	30.3	K88
4257.597	27.01	Co II	-2.804	35.4	K88
4260.852	27.01	Co II	-4.443	18.9	K88
4266.850	27.01	Co II	-3.939	29.7	K88
4268.626	27.01	Co II	-1.959	14.6	K88
4269.419	27.01	Co II	-2.926	48.1	K88
4270.021	27.01	Co II	-1.669	19.5	K88
4270.698	27.01	Co II	-4.827	16.4	K88
4272.238	27.01	Co II	-2.954	48.9	K88
4277.900	27.01	Co II	-4.594	21.1	K88
4280.644	27.01	Co II	-2.687	38.0	K88
4282.184	27.01	Co II	-1.369	36.2	K88
4285.268	27.01	Co II	-3.359	43.8	K88
4286.192	27.01	Co II	-2.555	12.0	K88
4286.499	27.01	Co II	-2.083	16.8	K88
4296.187	27.01	Co II	-4.824	11.2	K88
4297.880	27.01	Co II	-0.675	14.9	K88
4298.185	27.01	Co II	-0.671	13.4	K88
4309.406	27.01	Co II	-2.070	22.4	K88
4315.895	27.01	Co II	-2.067	17.4	K88
4323.357	27.01	Co II	-2.067	21.9	K88
4324.328	27.01	Co II	-3.714	10.3	K88
4328.876	27.01	Co II	-2.473	42.8	K88
4342.879	27.01	Co II	-3.951	11.7	K88
4346.098	27.01	Co II	-2.108	10.2	K88
4353.291	27.01	Co II	-3.919	37.3	K88
4353.997	27.01	Co II	-3.087	46.8	K88

4363.021	27.01	Co II	-3.706	17.1	K88
4366.110	27.01	Co II	-2.999	50.0	K88
4376.094	27.01	Co II	-3.290	24.0	K88
4377.734	27.01	Co II	-2.378	18.5	K88
4381.889	27.01	Co II	-3.906	10.3	K88
4384.262	27.01	Co II	-3.214	46.3	K88
4390.053	27.01	Co II	-2.079	20.3	K88
4392.470	27.01	Co II	-2.522	12.8	K88
4395.174	27.01	Co II	-3.125	28.5	K88
4396.944	27.01	Co II	-2.601	40.7	K88
4398.095	27.01	Co II	-1.861	28.3	K88
4402.581	27.01	Co II	-3.234	25.6	K88
4413.594	27.01	Co II	-4.070	37.1	K88
4413.986	27.01	Co II	-1.433	56.5	K88
4417.485	27.01	Co II	-2.264	46.1	K88
4418.487	27.01	Co II	-1.222	39.3	K88
4422.095	27.01	Co II	-2.296	10.7	K88
4427.449	27.01	Co II	-2.280	21.5	K88
4432.964	27.01	Co II	-3.097	49.3	K88
4435.322	27.01	Co II	-2.417	44.1	K88
4437.036	27.01	Co II	-4.275	25.5	K88
4444.323	27.01	Co II	-2.346	10.5	K88
4445.570	27.01	Co II	-3.467	16.8	K88
4447.251	27.01	Co II	-2.664	54.5	K88
4450.449	27.01	Co II	-2.605	40.0	K88
4461.474	27.01	Co II	-2.028	15.3	K88
4467.986	27.01	Co II	-4.822	10.7	K88
4473.330	27.01	Co II	-1.750	18.6	K88
4482.661	27.01	Co II	-2.874	34.7	K88
4483.562	27.01	Co II	-3.861	11.0	K88
4488.520	27.01	Co II	-3.215	25.5	K88
4489.127	27.01	Co II	-3.629	39.6	K88
4491.184	27.01	Co II	-2.877	34.6	K88
4497.431	27.01	Co II	-2.539	56.8	K88
4506.235	27.01	Co II	-4.740	13.1	K88
4512.857	27.01	Co II	-4.186	29.9	K88
4516.633	27.01	Co II	-2.562	56.5	K88
4533.212	27.01	Co II	-1.739	54.0	K88
4537.930	27.01	Co II	-2.221	47.7	K88
4546.952	27.01	Co II	-1.462	32.1	K88
4550.096	27.01	Co II	-1.361	34.9	K88
4566.017	27.01	Co II	-1.885	23.9	K88
4569.250	27.01	Co II	-2.503	58.1	K88
4572.485	27.01	Co II	-3.079	51.0	K88

4575.647	27.01	Co II	-3.575	21.6	K88
4586.830	27.01	Co II	-3.848	34.1	K88
4609.362	27.01	Co II	-2.445	13.6	K88
4616.275	27.01	Co II	-2.283	46.9	K88
4622.100	27.01	Co II	-2.084	49.6	K88
4627.005	27.01	Co II	-3.253	23.6	K88
4653.053	27.01	Co II	-4.215	20.1	K88
4660.656	27.01	Co II	-2.205	71.3	K88
4661.556	27.01	Co II	-4.002	29.8	K88
4680.660	27.01	Co II	-2.783	37.0	K88
4686.967	27.01	Co II	-2.310	15.9	K88
4730.127	27.01	Co II	-4.570	22.6	K88
4733.179	27.01	Co II	-2.268	19.9	K88
4740.925	27.01	Co II	-3.659	34.3	K88
4741.247	27.01	Co II	-4.106	33.6	K88
4741.618	27.01	Co II	-3.573	13.4	K88
4742.430	27.01	Co II	-2.341	15.8	K88
4743.281	27.01	Co II	-2.241	22.9	K88
4746.280	27.01	Co II	-3.449	19.2	K88
4753.692	27.01	Co II	-3.949	22.6	K88
4805.584	27.01	Co II	-4.383	26.1	K88
4829.027	27.01	Co II	-2.532	44.1	K88
4831.242	27.01	Co II	-1.667	58.8	K88
4857.892	27.01	Co II	-3.940	12.1	K88
4865.920	27.01	Co II	-2.725	41.9	K88
4892.984	27.01	Co II	-2.783	36.8	K88
4905.135	27.01	Co II	-3.544	27.0	K88
4915.423	27.01	Co II	-3.425	48.0	K88
4919.167	27.01	Co II	-4.294	15.6	K88
4922.183	27.01	Co II	-3.601	12.2	K88
4937.211	27.01	Co II	-3.948	33.1	K88
4939.338	27.01	Co II	-3.047	55.6	K88
4950.609	27.01	Co II	-3.640	17.6	K88
4980.122	27.01	Co II	-2.398	48.6	K88
5012.051	27.01	Co II	-2.504	46.3	K88
5016.978	27.01	Co II	-1.934	56.0	K88
5022.410	27.01	Co II	-4.687	12.2	K88
5029.586	27.01	Co II	-4.329	15.5	K88
5070.869	27.01	Co II	-4.248	15.3	K88
5097.467	27.01	Co II	-2.480	47.2	K88
5112.446	27.01	Co II	-4.606	11.4	K88
5120.933	27.01	Co II	-2.295	51.1	K88
5126.077	27.01	Co II	-2.248	50.7	K88
5140.136	27.01	Co II	-2.555	44.9	K88

5168.785	27.01	Co II	-2.841	38.0	K88
5192.914	27.01	Co II	-2.268	51.8	K88
5206.553	27.01	Co II	-4.548	21.7	K88
5281.929	27.01	Co II	-4.329	27.7	K88
5307.408	27.01	Co II	-4.416	19.8	K88
4980.166	28.00	Ni I	0.070	8.9	WL
4984.112	28.00	Ni I	0.350	8.5	WL
5080.528	28.00	Ni I	0.330	9.2	WL
5081.107	28.00	Ni I	0.300	7.2	WL
5003.414	28.01	Ni II	0.702	11.8	K88
5014.620	28.01	Ni II	0.281	6.5	K88
5017.723	28.01	Ni II	0.500	10.0	K88
5021.471	28.01	Ni II	0.920	16.3	K88
5028.979	28.01	Ni II	0.805	17.0	K88
5040.345	28.01	Ni II	0.574	11.7	K88
5042.430	28.01	Ni II	0.574	8.7	K88
5056.194	28.01	Ni II	0.500	9.7	K88
5059.200	28.01	Ni II	0.539	10.5	K88
5066.328	28.01	Ni II	-1.799	15.0	K88
5077.787	28.01	Ni II	0.562	9.3	K88
5082.199	28.01	Ni II	0.603	7.2	K88
5087.335	28.01	Ni II	0.726	9.8	K88
5105.138	28.01	Ni II	0.392	7.6	K88
5107.449	28.01	Ni II	0.371	7.3	K88
5134.286	28.01	Ni II	0.373	9.5	K88
5139.922	28.01	Ni II	0.532	9.9	K88
5424.572	28.01	Ni II	-1.988	13.7	K88
4215.519	38.01	Sr II	-0.145	34.8	WA
4309.631	39.01	Y II	-0.750	38.2	HL
4358.728	39.01	Y II	-1.320	28.9	HL
4374.935	39.01	Y II	0.160	46.0	HL
4398.013	39.01	Y II	-1.000	36.2	HL
4422.591	39.01	Y II	-1.270	31.2	HL
4823.304	39.01	Y II	-1.110	13.1	HL
4854.863	39.01	Y II	-0.380	26.7	HL
4883.684	39.01	Y II	0.070	45.9	HL
4900.120	39.01	Y II	-0.090	44.6	HL
5087.416	39.01	Y II	-0.170	44.7	HL
5123.211	39.01	Y II	-0.830	31.7	HL
5196.422	39.01	Y II	-0.880	8.3	HL
5200.406	39.01	Y II	-0.570	40.1	HL
5205.724	39.01	Y II	-0.340	42.8	HL
4217.543	57.01	La II	0.010	10.8	CB
4238.374	57.01	La II	-0.280	21.8	CB

4559.282	57.01	La II	-1.310	13.6	CB
4580.045	57.01	La II	-1.020	10.8	CB
4151.970	58.01	Ce II	0.251	27.6	MC
4159.031	58.01	Ce II	0.156	21.7	MC
4163.521	58.01	Ce II	0.266	20.0	MC
4165.599	58.01	Ce II	0.437	26.3	MC
4166.884	58.01	Ce II	0.547	26.2	MC
4167.798	58.01	Ce II	-0.070	9.3	MC
4169.766	58.01	Ce II	-0.360	8.5	MC
4176.702	58.01	Ce II	0.060	19.1	MC
4181.076	58.01	Ce II	-0.424	14.1	MC
4186.594	58.01	Ce II	0.813	31.6	MC
4187.322	58.01	Ce II	-0.314	16.5	MC
4191.031	58.01	Ce II	0.701	13.1	MC
4193.102	58.01	Ce II	0.047	21.8	MC
4197.669	58.01	Ce II	-0.844	9.9	MC
4202.958	58.01	Ce II	-0.191	23.0	MC
4214.033	58.01	Ce II	-0.425	8.2	MC
4222.597	58.01	Ce II	-0.301	24.7	MC
4227.419	58.01	Ce II	-0.801	14.9	MC
4227.747	58.01	Ce II	-0.026	23.3	MC
4231.746	58.01	Ce II	0.219	21.7	MC
4236.354	58.01	Ce II	-0.599	6.8	MC
4239.910	58.01	Ce II	-0.141	23.5	MC
4243.739	58.01	Ce II	0.012	9.5	MC
4245.878	58.01	Ce II	-0.403	7.5	MC
4248.671	58.01	Ce II	0.109	26.1	MC
4253.362	58.01	Ce II	-0.560	21.4	MC
4255.782	58.01	Ce II	-0.123	9.8	MC
4263.423	58.01	Ce II	-0.283	6.8	MC
4269.249	58.01	Ce II	-0.512	17.8	MC
4270.184	58.01	Ce II	-0.269	19.1	MC
4270.714	58.01	Ce II	-0.079	18.7	MC
4275.568	58.01	Ce II	-0.918	18.9	MC
4285.361	58.01	Ce II	-0.275	8.0	MC
4289.932	58.01	Ce II	0.002	27.7	MC
4296.084	58.01	Ce II	-0.230	7.0	MC
4296.681	58.01	Ce II	0.061	26.9	MC
4299.357	58.01	Ce II	-0.683	7.2	MC
4300.328	58.01	Ce II	-0.300	19.6	MC
4306.726	58.01	Ce II	-0.232	22.5	MC
4314.932	58.01	Ce II	-1.078	9.4	MC
4320.719	58.01	Ce II	-0.432	20.7	MC
4332.703	58.01	Ce II	-0.455	10.8	MC

4337.773	58.01	Ce II	-0.326	21.6	MC
4340.553	58.01	Ce II	-0.794	17.0	MC
4342.135	58.01	Ce II	-1.300	11.3	MC
4342.482	58.01	Ce II	-0.538	11.9	MC
4345.958	58.01	Ce II	-0.373	12.2	MC
4349.789	58.01	Ce II	-0.107	20.4	MC
4352.707	58.01	Ce II	-0.304	9.7	MC
4353.361	58.01	Ce II	0.147	8.0	MC
4364.653	58.01	Ce II	-0.201	23.2	MC
4375.919	58.01	Ce II	-0.440	11.9	MC
4382.165	58.01	Ce II	-0.021	24.0	MC
4386.827	58.01	Ce II	-0.582	19.2	MC
4388.005	58.01	Ce II	-0.312	7.6	MC
4390.274	58.01	Ce II	0.011	8.1	MC
4391.659	58.01	Ce II	-0.110	16.9	MC
4399.200	58.01	Ce II	-0.631	6.7	MC
4418.780	58.01	Ce II	0.177	8.9	MC
4427.916	58.01	Ce II	-0.460	13.7	MC
4443.747	58.01	Ce II	-0.834	15.3	MC
4444.390	58.01	Ce II	-0.082	17.3	MC
4444.699	58.01	Ce II	0.022	19.7	MC
4449.330	58.01	Ce II	-0.190	8.8	MC
4450.732	58.01	Ce II	-0.210	19.4	MC
4460.207	58.01	Ce II	0.171	29.6	MC
4461.133	58.01	Ce II	-0.129	13.9	MC
4463.408	58.01	Ce II	-0.113	16.5	MC
4471.241	58.01	Ce II	0.149	28.0	MC
4472.715	58.01	Ce II	-0.592	6.3	MC
4479.361	58.01	Ce II	-0.288	19.3	MC
4483.893	58.01	Ce II	0.010	22.5	MC
4523.075	58.01	Ce II	-0.304	19.5	MC
4527.348	58.01	Ce II	-0.462	16.5	MC
4528.473	58.01	Ce II	0.075	25.4	MC
4539.745	58.01	Ce II	-0.459	13.4	MC
4549.632	58.01	Ce II	-0.515	18.3	MC
4555.433	58.01	Ce II	0.680	7.9	MC
4558.598	58.01	Ce II	-1.265	14.0	MC
4560.280	58.01	Ce II	0.000	22.3	MC
4562.359	58.01	Ce II	0.081	29.0	MC
4572.278	58.01	Ce II	0.001	25.9	MC
4579.258	58.01	Ce II	0.769	14.1	MC
4593.926	58.01	Ce II	-0.110	22.5	MC
4606.400	58.01	Ce II	-0.204	12.0	MC
4628.161	58.01	Ce II	0.008	20.1	MC

4737.271	58.01	Ce II	-0.195	11.4	MC
5079.682	58.01	Ce II	0.193	10.4	MC
5353.524	58.01	Ce II	-0.380	21.4	MC
4164.160	59.01	Pr II	-0.012	20.8	MC
4175.622	59.01	Pr II	0.093	10.2	MC
4179.393	59.01	Pr II	0.310	28.0	MC
4189.479	59.01	Pr II	0.311	25.8	MC
4206.719	59.01	Pr II	0.480	26.5	MC
4222.934	59.01	Pr II	0.130	18.3	MC
4225.317	59.01	Pr II	0.111	25.5	MC
4241.010	59.01	Pr II	-0.030	13.4	MC
4272.273	59.01	Pr II	-0.221	17.3	MC
4282.452	59.01	Pr II	-0.048	10.4	MC
4333.973	59.01	Pr II	-0.192	11.2	MC
4338.700	59.01	Pr II	-0.536	17.5	MC
4351.842	59.01	Pr II	-0.259	16.1	MC
4408.819	59.01	Pr II	-0.303	11.0	MC
4429.254	59.01	Pr II	-0.010	21.8	MC
4468.663	59.01	Pr II	-0.220	11.5	MC
5173.902	59.01	Pr II	0.340	16.4	MC
5206.561	59.01	Pr II	0.092	10.9	MC
5220.108	59.01	Pr II	0.160	18.6	MC
5259.728	59.01	Pr II	0.080	18.8	MC
4156.078	60.01	Nd II	0.200	27.5	WV
4167.990	60.01	Nd II	0.510	19.2	WV
4175.602	60.01	Nd II	-0.010	18.4	WV
4177.320	60.01	Nd II	-0.080	24.4	WV
4178.436	60.01	Nd II	0.610	15.1	WV
4199.101	60.01	Nd II	-1.410	9.9	WV
4232.374	60.01	Nd II	-0.300	18.8	WV
4233.149	60.01	Nd II	-0.330	17.5	WV
4247.365	60.01	Nd II	-0.240	18.1	WV
4261.835	60.01	Nd II	0.510	24.2	WV
4275.077	60.01	Nd II	0.440	16.3	WV
4282.435	60.01	Nd II	-0.440	12.9	WV
4303.571	60.01	Nd II	0.140	28.9	WV
4304.434	60.01	Nd II	0.440	13.6	WV
4306.734	60.01	Nd II	0.210	14.5	WV
4338.690	60.01	Nd II	-0.140	21.8	WV
4342.064	60.01	Nd II	-1.360	12.5	WV
4358.161	60.01	Nd II	-0.280	11.7	WV
4374.920	60.01	Nd II	-0.760	20.4	WV
4398.013	60.01	Nd II	-1.300	9.8	WV
4411.050	60.01	Nd II	-0.650	10.1	WV

4451.563	60.01	Nd II	-0.040	25.4	WV
4462.979	60.01	Nd II	0.070	23.3	WV
5130.586	60.01	Nd II	0.570	27.4	WV
5165.129	60.01	Nd II	-0.060	15.5	WV
5191.440	60.01	Nd II	-0.660	18.9	WV
5192.614	60.01	Nd II	0.290	19.2	WV
5249.576	60.01	Nd II	0.210	22.7	WV
5273.427	60.01	Nd II	-0.120	13.9	WV
5293.163	60.01	Nd II	-0.060	13.4	WV
5308.425	60.01	Nd II	-0.900	14.8	WV
5316.599	60.01	Nd II	-1.470	9.7	WV
5319.815	60.01	Nd II	-0.210	17.2	WV
4355.087	63.01	Eu II	0.630	25.0	CB
4383.172	63.01	Eu II	0.170	9.5	CB
4434.810	63.01	Eu II	0.390	18.1	CB
4435.578	63.01	Eu II	-0.092	34.9	CB
4464.973	63.01	Eu II	0.200	9.4	CB
4162.733	64.01	Gd II	-0.720	18.0	MC
4173.549	64.01	Gd II	-0.284	18.4	MC
4184.258	64.01	Gd II	-0.080	28.5	MC
4191.075	64.01	Gd II	-0.653	19.2	MC
4197.691	64.01	Gd II	-0.038	20.8	MC
4204.858	64.01	Gd II	-0.668	19.9	MC
4212.010	64.01	Gd II	-0.424	25.6	MC
4215.022	64.01	Gd II	-0.550	24.0	MC
4217.187	64.01	Gd II	-0.493	21.9	MC
4229.800	64.01	Gd II	-0.020	22.0	MC
4238.781	64.01	Gd II	-0.041	25.4	MC
4246.567	64.01	Gd II	-0.549	14.6	MC
4251.731	64.01	Gd II	-0.365	27.0	MC
4253.358	64.01	Gd II	-0.489	24.6	MC
4253.604	64.01	Gd II	-0.046	24.4	MC
4262.087	64.01	Gd II	-0.440	23.0	MC
4280.491	64.01	Gd II	-0.674	15.8	MC
4296.063	64.01	Gd II	-0.763	10.5	MC
4296.306	64.01	Gd II	-0.204	12.1	MC
4297.168	64.01	Gd II	-0.257	16.0	MC
4307.855	64.01	Gd II	-0.825	15.6	MC
4316.047	64.01	Gd II	-0.626	18.3	MC
4321.096	64.01	Gd II	-0.528	23.1	MC
4325.557	64.01	Gd II	0.772	31.6	MC
4327.151	64.01	Gd II	-0.370	24.2	MC
4337.523	64.01	Gd II	0.310	22.3	MC
4341.287	64.01	Gd II	-0.932	22.5	MC

4342.181	64.01	Gd II	-0.453	25.1	MC
4344.294	64.01	Gd II	-0.411	25.8	MC
4347.307	64.01	Gd II	-0.366	10.0	MC
4369.772	64.01	Gd II	-1.160	9.5	MC
4406.656	64.01	Gd II	-0.204	14.4	MC
4436.213	64.01	Gd II	0.050	18.1	MC
4466.529	64.01	Gd II	-1.054	10.1	MC
4481.054	64.01	Gd II	-1.010	13.2	MC
4521.951	64.01	Gd II	0.099	15.1	MC
4522.836	64.01	Gd II	-0.180	20.5	MC
4540.018	64.01	Gd II	0.570	14.1	MC
4554.988	64.01	Gd II	-1.098	17.0	MC
4865.041	64.01	Gd II	-0.787	13.9	MC
5108.000	64.01	Gd II	-0.322	17.5	MC
5316.793	64.01	Gd II	-0.362	17.6	MC
4339.657	66.01	Dy II	-1.342	13.6	MC
4346.374	66.01	Dy II	0.195	9.5	MC
4361.348	66.01	Dy II	-0.533	5.9	MC
4375.314	66.01	Dy II	0.095	5.2	MC
4384.296	66.01	Dy II	-1.449	9.3	MC
4727.130	66.01	Dy II	0.630	6.0	MC
5197.666	66.01	Dy II	-1.850	9.0	MC
4358.323	80.00	Hg I	-0.383	15.2	AS

EK 9 112 Her A yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi

112 Her A					
Lambda(A)	Atom Numarası	Element	log gf	EW(mA)	Kaynaklar
5015.678	2.00	H I	-0.820	123.3	NBS
4744.766	6.01	C II	-0.600	6.2	GUES
5019.291	8.00	O I	-1.900	3.5	KP
5020.218	8.00	O I	-1.760	4.8	KP
5329.099	8.00	O I	-1.730	5.3	NBS
5329.681	8.00	O I	-1.610	7.4	NBS
5330.735	8.00	O I	-1.710	6.0	NBS
5435.775	8.00	O I	-1.660	6.1	NBS
5436.862	8.00	O I	-1.510	8.4	NBS
4649.143	8.01	O II	0.429	3.4	NBS
5037.751	10.00	Ne I	-0.897	3.0	BM
5764.419	10.00	Ne I	-0.370	6.5	L
5820.156	10.00	Ne I	-0.581	4.0	L
5852.488	10.00	Ne I	-0.460	16.5	KP
5264.220	12.01	Mg II	-0.380	4.3	KP
5593.300	13.01	Al II	0.410	7.4	KP
4621.418	14.01	Si II	-0.540	8.7	NBS
4621.722	14.01	Si II	-0.540	8.7	NBS
5041.024	14.01	Si II	0.291	67.8	SG
5056.317	14.01	Si II	-0.359	48.4	SG
5185.555	14.01	Si II	-0.390	8.4	KP
5202.681	14.01	Si II	0.700	4.4	GUES
5466.894	14.01	Si II	-0.040	13.1	NBS
5540.807	14.01	Si II	0.000	4.6	GUES
5576.661	14.01	Si II	0.200	7.0	GUES
5632.966	14.01	Si II	0.000	5.9	GUES
5639.477	14.01	Si II	0.200	6.8	GUES
5660.655	14.01	Si II	0.200	8.2	GUES
5669.563	14.01	Si II	0.900	32.8	GUES
5688.817	14.01	Si II	0.400	12.1	GUES
5701.370	14.01	Si II	0.300	10.0	GUES
5706.420	14.01	Si II	0.000	6.0	GUES
5800.454	14.01	Si II	0.200	6.8	GUES

5806.731	14.01	Si II	0.300	7.6	GUES
4582.180	15.01	P II	-0.388	24.0	MRB
4588.032	15.01	P II	0.575	46.0	MRB
4589.846	15.01	P II	0.500	47.5	MRB
4595.515	15.01	P II	-0.187	32.5	MRB
4602.069	15.01	P II	0.799	53.0	MRB
4626.708	15.01	P II	-0.203	21.5	MRB
4658.309	15.01	P II	-0.412	22.4	MRB
4823.696	15.01	P II	-0.479	19.4	MRB
4927.197	15.01	P II	-0.456	20.1	MRB
4935.631	15.01	P II	-0.036	20.7	MRB
4943.497	15.01	P II	0.083	32.1	MRB
4954.367	15.01	P II	-0.373	24.9	MRB
4969.701	15.01	P II	-0.109	42.9	MRB
5040.805	15.01	P II	-0.120	19.6	NBS
5191.393	15.01	P II	-0.824	27.5	HI
5253.479	15.01	P II	0.291	60.0	HI
5296.077	15.01	P II	-0.134	52.5	HI
5316.055	15.01	P II	-0.341	47.5	HI
5344.729	15.01	P II	-0.329	48.5	HI
5378.192	15.01	P II	-0.062	30.6	MRB
5386.895	15.01	P II	-0.305	49.3	HI
5409.722	15.01	P II	-0.368	46.3	HI
5450.709	15.01	P II	-0.050	29.9	MRB
5461.178	15.01	P II	0.469	22.7	MRB
5499.697	15.01	P II	-0.495	38.1	HI
5507.174	15.01	P II	-0.125	24.7	MRB
5541.139	15.01	P II	-0.337	18.8	MRB
5583.235	15.01	P II	0.096	48.2	MRB
5588.301	15.01	P II	-0.112	23.0	MRB
4656.757	16.01	S II	-0.607	15.4	MWRB
4716.271	16.01	S II	-0.319	32.2	MWRB
4792.007	16.01	S II	0.306	12.4	MWRB
4815.552	16.01	S II	0.177	35.6	MWRB
4824.059	16.01	S II	0.020	9.1	NBS
4917.198	16.01	S II	-0.400	16.2	NBS
4918.020	16.01	S II	-0.740	10.5	KP
4924.110	16.01	S II	-0.059	20.4	MWRB
4925.343	16.01	S II	-0.235	43.0	MWRB
4942.473	16.01	S II	-0.591	15.3	MWRB
4991.969	16.01	S II	-0.246	24.2	MWRB

5009.567	16.01	S II	-0.094	40.1	MWRB
5014.042	16.01	S II	0.030	32.0	NBS
5032.434	16.01	S II	0.282	33.8	MWRB
5047.277	16.01	S II	-0.620	9.6	NBS
5094.005	16.01	S II	-0.680	11.4	KP
5103.332	16.01	S II	-0.275	20.6	MWRB
5201.027	16.01	S II	0.430	29.1	MWRB
5201.379	16.01	S II	0.430	29.1	MWRB
5212.267	16.01	S II	0.658	28.3	MWRB
5212.620	16.01	S II	0.658	28.3	MWRB
5320.723	16.01	S II	0.535	40.2	MWRB
5345.712	16.01	S II	0.503	35.5	MWRB
5346.084	16.01	S II	0.503	35.5	MWRB
5428.655	16.01	S II	-0.012	20.6	MWRB
5432.797	16.01	S II	0.311	35.9	MWRB
5453.855	16.01	S II	0.557	42.3	MWRB
5473.614	16.01	S II	-0.122	22.6	MWRB
5509.705	16.01	S II	-0.117	31.1	MWRB
5526.243	16.01	S II	-0.482	12.1	MWRB
5536.732	16.01	S II	-0.559	14.2	MWRB
5564.958	16.01	S II	-0.254	20.0	MWRB
5578.870	16.01	S II	-0.512	11.6	MWRB
5606.151	16.01	S II	0.156	42.9	MWRB
5616.633	16.01	S II	-0.468	12.8	MWRB
5639.977	16.01	S II	0.330	48.3	NBS
5640.346	16.01	S II	0.147	43.2	MWRB
5647.020	16.01	S II	0.110	37.5	NBS
5660.001	16.01	S II	-0.073	31.7	MWRB
5664.773	16.01	S II	-0.301	18.0	MWRB
4806.021	18.01	Ar II	0.220	1.7	KP
4716.743	20.01	Ca II	-0.938	29.2	K88
4721.022	20.01	Ca II	-0.783	38.6	K88
4799.973	20.01	Ca II	-0.582	25.4	K88
5001.479	20.01	Ca II	-0.517	41.6	BWL
5019.971	20.01	Ca II	-0.257	51.1	BWL
5021.138	20.01	Ca II	-1.217	12.4	BWL
5285.266	20.01	Ca II	-1.153	15.5	BWL
5307.224	20.01	Ca II	-0.853	18.7	BWL
5339.188	20.01	Ca II	-1.354	4.3	K88
5690.242	20.01	Ca II	-1.201	3.5	K88
5748.374	20.01	Ca II	-0.978	7.3	K88

5751.036	20.01	Ca II	-1.279	3.6	K88
4468.507	22.01	Ti II	-0.600	55.9	MFW
4501.273	22.01	Ti II	-0.750	53.4	MFW
4533.969	22.01	Ti II	-0.770	51.7	MFW
4549.617	22.01	Ti II	-0.450	55.0	MFW
4563.761	22.01	Ti II	-0.960	46.7	MFW
4571.968	22.01	Ti II	-0.530	53.4	MFW
4805.085	22.01	Ti II	-1.100	19.5	MFW
4911.193	22.01	Ti II	-0.340	36.0	MFW
5072.281	22.01	Ti II	-0.750	10.7	MFW
5188.680	22.01	Ti II	-1.210	24.8	MFW
5226.543	22.01	Ti II	-1.300	27.8	MFW
5336.771	22.01	Ti II	-1.700	5.5	MFW
4554.988	24.01	Cr II	-1.380	4.7	MFW
4558.650	24.01	Cr II	-0.660	36.4	MFW
4588.199	24.01	Cr II	-0.630	39.1	MFW
4592.049	24.01	Cr II	-1.220	6.5	MFW
4616.629	24.01	Cr II	-1.290	5.6	MFW
4618.803	24.01	Cr II	-1.110	11.4	MFW
4634.070	24.01	Cr II	-1.240	6.2	MFW
4848.235	24.01	Cr II	-1.140	28.7	MFW
4860.202	24.01	Cr II	-2.048	12.1	K88
4864.326	24.01	Cr II	-1.372	17.1	K88
5237.329	24.01	Cr II	-1.160	13.0	MFW
4500.543	25.01	Mn II	-2.066	9.1	K88
4503.201	25.01	Mn II	-2.164	7.5	K88
4518.956	25.01	Mn II	-1.329	28.5	K88
4525.326	25.01	Mn II	-2.068	8.9	K88
4717.264	25.01	Mn II	-1.856	8.7	K88
4727.841	25.01	Mn II	-2.017	23.7	K88
4730.395	25.01	Mn II	-2.147	26.6	K88
4738.290	25.01	Mn II	-2.244	13.7	K88
4749.112	25.01	Mn II	-2.000	11.2	K88
4755.727	25.01	Mn II	-1.242	51.5	K88
4764.728	25.01	Mn II	-1.351	49.1	K88
4770.351	25.01	Mn II	-2.290	12.0	K88
4784.625	25.01	Mn II	-1.505	23.0	K88
4791.782	25.01	Mn II	-1.715	15.8	K88
4806.823	25.01	Mn II	-1.559	43.7	K88
4811.623	25.01	Mn II	-2.342	10.5	K88
4830.061	25.01	Mn II	-1.850	21.9	K88

4839.737	25.01	Mn II	-1.860	15.2	K88
4842.325	25.01	Mn II	-2.005	11.0	K88
4847.608	25.01	Mn II	-1.810	35.0	K88
4851.537	25.01	Mn II	-2.608	7.6	K88
4920.436	25.01	Mn II	-2.089	26.2	K88
4921.226	25.01	Mn II	-1.583	27.1	K88
4976.998	25.01	Mn II	-2.136	8.2	K88
4998.756	25.01	Mn II	-2.055	5.1	K88
5029.376	25.01	Mn II	-1.956	6.2	K88
5107.092	25.01	Mn II	-1.478	17.1	K88
5123.327	25.01	Mn II	-1.876	23.8	K88
5177.648	25.01	Mn II	-1.772	20.6	K88
5251.823	25.01	Mn II	-1.833	7.2	K88
5294.315	25.01	Mn II	-0.037	20.1	K88
5295.384	25.01	Mn II	0.360	41.4	K88
5297.056	25.01	Mn II	0.623	48.3	K88
5299.386	25.01	Mn II	0.827	53.0	K88
5421.919	25.01	Mn II	-2.184	7.4	K88
5448.992	25.01	Mn II	-2.374	5.0	K88
5470.777	25.01	Mn II	-2.149	5.9	K88
5501.083	25.01	Mn II	-1.753	16.7	K88
5509.964	25.01	Mn II	-1.745	17.0	K88
5511.552	25.01	Mn II	-1.897	9.7	K88
5559.047	25.01	Mn II	-1.318	43.1	K88
5570.539	25.01	Mn II	-1.444	37.5	K88
5578.126	25.01	Mn II	-1.400	40.6	K88
5752.231	25.01	Mn II	-1.937	7.6	K88
4859.742	26.00	Fe I	-0.850	9.8	FMW
4871.318	26.00	Fe I	-0.410	6.6	FMW
4891.492	26.00	Fe I	-0.140	7.8	FMW
4920.502	26.00	Fe I	0.060	19.5	FMW
4957.596	26.00	Fe I	0.127	19.6	WBW2
5232.940	26.00	Fe I	-0.190	6.3	FMW
5324.179	26.00	Fe I	-0.240	4.5	FMW
5367.466	26.00	Fe I	0.350	5.4	FMW
5369.961	26.00	Fe I	0.350	5.6	FMW
5383.369	26.00	Fe I	0.500	8.0	FMW
5404.117	26.00	Fe I	0.540	12.3	BK
5410.910	26.00	Fe I	0.280	4.4	FMW
5415.199	26.00	Fe I	0.500	7.5	FMW
5424.068	26.00	Fe I	0.520	11.7	FMW

5455.454	26.00	Fe I	0.297	5.2	K94
5586.756	26.00	Fe I	-0.210	4.0	FMW
5615.644	26.00	Fe I	-0.140	4.8	FMW
4461.439	26.01	Fe II	-4.114	28.8	K88
4461.706	26.01	Fe II	-2.046	41.4	K88
4472.929	26.01	Fe II	-3.430	47.5	FMW
4489.183	26.01	Fe II	-2.970	56.6	FMW
4491.405	26.01	Fe II	-2.700	60.6	FMW
4493.529	26.01	Fe II	-1.427	37.1	K88
4499.688	26.01	Fe II	-1.865	24.2	K88
4507.102	26.01	Fe II	-1.918	20.6	K88
4508.288	26.01	Fe II	-2.210	77.4	FMW
4515.339	26.01	Fe II	-2.480	63.8	FMW
4520.224	26.01	Fe II	-2.600	62.7	FMW
4522.634	26.01	Fe II	-2.030	99.6	FMW
4534.168	26.01	Fe II	-3.470	47.3	FMW
4541.524	26.01	Fe II	-3.050	55.6	FMW
4556.392	26.01	Fe II	-2.233	11.6	K88
4579.527	26.01	Fe II	-2.508	26.1	K88
4580.063	26.01	Fe II	-3.725	44.0	K88
4598.494	26.01	Fe II	-1.497	36.6	K88
4620.521	26.01	Fe II	-3.280	51.9	FMW
4625.481	26.01	Fe II	-2.070	18.2	K88
4625.893	26.01	Fe II	-2.202	41.3	K88
4629.339	26.01	Fe II	-2.370	67.0	FMW
4635.316	26.01	Fe II	-1.650	53.4	FMW
4640.812	26.01	Fe II	-1.880	23.1	K88
4656.981	26.01	Fe II	-3.630	43.5	FMW
4663.708	26.01	Fe II	-4.265	12.4	K88
4666.758	26.01	Fe II	-3.330	51.5	FMW
4731.453	26.01	Fe II	-3.360	51.0	FMW
4768.550	26.01	Fe II	-2.594	5.3	K88
4820.834	26.01	Fe II	-0.688	26.4	K88
4824.838	26.01	Fe II	-1.893	21.2	K88
4843.294	26.01	Fe II	-2.158	25.1	K88
4855.548	26.01	Fe II	-4.270	20.6	K88
4859.031	26.01	Fe II	-1.062	27.0	K88
4860.677	26.01	Fe II	-0.293	40.9	K88
4871.277	26.01	Fe II	-4.058	31.9	K88
4883.287	26.01	Fe II	-0.642	29.6	K88
4901.056	26.01	Fe II	-0.986	20.9	K88

4908.151	26.01	Fe II	-0.304	39.3	K88
4913.292	26.01	Fe II	0.012	46.8	K88
4923.927	26.01	Fe II	-1.320	235.7	FMW
4937.078	26.01	Fe II	-0.998	20.9	K88
4948.096	26.01	Fe II	-0.324	39.3	K88
4948.793	26.01	Fe II	-0.008	46.0	K88
4951.584	26.01	Fe II	0.175	50.0	K88
4952.657	26.01	Fe II	-0.654	28.0	K88
4953.987	26.01	Fe II	-2.757	29.9	K88
4969.365	26.01	Fe II	-0.767	21.6	K88
4977.035	26.01	Fe II	0.041	47.1	K88
4977.923	26.01	Fe II	-0.667	27.8	K88
4984.488	26.01	Fe II	0.011	46.8	K88
4990.509	26.01	Fe II	0.177	50.1	K88
4991.440	26.01	Fe II	-0.571	32.2	K88
4993.358	26.01	Fe II	-3.650	46.0	FMW
5001.959	26.01	Fe II	0.896	62.9	K88
5004.195	26.01	Fe II	0.497	56.5	K88
5004.773	26.01	Fe II	-0.759	21.4	K88
5006.841	26.01	Fe II	-0.427	35.6	K88
5007.447	26.01	Fe II	-0.363	37.5	K88
5007.739	26.01	Fe II	-0.203	42.7	K88
5009.022	26.01	Fe II	-0.415	36.4	K88
5015.755	26.01	Fe II	-0.049	45.5	K88
5018.440	26.01	Fe II	-1.220	273.3	FMW
5019.462	26.01	Fe II	-2.697	32.0	K88
5020.015	26.01	Fe II	-0.722	26.9	K88
5021.594	26.01	Fe II	-0.300	40.4	K88
5022.420	26.01	Fe II	-0.064	45.2	K88
5022.792	26.01	Fe II	-0.023	46.8	K88
5026.806	26.01	Fe II	-0.222	42.2	K88
5029.097	26.01	Fe II	-0.854	31.4	K88
5030.630	26.01	Fe II	0.397	54.8	K88
5032.712	26.01	Fe II	0.109	48.5	K88
5034.003	26.01	Fe II	-0.954	21.9	K88
5035.708	26.01	Fe II	0.606	58.4	K88
5036.718	26.01	Fe II	-0.521	32.1	K88
5040.759	26.01	Fe II	-0.674	26.9	K88
5045.114	26.01	Fe II	-0.134	44.3	K88
5047.641	26.01	Fe II	-0.068	45.7	K88
5060.257	26.01	Fe II	-0.525	31.2	K88

5061.718	26.01	Fe II	0.217	51.6	K88
5062.935	26.01	Fe II	-0.932	25.0	K88
5065.097	26.01	Fe II	-0.446	34.5	K88
5067.893	26.01	Fe II	-0.198	42.6	K88
5070.899	26.01	Fe II	0.242	52.2	K88
5074.053	26.01	Fe II	-1.973	38.5	K88
5075.764	26.01	Fe II	0.277	51.4	K88
5076.605	26.01	Fe II	-0.709	23.7	K88
5081.901	26.01	Fe II	-0.585	30.1	K88
5082.230	26.01	Fe II	-0.099	44.1	K88
5086.306	26.01	Fe II	-0.475	33.8	K88
5089.214	26.01	Fe II	-0.035	46.4	K88
5089.493	26.01	Fe II	-0.900	22.5	K88
5093.780	26.01	Fe II	-0.568	30.7	K88
5094.906	26.01	Fe II	-0.561	29.5	K88
5096.907	26.01	Fe II	-0.685	26.0	K88
5097.271	26.01	Fe II	0.308	52.9	K88
5098.685	26.01	Fe II	-0.380	36.3	K88
5107.110	26.01	Fe II	-0.726	24.8	K88
5107.547	26.01	Fe II	-0.882	26.0	K88
5112.156	26.01	Fe II	-0.836	33.2	K88
5113.004	26.01	Fe II	-0.499	33.4	K88
5115.062	26.01	Fe II	-0.453	34.3	K88
5117.034	26.01	Fe II	-0.126	43.5	K88
5119.341	26.01	Fe II	-0.558	30.9	K88
5120.352	26.01	Fe II	-4.214	20.0	K88
5127.866	26.01	Fe II	-2.535	39.9	K88
5140.692	26.01	Fe II	-0.546	31.0	K88
5141.370	26.01	Fe II	-0.650	25.8	K88
5143.880	26.01	Fe II	0.102	48.5	K88
5144.355	26.01	Fe II	0.283	52.0	K88
5146.127	26.01	Fe II	-3.913	35.2	K88
5148.907	26.01	Fe II	-0.397	36.4	K88
5149.465	26.01	Fe II	0.396	54.4	K88
5150.489	26.01	Fe II	-0.124	43.5	K88
5160.839	26.01	Fe II	-2.641	35.8	K88
5166.555	26.01	Fe II	-0.030	45.7	K88
5169.033	26.01	Fe II	-0.870	422.9	FMW
5170.777	26.01	Fe II	-0.357	37.1	K88
5172.990	26.01	Fe II	-2.463	36.4	K88
5177.020	26.01	Fe II	-0.179	43.0	K88

5178.371	26.01	Fe II	-0.589	29.0	K88
5180.314	26.01	Fe II	0.044	48.1	K88
5183.526	26.01	Fe II	-0.846	32.2	K88
5186.873	26.01	Fe II	-0.301	38.7	K88
5190.736	26.01	Fe II	-0.863	30.0	K88
5194.892	26.01	Fe II	-0.153	42.7	K88
5202.592	26.01	Fe II	-0.762	20.4	K88
5203.638	26.01	Fe II	-0.046	46.2	K88
5213.960	26.01	Fe II	-0.218	41.0	K88
5214.489	26.01	Fe II	-0.532	30.0	K88
5215.349	26.01	Fe II	-0.009	47.3	K88
5218.335	26.01	Fe II	-2.827	23.8	K88
5218.842	26.01	Fe II	-0.205	42.5	K88
5219.926	26.01	Fe II	-0.366	36.0	K88
5222.361	26.01	Fe II	-0.326	37.3	K88
5223.800	26.01	Fe II	-0.594	29.7	K88
5224.411	26.01	Fe II	-0.572	30.0	K88
5225.968	26.01	Fe II	-0.405	36.6	K88
5227.759	26.01	Fe II	-0.619	27.3	K88
5228.896	26.01	Fe II	-0.305	39.0	K88
5231.907	26.01	Fe II	-0.645	23.2	K88
5232.787	26.01	Fe II	-0.062	46.1	K88
5236.613	26.01	Fe II	-0.698	22.0	K88
5237.950	26.01	Fe II	0.135	49.8	K88
5239.813	26.01	Fe II	-0.461	33.9	K88
5241.059	26.01	Fe II	-0.714	22.6	K88
5243.192	26.01	Fe II	-1.645	24.1	K88
5245.455	26.01	Fe II	-0.507	31.8	K88
5247.952	26.01	Fe II	0.630	58.7	FMW
5249.344	26.01	Fe II	-0.597	29.0	K88
5251.233	26.01	Fe II	0.507	56.6	K88
5253.641	26.01	Fe II	-0.091	44.7	K88
5254.929	26.01	Fe II	-3.227	54.6	K88
5257.122	26.01	Fe II	0.032	47.1	K88
5257.894	26.01	Fe II	-0.711	21.2	K88
5258.121	26.01	Fe II	-0.918	22.8	K88
5260.259	26.01	Fe II	1.069	67.2	K88
5261.448	26.01	Fe II	-0.684	21.5	K88
5262.317	26.01	Fe II	-0.364	35.8	K88
5264.812	26.01	Fe II	-3.190	55.4	FMW
5270.027	26.01	Fe II	0.068	48.0	K88

5271.100	26.01	Fe II	-0.684	21.5	K88
5272.397	26.01	Fe II	-2.030	50.0	FMW
5276.002	26.01	Fe II	-1.940	91.4	FMW
5278.207	26.01	Fe II	-1.558	29.9	K88
5278.938	26.01	Fe II	-2.408	38.4	K88
5284.109	26.01	Fe II	-3.190	59.9	FMW
5291.666	26.01	Fe II	0.575	58.5	K88
5303.395	26.01	Fe II	-1.612	27.1	K88
5306.180	26.01	Fe II	0.222	51.3	K88
5309.881	26.01	Fe II	-0.651	24.2	K88
5310.635	26.01	Fe II	-0.858	27.0	K88
5313.106	26.01	Fe II	-0.643	24.6	K88
5314.034	26.01	Fe II	-0.890	24.1	K88
5315.086	26.01	Fe II	-0.383	35.3	K88
5315.563	26.01	Fe II	-1.457	34.0	K88
5316.225	26.01	Fe II	0.337	54.8	K88
5318.057	26.01	Fe II	-0.136	43.5	K88
5318.750	26.01	Fe II	-0.567	30.1	K88
5322.234	26.01	Fe II	-0.518	31.4	K88
5325.553	26.01	Fe II	-2.600	69.3	FMW
5328.934	26.01	Fe II	-0.790	32.0	K88
5337.732	26.01	Fe II	-3.892	26.1	K88
5339.585	26.01	Fe II	0.537	58.5	K88
5344.095	26.01	Fe II	-0.683	20.5	K88
5346.856	26.01	Fe II	-0.605	27.7	K88
5347.190	26.01	Fe II	-0.277	38.7	K88
5351.933	26.01	Fe II	-0.848	26.8	K88
5353.079	26.01	Fe II	-0.895	24.5	K88
5355.419	26.01	Fe II	-0.412	35.1	K88
5358.876	26.01	Fe II	-0.305	38.7	K88
5359.246	26.01	Fe II	-0.839	27.5	K88
5360.486	26.01	Fe II	-0.597	26.3	K88
5362.967	26.01	Fe II	-0.077	45.0	K88
5366.207	26.01	Fe II	-0.270	39.7	K88
5375.847	26.01	Fe II	-0.291	39.8	K88
5379.244	26.01	Fe II	-0.864	27.1	K88
5387.063	26.01	Fe II	0.518	57.9	K88
5391.983	26.01	Fe II	-0.682	20.6	K88
5393.847	26.01	Fe II	-0.301	39.5	K88
5402.907	26.01	Fe II	-0.667	20.4	K88
5405.106	26.01	Fe II	-0.268	39.1	K88

5405.663	26.01	Fe II	-0.435	33.9	K88
5408.811	26.01	Fe II	-2.393	39.8	K88
5411.375	26.01	Fe II	-0.435	32.6	K88
5412.746	26.01	Fe II	-0.823	27.7	K88
5414.073	26.01	Fe II	-3.790	33.7	FMW
5414.850	26.01	Fe II	-0.311	38.3	K88
5425.257	26.01	Fe II	-3.360	51.8	FMW
5427.826	26.01	Fe II	-1.664	51.3	K88
5429.988	26.01	Fe II	0.458	56.3	K88
5432.967	26.01	Fe II	-3.629	40.5	K88
5439.707	26.01	Fe II	-2.309	23.7	K88
5442.351	26.01	Fe II	-0.303	38.3	K88
5443.449	26.01	Fe II	-0.591	27.7	K88
5444.387	26.01	Fe II	-0.185	41.2	K88
5445.807	26.01	Fe II	-0.106	44.1	K88
5450.099	26.01	Fe II	-0.530	27.6	K88
5451.318	26.01	Fe II	-0.806	30.2	K88
5455.932	26.01	Fe II	-0.520	30.8	K88
5457.730	26.01	Fe II	-0.168	41.3	K88
5465.931	26.01	Fe II	0.521	57.6	K88
5466.908	26.01	Fe II	-1.885	44.0	K88
5472.855	26.01	Fe II	-0.643	24.6	K88
5473.590	26.01	Fe II	-0.795	28.3	K88
5475.829	26.01	Fe II	-0.176	42.8	K88
5479.401	26.01	Fe II	-0.415	34.1	K88
5480.955	26.01	Fe II	-0.824	27.0	K88
5482.308	26.01	Fe II	0.432	56.5	K88
5488.782	26.01	Fe II	-0.466	31.5	K88
5492.399	26.01	Fe II	-0.063	46.0	K88
5493.833	26.01	Fe II	0.211	52.5	K88
5498.576	26.01	Fe II	-0.393	34.3	K88
5499.187	26.01	Fe II	-0.895	21.4	K88
5501.024	26.01	Fe II	-0.823	24.1	K88
5502.671	26.01	Fe II	-0.137	43.2	K88
5503.897	26.01	Fe II	-0.645	23.9	K88
5506.195	26.01	Fe II	0.950	67.0	FMW
5507.072	26.01	Fe II	-0.325	38.0	K88
5510.779	26.01	Fe II	0.001	46.9	K88
5511.083	26.01	Fe II	-0.466	30.4	K88
5521.105	26.01	Fe II	-0.652	23.5	K88
5524.132	26.01	Fe II	-0.893	21.4	K88

5529.053	26.01	Fe II	-0.250	40.3	K88
5529.932	26.01	Fe II	-1.875	45.5	K88
5530.341	26.01	Fe II	-0.654	22.7	K88
5532.088	26.01	Fe II	-0.327	38.0	K88
5540.996	26.01	Fe II	-0.869	22.9	K88
5544.196	26.01	Fe II	-0.230	39.8	K88
5544.763	26.01	Fe II	0.117	50.4	K88
5549.001	26.01	Fe II	-0.230	41.2	K88
5554.914	26.01	Fe II	-0.640	21.4	K88
5558.287	26.01	Fe II	-0.567	27.3	K88
5559.795	26.01	Fe II	-0.900	18.4	K88
5561.150	26.01	Fe II	-0.615	25.3	K88
5561.525	26.01	Fe II	-0.781	29.6	K88
5563.399	26.01	Fe II	-0.573	25.1	K88
5567.842	26.01	Fe II	-1.887	45.3	K88
5575.021	26.01	Fe II	-0.887	18.9	K88
5577.915	26.01	Fe II	-0.145	42.8	K88
5579.925	26.01	Fe II	-0.551	26.2	K88
5581.628	26.01	Fe II	-0.481	30.2	K88
5583.944	26.01	Fe II	-0.746	33.7	K88
5587.114	26.01	Fe II	-2.185	32.0	K88
5588.220	26.01	Fe II	0.086	49.1	K88
5626.727	26.01	Fe II	-2.447	32.5	K88
5639.690	26.01	Fe II	-0.718	32.3	K88
5643.880	26.01	Fe II	-1.458	45.4	K88
5645.392	26.01	Fe II	0.085	49.8	K88
5646.226	26.01	Fe II	-0.728	31.0	K88
5648.904	26.01	Fe II	-0.242	40.5	K88
5651.575	26.01	Fe II	-0.580	24.4	K88
5655.357	26.01	Fe II	-0.716	32.0	K88
5660.147	26.01	Fe II	-0.407	33.3	K88
5668.636	26.01	Fe II	-0.711	32.5	K88
5675.248	26.01	Fe II	-0.498	29.3	K88
5690.994	26.01	Fe II	-0.195	40.4	K88
5703.254	26.01	Fe II	-0.717	32.9	K88
5714.922	26.01	Fe II	-0.675	25.7	K88
5726.557	26.01	Fe II	-0.016	45.5	K88
5737.898	26.01	Fe II	-0.536	23.8	K88
5746.575	26.01	Fe II	-0.366	35.0	K88
5747.884	26.01	Fe II	-2.909	37.0	K88
5748.286	26.01	Fe II	-0.682	25.3	K88

5751.488	26.01	Fe II	-0.796	23.5	K88
5755.449	26.01	Fe II	-0.453	28.4	K88
5766.906	26.01	Fe II	-0.819	19.0	K88
5768.458	26.01	Fe II	-0.505	22.5	K88
5776.756	26.01	Fe II	-0.580	23.9	K88
5780.128	26.01	Fe II	0.325	55.0	K88
5783.630	26.01	Fe II	0.206	51.7	K88
5784.448	26.01	Fe II	0.060	47.5	K88
5790.692	26.01	Fe II	-0.412	31.4	K88
5795.845	26.01	Fe II	-2.163	36.7	K88
5802.768	26.01	Fe II	-0.612	20.2	K88
5811.629	26.01	Fe II	-0.492	27.5	K88
5826.508	26.01	Fe II	-0.798	19.8	K88
5830.341	26.01	Fe II	-0.269	36.7	K88
5835.492	26.01	Fe II	-2.372	42.4	K88
5838.989	26.01	Fe II	-0.351	31.4	K88
5842.290	26.01	Fe II	-0.213	39.2	K88
5063.421	26.02	Fe III	-2.950	11.4	K88
5073.903	26.02	Fe III	-2.557	17.9	K88
5086.701	26.02	Fe III	-2.590	21.4	K88
5114.627	26.02	Fe III	-3.260	6.0	K88
5127.387	26.02	Fe III	-2.218	23.3	K88
5156.111	26.02	Fe III	-2.018	32.1	K88
5193.909	26.02	Fe III	-2.852	13.6	K88
4992.024	28.01	Ni II	0.990	8.5	K88
5003.414	28.01	Ni II	0.702	3.6	K88
5021.471	28.01	Ni II	0.920	6.3	K88
5028.979	28.01	Ni II	0.805	5.0	K88
5040.345	28.01	Ni II	0.574	3.5	K88
5058.376	28.01	Ni II	0.846	4.9	K88
5066.328	28.01	Ni II	-1.799	3.4	K88
5087.335	28.01	Ni II	0.726	3.8	K88
3983.890	80.01	Hg II	-1.730	30.7	MMD

EK 10 112 Her B yıldızının bolluk analizinde kullanılan çizgi listesi

112 Her B					
Lambda(A)	Atom Numarası	Element	log gf	EW(mA)	Kaynaklar
4690.683	6.00	C I	-2.090	18.3	KP
4734.260	6.00	C I	-2.090	18.2	KP-2
4738.461	6.00	C I	-2.360	7.2	KP-2
4762.533	6.00	C I	-2.445	9.9	MWRB
4766.672	6.00	C I	-2.309	19.4	MWRB
4770.027	6.00	C I	-2.722	5.6	MWRB
4771.742	6.00	C I	-2.120	24.0	MWRB
4775.897	6.00	C I	-2.163	49.3	MWRB
4783.798	6.00	C I	-2.560	4.7	KP-2
4815.220	6.00	C I	-2.130	16.5	KP
4888.936	6.00	C I	-2.910	5.5	KP
4890.650	6.00	C I	-2.590	10.7	KP
4926.427	6.00	C I	-1.974	8.2	CM
4932.049	6.00	C I	-1.884	59.7	MWRB
5017.086	6.00	C I	-2.500	5.1	GUES
5018.101	6.00	C I	-2.000	32.9	GUES
5023.849	6.00	C I	-2.400	6.3	GUES
5039.057	6.00	C I	-2.000	32.8	MWRB
5040.134	6.00	C I	-2.500	5.1	GUES
5041.481	6.00	C I	-1.700	45.8	GUES
5280.230	6.00	C I	-2.190	4.9	KP
5302.870	6.00	C I	-1.840	12.9	KP
5306.315	6.00	C I	-1.940	7.4	KP
5380.337	6.00	C I	-1.842	70.5	BDEL
5436.872	6.00	C I	-2.130	5.5	KP
5526.836	6.00	C I	-3.040	7.4	KP
5534.817	6.00	C I	-2.740	11.0	KP
5548.902	6.00	C I	-1.760	14.7	KP
5551.021	6.00	C I	-1.690	24.1	KP
5551.576	6.00	C I	-2.030	8.5	KP
5553.174	6.00	C I	-2.370	2.8	KP
5659.937	6.00	C I	-1.960	10.9	KP
5693.109	6.00	C I	-1.850	13.6	KP
5758.579	6.00	C I	-1.990	5.9	KP
5773.688	6.00	C I	-1.310	8.0	KP

5800.602	6.00	C I	-2.440	7.7	MWRB
5805.200	6.00	C I	-3.183	4.5	MWRB
5812.720	6.00	C I	-2.210	4.4	KP
5823.115	6.00	C I	-2.160	4.1	KP
5850.236	6.00	C I	-2.290	4.0	KP
4744.766	6.01	C II	-0.600	3.80	GUES
4589.967	8.00	O I	-2.390	4.8	KP
4673.785	8.00	O I	-2.220	3.1	KP
5018.782	8.00	O I	-2.130	4.0	KP
5019.291	8.00	O I	-1.900	6.5	KP
5020.218	8.00	O I	-1.760	8.7	KP
5329.099	8.00	O I	-1.730	9.7	NBS
5329.69	8.00	O I	-1.410	17.0	NBS
5330.741	8.00	O I	-1.120	38.0	NBS
5435.775	8.00	O I	-1.660	10.1	NBS
4982.814	11.00	Na I	-0.950	9.1	KP
5682.633	11.00	Na I	-0.700	31.6	KP
5688.205	11.00	Na I	-0.450	62.8	KP
4702.991	12.00	Mg I	-0.666	99.2	LZ
5167.321	12.00	Mg I	-1.030	99.6	KP
5172.684	12.00	Mg I	-0.402	136.7	AZ
5183.604	12.00	Mg I	-0.180	175.2	AZ
5528.405	12.00	Mg I	-0.620	91.9	LZ
5711.088	12.00	Mg I	-1.833	30.1	LZ
4481.126	12.01	Mg II	0.740	77.3	KP
4481.150	12.01	Mg II	-0.560	37.0	KP
4481.325	12.01	Mg II	0.590	73.8	KP
4739.593	12.01	Mg II	-0.660	11.6	KP
4851.070	12.01	Mg II	-0.790	8.4	KP
5264.220	12.01	Mg II	-0.380	19.9	KP
5401.556	12.01	Mg II	-0.340	19.4	KP
4663.046	13.01	Al II	-0.284	13.9	NBS
4627.383	14.00	Si I	-1.520	5.0	KP
4792.324	14.00	Si I	-1.660	4.2	KP
4818.052	14.00	Si I	-1.380	11.5	KP
4866.880	14.00	Si I	-2.030	14.0	KP
4869.074	14.00	Si I	-2.090	8.9	KP
5006.059	14.00	Si I	-1.330	10.7	KP
5168.640	14.00	Si I	-2.160	9.5	KP
5258.842	14.00	Si I	-0.180	69.4	KP
5260.658	14.00	Si I	-0.920	21.3	KP

5266.660	14.00	Si I	-1.010	16.9	KP
5268.387	14.00	Si I	-0.580	52.8	KP
5333.241	14.00	Si I	-0.020	74.2	KP
5337.988	14.00	Si I	-0.020	74.3	KP
5346.043	14.00	Si I	-0.80	45.7	KP
5404.665	14.00	Si I	-0.530	57.9	KP
5409.766	14.00	Si I	-1.520	31.0	KP
5413.099	14.00	Si I	-0.710	39.2	KP
5488.983	14.00	Si I	-0.530	55.7	KP
5493.876	14.00	Si I	-0.620	48.7	KP
5502.409	14.00	Si I	-1.410	4.7	KP
5575.115	14.00	Si I	-1.250	6.5	KP
5654.919	14.00	Si I	-0.930	32.1	KP
5660.677	14.00	Si I	-1.160	11.8	KP
5666.677	14.00	Si I	-1.050	14.7	KP
5669.736	14.00	Si I	-1.340	5.3	KP
5675.417	14.00	Si I	-1.030	15.3	KP
5684.484	14.00	Si I	-1.650	5.9	KP
5708.400	14.00	Si I	-1.470	13.4	KP
5747.667	14.00	Si I	-0.780	35.4	KP
5753.623	14.00	Si I	-0.830	32.3	KP
5762.977	14.00	Si I	-1.330	29.4	KP
5772.146	14.00	Si I	-1.750	4.1	KP
5793.073	14.00	Si I	-2.060	4.1	KP
5041.024	14.01	Si II	0.291	58.0	SG
5055.984	14.01	Si II	0.593	65.2	SG
5056.317	14.01	Si II	-0.359	30.4	SG
5466.894	14.01	Si II	-0.040	4.8	NBS
5669.563	14.01	Si II	0.900	5.6	GUES
4694.113	16.00	S I	-1.770	4.4	NBS
5507.005	16.00	S I	-1.110	5.4	NBS
5700.580	16.00	S I	-1.040	6.1	NBS
5706.424	16.00	S I	-0.950	7.3	NBS
5453.855	16.01	S II	0.557	3.2	MWRB
4578.551	20.00	Ca I	-0.560	11.9	NBS
4581.395	20.00	Ca I	-0.337	34.7	NBS
4585.865	20.00	Ca I	-0.186	43.9	NBS
4878.126	20.00	Ca I	-0.328	25.9	NBS
5041.618	20.00	Ca I	-0.420	11.9	NBS
5188.844	20.00	Ca I	-0.090	29.7	NBS
5261.704	20.00	Ca I	-0.730	7.6	NBS

5262.241	20.00	Ca I	-0.600	15.8	NBS
5264.237	20.00	Ca I	-0.720	7.7	NBS
5265.556	20.00	Ca I	-0.260	43.0	NBS
5270.270	20.00	Ca I	0.020	56.9	NBS
5512.980	20.00	Ca I	-0.290	11.2	NBS
5581.965	20.00	Ca I	-0.710	7.6	NBS
5588.749	20.00	Ca I	0.210	64.4	NBS
5590.114	20.00	Ca I	-0.710	7.6	NBS
5594.462	20.00	Ca I	-0.050	56.9	NBS
5598.480	20.00	Ca I	-0.220	48.9	NBS
5601.277	20.00	Ca I	-0.690	7.9	NBS
5602.842	20.00	Ca I	-0.700	12.8	NBS
5857.451	20.00	Ca I	0.230	58.7	NBS
4716.743	20.01	Ca II	-0.938	33.9	K88
4721.022	20.01	Ca II	-0.783	42.5	K88
4799.973	20.01	Ca II	-0.469	10.0	K88
5001.479	20.01	Ca II	-0.517	41.3	BWL
5019.971	20.01	Ca II	-0.257	51.4	BWL
5021.138	20.01	Ca II	-1.217	5.7	BWL
5285.266	20.01	Ca II	-1.153	8.8	BWL
5307.224	20.01	Ca II	-0.853	27.2	BWL
5526.790	21.01	Sc II	0.130	99.8	MFW
5641.001	21.01	Sc II	-1.040	61.2	MFW
5657.896	21.01	Sc II	-0.500	74.2	MFW
5658.361	21.01	Sc II	-1.170	56.5	MFW
5667.149	21.01	Sc II	-1.240	53.3	MFW
5669.042	21.01	Sc II	-1.120	58.8	MFW
5684.202	21.01	Sc II	-1.050	61.3	MFW
4629.336	22.00	Ti I	-0.230	28.8	NBS
4856.010	22.00	Ti I	0.440	13.2	NBS
4868.259	22.00	Ti I	0.210	9.8	NBS
4870.126	22.00	Ti I	0.340	8.5	NBS
4885.079	22.00	Ti I	0.358	5.4	NBS
4981.731	22.00	Ti I	0.504	50.1	NBS
4991.065	22.00	Ti I	0.380	47.0	NBS
4999.503	22.00	Ti I	0.250	40.7	NBS
5007.210	22.00	Ti I	0.112	29.4	NBS
5206.089	22.00	Ti I	1.070	39.6	NBS
4580.446	22.01	Ti II	-2.790	19.3	MFW
4583.409	22.01	Ti II	-2.720	33.0	MFW
4589.958	22.01	Ti II	-1.790	59.1	MFW

4629.279	22.01	Ti II	-2.240	52.6	MFW
4655.773	22.01	Ti II	-3.014	4.2	MFW
4657.206	22.01	Ti II	-2.150	53.5	MFW
4708.665	22.01	Ti II	-2.210	52.6	MFW
4762.776	22.01	Ti II	-2.710	40.7	MFW
4763.881	22.01	Ti II	-2.447	46.9	MFW
4764.526	22.01	Ti II	-2.770	20.5	MFW
4779.985	22.01	Ti II	-1.370	58.5	MFW
4798.521	22.01	Ti II	-2.430	51.1	MFW
4805.085	22.01	Ti II	-1.100	62.6	MFW
4849.181	22.01	Ti II	-2.903	24.4	MFW
4855.906	22.01	Ti II	-1.325	41.9	MFW
4865.612	22.01	Ti II	-2.610	46.2	MFW
4874.014	22.01	Ti II	-0.790	55.8	MFW
4911.193	22.01	Ti II	-0.340	63.2	MFW
5005.157	22.01	Ti II	-2.550	27.0	MFW
5010.212	22.01	Ti II	-1.336	40.5	MFW
5013.677	22.01	Ti II	-1.935	55.7	MFW
5069.090	22.01	Ti II	-1.390	36.3	MFW
5072.281	22.01	Ti II	-0.750	58.5	MFW
5129.152	22.01	Ti II	-1.390	64.0	MFW
5154.070	22.01	Ti II	-1.920	58.7	MFW
5183.710	22.01	Ti II	-2.780	11.4	MFW
5185.913	22.01	Ti II	-1.350	65.1	MFW
5188.68	22.01	Ti II	-1.210	71.1	MFW
5211.536	22.01	Ti II	-1.356	53.7	MFW
5226.543	22.01	Ti II	-1.300	70.4	MFW
5262.137	22.01	Ti II	-2.106	53.3	MFW
5268.615	22.01	Ti II	-1.620	44.9	MFW
5336.771	22.01	Ti II	-1.700	64.3	MFW
5381.015	22.01	Ti II	-2.080	56.0	MFW
5418.751	22.01	Ti II	-1.999	58.3	MFW
5490.690	22.01	Ti II	-2.650	26.6	MFW
5492.862	22.01	Ti II	-2.956	2.6	MFW
4786.508	23.00	V I	0.110	15.6	MFW
4864.731	23.00	V I	-0.960	9.8	MFW
4904.429	23.00	V I	0.402	8.2	MFW
4590.499	23.01	V II	-0.777	6.9	K88
4883.407	23.01	V II	-0.778	10.2	K88
4580.048	24.00	Cr I	-1.650	32.4	MFW
4592.531	24.00	Cr I	-0.340	13.0	MFW

4600.748	24.00	Cr I	-1.260	21.3	MFW
4616.124	24.00	Cr I	-1.190	33.5	MFW
4626.173	24.00	Cr I	-1.320	20.6	MFW
4646.162	24.00	Cr I	-0.700	49.4	MFW
4651.284	24.00	Cr I	-1.460	7.1	MFW
4652.157	24.00	Cr I	-1.030	41.1	MFW
4708.013	24.00	Cr I	0.110	14.3	MFW
4718.420	24.00	Cr I	0.090	12.1	MFW
4730.710	24.00	Cr I	-0.192	4.8	MFW
4737.347	24.00	Cr I	-0.099	9.9	MFW
4752.087	24.00	Cr I	0.440	5.0	MFW
4754.010	24.00	Cr I	-1.152	6.3	MFW
4756.112	24.00	Cr I	0.090	23.5	MFW
4789.335	24.00	Cr I	-0.366	21.0	MFW
4801.025	24.00	Cr I	-0.131	5.1	MFW
4861.197	24.00	Cr I	-1.666	13.5	MFW
4861.842	24.00	Cr I	-0.956	31.4	MFW
4870.797	24.00	Cr I	0.050	31.9	MFW
4887.013	24.00	Cr I	0.100	29.3	MFW
4922.265	24.00	Cr I	0.270	36.6	MFW
5184.557	24.00	Cr I	-0.410	12.1	MFW
5204.511	24.00	Cr I	-0.208	62.9	MFW
5206.037	24.00	Cr I	0.019	65.7	MFW
5208.425	24.00	Cr I	0.158	67.3	MFW
5254.904	24.00	Cr I	-0.551	17.1	MFW
5264.153	24.00	Cr I	-1.290	28.0	MFW
5275.750	24.00	Cr I	-0.054	7.2	MFW
5276.067	24.00	Cr I	-0.100	35.5	MFW
5296.691	24.00	Cr I	-1.400	13.2	MFW
5297.377	24.00	Cr I	0.167	38.7	MFW
5298.272	24.00	Cr I	-1.150	40.3	MFW
5328.323	24.00	Cr I	0.460	51.3	MFW
5329.138	24.00	Cr I	-0.064	23.1	MFW
5345.796	24.00	Cr I	-0.980	20.7	MFW
5348.315	24.00	Cr I	-1.290	27.2	MFW
5371.506	24.00	Cr I	-1.072	7.6	MFW
5409.784	24.00	Cr I	-0.720	56.0	MFW
4588.199	24.01	Cr II	-0.630	104.0	MFW
4589.960	24.01	Cr II	-4.281	23.4	MFW
4592.049	24.01	Cr II	-1.220	57.1	MFW
4616.241	24.01	Cr II	-1.639	8.8	

4616.629	24.01	Cr II	-1.290	56.5	MFW
4634.070	24.01	Cr II	-1.240	57.2	MFW
4670.400	24.01	Cr II	-2.385	21.1	MFW
4723.340	24.01	Cr II	-2.705	5.3	MFW
4812.337	24.01	Cr II	-1.800	53.2	MFW
4824.127	24.01	Cr II	-1.220	61.6	MFW
4836.229	24.01	Cr II	-2.250	42.1	MFW
4848.235	24.01	Cr II	-1.140	63.4	MFW
4856.186	24.01	Cr II	-2.260	43.4	MFW
4857.595	24.01	Cr II	-2.182	4.1	MFW
4860.202	24.01	Cr II	-2.048	50.8	K88
4864.326	24.01	Cr II	-1.372	60.2	K88
4876.399	24.01	Cr II	-1.457	59.5	MFW
4884.607	24.01	Cr II	-2.080	48.4	MFW
4891.485	24.01	Cr II	-3.044	38.3	MFW
4901.623	24.01	Cr II	-0.826	27.2	MFW
4912.462	24.01	Cr II	-0.948	24.8	MFW
4920.230	24.01	Cr II	-2.488	29.6	MFW
4952.794	24.01	Cr II	-1.436	6.5	MFW
5097.311	24.01	Cr II	-2.640	28.6	MFW
5137.088	24.01	Cr II	-1.532	19.7	MFW
5153.499	24.01	Cr II	-2.696	23.0	MFW
5191.428	24.01	Cr II	-3.362	25.5	MFW
5210.865	24.01	Cr II	-2.945	4.8	MFW
5232.496	24.01	Cr II	-2.093	46.1	MFW
5237.329	24.01	Cr II	-1.160	65.3	MFW
5246.768	24.01	Cr II	-2.450	42.4	MFW
5249.437	24.01	Cr II	-2.426	40.2	MFW
5274.964	24.01	Cr II	-1.290	63.4	MFW
5279.876	24.01	Cr II	-2.10	46.2	MFW
5305.853	24.01	Cr II	-2.357	43.0	MFW
5308.408	24.01	Cr II	-1.810	54.8	MFW
5313.563	24.01	Cr II	-1.650	58.1	MFW
5334.869	24.01	Cr II	-1.562	59.9	MFW
5337.772	24.01	Cr II	-2.029	47.9	MFW
5346.538	24.01	Cr II	-2.948	7.4	MFW
5369.356	24.01	Cr II	-2.860	7.7	MFW
5390.866	24.01	Cr II	1.091	6.2	MFW
5395.751	24.01	Cr II	0.972	5.0	MFW
5407.604	24.01	Cr II	-2.088	53.3	MFW
5420.922	24.01	Cr II	-2.360	46.3	MFW

5478.365	24.01	Cr II	-1.908	51.9	MFW
5502.067	24.01	Cr II	-1.990	48.4	MFW
5503.212	24.01	Cr II	-2.306	35.0	MFW
5508.606	24.01	Cr II	-2.110	44.6	MFW
5510.702	24.01	Cr II	-2.452	39.6	MFW
5569.617	24.01	Cr II	0.680	5.7	MFW
5620.631	24.01	Cr II	-1.145	11.8	MFW
5678.390	24.01	Cr II	-1.238	9.7	MFW
4709.712	25.00	Mn I	-0.340	29.2	MFW
4727.461	25.00	Mn I	-0.470	11.1	MFW
4739.087	25.00	Mn I	-0.490	10.3	MFW
4754.042	25.00	Mn I	-0.086	50.6	MFW
4761.512	25.00	Mn I	-0.138	35.9	MFW
4762.367	25.00	Mn I	0.425	51.9	MFW
4765.846	25.00	Mn I	-0.080	39.3	MFW
4766.418	25.00	Mn I	0.100	45.1	MFW
4783.427	25.00	Mn I	0.042	52.5	MFW
4823.524	25.00	Mn I	0.144	54.1	MFW
4862.041	25.00	Mn I	-1.383	8.2	MFW
5377.637	25.00	Mn I	-0.109	7.2	MFW
4727.841	25.01	Mn II	-2.017	5.2	K88
4755.727	25.01	Mn II	-1.242	33.7	K88
4762.789	25.01	Mn II	-2.528	9.6	K88
4764.728	25.01	Mn II	-1.351	31.4	K88
4806.823	25.01	Mn II	-1.559	21.4	K88
4847.608	25.01	Mn II	-1.810	15.0	K88
5297.056	25.01	Mn II	0.623	7.0	K88
5299.386	25.01	Mn II	0.827	10.6	K88
5559.047	25.01	Mn II	-1.318	10.7	K88
5570.539	25.01	Mn II	-1.444	6.1	K88
5578.126	25.01	Mn II	-1.400	6.6	K88
4584.597	26.00	Fe I	-0.427	21.2	K94
4592.023	26.00	Fe I	-1.679	8.5	K94
4592.651	26.00	Fe I	-2.449	24.8	K94
4598.117	26.00	Fe I	-1.570	5.0	K94
4602.941	26.00	Fe I	-1.950	47.4	K94
4611.279	26.00	Fe I	-0.670	42.6	K94
4616.600	26.00	Fe I	-0.991	27.1	K94
4619.288	26.00	Fe I	-1.120	16.2	K94
4625.045	26.00	Fe I	-1.340	23.3	K94
4637.503	26.00	Fe I	-1.390	12.2	K94

4638.010	26.00	Fe I	-1.120	16.1	K94
4643.464	26.00	Fe I	-1.290	5.8	K94
4647.434	26.00	Fe I	-1.310	37.6	K94
4648.626	26.00	Fe I	-1.803	13.1	K94
4654.608	26.00	Fe I	-1.077	28.8	K94
4667.454	26.00	Fe I	-0.751	41.2	K94
4668.134	26.00	Fe I	-1.416	10.9	K94
4669.173	26.00	Fe I	-1.410	4.6	K94
4673.164	26.00	Fe I	-0.980	30.3	K94
4678.846	26.00	Fe I	-0.660	43.7	K94
4691.412	26.00	Fe I	-1.450	29.2	K94
4707.274	26.00	Fe I	-1.080	40.1	K94
4709.088	26.00	Fe I	-1.038	24.7	K94
4710.284	26.00	Fe I	-1.612	10.8	K94
4727.399	26.00	Fe I	-1.162	12.7	K94
4728.546	26.00	Fe I	-1.280	5.9	K94
4736.773	26.00	Fe I	-0.740	48.3	K94
4745.800	26.00	Fe I	-1.270	6.0	K94
4768.320	26.00	Fe I	-1.115	13.3	K94
4786.807	26.00	Fe I	-1.590	22.4	K94
4789.651	26.00	Fe I	-0.840	39.6	K94
4824.165	26.00	Fe I	-2.329	9.2	K94
4832.683	26.00	Fe I	-1.733	2.8	K94
4839.544	26.00	Fe I	-1.820	5.1	K94
4851.868	26.00	Fe I	-1.280	13.4	K94
4854.876	26.00	Fe I	-1.352	12.2	K94
4855.673	26.00	Fe I	-1.994	11.6	K94
4858.246	26.00	Fe I	-2.250	5.1	K94
4859.122	26.00	Fe I	-1.730	22.4	K94
4859.742	26.00	Fe I	-0.850	51.5	FMW
4860.978	26.00	Fe I	-2.430	19.0	K94
4862.599	26.00	Fe I	-1.965	19.3	K94
4868.448	26.00	Fe I	-1.229	9.4	K94
4871.318	26.00	Fe I	-0.410	57.0	FMW
4872.138	26.00	Fe I	-0.600	54.8	FMW
4873.120	26.00	Fe I	-1.306	8.7	K94
4875.030	26.00	Fe I	-1.041	6.8	K94
4878.211	26.00	Fe I	-1.010	48.5	K94
4881.718	26.00	Fe I	-1.781	5.3	K94
4882.143	26.00	Fe I	-1.640	6.2	K94
4885.430	26.00	Fe I	-1.095	20.4	K94

4886.332	26.00	Fe I	-0.685	30.4	K94
4887.194	26.00	Fe I	-0.964	6.0	K94
4889.102	26.00	Fe I	-1.292	7.3	K94
4890.755	26.00	Fe I	-0.430	56.9	FMW
4891.492	26.00	Fe I	-0.140	60.1	FMW
4903.310	26.00	Fe I	-1.080	47.1	K94
4910.565	26.00	Fe I	-0.435	39.7	K94
4918.994	26.00	Fe I	-0.370	57.9	FMW
4920.502	26.00	Fe I	0.060	62.4	FMW
4923.908	26.00	Fe I	-1.685	11.8	K94
4924.770	26.00	Fe I	-2.220	7.0	K94
4933.341	26.00	Fe I	-0.597	27.4	K94
4934.005	26.00	Fe I	-0.614	32.2	K94
4938.174	26.00	Fe I	-1.018	23.1	K94
4938.814	26.00	Fe I	-1.077	48.2	K94
4946.387	26.00	Fe I	-1.170	34.1	K94
4957.298	26.00	Fe I	-0.342	58.7	K94
4957.682	26.00	Fe I	-0.327	44.5	K94
4966.088	26.00	Fe I	-0.890	44.9	K94
4967.897	26.00	Fe I	-0.534	36.3	K94
4969.917	26.00	Fe I	-0.710	16.9	K94
4973.102	26.00	Fe I	-0.950	11.9	K94
4978.692	26.00	Fe I	-0.455	41.3	K94
4982.499	26.00	Fe I	0.164	54.2	K94
4983.250	26.00	Fe I	-0.111	49.5	K94
4983.853	26.00	Fe I	-0.050	51.2	K94
4985.253	26.00	Fe I	-0.560	41.2	K94
4988.950	26.00	Fe I	-0.890	12.1	K94
4991.268	26.00	Fe I	-0.670	30.4	K94
4994.130	26.00	Fe I	-3.080	5.9	K94
5001.863	26.00	Fe I	0.010	54.4	K94
5002.583	26.00	Fe I	-0.826	27.2	K94
5005.712	26.00	Fe I	-0.142	52.4	K94
5006.119	26.00	Fe I	-0.615	56.3	K94
5007.275	26.00	Fe I	-0.196	48.4	K94
5012.068	26.00	Fe I	-2.642	45.5	K94
5012.441	26.00	Fe I	-0.678	41.3	K94
5014.942	26.00	Fe I	-0.250	49.9	FMW
5018.413	26.00	Fe I	-3.146	9.0	FMW
5021.590	26.00	Fe I	-0.677	24.6	FMW
5022.236	26.00	Fe I	-0.530	42.8	FMW

5027.123	26.00	Fe I	-0.530	39.3	FMW
5028.126	26.00	Fe I	-1.123	23.6	FMW
5035.322	26.00	Fe I	-1.819	5.3	FMW
5039.251	26.00	Fe I	-1.573	4.3	FMW
5040.907	26.00	Fe I	-0.500	36.1	FMW
5041.756	26.00	Fe I	-2.203	45.8	FMW
5049.820	26.00	Fe I	-1.420	50.6	FMW
5051.635	26.00	Fe I	-2.795	36.8	FMW
5055.993	26.00	Fe I	-2.010	6.8	FMW
5065.018	26.00	Fe I	-0.147	48.0	FMW
5067.150	26.00	Fe I	-0.970	5.6	FMW
5068.766	26.00	Fe I	-1.230	44.4	FMW
5072.078	26.00	Fe I	-0.774	4.9	FMW
5074.748	26.00	Fe I	-0.200	47.7	FMW
5075.172	26.00	Fe I	-0.998	5.6	FMW
5076.264	26.00	Fe I	-0.712	13.5	FMW
5078.975	26.00	Fe I	-0.381	40.5	FMW
5083.338	26.00	Fe I	-2.958	12.9	FMW
5090.773	26.00	Fe I	-0.400	42.3	FMW
5096.998	26.00	Fe I	-0.196	47.3	FMW
5098.698	26.00	Fe I	-2.026	28.2	FMW
5107.641	26.00	Fe I	-2.418	28.1	FMW
5110.358	26.00	Fe I	-1.366	8.7	FMW
5121.639	26.00	Fe I	-0.810	12.1	FMW
5123.720	26.00	Fe I	-3.068	5.3	FMW
5125.117	26.00	Fe I	-0.140	49.0	FMW
5125.837	26.00	Fe I	-0.478	40.9	FMW
5133.688	26.00	Fe I	0.140	54.5	FMW
5137.382	26.00	Fe I	-0.400	43.5	FMW
5139.251	26.00	Fe I	-0.767	53.8	FMW
5141.739	26.00	Fe I	-2.150	6.7	FMW
5142.541	26.00	Fe I	-0.143	48.7	FMW
5142.929	26.00	Fe I	-3.067	36.0	FMW
5148.229	26.00	Fe I	-0.290	45.6	FMW
5150.839	26.00	Fe I	-3.070	5.4	FMW
5154.101	26.00	Fe I	-1.712	22.3	FMW
5159.058	26.00	Fe I	-0.820	11.7	FMW
5162.273	26.00	Fe I	0.020	52.9	FMW
5165.410	26.00	Fe I	-0.026	51.8	FMW
5167.488	26.00	Fe I	-1.260	62.0	FMW
5169.299	26.00	Fe I	-0.324	48.0	FMW

5171.596	26.00	Fe I	-1.793	55.0	FMW
5191.454	26.00	Fe I	-0.551	56.9	FMW
5192.344	26.00	Fe I	-0.421	59.0	FMW
5194.941	26.00	Fe I	-2.090	47.8	FMW
5195.472	26.00	Fe I	0.018	52.7	FMW
5196.059	26.00	Fe I	-0.524	36.6	FMW
5198.711	26.00	Fe I	-2.135	15.3	FMW
5202.336	26.00	Fe I	-1.838	42.1	FMW
5208.594	26.00	Fe I	-0.980	46.0	FMW
5215.180	26.00	Fe I	-0.967	46.0	FMW
5226.862	26.00	Fe I	-0.555	57.2	FMW
5227.189	26.00	Fe I	-1.228	62.4	FMW
5229.866	26.00	Fe I	-0.241	48.8	FMW
5232.940	26.00	Fe I	-0.190	62.5	FMW
5235.387	26.00	Fe I	-0.967	18.9	FMW
5242.491	26.00	Fe I	-0.840	42.7	FMW
5250.646	26.00	Fe I	-2.050	19.8	FMW
5262.246	26.00	Fe I	-0.633	14.4	FMW
5263.306	26.00	Fe I	-0.970	46.3	FMW
5266.555	26.00	Fe I	-0.490	58.8	FMW
5269.537	26.00	Fe I	-1.321	67.7	FMW
5270.356	26.00	Fe I	-1.510	58.7	FMW
5273.164	26.00	Fe I	-1.037	43.5	FMW
5274.990	26.00	Fe I	-1.647	10.5	FMW
5281.790	26.00	Fe I	-1.020	49.1	FMW
5282.432	26.00	Fe I	-0.578	5.2	FMW
5283.621	26.00	Fe I	-0.630	54.0	FMW
5292.597	26.00	Fe I	-0.031	34.5	FMW
5302.300	26.00	Fe I	-0.880	48.8	FMW
5324.179	26.00	Fe I	-0.240	60.5	FMW
5328.039	26.00	Fe I	-1.466	66.3	FMW
5328.531	26.00	Fe I	-1.850	54.5	FMW
5339.929	26.00	Fe I	-0.680	53.5	FMW
5341.024	26.00	Fe I	-2.060	49.7	FMW
5353.374	26.00	Fe I	-0.840	27.7	FMW
5364.871	26.00	Fe I	0.220	54.9	FMW
5365.399	26.00	Fe I	-1.020	35.8	FMW
5367.466	26.00	Fe I	0.350	57.1	FMW
5369.961	26.00	Fe I	0.350	57.6	FMW
5371.489	26.00	Fe I	-1.645	64.3	FMW
5373.709	26.00	Fe I	-0.860	8.3	FMW

5382.475	26.00	Fe I	-1.005	10.6	FMW
5383.369	26.00	Fe I	0.500	60.2	FMW
5389.479	26.00	Fe I	-0.410	37.5	FMW
5391.459	26.00	Fe I	-0.812	21.4	FMW
5393.167	26.00	Fe I	-0.910	49.4	FMW
5397.128	26.00	Fe I	-1.993	60.2	FMW
5398.279	26.00	Fe I	-0.670	23.3	FMW
5400.501	26.00	Fe I	-0.160	48.1	FMW
5403.822	26.00	Fe I	-1.034	9.2	FMW
5404.151	26.00	Fe I	0.523	59.6	FMW
5405.775	26.00	Fe I	-1.844	61.8	FMW
5410.910	26.00	Fe I	0.280	55.8	FMW
5415.199	26.00	Fe I	0.500	59.9	FMW
5424.068	26.00	Fe I	0.520	60.8	FMW
5429.696	26.00	Fe I	-1.879	61.8	FMW
5432.948	26.00	Fe I	-1.040	8.9	FMW
5434.524	26.00	Fe I	-2.122	57.7	FMW
5445.042	26.00	Fe I	-0.020	51.9	FMW
5446.916	26.00	Fe I	-1.930	61.0	FMW
5455.454	26.00	Fe I	0.297	58.1	K94
5463.276	26.00	Fe I	0.110	53.9	FMW
5466.396	26.00	Fe I	-0.630	23.3	FMW
5473.901	26.00	Fe I	-0.760	29.3	FMW
5476.565	26.00	Fe I	-0.453	45.3	FMW
5487.745	26.00	Fe I	-0.352	45.9	FMW
5497.516	26.00	Fe I	-2.849	25.3	FMW
5501.465	26.00	Fe I	-2.950	22.8	FMW
5506.779	26.00	Fe I	-2.797	33.3	FMW
5535.418	26.00	Fe I	-1.158	3.7	FMW
5543.936	26.00	Fe I	-1.140	6.2	FMW
5554.894	26.00	Fe I	-0.440	31.5	FMW
5562.116	26.00	Fe I	-0.962	7.3	FMW
5562.706	26.00	Fe I	-0.580	23.6	FMW
5563.600	26.00	Fe I	-0.990	8.6	FMW
5565.704	26.00	Fe I	-0.458	29.8	FMW
5569.618	26.00	Fe I	-0.540	56.1	FMW
5572.842	26.00	Fe I	-0.310	60.1	FMW
5576.089	26.00	Fe I	-1.000	42.0	FMW
5586.756	26.00	Fe I	-0.210	61.9	FMW
5594.656	26.00	Fe I	-0.900	6.8	FMW
5598.287	26.00	Fe I	-0.370	31.7	FMW

5602.945	26.00	Fe I	-0.851	49.6	FMW
5615.644	26.00	Fe I	-0.140	63.4	FMW
5624.542	26.00	Fe I	-0.900	47.9	FMW
5633.946	26.00	Fe I	-0.270	22.1	FMW
5638.262	26.00	Fe I	-0.870	17.5	FMW
5655.490	26.00	Fe I	-0.218	33.0	FMW
5658.532	26.00	Fe I	-0.851	48.8	FMW
5662.516	26.00	Fe I	-0.573	40.9	FMW
5686.530	26.00	Fe I	-0.630	19.8	FMW
5705.992	26.00	Fe I	-0.530	24.5	FMW
5709.378	26.00	Fe I	-1.240	34.5	FMW
5752.032	26.00	Fe I	-0.864	7.2	FMW
5753.122	26.00	Fe I	-0.760	19.6	FMW
5762.992	26.00	Fe I	-0.450	47.0	FMW
5816.373	26.00	Fe I	-0.680	16.7	FMW
5859.586	26.00	Fe I	-0.386	37.5	FMW
5862.357	26.00	Fe I	-0.051	51.7	FMW
4576.340	26.01	Fe II	-3.040	53.4	FMW
4580.063	26.01	Fe II	-3.725	45.6	K88
4582.835	26.01	Fe II	-3.100	52.6	FMW
4595.682	26.01	Fe II	-4.255	6.2	FMW
4596.015	26.01	Fe II	-1.837	23.0	FMW
4598.494	26.01	Fe II	-1.497	5.8	K88
4620.521	26.01	Fe II	-3.280	50.6	FMW
4625.893	26.01	Fe II	-2.202	21.8	K88
4629.339	26.01	Fe II	-2.370	115.9	FMW
4635.316	26.01	Fe II	-1.650	38.6	FMW
4638.050	26.01	Fe II	-1.518	6.1	FMW
4648.944	26.01	Fe II	-4.389	6.3	FMW
4656.981	26.01	Fe II	-3.630	42.1	FMW
4663.708	26.01	Fe II	-4.265	5.8	K88
4666.758	26.01	Fe II	-3.330	49.6	FMW
4670.182	26.01	Fe II	-4.100	29.3	FMW
4731.453	26.01	Fe II	-3.360	48.7	FMW
4855.548	26.01	Fe II	-4.270	27.2	K88
4860.677	26.01	Fe II	-0.293	11.1	K88
4871.277	26.01	Fe II	-4.058	38.6	K88
4913.292	26.01	Fe II	0.012	8.4	K88
4923.927	26.01	Fe II	-1.320	533.2	FMW
4948.793	26.01	Fe II	-0.008	7.6	K88
4951.584	26.01	Fe II	0.175	12.7	K88

4953.987	26.01	Fe II	-2.757	6.1	K88
4977.035	26.01	Fe II	0.041	8.2	K88
4984.488	26.01	Fe II	0.011	8.0	K88
4990.509	26.01	Fe II	0.177	12.3	K88
4991.126	26.01	Fe II	-4.365	8.0	FMW
4993.358	26.01	Fe II	-3.650	46.0	FMW
5001.959	26.01	Fe II	0.896	33.5	K88
5004.195	26.01	Fe II	0.497	18.9	K88
5007.739	26.01	Fe II	-0.203	5.4	K88
5015.755	26.01	Fe II	-0.049	6.9	K88
5018.440	26.01	Fe II	-1.220	623.9	FMW
5019.462	26.01	Fe II	-2.697	6.8	K88
5021.594	26.01	Fe II	-0.300	6.2	K88
5022.420	26.01	Fe II	-0.064	6.7	K88
5022.792	26.01	Fe II	-0.023	8.3	K88
5026.806	26.01	Fe II	-0.222	5.1	K88
5030.630	26.01	Fe II	0.397	13.0	K88
5032.712	26.01	Fe II	0.109	10.7	K88
5035.708	26.01	Fe II	0.606	22.8	K88
5045.114	26.01	Fe II	-0.134	6.1	K88
5047.641	26.01	Fe II	-0.068	6.9	K88
5061.718	26.01	Fe II	0.217	13.7	K88
5067.893	26.01	Fe II	-0.198	5.2	K88
5070.899	26.01	Fe II	0.242	14.6	K88
5074.053	26.01	Fe II	-1.973	7.5	K88
5075.764	26.01	Fe II	0.277	13.0	K88
5082.230	26.01	Fe II	-0.099	5.8	K88
5089.214	26.01	Fe II	-0.035	7.2	K88
5093.576	26.01	Fe II	0.112	9.2	FMW
5097.271	26.01	Fe II	0.308	15.6	K88
5100.852	26.01	Fe II	-1.778	37.7	FMW
5117.034	26.01	Fe II	-0.126	5.4	K88
5120.352	26.01	Fe II	-4.214	16.5	K88
5127.866	26.01	Fe II	-2.535	13.2	K88
5132.669	26.01	Fe II	-4.180	19.0	FMW
5143.880	26.01	Fe II	0.102	8.8	K88
5144.355	26.01	Fe II	0.283	12.8	K88
5146.127	26.01	Fe II	-3.913	37.3	K88
5149.465	26.01	Fe II	0.396	17.8	K88
5150.489	26.01	Fe II	-0.124	5.3	K88
5150.941	26.01	Fe II	-4.452	6.0	FMW

5154.409	26.01	Fe II	-4.136	20.3	FMW
5160.839	26.01	Fe II	-2.641	7.5	K88
5166.555	26.01	Fe II	-0.030	6.3	K88
5171.640	26.01	Fe II	-4.372	18.9	FMW
5172.990	26.01	Fe II	-2.463	7.3	K88
5177.020	26.01	Fe II	-0.179	5.0	K88
5180.314	26.01	Fe II	0.044	7.8	K88
5194.892	26.01	Fe II	-0.153	5.1	K88
5197.577	26.01	Fe II	-2.100	115.8	FMW
5199.122	26.01	Fe II	0.101	8.8	FMW
5203.638	26.01	Fe II	-0.046	6.5	K88
5215.349	26.01	Fe II	-0.009	7.1	K88
5216.854	26.01	Fe II	0.390	20.4	FMW
5227.125	26.01	Fe II	-2.462	11.3	FMW
5227.481	26.01	Fe II	0.804	27.5	FMW
5232.787	26.01	Fe II	-0.062	6.3	K88
5234.625	26.01	Fe II	-2.050	130.8	FMW
5237.950	26.01	Fe II	0.135	9.4	K88
5239.813	26.01	Fe II	-0.461	5.7	K88
5247.952	26.01	Fe II	0.630	17.1	FMW
5251.233	26.01	Fe II	0.507	25.5	K88
5253.641	26.01	Fe II	-0.091	5.5	K88
5254.929	26.01	Fe II	-3.227	51.4	K88
5260.259	26.01	Fe II	1.069	36.7	K88
5264.812	26.01	Fe II	-3.190	52.7	FMW
5270.027	26.01	Fe II	0.068	7.2	K88
5272.397	26.01	Fe II	-2.030	20.8	FMW
5276.002	26.01	Fe II	-1.940	158.3	FMW
5278.938	26.01	Fe II	-2.408	11.0	K88
5284.109	26.01	Fe II	-3.190	57.5	FMW
5291.666	26.01	Fe II	0.575	15.4	K88
5306.180	26.01	Fe II	0.222	10.2	K88
5316.225	26.01	Fe II	0.337	15.2	K88
5316.784	26.01	Fe II	-2.908	58.8	FMW
5318.057	26.01	Fe II	-0.136	4.9	K88
5325.553	26.01	Fe II	-2.600	63.4	FMW
5337.732	26.01	Fe II	-3.892	28.9	K88
5339.585	26.01	Fe II	0.537	13.6	K88
5355.419	26.01	Fe II	-0.412	2.7	K88
5387.063	26.01	Fe II	0.518	25.0	K88
5395.857	26.01	Fe II	0.358	12.4	FMW

5402.059	26.01	Fe II	0.502	21.7	FMW
5408.811	26.01	Fe II	-2.393	7.8	K88
5414.073	26.01	Fe II	-3.790	22.0	FMW
5414.850	26.01	Fe II	-0.311	3.2	K88
5425.257	26.01	Fe II	-3.360	50.2	FMW
5427.826	26.01	Fe II	-1.664	15.7	K88
5429.988	26.01	Fe II	0.458	15.8	K88
5432.967	26.01	Fe II	-3.629	35.5	K88
5445.807	26.01	Fe II	-0.106	4.7	K88
5465.931	26.01	Fe II	0.521	20.1	K88
5466.908	26.01	Fe II	-1.885	11.0	K88
5475.829	26.01	Fe II	-0.176	4.3	K88
5482.308	26.01	Fe II	0.432	15.3	K88
5487.619	26.01	Fe II	0.357	12.2	FMW
5492.399	26.01	Fe II	-0.063	5.4	K88
5493.833	26.01	Fe II	0.211	11.8	K88
5502.671	26.01	Fe II	-0.137	4.3	K88
5503.211	26.01	Fe II	-0.087	7.9	FMW
5506.195	26.01	Fe II	0.950	31.9	FMW
5510.779	26.01	Fe II	0.001	6.1	K88
5529.932	26.01	Fe II	-1.875	12.3	K88
5534.847	26.01	Fe II	-2.930	59.8	FMW
5544.763	26.01	Fe II	0.117	8.0	K88
5567.842	26.01	Fe II	-1.887	11.9	K88
5577.915	26.01	Fe II	-0.145	4.1	K88
5587.114	26.01	Fe II	-2.185	5.0	K88
5588.220	26.01	Fe II	0.086	6.9	K88
5643.880	26.01	Fe II	-1.458	7.7	K88
5645.392	26.01	Fe II	0.085	7.1	K88
5657.935	26.01	Fe II	-4.100	33.3	FMW
5726.557	26.01	Fe II	-0.016	4.8	K88
5747.884	26.01	Fe II	-2.909	4.0	K88
5780.128	26.01	Fe II	0.325	10.0	K88
5783.630	26.01	Fe II	0.206	7.5	K88
5784.448	26.01	Fe II	0.060	5.5	K88
5813.677	26.01	Fe II	-2.750	7.6	FMW
5835.492	26.01	Fe II	-2.372	11.1	K88
4629.358	27.00	Co I	-0.187	17.7	K88
4779.987	27.00	Co I	-0.219	18.4	K88
4867.872	27.00	Co I	0.226	8.3	K88
4588.411	28.00	Ni I	-0.745	16.3	K88

4592.522	28.00	Ni I	-0.370	46.3	WL
4596.383	28.00	Ni I	-0.704	16.9	WL
4600.355	28.00	Ni I	-0.610	41.3	WL
4606.219	28.00	Ni I	-1.000	16.6	WL
4609.905	28.00	Ni I	-0.580	26.3	WL
4617.862	28.00	Ni I	-0.525	30.8	WL
4647.428	28.00	Ni I	-2.095	9.6	WL
4648.646	28.00	Ni I	-0.100	51.3	WL
4666.982	28.00	Ni I	-0.990	12.7	WL
4667.755	28.00	Ni I	-1.008	13.1	WL
4686.207	28.00	Ni I	-0.580	42.3	WL
4698.389	28.00	Ni I	-0.840	12.1	WL
4701.530	28.00	Ni I	-0.390	38.0	WL
4702.244	28.00	Ni I	-0.715	15.4	WL
4703.803	28.00	Ni I	-0.735	37.0	WL
4708.650	28.00	Ni I	-2.246	7.6	WL
4714.408	28.00	Ni I	0.260	55.8	WL
4715.757	28.00	Ni I	-0.320	47.9	WL
4731.793	28.00	Ni I	-0.850	16.6	WL
4732.456	28.00	Ni I	-0.550	30.6	WL
4752.415	28.00	Ni I	-0.700	37.8	WL
4754.756	28.00	Ni I	-0.970	16.4	WL
4756.510	28.00	Ni I	-0.27	49.6	WL
4763.942	28.00	Ni I	-0.842	33.3	WL
4786.531	28.00	Ni I	-0.160	51.8	WL
4806.984	28.00	Ni I	-0.640	40.3	WL
4817.815	28.00	Ni I	-0.770	12.8	WL
4821.118	28.00	Ni I	-0.850	10.6	WL
4829.016	28.00	Ni I	-0.330	48.7	WL
4831.169	28.00	Ni I	-0.320	48.3	WL
4832.686	28.00	Ni I	-0.979	25.8	WL
4838.639	28.00	Ni I	-0.270	28.6	WL
4843.505	28.00	Ni I	-0.970	12.9	WL
4847.419	28.00	Ni I	-1.090	7.1	WL
4850.741	28.00	Ni I	-1.026	17.1	WL
4852.547	28.00	Ni I	-1.070	30.5	WL
4853.775	28.00	Ni I	-1.550	23.0	WL
4855.406	28.00	Ni I	0.000	53.3	WL
4857.387	28.00	Ni I	-1.199	27.4	WL
4860.295	28.00	Ni I	-1.379	23.9	WL
4863.925	28.00	Ni I	-0.849	38.8	WL

4864.271	28.00	Ni l	-0.783	39.8	WL
4866.262	28.00	Ni l	-0.210	51.0	WL
4870.828	28.00	Ni l	-1.085	23.2	WL
4873.438	28.00	Ni l	-0.380	46.7	WL
4874.788	28.00	Ni l	-1.450	9.8	WL
4886.976	28.00	Ni l	-1.120	18.3	WL
4904.407	28.00	Ni l	-0.170	51.7	WL
4912.020	28.00	Ni l	-0.800	26.0	WL
4913.968	28.00	Ni l	-0.630	40.4	WL
4918.362	28.00	Ni l	-0.240	47.5	FMW
4925.559	28.00	Ni l	-0.770	35.4	FMW
4935.831	28.00	Ni l	-0.350	43.9	FMW
4937.341	28.00	Ni l	-0.390	50.5	FMW
4945.443	28.00	Ni l	-0.820	29.4	FMW
4953.200	28.00	Ni l	-0.580	41.5	FMW
4965.166	28.00	Ni l	-0.753	34.0	FMW
4976.130	28.00	Ni l	-1.250	8.5	FMW
4980.166	28.00	Ni l	0.070	54.8	FMW
4984.112	28.00	Ni l	0.350	56.4	FMW
4996.841	28.00	Ni l	-0.980	23.0	FMW
4998.218	28.00	Ni l	-0.690	41.4	FMW
5000.338	28.00	Ni l	-0.430	47.0	FMW
5010.022	28.00	Ni l	-0.980	25.2	FMW
5010.934	28.00	Ni l	-0.870	34.0	FMW
5012.438	28.00	Ni l	-0.530	45.6	FMW
5014.211	28.00	Ni l	-0.441	29.3	FMW
5017.568	28.00	Ni l	-0.020	54.6	FMW
5018.278	28.00	Ni l	-0.703	34.8	FMW
5032.723	28.00	Ni l	-1.270	5.8	FMW
5035.357	28.00	Ni l	0.290	57.5	FMW
5035.967	28.00	Ni l	-0.234	57.4	FMW
5038.588	28.00	Ni l	-0.220	48.8	FMW
5039.355	28.00	Ni l	-1.150	10.1	FMW
5041.012	28.00	Ni l	-0.973	33.7	FMW
5042.182	28.00	Ni l	-0.580	44.0	FMW
5048.055	28.00	Ni l	-1.022	10.4	FMW
5048.843	28.00	Ni l	-0.380	45.9	FMW
5051.506	28.00	Ni l	-0.836	31.4	FMW
5068.785	28.00	Ni l	-1.774	10.1	FMW
5080.528	28.00	Ni l	0.330	58.2	FMW
5081.107	28.00	Ni l	0.300	56.3	FMW

5082.339	28.00	Nil	-0.540	44.9	FMW
5084.089	28.00	Nil	0.030	66.6	FMW
5084.506	28.00	Nil	-0.691	5.5	FMW
5088.532	28.00	Nil	-0.980	20.5	FMW
5094.406	28.00	Nil	-1.080	9.1	FMW
5096.854	28.00	Nil	-0.900	28.5	FMW
5099.316	28.00	Nil	-0.440	47.9	FMW
5099.927	28.00	Nil	-0.100	53.1	FMW
5115.389	28.00	Nil	-0.110	51.5	FMW
5121.557	28.00	Nil	-1.005	9.3	FMW
5125.228	28.00	Nil	-0.650	42.0	FMW
5126.821	28.00	Nil	-0.702	37.0	FMW
5129.370	28.00	Nil	-0.630	42.4	FMW
5130.359	28.00	Nil	-1.250	3.8	FMW
5137.070	28.00	Nil	-1.990	43.7	FMW
5139.255	28.00	Nil	-1.097	39.3	FMW
5142.775	28.00	Nil	-0.231	51.1	FMW
5146.480	28.00	Nil	0.120	56.1	FMW
5155.125	28.00	Nil	-0.650	35.5	FMW
5155.762	28.00	Nil	-0.090	51.2	FMW
5168.656	28.00	Nil	-0.430	48.1	FMW
5172.869	28.00	Nil	-1.147	9.2	FMW
5176.559	28.00	Nil	-0.440	44.5	FMW
5184.557	28.00	Nil	-0.833	36.8	FMW
5216.473	28.00	Nil	-0.860	29.8	FMW
5235.494	28.00	Nil	-1.032	9.2	FMW
5268.321	28.00	Nil	-0.726	8.1	FMW
5298.538	28.00	Nil	-0.035	8.3	FMW
5353.391	28.00	Nil	-2.800	6.5	FMW
5371.325	28.00	Nil	-0.310	36.4	FMW
5382.467	28.00	Nil	-0.418	8.3	FMW
5462.485	28.00	Nil	-0.930	21.3	FMW
5476.900	28.00	Nil	-0.890	63.7	FMW
5501.402	28.00	Nil	-0.747	4.7	FMW
5510.003	28.00	Nil	-0.900	20.3	FMW
5587.853	28.00	Nil	-2.140	25.5	FMW
5589.357	28.00	Nil	-1.140	7.0	FMW
5593.733	28.00	Nil	-0.840	27.8	FMW
5600.010	28.00	Nil	-0.609	35.0	FMW
5614.768	28.00	Nil	-0.508	36.5	FMW
5625.312	28.00	Nil	-0.700	28.4	FMW

5628.335	28.00	Ni I	-0.941	8.4	FMW
5637.115	28.00	Ni I	-0.820	16.4	FMW
5649.692	28.00	Ni I	-0.807	16.5	FMW
5663.975	28.00	Ni I	-0.430	22.0	FMW
5669.935	28.00	Ni I	-0.964	6.5	FMW
5682.198	28.00	Ni I	-0.470	40.9	FMW
5694.977	28.00	Ni I	-0.610	35.2	FMW
5709.539	28.00	Ni I	-2.170	38.7	FMW
5711.883	28.00	Ni I	-2.270	21.9	FMW
5715.066	28.00	Ni I	-0.352	45.6	FMW
5754.655	28.00	Ni I	-2.330	10.0	FMW
5760.828	28.00	Ni I	-0.800	16.2	FMW
5805.213	28.00	Ni I	-0.640	28.9	FMW
5831.593	28.00	Ni I	-1.079	5.7	FMW
5857.746	28.00	Ni I	-0.636	29.0	FMW
4665.548	28.01	Ni II	-1.821	10.6	K88
4679.159	28.01	Ni II	-1.748	10.6	K88
4992.024	28.01	Ni II	0.990	7.7	K88
5021.471	28.01	Ni II	0.920	5.5	K88
5028.979	28.01	Ni II	0.805	4.3	K88
5058.376	28.01	Ni II	0.846	4.1	K88
5066.328	28.01	Ni II	-1.799	26.3	K88
5424.572	28.01	Ni II	-1.988	14.3	K88
5218.197	29.00	Cu I	0.476	3.7	BIEL
4722.153	30.00	Zn I	-0.338	11.8	WAR
4810.528	30.00	Zn I	-0.137	28.6	WAR
4854.863	39.01	Y II	-0.380	25.5	HL
4883.684	39.01	Y II	0.070	36.7	HL
4900.120	39.01	Y II	-0.090	34.4	HL
5087.416	39.01	Y II	-0.170	25.8	HL
5205.724	39.01	Y II	-0.340	18.6	HL
5662.925	39.01	Y II	0.160	16.7	HL
4703.003	40.01	Zr II	-0.800	22.3	MULT
5112.297	40.01	Zr II	-0.590	19.4	MULT
5191.592	40.01	Zr II	-0.712	8.6	MULT
4934.076	56.01	Ba II	-0.150	38.2	NBS
4860.895	57.01	La II	-1.140	12.9	ABH
4873.999	58.01	Ce II	-0.892	1.3	ABH
5191.440	60.01	Nd II	-0.660	7.9	MC
4522.581	63.01	Eu II	-0.678	3.2	BKM