



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SPEKTREL ÇİZGİ DERİNLİK ORANLARINDAN
YILDIZ SICAKLIKLARININ ÖLÇÜMÜ :
BİR KALİBRASYON ÇALIŞMASI**

**Astronom F. Korhan YELKENCİ
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı**

**Danışman
Doç. Dr. Tansel AK**

Aralık, 2008

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SPEKTREL ÇİZGİ DERİNLİK ORANLARINDAN
YILDIZ SICAKLIKLARININ ÖLÇÜMÜ :
BİR KALİBRASYON ÇALIŞMASI**

**Astronom F. Korhan YELKENCİ
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı**

**Danışman
Doç. Dr. Tansel AK**

Aralık, 2008

İSTANBUL

Bu çalışma 12/01/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Tansel AK (Danışman)
TEKTUNALI
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. H. Gökmen
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. H.Hüseyin MENTEŞE
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Dursun KOÇER
İstanbul Kültür Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinde yıldızların astrofizik açısından önemli bir parametresi olan etkin sıcaklıklarını belirleyebilmek için, çizgi derinlik oranları (LDR) yöntemi kullanılmıştır. Çizgi derinlik oranları ile etkin sıcaklıklar arasında hassas ilişkiler bulunmuş ve LDR yöntemi için kullanılabilir yeni çizgiler önerilmiştir.

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmam boyunca gösterdiği her türlü destek, sabır ve yardımlarından dolayı çok değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Tansel AK'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım süresince deneyimleri ile bana yol gösteren ve bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. H. Gökmen TEKTUNALI'ya teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca her türlü desteği için çalışma arkadaşım ve dostum Sayın Sinan Aliş'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans hayatım boyunca her konuda konuştuğum, fikirlerine danıştığım ve desteklerini gördüğüm bütün İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü mensuplarına teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında olduğu gibi bu çalışmayı da yaparken beni hep destekleyen ve bana güvenen sevgili anneme ve babama ne kadar teşekkür etsem azdır.

Tez çalışmam süresince gösterdiği inanılmaz sabrıyla bana hep güç veren ve hep yanımda olan sevgili eşim Ayşegül YELKENCİ'ye çok teşekkür ederim.

Aralık, 2008

F. Korhan YELKENCİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ	ii
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1 YILDIZ SICAKLIKLARININ BELİRLENMESİ.....	3
2.2 ÇİZGİ DERİNLİK ORANLARI YÖNTEMİNİN KULLANILMASI.....	7
2.3 ÇİZGİ DERİNLİK ORANI (LDR) YÖNTEMİNİN ÖZELLİKLERİ	14
2.4 FGK YILDIZLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	18
3. MALZEME VE YÖNTEM	21
3.1 MALZEME	21
3.1.1 Spektroskopik Verilere İlişkin Bilgiler.....	21
3.1.2 Kullanılan Yıldızların Özellikleri	25
3.2 YÖNTEM	25
3.2.1 Çizgi Çiftlerinin Seçilmesi	25
3.2.2 IRAF Programı ve GUIAPPS Paketinin Kullanımı.....	27
3.2.3 Analiz	32
4. BULGULAR	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	40
KAYNAKLAR.....	42

EKLER	46
ÖZGEÇMİŞ	68

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: δ Cep yıldızındaki enerji dağılımı.....	4
Şekil 2.2	: Farklı iki yöntemden elde edilen sıcaklıkların karşılaştırılması.....	5
Şekil 2.3	: Farklı dönme hızları için LDR- T_{et} ilişkisi.....	12
Şekil 2.4	: V I λ 6251.83 ve Fe I λ 6252.57 çizgilerinin spektral tiple değişimi....	16
Şekil 2.5	: F0 – M5 arası yıldızların örnek spektrumları.....	17
Şekil 2.6	: Etkin sıcaklık ile LDR arasındaki ilişki.....	18
Şekil 2.7	: UV emisyon çizgileri ve yıldızlararası ortam kaynaklı çizgiler.....	19
Şekil 3.1	: HIDES spektrumlarının karşılaştırılması.....	22
Şekil 3.2	: HIDES spektrumlarının bant bölgeleri	23
Şekil 3.3	: Sürekliliğe normalize edilmiş HIDES spektrumları.....	24
Şekil 3.4	: HD693 (F5) spektrumundaki Ti I, Fe I, Fe II çizgileri	28
Şekil 3.5	: HD123 (G5) spektrumundaki Ti I, Fe I, Fe II çizgileri.....	29
Şekil 3.6	: HD4628 (K2) spektrumundaki Ti I, Fe I, Fe II çizgileri.....	29
Şekil 3.7	: HD693, HD123, HD4628 spektrumlarındaki Ti I çizgisi değişimleri..	30
Şekil 3.7	: HD693, HD123, HD4628 spektrumlarındaki Fe I çizgisi değişimleri.	30
Şekil 3.9	: GUIAPPS-SPECTOOL paketi.....	31
Şekil 3.10	: Ti I (λ 6258.10) ve Fe I (λ 6246.33) çizgileri için ön kalibrasyon.....	33
Şekil 4.1	: T_{et} – Çizgi derinlik oranı son kalibrasyon örneği	37

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	: LDR için kullanılan çizgi çiftleri.....	20
Tablo 4.1	: Ön kalibrasyon hataları	30
Tablo 4.2	: Son kalibrasyon hataları	32
Tablo 4.3	: Son sıcaklık kalibrasyonları	27

SEMBOL LİSTESİ

\AA	: Angstrom
ADU	: Analogtan dijitale çevrim birimi
A, B, C, D	: Katsayı
β	: Galaktik yarı genişlik
c_0, c_1, c_2, c_n	: Katsayı
eV	: Enerji birimi
F	: Akı
K	: Sıcaklık birimi (Kelvin)
$\log g$: Yüzey çekim ivmesi
r	: Çizgi derinlik oranı
R	: Çözünürlük
R^2	: Korelasyon katsayısının karesi
R_1	: Düşük eksitasyon potansiyelli çizginin derinliği
R_2	: Yüksek eksitasyon potansiyelli çizginin derinliği
S/N	: Sinyal / Gürültü oranı
T_{et}	: Etkin sıcaklık
T_{wav}	: Etkin sıcaklıklıkların ağırlıklı ortalaması
V	: Hız
$v \sin i$: Dönme hızı
w	: Ortalamanın ağırlığı
λ	: Dalgaboyu
χ	: Eksitasyon potansiyeli
σ	: Stefan-Boltzman sabiti
σ_r	: Çizgi derinlik oranının hatası
σ_R	: Çizgi derinlik ölçümü hatası

ÖZET

SPEKTREL ÇİZGİ DERİNLİK ORANLARINDAN YILDIZ SICAKLIKLARININ ÖLÇÜMÜ : BİR KALİBRASYON ÇALIŞMASI

Yıldızların etkin sıcaklıklarının yeterli duyarlılıkla bilinmesi, yıldızların birçok özelliğinin belirlenmesinde önemlidir. Bu çalışmada, Okayama Astrofizik Gözlemevi'nde alınmış spektrumlardan yıldızların etkin sıcaklıklarının belirlenmesi için spektrel çizgi derinlik oranları (LDR) yöntemi uygulanmıştır.

Güneş civarındaki geç F, G ve erken K spektrel tipinden 160 cüce ve alt dev yıldız için, Okayama Astrofizik Gözlemevi'nin (OAO, Okayama Astrophysical Observatory) 188 cm'lik teleskobunun coude odağındaki yüksek çözünürlüklü ($R \sim 70000$) HIDES (High Dispersion Echelle Spectrograph) spektrografi ile yeşil - sarı bölgede ("G") 5000-6200 Å ve kırmızı bölgede ("R") 5800-7000 Å aralığında alınan echelle spektrumlar kullanılmıştır. IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programının bazı harici paketleri ile, LDR yöntemi için 20 tane spektrel çizgi çifti belirlenmiş ve çizgi derinlikleri ölçülmüştür. Seçilen çizgi çiftlerinin derinlik oranlarıyla yıldızların etkin sıcaklıkları arasındaki ilişkiler bulunmuş ve en az saçılma gösteren ilişkilerden 15 kalibrasyon elde edilmiştir.

Bu çalışmada yapılan kalibrasyonlar ile OAO spektrumlarından yıldızların etkin sıcaklıklarının $\pm 16-23$ K'lik duyarlılıkla bulunabileceği görülmüş ve yöntemin etkin sıcaklık ölçümü konusundaki beklentilere verdiği yanıtlar tartışılmıştır.

SUMMARY

MEASUREMENT OF STELLAR TEMPERATURES FROM SPECTRAL LINE-DEPTH RATIO : A CALIBRATION STUDY

Precise effective temperatures are needed for determination of several parameters of stars. In this study, line depth ratio (LDR) method was applied to the spectra taken at Okayama Astrophysical Observatory (OAO) for the determination of effective temperature.

High resolution ($R \sim 70000$) echelle spectra taken from OAO online archive, obtained by using HIDES (High Dispersion Echelle Spectrograph) at the coude focus of the at the 1.88 m telescope of OAO in the wavelength region (“G”) 5000-6200 Å and (“R”) 5800-7000 Å were used for 160 late F, G and early K type dwarfs and subgiants of the solar neighborhood. 20 line pairs were selected for LDR method and spectral line depths were measured by some of the external packages in IRAF (Image Reduction and Analysis Facility). Each line depth ratios were plotted against effective temperatures and only those pairs of lines that showed tight correlation were retained. 15 best calibrations showing the least scatter were adopted.

As a result of this study, it is shown that LDR method can be used to determine precise effective temperatures of stars with an uncertainty of $\pm 16-23$ K from OAO spectra and the expectance of LDR method for determining effective temperature has been discussed.

1. GİRİŞ

Astronomide yapılan gözlemsel çalışmalar sonucu elde edilen verilerin bilimsel bilgiye dönüştürülmesi için, gözlemsel verilerin doğru ve duyarlı analizinin yapılmış olması çok önemlidir. Teleskopların, gözlem yöntemlerinin ve dedektörlerin ilerleyen teknolojiye paralel olarak gelişmesi, veri analizi yöntem ve tekniklerini de çok daha duyarlı sonuçlar verecek şekilde değiştirmektedir. Dolayısı ile yıldız parametreleri de gittikçe daha duyarlı bir şekilde ölçülebilmektedir. Bu parametrelerden biri de etkin yüzey sıcaklığıdır. Etkin yüzey sıcaklığı, birim yüzeyden birim zamanda yıldızla aynı miktarda enerji yayan karacismın sıcaklığıdır ve Stefan-Boltzman kanunu ile tanımlanır ($\pi F = \sigma T_{et}^4$). Bir yıldızın ışınımını aldığımız yüzey katmanının ortalama sıcaklığı olarak da düşünülebilir (Vitense, 1996). Genellikle toplam akıyı belirlemek için kullanılan eşdeğer bir niceliktir (Mihalas, 1978). Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde bu parametreden “etkin sıcaklık” (T_{et}) veya sadece “sıcaklık” olarak bahsedilmektedir.

Yıldızların etkin sıcaklıklıkları astrofizik araştırmalarında çok önemlidir. Bir yıldızın etkin sıcaklığı, yıldızın Hertzsprung-Russell (HR) diyagramındaki yerinin bulunmasında, yüzey çekim ivmesinin, kütesinin, kimyasal kompozisyonunun ve yıldıza ait diğer özelliklerin belirlenmesinde kullanılan temel parametrelerden biridir. Yıldız sıcaklıklarını ölçmek için renk fotometrisi, Paschen sürekliliğinin eğimi, sıcak yıldızlarda Balmer düşmesi yada soğuk yıldızlarda ve spektral sınıfın belirlenmesinde $H\alpha$ benzeri orta şiddetli çizgilerin kanatlarının kullanılması gibi bir çok araç ve yöntem vardır. Avantajları ve sınırları farklı olan bu yöntemlerle ± 50 K gibi bir hassasiyet yakalanabilmekle beraber hatalar genellikle ± 100 K ve üzerindedir (Gray ve Johanson, 1991). Fakat bu duyarlık etkin sıcaklığın girdi parametresi olarak kullanıldığı çalışmalarda yeterli olmadığından, etkin yüzey sıcaklığının yeterince yüksek duyarlıkla belirlenmesi astrofizik araştırmalarında çok gereklidir.

Spektral sınıflamada kullanılan soğurma çizgi şiddetleri sıcaklığın yanısıra bir çok başka parametreye (kimyasal bolluk, dönme, mikrotürbülans ve makrotürbülans hız, yüzey çekim ivmesi, atomik sabitler, yerel olmayan termodinamik denge koşulları, vb.)

bağlı olduklarından, hassas sıcaklık ölçümlerinde kullanılmak için uygun değildirler. Bunun yerine farklı eksitasyon potansiyeline sahip iki soğurma çizgisinin derinlik oranı (LDR: Line Depth Ratio) ile etkin sıcaklık arasındaki ilişki, etkin sıcaklık için uygun bir kalibrasyon yapıldıktan sonra iyi bir tanı imkanı sağlar ve bu yöntem birkaç on Kelvin derecelik beklenen hata ile sıcaklık tayinini mümkün kılar. Aynı gözlemsel düzeneden alınan spektrumlarda iki çizginin aynı etkilerle şekillenmesi, bu yöntemi dönme ve makrotürbülans genişlemelerinden ve spektrel ayırma gücünden bağımsız kılar (Gray ve Johanson 1991). Yöntemin en önemli avantajı, yıldızlardaki, özellikle değişen yıldızlardaki etkin sıcaklık değişimlerinin ve yıldız lekeleri gibi yüzey oluşumlarının etkin sıcaklıkta meydana getirdikleri değişimlerin belirlenmesini sağlamasıdır. Zaten yöntem bu amaçla Gray ve Baliunas (1995), Catalano ve ark. (2002a, 2002b) ve Kim (2006) tarafından kullanılmıştır.

Bu yüksek lisans tezinde, spektrel çizgi derinlik oranlarına dayalı sıcaklık belirleme yönteminin uygulanabilmesi için, OAO (Okayama Astrophysical Observatory) FTP arşivinden elde edilen yıldız spektrumları kullanılarak kalibrasyonlar yapılmıştır. Çalışmada seçilen 160 adet geç F, G ve erken K spektrel türlerinden anakol ve alt-dev yıldızlarının spektrumlarından, IRAF¹ (Image Reduction and Analysis Facility) (Tody, 1986) programının bazı harici paketleri kullanılarak, yöntem için gerekli çizgi çiftleri belirlenmiş ve çizgi derinlikleri ölçülmüştür. Seçilen çizgi çiftlerinin derinlik oranlarından sıcaklık için kalibrasyonlar yapılarak, sonuçlar bölümünde bulgular sunulmuş ve yöntemin etkin sıcaklık ölçümü konusundaki beklentilere verdiği yanıtlar tartışılmıştır.

¹ IRAF, Arizona Tucson'da National Optical Astronomy Observatories (NOAO)'daki IRAF Programlama Grubu tarafından yazılmakta, desteklenmekte ve dağıtılmaktadır (<http://iraf.noao.edu>).

2. GENEL KISIMLAR

2.1 YILDIZ SICAKLIKLARININ BELİRLENMESİ

Yıldızlara ait en temel parametrelerden biri sıcaklıktır. Yıldızların HR diyagramındaki yerlerinin belirlenmesi, bolluk analizi, kütle ve yüzey çekim ivmesinin hesaplanması gibi çalışmalarda hassas sıcaklıkların bilinmesi gerekir. Zonklayan değişen yıldızlar için zonklama sabiti, osilasyon modu ve yüzey parlaklık yöntemi ile birlikte yarıçaplarının belirlenmesinde de kullanılır (Kim, 2006). Etkin sıcaklığın yüksek hassasiyette ölçülmesi kolay değildir. Anakolu terketmiş, zarflarını genişleten ve açısal momentumlarını dağıtan yıldızlar için sıcaklık tayini daha da zorlu bir uğraştır. Leke ve fakülalar gibi yıldız yüzeyinin homojenliğini bozan oluşumlar aktif yıldızların ortalama sıcaklıklarını önemli derecede etkileyebileceğinden, bu tür yıldızlarla ilgili araştırmalarda da duyarlı sıcaklık ölçümü güçtür.

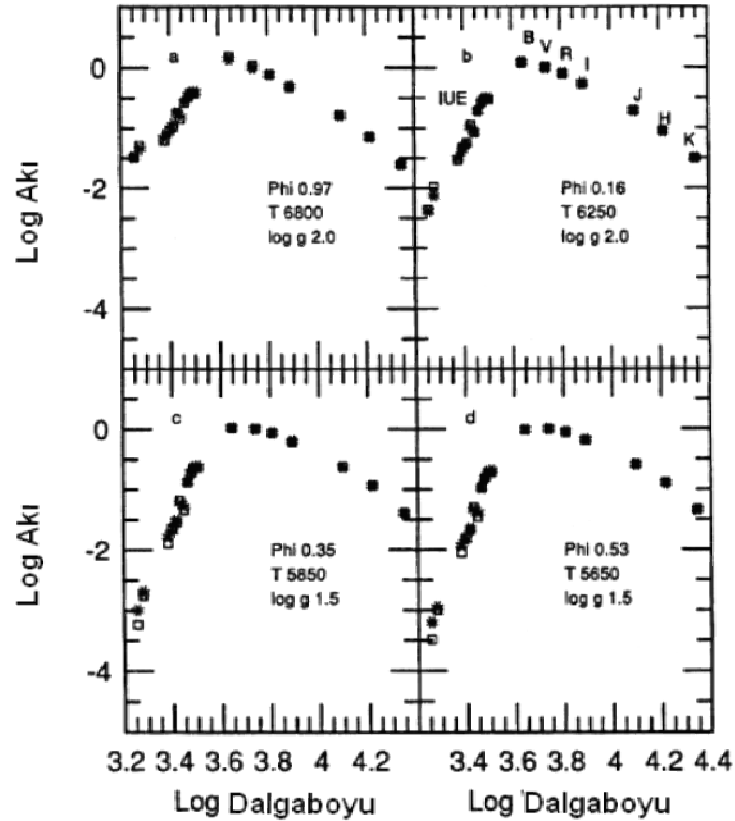
Uzun yıllar boyunca sıcaklığın mümkün olduğunca hassas bir şekilde belirlenmesi için fazlasıyla emek harcanmış ve birçok yöntem geliştirilmiştir. Renk fotometrisi veya enerji dağılımları ile belirlenen Paschen sürekliliğinin eğimi, sıcak yıldızlarda Balmer sıçraması, daha soğuk yıldızlarda H α gibi orta şiddetli çizgilerin kanatları bu sıcaklık belirleme yöntemlerinden bazılarıdır (Gray ve Johanson, 1991; Kim, 2006).

Etkin sıcaklığın belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biri çok renk fotometrisidir; fakat yıldızda çizgi örtmesi çoğaldıkça yöntemin bağlı olduğu kalibrasyon da güvenilirliğini yitirmektedir. Bunun yanında renk indisleri yıldızların metal bolluklarına ve yıldızlararası kızarmaya duyarlıdır (Kovtyukh, 2000). Dolayısı ile özellikle soğuk yıldızlar için sıcaklığın tamamen spektroskopik yolla teşhisi çok önemlidir.

Cüceler için bir sıcaklık belirtici olarak (β -rengine eşdeğer olarak) hidrojen çizgi profilleri kullanılabilir. Ancak, profillerin çekime çok bağlı olmasından kaynaklanan büyük belirsizlikler yüzünden bu teknik süperdevlerde başarısız olur (Kovtyukh, 2000).

Blackwell & Shallis (1977) tarafından önerilen bütünleştirilmiş akı yönteminde belirli bir dalgaboyu aralığında ölçülen integre akı, bir atmosfer modelinden tahmin edilen akı ile karşılaştırılır. Fakat bu yöntem zonklayan cisimlere uygulandığında $\pm 200-250$ K'lik büyük hata mertebeleri ortaya çıkar ve aynı zamanda kızarmaya da duyarlıdır.

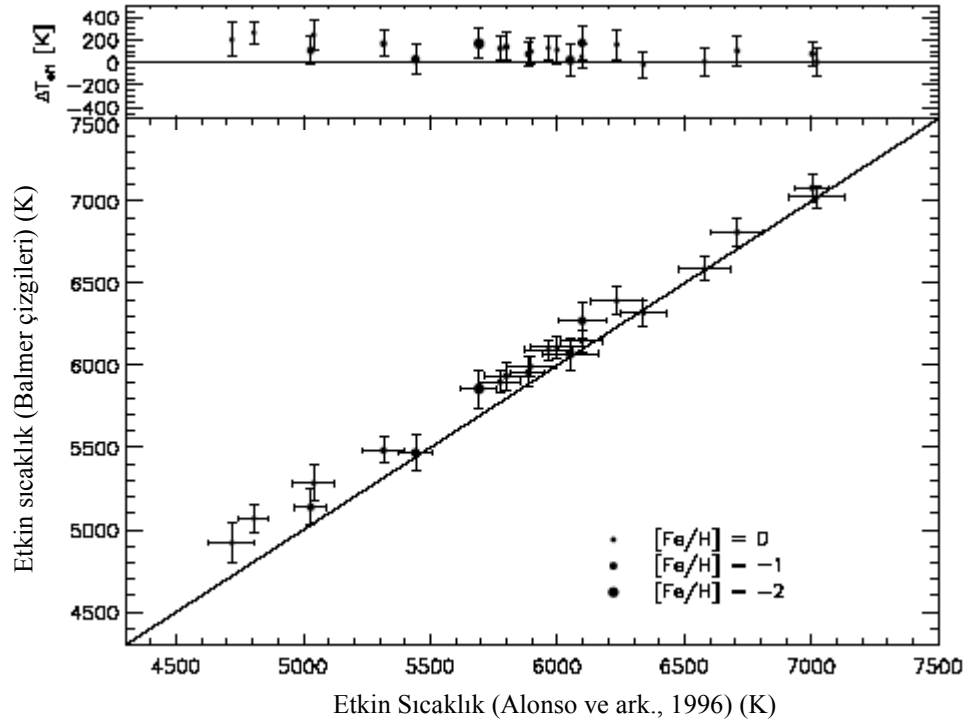
Evan ve Teays (1996), sefeid türü değişen δ Cep yıldızındaki sıcaklık değişimlerini takip edebilmek için enerji dağılımını kullanarak sıcaklık için ± 120 K hassasiyet elde etmişlerdir. Şekil 2.1'de farklı evreler için yıldızın gözlenen ve hesaplanan enerji dağılımı karşılaştırmaları gösterilmiştir.



Şekil 2.1: δ Cep yıldızındaki enerji dağılımı. *'lar gözlenen akılar, boş kareler model atmosferden hesaplanan akılardır. Her şekil farklı evreleri göstermektedir (Evan ve Teays, 1996).

F tipi ve daha soğuk yıldızların sıcaklıklarının belirlenmesine çalışıldığında, bu tür yıldızların optik spektrumlarında kullanılabilecek çok az çizgileri olduğu görülür. Bu durumda en iyi yaklaşım, Hidrojen Balmer çizgilerinin kanatlarını kullanmaktır. Yüksek sinyal / gürültü (S/N) oranına sahip spektrumlarla, geç F'lerden orta G'lere kadar spektral tipten cüce yıldızlar için 50 K'lık farklarla etkin sıcaklıklar $H\alpha$ 'nın kanatlarının şiddetinden belirlenebilir (Cayrel, 1988). Dev ve süperdevlerde bu çizgiler zayıftır dolayısıyla bu yöntem için hassasiyet azalır. Sefaidlerde $H\alpha$ çizgisi sadece birkaç yüz K mertebesinde duyarlı sıcaklıklar verir (Schmidt, 1970).

Barklem ve ark. (2002) görece soğuk 30 cüce ve alt dev yıldızın $H\alpha$ çizgilerinden etkin sıcaklıkları tayin etmişler ve yaklaşık ± 100 Kelvin mertebesinde hassasiyet ulaşımlardır. Buldukları sıcaklıklar, Alonso ve ark. (1996)'nın gözlenen kızılöte akılarıyla model atmosferden elde ettikleri akı dağılımlarını ilişkilendirilmeleri sonucu (Kızılöte akı yöntemi - IRFM) hesapladıkları sıcaklıklar ile Şekil 2.2'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.2 : Barklem ve ark. (2002) tarafından $H\alpha$ çizgilerinden bulunan sıcaklıkların Alonso ve ark. (1996) tarafından kızılöte akı dağılımlarından bulunanlarla karşılaştırılması.

Çizgi şiddet oranlarının kullanımı daha duyarlı sonuçlar vermesine rağmen kullanılacak çizgi çiftleri çok dikkatli seçilmelidir. Çizgi şiddeti oranı yıldız sınıflaması açısından önemlidir. Morgan-Keenan (MK) spektrel sınıflamasında hidrojen çizgilerini içeren çizgi şiddet oranları kullanılır. Ama bu çizgilerin şiddetleri soğuk yıldızlarda artan sıcaklıkla artarak bir pozitif sıcaklık etkisi gösterirler. Si II $\lambda 6347$ / Si II $\lambda 6371$ çizgi oranı kullanılabilir fakat nötr elementlerin iyonize elementlere oranı non-LTE etkilere dayanır. Fe I çizgilerinden bulunan eksitasyon sıcaklıkları genellikle ± 200 K'den daha duyarlı değildir (Sasselov ve Lester, 1990a).

Bu sebeplerden ötürü G ve K tipi yıldızlar için etkin sıcaklığın yeterince yüksek duyarlılıkla belirlenmesi zordur. En duyarlı spektroskopik sıcaklık belirteci, sıcaklık değişimleri ile pozitif olarak değişen iki orta şiddetli veya görece zayıf blend olmamış çizginin derinliklerinin oranıdır. F ile K tipi arası yıldızlarda var olan nötr metallerin çoğunun iyonizasyon potansiyelleri (χ_{ion}) 10 eV'un altındadır. Bu yüzden böyle yıldızlarda en bol olan bu elementlere ait çizgilerin şiddetleri artan etkin sıcaklık (T_{et}) ile azalır (çünkü elementler iyonize hale gelir). Artan T_{et} ile şiddeti artan çizgiler elde etmek için ise, görece düşük enerji seviyeli ama yüksek iyonizasyon potansiyelli elementler gerekir. Bu özellik istenilen etkiyi yaratır, çünkü uyarılmış seviyenin popülasyonu iyonizasyonu kontrol etmektedir. Hidrojen çizgileri bu özelliğe sahiptir fakat doydukları için dezavantajları vardır. C I, N I ve O I çizgileri de kullanılabilir ancak bunlar da blend, çok zayıf, sayıları az veya $\log g$ 'ye çok duyarlı olabilmektedirler (Sasselov ve Lester, 1990a).

Sefeidler için sıcaklık tayininde eşdeğer genişlikler yerine çizgi derinlikleri kullanılarak oluşturulan oranlar tercih edilmektedir (Sasselov ve Lester, 1990b). Bunun sebebi, muhtemelen hidrodinamik etkilere bağlı bazı zonklama evrelerindeki asimetri ve çizgi yarılmaları yüzünden eşdeğer genişliklerin doğruluğunun azalmasıdır. Zonklamayan yıldızlar için eşdeğer genişlik oranlarını kullanmak daha doğru olacaktır. Bu da özellikle doymuş çizgi kanatlarının belirgin olmaya başladığı ve yüzey çekimi daha yüksek olan ($\log g \geq 3.5$) yıldızlar için geçerlidir (Sasselov ve Lester, 1990a).

Her yöntemin kendine ait duyarlılık seviyesi varken ve çoğunlukla bir kaç yüz Kelvinlik hata mertebelerine rastlanırken, sıcaklığın daha iyi belirlendiği durumlarda bu değer $\pm 50 - 100$ K arasındadır.

2.2 ÇİZGİ DERİNLİK ORANLARI YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

Yıldızlara ait spektrumların sıcaklıkla değiştiği bilinmektedir, ancak çizgi şiddetleri birçok başka parametreye de bağlıdır. Yukarıda verilen bilgiler göz önüne alındığında, farklı eksitasyon potansiyeline sahip iki soğurma çizgisinin derinlik oranının (LDR), uygun bir kalibrasyonun ardından hassas sıcaklık belirlenmesinde güvenle kullanılabilmesi görülmektedir. Bu sayede sıcaklık değişimlerinin sadece birkaç K mertebesinde bir belirsizlikle ölçülmesi mümkün olabilir. Sıcaklığa duyarlılıkları farklı iki çizginin derinliklerinin oranı, yıldızlar arasındaki küçük sıcaklık farklılıklarını veya belirli bir yıldızın küçük sıcaklık değişimlerini ölçmede mükemmel bir araçtır.

Çizgi derinlik oranının kullanıldığı bir yöntem ilk kez Gray (1989) tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde sıcaklığa duyarlılıkları farklı olan iki çizginin derinliklerinin oranı kullanılmıştır. Gray (1989) bu çalışmada 86 yıldız için dönme hızı araştırması yaparken, spektrel tipi belirlemek için V I ($\lambda 6251.83$) / Fe I ($\lambda 6252.57$) çizgi derinlik oranını kullanarak dev yıldızların sıcaklıkları için $\sim \pm 20$ K hassasiyet elde etmiştir.

Gray (1989, 1994) dev ve cüceler için, spektrumun görünür bölgesinde çizgileri sıcaklık değişimine oldukça duyarlı Fe, V ve Ti gibi birçok element olduğunu göstermiştir. Ancak çizgi şiddetinin kendisi bolluğa çok bağlı olduğundan tek başına bir sıcaklık belirteci olarak kullanılamaz. Bu problemi ortadan kaldırmak için aynı veya benzer elementlerin çizgi derinlik oranlarının kullanması önerilmiştir (Gray 1989, 1994; Gray ve Johanson 1991). Çizgi genişleme etkilerinden sakınmak için görece zayıf ve orta şiddette çizgilerin kullanıldığı bu yöntem prensipte, yüksek spektrel çözünürlüklü verilerin kullanıldığı ve yıldızın yüzey tuhafıklarının olmadığı durumlarda 1-10 K kadar küçük sıcaklık farklarının belirlenmesini sağlayabilmektedir. Çizgi derinlik oranları veya benzer şekilde eşdeğer genişlik oranlarını kullanmanın bir diğer avantajı ise, bütünleştirilmiş akı veya renk kalibrasyonlarının aksine yıldızlararası kızarmaya ve metal bolluğu etkilerine bağlı olmayışıdır.

Gray ve Johanson (1991) iki spektrel çizginin derinlik oranını kullanarak yıldız sıcaklıklarının yaklaşık ± 10 K hassasiyetle nasıl belirlenebileceğini gösterdiler. Bu araştırmacılar F5-K7 cüceleri için V I $\lambda 6251 \text{ \AA}$ ve Fe I $\lambda 6253 \text{ \AA}$ çizgilerinin derinlik oranına karşılık B-V değerlerinden elde edilen sıcaklıkları kullanarak sıcaklık kalibrasyonu yaptılar. Söz konusu çalışmada G yıldızlarına ait S/N oranı 400-600 arasındaki spektrumlar için ± 10 K hassasiyet elde edilmiştir.

Gray ve Baliunas (1995), ϵ Eri yıldızının manyetik aktivitesi, sıcaklığı ve granülasyonunu araştırırken sıcaklık belirlenmesinde iki spektrel çizginin derinlik oranını kullandılar. V I $\lambda 6251 \text{ \AA}$ ve Fe I $\lambda 6253 \text{ \AA}$ çizgilerinin derinlik oranının yaklaşık ± 10 K'lik duyarlılıkla sıcaklık tayinine izin verdiğini göstererek, yıldızın sıcaklığının zamanla yaklaşık 15 K değiştiğini ve yüzey sıcaklığının artan manyetik aktivite ile arttığını buldular.

Bu yaklaşımın özellikle Güneş için çok uygun olduğu kanıtlanmıştır. C I $\lambda 5380 \text{ \AA}$, Fe I $\lambda 5379 \text{ \AA}$ ve Ti II $\lambda 5381 \text{ \AA}$ çizgilerinin derinlik oranlarının uzun dönemli takibi sonucunda, bunların etkinlik çevrimi boyunca sistematik değişimi ortaya çıkmıştır. Güneş'in etkin sıcaklığında bu yolla ölçülen 1.5 ± 0.2 K genlikli değişim, Güneş lekelerine göre düzeltilmiş parlaklığındaki değişimlerden elde edilen aralıkla uyumludur. (Gray ve Livingston, 1997a, 1997b).

Sasselov ve Lester (1990) sefeid değişenleri ve bazı soğuk yıldızlar için $1.1 \mu\text{m}$ civarındaki C I ve Si I çizgilerinin derinlik oranını kullanarak ± 30 K hata mertebesi ile sıcaklıklar buldular.

F-G süperdevleri için görünür bölgede çizgi eşdeğer genişlikleri oranından etkin sıcaklık (T_{et}) belirleme yöntemini ilk kez Klochkova ve Topil'skaya (1996) geliştirmiştir. Spektroskopik kriterlerin yüzey çekim ivmesi ($\log g$), makrotürbülans hızı (V_t) ve metal bolluğundaki ($[\text{Fe}/\text{H}]$) değişimlere çok az duyarlı olduğunu göstererek, seçilen çizgi çiftlerinin gözlenen ve teorik eşdeğer genişlik (W_λ) oranlarını uzlaştırma ile T_{et} belirleme yöntemini geliştirdiler. Klochkova ve Topil'skaya (1996) $\lambda\lambda 5000\text{-}9000 \text{ \AA}$

dalgaboyu aralığındaki ondokuz C I, O I, Fe I ve Fe II çizgisini kullanarak T_{et} için $\pm 100-150$ K duyarlılığa ulaşılar.

Krockenberg ve ark. (1998) benzer bir yolla, Kurucz'un atmosfer modelleriyle hesaplanan sentetik spektrumlar ve yıldız spektrumlarındaki çizgi derinlik oranlarını karşılaştırarak, sefeidlerin ve değişmeyen süperdevlerin sıcaklıklarını belirlediler. Sıcaklıktaki belirsizliğin bir sefeid olan γ Cyg için ± 150 K civarında olduğunu ve en iyi bilinen sefeidler için ortalama sıcaklık hatalarının ± 10 K kadar küçük olduğunu buldular.

Klochkova & Topil'skaya (1996) tarafından kullanılan yaklaşım, gözlenen spektrel çizgi derinlik oranlarının fotometrik yolla bulunmuş sıcaklıklara bağımlılığını araştıran Kovtyukh ve ark. (1998) tarafından ileriye taşınmıştır. Amaçları, bu şekilde ölçülen sıcaklıkların güvenilirliğini ve duyarlılığını büyük ölçüde arttırmaktır. Yazarlar, genellikle kimyasal kompozisyonun belirlenmesinde kullanılan ($\lambda 5000-7000$ Å dalgaboyu bölgesindeki) spektrel çizgileri inceleyerek, etkin sıcaklık belirlenmesi için 23 analitik ilişki çıkardılar. Bu dalgaboyu aralığındaki blend olmayan Si, Ti, V, Cr, Fe ve Ni çizgilerinin etkin sıcaklık belirlenmesi için uygun olup olmadığı kontrol ettiler. Elde edilen duyarlık $\pm 50-80$ K mertebesindedir. Ancak özellikle düşük S/N oranına sahip spektrumlardan güvenilir etkin sıcaklık elde etmek için, daha çok sayıda spektrel çizgi çiftinin kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kovtyukh ve Gorlova (2000), sefeidler ve F-G süperdevleri için yüksek çözünürlüklü spektrumlar kullanarak çizgi derinlik oranlarından sıcaklık belirlenmesi için 32 formül önerdiler. Sefeidler her zonklama evresi için belirledikleri sıcaklıkları hesapladıkları çizgi derinlik oranlarından en küçük kareler yöntemi ile kalibre etmişler ve grafiklerinde polinom eğrileri kullanmışlardır. Kalibrasyonlardan her yıldız için elde edilen 20-32 sıcaklığın ortalamasını alarak derinlik oranı – sıcaklık ilişkilerini tekrar çizdirmişler ve son kalibrasyonları elde etmişlerdir. Böylece yazarlar sefeidler ve sarı süperdevler için göreceli sıcaklıkları $\pm 10-15$ K'lik duyarlılıkla veren kalibrasyonlar elde ettiler.

Gray ve Brown (2001) G3 ile K3 spektrel tip aralığındaki dev yıldızlar için beş çizgi derinlik oranını B-V ve R-I renk indekslerine göre kalibre edip daha sonra bunları

sıcaklığa çevirmişlerdir. Bu kalibrasyonların, ± 4 K'lik sıcaklık değişimlerinin tespitinde ve dev yıldızların sıcaklığa göre sıralanmasında yaklaşık ± 25 K hata mertebesi ile kullanılabilceğini belirttiler.

Strassmeier ve Schordan (2000), yavaş dönen ve ışımaya gücü sınıfı III olan A5 III - M6 III spektrel tip aralığındaki 224 standart dev yıldız için $\lambda\lambda 6380-6460$ Å aralığında yüksek çözünürlüklü bir tarama gerçekleştirdiler. Bu taramayı bazı spektrel çizgilerin sıcaklığa olan bağımlılıklarını ve bu çizgilerin çoğunlukla evrimleşmiş RS CVn tipi yıldızların Doppler görüntülemesinde kullanılan blendlerini belirlemek için yaptılar. 3200-7500 K (M6-A9) aralığında B-V ve V-I renk indekslerinden elde edilen etkin sıcaklıkları çizgi derinlik oranlarına göre kalibre etmek için, 15 çizgiden yaklaşık 100 çizgi oranı belirlediler ve en az saçılma gösteren 12 tanesini kullandılar. M5'den geç spektrel tipten yıldızları gösterdikleri aşırı saçılmadan ötürü kalibrasyondan çıkardılar. Buldukları 12 çizgi derinlik oranı - T_{et} ilişkisini temsil etmek üzere polinom eğrileri kullandılar. Bu kalibrasyonların F-M tipi yıldızların sıcaklıklarının belirlenmesinde ± 33 K, erken F ve orta - geç M tipi yıldızların sıcaklıklarının belirlenmesinde ise $\pm 77 - 106$ K hata mertebesi ile kullanılabilceğini belirttiler.

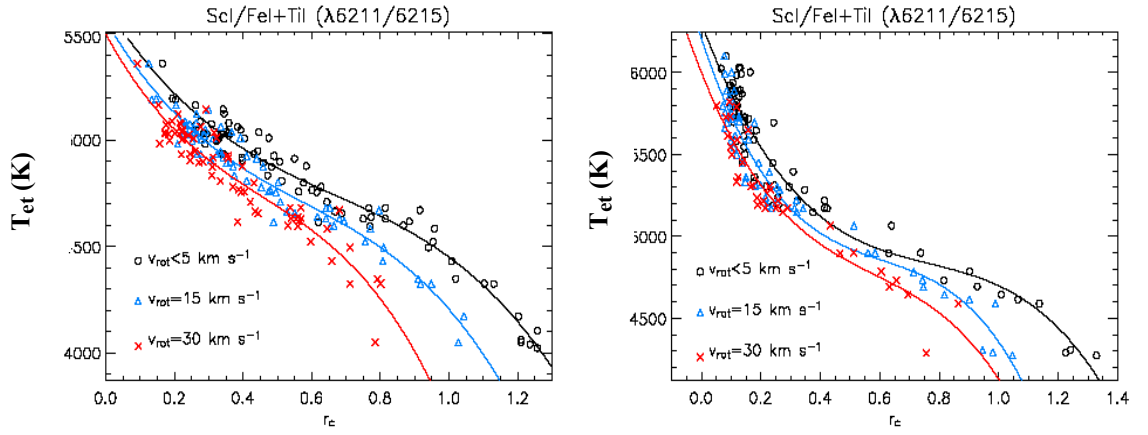
Catalano ve ark. (2002a, 2002b), RS CVn türü yavaş dönen 3 aktif çift yıldızın spektrumları üzerinde çizgi derinlik oranı yöntemini test ettiler. Fotometri ile eşzamanlı alınmış spektrumlardan hesaplanan çizgi derinlik oranlarını (LDR) kullanarak, sıcaklık ile ışık eğrisi genliği arasındaki ilişkiye basit bir analitik yaklaşımla leke ortalama sıcaklığını ve boyutunu bulabileceklerini gösterdiler. Bunun için blend olmayan 10 çizgi çifti seçtiler. Farklı spektrel tip ve ışımaya gücü sınıfından standart yıldızların ve 3 aktif sistemin spektrumlarında bu çizgi çiftlerinin derinlik oranlarını (LDR) hesapladılar. Standart yıldızlar için hesaplanan LDR'lerden, farklı çizgi çiftleri için sıcaklık kalibrasyonları elde ettiler. Catalano ve ark. (2002a, 2002b), bu yöntemle, sakin fotosferin ve lekeli alanın ortalama sıcaklıklarının birkaç ± 10 K duyarlılıkla ölçülebildiğini göstermişlerdir. Lekeler gibi soğuk yüzey bölgeleri çizgi profilinde tümsekler oluşturur. Gray (1996) tarafından tartışıldığı üzere, eğer bir karanlık lekenin meridyenden geçişi yıldızın tüm diskinin ışık şiddetinde %10'luk bir azalma yaratıyorsa, o zaman bu tümseğin yüksekliği de çizgi derinliğinin %10'u kadar olmalıdır. Yavaş dönen bir yıldızın spektrumundaki çizgi derinlik oranları

incelendiğinde, biri sıcaklığa duyarlı diğeri ise duyarsız veya daha az duyarlı iki çizgi seçilir. Süreklilikte %10'luk bir azalma yaratan bir karanlık lekenin varlığı yüzünden iki çizginin derinliği de aynı şekilde etkilenecek şekilde %10 azalır. Fakat, lekenin sıcaklığının düşük olması sebebiyle sıcaklığa duyarlı olan çizginin gerçek derinliği daha çok değişeceğinden, leke geçişi sırasında iki çizginin derinlik oranı değişir. Derinlik oranı değişiminin miktarı, çizgilerin sıcaklık değişimine olan duyarlılığına ve lekenin kapsadığı yüzey alanına bağlıdır. Catalano (2002b) da LDR yöntemini leke sıcaklıklarının ölçümünde kullanmıştır. Frasca ve ark. (2005) benzer bir çalışmayı daha güncel bir modelle gerçekleştirmiş, RS CVn türü VY Ari, IM Peg ve HK Lac yıldızları için, spektrumlarla eşzamanlı alınan ışık eğrileri ve çizgi derinlik oranlarından çıkardıkları sıcaklık değişimlerinin analizi ile leke sıcaklıklarını ve alanlarını belirlemişlerdir.

Biazzo ve ark. (2006), çizgi derinlik oranlarına bağlı bir yöntem oluşturarak, zonklayan bir yıldızın zonklama periyodu boyunca, veya manyetik bakımdan aktif yıldızların dönme periyotları boyunca meydana gelebilecek sıcaklık değişimlerini duyarlı bir şekilde gözlemeye çalıştılar. Blend olmayan 30 spektrel çizgi tanıyarak çizgi derinlik oranları için 20 uygun çift belirlediler. Çizgi derinliklerini ölçmek için IDL (Interactive Data Language) programını kullandılar. Yüzey çekim etkilerini göz önünde bulundurarak farklı spektrel tip (F6-M4) ve ışımaya gücü sınıfındaki (V- II) 43 standart yıldızdan LDR'lerin sıcaklıkla ilişkilerini buldular ve bu sayede kendi yıldızlarına uygulayabilecekleri bir kalibrasyon elde ettiler. Söz konusu çalışmada, lekeli aktif yıldızlar ve sefeid türü zonklayan değişenlerin $R = 14000$ çözünürlükle alınmış spektrumları kullanılarak, ortalama yüzey sıcaklığı değişimlerini LDR tekniği ile ± 10 K hassasiyetle ölçülmüşlerdir. Eşzamanlı spektroskopik ve fotometrik gözlemlerin bulunması halinde, lekeli alanın boyutlarının ve leke sıcaklığının belirlenebildiğini belirttiler. Yazarlar ayrıca, bu yöntemin zonklama özelliklerinin çalışılmasında, sıcaklık ve radyal hız parametrelerinin eşzamanlı olarak tespit edilmesine yardımcı olacağını da vurguladılar.

Biazzo ve ark. (2007) dönme hızının LDR'ler üzerindeki etkisini ilk kez gerçek spektrumlarda araştırdılar. Işıma gücü sınıfları V-III, dönme hızları $v \sin i = 0 - 30 \text{ kms}^{-1}$ aralığında olan F5-M0 türü ($3800 \leq T_{\text{et}} \leq 6000 \text{ K}$) 174 yıldızın ELODIE (Moultaka ve

ark., 2004) arşivinden aldıkları yüksek çözünürlüklü ($R=42000$) spektrumlarından LDR'ler ve etkin sıcaklıklar arasındaki ilişkileri verdiler. Birkaç çizgi çifti hariç, $R\sim 42000$ gibi yüksek çözünürlüklü spektrumlardan ölçülen LDR'lerin $v \sin i$ 'ye bağlı olduklarını ve dönmeden kaynaklanan genişleme etkisini ihmal etmenin, etkin sıcaklıkların olduklarından (en kötü halde) ≈ 100 K kadar fazla tahmin edilmesine sebep olacağını gösterdiler. Soğuk yıldızların hem sentetik hem de gerçek spektrumlarında, dönmeden kaynaklanan genişleme etkisinin 5 km s^{-1} 'lik dönme hızlarında bile açıkça görüldüğünü belirttiler. Şekil 2.3'te farklı dönme hızlarındaki dev ve cüce yıldızlar için çizgi derinlik oranları ile etkin sıcaklıklar arasındaki ilişkiler gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Farklı dönme hızları için çizgi derinlik oranları (r_c) ile T_{et} arasında ilişki. Sol panel dev yıldızlar, sağ panel ise cüce yıldızlar içindir (Biazzo ve ark., 2007).

Kovtyukh ve ark.(2003) yüksek çözünürlüklü ($R=42000$) ve yüksek S/N oranına sahip ELODIE echelle spektrumlarını kullanarak, Güneş metal bolluğundaki ($-0.5 < [\text{Fe}/\text{H}] < +0.5$) 181 F-G-K anakol yıldızının hassas etkin sıcaklıklarını, çizgi derinlik oranı yöntemini kullanarak belirlediler. Başlangıçta 600 çizgi derinlik oranını deneyen araştırmacılar, bunların içinden en az saçılma veren ve 4000-6150K (F8V-K7V) aralığında geçerli olan 105 kalibrasyon verdiler. Tek bir kalibrasyonun duyarlılığı ± 100 K iken, $S/N = 100$ olan bir spektrum için tüm kalibrasyonlar kullanılarak elde edilen son sıcaklıktaki belirsizlik sadece $\pm 5-10$ K'dir. $S/N = 200$ ve daha yüksek olan spektrumlar için ise kalibrasyonların ± 5 K'den daha duyarlı sonuçlar verdiği görülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda gezegeni olduğu bilenen yıldızların çoğunun ortalamasının üzerinde metal zengini olduğu bulunmuştur. Bu sonucun güvenilirliği etkin sıcaklığın

doğruluğuna bağlıdır. Kovtyukh ve ark. bu çalışmalarında LDR yönteminin, özellikle Güneş sistemi dışı gezegen araştırmalarına katkıda bulunmak için gezegeni olan yıldızların sıcaklıklarının belirlenmesi ve düşük kütleli gezegenlerin tespiti için kullanılabileceğini önerdiler. Özellikle gezegeni olan yıldızların metal zenginliğinin doğrulanmasında ve gezegeni olan yıldızın sıcaklığındaki yıldız lekelerine bağlı olan küçük değişimleri belirleyerek bazı düşük kütleli gezegen adaylarını elemek için LDR yönteminin yardımcı olacağını belirttiler. Çünkü, gezegenler lekelerin aksine sıcaklık yıldız sıcaklığında değişim yaratmazlar.

Kovtyukh ve ark. (2004) anakol üzerindeki yıldızların dağılımının ayrıntılı bir araştırmasını yaparken, F-K tipi 248 cüce alan yıldızının sıcaklıklarının hassas bir biçimde ($\sigma = \pm 10-15$ K) belirlenmesinde çizgi derinlik oranı yöntemini kullandılar.

Kovtyukh ve ark. (2006), metal bollukları Güneş değerine yakın F-G-K tipi 215 dev yıldızın etkin sıcaklıklarını, yüksek S/N (100-250) oranına sahip echelle spektrumlarından LDR yöntemi ile belirlediler ve etkin sıcaklık ile bu oran arasında ~ 100 ilişki elde ettiler. Sıcaklık için bir başlangıç değeri ile iterasyon yapılarak bu ilişkiler kendi içlerinde kalibre edilmiştir. Kalibrasyonlar 3500-5700 K (G0 III-K4 III) için geçerlidir. Tek bir kalibrasyonun duyarlılığı ± 95 K'den az olup, 100 kalibrasyonun birleştirilmesi ile hata $\pm 5 - 20$ K'e kadar iyileştirilebilmiştir.

Kim (2006), orta sıcaklıktaki yıldızların etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesini hassas biçimde belirlemek için bu parametrelere duyarlı çizgi derinlik oranı elde edilecek çizgi çiftleri belirlemeye çalıştı. $T = 6000-7750$ K sıcaklık aralığında, $\log g = 3.5, 4, 4.5$, $[M/H] = 0.0$, $V_{rot} = 10 \text{ kms}^{-1}$ ve $V_{turb} = 2 \text{ kms}^{-1}$ için $\lambda\lambda 4000-5700 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığındaki tüm sentetik çizgileri, SYNSPEC programı ve Kurucz modeli kullanarak hesapladı. Kim'in (2006) çalışmasında, yüzey çekimi için 2 ve sıcaklık belirteci olarak da 6 adet derinlik oranı bulunmuştur. Yüzey çekimi için belirlenen derinlik oranlarını x eksenine, sıcaklık için belirlenen derinlik oranları ise y eksenine oturtularak 6 adet grid hazırlanmıştır. Bu yolla, bu iki parametrenin eşzamanlı olarak hassas biçimde belirlenmesi için bir yöntem elde edilmiştir.

2.3 ÇİZGİ DERİNLİK ORANI (LDR) YÖNTEMİNİN ÖZELLİKLERİ

Sıcaklık değişimlerine duyarlılığı farklı, düşük ve yüksek eksitasyon potansiyellerine sahip spektral çizgilerin profilleri, spektral çizgi derinlik oranı (LDR) yönteminin temelini oluşturur. Seçilen çizgi çiftindeki çizgilerden biri sıcaklığa daha duyarlı iken, diğeri daha az duyarlı olmalıdır. Yüksek eksitasyon potansiyelli çizgiler, düşük eksitasyon potansiyelli çizgilere nazaran sıcaklıkla daha az değişirler. Bu yüzden çizgi çiftleri oluşturulurken, düşük seviyedeki eksitasyon potansiyellerinin geniş bir aralığını kapsayan çizgileri seçmek ve çok sayıda çizgi çifti kullanmak yöntemin doğruluğunu artırmak için iyi bir yoldur. Bir çizginin şiddeti, sıcaklığın yanısıra, kimyasal bolluk (metal bolluğu, [Fe/H]), dönme hızı ve makrotürbülans hızı, yüzey çekim ivmesi ($\log g$), atomik sabitler gibi birçok atmosferik etkene bağlıdır. İki çizginin derinliklerinin oranı bir parametre olarak düşünüldüğünde, iki çizgi de aynı yolla şekillendiği için, bu parametre dönme ve makrotürbülans kaynaklı çizgi genişlemesinden ve spektral çözünürlükten bağımsızdır. Ayrıca çizgi derinlik oranı spektrograf odağındaki küçük değişimlerden ve ışığın saçılmasından da etkilenmez. Çizgi derinlik oranları kullanmanın bir diğer avantajı da integre akı yöntemi veya renk kalibrasyonlarında olduğunun aksine yıldızlararası kızarma ve metal bolluğu etkilerine bağlı olmamasıdır. Bununla birlikte en önemlisi, farklı kimyasal bollukların çizgi şiddetlerinde meydana getirdiği farklılıklar büyük ölçüde ortadan kalkar (görece zayıf çizgiler için). Çizgi derinlik oranlarını kullanmak, sürekliliğin belirlenmesi gibi sistematik hataların etkilerini de azaltır. Bu avantajlar, doğal genişlemeyle oluşmuş damping kanatlarının hakim olduğu doymuş ve kuvvetli çizgiler için geçerli olmayabilir. Bu yüzden sadece yeterince zayıf çizgiler çizgi derinlik oranı yönteminde güvenle kullanılabilir. Büyüme eğrisinin lineer bölgesinde bulunan bu görece zayıf çizgilerin kullanımı aynı zamanda metal bolluğu etkilerini gidermek için de kullanılır. Nitekim atom sayısı ve çizgi eşdeğer genişliği arasındaki ilişki değiştiği için, büyüme eğrisinin farklı bölgelerindeki çizgiler metal bolluğu değişimlerine farklı tepki verir. Çizginin sürekliliği belirginse ve merkezi blend değilse güvenilir çizgi derinlik oranı elde edilir (Kovtyukh 2000).

Çizgi derinlik oranı yönteminin uygulanmasında kullanılacak çizgi çiftleri seçilirken, sürekliliğin belirlenmesindeki hataları en aza indirmek için çizgilerin birbirine yakın ve yer atmosferinden kaynaklanan tellurik çizgilerden uzak bir spektral bölgede olmalarına

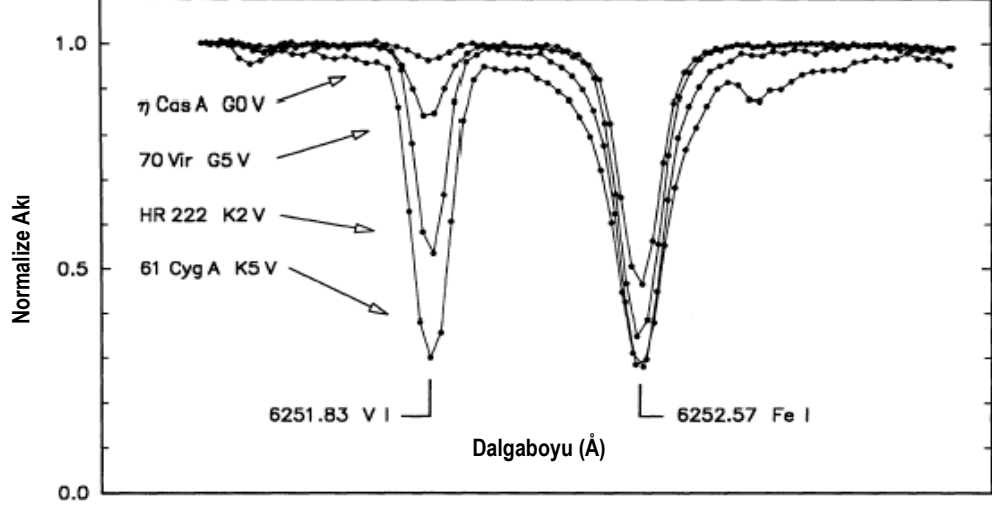
dikkat edilir. Genellikle metal çizgileri seçilir, çünkü bunlar sıcaklığa en duyarlı olan çizgilerdir (Biazzo ve ark., 2006). Log g 'deki değişimlere karşı az duyarlı olduklarından ve element bolluklarının yıldızdan yıldıza değişimleri ihmal edilebilir düzeyde olduğu için genellikle demir grubu elementler (Si, Ti, V, Cr, Fe, Ni, vb) seçilir.

Çizgi derinlik oranı yönteminin uygulanmasında kullanılacak çizgi çiftlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Kovtyukh ve ark., 2000, 2003) :

- 1- Yüksek eksitasyon potansiyeline sahip çizgiler sıcaklıktan az, düşük eksitasyon potansiyeline sahip çizgiler ise çok etkilenirler. Dolayısıyla çizgi derinlik oranlarının hassas bir sıcaklık belirteci olabilmesi için, seçilecek çizgilerin eksitasyon potansiyelleri birbirinden mümkün olduğunca farklı olmalıdır.
- 2- Sürekliliğin belirlenmesinden kaynaklanan hataları en aza indirmek için mümkünse dalgaboyu bakımından birbirine yakın çizgiler seçilmelidir.
- 3- Mikrotürbülans, dönme ve metal bolluğuna olası bir bağlılığı gidermek için çizgiler yeterince zayıf olmalıdır.
- 4- Yer atmosferine ait tellürik çizgilerin bulunmadığı bir spektrel aralıktaki çizgiler seçilmelidir.

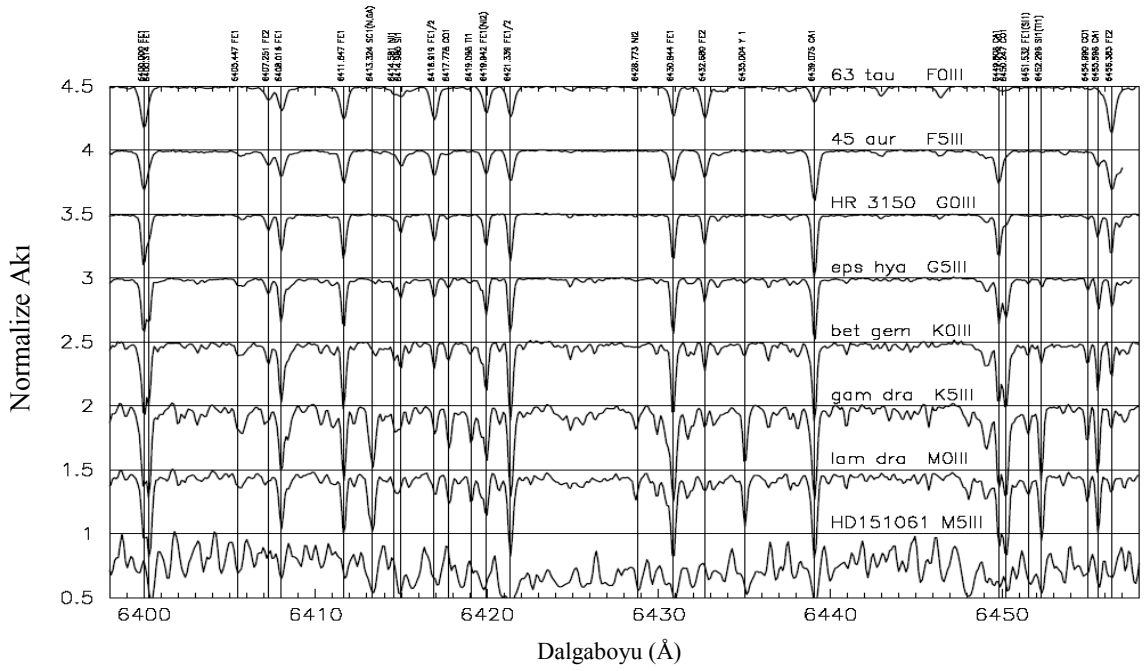
Yakın çizgilerin seçilmesi esastır, ancak birbirinden uzak çizgilere (çizgiler arası dalgaboyu farkı en fazla 70 Å olmak şartı ile) dayanarak yapılan kalibrasyonların, yakın çizgiler seçilerek yapılan kalibrasyonlarla aynı saçılmayı gösterdiği bulunmuştur (Kovtyukh, 2003). Yüzey çekim ivmesine çok duyarlı oldukları için iyon çizgileri ve yüksek iyonizasyon elementleri (C, N, O, vb.) genellikle kullanılmamaktadır (Kovtyukh ve ark., 2003). LDR yönteminde en çok kullanılan çizgi çiftlerinden biri V I ($\lambda 6251.83$) / Fe I ($\lambda 6252.57$) çiftidir. Bu çizgilerin, merkezlerinde blend olmadıkları bilinmektedir. V I $\lambda 6251.83$ çizgisi, orta K spektrel tipine kadar Fe I $\lambda 6252.57$ çizgisinden daha zayıftır ve her iki çizginin derinliği de azalan sıcaklıkla artmaktadır (Şekil 2.4). Bu çizgilerin derinlik oranı metal bolluğuna fazlasıyla bağlıdır (Gray ve Johanson, 1991). Bu çizgi çifti aynı zamanda dönmeden kaynaklanan genişlemeye de duyarlıdır. Hızlı dönen yıldızlar için V I / Fe I çizgi derinlik oranı gibi parametreleri ölçmek olanaksızdır çünkü çizgileri çok sığdır. Sıcaklığın yanısıra başka parametrelere de duyarlı olduğu

için, bu çizgi çifti uygun bir kalibrasyonla böyle parametrelerin belirlenmesinde de kullanılabilir.



Şekil 2.4: V I ve Fe I çizgilerinin sıcaklıkla değişimi. Sıcaklık azaldıkça V I çizgisinin derinliğindeki artış, Fe I çizgisinin derinliğindeki artışa nazaran daha hızlıdır. Bu durum da çizgi derinlik oranını kullanarak sıcaklık belirleme yönteminin temelini oluşturmaktadır (Gray ve Johanson, 1991).

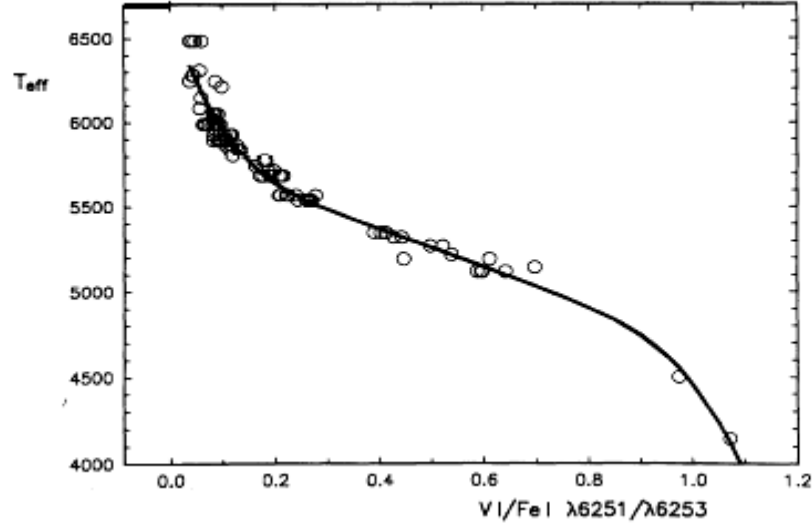
Soğuk yıldızların spektrumlarının görsel bölgesinde sıcaklık belirlemede kullanılacak bir kaç çizgi çifti vardır. Çoğu çalışmada $\lambda 6200 \text{ \AA}$ ile $\lambda 6400 \text{ \AA}$ civarındaki çizgi çiftleri kullanılmıştır (Gray ve Johanson, 1991; Gray ve Brown, 2001; Catalano ve ark., 2002a, 2002b; Strassmeier ve Schordan, 2000; Biazzo ve ark., 2006). F ile M spektrel tipleri arasındaki yıldızlar için literatürde çizgi derinlik oranları hesaplanmasında kullanılan bazı çizgilerin sıcaklığa göre değişimi Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5: F0-M5 arası yıldızların spektrumları ve literatürde çizgi derinlik oranlarında kullanılan çizgilerin sıcaklığa göre değişimi (Strassmeier ve Schordan 2000). Görsel kolaylık için normalize akı sabit tamsayılarla çarpılmıştır.

Çizgi çiftleri belirlenip çizgi derinlik oranları hesaplandıktan sonra, bu oranlar sıcaklığa karşılık çizdirilir ve böylece ilgilenilen çizgi çifti için bir kalibrasyon eğrisi elde edilir (Şekil 2.6). Bu eğri daha önce örneğin renk indekslerinden elde edilmiş sıcaklıklarla spektral çizgi derinlik oranları arasındaki ilişkiyi gösterir. Böyle bir grafikte fonksiyonel bir ilişki beklenir. Genellikle grafikten, değerlere en iyi uyumu veren bir polinom eğrisi geçirilmektedir. Şekil 2.6'de verilen örnek T_{et} – LDR grafiği için aşağıdaki denklemle ifade edilen polinom eğrisi en iyi uyumu verir (Sıcaklık birimi, alışılmış olduğu üzere Kelvin'dir, T_{et} : etkin sıcaklık, r : çizgi derinlik oranıdır ($r = R_1/R_2$)). :

$$T_{et} = 6660.5 - 9941.7r + 35297.7r^2 - 67336.1r^3 + 61565r^4 - 21765r^5$$



Şekil 2.6 : Etkin sıcaklık ve çizgi derinlik oranı arasındaki ilişkiyi gösteren eğrilere bir örnek (Gray ve Johanson, 1991).

Bu sayede elde edilen ve birkaç iterasyon işleminden geçen kalibrasyonların, belirli bir sıcaklık aralığında $\pm 1-2$ K'lik hata mertebesi ile çeşitli türden yıldızların etkin sıcaklıklarının belirlenmesi için hassas bir yöntem sağladıkları kanıtlanmıştır.

2.4 FGK YILDIZLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kullanılmak üzere F-G-K türü 160 cüce ve alt dev yıldız kullanılmıştır. Bu sebeple aşağıda F-G-K yıldızlarının genel özellikleri sunulmuştur.

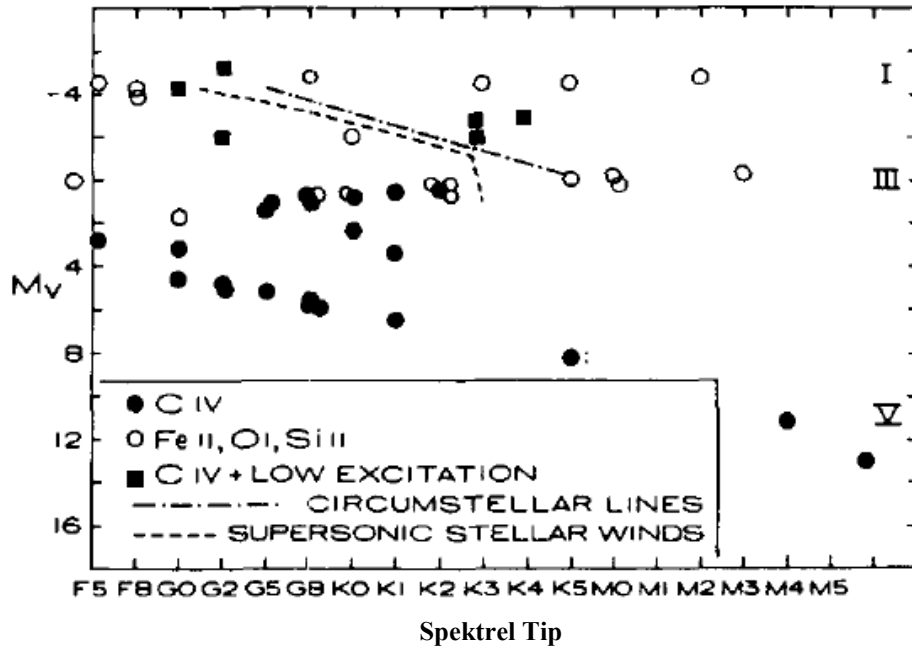
F tipi yıldızlar 6000-7500 K sıcaklık aralığındaki beyaz - sarı yıldızlardır. Harvard Sınıflandırmasına göre F tipi yıldız, Balmer serisinin çizgilerinden çok daha kuvvetli olan CaII'nin (H ve K) çizgileri ile karakterize edilir. F tipi boyunca daha geç tiplere gittikçe Balmer çizgileri zayıflarken, metalik çizgilerin şiddeti artar. Geç F tiplerine doğru nötr metal çizgileri iyonize metal çizgilerinden daha şiddetli olmaya başlar (Jaschek ve Jaschek, 1987).

CH moleküllerinin sebep olduğu G bandı (yaklaşık $\lambda 4300$ 'de) F3 civarında ortaya çıkar ve daha geç alt sınıflarda kuvvetlenir. Kuvvetli çizgilerin yanısıra bir çok zayıf çizgi vardır; bunlar artan bir engelleme ile sürekliliği görmeyi zorlaştırır. Geç spektral tiplere

doğru dönme hızı azalır. G0 spektral tipinden yıldızlarda dönme hızı oldukça düşüktür (Gray, 1988). F tip yıldızlar $\beta = 190$ pc'lik bir yarı genişlikle galaktik düzlem boyunca yer alırlar. Galaktik düzlemdeki dağılımları uniformdur. Güneş civarındaki anakol yıldızlarının 1/33'ü F tipi yıldızlardır (Jaschek ve Jaschek, 1987).

F spektral tipinden yıldızların içinde özel yıldızlar vardır. Bunların bazıları Ap yıldızlarının uzantıları olarak sayılabilirler. F4-M spektral tipleri arasında CaII H ve K çizgi emisyonu gösteren yıldızlara rastlanır. F5-G5 arasındakiler zayıf çizgili (zayıf metalli) yıldızlar olarak tanımlanır. Zayıf çizgилilik, H ve He hariç tüm atomik çizgilerin zayıflığı anlamına gelmektedir. Bununla birlikte CH molekülü (G bandı) şiddetli görülmektedir. Yaklaşık G5'ten erken zayıf çizgili ve yüksek uzay hızına sahip cüce yıldızlara alt cüceler de denir (Jaschek ve Jaschek, 1987).

Şekil 2.7'de IUE (International Ultraviolet Explorer) Uydusuyla yapılan gözlemlerin farklı ışınma gücünden soğuk yıldızlardaki C IV emisyonuna ilişkin sonuçları görülmektedir. F5'den daha geç tip çoğu cüce yıldızda C IV emisyon çizgisinin varlığı açıkça görünürken, en soğuk ve en parlak yıldızlarda (M süperdevleri gibi) C IV çizgisi hiç yoktur (Cram ve Kuhl, 1989).



Şekil 2.7: HR diyagramındaki UV emisyon çizgileri ile yıldızı çevreleyen (circumstellar) ortam kaynaklı çizgilerin varlığı (Cram ve Kuhl, 1989).

G tipi yıldızlar 5000-6000 K sıcaklık aralığındaki sarı (Güneş benzeri) yıldızlardır. F tipinden daha zayıf Hidrojen çizgileri vardır. Metalik çizgilerin sayısı ve şiddeti daha geç spektrel sınıflara doğru artmaktadır. İyonize metal çizgilerinin yanı sıra nötr metal çizgileri de görülür. CH ve CN molekül bantları bu tip yıldızların spektrumlarında kolaylıkla görülen özelliklerdir. Tüm yıldızlar içinde Ca II'nin H ve K çizgileri G2'de en belirgin hale gelir. Güneş G2 V tipi bir yıldız olduğundan G spektrel sınıfı iyi bilinmektedir (Kaler, 1989).

G tipi yıldızların $V_{\text{sin } i}$ değerleri tipik olarak birkaç km/sn civarındadır. Yüksek dönme hızına sahip ($V_{\text{sin } i} > 10$ km/sn) bir kaç G tipi dev yıldız genellikle, yıldızların eş zamanlı olarak döndüğü örten çift yıldız sistemleridir. G tipi yıldızlar ortalama $b \cong 350$ pc'lik bir yarı genişlikle galaktik düzlem civarında toplanmışlardır. Güneş civarındaki anakol yıldızlarının 1/13'ü G tipi yıldızlardır.

T Tauri alt sınıfı yıldızlar G-M spektrel tipi aralığında ve parlak floresan Fe I çizgileri ve [S II] ile [Fe II] nin yasaklı çizgilerinin var olduğu karakteristik emisyon spektrumu gösteren yıldızlar olarak tanımlanırlar (Cram ve Kuhl, 1989).

G7-K2 tipi devlerde $\lambda 4216$, $\lambda 4150$ ve $\lambda 3889$ 'daki CN bantları kuvvetli olarak gözlenen özelliklerdir, halbuki bu bantlar cücelerde belirgin değildir. Anormal kuvvetli CN absorpsiyonu ile G ve K devleri, kuvvetli CN yıldızları olarak tanımlanmıştır. Bir CH yıldızı ise çok kuvvetli CH molekül bantlarına sahip G5-K5 aralığında bir devdir.

K tipi yıldızlar 3500-5000 K sıcaklık aralığındaki sarı - turuncu yıldızlardır. Zayıf H çizgileri, kuvvetli ve çok sayıda nötr metal çizgisi ile çok kuvvetli Ca II çizgileriyle karakterize edilirler. CH molekülüne ait moleküler çizgiler çok kuvvetlidir. K5 tipi civarında TiO bantları belirirken, geç K tipi pek çok yıldız Balmer çizgilerinde emisyonla sahiptir. Güneş civarındaki anakol yıldızlarından 1/8'i K tipi yıldızlardır (Jaschek ve Jaschek, 1987; Kaler, 1989).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 MALZEME

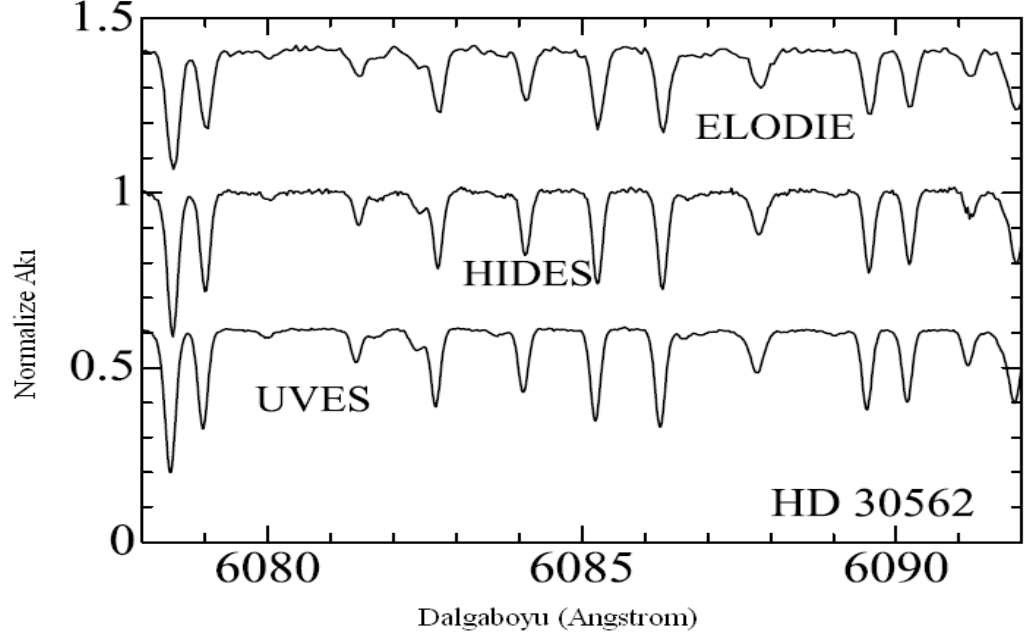
Bu çalışmada Güneş civarındaki geç F, G ve erken K spektrel tipinden 160 cüce ve alt dev yıldız için çizgi derinlik oranı yöntemi kullanılarak sıcaklık için kalibrasyonlar elde edilmiştir. Bu yıldızlara ait veriler, Japonya Ulusal Astronomik Gözlemevi'nin (National Astronomical Observatory of Japan, NAOJ) online arşivinden² alınmıştır (Takeda ve ark., 2005).

3.1.1 Spektroskopik Verilere İlişkin Bilgiler

Bu çalışmada kullanılan spektrumlar, OKAYAMA Astrofizik Gözlemevi (OAO, Japonya) projeleri kapsamında Takeda (Takeda ve ark., 2005) tarafından Ekim 2000 - Mayıs 2003 arasında, OAO'nun 188 cm'lik teleskobu ile Coude odağındaki yüksek çözünürlüklü ($R \sim 70000$) Yüksek Dispersiyonlu Echelle Spektrograf (High Dispersion Echelle Spectrograph, HIDES) ile alınmıştır. Şekil 3.1'de HIDES spektrumlarının, literatürde çok kullanılan iki ayrı spektrografla elde edilmiş spektrumlarla karşılaştırılması verilmiştir. HIDES spektrografı 1200 Å'luk bir echelle aralığına sahiptir. Gözlemler, 15-20 dakikalık poz süreleri kullanılarak 200 µm'lik yarık yardımıyla yeşil ve sarı bölgede ("G") 5000-6200 Å, kırmızı bölgede ("R") 5800-7000 Å ve yakın kırmızıötede ("I") 7600-8800 Å dalgaboyu aralıklarını içeren toplam 3 farklı spektrel bölgede yapılmıştır.

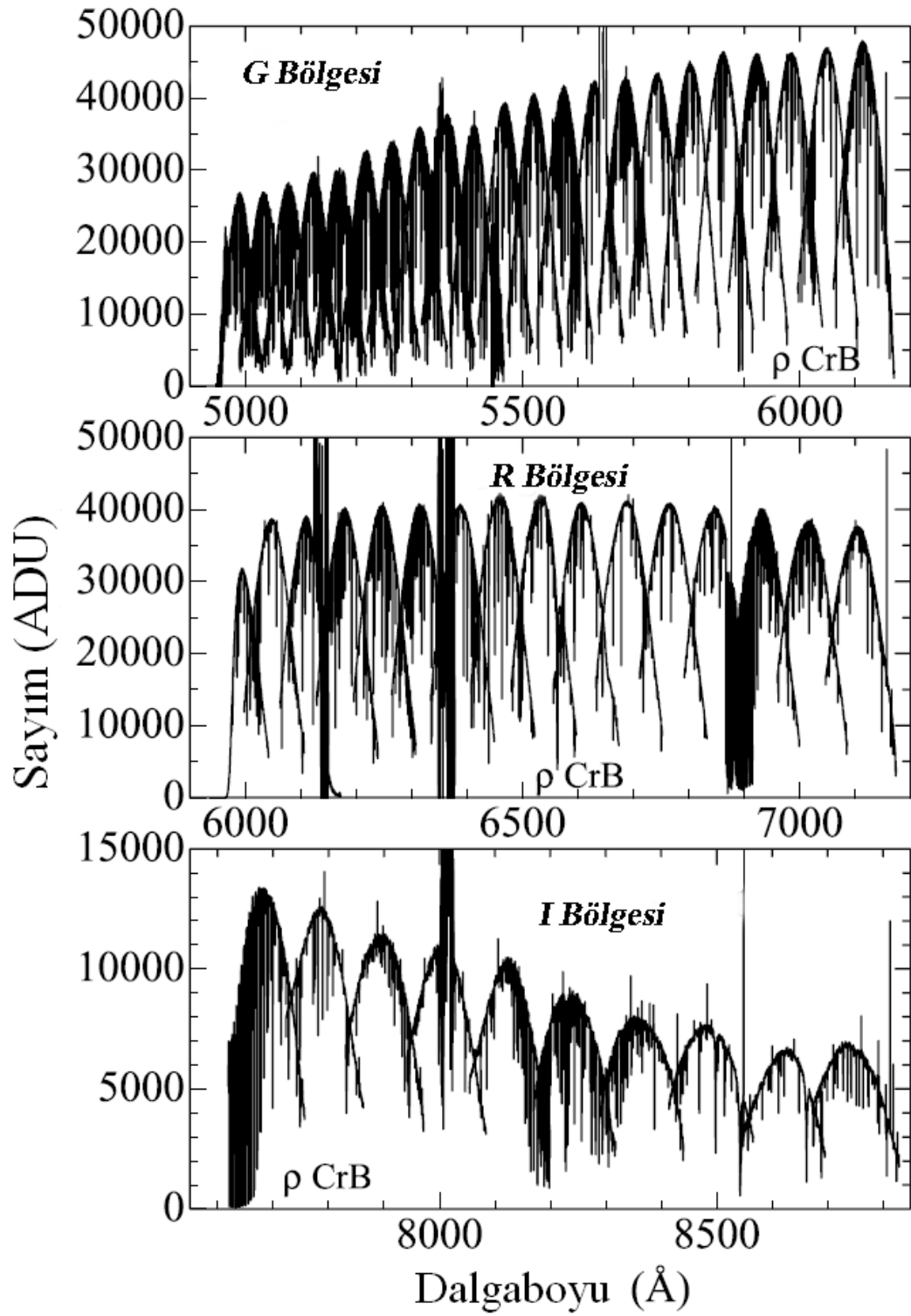
Literatürde çizgi derinlik oranının kullanıldığı çalışmalardaki spektrumların çözünürlükleri düşünüldüğünde (genellikle $R \sim 40000$), $R \sim 70000$ çözünürlükteki HIDES spektrumları kullanıldığından, bu çalışma yapılmış yüksek kaliteli LDR çalışmalarından biridir.

² NAOJ online arşivi : <ftp://dbc.nao.ac.jp/DBC/ADACnew/J/other/PASJ/57.13/>

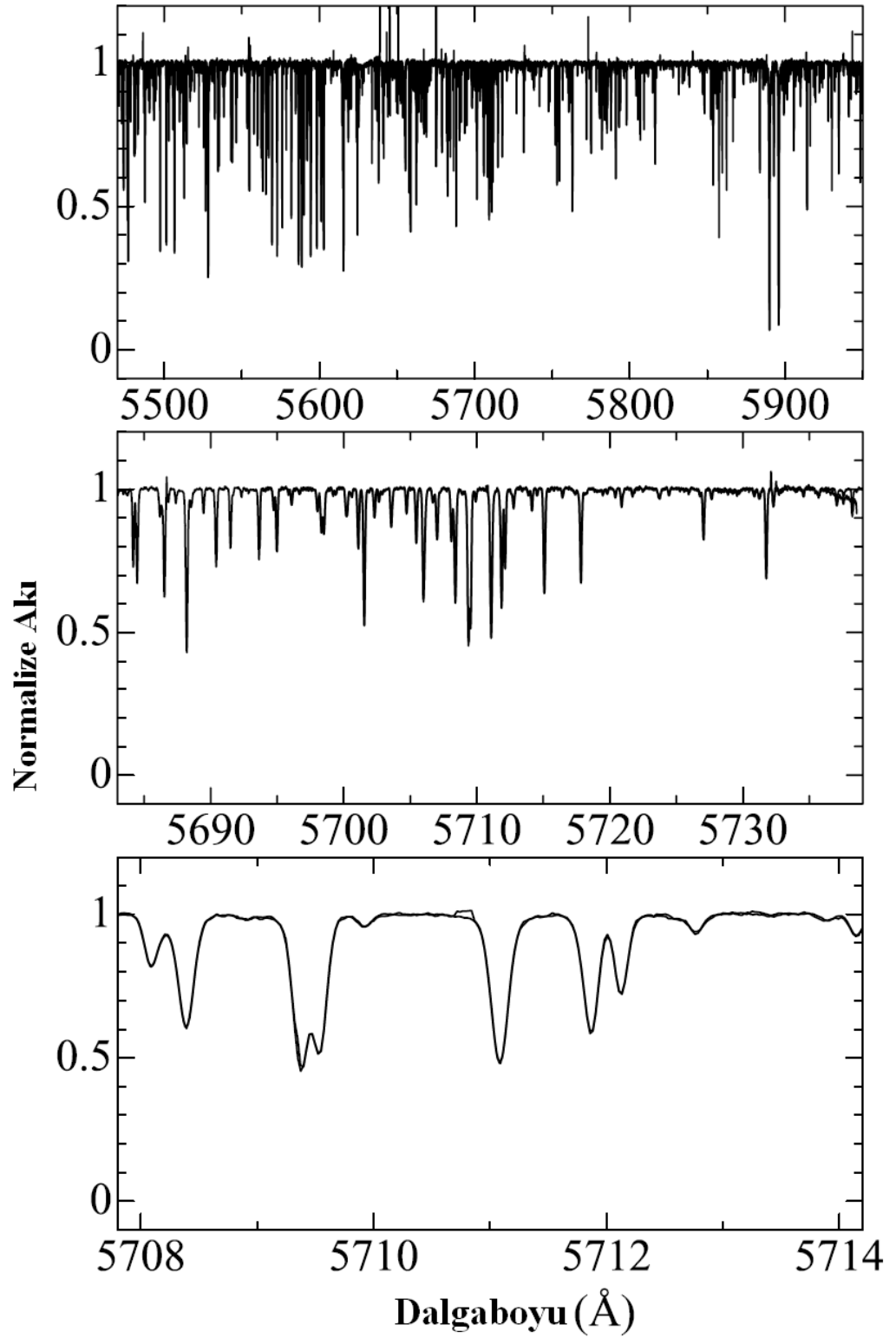


Şekil 3.1: Çalışmada kullanılan HIDES spektrumlarının, çok bilinen ELODIE (Moultaka ve ark., 2004) ve UVES (ESO-Paranal Gözlemevi Projesi - Bagnulo ve ark., 2003) spektrumları ile karşılaştırılması (Takeda ve ark., 2005).

Bu çalışmadaki yıldızların spektrumlarının indirgenmesi Takeda ve ark. (2005) tarafından IRAF programı kullanılarak yapılmıştır. Online arşiv yoluyla hem ham verilere hem de ön indirgenmesi tamamlanmış, Th-Ar lambda spektrumu ile dalgaboyu kalibrasyonu yapılmış, Doppler etkileri giderilmiş ve normalize edilmiş verilere ulaşılabilmektedir. G, R ve I bölgelerine ilişkin ortalama sinyal/gürültü (S/N) oranları 200-300 arasındadır. G, R ve I bantlarında alınan her spektrum sırasıyla ~22, ~16 ve ~10 order içermektedir. Şekil 3.2'de ρ Crb'nin her banttan örnek echelle spektrumları, Şekil 3.3'de ise aynı yıldızın G bandı için $\lambda 5710 \text{ \AA}$ civarındaki ve farklı büyütme ölçeğindeki, normalize edilmiş spektrumları gösterilmektedir. Bu tez çalışmasında HIDES spektrel arşivinden, 160 yıldıza ait G (5000-6200 \AA) ve R (5800-7000 \AA) bölgelerindeki indirgenmiş spektrumlar kullanılmıştır.



Şekil 3.2: ρ CrB'nin G (22 order), R (16 order) ve I (10 order) bölgelerinde alınmış HIDES spektrumları (Takeda ve ark., 2005). (ADU: Analog to Digital Unit)



Şekil 3.3: ρ CrB'nin G bandında alınmış ve sürekliliğe göre normalize edilmiş HIDES spektrumlarının $\lambda 5710$ Å civarındaki üç farklı detay bölgesi (Takeda ve ark., 2005).

3.1.2 Kullanılan Yıldızların Özellikleri

Spektrumları incelenen yıldızlar F-G-K spektrel tiplerinden cüce ve alt devlerdir. Yıldızların HD numaraları, spektrel tipleri, B-V değerleri, V bandındaki görünür parlaklıkları, paralaksları (π), dönme hızları ($v \sin i$), etkin sıcaklıkları (T_{et}) ve yüzey çekim ivmeleri ($\log g$) Ek-1'de verilmiştir (Takeda ve ark., 2005; Takeda, 2007).

Bu çalışmada kullanılan 160 yıldız içerisinde, ışımaya gücü sınıfı V (cüce) olan 98, IV (alt dev) olan 23 ve ışımaya gücü sınıfı IV-V arası belirlenmiş 39 yıldız vardır. Yıldızların 78 tanesi F, 70 tanesi G ve 12 tanesi K spektrel tipindedir. Takeda ve ark. (2005), bu yıldızlardan olası spektroskopik standart yıldızları belirlemeyi, seçilen yıldızların bolluk analizini yapmayı ve gezegeni bulunan yıldızlara ait gezegen etkilerini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Dolayısıyla yıldızlar 3-7 kadir aralığında parlak yıldızlar seçilmiştir.

3.2 YÖNTEM

3.2.1 Çizgi Çiftlerinin Seçilmesi

Çizgi derinlik oranlarının hesaplanmasında kullanılacak çizgiler Bölüm 2.3'te listelenen kriterlere dikkat edilerek seçilmiştir. G ve R bantlarında alınmış spektrumlar üzerinde yer atmosferi kökenli tellürik çizgilerden uzak bölgelerdeki çizgiler seçilmeye çalışılmıştır. Eksitasyon potansiyelleri (χ (eV)) mümkün olduğunca birbirinden farklı çizgi çiftleri oluşturmak için, sıcaklığa daha az duyarlı olan yüksek eksitasyon potansiyelli ve sıcaklığa daha çok duyarlı olan düşük eksitasyon potansiyelli çizgiler seçilmiştir. Süreklilik belirlenmesindeki olası hataların sonuçlar üzerindeki etkilerini azaltmak için çizgilerin birbirine yakın olmasına dikkat edilmiştir. Mikrotürbülans ve dönmeye bağlılığın etkilerini azaltmak için görece zayıf çizgiler seçilmiştir.

LDR yönteminin uygulanması için çizgiler seçilirken, öncelikle literatürde kullanılmış çizgiler ve çizgi çiftleri araştırılmıştır. Çizgi derinlik oranı yöntemi için Kovtyukh ve Gorlova (2000), Kovtyukh ve ark. (2003), Biazzo ve ark. (2002, 2006, 2007), Kim (2006), Gray ve Johanson (1991), Gray (1994), Gray ve Brown (2001), Strassmeier ve Schordan (2000) tarafından kullanılmış bütün çizgi çiftlerinin listesi çıkartılmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılacak olan spektrumlardan, $\lambda\lambda 5800-6800 \text{ \AA}$ aralığındaki

çizgiler sözkonusu listeden belirlendikten sonra, bu çizgilerin eldeki spektrumlarda bulunup bulunmadığına, eğer varsa olanların blend halde olmamasına ve tellurik çizgilerin olduğu bölgeye denk gelmemesine dikkat edilerek uygunluklarına bakılmıştır. Bu araştırmadan sonra literatürde kullanılan çizgilerden 12 tanesinin bu çalışmada da kullanılmak üzere uygun olduğu görülmüştür. Literatürdeki diğer çizgilerden bazılarının eldeki spektrumlarda rastlanmamış, çözünürlüğün yüksek olması sayesinde daha fazla ayırma gücü sağlandığından çizgilerin bazıları blend halde görülmüş ve bu çalışmada kullanılmamıştır. Ayrıca bir çoğunun da tellurik çizgilere yakın oldukları görülmüştür. Belirlenen bu çizgilere ilaveten, yöntemin duyarlılığını artırmak için bahsi geçen kriterlere göre spektrumlarda başka çizgiler aranmış ve uygun yeni çizgiler seçilmiştir.

Sonuç olarak 5800-6800 Å dalgaboyu aralığında Na I, Ca I, Fe I, Fe II, Si I, Ni I, Ti I, V I, Co I elementlerine ait birbirinden uzaklığı en fazla 85 Å kadar olan toplam 23 çizgi belirlenmiştir. Çizgilerin tanısı yapılırken Moore'un Multiplet Table of Astrophysical Interest (Moore, 1972) kataloğu, Spectroweb interaktif veritabanı (Lobel, 2007) ve NIST atomik spektrum veritabanı (NIST ADS çalışma grubu, 2008) referans olarak kullanılmıştır.

Seçilen spektrel çizgilerden duyarlı bir sıcaklık belirteci olacak çizgi derinlik oranları elde etmek için 20 adet çizgi çifti oluşturulmuştur. Tablo 3.1 seçilen çizgi çiftlerini, çizgilerin laboratuvar dalgaboylarını, eksitasyon potansiyellerini ve daha önce hangi çalışmada kullanıldığını göstermektedir. Eksitasyon potansiyelleri Moore kataloğu (Moore, 1972) ve NIST veritabanından alınmıştır (NIST ADS, 2008).

Tablo 3.1 : Çizgi derinlik oranı yönteminin uygulanması için seçilen çizgi çiftleri ve eksitasyon potansiyelleri. Oranlar I.Element/II.Element şeklindedir.

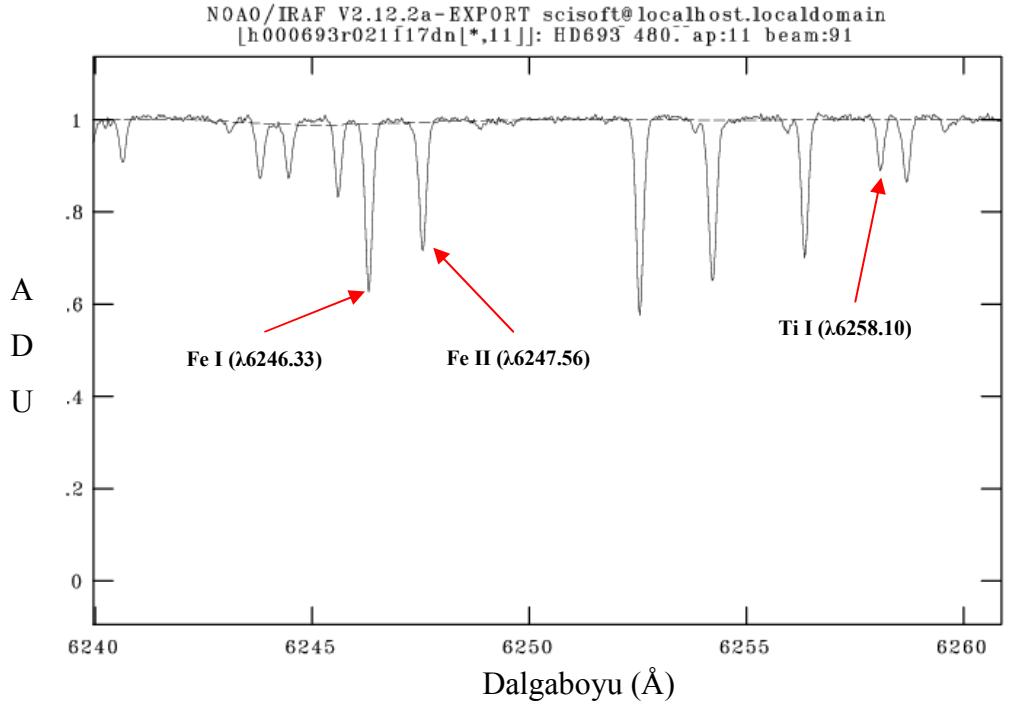
No	I. Element	Dalgaboyu (Å)	χ (eV)	Kaynak	II. Element	Dalgaboyu (Å)	χ (eV)	Kaynak
1	NaI	5889.95	0.00		CaI	5857.45	2.92	
2	NaI	5889.95	0.00		FeI	5862.36	4.53	
3	CaI	6122.22	1.88		SiI	6155.14	5.59	1, 2
4	CaI	6122.22	1.88		FeI	6157.73	4.06	
5	FeI	6200.32	2.61	4, 5	FeI	6157.73	4.06	
6	FeI	6200.32	2.61	4, 5	NiI	6176.82	4.09	1, 4
7	TiI	6258.10	1.44	1	SiI	6244.47	5.61	
8	TiI	6258.10	1.44	1	FeI	6246.33	3.60	3,4,5
9	TiI	6258.10	1.44	1	FeII	6247.56	3.89	3,4,5,7
10	TiI+VI	6261.10	1.43+0.27	1, 2	NiI	6176.82	4.09	1,4
11	TiI+VI	6261.10	1.43+0.27	1, 2	FeI	6265.14	2.18	3,4
12	TiI+VI	6261.10	1.43+0.27	1, 2	FeI	6270.23	2.86	
13	FeI	6355.04	2.84	1, 4	SiI	6414.99	5.87	1,4
14	FeI	6355.04	2.84	1, 4	FeI	6416.92	4.79	6
15	CaI	6717.68	2.70		SiI	6721.85	5.86	1
16	CaI	6717.68	2.70		FeI	6726.66	4.59	
17	NiI	6767.77	1.82		SiI	6721.85	5.86	1
18	NiI	6767.77	1.82		FeI	6726.66	4.59	
19	CoI	6771.04	1.87		SiI	6721.85	5.86	1
20	CoI	6771.04	1.87		FeI	6726.66	4.59	

1: Kovtyukh ve Gorlova (2000), 2: Kovtyukh ve ark. (2003), 3: Biazzo ve ark. (2002), 4: Biazzo ve ark. (2006), 5: Biazzo ve ark.(2007), 6: Strassmeier ve Schordan (2000), 7: Gray (1994).

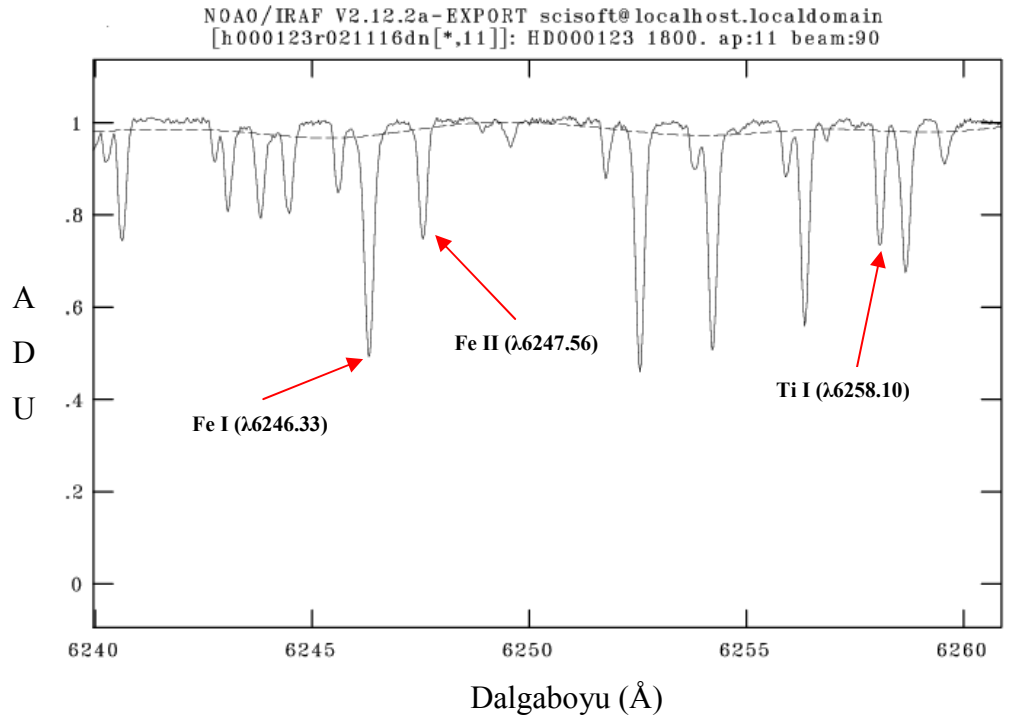
3.2.2 IRAF Programı ve GUIAPPS Paketinin Kullanımı

Verilerin analizinde güçlü ve duyarlı bir bilgisayar programı olan IRAF (Image Reduction and Analysis Facility; Tody, 1986) kullanılmıştır. Echelle spektrumlar, IRAF içerisinde yer alan ve interaktif olarak her bir sıranın (order) görülmesini sağlayan ONDSPEC-SPLIT paketi ile görüntülenmiştir. Spektrumların her bir sıra (order) için S/N oranları hesaplatılarak, çizgilerin yakınındaki sürekliliğe ait S/N oranları kontrol edilmiş ve S/N oranının ortalama 200-300 arasında olduğu görülmüştür. Hangi çizgilerin kullanılacağına karar verebilmek için GUI-APPS (Graphical User Interface - Applications) harici paketi kullanılmıştır. Bu paket istenilen dalgaboyu aralığını kolayca gösterebilmektedir.

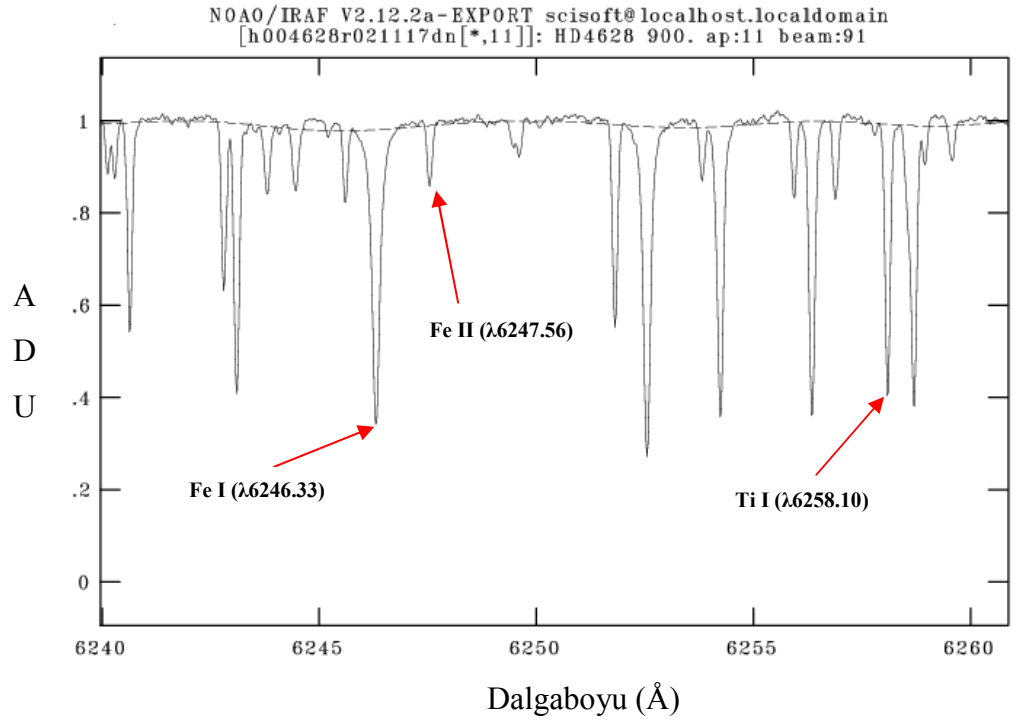
Şekil 3.4’de HD 693 (F5 V) yıldızının, Şekil 3.5’de HD 123 (G5 V) yıldızının ve Şekil 3.6’de ise HD 4628 (K2 V) yıldızının echelle spektrumları, GUI-APPS – SPECTOOL ile 11. sıra (order) kullanılarak $\lambda\lambda 6240-6260$ dalgaboyu aralığını gösterecek şekilde çizdirilmiştir. Çizgi derinlik oranı yönteminde kullanılmak üzere seçilen Ti I ($\lambda 6258.10$ Å), Fe I ($\lambda 6246.33$ Å) ve Fe II ($\lambda 6247.56$ Å) çizgilerinin üç farklı spektrel tipteki değişimleri bu şekillerde görülebilmektedir. Düşük eksitasyon potansiyeline sahip Ti I ($\lambda 6258.10$ Å) çizgisi F spektrel tipinden bir yıldız olan HD 693’ün spektrumunda görece zayıfken, G spektrel tipinden bir yıldız olan HD 123’de çizgi şiddetinin hızla arttığı ve K spektrel tipinden HD 4628 yıldızının spektrumunda çok daha şiddetlendiği görülmektedir. Bu çizgilerin ölçülen çizgi derinliklerinden, F5’ten K2 spektrel tipine doğru Fe I çizgisinin derinliğinin %75 arttığı, Fe II çizgisinin derinliğinin %50 azaldığı ve Ti I çizgisinin derinliğinin ise %422 arttığı hesaplanmıştır. Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’de işaretlenmiş diğer Fe I ($\lambda 6246.33$ Å) ve Fe II ($\lambda 6247.56$ Å) çizgilerinin ise sıcaklıkla daha az değiştiği görülmektedir.



Şekil 3.4. : HD 693 (F5 V) yıldızının $\lambda\lambda 6240-6260$ dalgaboyu aralığındaki spektrumu ve Ti I, Fe I, Fe II çizgileri.

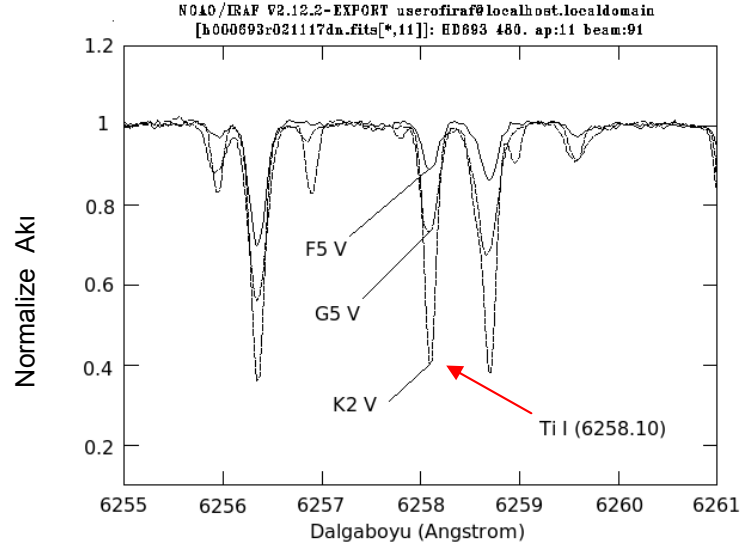


Şekil 3.5. : HD 123 (G5 V) yıldızının $\lambda\lambda 6240-6260$ dalgaboyu aralığındaki spektrumu ve Ti I, Fe I, Fe II çizgileri.

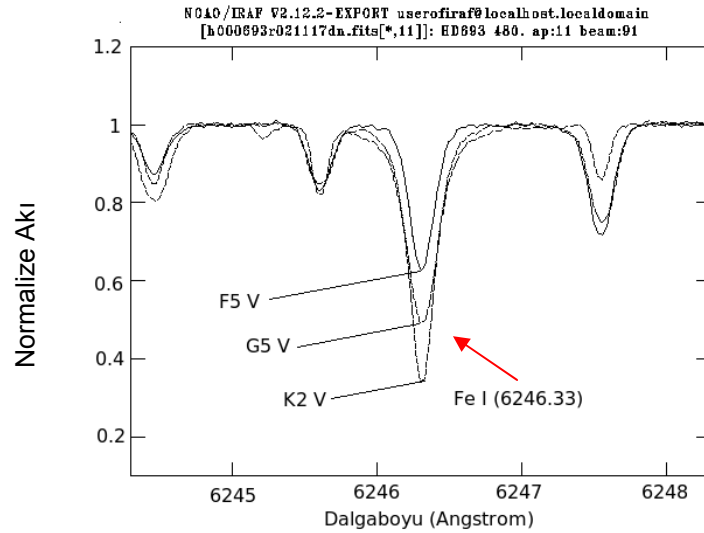


Şekil 3.6. : HD 4628 (K2 V) yıldızının $\lambda\lambda 6240-6260$ dalgaboyu aralığındaki spektrumları ve Ti I, Fe I, Fe II çizgileri.

Şekil 3.7 ve 3.8’de HD 693 (F5 V), HD 123 (G5 V) ve HD 4628 (K2 V) yıldızlarının spektrumları IRAF – ONEDSPEC - SPLIT paketi ile üstüste çizdirilerek, çizgi derinlik oranlarından biri için kullanılan Ti I $\lambda 6258.10 \text{ \AA}$ ve Fe I $\lambda 6246.33 \text{ \AA}$ çizgilerinin, F5’den K2 spektrel tipine doğru nasıl değiştiği gösterilmiştir. Spektrel tip F’den K’ya gittikçe, düşük eksitasyon potansiyeline sahip Ti I $\lambda 6258.10 \text{ \AA}$ çizgisinin derinliğinin, daha yüksek eksitasyon potansiyelli Fe I $\lambda 6246.33 \text{ \AA}$ çizgisinin derinliğine nazaran daha hızlı arttığı ve dolayısıyla sıcaklığa daha duyarlı olduğu görülmektedir.

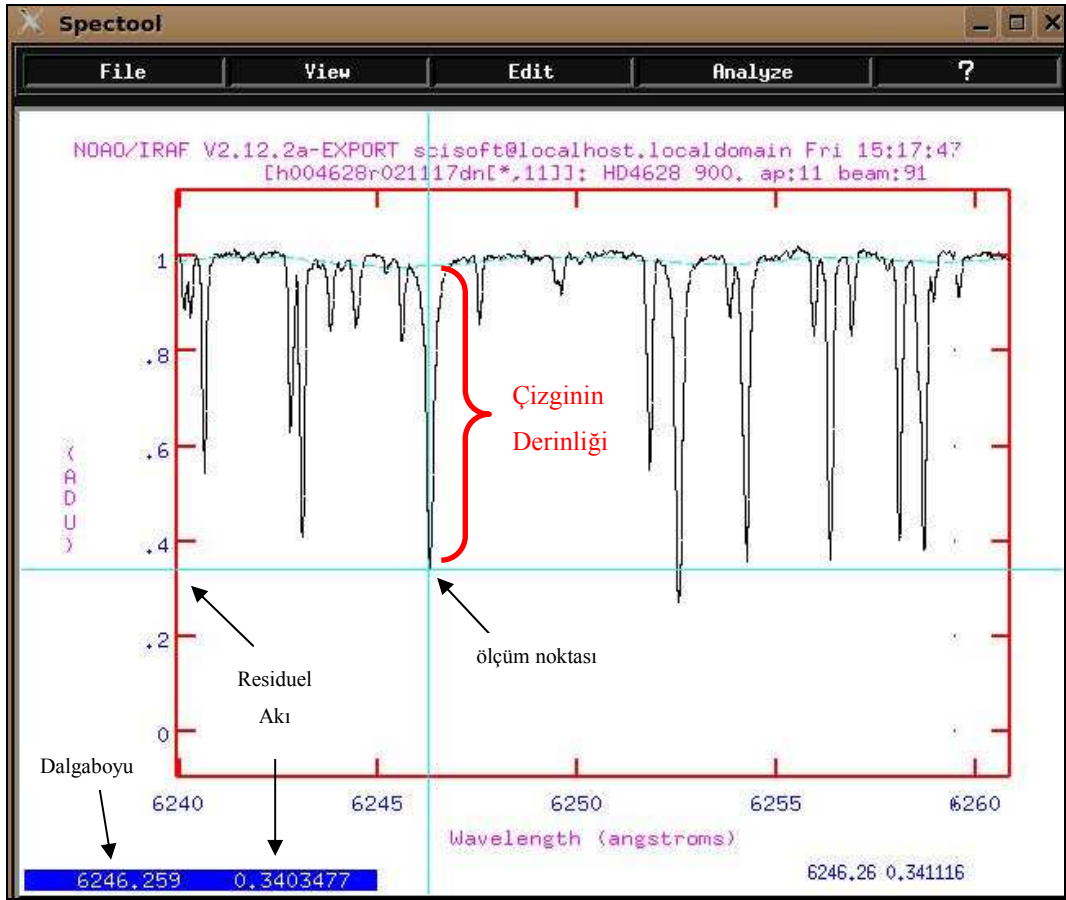


Şekil 3.7 : HD 693 (F5 V), HD 123 (G5 V) ve HD 4628 (K2 V) yıldızlarının spektrumlarındaki Ti I $\lambda 6258.10$ çizgisinin derinlik değişimi.



Şekil 3.8 : HD 693 (F5 V), HD 123 (G5 V) ve HD 4628 (K2 V) yıldızlarının spektrumlarındaki Fe I $\lambda 6246.33$ çizgisinin derinlik değişimi.

GUI-APPS paketinin içerisindeki ‘‘SPECTOOL’’ paketçigi kullanılarak herbir spektrumun çalışılmak istenen çizgiyi içeren bölgesi birkaç Å’luk dalgaboyu aralığında çizdirilebilmekte, ve programın görüntüleme esnekliği sayesinde spektrumun detayları görülebilmektedir. Şekil 3.9’da SPECTOOL ile bir çizginin Şiddet ölçümü gösterilmektedir. Benzer bir Şekilde programın interaktif grafik penceresi kullanılarak çizgilerin istenilen herhangi bir parametresi kolaylıkla ölçülebilmektedir.



Şekil 3.9. : GUIAPPS Spectool paketinin interaktif spektrum görüntüsü; derinlik hesabı için bir çizginin residuel (görel) akı değerinin ölçümü.

Şekil 3.9’da çizginin merkezi dalgaboyu (Å) ve residuel (artık-görel) akı değerinin ölçümü gösterilmektedir. Buradaki residuel akı değerinden çizginin derinliği aşağıdaki Şekilde hesaplanmaktadır;

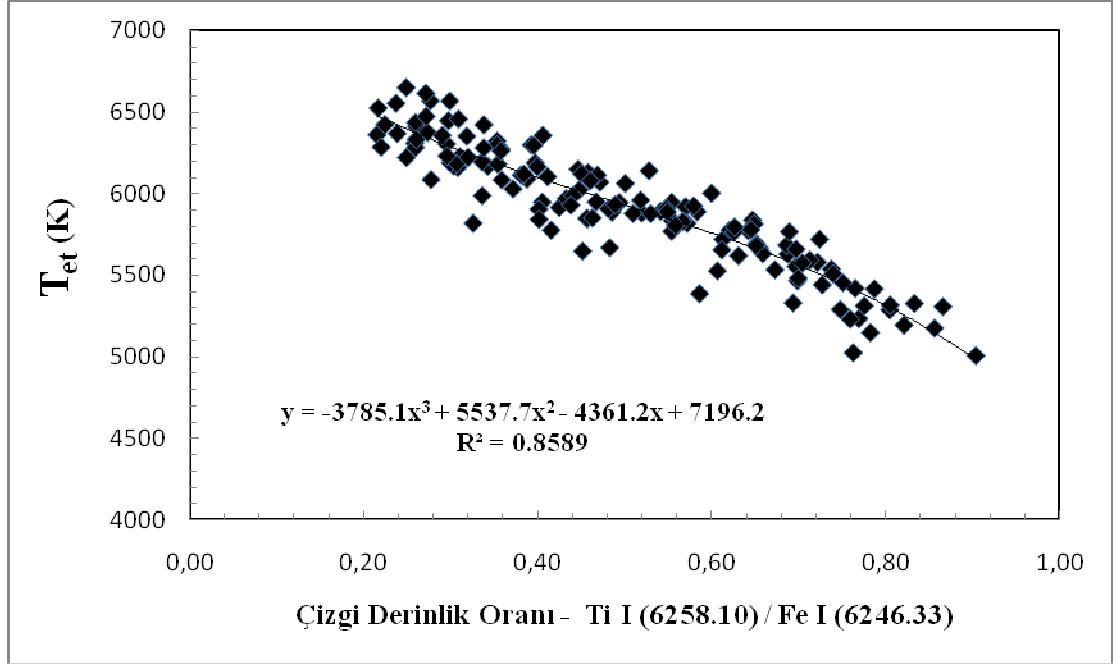
$$\text{çizgi derinliği} = 1 - \text{residuel akı} = 1 - 0.3403477 = 0.6596523 \approx 0.66$$

Bu yolla, Bölüm 3.2’de belirtilen ve Tablo 3.1’de verilen 23 çizginin residüel akısı her bir spektrumdan GUI-APPS paketi yardımıyla tek tek ölçülmüş ve önce derinlikler sonra derinlik oranları hesaplanmıştır. Bu 23 çizgiden oluşturulan 20 adet çizgi çifti için 160 yıldızın spektrumlarından toplam 3680 çizginin derinliği elde edilmiştir. Çizgi şiddetleri normalize spektrum üzerinden profil eğrisi geçirilmeden ölçülmüştür. Çizgi şiddetlerinin ölçümü sırasında aynı çizgi için defalarca ölçüm yapılarak, derinlik için ortalama ölçüm hatasının $\sigma_R \sim 0.004-0.007$ (ADU) mertebesinde olduğu görülmüştür. Bu değerlerden elde edilecek çizgi derinlik oranı hatası ise $\sigma_r \approx 0.02-0.03$ mertebesinde dir. Bu değer, çizgi derinlik oranındaki hatanın ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Ölçülen çizgi şiddetlerinden hesaplanan derinlikler yoluyla elde edilen çizgi derinlik oranları Ek-2’deki tablolarda verilmektedir. Tablolarda R_1 düşük eksitasyon potansiyelli çizginin derinliği, R_2 daha yüksek eksitasyon potansiyelli çizginin derinliği ve $r = R_1 / R_2$ çizgi derinlik oranı, örneğin Na I / Ca I ($\lambda 5889.95 / \lambda 5857.45$) şeklinde, çizgilerin dalgaboyları (Angstrom biriminde) ile birlikte gösterilmektedir.

3.2.3 Analiz

160 yıldız için çizgi derinlik oranları hesaplandıktan sonra, Takeda (2007)’nin çalışmasından bu yıldızların model atmosfer ve bolluk analizi yöntemi ile belirlenmiş etkin sıcaklıkları (T_{et}) alınmıştır. LDR yönteminde çizgi derinlik oranı ile sıcaklık arasında bir ilişki elde edildiğinden, çizgi derinlik oranları x-ksenine, sıcaklıklar da y-ksenine yerleştirilerek kalibrasyon grafikleri çizdirilmiştir. Şekil 3.10’da 160 yıldızın Ti I ($\lambda 6258.10 \text{ \AA}$) / Fe I ($\lambda 6246.33 \text{ \AA}$) çizgi derinlik oranları ile etkin sıcaklıkları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Çizdirilen değerler üzerinden ilişkiyi en iyi temsil eden eğri geçirilmiştir. Sözkonusu örnek için üçüncü dereceden bir polinom ilişkiyi iyi bir şekilde temsil etmektedir. Korelasyon için $R^2 = 0.8589$ hesaplanmıştır. Burada R korelasyon katsayısıdır.



Şekil 3.10 : Çalışmada incelenen 160 yıldız için Ti I ($\lambda 6258.10$) / Fe I ($\lambda 6246.33$) çizgi derinlik oranı ile etkin sıcaklıklar arasındaki ilişki.

Tablo 3.1’de verilen bütün çizgi çiftleri için bu ilişkiler çizdirilmiş ve bu aşamada elde edilen kalibrasyonlar “ön kalibrasyonlar” olarak nitelendirilmiştir. Bu yöntemle oluşturulan ön kalibrasyon eğrilerinden bazıları çok fazla saçılma gösterdiklerinden analizden çıkarılmıştır.

Kalibrasyon oluşturulmasında her kalibrasyon için en düşük standart sapmayı veren uyum eğrisi seçilmiştir. Etkin sıcaklıkla – çizgi derinlik oranı grafiklerinde ilişkiyi en iyi temsil eden eğri, genellikle $T_{et} = c_0 + c_1r + c_2r^2 + \dots + c_n r^n$ gibi bir denklemle ifade edilen n’inci dereceden bir polinomdur (T_{et} : etkin sıcaklık, r : çizgi derinlik oranı, $r = R_1/R_2$).

Elde edilen kalibrasyonlarda, uyum eğrilerinin oluşturulması için aşağıdaki denklem ile temsil edilen polinomlar kullanılmıştır:

$$y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 \quad (3.1)$$

Buradaki y değerleri etkin sıcaklık (T_{et}), x ise çizgi derinlik oranıdır. Böyle 3. dereceden bir polinomdan elde edilecek hata, etkin sıcaklık için;

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y - A - Bx - Cx^2 - Dx^3)^2} \quad (3.2)$$

ile hesaplanmaktadır (Taylor, 1996).

Saçılma gösteren çizgi derinlik oranları elendikten sonra 15 adet ön kalibrasyon elde edilmiş, her bir kalibrasyonun etkin sıcaklıktaki hata mertebesi ve tüm kalibrasyonların hatalarının ortalaması hesaplanmıştır.

Takeda (2007)'den alınan ilk sıcaklık değerlerindeki olası hataları düzeltebilmek için bir iterasyon yapılmıştır. Bunun için öncelikle her bir çizgi çifti için derinlik oranı – etkin sıcaklık ilişkisinden elde edilen 15 ön kalibrasyon denklemi kullanılarak, yeniden 160 yıldızla ait çizgi derinlik oranları denklemlerde yerine konulmuş ve her yıldız için yeni sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Bazı yıldızların bazı çizgi oranlarına ait değerleri bulunmadığından bu yıldızların sıcaklıkları hesaplanırken 15 yerine daha az kalibrasyon denklemi kullanılabilmiştir. Dolayısıyla bir yıldız için yaklaşık 15 adet sıcaklık hesaplaması yapılmıştır. Daha sonra bu sıcaklıkların ağırlıklı ortalamaları

$$T_{wav} = \frac{\sum w_i \times T_i}{\sum w_i}, \quad w_i = \frac{1}{\sigma_i^2}, \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.3)$$

ile hesaplanmıştır. Ağırlıklı ortalamanın hatası ise

$$\sigma_{T_{wav}} = \frac{1}{\sqrt{\sum w_i}} \quad (3.4)$$

ile bulunmuştur (Taylor, 1996).

Burada T_{wav} (wav: weighted average; ağırlıklı ortalama) bir yıldızın n tane kalibrasyonundan bulunan sıcaklıkların ağırlıklı ortalaması; w_i ağırlık, T_i , i 'nci kalibrasyondan bulunan sıcaklık, σ_i , i 'nci kalibrasyonun hatası ve $\sigma_{T_{wav}}$ ağırlıklı

ortalamanın hatasıdır. Hesaplamalar yapılırken her bir kalibrasyonunun etkin sıcaklıktaki hatası (σ_T) kullanılarak w ağırlıkları (3.3) formülünden belirlenmiştir.

Böylece, ön kalibrasyonlar kullanılarak 160 yıldızın ortalama etkin sıcaklıkları elde edilmiş ve bu ortalama sıcaklıkların hataları hesaplanmıştır. Bu işlem sayesinde ilk sıcaklıklardaki olası hatalar giderilmiştir.

Yıldızların bu yolla bulunan ortalama etkin sıcaklıkları ve çizgi derinlik oranları kullanılarak grafikler yeniden çizdirilmiş ve son kalibrasyonlar elde edilmiştir. Son kalibrasyon eğrileri Ek 3'de verilmiştir. 15 adet son kalibrasyon için, her bir kalibrasyon denklemi için etkin sıcaklık hatası ve tüm kalibrasyonların etkin sıcaklık hatalarının ortalaması hesaplanmıştır. Her kalibrasyon için en doğru (hatanın 100 K'den düşük olması şartıyla) sonuçların elde edildiği olası sıcaklık aralığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla her bir kalibrasyonun hangi sıcaklık aralığındaki yıldızlar için kullanılabileceği belirlenmiştir.

Belirlenen sıcaklık aralıklarına uygun şekilde bu son kalibrasyonlar kullanılarak tekrar yıldızların sıcaklıkları hesaplanmıştır. Yıldızın sıcaklığına uygun olarak seçilen kalibrasyonların hepsi kullanılarak bulunan sıcaklıkların ağırlıklı ortalaması alınmış, ve böylece tüm yıldızlar için son ortalama sıcaklıkları ile hataları elde edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmanın ilk aşamasında, F-G-K türü 160 cüce ve alt dev yıldızın spektrumlarından seçim kriterlerine uygun olarak seçilmiş çizgilerin (Tablo 3.1) çizgi derinlik oranları hesaplanmış, çizgi derinlik oranları ile aynı yıldızların Takeda (2007)'den alınan sıcaklıkları arasındaki ön kalibrasyonlar elde edilmiştir.

Ön kalibrasyon eğrilerinde Tablo 3.1'de verilen çizgi çiftlerinden 3, 6, 15, 17 ve 18 numaralarıyla gösterilen 5 tanesinin (Ca I λ 6122.22 / Si I λ 6155.14, Fe I λ 6200.32 / Ni I λ 6176.82, Ca I λ 6717.68 / Si I λ 6721.85, Ni I λ 6767.77 / Si I λ 6721.85, Ni I λ 6767.77 / Fe I λ 6726.66) aşırı saçılma gösterdikleri ve bu sebeple LDR yöntemi ile sıcaklık tayininde kullanılamaz oldukları anlaşılmıştır.

Saçılma gösteren çizgi derinlik oranları elendikten sonra, her bir kalibrasyondaki denklem için etkin sıcaklıktaki hata (σ_T) ± 220 K'den az ve hataların ortalaması ± 154 K olmak üzere 15 adet ön kalibrasyon elde edilmiştir. Tablo 4.1'de ön kalibrasyonların hata mertebeleri listelenmiştir.

Tablo 4.1 Ön kalibrasyonların hata mertebeleri.

Kalibrasyon Çiftleri	σ_T (K)	Kalibrasyon Çiftleri	σ_T (K)
Na I (λ 5889.95) / Ca I (λ 5857.45)	± 155	Ti I + V I (λ 6261.10) / Fe I (λ 6265.14)	± 156
Na I (λ 5889.95) / Fe I (λ 5862.36)	± 171	Ti I + V I (λ 6261.10) / Fe I (λ 6270.23)	± 180
Ca I (λ 6122.22) / Fe I (λ 6157.73)	± 168	Fe I (λ 6355.04) / Si I (λ 6414.99)	± 188
Fe I (λ 6200.32) / Fe I (λ 6157.73)	± 220	Fe I (λ 6355.04) / Fe I (λ 6416.92)	± 118
Ti I (λ 6258.10) / Si I (λ 6244.47)	± 128	Ca I (λ 6717.68) / Fe I (λ 6726.66)	± 175
Ti I (λ 6258.10) / Fe I (λ 6246.33)	± 136	Co I (λ 6771.04) / Si I (λ 6721.85)	± 112
Ti I (λ 6258.10) / Fe II (λ 6247.56)	± 108	Co I (λ 6771.04) / Fe I (λ 6726.66)	± 167
Ti I + V I (λ 6261.10) / Ni I (λ 6176.82)	± 118		

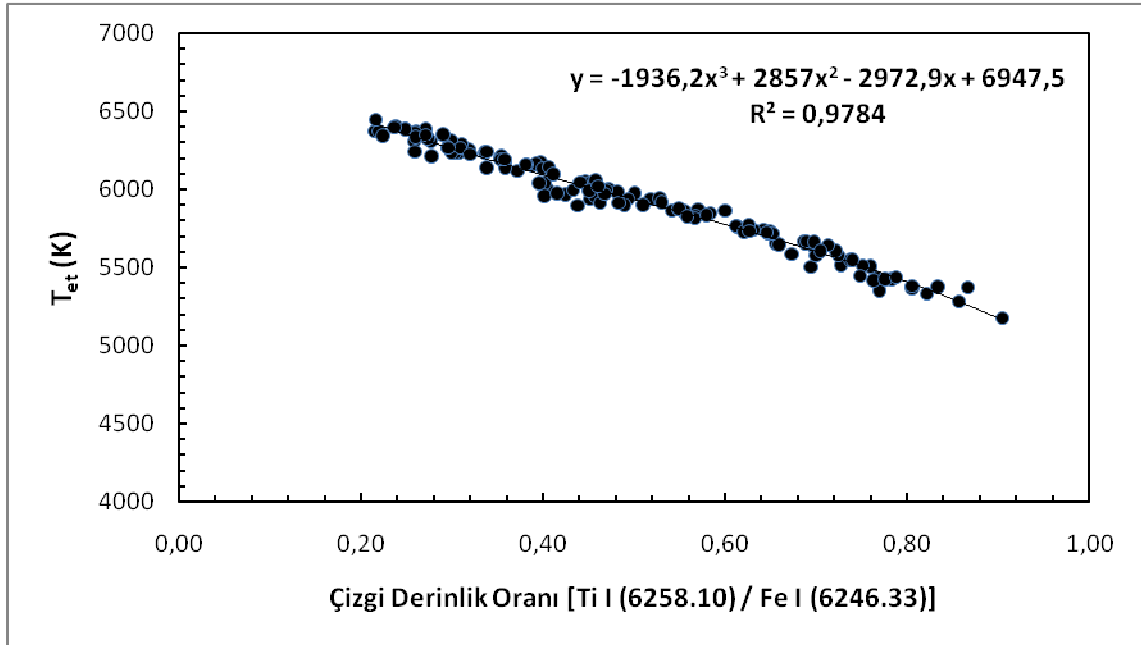
Bu ön kalibrasyonlardan her yıldız için tekrar sıcaklık hesaplatılmış ve sıcaklıkların ağırlıklı ortalaması alınmıştır. İlk kalibrasyonlardan elde edilen ortalama sıcaklıkların hatalarının ($\sigma_{T_{wav}}$) ± 37 -44 K arasında olduğu saptanmıştır. Bu işlem sayesinde ilk sıcaklıklardaki olası hatalar giderilmiştir.

Ağırlıklı ortalama ile hesaplanan sıcaklıklar tekrar çizgi derinlik oranları ile ilişkilendirilerek, her bir kalibrasyondaki denklem için etkin sıcaklıktaki hata (σ_T) ± 121 K'den az ve hataların ortalaması ± 79 K olmak üzere 15 adet son kalibrasyon elde edilmiştir. Tablo 4.2'de son kalibrasyonların hata mertebeleri listelenmiştir.

Tablo 4.2 Son kalibrasyonların hata mertebeleri.

Kalibrasyon Çiftleri	σ_T (K)	Kalibrasyon Çiftleri	σ_T (K)
Na I (λ 5889.95) / Ca I (λ 5857.45)	± 82	Ti I + V I (λ 6261.10) / Fe I (λ 6265.14)	± 59
Na I (λ 5889.95) / Fe I (λ 5862.36)	± 102	Ti I + V I (λ 6261.10) / Fe I (λ 6270.23)	± 74
Ca I (λ 6122.22) / Fe I (λ 6157.73)	± 104	Fe I (λ 6355.04) / Si I (λ 6414.99)	± 121
Fe I (λ 6200.32) / Fe I (λ 6157.73)	± 120	Fe I (λ 6355.04) / Fe I (λ 6416.92)	± 69
Ti I (λ 6258.10) / Si I (λ 6244.47)	± 86	Ca I (λ 6717.68) / Fe I (λ 6726.66)	± 93
Ti I (λ 6258.10) / Fe I (λ 6246.33)	± 45	Co I (λ 6771.04) / Si I (λ 6721.85)	± 57
Ti I (λ 6258.10) / Fe II (λ 6247.56)	± 30	Co I (λ 6771.04) / Fe I (λ 6726.66)	± 96
Ti I + V I (λ 6261.10) / Ni I (λ 6176.82)	± 53		

Son kalibrasyonlara ait tüm grafikler, uyum eğrileriyle birlikte Ek-3'de verilmiştir. Bu eğriler için bir örnek Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Ti I (6258.10) / Fe I (6246.33) çizgi derinlik oranı ile etkin sıcaklıklar arasındaki son kalibrasyon.

Daha önce Şekil 3.10'da ön kalibrasyonu gösterilen Ti I ($\lambda 6258.10 \text{ \AA}$) / Fe I ($\lambda 6246.33 \text{ \AA}$) çizgi derinlik oranı için, son ortalama etkin sıcaklık kalibrasyonu Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Son kalibrasyondaki saçılmanın ön kalibrasyondaki saçılmaya göre çok azaldığı ve eğri ile veriler arasındaki uyum düzeyini gösteren korelasyon katsayısının (R^2) arttığı görülmektedir. Bu durum tüm kalibrasyonlar için geçerlidir.

Elde edilen son kalibrasyon eğrilerinde saçılmanın sıcaklıkla değiştiği görülmektedir. Özellikle yüksek etkin sıcaklıklarda düşük eksitasyon potansiyelli çizgiler çok zayıf olduklarından, çizgi derinlik ölçümündeki belirsizlik artmaktadır. Bu yüzden her kalibrasyon için en doğru (hatanın 100 K'den düşük olması şartıyla) sonuçların elde edildiği olası sıcaklık aralığı belirlenmiştir. Dolayısıyla her bir kalibrasyonun hangi sıcaklık aralığındaki yıldızlar için kullanılabileceği saptanmıştır.

Son kalibrasyonlardan, etkin sıcaklık-çizgi derinlik oranı ilişkisini en iyi temsil eden eğrinin

$$T_{et} = A + Br + Cr^2 + Dr^3 \quad (4.1)$$

denklemini ile gösterilen 3. dereceden bir polinom olduğu bulunmuştur. Burada T_{et} etkin sıcaklık, $r = R_1 / R_2$ çizgi derinlik oranı, A, B, C, D ise katsayılarıdır. Her son kalibrasyon eğrisi için hesaplanan katsayılar ile eğrilerin uyum düzeyini göstermek üzere korelasyon katsayılarının kareleri Tablo 4.3'de listelenmiştir. Tablo 4.3'de her kalibrasyonun hata mertebesi ve kalibrasyonların geçerli olduğu sıcaklık aralığı (ΔT_{et}) da verilmiştir. Bu tablo ön kalibrasyonlarla kıyaslandığında hata mertebelerinin küçüldüğünü göstermektedir.

Tablo 4.3 :Son sıcaklık kalibrasyonlarına ait bilgiler verilmiştir. Sütunlarda λ_1 , λ_2 , çizgi derinlik oranında kullanılmak üzere seçilen çizgilerin dalgaboylarını, El. çizgilerin ait olduğu elementleri, χ_1 ve χ_2 çizgilerin eksitasyon potansiyellerini, ΔT_{et} kalibrasyonların geçerli olduğu sıcaklık aralığını, σ kalibrasyonların etkin sıcaklık hatasını, A, B, C ve D kalibrasyon denkleminin katsayılarını ($T_{et} = A + Br + Cr^2 + Dr^3$ ve $r = R_1 / R_2$), R^2 korelasyon katsayısının karesini göstermektedir.

No	λ_1	El.	χ_1 (eV)	λ_2	El.	χ_2 (eV)	ΔT_{et} (K)	σ (K)	A	B	C	D	R^2
1	5889.95	NaI	0.00	5857.45	CaI	2.92	5250-6450	±82	-240.7	7774.8	-3110.4	422.45	0.926
2	5889.95	NaI	0.00	5862.36	FeI	4.53	5250-6450	±102	2546.2	2870.8	-732.56	62.865	0.887
3	6122.22	CaI	1.88	6157.73	FeI	4.06	5325-6450	±104	1038.9	4583.8	-1329.5	129.16	0.868
4	6200.32	FeI	2.61	6157.73	FeI	4.06	5150-6450	±120	7166.7	-9416.7	18038	-9479	0.841
5	6258.10	TiI	1.44	6244.47	SiI	5.61	5150-6450	±86	7226.7	-1654.2	476.06	-47.513	0.919
6	6258.10	TiI	1.44	6246.33	FeI	3.60	5150-6450	±45	6947.5	-2972.9	2857	-1936.2	0.978
7	6258.10	TiI	1.44	6247.56	FeII	3.89	5150-6450	±30	6662.2	-1247.5	395.85	-43.726	0.990
8	6261.10	TiI+VI	1.43+0.27	6176.82	NiI	4.09	5150-6450	±53	7125.3	-1480.5	-540.23	453.02	0.969
9	6261.10	TiI+VI	1.43+0.27	6265.14	FeI	2.18	5150-6450	±59	7264.4	-3803.3	3597.9	-2077.5	0.964
10	6261.10	TiI+VI	1.43+0.27	6270.23	FeI	2.86	5150-6400	±74	4418.9	9138.5	-12454	4532.3	0.936
11	6355.04	FeI	2.84	6414.99	SiI	5.87	5250-6450	±121	8307.3	-2108.1	365.86	37.533	0.843
12	6355.04	FeI	2.84	6416.92	FeI	4.79	5150-6450	±69	6888.8	-665.6	-84.379	39.687	0.946
13	6717.68	CaI	2.70	6726.66	FeI	4.59	5350-6400	±93	2705.4	2556.9	-503.93	17.993	0.884
14	6771.04	CoI	1.87	6721.85	SiI	5.86	5150-6450	±57	6795.4	-3536.7	3178.1	-1053.8	0.965
15	6771.04	CoI	1.87	6726.66	FeI	4.59	5325-6450	±96	6937.5	-4519.6	3571.9	-325.67	0.889

Belirlenen sıcaklık aralıklarına uygun şekilde son kalibrasyonlar kullanılarak yıldızların etkin sıcaklıkları (T_{et}) tekrar hesaplanmıştır (bazı yıldızlar için 12, bazıları için 15 kalibrasyon kullanılmıştır). Her bir kalibrasyona ait etkin sıcaklıktaki hataların ortalaması ± 79 K'dir (En iyi halde $\pm 30-45$ K ve en kötü halde $\pm 100-120$ K arasındadır). Yıldızın sıcaklığına uygun olarak seçilen kalibrasyonların tümü kullanıldığında elde edilen ortalama sıcaklıklardaki hatanın $\pm 16-23$ K civarına düştüğü bulunmuştur. Daha yüksek kaliteli spektrumlar kullanılırsa bu değerin daha da düşürülebileceği görülmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada F-G-K tipi 160 yıldızın yüksek çözünürlüklü Okayama Astrofizik Gözlemevi spektrumlarından seçilen çizgilerin derinlikleri ve çizgi derinlik oranları hesaplanmış, çizgi derinlik oranlarının sıcaklıkla ilişkileri araştırılarak etkin sıcaklıklar için kalibrasyonlar elde edilmiştir. Elde edilen 20 kalibrasyon denkleminin 15'inin hassas etkin sıcaklık belirlenmesinde kullanılabileceği görülmüş, bu çalışmada ilk kez kullanılan çizgi çiftlerinin, literatürde yayımlanmış diğer çizgi çiftlerinin yanısıra kullanılmaları önerilmiştir.

Literatürdeki LDR çalışmalarında kullanılan spektrumların çözünürlükleri düşünüldüğünde (genellikle $R \sim 40000$), $R \sim 70000$ çözünürlükteki HIDES spektrumlarının kullanıldığı bu çalışma, yapılmış yüksek duyarlıklı LDR çalışmalarından biridir.

LDR yönteminde kullanılmak üzere literatürde kullanılan spektral çizgiler araştırılmış ve bunlardan bazılarının bu çalışmada kullanılan yıldızlarda ya rastlanmamış ya da bazılarının blend olduğu veya tellürik bölgeye denk geldiği görülmüştür. Bu durumun çalışmamızda fark edilmesinin sebebi, daha yüksek ayırma güçlü spektrumların kullanılmış olmasıdır. Literatürden seçilerek uygun bulunan çizgiler Tablo 3.1'de kaynakları ile birlikte verilmiştir.

Yıldızların bu kalibrasyonlardan hesaplanan etkin sıcaklıklarının hataları $\pm 16-23$ K arasındadır. S/N $\sim 200-300$ oranına sahip ve $R \sim 70000$ çözünürlükteki spektrumlardan 15 adet çizgi çifti ve 15 adet kalibrasyon denklemi kullanılarak böyle bir hassasiyet elde edilebilmektedir, ancak $R > 100000$ ve S/N > 400 olan daha kaliteli spektrumlar kullanılırsa ve kalibrasyonlarda kullanılan çizgi çiftlerinin sayıları arttırılırsa duyarlılığın birkaç K mertebesine kadar düşmesi beklenmektedir. Her iki durumda da bu hassasiyetlerle bir yıldızın sıcaklığının zamanla değişiminin, yıldız lekeleri ve Güneş

tipi aktivite döngülerinin belirlenmesinde ve düşük kütleli gezegen keşiflerinde çizgi derinlik oranı yöntemi kullanılabilir.

Daha hassas sonuçlar elde etmenin bir diğer yolu da, sıcaklık ölçeğinin sıfır noktasını belirlemektir. Cüce yıldızlar için Güneş iyi kalibre edilmiş bir standart olarak kullanılabilir. Bu çalışmada elde edilen son kalibrasyonlar, Güneş spektrumu üzerinde kullanılarak ortalama bir sıcaklık elde edilip, bu değer ile gerçek sıcaklığı arasındaki fark sayesinde kalibrasyonlar için daha güvenilir bir ayarlama yapılabilir.

Çizgi derinlik oranı yöntemindeki ölçüm hataları temel olarak sürekliliğin yerleştirilmesindeki belirsizlikten ve çizgi profilinin şeklinden kaynaklanır. Bu çalışmada çizgi derinlikleri normalize spektrum üzerinden hesaplanarak ~ 0.007 mertebesinde ölçüm hataları elde edilmiştir. Olası ölçüm hatalarını azaltmak için çizgilere Gauss ve benzeri profil uyum eğrileri çizilebilir. Bu sayede kalibrasyonlarla bulunacak etkin sıcaklıklardaki hatalar da azaltılarak, yıldızlardaki daha küçük sıcaklık değişimleri belirlenebilir.

Sıcaklıklardaki hata mertebesinin $\pm 16-23$ K olduğu düşünülürse Ek-3'de verilen kalibrasyon eğrilerinde görülen az miktardaki saçılmanın, metal bolluğu, lekeler, dönme, konveksiyon, non-LTE etkiler, çift olma durumu gibi yıldızlara ait özelliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Spektral çizgi derinliklerinin oranlarında iki çizgi de aynı yolla şekillendiğinden çizgi derinlik oranları yöntemi çizgi genişlemesi, makrotürbülans ve spektral çözünürlükten bağımsızdır. Ayrıca bu çalışmada görece zayıf çizgiler kullanıldığından, çizgi şiddetini etkileyen dönme hızı yada metal bolluğu etkileri de en aza indirilmiştir.

Çizgi derinlik oranı yöntemini özellikleri iyi bilinen ve çok sayıda yıldızdan oluşan veri setlerine uygulamak, yöntemin duyarlılığının artırılarak çeşitli türlerden yıldızlar için etkin sıcaklıkların ve etkin sıcaklık değişimlerinin duyarlı şekilde belirlenmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ALONSO, A., ARRIBAS, S., MARTINEZ-ROGER, C., 1996, Determination of effective temperatures for an extended sample of dwarfs and subdwarfs (F0-K5), *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 117, 227.
- BAGNULO, S., JEHIN, E., LEDOUX, C., ve ark., 2003, The UVES Paranal Observatory Project: A Library of High- Resolution Spectra of Stars across the Hertzsprung-Russell Diagram, *The ESO Messenger*, 114, 10.
- BARKLEM, P. S., STEMPELS, H. C., ALLENDE PRIETO, C. ve ark., 2002, Detailed analysis of Balmer lines in cool dwarf stars, *Astronomy and Astrophysics*, 385, 951-967.
- BIAZZO, K., FRASCA, A., CATALANO, S., ve Ark., 2006, Spectroscopic Data Analysis for Precise Determination of Stellar Temperatures, *eprint arXiv: astro-ph/0610584*.
- BIAZZO, K., FRASCA, A., CATALANO, S., ve Ark., 2007, Effective temperature vs. line-depth ratio for ELODIE spectra: Gravity and rotational velocity effects, *Astronomische Nachrichten*, 328 (9), 938.
- BLACKWELL, D.E., SHALLIS, M.J., 1977, Stellar angular diameters from infrared photometry - Application to Arcturus and other stars; with effective temperatures, *Royal Astronomical Society, Monthly Notices*, 180, 177-191.
- CATALANO, S., BIAZZO, K., FRASCA, A., ve Ark., 2002a, Temperature and Size of Starspots From Line Depth Ratios, *Astronomische Nachrichten*, 323 (3/4), 260-264.
- CATALANO, S., BIAZZO, K., FRASCA, A., ve Ark., 2002b, Measuring Starspot Temperature From Line Depth Ratios. I. The method, *Astronomy and Astrophysics*, 394, 1009-1021.
- CAYREL R., 1988, Data Analysis, *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics: Proceedings of the 132nd Symposium of the International Astronomical Union*, Paris, France, 29 Haziran-3 Temmuz 1987, editörler: G. Cayrel de Strobel ve M. Spite, International Astronomical Union. Symposium no. 132, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht., 345.

- CRAM, L.E., KUHI, L.V., 1989, *FGK Stars and T Tauri Stars, Monograph Series On Nonthermal Phenomena In Stellar Atmospheres* Editörler, Jordan.,E., Thomas, R., NASA-SP-502, NASA, CNRS, US Government Printing Office, Washington, ID: 19900009028.
- EVANS, N.R, TEAYS, T.J., 1996, Temperatures of Delta CEP and Nonvariable Supergiants, *Astronomical Journal*, 112, 761.
- FRASCA, A., BIAZZO, K., CATALANO, S., ve Ark., 2005, Measuring Starspot Temperature From Line Depth Ratios II. Simultaneous Modeling of Light and Temperature Curves, *Astronomy and Astrophysics*, 432, 647-655.
- GRAY, D.F., 1988, *Lectures on Spectral-Line Analysis: F, G and K Stars*, Aylmer Express Ltd. Ontario, Kanada, QB883.G73
- GRAY, D.F., 1989, The Rotational Break For G Giants, *The Astrophysical Journal*, 347, 1021-1029.
- GRAY, D.F., JOHANSON H.L., 1991, Precise Measurement of Stellar Temperature Using Line-Depth Ratios, *Publications of The Astronomical Society of The Pasific*, 103, 439-443.
- GRAY, D.F., 1994, Spectral Line Depth Ratios as Temperature Indicators For Cool Stars, *Publications of The Astronomical Society of The Pasific*, 106, 1248-1257.
- GRAY, D.F.; BALIUNAS, S.L., 1995, Magnetic Activity Variations of Epsilon Eridani, *Astrophysical Journal*, 441 (1), 436-442.
- GRAY, D.F., LIVINGSTON, W.C., 1997a, Monitoring The Solar Temperature: Spectroscopic Temperature Variations of the Sun, *Astrophysical Journal*, 474, 802.
- GRAY, D.F., LIVINGSTON, W.C., 1997b, Monitoring The Solar Temperature: Spectroscopic Temperature Variations of the Sun, *Astrophysical Journal*, 484, 511
- GRAY, D.F., BROWN, K., 2001, Line Depth Ratios: Temperature Indices For Giant Stars, *Publications of The Astronomical Society of The Pasific*, 113, 723-735.
- JASCHEK, C., JASCHEK, M., 1987, *The Classification of Stars*, Cambrigde University Press/Cambrigde, ISBN: 0 521 267773 0
- KALER, J.B., 1989, *Stars and Their Spectra*, Cambridge University Press, Great Britain, ISBN: 0-521-30494-6
- KIM, C., 2006, Spectral Line Depth Ratio As A Precise Effective Temperature and Surface Gravity Indicator For Warm Stars, *Journal of The Korean Astronomical Society*, 39, 125-128.

- KLOCHKOVA, V.G., TOPILSKAYA, G.P., 1996 Spectroscopic Criteria of The Effective Temperature For F-supergiants, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.*, 41, 52 – 57.
- KOVYTUKH, V.V., GORLOVA, N.I, KLOCHKOVA, V.G., 1998, Determining The Effective Temperatures of F-G Supergiants From Spectroscopic Criteria, *Astronomy Letters*, 24 (3), 372-376.
- KOVTYUKH, V.V., GORLOVA, N.I., 2000, Precise Temperature of Classical Cepheids and Yellow Supergiants From Line-Depth Ratios, *Astronomy and Astrophysics*, 358, 587-592.
- KOVTYUKH, V.V., SOUBIRAN, C., BELIK, S.I., ve Ark., 2003, High Precision Effective Temperature For 181 F-K Dwarfs From Line-Depth Ratios, *Astronomy and Astrophysics*, 411, 559-564.
- KOVTYUKH, V.V., SOUBIRAN, C., BELIK, S.I., 2004, A New Böhm-Vitense Gap in The Temperature Range 5560 to 5610 K in The Main Sequence, *Astronomy and Astrophysics*, 427, 933-936.
- KOVTYUKH, V.V., SOUBIRAN, C., BIENAYME, O., ve Ark., 2006, High Precision Effective Temperature For 215 FGK Giants From Line-Depth Ratios, *Royal Astronomical Society, Monthly Notices*, 371, 879-884.
- KROCKENBERGER, M., SASSELOV, D., NOYES, R., ve ark., 1998, Temperatures of Cepheids From Line-Depth Ratios, *ASP Conf. Ser. 154, The Tenth Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun*, Editörler: R. A. Donahue and J. A. Bookbinder, 791.
- LOBEL A., 2007, SpectroWeb : An Interactive Graphical Database of Digital Stellar Spectral Atlases, *"The Ultraviolet Universe: Stars from Birth to Death"*, 26th meeting of the IAU, Ağustos 2006, Prague, Czech Republic, editör: A. Gomez de Castro and M. Barstow, Editorial Complutense Univ. of Madrid, 167. (<http://spectra.freeshell.org/spectroweb.html>)
- MIHALAS, D., 1978, *Stellar Atmospheres*, Second Edition W.H. Freeman And Company, San Francisco, ISBN: 0-7167-0359-9
- MOORE, C.E., 1972, *A Multiplet Table of Astrophysical Interest*, Revised Edition, NSRDS – NBS(U.S.), U.S. Government Printing Office, Washington, ASIN: B0006DYVAQ.
- MOULTAKA, J., ILOVAISKY, S. A., PRUGNIEL, P., ve Ark., 2004, The ELODIE Archive, *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 116 (821), 693-698.
- NIST ADS ÇALIŞMA GRUBU, 2008, *NIST Atomic Spectra Database* [online], U.S. Department of Commerce, <http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/index.html>, [Ziyaret Tarihi: 20 Mart 2008].

- SASSELOV, D.D., LESTER, J.B., 1990a, Accurate Relative Temperatures and Reddenings For Cool Stars From C I Lines At 1 Micron, *The Astrophysical Journal*, 360, 227-231.
- SASSELOV, D.D., LESTER, J.B., 1990b, Infrared Spectroscopy of Cepheids.II. Line Profiles From Different Atmospheric Layers, *The Astrophysical Journal*, 362, 333-345.
- SCHMIDT, E.G., 1970, H α as a Temperature Indicator in Cepheids, *The Astrophysical Journal*, 162, 871.
- STRASSMEIER, K.G., SCHORDAN, P., 2000, A Temperature Calibration For MK Class III Giants From High Resolution Spectral Line Depth Ratios, *Astronomische Nachrichten*, 321(5/6), 277-305.
- TAKEDA, Y., SATO, B., 2005, High-Dispersion Spectra Collection of Nearby F--K Stars at Okayama Astrophysical Observatory: A Basis For Spectroscopic Abundance Standards, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 57(1), 13-25.
- TAYLOR, J.R., 1996, *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*, İkinci Baskı, University Science Books, California, ISBN:0-935702-75-X
- TODY, D., 1986, The IRAF Data Reduction and Analysis System, *IN: Instrumentation in Astronomy VI Meeting*, Mart 4-8 1986 Tucson, AZ, Bellingham, W,A, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 733.
- VITENSE, E.B., 1996, *Yıldız Astrofiziğine Giriş Cilt 1*, Çeviren: Cafer İbanoğlu, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No:154, İzmir, ISBN: 975-483-321-4

EKLER

Ek-1.: Spektrumları Kullanılan Yıldızların Genel Özellikleri

Ek-2.: Çizgi Derinlik Oranları

- **Ek-2.1:** Çizgi Derinlik Oranları – Tablo I.....
- **Ek-2.2:** Çizgi Derinlik Oranları – Tablo II.....
- **Ek-2.3:** Çizgi Derinlik Oranları – Tablo III.....
- **Ek-2.4:** Çizgi Derinlik Oranları – Tablo IV.....

Ek-3.: T_{et} – Çizgi Derinlik Oranı Son Kalibrasyonları

Ek-1.: Kullanılan Yıldızların Özellikleri

Tablonun başlıklarında yıldızların HD numarası, Spektral sınıfı, B-V parlaklığı, V parlaklığı, paralaksı (π), dönme hızları ($v \sin i$) ve yüzey çekim ivmeleri ($\log g$) bulunmaktadır. (Takeda ve ark., 2005; Takeda, 2007)

Sayı	Yıldız Adı HD numarası	Spektral Tip	Etkin Sıcaklık (K)	B-V	V (mag)	π (mas)	$v \sin i$ (km s^{-1})	$\log g$ (cm s^{-2})
1	123	G5V	5881	0.68	5.98	49.3	-	4.86
2	400	F8IV	6159	0.53	6.21	30.26	3	4.04
3	693	F5V	6169	0.49	4.89	52.94	8	4.07
4	4307	G2V	5648	0.61	6.15	31.39	-	3.75
5	4614	G0V	5915	0.58	3.46	167.99	3	4.46
6	4628	K2V	5009	0.88	5.74	134.04	-	4.62
7	4813	F7IV-V	6271	0.51	5.17	64.69	8	4.47
8	5015	F8V	6148	0.53	4.8	53.85	3	4.09
9	6582	G5Vb	5331	0.69	5.17	132.4	8	4.54
10	6920	F8V	6028	0.6	5.67	18.98	-	3.78
11	7439	F5V	6359	0.46	5.14	41.01	5	3.96
12	7476	F5V	6367	0.42	5.7	22.79	-	3.73
13	9562	G2IV	5946	0.64	5.75	33.71	10	4.18
14	9826	F8V	6089	0.54	4.1	74.25	11	4.01
15	10307	G1.5V	5891	0.63	4.96	79.09	2	4.36
16	10476	K1V	5196	0.84	5.24	133.91	10	4.50
17	10697	G5IV	5628	0.73	6.27	30.71	-	3.91
18	10700	G8V	5420	0.72	3.49	274.17	8	4.68
19	10780	K0V	5427	0.81	5.63	100.24	-	4.63
20	13555	F5V	6411	0.42	5.23	33.19	9	4.10
21	14214	G0.5IV	6062	0.61	5.6	40.04	-	4.16
22	15335	G0V	5846	0.58	5.89	32.48	3	3.80
23	15798	F5V	6307	0.45	4.74	38.73	20	3.70
24	16141	G5IV	5720	0.65	6.83	27.85	-	4.00
25	16673	F6V	6321	0.52	5.79	46.42	3	4.43
26	16895	F7V	6350	0.48	4.1	89.03	3	4.32
27	17925	K1V	5235	0.87	6.05	96.33	-	4.67
28	18803	G8V	5666	-	6.62	47.25	-	4.45
29	19994	F8V	6209	0.57	5.07	44.69	7	4.12
30	20630	G5Vvar	5769	0.68	4.84	109.18	8	4.54
31	21019	G2V	5388	0.7	6.2	27.09	5	3.67
32	22049	K2V	5177	0.89	3.72	310.75	8	4.72
33	22484	F9IV-V	6022	0.57	4.29	72.89	8	4.06
34	30562	F8V	5908	0.62	5.77	37.73	-	4.08
35	30743	F3/F5V	6284	0.44	6.27	28.28	-	3.85
36	32923	G4V	5655	0.65	4.91	63.02	-	3.92
37	33636	G0	5969	0.57	7	34.85	-	4.53
38	34411	G1.5IV-V	5889	0.67	4.69	79.08	2	4.23
39	35296	F8V	6167	0.51	5	68.19	16	4.26
40	38529	G4V	5554	0.78	5.95	23.57	-	3.85
41	39587	G0V	5947	0.59	4.39	115.43	6	4.50
42	43042	F6V	6566	0.44	5.2	47.33	5	4.27
43	43318	F6V	6194	0.5	5.62	28.02	3	3.82
44	49933	F2V	6522	0.39	5.78	33.45	5	4.00
45	50554	F8	5987	-	6.84	32.23	-	4.28
46	52265	G0III-IV	6069	0.57	6.29	35.63	-	4.12
47	52711	G4V	5886	0.6	5.93	52.37	3	4.30
48	55575	G0V	5849	0.58	5.54	59.31	3	4.26
49	59984	F5V	5987	0.54	5.9	33.4	5	3.95
50	61421	F5IV-V	6612	0.4	0.4	285.93	3	4.00
51	67228	G1IV	5818	0.63	5.3	42.86	5	3.87
52	67767	G7V	5232	0.81	5.73	23.82	-	3.57
53	69830	K0V	5442	0.76	5.95	79.48	-	4.54
54	69897	F6V	6187	0.47	5.13	55.17	3	4.07
55	70110	F9V	5959	0.6	6.18	24.5	5	3.98
56	75732	G8V	5328	0.88	5.96	79.8	-	4.58
57	76151	G2V	5773	0.67	6.01	58.5	3	4.49
58	76932	F7/F8IV	5818	0.53	5.8	46.9	5	4.11
59	79028	F9V	5907	0.54	5.18	51.12	5	4.01

Sayı	Yıldız Adı HD numarası	Spektral Tip	Etkin Sıcaklık (K)	B-V	V (mag)	π (mas)	vsin i (km s ⁻¹)	log g (cm s ⁻²)
60	81809	G2V	5620	0.64	5.38	32.01	5	4.02
61	82328	F6IV	6225	0.46	3.17	74.15	8	3.65
62	82885	G8IIIvar	5539	0.75	5.4	89.45	8	4.48
63	82943	G0	6002		6.54	36.42	-	4.42
64	84737	G0.5Va	5919	0.62	5.08	54.26	5	4.05
65	86728	G3Va	5838	0.66	5.37	67.14	5	4.42
66	87141	F5V	6445	0.49	5.71	21.15	10	3.91
67	88737	F9V	6180	0.56	6.02	19.27	14	3.82
68	88986	G0V	5834	0.6	6.46	31.25	5	4.15
69	89125	F8Vbw	6085	0.5	5.81	44.01	3	4.14
70	89744	F7V	6188	0.53	5.73	25.65	8	3.91
71	91752	F3V	6710	0.39	6.29	21.6	8	4.37
72	91889	F7V	6083	0.52	5.71	40.67	-	4.08
73	95128	G1V	5888	0.61	5.03	71.04	2	4.30
74	95241	F9V	5904	0.55	6.03	21.98	6	3.70
75	98991	F3IV	6398	0.42	5.08	22.8	25	3.38
76	99491	K0IV	5454	0.79	6.49	56.59	-	4.32
77	99747	F5Vawvar	6968	0.35	5.83	30.4	-	4.36
78	101501	G8V	5534	0.69	5.31	104.81	8	4.53
79	102634	F7V	6297	0.52	6.15	29.26	3	4.19
80	102870	F9V	6128	0.54	3.59	91.74	3	4.09
81	103095	G8Vp	5095	0.75	6.42	109.21	-	4.79
82	104304	G9IV	5510	0.76	5.54	77.48	-	4.33
83	107213	F8Vs	6296	0.49	6.38	20.12	8	4.05
84	109358	G0V	5878	0.59	4.24	119.46	2	4.39
85	110897	G0V	5842	0.55	5.95	57.57	3	4.32
86	111395	G7V	5632	0.7	6.29	58.23	-	4.49
87	114642	F6V	6434	0.47	5.04	30.72	18	3.83
88	114710	F9.5V	6113	0.56	4.23	109.23	-	4.49
89	114946	G8III/IV	5027	0.87	5.31	25.89	-	3.18
90	115383	G0Vs	6120	0.58	5.19	55.71	3	4.25
91	115617	G5V	5720	0.7	4.74	117.3	8	4.67
92	117176	G5V	5466	0.71	4.97	55.22	5	3.80
93	120136	F6IV	6420	0.48	4.5	64.12	14	4.21
94	121370	G0IV	6300	0.59	2.68	88.17	18	4.18
95	122742	G8V	5482	0.74	6.27	60.24	-	4.26
96	124570	F6IV	6109	0.55	5.53	30.06	3	3.85
97	124850	F7IV	6374	0.51	4.07	46.74	17	4.08
98	125184	G5IV	5630	0.72	6.47	30.47	-	4.01
99	127334	G5V	5684	0.7	6.36	42.43	5	4.32
100	128167	F2V	6952	0.37	4.47	64.66	15	4.43
101	131156	G8V	5527	0.77	4.54	149.26	16	4.60
102	131511	K2V	5291	0.83	6	86.69	-	4.55
103	133640	G0Vnvar	5851	0.65	4.83	78.39	15	4.30
104	134987	G5V	5766	0.7	6.47	38.98	-	4.37
105	136064	F9IV	6164	0.53	5.15	39.51	3	4.03
106	137052	F5IV	6647	0.44	4.92	30.9	10	4.13
107	137108	G3V	5949		6.08	63	-	4.15
108	137510	G0IV-V	6139	0.59	6.26	23.95	5	4.33
109	141004	G0V	5877	0.6	4.42	85.08	3	4.11
110	142373	F8Ve...	5776	0.56	4.6	63.08	-	3.84
111	142860	F6IV	6281	0.48	3.85	89.92	7	4.06
112	143761	G0Va	5832	0.6	5.39	57.38	3	4.25
113	144585	G5V	5813	0.66	6.32	34.6	-	4.17
114	145675	K0V	5309	0.88	6.61	55.11	-	4.45
115	149661	K2V	5289	0.81	5.77	102.27	-	4.61
116	150706	G0	5929	0.6	7.01	36.73	-	4.41
117	151769	F7IV	6220	0.47	4.64	27.04	12	3.30
118	153597	F6Vvar	6331	0.48	4.88	66.28	13	4.42
119	156826	G9V	5150	0.85	6.31	18.74	-	3.55
120	157214	G0V	5693	0.62	5.38	69.48	3	4.21
121	161797	G5IV	5580	0.75	3.42	119.05	8	3.99
122	163989	F6IV-Vs	6260	0.47	5.02	31.13	-	3.95
123	165341	K0V	5314	0.86	4.03	196.62	13	4.51
124	165908	F7V	6183	0.52	5.05	63.88	5	4.35
125	168009	G2V	5827	0.62	6.3	44.08	3	4.39
126	168151	F5V	6551	0.4	4.99	42.56	8	4.15
127	168443	G5	5593	0.7	6.92	26.4	-	4.16
128	169830	F9V	6355	0.52	5.9	27.53	-	4.14
129	173667	F6V	6565	0.46	4.19	52.37	12	4.26
130	178428	G5V	5660	0.71	6.08	47.72	-	4.19

Sayı	Yıldız Adı HD numarası	Spektrel Tip	Etkin Sıcaklık (K)	B-V	V (mag)	π (mas)	vsin i (km s ⁻¹)	log g (cm s ⁻²)
131	179949	F8V	6294	0.54	6.25	36.97	-	4.49
132	181096	F6IV:	6303	0.42	6.02	23.57	3	3.93
133	181655	G8V	5777	0.68	6.29	39.64	-	4.58
134	182488	G8V	5417	0.81	6.37	64.54	-	4.58
135	182572	G8IV...	5566	0.78	5.17	66.01	-	4.11
136	185144	K0V	5318	0.79	4.67	173.41	8	4.59
137	186408	G1.5Vb	5765	0.64	5.99	46.25	5	4.27
138	186427	G3V	5795	0.66	6.25	46.7	5	4.44
139	187013	F7V	6455	0.46	5	47.94	9	4.26
140	187691	F8V	6078	0.55	5.12	51.57	3	4.05
141	190406	G1V	5944	0.61	5.8	56.6	4	4.40
142	193664	G3V	5932	0.58	5.91	56.92	-	4.54
143	195019	G3IV-V	5768	0.64	6.87	26.77	-	4.11
144	196755	G5IV+..	5750	0.7	5.07	33.27	10	3.83
145	197076	G5V	5805	0.62	6.43	47.65	-	4.41
146	199960	G1V	5924	0.63	6.21	37.8	5	4.26
147	200790	F8V	6114	0.54	5.94	27.06	3	3.95
148	207978	F6IV-Vwv	6471	0.41	5.52	36.15	78	4.08
149	210277	G0	5567	0.75	6.54	46.97	-	4.44
150	210855	F8V	6119	0.49	5.24	27.03	5	3.57
151	215648	F7V	6221	0.5	4.2	61.54	9	3.94
152	216385	F7IV	6229	0.48	5.16	37.25	3	3.87
153	217014	G2.5IVa	5779	0.68	5.45	65.1	2	4.30
154	217107	G8IV	5575	0.74	6.17	50.71	-	4.18
155	218470	F5V	6421	0.41	5.68	29.33	9	3.91
156	219623	F7V	6103	0.51	5.58	49.31	3	4.18
157	220117	F5V	6355	0.45	5.77	23.59	12	3.60
158	222368	F7V	6279	0.51	4.13	72.51	3	4.15
159	224930	G5Vb	5681	0.67	5.8	80.63	3	4.86
160	225239	G2V	5669	0.62	6.09	27.18	-	3.89

Ek-2 : Çizgi Derinlik Oranı Ölçüm Tabloları

Ek 2.1: Çizgi Derinlik Oranı Ölçümleri – Tablo I

Tablo-1’de yıldızların HD numaraları, spektral tipleri, etkin sıcaklıkları ve aşağıda belirtilen çizgilerine ait derinlik oranları verilmektedir. [Na I / Ca I (5889.95 / 5857.45), Na I / Fe I (5889.95 / 5862.36), Ca I / Si I (6122.22 / 6155.14), Ca I / Fe I (6122.22 / 6157.73), Fe I / Fe I (6200.32 / 6157.73).]

HD	Sp Tip	T _{et} (K)	NaI / CaI	NaI / FeI	CaI / SiI	CaI / FeI	FeI/FeI
123	G5V	5881	1.71	2.32	2.05	2.17	1.43
400	F8IV	6159	1.91	2.83	2.13	2.62	1.03
693	F5V	6169	1.90	2.94	2.29	2.96	1.10
4307	G2V	5648	1.53	1.98	2.02	2.04	1.15
4614	G0V	5915	1.63	2.24	2.03	2.09	1.11
4628	K2V	5009	1.24	1.68	2.91	1.82	1.24
4813	F7IV-V	6271	1.64	2.28	2.01	2.27	1.12
5015	F8V	6148	1.69	2.30	1.78	2.18	1.10
6582	G5Vb	5331	1.40	2.24	2.95	2.54	1.22
6920	F8V	6028	2.17	3.29	1.86	2.36	1.03
7439	F5V	6359	2.07	3.34	2.31	3.08	0.96
7476	F5V	6367	2.11	3.34	2.15	3.42	1.06
9562	G2IV	5946	1.48	1.89	1.67	1.76	1.20
9826	F8V	6089	1.98	2.82	1.73	2.24	1.03
10307	G1.5V	5891	1.48	1.93	1.76	1.79	1.07
10476	K1V	5196	1.25	1.58	2.18	1.67	1.15
10697	G5IV	5628	1.37	1.76	1.73	1.75	1.13
10700	G8V	5420	1.39	1.97	2.45	2.15	1.30
10780	K0V	5427	1.26	1.59	2.03	1.69	1.16
13555	F5V	6411	2.07	3.32	2.32	3.18	1.04
14214	G0.5IV	6062	1.46	1.91	1.66	1.84	1.03
15335	G0V	5846	1.67	2.31	2.01	2.32	1.21
15798	F5V	6307	2.04	3.30	2.28	3.20	1.06
16141	G5IV	5720	1.41	1.81	1.71	1.84	1.20
16673	F6V	6321	1.94	2.82	1.95	2.60	1.11
16895	F7V	6350	2.03	2.89	1.88	2.58	1.06
17925	K1V	5235	1.28	1.69	2.35	1.86	1.20
18803	G8V	5666	1.31	1.62	1.78	1.65	1.06
19994	F8V	6209	1.97	2.68	1.66	2.15	1.07
20630	G5Vvar	5769	1.50	1.96	1.99	2.01	1.16
21019	G2V	5388	1.52	2.07	2.31	2.16	1.26
22049	K2V	5177	1.23	1.62	2.49	1.77	1.22
22484	F9IV-V	6022	1.64	2.23	1.87	2.05	1.06
30562	F8V	5908	1.49	1.92	1.69	1.88	1.10
30743	F3/F5V	6284	2.17	3.64	2.50	3.44	0.95
32923	G4V	5655	1.47	1.99	1.88	2.02	1.16
33636	G0	5969	1.60	2.16	1.98	2.10	1.09
34411	G1.5IV-V	5889	1.45	1.83	1.73	1.82	1.13
35296	F8V	6167	2.31	3.92	1.99	2.67	1.01
38529	G4V	5554	1.37	1.72	1.63	1.67	1.15
39587	G0V	5947	2.00	2.99	2.08	2.59	1.14
43042	F6V	6566	1.79	2.54	1.90	2.50	1.02
43318	F6V	6194	1.75	2.56	2.10	2.68	1.09
49933	F2V	6522	2.70	4.82	2.49	4.28	0.99
50554	F8	5987	1.61	2.16	1.89	2.09	1.10
52265	G0III-IV	6069	1.58	2.07	1.67	2.03	1.12
52711	G4V	5886	1.54	2.08	1.92	2.02	1.12
55575	G0V	5849	1.57	2.24	2.12	2.38	1.22
59984	F5V	5987	1.90	3.32	3.03	3.79	1.27
61421	F5IV-V	6612	1.77	2.62	2.00	2.75	1.01
67228	G1IV	5818	1.47	1.89	1.63	1.83	1.07
67767	G7V	5232	1.37	1.75	1.94	1.73	1.19
69830	K0V	5442	1.31	1.69	2.02	1.75	1.18
69897	F6V	6187	1.96	2.95	2.18	2.98	1.12
70110	F9V	5959	1.55	2.05	1.72	1.95	1.14
75732	G8V	5328	1.20	1.49	1.74	1.55	1.13
76151	G2V	5773	1.37	1.73	1.76	1.80	1.17
76932	F7/F8IV	5818	1.85	3.88	3.22	4.46	1.28
79028	F9V	5907	1.64	2.15	1.84	2.11	1.18
81809	G2V	5620	1.59	2.32	1.91	2.25	1.13
82328	F6IV	6225	2.01	3.20	2.18	3.13	1.13

HD	Sp Tip	T _{eff} (K)	NaI / CaI	NaI / FeI	CaI / SiI	CaI / FeI	FeI/FeI
82885	G8IIIvar	5539	1.25	1.53	1.71	1.60	1.10
82943	G0	6002	1.40	2.81	1.62	1.77	1.10
84737	G0.5Va	5919	1.45	1.88	1.69	1.87	1.15
86728	G3Va	5838	1.36	1.71	1.66	1.68	1.11
87141	F5V	6445	2.16	3.63	1.84	2.65	1.01
88737	F9V	6180	2.06	2.89	1.65	2.33	1.10
88986	G0V	5834	1.44	1.91	1.77	1.86	1.13
89125	F8Vbw	6085	1.88	2.80	2.26	2.93	1.21
89744	F7V	6188	1.93	2.70	1.64	2.27	1.10
91752	F3V	6710	2.28	3.61	2.04	3.73	1.30
91889	F7V	6083	1.82	2.64	2.14	2.55	1.13
95128	G1V	5888	1.50	1.93	1.79	1.88	1.12
95241	F9V	5904	1.74	2.53	2.12	2.47	1.23
98991	F3IV	6398	2.53	4.35	1.97	2.86	0.81
99491	K0IV	5454	1.21	1.47	1.72	1.53	1.07
99747	F5Vawvar	6968	2.73	5.23	2.95	4.27	0.78
101501	G8V	5534	1.35	1.72	1.99	1.77	1.15
102634	F7V	6297	1.80	2.40	1.68	2.18	1.04
102870	F9V	6128	1.57	2.05	1.74	1.98	1.07
103095	G8Vp	5095	1.52	3.25	8.02	4.31	1.79
104304	G9IV	5510	1.26	1.49	1.69	1.57	1.07
107213	F8Vs	6296	1.86	2.53	1.58	2.19	1.07
109358	G0V	5878	1.53	2.05	2.06	2.12	1.12
110897	G0V	5842	1.71	2.51	2.40	2.65	1.24
111395	G7V	5632	1.37	1.75	1.88	1.79	1.11
114642	F6V	6434	2.66	4.24	1.99	2.51	0.87
114710	F9.5V	6113	1.62	2.18	1.88	2.09	1.13
114946	G8III/IV	5027	1.35	1.74	2.08	1.76	1.23
115383	G0Vs	6120	1.81	2.43	1.83	2.23	1.13
115617	G5V	5720	1.35	1.73	1.95	1.79	1.18
117176	G5V	5466	1.39	1.81	1.80	1.71	1.11
120136	F6IV	6420	1.82	3.50	1.61	2.45	1.01
121370	G0IV	6300	2.12	3.21	1.58	2.27	1.13
122742	G8V	5482	1.37	1.73	2.06	1.77	1.18
124570	F6IV	6109	1.68	2.32	1.73	2.16	1.07
124850	F7IV	6374	2.36	4.11	2.05	2.67	0.98
125184	G5IV	5630	1.32	1.63	1.66	1.65	1.13
127334	G5V	5684	1.32	1.65	1.69	1.68	1.15
128167	F2V	6952	-	-	2.71	4.59	1.03
131156	G8V	5527	1.48	2.00	2.20	2.04	1.20
131511	K2V	5291	1.34	1.75	2.19	1.84	1.20
133640	G0Vnvar	5851	1.54	2.09	2.06	2.11	1.12
134987	G5V	5766	1.36	1.69	1.62	1.68	1.13
136064	F9IV	6164	1.69	2.24	1.77	2.13	1.07
137052	F5IV	6647	2.24	3.53	1.90	2.39	0.83
137108	G3V	5949	1.57	2.10	2.09	2.10	1.13
137510	G0IV-V	6139	1.75	2.31	1.59	1.96	1.08
141004	G0V	5877	1.52	2.00	1.83	1.99	1.16
142373	F8Ve...	5776	1.72	2.59	2.42	2.70	1.24
142860	F6IV	6281	2.31	3.65	2.01	2.96	1.09
143761	G0Va	5832	1.53	2.09	1.90	2.11	1.13
144585	G5V	5813	1.35	1.63	1.62	1.70	1.14
145675	K0V	5309	1.19	1.44	1.73	1.54	1.14
149661	K2V	5289	1.24	1.59	2.08	1.68	1.18
150706	G0	5929	1.61	2.17	1.84	2.05	1.08
151769	F7IV	6220	2.09	3.04	1.68	2.05	0.82
153597	F6Vvar	6331	2.21	3.20	1.83	2.71	1.04
156826	G9V	5150	1.34	1.78	2.10	1.79	1.25
157214	G0V	5693	1.50	2.15	2.01	2.32	1.24
161797	G5IV	5580	1.31	1.58	1.65	1.64	1.17
163989	F6IV-Vs	6260	1.64	2.31	2.01	2.48	1.12
165341	K0V	5314	1.29	1.66	1.98	1.67	1.17
165908	F7V	6183	1.91	3.13	2.80	3.17	1.12
168009	G2V	5827	1.49	1.87	1.78	1.85	1.15
168151	F5V	6551	2.39	3.27	2.38	3.42	0.98
168443	G5	5593	1.36	1.75	1.78	1.75	1.15
169830	F9V	6355	1.65	2.30	1.69	2.01	1.02
173667	F6V	6565	2.26	3.64	1.72	2.20	0.79
178428	G5V	5660	1.38	1.73	1.73	1.79	1.18
179949	F8V	6294	1.84	2.62	1.64	2.02	0.97
181096	F6IV:	6303	1.96	2.71	2.11	2.74	1.00
181655	G8V	5777	1.53	2.06	1.91	2.03	1.37

HD	Sp Tip	T _{et} (K)	NaI / CaI	NaI / FeI	CaI / SiI	CaI / FeI	FeI/FeI
182488	G8V	5417	1.22	1.52	1.85	1.63	1.14
182572	G8IV...	5566	1.29	1.58	1.65	1.63	1.13
185144	K0V	5318	1.29	1.65	2.31	1.82	1.21
186408	G1.5Vb	5765	1.46	1.82	1.75	1.80	1.13
186427	G3V	5795	1.42	1.79	1.76	1.77	1.14
187013	F7V	6455	2.28	3.51	1.89	2.47	0.92
187691	F8V	6078	1.56	2.04	1.72	1.94	1.04
190406	G1V	5944	1.54	2.03	1.78	1.94	1.10
193664	G3V	5932	1.52	2.03	1.98	1.98	1.11
195019	G3IV-V	5768	1.40	1.80	1.85	1.88	1.16
196755	G5IV+..	5750	1.52	1.91	1.81	1.91	1.14
197076	G5V	5805	1.46	1.88	1.92	1.97	1.13
199960	G1V	5924	1.43	1.79	1.59	1.71	1.08
200790	F8V	6114	1.81	2.37	1.81	2.26	1.08
207978	F6IV-Vwv	6471	2.56	4.68	2.70	3.95	0.91
210277	G0	5567	1.31	1.63	1.74	1.66	1.12
210855	F8V	6119	2.06	2.73	1.71	2.21	0.99
215648	F7V	6221	2.20	3.43	2.24	2.97	1.10
216385	F7IV	6229	1.84	2.70	2.00	2.67	1.08
217014	G2.5IVa	5779	1.34	1.68	1.67	1.74	1.10
217107	G8IV	5575	1.29	1.56	1.61	1.58	1.06
218470	F5V	6421	2.36	3.57	2.08	2.59	0.82
219623	F7V	6103	1.71	2.34	1.79	2.19	1.07
220117	F5V	6355	2.34	4.15	1.80	2.63	0.91
222368	F7V	6279	2.01	2.92	1.95	2.37	1.02
224930	G5Vb	5681	1.52	2.52	2.79	2.82	1.26
225239	G2V	5669	1.59	2.27	2.28	2.31	1.20

Ek 2.2.: Çizgi Derinlik Oranı Ölçümleri – Tablo II

Tablo-2'de yıldızların HD numaraları, spektral tipleri, etkin sıcaklıkları ve aşağıda belirtilen çizgilerine ait derinlik oranları verilmektedir. [Fe I / Ni I (6200.32 / 6176.82), Ti I / Si I (6258.10 / 6244.47), Ti I / Fe I (6258.10 / 6246.33), Ti I / Fe II (6258.10 / 6247.56), Ti I+V I / Ni I (6261.10 / 6176.82).]

HD	Sp. Tip	T _{et} (K)	FeI / NiI	TiI / SiI	TiI/FeI	TiI/FeII	TiI+VI/NiI
123	G5V	5881	1.23	1.33	0.52	1.04	0.86
400	F8IV	6159	1.15	0.82	0.31	0.41	0.53
693	F5V	6169	1.18	0.87	0.30	0.40	0.54
4307	G2V	5648	1.31	1.16	0.45	0.70	0.71
4614	G0V	5915	1.28	1.20	0.42	0.70	0.72
4628	K2V	5009	1.54	3.92	0.90	4.17	1.55
4813	F7IV-V	6271	1.26	0.90	0.36	0.47	0.58
5015	F8V	6148	1.16	0.95	0.45	0.59	0.69
6582	G5Vb	5331	1.64	3.06	0.69	2.77	1.47
6920	F8V	6028	1.09	0.81	0.37	0.45	0.63
7439	F5V	6359	1.14	0.57	0.22	0.24	0.46
7476	F5V	6367	1.13	0.63	0.24	0.24	0.45
9562	G2IV	5946	1.27	1.05	0.55	0.82	0.76
9826	F8V	6089	1.10	0.80	0.39	0.51	0.59
10307	G1.5V	5891	1.18	1.18	0.54	0.84	0.74
10476	K1V	5196	1.32	2.32	0.82	2.50	1.24
10697	G5IV	5628	1.16	-	-	-	0.86
10700	G8V	5420	1.47	2.50	0.76	2.42	1.30
10780	K0V	5427	1.30	-	-	-	1.11
13555	F5V	6411	1.18	0.71	0.26	0.28	0.50
14214	G0.5IV	6062	1.06	0.95	0.50	0.69	0.63
15335	G0V	5846	1.24	1.10	0.46	0.65	0.70
15798	F5V	6307	1.19	0.79	0.26	0.27	0.54
16141	G5IV	5720	1.19	1.27	0.61	0.99	0.83
16673	F6V	6321	1.15	0.88	0.35	0.47	0.57
16895	F7V	6350	1.09	0.75	0.32	0.41	0.51
17925	K1V	5235	1.40	2.30	0.77	2.50	1.28
18803	G8V	5666	1.20	1.35	0.65	1.06	0.91
19994	F8V	6209	1.05	-	-	-	0.67
20630	G5Vvar	5769	1.24	1.38	0.55	1.07	0.88
21019	G2V	5388	1.40	1.59	0.59	1.09	0.95
22049	K2V	5177	1.41	2.95	0.86	2.86	1.36
22484	F9IV-V	6022	1.18	1.07	0.45	0.64	0.71
30562	F8V	5908	1.12	0.98	0.55	0.80	0.77

HD	Sp. Tip	T _{eff} (K)	FeI / NiI	TiI / SiI	TiI/FeI	TiI/FeII	TiI+VI/NiI
30743	F3/F5V	6284	1.16	0.65	0.22	0.25	0.44
32923	G4V	5655	1.24	1.41	0.61	1.04	0.90
33636	G0	5969	1.23	1.01	0.43	0.68	0.72
34411	G1.5IV-V	5889	1.13	1.21	0.58	0.89	0.77
35296	F8V	6167	1.14	0.75	0.34	0.48	0.85
38529	G4V	5554	1.15	1.21	0.70	1.12	0.92
39587	G0V	5947	1.24	1.05	0.40	0.72	0.72
43042	F6V	6566	1.08	0.63	0.28	0.32	0.49
43318	F6V	6194	1.17	0.86	0.34	0.39	0.54
49933	F2V	6522	1.19	0.68	0.22	0.23	0.51
50554	F8	5987	1.18	0.95	0.44	0.65	0.63
52265	G0III-IV	6069	1.08	0.90	0.47	0.66	0.65
52711	G4V	5886	1.23	1.22	0.49	0.81	0.73
55575	G0V	5849	1.33	1.29	0.46	0.80	0.74
59984	F5V	5987	1.47	1.32	0.34	0.51	0.78
61421	F5IV-V	6612	1.06	0.65	0.27	0.27	0.43
67228	G1IV	5818	1.10	1.08	0.57	0.83	0.75
67767	G7V	5232	1.22	1.72	0.76	1.50	1.04
69830	K0V	5442	1.24	1.76	0.73	1.61	1.02
69897	F6V	6187	1.21	0.85	0.30	0.39	0.57
70110	F9V	5959	1.11	1.04	0.52	0.72	0.69
75732	G8V	5328	1.19	1.69	0.83	2.03	1.12
76151	G2V	5773	1.16	1.34	0.64	1.11	0.83
76932	F7/F8IV	5818	1.41	1.30	0.33	0.61	0.83
79028	F9V	5907	1.13	1.03	0.48	0.69	0.66
81809	G2V	5620	1.22	1.42	0.63	1.12	0.96
82328	F6IV	6225	1.14	0.84	0.31	0.33	0.57
82885	G8IIIvar	5539	1.15	1.44	0.74	1.51	0.95
82943	G0	6002	1.09	1.15	0.60	0.91	0.76
84737	G0.5Va	5919	1.12	1.14	0.57	0.83	0.72
86728	G3Va	5838	1.14	1.33	0.65	1.06	0.84
87141	F5V	6445	0.99	0.79	0.30	0.31	0.54
88737	F9V	6180	1.05	0.70	0.35	0.41	0.53
88986	G0V	5834	1.15	1.16	0.55	0.82	0.76
89125	F8Vbw	6085	1.34	0.98	0.28	0.39	0.59
89744	F7V	6188	1.09	0.77	0.40	0.47	0.56
91752	F3V	6710	1.12	-	-	-	0.44
91889	F7V	6083	1.20	0.96	0.36	0.49	0.68
95128	G1V	5888	1.17	1.18	0.55	0.87	0.75
95241	F9V	5904	1.31	1.06	0.40	0.57	0.78
98991	F3IV	6398	0.94	-	-	-	0.43
99491	K0IV	5454	1.16	1.44	0.75	1.51	0.99
99747	F5Vawvar	6968	1.17	-	-	-	0.59
101501	G8V	5534	1.29	1.78	0.67	1.43	0.98
102634	F7V	6297	1.05	0.81	0.39	0.46	0.59
102870	F9V	6128	1.08	0.91	0.46	0.60	0.61
103095	G8Vp	5095	3.27	6.37	0.65	4.77	2.91
104304	G9IV	5510	1.15	1.41	0.74	1.44	0.96
107213	F8Vs	6296	1.03	0.65	0.35	0.43	0.51
109358	G0V	5878	1.27	1.25	0.51	0.82	0.74
110897	G0V	5842	1.36	1.32	0.40	0.73	0.76
111395	G7V	5632	1.22	1.63	0.66	1.24	0.94
114642	F6V	6434	1.12	0.70	0.26	0.27	0.48
114710	F9.5V	6113	1.20	1.05	0.47	0.71	0.71
114946	G8III/IV	5027	1.34	2.10	0.76	1.59	1.12
115383	G0Vs	6120	1.12	0.96	0.45	0.67	0.83
115617	G5V	5720	1.24	1.66	0.72	1.44	1.00
117176	G5V	5466	1.24	1.56	0.70	1.24	0.96
120136	F6IV	6420	1.05	0.60	0.34	0.39	0.56
121370	G0IV	6300	1.05	-	-	-	0.65
122742	G8V	5482	1.24	1.61	0.70	1.45	0.98
124570	F6IV	6109	1.08	0.77	0.38	0.47	0.56
124850	F7IV	6374	1.10	0.64	0.27	0.32	0.47
125184	G5IV	5630	1.15	1.24	0.69	1.08	0.90
127334	G5V	5684	1.13	1.31	0.69	1.13	0.87
128167	F2V	6952	1.06	0.89	0.29	0.29	0.54
131156	G8V	5527	1.39	1.78	0.61	1.47	1.07
131511	K2V	5291	1.30	2.04	0.75	2.11	1.14
133640	G0Vnvar	5851	1.29	1.54	0.46	0.80	0.73
134987	G5V	5766	1.19	1.24	0.69	1.15	0.94
136064	F9IV	6164	1.13	0.85	0.40	0.51	0.57

HD	Sp. Tip	T _{et} (K)	Fel / NiI	TiI / SiI	TiI/Fel	TiI/FeII	TiI+VI/NiI
137052	F5IV	6647	1.11	0.57	0.25	0.25	0.50
137108	G3V	5949	1.18	1.11	0.47	0.71	0.68
137510	G0IV-V	6139	1.03	0.89	0.53	0.72	0.70
141004	G0V	5877	1.17	1.14	0.53	0.79	0.74
142373	F8Ve...	5776	1.35	1.33	0.42	0.67	0.75
142860	F6IV	6281	1.15	0.68	0.26	0.33	0.64
143761	G0Va	5832	1.25	1.36	0.57	0.94	0.87
144585	G5V	5813	1.11	1.14	0.65	1.00	0.83
145675	K0V	5309	1.19	1.67	0.87	1.99	1.12
149661	K2V	5289	1.31	2.13	0.80	2.21	1.21
150706	G0	5929	1.19	1.32	0.44	0.77	0.80
151769	F7IV	6220	1.01	0.50	0.25	0.24	0.46
153597	F6Vvar	6331	1.20	0.64	0.26	0.35	0.50
156826	G9V	5150	1.34	2.01	0.78	1.72	1.17
157214	G0V	5693	1.25	1.55	0.65	1.23	1.01
161797	G5IV	5580	1.13	1.30	0.72	1.20	0.95
163989	F6IV-Vs	6260	1.21	0.85	0.36	0.40	0.58
165341	K0V	5314	1.28	1.96	0.78	1.98	1.14
165908	F7V	6183	1.43	1.06	0.31	0.47	0.73
168009	G2V	5827	1.16	1.20	0.57	0.93	0.77
168151	F5V	6551	1.16	0.67	0.24	0.25	0.51
168443	G5	5593	1.19	1.10	0.71	1.28	0.96
169830	F9V	6355	1.12	0.90	0.41	0.47	0.57
173667	F6V	6565	1.08	0.70	0.30	0.32	0.57
178428	G5V	5660	1.18	1.36	0.70	1.20	0.92
179949	F8V	6294	1.07	1.54	0.40	0.55	0.75
181096	F6IV:	6303	1.17	0.81	0.30	0.34	0.56
181655	G8V	5777	1.23	1.42	0.62	1.17	0.93
182488	G8V	5417	1.20	1.69	0.79	1.82	1.11
182572	G8IV...	5566	1.09	-	-	-	0.93
185144	K0V	5318	1.33	2.57	0.80	2.35	1.22
186408	G1.5Vb	5765	1.16	1.24	0.63	1.02	0.82
186427	G3V	5795	1.15	1.35	0.63	1.11	0.83
187013	F7V	6455	1.13	0.81	0.31	0.38	0.72
187691	F8V	6078	1.12	0.90	0.46	0.61	0.68
190406	G1V	5944	1.16	1.05	0.49	0.78	0.69
193664	G3V	5932	1.27	1.23	0.49	0.82	0.77
195019	G3IV-V	5768	1.20	-	-	-	0.83
196755	G5IV+..	5750	1.18	-	-	-	0.85
197076	G5V	5805	1.24	1.37	0.56	0.95	0.81
199960	G1V	5924	1.09	1.02	0.58	0.86	0.81
200790	F8V	6114	1.12	0.82	0.38	0.46	0.58
207978	F6IV-Vwv	6471	1.14	0.91	0.27	0.31	0.56
210277	G0	5567	1.17	-	-	-	0.98
210855	F8V	6119	1.02	0.78	0.38	0.42	0.51
215648	F7V	6221	1.17	0.87	0.32	0.40	0.59
216385	F7IV	6229	1.21	0.78	0.30	0.35	0.56
217014	G2.5IVa	5779	1.12	1.24	0.64	1.07	0.83
217107	G8IV	5575	1.15	1.32	0.70	1.32	0.92
218470	F5V	6421	1.09	0.56	0.22	0.24	0.52
219623	F7V	6103	1.10	0.88	0.41	0.57	0.61
220117	F5V	6355	0.99	0.61	0.29	0.29	0.47
222368	F7V	6279	1.18	0.85	0.34	0.44	0.88
224930	G5Vb	5681	1.57	2.69	0.65	2.02	1.37
225239	G2V	5669	1.35	1.32	0.48	0.77	0.79

Ek 2.3.: Çizgi Derinlik Oranı Ölçümleri – Tablo III

Tablo-3'de yıldızların HD numaraları, spektral tipleri, etkin sıcaklıkları ve aşağıda belirtilen çizgilerine ait derinlik oranları verilmektedir. [Ti I+V I / Fe I (6210.10 / 6265.14), Ti I+V I / Fe I (6261.10 / 6270.23) .Fe I/Si I (6355.04 / 6414.99), Fe I / Fe I (6355.04 / 6416.92), Ca I / Si I (6717.68 / 6721.85).]

HD	Sp Tip	T _{et} (K)	TiI+VI/Fel	TiI+VI/Fel	Fel/SiI	Fel/Fel	CaI/SiI
123	G5V	5881	0.61	0.99	1.72	1.63	2.52
400	F8IV	6159	0.34	0.78	1.43	1.07	2.77
693	F5V	6169	0.33	0.87	1.54	0.93	3.09
4307	G2V	5648	0.46	0.81	1.78	1.39	2.54
4614	G0V	5915	0.46	0.89	1.86	1.46	2.80

HD	Sp Tip	T _{eff} (K)	TiI+VI/Fel	TiI+VI/Fel	Fel/SiI	Fel/Fel	CaI/SiI
4628	K2V	5009	0.90	1.31	3.84	3.58	5.68
4813	F7IV-V	6271	0.38	0.74	1.51	1.10	2.62
5015	F8V	6148	0.51	0.87	1.39	1.14	2.22
6582	G5Vb	5331	0.73	1.43	2.86	3.98	5.57
6920	F8V	6028	0.44	0.70	1.39	1.19	2.55
7439	F5V	6359	0.29	0.78	1.22	0.73	2.86
7476	F5V	6367	0.29	0.77	1.19	0.64	3.00
9562	G2IV	5946	0.60	0.89	1.33	1.34	1.94
9826	F8V	6089	0.46	0.82	1.31	1.16	2.23
10307	G1.5V	5891	0.56	0.88	1.58	1.48	2.20
10476	K1V	5196	0.85	1.19	2.50	2.53	3.36
10697	G5IV	5628	0.68	0.93	1.60	1.61	2.07
10700	G8V	5420	0.78	1.30	2.61	3.16	4.04
10780	K0V	5427	0.79	1.05	2.23	2.18	2.97
13555	F5V	6411	0.31	0.79	1.34	0.76	2.97
14214	G0.5IV	6062	0.52	0.81	1.51	1.23	2.01
15335	G0V	5846	0.48	0.88	1.58	1.27	2.43
15798	F5V	6307	0.34	0.88	1.27	0.70	3.14
16141	G5IV	5720	0.64	0.95	1.59	1.51	2.09
16673	F6V	6321	0.41	0.76	1.41	1.11	2.39
16895	F7V	6350	0.39	0.77	1.34	1.06	2.50
17925	K1V	5235	0.82	1.21	2.66	2.62	3.66
18803	G8V	5666	0.70	0.98	1.76	1.86	2.18
19994	F8V	6209	0.57	0.92	1.32	1.19	1.98
20630	G5Vvar	5769	0.63	0.97	1.75	1.71	2.52
21019	G2V	5388	0.58	0.95	2.13	2.01	3.08
22049	K2V	5177	0.88	1.22	3.09	2.86	4.30
22484	F9IV-V	6022	0.51	0.78	1.47	1.14	2.32
30562	F8V	5908	0.62	0.90	1.36	1.35	2.01
30743	F3/F5V	6284	0.25	0.66	1.19	0.77	3.07
32923	G4V	5655	0.63	0.99	1.63	1.65	2.42
33636	G0	5969	0.48	0.81	1.65	1.47	2.64
34411	G1.5IV-V	5889	0.61	0.90	1.51	1.42	2.09
35296	F8V	6167	0.59	0.80	1.90	1.64	2.49
38529	G4V	5554	0.76	1.02	1.52	1.64	1.80
39587	G0V	5947	0.47	0.93	1.64	1.62	2.62
43042	F6V	6566	0.34	0.69	1.34	0.84	2.33
43318	F6V	6194	0.36	0.80	1.29	0.85	2.56
49933	F2V	6522	0.31	0.90	1.29	0.64	2.08
50554	F8	5987	0.46	0.75	1.54	1.37	2.47
52265	G0III-IV	6069	0.52	0.85	1.37	1.28	2.04
52711	G4V	5886	0.51	0.88	1.74	1.54	2.73
55575	G0V	5849	0.45	0.87	1.73	1.53	2.91
59984	F5V	5987	0.36	1.06	1.88	1.16	3.80
61421	F5IV-V	6612	0.31	0.74	1.14	0.65	2.44
67228	G1IV	5818	0.61	0.91	1.43	1.39	1.96
67767	G7V	5232	0.76	1.04	1.86	1.94	2.41
69830	K0V	5442	0.76	1.02	2.11	2.21	2.85
69897	F6V	6187	0.35	0.80	1.39	0.93	2.85
70110	F9V	5959	0.54	0.88	1.49	1.32	2.13
75732	G8V	5328	0.87	1.11	1.81	1.98	2.25
76151	G2V	5773	0.64	0.91	1.63	1.63	2.19
76932	F7/F8IV	5818	0.37	1.21	1.41	1.32	4.24
79028	F9V	5907	0.51	0.82	1.49	1.29	2.18
81809	G2V	5620	0.67	1.19	1.59	1.70	2.19
82328	F6IV	6225	0.38	0.87	1.34	0.82	2.73
82885	G8IIIvar	5539	0.76	1.01	1.63	1.79	2.05
82943	G0	6002	0.62	0.91	1.37	1.40	1.94
84737	G0.5Va	5919	0.57	0.83	1.47	1.38	2.05
86728	G3Va	5838	0.68	0.94	1.47	1.53	2.01
87141	F5V	6445	0.38	0.71	1.13	0.84	2.11
88737	F9V	6180	0.44	0.71	1.24	1.03	2.15
88986	G0V	5834	0.57	0.83	1.53	1.40	2.09
89125	F8Vbw	6085	0.32	0.72	1.60	1.05	2.98
89744	F7V	6188	0.44	0.79	1.21	1.20	2.10
91752	F3V	6710	0.28	0.83	1.14	0.73	2.82
91889	F7V	6083	0.44	0.95	1.55	1.10	2.83
95128	G1V	5888	0.56	0.90	1.53	1.44	2.25
95241	F9V	5904	0.47	0.73	1.67	1.05	2.85
98991	F3IV	6398	0.37	0.66	1.10	0.62	2.35
99491	K0IV	5454	0.78	1.03	1.69	1.81	2.08

HD	Sp Tip	T _{eff} (K)	TiI+VI/Fel	TiI+VI/Fel	Fel/SiI	Fel/Fel	CaI/SiI
99747	F5Vawvar	6968	0.33	0.91	1.19	0.55	2.03
101501	G8V	5534	0.68	0.95	2.17	2.12	2.93
102634	F7V	6297	0.47	0.87	1.21	1.07	2.05
102870	F9V	6128	0.48	0.81	1.37	1.16	2.11
103095	G8Vp	5095	0.63	1.72	6.55	9.13	22.18
104304	G9IV	5510	0.76	1.04	1.63	1.81	1.98
107213	F8Vs	6296	0.41	0.68	1.47	1.33	1.98
109358	G0V	5878	0.49	0.88	1.82	1.60	2.81
110897	G0V	5842	0.43	0.82	2.07	1.75	3.41
111395	G7V	5632	0.69	0.99	1.77	1.84	2.38
114642	F6V	6434	0.34	0.66	1.37	0.82	2.90
114710	F9.5V	6113	0.51	0.86	1.51	1.36	2.29
114946	G8III/IV	5027	0.81	1.04	2.29	2.22	2.83
115383	G0Vs	6120	0.65	0.89	1.36	1.15	2.12
115617	G5V	5720	0.72	1.05	1.83	1.96	2.50
117176	G5V	5466	0.70	1.03	1.81	1.81	2.41
120136	F6IV	6420	0.45	0.75	1.23	1.21	2.05
121370	G0IV	6300	0.54	0.77	1.16	1.57	1.97
122742	G8V	5482	0.72	1.01	1.93	2.05	2.62
124570	F6IV	6109	0.41	0.75	1.31	1.02	2.21
124850	F7IV	6374	0.34	0.61	1.25	0.88	2.49
125184	G5IV	5630	0.72	0.96	1.55	1.59	1.89
127334	G5V	5684	0.70	0.93	1.57	1.63	2.02
128167	F2V	6952	0.35	0.97	1.29	0.60	3.25
131156	G8V	5527	0.66	1.08	2.29	2.23	3.12
131511	K2V	5291	0.80	1.10	2.14	2.10	2.94
133640	G0Vnvar	5851	0.49	0.83	1.75	1.59	2.93
134987	G5V	5766	0.75	0.98	1.43	1.53	1.82
136064	F9IV	6164	0.41	0.78	1.41	1.07	2.32
137052	F5IV	6647	0.35	0.79	1.28	0.74	2.54
137108	G3V	5949	0.49	0.83	1.70	1.50	2.50
137510	G0IV-V	6139	0.60	0.89	1.27	1.38	1.83
141004	G0V	5877	0.54	0.87	1.52	1.35	2.25
142373	F8Ve...	5776	0.42	0.92	1.85	1.35	3.40
142860	F6IV	6281	0.43	1.03	1.30	0.98	2.76
143761	G0Va	5832	0.59	1.01	1.68	1.60	2.64
144585	G5V	5813	0.69	0.95	1.47	1.55	1.84
145675	K0V	5309	0.88	1.13	1.71	1.89	2.09
149661	K2V	5289	0.85	1.15	2.29	2.37	3.11
150706	G0	5929	0.55	1.03	1.48	1.36	2.46
151769	F7IV	6220	0.34	0.66	1.09	0.75	2.38
153597	F6Vvar	6331	0.33	0.69	1.20	0.96	2.66
156826	G9V	5150	0.78	1.10	2.29	2.09	2.90
157214	G0V	5693	0.68	1.19	1.57	1.82	2.58
161797	G5IV	5580	0.77	1.03	1.49	1.56	1.89
163989	F6IV-Vs	6260	0.38	0.78	1.43	0.91	2.48
165341	K0V	5314	0.80	1.08	2.17	2.29	2.90
165908	F7V	6183	0.36	0.85	1.72	1.13	3.72
168009	G2V	5827	0.58	0.90	1.66	1.57	2.30
168151	F5V	6551	0.31	0.85	1.16	0.68	2.90
168443	G5	5593	0.72	1.01	1.64	1.72	2.13
169830	F9V	6355	0.41	0.70	1.42	1.11	2.07
173667	F6V	6565	0.40	0.81	1.10	0.75	2.56
178428	G5V	5660	0.71	0.97	1.54	1.66	2.06
179949	F8V	6294	0.60	0.82	1.32	1.11	2.07
181096	F6IV:	6303	0.34	0.88	1.34	0.92	2.65
181655	G8V	5777	0.66	0.92	1.71	1.60	2.46
182488	G8V	5417	0.84	1.09	1.87	2.03	2.36
182572	G8IV...	5566	0.77	1.03	1.44	1.63	1.82
185144	K0V	5318	0.80	1.13	2.71	2.71	3.80
186408	G1.5Vb	5765	0.64	0.93	1.50	1.52	2.19
186427	G3V	5795	0.65	0.94	1.62	1.67	2.41
187013	F7V	6455	0.50	0.77	1.30	0.80	2.60
187691	F8V	6078	0.51	0.84	1.41	1.26	2.06
190406	G1V	5944	0.52	0.81	1.54	1.46	2.25
193664	G3V	5932	0.51	0.86	1.74	1.48	2.65
195019	G3IV-V	5768	0.62	0.91	1.59	1.49	2.16
196755	G5IV+..	5750	0.63	0.95	1.64	1.47	2.19
197076	G5V	5805	0.56	0.90	1.65	1.54	2.51
199960	G1V	5924	0.65	0.93	1.34	1.40	1.80
200790	F8V	6114	0.42	0.79	1.41	0.99	2.20

HD	Sp Tip	T _{et} (K)	TiI+VI/FeI	TiI+VI/FeI	FeI/SiI	FeI/FeI	CaI/SiI
207978	F6IV-Vwv	6471	0.30	0.87	1.30	0.77	3.36
210277	G0	5567	0.78	1.10	1.65	1.84	2.08
210855	F8V	6119	0.41	0.72	1.15	0.97	2.16
215648	F7V	6221	0.36	0.85	1.48	1.00	2.66
216385	F7IV	6229	0.35	0.82	1.48	0.87	2.70
217014	G2.5IVa	5779	0.67	0.97	1.48	1.60	1.98
217107	G8IV	5575	0.75	1.00	1.51	1.66	1.90
218470	F5V	6421	0.36	0.73	1.33	0.85	2.59
219623	F7V	6103	0.46	0.81	1.40	1.21	2.27
220117	F5V	6355	0.35	0.56	1.19	0.87	2.38
222368	F7V	6279	0.57	1.02	1.48	1.01	2.50
224930	G5Vb	5681	0.67	1.38	2.25	2.78	4.92
225239	G2V	5669	0.47	0.88	1.89	1.49	2.97

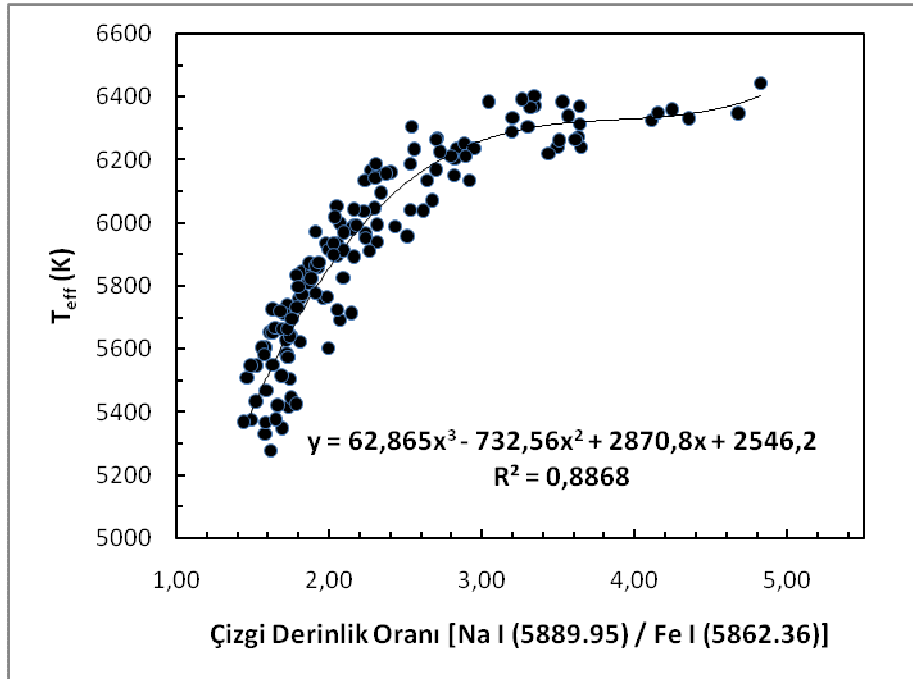
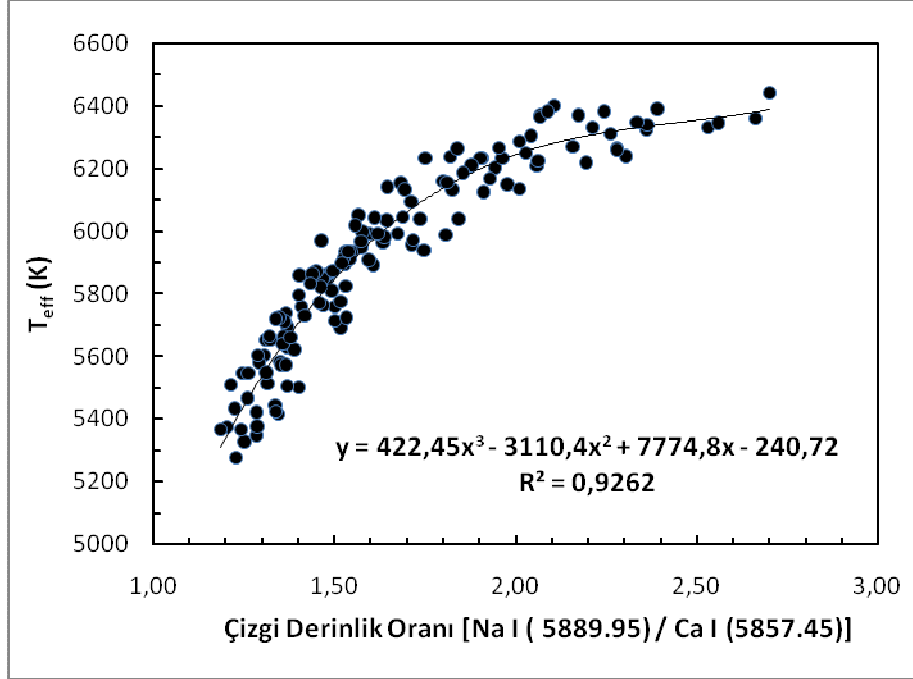
Ek 2.4. : Çizgi Derinlik Oranı Ölçümleri – Tablo IV

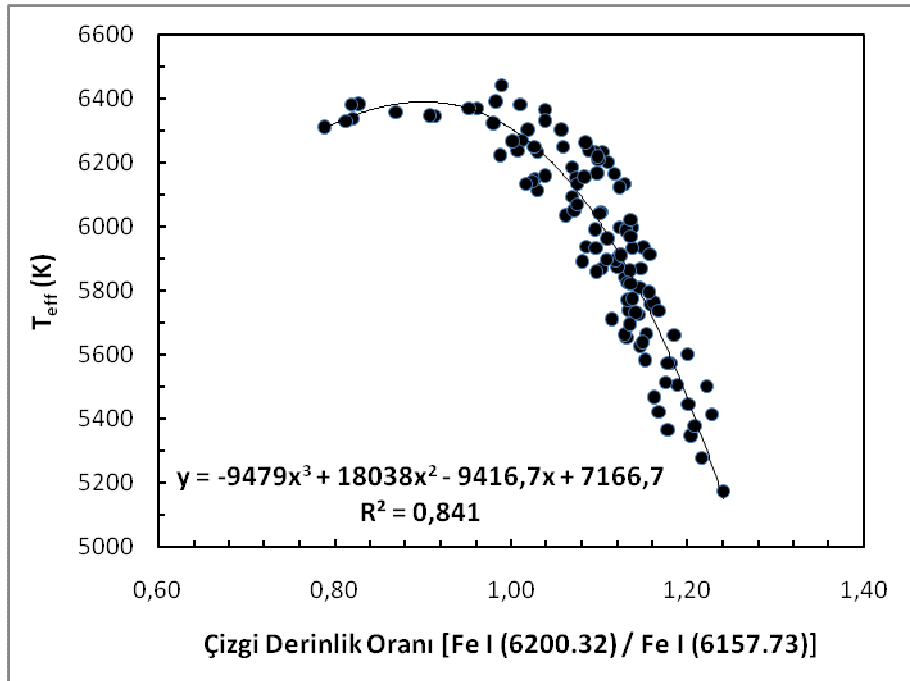
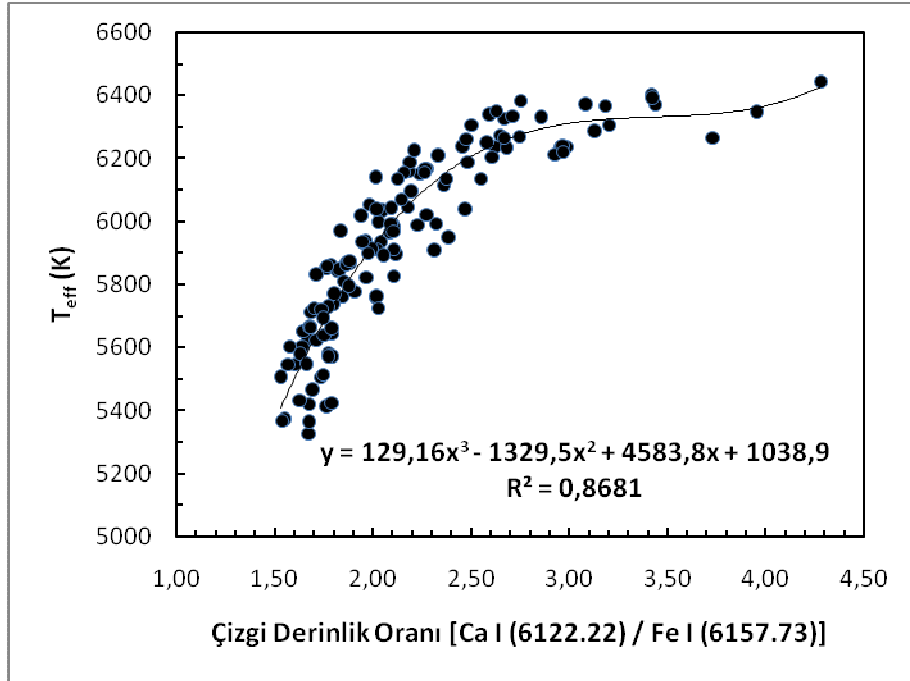
Tablo-4'de yıldızların HD numaraları, spektral tipleri, etkin sıcaklıkları ve aşağıda belirtilen çizgilerine ait derinlik oranları verilmektedir. [Ca I / Fe I (6717.68 / 6726.66), Ni I / Si I (6767.77 / 6721.85), Ni I / Fe I (6767.77 / 6726.66), Co I / Si I (6771.04 / 6721.85), Co I / Fe I (6771.04 / 6726.66).]

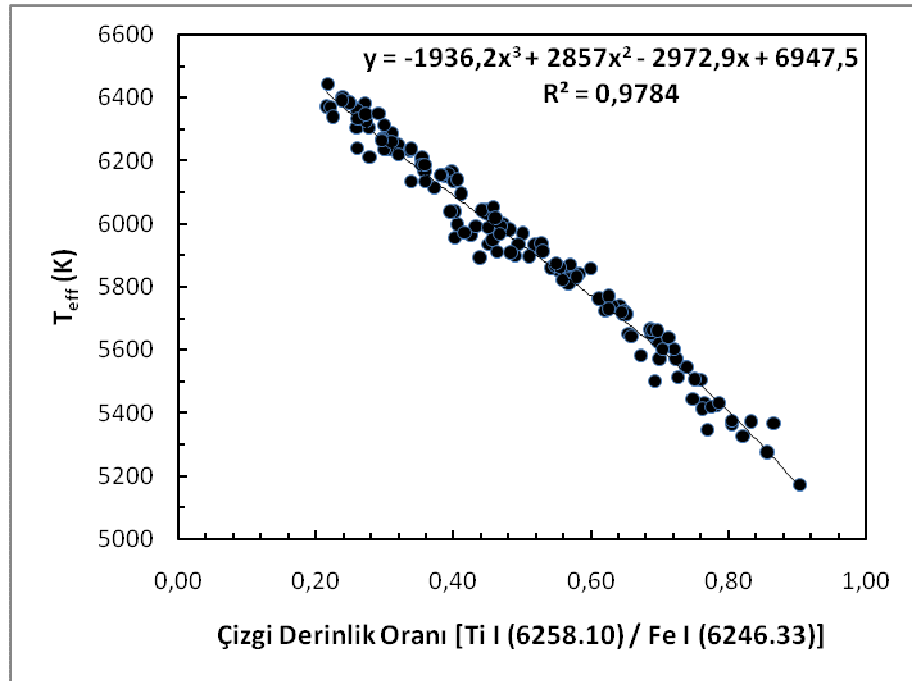
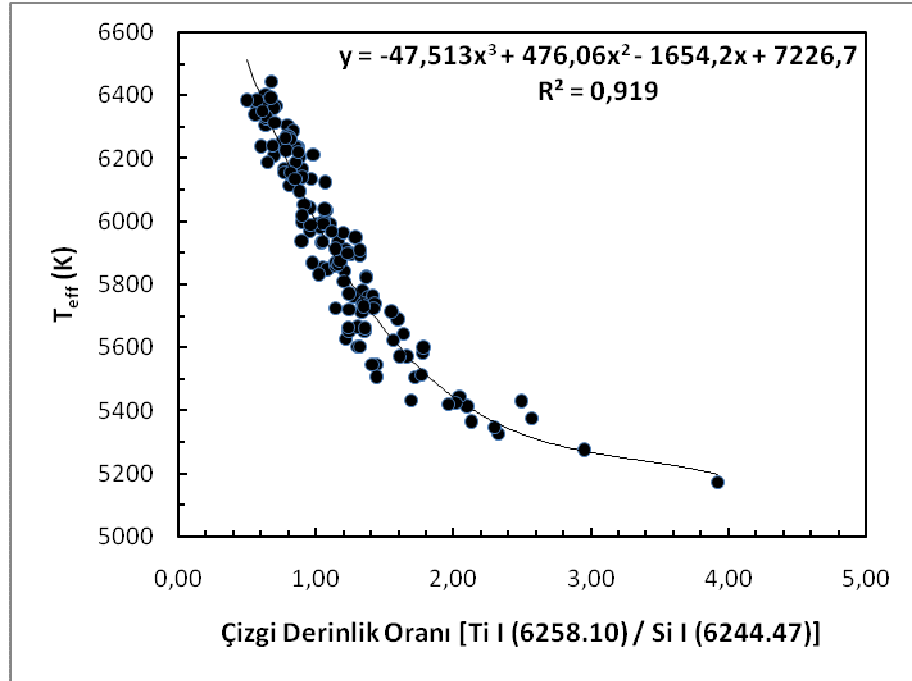
HD	Sp Tip	T _{et} (K)	CaI/FeI	NiI/SiI	NiI/FeI	CoI/SiI	CoI/FeI
123	G5V	5881	1.96	1.96	1.53	0.50	0.39
400	F8IV	6159	2.73	2.12	2.09	0.21	0.20
693	F5V	6169	2.89	2.34	2.18	0.19	0.18
4307	G2V	5648	2.17	2.31	1.98	0.35	0.30
4614	G0V	5915	2.24	2.49	1.99	0.29	0.23
4628	K2V	5009	2.10	4.80	1.77	1.42	0.53
4813	F7IV-V	6271	2.34	2.09	1.86	0.18	0.16
5015	F8V	6148	2.13	1.71	1.65	0.27	0.26
6582	G5Vb	5331	3.56	4.69	3.01	0.60	0.38
6920	F8V	6028	2.29	1.87	1.68	0.41	0.37
7439	F5V	6359	3.40	1.86	2.21	0.19	0.22
7476	F5V	6367	3.16	1.81	1.90	0.14	0.15
9562	G2IV	5946	1.73	1.73	1.54	0.41	0.37
9826	F8V	6089	2.36	1.59	1.68	0.25	0.26
10307	G1.5V	5891	1.84	2.00	1.67	0.38	0.31
10476	K1V	5196	1.76	2.91	1.52	0.99	0.52
10697	G5IV	5628	1.73	1.85	1.54	0.54	0.45
10700	G8V	5420	2.58	3.57	2.28	0.70	0.45
10780	K0V	5427	1.74	2.60	1.52	0.77	0.45
13555	F5V	6411	3.24	1.81	1.97	0.12	0.13
14214	G0.5IV	6062	1.84	1.82	1.67	0.32	0.29
15335	G0V	5846	2.25	2.11	1.96	0.30	0.28
15798	F5V	6307	3.25	1.97	2.04	0.19	0.20
16141	G5IV	5720	1.77	1.89	1.61	0.42	0.36
16673	F6V	6321	2.37	1.66	1.64	0.17	0.17
16895	F7V	6350	2.47	1.69	1.67	0.18	0.18
17925	K1V	5235	1.89	2.94	1.52	1.05	0.54
18803	G8V	5666	1.66	1.97	1.50	0.53	0.40
19994	F8V	6209	2.30	1.47	1.71	0.25	0.29
20630	G5Vvar	5769	1.84	2.07	1.52	0.43	0.31
21019	G2V	5388	2.27	2.88	2.12	0.58	0.42
22049	K2V	5177	1.93	3.67	1.65	1.09	0.49
22484	F9IV-V	6022	2.10	1.99	1.80	0.25	0.23
30562	F8V	5908	1.82	1.72	1.56	0.43	0.39
30743	F3/F5V	6284	3.13	1.74	1.77	0.24	0.24
32923	G4V	5655	2.13	2.14	1.88	0.40	0.35
33636	G0	5969	2.07	2.13	1.67	0.28	0.22
34411	G1.5IV-V	5889	1.74	1.85	1.53	0.34	0.28
35296	F8V	6167	2.36	1.48	1.40	0.23	0.22
38529	G4V	5554	1.66	1.67	1.54	0.73	0.67
39587	G0V	5947	2.20	1.85	1.55	0.29	0.25
43042	F6V	6566	2.26	1.63	1.58	0.17	0.17
43318	F6V	6194	2.58	2.02	2.04	0.20	0.20
49933	F2V	6522	2.43	1.36	1.59	0.10	0.12
50554	F8	5987	2.11	2.02	1.72	0.25	0.21
52265	G0III-IV	6069	1.94	1.68	1.60	0.30	0.29
52711	G4V	5886	2.13	2.34	1.82	0.32	0.25

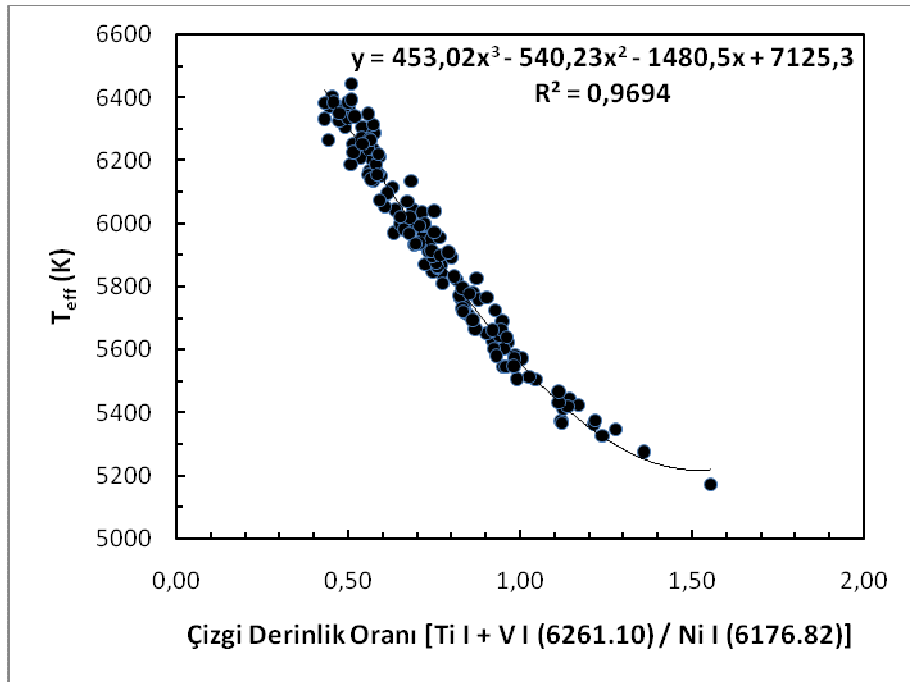
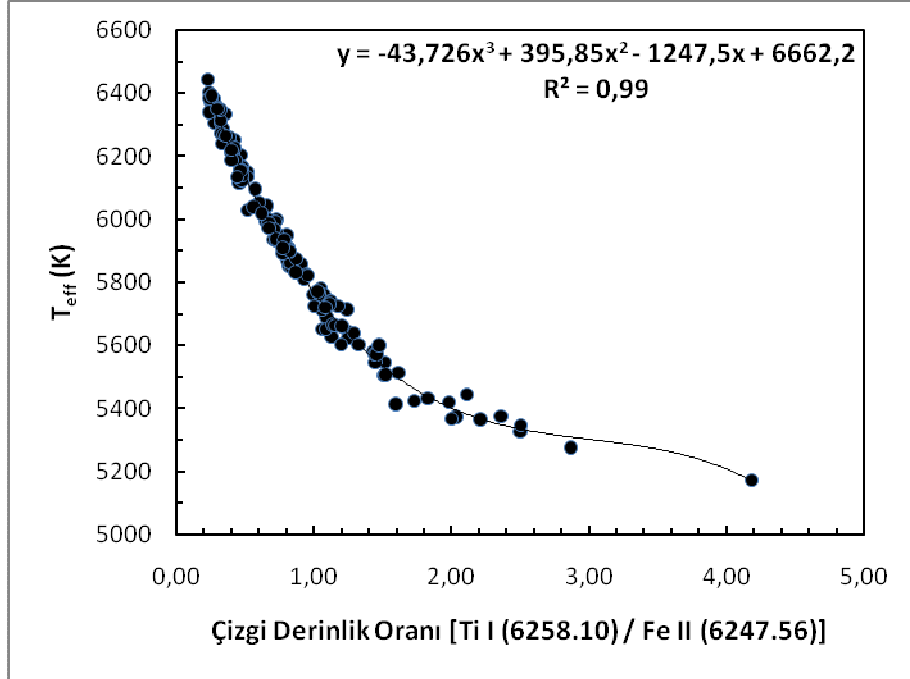
HD	Sp Tip	T _{eff} (K)	Ca/FeI	Ni/SiI	Ni/FeI	Co/SiI	Co/FeI
55575	G0V	5849	2.29	2.55	2.01	0.26	0.21
59984	F5V	5987	3.48	2.98	2.74	0.28	0.26
61421	F5IV-V	6612	2.66	1.68	1.84	0.13	0.15
67228	G1IV	5818	1.80	1.74	1.60	0.43	0.40
67767	G7V	5232	1.78	2.19	1.61	0.88	0.65
69830	K0V	5442	1.72	2.51	1.51	0.64	0.39
69897	F6V	6187	3.37	1.96	2.32	0.18	0.22
70110	F9V	5959	1.91	1.85	1.66	0.34	0.31
75732	G8V	5328	1.59	2.00	1.41	1.03	0.73
76151	G2V	5773	2.06	1.97	1.84	0.41	0.39
76932	F7/F8IV	5818	5.37	3.03	3.84	0.39	0.49
79028	F9V	5907	2.00	1.87	1.72	0.31	0.29
81809	G2V	5620	2.14	2.04	1.99	0.43	0.42
82328	F6IV	6225	2.81	1.76	1.82	0.13	0.14
82885	G8IIIvar	5539	1.58	1.85	1.43	0.70	0.54
82943	G0	6002	1.70	1.70	1.49	0.37	0.32
84737	G0.5Va	5919	1.84	1.81	1.62	0.37	0.33
86728	G3Va	5838	1.64	1.81	1.47	0.51	0.41
87141	F5V	6445	2.96	1.50	2.10	0.25	0.34
88737	F9V	6180	2.27	1.54	1.62	0.24	0.25
88986	G0V	5834	1.74	1.90	1.58	0.37	0.31
89125	F8Vbw	6085	2.87	2.35	2.26	0.19	0.18
89744	F7V	6188	2.29	1.51	1.65	0.23	0.25
91752	F3V	6710	2.57	1.61	1.47	0.30	0.27
91889	F7V	6083	2.75	2.19	2.12	0.19	0.18
95128	G1V	5888	1.91	2.00	1.70	0.33	0.28
95241	F9V	5904	2.50	2.40	2.10	0.32	0.28
98991	F3IV	6398	3.38	1.34	1.93	0.26	0.37
99491	K0IV	5454	1.56	1.87	1.41	0.79	0.59
99747	F5Vawvar	6968	4.96	0.90	2.18	0.15	0.38
101501	G8V	5534	1.82	2.58	1.60	0.56	0.35
102634	F7V	6297	2.23	1.62	1.76	0.21	0.23
102870	F9V	6128	1.97	1.75	1.62	0.26	0.24
103095	G8Vp	5095	6.57	17.03	5.04	1.34	0.40
104304	G9IV	5510	1.59	1.83	1.46	0.69	0.55
107213	F8Vs	6296	2.12	1.48	1.58	0.20	0.22
109358	G0V	5878	2.19	2.47	1.92	0.33	0.26
110897	G0V	5842	2.76	2.89	2.33	0.28	0.23
111395	G7V	5632	1.69	2.10	1.49	0.51	0.36
114642	F6V	6434	3.03	1.67	1.74	0.19	0.20
114710	F9.5V	6113	1.92	1.88	1.58	0.25	0.21
114946	G8III/IV	5027	1.86	2.72	1.79	1.08	0.71
115383	G0Vs	6120	2.02	1.61	1.54	0.30	0.29
115617	G5V	5720	1.70	2.26	1.54	0.55	0.37
117176	G5V	5466	1.85	2.22	1.70	0.56	0.43
120136	F6IV	6420	2.62	1.31	1.68	0.20	0.25
121370	G0IV	6300	2.37	1.38	1.66	0.37	0.44
122742	G8V	5482	1.73	2.36	1.55	0.59	0.39
124570	F6IV	6109	2.24	1.80	1.83	0.26	0.26
124850	F7IV	6374	3.15	1.49	1.89	0.22	0.28
125184	G5IV	5630	1.54	1.74	1.42	0.61	0.50
127334	G5V	5684	1.60	1.85	1.47	0.54	0.43
128167	F2V	6952	4.28	1.49	1.96	0.15	0.20
131156	G8V	5527	1.99	2.59	1.65	0.54	0.34
131511	K2V	5291	1.78	2.49	1.51	0.85	0.51
133640	G0Vnvar	5851	2.25	2.47	1.89	0.30	0.23
134987	G5V	5766	1.62	1.65	1.47	0.56	0.49
136064	F9IV	6164	2.19	1.89	1.79	0.23	0.22
137052	F5IV	6647	2.99	1.52	1.79	0.14	0.16
137108	G3V	5949	2.00	2.06	1.65	0.27	0.21
137510	G0IV-V	6139	2.07	1.44	1.63	0.43	0.48
141004	G0V	5877	1.92	2.00	1.70	0.32	0.27
142373	F8Ve...	5776	2.95	2.96	2.56	0.33	0.29
142860	F6IV	6281	2.86	1.76	1.83	0.20	0.21
143761	G0Va	5832	2.35	2.32	2.07	0.35	0.31
144585	G5V	5813	1.64	1.69	1.50	0.47	0.42
145675	K0V	5309	1.52	1.87	1.36	1.02	0.74
149661	K2V	5289	1.77	2.72	1.55	0.87	0.49
150706	G0	5929	1.89	1.99	1.53	0.37	0.29
151769	F7IV	6220	2.54	1.65	1.76	0.17	0.18
153597	F6Vvar	6331	2.74	1.69	1.74	0.17	0.18

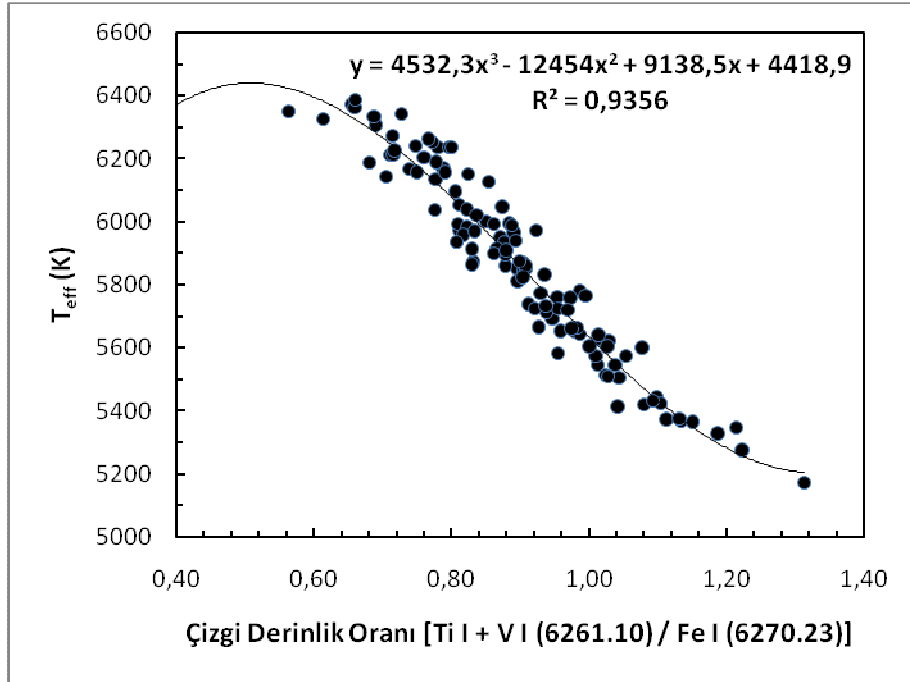
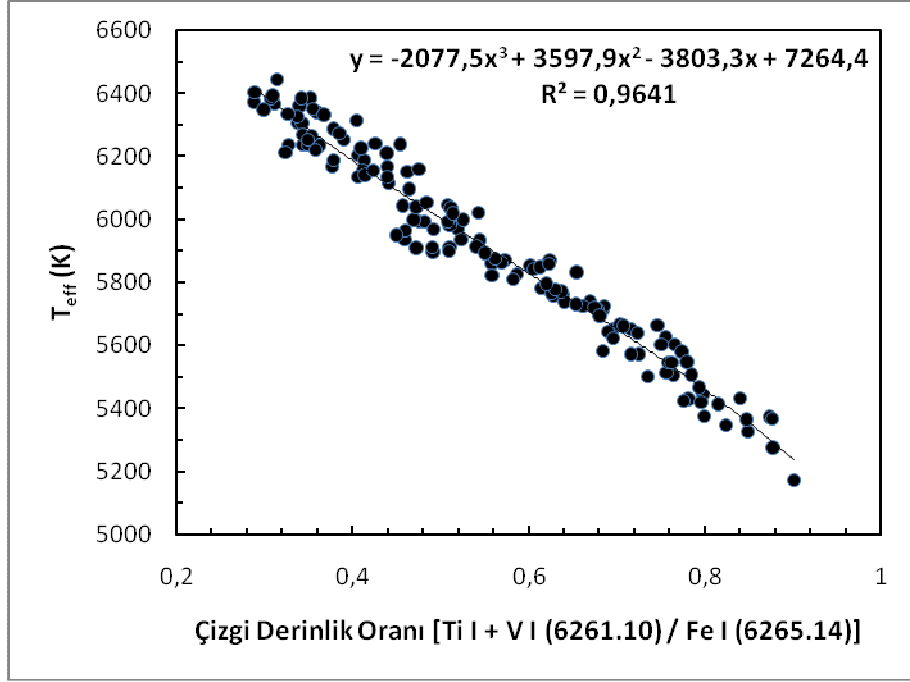
HD	Sp Tip	T _{eff} (K)	CaI/FeI	NiI/SiI	NiI/FeI	CoI/SiI	CoI/FeI
156826	G9V	5150	1.88	2.71	1.75	1.01	0.65
157214	G0V	5693	2.52	2.26	2.21	0.37	0.36
161797	G5IV	5580	1.60	1.77	1.50	0.65	0.55
163989	F6IV-Vs	6260	2.32	1.91	1.78	0.20	0.19
165341	K0V	5314	1.73	2.53	1.50	0.84	0.50
165908	F7V	6183	3.55	2.89	2.76	0.21	0.20
168009	G2V	5827	1.82	2.06	1.64	0.42	0.34
168151	F5V	6551	2.74	1.74	1.64	0.14	0.13
168443	G5	5593	1.77	1.93	1.61	0.59	0.49
169830	F9V	6355	2.05	1.71	1.69	0.21	0.20
173667	F6V	6565	2.93	1.42	1.62	0.18	0.21
178428	G5V	5660	1.59	1.85	1.42	0.51	0.40
179949	F8V	6294	2.16	1.55	1.61	0.25	0.26
181096	F6IV:	6303	2.93	1.88	2.08	0.17	0.19
181655	G8V	5777	1.77	2.12	1.53	0.48	0.34
182488	G8V	5417	1.61	2.12	1.45	0.79	0.54
182572	G8IV...	5566	1.55	1.68	1.44	0.71	0.61
185144	K0V	5318	1.85	3.40	1.65	0.82	0.40
186408	G1.5Vb	5765	1.86	1.95	1.66	0.45	0.38
186427	G3V	5795	1.82	2.16	1.63	0.46	0.35
187013	F7V	6455	2.68	1.64	1.69	0.16	0.17
187691	F8V	6078	1.94	1.73	1.63	0.27	0.25
190406	G1V	5944	1.88	1.88	1.58	0.33	0.27
193664	G3V	5932	1.98	2.22	1.66	0.33	0.25
195019	G3IV-V	5768	1.79	1.95	1.62	0.39	0.32
196755	G5IV+..	5750	1.88	1.89	1.61	0.48	0.41
197076	G5V	5805	1.93	2.18	1.68	0.36	0.28
199960	G1V	5924	1.69	1.67	1.57	0.38	0.35
200790	F8V	6114	2.24	1.73	1.76	0.24	0.24
207978	F6IV-Vwv	6471	3.13	2.03	1.90	0.16	0.15
210277	G0	5567	1.55	1.87	1.40	0.68	0.51
210855	F8V	6119	2.28	1.51	1.60	0.23	0.24
215648	F7V	6221	2.87	1.91	2.07	0.21	0.23
216385	F7IV	6229	2.58	2.00	1.91	0.16	0.15
217014	G2.5IVa	5779	1.72	1.81	1.57	0.47	0.41
217107	G8IV	5575	1.61	1.68	1.42	0.66	0.55
218470	F5V	6421	2.95	1.55	1.77	0.23	0.26
219623	F7V	6103	2.09	1.79	1.64	0.25	0.23
220117	F5V	6355	2.68	1.45	1.63	0.19	0.22
222368	F7V	6279	2.44	1.83	1.79	0.17	0.16
224930	G5Vb	5681	3.67	3.85	2.87	0.49	0.37
225239	G2V	5669	2.33	2.74	2.15	0.34	0.27

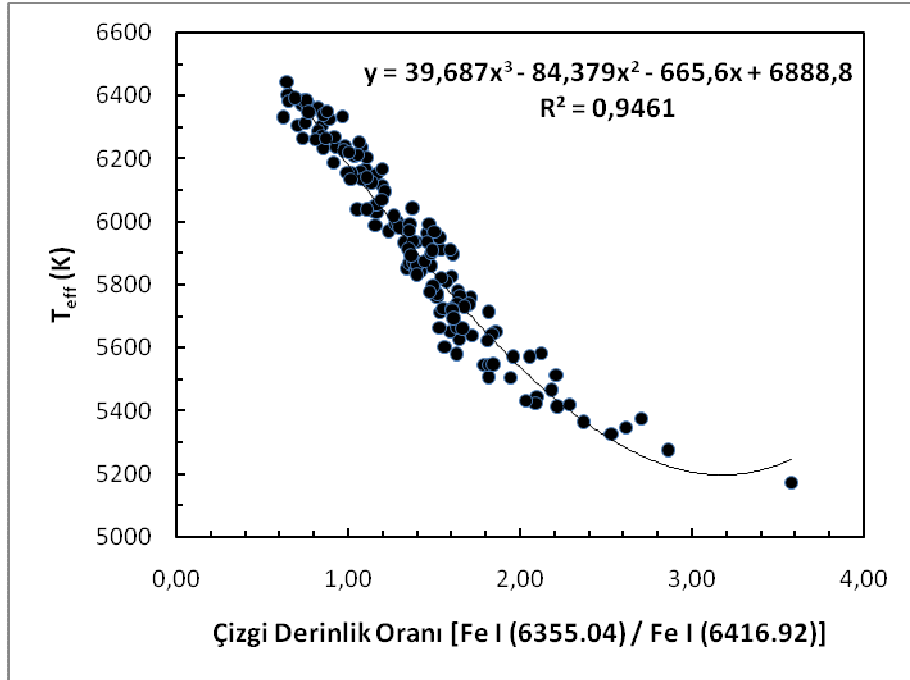
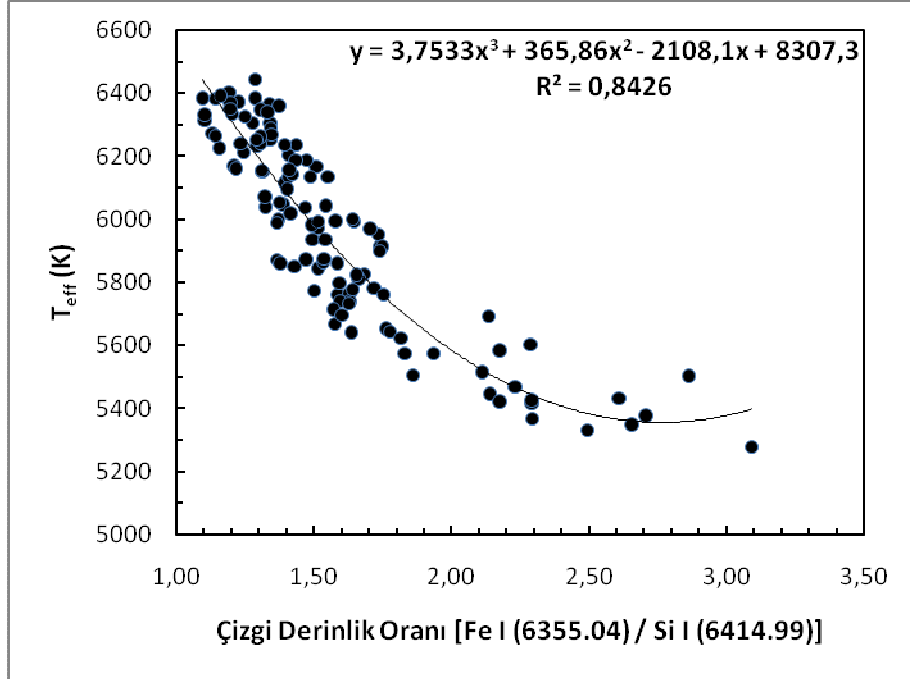
Ek-3: T_{eff} – Çizgi Derinlik Oranı Son Kalibrasyonları

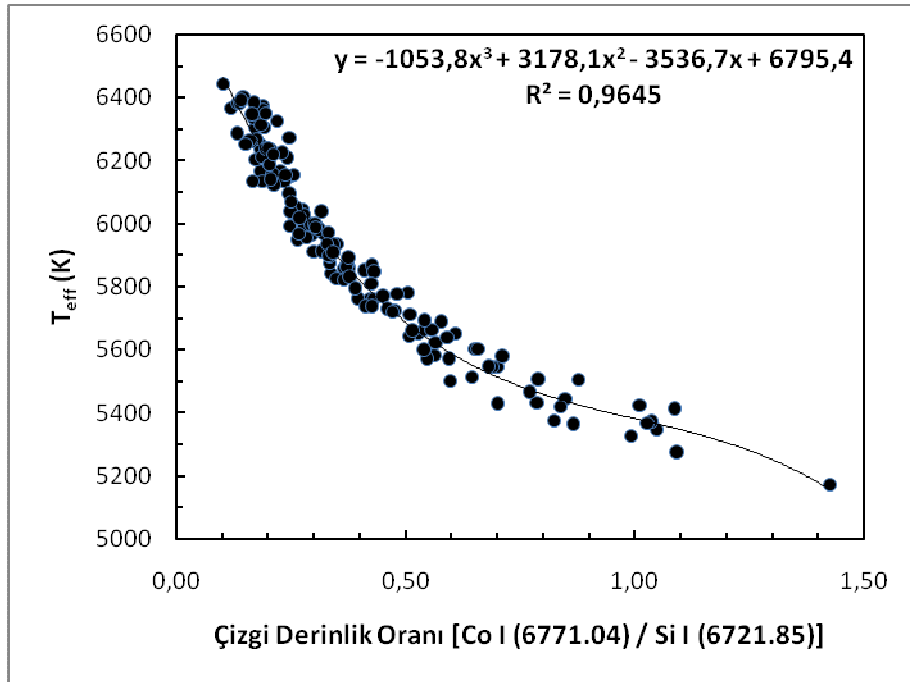
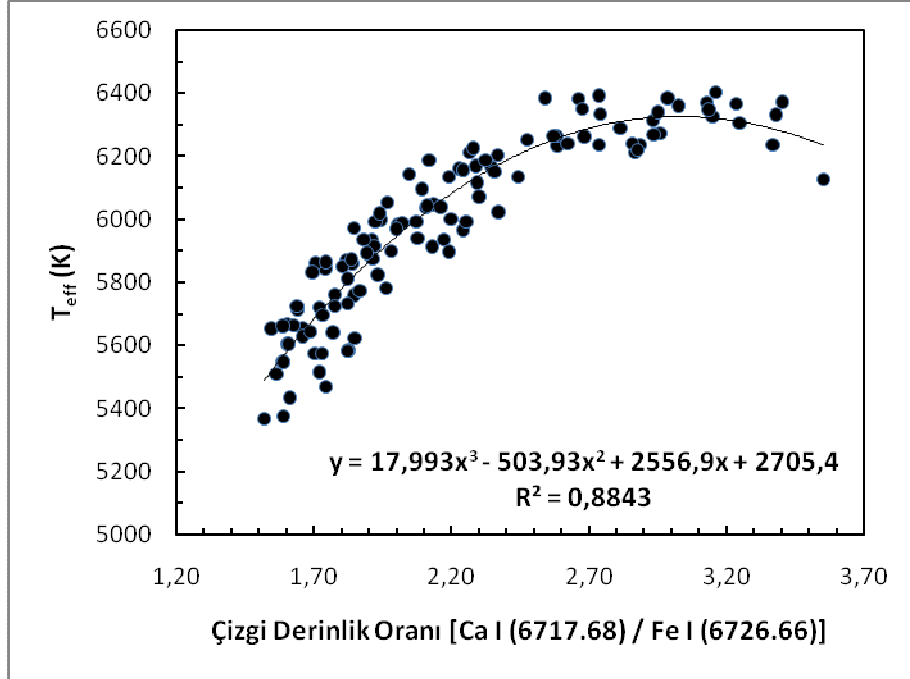


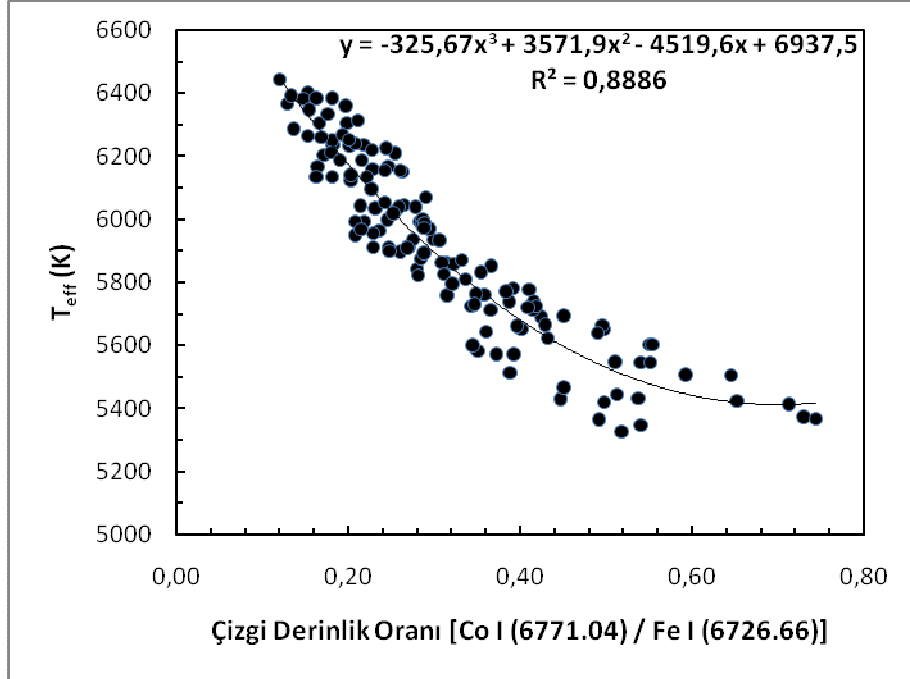












ÖZGEÇMİŞ

I-KİŞİSEL

Soyad : YELKENCİ

Ad : Fuat Korhan

Doğum Zamanı/Yeri : 10.03.1983 - Zonguldak

Adres İş : İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119 Beyazıt, İstanbul.

Ev : Çolak İsmail Sok. Işık Apt. B blok no:15 daire:11

Suadiye - İstanbul

Telefon

İş : +90 0 (212) 440 00 00 / 10535

Ev : +90 216 467 0618

GSM : +90 537 664 0483

Faks : +90 (212) 440 0370

E-mail : yelkenci@istanbul.edu.tr

korhanyelkenci@gmail.com

II- ÖĞRENİM DURUMU:

İlkokul : Fatih Sultan Mehmet İlkokulu - Amasra (1989-1994)

Ortaokul : Davut Fıncıoğlu Anadolu Lisesi - Bartın (1994-1998)

Lise : Davut Fıncıoğlu Anadolu Lisesi - Bartın (1998-1999)

Gazi Anadolu Lisesi- Ankara (1999-2001)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü (2002-2006)

Yabancı Dili : İngilizce

Bilgisayar Bilgileri : MS Office, Photoshop, Dreamweaver, HTML, Visual Basic Fortran, C++, PHP-MySQL, Maxim DL, IRAF, LINUX

III- YAYIN LİSTESİ :

- "Photoelectric Minima Of Some Eclipsing Binary Stars" Akso O., Ozavci I., Yüce K., Tanriverdi T., Senavci H.V., Yilmaz M., Kara A., Kaya F., Helvacı M., Çetintas C., Cinar D., Ozuyar D., Basturk O., Aydin E., Atlagan O., Sener H.T., Kabadayı o., Yelkenci K., Evin B., IAU Inform. Bull. Var. Stars., IBVS 5588, 1A(2005).
- "Amateur&Professional Researches At The Ankara Universitesi Observatory", 93rd Annual Meeting of The AAVSO including A Day in Honour Janet Akyuz Mattei(1943-2004) M.Helvacı, A.Elmaslı, Tanriverdi T., Ozavci I., Torun E., Albayrak B., Selam S.O., Kara A., Bingol S., Mahmutoglu B., ASART 2004 – Poster Bildiri
- Eminoğlu, F.B., Kabadayı, Ö., Yelkenci, F.K., (2005), "AM Leo'nun Fotometrik Analizi", **İstanbul Kültür Üniversitesi Güncesi - Fen ve Mühendislik Bilimleri**, Özel Sayı: Amatör Astronomi Sempozyumu Bildirileri-2, cilt 3, sayı 3, 97-102.
- F.Korhan Yelkenci, "Güneş Dışı Gezegen Sistemleri" (2006) **IV.**Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi Bildiri Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları – 29 Ağustos-1 Eylül 2006
- Tansel Ak, Tuncay Özışık, F.Korhan Yelkenci, Can Buğra Girgin, Özgür Baştürk, "TUBITAK Ulusal Gözlemevinde Gece Görüş Sistemi: TUG-DIMM" (2006) **XV.**Ulusal Astronomi Kongresi Bildiri Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları

- Mustafa Helvacı, Cahit Yeşilyaprak, Deniz Coker, Özgür Baştürk, F.Korhan Yelkenci “BL Cam Yıldızının Işık Eğrisi analizi” XV. Ulusal Astronomi Kongresi (2006) – İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları
- Ahmet İskender, Emre Aydın, Barbaros Evin, Özgür Baştürk, F.Korhan Yelkenci, Bülent Güçsav, Cahit Yeşilyaprak, Mustafa Helvacı - “T40 ile Farklı Türden Değişen Yıldız Gözlemleri” - (2006) XV.Ulusal Astronomi Kongresi Bildiri Kitabı,İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları

IV- PROJELER:

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’ndeki Projeler:

Proje Numarası:

- 10-14 Mart 2005 : TUG-T40.05.004 Basvuru No: 213, DN Boo gözlemi
- 01-08 Nisan 2005 : TUG-T40.05.008 Basvuru No: 222, II UMa gözlemi
- 26-30 Haziran 2005 : TUG-T40.05.009 Basvuru No: 223, V502 Oph gözlemi
- 28-31 Ekim – 18-21 Aralık 2005 : TUG-T40.05.034 Basvuru No: 248, SZ Psc
- 06-08 Kasım 2005 : TUG-T40.05.036 Basvuru No: 251, Küçük Gezegenler
- 28-30 Kasım 2005 : TUG-T40.05.036 Basvuru No: 251, Küçük Gezegenler
- 27-29 Aralık 2005 : TUG-T40.05.036 Basvuru No: 251 Küçük Gezegenler
- Ocak-Subat-Mart 2005 : TUG-T40.06.001 Basvuru No:252, SR Tipi Yıldızlar
- Ocak-Subat-Mart 2005 :TUG-T40.06.002 Basvuru No:253, SR ve Miralar
- Ocak-Subat-Mart 2005 :TUG-T40.06.003 Basvuru No:254, Zonklayan Yıldızlar
- Ocak-Subat-Mart 2005 :TUG-T40.06.004 Basvuru No: 255, Küçük Gezegenler
- Nisan-Mayıs 2006 : TUG-T40.06.005 Basvuru No: 256, Zonklayan Yıldızlar
- Nisan-Mayıs 2006 : TUG-T40.06.006 Basvuru No: 257, SR ve Miralar
- Nisan-Mayıs 2006 :TUG-T40.06.007 Basvuru No: 258 SR Tipi Yıldızlar
- Temmuz-Ağustos-Eylül 2006 :TUG-T40.06.14 Basvuru No: 266 Zonklayanlar
- Temmuz-Ağustos-Eylül 2006 :TUG-T40.06.14 Basvuru No:267, SR Yıldızları
- Temmuz-Ağustos-Eylül 2006 :TUG-T40.06.14 Basvuru No: 271, SZ Psc

- Ocak-Haziran Dönemi 2007 : TUG-RTT150.07.24 Başvuru No: 276, Uranüs
- Ocak-Haziran Dönemi 2007 : TUG-T40.07.04 Basvuru No: 312, Zonklayanlar
- Ocak-Haziran Dönemi 2007 : TUG-T40.07.16 Basvuru No: 326 74, Galatea
- Temmuz-Aralık Dönemi 2007 : TUG-YT40.07.30 Basvuru No:351, SZ Psc
- Temmuz-Aralık Dönemi 2007 : TUG-YT40.07.32 Basvuru No:353 Duyarlı Yıldız Sıcaklıklarının Spektrel Çizgi Derinlik Oranları Yöntemiyle Bulunması
- Temmuz-Aralık Dönemi 2007 : TUG-RTT150.07.34 Basvuru No:296 Uranüs
- Temmuz-Aralık Dönemi 2007 : TUG-RTT150.07.43 Basvuru No: 315 Duyarlı Yıldız Sıcaklıklarının Spektrel Çizgi Derinlik Oranları Yöntemiyle Bulunması

V- ASTRONOMİK GÖZLEMLER:

1.TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki Gözlemler:

- 6 temmuz-19 temmuz 2006 : TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde - TUG görevlendirmeli DIMM Gözlemleri - (Bir metrelik teleskop için yer seçimi ve hava kalitesi ölçüm çalışmaları)
- Eylül-Aralık 2006 : TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde - TUG görevlendirmeli DIMM Gözlemleri - (Bir metrelik teleskop için yer seçimi ve hava kalitesi ölçüm çalışmaları)
- 29 Mart 2006 Tam Güneş Tutulması, TUG görevlendirmeli - Ilıca Gözlem İstasyonunda TUG grubu - Güneş Koronası ve Kontak Noktası Belirlenmesi Gözlemi
- 22 Aralık 2006 – 06 Ocak 2007 : TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde - TUG görevlendirmeli DIMM Gözlemleri - (Bir metrelik teleskop için yer seçimi ve hava kalitesi ölçüm çalışmaları)

2.Ankara Üniversitesi Gözlemevi'ndeki Gözlemler:

- 2002-2006 : Akanyıldız yağmuru dönemli gözlemleri
- Ocak 2004 –Eylül 2005 : Gece gözlemcisi
- 12 Ağustos 2005: Perseid akan yıldız yağmuru etkinliği
- Yaz yıldız partisi - 2005
- 18 Haziran 2005: Halk günü etkinliği
- Gökyüzü bahar şenliği - 2005
- Kış yıldız partisi - 2005
- 08 Haziran 2004 , Venüs geçisi
- 04 Mayıs 2004 , Ay tutulması
- 07-15 Mayıs 2004 , NEAT - Kuyruklu yıldız yeçişi

3.İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü ve İstanbul Üniversitesi Gözlemevi

- İstanbul Üniversitesi Gözlemevi-Güneş gözlemleri(2007-)
- 21.02.2008 Tam Ay Tutulması – İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Caddebostan Sahil İstasyonu
- 23 Mayıs 2008 Gece Gözlemi, Görevlendirme
- 29-30 Mayıs 2008 AAK Mayıs Etkinlikleri, Görevlendirme

VI- KATILDIĞI BİLİMSEL TOPLANTILAR:

- XIII. Ulusal Astronomi Toplantısı, Katılımcı, 02-06 Eylül 2002, Antalya.
- XIV. Ulusal Astronomi Kongresi, Katılımcı, 31 Ağustos-04 Eylül 2004, Kayseri.
- XIV. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, Bildiri, 31 Ağustos-04 Eylül 2004, Kayseri
- “Amatör Astronomi Sempozyumu”, 25-26 Haziran, 2005, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- “Extra Solar Planetary Systems”,17-23 Ekim 2005, Max Planck Enstitüsü, Almanya.

- “29 Mart 2006 Tam Güneş Tutulması ve Astronominin Fen Bilimleri Eğitimindeki Yeri Sempozyumu”, 27-29 Mart 2006, Meryan Otel, Manavgat, Antalya.
- “Uluslararası Katılımlı I. Didiplinlerarası Kaos Sempozyumu, Kaos ve Karmaşık Sistemler”; 12-13 Mayıs 2006, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul
- XV. Ulusal Astronomi Kongresi, Bildiri, 28 Ağustos-2 Eylül 2006, İstanbul
- XV. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, Bildiri, 28 Ağustos-2 Eylül 2006, İstanbul
- “İlk ve Orta Öğretimde Yer ve Gök Bilimlerinin Bugünü ve Yarını” Sempozyumu, 04-05 Kasım 2006, İstanbul
- “Uluslararası Katılımlı Amatör Astronomi Sempozyumu ve Amatör Teleskop Yapımı Çalıştayı”, 10-17 Temmuz, 2007, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, Türkiye – Düzenleme Kurulu Üyesi
- 5. Matematik Mantık Felsefe Sempozyumu 1-6 Eylül 2007 Foça-İzmir
- “Practical School on Spectroscopy”, 22-27 Ekim 2007, Bulgaristan Bilimler Akademisi, Astronomi Enstitüsü - Bulgaristan Ulusal Astronomi Gözlemevi, Rozhen – Bulgaristan
- 30. Uluslararası Genç Astronomlar Okulu (The 30th International School For Young Astronomers - ISYA) 1-22 Temmuz 2008, İstanbul, Türkiye
- XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, 8-12 Eylül 2008, Çankale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
- V. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 8-12 Eylül 2008, Çankale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

VII- VERDİĞİ SEMİNERLER :

- “Uzay Araştırmaları Tarihi” , 12 Nisan 2003 , Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Ankara
- “Uzay Araştırmaları Tarihi”, Nisan 2004, Uzay Araştırmaları Dersi, AÜ Astronomi ve Uzay Bilimleri, Ankara.
- “Uzay Araştırmaları Tarihi”, 11 Eylül 2004, TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi 7. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent, Antalya

- “Uzay Araştırmaları Tarihi”, Nisan 2005,Uzay Araştırmaları Dersi, AÜ Astronomi ve Uzay Bilimleri, Ankara.
- “Uzay Araştırmaları Tarihi”, Nisan 2006,Uzay Araştırmaları Dersi, AÜ Astronomi ve Uzay Bilimleri, Ankara.
- “Gökyüzünde Gezinti” 12 Haziran 2007 Kültür Koleji “10. Bilim, Teknoloji ve Sanat Proje Günleri / Yaşam Projeleri”
- “Güneş-Dışı Gezegen Sistemleri” 18 Ağustos 2007, 10. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Uludağ-Bursa
- İstanbul Bilim Merkezi-Uzay Atölyesi Eğitmenliği Haziran-Eylül 2007 (7-14 yaş grubu öğrenciler)
- İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Galaksiler Dersi – “Galaksiler” sunumu - 2008
- İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Amatör Astronomlar Kulübü seminerleri - “Felsefe Küllerindeki Astronomi Tohumları” seminer - 2008
- İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Amatör Astronomlar Kulübü seminerleri - “Uzay Araştırmaları Tarihi” seminer - 2008
- İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Amatör Astronomlar Kulübü Mayıs Etkinlikleri – “Uzay Araştırmaları” seminer - 2008
- Yeni Yüksektepe Kültür Derneği- “Evrendeki Yerimiz”- Konferans – 31 Mayıs 2008
- Kültür İlköğretim Okulu 11. Bilim,Teknoloji ve Sanat Proje Günleri – “Gökyüzünün Gizemi” 3 Haziran 2008
- Hisar Eğitim Vakfı Okulları(HEV) – 1.HEV Gözlem Şenliği- “Evrendeki Yerimiz” 4 Haziran 2008 Konferans
- Harran Üniversitesi - 1.Gökyüzü Gözlem Şenliği, 17 Ekim 2008 – Gökyüzünün Tanıtımı ve Gözlem Bilgileri, Őanlıurfa, Türkiye

VIII- KATILDIğI TOPLANTI VE DİğER ETKİNLİKLER:

- ARKEOASTRONOMİ Semineri, Nisan 2003, ODTÜ, Ankara.
- “Uluslararası Uzay Teknolojileri” Fuar ve Konferansı, SPACEAN, 06-08 Mayıs 2003 ODTÜ, Ankara
- “Evrenbilim Konferansları; Doç, Dr. Bayram Tekin, 2004, ODTÜ., Ankara.
- “Evrende Yalnız mıyız?” konferansı, 2004, AÜ Gözlemevi, Ankara.
- “Evrende Yalnız mıyız?” konferansı, 2005, AÜ Hukuk Fakültesi, Ankara.
- TÜRKSAT gezisi 2005, Ankara
- INTA SpaceTurk-Uydu YER Takip İstasyonu gezisi 2006

IX - TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi Gözlem Şenlikleri:

- 25 Temmuz – 3 Ağustos : 11. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent, Antalya – Uzman
- 17-19 Ağustos 2007 : 10. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Uludağ,Bursa – Uzman
- 18-20 Ağustos 2006 : 9. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent,Antalya – Uzman
- 12-14 Ağustos 2005 : 8. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent,Antalya – Uzman
- 10-12 Eylül 2004 : 7. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent,Antalya – Uzman
- 22-24 Ağustos : 6. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent,Antalya -ASART
- 30 Ağustos-1 Eylül 2002 : 5. Gökyüzü Gözlem Şenliği, Saklıkent,Antalya