

HD 58552 Yıldızının Kimyasal Bolluk Analizi: Bir Kimyasal Tuhaf Yıldız Adayı

Şengül Yalçın¹ Aslı Elmaslı Akçar¹

¹Ankara Üniversitesi, Ankara-TÜRKİYE



Amaç

Bu çalışmada, A-tayf türünden bir yıldız olan HD 58552'nin yüksek çözünürlüklü tayfsal verileri kullanılarak kimyasal bolluk analizi yapıldı. Literatürde bu yıldızla ilgili ayrıntılı bir tayfsal çalışma bulunmamaktadır. HD 58552'nin tayfında gözlenen elementlerin bollukları hesaplandı ve Güneş bolluğuna göre dağılımları incelendi. Elde edilen bulgulara göre HD 58552'nin kimyasal tuhaf bir yıldız olup olmadığı değerlendirildi.

Yöntem

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde yer alan RTT150 teleskobuna bağlı Coude tayfçeleriyle yıldızın tayfı elde edildi. 3900-8000 Å dalgaboyu aralığını kapsayan tayfın gözlemsel verileri IRAF programı kullanılarak indirildi.

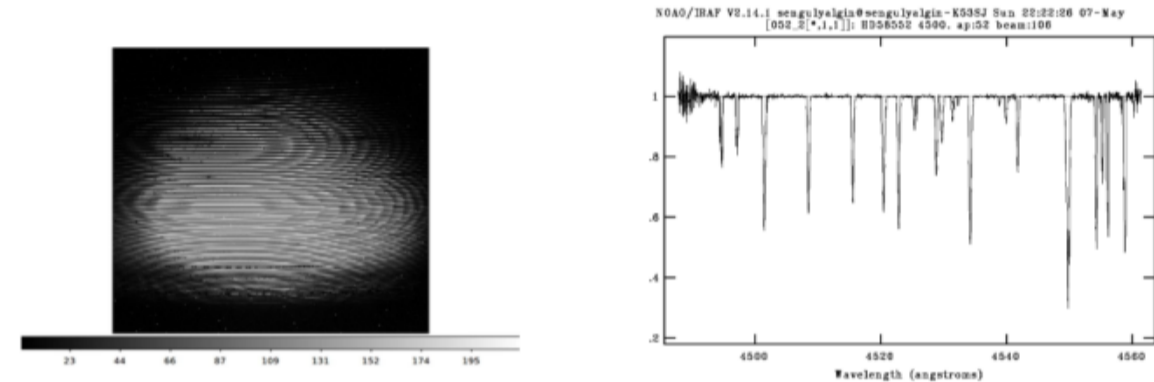


Figure 1. TUG Tayfı

Figure 1: Soldaki TUG tayfı ham görüntüyü gösterirken, sağdaki ise ön-indirgeme, dalgaboyu kalibrasyon, dikne hız ölçümü ve Doppler düzeltme yapılmış Normalized edilmiş tayfı göstermektedir.

Dönme Hızı ($v \sin i$): Kuramsal tayf ile gözlemsel tayf özellikle Fe, Si, Ti ve Cr gibi sayıca fazla soğurma çizgileri ile karşılaştırıldı. Dönme hızı uygun hale gelene kadar kuramsal tayfın dönme hızı BinMag programında $v \sin i$ iterasyonu ile yapıldı. HD 58552'nin dönme hızı 16 km s^{-1} olarak belirlendi.

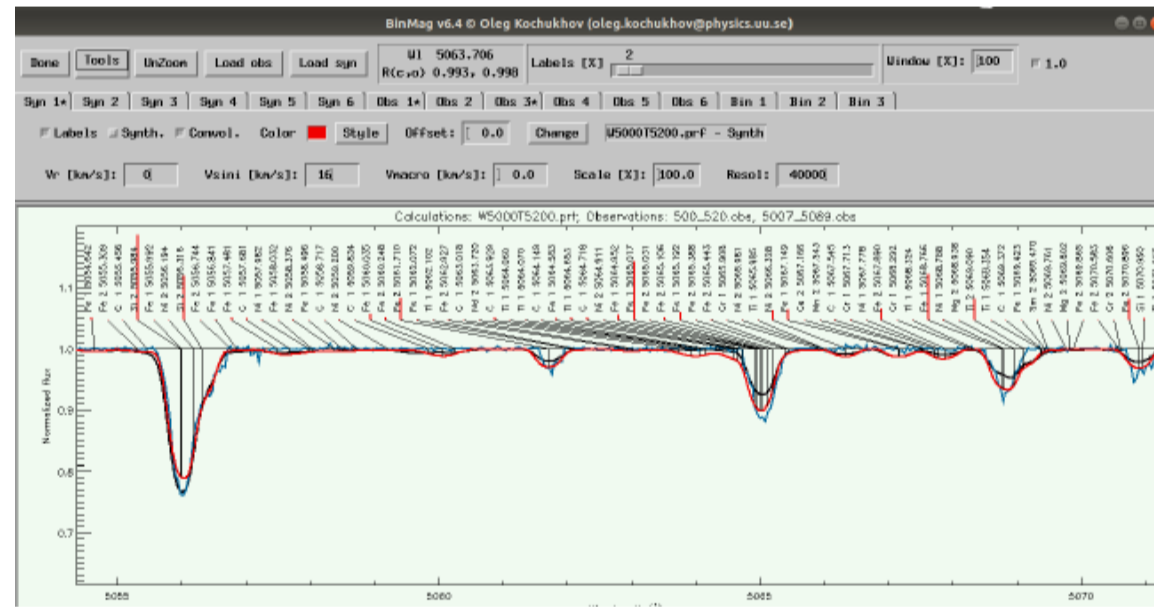


Figure 2. HD 58552 yıldızının $v \sin i$ değerinin BinMag programında gösterimi

Çizgi tanısı ve eşdeğer genişlik ölçümü: VALD veri tabanından elde edilen çizgi listesi ve literatürdeki yıldız atmosfer parametreleri kullanılarak, synth3 ile oluşturulan kuramsal tayflar yardımıyla, BinMag IDL programında çizgi tanısı yapıldı ve eş zamanlı olarak ilgili çizgilerin eşdeğer genişlikleri ölçüldü.

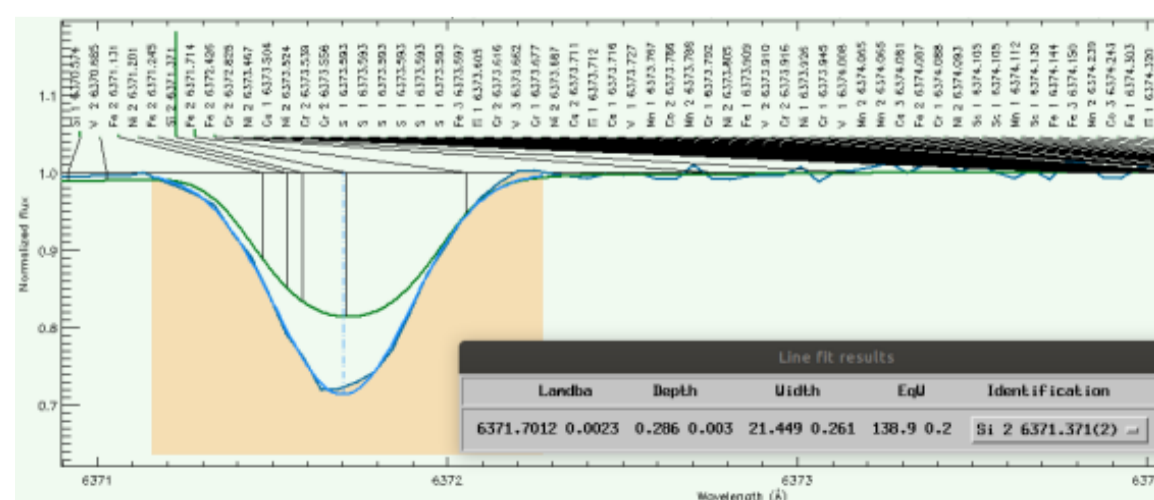


Figure 3. BinMag ile çizgi tanısı ve eşdeğer genişlik ölçümü

Atmosfer parametrelerinin tayfsal olarak belirlenmesi

Mikrotürbülans hızı (ξ): Eşdeğer genişliğe (EW) göre bolluk trendinin değişmediği, diğer bir deyişle EW-bolluk grafiğinde eğimin sıfıra en yakın olduğu bölge dikkate alınır. Ölçüm için sayıca en fazla değere sahip olan Fe I çizgilerinin eşdeğer genişlik ölçümleri WIDTH9 koduna uyarlandı. Mikrotürbülans değerleri serbest parametre olarak alınıp sıcaklık ve log g değerleri sabit tutuldu.

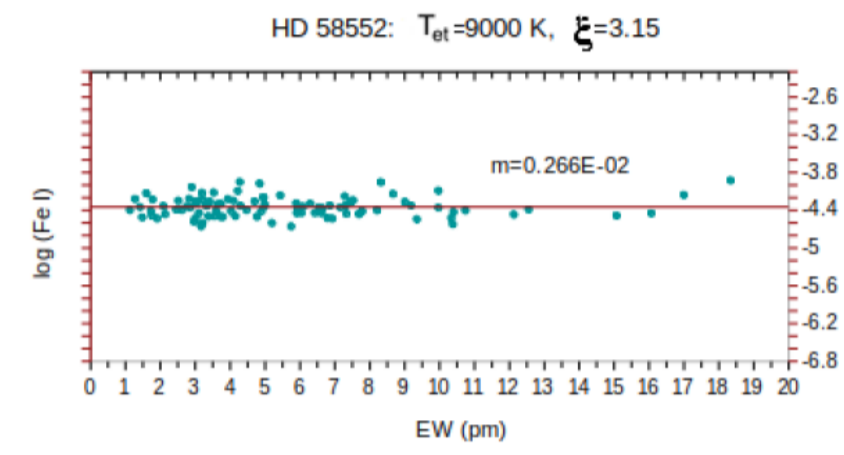


Figure 4. HD 58552'nin mikrotürbülans hızının elde edildiği eşdeğer genişliğe karşı bolluk log (Fe I) grafiği

Etkin sıcaklık (T_{et}): Atomik uyarılma potansiyeli yönteminde, birbirinden farklı uyarılma potansiyeli taşıyan çizgilerin hesaplanmış bolluklarına göre en fazla trend gösterdiği (sıcaklıktan bağımsız olduğu) bölge dikkate alınır. LTE durumunda uyarılma potansiyeli Etkin sıcaklık ile aynıdır. Fe I bolluğuna karşı uyarılma potansiyeli grafiklerinde, eğimin sıfıra en yakın olduğu sıcaklık değerinin elde edildiği grafiğe ulaşılanaya kadar, küçük aralıklar verilerek farklı sıcaklıklarda model atmosferleri oluşturuldu.

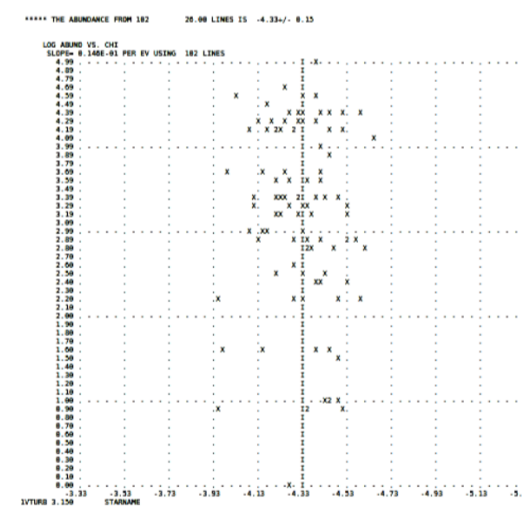


Figure 5. Sıcaklığın elde edildiği uyarılma potansiyeline karşı demir bolluğu grafiği

Yüzey çekim ivmesi (log g): İyonizasyon dengesi yönteminde bir elementin ardışık oluşan iki iyonizasyon seviyesindeki çizgilerinden hesaplanmış bollukların aynı değere denk gelmesi durumu Saha Denklemi ile açıklanır. İyonlaşmadan ileri gelen bu denge durumu yıldızın atmosferindeki basıncın değerine bağlı olduğundan, yıldız atmosferlerinde ışınım basıncı, diğer bir deyişle yüzey çekim ivmesi hesaplamalarında kullanılır.

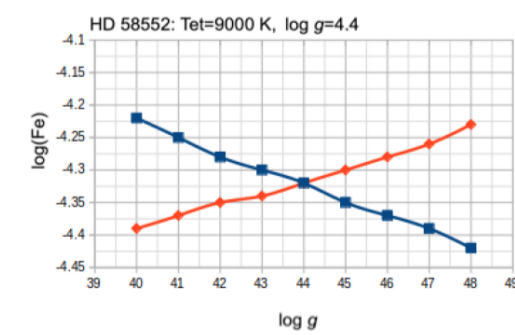


Figure 6. Fe I/Fe II iyonizasyon dengesi ile log g belirlenmesi.

Parametre	Değer
T_{et} (K)	9000 ± 150
log g (dex)	4.4 ± 0.1
ξ (km/s)	3.2 ± 0.5

Table 1. HD 58552 yıldızının tayfsal yöntemle hesaplanan atmosfer parametreleri.

Kimyasal Bolluk Analizi

Tayfsal olarak belirlenen atmosfer parametreleri değerleri ile ATLAS9 kodları kullanılarak HD 58552 yıldızı için uygun atmosfer modeli oluşturuldu. Bütün elementler için ayrı ayrı, her bir çizginin eşdeğer genişliğinin ve merkezi dalgaboyu değerlerinin bulunduğu girdi dosyaları oluşturuldu. WIDTH9 kodu ile yıldızın kimyasal bolluk analizi gerçekleştirildi.

- Eşdeğer genişlik yöntemi,** Bu çalışmada, yıldızın tayfında yer alan C I, O I, Na I, Mg I, Si I, Si II, S I, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Fe I, Fe II, Ni I, Sr II, Y II ve Ba II element ve iyonlarının eşdeğer genişlik ölçümlerinden bolluk değerleri hesaplandı.
- Aşırı ince yapı sergileyen elementler:** Mn, Sc, V, Ba ve Y gibi tek sayılı proton taşıyan elementlerin elektronları çekirdekleriyle çok kutuplu etkileşime girerler ve bu durum söz konusu elementlerin ince yapı bölünmesi (hfs) sergilemelerine neden olur. Çizgi genişlemesine etkisi çok küçük olsa da eşdeğer genişlik ölçümlerinde hatalara sebep olabilir. Bu elementlere yönelik analizler için hfs sergileyen elementleri içeren Kurucz veri tabanı kullanılarak, SYNTHES kodu ile oluşturulan kuramsal tayfların bolluk değerleri gözlemsel veriler ile örtüşme sağlanana kadar değiştirildi.

Elde edilen **bollukların hata hesabı** yapılar Güneş bollukları ile karşılaştırılarak yıldızın kimyasal sınıfı tartışıldı.

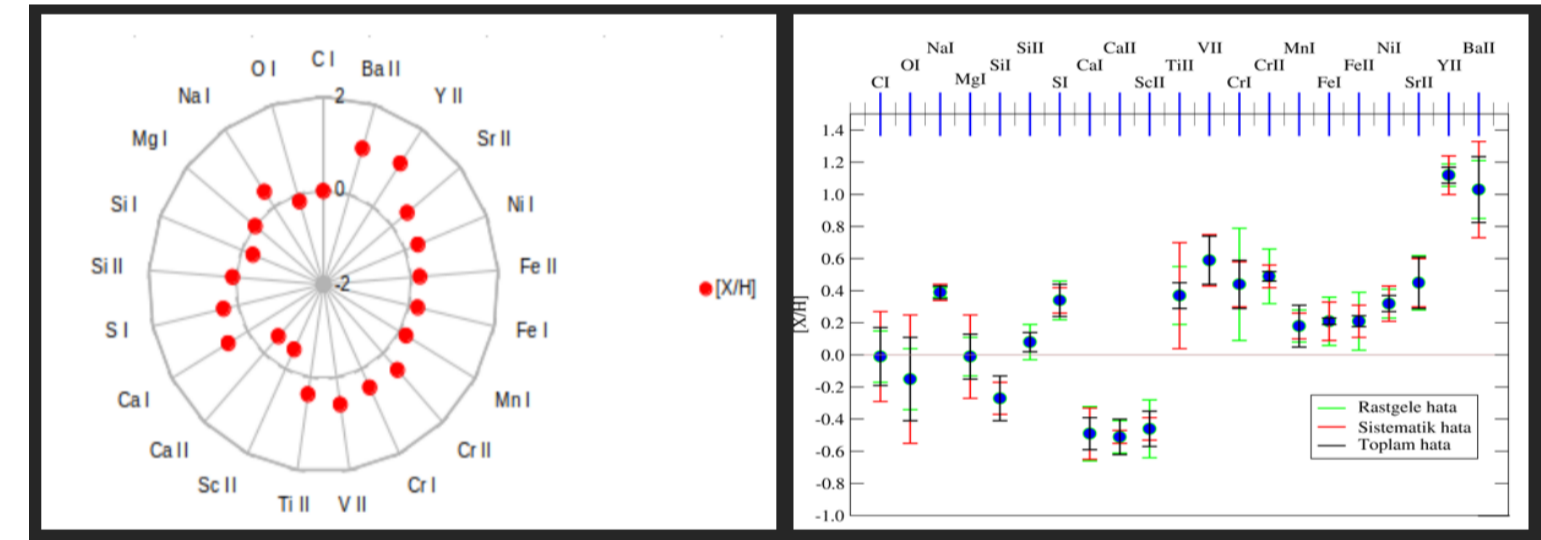


Figure 7. HD 58552 yıldızının Güneş'e göre bolluk değerleri.

HR diyagramı.

Bir yıldızın paralaks (π), görünen parlaklık (m_v), renk artığı (E(B-V)) ve T_{et} değerleri bilindiği takdirde, söz konusu yıldızın mutlak parlaklığı (M_v), ışınım gücü (L_{\odot}) hesaplanabilmekte, yıldızın kütlesi ve yaşı H-R diyagramı üzerinde belirlenebilmektedir. Böylece yıldızın evrim durumuna dair bilgi edinmek mümkündür. $m_p = 6.377 \pm 0.01$, π (mas) 11.4741 ± 0.05 , E(B-V) 0.02, A_v 0.062, T_{et} 3.95 ± 0.01 .

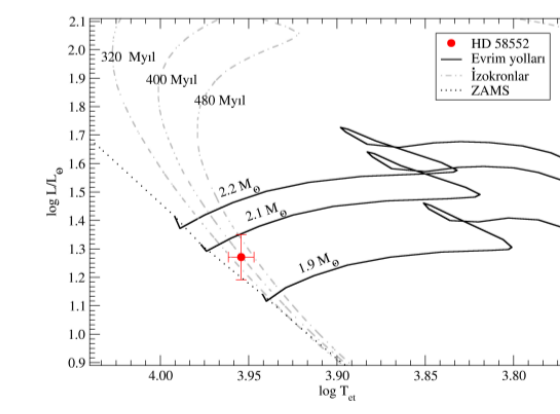


Figure 8. HR Diyagramı

Parametre	Değer
M_v	1.615 ± 0.03
log L/L_{\odot}	1.27 ± 0.08
Kütle (M/M_{\odot})	2.06 ± 0.09
Yaş (Myıl)	400 ± 80

Table 2. HD 58552 yıldız parametreleri

Sonuç

Bolluk analizi

Bu çalışmada HD 58552 yıldızının ilk kez ayrıntılı olarak kimyasal bolluk analizi gerçekleştirildi. HD 58552 yıldızının dönme hızı ($v \sin i$) $16 \pm 2 \text{ km s}^{-1}$ olarak belirlendi. v_{helio} $20.03 \pm 2 \text{ km s}^{-1}$ olarak hesaplandı.

HD 58552 yıldızın sınıflandırması

Sc ve/veya Ca çizgileri metalik çizgili (Am türü) kimyasal tuhaf yıldızlarda aynı tayf türündeki yıldızlardan beklenen sıcaklığa göre daha zayıf olmaktadır. HD 58552 yıldızında skandiyumun Güneş'e göre bolluğu -0.46 dex olup bu değer Güneş'e göre daha fakirdir. Ayrıca -0.51 dex olarak ölçülen kalsiyum bolluğu da Güneş'e göre daha düşük bir değer göstermiştir. HD 58552 yıldızının Ca ve Sc bolluğu bakımından Güneş'e göre fakir olması, ayrıca demir grubu elementler ile ağır elementlerin Güneş'e göre zengin olması, bu yıldızın bir metalik çizgili kimyasal tuhaf yıldız olduğunu işaret etmektedir.

Diğer Am türü yıldızlar ile karşılaştırması

HD 58552 yıldızının bolluk değerleri, Am yıldızları olan HR 7250 (Elmaslı vd. 2018), HD 318091 (Kılıçoğlu vd. 2016) ve HD 33266 (Çalışkan vd. 2015) yıldızlarının Güneş'e göre bollukları ile karşılaştırıldı ve yıldızın bolluk değerlerinin Am türü yıldızlarla uyumlu olduğu gözlemlendi. HD 58552 yıldızının kimyasal bolluk dağılımı, bu yıldızın bir metalik çizgili kimyasal tuhaf yıldız olabileceğini göstermektedir.

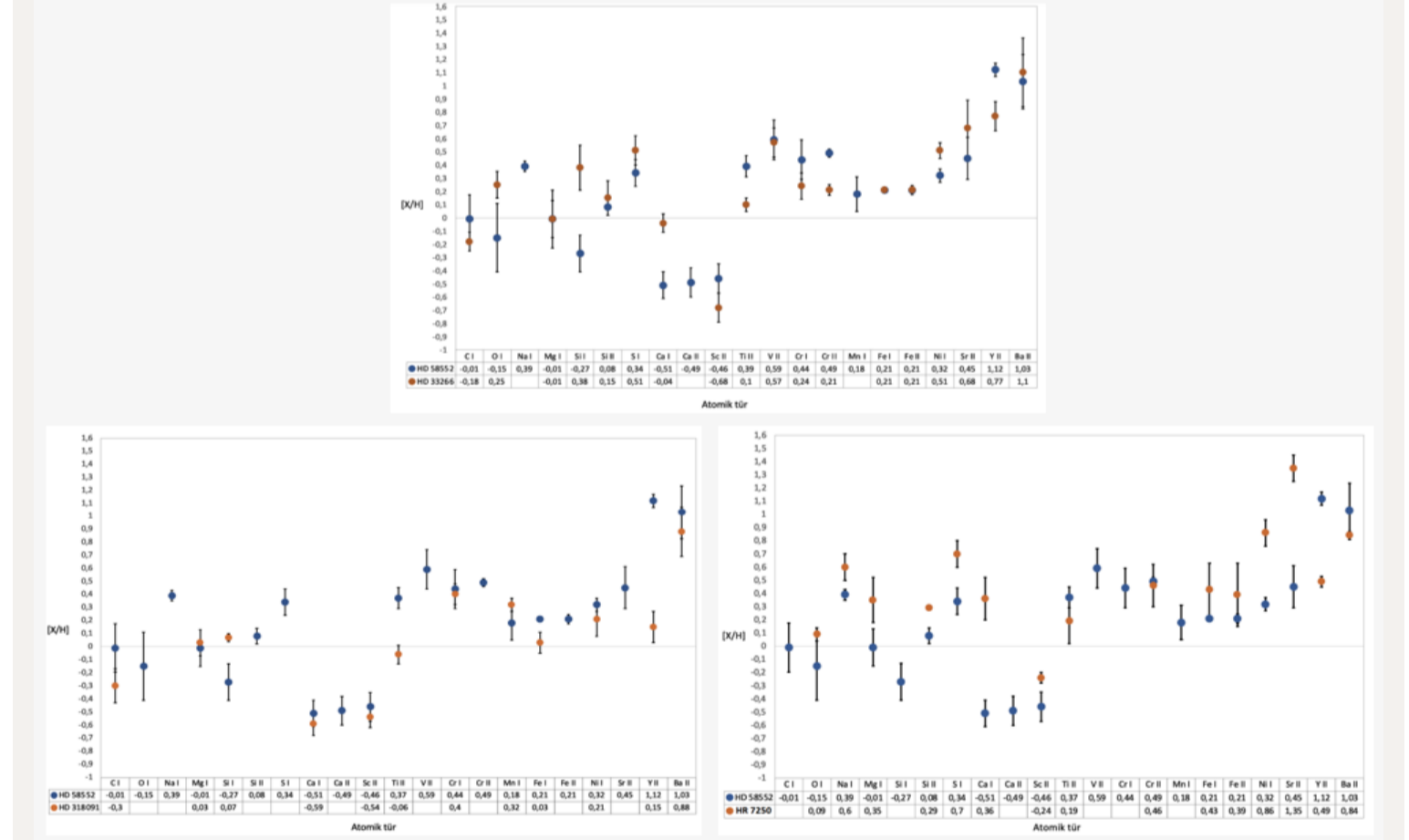


Figure 9. HD 58552'nin HD 33266, HD 318091 ve HR 7250 yıldızları ile karşılaştırması

Diğer yıldız parametreleri

HD 58552 yıldızının ışınım gücü $\log L/L_{\odot} = 1.27 \pm 0.08$ olarak hesaplandı. Kütle değeri Kütle (M/M_{\odot}) = 2.06 ± 0.09 , yaşı ise 400 ± 80 Myıl olarak belirlendi. Yıldızın kütle değeri MTGR (Kılıçoğlu, 2021) ilişkisi ve parametreleri kullanılarak hesaplandı ve H-R diyagramında belirlenen kütle ile uyum gösterdiği doğrulandı.

Referanslar

Şengül Yalçın Yüksek Lisans Tezi: A-Tayf Türünden HD 58552 Yıldızın Kimyasal Bolluk Analizi