

KIRMIZI YATAY KOL ALAN YILDIZLARININ KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

**Melike AFŞAR¹, Zeynep BOZKURT¹, Gamze BÖCEK TOPCU¹,
Gizem ŞEHİTOĞLU¹, Christopher SNEDEN²
(¹Ege Üniversitesi - ²Texas Üniversitesi)**

SUNUM İÇERİĞİ

- GİRİŞ
- GEREÇ VE YÖNTEM
- KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ
- SONUÇLAR

GİRİŞ

TÜBİTAK-112T929 proje

Gökadanın ince-disk, kalın-disk ve halo bölgesinden seçilmiş 300'den fazla RHB adayı yıldızın yüksek çözünürlüklü tayfı

Amaç:

- Seçilen yıldızların model atmosfer parametreleri (T_{eff} , $\log g$, $[\text{Fe}/\text{H}]$, ξ_t)
- Kimyasal element bollukları (Fe, Ti, Ca, Si, Ni, Cr, C, N, O,...)
- Uzaklık bilgisi mevcut olanların uzay hızları – kinematik inceleme-Gökada konumları
- Dikine hız ölçümü, Evrimsel durum incelemesi, Gökada kimyasal evrimi

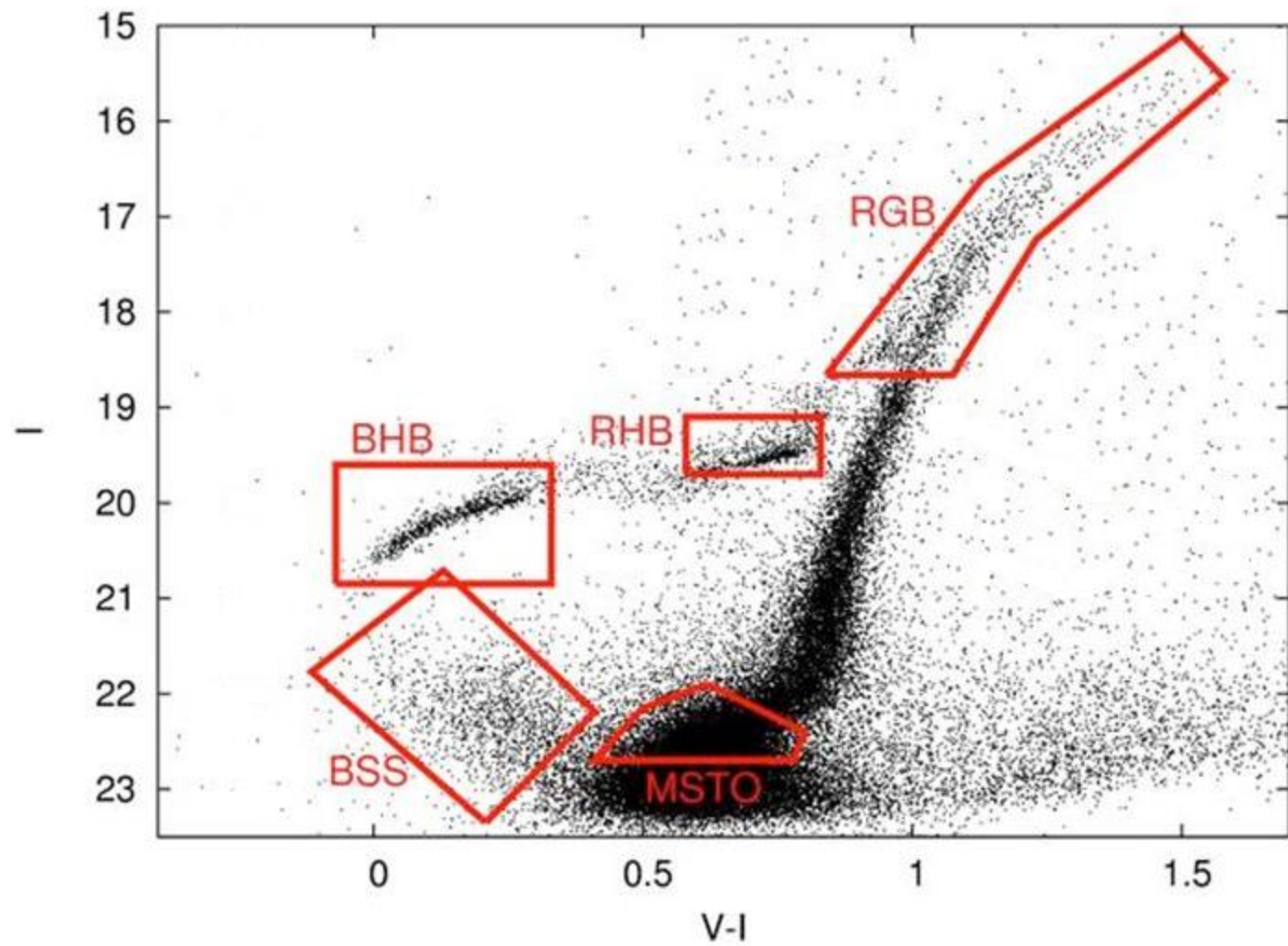
GİRİŞ

RHB Yıldızları:

- HR-diyagramında kararsızlık kuşağı ile RC'lar arasında
- RC'lar gibi çekirdeğinde He-yakan ama daha sıcak, küçük kütleli ve düşük metal bolluklu

Yatay kol üzerindeki konum,

- Başlangıç kütlesi
- RGB'de kaybedilen kütle miktarı
- Metal bollukları
- Yaş, helyum bolluğu ve dönme hızları...



GİRİŞ

Yatay kol üyeleri sıcak  soğuk,

- Uç (extreme) HB
- Mavi HB
- RR Lyrae
- Kırmızı HB (RHB)
- Kırmızı yığın (red clump, RC)

Rose (1985),

- Gökada diskindeki RHB yıldızları, düşük çözünürlüklü tayf ve ışıkölçüm verisi, RHB'ler kalın-disk üyesi

GİRİŞ

Gökadamızın yapısı,

- merkez bir şişim bölgesi
- ince-disk
- kalın-disk
- halo

İnce-disk: farklı kütlelerden genç ve metalce zengin yıldızlar

Kalın-disk: daha küçük kütleli, metalce fakir ($-0.5 \geq [\text{Fe}/\text{H}] \geq -1.5$)

Halo yıldızları: metalce oldukça fakir ($[\text{Fe}/\text{H}] < -1.5$) küçük kütleli

GİRİŞ

Kalın-disk yıldızları,

- Kinematik ve kimyasal bollukları açısından ince-disk üyelerinden ayırt edilebilirler
- Kalın-disk yıldızları α -elementlerince zengin ([Mg, Si, Ca/Fe] > 0)

Tautvaišienė vd. (2001), 13 yıldız

- O ve Mg gibi elementlerce zengin
- $^{12}\text{C}/^{13}\text{C} \sim 3-6$ gibi çok düşük izotop oranı (CN-çevrimi ile H yanması belirteci. ~ 3.4 olan CN-denge değerine yakın, Sneden vd., 1986).

$^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$,

- ince-disk Öbek-I dev: 15-25 (Lambert ve Reis, 1981)
- “yaşlı disk” dev : 10-20 (Cottrell ve Sneden, 1986)

GİRİŞ

Afşar vd. (2012),

- 76 RHB adayı, Gökada alan yıldızı, detaylı kimyasal bolluk analizi, 18 RHB
- $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$: 6-20, evrimleşmiş yıldız
- 18 RHB yıldızından 13 tanesi ince-disk üyesi !!!

GİRİŞ

Açıklama:

- Girardi (1999), başlangıç kütleleri $\sim 2.2 M_{\odot}$ olan yıldızlardan evrimleşmiş, çekirdekde He-yakma evresi ?

Bu varsayımın doğrulanması için Gökadamızda bulunan ve merkezinde He-yakma aşamasında olan çok sayıda yıldızın incelenmesine ihtiyaç var

GEREÇ VE YÖNTEM

Gökadamızın tüm bileşenlerindeki RHB yıldızlarını kapsayacak şekilde 300'den fazla aday seçilmiştir

Seçim kriterleri:

- tayf türü yaklaşık G5-K2 aralığında
- ışıtma sınıfı III
- görsel parlaklığı $V \leq 14^m$
- uzaklığı bilinen adaylar için salt parlaklığı $M_v \sim 0$ ile -1 aralığında
- olası kalın disk veya halo üyesi adaylar için ise Gökada enlemi yüksek olan yıldızlar
- V-K renk sıcaklığı

GEREÇ VE YÖNTEM

Gözlemler:

- McDonald Gözlemevi'nde bulunan 2.7m HJT (Harlan J. Smith) teleskobuna bağlı COUDE tayfçekeri ($R=60,000$)
- 9.2m HET (Hobby-Eberly Telescope) teleskobuna bağlı “High- Resolution Fiber-Coupled (HRS)” tayfçekeri ($R=60,000$)

Teleskopların aletsel parlaklık sınırları:

- HET teleskobu için $V = 14^m$
- HJT teleskobu için $V = 11^m$

GEREÇ VE YÖNTEM

Gözlemler,

- 2011-2014 yılları arası
- Dalgaboyu kalibrasyonu ThAr lambda tayfı
- $S/G \geq 100$
- indirgeme IRAF
- tellürik standardı, B-A tayf türleri aralığında, hızlı dönen ($V_{\text{rot}} > 100 \text{ km/s}$)

KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Kimyasal bolluk analizi,

- MOOG (Snedden 1973)

- ATLAS9 (Castelli ve Kurucz 2003) model atmosferleri

MOOG,

- LTE (Local Thermodynamic Equilibrium) çizgi analizi ve tayf sentezi yapabilen kimyasal bolluk analizi kodudur

- İki yöntem kullanır: EW ve sentetik tayf analizi

KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Fe I, Fe II, Ti I ve Ti II bollukları (EW ölçüm) ve bu bollukların kullanılması ile temel atmosfer parametreleri (T_{eff} , $\log g$, $[M/H]$ ve ξ_t) elde edilmiştir.

İterasyonu başlatan giriş sıcaklık değerleri

- renk (Ramirez ve Melendez 2005)
- LDR (Line Depth Ratio, Gray ve Brown 2001)

sıcaklıklarının ortalaması

KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

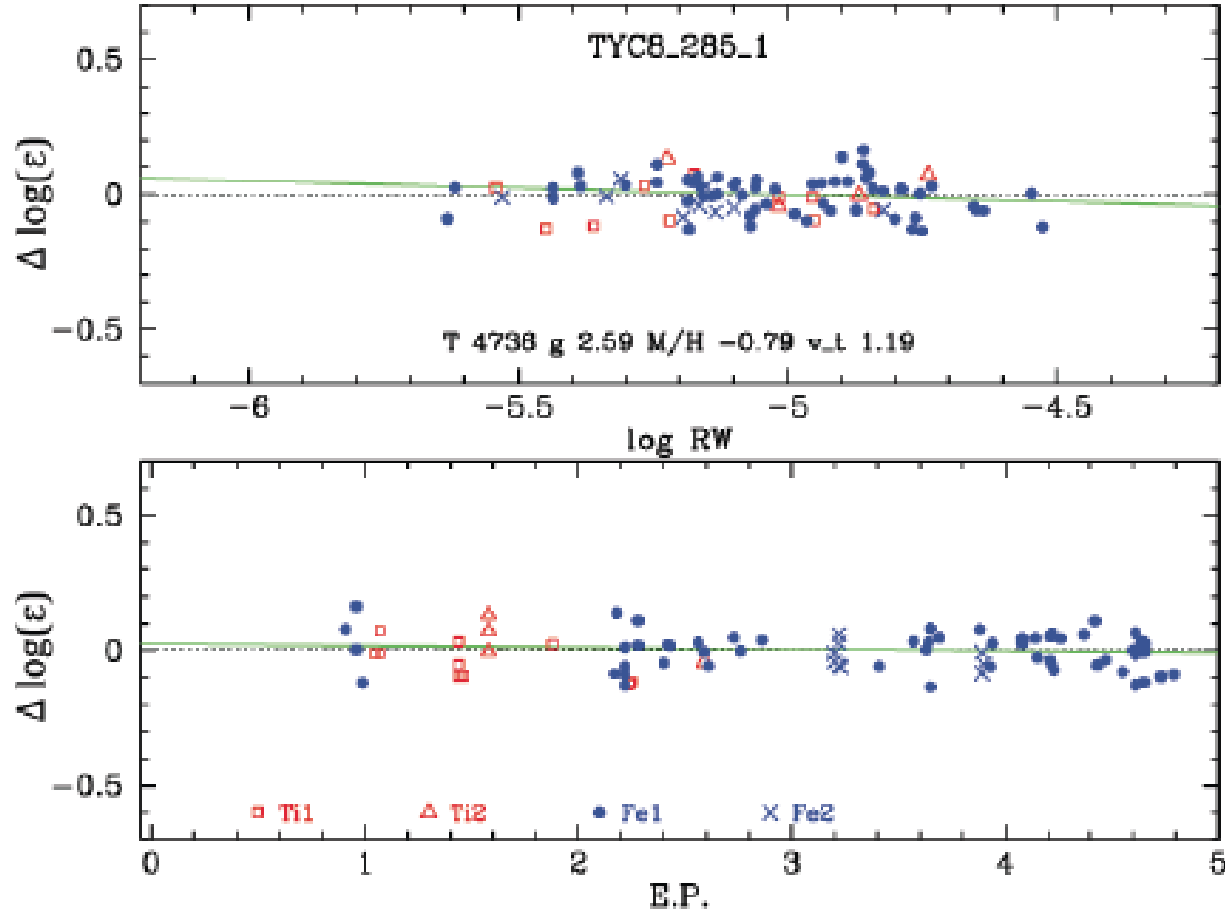
Başlangıç yüzey çekimleri uzaklık bilgisi bulunan yıldızlar için aşağıdaki eşitlik kullanılarak (yıldız kütleleri $1 M_{\odot}$ varsayılmıştır)

$$\log g_{\star} = 0.4 (M_{V\star} + BC - M_{\text{Bol}\odot}) + \log g_{\odot} + 4 \log\left(\frac{T_{\text{eff}\star}}{T_{\text{eff}\odot}}\right) + \log\left(\frac{m_{\star}}{m_{\odot}}\right)$$

Dev yıldız varsayımı: $\log g \sim 2.5$

Metallilik: Güneş bolluğu

Mikrotürbülans hızı : 1.2 km/s (dev yıldız ortalaması)



TYC 8-285-1 yıldızının Fe I (mavi noktalar), Fe II (mavi çarpılar), Ti I (kırmızı kareler) ve Ti II (kırmızı üçgenler) soğurma çizgileri kullanılarak elde edilen model atmosfer çözümü: Üstteki panelde yatay eksen indirgenmiş genişlik (Reduced Equivalent Width), alttaki panelde ise uyartılma potansiyelidir (Excitation Potential). Düşey eksenler ise bolluk miktarından olan uzaklaşmadır, $\Delta \log(\epsilon)$.

Çizelge. RHB adayı olarak seçilen yıldızlardan 20 tanesine ilişkin model atmosfer parametreleri

Sayı	Yıldız adı	T_{eff} (K)	$\log g$	ξ_t (kms ⁻¹)	[M/H]
1	HIP 19349	5040	2.57	1.24	-0.22
2	HIP 23949	5060	2.55	1.25	-0.24
3	HIP 43559	4985	2.36	1.31	-0.36
4	HIP 44087	5010	2.52	1.33	-0.40
5	HIP 44716	4981	1.83	1.45	-1.01
6	HIP 50835	4998	2.46	1.44	-0.51
7	HIP 52689	5074	2.78	1.30	-0.11
8	HIP 53014	5032	2.72	1.24	-0.24
9	HIP 57214	4887	2.57	1.28	-0.13
10	HIP 57586	5091	2.13	1.06	-0.32
11	HIP 60613	4210	1.46	1.47	-0.75
12	HIP 60806	5098	2.04	1.72	-1.03
13	HIP 61649	5343	1.94	2.06	-0.49
14	HIP 62747	4845	2.01	1.19	-1.48
15	HIP 64378	4357	1.81	1.35	-0.37
16	HIP 65582	5117	2.67	1.26	-0.21
17	HIP 65723	4814	2.07	1.47	-0.54
18	HIP 71837	4898	2.53	1.37	-0.35
19	HIP 47435	5330	3.12	1.33	-0.27
20	14 Tau	4747	2.16	1.42	-0.41

KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Model atmosferleri diğer elementlerin (Ca, Si, Ni, Cr, C, N, O gibi) bolluklarını belirlemek için kullanılmıştır.

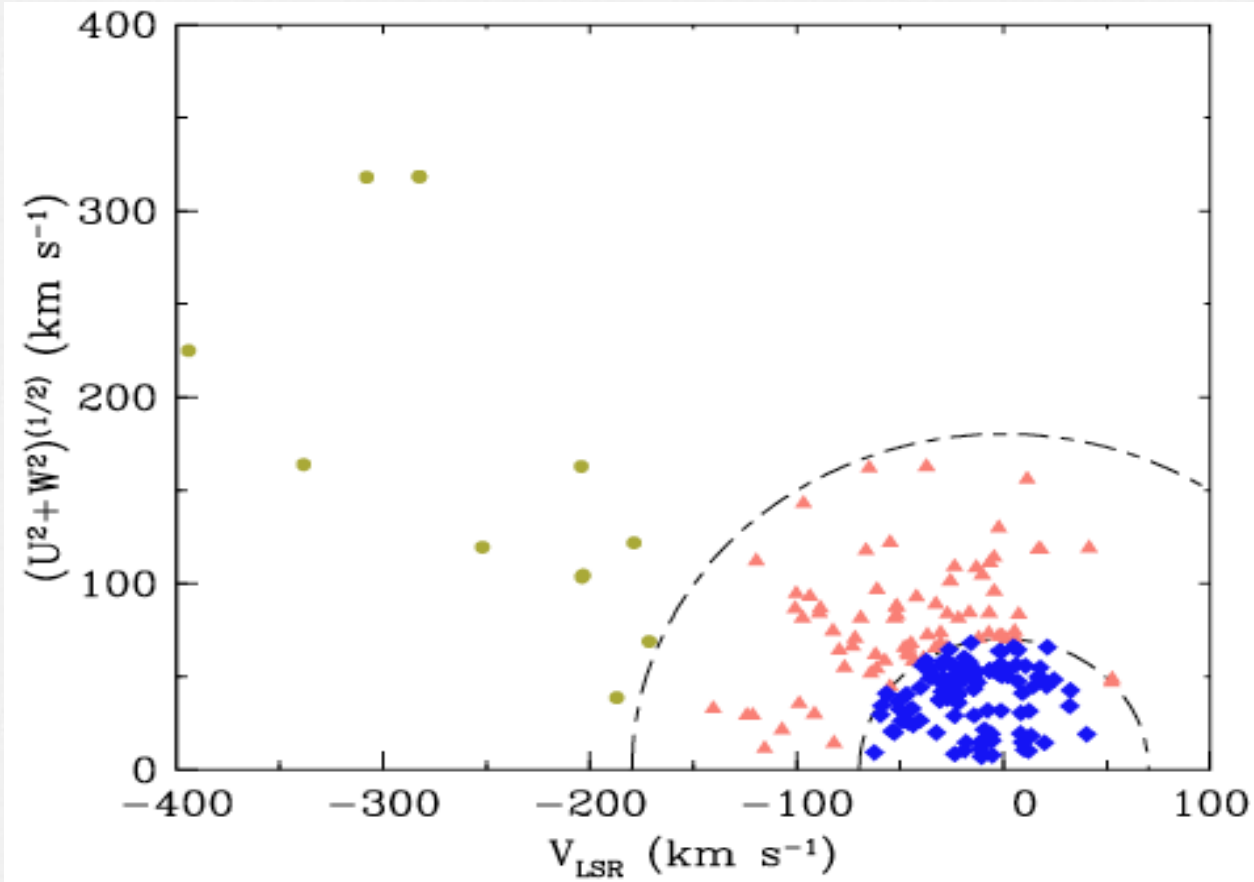
Yapısında çok ince-yapı içeren ya da başka bir atomik veya moleküler çizgi ile karışmış olduğu için EW ölçümü yapılamayan elementlere (C, N, O gibi) sentetik tayf analizi (MOOG-*synth*) uygulanarak bolluk belirlenmiştir.

KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Yıldızların bollukları Güneş bollukları ile karşılaştırılarak fark bollukları incelenmiştir.

-Güneş bollukları Kurucz vd. (1984)'un Güneş atlası kullanılarak, proje yıldızlarına uygulanan aynı yöntemlerle hesaplanmıştır.

Model atmosferleri belirlenen yıldızlardan uzaklık bilgisi bulunanlar için uzay hızları (U , W , V) hesaplanarak (Johnson ve Soderblom 1987) kinematikleri incelenmiştir



Uzaklığı bilinen yıldızlar için Toomre diyagramı. Kesikli çizgiler sırasıyla $V_{\text{tot}}=70$ km/s ve $V_{\text{tot}}=180$ km/s hızlarına karşılık gelmektedir. $V_{\text{tot}} < 70$ km/s ince disk (kareler), $70 \text{ km/s} < V_{\text{tot}} < 180 \text{ km/s}$ kalın disk (üçgenler), $V_{\text{tot}} > 180$ km/s ise halo (dolu daireler) bileşeni olan yıldızlar için uzay hızı sınır değerleridir

SONUÇLAR

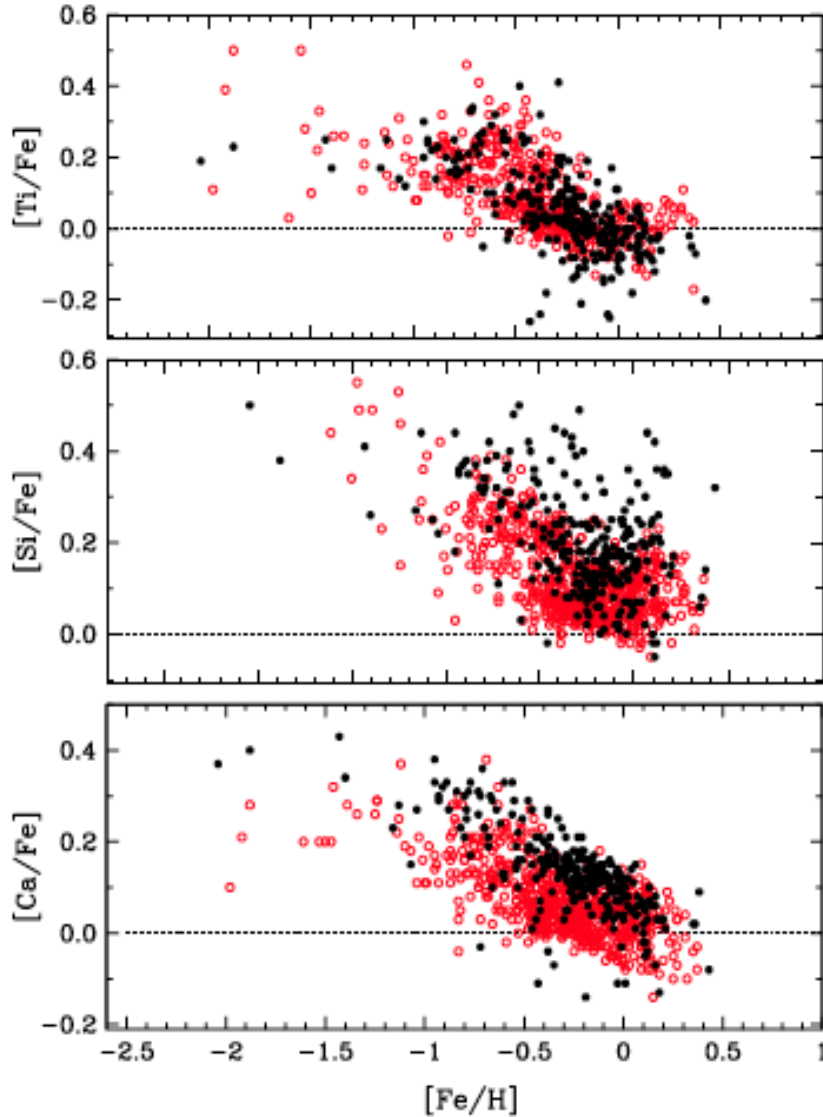
- Yaklaşık 300 kadar RHB adayının model atmosferleri belirlenebilmiştir

Model atmosferlerin belirlenememe nedenleri:

- bu yıldızlarda tayfsal çiftlik,
 - hızlı dönme sonucu çizgi genişlemesi
 - S/N oranının istenilen düzeyde olmaması
-
- Seçilmiş bazı elementlerin (Fe, Ti, Ca, Si, Ni, Cr, C, N, O, gibi) bollukları belirlenmiştir.
-
- Yıldızlardan pek çoğu için literatürde ilk kez dikine hız hesabı yapılmıştır

SONUÇLAR

- Uzaklık bilgisi bulunmayan yıldızlardan 40 kadarının, SIMBAD veri tabanında dev olarak sınıflandırılmış olsalar bile, aslında anakol yıldızı oldukları bulunmuştur.
- Gözlenen yıldızların yaklaşık %50'nin RHB ve RC aşamasında olduğu önerilmiştir.
- Uzaklıkları bilinen yıldızların (~210) Gökada kinematikleri incelenmiştir.



α -Element incelemesi

Proje yıldızlarının $[\alpha/Fe]$ - $[Fe/H]$ grafikleri. Gözlem verileri (siyah noktalar) literatürden toplanan veriler (kırmızı içi boş daireler) ile karşılaştırılmaktadır.

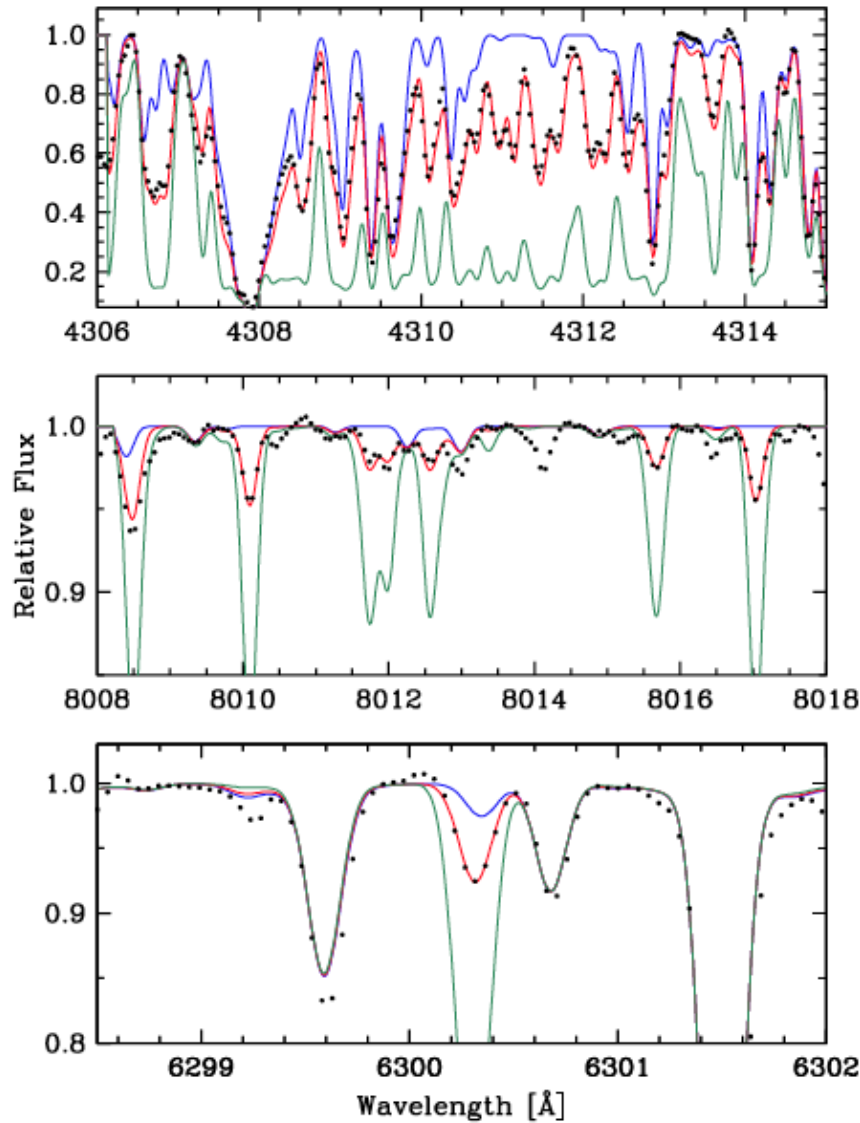
SONUÇLAR

★Gözlenen CNO bollukları,

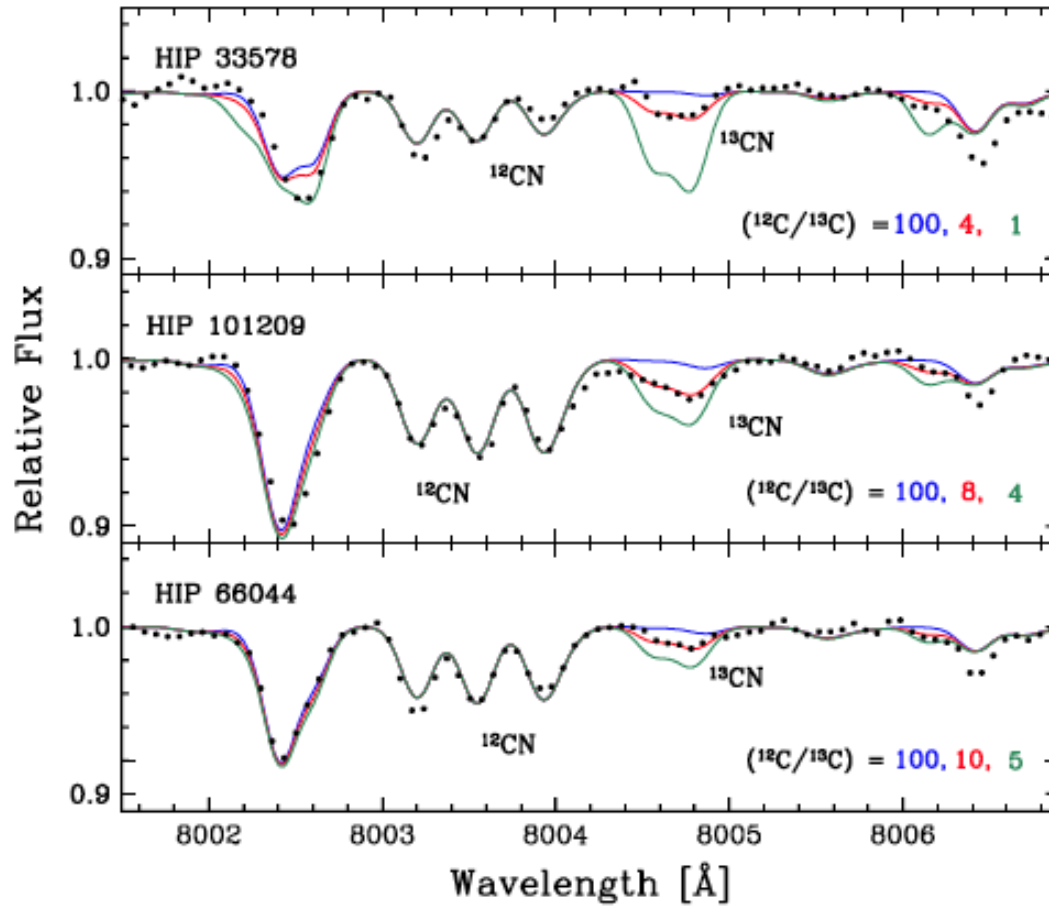
- ^{12}C , ^{13}C ve ^{14}N bollukları ^{12}CN ve ^{13}CN çizgileri (8000-8040 Å bölgesi) kullanılarak karbon izotop ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) değişiminden bulunabilir

-Karbon bolluğu, 4300 Å bölgesindeki G bandı (CH bandı) ve C_2 Swan (5165, 5635 Å)

-Oksijen bolluğu [O I] 6300 Å'deki yasaklanmış oksijen çizgisinden



HIP 33578'in C bolluğunun belirlendiği G-bandı bölgesi (en üst panel), N bolluğunun belirlendiği CN bölgesinin bir kısmı (orta panel) ve O bolluğunun belirlendiği [O I] 6300 Å bölgesi (alt panel). $\log \epsilon(\text{C})=7.31$, $\log \epsilon(\text{N})=8.19$ ve $\log \epsilon(\text{O})=8.37$



Üç RHB adayı yıldızın $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ oranları ve bu oranların belirlendikleri ^{12}CN ve ^{13}CN bölgeleri.

SONUÇLAR

HIP 33578 ($T_{\text{eff}}=5208$ K, $\log g= 3.1$, $[M/H]=-0.32$, $\xi_t=1.13$ km/s)

- $^{12}\text{C}/^{13}\text{C} = 4$
- $[C/Fe]=-0.95$ ve $[N/Fe]=0.24$ Karbon
- Ekstra-karışım (örn. Charbonnel 1994)

Gelecek çalışma:

- Bu çalışma ile RHB oldukları tespit edilen yıldızların yüksek çözünürlüklü kızılöte tayf gözlemi ve bolluk analizi devam ediyor...

TEŞEKKÜRLER...