

# Güneş Civarındaki F-G Tayf Türü Anakol Yıldızlarından Radyal Metal Bolluğu Gradyenti

Olca Plevne<sup>1\*</sup>, Tansel Ak<sup>2</sup>, Salih Karaali<sup>2</sup>, Selçuk Bilir<sup>2</sup>, Serap Ak<sup>2</sup>,  
Z. Funda Bostancı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul

## Özet

Bu çalışmada, RAVE konsorsiyumu tarafından hazırlanan ve 2014 yılında kullanıma sunulan RAVE-DR4 (Kordopatis ve diğ. 2013) kataloğundan F-G tayf türündeki anakol yıldızları seçilerek Galaksimizin ince disk bileşeni için radyal metal bolluğu gradyenti araştırılmıştır. Seçilen yıldızların atmosfer model parametreleri ve radyal hızları RAVE-DR4, öz hareket verileri UCAC4 kataloğundan alınmış ve yıldızların mutlak parlaklıkları Bilir ve diğ. (2008)'nin ışımaya gücü-renk ilişkisinden elde edilmiş ve Pogson bağıntısı kullanılarak uzaklar hesaplanmıştır. Bu veriler yardımıyla güncel kütle çekimsel potansiyeller kullanılarak yıldızların uzay hızları ve Galaktik yörünge parametreleri belirlenmiştir. Seçilen yıldızların Galaktik yörünge ve atmosfer model parametrelerine sınırlamalar getirilerek saf bir ince disk yıldız örneği oluşturulmuş ve bu örnek için zayıf bir metal bolluğu gradyenti hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** galaxies: abundances, Samanyolu, Galaksiler, Kozmoloji

## 1 Giriş

Metal bolluğu gradyenti, Samanyolu'nun yapısının ve evriminin anlaşılmasında kullanılan en önemli araçlardan biridir. Günümüzde yapılan gökyüzü taramaları bu amaç doğrultusunda bizlere veriler sağlayarak araştırmalarımızda yardımcı olmaktadır. Bu gökyüzü taramalarının en çok bilinenleri şu şekilde sıralanabilir; Two-Micron All Sky Survey Genova-Copenhagen Survey (GCS; Nordström ve diğ. 2004), (2MASS; Skrutskie et al. 2006), RAdial Velocity Experiment (RAVE; Steinmetz ve diğ. 2006), Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration (SEGUE; Yanny ve diğ. 2009), the Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope (LAMOST; Deng ve diğ. 2012; Zhao ve diğ. 2012).

Metal bolluğu gradyenti farklı gök cisimleri için hesaplanabilir. Literatüre bakıldığında, bu nesnelerin gezegenimsi bulutsular, dev yıldızlar, cüce yıldızlar, değişen yıldızlar, açık kümeler, küresel kümeler vb. olabildiği görülmektedir. Metal bolluğu gradyenti Galaksi merkezinden uzaklaştıkça metal bolluğunun değişimini gösterir. Bu gradyentin hesaplanabilmesi için kullanılan nesnenin hem metal bolluğu hem de uzaklığının bilinmesi gerekmektedir. Galaksimizdeki farklı türden gök cisimleri dikkate alındığında Samanyolu'nun oluşumunu ve kimyasal evrimini gösteren bir parametre olan metal bolluğu gradyentinin nesneye bağlı olarak değişmemesi beklenir. Bu çalışmada, Galaktik metal bolluğu gradyentinin belirlenmesi için RAVE DR4 (Kordopatis ve diğ. 2013) veri setinden seçilen F-G tayf türü anakol yıldızları kullanılmıştır.

## 2 Veri Setleri

Bu çalışmada kullanılan anakol yıldızları RAVE DR4 kataloğundan seçilmiştir. RAVE programı yıldızların atmosfer model parametreleri ( $[M/H]$ ,  $[Fe/H]$ ,  $\log g$ ,  $T_{eff}$ ) ve radyal hızları tespit etmiştir. Çalışmada kullanılan yıldızların verileri koordinat

**Çizelge 1.** İnce disk yıldızlarının farklı  $Z_{max}$  değer aralıkları için gradyentleri.

$Z_{max}$ (pc)	$d[Fe/H]/dR_m$ (dex/kpc)	$N$	$d[M/H]/dR_m$ (dex/kpc)	$N$
$\leq 825$	$-0.081 \pm 0.029$	2680	$-0.060 \pm 0.012$	3153
$\leq 500$	$-0.083 \pm 0.030$	2491	$-0.063 \pm 0.011$	2935
500 – 800	$-0.048 \pm 0.037$	183	$-0.028 \pm 0.057$	212
800 – 1000	$+0.112 \pm 0.059$	22	$+0.138 \pm 0.056$	29
1000 – 1500	$+0.114 \pm 0.140$	18	$-0.034 \pm 0.137$	23
1500 $\geq$	--	5	--	5
Toplam	--	2719	--	3199

bilgilerine göre 2MASS ve UCAC4 (Zacharias ve diğ. 2013) katalogları ile eşleştirilerek, yıldızların  $JHK_s$  parlaklıkları ve öz hareket verileri belirlenmiştir. Buldukları doğrultudaki renk artıkları IPAC (Schlafly ve Finkbeiner 2011) veri tabanındaki kızarma haritaları kullanılarak tayin edilmiştir. Bilir ve diğ. (2008)'nin çalışmalarında bahsetmiş olduğu yöntem kullanılarak program yıldızlarının kızarma ve uzaklıkları eş zamanlı olarak belirlenmiştir.

RAVE kataloğunda F-G tayf türündeki anakol yıldızlarını belirlemek için, yıldızların yüzey sıcaklıklarına ve yüzey çekim ivmelerine sınırlamalar getirmiştir. Yüzey sıcaklıklarının seçiminde (Cox 2000)'un verdiği  $5310 \leq T_{eff}(K) \leq 7310$  sıcaklık aralığı dikkate alınırken, yüzey çekim ivmesinin belirlenmesinde Ekström ve diğ. (2004)  $Z_{\odot} = 0.014$  bolluğu için verdiği kütle yollarından elde edilen ZAMS ve TAMS sınırları arasındaki anakol bölgesinde kalan ve sinyal/gürültü oranı  $SNR \geq 40$  olan yıldızlar (14927 adet) seçilmiştir.

## 3 Veri Analizi

Seçilen yıldızların yakın kızılötesi mutlak parlaklıkları, Bilir ve diğ. (2008)'nin  $JHK_s$  fotometrisinde tanımladıkları ışımaya gücü-renk ilişkisi kullanılarak tayin edilmiş, uzaklıklar da elde edilen mutlak parlaklıklar ve Pogson bağıntısı yardımıyla hesap-

\* olcayplevne@gmail.com

**Çizelge 2.**  $e_p > 0.10$  ve  $SNR \geq 40$  kriterlerine uyan yıldızlardan elde edilen farklı  $Z_{max}$  değerleri için gradyentleri.

$Z_{max}$ (pc)	$\langle [Fe/H] \rangle$ (dex)	$d[Fe/H]/dR_m$ (dex/kpc)	$N$	$\langle [M/H] \rangle$ (dex)	$d[M/H]/dR_m$ (dex/kpc)	$N$
$\leq 500$	-0.045	$-0.011 \pm 0.007$	3251	-0.032	$-0.001 \pm 0.004$	3695
500 – 800	-0.066	$-0.002 \pm 0.004$	539	-0.055	$-0.009 \pm 0.004$	644
800 – 1000	-0.062	$-0.008 \pm 0.015$	133	-0.080	$-0.007 \pm 0.014$	164
1000 – 1500	-0.108	$+0.029 \pm 0.014$	108	-0.070	$+0.005 \pm 0.009$	133
1500 $\geq$	--	--	76	--	--	95
Toplam	--	--	3304	--	--	3818

lanmıştır. Seçilen F-G anakol yıldızlarının uzay hız bileşenleri ( $U, V, W$ ) ve Galaktik yörünge parametreleri ( $Z_{max}, e_p, e_v, R_a, R_p$ ), koordinat, radyal hız, uzaklık ve öz hareket verilerinden itibaren, Galpy python kütüphanesi (Bovy 2014) yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğimizdeki yıldızlar Güneş komşuluğundaki yakın anakol yıldızlarından oluştuğu için, metal bolluğu gradyentinin hesaplanmasında yıldızların bugünkü uzaklıklarının kullanılması doğru sonuçlar vermez. Yıldızların evrimleri de dikkate alındığında, yıldızların Galaktik merkezden ortalama uzaklıklarının kullanılması gradyentleri daha anlamlı kılmaktadır. Bunun için  $R_m = (R_a + R_p)/2$  şeklinde tanımlanan ve Galaktik merkezden ortalama uzaklık olan  $R_m$  değeri kullanılmıştır.

Metal bolluğu gradyentinin analizlerinde kullanılacak ince disk yıldızlarının seçiminde, yörüngesinin Galaktik diskten maksimum dik uzaklığı  $Z_{max} \leq 825$  pc ve yörünge dış merkezliliği  $e_p \leq 0.1$  kriterlerine uyan ince disk yıldızlarının sayısı 3153'tür. Metal bolluğu gradyentinin hesabında örneğimizde yer alan yıldızların metal ve demir bollukları dikkate alınarak iki farklı bolluk için gradyent hesabı yapılmıştır.

#### 4 Bulgular

Seçilen yıldızların demir ve metal bolluğu gradyentleri farklı  $Z_{max}$  aralıkları için hesaplanarak Çizelge 1'de listelenmiştir. Görüldüğü gibi  $Z_{max} \leq 825$  pc olan tüm ince disk yıldızları için demir ve metal bolluğu gradyentleri hata mertebeleri içinde eşittir ve dikkate değer bir gradyent mevcuttur. Bu gradyentler ince diskten beklenen gradyentler ile uyumludur.

İnce disk için  $Z_{max} \leq 500$  pc sınırı dikkate alınırsa hesaplanan gradyentlerin değişmediği görülmektedir. Daha büyük  $Z_{max}$  değerlerine karşılık gelen yükseklik aralıklarında demir ve metal bolluğu gradyentleri hızla azalmakta ve hatta pozitif bir gradyent ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte söz konusu  $Z_{max}$  aralıklarındaki yıldız sayılarının çok az olması, bu aralıklar için verilen sonuçların istatistik güvenilirliklerini azaltmaktadır.

Anakol yıldızı olarak seçilen örnek sadece ince disk yıldızlarını barındırmayabilir. İnce disk yıldızlarının seçimi için kullanılan  $e_p \leq 0.1$  kriterinin tam aksine  $e_p > 0.1$  şartını sağlayan örnek içinde kalın disk veya az sayıda halo yıldızı bulunabilir. Bu yıldızlardan elde edilen demir ve metal bolluğu gradyentleri Çizelge 2'de verilmiştir. Örnek içinde metal bolluğu bilinen yıldızların sayısı 3818'dir.

Kalın disk veya halo yıldızı olarak seçilen örneğin demir ve metal bolluğu gradyentlerine bakıldığında (Çizelge 2) gradyentlerin hata mertebeleri içinde birbirinin neredeyse aynı olduğu ve belirgin bir gradyentin olmadığı görülmüştür. Galaktik diskten dik uzaklık arttıkça gradyent değerleri pozitif değerlere kaymakta fakat aynı zamanda yıldız sayıları belirgin bir şekilde azaldığı için istatistiksel güvenilirlik azalmaktadır.

#### 5 Tartışma ve Sonuç

Çalışma sonucunda farklı yükseklikler için elde edilen gradyent değerleri Çizelge 1 ve 2 ile verilmiştir. Galaksi diskten yüksekliğe bağlı olarak elde edilen gradyent değerleri, Galaksinin farklı bileşenlerinden izler taşımaktadır. Çalışmada  $e_p$  ve  $Z_{max}$  parametreleri popülasyon ayrımı için kullanılmıştır. Bu ayrımlar sonucunda elde edilen gradyentler seçilen örneklerin üyesi olduğu Galaksi bileşeni için literatürde verilen değerlere yakın ve uyumlu olup, ait buldukları Galaktik bileşenin kinematik ve kimyasal özelliklerini taşımaktadır. Bu çalışmada ince disk yıldızlarının seçiminde kullanılan Galaktik yörünge parametrelerinin, seçiminde etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 114F347 no'lu ve İstanbul Üni. Bilimsel Araştırma Projeleri 48027 no'lu projelerince desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Ak, T., Bilir, S., Özdönmez, A., Soyduğan, F., Soyduğan, E., Püsküllü, Ç., Ak, S., Eker, Z., 2015, Ap&SS  
 Bilir, S., Karaali, S., Gilmore, G., 2006, MNRAS, 366, 1295  
 Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Cabrera-Lavers, A., Coşkunoglu, K. B., 2008, MNRAS, 390, 1569  
 Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Önal, Ö., Dağtekin, N. D., Yontan, T., Gilmore, G., Seabroke, G. M., 2012, MNRAS, 421, 3362  
 Boeche, C., ve diğ., 2013, A&A, 559A, 59  
 Boeche, C., ve diğ., 2014, A&A, 568A, 71  
 Bovy, J., 2014, 2014arXiv1412.3451B  
 Coşkunoglu, B., Ak, S., Bilir, S., Karaali, S., Önal, Ö., Yaz, E., Gilmore, G., Seabroke, G. M., 2012, MNRAS, 419, 2844  
 Cox, A. N., 2000. Allen's astrophysical quantities, New York: AIP Press; Springer, Edited by Arthur N. Cox. ISBN: 0387987460.  
 Ekström, S., ve diğ., 2012, A&A, 537, AA146  
 Kordopatis, G., ve diğ., 2013, AJ, 146, 134  
 Nordström B., ve diğ., 2004, A&A, 418, 989  
 Schönrich, R., Binney, J., 2009, MNRAS, 396, 203  
 Schlafly, E.F., Finkbeiner, D.P., 2011, ApJ, 737, 103  
 Skrutskie, M. F., ve diğ., 2006, AJ, 131, 1163  
 Steinmetz, M., ve diğ., 2006, AJ, 132, 1645  
 Yanny, B., ve diğ., 2009, AJ, 137, 4377  
 Zacharias, N., ve diğ. 2004, AJ, 127, 3043  
 Zacharias, N., ve diğ. 2010, AJ, 139, 2184  
 Zacharias, N., ve diğ. 2013, AJ, 145, 44  
 Zhao, G., Zhao, Y-H, Chu, Y-Q, Jing, Y-P, Deng, L-C, 2012, RAA, 12, 723  
 Zhao, G., Zhao, Y-H, Chu, Y-Q, Jing, Y-P, Deng, L-C, 2012, RAA, 12, 735

#### Erişim:

041-1000: UAK-2015 Program --- UAK Bildiri --- Turkish J.A&A.