

Cüce Uydu Galaksilerin Galaksimiz ile Birleştiğine Dair Gözlemsel Bir Delil: Sa 82 Yıldız Alanında Genç Yıldızlar

Yüksel KARATAŞ, Selçuk BİLİR

İ.Ü.F.F., Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34452 - Üniversite -İstanbul
e-mail: karatas@istanbul.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, Basel Astronomi Enstitüsü'nün XIII. numaralı kataloğundan alınan, Galaktik koordinatları ($l = 6^\circ.3$, $b = +66^\circ.3$) ve 1.20 derece karelik SA 82 yıldız alanının $V = 17.50$ limit kadire kadar UBV fotometrisi yapıldı. Alanımızda ayırdığımız Galaksi v.b. nokta kaynakların sayısı 93 tanedir. Alanımızdaki anakol ve dev yıldızların sınıflaması, Karaali ve ark. (1997, 1998) nın çalışmalarındaki deneysel bir yöntem kullanılarak yıldız alanında, $V = 17.00$ görünen kadire kadar sınıflandırılan 82 tane geç tipten dev yıldızın logaritmik uzay yoğunluk fonksiyonu, Gilmore – Wyse (1985) e ait galaksi modeli ile uyuşmakta ve güneş civarında 6.66 değerinde logaritmik bir yoğunluk değeri vermektedir. Bu değer Gliese (1969) e ait 6.64 ve Hipparcos (1999) a ait 6.67 değeri ile uyum içerisindedir. Geriye kalan 413 tane anakol yıldızının mutlak kadirleri ve metal bollukları, Laird ve ark. (1988) nın formülleri ile hesaplanmış, morötesi artığı $\delta(U-B) > 0.25$ değerlerindeki anakol yıldızlarının metal bolluğu ve mutlak kadirleri ise, $\log g = 4.5$ a ait (U-B) – (B-V) iki renk diyagramının metal bolluğu - blanketing vektörleri ve mutlak kadirlerle göre elde edilen kalibrasyonu ile belirlenmiştir.

Anakol yıldızlarının (B-V) – [Fe/H] diyagramı, düzeltilmiş Yale yaş eğrileri (Green ve ark. 1987) geçirilmek suretiyle kalibre edildi. Teorik model atmosfer enerji dağılımlarından itibaren elde edilen Basel Yıldız Kütüphanesi (Lejeune ve Buser, 1999), yeni fiziği içeren Demarque ve ark. (1996) na ait Yale yaş verileri ile birleştirildi. Bu şekilde yaşa göre ifade edilen Basel Yıldız Kütüphanesinden itibaren de (B-V) – [Fe/H] diyagramı kalibre edildi. Renk indeksi – Metal bolluğu diyagramında, özellikle (B-V) < 0.4 değerlerinde $-2 < [Fe/H] \leq -1.5$ ve $-1.5 < [Fe/H] \leq -1.0$ metal bolluğu aralığında 5 ila 10 Gyr. yaş değerlerine sahip metalce fakir mavi (BMP) yıldızların varlığı dikkatimizi çekti. Blanketing vektörleri boyunca mutlak kadirlerle göre kalibre ettiğimiz (U-B) – (B-V) iki renk diyagramında, bu yıldızların M(V) mutlak kadirleri ve galaksi düzleminden itibaren uzaklıkları hesaplandığında, metalce fakir halo yıldızlarının bulunabileceği uzaklıklarda olduğu görüldü.

Örneğimizdeki bu BMP yıldızları, galaksimizin etrafında dolanan Carina cüce galaksisi gibi düşük yoğunluklu cüce uydu galaksilerin (bünyelerinde yıldız ve küresel küme taşımaktadırlar), Galaksimiz ile birleşmesi sürecinde, Galaksimizin gelgit alanı neticesinde, cüce galaksilerden koparılan kalıntılar olabilir (Zinn 1993, 1996 ; Preston ve ark. 1994; Unavane ve ark 1996; Carney 1996).

Galaksimizin halosu nasıl oluştu? Searle – Zinn (1978) tarafından önerilen ve bugünlerde rağbet gören senaryosunda olduğu gibi, gazca zengin parçalar etkileşerek birleşmiş ve evrim geçirmiştir. Bazı parçalar bu birleşmeden kaçmışlar ve Galaksimize bağlı, dolanan cüce uydu galaksileri oluşturmuşlardır. Bunların sayısı, Ibata ve ark. (1994) tarafından keşfedilen Sagittarius ile birlikte 9 tanedir. Bu cüce galaksiler, Sagittarius örneğinde olduğu gibi, Galaksimizin gelgit alanı içerisinde bozulmuş ve alanımızda tespit ettiğimiz genç – orta yaşta yıldızları Galaksimize bırakmış olabilirler.

1. Giriş ve Genel Bilgiler

Sagittarius cüce galaksisinin Ibata ve ark. (1994) tarafından keşfedilmesiyle birlikte, birleşme senaryosu ile galaksimizin halosunun oluşumu tartışmaları yeniden alevlendi.

Zinn (1993, 1996), Norris (1996) haloyu yaşlı ve genç olmak üzere iki alt bileşenle tarif ettiler. Her iki alt bileşende metalce fakir olup, genç halo kinematik olarak ~ -60 km/sn bir retrograt hız değerine, yaşlı halo ise $\sim +60$ km/sn değerinde prograde bir hız değerine sahiptir.

Halonun bu ikili yapısından , galaksimizin yaşlı halosu ELS (1962) tarafından dağınıma uğramış bir çökme ile, genç halosu ise Searle-Zinn (1978) tarafından ileri sürülen küçük

sistemlerin (cüce galaksilerin) birleşmesinden ve evrim geçirmesinden itibaren oluştuğuna dair senaryolar ile açıklanmaya çalışılmaktadır.

Gerek dış haloda metal bolluğunda bir değişimin olmayışı gerekse küresel kümelerin yaş dağılımının olması, halonun ELS'nin ileri sürdüğü gibi 10^8 yıl gibi bir sürede oluşmadığı bunun yerine daha uzun sürede küçük sistemlerin bir araya gelip birleşmesinden itibaren oluştuğu ileri sürülmüştür (Serle-Zinn, 1978). Silk (1985), bu küçük sistemleri $10^6 - 10^8 M_\odot$ kütlelerine sahip gaz bulutları olarak tarif etmekte ve bu yapıları galaksiler için doğal yapı taşları şeklinde yorumlamaktadır. Bu yapılar çekimsel olarak kümeleştiler ve bugünkü dış haloyu oluşturdular. Bunların bir kısmı ise bu kümeleşmeden kaçarak

galaksiye bağlı cüce uydu galaksileri oluşturdular. Bunların sayısı 9 dur (Bak. Bölüm 3.3).

Bu cüce galaksilerin galaksimiz ile birleşmesi sonucunda galaksimize yaptığı katkılar şu şekilde olabilmektedir:

- 1) Cüce galaksiler Galaksiye gaz aktararak veya gaz ile etkileşerek yıldız oluşturabilirler.
- 2) Cüce galaksiler birleşme sürecinde Galaksimize kalıntı bırakabilirler.

Mighell (1997), -1.95 dex ortalama metal bolluğuna sahip Carina cüce galaksisinin Hubble Uzay Teleskobu'ndaki WFPC 2 kamerası ile elde edilen renk – kadir diyagramından yaş eğrileri geçirdiğinde, bu galakside 2 ila 10 Gyr. a kadar uzanan yaşta yıldızlar olduğunu gösterdi ve ortalama yıldız yaşını 6.5 Gyr. olarak verdi. Bu cüce galaksiler galaksimizle etkileştiğinde yapılarındaki bu yıldızları galaksimize bırakarak yıldızlar halosuna bir katkıda bulunabilirler. Bu da, yaş eğrilerine göre kalibre edilmiş renk indeksi – metal bolluğu diyagramında, (B-V)_o < 0.4 renk indeksi değerlerinde (Gilmore, 1987; Unavane ve ark., 1996) kendini gösterir.

Bu çalışmamızın amacı da, Basel Sentetik Yıldız Kütüphanesinden ve küresel kümelerin gözlemlerinden itibaren oluşturduğumuz kalibrasyonlar ile, yüksek galaksi enlemindeki SA 82 yıldız alanında metalce fakir mavi genç yıldızların olup olmadığına bakmak ve Galaksimizin genç halosu için açıklanmaya çalışılan akresyon senaryosunu desteklemektir.

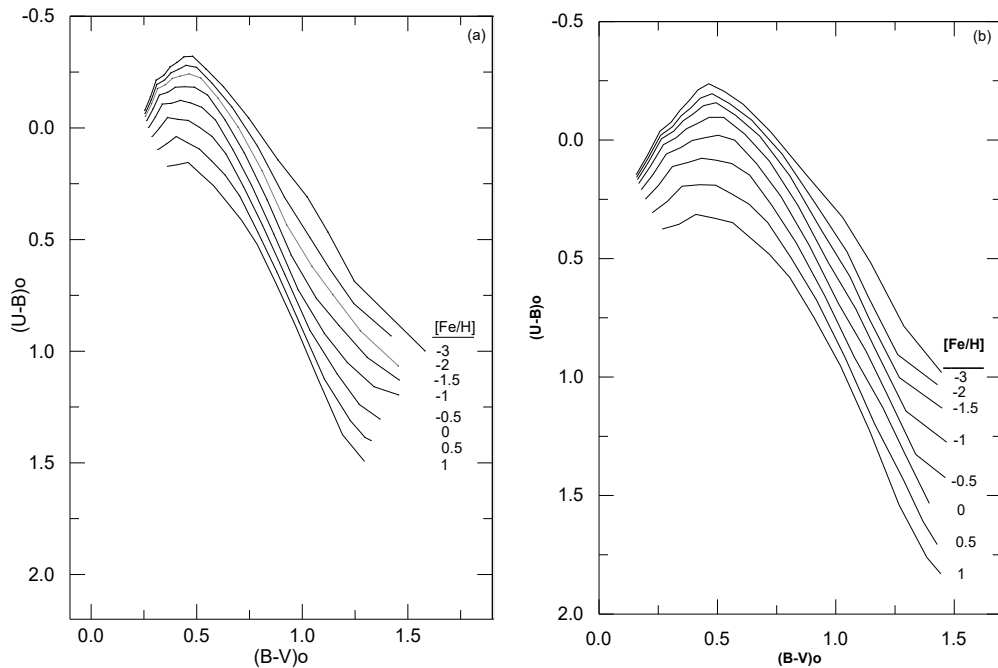
2. Materyal ve Metot

2.1. İki Renk Diyagramları ve Cüce Yıldızların Ayırımı

Teorik model atmosfer spektrumlarından oluşturulan Basel Yıldız Kütüphanesi, Galaksimizdeki yıldızların gözlenen metal bollukları, etkin sıcaklıkları ve yüzey çekim ivmesini kapsayacak şekilde Kurucz (1995), Bessell ve ark. (1989, 1991) ve Fluks ve ark. (1994) e ait model spektrumlarının birleştirilmesinden itibaren elde edildi (Lejeune-Cuisinier-Buser (LCB), 1997). LCB (1997) verilerinden itibaren log g = 3.0 (dev) ve log g = 4.5 (anakol) için (U-B) - (B-V) iki renk diyagramı, [Fe/H] = -3.0, -2.0, -1.5, -1.0, -0.5, 0.0, +0.5, +1.0 değerlerine göre kalibre edildi (Karaali ve ark., 1998) (Şekil 2.1a ve b). Metal bolluğuna göre kalibre edilen (U-B) - (B-V) iki renk diyagramlarında Basel alanlarındaki yıldızların anakol, altdev ve dev tiplerine ayırımı Karaali ve ark. (1997,1998) tarafından deneysel olarak uygulanmasından iyi sonuç alınan ve bu toplantıda Plaut I, SA 54 ve SA 133 yıldız alanlarına ait çalışmalarda verilen kaynaklarda açıklandığı gibi yapılmıştır.

2.2. Metal Bolluğu ve Mutlak Kadir Tayini

Metal bolluğu ve mutlak kadir tayininde iki farklı yöntem izlenmiştir:



Şekil 2.1. a ve b Lejeune ve ark. (1997) nin sentetik (U-B), (B-V) verilerinden itibaren log g = 4.5 (anakol) ve log g = 3.0 (dev) için metal bolluğuna göre kalibre edilen (U-B), (B-V) iki renk diyagramları.

- a) Hyades anakoluna göre $\delta(U-B)$ morötesi artığı, $\delta \leq 0.25$ ($[Fe/H] \geq -1.75$ dex) olan anakol yıldızlarının metal bolluğu ve $M(V)$ mutlak kadiri, Laird, Carney, Latham (1988) (bundan sonra LCL) tarafından kullanılan ve birçok araştırmacı tarafından uygulanan (örneğin GWJ) formüller ile hesaplanmıştır:

$$[Fe/H] = 0.11 - 2.90\delta - 18.68\delta^2 \quad (1)$$

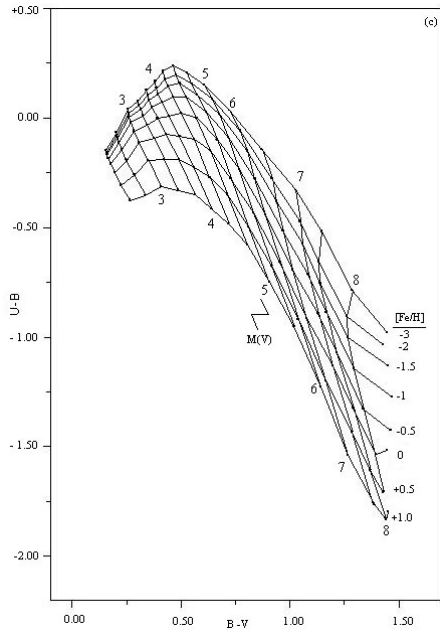
$$\Delta M_V^H = \left[\frac{2.31 - 1.04(B-V)}{1.594} \right] [-0.6888\delta + 53.14\delta^2 - 97.004\delta^3] \quad (2)$$

(1) formülü Carney (1979) tarafından elde edilmiştir. Burada δ , $B-V = 0^m.60$ renk indeksine dönüştürülmüş morötesi artığı, ΔM_V^H ise mutlak kadiri hesaplanmak istenen yıldızın mutlak kadiri ile aynı (B-V) renk indeksine karşılık gelen Hyades anakoluna ait $M(V)$ mutlak kadiri arasındaki farktır. Hyades anakolu için mutlak kadir ile (B-V) renk indeksi arasındaki bağıntı,

$$M_V(\text{Hyades}) = 5.64(B-V) + 1.11 \quad (3)$$

dır (LCL).

- b) Metal bolluğu, $\delta > 0.25$ [Fe/H] < -1.75 dex olan anakol yıldızlarının metal bollukları (1) nolu bağıntı ile hesaplanamadığı için, LCB (1997) nin verilerinden itibaren metal bolluğuna göre kalibre edilmiş Şekil 2.1a ve b deki iki renk diyagramı ile (gerektiği hallerde interpolasyon yapılarak) belirlenmiştir. Mutlak kadirleri tayin etmek



Şekil 2.1.c. Lejeune ve ark. (1997) nin sentetik (U-B), (B-V) verilerinden itibaren $\log g=4.5$ için mutlak kadir ve blanketing vektörlerine göre kalibre edilen iki renk diyagramları

için Şekil 2.1 c deki kalibrasyon elde edildi. Bunun için, Schmidt – Kaler (1982) in [Fe/H] = 0.0 ait mutlak kadirler göre çizilen anakolu, Şekil 2.1a daki (U-B) - (B-V) iki renk diyagramı ile birleştirilmek suretiyle mutlak kadirler ve blanketing vektörlerine göre kalibre edildi.

- c) Dev yıldızların mutlak kadirleri, Şekil 2.2 de verilen farklı metal bolluklarındaki M67, 47 Tuc., M5 ve M92 küresel kümelerine ait gözlemsel verilerden itibaren kalibre edilmiş renk – kadir diyagramları ile tayin edilmiştir.

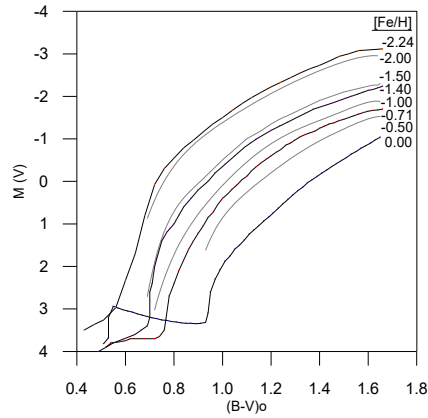
2.3. Galaksi - Yıldız Ayırımı

SA 82 yıldız alanındaki galaksi v.b. gibi nokta kaynakların ayırımı, bu toplantıda “Basel Katoloklarındaki Galaksi Dışı Cisimler” adlı çalışmada bahsedildiği gibi yapılmıştır. SA 82 de 93 tane galaksi v.b. gibi cisim tespit edilmiştir.

2.4. (B-V) - [Fe/H] Diyagramının Yale Yaş Eğrileri ile Kalibrasyonu

“Bölüm 3.3. Bulgular” kısmında alanımızdaki anakol yıldızları için oluşturduğumuz renk indeksi - metal bolluğu ((B-V) - [Fe/H]) diyagramı üzerinde yaş eğrilerini çizebilmek amacı ile Yale yaş eğrilerinin elde edilmesi için şu şekilde bir yol izlendi: Aynı ağır element (Z) ve farklı helyum bolluklarına ($Y=0.20$ ve $Y=0.30$) karşılık gelen Green, Demarque ve King (1987) in teorik yaş verileri, internet vasıtası ile Astronomi Veri Merkezinden (ADC) alındı. Bu veriler içerisinde yaş, helyum bolluğu, ağır element bolluğu, kütle, sıcaklık, V, U-B, B-V, V-R, R-I parametreleri bulunmaktadır.

5, 10, 12, 14, 15, 16 ve 17 Gyr. yaş değerleri



Şekil 2.2. Farklı metal bolluğundaki M67, 47 Tuc., M5 ve M92 küresel kümelerin (B-V) - $M(V)$ renk-kadir diyagramının metal bolluğuna göre kalibrasyonu. Çizgili eğriler, metal bolluğuna göre interpolate edilmiş kalibrasyonları göstermektedir.

Çizelge 2.1. 5, 10, 12, 14, 15, 16 ve 17 Gyr. yaş değerleri için helyum bolluklarına (Y=0.20 ve Y=0.30) karşılık gelen Z (ağır element bolluğu), [Fe/H] ve en küçük (B-V)_o değerleri. Yale yaş verilerine ait ağır element bollukları, [Fe/H] = log (Z/Z_⊙) formülü ile metal bolluklarına ([Fe/H]) dönüştürüldü. Burada Güneş'in ağır element bolluğu Z_⊙ = 0.0169 dur. Cetvelde, her yaş eğrisi için Y=0.24 (Güneş'in helyum bolluğu) değerine interpolate edilmiş Z, [Fe/H], (B-V)_o değerleri de verilmiştir.

5 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.370	1x10 ⁻³	-1.23	0.251	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.197	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.134	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.06
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.369	1x10 ⁻³	-1.23	0.249	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.193	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.128	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.05
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.367	1x10 ⁻³	-1.23	0.246	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.188	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.119	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.04
10 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.507	1x10 ⁻³	-1.23	0.396	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.343	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.293	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.247
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.499	1x10 ⁻³	-1.23	0.388	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.337	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.288	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.239
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.488	1x10 ⁻³	-1.23	0.375	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.329	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.280	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.227
12 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.533	1x10 ⁻³	-1.23	0.432	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.377	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.327	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.287
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.523	1x10 ⁻³	-1.23	0.427	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.372	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.323	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.281
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.509	1x10 ⁻³	-1.23	0.419	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.365	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.318	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.272
14 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.552	1x10 ⁻³	-1.23	0.456	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.404	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.353	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.316
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.542	1x10 ⁻³	-1.23	0.450	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.398	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.350	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.311
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.526	1x10 ⁻³	-1.23	0.441	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.396	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.346	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.303
15 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.562	1x10 ⁻³	-1.23	0.468	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.414	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.366	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.330
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.551	1x10 ⁻³	-1.23	0.462	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.411	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.364	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.326
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.535	1x10 ⁻³	-1.23	0.452	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.407	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.360	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.319
16 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.569	1x10 ⁻³	-1.23	0.477	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.424	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.377	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.342
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.559	1x10 ⁻³	-1.23	0.471	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.421	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.375	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.338
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.543	1x10 ⁻³	-1.23	0.461	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.417	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.371	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.331
17 Gyr	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o	Z	[Fe/H]	(B-V) _o
Y=0.20	4x10 ⁻³	-0.63	0.577	1x10 ⁻³	-1.23	0.484	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.433	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.387	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.354
Y=0.24	4x10 ⁻³	-0.63	0.566	1x10 ⁻³	-1.23	0.478	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.430	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.384	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.349
Y=0.30	4x10 ⁻³	-0.63	0.550	1x10 ⁻³	-1.23	0.469	4x10 ⁻⁴	-1.63	0.426	1x10 ⁻⁴	-2.23	0.380	1x10 ⁻⁵	-3.23	0.342

ve farklı helyum bollukları (Y=0.20 ve Y=0.30) için metal bollukları,

$$[\text{Fe}/\text{H}] = \log (Z/Z_{\odot}) \quad (4)$$

bağıntısından hesaplandı. (4) nolu bağıntıdaki ağır element bolluğu için Green ve ark. (1987) nın veri setindeki Z = 4.10⁻³, 1.10⁻³, 4.10⁻⁴, 1.10⁻⁴, 1.10⁻⁵ değerleri alındı.

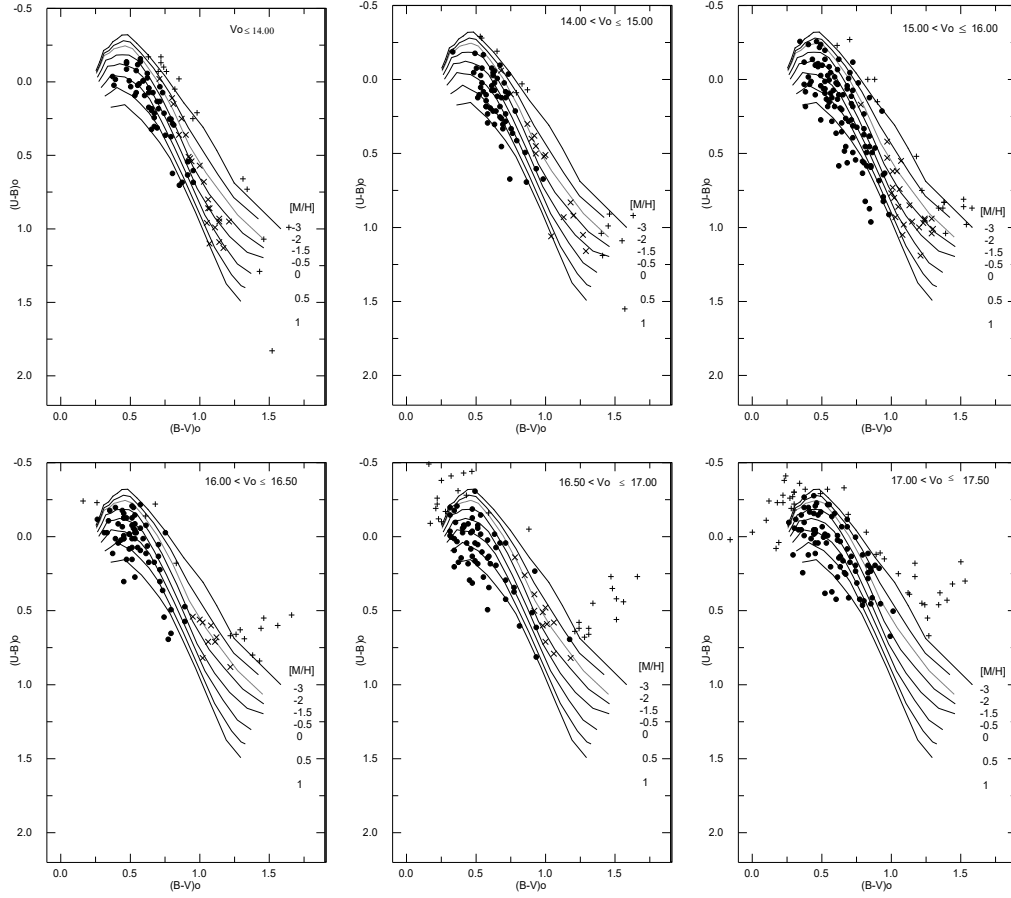
Güneş'in ağır element bolluğu Z_⊙ = 0.0169 dur. (4) nolu bağıntı ile hesaplanan metal bollukları ([Fe/H]) sırası ile -0.63, -1.23, -1.63, -2.23 ve -3.23 dex dir.

Bir küresel kümenin anakolunun en küçük (B-V) renk indeksi değeri, kümenin dönüm noktası olarak bilinmektedir. Bu parametrenin aynı zamanda yaşın bir fonksiyonu olduğu durumu gözönüne alınarak, Green ve ark. (1987) nın verilerindeki renk indekslerinin seçimi şu şekilde yapıldı: Her yaş değeri için, ağır element ve helyum bolluğuna karşılık gelen (B-V) renk indeksi verisinin en küçük değeri alındı. Bu

şekilde seçilen (B-V) renk indeksleri ve hesaplanan metal bollukları 5, 10, 12, 14, 15, 16, 17 Gyr. yaş değerleri, farklı helyum bollukları (Y = 0.20 ve Y = 0.30) ile birlikte Çizelge 2.1 de verildi. Cetvelde, her yaş değeri için Y = 0.24 e (Güneş'in helyum bolluğu değeri) interpolate edilmiş metal bolluğu ve renk indeksi değerleri de verilmiştir

Çizelge 2.1 deki Y = 0.24 e interpolate edilmiş 12 Gyr. ve 14 Gyr. yaş değerlerine karşılık gelen [Fe/H] metal bollukları ve (B-V) renk indeksi değerleri, "Bölüm 3.3. Bulgular" kısmında anakol yıldızları için oluşturduğumuz renk indeksi - metal bolluğu ((B-V) - [Fe/H]) diyagramına işaretlenerek yaş eğrileri çizilmiştir.

Basel Astronomi Enstitüsü'nde, Lejeune ve Buser (1999) tarafından yeni fiziği içeren Demarque ve ark. (1996) a ait Yale yaş verileri, Basel sentetik renk kütüphanesi ile birleştirildi. Bu şekilde yaşa göre ifade edilen Basel verileri içinden 5, 10, 14, 16 Gyr. verilerine ait dönüm



Şekil 3.1. SA 82 alanına ait iki renk diyagramları.

noktasına ait $(B-V)_0$ renk indeksi değerleri alınarak, Şekil 3.4 deki renk indeksi – metal bolluğu diyagramında kalibre edildi.

3. Bulgular

3.1. Gözlemler

SA 82 yıldız alanının koordinatları,

$$\alpha = 14^h 16^m \quad \delta = +15^\circ 06'$$

$$l = 6^\circ.3 \quad b = +66^\circ.3 \quad (1950) \quad \text{dir.}$$

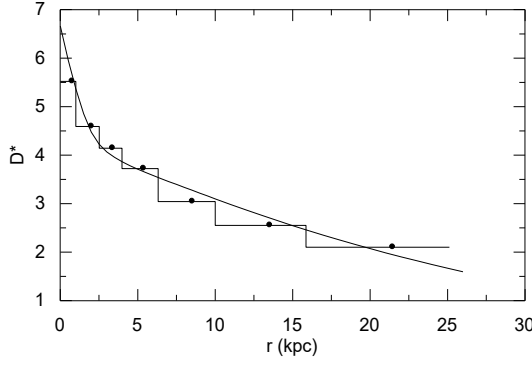
1.20 derece² lik alanımızda bulunan $V = 17^m.50$ limit kadirine kadar 720 tane yıldızın U, B ve V verileri Basel Astronomi Enstitüsü'nde yayınlanan XIII. katologdan alınmıştır. SA 82 yıldız alanı yüksek galaksi enleminde bulunduğundan bu doğrultuda yıldızlararası kızarma ihmal edilmiştir.

3.2. Alandaki Dev – Cüce Yıldızların Ayırımı.

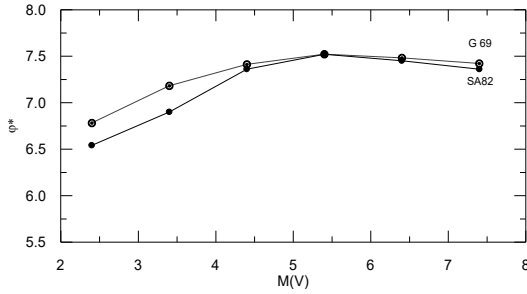
Alanımızdaki 720 yıldız içerisinde “Bölüm 2.3. Materyal ve Metot” kısmında anlatılan

yöntem ile 93 tane galaksi v.b. cisimlerin ayırımı yapılmış ve istatistiğe katılmamıştır. Geriye kalan 627 yıldızın U, B ve V verileri, $V_0 \leq 14^m.00$, $14^m.00 < V_0 \leq 15^m.00$, $15^m.00 < V_0 \leq 15^m.50$, $15^m.50 < V_0 \leq 16^m.00$, $16^m.50 < V_0 \leq 17^m.00$, $17^m.00 < V_0 \leq 17^m.50$ görünen kadir aralıklarına ayrılarak ve LCB (1997) nin sentetik verileri kullanılarak metal bolluğuna göre kalibre edilen $(U-B)_0 - (B-V)_0$ iki renk diyagramlarına yerleştirildi (Şekil 3.1). İki renk diyagramlarında kullanılan sembollerin anlamları şu şekildedir: ●: Anakol Yıldızı, x: Geç Tipten Dev Yıldız, +: İstatistik Dışı Bırakılan Yıldız

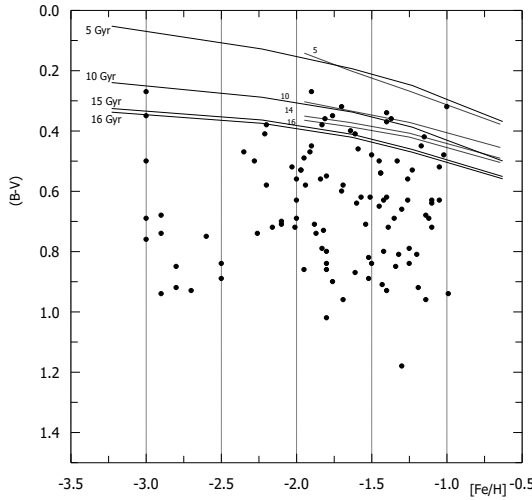
$[Fe/H] < -3.0$ dex e sahip yıldızlar gözlemsel olarak henüz tespit edilmiş değildir. Bu nedenden dolayı, bu yıldızlar istatistik dışı bırakılmıştır. $[Fe/H] = +1.0$ dex değerinin altındaki eğriye yakın olan yıldızların büyük bir çoğunluğu anakol ve dev yıldız olarak istatistiğe katılmış olup, çok uzakta kalanlar ise istatistik dışı bırakılmıştır. İki renk diyagramlarında renk indeksleri $(B-V)_0 < 0.15$ ve $(U-B)_0 < 0.25$ olan kısımdaki yıldızlardan eğriye yakın olup mutlak kadir ve metal bolluğu tayinine uygun olan yıldızlar istatistiğe katılmış, uzakta olanlar ise istatistik dışı bırakılmıştır. Böylelikle, $17^m.50$ limit kadirine kadar 132 tane



Şekil 3.2. Alanımızdaki dev yıldızlara ait yoğunluk fonksiyonu.



Şekil 3.3. SA 82 alanındaki anakol yıldızları için ışım gücü fonksiyonu.



Şekil 3.4. SA 82 alanındaki anakol yıldızlarının (B-V) - [Fe/H] diyagramı. Diyagram üzerindeki düz çizgiler, Green ve ark. (1987) na ait düzeltilmiş Yale yaş eğrilerini göstermektedir. Çizgili eğriler ise, Basel Yıldız Kütüphanesinin yeni fiziği içeren Demarque ve ark. (1996) na ait Yale yaş eğrileri ile birleştirilmesinden itibaren çizilen 5, 10, 14 ve 16 Gyr. eğrileri göstermektedir. Özellikle yeni fiziği içeren 14 ve 16 Gyr. yaş eğrilerinin, daha önceki yaş eğrilerinden genç oldukları dikkati çekmektedir.

yıldız istatistik dışı bırakılmış oldu. İstatistik dışı bırakılan yıldızlar saçılmış yıldızlar olup bu saçılma birkaç sebepten kaynaklanabilir: Bu yıldızlar iyi ölçülmemiş, karışım yıldızı, çift yıldız, çoklu sistem v.b. olabilir.

Dev yıldızlar için $V_0 \leq 17^m.00$ kadirine kadar oluşturulan model ile karşılaştırılmasından elde edilen güneş civarındaki $D^* = 6.66$ değeri, Gliese

(1969) e ait $D^* = 6.64$ ve Hipparcos (1999) a ait $D^* = 6.67$ değerleri ile uyum içerisinde olmasından dolayı (Şekil 3.2), bu kadirde daha sönük kadirlerde dev ayırımına gidilmemiş ve $V_0 \leq 17^m.00$ görünen kadirine kadar 82 tane dev yıldız sınıflandırılmıştır. Bu şekilde dev yıldız ayırımı yapıldıktan sonra geriye kalan yıldızların 413 tanesi anakol yıldızı olarak alınmıştır. Anakol yıldızları ile dev yıldızlar arasındaki sayı dengesi, bunlara ait yoğunluk fonksiyonlarının GW Galaksi modeli ile uyumu gözönüne alınarak yapılmıştır. Anakol yıldızları için oluşturduğumuz ışım gücü fonksiyonu Gliese (1969) e ait ışım gücü fonksiyonu ile uyum içindedir (Şekil 3.3).

3.3. SA 82 Yıldız Alanındaki Halo Yıldızlarına ait (B-V) - [Fe/H] Diyagramı ve Sonuç.

SA 82 yıldız alanında sınıflandırılan anakol yıldızları, yaş eğrilerine göre kalibre edilmiş Şekil 3.4 deki (B-V) - [Fe/H] diyagramına yerleştirildi. ≥ 15 Gyr. yaş eğrileri, (B-V) ≥ 0.4 değerlerindeki metalce fakir yıldızların yaşlarını ifade etmektedir. Şekil 3.4 deki diyagramda, (B-V) < 0.4 renk indeksi değerinde, 5 Gyr. ile 10 Gyr. yaş değerleri arasında, $-2 < [Fe/H] \leq -1.0$ metal bolluğu aralığında genç ve orta yaş değerlerine sahip yıldızların varlığı dikkatimizi çekmiştir. (B-V) < 0.4 renk indeksi değerlerindeki, genç - orta yaştaki yıldızların verileri, Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1. SA 82 yıldız alanındaki, yaşları 5 ile 10 Gyr. arasında olan metalce fakir mavi (BMP) yıldızlar.

No	V	B-V	U-B	M(V)	[Fe/H]	z (pc)
1065	17.31	0.27	-0.09	2.70	-1.90	7651
846	16.69	0.32	-0.19	3.10	-1.70	4783
648	14.82	0.34	-0.18	3.30	-1.40	1844
568	17.20	0.36	-0.14	4.77	-1.37	2804
60	16.74	0.37	-0.14	3.00	-1.00	5126

Örneğimizdeki bu 5 yıldızdan 568 nolu yıldız dışında, 4 yıldızın $\delta(U-B) > 0.25$ olduğu için bu yıldızların metal bollukları ve mutlak kadirleri, Bölüm 2.2 de Materyal ve Metot kısmında bahsedilen Şekil 2.1a ve Şekil 2.1c deki kalibrasyonlar üzerinde interpolasyon yapılarak tayin edilmiştir. Mutlak kadirleri belirlenen bu yıldızların, galaksi düzleminde itibaren uzaklıkları ise $z = r \sin b$ bağıntısı yardımı ile hesaplandı.

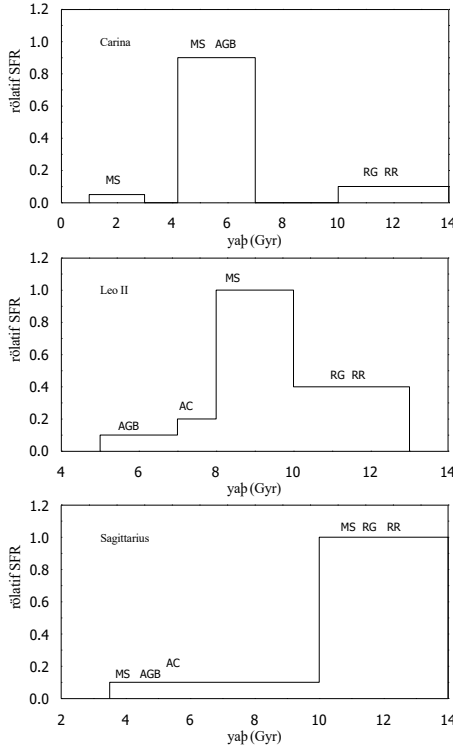
Çizelge 3.1 de galaksi düzleminde olan z uzaklıklarına bakıldığında, bu yıldızların metalce fakir halo yıldızlarının etkin olduğu uzaklıklarda bulunduğu görülmektedir. Örneğimizdeki 5 ile 10 Gyr. yaş değerlerine sahip 5 yıldız, ortalama metal bolluğu -1.6 dex ve ≥ 15 Gyr. yaş değeri ile tanımlanan metalce fakir halodan farklı bir yapı

gösterdiği görülmektedir. Böyle yapıların varlığı, Preston (1994), Unavane ve ark. (1996) tarafından yapılan araştırmalarda da tespit edilmiştir.

Örneğimizdeki metalce fakir genç (BMP) yıldızları nereden orijinlendiler ?

Preston (1994), metalce fakir genç BMP yıldızlarının, Carina gibi orta yaşta metalce fakir yıldız içeren cüce uydu galaksilerin galaksimiz ile etkileşme sürecinde galaksimizin gelgit alanı ile bu galaksiden çözülen yıldızlar olabileceğini ifade etti. Unavane ve ark. (1996), renk indeksi – metal bolluğu diyagramında $[Fe/H] \leq -1.0$ dex değerlerinde ve genç - orta yaşlardaki (<10 Gyr) yıldızların, Carina ve Fornax benzeri cüce galaksilerin galaksimiz ile etkileşmesi süresince bu galaksiden aktarılan yıldızlar olabileceğini bildirdiler.

Bir cüce galaksi, bünyesinde farklı yaşlarda yıldızlar içeririr. Buna delil olarak Carina cüce galaksisi gösterilebilir. Mighell (1997), -1.95 dex ortalama metal bolluğuna sahip Carina cüce galaksisinin Hubble Uzay Teleskobu verilerinden oluşturduğu renk-kadir diyagramından yaş eğrileri geçirdiğinde, bu galakside 2 ila 10 Gyr. a kadar uzanan yaşta yıldızlar olduğunu gösterdi ve ortalama yıldız yaşını 6.5 Gyr. olarak verdi. Örneğimizdeki metalce fakir mavi genç yıldızları, cüce galaksilerdeki yıldızlar ile karşılaştırmak için cüce galaksilerin ortalama metal bollukları ve



Şekil 3.5. Galaksimizin uyduları olan Carina, Leo II ve Sagittarius cüce galaksilerindeki farklı yaşlardaki yıldızlar.

yıldız oluşum tarihleri Çizelge 3.2 ve Şekil 3.5 de verilmiştir (Mateo, 1998).

Çizelge 3.2. Galaksimize bağlı cüce galaksiler ve ortalama metal bollukları.

Cüce galaksi	<[Fe/H]> (dex)	Cüce galaksi	<[Fe/H]> (dex)
1) Sculptor	-1.8	6) Draco	-2.0
2) Fornax	-1.3	7) Carina	-2.0
3) Leo I	-1.5	8) Sextans	-1.7
4) Leo II	-1.9	9) Sagittarius	-1.0
5) Ursa Minör	-2.2		

Çizelge 3.2 den de görüleceği gibi, galaksimize bağlı 9 cüce galaksinin ortalama metal bollukları, örneğimizdeki genç - orta yaştaki BMP yıldızlarının metal bolluğu aralığı ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 3.1 ve Şekil 3.5 in karşılaştırılmasından şunlar belirtilebilir;

- 1) Şekil 3.4 deki $[Fe/H] = -1.90$ dex ve <10 Gyr. yaş değerine sahip (1065 nolu) yıldız, Şekil 3.5 de ortalama metal bolluğu -2.0 dex olan Carina cüce galaksisinde, yaklaşık olarak 4 - 7 Gyr. yaşlarında metalce fakir anakol yıldızları ile karşılaştırılabilir metal bolluk ve yaş değerine sahiptir
- 2) $[Fe/H] = -1.7$ dex metal bolluğu ve <10 Gyr. yaş değerine sahip (846 nolu) yıldız, ortalama metal bolluğu -1.9 dex olan Leo II cüce galaksisindeki 8 - 9 Gyr. yaş değerleri ile benzerlikler göstermektedir.
- 3) Şekil 3.4 de, $[Fe/H] = -1.40$ ve -1.37 dex metal bolluklarındaki (648 ve 568 nolu) yıldızlar, Leo II ve Sagittarius cüce galaksisindeki anakol yıldızları ile karşılaştırılabilir bolluk ve yaş değerlerine sahiptir.
- 4) $[Fe/H] = -1.0$ dex değerindeki (60 nolu) yıldız, Sagittarius cüce galaksisindeki anakol yıldızlarının bulunduğu yaş değerleri ile karşılaştırılabilir.

Mateo (1998) nun verdiği şekillerden de görülebileceği gibi, Carina v.b. düşük yoğunluklu cüce galaksiler, galaksimiz ile etkileştiğinde, yapılarındaki bu yıldızları galaksimizin gelgit alanı etkisi ile ayırılmak suretiyle Galaksimize bırakmış olabilirler.

Sonuç olarak, Şekil 3.4 deki renk indeksi – metal bolluğu diyagramında $(B-V) < 0.4$ ve $-2 < [Fe/H] \leq -1.0$ aralığındaki 5 yıldızın yaşları 5 ila 10 Gyr. değerlerindedir. Bu genç – orta yaşta yıldızlar, Zinn (1993;1996), Norris (1996) tarafından ifade edilen genç halo tanımlaması ile de uyuşmakta olup, cüce galaksilerin Galaksimiz ile birleşmesi sürecinde, Galaksimizin gelgit alanı etkisi ile bu galaksilerden çözülen yıldızlar olabilir.

Kaynaklar

- Becker W., Fenkart R.P., Del Rio G., Esin-Yılmaz F., Gülseçen H., Karaali S., Topaktaş L., 1991, *Photometric Catalogue for Stars in Selected Areas and Other Fields in the RGU-(and UBV-) System XIII*, Pub. Basel Astronomical Institut.
- Carney B.W., Latham D., Laird J., 1989, *AJ*, **97**, 423
- Carney B.W., 1996, in "Formation of the Galactic Halo-Inside and Out", *ASP Conf.Ser.*, **Vol.92**, p.103
- Demarque P., Chaboyer B., Guenther D., Pinsonneault M., Pinsonneault L., Li S., 1996, Yale Isochrones, in S. Yi's www.homepage
- Eggen O.J., Lynden-Bell D., Sandage A.R., 1962, *ApJ*, **136**, 748.
- Gilmore G., Wyse R.F.G., 1987. in *The Galaxy*, (eds. R. Carswell, G. Gilmore), Reidel, Dordrecht, p.247
- Gilmore G., Wyse R.F.G., Jones J.B., 1995, *AJ*, **109**, 125
- Green E.M., Demarque P., King C.R., 1987, *The Revised Yale Isochrones*, Yale Univ.Obs.Press.
- Ibata R., Gilmore G., Irwin M., 1994, *Nature*, **370**, 194.
- Karaali S., Karataş Y., Bilir S., Güngör-Ak S., 1997, *IAU 23 Abstract Book*, p.299.
- Karaali S., Karataş Y., Bilir S., Güngör-Ak S., 1998, *İ.Ü.Araştırma fonu*, Proje No: 896/061296.
- Lejeune T., Cuisinier F., Buser R., 1997, *A&AS*, **125**, 229.
- Majewski S., 1993, in "Galaxy Evolution. The Milky Way Perspective" (ed. S. Majewski), *ASP. Conf. Ser.*, **49**, p.5
- Mateo M., 1998, *AnnRevA&A*, **36**, pp.435-506.
- Mighell K., 1997, *AJ*, **114**, 1458.
- Norris J.E., Ryan S.G., 1991, *ApJ*, **380**, 403
- Preston G., Beers T.C., Shectman S.A., 1994, *AJ*, **108**, 538.
- Quinn P.J., Hernquist L., Fullagar D.P., 1993, *ApJ*, **403**, 74
- Searle L., Zinn R., 1978, *ApJ*, **225**, 357.
- Unavane M., Wyse R.F.G., Gilmore G., 1996, *MNRAS*, **278**, 727.
- Zinn R., 1993, in "The Globular Cluster - Galaxy Connection", (eds. G.H. Smith, J.P. Brodie), *ASP Conf.Ser.*, **48**, p.38
- Zinn R., 1996, in "Formation of the Galactic Halo-Inside and Out", *ASP Conf.Ser.*, **Vol.92**, p.211