

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**AÇIK YILDIZ KÜMELERİNE AİT TEMEL VE YAPISAL
PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Sara BULUT**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN**

**İkinci Danışman
Raul Michel MURILLO**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2017
KAYSERİ**

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**AÇIK YILDIZ KÜMELERİNE AİT TEMEL VE YAPISAL
PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Sara BULUT**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN**

**İkinci Danışman
Raul Michel MURILLO**

Bu çalışma, TÜBİTAK-114F123 kodlu proje ile desteklenmiştir.

**Ağustos 2017
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLU

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı : Sara BULUT

İmza :

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Açık Yıldız Kümelerine Ait Temel ve Yapısal Parametrelerin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Sara BULUT

Danışman

Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN

Astronomi ve Uzay Bilimleri ABD Başkanı

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN danışmanlığında **Sara BULUT** tarafından hazırlanan “**Açık Yıldız Kümelerine Ait Temel ve Yapısal Parametrelerin Belirlenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

..... / /

(Tez savunma sınav tarihi yazılacaktır.)

JÜRİ:

Danışman :Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN

Üye :.....

Üye :.....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŐEKKÖR

Her zaman yanımda olan sevgili aileme ve Aycan KURNAZ'a ithafen.

Birinci danışmanın Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN'a ve ikinci danışmanım olan Raul Michel MURILLO'ya teşekkür ediyorum. Manevi desteğini esirgemeyen sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŐOĐLU ve eŐi Havana DERVİŐOĐLU'na sonsuz teşekkürler.



AÇIK YILDIZ KÜMELERİNE AİT TEMEL VE YAPISAL PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

Sara BULUT

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2017

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Raul Michel MURILLO¹

ÖZET

Açık yıldız kümeleri, Galaksimizin dinamik ve evrimsel özelliklerinin anlaşılmasında büyük öneme sahiptirler. Bu çalışmada, daha önce literatürde çok az çalışılmış veya hiç çalışılmamış ve metal bollukları F-G türündeki yıldızlardan itibaren belirlenebilen seçilmiş bazı açık yıldız kümelerinin UBV(RI)_C ve 2MASS verileri birlikte kullanılarak yeni parametrelerinin literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

Berkeley 45 ve Berkeley 55 az çalışılmış açık yıldız kümeleri Galaksimizin birinci ve ikinci çeyreğinde bulunan, F-G tayf türünden yıldızlar içerdiği bilinen kümeler içerisinden seçilmiştir. Seçilmiş kümelerin CCD UBV(RI)_C fotometrik gözlemleri Meksika'daki Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM)'ya bağlı Sierra San Pedro Martir (SPM) Ulusal Gözlemevi'ndeki 0.84 m'lik f/13 Ritchey-Chretien teleskobu ile alınmıştır. Standart veri indirgeme yöntemleri IRAF kullanılarak CCD UBV(RI)_C gözlemlerine uygulanmıştır. Bu çalışmada kümelerin limit yarıçap, kızarma, metalisite, yaş ve uzaklık gibi temel ve yapısal parametrelerini belirlemek için 2MASS JHK_S fotometresi kullanılmıştır. Küme üyesi yıldızların öz hareketlerini belirlemek için PPMXL kataloğu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Açık yıldız kümeleri; Berkeley 45 ve Berkeley 55, CCD UBV(RI)_C ve 2MASS Fotometrisi

¹ Instituto de Astronomia, UNAM, Apartado Postal 877, 22800 Ensenada, B.C.,

Mexicoloint; modal analysis

DETERMINATION OF THE FUNDAMENTAL AND STRUCTURAL PARAMETERS OF OPEN STAR CLUSTERS

Sara BULUT

Erciyes University, Science Faculty, Astronomy and Space Sciences Department,

M.Sc. Thesis, August 2017

Supervisor: Assist. Prof. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN

Co-Supervisor: Prof. Dr. Raul Michel MURILLO¹

ABSTRACT

Open star clusters have great importance, such as, for understanding the dynamical and evolutionary properties of our Galaxy. Our main goal is to bring the new parameters to the literature using $UBV(RI)_C$ data together with 2MASS data of the selected clusters which are little or not studied and their metallicity can be detectable from F-G type stars.

We have selected two poor studied open clusters with the name of Berkeley 45 and Berkeley 55 which are located in the first and second Galactic Quadrant and containing F-G spectral type stars. CCD $UBV(RI)_C$ photometric observations of the selected clusters are taken from 0.84 m f/13 Ritchey-Chretien telescope in San Pedro Martir (SPM) National Observatory is connected to Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM). The standard data reduction procedures has been applied to CCD $UBV(RI)_C$ observations by using IRAF. We have also used 2MASS JHK_S photometry to determine the fundamental and structural parameters such as limit radius, reddening, metallicity, ages and distances of these clusters. We have used PPMXL catalogue to determine the stars as a cluster member from their proper motions.

Keywords: Open star clusters; Berkeley 45 and Berkeley 55, CCD $UBV(RI)_C$ and 2MASS Photometry

¹ Instituto de Astronomia, UNAM, Apartado Postal 877, 22800 Ensenada, B. C.,

Mexicolint; modal analysis.

İÇİNDEKİLER

AÇIK YILDIZ KÜMELERİNE AİT TEMEL VE YAPISAL PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Küme Gözlemi ve Veri İndirgeme	3
--	----------

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Küme Üyeliklerinin Belirlenmesi.....	5
2.1.1 Standart Sapma	6
2.2. Limit Yarıçap Belirleme	7
2.2.1 King Profil Fiti Uygulaması	7
2.3. Renk Artığı, Ağır Element Bolluğu, Uzaklık Modülü, Uzaklık ve Yaş.....	10
2.3.1. Renk Artığı	10
2.3.2. Ağır Element Bolluğu	13
2.3.3 Uzaklık Modülü, Uzaklık, Yaş	16
2.4. Açık Yıldız Kümelerindeki Kırmızı Yığın Yıldızları ve Mavi Mücadeleci Yıldızlar.....	18
2.4.1 Kırmızı Yığın Yıldızlar	18
2.4.2 Mavi Mücadeleci Yıldızlar	20

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Berkeley 45.....	21
3.2. Berkeley 55	26

4. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

TARTIŞMA VE SONUÇ.....	31
KAYNAKLAR	36

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Kümelere ait Galaktik koordinatlar.....	3
Tablo 1.2. Küme gözlemlerinde UBVR Johnson-Cousins fitreleri için verilen ortalama poz süreleri.....	4
Tablo 1.3. Standart yıldız alanları için verilen poz süreleri..	4
Tablo 2.1. Kümelerin Gauss fiti uygulanarak belirlenen standart sapma değerleri..	7
Tablo 2.2. Melbourne (1959) ve Sandage (1969)'den alınmış, Hyades'e ait maksimum UV değerlerini gösteren tablo..	14
Tablo 2.3. $\delta_{0.6}$ ile $[Fe/H]$ arasındaki dönüşüm için kullanılan katsayı değerleri..	15
Tablo 2.4. $\langle(B-V)\rangle$ değerinde Hyades için $(U-B)_0$ ve eşmetal eğrisi için $\langle(U-B)_{0,EM}\rangle$ değerleri.....	16
Tablo 3.1. Berkeley 45 kümesine ait temel parametreler.....	22
Tablo 3.2. Berkeley 55 kümesine ait temel parametreler.....	30
Tablo 4.1. Berkeley 45 açık yıldız kümesine ait parametreler ile Yonca Karşlı'nın yüksek lisans tezinde elde ettiği parametrelerin karşılaştırılması.....	32
Tablo 4.2. Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait parametreler ile Yonca Karşlı'nın yüksek lisans tezinde elde ettiği parametrelerin karşılaştırılması.....	33
Tablo 4.3. Berkeley 45 açık yıldız kümesine ait parametrelerin literatür ile karşılaştırılması.....	33
Tablo 4.4. Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait parametrelerin literatür ile karşılaştırılması.....	34

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Genç açık yıldız kümesi NGC457'ye ait H-R diyagramı.....	2
Şekil 1.2. Berkeley 45 ve Berkeley 55 açık yıldız kümelerinin WEBDA'dan alınan görüntüleri.....	4
Şekil 2.1. PPMXL katalogunda Berkeley 45 kümesinin öz hareket verilerinin indirgenmesi.....	5
Şekil 2.2. Berkeley 45 kümesinin öz hareket dağılımı..	6
Şekil 2.3. Berkeley 55 kümesinin öz hareket dağılımı..	7
Şekil 2.4. Berkeley 45 açık yıldız kümesinin radyal yoğunluk dağılımı.....	8
Şekil 2.5. Berkeley 55 açık yıldız kümesinin radyal yoğunluk dağılımı.....	9
Şekil 2.6. Berkeley 45 kümesine ait (U-B)-(B-V) renk-renk diyagramı..	11
Şekil 2.7. Berkeley 55 kümesine ait (U-B)-(B-V) renk-renk diyagramı..	12
Şekil 2.8. Berkeley 45 kümesine ait iki renk diyagramı.....	13
Şekil 2.9. SAFE programı ile çizdirilen, Berkeley 45 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk renk, renk-kadir diyagramlarındaki dağılım.....	19
Şekil 2.10. SAFE programı ile çizdirilen, Berkeley 55 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarındaki dağılım..	20
Şekil 3.1. SAFE programı ile çizdirilen, ayıklama yapılmadan önceki Berkeley 45 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.....	21
Şekil 3.2. SAFE programı ile çizdirilen, ayıklama yapıldıktan sonraki Berkeley 45 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.....	22
Şekil 3.3. Berkeley 45 kümesine ait (U-B)-(B-V) renk-renk diyagramı..	23
Şekil 3.4. Berkeley 45 kümesine ait V-(B-V) renk-kadir diyagramı.....	24
Şekil 3.5. Berkeley 45 kümesine ait V-(R-I), V-(V-I), J-(J-H), J-(J-K) renk-kadir diyagramları.....	25
Şekil 3.6. SAFE programı ile çizdirilen, ayıklama yapılmadan önceki Berkeley 55 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı..	26

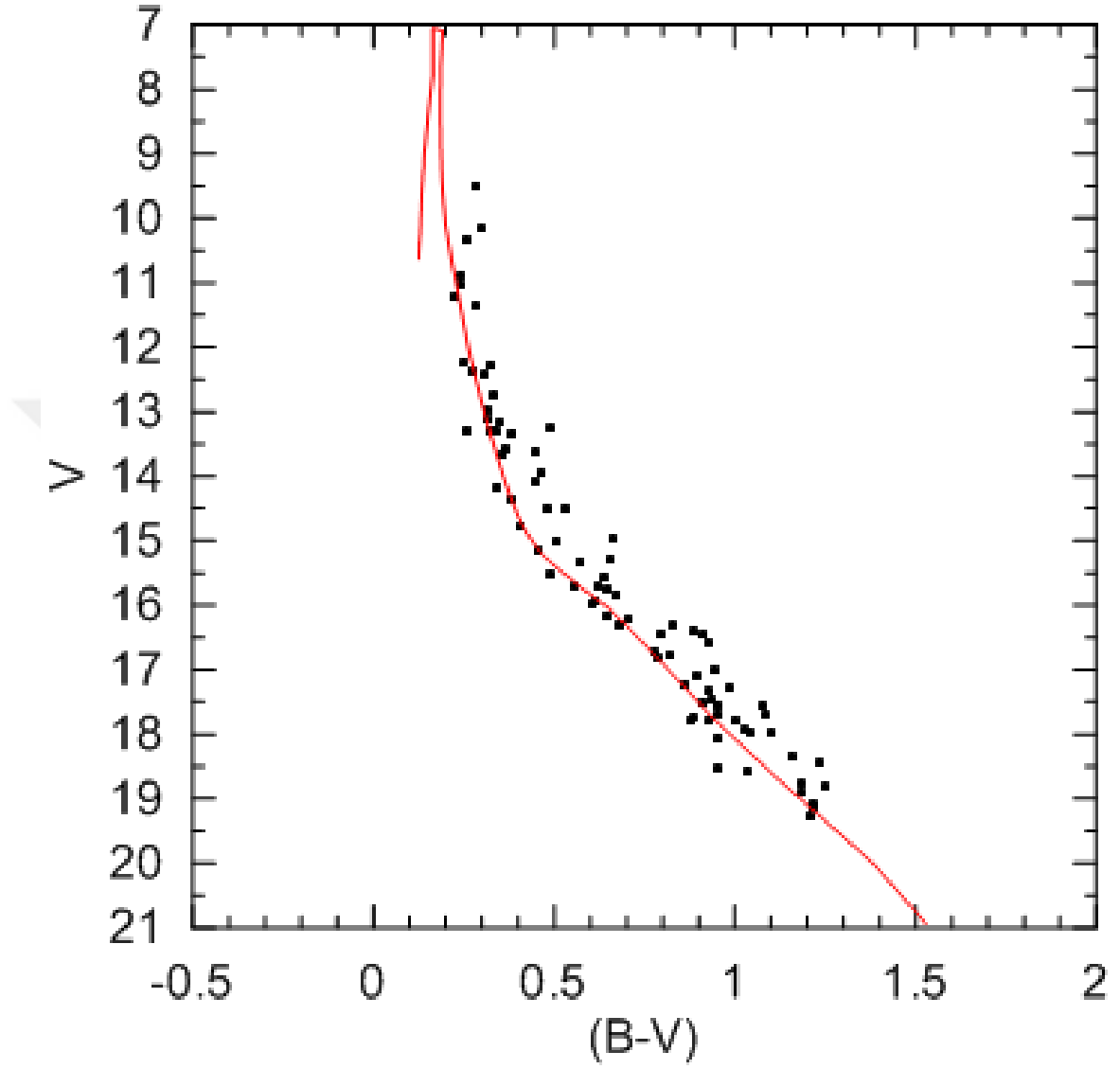
Şekil 3.7. SAFE programı ile çizdirilen, temizlik yapıldıktan sonraki Berkeley 55 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.	26
Şekil 3.8. Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait (U-B),(B-V) renk-renk diyagramı.....	27
Şekil 3.9. Berkeley 55 kümesine ait V-(B-V) renk-kadir diyagramı.....	28
Şekil 3.10. Berkeley 55 kümesine ait V-(R-I), V-(V-I), J-(J-H), J-(J-K) renk-kadir diyagramları.	29



GİRİŞ

Kümeler; bünyesinde eşit yaş, kızarma, metal bolluğu ve uzaklığa sahip yıldızlar barındıran, çekimsel olarak birbirine bağlı yoğunlaşmış yapılardır. Bu yoğunlaşmış yapıların yaşı 1 Gyr'dan düşük olanlar Açık yıldız kümeleri, daha büyük yaş ve sayıda olanlar ise Küresel kümeler olarak isimlendirilir. Ayrıca açık yıldız kümesi kendi içerisinde genç ve yaşlı açık yıldız kümeleri olarak gruplanır. Genç açık yıldız kümelerine nazaran, yaşlı açık yıldız kümeleri sayıca daha zengin, çekimsel olarak birbirlerine daha çok bağlı ve yaşları 1 Gyr veya üzeri olan kümelerdir. Hertzsprung-Russell (H-R) diyagramında genç açık yıldız kümesi yıldızları anakol üzerinde yoğunlaşmıştır. Yaşlı açık yıldız kümelerinde ise durum biraz farklıdır. Çünkü bu kümeler evrimleşmiş yıldızlara yani kırmızı devlere sahiptirler. Yaşlı açık yıldız kümelerinin H-R diyagramında üst anakol yıldızları çekirdeğindeki hidrojeni tüketip anakoldan ayrılır ve devler koluna doğru evrimleşirler. Kümenin yaşı büyüdükçe daha fazla yıldız devler koluna doğru evrimleşecektir. Dönüm noktası diye adlandırılan bu yer kümenin yaşının belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir. Berkeley 45 ve Berkeley 55 açık yıldız kümeleri yaşlı açık yıldız kümelerine örnektir. Şekil 1.1'de genç açık yıldız kümesi NGC 457'ye ait H-R diyagramı verilmiştir (Bulut, 2015). Genç açık yıldız kümesine ait diyagramda yıldızlar anakol üzerinde yoğunlaşmışken, kümenin yaşı arttıkça anakolun üst kısmında konumlanan yıldızlar anakoldan ayrılıp devler koluna doğru evrimleşmektedir.

Açık yıldız kümeleri Galaktik diskin kimyasal evriminin, yıldız oluşum mekanizmalarının ve spiral kol yapısının potansiyel izlerini oluştururlar. Bu yüzden açık yıldız kümeleri Galaktik disk çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. Tezde açık yıldız kümelerine ait bilgilerin artırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda literatüre baktığımızda az çalışılmış ve metalisite belirlenmemiş Galaksimizin birinci çeyreğinde bulunan Berkeley 45 ve ikinci çeyreğinde bulunan Berkeley 55 kümeleri seçilmiştir. Kümelerin üye yıldızları hem CCD UBV(RI)_C hem de 2MASS (The Two Micron All Sky Survey) JHK_S fotometrisi kullanılarak belirlenmiştir. Küme üyelikleri belirlendikten sonra her iki küme için temel ve yapısal parametreler: kızarma E(B-V), metalisite [Fe/H], ağır element bolluğu Z, uzaklık ve yaş elde edilmiştir. Küme içerisindeki özel yıldızlar: Kırmızı Dev ve Mavi Aykırı Yıldız tespit edilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar ile literatürdeki sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 1.1. Yaşı yaklaşık 7.45 Gyr olarak bulunan genç açık yıldız kümesi NGC457'ye ait H-R diyagramı. Kırmızı eğri teorik sıfır yaş anakolunu temsil etmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Küme Gözlemi ve Veri İndirgeme

Galaksimizin birinci çeyreğinde bulunan Berkeley 45 ve ikinci çeyreğinde bulunan Berkeley 55 kümesi, F-G tayf türünden yıldızlar içerdiği bilinen kümelerdir. Tablo 1.1'de kümelerin Galaktik boylam, Galaktik enlem, uzaklık, kızarma, uzaklık modülü ve yaşları verilmektedir. Kümelerin WEBDA'dan alınan görüntüleri Şekil 1.2'de verilmiştir. Seçilen bu kümelere ait CCD UB_V(RI)_C gözlemleri Sierra San Pedro Martir (SPM) gözlemeviden aynı teleskop, CCD ve filtreler ile alınmıştır. CCD UB_V(RI)_C fotometrik gözlemleri SPM'deki 0.84 m'lik f/13 Ritchey-Chretien teleskopu ile yapılmıştır. Gözlemlerde kullanılan filtreler ve gözlemlerde verilen ortalama poz süreleri Tablo 1.2 ve Tablo 1.3'te verilmiştir. Kümelerin görüntüleri, Açıklık (Aperture) ve PSF tekniği ile IRAF'da indirgenmiştir. Açık yıldız kümelerinin temel parametreleri belirlenirken hem CCD UB_V(RI)_C hem de 2MASS JHK_S fotometrisi kullanılarak oldukça geniş bir filtre aralığında çalışılmıştır.

Tablo 1.1. Berkeley 45 ve Berkeley 55 kümesinin WEBDA'dan alınan verileri.

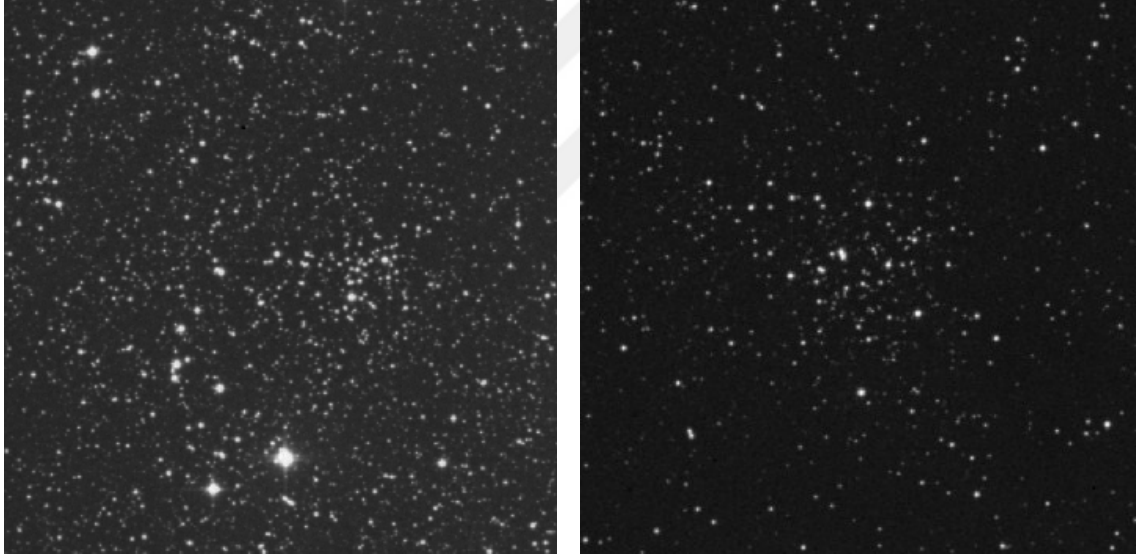
Küme	Galaktik Boylam	Galaktik Enlem	Uzaklık [pc]	Kızarma [mag]	Uzaklık Modülü [mag]	Log(A)
Berkeley 45	19 19 12	+15 43 00	2300	0.82	14.35	8.78
Berkeley 55	21 16 58	+51 45 32	1210	1.74	15.81	8.50

Tablo 1.2. Küme gözlemlerinde UBVRI Johnson-Cousins filtreleri için verilen ortalama poz süreleri.

Filte	U	B	V	R	I
Süre (s)	3x240	3x180	3x100	3x100	3x120

Tablo 1.3. Standart yıldız alanları için verilen poz süreleri.

Filte	U	B	V	R	I
Süre (s)	1x240	1x120	1x60	1x60	1x60



Şekil 1.2. Berkeley 45 (solda) ve Berkeley 55 (sağda) açık yıldız kümelerinin WEBDA'dan alınan görüntüleri.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Küme Üyeliklerinin Belirlenmesi

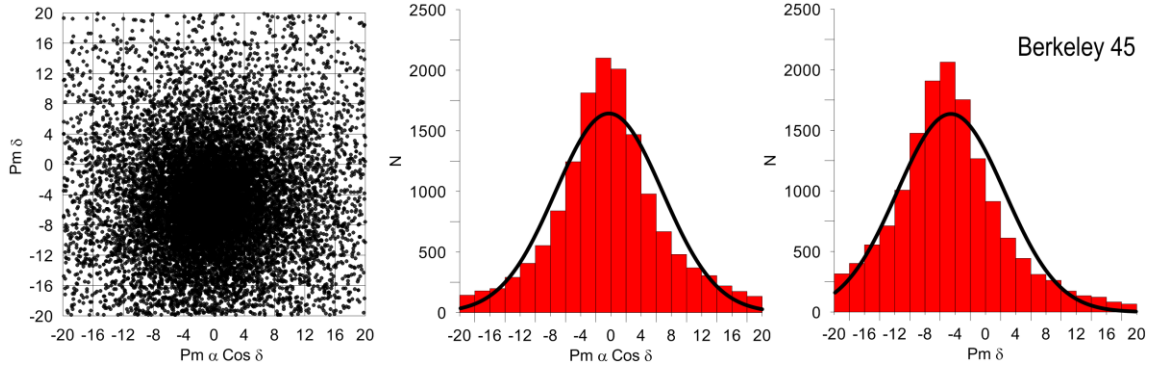
Açık yıldız küme analizlerinde, kümenin alan yıldızlarından arındırılması elde etmek istenilen sonuçların doğruluğu açısından oldukça büyük önem arz etmektedir. Roeser ve ark. (2010)'na ait PPMXL (A Proper Motion Catalog Combining USNO-B and 2MASS) kataloğu, Monet ve ark. (2003)'na ait USNO-B1.0 kataloğundaki öz hareket verileriyle 2MASS verilerini birleştirmiştir. Bu katalog sayesinde küme üyesi yıldızların öz hareket verileri kullanılarak alan yıldızları kümeden ayıklanmıştır. PPMXL kataloğunda kümenin WEBDA'da verilen merkezi koordinatları yazılarak kümeye ait öz hareket verileri bu katalogtan alınmıştır (Şekil 2.1). Küme üyeliklerinin belirlenmesindeki ilk adımda, küme içerisindeki yıldızların sağ açıklık ve dik açıklıkları baz alınarak her bir yıldızın ait öz hareket verilerinden belirsizliği ≥ 4.0 mas yıl⁻¹ olan öz hareket verileri çıkarılmıştır. Bir sonraki adımda ise bu veriler içerisinde ± 20 yay dakikalık alan içerisinde kalan yıldızlar gözönüne alınmıştır. Bu aralığın dışında kalan yıldızlar ise muhtemel alan yıldızlarıdır.

The screenshot shows the 'Catalog Selection Page' for the PPMXL catalog. The search criteria are set to 'Simple Target' with 'Target Name (resolved by Sesame) or Position' as 'Clear' and 'Target dimension' as '20 arcmin'. The catalog is identified as 'The PPMXL Catalog (Roeser- 2010)' with 'Fast Xmatch' and 'ReadMe-fip' options. The search results show 'I/317' and '1.I/317/sample' with 'PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS (910469430 rows)'. The 'Simple Constraint' section is active, showing a list of constraints applied to columns. The constraints include 'PPMXL', 'RAJ2000', 'DEJ2000', 'pmRA', 'pmDE', 'epRA', 'epDE', 'e_RAJ2000', 'e_DEJ2000', 'e_pmRA', and 'e_pmDE'. The 'Explain' column provides details for each constraint, such as 'Identifier (Note 5)', 'Right Ascension J2000.0, epoch 2000.0', 'Declination J2000.0, epoch 2000.0', 'Proper Motion in RA*cos(DELTA)deg', 'Proper Motion in Dec', 'Mean Epoch (RA)', 'Mean Epoch (Dec)', 'Mean error in RA*cos(DELTA) at mean epoch', 'Mean error in Dec at mean epoch', 'Mean error in pmRA*cos(DELTA)', and 'Mean error in pmDec'. The 'ALL cols' section shows 'mag' and 'e_mag' constraints for 'Jmag' and 'Hmag' columns, with 'mag' being the primary constraint and 'e_mag' being the error term.

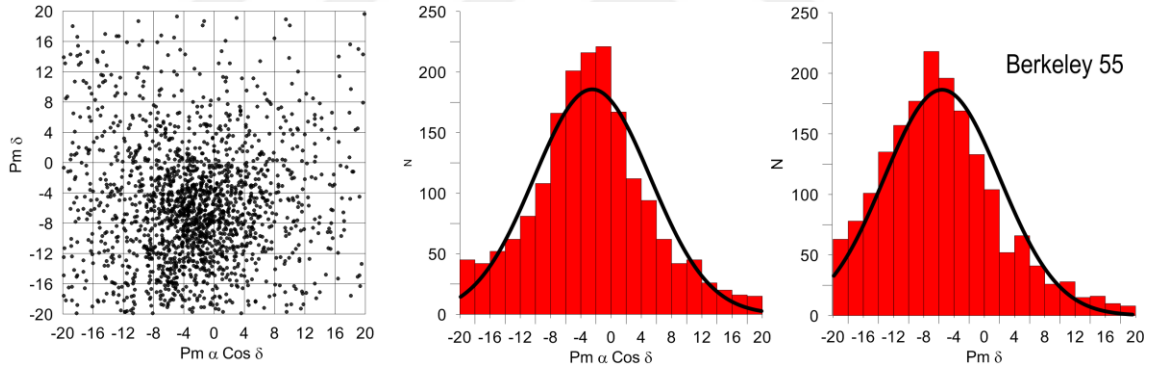
Şekil 2.1. PPMXL katalogunda Berkeley 45 kümesinin (WEBDA'dan alınan koordinatları RA: 19 19 12, DEC: +15 43 00) öz hareket verilerinin indirgenmesi.

2.1.1. Standart Sapma

Küme üyelikleri tespitinde kullanılan bir başka yöntem ise standart sapma belirleme yöntemidir. Burada kümelerin yaklaşık 20 yay dakikalık alan içerisinde kalan verileri kullanılarak Şekil 2.2 ve Şekil 2.3' teki gibi bir dağılım elde edilmiştir. $pm\alpha \cos\delta$ ve $pm\delta$ sağ açıklık ve dik açıklığa göre yıldızların öz hareket dağılımlarıdır. Her bir histograma Gauss fonksiyonu uygulandıktan sonra $\pm 1\sigma$ standart sapma içerisinde kalan öz hareket verileri kümenin olası üyeleri olarak kabul edilmektedir. Berkeley 45 için belirlediğimiz standart sapma değerleri; sağ açıklık RA: [-7.31, 7.43], dik açıklık DEC: [11.60, 2.92]'dir. Berkeley 55 için ise bu değerler; sağ açıklık RA: [-10.19, 5.21], dik açıklık DEC: [-13.26, 2.08] olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.1). Bu değerler dışında kalan yıldızlar hem UBVRI hem de JHK'da kümeden çıkarılmıştır (Akkaya Oralhan ve ark. 2015).



Şekil 2.2. Berkeley 45 kümesinin öz hareket dağılımı. (a) $Pm \alpha \cos \delta$ ve $pm \delta$ sağ açıklık ve dik açıklığa göre yıldızların öz hareket dağılımları. (b) Yatay ekseninde $pm \alpha \cos \delta$ (sağ açıklık), dikey ekseninde N (yıldız yoğunluğu) ile oluşturulan Gauss eğrisi. (c) Yatay ekseninde $pm \delta$ (dik açıklık), dikey ekseninde N (yıldız yoğunluğu) ile oluşturulan Gauss eğrisi.



Şekil 2.3. Berkeley 55 kümesinin öz hareket dağılımı. (a) $Pm \alpha \cos \delta$ ve $pm \delta$ sağ açıklık ve dik açıklığa göre yıldızların öz hareket dağılımları. (b) Yatay ekseninde $pm \alpha \cos \delta$ (sağ açıklık), dikey ekseninde N (yıldız yoğunluğu) ile oluşturulan Gauss eğrisi. (c) Yatay ekseninde $pm \delta$ (dik açıklık), dikey ekseninde N (yıldız yoğunluğu) ile oluşturulan Gauss eğrisi.

Tablo 2.1. Kümelerin Gauss fiti uygulanarak belirlenen standart sapma değerleri.

Küme	Average pm-RA $\pm \sigma$ (mas/yr)	Average pm-DEC $\pm \sigma$ (mas/yr)
Berkeley 45	-0.2239 \pm 7.0539	-4.4650 \pm 7.0916
Berkeley 55	-2.0206 \pm 7.5824	-4.7106 \pm 7.9507

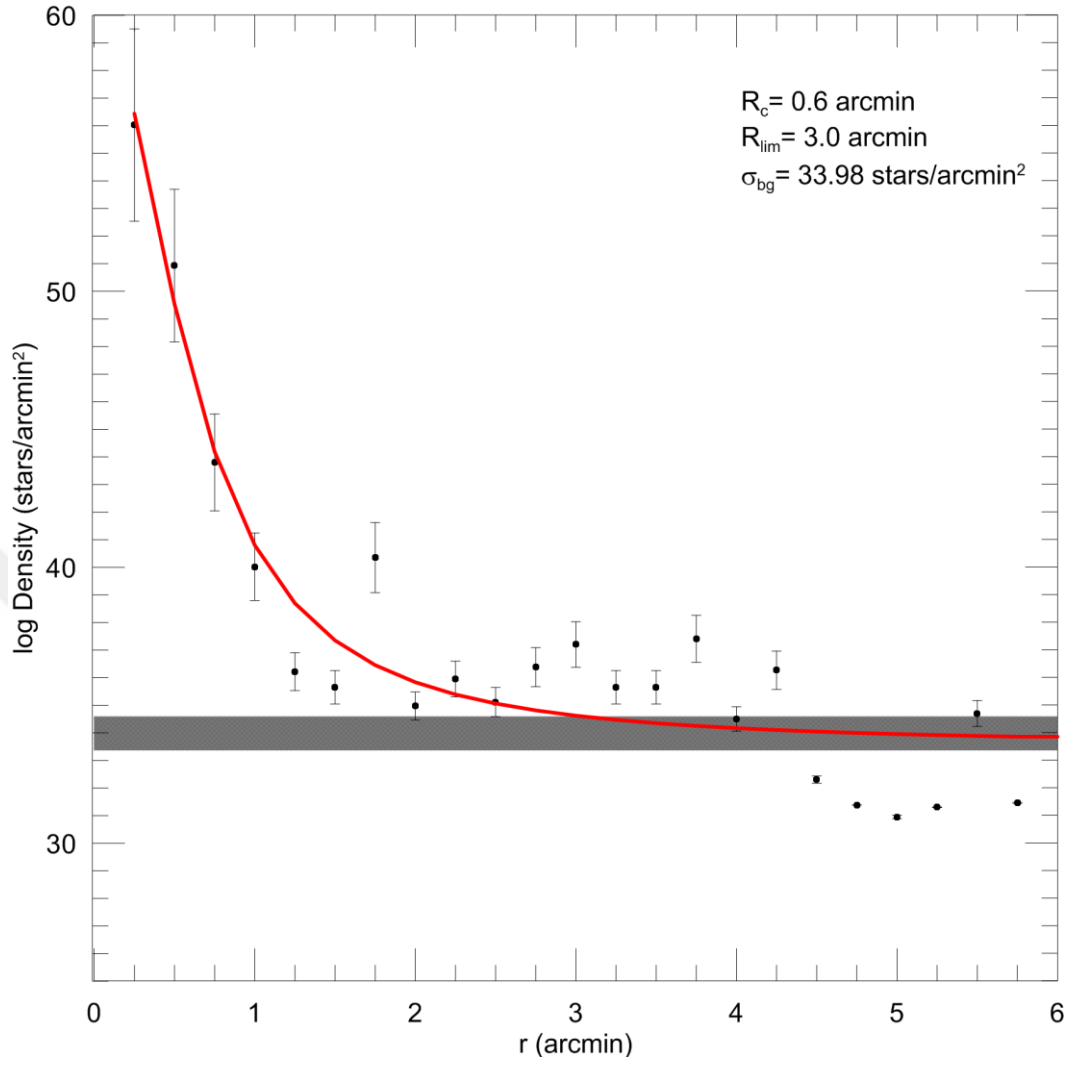
2.2. Limit Yarıçap Belirleme

2.2.1. King Profil Fiti Uygulaması

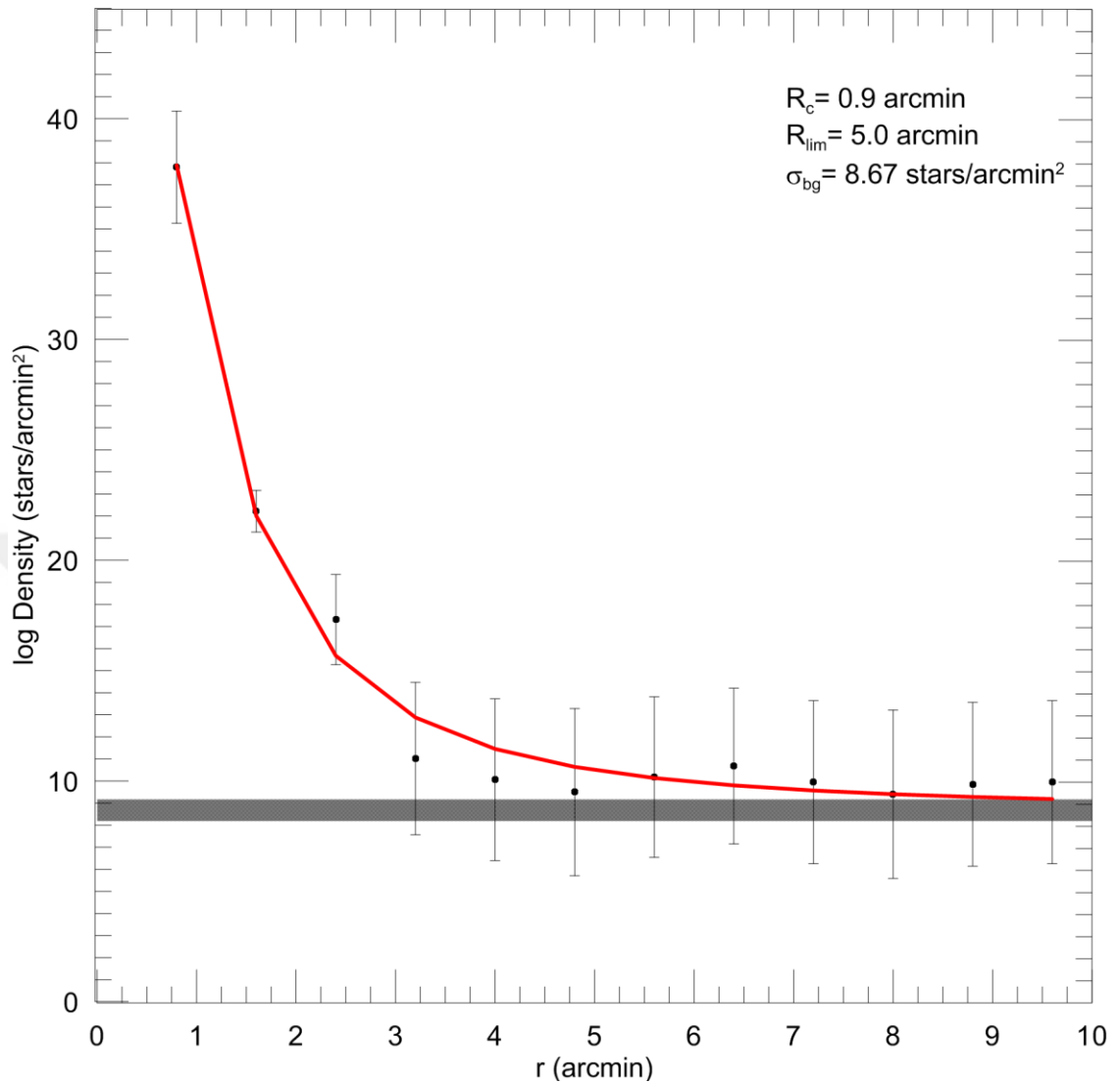
Kümelerin yapısal parametreleri küme üyesi yıldızların radyal sayı yoğunluklarını modelleyen üç parametrelili King profil fitiyle belirlenmektedir. King profil fiti;

$$\sigma(R) = \sigma_{bg} + \sigma_{ok} / (1 + (R/R_{core})^2) \quad (2.1)$$

eşitliğiyle tanımlanır (Bonatto ve ark. 2009). Eşitlik (2.1)'de σ_{bg} , σ_{ok} ve R_{core} parametreleri sırasıyla arka alan yıldız sayı yoğunluğunu, kümenin merkezi yüzey sayı yoğunluğunu ve kümenin çekirdek yarıçapını tanımlar.



Şekil 2.4. Berkeley 45 açık yıldız kümesinin radyal yoğunluk dağılımı. Kümenin limit yarıçapı $R_{lim}=3.0$ arcmin, çekirdek yarıçapı $R_c=0.6$ arcmin ve arka alan yıldız sayı yoğunluğu $\sigma_{bg}=33.98$ stars/arcmin² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.5. Berkeley 55 açık yıldız kümesinin radyal yoğunluk dağılımı. Kümenin limit yarıçapı $R_{lim}=5.0$ arcmin, çekirdek yarıçapı $R_c=0.9$ arcmin ve arka alan yıldız sayı yoğunluğu $\sigma_{bg}=8.67 \text{ stars/arcmin}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Berkeley 45 ve Berkeley 55 kümeleri için sırasıyla Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te yıldızların radyal sayı yoğunlukları grafiklendirilmiştir. İki grafikte bize merkezden yüzeye doğru küme içerisindeki yıldızların yoğunluğunun nasıl değiştiğini göstermektedir. Beklenen durum, kümenin merkezindeki yıldız yoğunluğunun yüzeye doğru gidildikçe azalmasıdır. Fakat grafiklerde de görüldüğü üzere belirli bir limit yarıçapına ulaşıldığında yoğunluk bir noktada artış göstermekte ve sonrasında sabit bir hal almaktadır. Bu artışın başladığı nokta ise bize kümenin limit yarıçapını vermektedir.

Berkeley 45 ve Berkeley 55 için belirlenen limit yarıçap değerleri sırasıyla $r(\text{arcmin}) < 3$ ve $r(\text{arcmin}) < 5$ 'tir.

Berkeley 45 kümesi için $r(\text{arcmin}) < 3$ ve Berkeley 55 kümesi için $r(\text{arcmin}) < 5$ limit yarıçap değerlerinin dışında kalan yıldızlar JHK_s veri setinden çıkarılmıştır.

2.3. Renk Artığı, Ağır Element Bolluğu, Uzaklık Modülü, Uzaklık ve Yaş

2.3.1 Renk Artığı

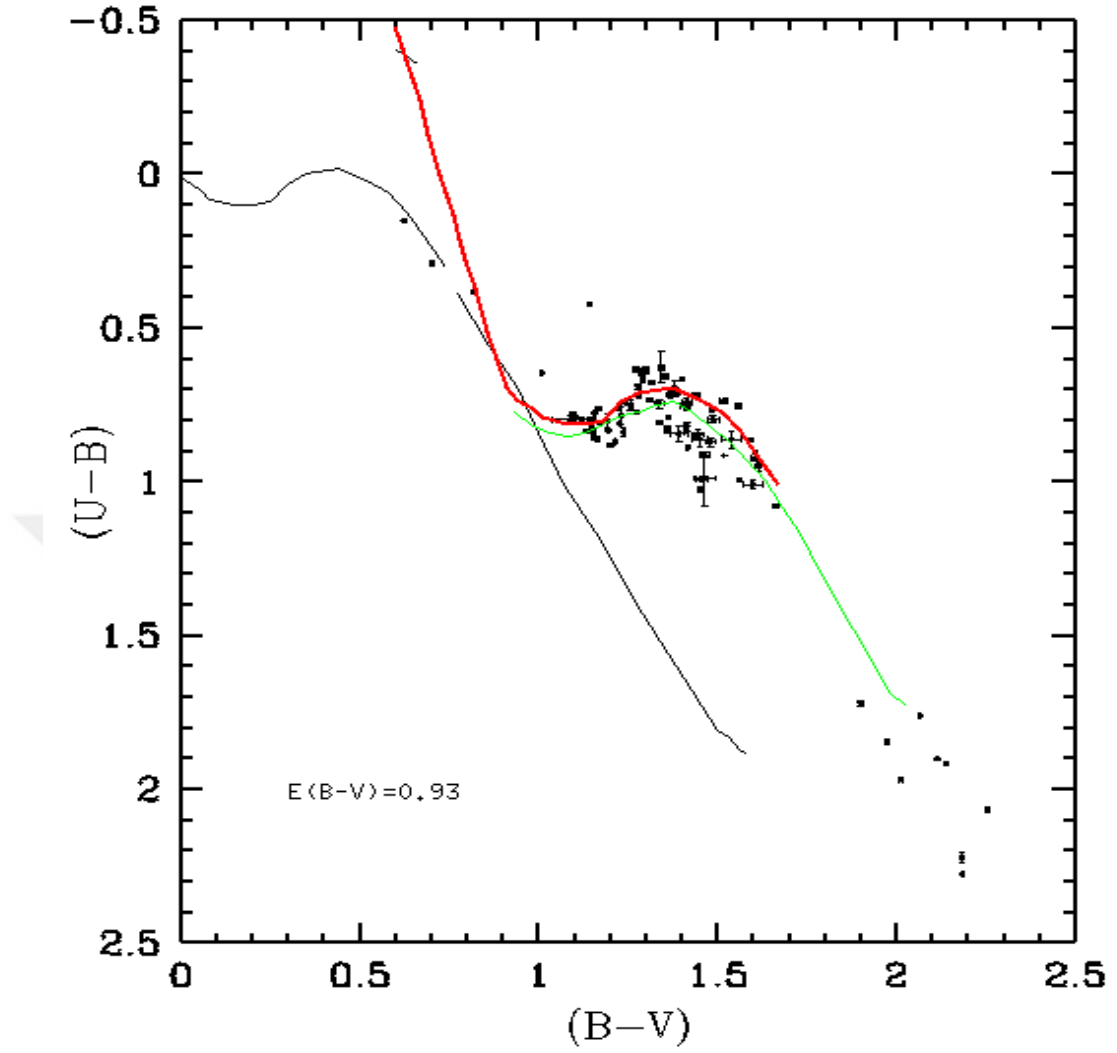
Açık yıldız kümelerinin $E(B-V)$ renk artığı değerleri, SK82 (Schmidt-Kaler, 1982) anakolunun, $(U-B)-(B-V)$ renk-renk diyagramında küme üyelerinin fotometrik verilerine uygun bir çakıştırma elde edilinceye kadar kızarma doğrultusu boyunca kaydırılmasından bulunur (Schmidt-Kaler, 1982). Şekil 2.6'da Berkeley 45 kümesine ait, Şekil 2.7'de ise Berkeley 55 kümesine ait $(U-B)-(B-V)$ renk-renk diyagramı gösterilmektedir. Kümenin renk artığı değeri, SK82 kızarmamış $(U-B)_0-(B-V)_0$ anakolunun $(U-B)$ eksenini boyunca $(U-B)_0+0.72E(B-V)+0.05E(B-V)^2$ kadar, $(B-V)$ ekseninde ise $(B-V)_0+E(B-V)$ kadar kaydırılmasıyla belirlenir. Bu kaydırma işlemi sırasında en iyi uyum, F tayf türü yıldızlara ve $(U-B)$ 'de bir miktar mavi tarafa doğru çakıştırma yapılarak elde edilir. $E(B-V)$ renk artığı değeri bulunduktan sonra (2.2), (2.3), (2.4) ve (2.5) denklemleri kullanılarak sırasıyla $E(V-I)$, $E(R-I)$, $E(J-H)$ ve $E(J-K)$ renk artıkları belirlenir (Straizys, 1995).

$$E(V-I) = 1.25 E(B-V) \quad (2.2)$$

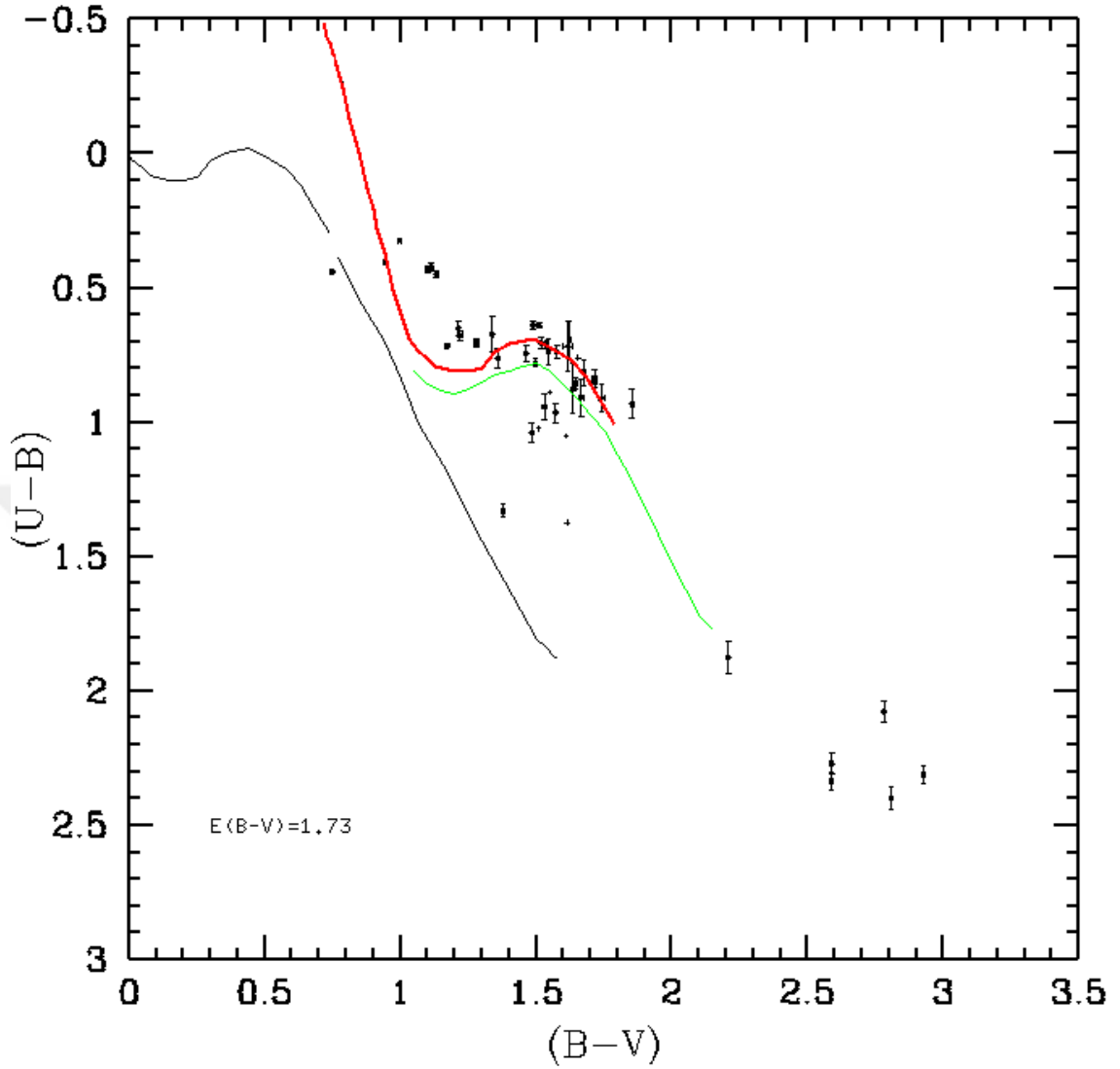
$$E(R-I) = 0.69 E(B-V) \quad (2.3)$$

$$E(J-H) = 0.33 E(B-V) \quad (2.4)$$

$$E(J-K) = 0.546 E(B-V) \quad (2.5)$$



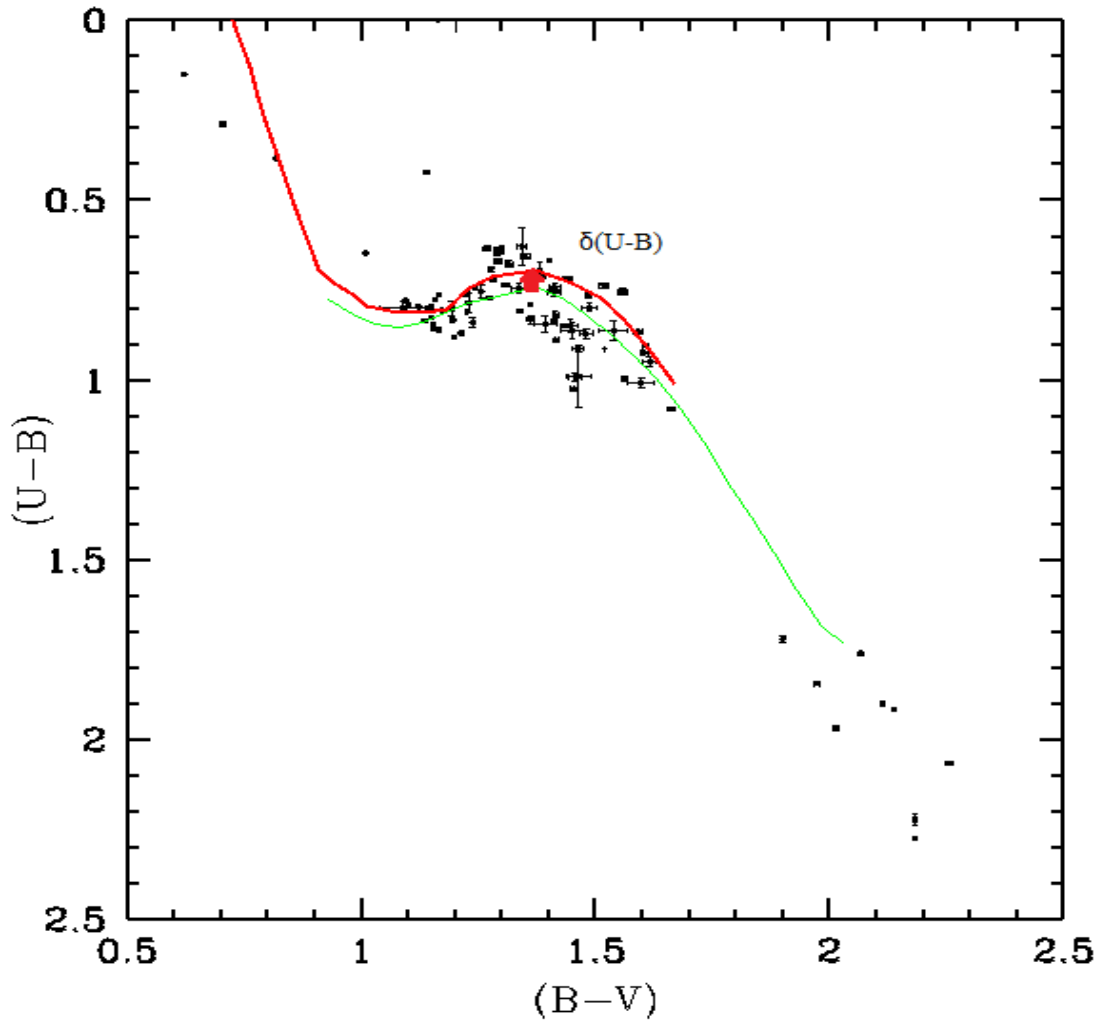
Şekil 2.6. Berkeley 45 kümesine ait $(U-B)-(B-V)$ renk-renk diyagramı. Siyah eğri SK82 kızarmamış $(U-B)_0-(B-V)_0$ anakolunu ($E(B-V)=0$), kırmızı eğri kızarma eklenerek elde edilen SK82 anakolunu ($E(B-V)=0.93$), yeşil eğri ise Hyades'e göre kızarma eklenerek belirlenen anakolu temsil etmektedir.



Şekil 2.7. Berkeley 55 kümesine ait $(U-B)-(B-V)$ renk-renk diyagramı. Siyah eğri SK82 kızarmamış $(U-B)_0-(B-V)_0$ anakolunu ($E(B-V)=0$), kırmızı eğri kızarma eklenerek elde edilen SK82 anakolunu ($E(B-V)=1.73$), yeşil eğri ise Hyades'e göre kızarma eklenerek belirlenen anakolu temsil etmektedir.

2.3.2 Ağır Element Bolluğu

Açık yıldız kümelerinin metal bolluğu tayini küme yıldızlarının U filtre gözlemlerinden itibaren (U-B)-(B-V) iki renk diyagramında $\delta(U-B)$ morötesi artığı yöntemine göre yapılır. Metalisite belirlenirken ilk olarak kümenin SK82 ve Hyades'e göre UV fazlalığı belirlenir. U ve B filtrelerinin duyarlılıklarına baktığımızda maksimumları F ve G tayf türünden yıldızlara denk gelmektedir. Bu nedenle UV fazlalığı, F ve G tayf türünden yıldızlar dikkate alınarak belirlenmiştir.



Şekil 2.8. Berkeley 45 kümesine ait iki renk diyagramı. Metalisitenin belirlendiği yer $E(B-V)_0=1.3$ değerinde, Hyades anakolu (yeşil eğri) ve eşmetal eğrisi (kırmızı eğri) için belirlenen $(U-B)_0$ ve $\langle(U-B)_{0,EM}\rangle$ değerleri tablo 2.4'te verilmiştir. Bu iki değer arasındaki fark morötesi artığı $\delta(U-B)$ değerini verir ($\delta(U-B) = (U-B)_0 - \langle(U-B)_{0,EM}\rangle$).

UV fazlalığı, kümenin iki renk diyagramında metalisitenin belirlendiği yer dikkate alınarak, Hyades anakolu ve eş-metal eğrisinden belirlenen $(U-B)_0$ ve $\langle(U-B)_{0,EM}\rangle$ değerlerinin farkından bulunur (Şekil 2.8). UV fazlalığının belirlendiği noktadaki $(B-V)$ değerinden kızarma değeri çıkarılarak $(B-V)_0$ değeri belirlenir. Bu $(B-V)_0$ noktasında SK82 ve Hyades'e ait tablolardan o noktadaki maksimum UV değerine bakılır (Tablo2.2).

Tablo2.2. Melbourne (1959) ve Sandage (1969)'den alınmış, Hyades'e ait maksimum UV değerlerini gösteren tablo. $\delta_{0.6}/\delta UV_{max}$, $(B-V)=0.6$ 'daki maksimum morötesi artığının diğer renk indekslerindeki mor ötesi artığı değerlerine oranını göstermektedir.

$(B-V)_0$	$(U-B)_H$	δUV_{max}	$\delta_{0.6}/\delta UV_{max}$
0	0.032	0.02	15.50
0.05	0.077	0.025	12.40
0.1	0.1	0.025	12.40
0.15	0.113	0.052	5.96
0.2	0.099	0.1	3.10
0.25	0.07	0.154	2.01
0.3	0.044	0.212	1.46
0.35	0.03	0.25	1.24
0.4	0.01	0.26	1.19
0.45	0	0.27	1.15
0.5	0.03	0.28	1.11
0.55	0.08	0.3	1.03
0.6	0.13	0.31	1.00
0.65	0.19	0.3	1.03
0.7	0.25	0.28	1.10
0.75	0.34	0.26	1.19
0.8	0.43	0.24	1.29
0.85	0.54	0.22	1.41
0.9	0.64	0.2	1.55
0.95	0.74	0.19	1.63
1	0.84	0.17	1.82
1.05	0.94	0.15	2.06
1.1	0.99	0.12	2.58

Bulunan maksimum $(B-V)_0$ değeri için tablodan $\delta_{06}/\delta UV_{\max}$ değerine bakılır ve maksimum mor ötesi artığı ($\delta_{0.6}$) değeri elde edilir. Bulunan bu $\delta_{0.6}$ değeri ile $[Fe/H]$ arasındaki dönüşüm bağıntı 2.6'da verilmiştir. Hesaplamalar yapılırken Karataş ve Schuster (2006)'a ait katsayılar kullanılmıştır (Tablo 2.3). Buser ve Kurucz (1992), sentetik UBVRİ fotometrisi kullanarak a, b, c katsayılarını sırasıyla +0.20, -4.57, -18.55 olarak vermiştir. Karaali ve diğ. (2003) ise a, b, c değerlerini sırasıyla +0.10, -2.76, -24.06 olarak vermiştir.

$$[Fe/H] = a + b \delta_{06} + c \delta_{06}^2 \quad (2.6)$$

Tablo 2.3. $\delta_{0.6}$ ile $[Fe/H]$ arasındaki dönüşüm için kullanılan katsayı değerleri.

a	b	c	Yöntem	Referans
0.17	-3.69	-18.14	$(-0.05 < \delta < 0.26)$	Sandage ve Fouts (1987)
0.13	-4.84	-7.93	$(-2.1 < \delta < 0.41)$	Karataş ve Schuster (2006)

Tezde çalışılan iki kümenin metal bolluğu değerleri, Karataş ve Schuster (2006)'a ait katsayılar kullanılarak (2.7) nolu denklem ile hesaplanmıştır.

$$[Fe/H] = +0.13 \pm 0.04 - 4.84 \pm 0.60 \delta_{06} - 7.93 \pm 2.24 \delta_{06}^2 \quad (2.7)$$

Kümelere metal bolluğu değerleri ile ağır element bollukları arasındaki dönüşüm ise (2.8) nolu bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$Z = Z_{\odot} 10^{[Fe/H]} \quad (2.8)$$

Denklemden Güneş'in ağır element bolluğu $Z_{\odot} = 0.015$ olarak alınmıştır.

Tablo 2.4. $\langle(B-V)\rangle$ değerinde Hyades için $(U-B)_0$ ve eşmetal eğrisi için $\langle(U-B)_{0,EM}\rangle$ değerleri. $\delta(U-B)_0$ morötesi artığı, $\delta_{0.6}$ ise $(B-V)_0=0.6$ 'ya normalize edilmiş morötesi artığıdır.

Küme	$\langle(B-V)_0\rangle$	$(U-B)_0$	$\langle(U-B)_{0,EM}\rangle$	$\delta(U-B)_0$	$\delta_{0.6}$	[Fe/H]	Z
Berkeley 45	0.37	0.022	-0.034	0.056	0.0688	-0.024	0.009
Berkeley 55	-	-	-	-	-	-	0.015

Berkeley 45 kümesinin ağır element bolluğu tayininde $\delta(U-B)$ morötesi artığı yöntemi kullanılarak kümenin [Fe/H] değeri -0.024 ve Z değeri 0.009 olarak bulunmuştur (Tablo 2.4). Berkeley 55 kümesi için ise en uygun ağır element bolluğu PARSEC'e göre alınan Güneş'in ağır element bolluğu olan $Z=0.015$ 'tir. Bu nedenle Berkeley 55 kümesi için morötesi artığı yöntemi kullanılmamış olup, kümenin metal bolluğu da tespit edilememiştir.

2.3.3 Uzaklık Modülü-Uzaklık-Yaş

Açık yıldız kümelerinin $(V-M_V)$ uzaklık modülü, Bressan (2012)' na ait teorik eşyaş eğrilerinin kümelerin $V-(B-V)$, $V-(R-I)$, $V-(V-I)$, $J-(J-H)$, $J-(J-K)$ renk-kadir diyagramlarında, kümenin standart sönükleşme kanunlarına göre renk artıkları dikkate alınarak (tablo 2.2), dikey mutlak kadir ekseninde $(V-M)+3.1 E(B-V)$ kadar, yatay renk indeksi ekseninde ise renk artığı kadar kaydırılarak elde edilir.

Kümelerin uzaklık modülü $(V-M_V)$ ile parsec cinsinden uzaklığı d arasındaki dönüşüm bağıntı (2.9)'da verilmiştir.

$$d \text{ (pc)} = 10^{0.2[(V-M_V)+5]} \quad (2.9)$$

Kümenin Galaksi merkezinden uzaklığı R_{GC} , (2.10) nolu bağıntı ile hesaplanmıştır (Lemasle ve diğ. (2008)).

$$R_{GC}^2 = R_{\odot}^2 + d^2 - 2R_{\odot} d \cos l \quad (2.10)$$

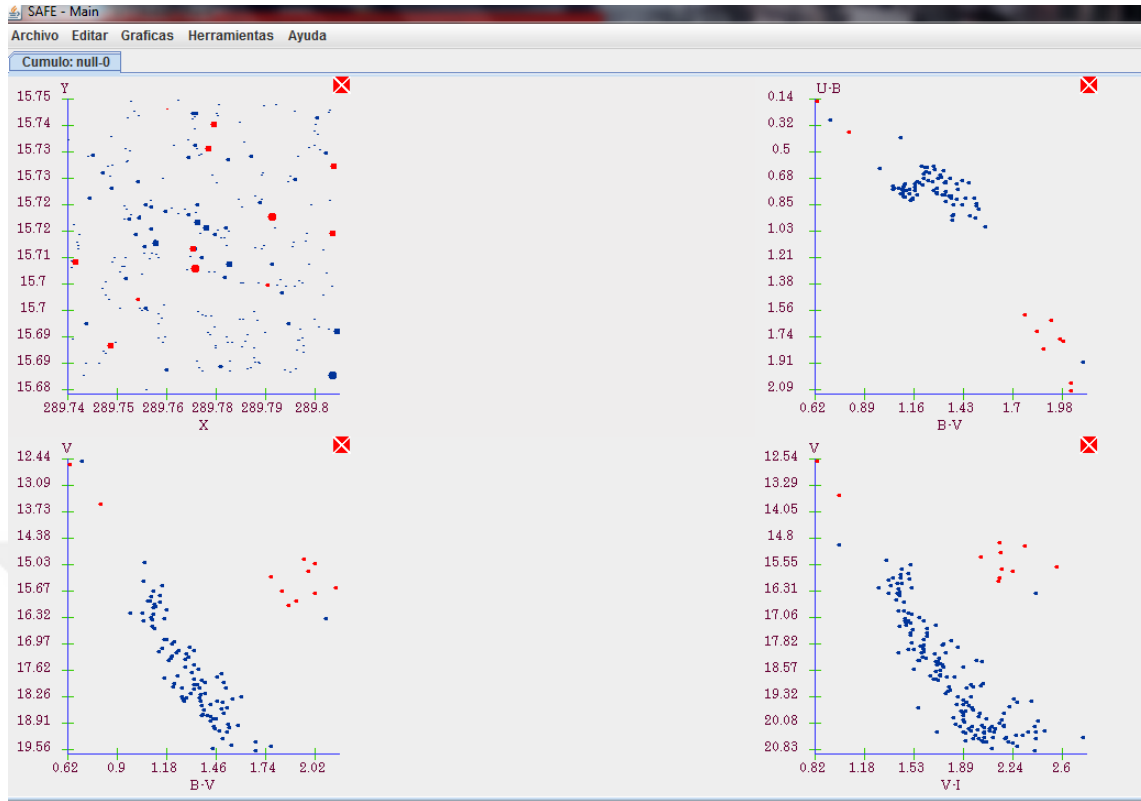
Kümenin yaşı yine bu beş renk-kadir diyagramlarında, kümenin Z ağır element bolluğuna göre seçilen Bressan (2012) 'na ait teorik eşyaş eğrisinin, kümenin anakolu, dönüm noktası eğer varsa kırmızı yığın/kırmızı dev yıldızları ile iyi uyum elde edilinceye kadar karşılaştırılmasından elde edilir. Literatürde farklı versiyonda oluşturulmuş farklı bir çok eşyaş eğrileri mevcuttur. Bu eşyaş eğrilerinin farklılık göstermesinin birinci sebebi yıldız evrim modellemelerindedir. Farklı modellemeler farklı eşyaş eğrilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin kimi modelleme de işin içine konveksiyon girerken kimisinde konveksiyon göz önünde bulundurulmamaktadır. Modelleme yapılırken hangi kütle ya da yaş aralığında en iyi sonucu verire bakılarak modelleme yapılacak küme belirlenir. Sonrasında bu modellemeleri renklere yani U,B,V,R,I bandlarına dönüştürmek gerekir. Bu dönüşüm için de atmosfer modellemesi yapılmaktadır. Atmosfer modellemesi eşyaş eğrilerindeki farklılıkların ikinci sebebidir. Yıldız evrim modellemesi bize her bir yıldızın log L, log T, yarıçap, kütle gibi parametrelerini verirken, atmosfer modellemelerinde ise bu parametreler kullanılarak kümeye ait yıldızların parlaklıkları elde edilmektedir. Atmosfer modellemesi kendi içerisinde üçe ayrılıyor: Kurucz, Marcs ve TLUSTY. Bu sebeplerden ötürü de eş-yaş çizgileri değişim göstermektedir. Versiyonlara tek tek bakılarak hangi yıldız evrim modellemesi ve hangi atmosfer modellemesi kullanıldığına bakılmalıdır. Bu tez çalışmasında girdi dosyasında PARSEC eşyaş çizgilerinin 1.2S versiyonu kullanılarak istenilen Z ağır element bolluğunda bir çıktı dosyası oluşturulmuştur. Bu çıktı dosyasında kümeye ait logaritmik olarak 6.6 ile 10.1 yıl yaş aralıklarında U,B,V,R,I,J,H,K band değerleri ile bu bandlardaki hata değerleri verilmektedir. Bu değerler kullanılarak kümelerin yaşlarını belirleyecek olan beş renk-kadir diyagramları çizdirilmiştir (<http://stev.oapd.inaf.it/cmd>).

Berkeley 45 için bulunan ortalama uzaklık modülü değeri $(V-M_V)=11.77 \pm 0.04$, ortalama uzaklık $d=2.25 \pm 0.05$ kpc ve logaritmik yaşı $\log(\text{Age})=9.12 \pm 0.02$ 'dir. Berkeley 55 için ortalama uzaklık modülü $(V-M_V)=11.90 \pm 0.04$, ortalama uzaklık $d=2.39 \pm 0.04$ kpc ve logaritmik yaşı $\log(\text{Age})=7.95 \pm 0.03$ olarak bulunmuştur.

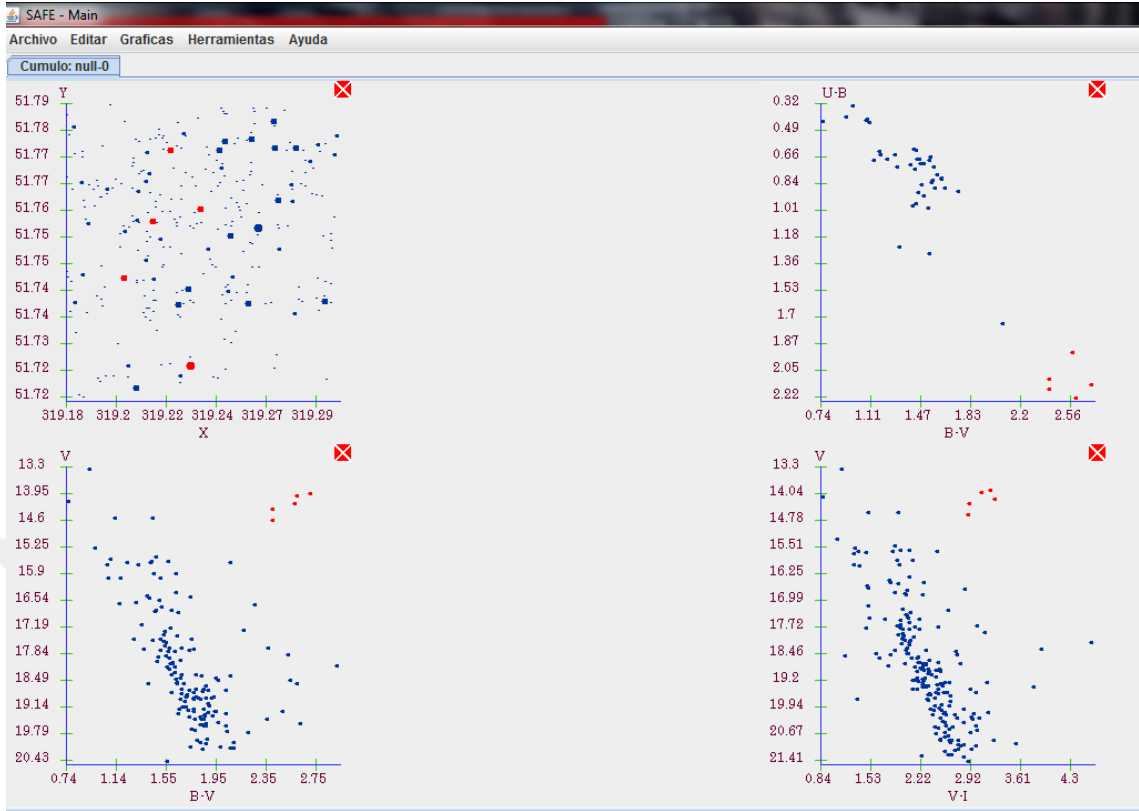
2.4. Açık Yıldız Kümelerinde Kırmızı Yığın Yıldızları ve Mavi Mücadeleci Yıldızlar

2.4.1 Kırmızı Yığın Yıldızları

Kırmızı yığın yıldızları merkezlerinde Helyum yakan, renk-kadir diyagramlarında dağılımın kırmızı tarafında bir yığın halinde bulunan evrimleşmiş yıldızlardır. Bu yıldızlar kümenin uzallığının ve yaşının belirlenmesinde önemli rol oynarlar. Berkeley 45 ve Berkeley 55 açık yıldız kümelerinin Kırmızı Yığın yıldızlarını belirlemek için McFarland tarafından 2009 yılında oluşturulan, JAVA tabanlı SAFE (Sistema de Analisis Fotometrico de Estrellas) yazılımı kullanılmıştır. SAFE programı ile bir kümeye ait renk-renk ve renk-kadir diyagramlarını aynı anda çizdirebilir ve herhangi bir yıldız ya da yıldız gruplarının çizdirilen diyagramlarda nereye denk geldiğini görebiliriz. Ayrıca işaretlenen herhangi bir yıldızın koordinatlarını ve U,B,V,R,I bandlarındaki değerlerini veren bu program sayesinde küme üyesi yıldızları alan yıldızlarından ayırmak oldukça kolaylaşmaktadır. SAFE kullanılarak Berkeley 45 kümesi için sekiz Kırmızı Yığın yıldız ve iki Mavi Mücadeleci yıldız (Şekil 2.9), Berkeley 55 kümesi için beş Kırmızı Yığın yıldız tespit edilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.9. SAFE programı ile çizdirilen, Berkeley 45 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk- renk, renk-kadir diyagramlarındaki dağılım. Kırmızı Yığın yıldızlar ve diyagramların sol üst köşesinde bulunan iki Mavi Mücadeleci yıldız kırmızı ile işaretlenmiştir.



Şekil 2.10. SAFE programı ile çizdirilen, Berkeley 55 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarındaki dağılım. Kırmızı Yığın yıldızlar kırmızı ile işaretlenmiştir.

2.4.2 Mavi Mücadeleci Yıldızlar

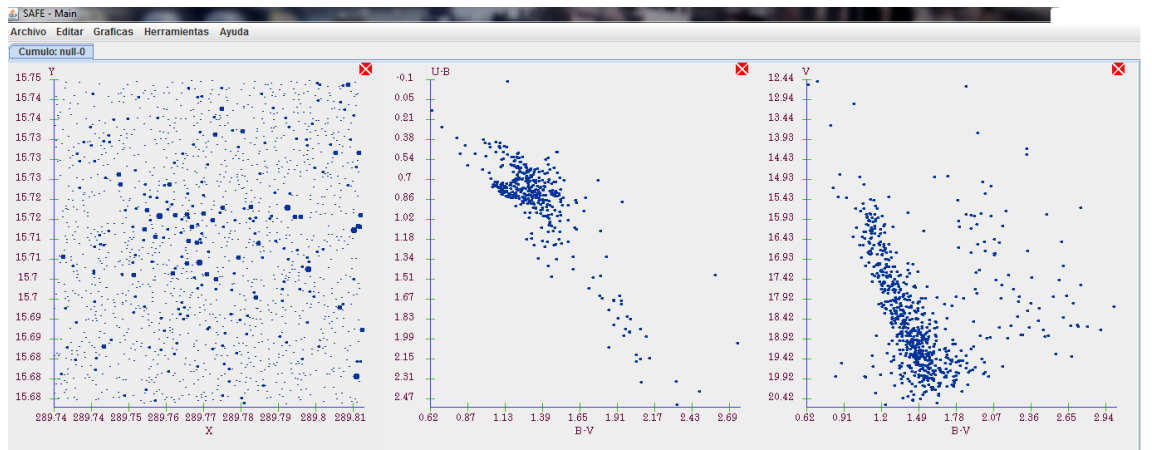
Mavi Mücadeleci yıldızlar anakol yıldızlarından daha kütleli olmalarına rağmen normal evrim sürecini takip etmeyip anakolun sol üst köşesinde konumlanan yıldızlardır. Bu yıldızlara ait oluşum senaryolarından biri küme yıldızlarından sonra oluşmuş olmalarıdır. Fakat bu durumda yıldızlar arasında yaş farkı olması beklenir ki bu durumda aynı yaşa sahip küme yıldızları arasında yer almaları mümkün değildir. Diğer bir senaryo ise bu yıldızların bir çift sistem olduğudur. Büyük kütleli olan yıldız Roch lobunu doldurarak diğer yıldıza kütle aktarır. Bu kütle aktarımı sürdükçe yıldızlar birbirlerine yaklaşır ve aktarım sonunda yıldızlar ortak zarfta birleşerek tek bir yıldız haline gelirler. Bu senaryo Mavi Mücadeleci yıldızlarda örten çiftlerin gözlenmesi ile doğruluk kazanmıştır.

3. BÖLÜM

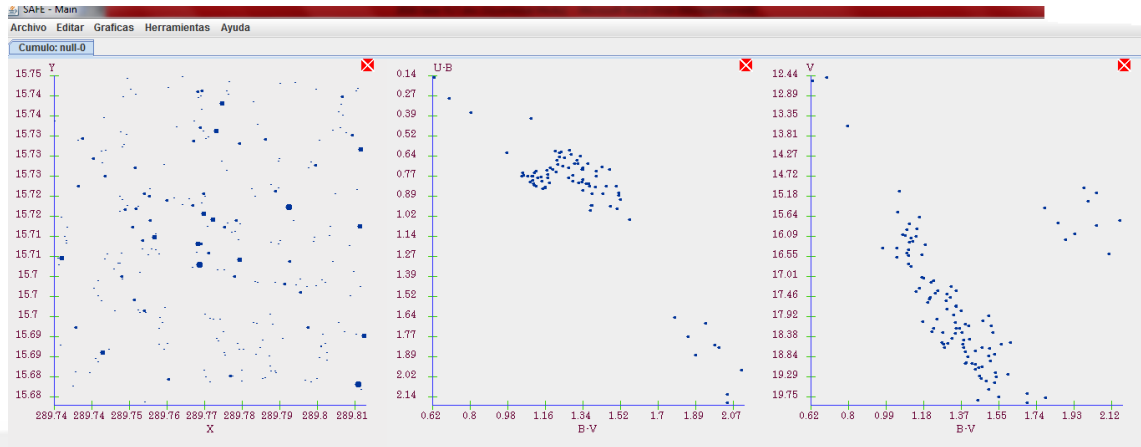
BULGULAR

3.1 Berkeley 45

Berkeley 45 kümesinin küme yıldızlarını alan yıldızlarından ayıklamadan önceki ham verileri UBVRİ bandında 1536, JHK bandında 30830, küme üyesi tespiti yapıldıktan sonra UBVRİ bandında 245'e JHK bandında ise 94'e elemine edilmiştir. Şekil 3.1 kümenin alan yıldızlarından ayıklanmadan önceki X,Y düzlemi ve renk-renk (U-B)-(B-V), renk-kadir V-(B-V) diyagramlarını göstermektedir. Kümenin ayıklama yapıldıktan sonraki görüntüsü ise Şekil 3.2'deki gibidir. Özellikle kümenin yaşını belirlemek için uygulanan eş-yaş fitlerinin doğru bir şekilde fit edilmesi kümenin alan yıldızlarından çok iyi bir şekilde ayıklanmasına bağlıdır.



Şekil 3.1. SAFE programı ile çizdirilen, ayıklama yapılmadan önceki Berkeley 45 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.



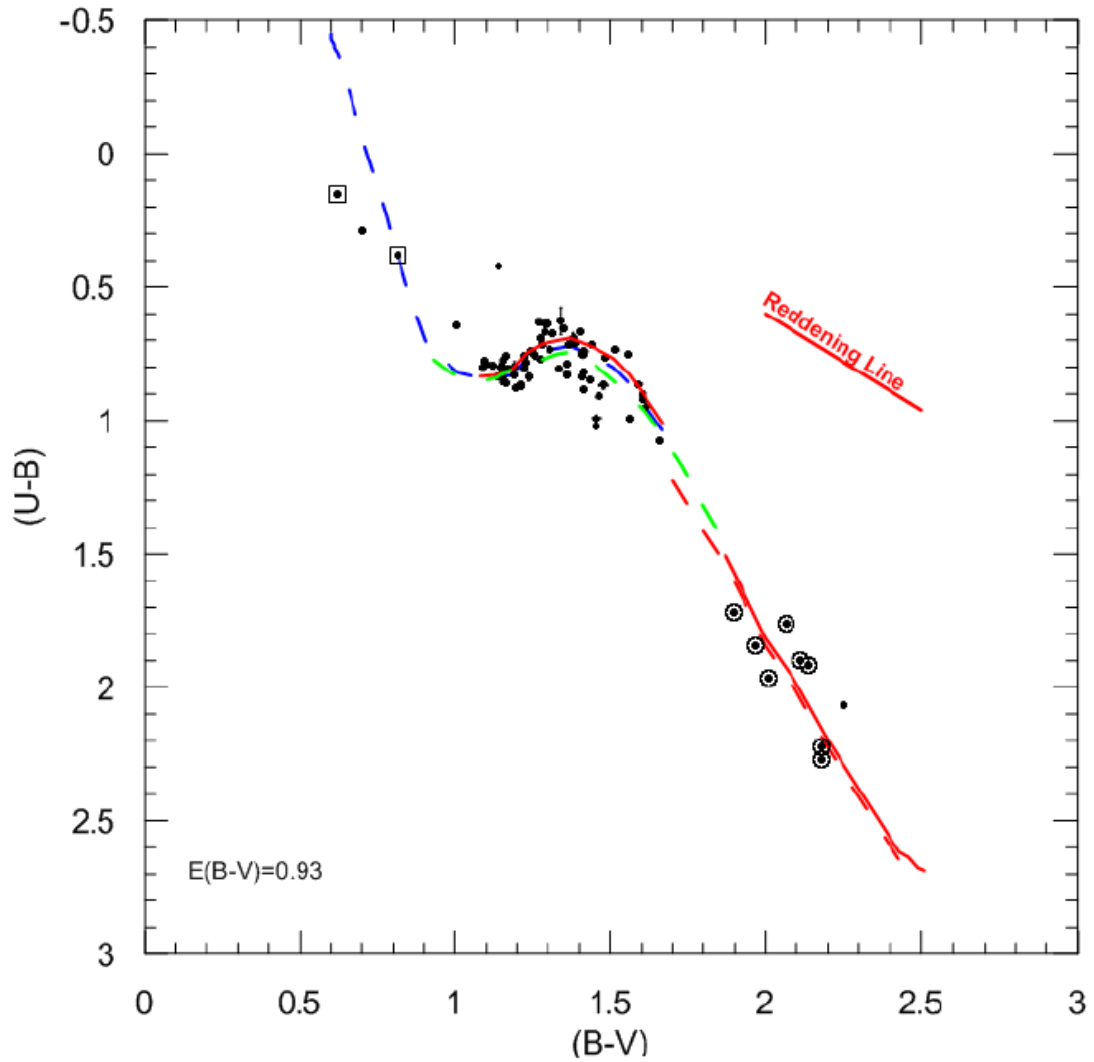
Şekil 3.2. SAFE programı ile çizdirilen, ayıklama yapıldıktan sonraki Berkeley 45 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.

Berkeley 45 açık yıldız kümesine ait (U-B)-(B-V) iki renk diyagramı Şekil 3.3'te, V-(B-V) renk-kadir diyagramı Şekil 3.4'te ve V-(R-I), V-(V-I), J-(J-H), J-(J-K) renk-kadir diyagramları Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Berkeley 45 kümesine ait temel parametreler.

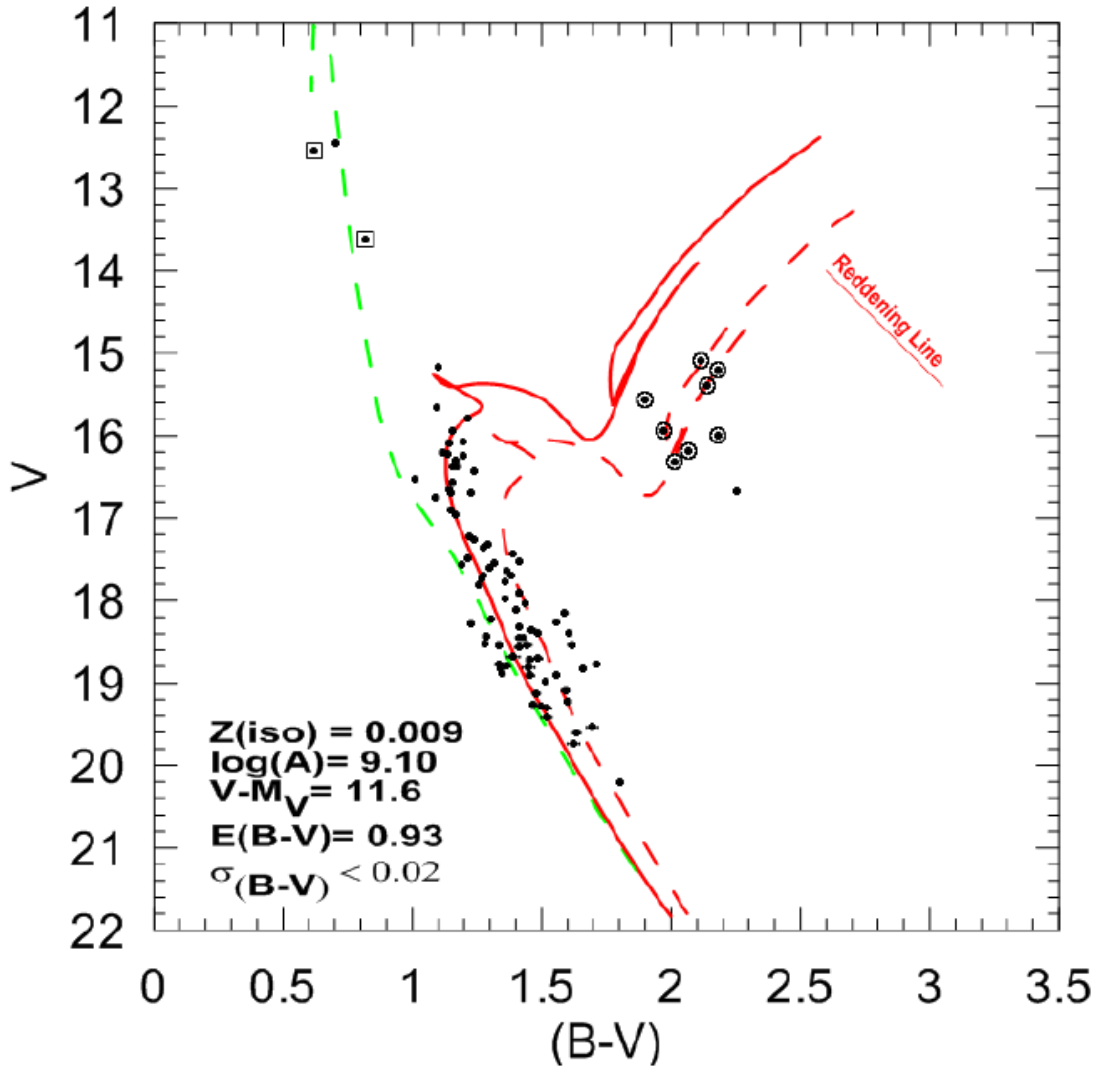
Renk	$(V-M_V)_0$	d[kpc]	Log(A)	Log(A) _{fit}	A _{fit} [Gyıl]
E(B-V)=0.93±0.07 [Fe/H]=-0.024±0.27 Z=0.009±0.005 R_G=7.068					
(B-V)	11.60±0.09	2.08±0.10	9.10	9.10±0.05	1.26±0.15
(R-I)	11.70±0.10	2.18±0.10	9.15	9.15±0.05	1.41±0.17
(V-I)	11.70±0.20	2.18±0.20	9.15	9.15±0.05	1.41±0.17
(J-H)	11.90±0.10	2.39±0.11	9.10	9.10±0.10	1.26±0.33
(J-K)	11.90±0.10	2.39±0.11	9.10	9.10±0.05	1.26±0.15
Ortalama	11.77±0.04	2.25±0.05		9.12±0.02	1.32±0.07

Berkeley 45 açık yıldız kümesinin SK82 anakolunun küme yıldızları ile karşılaştırılmasından elde edilen renk artığı değeri $E(B-V)=0.93\pm 0.07$ olarak hesaplanmıştır. Normalize edilen $\delta(0.6)$ morötesi fazlalığı değerinden kümenin metal ve ağır element bolluğu $[Fe/H]=-0.024\pm 0.27$, $Z=0.009\pm 0.005$ olarak elde edilmiştir. Kümenin PARSEC'ten alınan eşyaş eğrilerinin renk-kadir diyagramları ile karşılaştırılmasından ölçülen kümenin uzaklık modülü, hesaplanan uzaklığı ve yaşı Tablo 3.1'de listelenmiştir.

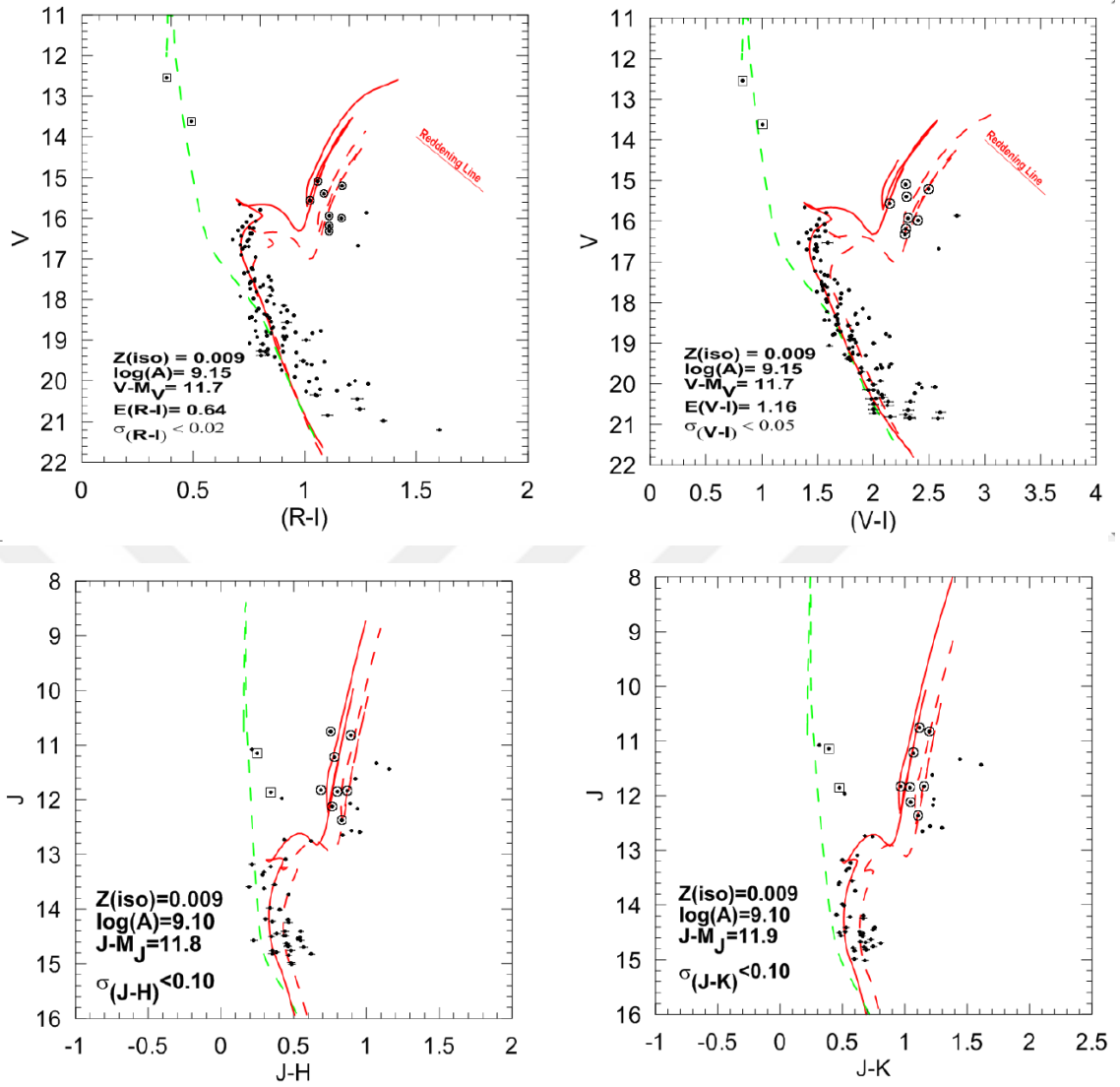


Şekil 3.3. Berkeley 45 kümesine ait (U-B)-(B-V) renk-renk diyagramı. Daire içine alınan yıldızlar muhtemel kırmızı dev adayları, kare içine alınan yıldızlar ise mavi mücadeleci yıldızları göstermektedir. Kızarma eklenerek ($E(B-V)=0.93$) oluşturulan

eğriler: kesikli mavi eğri devlere ait Schmidt-Kaler anakolunu, yeşil kesikli eğri Hyades anakolunu, kırmızı eğri ise kümenin metal bolluğunu temsil eden eş-metal eğrisini göstermektedir.



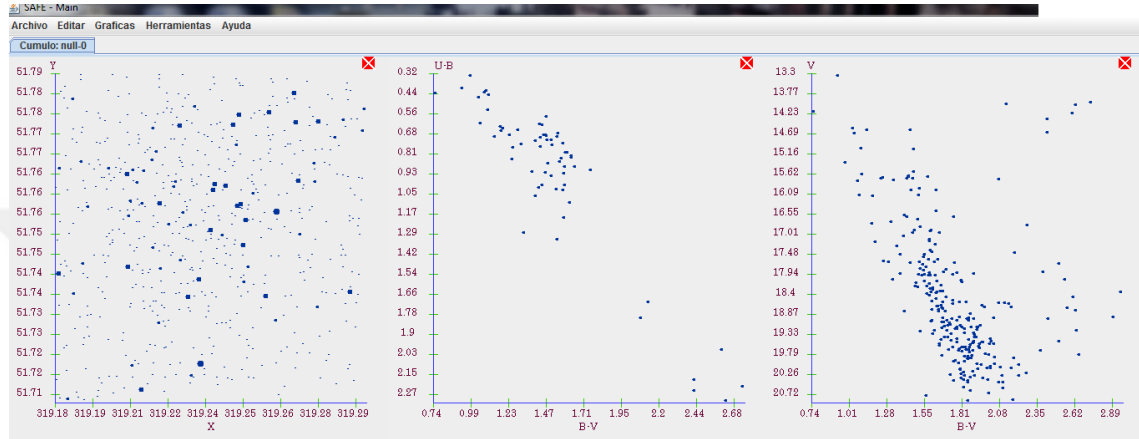
Şekil 3.4. Berkeley 45 kümesine ait V-(B-V) renk-kadir diyagramı. PARSEC'ten alınan eşyaş eğrileri: yeşil kesikli eğri teorik sıfır yaş anakolunu, kırmızı eğri kızarma eklenmiş Hyades anakolunu, kesikli kırmızı eğri ise kırmızı devler dikkate alınarak oluşturulan Hyades anakolunu temsil etmektedir. Daire içine alınan yıldızlar muhtemel kırmızı dev adayları, kare içine alınan yıldızlar ise mavi mücadeleci yıldızları göstermektedir.



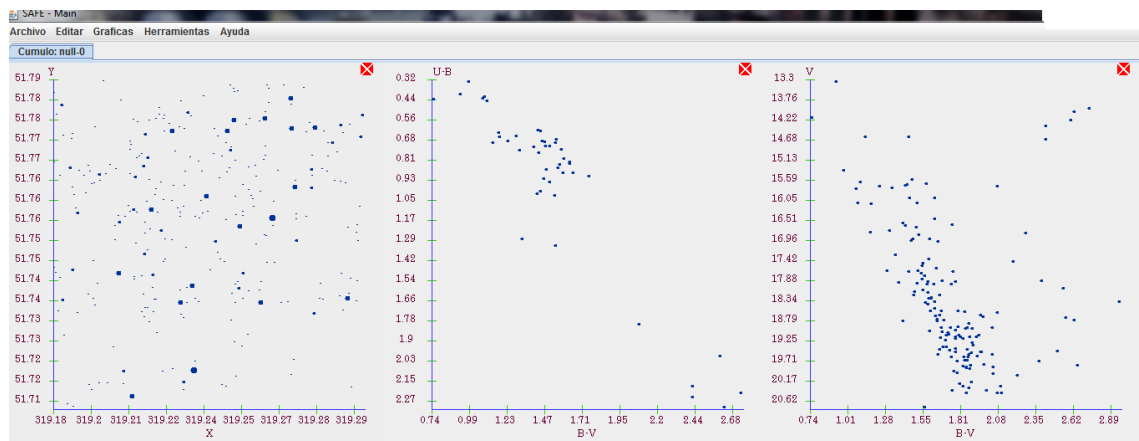
Şekil 3.5. Berkeley 45 kümesine ait $V-(R-I)$, $V-(V-I)$, $J-(J-H)$, $J-(J-K)$ renk-kadir diyagramları. Eğrilerin ve sembollerin anlamları Şekil 3.4'teki gibidir.

3.2 Berkeley 55

Berkeley 55 kümesinin küme yıldızlarını alan yıldızlarından temizlemeden önceki ham verileri UBVRİ bandında 609'dan 288'e, JHK bandında 12680'den 282'ye elimine edilmiştir. Şekil 3.6 kümenin alan yıldızlarından temizlenmeden önceki, Şekil 3.7 ise temizlik yapıldıktan sonraki küme yıldızlarının dağılımını göstermektedir.

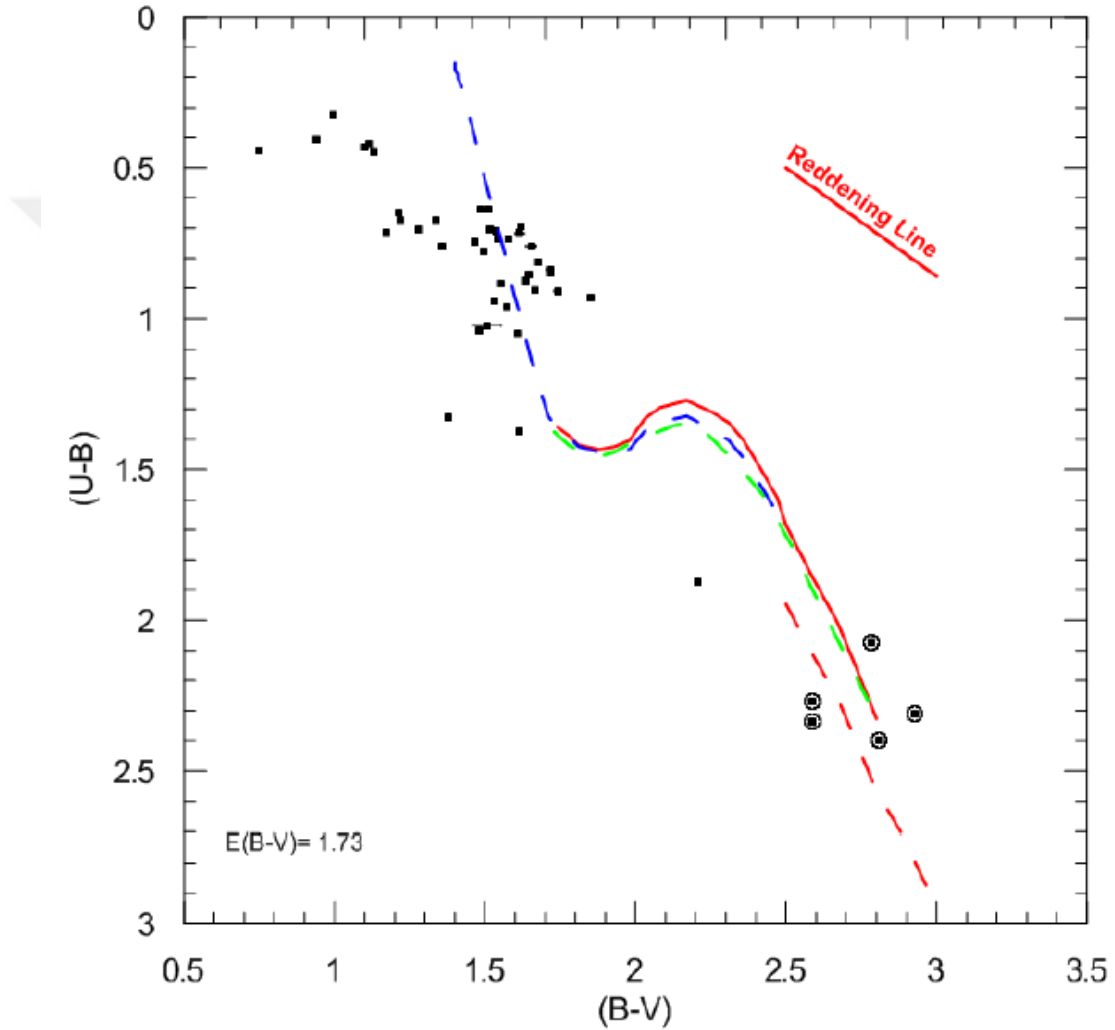


Şekil 3.6. SAFE programı ile çizdirilen, temizlik yapılmadan önceki Berkeley 55 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.

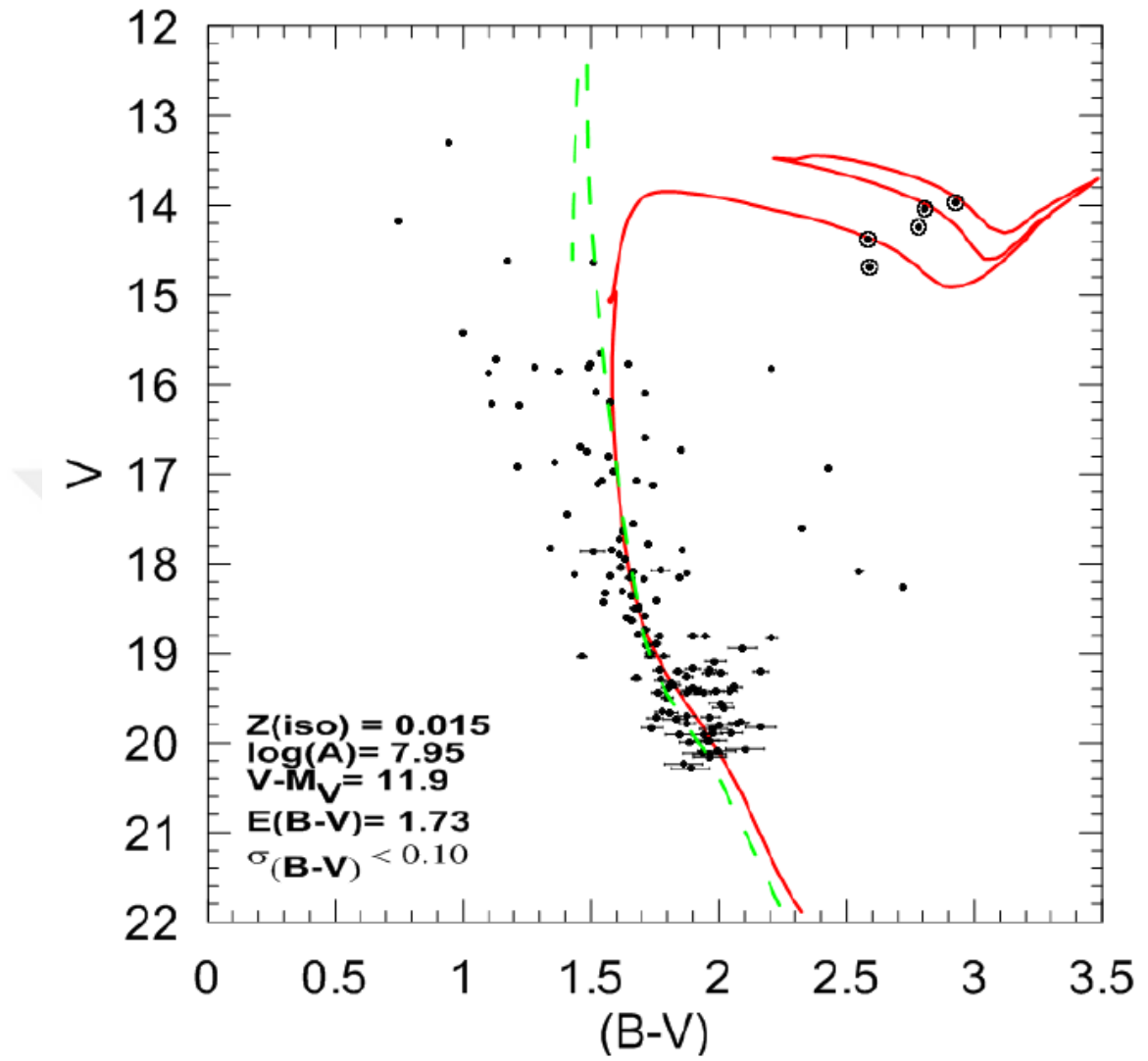


Şekil 3.7. SAFE programı ile çizdirilen, temizlik yapıldıktan sonraki Berkeley 55 kümesine ait X,Y düzlemi ve renk-renk, renk-kadir diyagramlarının dağılımı.

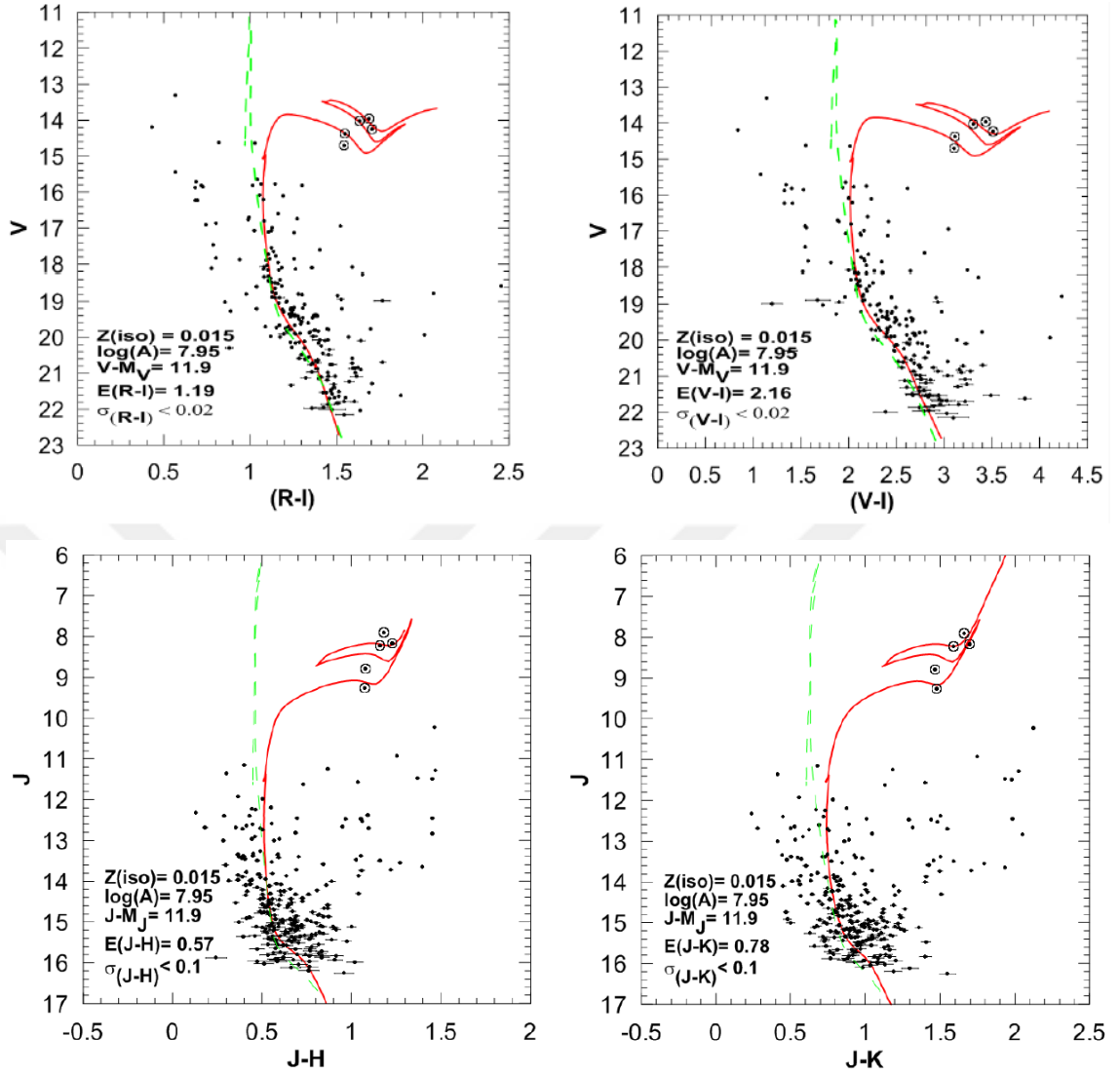
Berkeley 55 açık yıldız kümesinin (U-B),(B-V) iki renk diyagramı Şekil 3.8'de ve beş renk indeksinde renk-kadir diyagramları Şekil 3.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Kümenin renk artığı değeri $E(B-V)=1.73\pm 0.25$, ağır element bolluğu $Z=0.015$ olarak elde edilmiştir. Kümenin metal bolluğu değeri ise tespit edilememiştir. Kümenin uzaklık modülü, hesaplanan uzaklığı ve yaşı Tablo 3.2'de listelenmiştir.



Şekil 3.8. Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait (U-B),(B-V) renk-renk diyagramı. Kızarma eklenerek ($E(B-V)=1.73$) oluşturulan eğriler: kesikli mavi eğri devlere ait Schmidt-Kaler anakolunu, yeşil kesikli eğri Hyades anakolunu, kırmızı eğri ise kümenin metal bolluğunu temsil eden eş-metal eğrisini göstermektedir. Daire içine alınan yıldızlar muhtemel kırmızı dev adaylarını temsil etmektedir.



Şekil 3.9. Berkeley 55 kümesine ait V-(B-V) renk-kadir diyagramı. Eğrilerin ve sembollerin anlamları Şekil 3.4'teki gibidir.



Şekil 3.10. Berkeley 55 kümesine ait V -($R-I$), V -($V-I$), J -($J-H$), J -($J-K$) renk-kadir diyagramları. Eğrilerin ve sembollerin anlamları Şekil 3.4'teki gibidir.

Tablo 3.2. Berkeley 55 kümesine ait temel parametreler.

Renk	$(V-M_V)_0$	d[kpc]	Log(A)	Log(A) _{fit}	A _{fit} [Gyıl]
E(B-V)=1.73±0.25 [Fe/H]= - Z=0.015 R_G=8.758					
(B-V)	11.90±0.25	2.39±0.31	7.95	7.95±0.10	0.02±0.09
(R-I)	11.90±0.10	2.39±0.11	7.95	7.95±0.05	0.01±0.09
(V-I)	11.90±0.05	2.39±0.05	7.95	7.95±0.05	0.01±0.09
(J-H)	11.90±0.10	2.39±0.11	7.95	7.95±0.10	0.02±0.09
(J-K)	11.90±0.10	2.39±0.11	7.95	7.95±0.10	0.02±0.09
Ortalama	11.90±0.04	2.39±0.04		7.95±0.03	0.09±0.006

4. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yaş, kimyasal bileşim, kinematik ve gökada içindeki konumları aynı olan yıldız grupları olan açık yıldız kümeleri gökadamızın evrimini anlamak için ideal cisimlerdir. Bu tez çalışmasında Berkeley 45 ve Berkeley 55 açık yıldız kümelerinin temel ve yapısal parametrelerinin literatüre kazandırılması, Galaksinin birinci çeyreğinde bulunan küme sistemlerinin bilgisinin artırılması hedeflenmiştir. Bu bağlamda UBVRİ ve JHK geniş band aralıklarında yapılan indirgemeler ile elde edilen sonuçlar ve sonuçların literatür ile karşılaştırılması Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te verilmiştir. Küme parametrelerindeki farklılıklar, farklı indirgeme yöntemleri ve farklı küme üyelikleri belirleme tekniklerinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda farklı Z ağır element bolluğuna göre uygulanan eş-yaş eğrileri ve belirlenen renk artışı kümelerin uzaklık modülü, uzaklık ve yaş değerlerinin literatür ile farklılık göstermesinde etkili olabilmektedir. Küme yıldız sayısının farklı olması tüm parametreleri etkileyen bir unsurdur. Bu bağlamda küme üyesi tespiti için yapılan yöntemler oldukça önem arz etmektedir. Oldukça iyi yapılan temizlikten sonra kalan yıldızlar ile belirlenen parametreler bizi doğru sonuca götürmektedir.

Gözlem ve veri indirgemesi Raul Michel MURILLO tarafından yapılan, San Pedro Martir Ulusal Astronomi Gözlemevi'nden seçilen bu iki kümenin çalışması Karşlı (2016) tarafından da yapılmıştır. Kümelerin parametreleri; Berkeley 45 için $E(B-V) = 0.95$, $r = 3.5$, $[Fe/H] = -0.014$, $Z = 0.011$, $(V-M_v)_0 = 12.04$, $d = 1.90$, $Log(A) = 9.05$ ve $R_{gc} = 6.94$ (Tablo 4.1), Berkeley 55 için $E(B-V) = 1.10$, $r = 5$, $[Fe/H] = -0.036$, $Z = 0.006$, $(V-M_v)_0 = 10.09$, $d = 1.04$, $Log(A) = 9.44$ ve $R_{gc} = 8.41$ (Tablo 4.2) şeklinde belirlenmiştir.

Aynı kümelerde aynı indirgeme yöntemi kullanılmasına rağmen bulunan bu sonuçlarla tezde elde edilen sonuçların farklılık göstermesinin birinci sebebi küme gözleminin yinelenmesi, dolayısıyla verilerin değişmesidir. Aynı küme üyesi tespit yöntemleri kullanılmasına rağmen verilerin değişmesi sonuçları büyük ölçüde etkilemektedir. Kümenin yaşının belirlenmesinde önemli rol oynayan Kırmızı Yığın yıldızlar ve Mavi Mücadeleci yıldızlar da parametrelerin farklı sonuçlanmasında etkili olmuştur.

Tablo 4.1’de görüldüğü üzere kümenin bulunan kızarma değerleri birbirine yakındır. Fakat kümenin ilk kez tespit edilen metalisite ve ağır element bolluk değerleri oldukça farklıdır. Küme verilerinin değişmesi bu farklılığın en büyük nedenlerinden birisidir. Berkeley 45 kümesi için tezde sekiz Kırmızı Yığın yıldız ve iki Mavi Mücadeleci yıldız tespit edilmişken, Karşlı (2016) tarafından dokuz Kırmızı Yığın yıldız ve üç Mavi Mücadeleci yıldız tespit edilmiştir. Bilindiği üzere kümenin yaşının belirlenmesinde Z ağır element bolluğu ve kırmızı yığın/kırmızı dev yıldızları oldukça önemlidir. Dolayısıyla kümenin bulunan yaş değerlerinin birbirinden farklı olması bu nedenledir.

Tablo 4.1. Berkeley 45 açık yıldız kümesine ait parametreler ile Yonca Karşlı’nın yüksek lisans tezinde elde ettiği parametrelerin karşılaştırılması.

E(B-V)	r(arcmin)	[Fe/H]	Z	(V-M _v) ₀	d(kpc)	Log(A)	R _{gc}	Kaynak
0.93	3	-0.024	0.009	11.77	2.2	9.12	7.0	Tez
0.95	3.5	-0.014	0.011	12.04	1.9	9.05	6.9	(1)

(1) Karşlı (2016).

Tablo 4.2’de tezde elde edilen kızarma değeri ile Karşlı (2016)’nın elde etmiş olduğu kızarma değerleri oldukça farklıdır. Elde edilen kızarma değeri E(B-V)=1.73 literatür ile uyumluyken Karşlı (2016)’nın elde ettiği kızarma değeri E(B-V)=1.10 bulunan değerlerden daha küçüktür (Tablo 4.4). İki çalışmada da kümenin yarıçapı r(arcmin)=5 olarak elde edilmiştir. Berkeley 55 kümesi için en uygun ağır element bolluğu

PARSEC'e göre alınan Güneş'in ağır element bolluğu olan $Z=0.015$ 'tir. Bu nedenle Berkeley 55 kümesi için morötesi artığı yöntemi kullanılmamış olup, kümenin metal bolluğu da tespit edilememiştir. Fakat Karlı (2016) kümenin metalisitesini $[Fe/H]=-0.036$ ve kümenin ağır element bolluğunu $Z=0.006$ olarak belirlemiştir. Dolayısıyla Berkeley 55 için bulunan yaş değerleri de farklılık göstermiştir. Bu tezde Karlı (2016)'nın bulduğunun aksine küme için daha genç bir yaş değeri elde edilmiştir. Berkeley 55 kümesi için tezde beş Kırmızı Yığın yıldız tespit edilmiş, Mavi Mücadeleci yıldızlar gözlemlenmemiştir. Aksine Karlı (2016) küme içerisinde hiç Kırmızı Yığın yıldız belirlememiş, beş Mavi Mücadeleci yıldız tespit etmiştir.

Tablo 4.2. Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait parametreler ile Yonca Karlı'nın yüksek lisans tezinde elde ettiği parametrelerin karşılaştırılması.

E(B-V)	r(arcmin)	[Fe/H]	Z	(V-M _v) ₀	d(kpc)	Log(A)	R _{gc}	Kaynak
1.73	5	-	0.015	11.9	2.39	7.95	8.7	Tez
1.10	5	-0.036	0.006	10.0	1.0	9.44	8.4	(1)

(1) Karlı (2016).

Tablo 4.3. Berkeley 45 açık yıldız kümesine ait parametrelerin literatür ile karşılaştırılması.

$E(B-V)$	$r(\text{arcmin})$	$[Fe/H]$	Z	$(V-M_v)_0$	$d(\text{kpc})$	$\text{Log}(A)$	R_{gc}	Kaynak
0.93	3	-0.024	0.009	11.77	2.2	9.12	7.0	Tez
0.82	3.5	-	-	12.50	2.3	8.77	7.2	(1)
1.4	3.1	-	-	11.86	2.3	8.50	-	(2)

(1) Tadross ve ark. (2008), (2) Subramaniam ve ark. (2010).

Tablo 4.3'te Berkeley 45 açık yıldız kümesine ait sırasıyla kızarma, limit yarıçap, metalisite, ağır element bolluğu, uzaklık modülü, uzaklık, logaritmik yaş ve galaksi merkezinden uzaklık değerleri verilmektedir. Tadross ve ark. (2008), JHK fotometresi kullanarak kümenin uzaklığı $d=2.3$ kpc ve kümenin yaşı $\text{Log}(t)=8.77$ olarak belirlenmiştir. Kalibrasyon için 2MASS kataloğundan yararlanılmış, kümenin koordinatları ise WEBDA'dan alınmıştır. Subramaniam ve ark. (2010), BVI fotometresi kullanarak kümenin uzaklığı $d=2.3$ kpc ve kümenin yaşı $\text{Log}(A)=8.50$ olarak belirlenmiştir. Kızarma değerlerinin farklılık göstermesinden dolayı kümenin bulunan yaş değerleri de farklılık göstermektedir. Bu tez çalışmasında kümenin ağır element bolluğu $Z=0.009$ ve kümenin metalisitesi $[Fe/H]=-0.024$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait parametrelerin literatür ile karşılaştırılması.

$E(B-V)$	$r(\text{arcmin})$	$[Fe/H]$	Z	$(V-M_v)_0$	$d(\text{kpc})$	$\text{Log}(A)$	R_{gc}	Kaynak
1.73	5	-	0.015	11.9	2.39	7.95	8.7	Tez
1.74	6	-	-	15.8	1.21	8.50	-	(1)
1.74	5	-	-	-	1.44	8.47	-	(2)
1.85	6	-	-	13.0	4	7.70	-	(3)

(1) Maciejewski ve ark. (2007), (2) Tadross ve ark. (2008), (3) Negueruela (2012).

Tablo 4.4'te Berkeley 55 açık yıldız kümesine ait sırasıyla kızarma, limit yarıçap, metalisite, ağır element bolluğu, uzaklık modülü, uzaklık, logaritmik yaş ve galaksi merkezinden uzaklık değerleri verilmektedir. Berkeley 55 açık yıldız kümesi için belirlediğimiz kızarma değeri $E(B-V)=1.73$, Maciejewski ve ark. (2007) ve Tadross (2008)'un belirlemiş olduğu $E(B-V)=1.74$ kızarma değerine oldukça yakındır. Maciejewski ve ark. (2007) BV fotometrisi kullanarak kümenin uzaklığını $d=1.2$ kpc ve yaşını $\text{log}(A)=8.5$ (315 Myr) olarak belirlemiştir. Bu yaş Tadross'un belirlemiş olduğu yaşla benzerlik göstermektedir. Ancak Negueruela (2012) UBV fotometrisi kullanarak popülasyonun Maciejewski ve ark. (2007) ve Tadross (2008)'un bulduğunun aksine daha genç olduğunu göstermektedir. Hem UBVRİ hem de JHKs fotometresi kullanarak bulduğumuz yaş değeri bu durumu destekler niteliktedir. Bu tezde Güneş'in ağır element bolluğu olan $Z=0.015$ ile fit edilmiş eş-yaş çizgileri kullanılmıştır. Kümenin metalisitesi ise belirlenememiştir.

KAYNAKLAR

Akkaya Oralhan, İ., Karataş, Y., Schuster, W.J., Michel, R., Chavarr., 2015. CCD UBVRI Photometry of Twenty Open Clusters. **New Astronomy. 34:** 195-210.

Bonatto, C., Bica, E., 2009. Investigating the age and structure of the infrared old open clusters LK1, LK10, FSR1521 and FSR1555. **Monthly Notices of The Royal Astronomical Society. 392:** 483-496.

Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S., Nanni, A., 2012. PARSEC: stellar tracks and isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code. **Monthly Notices of The Royal Astronomical Society. 427:** 127-145.

Bulut, S., Akkaya Oralhan, Michel, R., İ., Küçük, İ., Özeren, F.F., 2015. Be55, Ki02 ve NGC457 açık yıldız kümelerine ait temel ve yapısal parametrelerin belirlenmesi, 78. 19.Ulusal Astronomi Kongresi, 2-5 Şubat, Ankara, **ODTÜ KKM, 230s.**

Buser, R., Kurucz, R. L., 1992, A library of theoretical stellar flux spectra. I-Synthetic UBVRI photometry and the metallicity scale for F- to K- type stars. **Astronomy&Astrophysics. 264:** 557-591.

Karaali, S., Bilir, S., Karataş, Y., Ak, S. G., 2003. New Metallicity Calibration Down to $[Fe/H]=-2.75$ dex. **Publications of the Astronomical Society of Australia . 20:** 165-172.

Karataş, Y., Schuster, W., 2006. Metallicity and absolute magnitude calibrations of UBVI photometry. **Monthly Notices of The Royal Astronomical Society. 371:** 1793-1812.

Lemasle, B., François, P., Piersimoni, A., Pedicelli, S., Bono, G., Laney, C. D., Primas F., Romaniello, M., 2008. Galactic abundance gradients from Cepheids. On the iron abundance gradient around 10-12 kpc. **Astronomy&Astrophysics. 490:** 613-623.

Melbourne, W., 1959. Line Blanketing Effects on Middle-Type Main-Sequence and Sub-Dwarf Stars, Thesis (PH.D)-CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **American Doctoral Dissertations, Source code: X1959. 0010.**

Monet, David G., Levine, Stephen, E., Canzian, Blaise, Ables, Harold, D., Bird, Alan, R., Dahn, Conrad, C., Guetter, Harry, H., Harris, Hugh, C., Henden, Arne, A., Leggett, Sandy, K., Levison, Harold, F., Luginbuhl, Christian, B., Martini, Joan, Monet, Alice, K. B., Munn, Jeffrey, A., Pier, Jeffrey, R., Rhodes, Albert, R., Riepe, Betty; Sell, Stephen, Stone, Ronald, C., Vrba, Frederick J., Walker, Richard, L., Westerhout, Gart, Brucato, Robert, J., Reid, I., Neill, Schoening, William, Hartley, M., Read, M. A., Tritton, S. B., 2003. The USNO-B Catalog. **The Astronomical Journal. 125:** 984-983.

Negueruela, I., Marco, A., 2012. The young open cluster Berkeley 55. **The Astronomical Journal. 143:** 46.

Roeser, S., Demleitner, M., Schilbach, E., 2010. The PPMXL Catalog of Positions and Proper Motions on the ICRS. Combining USNO-B1.0 and the Two Micron All Sky Survey (2MASS). **The Astronomical Journal. 139:** 2440-2447.

Sandage, A., 1969. New Subdwarfs. II. Radial Velocities, Photometry, and Preliminary Space Motions for 112 Stars with Large Proper Motion. **The Astronomical Journal. 158:** 1115-1136.

Schmidt-Kaler, Th., 1982. Intrinsic colors and visual absolute magnitudes (calibration of the MK system), in Landolt-Bornstein, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. **New Series.14-24:** 978-3-540-10976-1.

Subramaniam, A., Carraro, G., Janes, K. A., 2010. Optical photometry and basic parameters of 10 unstudied open clusters. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 404:** 1385-1395.

Tadross, A. L., 2008. A Catalogue of previously unstudied Berkeley clusters. **Monthly Notices of The Royal Astronomical Society. 389:** 285-291.

Maciejewski, G., Niedzielski, A., 2007. CCD BV survey of 42 open clusters. **Astronomy&Astrophysics. 467:** 1065-1074.

Karslı, Y., 2016. Seçilen bazı açık yıldız kümelerinin temel ve yapısal parametrelerinin belirlenmesi. **Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s.**

