İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SEÇİLMİŞ GALAKTİK AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ

Astronom Orhan GÜNEŞ
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman
Prof.Dr. Yüksel KARATAŞ
2. Danışman
Prof. Dr. Charles José BONATTO

Mart, 2013

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SEÇİLMİŞ GALAKTİK AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ

Astronom Orhan GÜNEŞ
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman
Prof.Dr. Yüksel KARATAŞ
2. Danışman
Prof. Dr. Charles José BONATTO

Mart, 2013

İSTANBUL

2602080039 Öğrenci numaralı Orhan GÜNEŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 13/03/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Yüksel KARATAŞ
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK
Erciyes Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Tansel AK
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Kadri YAKUT
Ege Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Selçuk BİLİR
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof.Dr.Yüksel KARATAŞ ve Prof.Dr. Charles José BONATTO'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tezim boyunca yardımlarını ve katkılarını gördüğüm 2008-2013 yıllarında görev yapan İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölüm Başkanlarına ve Fen Bilimleri Enstitüsü personeline teşekkür ederim.

Mart, 2013 **Orhan GÜNEŞ**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ii

İÇİNDEKİLER iii

ŞEKİL LİSTESİ vii

TABLO LİSTESİ x

SEMBOL LİSTESİ xii

ÖZET xvi

SUMMARY ..... … xvii

1. GİRİŞ 1

2. GENEL KISIMLAR 6

2.1. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİNE BİR BAKIŞ 6

2.2. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNDE KÜTLE KAYIP MEKANİZMALARI 9

2.2.1. Yıldız Evrimi ile Kütle Kaybı 9

2.2.2. Galaktik Gelgit Alanı Nedeniyle Kütle Kaybı 10

2.2.3. Spiral Kollardaki Şok Dalgaları Nedeniyle Kütle Kaybı 10

2.2.4. Dev Moleküler Bulutlar ile Etkileşimler Sonucu Kütle Kaybı 12

2.2.5. Dışarı Atılma ve Buharlaşma 13

2.3. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ 15

2.3.1. Yaş – R_{KOR} ve Yaş – R_{RYP} İlişkileri 15

2.3.2. Kütle Ayrışması ve Kütle Fonksiyonları 20

2.3.3. Açık Kümelerin R_{KOR} – R_{RYP} İlişkileri 23

2.3.4. Açık Kümelerin Boyutlarının (R_{KOR}, R_{RYP}) Kütle ile İlişkileri 26

2.3.5. Kütle Fonksiyonu Eğiminin Gevşeme Zamanı ve Evrimsel Zaman İle İlişkileri 27

3. MALZEME VE YÖNTEM 34

3.1. MALZEME..... 34

3.1.1. Açık Yıldız Küme Verileri 35

3.1.2. Kümelerin Analizlerinde Kullanılan Yazılım Programları 37

3.1.3. Teorik Yaş Verileri 38

3.2. YÖNTEM..... 41

3.2.1. Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi 41

3.2.2. Açık Yıldız Kümelerinin Temel Astrofiziksel Parametrelerinin Elde Edilmesi: Renk Artığı, Uzaklık Modülü, Uzaklık ve Yaş Tayini 50

3.2.3. Açık kümelerin Yapısal Parametrelerinin Belirlenmesi 53

3.2.4. Açık Yıldız Kümelerinin Kütle Fonksiyonlarının Tayini 55

3.2.5. Kütle Fonksiyonu Eğimlerinin Başlangıç Kütle Fonksiyonu Eğimleri ile Kıyası 60

3.3. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK ZAMAN ÖLÇEKLERİ..... 63

3.3.1. Çapraz Geçiş (Crossing Zaman) Ölçeği 63

3.3.2. Gevşeme (Relaxation) Zaman Ölçeği 63

3.3.3. Evrimsel Parametre (τ) 64

3.3.4. Hacimsel Kütle Yoğunluğu 64

3.3.5. Açık Yıldız Kümelerinin Galaksi Merkezinden R_{GC} Uzaklıkları ve Galaksi Merkezli X, Y, Z Kartezyen Koordinatlarının Hesaplanması 65

4. BULGULAR 67

4.1. KÜME ÖRNEĞİ SEÇİMİ 67

4.2.40 AÇIK YILDIZ KÜMESİNİN ALAN YILDIZINDAN ARINDIRILMASI VE KÜME ÜYELİĞİ TESPİTİ 70

4.3.AÇIK KÜMELERİN TEMEL ASTROFİZİKSEL PARAMETRELERİ 77

4.4.AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ 80

4.5.AÇIK KÜMELERİN KÜTLE VE KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİNİN TAYİNİ 82
4.6. AÇIK KÜMELERİN RENK ARTIĞI VE SFD TOZ HARİTALARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI 85
5. SEÇİLMİŞ GALAKTİK AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ 90
5.1. AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİ İLE *Z*, D VE R_{GC} UZAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLER 91
5.2. AÇIK KÜMELERİN R_{RYP} - R_{KOR} İLİŞKİSİ 96
5.3.AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİ (R_{RYP}, R_{KOR}) İLE YAŞ ARASINDAKİ İLİŞKİLER 99
5.4.AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİ (R_{RYP}, R_{KOR}) İLE R_{GC} UZAKLIĞI ARASINDAKİ İLİŞKİLER 103
5.5. AÇIK KÜMELERİN SPİRAL KOLLARA GÖRE UZAY DAĞILIMI .. 106
5.6.KÜMELERİN KÜTLELERİNİN YAPISAL PARAMETRELER (R_{RYP}, R_{KOR}), YAŞ VE R_{GC} UZAKLIKLARI İLE İLİŞKİLERİ 108
5.7. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ 115
5.8. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİNİN YAŞ VE KÜTLE İLE İLİŞKİLERİ 117
5.9. AÇIK KÜMELERİNİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ İLE R_{RYP} VE R_{GC} ARASINDAKİ İLİŞKİLER 121
5.10. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ İLE HACİMSEL KÜTLE YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİLER 123
5.11. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ İLE EVRİMSEL PARAMETRE ARASINDAKİ İLİŞKİLER 125
5.12. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİNİN KROUPA'YA (2001) AİT BKF EĞİMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI..... 129
5.13.AÇIK KÜMELERİN KOR VE HALO BÖLGELERİNDEKİ EVRİMLEŞMİŞ YILDIZ SAYI YÜZDELERİ VE KÜTLE AYRIŞMASI .. 131
5.14. 40 AÇIK KÜMENİN BULUTSULAR İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ 132
6. TARTIŞMA VE SONUÇ 134
KAYNAKLAR 148

EKLER 152

ÖZGEÇMİŞ 290

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: $10^4 M_\odot$ başlangıç kütlesindeki bir kümenin kütle evrimi..... 14
Şekil 2.2: Bir açık kümenin dinamik evriminde işleyen tüm mekanizmalar ve bunların birbirleri ile ilişkileri..... 14
Şekil 2.3: Kümelerin R_{KOR} ve R_{RYP} yarıçaplarının Yaş (Myıl) ile olan ilişkisi..... 15
Şekil 2.4: KMB (üçgenler) ve BMB (içi dolu daireler) cüce galaksilerine ait küresel kümeler için R_{KOR} ve Yaş ilişkisi..... 16
Şekil 2.5: R_{KOR} ve Yaş verilerine uygulanan 6 model simülasyon…..... 17
Şekil 2.6: NGC 2477 kümesinin kütle fonksiyonu.. 21
Şekil 2.7: Kümelerin R_{RYP} ve R_{KOR} (panel a ve b) ilişkileri.. 23
Şekil 2.8: Küresel kümelerin küme çaplarının ($D_{0.5}$: kümenin toplam ışığının yarısının geldiği çap) Galaksi merkezinden uzaklık ile ilişkisi..... 25
Şekil 2.9: 38 kümeye ait (R_{RYP}, R_{KOR}) küme boyutlarının kütle ($\log m_{TOP}$) ile ilişkisi (panel a-b). 26
Şekil 2.10: 11 kümenin tüm küme ve kor bölgeleri için, kütle fonksiyonu eğimi – evrimsel zaman ilişkisi 28
Şekil 2.11: Açık kümelerin kütle fonksiyonu eğimi (χ), evrimsel parametre (τ), Yaş arasındaki ilişkiler 29
Şekil 2.12: Kümelerin kor, halo ve tüm küme bölgesi için, kütle fonksiyonu eğimleri (χ), log (Yaş), evrimsel parametre ($\log \tau$) arasındaki ilişkiler. 31
Şekil 2.13: Kümelerin kütle ayrışması parametresinin ($\Delta\chi$), log(Yaş) ve evrimsel zaman ($\log \tau$) ile ilişkileri. 33
Şekil 3.1: 2MASS J, H, K_s filtrelerinin dalgaboyu-geçirgenlik grafiği 34
Şekil 3.2: Girardi ve diğ. (2002) (Güncellenmiş versiyonu: Marigo ve diğ. 2008) 'e ait $Z_\odot = 0.019$ ağır element bolluğu için (J-H) - J diyagramında 0.5 Gyıl ile 8 Gyıl arasında teorik eşyaş eğrileri. 40
Şekil 3.3: Pismis 19 kümesinin renk - parlaklık filtresi uygulanmış verisinin Radyal Yoğunluk Profili (RYP) 42
Şekil 3.4: Pismis 19 kümesine ait (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı 43
Şekil 3.5: Ham verinin yüzey - yoğunluk grafiği (σ - $\Delta(\alpha \cos \delta)$ - $\Delta\delta$) (üst panel). Aynı veriye ait yüzey kontur grafiği $\Delta\delta$ - $\Delta(\alpha \cos \delta)$ (alt panel). 44
Şekil 3.6: Temizlenmiş verinin yüzey-yoğunluk grafiği (üst panel). Aynı veriye ait yüzey kontur grafiği (alt panel). 45
Şekil 3.7: Ham veri (sol panel), kontrol alanı (orta panel), temizlenmiş küme (Sağ panel) verisi için (J-H) - J diyagramları..... 48
Şekil 3.8: Pismis 19 kümesi için için alan yıldızı temizleme prosedürü..... 49

Şekil 3.9: Padova teorik eşyaş eğrisine ait evrimsel kolların (J-H) - J diyagramı üzerinde gösterilişi..... 50
Şekil 3.10: Pismis 19 kümesine ait (J-H) - J diyagramının 3 farklı Z ağır element bolluğu için Padova eşyaş eğrileri ile çakıştırılması.. 52
Şekil 3.11: Pismis 19 kümesi için RYP. 53
Şekil 3.12: Pismis 19 kümesi için Anakol (AK), Dönüm Noktası (DN), Mavi Mücadeleci (MM) ve Kırmızı Dev / Kırmızı Yığın (KD/KY) yıldızlarının (J-H) - J diyagramındaki konumu. 55
Şekil 3.13: Z = +0.019 ağır element bolluğu ve 0.80 Gyıl yaşındaki Pismis 19 kümesi için Padova eşyaş eğrisine ait teorik $m_{\odot}$ – M_J kütle – parlaklık ilişkisi..... 57
Şekil 3.14: Pismis 19 kümesinin 3 ayrı bölgesi (kor, halo ve tüm küme) için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen χ kütle fonksiyonu eğimleri 58
Şekil 3.15: Scalo (1986) (katı çizgi) ve Salpeter' e (1955) ait $\log(M_{\odot}\zeta)$ – $(M/M_{\odot})$ ilişkileri..... 61
Şekil 3.16: Bir açık yıldız kümesinin Güneş ve Galaksi merkezine göre Galaksimizdeki konumu. 65
Şekil 3.17: Güneş ve Galaksi merkezli kartezyen koordinat sistemi. 66
Şekil 4.1: Galaksi düzleminde 40 açık yıldız kümesinin (x, y) (panel a) ve (x, z) (panel b) uzay dağılımı.. 68
Şekil 4.2: NGC 2158 kümesinin I filtresinde 25′x 25′ SGT görüntüsü. 71
Şekil 4.3: Üst panel: NGC 2158 kümesine ait ham verinin yüzey-yoğunluk grafiği. Alt panel: Aynı veriye ait yüzey-kontur grafiği. 72
Şekil 4.4: NGC 2158 kümesine ait renk-parlaklık filtresi uygulanmış verinin RYP'si..... 73
Şekil 4.5: Üst panel: NGC 2158 kümesine ait temizlenmiş verinin yüzey-yoğunluk grafiği. Alt panel: Aynı veriye ait yüzey kontur grafiği. 74
Şekil 4.6: NGC 2158 kümesine ait (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı. 75
Şekil 4.7: Padova eşyaş eğrilerinin alan yıldızlarından temizlenmiş (J-H) - J renk- kadir diyagramı ile çakıştırılması.. 78
Şekil 4.8: King bağıntısı uygulanmış RYP. 80
Şekil 4.9: NGC 2158 kümesinin 3 ayrı bölgesi için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen kütle fonksiyonu eğimi. 83
Şekil 4.10: Güneş'e uzaklığın d (kpc) fonksiyonu olarak, 40 açık yıldız kümesinin E(B-V) – l^o (panel a) ve E(B-V) – b^o (panel b) ilişkisi. 85
Şekil 4.11: 40 açık yıldız kümesinin $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,\ \infty}$ (panel a), $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,\ D}$ (panel b) $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,\ d}$ (panel c) renk artığı ilişkileri.. 87
Şekil 4.12: 40 açık yıldız kümesinin E(B-V) – z (panel a) ve E(B-V) – R_{GC} (panel b) ilişkisi. 89
Şekil 5.1: 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} (panel a) ve R_{KOR} (panel b) dağılımları. 91
Şekil 5.2: 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} (pc) – d (kpc) ve R_{KOR} (pc) – d (kpc) ilişkisi. 93
Şekil 5.3: Küme yarıçapı ve yaşa göre $|z|$ - R_{GC} (kpc) ilişkisi (Panel a- b). 95
Şekil 5.4: 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisi..... 96
Şekil 5.5: 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisinin literatüre ait değerler ile kıyası. 98

Şekil 5.6: Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin R_{KOR} – Yaş ilişkisi..... 99
Şekil 5.7: Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} – Yaş ilişkisi..... 100
Şekil 5.8: Yaş < 1 Gyıl ve Yaş ≥ 1 Gyıl olan 40 açık yıldız kümesinin $R_{RYP} - R_{GC}$ ilişkisi..... 103
Şekil 5.9: Yaşın fonksiyonu olarak 40 açık yıldız kümesinin $R_{KOR} - R_{GC}$ ilişkisi.. 105
Şekil 5.10: 40 açık yıldız kümesinin (X_{GC}, Y_{GC}) uzay dağılımı. 106
Şekil 5.11: 26 açık yıldız kümesinin tüm küme kütle dağılımı..... 108
Şekil 5.12: 18 kümenin tüm küme ile kor kütlesi arasındaki ilişki. 109
Şekil 5.13: Yaşın fonksiyonu olarak 26 kümenin m_{TK} ve R_{RYP} (panel a) ve m_{TK} ve R_{KOR} (panel b) ilişkisi. 110
Şekil 5.14: Yaşın fonksiyonu olarak, 26 kümenin m_{TK} ve R_{GC} ilişkisi..... 112
Şekil 5.15: 26 kümenin m_{TK} ve Yaş ilişkisi. 113
Şekil 5.16: 29 kümenin χ_{TK} - χ_{KOR} ilişkisi..... 115
Şekil 5.17: 31 kümenin χ_{TK} - Yaş (panel a) ile 29 kümenin χ_{KOR} - Yaş (panel b) ilişkileri. 117
Şekil 5.18: Yaşa göre 26 kümenin m_{TK} - χ_{TK} (panel a) ve 24 kümenin m_{KOR} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri.. 119
Şekil 5.19: Yaşın fonksiyonu olarak 31 kümenin R_{RYP} - χ_{TK} (panel a) ve 29 kümenin R_{RYP} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri.. 121
Şekil 5.20: 31 kümenin R_{GC} - χ_{TK} (panel a) ve 29 kümenin R_{GC} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri. 122
Şekil 5.21: 26 kümenin ρ - χ_{TK} (panel a) ve 24 kümenin ρ - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri. 123
Şekil 5.22: 24 kümenin τ_{TK} - χ_{TK} (panel a) ve 21 kümenin τ_{KOR} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri. 126
Şekil 5.23: 16 kümenin τ_{TK} - τ_{KOR} ilişkisi 128

Ek Şekil 1A - 40A: Tezdeki 40 adet açık kümenin DSS-I band görüntüsü.....168-177
Ek Şekil 1B - 40B.a-d: 40 kümeye ait ham veri kullanılarak çizilen yüzey-yoğunluk, ve yüzey-kontur, temizlenmiş veri kullanılarak çizilen yüzey-yoğunluk ve yüzey-kontur grafikleri (a), Padova eşyaş eğrileri ile fit edilen, alan yıldızlarından temizlenmiş (J-H) - J renk-parlaklık diyagramları (b), King bağıntısı uygulanmış RYP (c), kümelerin 3 ayrı bölgesi (kor, halo ve tüm küme) için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen χ kütle fonksiyonu eğimlerine ait grafikler (d). 178-289

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Farklı yazarlara ait R_{KOR} ile R_{RYP} arasındaki ilişkiler 24
Tablo 2.2: Bonatto ve Bica'ya (2005) ait 11 açık kümenin kor ve tüm küme bölgeleri için, χ, tg (Myıl), τ_{KOR}, τ_{TK} bilgileri. 27
Tablo 3.1: Yaş > 100 Myıl olan WEBDA açık yıldız küme veri tabanından alınan açık yıldız kümelerinin, Ekvatoryal ve Galaktik koordinatları 35
Tablo 3.2: Simbad-VizieR web sayfasından alınan küme alanındaki yıldızların örnek 2MASS JHK_S fotometrisi. 36
Tablo 3.3: $Z_{\odot}$ = 0.019 ağır element bolluğu ve log (Yaş/yıl) = 9.40 (Yaş =2.5 Gyıl) için Girardi ve diğ.'ne (2002) ve Marigo ve diğ. 'ne (2008) ait teorik Padova eşyaş eğrisi……..... 39
Tablo 3.4: Pismis 19 açık kümesinin WEBDA ve elde edilen yeni ekvatoral ve Galaktik koordinatları 41
Tablo 3.5: Salpeter (1955), Scalo (1998) ve Kroupa (2001)' e ait kütle aralıkları için hesaplanan kütle fonksiyonu eğimi (χ) değerleri. 61
Tablo 4.1: Bu tez çalışmasına ait açık yıldız kümelerinin Dias ve diğ. (2002, 2010) kataloğundaki küme sayısı ile kıyası 67
Tablo 4.2: NGC 2158 açık kümesinin WEBDA ve bu tez çalışmasında elde edilen doğru Ekvatoral ve Galaktik koordinatları. 70
Tablo 4.3: NGC 2158 açık kümesinin temel astrofiziksel parametreleri …….. 79
Tablo 4.4: NGC 2158 açık yıldız kümesinin yapısal parametreleri..... 81
Tablo 4.5: NGC 2158 kümesinin kütle fonksiyonundan elde edilen değerler 83
Tablo 5.1.a: Şekil 5.7'deki IV.bölgede yer alan açık kümelerin karadelik sayıları..... 101
Tablo 5.1.b: Şekil 5.7'deki II.bölgede yer alan açık kümelerin karadelik sayıları..... 102
Tablo 5.2: 40 açık kümenin Galaktik boylama ve yaşa göre dağılımı. 107
Tablo 5.3: Şekil 5.15'de Güneş çemberi içinde yer alan ve Yaş $\geq$ 1 Gyıl olan kümelerin tüm küme ve kor yarıçapları, Galaksi merkezinden olan uzaklıkları ve Galaktik boylamları. 113
Tablo 5.4: Şekil 5.15'de Yaş < 1 Gyıl olan kümelerin tüm küme kütlesi, küme ve kor yarıçapları ile Galaksi merkezinden olan uzaklık ve Galaktik boylam bilgileri 114
Tablo 5.5: 29 kümenin kor ve tüm küme bölgesi için kütle fonksiyonu eğimi (χ), gevşeme zamanı (t_g) ve evrimsel parametre (τ) değerleri 125
Tablo 5.6: Kümelerin Şimdiki Kütle Fonksiyonları (ŞKF)..... 129
Tablo 5.7: Hem kor hem de haloya ait yıldız sayıları hesaplanabilen 14 açık yıldız kümesinin her bölge için evrimleşmiş ve tüm yıldız sayıları ile evrimleşmiş yıldızların tüm yıldızlara göre yüzde oranları. 131
Tablo 5.8: 40 açık kümenin bulutsular ile ilişkilendirilmesi..... 133

Ek Tablo - 1: 40 açık kümenin WEBDA ve yeni elde edilen ekvatoral ve Galaktik koordinatları 152
Ek Tablo - 2: 40 açık yıldız kümesinin astrofiziksel parametreleri 153
Ek Tablo - 3: 40 açık kümenin yapısal parametreleri 157
Ek Tablo - 4: Çalışmamızdaki 40 açık yıldız kümesinin kütle fonksiyonu yardımıyla elde edilen değerleri 158

SEMBOL LİSTESİ

Myıl : Milyon yıl
2MASS : Two Micron All Sky Survey'in kısaltması
J,H,K_s : 2MASS fotometrisine ait filtreler
(J-H) : J-H renk indeksi
(J-K_s) : J-K_s renk indeksi
(H-K_s) : H-K_s renk indeksi
σ_{JHKs} : J,H,K_s kadirlerinin hataları
[Fe/H] : Demir bolluğu
RYP : Radyal Yoğunluk Profili
E(J-H) : (J-H) renk indeksine ait renk artığı
E(B-V) : (B-V) renk indeksine ait renk artığı
Gyıl : Milyar yıl
$(m\text{-}M)_J$: J bandındaki uzaklık modülü
d : Güneş'e uzaklık (kpc)
R_{RYP} : Tüm küme yarıçapı (pc)
R_{KOR} : Kor yarıçapı (pc)
z : Galaksi düzleminden uzaklık
R_{GC} : Galaksi merkezine olan uzaklık
DMB : Dev Moleküler Bulutları
m_{TK} : Kümenin tamamına ait toplam kütle
m_{KOR} : Kümenin kor bölgesine ait toplam kütle
KF : Kütle Fonksiyonu
χ_{TK} : Kümenin tamamına ait kütle fonksiyonu eğimi
χ_{KOR} : Kümenin kor bölgesine ait kütle fonksiyonu eğimi
ρ_{TK} : Kümenin tamamına ait hacimsel kütle yoğunluğu
ρ_{KOR} : Kümenin kor bölgesine ait hacimsel kütle yoğunluğu
τ_{TK} : Kümenin tamamına ait evrimsel parametre
τ_{KOR} : Kümenin kor bölgesine ait evrimsel parametre
$M_\odot$: Güneş'in kütlesi
m : Kütle
BMB : Büyük Macellan Bulutu
KMB : Küçük Macellan Bulutu
$D_{0.5}$: Kümenin toplam ışığının yarısının geldiği çap
t_g : Gevşeme zamanı
$\chi(\tau)$: Evrimsel parametreye bağlı kütle fonksiyonu eğimi
χ_o : Kümenin oluşumuna ait KF eğimi
χ_1 : Küme evrimsel zamanı için yassılaşma miktarı
e : Doğal logaritma
τ_o : Kümenin oluşumuna ait evrimsel parametre
t_f : Kütle ayrışması ile ilişkili yassılaşma zaman ölçeği
$\Delta\chi$: Halo ile kor kütle fonksiyonu eğimleri arasındaki fark

$q_{eş}(t)$: Yıldız evrimi ile kaybedilen kütlenin kümenin başlangıç kütlesine oranı
$a_{eş}$: Sabit
$b_{eş}$: Sabit
$c_{eş}$: Sabit
M_i : Başlangıç kütlesi
t_4 : Sabit
$t_{çöz}$: Çözülme zamanı
t_{sp} : Spiral kollardaki şok dalgalarının neden olduğu çözülme zamanı
Ω_p : Spiral kolların hızı
V_{rl} : İki hız arasındaki rölatif hız
V_{disk} : Diskteki maddenin dairesel hızı
R_{KR} : Korotasyon yarıçapı
R_o : Güneş'in Galaksi merkezine uzaklığı
V_{sr} : Sürüklenme hızı
t_{sr} : Sürüklenme süresi
f : Enerji kazancı ve kütle kaybı arasındaki oran
ρ_n : Ortalama dev moleküler bulut yoğunluğu
t_{DMB} : Güneş civarındaki kümeler için çözülme zamanı
R_{hm} : Küme kütlesinin yarısının bulunduğu yarıçap
γ_c : Coulomb faktörü
G : Çekim sabiti
N : Yıldız sayısı
WEBDA : Açık yıldız kümeleri veri tabanı
$\alpha(2000)$: 2000 epokuna ait sağ açıklık
$\delta(2000)$: 2000 epokuna ait dik açıklık
l : Galaktik boylam
b : Galaktik enlem
α_2, δ_2 : Kümenin merkezi ekvatoral koordinatları
α_1, δ_1 : Yıldızların ekvatoral koordinatları
TP : Termal pulsasyon yapan yıldızlar
AGB : Asimtotik dev yıldızlar
$Z_\odot$: Güneş'e ait ağır element bolluğu
L : Işıma gücü
T_e : Etkin sıcaklık
g : Yüzey çekim ivmesi
m_{bol} : Bolometrik görünen kadir
R : Küme merkezinden itibaren yay dakikası cinsinden uzaklık
ΔR : Kontrol alanı
σ : İki R′ uzaklığı arasına düşen yıldız sayısı
$\Delta\delta$: İki dikaçıklık arası uzaklık
$\Delta(\alpha \cos(\delta))$: Yatay eksende iki koordinat arası uzaklık
(α, δ) : Ekvatoral koordinatlar
J_o : Renk-parlaklık diyagramı ızgarasının başlangıcı
ΔJ : Renk-parlaklık diyagramı ızgarasının genişliği
$N_{küme}$: Muhtemel küme yıldızlarının ortalama sayısı
P : Kümeye üyelik ihtimali
Z : Ağır element bolluğu
DN : Dönüm noktası yıldızları
KD : Kırmızı dev yıldızları

KY	: Kırmızı yığın yıldızları
A_J	: J parlaklığına ait toplam sönükleşme miktarı
A_H	: H parlaklığına ait toplam sönükleşme miktarı
A_{Ks}	: K_s parlaklığına ait toplam sönükleşme miktarı
A_V	: V parlaklığına ait toplam sönükleşme miktarı
SFD	: Schlegel ve diğ. (1998)'e ait toz haritaları
$E(B-V)_{SFD,\ D}$	: Düzeltilmiş renk artığı değeri
$E(B-V)_{SFD,\ \infty}$	: Sonsuz uzaklıkta SFD'ye ait renk artığı değeri
$E(B-V)_{SFD,\ d}$	: Küme - Güneş uzaklığına indirgenmiş renk artığı değeri
$E(B-V)_{küme}$	: Kümenin bu çalışmada elde edilen renk artığı değeri
H	: Tozun yükseklik ölçeği
σ(R)	: Yıldız yüzey yoğunluk profili
σ_{bg}	: Yıldızların zemin yüzey yoğunluğu
σ_{0K}	: Yıldızların merkezî yoğunluğu
Φ (m)	: Kütle fonksiyonu
M_J	: J filtresine ait mutlak parlaklık
$\Delta(J,H,K_s)$	: Mutlak parlaklık aralığı
dX	: Mutlak parlaklık aralığı
r_1	: Kümenin iç yarıçapı
r_2	: Kümenin dış yarıçapı
f_1	: Kontrol alanının iç yarıçapı
f_2	: Kontrol alanının dış yarıçapı
m_{alt}	: Yıldızın parlaklığının karşılık geldiği kütle aralığının alt değeri
$m_{üst}$	: Yıldızın parlaklığının karşılık geldiği kütle aralığının üst değeri
$(J, H, K_s)_{alt}$	: Yıldızın parlaklık aralığının alt limiti
$(J, H, K_s)_{üst}$	: Yıldızın parlaklık aralığının üst limiti
k	: Sabit
ŞKF	: Şimdiki kütle fonksiyonu
BKF	: Başlangıç kütle fonksiyonu
τ_D	: Galaksi diskinin yaşı
m_{DN}	: Güneş metal bolluğu değeri için kütle
τ_G	: Galaksinin yaşı
τ_{AK}	: Yıldızın yaşı
b(t)	: Yıldız oluşum hızı
ξ (m)	: Başlangıç kütle fonksiyonu
$t_{çg}$	: Çapraz geçiş zaman ölçeği
t_g	: Gevşeme zaman ölçeği
τ	: Evrimsel parametre
ρ	: Hacimsel kütle yoğunluğu
Π	: Pi sayısı
(x_{GC}, y_{GC}, z_{GC})	: Galaksi merkezli koordinatlar
(x', y', z')	: Güneş'e merkezlenmiş sağ el kartezyen koordinat sistemi
N_{Tez}	: Tezde çalışılan açık küme sayısı
N_{Dias}	: Dias ve diğ. (2010) kataloğunda bulunan açık küme sayısı
X	: Galaksi merkezli kartezyen koordinat sisteminde X-doğrultusu
Y	: Galaksi merkezli kartezyen koordinat sisteminde Y-doğrultusu
Z	: Galaksi merkezli kartezyen koordinat sisteminde Z-doğrultusu
′	: Yay dakikası
″	: Yay saniyesi

$\mathbf{M_{AK}}$	: Anakol yıldızlarının toplam kütlesi
$\mathbf{M_{EV}}$	: Evrimleşmiş yıldızların toplam kütlesi
$\mathbf{M_{EK}}$	: Ekstrapolasyon sonucu elde edilen yıldızların toplam kütlesi
$\mathbf{M_T}$	: Kümede bulunan yıldızların toplam kütlesi
±1s	: 1 sigma belirsizliği
KK	: Korelasyon katsayısı
s	: Standart sapma
$\mathbf{N_{kd}}$	: Kümedeki toplam karadelik sayısı
1′	: 1 yay dakikasının pc cinsinden değeri
$\boldsymbol{\sigma_v}$	: Hız dispersiyonu
GALEV	: Galaksi Evrim Modelleri
R	: Galaksi'deki konum
pc	: Parsek
kpc	: Kiloparsek

ÖZET

SEÇİLMİŞ GALAKTİK AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ

Bu doktora tez çalışmasında, Yaş $\geq$ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin olası küme üyeleri 2MASS JHK_s fotometrik verilerine uygulanan istatistiksel Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. Kümelerin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramlarının Padova eşyaş eğrileri ile çakıştırılmasından renk artıkları E(J-H) ve E(B-V), Yaş, uzaklık modülü $(m-M)_J$, Güneş'e uzaklık d, eş zamanlı olarak elde edilmiştir. Yapısal parametreler gözlenen radyal yoğunluk profillerinin iki parametreli King profilleri ile çakıştırılmasından tayin edilmiştir.

R_{KOR} - Yaş ve R_{RYP} - Yaş ilişkilerinde, $\sim 10^3$ Myıl yaş değerinde bir çatallaşma olduğu tesbit edilmiştir. Bu değer, Büyük Magellan Bulutu ve Küçük Magellan Bulutu'na ait küresel kümelerin kor yarıçapı - yaş dağılımında tespit edilen $\sim$ 500 - 600 Myıl değerinden daha büyüktür. Bu çatallaşma değerinde bazı açık kümeler muhtemelen kara deliklerden dolayı genişleyen korlar geliştirirken, bazıları ise dinamik gevşemeden dolayı büzülme gösterirler.

Galaksi merkezi doğrultusunda yer alan büyük boyutlu ve kütleli kümeler olan NGC 6819 ve Trumpler 20, 1 Gyıl üzerinde süren dış dinamik etkilere rağmen hayatta kalmışlardır. Galaksi merkez doğrultusunda yer alan kütleli ve genç kümeler NGC 6802 ve Pismis 19 dış dinamik proseslerden dolayı yıldızlarının bir kısmını kaybetmişlerdir. Daha az kütleli NGC 2192 ve Koposov 53 kümelerinin uzun süre hayatta kalmaları, antimerkez doğrultusunda dev moleküler bulutların rölatif azlığı ile açıklanabilir.

$\chi_{TK} < 0$ olan kümelerde çok sayıda kütleli yıldız tespit edilmiştir. Bu durum, i) karadelik çiftlerinden dolayı kümenin genişlemesinden, ii) düşük kütleli yıldızların kordan haloya transfer olmasından, iii) dışarı atılma ve buharlaşma proseslerinden kaynaklanabilir. $\chi_{KOR} < 0$ a sahip kümelerin korlarındaki kütleli yıldızların sayısının da fazla olduğu bulunmuştur. Kütle fonksiyonunun eğimi muhtemelen kütle ayrışması ve dinamik evrimden dolayı daha yaşlı kümelerde negatife doğru evrilmektedir. Kütle fonksiyonunun eğimi $\tau_{TK} \sim 30$ ve $\tau_{KOR} \sim 32$ değerlerinde $\chi_{TK} < 0$'a evrilmeye başlamaktadır. $\tau_{KOR} > 32$ evrimsel zamanında $\chi_{TK} < 0$ eğimlerine ileri derecede kütle ayrışması neden olmaktadır. Ru 96 kümesi hariç, $\chi_{TK} > 0$ eğimlerine sahip kümeler dış dinamik etkilerin daha az etkili olduğu Güneş çemberi dışında yer almaktadır.

NGC 2286, Trumpler 5, Ru 96, NGC 2506 kümelerinin kor ve halolarındaki evrimleşmiş yıldızların yüzdelerinin oldukça benzer olması, Ru 96 hariç, kütle ayrışmasının bu kümelerde etkili olmadığını göstermektedir. Diğer 10 kümenin korlarındaki evrimleşmiş yıldızların yüzdelerinin halolarından yüksek olması kütle ayrışmasının ileri düzeyde olduğuna işaret etmektedir.

SUMMARY

DYNAMICAL EVOLUTION OF SELECTED GALACTIC OPEN STAR CLUSTERS

In this doctoral thesis, probable cluster members of 40 open clusters with Age $\geq$ 100 Myr have been selected by means of statistical field star decontamination applied to 2MASS JHKs photometric data. By fitting Padova isochrones to (J-H) - J diagrams, the interstellar reddening E(J-H), and consequently, E(B-V), the apparent distance modulus (m-M)v, the distance (d), and the age (A) of these clusters have been inferred simultaneously. Structural parameters have been derived by fitting theoretical King profiles to the observed stellar radial density profiles.

A bifurcation in the cluster distribution is seen at $\sim 10^3$ Myr in the planes R_{core} - Age and R_{RDP} - Age. This age is older than the $\sim$ 500-600 Myr found in the plane R_{core} - Age for Large Magellan Cloud and Small Magellan Cloud globular clusters. At the bifurcation age, part of the clusters expand with time probably due to the presence of stellar black holes, while some seem to shrink due to dynamical relaxation.

The large and massive clusters NGC 6819 and Trumpler 20, which are located in the Galactic center, have survived for more than 1 Gyr of external dynamical effects. The massive and younger clusters NGC 6802 and Pismis 19, also at the Galactic center, have lost part of their stars because of external dynamical processes. The survival of the less massive clusters NGC 2192 and Koposov 53 can be explained by the relative scarceness of giant molecular clouds at anti-centre directions.

A high number of massive stars in clusters with $\chi_{ov} < 0$ are detected. This may be due to i) the cluster expansion by black hole binaries, ii) transferring low mass stars in core to halo, iii) evaporation and ejection processes. It is also found that the number of massive stars in the core of clusters with $\chi_{core} < 0$ are large. The mass function slope tends to be negative for older clusters, probably due to mass segregation and dynamical evolution. The mass function slope tends to be $\chi_{ov} < 0$ for $\tau_{ov} \sim 30$ and $\tau_{core} \sim 32$. For clusters with $\tau_{ov} > 30$, low-mass stars are ejected while massive stars remain in the core. For $\tau_{core} > 32$, slopes such as $\chi_{ov} < 0$ are caused by advanced mass segregation, and those with $\chi_{ov} > 0$, except for Ru 96, are located outside the Solar circle, where external dynamical effects are less efficient.

The fraction of evolved stars in the core and halo of NGC 2286, Trumpler 5, Ru 96 and NGC 2506 are quite similar, which suggests that mass segregation is not efficient in these clusters, except for Ru 96. The fraction of evolved stars in the cores of the other 10 clusters is higher than in the halos, thus implying advanced mass segregation.

1.GİRİŞ

Galaktik açık kümeler gaz ve toz bakımından zengin Galaktik düzlem civarında oluşan ve birbirine fiziksel olarak bağlı yıldızlardan meydana gelen sistemlerdir. Birkaç on'dan birkaç bin'e kadar yıldız içerirler, yarıçapları birkaç parsek olabilir ve şekilleri neredeyse küreseldir. Pek çok açık küme yoğun kor bölgesi ve daha az yoğun halo bölgesi olmak üzere iki alt kısma ayrılabilir (Bonatto ve Bica, 2005).

Açık kümelerin yaş ve uzaklıklarını tayin etmek görece kolay olduğundan, bu kümeler Galaktik diskin özelliklerini araştırmada temel yapılar olmuşlardır (Lynga 1982, Janes ve diğ., 1984; Friel, 1995). Fakat kümelerin çoğunun Galaktik düzleme yakın olmasının yanısıra kızarma ve alan yıldızları ile karışımın fazla olması nedeniyle çalışmalar genelde metalce zengin olan Güneş civarındaki kümeler ile sınırlanmıştır (Bonatto ve diğ., 2006).

Açık yıldız kümeleri yaşamları boyunca kompleks bir evrim geçirirler. Açık kümeler, yıldız evrimi ile ilişkili kütle kaybı, kütle ayrışması, buharlaşma, dev moleküler bulutlarla meydana gelen yıkıcı karşılaşmalar, Galaktik disk ve bulge ile gelgitsel etkileşimler gibi dinamik proseslere mütemadiyen maruz kalırlar ve bu prosesler dinamik evrimi hızlandırıcı bir rol oynarlar. Sonuç olarak küme yapısında dikkate değer değişimler meydana gelir ve kümenin kütle fonksiyonu değişir.

Teori (Lamers ve diğ., 2006) ve gözlemlerden (Piskunov ve diğ., 2006) itibaren çizilen senaryoya göre, Güneş civarında dağılma-zaman ölçeği kümenin kütlesine $\sim M^{0.62}$ ifadesiyle (Bonatto ve Bica, 2005) bağlıdır ve ~1 Gyıl'dan daha kısadır. Genel olarak, dinamik proseslerin etkisi merkezî yoğunlaşmanın olduğu düşük kütleli açık kümelerde daha fazladır (Bonatto ve Bica, 2007). Gerçekten, ~1 Gyıl'dan daha yaşlı açık kümeler Güneş civarında ve Galaksi diskinin dış kısımlarında bulunmuşlardır (Friel, 1995; Bonatto ve diğ., 2006). Başlangıç kütlesi 10^2-10^3 Güneş kütlesi civarında olan kümelerin dağılma-zaman ölçeklerinin 75-300 Myıl olması beklenir (Lamers ve diğ., 2006). Yukarıda verilen bilgiler ışığında pek çok açık kümenin Galaktik yıldız alanı

içine dağılarak yok oldukları veya az üyeye sahip artıklar olarak kaldıkları açıktır (Pavani ve Bica, 2007).

Açık kümelerin çok az bir kısmı 1 Gyıl'dan daha yaşlıdır ve bunların çoğu Galaksi merkezine oldukça uzak yerlerde bulunurlar. WEBDA'da (http://www.univie.ac.at/webda) da listelenmiş yaşları bilinen açık kümelerin yalnızca %18'i 1 Gyıl'dan daha yaşlıdır, 4 Gyıl'dan yaşlı olanların oranı ise % 2 civarındadır (Bonatto ve Bica, 2007).

Birkaç yüz milyon yıl boyunca evrim geçirmiş kümelerin iç yapıları incelendiğinde, bazı kümeler genişlerken diğerlerinin ise büzüldüğüne dair işaretler (hem teorik hem gözlemsel) vardır. Bu çatallaşma ~1 Gyıl civarında gerçekleşir. Bu durum, Mackey ve Gilmore (2003) tarafından Büyük Magellan Bulutu (BMB) ve Küçük Magellan Bulutu'nda (KMB) bulunan küresel yıldız kümelerinin korlarında gözlenmiştir. 1 Gyıl civarında ortaya çıkan bu çatallaşma gerçek bir fizikî evrimi göstermektedir: Bazı kümeler korlarında bulunan karadelikler nedeniyle genişleyen korlar geliştirir, bazıları da dinamikel gevşeme ve kor çökmesi nedeniyle büzülürler (Mackey ve diğ., 2008).

Benzer etkiler Galaktik açık kümelerde de gözlenmiştir (Camargo ve diğ. 2009, Bonatto ve Bica 2009). Fakat her iki çalışma da göreceli olarak fakir ve düşük kontrasta sahip açık kümelerle yapıldığından sonuçlar büyük hata değerlerinin yanı sıra kuşkulu yorumlar da içermektedir.

Daha çok sayıda yaşlı açık küme örneğinin astrofiziksel ve yapısal parametrelerinin doğrulukla elde edilerek, küme evrimi ve R_{KOR} - Yaş ilişkisindeki çatallaşma konusunun detaylı şekilde çalışılmasına ihtiyaç vardır.

Bu Tez çalışmasının amacı, ~1 Gyıl'da meydana gelen R_{RYP} - Yaş ve R_{KOR} - Yaş arasındaki çatallaşmayı araştırmak ve bu çatallaşmanın iç ve dış dinamik proseslerle ilişkisini detaylı şekilde ortaya koymaktır.

Bu doktora tez çalışmasında Yaş $\geq$ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin 2MASS (Two Micron All Sky Survey) JHK_s fotometrik verilerinden itibaren, küme üyeleri Bonatto ve diğ. (2007a,b) tarafından geliştirilmiş Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi'ne

göre belirlenmiştir. Hem küme üyelerinin hem de duyarlı merkezî ekvatoral koordinatların belirlenmesinde yüzey yoğunluk ve yüzey kontur grafikleri ile filtrelenmiş (J-H) - J renk-parlaklık diyagramları ve radyal yoğunluk profilleri kullanılmıştır. Kümeye ait yıldızlar kullanılarak çizilen (J-H) - J renk-parlaklık diyagramının Padova eşyaş eğrileri ile çakıştırılmasından; 40 kümenin temel astrofizik parametreleri olan renk artıkları E(J-H) ve E(B-V), Yaş, uzaklık modülü $(m-M)_J$ ve Güneş'e uzaklık d eş zamanlı olarak belirlenmiştir.

Radyal yoğunluk profillerinin iki parametreli King profilleri ile çakıştırılmasından 40 kümeye ait yapısal parametreler tayin edilmiştir. Kümelerin kütleleri Padova eşyaş eğrileri yardımıyla tayin edilmiş ve kütle fonksiyonu eğimleri belirlenmiştir.

Bu doktora tez çalışmasında,

1) 40 açık yıldız küme örneğinin seçim etkisi ve olası yanlılıklarının araştırılması maksadıyla Dias kataloğuyla (Dias, 2010) karşılaştırılması yapılmıştır. Kümelerin E(B-V) renk artığı değerleri Schlegel ve diğ.'ne (1998) ait toz haritası değerleriyle karşılaştırılmıştır.

2) 40 kümenin $|z|$ - R_{GC}, $|z|$ - Yaş, R_{RYP} - R_{GC}, R_{KOR} - R_{GC} ilişkileri ortaya konmak suretiyle, kümelerin dinamik evrimi Galaktik diskteki konumlarına göre araştırılmış ve literatürdeki çalışmalara başvurmak suretiyle yorumlanmıştır.

3) 100 Myıl'dan daha yaşlı 40 açık kümenin R_{KOR} - Yaş ve R_{RYP} - Yaş ilişkilerinde $\sim 10^3$ Myıl (1 Gyıl) yaş değerinde bir çatallaşma tesbit edilmiştir. Bu çatallaşmanın olası nedenleri Mackey ve diğ. (2008) ve Camargo ve diğ.'nin (2009) çalışmalarından yararlanılarak açıklanmıştır.

4) 40 kümenin Galaktik boylam ve yaşa göre dağılımına bakılmış ve bu dağılımda dev moleküler bulutların dinamik etkisi tartışılmıştır.

5) Kümelerin m_{TK} - R_{RYP} ve m_{TK}-R_{KOR} ilişkilerinde kütle ile küme boyutları arasındaki ilişkiler m_{TK} - R_{GC} ve m_{TK} - Yaş ilişkileri ile birlikte araştırılarak Güneş çemberi içinde ve dışında yer alan kümelerin dinamik evrimi ortaya konmuştur.

6) Kümelerin χ_{TK} - χ_{KOR} ilişkisinde, $\chi_{KOR} < 0$ ve $\chi_{KOR} > 0$ kütle fonksiyonu eğimine sahip kümelerde kütle ayrışması, buharlaşma ve atılma gibi iç prosesler ile dev molekül bulutları v.b. dış proseslerin etkisi tartışılmıştır.

Ayrıca kümelerin χ_{TK} - Yaş, χ_{KOR} - Yaş ilişkilerinden itibaren kütle fonksiyonu eğimlerinin Yaş ile ilişkileri yorumlanmıştır. Kümelerin kütle fonksiyonu eğimleri Kroupa (2001) ve Salpeter'e (1955) ait başlangıç kütle fonksiyonu değerleri ile kıyaslanmıştır. Kümelerin m_{TK} - χ_{TK} ve m_{KOR} - χ_{KOR}, χ_{KOR} - ρ_{KOR} ilişkilerindeki kütle fonksiyonu eğimleri, kütleye ve hacimsel kütle yoğunluğuna göre yorumlanmıştır.

7) χ_{TK}-τ_{TK} ve χ_{KOR}-τ_{KOR} ilişkilerinde KF eğimlerinin evrimsel zaman ile ilişkilerinde kor ve tüm kümeye ait KF eğimlerinde negatifleşme eğiliminin meydana geldiği sınır değerler belirlenerek, iç ve dış dinamik proseslerin etkileri ortaya konmuştur.

8) Kümelerinin kor ve halolarındaki evrimleşmiş yıldızların sayı oranları belirlenmiş ve bunun kümelerde kütle ayrışması ile olan bağlantısı araştırılmıştır. Dış dinamik proseslerin bu sayı oranlarındaki etkileri de tartışılmıştır.

9) Tesbit edilen çatallaşmanın karadelik çiftleriyle olan ilişkisi araştırılmış, genişleyen ve çöken kora sahip kümelerin karadelik sayıları hesaplanarak çatallaşma ile olan uyumları araştırılmış ve tablo halinde verilmiştir.

10) Açık yıldız kümelerinin dev molekül bulutları (DMB) ve spiral kollar ile olan etkileşimlerinin evrime etkisini incelemek için açık yıldız kümelerinin ilişkili oldukları DMB ve spiral kollar tesbit edilerek yorumlanmış ve tablo halinde verilmiştir.

Yukarıda belirtilen bulgular, literatürde verilen bulgular ve bilgiler ışığında genel kısımlarda şekil ve tablolar ile desteklenerek bu tez çalışmasında detaylı olarak sunulmuştur.

40 kümeye ait gözlemsel veriler, alan yıldızlarının temizlenmesi ve küme üyeliğinin belirlenmesi, kümelerin temel astrofizik ve yapısal parametrelerinin elde edilmesi, kütle ve kütle fonksiyonu eğiminin belirlenmesi ile ilgili bilgiler ve yöntemler, ilgili şekil ve tablolar ile desteklenerek Malzeme ve Yöntem kısmında detaylı olarak verilmiştir.

Bu doktora tezinde, literatürde kısaltmaları olan aşağıdaki açık kümelerin isimleri yanlarında belirtilen şekilde kısaltılarak kullanılmıştır: Berkeley “Be”, Ruprecht “Ru”, Melotte “Mel”, Tombaugh “To”.

Bu doktora tezinde, aşağıda verilen terimlerin yanlarında belirtilen Türkçe karşılıkları kullanılmıştır. İzokron “eşyaş eğrisi”, red clump “kırmızı yığın (KY)”, red giant “kırmızı dev (KD)”, red giant branch “kırmızı dev kolu (KDK) ”, ZAMS (Zero Age Main Sequence) “SYAK (sıfır yaş anakolu) ”, blue straggler “mavi mücadeleci (MM)”, mass segregation “kütle ayrışması”, relaxation time “gevşeme zamanı”, crossing time “çapraz geçiş zamanı” şeklinde kullanılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİNE BİR BAKIŞ

Genç açık yıldız kümeleri galaksilerde en yeni yıldız oluşumunun göstergesi olup, spiral yapının temsilcileridirler (Lada ve Lada, 2003). Yaşlı açık yıldız kümeleri ise Galaktik diskin evriminin başlangıcına dair ipuçları vermektedir (Friel, 1995).

Galaksimizde Dev Molekül Bulutlarının (DMB) konumları ve küme oluşumu sürecinin başlangıcındaki ilkel şartlar, bir kümenin akıbetinde önemli rol oynarlar (Schilbach ve diğ., 2006). İç ve dış dinamik prosesler (süreçler) sonucunda bir kümenin yıldız içeriği zamanla değişir; tek tek küme üyelerinin özellikleri (yörünge, uzaysal konum) ve sistem olarak tüm küme etkilenir. Açık yıldız kümeleri DMB, spiral kollardaki şok dalgaları ve Galaktik diskteki yoğunluk pertürbasyonları gibi dış pertürbasyonlara maruz kalırlar. Açık yıldız kümelerinin dinamik evrimi üzerinde çalışmak için bu dış pertürbasyonların etkisi dikkate alınmalıdır (Gieles ve diğ., 2007).

Bir açık yıldız kümesinin bozulmasında farklı mekanizmalar eş zamanlı olarak rol oynarlar. Bu safhalar ve bu safhaların tipik zaman ölçekleri şöyledir: (a) bebeklik ölümleri ($\sim 10^7$ yıl), (b) yıldız evrimi ($\sim 10^8$ yıl), (c) gelgit gevşeme ($\sim 10^9$ yıl). Bu üç safha sürecinde DMB, bozulma prosesini hızlandıran ve kümeyi ısıtan disk şokları ve gelgit gibi pertürbasyonlar etkili olur. Bu pertürbasyonlar küme popülasyonlarında daha uzun zaman ölçeklerinde işler (Lamers ve diğ., 2004; Lamers ve diğ., 2005; Lamers ve Gieles, 2006).

Açık yıldız kümeleri DMB içinde doğarlar ve ilk ~ 2 ilâ 5 Myıl boyunca bulut içinde gömülü kalırlar. Evrimin oluşum ve başlangıç aşamaları süresince optik dalgaboylarında gözlenemezler. Bu bakımdan, gaz ve tozun neden olduğu yoğun sönükleştirme etkisinden dolayı kızılötesi fotometri ile tesbit edilirler (Lada ve Lada, 2003).

Genç açık yıldız kümelerinin çoğu erken zamanlarda bozulurlar. Bunun nedeni ilkel gazın, kütleli OB yıldız rüzgarları veya süpernova patlamaları (Tutukov, 1978) ile bir kesit zamanından daha kısa bir zaman ölçeğinde ortadan kalkmasıdır. Bu mekanizma yıldız oluşum etkinliğine bağlıyken başlangıçtaki küme kütlesinden bağımsızdır (Gieles ve diğ., 2005).

Kümelerin yapısal parametreleri küme oluşumundan sonra yıldız evrimi ve kümenin maruz kaldığı dinamik evrim ile değişir. İlkel gazın hızlı şekilde atılması ve daha düşük çekimsel potansiyelin sonucu olarak, kümelerin yapısal parametreleri tüm ölçeklerde artar. Goodwin ve Bastian (2006) kümenin başlangıcında kor yarıçapı genişleme safhasının 10 - 30 Myıl sürdüğünü ve kor yarıçapı genişlemesinin, arta kalan gazın hızlıca atılma etkisiyle açıklanabileceğini gösterdi. Gazın atılmasından sonra ($\sim 10^7$ yıl), bir miktar enerji eş dağılımına ulaşıldığında ayakta kalan açık kümelerin kor yarıçapı büzülür. Halbuki açık kümenin en dış kısımları boyut bakımından genişlemeyi sürdürür. Yıldız evriminden dolayı meydana gelen kütle kaybı yapısal parametreleri de etkiler. Kümenin kütlesine hemen hiç katkıda bulunmadıkları için $m > 30\ M_{\odot}$ kütleli yıldızların yıldız evrimine katkıları ihmal edilebilir (Lamers ve Gieles, 2006). Mackey ve Gilmore (2008) yıldız evriminden dolayı kor genişlemesinin $\sim$100 Myıl zaman ölçeğinde meydana geldiğini göstermiştir.

Galaktik diskteki açık yıldız kümelerinin yaş dağılımına bakıldığında, kümelerin 10^8 yılın birkaç katı zaman ölçeğinde bozuldukları anlaşılmıştır (Lamers ve Gieles 2006). Lada ve Lada'ya (2003) göre, Güneş civarındaki DMB'de oluşan kümelerin $\sim$% 4'ünden azı 100 Myıl'dan, %10'undan azı ise $\sim$10 Myıl'dan daha uzun süre bozulmadan kalırlar.

Kütleli yıldızlar, büyük ölçekte kütle ayrışmasının sonucu olarak evrimleşmiş kümelerin korunda daha fazla yoğunlaşmaya meyillidirler. Küçük kütleli yıldızlar ise dış bölgelere doğru transfer edilirler (Bonatto ve Bica, 2005). Kütle ayrışmasının sonucu olarak küme yarıçapı artmaya, kor yarıçapı ise azalmaya eğilimlidir. Mackey ve Gilmore'a (2008) göre, eğer yıldız kümesi başlangıçta kütle ayrışması gösteriyorsa bu etki daha sonra meydana gelen kütle ayrışmasına göre daha önemlidir.

Oort (1958) yaşın bir fonksiyonu olarak, Güneş civarındaki açık kümelerin uzaysal dağılımında yaşlı açık kümelerin bulunmadığını tesbit etti ve Galaktik kümelerin bozulma zaman ölçeğini 5×10^{8} yıl olarak verdi. Güneş civarında yaşlı kümelerin olmayışı şu şekilde kısmen açıklanabilir: Yıldız evriminden dolayı kümeler yaşlandıkça hızlı şekilde yok olurlar. Bu sebeple çok yaşlı açık kümelerin bulunması zordur. Fakat kaybolma süresi yaşlı açık kümelerin gözlenen ve beklenen sayısı arasındaki farkı açıklayamaz. Bu da önemli miktarda açık kümenin dağıldığını gösterir. Wielen (1971) Güneş'ten yaklaşık 1 kpc uzaklıkta yer alan 100–1000 $M_{\odot}$ kütle aralığındaki kümelerin yaş dağılımından ortalama 200 Myıl'lık bir çözülme zamanı elde etti.

Kümeler tedricî olarak kütle kaybederler ve yukarıda ifade edilen bozucu mekanizmaların birleşik etkisinden dolayı tümüyle bozulurlar veya kalıntı bırakırlar (Pavani ve Bica, 2007). Sonuç olarak, sadece büyük kütleli (çekimsel olarak bağlı) kümelerden büyük Galaktik yarıçaplarda bulunanları (Güneş çemberi dışında DMB ile etkileşme olasılığının düşük olduğu yerler) birkaç Gyıl boyunca bozulmadan kalabilirler (Bergond ve diğ., 2001).

Güneş çemberi içinde yer alan kümeler, Galaktik Disk ve Bulge'a yakın geçişler veya DMB ile etkileşmelerden ileri gelen şoklar biçimindeki önemli gelgit etkilerine maruz kalırlar. Bu türden prosesler bir yıldız kümesini dinamik olarak ısıtmaya eğilimlidir ve bu da küçük kütleli yıldızların buharlaşma hızını artırarak tüm ölçeklerde küme genişlemesine neden olur. Bazı kümelerde kütle ayrışması ve buharlaşma korun büzülmesine neden olur. Sonuç olarak, bu etkiler özellikle daha seyrek yıldız içeren kümeleri bozmaya meyillidirler.

2.2. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNDE KÜTLE KAYIP MEKANİZMALARI

Bu kısımda, açık kümeler hakkında bu doktora tezinde elde edilen bulguların dinamik evrim bakımından yorumlanmasında kullanılan, kütle kaybından sorumlu iç ve dış dinamik prosesler tanıtılmıştır. Bölüm 2.2.1 - 2.2.4 arasındaki bilgiler Lamers ve diğ.'den (2006), Bölüm 2.2.5'deki bilgiler Bonatto ve Bica'dan (2011) alınmıştır.

2.2.1. Yıldız Evrimi ile Kütle Kaybı

Yıldız evrimi nedeniyle kümenin kaybettiği kütleye dair hesaplar küme evrimi modelleri ile ilgilenen çalışma gruplarınca $15 < M/M_{\odot} < 85$ kütle aralığında Salpeter tipi kütle fonksiyonu öngören GALEV (Galaksi Evrim) modelleri kullanılarak yapılmıştır. Bu modeller, overshooting, yıldız rüzgarları ve süpernova nedeniyle kütle kaybını da içeren Padova grubuna ait yıldız evrim modelini temel almışlardır. Lamers ve diğ.'ne (2005) göre yıldız evrimi ile kaybedilen kütlenin kümenin başlangıç kütlesine oranı $q_{eş}(t) = \Delta M/M_i$, t > 12.5 Myıl için

$$log q_{eş}(t) = \left(log\, t - a_{eş}\right)^{b_{eş}} + c_{eş} \qquad (2.1)$$

ile hesaplanır. Salpeter kütle fonksiyonunu öngören Güneş metal bolluğundaki modeller için $a_{eş}$= 7, $b_{eş}$= 0.255 ve $c_{eş}$= -1.805 dir. (2.1)'deki bağıntıda, t > 12.5 Myıl için kütle kayıp oranı küçük hata aralıkları içinde hesaplanabilir. 12.5 Myıl'dan daha genç yaşlarda kütle kaybı ihmal edilebilir, çünkü $30M_{\odot}$'den daha büyük kütleli yıldızlar kümenin kütlesine neredeyse hiç katkıda bulunmazlar. Yıldız evrimi nedeniyle kümenin kütle kaybı (2.2) bağıntısı ile verilir:

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_{evrim} = -M\,(t)\frac{dq_{eş}}{dt} \qquad (2.2)$$

2.2.2.Galaktik Gelgit Alanı Nedeniyle Kütle Kaybı

Baumgardt ve Makino (BM03; 2003) Galaktik gelgit alanındaki farklı başlangıç kütlesi, Galaktosentrik uzaklık ve farklı yoğunluk profilleri için hem dairesel hem eliptik yörüngelerde N-cisim simülasyonu oluşturmuştur. Bu simülasyonda, yıldız evrimi hesaba katılmış ve ayrıca kütle fonksiyonu olarak Kroupa'ya (2001) ait kütle fonksiyonu kabul edilmiştir. $M_i > 4500\,M_\odot$ değerinde tüm kümeler için yapılan BM03'e ait modellerde çözülme zamanı (2.3) bağıntısıyla verilmiştir:

$$t_{\text{çöz}} = t_4(M_i/10^4 M_\odot)^{0.62} \qquad (2.3)$$

(2.3) bağıntısında çözülme zamanı başlangıç kütlesinin bir fonksiyonudur. Burada t_4 kümenin bulunduğu Galaktik gelgit alanının kuvvetine ve yörüngenin basıklığına bağlı bir sabittir (eğer kümeye etki eden tek bozucu proses gelgit alanı ise bu durumda t_4 kümenin yaşam süresi olacaktır; $M_i = 10^4 M_\odot$). Galaktik gelgit alanı nedeniyle meydana gelen kütle kaybı,

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_{gelgit} = \frac{-M(t)}{t_{\text{çöz}}} = \frac{-\left(M/10^4 M_\odot\right)^{0.38}}{t_4/10^4} M_\odot Myıl^{-1} \qquad (2.4)$$

şeklinde yazılabilir. Her ne kadar hesaplananın bir miktar üzerinde olsa da Güneş çemberi içindeki dairesel yörüngede dolanan düşük kütleli kümelerin gözlemsel yolla bulunan çözülme zamanı BM03 tarafından $t_4 = 6.9$ Gyıl verilmiştir.

2.2.3. Spiral Kollardaki Şok Dalgaları Nedeniyle Kütle Kaybı

Gieles ve diğ. (2006) N-cisim simülasyonları yardımıyla spiral kollardaki şok dalgalarının neden olduğu çözülme zamanını (t_{sp}) hesaplayabilmek için, Ostriker ve diğ.'nin (1972) disk şoklarının neden olduğu çözülme zamanını veren bağıntısını kullanmışlardır. Spiral kollardaki şok dalgaları nedeniyle meydana gelen kütle kaybı, küme spiral kolu bir uçtan diğer uca katederken meydana gelir. Spiral kolların sabit bir hız (Ω_p) ile hareket ettiği ve diskteki maddenin de sabit dairesel hıza (V_{disk}) sahip olduğu kabulü ile, iki hız arasındaki rölatif hız (V_{rl}) Galaksideki (R) konumuna bağlıdır. Hızları düşük olmakla birlikte yoğunluk dalgaları kümeler üzerinde büyük etkilere

sahiptirler (Ostriker ve diğ., 1972). Bu nedenle disk ve spiral kolların aynı dönme hızına sahip olduğu nokta olan birlikte dönme (co - rotation) yarıçapına (R_{KR}) yaklaşıldıkça yoğunluk dalgalarının bozucu etkisi önemli olur. Dias ve Lépine (2005) yakın kümelerden itibaren Galaksinin spiral kolları için $\Omega_p = 25.9\ \mathrm{kms^{-1}kpc^{-1}}$ ve birlikte dönme yarıçapını (R_{KR}), $R_{KR}/R_0 = 1.06 \pm 0.08$ olarak tayin etmiştir. Gieles ve diğ. (2006) $R_0 = 8.5$ kpc ve $V_{disk} = 220\ \mathrm{kms^{-1}}$değerlerini dikkate alarak Galaksinin dört spiral kolu olduğu varsayımı (Vallée, 2005) altında, sürüklenme hızını $V_{sr} = 12.5\ \mathrm{kms^{-1}} = 12.7\ \mathrm{pc\ Myıl^{-1}}$ ve sürüklenme süresini $t_{sr} = 1.05\ Gyıl$ almak suretiyle, enerji kazancı ve kütle kaybı arasındaki oranı $f = ((\Delta M/M)/(\Delta E/E))$ olarak hesaba katarak, Güneş civarı için çözülme zamanını (t_{sp}) (2.5) bağıntısı ile vermişlerdir:

$$t_{sp} = 20\ \left(\frac{M}{10^4 M_\odot}\right)\left(\frac{3.75\ pc}{r_h}\right)^3\ Gyıl$$

$$= 20\ (M/10^4 M_\odot)^{1-3\lambda}\ Gyıl \qquad (2.5)$$

Burada Larsen (2004) tarafından yakın spiral galaksilerdeki kümelerin kütle-yarıçap ilişkisine ait değerler kullanıldı; $r_h = 3.75\ (M/10^4 M_\Theta)^\lambda$, $\lambda = 0.10 \pm 0.03$. Bu durumda spiral kollardaki şok dalgaları nedeniyle kümelerin kütle kaybı (2.6) bağıntısı ile verilir:

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_{sp} = \frac{-M(t)}{t_{çöz}} = -0.5\ \left(\frac{M\ (t)}{10^4 M_\odot}\right)^{3\lambda} M_\odot Myıl^{-1} \qquad (2.6)$$

Burada dikkati çeken nokta, $\lambda = 0.1$ değeri için spiral kollardaki şok dalgaları nedeniyle meydana gelen kütle kaybının ($\propto M^{0.3}$) gelgit alanı nedeniyle meydana gelen kütle kaybı ($M^{0.38}$) ile nerdeyse aynı kütle bağımlılığına sahip olmasıdır.

2.2.4. Dev Moleküler Bulutlar ile Etkileşimler Sonucu Kütle Kaybı

Gieles ve diğ. (2006) N-cisim simülasyonları ile DMB ile kümelerin etkileşimini ortaya koyabilmek için, değme durumundan uzak etkileşimlere kadar tüm aralık boyunca oluşan kütle kaybı ve enerji kazancını veren bir bağıntı elde ettiler. Güneş civarında Galaksi düzleminde ortalama DMB yoğunluğunu $\rho_n = 0.03\ M_\Theta pc^{-3}$, DMB'nin yüzey yoğunluğunu $\Sigma_n = 170\ M_\Theta pc^{-2}$ (Solomon ve diğ. 1987), DMB ve kümelerin ortalama hız dispersiyonunu $\sigma_v \cong 10\ kms^{-1}$ kabul ederek, DMB ile etkileşen Güneş civarındaki kümeler için çözülme zamanını (t_{DMB}) (2.7) bağıntısı ile ifade ettiler:

$$t_{DMB} = 2\ \left(\frac{M}{10^4 M_\Theta}\right)\left(\frac{3.75\ pc}{r_h}\right)^3\ Gyıl \tag{2.7}$$

Kütle-yarıçap ilişkisinden DMB ile etkileşim nedeniyle meydana gelen kütle kayıp oranı (2.8) bağıntısı ile ifade edilir:

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_{DMB} = \frac{-M(t)}{t_{DMB}} = -5\ \left(\frac{M\ (t)}{10^4 M_\Theta}\right)^{3\lambda} M_\Theta Myıl^{-1} \tag{2.8}$$

(2.8) bağıntısında kütleye olan bağımlılık spiral kollardaki şok dalgaları nedeniyle meydana gelen çözülme ile aynı olmakla beraber etkisi 10 kat daha güçlüdür.

2.2.5. Dışarı Atılma ve Buharlaşma

Yıldızlar buharlaşma ve dışarı atılma proseleri ile kümeden kaçabilirler. Dışarı atılma, tekil yıldızın yine tekil olan bir yıldızla yakın etkileşime girmesi sonucu hızını, kümeden kaçma hızının üzerine çıkarması ve kümeyi terk etmesidir. Buharlaşmada ise yıldız bir dizi daha uzak etkileşimlere maruz kalır, enerjisi tedricî olarak artar ve sonuçta kümeyi terk eder. Bu durumlarla ilgili zaman ölçekleri, Khalisi ve diğ. (2007) tarafından verilmiş olup her iki prosesle ilişkili kütle kayıpları sırasıyla,

$$\left(\frac{d\mu}{dt}\right)_{dış} = -\frac{m(G\mu)^{1/2}}{46\left(M_i R_{hm}^3\right)^{1/2}} \tag{2.9}$$

ve

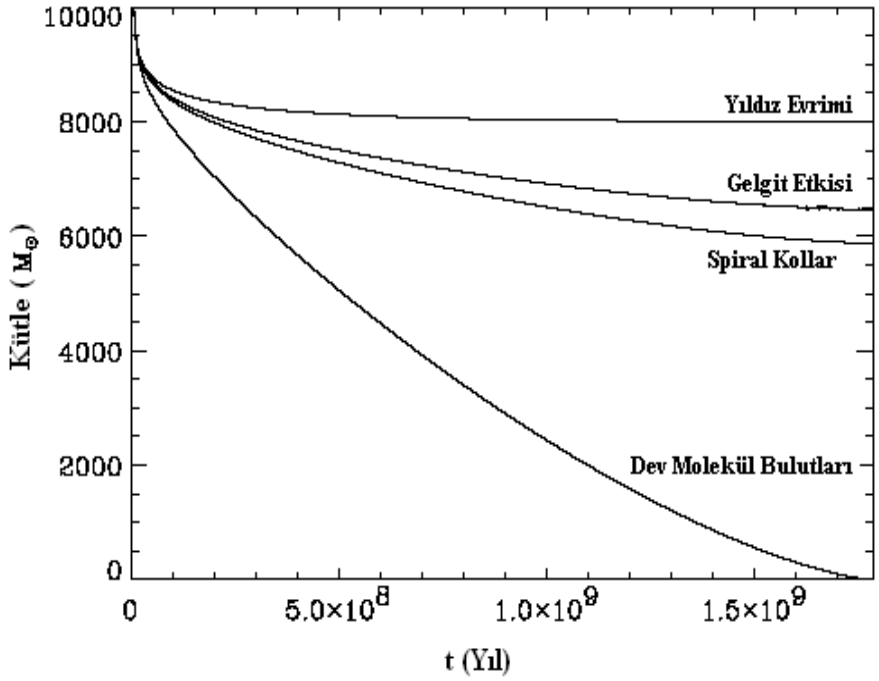
$$\left(\frac{d\mu}{dt}\right)_{buhar} = -\frac{m(G\mu)^{1/2}\ln(\gamma_c N)}{13.8\left(M_i R_{hm}^3\right)^{1/2}} \tag{2.10}$$

olur. Burada R_{hm} kütlenin yarısının bulunduğu yarıçap, $R_{hm} = 3.75\,(M/10^4)^{0.1}$ Larsen (2004), Coulomb faktörü $\gamma_c = 0.11$, G evrensel çekim sabiti ve $N = M(t)/m(t)$, t zamanındaki yıldız sayısıdır.

Yıldız evrimi, gelgitsel etkiler, spiral kol şokları ve DMB ile etkileşimlerin kütle kaybına ortak etkileri, (2.2), (2.4), (2.6) ve (2.8) numaralı denklemlerin birleştirilmiş hali olan (2.11) bağıntısı ile ifade edilebilir:

$$\left(\frac{dM}{dt}\right) = \left(\frac{dM}{dt}\right)_{buhar} + \left(\frac{dM}{dt}\right)_{gelgitsel} + \left(\frac{dM}{dt}\right)_{sp} + \left(\frac{dM}{dt}\right)_{DMB} \tag{2.11}$$

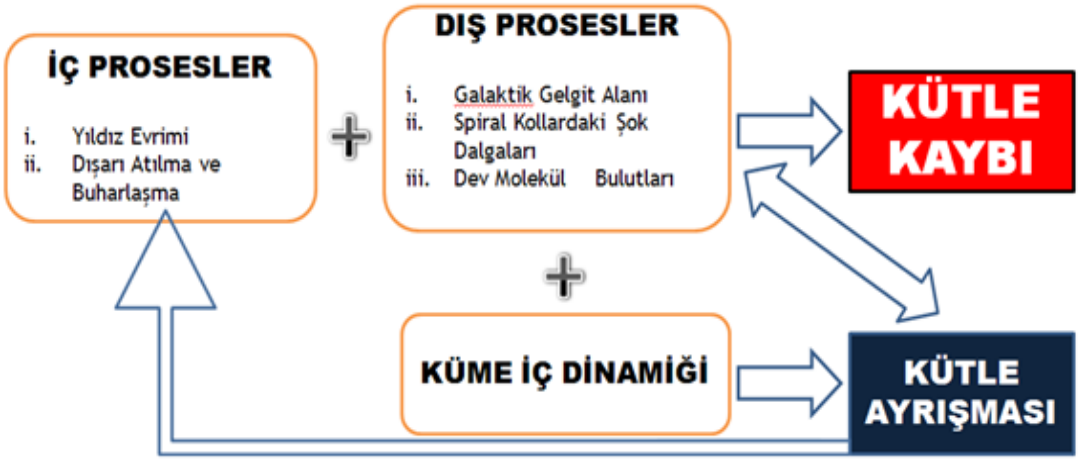
(2.11)'deki kütle kaybının t zamanı ile ilişkisi Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1: $10^4 M_\odot$ başlangıç kütlesinde bir kümenin kütle evrimi. Katı eğriler kütle kaybı mekanizmalarını temsil etmektedir. DMB ile etkileşmelerin hakim mekanizma olduğu görülmektedir. Şekil, Lamers ve Gieles'den (2006) alınmıştır.

Şekil 2.1'den görüldüğü gibi, Güneş civarında DMB ile etkileşim, açık kümelerin kütle kaybından sorumlu olan en hakim mekanizma olup, diğer mekanizmaların etkilerinin toplamından üç kat daha fazla etkiye sahiptir.

Bir açık kümenin dinamik evriminde işleyen tüm mekanizmalar aşağıda verilen Şekil 2.2'de özetlenmiştir.



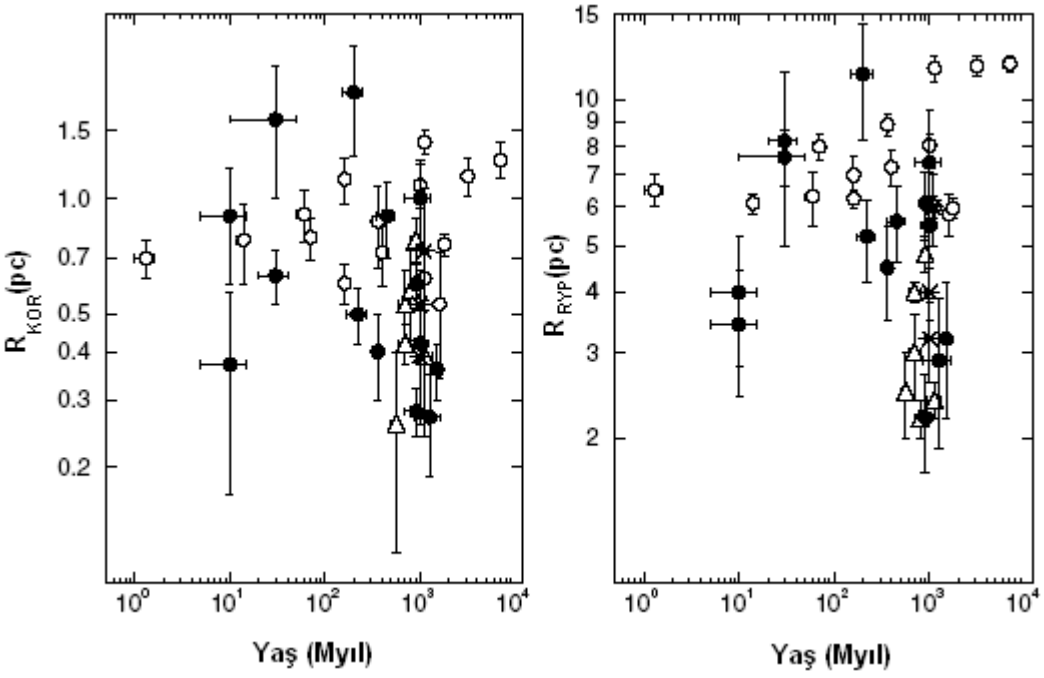
Şekil 2.2: Bir açık kümenin dinamik evriminde işleyen tüm mekanizmalar ve birbirleri ile olan ilişkileri.

2.3. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ

Bu kısımda bu doktora tezinde elde edilen bulgular ve bunların dinamik evrim ile ilişkilerinin yorumlanmasına dayanak oluşturacak bilgi ve bulgular ayrıntılı şekilde ve şekil ve tablolar ile desteklenerek sunulmuştur. Bu bilgiler, küme boyutları olan kor yarıçapı (R_{KOR}) ve küme yarıçapının (R_{RYP}) yaş ve kütle ile ilişkileri, kütle ayrışması ve kütle fonksiyonu eğimleri, kütle fonksiyonunun evrimsel zaman ve gevşeme zamanı ile ilişkileri şeklindedir.

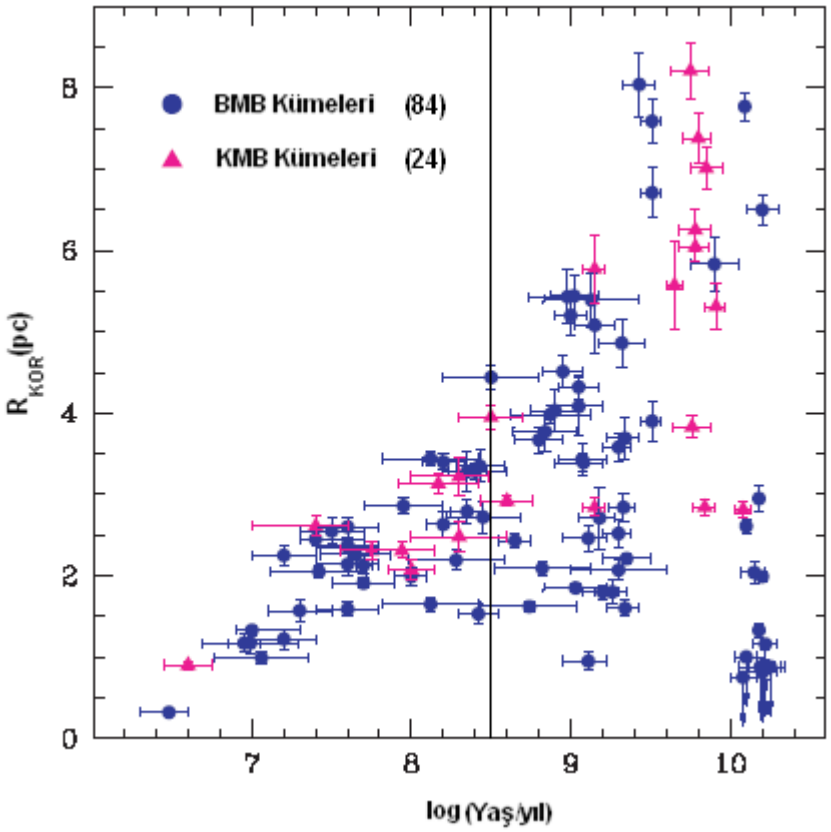
2.3.1. Yaş – R_{KOR} ve Yaş – R_{RYP} ilişkileri

Açık yıldız kümelerinin R_{KOR} ve R_{RYP} yarıçaplarının Yaş ile ilişkisi kümelerin hayatta kalma ve bozulma hızlarıyla ilişkilidir. Şekil 2.3.a - Şekil 2.3.b'de verilen Camargo ve diğ.'e (2009) ait küme örneği için kümelerin kor ve tüm küme boyutları ile yaş ilişkisinde, ~1 Gyıl yaş değerinde kümelerin bir kısmının zamanla genişlediği bir kısmının ise zamanla büzüldüğü görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 2.3.b'de R_{RYP} > 10 pc boyutunda küme çapına sahip kümelerin sayısı azdır.

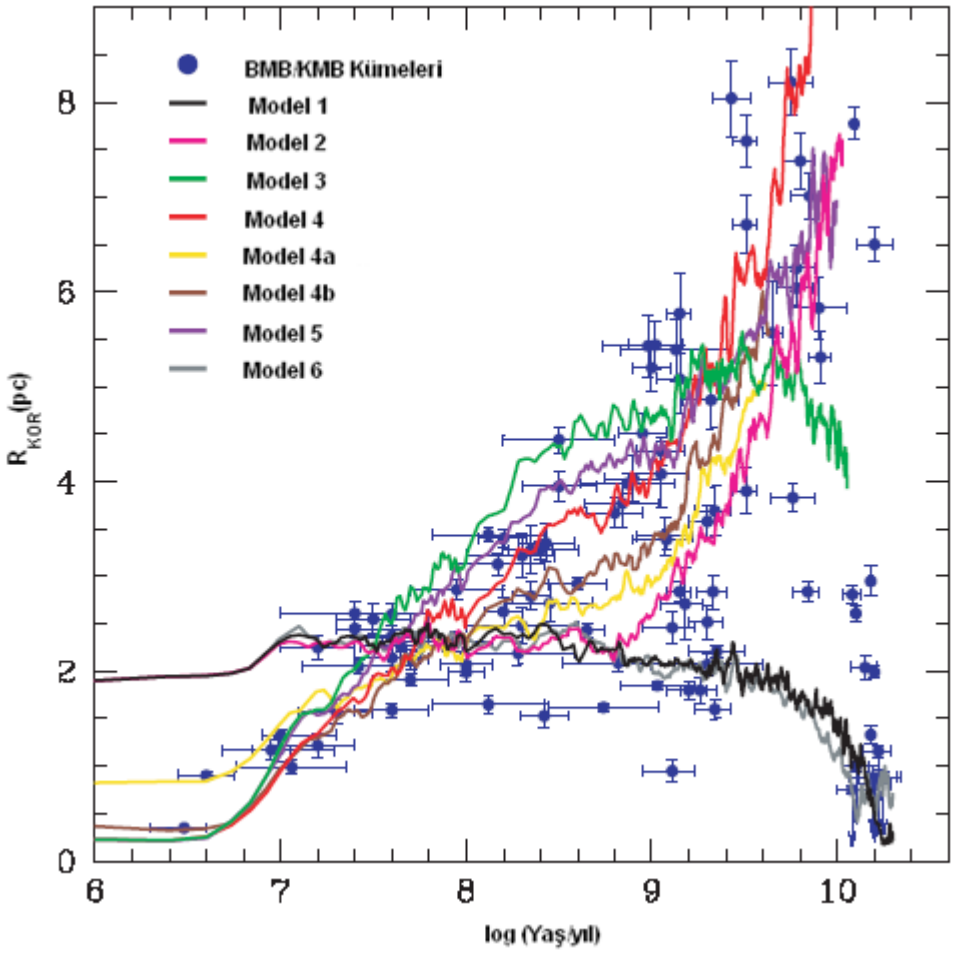


Şekil 2.3: Kümelerin R_{KOR} ve R_{RYP} yarıçaplarının Yaş ile olan ilişkisi. Şekil, Camargo ve diğ.'den (2009) alınmıştır.

~1 Gyıl civarında küme boyutlarının genişleme ve büzülme göstermesi literatürde çatallaşma olarak adlandırılmıştır. Mackey ve Gilmore (2003), Mackey ve diğ. (2008) Büyük Macellan Bulutu (BMB) ve Küçük Macellan Bulutu'na (KMB) ait küresel kümelerin R_{KOR} – Yaş ilişkisinde, ~500-600 Myıl yaş değerinde bir çatallaşma tesbit ettiler (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Mackey ve Gilmore (2003) bu ilişkiyi gerçek bir fizik evrime bağlamış ve şu şekilde açıklamıştır: Bazı kümeler yıldız karadeliklerinden dolayı genişleyen korlar geliştirirken, bazıları ise bu karadelikleri geliştirememeleri nedeniyle kor çökmesinden dolayı büzülme gösterirler. Korun genişlemesi, kümeden atılan veya kümenin halo kısmına saçılan yıldız kütlesinde karadeliklerden ibaret bir popülasyondan dolayı ısınma ile de açıklanmaktadır (Merritt ve diğ., 2004; Mackey ve diğ., 2008).



Şekil 2.4: KMB (üçgenler) ve BMB (içi dolu daireler) cüce galaksilerine ait küresel kümeler için R_{KOR} ve Yaş ilişkisi. Veriler, Mackey ve Gilmore (2003) ve Mackey ve diğ.'e (2008) ait HST/WFPC2 gözlemlerinden elde edilmiştir. Dikey kesiksiz çizgi ~500-600 Myıl yaş değerini göstermeketdir. Şekil, Mackey ve diğ.'den (2008) alınmıştır.



Şekil 2.5: Semboller Şekil 2 ile benzer olup, R_{KOR} ve Yaş verilerine uygulanan sekiz model simülasyon gösterilmiştir. Şekil, Mackey ve diğ.'den (2008) alınmıştır.

Mackey ve diğ.'ne (2008) ait Şekil 2.4'deki küresel kümelerin R_{KOR} - Yaş ilişkisinde, kümelerin kor genişlemesini açıklamak için iki fizikî proses önerilmiştir:

1) Kütle ayrışmasına sahip kümelerdeki hızlı yıldız evrimi sonucu kütle kaybı,
2) Süpernova patlamaları ile oluşan karadeliklerin meydana getirdiği ısınma

Bu iki proses farklı zaman ve evrelerde meydana gelmiştir. Birincisi, büyük kütleli yıldızların mevcut olduğu ilk ~100 Myıl'da etkin olmuştur. Bu proseste, kütlenin önemli bir kısmı küme içindeki büyük kütleli yıldızların hızla evrimleşmesiyle kaybedilir. İkinci proses birkaç yüz milyon yıl sonra başlar.

Şekil 2.5'de, BMB ve KMB'na ait küresel kümelerin R_{KOR} ile Yaş verilerine uygulanan N cisimli sekiz simülasyon gösterilmiştir.

Şekil 2.5'deki simülasyonlar, erken safhadaki kor genişleme miktarının başlangıç kütle ayrışmasına oranı ile yıldız evrimi sonucu kaybedilen kütlenin toplam kütleye oranına bağlıdır. Yıldız evrimiyle ilişkili kütle kaybının sabit, karadelik oluşumunun değişken olduğu (3, 4, 5) nolu modellerde, küme en büyük ve en hızlı kütle kaybına bağlı olarak kor genişlemesi gösterirken; yıldız evrimiyle ilişkili kütle kaybının değişken, karadelik oluşumunun ise sabit tutulduğu (2, 4, 4a, 4b) nolu modellerde en hızlı başlangıç kütle ayrışmasına bağlı kor genişlemesi meydana gelir. Şayet kütlenin merkezi konsantrasyonu yoksa, hızlı kütle kaybı korda dikkate değer bir genişlemeye neden olmaz. Başlangıç kütle ayrışması olmayan modellerde erken kor genişlemesi görülmez. KF'nun eğimi erken safhadaki kor genişlemesini etkiler. Dik bir KF eğimi durumunda ($\chi_{TK} > 0$), kütleli yıldız sayısı az ve bu nedenle kor genişlemesi de yavaş olur. Düz (yatay) eğimde, daha fazla büyük kütleli yıldız kor genişlemesini arttırır.

İlk dönemlerde etkili olan büyük kütleli yıldızların evrimleri sonucu kaybedilen kütle bu modellerde dikkate alınmamıştır. Kümede kalan artık gaz, ilk ~10 Myıl içinde yıldız rüzgarları ve süpernova patlamaları ile kümeden uzaklaşır. Yıldız evriminden dolayı kütle kaybı ve artık gazın atılması ile kütle kaybı ilk ~10 – 20 Myıl'da koru genişletir. Sistemden atılan artık gazın miktarı fazlalaştıkça korun genişleme miktarı da artar. Çok büyük miktarda gaz atılırsa küme dağılabilir.

Karadelikler korun genişlemesine daha sonraki dönemine etki ederler. Karadeliklerin etkili olabilmesi için karadelik çiftlerinin oluşması gerekir. Karadelik çiftlerinin birbirleriyle ve üçüncü bir karadelikle etkileşmesi sonucu karadelikler saçılır veya kümeden kaçarlar. Bu da koru ısıtır ve genişletir. Karadelik çiftlerinin oluşum zamanı kümenin erken evriminden bağımsızdır. Çeşitli başlangıç kütle ayrışması ve erken genişlemeye sahip modellerde (2,4,4a,4b) karadelik çiftlerinin oluşma zamanı ~500 - 600 Myıl'dır. Başlangıç kütle ayrışmasına sahip kümede kor daha fazla genişler ve bu nedenle karadelik yoğunlaşması ilk ~200 Myıl'da artmaz. Bu süre, başlangıç kütle ayrışmasına sahip olmayan kümede karadeliklerin kora taşınması için geçen zamanla aynıdır.

Kümeden kaçma hızının dikkate alındığı modellerde karadeliklerin bir kısmı kümeyi terk ettiklerinden karadeliklerin etkileşme ve karadelik çifti oluşturma ihtimalleri azalır. Ayrıca karadelik çiftlerinin oluşum zamanı karadeliklerin kütlesine de bağlıdır; daha

büyük kütleli karadelikler kora daha çabuk transfer olacakları için karadelik çiftlerinin oluşum süresi kısalır. Karadelik çiftleri oluştuktan sonra kor genişlemesi başlar. Genişleme hızı karadelik sayısına bağlıdır. Az sayıda karadelik bulunan kümelerin genişlemesi diğerlerine nazaran daha yavaş olur. Böyle kümelerde, karadeliklerin arasındaki etkileşimler daha az olacağından karadeliklerin saçılmaları ve kümeden uzaklaşmaları daha az gerçekleşir. Bu nedenle korları daha az ısınır ve genişler. Karadelikler kümeden uzaklaştıkça korun yoğunluğu azalır, korun genişlemesi yavaşlar ve dolayısıyla karadeliklerin birbirleriyle etkileşme ihtimali azalır. Neticede, geriye kalan karadelikler kümede çok uzun süre yaşayabilirler.

Eğer bir küme erken kor genişlemesi yaşamasına rağmen karadelikleri sistemde tutamazsa, kor çökmeye başlar. Daha sonra iki cisim etkileşmeleri ile tekrar genişler (Simülasyon 3). Bu durum ∼10 Gyıl ve üzeri yaşa sahip kümelerde gözlenmiştir. Söz konusu etki nötron yıldızları ile sağlanamaz. Çünkü nötron yıldızları küme merkezinde nötron yıldızı çiftleri oluşturacak yoğunluğa erişemez ve koru ısıtamazlar.

Kümelerde başlangıçta oluşmuş çift yıldız kaynaklı karadelik çiftleri de vardır, fakat bunların koru ısıtmadaki etkisi dinamik yollarla oluşan karadelik çiftleri kadar değildir. İlk durumdaki karadelik çiftlerinin enerjilerini diğer yıldızlara aktarabilmeleri için sık etkileşime girmeleri gerekir ki bu da çok yoğun bir kora ihtiyaç duyar. Mackey ve diğ.'ne (2003) göre kümelerin korları bu yoğunluğa sahip değildir.

2.3.2. Kütle Ayrışması ve Kütle Fonksiyonları

Açık yıldız kümelerinin yapısı, yoğun kor ve daha seyrek bir halo şeklinde iki alt sistem ile karakterize edilir. Bir açık kümedeki yıldızların aynı moleküler buluttan aynı zamanda oluştuğu varsayılır ve aynı başlangıç şartlarına sahiptirler. Yıldızların dinamik evrimi ve etkileşimler kümelerin morfolojisini ve iç kütle dağılımını değiştirir (Bergond ve diğ., 2001).

Kümenin korunda başlangıçta düşük kütleli yıldız sayısı fazla olduğundan, kütle fonksiyon eğimi pozitif iken, zaman ilerledikçe büyük kütleli yıldız sayısı artar, eğim daha düz (yassı) ve ileri aşamalarda negatif olur. Kümenin dış bölgelerine ve sınırlarına gidildikçe eğim pozitif olarak dikleşir ve bu durum büyük ölçekte kütle ayrışmasının etkilerini yansıtır. Buna gore, başlangıçta korda yer alan küçük kütleli yıldızlar kümenin dış kısımlarına doğru transfer edilirler. Halbuki daha kütleli olanlar korda yığılırlar. Kümelerin kütle fonksiyonu (KF) çizildiğinde, kütle fonksiyonu eğimi genellikle korda düz veya negatif bir dağılım verirken, haloda düz veya pozitif bir dağılım verir.

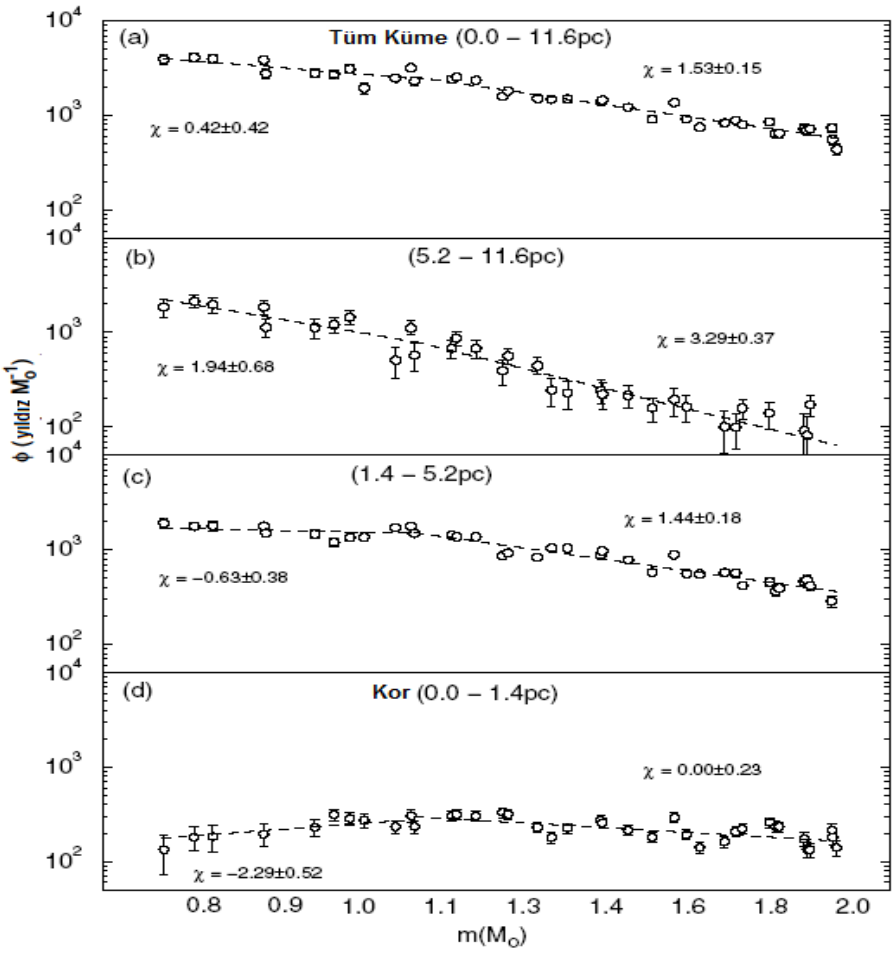
Büyük kütleli yıldızlar evrimleşmiş kümelerin merkezinde toplanırken, küçük kütleli olanlar küme halosuna doğru aktarılır. Bu durum "kütle ayrışması" olarak isimlendirilir (De La Fuente, 1998). Yaşlı veya küçük kütleli kümelerde küçük kütleli yıldızlar sistemden buharlaşır ve civara saçılabilirler (De La Fuente, 1998). Sonuç olarak, zamanla meydana gelen değişimler gözlemsel parametrelere yansır; korun ve kümenin tamamının (tüm küme) kütle fonksiyonu eğimleri kümeler evrimleştikçe değişir (Binney ve diğ., 1987).

Kütle ayrışması için öne sürülen iki görüş vardır (Bastian ve diğ., 2010). Bunlar:

1) Kütle ayrışması başlangıçta mevcuttur. Bir başka ifade ile dinamik evrimle ilişkili değildir. Kütleli yıldızlar tercihen küme potansiyelinin merkezinde oluşmaya meyillidir. Başlangıç kütle ayrışması kütleli yıldızları oluşturabilmek için kümenin oluştuğu

molekül bulutunda düşük yoğunluklu bölgelerden ziyade büyük yoğunluklu bölgelere ihtiyaç duyar.

2) Kütle ayrışması kümenin dinamik evriminin bir sonucudur; büyük kütleli yıldızlar kümenin korunda yoğunlaşırlar, küçük kütleli yıldızlar ise kümenin halosuna transfer edilir. Genç kümelerdeki kütle ayrışması genelde başlangıç kütle ayrışmasının kanıtı olarak kabul edilir, çünkü kümenin yaşı kümenin gevşeme zamanından daha küçüktür ve bu nedenle dinamik kütle ayrışması için yeterli zaman geçmemiştir. Fakat son zamanlarda yapılan teorik çalışmalar dinamik kütle ayrışması için gereken zamanın düşünülenden daha kısa olduğunu ortaya koymuştur. Çoğu genç açık küme muhtemelen küçük alt kümelerin birleşmeleri nedeniyle genişlemektedir (Mackey ve diğ., 2003; Bastian ve diğ., 2008). Bu etkiler küme yıldızlarının geçmişte daha küçük ve yoğun bölgelerde bulunduklarını iddiasının gerekçeleri olmuştur. Bu bulgular kümelerin daha kısa gevşeme zamanına ve daha hızlı dinamik evrime sahip olduklarını göstermiştir (McMillan ve diğ., 2007; Allison ve diğ., 2009; Moeckel ve diğ., 2009).

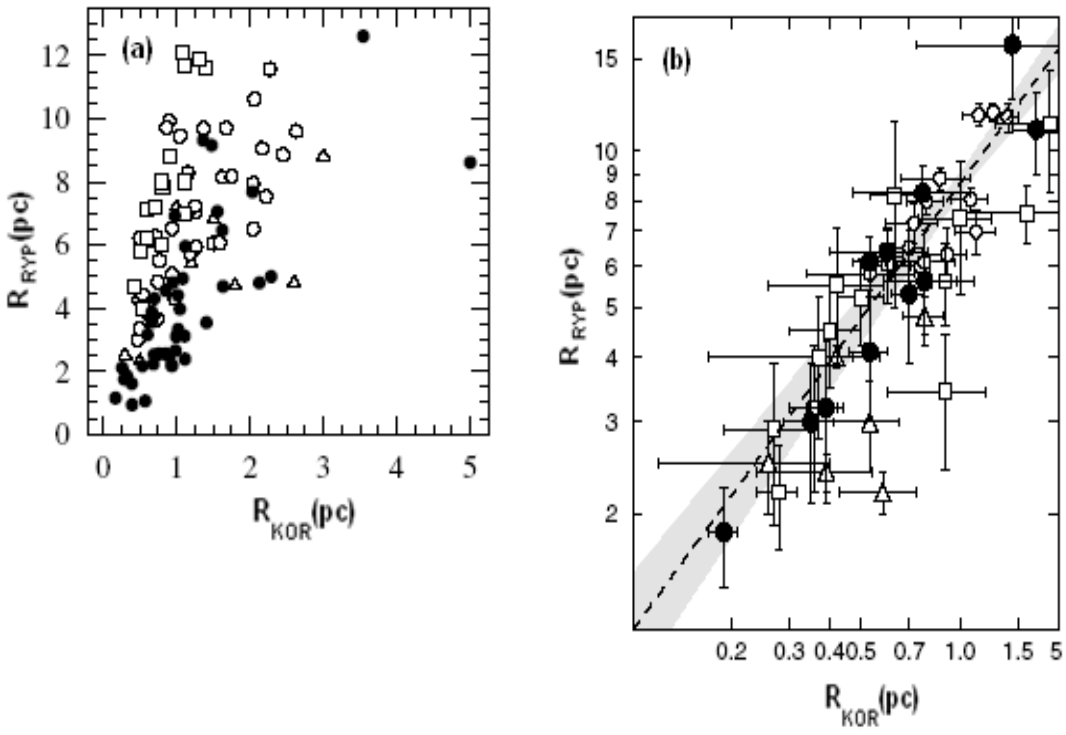


Şekil 2.6: NGC 2477 kümesinin kütle fonksiyonu. Şekil, Bonatto ve Bica'dan (2005) alınmıştır.

Şekil 2.6'da NGC 2477 kümesinin kütle fonksiyonu (KF) verilmiştir. Bonatto ve Bica (2005) NGC 2477 kümesinde yıldızlarda kilitli toplam kütlenin hesabını, gözlenen yıldızlarla beraber yıldızlarda hidrojenin yanması için gerekli kütle limiti olan ($0.08M_{\odot}$) değerine kadar tüm yıldızları hesaba katmak suretiyle yaptılar. Kümeye ait $0.76 \leq m(M_{\odot}) \leq 1.08$ kütle aralığının kütle fonksiyonu, $0.08 \leq m(M_{\odot}) \leq 0.75$ kütle aralığı için yapılan ekstrapolasyonda kullanılır. Şekil 2.6'da, 0 - 1.4 pc, 1.4 - 5.2 pc, 5.2 -11.6 pc, 0 - 11.6 pc bölgelerindeki kütle fonksiyonu eğimleri verilmiştir. $1.08 \leq m (M_{\odot}) \leq 1.95$ kütle aralığında tüm kümenin kütle fonksiyonu eğimi $\chi = +1.5 \pm 0.1$, Kroupa'nın (2001) $\chi = +1.35$ kütle fonksiyonuna benzer. Kordaki (0 - 1.4 pc) kütle fonksiyonu eğimi $\chi = 0.0 \pm 0.2$ (düz) iken, dış bölgelerde ($5.2 \leq r(pc) \leq 11.6$) $\chi = +3.3 \pm 0.24$ değeri ile daha dik bir eğim görülmektedir. NGC 2477 kümesinin korundan dış bölgelerine doğru bulunan kütle fonksiyonu değişimleri kümenin dinamik evrimini yansıtır. Buna göre, kümede başlangıçta kordaki küçük kütleli yıldızlar kümenin eteklerine doğru transfer edilmiştir. Daha kütleli olanlar ise korda yığılmışlardır. Şekil 2.6'dan görüleceği gibi kütle fonksiyonu kümenin korunda negatif, halosunda ise pozitiftir.

2.3.3. Açık Kümelerin R_{KOR} – R_{RYP} İlişkileri

Açık kümelerin kor ve tüm küme yarıçapları olan R_{KOR} ile R_{RYP} arasındaki ilişkiler farklı yazarlar tarafından araştırılmış olup Şekil 2.7.a, Şekil 2.7.b ve Tablo 2.1'de verilmiştir. Şekil 2.7.a farklı yazarlardan, Şekil 2.7.b ise Camargo ve diğ.'nden (2010) alınmıştır. Açık yıldız kümelerinin kor ve küme yarıçapları arasındaki ilişki hemen hemen doğrusal olup, bu ilişkiye ait bağıntı Camargo ve diğ. (2010) tarafından $R_{RYP} = (8.9\pm0.3)\ R_{KOR}^{(1.0\pm0.1)}$ şeklinde verilmektedir. Açık kümelerin bir kısmı panel (a) ve (b)'de verilen ilişkiye uymaz; bunlar ya gerçekten küçük kümelerdir ya da önemli derecede buharlaşma etkilerine uğramışlardır.

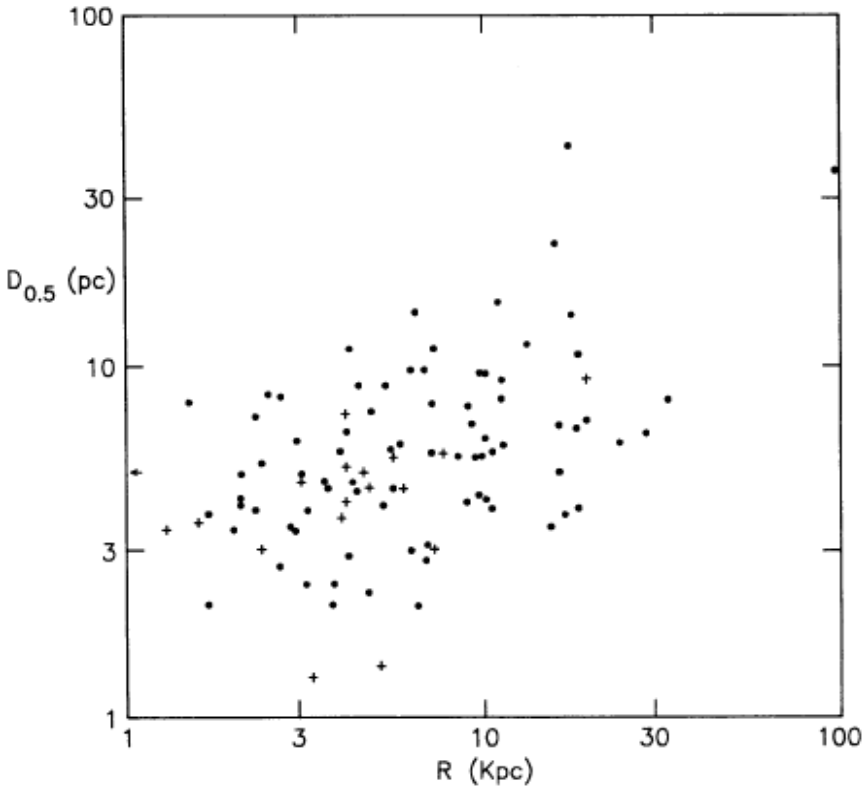


Şekil 2.7: Kümelerin R_{RYP} ve R_{KOR} (panel a ve b) ilişkileri.Panel (a)'daki içi boş kareler (Bonatto ve Bica, 2005; Bica ve Bonatto, 2005), içi boş çemberler Nilakshi ve diğ. (2002), içi boş üçgenler Sharma ve diğ. (2006), içi dolu altıgenler Maciejewski ve Niedzielski'ye (2007) ait çalışmadaki kümeleri göstermektedir. Şekil, Maciejewski ve Niedzielski'den (2007) alınmıştır. Panel (b)' deki küme örneği, Galaksimizin merkezi kısımlarına zıt doğrultudaki açık kümeleri içermektedir (Bonatto ve Bica, 2007b), (Camargo ve diğ., 2009, 2010). Gölgeli kısım ±1s belirsizliğini, kesikli çizgi ise uygulanan fiti göstermektedir. Şekil, Camargo ve diğ.'den (2010) alınmıştır.

Tablo 2.1: Farklı yazarlara ait R_{KOR} ile R_{RYP} arasındaki ilişkiler. Bağıntı $R_{RYP} = a+bR_{KOR}$şeklindedir. K.K., N sırasıyla korelasyon katsayısı ve küme sayısını göstermektedir. Camargo ve diğ. (2010)' e ait bağıntı $R_{RYP} = aR_{KOR}^{(b)}$şeklindedir.

Yazar	a	b	K.K.	N
Nilakshive diğ. (2002)	-	6	-	38
Bica ve Bonatto (2005)	1.05	7.73	0.95	16
Sharma ve diğ. (2006)	-	3.1	-	9
Maciejewski ve Niedzielski (2007)	-	3.1	0.74	42
Bukowiecki ve diğ. (2010)	0.58	6.98	0.93	140
Camargo ve diğ. (2010)	8.9	0.3	-	50

R_{KOR} ile R_{RYP} arasında farklı yazarlar tarafından elde edilen bağıntılar Tablo 2.1'de listelenmiştir. Nilakshi ve diğ. (2002) 38 açık küme örneğinden kümelerin kor ve tüm küme yarıçapları arasında $R_{RYP}\approx 6\ R_{KOR}$, Bica ve Bonatto (2005) 16 küme örneğinden $R_{RYP}\approx 7.73\ R_{KOR}$, Sharma ve diğ. (2006) dokuz küme örneğinden $R_{RYP}\approx 3.1\ R_{KOR}$, Maciejewski ve Niedzielski (2007) 42 küme örneğinden $R_{RYP}\approx 3.1\ R_{KOR}$, Bukowiecki ve diğ. (2011) 849 küme örneğinden $R_{RYP}\approx 6.12\ R_{KOR}$ şeklinde ilişkiler elde etmişlerdir. Tablo 2.1'de verilen ilişkilerden, tüm küme boyutları büyük olan kümelerin genellikle kor boyutlarının da büyük olduğu görülmektedir.

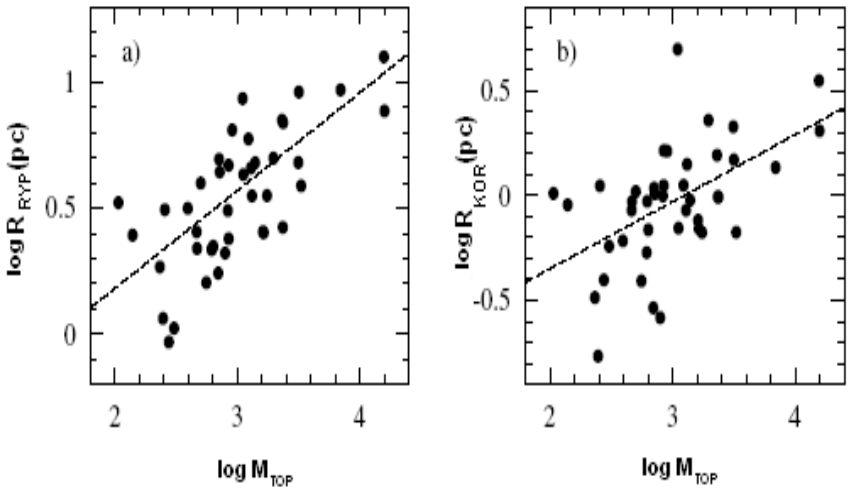


Şekil 2.8: Küresel kümelerin küme çaplarının ($D_{0.5}$: kümenin toplam ışığının yarısının geldiği çap) Galaksi merkezinden uzaklık ile ilişkisi. Şekil, van den Bergh ve diğ.'den (1991) alınmıştır.

98 küresel kümenin van den Bergh ve diğ. (1991) tarafından verilen küme çaplarının ($D_{0.5}$: kümenin toplam ışığının yarısının geldiği çap) Galaksi merkezinden uzaklık (R_{GC}) ile ilişkisi Şekil 2.8'de verilmiştir. Şekil 2.8'den, büyük R_{GC} değerlerine sahip kümelerin Galaksi merkezine yakın olan kümelerden daha büyük küme çaplarına sahip olduğu görülmektedir. Galaksi merkezine yakın büyük küme çaplarına sahip kümelerin azlığı veya olmayışı gelgit etkileri nedeniyle kümelerin dağılmasından veya gaz ve toz nedeniyle gözlenememelerinden kaynaklanabilir.

2.3.4. Açık Kümelerin Boyutlarının (R_{KOR}, R_{RYP}) Kütle ile İlişkileri

38 açık kümenin Maciejewski ve Niedzielski (2007) tarafından belirlenen kor ve tüm küme yarıçaplarının(R_{KOR}, R_{RYP}) kütle (logm_{TOP}) ile ilişkisi Şekil 2.9.a ve Şekil 2.9.b'de verilmiştir.



Şekil 2.9: 38 kümeye ait küme boyutlarının (R_{RYP}, R_{KOR}) kütle (logm_{TOP}) ile ilişkisi (panel a-b). Şekil, Maciejewski ve Niedzielski (2007)'den alınmıştır.

Şekil 2.9.a ve Şekil 2.9.b'de 38 açık küme için bağıntılar, sırasıyla 0.70 korelasyon katsayısı ile logR_{RYP} = 0.39 log$m$ (panel a) ve 0.53 korelasyon katsayısı ile logR_{KOR} = 0.32 log$m$ (panel b) şeklinde olup, küme ve kor yarıçapları kümelerin kütlesi ile artma eğilimindedir. Bununla birlikte, ilişkilerde korelasyon kuvvetli değildir. Şekil 2.9.a ve Şekil 2.9.b'de, büyük yarıçap değerlerinde küçük kütleli kümelerin olmayışının nedeni, bunların küme iç dinamiği ile bozulmasından kaynaklanmaktadır (Bonatto ve Bica 2005).

2.3.5. Kütle Fonksiyonu Eğiminin Gevşeme Zamanı ve Evrimsel Parametre İle İlişkileri

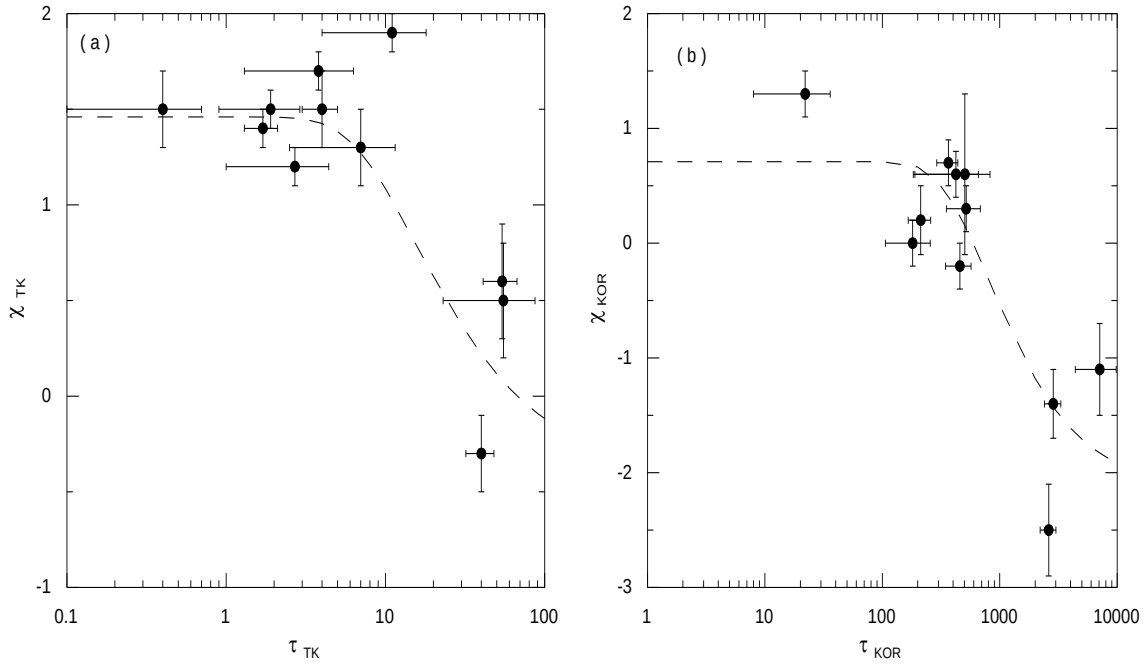
Evrimsel parametre dinamik evrimin bir göstergesidir (Bonatto ve Bica 2005). Gevşeme zaman ölçeği (t_g) (Bölüm 3.3.2'de tanımlanmıştır) ve evrimsel parametre (τ) (Bölüm 3.3.3'de tanımlanmıştır), bir kümenin korunun ve tüm kümenin dinamik yaşının bir ölçüsüdür. Kütle ayrışması ve küçük kütleli yıldızların buharlaşması gibi dinamik proseslerin kümelerin KF eğimlerindeki etkileri artan τ ile daha belirgin olmaktadır.

Yaşları 70-7000 Myıl, kütleleri 400-5300 $M_{\odot}$aralığında 11 açık kümenin kor ve tüm küme bölgeleri için Bonatto ve Bica (2005) tarafından elde edilen KF eğimi (χ), gevşeme zamanı t_g (Myıl) ve evrimsel parametre (τ) Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2'de M26 kümesi dışında, diğer kümelerde korun kütle fonksiyonunun eğimi tüm kümenin eğiminden çok daha düzdür. Bu şuna işaret etmektedir: Kütle ayrışması ve küçük kütleli yıldızların buharlaşması ne M26 kümesinin iç yapısında ne de kütle fonksiyonunda gözlenebilir değişimleri üretecek zamana sahip değildir.

Tablo 2.2: Bonatto ve Bica'ya (2005) ait 11 açık kümenin kor ve tüm küme bölgeleri için, χ, tg (Myıl), τ_{KOR}, τ_{TK} bilgileri.

Küme	Kor			Tüm küme		
	χ	t_g (Myıl)	τ_{KOR}	χ	t_g (Myıl)	τ_{TK}
M 26	1.3±0.2	3.2±2.0	22±14	1.5±0.2	178±116	0.4±0.3
NGC 2516	0.7±0.2	0.4±0.1	365±74	1.4±0.1	94±24	1.7±0.4
NGC 2287	0.2±0.3	0.8±0.2	212±46	1.5±0.2	40±10	4.0±1.0
M 48	0.3±0.2	0.7±0.2	517±166	1.3±0.2	48±28	7.0±4.5
M 93	-0.2±0.2	0.9±0.2	457±112	1.2±0.1	147±93	2.7±1.7
NGC 5822	0.6±0.2	2.4±1.3	423±234	1.7±0.1	262±170	3.8±2.5
NGC 2477	0.0±0.2	6.2±2.5	181±75	1.5±0.1	597±344	1.9±1.0
NGC 3680	-1.1±0.4	0.2±0.1	7100±270	0.5±0.3	29±17	55±32
IC 4651	-1.4±0.3	0.6±0.1	2854±455	0.6±0.3	33±7	54±13
M 67	-2.5±0.4	1.2±0.2	2611±402	-0.3±0.2	80±15	40±8
NGC 188	0.6±0.7	14.0±9.0	504±321	1.9±0.7	631±400	11±7

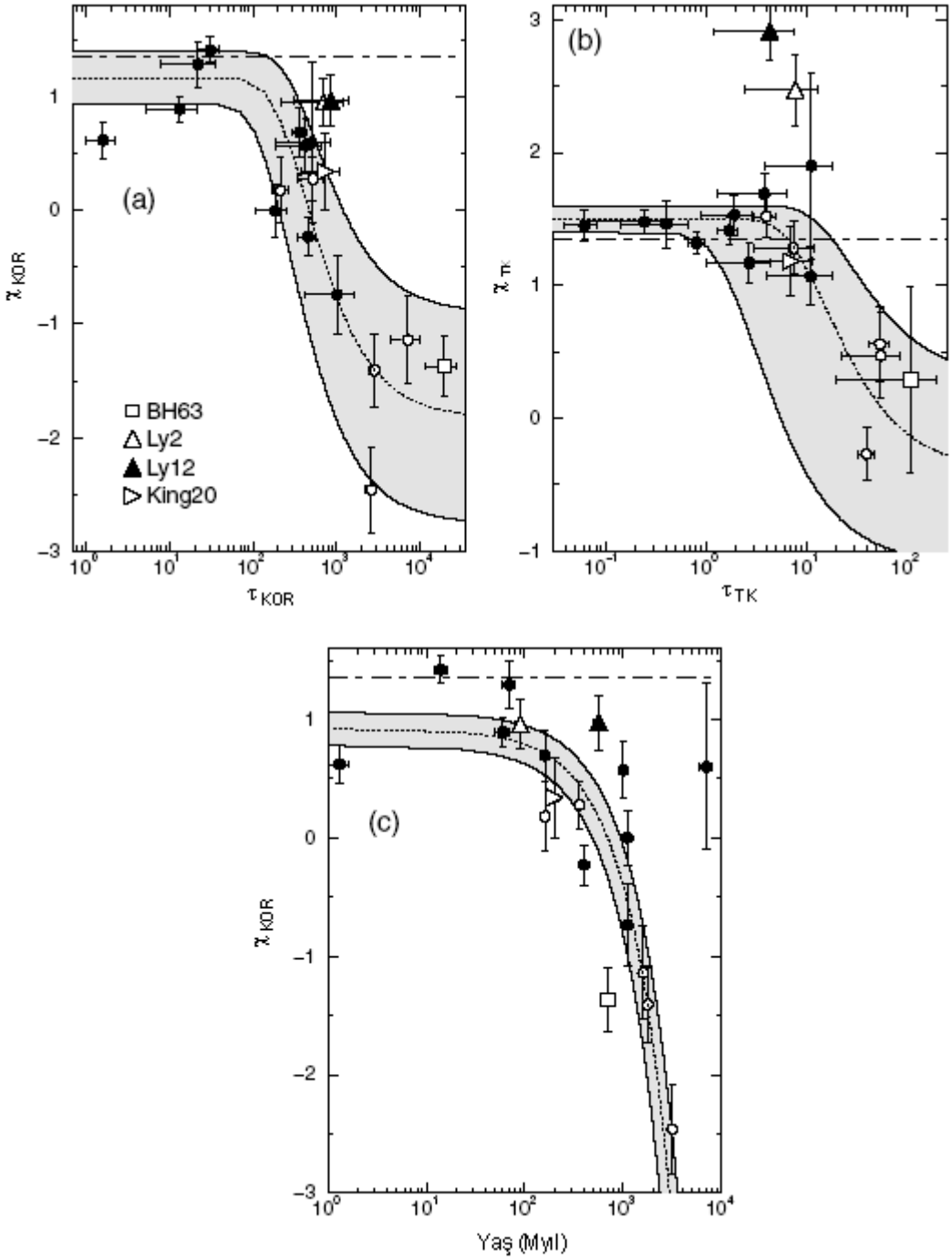


Şekil 2.10: 11 kümenin tüm küme ve kor bölgeleri için, kütle fonksiyonu eğimi – evrimsel parametre ilişkisi. Şekil, Bonatto ve Bica'ya (2005) ait Tablo 2.2'deki kümeler için oluşturulmuş olup, kesikli çizgi kümelere uygulanan $\chi(\tau) = \chi_0 - \chi_1 e^{-(\frac{\tau_0}{\tau})}$ fitini göstermektedir.

Şekil 2.10.a ve Şekil 2.10.b'de 11 küme için tüm küme ve kor bölgelerine ait χ ile τ arasındaki ilişkiye uygulanan $\chi(\tau) = \chi_0 - \chi_1 e^{-(\frac{\tau_0}{\tau})}$fitine göre, KF eğimindeki negatifleşme $\tau_{KOR} \geq 100$ ve $\tau_{TK} \geq 7$'de meydana gelmektedir. Buna göre kümelerin kor bölgeleri halo bölgelerinden daha çok evrimleşmiştir.

Tüm küme kütle fonksiyonlarının negatif eğimleri, kütle ayrışması ve Galaktik gelgit alanından kaynaklanan pertürbasyon gibi dış etkiler sonucu küçük kütleli yıldızların buharlaşması ile açıklanabilir (Bonatto ve Bica, 2005).

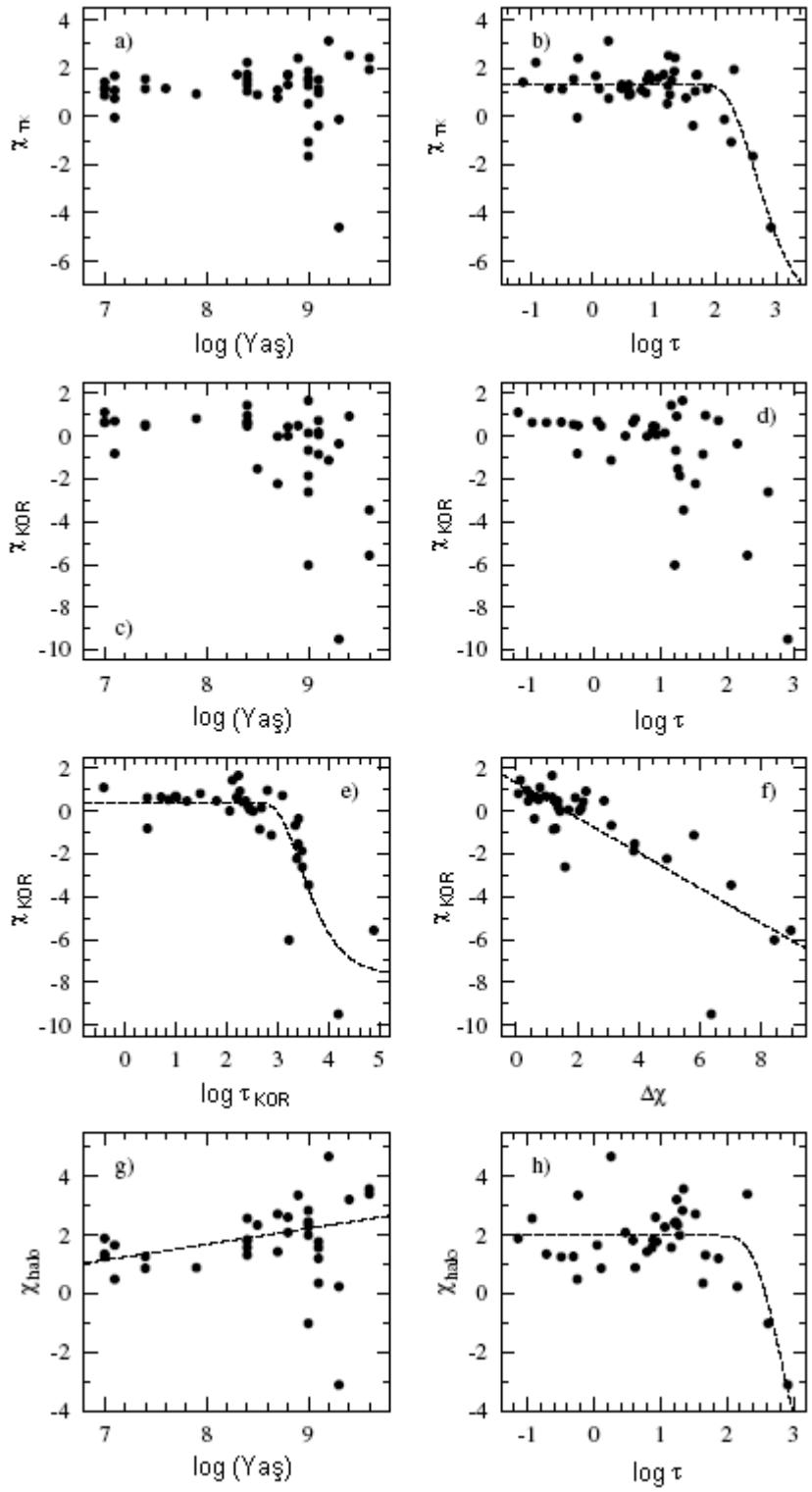
NGC 2516, NGC 2287, M 48, M 93, NGC 5822, NGC 2477 kümelerinin korlarına ait χ_{KOR} kütle fonksiyonlarının eğimlerinin düz oluşu ve evrimsel parametrenin $\tau_{KOR} \geq 200$ olması, bunların dinamik olarak yaşlı kümeler olduklarının işaretidir. Diğer taraftan, NGC 3680, IC 4651, M67 kümelerinin tüm küme kütle fonksiyonu eğimleri düz ve evrimsel parametreleri $\tau_{TK} \geq 40$'dır. Bu kümelerin kor kütle fonksiyonu eğimlerinin negatif dik ve evrimsel parametrelerinin $\tau_{KOR} \geq 2600$ oluşu, bunların korlarındaki küçük kütleli yıldızları haloya transfer ettiklerini ve korda büyük kütleli yıldızların yığıldığını göstermektedir.



Şekil 2.11: Açık kümelerin kütle fonksiyonu eğimi (χ), evrimsel parametre (τ) ve Yaş arasındaki ilişkiler. Gölgeli kısım ±1s belirsizliğini göstermektedir. Şekil, Bica ve diğ.'nden (2006) alınmıştır.

Şekil 2.11.a-c'de Bica ve diğ. (2006) tarafından verilen birkaç açık küme için kütle fonksiyonu eğimi (χ), evrimsel parametre (τ) ve Yaş (Myıl) arasındaki ilişkileri gösterilmiştir. Şekil 2.11.a ve Şekil 2.11.b'de verilen KF eğimi ile dinamik evrim parametresi arasındaki ilişkiler kümelerin dinamik evrimini yansıtır.

Kor ve tüm kümenin τ evrimsel parametreleri arasındaki fark, her iki bölgedeki farklı ortalama fizik şartlar ile ilişkilidir. Bu fizik şartlar yoğunluk ve çekimsel potansiyel olup, t_g gevşeme zamanı üzerinde etkilidirler. Şekil 2.11.a ve Şekil 2.11.b'de kor ve tüm kümeye ait KF eğimleri, $\chi(\tau) = \chi_0 - \chi_1 e^{-(\frac{\tau_0}{\tau})}$ bağıntısına göre evrimsel parametre ile azalma gösterir. Burada, χ_o kümenin oluşumuna ait KF eğimini, χ_1 ise küme evrimsel parametresi için yassılaşma miktarını veya KF eğimini verir. Panel (c), kor KF eğiminin küme yaşı ile sistematik olarak negatifleştiğini göstermektedir. Korun KF eğiminin yaşa bağımlılığı $\chi(t) = \chi_0 - t/t_f$ bağıntısı ile parametrelendirilmiştir. Burada, χ_o kümenin başlangıç aşamasındaki kora ait KF eğimidir. t_f ise kütle ayrışması ile ilişkili yassılaşma zaman ölçeğidir. Şekil 2.11.a-c'de, BH63 kümesi özellikle korda, ileri düzeyde dinamik evrimin işaretlerini göstermektedir. BH 63 kümesinin kora ait KF eğiminin düz oluşu, kor ve tüm kümeye ait evrimsel zamanın büyük olması, kümenin dinamik olarak ileri evrim düzeyinde olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni olarak, bu kümenin, civarında bulunan FeSt1-108 bulutsusu ile etkileşmesi gösterilmektedir (Bica ve diğ. 2006). Şekil 2.11.a'da, Lynga 2 ve Lynga 12 kümeleri 1s belirsizliğinin dışında yer almakta olup, genel eğilime uymamaktadırlar. Bu kümelerin korları evrimsel olarak ileri safhada olmalarına rağmen hâlâ çok sayıda küçük kütleli yıldız içermektedirler.



Şekil 2.12: Kümelerin kor, halo ve tüm küme bölgesi için, kütle fonksiyonu eğimleri (χ), log (Yaş), evrimsel parametre (log τ) arasındaki ilişkiler. Şekil, Maciejewski ve Niedzielski'den (2007) alınmıştır.

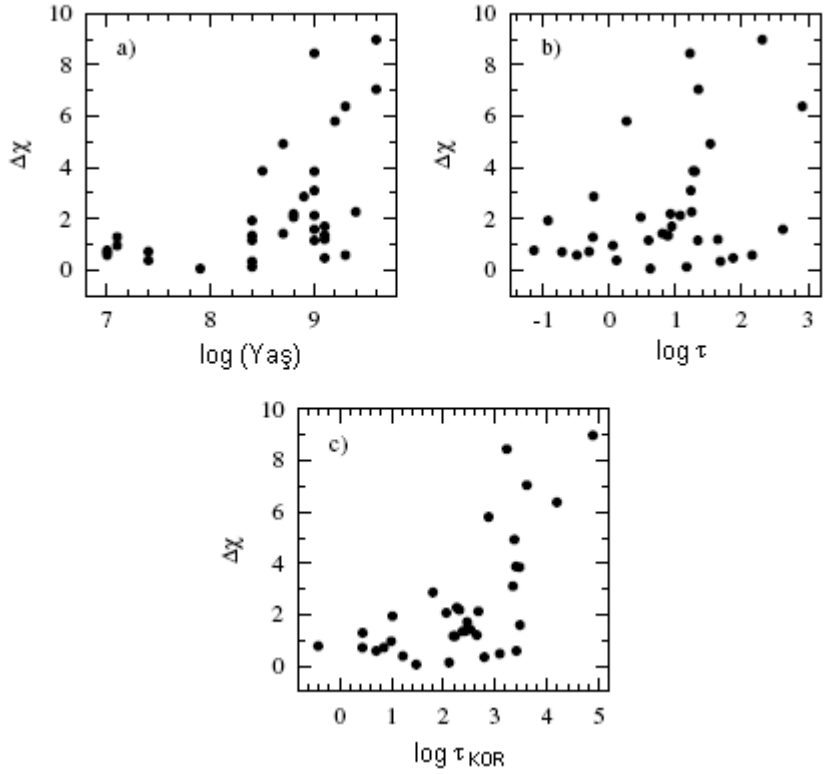
Maciejewski ve Niedzielski'ye (2007) ait 42 açık yıldız küme örneği için tüm küme, kor ve halo bölgelerinin χ - log(Yaş) ve χ - log(τ) arasındaki ilişkiler Şekil 2.12.a-h'da verilmiştir. Şekil 2.12.a'da, tüm küme bölgesine ait kütle fonksiyonu eğimi χ ve küme

yaşı arasında ilişki yoktur. Şekil 2.12.b'de, χ_{TK} - τ bağıntısında noktalı eğri, $\chi(\tau) = \chi_0 - \chi_1 e^{-(\frac{\tau_0}{\tau})}$ fitini göstermekte ve KF eğimleri τ ile üstel şekilde azalma göstermektedir. $\tau > 100$ değerlerine sahip kümelerin eğimlerinin negatif ($\chi_{TK} < 0$) olması, küçük kütleli yıldızların kümeden atılmış olduğunu gösterir. Şekil 2.12.c'de, χ_{KOR} - log(Yaş) ilişkisinde, log(Yaş) = 8.5 (0.30 Gyıl)'dan daha yaşlı kümelerde χ_{KOR} yaş ile azalma göstermekte ve kümelerin korlarından küçük kütleli yıldızların buharlaşmasının Yaş < 0.30 Gyıl olan genç kümelerde belirgin olmadığı anlaşılmaktadır. Yaş > 0.30 Gyıl olan yaşlı kümelerin korları dinamik olarak evrimleştiğinden, küçük kütleli yıldızlardan yoksundurlar. Şekil 2.12.d'deki χ_{KOR} ile log (τ) arasındaki ilişkide log (τ) > 1 ($\tau > 10$) değerlerinde χ_{KOR} eğiminin log (τ) ile azalma göstermesi, dinamik olarak evrimleşen kümelerde küçük kütleli yıldızların korlardan atıldığının bir göstergesidir.

Şekil 2.12.e'de χ_{KOR} ile τ_{KOR} arasında log (τ) > 3 ($\tau_{KOR} > 1000$) değerlerinde $\chi_{KOR} < 0$ eğimlerine sahip kümelerin olması, küçük kütleli yıldızların kordan atıldığını veya büyük kütleli yıldızların bu kümelerin korlarında yığıldığının işaretidir.

Şekil 2.12.f'de χ_{KOR} ile $\Delta\chi$ arasında $\chi_{KOR} = -0.83\Delta\chi + 1.33$ şeklindeki ilişki, χ_{KOR}'un kütle ayrışması ile negatifleştiğini göstermektedir.

Şekil 2.12.g–h'da, log (Yaş) < 8.9 yaş değerlerine sahip kümelerin halo bölgelerine ait χ eğimleri yaş ile artma veya azalma eğilimindedir. Daha yaşlı kümelerde, log (Yaş) ~ 9'da (Yaş ~1 Gyıl) bir çatallaşma görülmektedir. Bu değerde χ eğimleri ortalamaya göre ya büyük ya da düşük değerde olabilmektedir. Bu da kümelerin dinamik evrimlerinin farklı aşamalarında olduğunun göstergesidir. Pozitif χ değerlerine sahip kümelerde, halolardan küçük kütleli yıldızlar atılmamıştır. Negatif χ değerlerine sahip kümelerin dinamik olarak daha fazla evrimleşmeleri neticesinde küçük kütleli yıldızlar halolardan atılmıştır. log $\tau > 2$ değerlerinde χ eğimleri artan τ ile azalma gösterir.



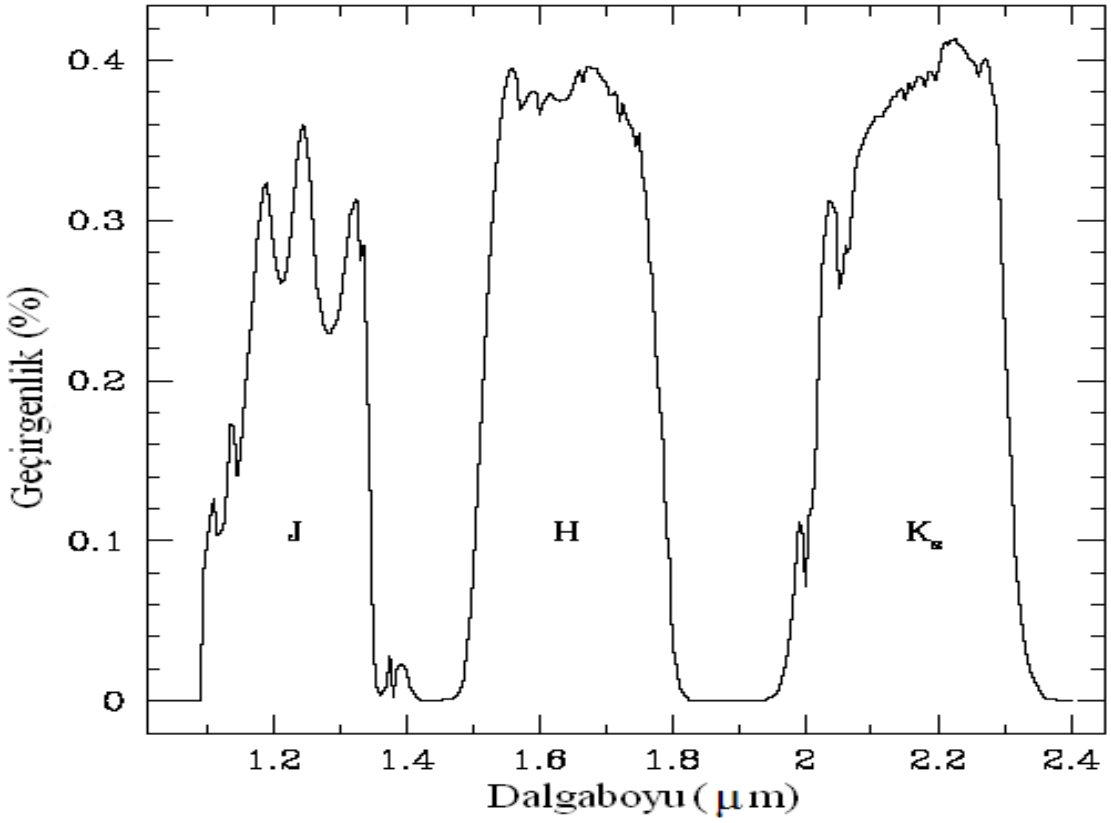
Şekil 2.13: Kümelerin kütle ayrışması parametresinin ($\Delta\chi$), log (Yaş)ve evrimsel zaman (log τ) ile ilişkileri. Şekil, Maciejewski ve Niedzielski (2007)'den alınmıştır.

Şekil 2.13.a'dan görüldüğü gibi, kütle ayrışma göstergesi $\Delta\chi = \chi_{HALO} - \chi_{KOR}$, log (Yaş) > 8'den yaşlı kümelerde daha belirgindir. Genç kümelerin çoğunda $\Delta\chi \neq 0$ dır. Bu durum başlangıçtaki kütle ayrışmasının küme oluşurken meydana geldiğinin göstergesidir. Şekil 2.13.b'de, log (τ) > 0'dan dinamik olarak yaşlı kümelerde kuvvetli kütle ayrışmasının meydana geldiği görülmektedir. Şekil 2.13.c'de, log(τ_{KOR}) > 3 değerlerinde dinamik olarak evrimleşmiş korlara sahip kümeler kuvvetli kütle ayrışması göstermektedirler.

3.MALZEME VE YÖNTEM

3.1.MALZEME

2MASS JHK_s fotometrisi, J (1.25 μm), H (1.65 μm), K_s (2.16 μm) ortalama dalgaboylarında yakın kızılötesi filtrelerinde gökyüzünün %99.998'lik kısmını kapsayan bir fotometrik taramadır (Skrutskie ve diğ., 2006). 2MASS verisi 2003 yılının Mart ayında genel amaçlı kullanıma açılmıştır. K_s filtresi, M. Skrutskie tarafından geliştirilmiş olup, yer tabanlı gözlemlerde Arz'dan kaynaklanan termal zemin ışınımını azaltmak üzere tasarlanmıştır (Skrutskie ve diğ., 2006). Şekil 3.1'de 2MASS JHK_s fotometrisine ait filtrelerin dalgaboyu-geçirgenlik grafiği verilmiştir.



Şekil 3.1: 2MASS J, H, K_s filtrelerinin dalgaboyu-geçirgenlik grafiği. Şekil Skrutskie ve diğ.'nden (2006) alınmıştır.

3.1.1.Açık Yıldız Küme Verileri

Bu doktora tezinde, Yaş ≥ 100 Myıl olan WEBDA açık yıldız kümesi veri tabanından (http://www.univie.ac.at/webda) seçilmiş (Koposov 12 ve Koposov 53 açık kümeleri Dias ve diğ., (2010) kataloğundan alınmıştır) 40 Galaktik açık yıldız kümesi incelenmiştir.

Tablo 3.1: WEBDA açık yıldız kümesi veri tabanından alınmış ve Yaş ≥ 100 Myıl olan açık yıldız kümelerinin, Ekvatoral ve Galaktik koordinatları. Koposov 12 ve Koposov 53 kümeleri Dias ve diğ. (2010) kataloğundan alınmıştır.

Küme	α(2000) (h m s)	δ(2000) (° ′ ″)	*l* (°)	*b* (°)
NGC 436	01 15 58	58 48 42	126.11	-3.91
King 5	03 14 45	52 41 12	143.78	-4.29
NGC 1513	04 09 57	49 30 54	152.59	-1.57
Be 15	05 02 06	44 30 43	162.26	1.62
NGC 1798	05 11 39	47 41 30	160.70	4.85
Be 17	05 20 36	30 36 00	175.65	-3.65
NGC 1907	05 28 05	35 19 30	172.62	0.31
NGC 2112	05 53 45	00 24 36	205.87	-12.62
Koposov12	06 00 56	35 16 36	176.16	6.00
NGC 2158	06 07 25	24 05 48	186.63	1.78
Koposov53	06 08 56	26 15 49	184.90	3.13
NGC 2194	06 13 45	12 48 24	197.25	-2.35
NGC 2192	06 15 17	39 51 18	173.42	10.65
NGC 2243	06 29 34	-31 17 00	239.48	-18.01
Collinder 110	06 38 24	02 01 00	209.65	-1.98
NGC 2262	06 39 38	01 08 36	210.57	-2.10
NGC 2286	06 47 40	-03 08 54	215.31	-2.27
Trumpler 5	06 36 42	09 26 00	202.86	1.05
NGC 2309	06 56 03	-07 10 30	219.84	-2.24
To 2	07 03 05	-20 49 00	232.83	-6.88
Be 36	07 16 06	-13 06 00	227.38	-0.59
Haffner 8	07 23 24	-12 20 00	227.53	1.34
Mel 71	07 37 30	-12 04 00	228.95	4.50
NGC 2425	07 38 22	-14 52 54	231.52	3.31
NGC 2506	08 00 01	-10 46 12	230.56	9.93
Pismis3	08 31 22	-38 39 00	257.86	0.50
NGC 2660	08 42 38	-47 12 00	265.93	-3.01
NGC 3680	11 25 38	-43 14 36	286.76	16.92
Ru 96	11 50 38	-62 08 23	295.89	-0.10
Ru 105	12 34 15	-61 34 11	300.88	1.24
Trumpler 20	12 39 34	-60 37 00	301.48	2.22
Pismis 19	14 30 40	-60 53 00	314.71	-0.30
NGC 6134	16 27 46	-49 09 06	334.92	-0.20

Tablo 3.1 devam

IC 4651	17 24 49	-49 56 00	340.09	-7.91
NGC 6802	19 30 35	20 15 42	55.33	0.92
NGC 6819	19 41 18	40 11 12	73.98	8.48
Be 89	20 24 36	46 03 00	83.16	4.82
NGC 6939	20 31 30	60 39 42	95.90	12.30
NGC 7142	21 45 09	65 46 30	105.35	9.48
NGC 7789	23 57 24	56 42 30	115.53	-5.39

40 açık yıldız kümesinin 2MASS JHK_S fotometrisi (Skrutskie ve diğ., 2006), 2MASS (Two Micron All Sky Survey, Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu) (Cutri ve diğ., 2003) VizieR (http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=II/246) web sitesinden indirilmiştir.

Tablo 3.2: Simbad-VizieR web sayfasından alınan Be 36 küme alanındaki yıldızların örnek 2MASS JHK_S fotometrisi. Parlaklık ve renk indeksleri hataları ile birlikte, sütun (2) - (13)'de verilmiştir. Sütun (1)' deki R (′), küme yıldızlarının merkezden itibaren yay dakikası biriminden uzaklığı, (α, δ) ise küme alanındaki yıldızların ekvatoral koordinatlarıdır.

R (′) (1)	J (2)	σ_J (3)	H (4)	σ_H (5)	K (6)	σ_K (7)	(J-H) (8)	$\sigma_{(J-H)}$ (9)	(J-Ks) (10)	$\sigma_{(J-Ks)}$ (11)	(H-Ks) (12)	$\sigma_{(H-Ks)}$ (13)	α (º) (14)	δ (º) (15)
0.1936	15.587	0.054	15.087	0.066	14.726	0.113	0.5	0.08528	0.861	0.12524	0.361	0.13086	109.02262	-13.09776
0.4912	15.093	0.058	14.864	0.072	14.61	0.111	0.229	0.09246	0.483	0.12524	0.254	0.13231	109.03259	-13.10352
0.5145	14.733	0.047	14.344	0.05	14.064	0.069	0.389	0.06862	0.669	0.08349	0.28	0.08521	109.01814	-13.10537
0.5234	15.092	0.044	14.37	0.054	14.23	0.076	0.722	0.06966	0.862	0.08782	0.14	0.09323	109.03215	-13.10525
0.564	14.311	0.033	14.05	0.046	13.937	0.07	0.261	0.05661	0.374	0.07739	0.113	0.08376	109.03289	-13.09459

Tablo 3.2'de 2MASS Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu'nda verilen R (′) değerleri, yıldızların merkezî koordinatlara yaydakikası cinsinden uzaklıklarıdır ve aşağıda verilen 3.1 bağıntısı ile küme yıldızlarının (α, δ) ekvatoral koordinatlarından itibaren hesaplanır:

$$\cos(R') = \sin(\delta_1)\sin(\delta_2) + \cos(\delta_1)\cos(\delta_2)\cos(\alpha_1-\alpha_2) \qquad (3.1)$$

(3.1) bağıntısında (α_2, δ_2) ve (α_1, δ_1) sırasıyla, kümenin merkezi ekvatoral koordinatları ile yıldızların ekvatoral koordinatlarını göstermektedir.

Kontrol alanının tam olarak analiz edilebilmesi için Tablo 3.1'de verilen kümelerin merkezî koordinatlarından itibaren 100 yaydakikası yarıçaplı bölgeye ait 2MASS JHK_s verisi indirilmiştir. Kümelere ait 2MASS JHK_s verileri, küme merkezinin doğru koordinatlarının belirlenmesi, alan yıldızlarının temizlenmesi, astrofiziksel ve yapısal parametrelerin elde edilmesinde ve kütle fonksiyonu eğiminin tayininde kullanılmıştır.

3.1.2. Kümelerin Analizlerinde Kullanılan Yazılım Programları

Bu doktora tezi çalışmasındaki açık yıldız kümelerinin alan yıldızlarından temizlenmesinde, astrofizik ve yapısal parametrelerin ve kütlelerin belirlenmesinde, *Clean_CMD, doAllStuff, MassLum_Func* ve *Integr_MF* programları kullanılmıştır.

Bu programlar Brezilya- IF-UFRGS (Institudo de Fisica - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul) Astronomi Bölümü'nde yürütülmekte olan açık yıldız kümeleri çalışması için Prof. Dr. Charles José BONATTO tarafından yazılmıştır.

Kümelerin alan yıldızlarından arındırılmasında *Clean_CMD* programı kullanılmıştır. Programa küme yarıçapı ve kontrol alanı değerleri girilerek küme üyesi yıldızlar elde edilmektedir. Kümelerin temel ve yapısal parametreleri *doAllStuff* programıyla belirlenmiştir. *MassLum_Func* programı kümelerin kütlelerini Güneş kütlesi biriminden vermektedir. Gözlenen minimum kütle ile $0.08M_{\odot}$ kütle aralığındaki yıldızların ekstrapolasyonu *Integr_MF* programı ile yapılmıştır.

3.1.3. Teorik Yaş Verileri

Kümelerin renk artığı, yaş ve uzaklık bilgilerinin elde edilmesinde, Girardi ve diğ. (2002) ve Marigo ve diğ.'ne (2008) ait 2MASS JHK_s fotometri sisteminde verilen teorik eşyaş verileri kullanılmıştır.

Akkaya-Oralhan'ın (2012) doktora tezinde de belirtildiği gibi, Girardi ve diğ.'nin (2002) çalışmasındaki Padova yaş verilerinin en yeni versiyonu Marigo ve diğ. (2008) tarafından yayınlanmış olup, termal olarak pulsasyonda (zonklamada) bulunan asimtotik dev yıldızlarının fiziğini (TP+AGB) içermektedir. Burada TP ve AGB, sırasıyla termal pulsasyon ve asimtotik dev yıldızlar anlamına gelmektedir. Girardi ve diğ. (2002) ve Marigo ve diğ.'nin (2008) teorik eşyaş verileri, $Z_{\odot}$= 0.019 ağır element bolluğu için Tablo 3.3'de özet olarak verilmiştir.

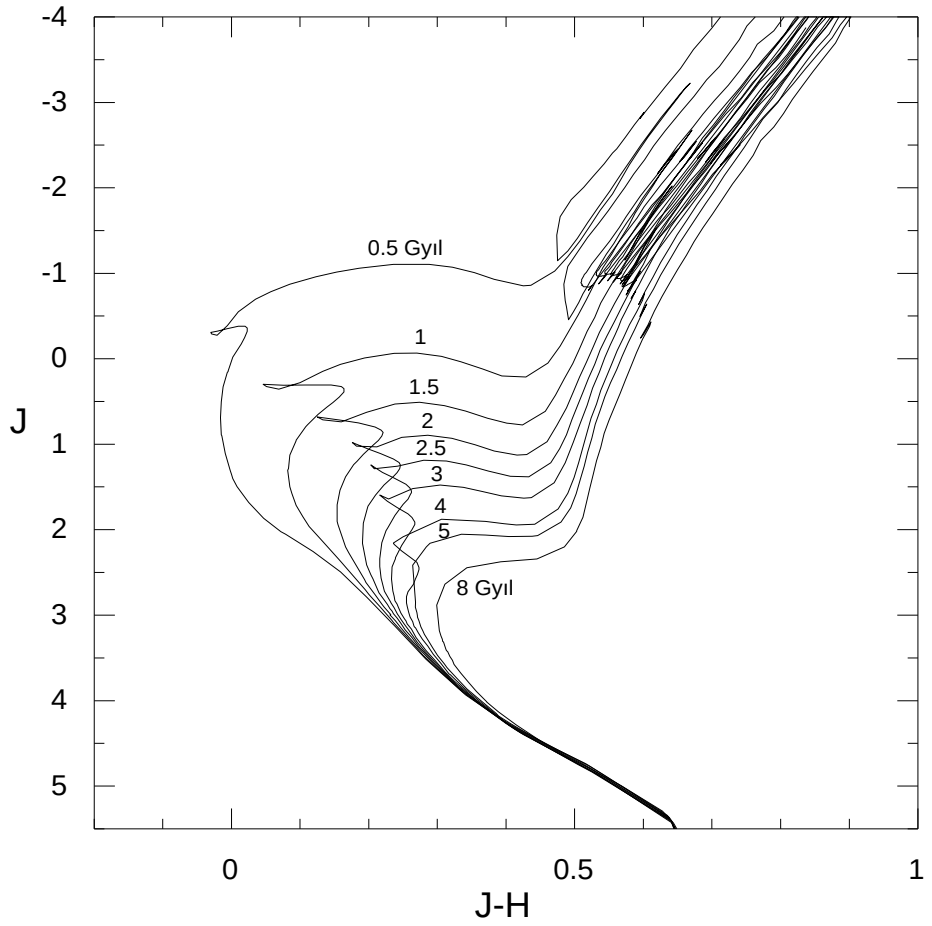
$Z_{\odot}$= 0.019 ağır element bolluğu ve log (Yaş) = 9.40 yaş değeri için JHK_s fotometrisindeki mutlak parlaklıklara göre verilen Marigo ve diğ.'e (2008) ait bir yaş verisi örnek olarak Tablo 3.3'te sunulmuştur. Girardi ve diğ. (2002) ve Marigo ve diğ. (2008) (Bundan böyle "Padova eşyaş eğrileri" terimiyle anılacaktır) tarafından güncellenmiş teorik yaş verilerine http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd web sayfasından ulaşılabilir.

Şekil 3.2'deki (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında, $Z_{\odot}$= 0.019 ağır element bolluğu ve için 0.5-8 Gyıl aralığı için Padova eşyaş eğrileri gösterilmiştir.

(J-H) - J renk-parlaklık diyagramında $1/3 < Z/Z_{\odot} < 1$ arasındaki ağır element bolluğu değerleri yaş tayininde benzer çözümler üretir (Bonatto ve Bica, 2009; Bonatto ve Bica, 2010). JHK_s filtreleri metal bolluğuna çok fazla duyarlı olmadığından, kümelerin temel astrofizik parametreleri bu tez çalışmasında Z = 0.019 ([Fe/H] = 0 dex), Z = 0.0105 ([Fe/H] = -0.25 dex) ve Z = 0.006 ([Fe/H] = -0.50 dex) ağır element bollukları için üretilmiş teorik Padova eşyaş eğrileri kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 3.3: $Z_{\odot}$= 0.019 ağır element bolluğu ve log (Yaş/yıl) = 9.40 (Yaş =2.5 Gyıl) için Girardi ve diğ.'ne (2002) ve Marigo ve diğ.'ne (2008) ait teorik Padova eşyaş eğrisi. *m*, L, T_e, g, m_{bol} sırasıyla, kütle, ışımagücü, etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve bolometrik mutlak parlaklık anlamındadır. Yaş verisine uyan JHK_s fotometrik verileri sütun (8)-(10)'da verilmiştir.

log(Yaş) (1)	M_baş (2)	M (3)	$\log L/L_{\odot}$ (4)	logTe (5)	logg (6)	mbol (7)	J (8)	H (9)	Ks (10)
9.40	0.1500000060	0.15000	-2.5093	3.5185	5.1436	11.043	9.164	8.637	8.401
9.40	0.2000000030	0.20000	-2.2321	3.5401	5.0776	10.35	8.524	7.983	7.754
9.40	0.2500000000	0.25000	-2.0408	3.5515	5.0288	9.872	8.074	7.522	7.298
9.40	0.3000000119	0.30000	-1.8886	3.5607	4.9925	9.491	7.706	7.148	6.942
9.40	0.3499999940	0.35000	-1.7583	3.5693	4.9637	9.166	7.389	6.827	6.64
9.40	0.4000000060	0.40000	-1.619	3.577	4.9133	8.818	7.05	6.48	6.309
9.40	0.4499999881	0.45000	-1.5026	3.5862	4.8848	8.526	6.794	6.197	6.042
9.40	0.5000000000	0.50000	-1.381	3.5965	4.8501	8.223	6.534	5.901	5.764
9.40	0.6000000238	0.60000	-1.1239	3.6203	4.7671	7.58	5.974	5.303	5.189
9.40	0.6969227195	0.69690	-0.8646	3.6475	4.6819	6.932	5.403	4.763	4.669
9.40	0.7201484442	0.72010	-0.7983	3.6564	4.6652	6.766	5.262	4.646	4.557
9.40	0.8000000119	0.79990	-0.5818	3.6853	4.61	6.224	4.807	4.282	4.209
9.40	0.8449378610	0.84480	-0.4617	3.703	4.5845	5.924	4.565	4.097	4.032
9.40	0.8999999762	0.89980	-0.319	3.7251	4.5577	5.567	4.29	3.885	3.83
9.40	0.9371590614	0.93700	-0.2252	3.7373	4.5302	5.333	4.106	3.732	3.682
9.40	0.9826043844	0.98240	-0.1138	3.7514	4.4956	5.055	3.886	3.547	3.503
9.40	1.0000000000	0.99970	-0.0722	3.7564	4.4817	4.951	3.804	3.477	3.435
9.40	1.0776895285	1.07730	0.1142	3.7755	4.4043	4.485	3.424	3.142	3.107
9.40	1.1000000238	1.09950	0.1653	3.7803	4.3811	4.357	3.319	3.048	3.014
9.40	1.1130660772	1.11260	0.197	3.7832	4.366	4.277	3.254	2.989	2.955
9.40	1.1292092800	1.12860	0.2357	3.7865	4.3469	4.181	3.173	2.915	2.883
9.40	1.1549885273	1.15430	0.295	3.7913	4.3166	4.032	3.048	2.801	2.77
9.40	1.1619963646	1.16130	0.3105	3.7925	4.3086	3.994	3.015	2.771	2.74
9.40	1.1678955555	1.16720	0.3226	3.7935	4.3025	3.963	2.989	2.747	2.716
9.40	1.1858462095	1.18510	0.3587	3.7961	4.2835	3.873	2.912	2.675	2.645
9.40	1.2000000477	1.19920	0.3867	3.798	4.2682	3.803	2.851	2.619	2.589
9.40	1.2670581341	1.26590	0.5132	3.8045	4.1912	3.487	2.567	2.349	2.321
9.40	1.3220986128	1.32070	0.6059	3.8052	4.1196	3.255	2.339	2.123	2.094
9.40	1.3670516014	1.36530	0.677	3.8032	4.055	3.078	2.151	1.932	1.903



Şekil 3.2: Girardi ve diğ.'e (2002) (Güncellenmiş versiyonu: Marigo ve diğ., 2008) ait $Z_{\odot}$ = 0.019 ağır element bolluğu için (J-H) - J diyagramında 0.5 Gyıl ile 8 Gyıl arasında teorik eşyaş eğrileri.

3.2. YÖNTEM

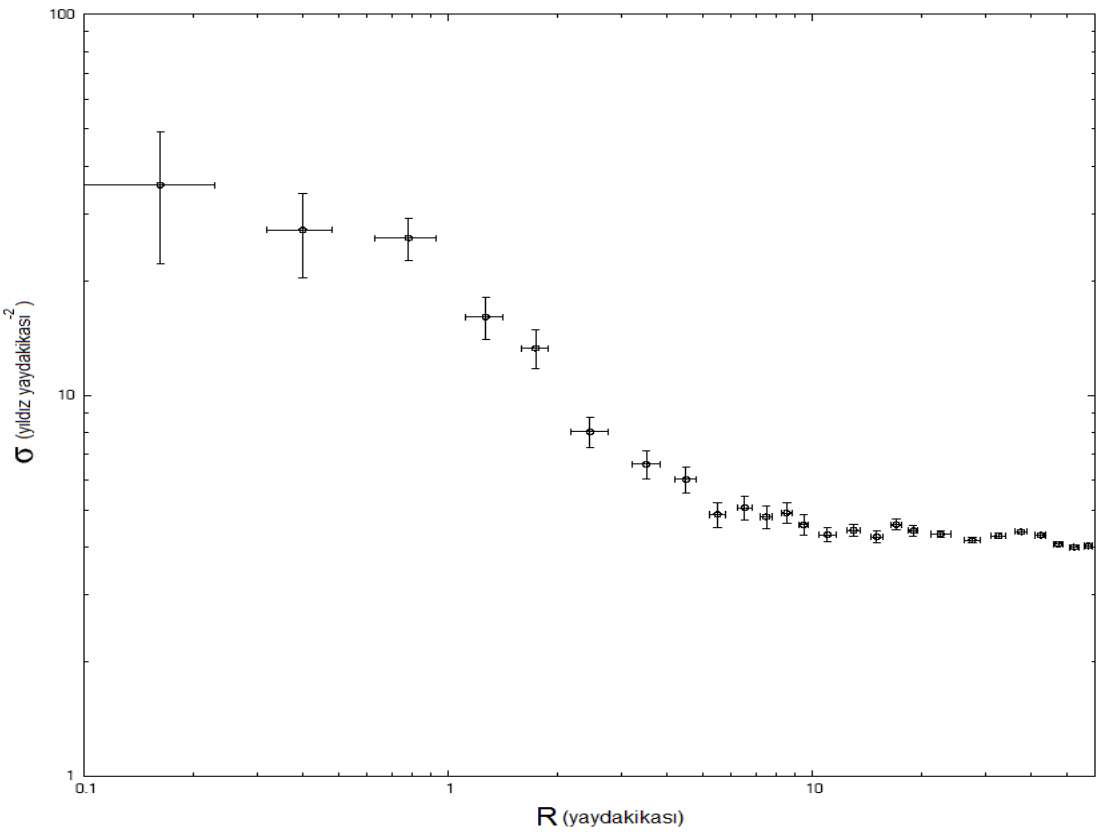
3.2.1. Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi

Açık kümelerin alan yıldızlarından temizlenmesi ve kümeye üye yıldızların belirlenmesi, Bonatto ve Bica (2007a, b), Bonatto ve Bica (2008), Camargo ve diğ. (2009), Güneş ve diğ.'nde (2012) verilen *Alan Yıldızı Temizleme* yöntemi ile yapılmıştır.

Tablo 3.4: Pismis 19 açık kümesinin WEBDA (sütun 2-5) ve elde edilen yeni ekvatoral ve Galaktik koordinatları (sütun 6-9).

Küme (1)	α(2000) (h m s) (2)	δ(2000) (° ′ ″) (3)	*l* (°) (4)	*b* (°) (5)	α(2000) (h m s) (6)	δ(2000) (° ′ ″) (7)	*l* (°) (8)	*b* (°) (9)
Pismis 19	14 30 40	-60 53 00	314.71	-0.3	14 30 40	-60 53 00	314.71	-0.3

İlk olarak, *Alan Yıldızı Temizleme* yöntemi için, Tablo 3.4'te örnek olarak verilen Pismis 19 kümesinin WEBDA'da verilen koordinatlarına göre 2MASS Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu'ndan (Cutri ve diğ. 2003) alınan 2MASS JHK_s verilerinin (J-H), (J-K_s), (H-K_s) renk indeksleri ve hataları hesaplanmıştır. Fotometrik verilerin doğruluğu için, 2MASS JHK_s Nokta Kaynak Kataloğu'nun tamlık sınırı olan J = 15.8, H = 15.1 ve K_s = 14.3 kadirden parlak yıldızlar ile J, H, K_s parlaklıklarındaki hataları $\sigma_{JHKs} < 0.2$ kadir olan yıldızlar dikkate alınmıştır (Bonatto ve Bica 2007a,b; Camargo ve diğ., 2009). Diğer kümelerin WEBDA'dan alınan ve bu tez çalışmasında hesaplanan yeni ekvatoral ve Galaktik koordinatları Ek Tablo-1'de verilmiştir.

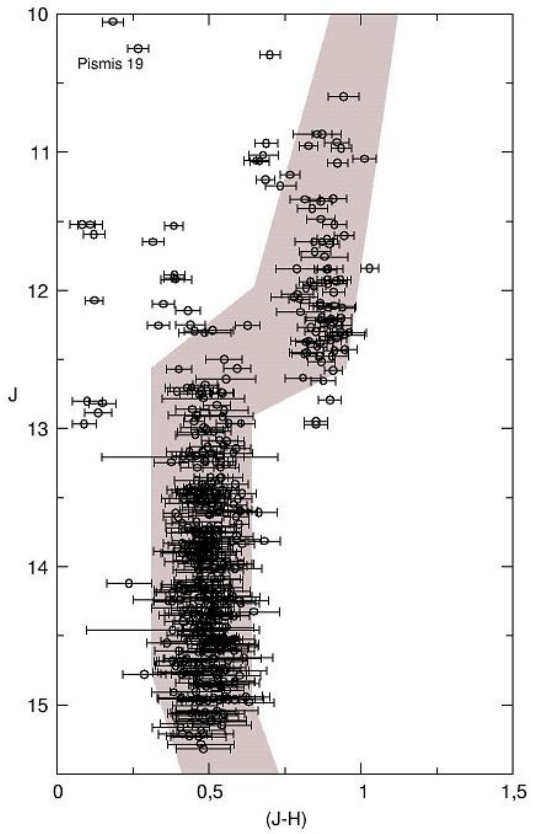


Şekil 3.3: Pismis 19 kümesinin renk - parlaklık filtresi uygulanmış verisinin Radyal Yoğunluk Profili (RYP).

Bu sınırlamadan sonra, kümelerin RYP'leri (Radyal Yoğunluk Profili) σ (yıldız/ yaydakikası^2) – R elde edilmiştir. Şekil 3.3'de Pismis 19 kümesine ait RYP verilmiştir. Burada R, küme merkezinden itibaren yaydakikası biriminde uzaklıktır. σ ise, ΔR aralığında yaydakikası^2 başına düşen yıldız sayısıdır. Kümelerin R değerleri, 2MASS Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu'ndan WEBDA'da verilen küme merkezine uzaklık olarak indirilebilir (Ayrıca bakınız Bölüm 3.1.1'deki 3.1 bağıntısı). Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi'nde RYP'ler merkez civarında yıldız yoğunluğunu aşırı artırmamak ve daha dış bölgelerde de yıldız yoğunluğunu aşırı azaltmamak için merkezden uzaklaştıkça genişleyen halkalar içindeki yıldızlar sayılarak çizilirler.

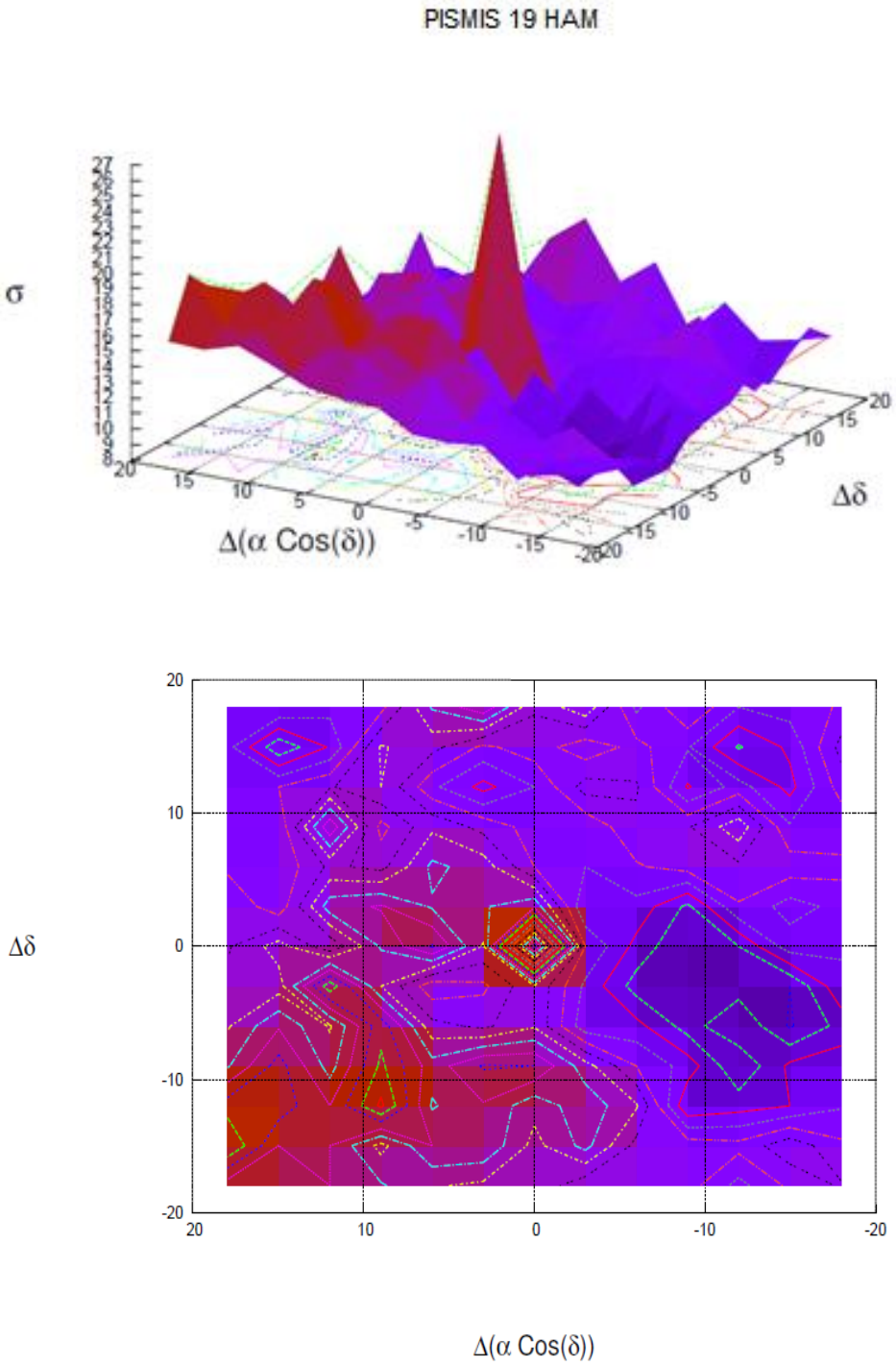
RYP yardımıyla kümelerin yarıçapı ve kontrol alanı belirlenir. Kontrol alanı, kümeyi alan yıldızlarından temizlemek için kullanılacak bölgedir. Bu bölge, küme ile karışmayı önlemek için kümeden uzak, zemini iyi temsil eden ve yoğunluk dalgalanmalarının olmadığı bir bölge olarak seçilmelidir. Pismis 19 için kontrol alanının büyüklüğü ΔR = 47′ - 57′ olarak alınmıştır. Kümelere ait kontrol alanı değerleri yaydakikası cinsinden

Ek Tablo-3'de sütun 11'de verilmiştir. Bu değerlere göre Tablo 3.1'deki 40 açık küme, alan yıldızlarından temizlenmiştir. Alan yıldızlarından temizlenmiş veri kullanılarak (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında renk-parlaklık filtresi (Şekil 3.4) oluşturulmuştur. Bu filtre çalışmanın ileri aşamalarında tekrar çizilecek olan (J-H) – J renk-parlaklık diyagramında da kullanılmıştır.

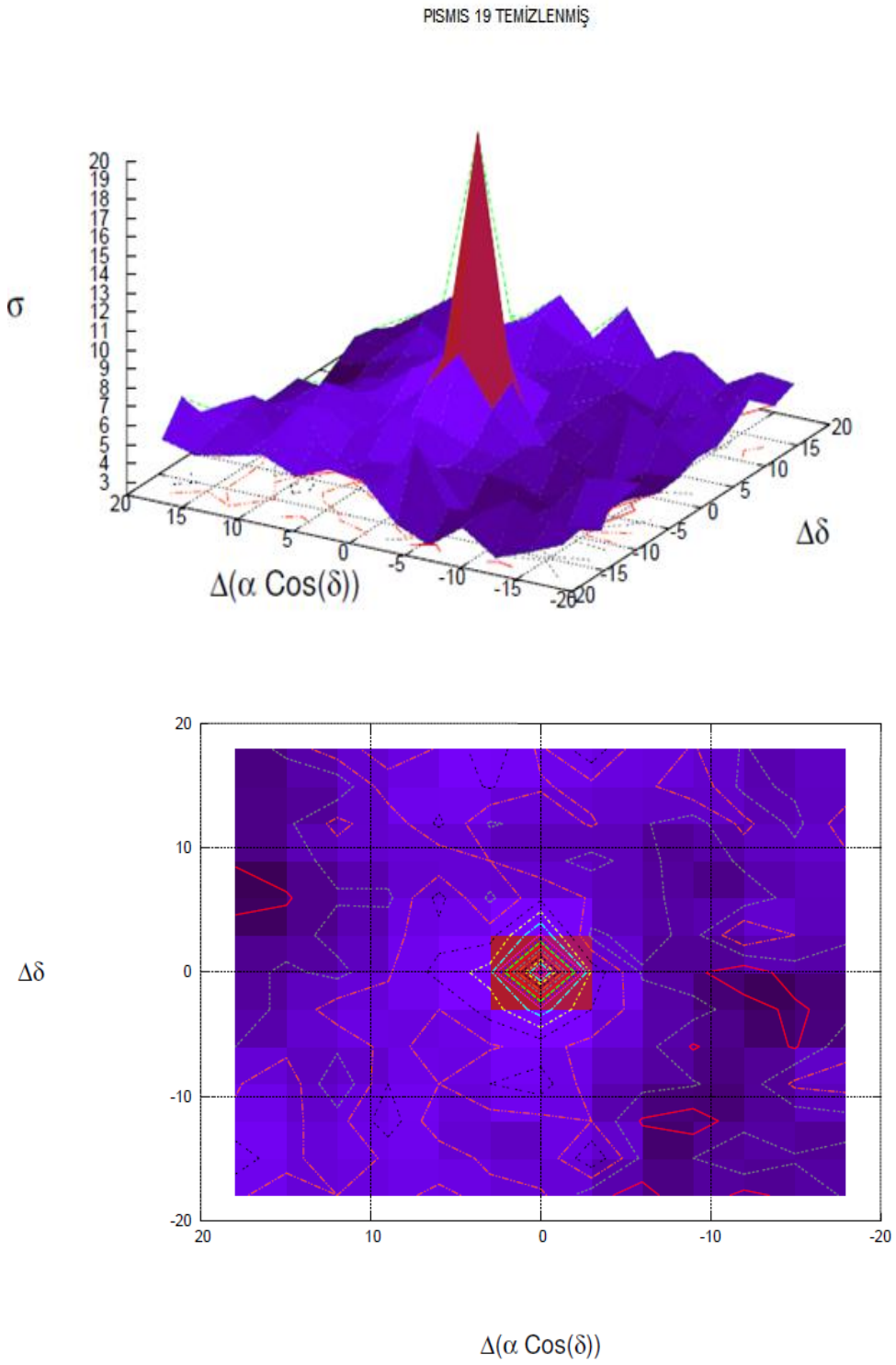


Şekil 3.4: Pismis 19 kümesine ait (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı. Gölgeli kısım uygulanan renk-parlaklık filtresini göstermektedir.

Filtrenin oluşturulmasındaki amaç, zemin ile küme arasındaki kontrastı artırmak ve küme yarıçapının belirlenmesini kolaylaştırmaktır. Filtre, açık kümelerin (J-H) - J diyagramında temizlenmiş yıldız kollarının (Anakol, DN, KD ve KY) dağılımı temel alınarak oluşturulur. Filtre, kümenin anakol ve evrimleşmiş yıldızlarının renk dağılımlarını içerecek kadar geniştir.



Şekil 3.5: Ham verinin yüzey - yoğunluk grafiği (σ - Δ(α Cos (δ)) - Δδ) (üst panel). Aynı veriye ait yüzey-kontur grafiği Δδ - Δ(α Cos (δ)) (alt panel). Üst paneldeki kesikli çizgiler veriye uygulanan Gauss eğrisini göstermektedir. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



Şekil3.6: Temizlenmiş verinin yüzey-yoğunluk grafiği (üst panel). Aynı veriye ait yüzey-kontur grafiği (alt panel). Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.

Pismis 19'un Tablo 3.4'de verilen WEBDA'daki ekvatoral koordinatlarına göre indirilen ham 2MASS JHK_s verilerinden kümenin yoğunluk dağılımı elde edilerek yüzey-yoğunluk (σ - $\Delta(\alpha \text{ Cos } (\delta))$ - $\Delta\delta$) ve yüzey-kontur $\Delta\delta$ - $\Delta(\alpha \text{ Cos } (\delta))$ (Şekil 3.5

üst ve alt panel) grafikleri çizilmiştir. Yüzey-kontur grafiği, yüzey-yoğunluk grafiğinin iki boyutlu gösterimi olup, 3′ x 3′ boyutlarındaki diktörtgen hücreli ağlarda yer alan yıldızlara ait yüzey yoğunluğunu göstermektedir. Şekil 3.5 ve 3.6'da, dikdörtgen ağların α ve δ' da, merkeze göre $|\Delta\alpha| = |\Delta\delta| = 20'$ kadar kaymalara sahip olduğu görülmektedir.

Bu grafiklerin çizilme nedeni ham ve temizlenmiş verinin sayı yoğunluklarının karşılaştırılması ve elde edilen renk-parlaklık filtresi ile küme üyelerinin alan yıldızlarından ayırımınındaki başarıyı ölçmektir. Bu grafiklerde Δδ ve Δ(α Cos (δ)) kullanılmasının nedeni gökyüzü projeksiyonundaki eğriliğin giderilmesidir.

Elde edilen küme yarıçapı ve kontrol alanı bölgeleri kullanılarak küme bölgesi alan yıldızlarından temizlenir. Temizlenmiş alanın yüzey - yoğunluk grafiği ve yüzey kontur grafiği Şekil 3.6'da verilmiştir.

Şekil 3.5 ve 3.6'nın karşılaştırılmasından görülebileceği gibi, filtrenin uygulanması ile sivri bölge civarındaki (kırmızı kısımlar) fazlalıklar temizlenmiş ve böylelikle kümelerin (α, δ) ekvatoral koordinatlarının daha hassas belirlenmesi mümkün olmuştur. Şekil 3.6'daki temizlenmiş yüzey kontur grafiğinin sivri kısmı kümenin doğru merkezî ekvatoral koordinatlarını göstermektedir. Pismis 19 için doğru ekvatoral koordinatlar Tablo 3.4'de sütun (6) - (7)'de verilmiştir. Kümelerin doğru merkezî koordinatlarının elde edilmeye çalışılmasının nedeni, literatürde küme analizlerinin yüzeysel yapılması ve yeterince iyi çalışılmamış olmasındandır.

Elde edilen doğru koordinatlara göre, 2MASS Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu'ndan (Cutri ve diğ., 2003), kümelerin 2MASS JHK_s verileri tekrar indirilerek, parlaklıklar ve bunların hatalarına yukarıda verilen kriterler tekrar uygulanmıştır.

Daha önce elde edilen renk-parlaklık filtresi (Şekil 3.4), kümelerin doğru merkezî koordinatlarına göre indirilen yeni verilere uygulanmış ve bu sayede küme ile alan arasındaki kontrastın artırılması sağlanarak RYP çizilmiştir. RYP yardımıyla kümenin nihaî yarıçapı ve kontrol alanı belirlenmiştir (Şekil 3.3).

Şekil 3.6'dan görüldüğü gibi, ham veri kullanılarak çizilen yüzey-kontur grafiğindeki yoğunluk fazlalıkları veri temizlendikten sonra neredeyse ortadan kalkmış ve sadece kümenin zemine göre yoğunluk fazlalığı kalmıştır. Küme üyelerini belirlemede kullanılan algoritma, küme ve kontrol alanı bölgesindeki göreceli yıldız sayı yoğunluklarını temel alan ve Alan Yıldızı Temizlemesi olarak adlandırılan istatistikî bir algoritmadır. Alan Yıldızı Temizleme algoritması, J parlaklığı ile (J-H) ve ($J-K_s$) renklerini içerir ve üç boyutludur, ayrıca bu boyutların her birinin 2MASS filtrelerindeki 1σ belirsizliğini de dikkate alır. Bu renkler farklı yaşlardaki yıldız kümelerinin renk-parlaklık diyagramı kollarının maksimum ayırımını sağlar. Algoritma temel olarak,

i) Renk - parlaklık diyagramının kadir ve renklerini üç boyutlu ızgara şeklinde ayırır, bu küp biçimli hücreler J, (J-H), ($J-K_s$) yönlerinde eksenlere sahiptirler,
ii) Hücrelerin renk ve kadirleriyle uyumlu bir şekilde kontrol alanı yıldızlarının (1σ poisson aralığı içindeki) sayısını temel alarak her bir hücredeki alan yıldızlarının beklenen sayı yoğunluğunu hesaplar,
iii) Her bir hücreden hesaplanan alan yıldızı kadar yıldızı çıkartır.

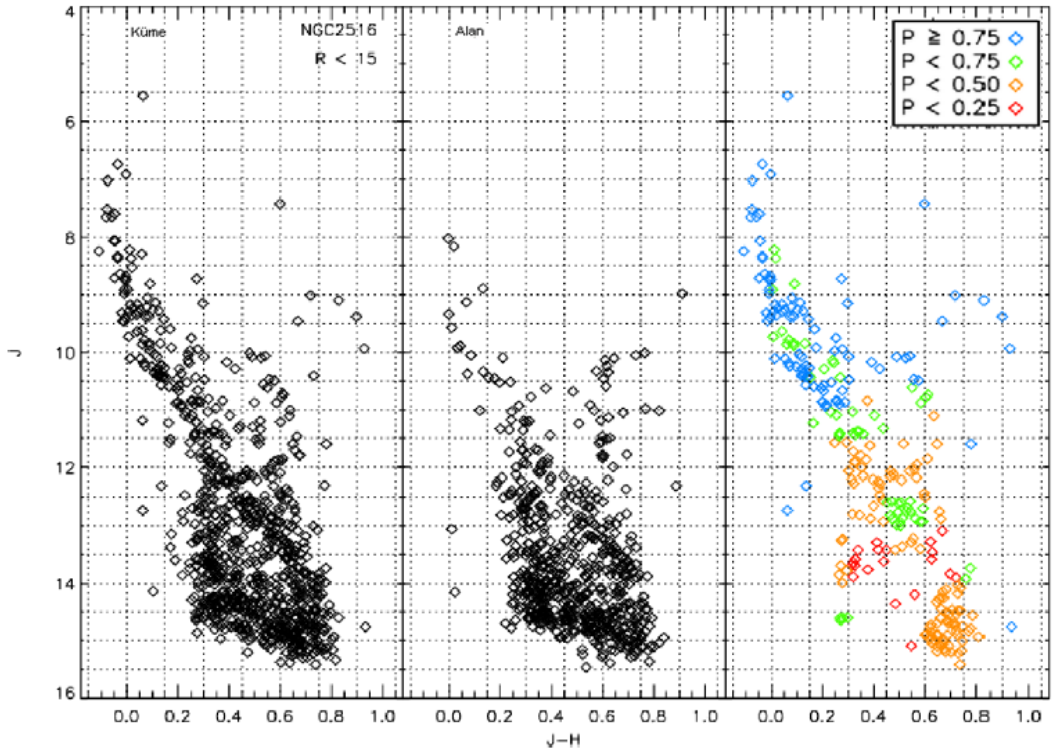
Hücre boyutları J = 1.0 ve (J-H) = ($J-K_s$) = 0.15 olup, (J-H)-J renk-parlaklık diyagramında evrimsel kolların (anakol, dönüm noktası, kırmızı dev, kırmızı yığın) morfolojisini görmek ve hücrelerde anlamlı yıldız sayım istatistikleri yapmak için yeterlidir. Her bir boyuttaki üç farklı ızgara tanımlaması, parametre seçimlerinden kaynaklanan potansiyel yapaylıkların ortadan kalkmasına yardımcı olur. *Clean_CMD* yazılım programı çalıştırıldığında 27 farklı çıktı oluşur. Bu çıktıların oluşma nedeni şudur: İlk renk-parlaklık diyagramı ızgarasının başlangıcı J_o (genişliği ΔJ) dır, sonraki her hücre için hücre merkezi $J_o \pm 1/3\Delta J$ kadar kaydırılır. Aynı işlem (J-H) ve ($J-K_s$) renk indekslerine uygulanırsa 27 çıktı elde edilmiş olur. Muhtemel küme yıldızlarının ortalama sayısı olan $<N_{küme}>$ bu çıktılardan hesaplanır. $<N_{küme}>$'nin tipik standart sapması 0.025 seviyesindedir.

Elde edilen renk-parlaklık diyagramı en yüksek sayı frekansına sahip $<N_{küme}>$ yıldızlarını içerir. Alan yıldızlarının temizlenmesinden sonra, renk-parlaklık diyagramında kalan yıldızlar, alana göre açık bir yıldız yoğunluğu fazlalığı gösteren

hücrelere ait yıldızlardır. Bu nedenle kümeye ait olma ihtimalleri çok fazladır (Camargo ve diğ., 2009). Kümeye üyelik ihtimali (3.2) nolu bağıntı ile hesaplanır.

$$P = (N_{küme} - N_{alan}) / N_{küme} \quad (3.2)$$

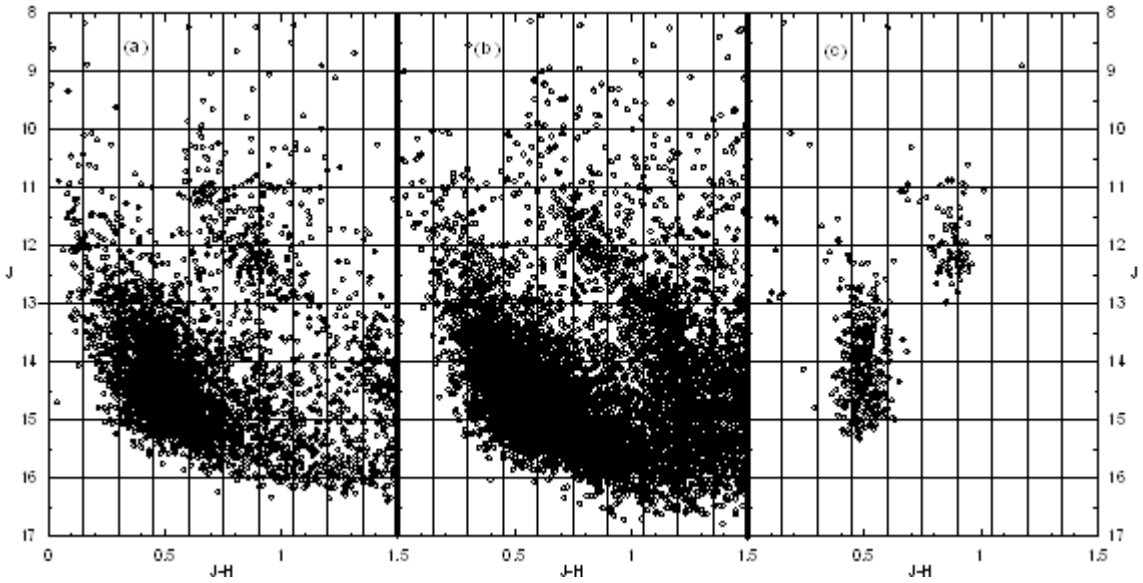
Burada P küme üyelik ihtimalini, $N_{küme}$ küme üyesi yıldız sayısını, N_{alan} alan yıldızlarının sayısını göstermektedir. Bu işlem her bir hücre için yapılır. Alan yıldızlarının küme yıldızlarından fazla olduğu durumlarda ihtimal sıfır çıkar, bu hücrelerden küme yıldızı alınamaz.



Şekil 3.7: Ham veri (sol panel), kontrol alanı (orta panel), temizlenmiş küme (Sağ panel) verisi için (J-H)-J diyagramları. 'P' yıldızların küme üyelik ihtimallerini göstermektedir. Şekil, Corradi ve diğ. (2009)' den alınmıştır. Yatay ve kesikli çizgiler, J = 1.0 ve (J-H) = ($J-K_s$) = 0.15 hücre boyutlarını göstermektedir.

(J-H) - J diyagramını alan yıldızlarından temizlemek için, kontrol alanına ait (J-H) - J diyagramında her bir hücre için hesaplanan yıldız sayısı, ham (J-H) - J diyagramında bu hücreye karşılık gelen hücredeki yıldız sayısından çıkarılır. Yıldızlar kümenin merkezine olan uzaklıklarına göre çıkarılırlar; alan yıldızlarının sayısı küme yıldızlarının sayısından fazla olan hücrelerden yıldız alınmaz. Bu yöntemin Corradi ve diğ. (2009) tarafından NGC 2515 kümesine uygulanışı Şekil 3.7'deki (J-H) - J renk-

parlaklık diyagramında verilmiştir. Yöntemin Pismis 19 kümesine uygulanışı, Şekil 3.8'deki (J-H) - J diyagramında gösterilmiştir.

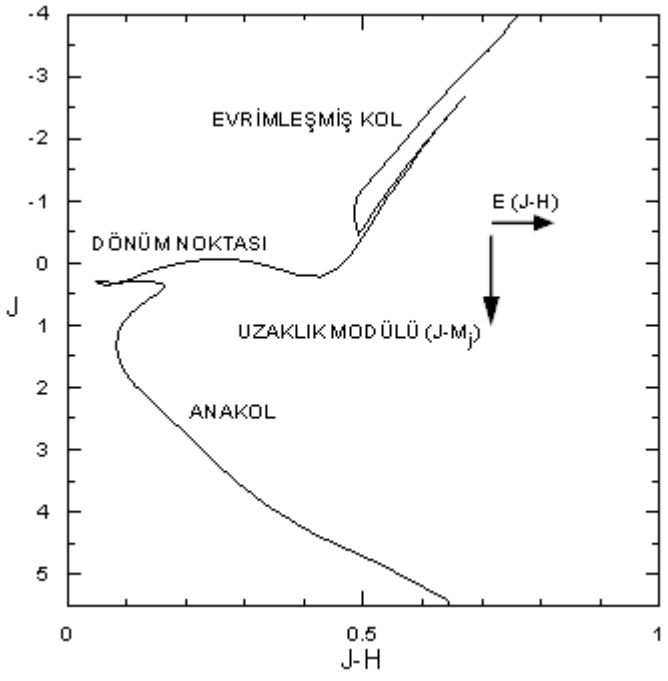


Şekil 3.8: Pismis 19 kümesi için için alan yıldızı temizleme prosedürü. Yatay düz çizgiler $\Delta J = 1.0$, dikey katı çizgiler $\Delta(J-H) = 0.15$ aralıklarını göstermektedir. (J-H) – J diyagramı, sırasıyla ham veri (panel a), kontrol alanı (panel b) ve temizlenmiş küme verisi (panel c) için verilmiştir.

3.2.2. Açık Yıldız Kümelerinin Temel Astrofiziksel Parametrelerinin Elde Edilmesi: Renk Artığı, Uzaklık Modülü, Uzaklık ve Yaş Tayini

Üyeleri belirlenmiş açık yıldız kümelerinin temel astrofiziksel parametreleri olan renk artığı, uzaklık modülü ve yaş, daha önceden tayin edilmiş olan üç Z ağır element bolluğuna göre 2MASS JHK_s filtreleri için verilen Padova eşyaş eğrileri yardımıyla elde edilmiştir. Z ağır element bolluğuna göre seçilen eşyaş eğrilerinin (Girardi ve diğ., 2002) kümelerin (J - H) - J renk-parlaklık diyagramı ile çakıştırılması sonucu, renk artığı E(J-H), uzaklık modülü $(m-M)_J$ ve Yaş eş zamanlı olarak belirlenmiştir. Çakıştırmada kümelerin Dev, Kırmızı Dev, Kırmızı Yığın yıldızlarına ağırlık verilmiştir (Şekil 3.9). Çakıştırma yapılırken Padova teorik eşyaş eğrileri (J - H) - J renk-parlaklık diyagramında yatay ve dikey eksende kaydırılarak en uygun uyumu veren eşyaş eğrisi bulunur. Bu kaydırma sonucunda yatay eksende yapılan kaydırma E(J-H) renk artığını, dikey eksende yapılan kaydırma $(m-M)_J$ uzaklık modülünü verir.

Kümelerin (J-H) - J diyagramında anakol, çift ve çoklu bileşenlere sahip yıldızlar tarafından sönük kırmızı renk indekslerinde 0.75 kadir kadar genişlediğinden, Padova teorik eşyaş eğrileri anakol ile çakıştırılırken, çift yıldızların bu etkisinden dolayı anakolun daha parlak olan sol tarafına kısmen ağırlık verilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.9: Padova teorik eşyaş eğrisine ait evrimsel kolların (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı üzerinde gösterilişi. Teorik eşyaş eğrisi ile çakıştırılmada yatay eksende yapılan kaydırma renk artığını, dikey eksende yapılan kaydırma uzaklık modülünü verir.

E(J - H) renk artığı, Dutra ve diğ. (2002) tarafından verilen aşağıdaki bağıntılar ile E(B-V) ve A_V'ye dönüştürülmüştür.

$$A_J/A_V = 0.276, A_H/A_V = 0.176,\ A_{Ks}/A_V = 0.118,\ A_J = 2.76\times E(J-H) \quad (3.3)$$

$$E(J-H) = 0.33\times E(B-V) \quad (3.4)$$

Kümelerin Güneş'ten itibaren *d* uzaklıkları aşağıda verilen (3.5) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$d = 10^{0.2((m-M)_J+5)} \quad (3.5)$$

Bağıntıdaki $(m-M)_J$, kümenin gözlemsel (J-H) - J renk-parlaklık diyagramının uygun eşyaş eğrisi ile yukarıda anlatıldığı şekilde çakıştırılması sonucu elde edilen uzaklık modülüdür.

Burada A_V = 3.1 E(B-V) alınmıştır. Kümelerin E(B-V) renk artığı değerleri, Akkaya-Oralhan'ın (2012) doktora tezinde de anlatıldığı gibi, Schlegel ve diğ.'ne (1998, SFD) ait toz haritalarından elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu toz haritaları COBE/DIRBE ve IRAS/ISSA uydu haritalarına dayanmakta ve sonsuz uzaklıktaki (pratik olarak Galaksi'nin dış sınırına kadar) tozu göz önünde bulundurmaktadır. Kümelerin E(B-V) $(l, b)_\infty$ renk artığı değerleri NED[1] (NASA Extragalactic Database) web sayfasından alınmıştır.

Arce ve Goodman (1999), SFD renk artığı değerlerinin $E(B-V)_{SFD,\infty} > 0.15$ kadir için olması gerekenden büyük değerler verdiğine dikkat çekmiştir. Bonifacio ve diğ. (2000), $E(B-V)_{SFD,\infty} \approx 0.15$ kadir değerini $E(B-V)_{SFD,\infty} = 0.10$ kadir vermektedir. Bonifacio ve diğ.'ne (2000) ait aşağıda verilen bağıntılar dikkate alınarak, kümelerin SFD renk artığı değerleri revize edilmiştir.

$$E(B-V)_D = E(B-V)_{SFD,\infty} \text{ eğer } E(B-V) \leq 0.10 \text{ kadir}$$

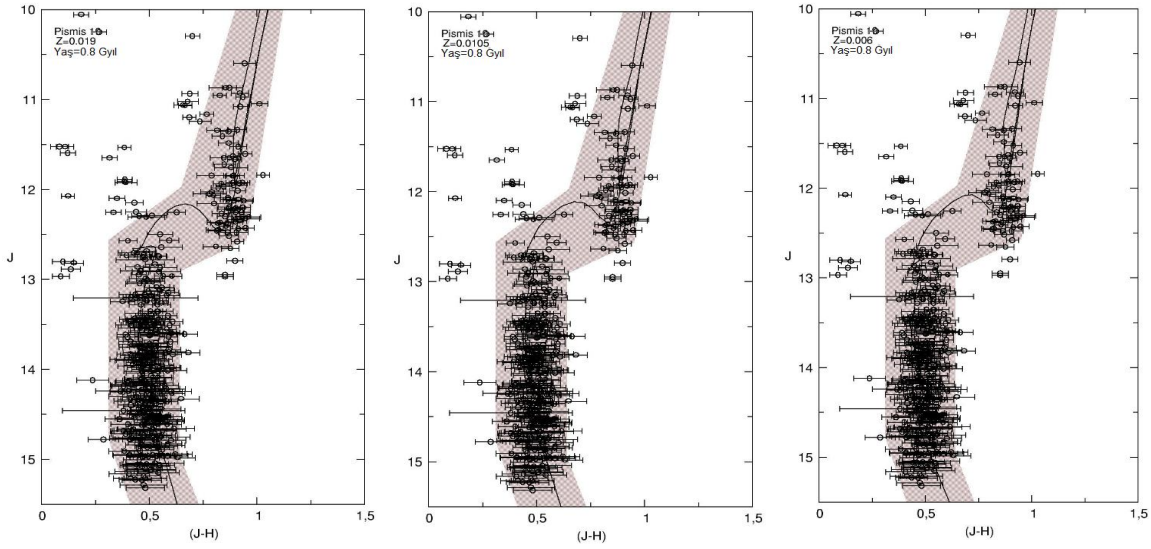
$$E(B-V)_D = 0.10+0.65[E(B-V)_{SFD,\infty} - 0.10] \text{ eğer } E(B-V) > 0.10 \text{ kadir} \quad (3.6)$$

[1] http://nedwww.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html

Burada $E(B\text{-}V)_D$ kümenin kabul edilen renk artığı değerini göstermektedir. $E(B\text{-}V)_{SFD,\infty}$ renk artığı değerleri küme - Güneş uzaklığına, Bahcall ve Soneira (1980) tarafından verilen $1–\exp(-|d \sin b|/H)$ faktörü ile düzeltilir.

Burada tozun yükseklik ölçeği değeri H = 125 pc kabul edilmiştir. *d* kümenin helyosentrik uzaklığıdır.

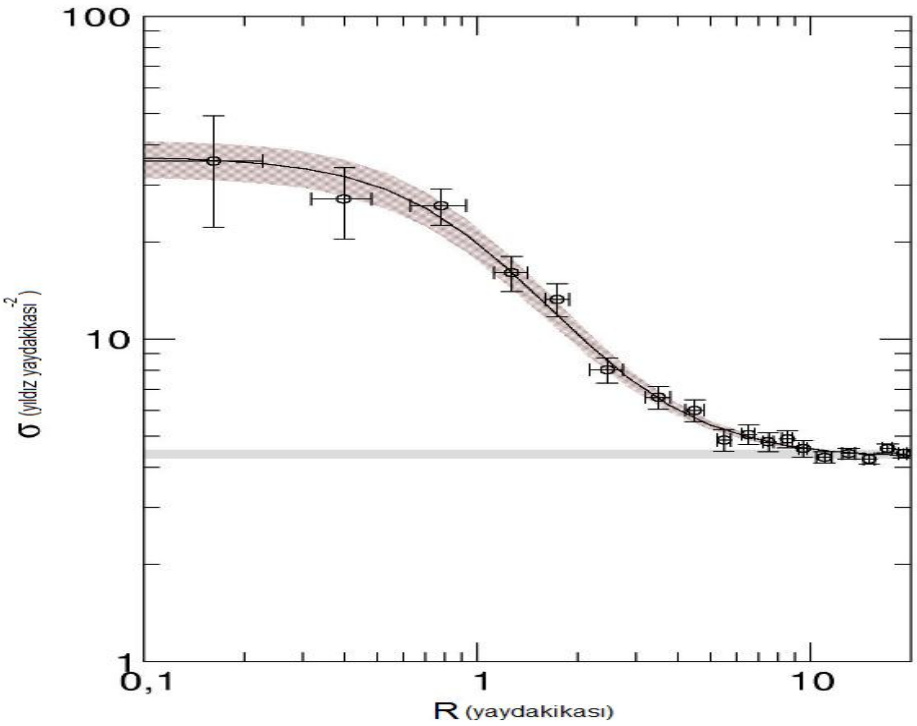
Friel (1995) tarafından da belirtildiği gibi, Galaktik açık kümelerin metal bolluğu, genelde Güneş'in metal bolluğu [Fe/H] = 0 dex (Z = +0.019) ile Güneş'ten bir miktar fakir bir metal bolluğunu temsil eden [Fe/H] = -0.50 dex (Z = +0.006) arasındadır. 2MASS JHK_s filtreleri metal bolluğuna fazla duyarlı olmadığından, kümelerin (J - H) – J diyagramları Z = +0.019 ([Fe/H] = 0 dex), Z = +0.0105 ([Fe/H] = -0.25 dex) ve Z = +0.006 ([Fe/H] = -0.50 dex) ağır element bollukları için hesaplanan Padova teorik eşyaş verileri ile çakıştırılmış ve küme üyesi yıldızlarla uyum içinde olan ağır element bolluğuna ait Padova teorik eşyaş eğrisi tercih edilmiştir.



Şekil 3.10: Pismis 19 kümesine ait (J-H) - J diyagramının üç farklı Z ağır element bolluğu için Padova eşyaş eğrileri ile çakıştırılması.

3.2.3. Açık kümelerin Yapısal Parametrelerinin Belirlenmesi

Kümelerin yapısal parametreleri, iki parametreli King yüzey yoğunluğu profilinin RYP (R - σ (yıldız /yaydakikası^2)) ile fit edilmesi sonucu elde edilmiştir. Küresel kümelerin toplam ışığının yüzey fotometrisi veya kümedeki yıldız sayımları ile elde edilen yüzey parlaklığı profilleri (log R - log (yüzey yoğunluğu)), iki parametreli King modeli ile ifade edilmiştir (King, 1966; Trager ve diğ., 1995).



Şekil 3.11: Pismis 19 kümesi için RYP (içi boş çemberler) . Düz çizgi King profilini, yatay gri bölge zemin yüzey yoğunluğunu ve gölgeli kısım ise ±1s belirsizliğini göstermektedir.

King (1966) tarafından verilen yüzey yoğunluğu ilişkisi aşağıda (3.7) bağıntısı ile verilmiştir.

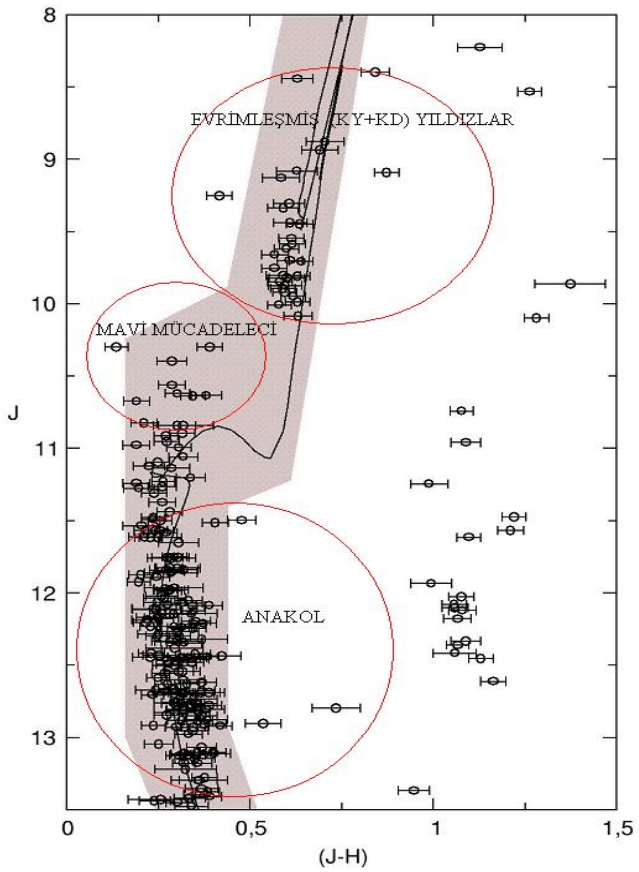
$$\sigma(R) = \sigma_{bg} + \sigma_{0K}/(1 + (R/R_{KOR})^2) \qquad (3.7)$$

Burada σ(R), yıldız yüzey yoğunluğu profili olup, birimi yıldız /yaydakikası^2 dir. σ_{bg} zemindeki yıldızların yüzey yoğunluğunu, σ_{0K} yıldızların merkezî yoğunluğunu, R_{KOR} kor yarıçapını gösterir. R, kümenin merkezinden itibaren yaydakikası cinsinden

uzaklıktır. (3.7) bağıntısındaki σ_{bg}, σ_{0K}, R_{KOR} değerleri http://statpages.org/nonlin.html web sayfasında lineer olmayan en küçük kareler yöntemini kullanan JAVA tabanlı bir program kullanılarak elde edilmiştir. Programa σ_{bg}, σ_{0K}, R_{KOR} için uygun başlangıç değerleri ile R, σ (yıldız /yaydakikası^2) ve σ'ya ait hata değeri de girilir. Program σ_{bg}, σ_{0K}, R_{KOR} değerlerinin yaklaşık olarak sabitlendiği değere kadar iterasyon yapar ve sonuçta σ_{bg}, σ_{0K}, R_{KOR} değerleri üretilmiş olur. Bu parametrelere ait değerler (3.7) bağıntısında yerlerine yazılmak suretiyle örneğin Şekil 3.11'de Pismis 19 kümesi için verilen RYP'ne en uygun King profili geçirilir.

3.2.4. Açık Yıldız Kümelerinin Kütle Fonksiyonlarının Tayini

Kümelerin kütleleri; kor, halo ve kümenin tamamının kütlesi olarak $M_{\odot}$ cinsinden ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kütle fonksiyonu belirli kütle aralığındaki yıldızların sayısı olup, Φ (m) = $\frac{dN}{dm}$ ile ifade edilir. Kümelerin kütle fonksiyonları Bonatto ve Bica (2005) ve Bica ve diğ. (2006) tarafından verilen yönteme göre tayin edilmiştir. Kümelerin ışıma gücü ve kütle fonksiyonlarının tayini *MassLum_Func* yazılım programı ile yapılmıştır. *MassLum_Func* programının işleyişi hakkında gerekli bilgiler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.12: Pismis 19 kümesi için Anakol (AK), Dönüm Noktası (DN), Mavi Mücadeleci (MM) ve KırmızıDev / Kırmızı Yığın (KD/KY) yıldızlarının (J-H) - J renk-parlaklık diyagramındaki konumu

Işıma gücü fonksiyonu, kümelerin filtre uygulanmış (J-H) – J diyagramlarında (Şekil 3.12) anakol, dönüm noktası ve devler bölgesinde, belirli *J* parlaklığı aralığındaki yıldızlar sayılarak oluşturulur. Işıma gücü fonksiyonu hem küme hem de kontrol alanı için elde edilir. Bunun için, Güneş'e uzaklık *d* ve görünen parlaklık *J* bilindiğinden, küme ve kontrol alanında bulunan her yıldızın M_J mutlak parlaklığı $d = 10^{((J - M_J) +5)/5}$

bağıntısından elde edilir. -20 ilâ +20 mutlak parlaklık aralığı Δ(J, H, Ks)=dX=0.25 şeklinde 0.25 kadirlik dilimlere ayrılır.

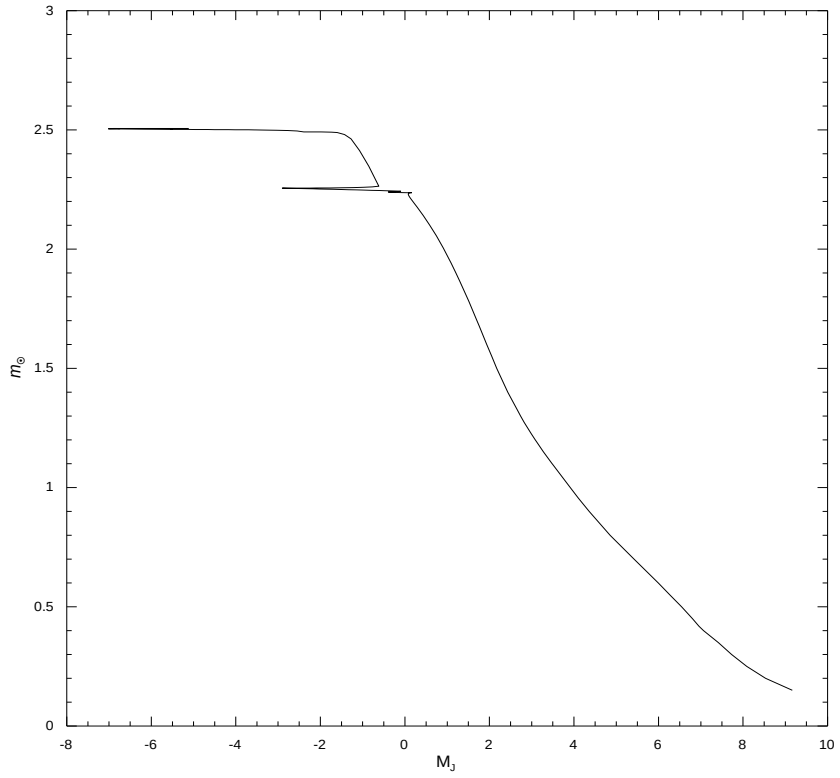
Küme bölgesinde 0.25 kadirlik aralıklara düşen yıldız sayıları hesaplanır. Küme bölgesi içinde küme üyesi yıldızların yanında küme üyesi olmayan alan yıldızları da bulunabilir. Bu yıldız sayısının karekökü alınarak hata hesaplanır.Kontrol alanında her 0.25 kadirlik aralığa düşen yıldız sayısı hesaplanır ve $(r_2^2-r_1^2)/(f_2^2-f_1^2)$ formülü ile verilen katı açı ile çarpılır. Burada r_1 ve r_2 sırasıyla kümenin iç ve dış yarıçapını, f_1 ve f_2 ise sırasıyla kontrol alanının iç ve dış yarıçapını göstermektedir. Kontrol alanındaki yıldız sayısının katı açı ile çarpılmasının nedeni kontrol alanındaki birim yarıçapın küme alanındaki birim yarıçapa göre daha fazla alan kaplamasıdır, yıldız sayısı katı açı ile çarpılarak bu etki giderilmiş olur. Bu değerin karekökü alınarak hatası hesaplanır. Küme üyesi yıldızların ışımagücü fonksiyonunu belirlemek için, küme bölgesine ait yıldız sayısından kontrol bölgesine ait yıldız sayısı çıkarılır. Burada uygulanan yöntem kümeyi alan yıldızlarından temizlemek için uygulanan yönteme benzer. Elde edilen değer, dX=0.25'e bölünerek kümenin birim parlaklık aralığındaki ışıma gücü fonksiyonu elde edilir.

Tekil yıldızların kütleleri gözlemlerden elde edilemediğinden, küme ve kontrol alanındaki yıldızların ışıma gücü değerleri Şekil 3.13'de Pismis 19 kümesi için verilen Padova teorik kütle-ışıma gücü ilişkisi yardımıyla kütleye dönüştürülür. Yıldızların parlaklıkları ve bu parlaklıklara ait hatalar bilindiğinden

$$\text{Kütle} = m_{alt} + (\text{Yıldızın Parlaklığı} - (J,H,K_s)_{alt}) \times (m_{üst}-m_{alt})/((J,H,K_s)_{üst}-(J,H,K_s)_{alt})$$

bağıntısı yardımıyla J,H,K_s filtrelerine ait parlaklıklar ve bu parlaklıklara ait hatalar kütleye dönüştürülmüş olur. Burada m_{alt} ve $m_{üst}$, sırasıyla yıldızın parlaklığının karşılık geldiği kütle aralığının alt ve üst değerlerini, $(J, H, K_s)_{alt}$ ve $(J, H, K_s)_{üst}$ ise sırasıyla, yıldızın parlaklık aralığının alt ve üst limitlerini göstermektedir. Her filtre için tayin edilen kütleler $0.5M_\odot$ kütle aralığına ayrılarak bu kütle aralıklarına düşen yıldızların kütleleri toplanır ve yıldız sayısına bölünür. Böylelikle kütle fonksiyonu hesaplanmış olur. Eğer yıldızın ışıma gücü bir aralığa düşüyorsa interpolasyon yapılır. Padova teorik kütle-ışıma gücü ilişkisinde (Şekil 3.13) minimum ve maksimum ışıma gücünden daha sönük ve parlak değerler için ise ekstrapolasyon yapılır. Ekstrapolasyon için

Kroupa'nın (2001) verdiği kütle fonksiyonu değeri kullanılır. Minimum kütle tayini $0.08M_{\odot}$'e kadar yapılmakta olup, bu değer bir yıldızın Hidrojen yakabilmesi için gereken minimum kütleyi temsil eder. Kütle tayininde bir üst sınır yoktur.



Şekil 3.13: $Z_{\odot}$ = +0.019 ağır element bolluğu ve 0.80 Gyıl yaşındaki Pismis 19 kümesi için Padova eşyaş eğrisine ait teorik $m_{\odot} - M_J$ kütle–parlaklık ilişkisi.

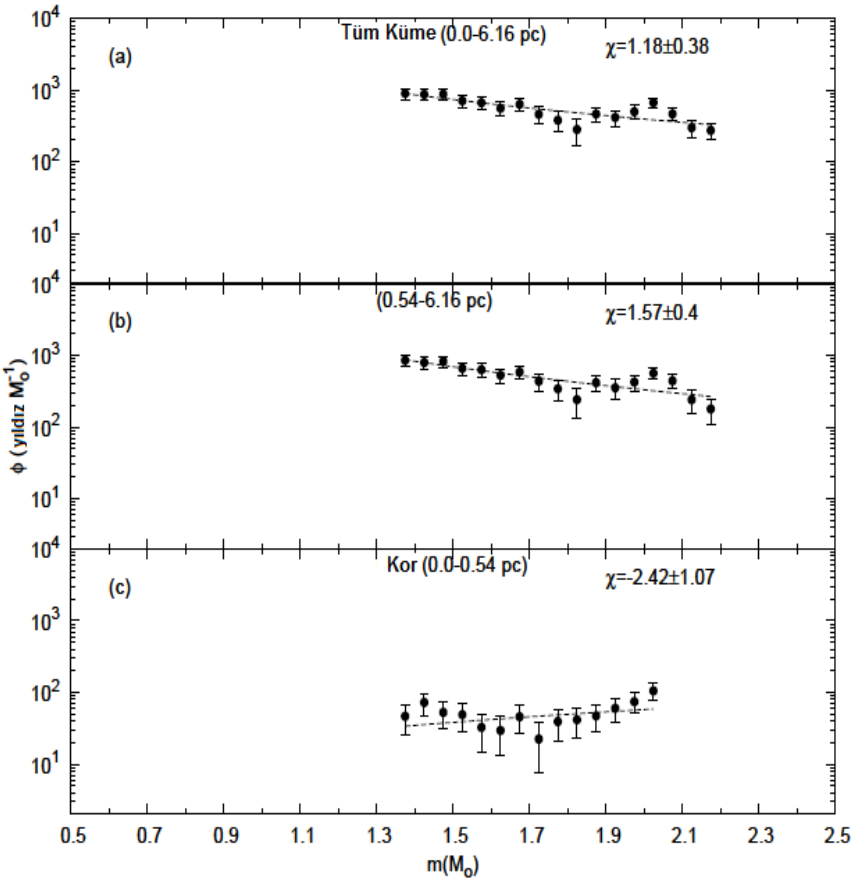
Özetle, kümelerin Yaş (Gyıl) ve uzaklık modülü $(m\text{-}M)_J$ değerleri için, Padova eşyaş eğrilerine ait Şekil 3.13'de (Pismis 19 kümesi örnek olarak verilmiştir), anakol ve evrimleşmiş yıldızlar için verilen kütle-ışıma gücü bağıntısı kullanılarak kümelerin ışıma gücü fonksiyonları KF'larına dönüştürülür. Bu prosedür *J, H,* K_s filtreleri için ayrı ayrı yapılmış, bu çalışmada *J* filtresine ait kütle fonksiyonu kullanılmıştır.

Tek eğimli kütle fonksiyonu (3.8) bağıntısı ile verilir:

$$\Phi(m) = k\, m^{-(1+\chi)} \qquad (3.8)$$

(3.8) bağıntısı 0.1 - 100 $M_{\odot}$ aralığındaki yıldızlar için kullanılır. Burada *k* kütle aralığı için hesaplanan bir sabit, χ kütle fonksiyonunun eğimidir.

Kümedeki üç ayrı bölge (kor, halo ve kümenin tamamı) için, (J-H) - J diyagramında küme üyesi olarak belirlenen ve bu bölgelerin içinde kalan yıldızların,yukarıda açıklanan yöntem kullanılarak ışımagücü ve kütle fonksiyonları elde edilir. $\Phi\,(m) = \frac{dN}{dm}$ ilişkisi kullanılarak yıldızlar 0.05$M_{\odot}$'lik kütle adımları ile sayılır. Elde edilen değerler ile $\Phi(m)$ (yıldız/$M_{\odot}$) - $m(M_{\odot})$ grafiği kor, halo ve kümenin tümü için ayrı ayrı çizilir. Şekil 3.14'de Pismis 19 kümesi için oluşturulan kütle fonksiyonu verilmiştir.



Şekil 3.14: Pismis 19 kümesinin üç ayrı bölgesi (kor, halo ve tüm küme) için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen χ kütle fonksiyonu eğimleri.

Her bölgeye ait kütle fonksiyonu eğimi (χ), $\Phi(m)$ ve *m* değerleri bilindiğinden (3.8) nolu bağıntı yardımıyla elde edilmiştir. $\Phi(m)$ (yıldız/$M_{\odot}$) - $m(M_{\odot})$ grafiğindeki verilere fitin uygulaması şu şekilde yapılmıştır: http://statpages.org/nonlin.html web sayfasında lineer olmayan en küçük kareler yöntemini içeren JAVA tabanlı bir programa, $\Phi(m)$, *m* ve $\Phi(m)$'e ait hata değerleri girilerek χ değeri elde edilir.

(3.8) nolu bağıntıda $m(M_{\odot})$, χ değeri kullanılarak, her bir $m(M_{\odot})$ kütle aralığında $\Phi(m)$ değeri hesaplanarak, gözlemsel $\Phi(m)$ (yıldız/$M_{\odot}$) - $m(M_{\odot})$ ilişkisine fit uygulanır. Elde edilen fit, Şekil 3.14'deki Pismis 19 kümesinin kütle fonksiyonu ilişkisinde kesikli çizgi ile gösterilmiştir.

3.2.5. Kütle Fonksiyonu Eğimlerinin Başlangıç Kütle Fonksiyonu Eğimleri ile Kıyası

Yıldızlar yaşlandıkça anakoldan evrimleşirler. Bu bakımdan anakol yıldızlarının şimdiki kütle fonksiyonları (ŞKF), şimdiki ışıma gücü fonksiyonundan belirlenir ve başlangıç kütle fonksiyonundan (BKF) farklıdır. BKF, açık kümeler, küresel kümeler ve Galaksiler gibi bağlı sistemlerde kütle aralığı başına düşen yıldızların sayısıdır. Dönüm noktasının üzerinde kütlelere sahip yıldızlar, başlangıç anakol kütlesine bağlı olarak evrimleşen kırmızı dev, beyaz cüce ve Tip II süpernova patlamalarının nihai ürünleri olan nötron yıldızları ve karadeliklerdir. Dönüm noktasının minimum kütlesi, yıldızların anakoldan dev koluna doğru evrimleştiği yaş değerinin Galaksi'nin yaşına eşit olduğu kütle olarak tanımlanır.

Chabrier (2003) tarafından da verildiği gibi Galaksi'nin diskinin yaşı $\tau_D \approx 10$ Gyıl ve dönüm noktasına bulunan Güneş metal bolluğu değeri için kütle $m_{DN} \approx 0.9\ M_\odot$'dir. (Burada τ_D: Galaksi diskinin yaşı, m_{DN}: Güneş metal bolluğu için dönüm noktasındaki yıldızların kütlesidir. ŞKF'nun tesbiti, yıldız oluşum hızı ve Galaktik evrim sürecinde birim zaman aralığı başına oluşan yıldızların sayısı ile ilgilidir. Bu bakımdan, ŞKF ile BKF arasında bağlantıyı kuran nicelik yıldız oluşum hızı olup (b(t)), ŞKF $\Phi_{AK}(\log m)$ ve BKF $\xi(\log m)$ arasında Miller ve Scalo'ya (1979) ait bağıntı (3.9) ile verilmiştir:

$$\Phi_{AK}(\log m) = \frac{\xi(\log m)}{\tau_G} \int_{\tau_G - \tau_{AK}}^{\tau_G} b(t)dt, \quad \tau_{AK} < \tau_G \tag{3.9}$$

$\tau_{AK} < \tau_G$ yani Galaksinin yaşından küçük yaşam sürelerine sahip yıldızların ŞKF ile BKF'ları yeni yıldızlar oluştuğundan dolayı, yıldız oluşum hızı *b(t)* birbirinden farklıdır. Burada τ_{AK} anakol yıldızlarının yaşam süresi, τ_G Galaksinin yaşıdır.

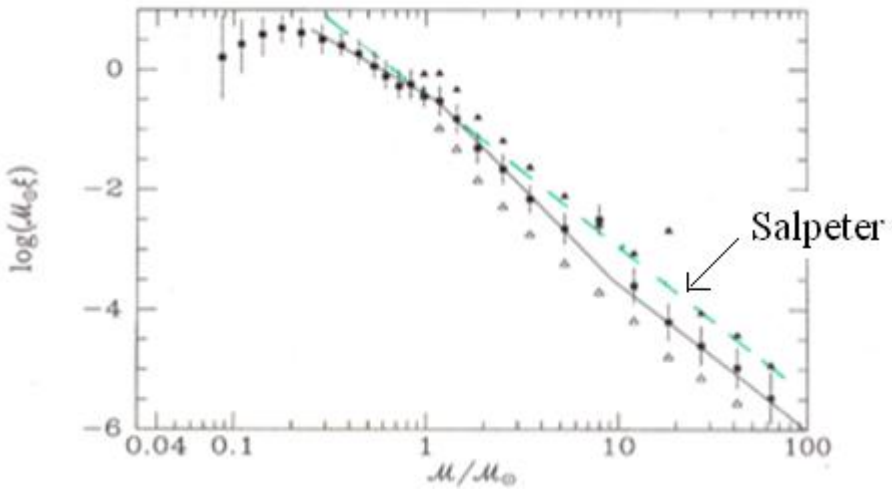
$\tau_{AK} > \tau_G$ durumunda, kahverengi cüce yıldızların yaşam süreleri Galaksi'nin yaşından uzundur ve bu sebeple ŞKF ve BKF'leri eşittir.

BKF, ξ(ya da Φ)(m) $\propto m^{-(1+\chi)}$ şeklinde bir güç kanunu ile ifade edilir. BKF'nin en çok kullanılan parametrizasyonu tek eğimli (Salpeter) ya da çok eğimli (Scalo, 1998, Kroupa, 2001) güç kanunudur.

Tablo 3.5: Salpeter (1955), Scalo (1998) ve Kroupa'ya (2001) ait kütle aralıkları için hesaplanan kütle fonksiyonu eğimi (χ) değerleri.

Yazar	Kütle Aralığı ve Kütle Fonksiyonu Eğimi		
Salpeter (1955)	$0.4\ M_\odot < m < 10\ M_\odot$ $\chi = 1.35$		
Scalo (1998)	$0.1\ M_\odot < m < 1\ M_\odot$ $\chi = 0.2\pm0.3$	$1\ M_\odot < m < 10\ M_\odot$ $\chi = 1.7\pm0.5$	$10\ M_\odot < m < 100\ M_\odot$ $\chi = 1.3\pm0.5$
Kroupa (2001)	$0.08\ M_\odot \leq m < 0.5\ M_\odot$ $\chi = 0.3\pm0.5$	$0.5\ M_\odot < m < 150\ M_\odot$ $\chi = 1.3\pm0.3$	

Scalo (1998) ve Kroupa'nın (2001) BKF'leri Güneş civarındaki yıldızların sayımından elde edilmiştir. Scalo'nun BKF'si iki eğimli, Kroupa'nın BKF'si ise üç eğimli bir fonksiyona sahiptir. Kroupa (2001), m>0.5$M_\odot$ olan yıldız kümeleri için Salpeter'in BKF'sine çok benzeyen evrensel bir BKF önermiştir.



Şekil 3.15: Scalo (1986) (katı çizgi) ve Salpeter'e (1955) (kesikli çizgi) ait log($M_\odot\zeta$)– ($M/M_\odot$) ilişkileri. Şekil Scalo'dan (1986) alınmıştır.

Scalo (1986) (düz çizgi) ve Salpeter'e (1955) (kesikli çizgi) ait log($M_\odot\zeta$)– ($M/M_\odot$) ilişkileri Şekil 3.15'de verilmiştir. Şekil 3.15'e göre kütle arttıkça yıldız sayısı azalmaktadır. Öyleyse, evrendeki küçük kütleli yıldız sayısı büyük kütleli yıldız

sayısından fazladır. BKF'nin zamanla değişmediği ve Evrenin ilk anlarından itibaren sabit olduğu kabul edilir.

3.3. AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK ZAMAN ÖLÇEKLERİ

3.3.1. Çapraz Geçiş (Crossing) Zaman Ölçeği

Çapraz geçiş zamanı $t_{çg}$,

$$t_{çg} = \frac{R_{RYP}}{\sigma_V} \tag{3.10}$$

ile ifade edilir. Burada σ_v hız dispersiyonunu gösterir ve değeri 3 km/sn'dir (De La Fuente, 1998; Binney ve Merrifield, 1998). Çapraz geçiş zamanı $t_{çg}$, küme üyesi bir yıldızın kümenin en dış sınırındaki bir noktadan kümenin merkezine göre bu noktanın tam simetriği olan noktaya gitmesi için geçen süreyi ifade eder. $t_{çg}$, bir açık kümede yıldızların kütle ayrışması nedeniyle kümenin koru ile halo arasındaki transferleri için gereken süre için bir üst limit verir.

3.3.2. Gevşeme (Relaxation) Zaman Ölçeği

Yıldız kümelerindeki kütle ayrışması, gevşeme zamanı t_g ile belirlenir. Bir kümenin gevşeme zamanı, küme oluştuktan sonra büzülme ve bozucu kuvvetlere karşı (gaz basıncı, türbülans, dönme, manyetik alan) kümenin kararlı duruma ulaşması için gerekli zaman olarak tanımlanır. t_g gevşeme zamanı aşağıda verilen bağıntılar ile hesaplanır:

$$t_g = t_{çg}\left(\frac{N}{8 \ln N}\right) \tag{3.11}$$

(3.11) bağıntısındaki N, kümenin tamamı veya belirli bölgesi içindeki toplam yıldız sayısını gösterir. (3.10) nolu bağıntı (3.11) bağıntısında yerine konursa, aşağıdaki (3.12) bağıntısı elde edilir:

$$t_g \approx 0.04\left(\frac{N}{\ln N}\right)\left(\frac{R}{1\,pc}\right) \tag{3.12}$$

Gevşeme zamanı t_g, temelde kümedeki üye yıldızların sayısına ve küme yarıçapına (R) bağlıdır.

t_g kütleli yıldızların korda toplandığı, düşük kütleli yıldızların ise haloya transfer edildiği karakteristik zaman (gevşeme zamanı) ölçeğidir. Eğer kümelerin yaşları gevşeme zamanından büyükse (Yaş $\gg$ 1 Gyıl), bu durumda kümeler dinamik olarak gevşerler.

3.3.3. Evrimsel Parametre (τ)

Evrimsel parametre τ, kümelerin eşyaş eğrisinden elde edilen Yaş değerinin kümelerin t_g gevşeme zamanlarına oranı olup, (3.13) bağıntısı ile verilir ve birimsizdir.

$$\tau = \frac{Yaş}{t_g} \tag{3.13}$$

Evrimsel parametre τ, tüm kümenin ya da kümenin iç bölgelerinin dinamik yaşını ölçmeye yarar. τ arttıkça kütle ayrışması ve düşük kütleli yıldızların buharlaşması gibi dinamik proseslerin etkileri, kütle fonksiyonunun eğiminde çok daha fazla dikkat çekmeye başlar.

τ evrimsel parametresine ait belirsizlikler, kümelerin Yaş, küme yarıçapı R_{RYP}, gevşeme zamanı t_g, hesaplanan N toplam yıldız sayısına ait belirsizliklerin birleşiminden hesaplanır.

3.3.4. Hacimsel Kütle Yoğunluğu

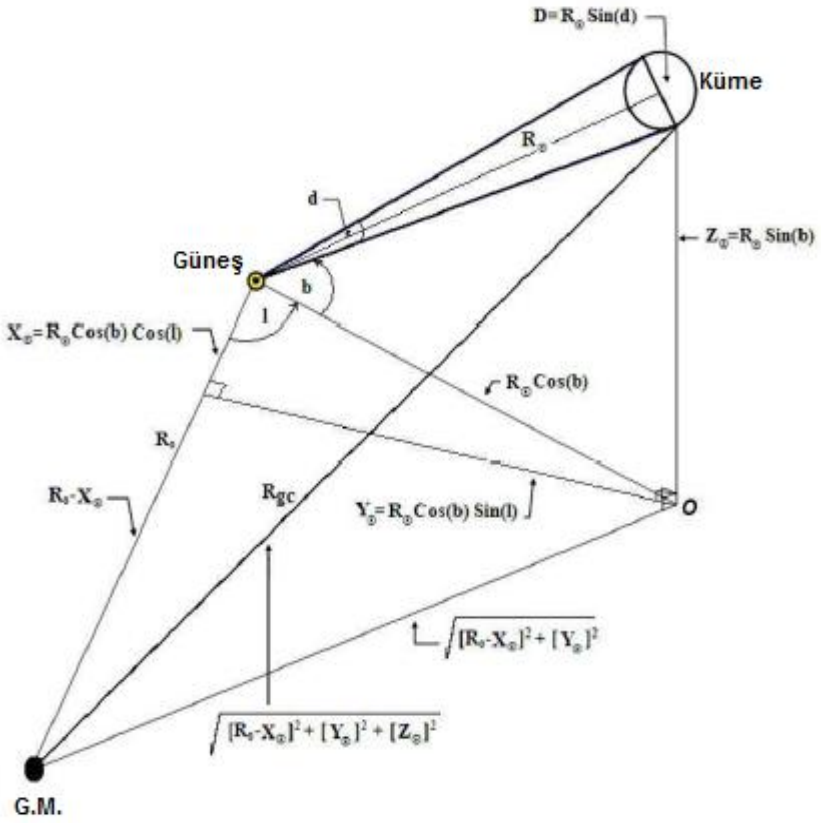
Hacimsel kütle yoğunluğu 3.14 bağıntısı ile verilir.

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi(r_2^3 - r_1^3)} \tag{3.14}$$

Burada $m(M_\odot)$ kümenin kor, halo ve tamamına ait bölgeler için kütle değerini göstermektedir. r_1 ve r_2, kümenin kor, halo ve tamamı için merkezden itibaren pc biriminden uzaklıklardır.

3.3.5. Açık Yıldız Kümelerinin Galaksi Merkezinden R_{GC} Uzaklıkları ve Galaksi Merkezli x, y, z Kartezyen Koordinatlarının Hesaplanması

Bir açık yıldız kümesinin Güneş ve Galaksi merkezine göre konumu Şekil 3.16'da gösterilmiştir. d ve R_{GC} sırasıyla, kümenin Güneş ve Galaksi merkezinden olan kpc biriminde uzaklıklarıdır.



Şekil 3.16: Bir açık yıldız kümesinin Güneş ve Galaksi merkezine göre Galaksimizdeki konumu. *l* ve *b* kümenin sırasıyla Galaktik boylam ve enlemidir. Şekil 3.16 Tadross'dan (2011) alınmıştır.

Kümelerin Galaksi düzleminden uzaklıkları z (kpc),

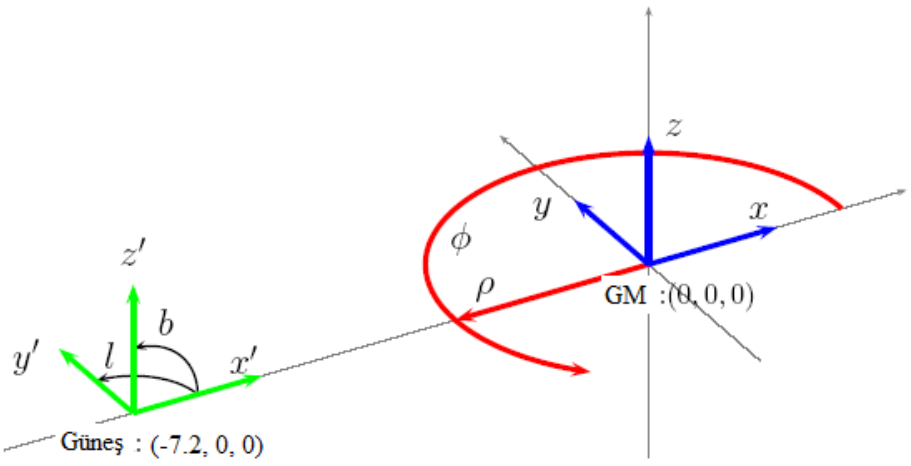
$$z = d\sin|b| \qquad (3.15)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Bir kümenin Galaksi merkezinden uzaklığı $R_{GC,}$ aşağıda verilen 3.16 nolu bağıntı ile hesaplanmıştır:

$$R_{GC}^2 = (R_o - d_\Theta cosb\ cosl)^2 + (d_\Theta cosb\ sinl)^2 + (d_\Theta sinb)^2 \qquad (3.16)$$

Burada Güneş'in Galaksi merkezine olan uzaklığı R_o = 7.2±0.3 kpc (Bica ve diğ., 2006) alınmıştır. *l* ve *b* sırasıyla, kümenin Galaktik boylam ve enlemidir.



Şekil 3.17: Güneş ve Galaksi merkezli kartezyen koordinat sistemi. Güneş, (x′, y′, z′) = (-7.2, 0, 0) kpc de merkezlenmiştir. *l* ve *b* kümenin Galaktik boylam ve enlemidir.(x, y, z) koordinat sistemi ise Galaksi merkezine odaklanmıştır. Şekil, Breddels ve diğ.'nden (2011) alınmıştır.

Kümeler için kullanılan x′, y′, z′ kartezyen koordinat sistemi Güneş'e merkezlenmiş sağ el kartezyen koordinat sistemi olup, x′ Güneş'ten Galaksi merkezine, y′ Dönme eksenine, z′ ise Kuzey Galaksi Kutbu doğrultusuna yönlenmiştir. (x, y, z) koordinat sistemi, (x′, y′, z′) koordinat sistemine benzer olup Galaksi Merkezi'ne merkezlenmiştir.

Kümelerin Şekil 3.17'de tanımlanan Galaksi merkezli (x_{GC}, y_{GC}, z_{GC}) koordinatları kpc biriminde aşağıda verilen bağıntılar yardımıyla hesaplanmıştır. x_{GC}, y_{GC} ve z_{GC} değerleri (3.17) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$x_{GC} = x' + d\ cosb cos\ l = 7.2 + d\ cosb\ cosl$$
$$y_{GC} = y' = d\ cosb\ sinl \qquad (3.17)$$
$$z_{GC} = z' = d\ sinb$$

4. BULGULAR

4.1. KÜME ÖRNEĞİ SEÇİMİ

Bu doktora tezinde, WEBDA açık yıldız küme veri tabanındaki Yaşları 100 Myıl'dan büyük veya eşit olan 40 açık yıldız kümesi incelenmiştir. Tezin amaçlarından biri Yaş-R_{RYP} ve Yaş-R_{KOR} ilişkisindeki çatallaşma ve bununla ilgili dinamik evrimi araştırmak olduğundan, 100 Myıl'dan daha yaşlı kümeler dikkate alınmıştır. Seçilen 40 kümenin yaş dağılımları ile Dias ve diğ. (2010) kataloğundaki açık kümelerin yaş dağılımlarının karşılaştırılması Tablo 4.1'de verilmiştir.

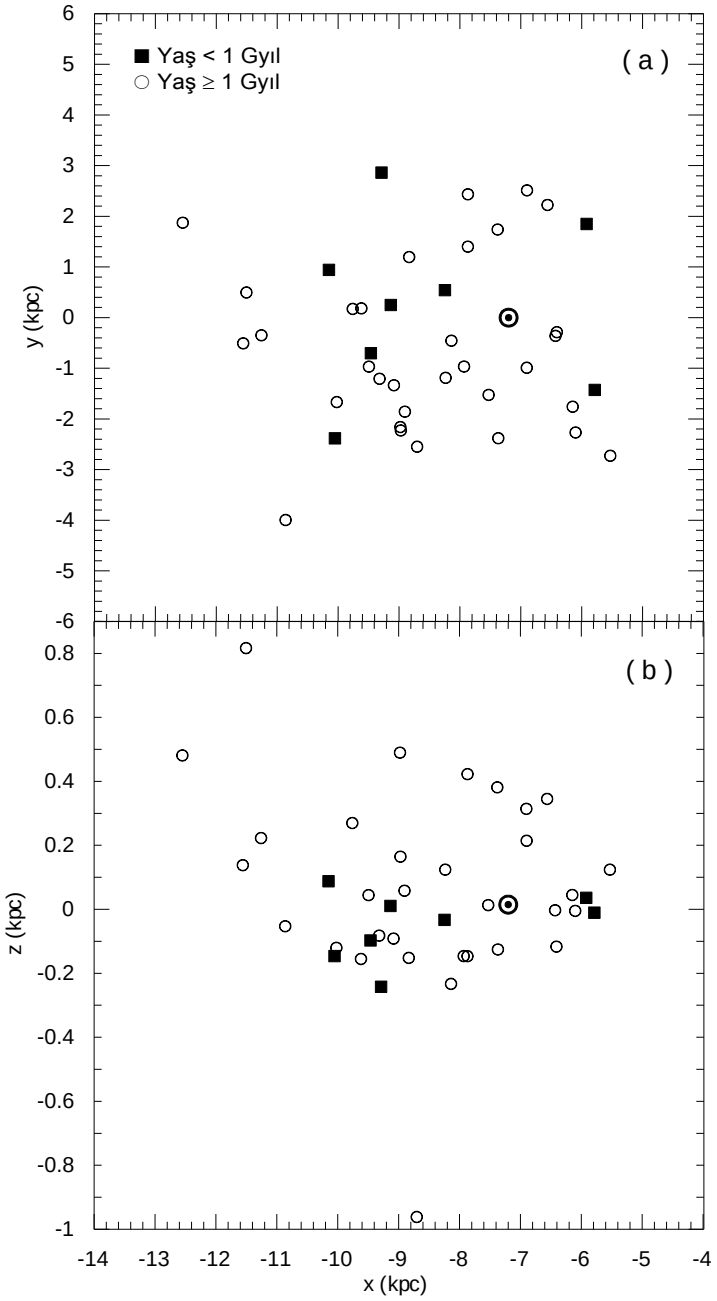
Tablo 4.1: Bu tez çalışmasında incelenen açık yıldız kümelerinin Dias ve diğ. (2010) kataloğundaki küme sayısı ile kıyası

Yaş (Myıl)	N_{Tez}	N_{Dias}	Yüzde (%)
Yaş < 200	1	579	0.17
200 ≤ Yaş ≤ 1000	13	373	3.48
1000 < Yaş ≤ 5000	26	179	14.52
5000 < Yaş ≤ 10000	-	17	-
Toplam	40	1148	3.48

Tablo 4.1'den de görüldüğü gibi, seçilen 40 kümeden yalnız birinin yaşı 200 Myıl'dan küçüktür. 200 ≤ Yaş ≤ 1000 Myıl aralığında 13 küme, Dias ve diğ.'nin (2010) kataloğundaki kümelerin % 3.5'ini oluşturmaktadır. Geriye kalan 26 kümenin yaşı, 1000 ≤ Yaş ≤ 5000 Myıl aralığında olup, Dias ve diğ.'nin (2010) kataloğundaki kümelerin % 14.5'unu temsil etmektedir. Örneğimizde Yaş > 5000 Myıl olan küme yoktur. Dias ve diğ.'nin (2010) kataloğunda ise yaşı 500 Myıl'dan büyük olan 17 küme bulunmaktadır. Çalışmamızda kullanılan 40 kümelik örnek, yaş değerleri mevcut Dias ve diğ. (2010)'nin kataloğundaki 1148 kümenin % 3.5'ini temsil etmektedir.

Bu tez çalışması için Yaş ≥ 100 Myıl olan 40'ın üzerinde açık küme örneği seçilmiş olmakla birlikte, küme örneği sayısı Bölüm 3.2.1'de alan yıldızı temizleme yöntemine uygun olmayan kümelerin elimine edilmesinden etkilenmiştir.

40 açık kümenin Galaksi düzlemine izdüşürülmüş (*x*, *y*) ve Galaksi düzlemine dik (*x*, *z*) uzay dağılımları Şekil 4.1.a ve Şekil 4.1.b'de verilmiştir. 40 kümenin *x*, *y*, *z* bilgileri Bölüm 3.3.5'de verilen (3.17) bağıntılarıyla hesaplanmıştır.



Şekil 4.1: Galaksi düzleminde 40 açık yıldız kümesinin (x, y) (panel a) ve (x, z) (panel b) uzay dağılımı.Güneş x = -7.2, y= 0 kpc'te, Galaksi Merkezi x=0, y=0'a konumlandırılmıştır. Güneş'in Galaksi düzleminden yüksekliği $z_{\odot}$ = 0.0148 ± 0.0024 kpc (14.8±2.4 pc) (Bonatto ve diğ. 2006) olarak alınmıştır.

Şekil 4.1.a-b'de Güneş ve Galaksi Merkezi'nin koordinat tanımları, Janes ve Phelps (1994) ve Bonatto ve diğ.'ne (2006) göre verilmiştir. Şekil 4.1.a'da, 40 kümenin Galaktik diskte $-13 < x < -5$ kpc ve $+3 < y < -4$ kpc aralıklarında yer aldıkları

görülmektedir. Şekil 4.1.b'de, kümelerin çoğunluğu $|z| < 0.3$ kpc ve $-13 < x < -5$ kpc uzaklık aralığında dağılım göstermektedir. Birkaç kümenin $|z| > 0.3$ kpc mesafede yer aldığı görülmektedir.

Güneş'ten bakıldığında 40 kümenin (x, y) ve (x, z) düzlemlerinde tüm yönlerde homojen dağılmadığı, Galaktik antimerkez doğrultusunda merkez doğrultusuna göre daha fazla sayıda kümenin yer aldığı görülmektedir. Merkez doğrultusunda küme örneğinin az sayıda olması, DMB gibi dış bozucu etkilerin bu yönde çok daha fazla etkili olmasından ve yıldızlararası gaz ve tozun bu doğrultuda açık yıldız kümelerinin tesbitini zorlaştırmasından ileri gelmektedir. Bununla birlikte, Şekil 4.1.a'daki dört çeyrekte de küme bulunmaktadır. Şekil 4.1.a'da Yaş $\geq$ 1 Gyıl olan kümelerin çoğunluğunun antimerkez doğrultusunda bulunduğu görülmektedir. Yaşları 1 Gyıl'dan küçük kümelerin az sayıda olması seçim etkisinden kaynaklanmaktadır.

4.2. 40 AÇIK YILDIZ KÜMESİNİN ALAN YILDIZLARINDAN ARINDIRILMASI VE KÜME ÜYELİĞİ TESBİTİ

40 açık yıldız kümesine ait verinin alan yıldızlarından temizlenmesi, 2MASS fotometrik sistemine ait renk-parlaklık diyagramlarında filtrelenmesi, astrofiziksel ve yapısal parametrelerin belirlenmesi, kütle ve kütle fonksiyonun eğimlerinin tayini, gevşeme zamanı ve evrimsel parametre değerlerinin hesaplanması bu doktora tez çalışmasında geniş yer kaplayacağından, Bulgular kısmında sadece NGC 2158 açık yıldız kümesinin analizine ait bulgular, tablo ve şekiller ayrıntılı olarak verilmiş olup, diğer 39 küme ile ilgili bulguları içeren tablolar ve şekiller Ek Tablo 1-4, Ek Şekil 1A-40A ve Ek Şekil 1B-40B.a-d'de sunulmuştur.

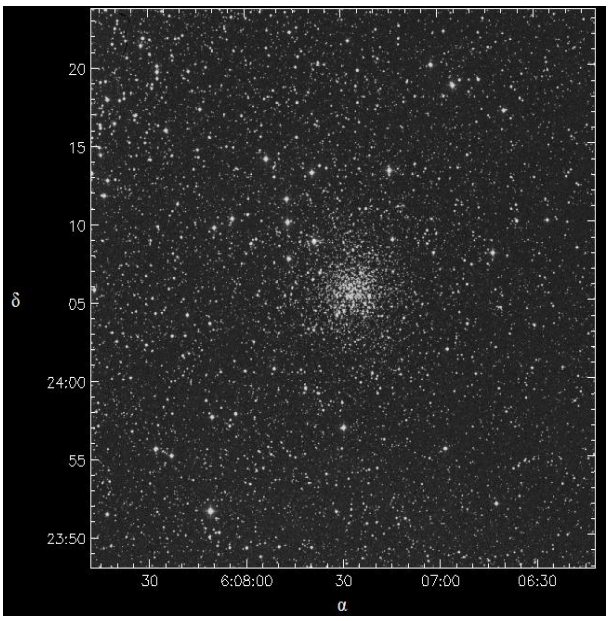
NGC 2158 kümesinin 25′x25′lık SGT[2] (Sayısal Gökyüzü Tarama) I filtresi ile alınan görüntüsü[3] Şekil 4.2'de verilmiştir. NGC 2158 kümesinin WEBDA veri tabanındaki ekvatoral koordinatlara göre (α_{2000}, δ_{2000}) = ($06^h\ 07^m\ 25^s$, $24^o\ 05'\ 48''$) (Tablo 4.2 sütun 2-5) 2MASS Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu'ndaki (Cutri ve diğ., 2003) JHK_s parlaklıkları ve parlaklık hataları kümenin hassas merkezî koordinatlarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Tablo 4.2: NGC 2158 açık kümesinin WEBDA (sütun 2-5) ve bu tez çalışmasında elde edilen hassas merkezî ekvatoral ve Galaktik koordinatları (sütun 6-9).

Küme (1)	α(2000) (h m s) (2)	δ(2000) (° ′ ″) (3)	*l* (°) (4)	*b* (°) (5)	α(2000) (h m s) (6)	δ(2000) (° ′ ″) (7)	*l* (°) (8)	*b* (°) (9)
NGC 2158	06 07 25.00	24 05 48.00	186.63	1.78	06 07 29.57	24 05 50.25	186.64	1.8

[2] SGT: http://cadcwww.dao.nrc.ca/, Kanada Astronomi Veri Merkezi

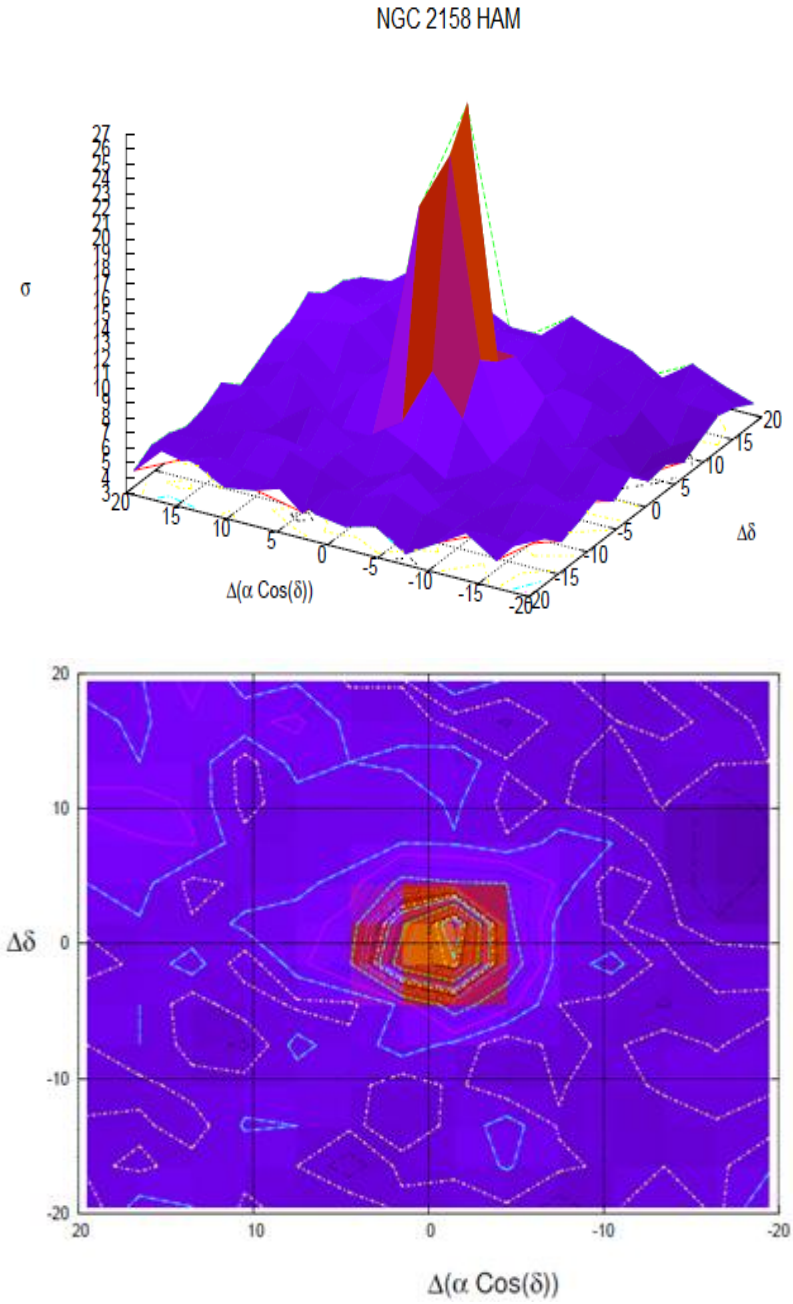
[3] http://ledas-www.star.le.ac.uk/DSSimage/



Şekil 4.2: NGC 2158 açık kümesinin I filtresindeki 25′x 25′ SGT alan görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.

2MASS JHK_s verilerinden küme üyelerinin (veya küme üyesi olması muhtemel tüm yıldızların) (J-H), ($J-K_s$), ($H-K_s$) renk indeksleri ve bunların hataları hesaplanmıştır. Bölüm 3.2.1'de verilen Bonatto ve Bica (2007a,b) tarafından tanımlanmış yönteme göre kümenin σ (yıldız/yaydakikası^2) – R olarak tanımlanan RYP'si belirlenmiştir. NGC 2158 kümesinin RYP yardımıyla yarıçapı R_{RYP} = 8′ ve kontrol alanı 40′- 50′ olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler yardımıyla Bölüm 3.2.1'de verilen Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi ile küme alan yıldızlarından temizlenmiş ve kümeye ait üyeler belirlenmiştir. Belirlenen küme üyesi yıldızlar için (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı çizilmiş ve buna göre bir renk-parlaklık filtresi oluşturulmuştur. NGC 2158 kümesinin filtrelenmiş verileri kullanılarak hassas ekvatoral merkezî koordinatları (α_{2000}, δ_{2000}) belirlenmiş ve Tablo 4.2'de sütun (6)-(9)'da verilmiştir.

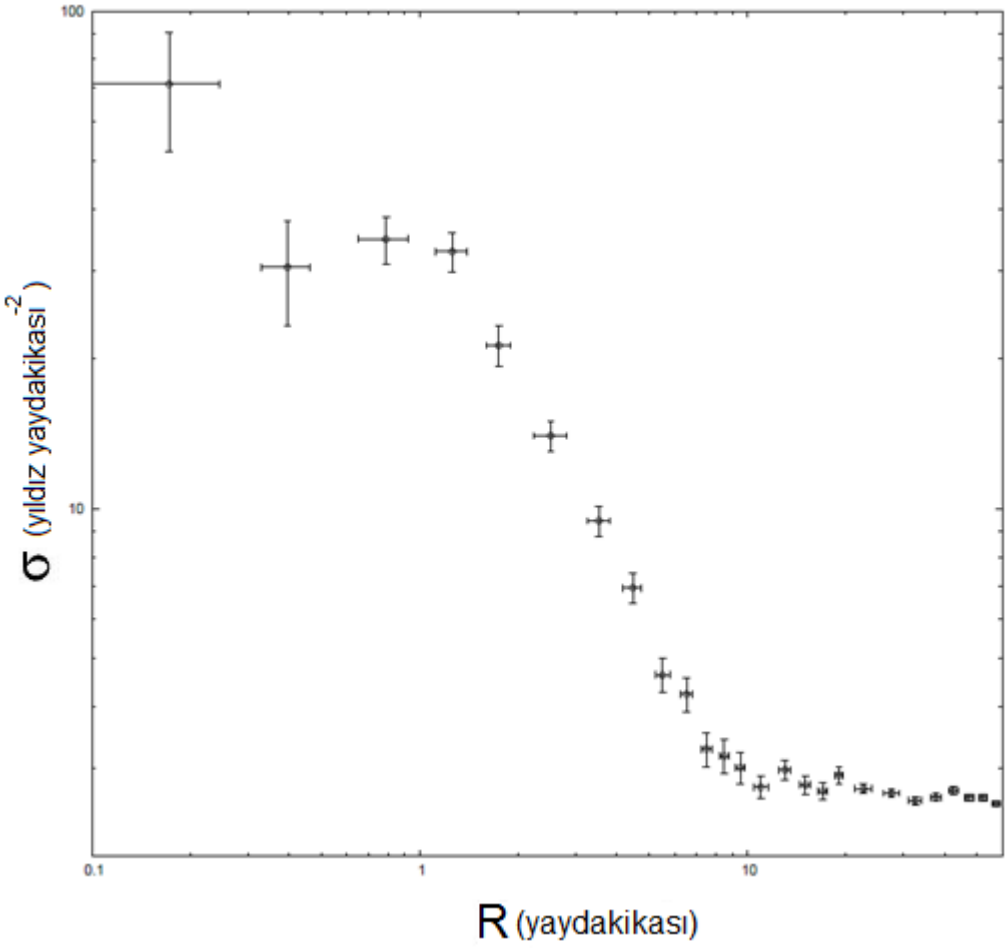
NGC 2158 açık yıldız kümesi için belirlenen hassas ekvatoral koordinatlara göre, 2MASS Tüm Gökyüzü Nokta Kaynak Kataloğu'ndan (Cutri ve diğ., 2003) JHK_s fotometrisine ait parlaklıklar ve bunların hataları yeniden indirilmiş ve (J-H), ($J-K_s$), ($H-K_s$) renkleri ve hataları hesaplanmıştır.



Şekil 4.3: Üst panel: NGC 2158 kümesine ait ham verinin yüzey-yoğunluk grafiği. Alt panel: Aynı veriye ait yüzey-kontur grafiği. Üst paneldeki renk ölçeği, koyu maviden açık kırmızya doğru, yıldız yoğunluğunun artışına karşılık gelmektedir. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.

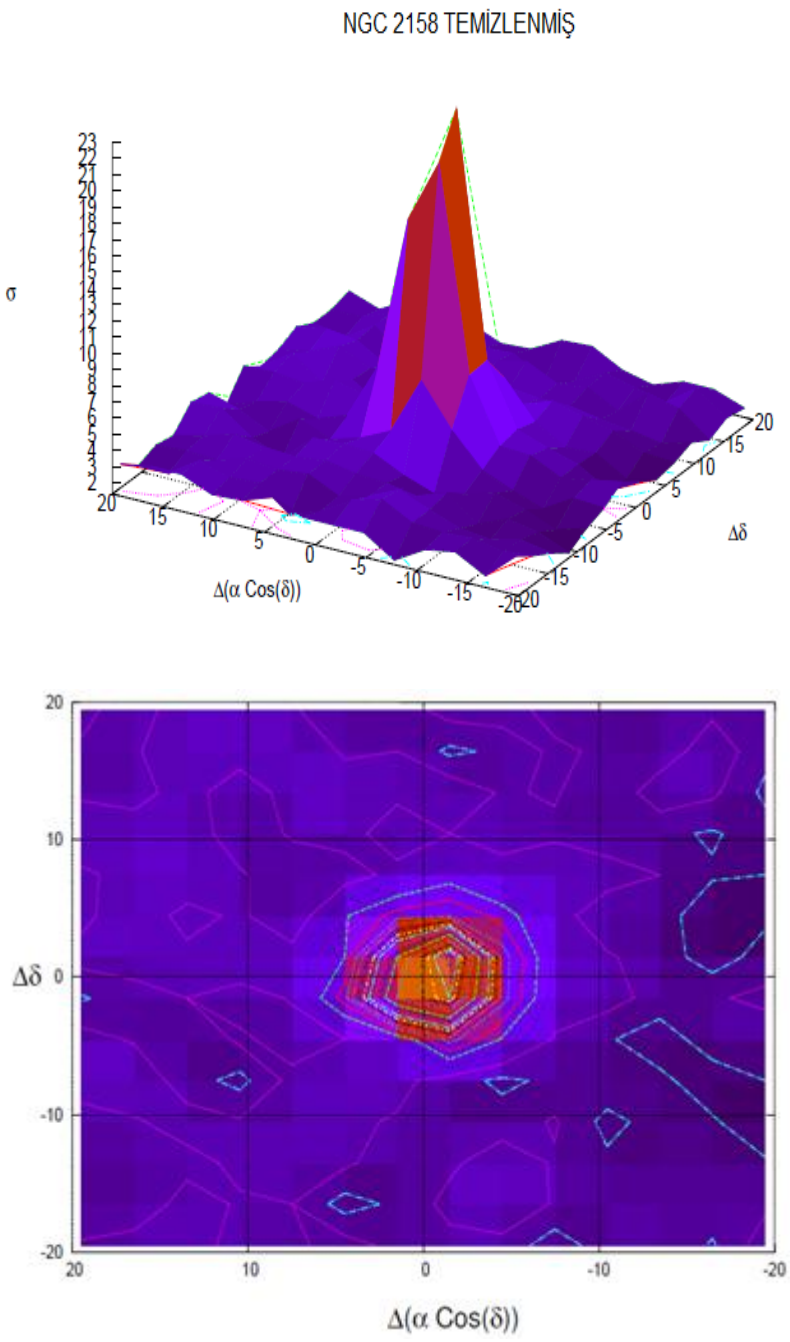
NGC 2158 açık yıldız kümesinin ham JHK_s verisi kullanılarak yüzey-yoğunluk [σ - $\Delta(\alpha$ Cos (δ)) - $\Delta\delta$] ve yüzey-kontur $\Delta\delta$ - $\Delta(\alpha$ Cos (δ)) grafikleri Şekil 4.3'de üst ve alt panellerde verilmiştir. Şekil 4.3'deki üst panelde, yüzey-yoğunluk grafiğindeki kırmızı yükselti küme üyelerinin sayı yoğunluğunu, mavi bölgeler ise alan yıldızlarının yoğunluğunu göstermektedir. Bununla birlikte kırmızı yükseltinin dışındaki bölgede bir miktar yoğunluk fazlalığı dikkati çekmektedir. Alt panelde verilen yüzey-kontur

grafiği, üst paneldeki yüzey-yoğunluk grafiğinin iki boyutlu gösterimidir. Alt paneldeki kırmızı bölge küme alanını, mavi bölge ise alan yıldızları bölgesini göstermektedir.



Şekil 4.4: NGC 2158 kümesine ait renk-parlaklık filtresi uygulanmış verinin RYP'si.

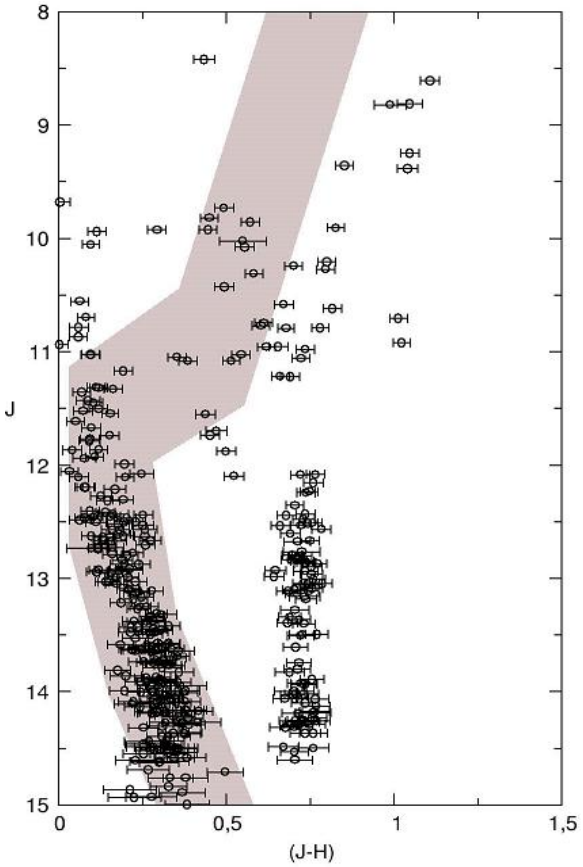
Hassas olmayan ekvatoral koordinatlar için (J-H) - J renk-parlaklık diyagramından belirlenen renk-parlaklık filtresi (Şekil 4.6'daki gölgeli bölge) doğru koordinatlar için indirilen J, H, K_s verilerine uygulanarak kümenin alan yıldızlarına göre kontrastı artırılmış ve RYP çizilmiştir (Şekil 4.4). Şekil 4.4'deki RYP yardımıyla kümenin nihaî yarıçapı R_{RYP} = 10′.99 ± 0′.56 (R_{RYP} = 14.03 ± 0.71 pc) ve kontrol alanı 45′- 60′ olarak belirlenmiştir. Bu değerler Ek Tablo-3'de sütun (6), (10) ve (11)'de verilmiştir.



Şekil 4.5: Üst panel: NGC 2158 kümesine ait temizlenmiş verinin yüzey-yoğunluk grafiği. Alt panel: Aynı veriye ait yüzey kontur grafiği. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.

Şekil 4.5'deki üst ve alt panelde, NGC 2158 açık yıldız kümesinin alan yıldızlarından arındırılmış J, H, K_s verisi kullanılarak çizilen yüzey-yoğunluk ve yüzey-kontur grafikleri gösterilmiştir. Ham veriyi temsil eden Şekil 4.3 ile kıyaslandığında, Şekil 4.5'de alanın sınırlarında gözlenen yıldız yoğunluğunun kaybolduğu dikkati çekmektedir. $R_{RYP} = 10'.99 \pm 0'.56$ ve kontrol alanına ait 45′ - 60′değerleri yardımıyla NGC 2158 kümesine üye yıldızları belirlemek için, Bölüm 3.2.1'de sunulan *J* kadiri, (J-H) ve ($J-K_s$) renklerini içeren üç boyutlu algoritma dikkate alınmıştır. Algoritma ile

(J-H) - J renk-parlaklık diyagramında kadir ve renkler, hücre boyutları J = 1.0 ve (J-H) = (J-K_s) = 0.15 olacak şekilde üç boyutlu hücrelere ayrılmıştır (Bakınız Bölüm 3.2.1'de Şekil 3.8). İlk olarak, renk-parlaklık diyagramı hücresinin başlangıcı J_o (genişliği ΔJ) alınmış, sonraki her hücre için hücre merkezi $J_o \pm 1/3\Delta J$ kadar kaydırılmıştır. Aynı işlem (J-H) ve (J-K_s) renk indekslerine de uygulanmış ve 27 çıktı elde edilmiştir. Muhtemel küme yıldızlarının ortalama sayısı $<N_{küme}>$ bu çıktılardan hesaplanmıştır. Elde edilen renk-parlaklık diyagramı en yüksek sayı frekansına sahip $<N_{küme}>$ yıldızlarını içermektedir. Alan yıldızlarının temizlenmesinden sonra renk-parlaklık diyagramında kalan yıldızlar, alana göre açık bir yıldız yoğunluğu fazlalığı gösteren hücrelere ait yıldızlardır. Bu nedenle kümeye ait olma ihtimalleri çok fazladır. Her bir hücre için Bölüm 3.2.1'deki üyelik ihtimali formulü ile *P* değerleri hesaplanmıştır. Alan yıldızlarının küme üyesi yıldızlardan fazla olduğu hücrelerde ihtimal sıfır çıktığından bu hücrelerden küme yıldızı alınmamıştır.



Şekil 4.6: NGC 2158 kümesine ait (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı. Gölgeli kısım uygulanan renk-parlaklık filtresini göstermektedir.

NGC 2158 açık yıldız kümesine ait (J-H) - J renk-parlaklık diyagramını alan yıldızlarından temizlemek için, kontrol alanına ait renk-parlaklık diyagramında her bir

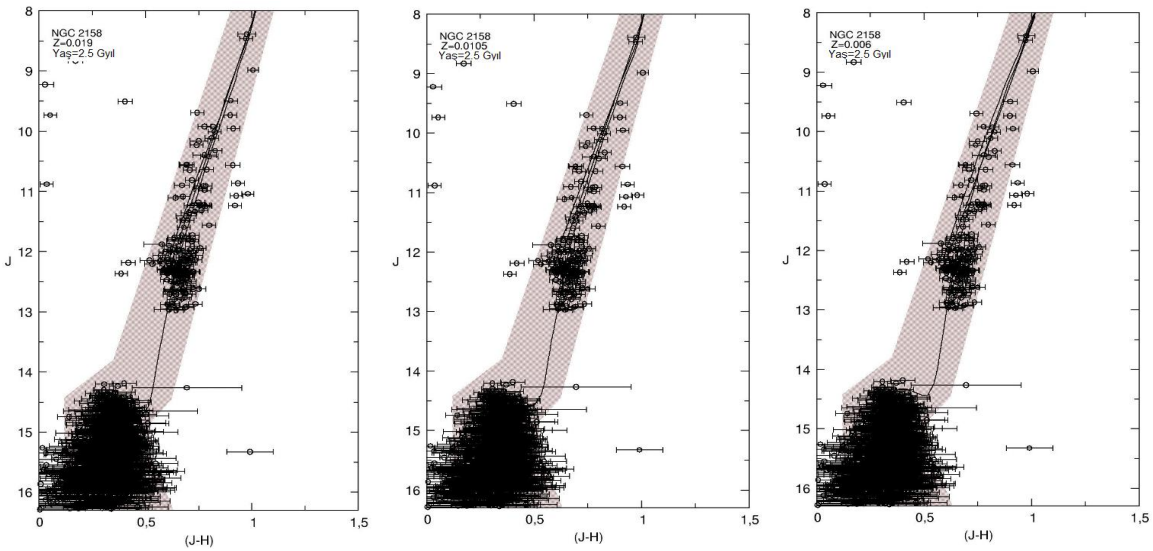
hücrede bulunan yıldız sayısı kadar yıldız, NGC 2158 kümesine ait ham veri kullanılarak çizilen renk-parlaklık diyagramında aynı değerlere karşılık gelen hücreden çıkarılmıştır. Bu işlem yapılırken küme merkezine en uzak yıldızdan başlanmıştır. Bunun nedeni küme merkezinden uzaklaştıkça yıldızın kümeye üyelik ihtimalinin azalmasıdır.

Diğer 39 kümenin alan yıldızlarından temizlenmesi ve küme üyelerinin belirlenmesi, yukarıda NGC 2158 kümesi için verilen yönteme göre yapılmıştır. 39 kümenin SGT görüntüleri, yüzey-yoğunluk ve yüzey-kontur grafikleri, (J-H) - J renk-parlaklık diyagramları, Ek kısmında, Ek Şekil 1A - 40A ve Ek Şekil 1B-40B.a-d'de verilmiştir. Diğer 39 kümeye ait belirlenen doğru merkezi ekvatoral ve galaktik koordinatlar WEBDA'ya ait koordinatlar ile birlikte Ek Tablo-1'de verilmiştir.

4.3. AÇIK KÜMELERİN TEMEL ASTROFİZİKSEL PARAMETRELERİ

40 açık yıldız kümesinin E(J-H) renk artıkları, yaşları (Gyıl) ve $(m-M)_J$ uzaklık modülleri, (J-H) - J renk-parlaklık diyagramının Padova eşyaş eğrileri ile çakıştırılmasından eş zamanlı olarak tayin edilmiştir. Bu yöntem burada örnek olarak sadece NGC 2158 açık kümesi için verilmiştir. JHK_s filtreleri metal bolluğuna çok fazla duyarlı olmadığından, NGC 2158 açık yıldız kümesinin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında temel astrofiziksel parametrelerini doğru belirleyebilmek için, Z=0.019 ([Fe/H] = 0 dex), Z = 0.0105 ([Fe/H] = -0.25 dex), Z = 0.006 ([Fe/H] = -0.5 dex) ağır element bollukları ve bunlara karşılık gelen metal bollukları için üretilen Padova eşyaş eğrileri, kümenin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı ile çakıştırılmıştır (Şekil 4.7.a-c). NGC 2158 kümesinin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında çakıştırma yapılırken, Bölüm 3.2.2'de anlatıldığı gibi, Padova eşyaş eğrisi apsis ve ordinat eksenleri boyunca en iyi uyum sağlanana kadar kaydırılarak renk artığı E(J-H), yaş ve uzaklık modülü $(m-M)_J$ belirlenmiştir.

Şekil 4.7'deki gölgeli alan, oluşturulan renk-parlaklık filtresini göstermektedir (Bakınız Bölüm 3.2.1'de Şekil 3.4). Çakıştırmada kümenin dönüm noktasına (DN) ve KY/KD yıldızlarına ağırlık verilmesine dikkat edilmiştir. 40 kümenin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında anakol, çift ve çoklu bileşenlere sahip yıldızlar tarafından sönük kırmızı renk indekslerinde 0.75 kadir kadar genişlediğinden, teorik eşyaş eğrileri anakol ile çakıştırılırken, anakolun daha parlak (mavi) tarafına ağırlık verilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.7: Padova eşyaş eğrilerinin alan yıldızlarından temizlenmiş (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı ile çakıştırılması .Düz çizgi, Z = 0.019 ([Fe/H] = 0 dex); Z=0.0105 ([Fe/H] = -0.25 dex); Z=0.006 ([Fe/H]=-0.5 dex) ağır element ve metal bolluğu için 2.5 Gyıl eşyaş eğrisini temsil etmektedir.

NGC 2158 kümesinin E(J-H) renk artığı, Bölüm 3.2.2'de verilen 3.3 ve 3.4 formülleri yardımıyla E(B-V) ve A_V'ye dönüştürülmüştür.

Şekil 4.7.a-c'de, Z = 0.019, Z = 0.0105 ve Z = 0.006 ağır element bollukları için üretilmiş 2.5 Gyıl'lık eşyaş eğrisinin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramı ile çakıştırılmasında üç durum için de uyum görülmüştür. Bu durum J, H, K_s filtrelerinin ağır element bolluğuna olan duyarsızlığından ileri gelmektedir. Daha detaylı bir değerlendirme ile Z = 0.019 Güneş bolluğuna ait teorik eşyaş eğrisinin, kümenin (J-H) - J diyagramı ile en uygun çakışmayı verdiği bulunmuştur. Z= 0.019 bolluğuna ait eşyaş eğrisi ile çakıştırmada, kümenin yaşı 2.5 Gyıl olarak belirlenmiştir.

NGC 2158 kümesinin helyosentrik (Güneş'ten) *d* uzaklığı, Bölüm 3.2.2'deki (3.5) bağıntısı yardımı ile uzaklık modülünden itibaren, Galaksi merkezine R_{GC} uzaklığı ise Bölüm 3.3.5'de verilen (3.16) bağıntısı yardımı ile kümenin *d* uzaklığından itibaren hesaplanmıştır.

NGC 2158 kümesinin üç farklı ağır element bolluğu için bulunan E(J-H), E(B-V), Yaş, $(m-M)_J$, *d* ve R_{GC} değerleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

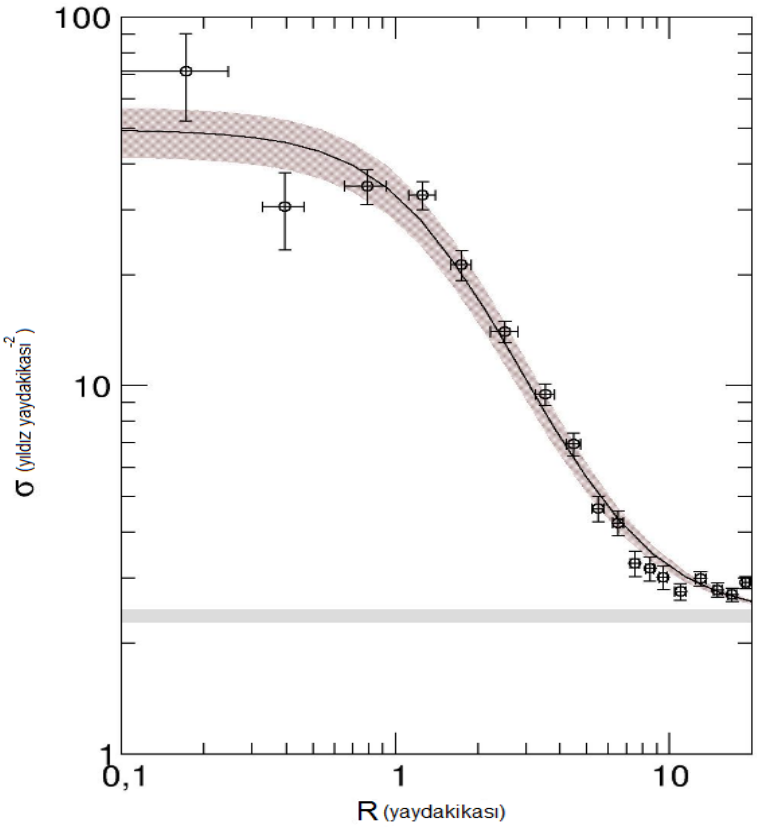
Tablo 4.3: NGC 2158 açık kümesinin temel astrofiziksel parametreleri:E(J-H), E(B-V), (m-M)j, d, R_{GC}. Koyu değerler tercih edilen bulguları göstermektedir.

	E(J-H)	E(B-V)	Yaş(Gyıl)	(m-M)j	d(kpc)	R_{GC}(kpc)
Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.05±0.01**	**0.16±0.03**	**2.5±0.3**	**13.21±0.1**	**4.39±0.21**	**11.59±0.21**
Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.09±0.01	0.29±0.03	2.5±0.3	13.02±0.1	3.98±0.19	11.19±0.19
Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.12±0.01	0.38±0.03	2.5±0.3	12.87±0.1	3.75±0.18	10.95±0.18

Çalışmamızda incelenen diğer 39 açık yıldız kümesinin E(J-H) ve E(B-V), Yaş, $(m-M)_J$, *d* ve R_{GC} değerleri yukarıda NGC 2158 kümesinde anlatıldığı gibi belirlenmiş ve Ek Tablo- 2'de verilmiştir.

4.4. AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

NGC 2158 açık yıldız kümesinin yapısal parametreleri, iki parametreli King yüzey-yoğunluk profilinin renk-parlaklık filtresi uygulanmış RYP ile fit edilmesi sonucu elde edilmiştir. Bölüm 3.2.3'de (3.7) bağıntısı ile verilen King yasası, RYP ile fit edilmiş ve elde edilen değerler Tablo 4.4'de verilmiştir. Tablo 4.4'de σ(R), yıldız yüzey-yoğunluk profili olup birimi yıldız/yaydakikası^2'dir. σ_{bg} alan yıldızlarının zemin yüzey yoğunluğunu, σ_{0K} küme yıldızlarının merkezî yoğunluğunu, R_{KOR} kor yarıçapını göstermektedir. Küme yarıçapı (R_{RYP}), yıldız yoğunluğunun alan yıldızları ile yaklaşık aynı seviyeye geldiği uzaklığa karşılık gelir. R_{KOR} ve R_{RYP}'nin birimi pc veya yaydakikası olarak verilmektedir.



Şekil 4.8: King bağıntısı uygulanmış RYP (içi boş daireler). Düz çizgi King profilini, yatay gri renkli bölge zemin yüzey yoğunluğunu, gölgeli alan ise ±1s belirsizliğini göstermektedir.

Şekil 4.8'de NGC 2158 açık kümesine ait RYP ve buna uygulanan King fiti (katı çizgi) gösterilmiştir. King fitine ait korelasyon katsayısı 0.97'dir. Şekil 4.8'de, gölgeli alan ±1s belirsizliğini, yatay gri bölge zemin yüzey yoğunluğunu göstermektedir. Şekil

4.8'deki RYP'ye King profili uygulanmasından kor yarıçapı değeri yaydakikası (′) ve pc biriminde sırasıyla, $R_{KOR} = 1'.36 \pm 0'.16$ ve $R_{KOR} = 1.74 \pm 0.2$ pc olarak elde edilmiştir. NGC 2158 kümesi için belirlenen R_{RYP}, R_{KOR}, $\sigma(R)$, σ_{bg} ve σ_{0K} yapısal parametreleri Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: NGC 2158 açık yıldız kümesinin yapısal parametreleri. Sütunlar sırasıyla, (1): 1′ nın pc biriminde değeri, (2): küme merkezinin pc^2 başına sayı yoğunluğu, (3): pc^2 başına zemin yüzey yoğunluğu, (4): kümenin kor yarıçapının pc biriminde büyüklüğü, (5): kümenin yarıçapının pc biriminde büyüklüğü, (6,7,8,9): Aynı değerlerin (′) biriminde karşılıkları, (10): kontrol alanı, (11): korelasyon katsayısı. * simgesi yıldız sayısını göstermektedir.

(1′) pc (1)	σ_{0K} ($*pc^{-2}$) (2)	σ_{bg} ($*pc^{-2}$) (3)	R_{KOR} (pc) (4)	R_{RYP} (pc) (5)	σ_{0K} ($*'^{-2}$) (6)	σ_{bg} ($*'^{-2}$) (7)	R_{KOR} (′) (8)	R_{RYP} (′) (9)	ΔR (′) (10)	KK (11)
1.27	28.85±4.67	1.45±0.06	1.74±0.2	14.03±0.71	47.05±7.61	2.37±0.1	1.36±0.16	10.99±0.56	45-60	0.97

Bu tez çalışmasında incelenen diğer 39 açık yıldız kümesinin yapısal parametreleri NGC 2158 kümesi için yukarıda anlatılan yöntemle belirlenmiş ve Ek Tablo-3'de verilmiştir.

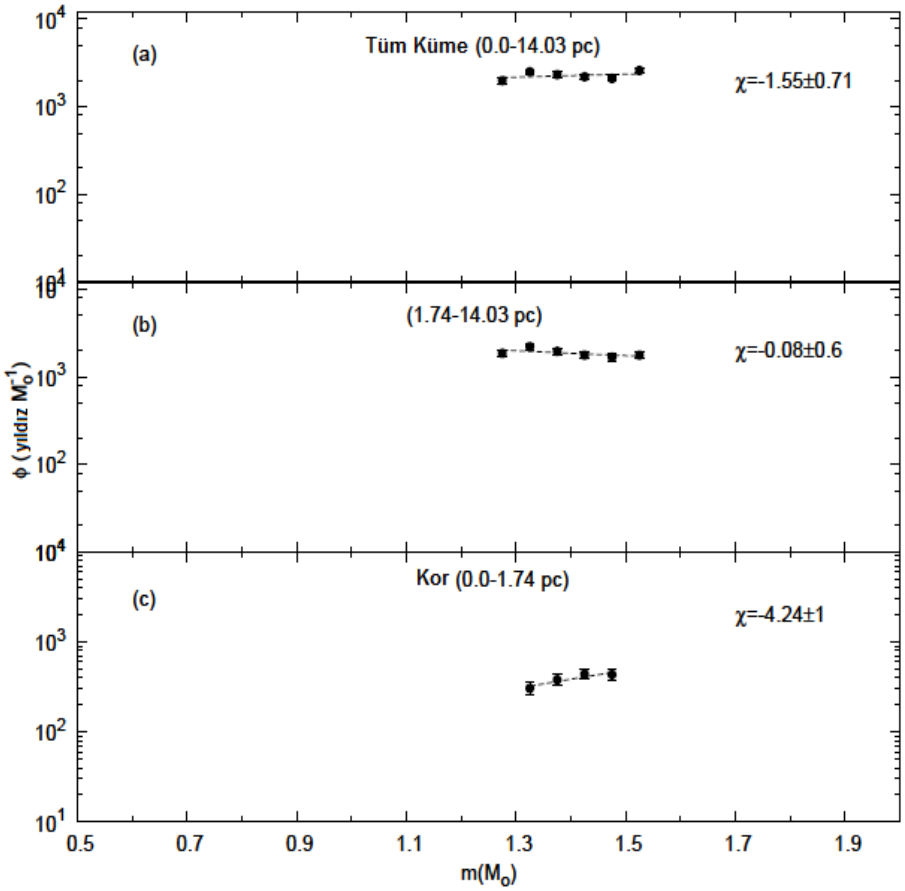
4.5. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE VE KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİNİN TAYİNİ

Şekil 4.7'deki (J-H) - J renk-parlaklık diyagramındaki NGC 2158 kümesine ait üye yıldızların kütlelerinin tayini, Bölüm 3.2.4'de verilen yönteme göre (J-H) - J renk-parlaklık diyagramındaki anakol (M_{AK}) ve evrimleşmiş (M_{EV}) yıldızların kütle-ışıma gücü ilişkisinden itibaren, kümenin üç bölgesi (kor, halo ve tüm küme) için elde edilmiştir. Tablo 4.5'de sütun (1)'de verilen kümenin üç bölgesi için, evrimleşmiş (M_{EV}) ve anakol ve evrimleşmiş ($M_{AK} + M_{EV}$) durum için kütle değerleri sütun (3) ve (6)'da verilmiştir.

2MASS derin bir gökyüzü taraması olmadığından, kümenin renk artığı ve uzaklığına bağlı olmakla birlikte, $\sim 0.5\ M_{\odot}$ den küçük kütleli küme yıldızları gözlenemediğinden bu yıldızların kütle tayini için ekstrapolasyon yapılmıştır. $0.08\ M_{\odot} < m < 0.5\ M_{\odot}$ kütle aralığındaki yıldızlar için yapılan ekstrapolasyon sonucu elde edilen yıldız sayısı ve toplam kütle değerleri ($M_T = M_{AK} + M_{EV} + M_{EK}$) evrimleşmiş yıldızlar ile birlikte kümenin üç bölgesi için, Tablo 4.5'in altında sütun (6)'da verilmiştir. Sütun (2) ve (5) ile alt sırada sütun (5)'de verilen N, kümenin üç bölgesi için, (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında, sırasıyla evrimleşmiş yıldızların, anakol yıldızları ve evrimleşmiş yıldızların ve ekstrapole edilen ile anakol + evrimleşmiş yıldızların toplam sayısını ifade etmektedir.

Tablo 4.5: NGC 2158 kümesinin kütle fonksiyonundan elde edilen değerler. Sütunlar sırasıyla, (1): Kümenin kor, halo ve kümenin tamamına ait pc cinsinden büyüklüklerini (2): Bu bölgelerdeki evrimleşmiş yıldız sayılarını, (3): Her bir bölgedeki evrimleşmiş yıldızların $M_{\odot}$ cinsinden toplam kütlelerini (4): Bölgelerin kütle fonksiyonu eğimlerini, (5): Bölgelerdeki anakol ve evrimleşmiş yıldız sayılarını, (6): Bölgelerdeki anakol ve evrimleşmiş yıldızların $M_{\odot}$ cinsinden toplam kütlelerini, (7): Anakol ve evrimleşmiş yıldızların pc^3 başına $M_{\odot}$ cinsinden hacimsel kütle yoğunluğunu göstermektedir. Alttaki (8), (9), (10) sütunlarında sunulan bilgiler, ekstrapolasyon ile elde edilen ve evrimleşmiş yıldızlara ait değerleri göstermektedir.

	Evrimleşmiş		χ	Anakol+Evrimleşmiş		
Bölge (pc)	N	M_{EV}	1.28-1.53	N	$M_{AK}+M_{EV}$	ρ
(1)	(yıldız) (2)	(10^1 $M_{\odot}$) (3)	(4)	(10^2yıldız) (5)	(10^2 $M_{\odot}$) (6)	(7)
0.0-1.74	57±8	8.7±1.2	-4.24±1	1.9±0.11	2.74±0.91	12.4±4.12
1.74-14.03	203±22	30.8±3.3	-0.08±0.6	8.39±0.31	12±2.56	0.1±.0.02
0.0-14.03	260±23	39.6±3.5	-1.55±0.7	10.3±0.33	14.7±3.69	1.27±0.04
				Ekstrapole edilmiş+Evrimleşmiş		
Bölge (pc)				N	M_T	ρ
				(10^2yıldız) (8)	(10^2 $M_{\odot}$) (9)	(10)
0.0-1.74				4.21±0.82	5.21±1.2	23.6±5.7
1.74-14.03				-	-	-
0.0-14.03				-	33.4±26	0.29±0.2



Şekil 4.9: NGC 2158 kümesinin üç ayrı bölgesi için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen kütle fonksiyonu eğimi. Paneller aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla kor, halo ve kümenin tamamını göstermektedir.

Şekil 4.9'da NGC 2158 kümesinin üç farklı küme bölgesi için Φ (yıldız/$M_{\odot}$) - m ($M_{\odot}$) ilişkisi verilmiştir. Bölüm 3.2.4'de anlatıldığı gibi, Φ belirli kütle aralıklarındaki yıldızların sayısı olup, Φ(yıldız/$M_{\odot}$) - m($M_{\odot}$) ilişkisi kütle fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır.

Kütle fonksiyonu eğimini (χ) NGC 2158 kümesinin Şekil 4.9.a-c'de verilen kütle fonksiyonundan tayin etmek için, Bölüm 3.2.4'deki (3.8) bağıntısı kullanılmıştır. Bu bağıntı yardımıyla kütle fonksiyonu eğimi (χ) üç farklı bölge, kor (0.0 - 1.74 pc), halo (1.74 - 14.03 pc) ve tüm küme (0.0 - 14.03 pc) için hesaplanmıştır. Şekil 4.9'da gösterilen kesikli çizgi, NGC 2158 kümesinin üç bölgesi için, χ ve kütle aralığı değerleri yardımı ile, Bölüm 3.2.4'deki (3.8) bağıntısı kullanılarak hesaplanan fiti göstermektedir.

NGC 2158 kümesinin χ değerleri kor, halo ve tüm küme için sırasıyla, $\chi = -4.24\pm1$, $\chi = -0.08\pm0.6$ ve $\chi = -1.55\pm0.71$ elde edilmiş ve Tablo 4.5'deki sütun (4)'de verilmiştir.

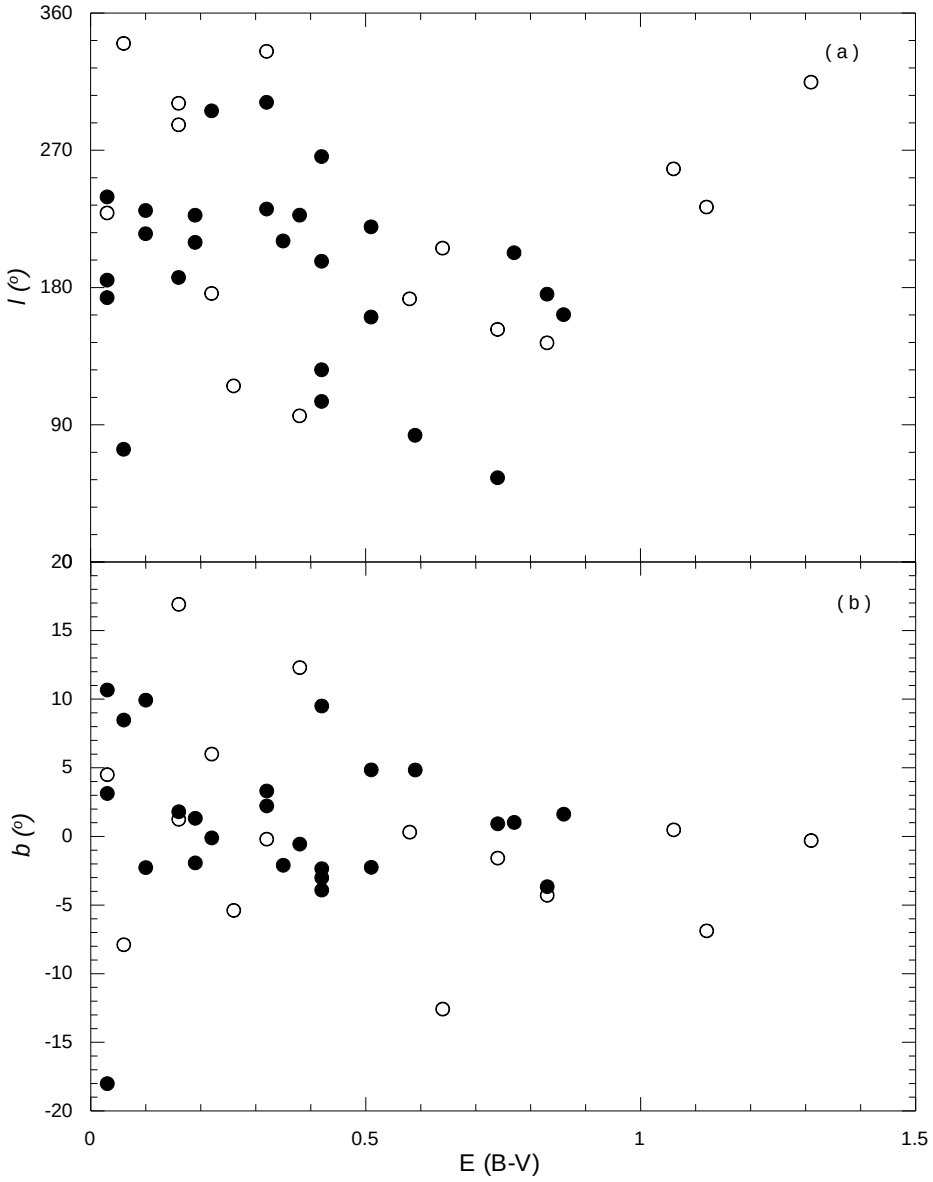
Hacimsel kütle yoğunluğu (ρ), Bölüm 3.3.4'de verilen bağıntılar ile hesaplanmış olup Tablo 4.5'de anakol + evrimleşmiş küme üyeleri için sütun (7)'de ve ekstrapole edilmiş + anakol + evrimleşmiş küme yıldızları için ise Tablo 4.5'in alt kısmında sütun (7)'de verilmiştir.

Bu doktora tez çalışmasında incelenen diğer 39 açık yıldız kümesinin farklı bölgeleri için tayin edilen kütle, kütle fonksiyonu eğimi, yıldız sayısı ve hacimsel kütle yoğunluğu parametrelerine ait değerler, evrimleşmiş, anakol+evrimleşmiş ve ekstrapole edilmiş + evrimleşmiş+anakol durumları için Ek Tablo-4'de verilmiştir.

39 kümenin Φ (yıldız/$M_{\odot}$) – m($M_{\odot}$) kütle fonksiyonlarına ait grafikler Şekil Ek1B-40B' de kor, halo ve tüm küme bölgeleri için verilmiştir.

4.6. AÇIK KÜMELERİN RENK ARTIĞI DEĞERLERİNİN SFD TOZ HARİTALARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

40 açık yıldız kümesinin E(J-H) renk artığı değerleri, Bölüm 3.2.2'de verilen yönteme göre 2MASS JHK_s fotometrik verilerinden itibaren (J-H) - J renk-parlaklık diyagramlarının Padova eşyaş eğrileriyle çakıştırılması sonucu elde edilmiştir. E(J-H) renk artığı değerleri Bölüm 3.2.2'deki (3.4) bağıntısı yardımıyla E(B-V)'ye dönüştürülmüştür.



Şekil 4.10: 40 açık yıldız kümesinin Güneş'e uzaklığın (d)fonksiyonu olarak E(B-V) – l(°) (panel a) ve E(B-V) – b(°) (panel b) ilişkisi. İçi boş daireler d = [0, 2.1] kpc, içi dolu daireler d = (2.1, 5.42] kpc uzaklık aralığını temsil etmektedir.

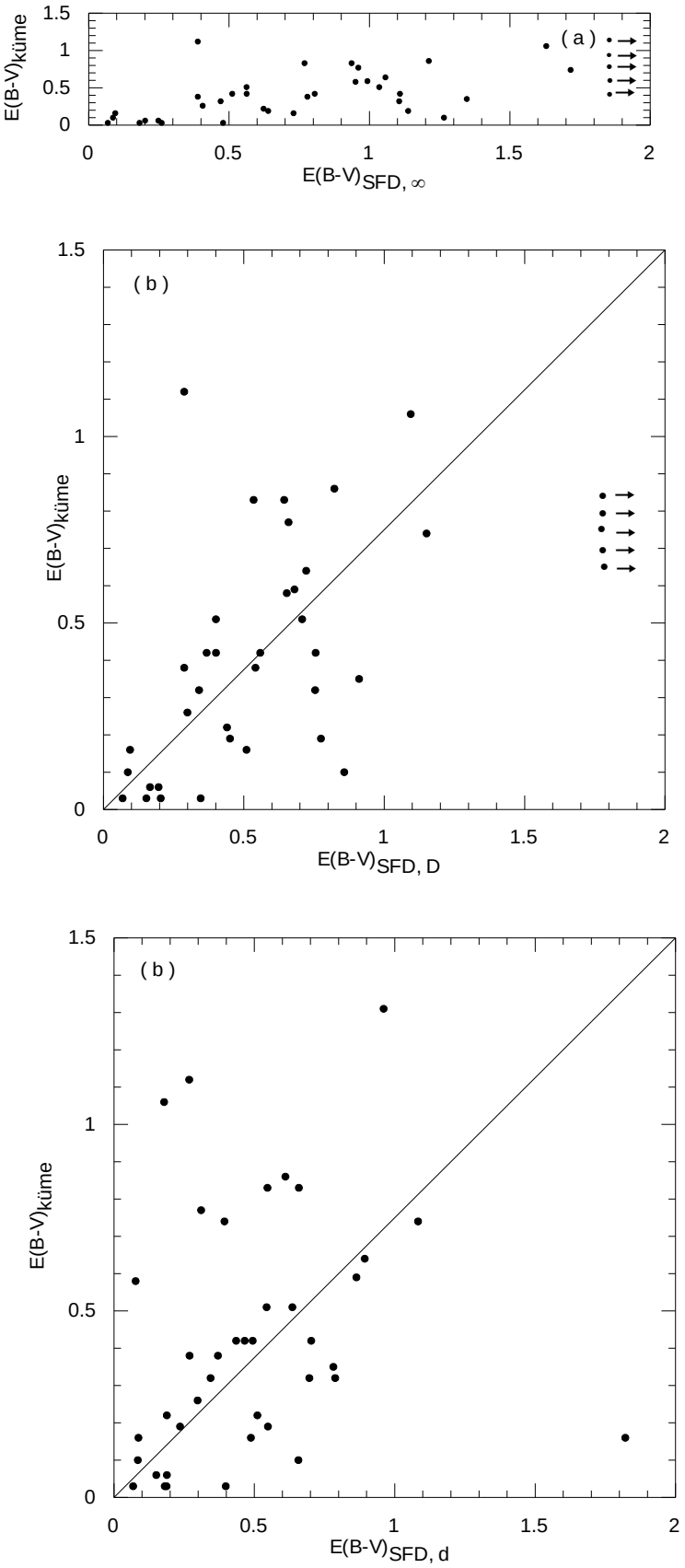
40 açık yıldız kümesinin E(B-V) değerlerinin helyosentrik uzaklığın fonksiyonu olarak Galaktik koordinatlara (l, b) göre dağılımı Şekil 4.10.a ve Şekil 4.10.b'de verilmiştir. Şekil 4.10'da içi boş daireler d = [0, 2.1] kpc, içi dolu daireler ise d = (2.1, 5.42] kpc uzaklık aralığını temsil etmektedir. Şekil 4.10.a-b'deki 40 kümenin renk artığı değerleri $0.03 \leq E(B-V) \leq 1.31$ kadir, Galaktik boylamı $55^o \leq l \leq 340^o$, Galaktik enlemi ise $-20^o \leq b \leq +20^o$ arasındadır. Şekil 4.10.a'dan görüleceği gibi, $0.03 \leq E(B-V) \leq 1.31$ kadir aralığında E(B-V)'lerin dağılımı Galaktik boylama göre bir ilişki göstermemektedir. Kümelerin çoğunluğu $|b| \leq 10^o$'de yer almaktadır (Şekil 4.10.b). Şekil 4.10.b'de, $|b| > 10^o$ Galaktik enlemlerde $E(B-V) < 0.20$ kadir renk artığı değerlerine sahip dört küme dikkati çekmektedir.

$0.50 < E(B-V) \leq 1.31$ kadir renk artığı değerlerine sahip kümeler genelde $0^o \leq |b| \leq 5^o$ arasında yer almaktadırlar. $E(B-V) > 1$ renk artığı değerlerine sahip üç küme Pismis 3, Pismis 19 ve To 2 olup $233^o \leq l \leq 315^o$ Galaktik boylamı ile $0^o.3 \leq |b| \leq 6^o.88$ Galaktik enlemi arasında yer almaktadırlar.

Şekil 4.10.a-b'den, kümelerin E(B-V) renk artığı dağılımının helyosentrik uzaklık ile ilişkili olmadığı görülmektedir. $d \leq 2.1$ kpc ve $d > 2.1$ kpc uzaklıktaki kümeler Galaktik enlem ve Galaktik boylama göre $0.03 \leq E(B-V) \leq 1.31$ kadir aralığındaki renk artığı değerlerine sahip olabilmektedir.

Şekil 4.10.a-b'de görülen $E(B-V) > 0.70$ kadir renk artığı değerlerine bu kümelerin önünde yer alan bulutsular da neden olmaktadır (Bica ve diğ. 2006). Tablo 5.8'den de görüleceği gibi, $E(B-V) > 0.70$ kadir olan ve önünde bulutsu olan kümeler Trumpler 5 (LDN 1613 bulutsusu), Pismis 3 ([DB2002b] G256.07-2.11 bulutsusu), Pismis 19 ([DB2002b] G334.71-0.38 bulutsusu) ve Be 17'dir (LDN 1519 bulutsusu). Bununla birlikte literatürde bu bulutsuların uzaklık değerleri mevcut değildir.

Şekil 4.10.a-b'de, $E(B-V) > 0.70$ kadir renk artığı değerlerine sahip olan ve spiral kol üzerinde bulunan kümeler NGC 6802 (Sagittarius - Carina kolu) ve King 5'dir (Orion - Cygnus kolu).



Şekil 4.11: 40 açık yıldız kümesinin $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,\ \infty}$ (panel a), $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,\ D}$ (panel b) $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,\ d}$ (panel c) renk artığı ilişkileri. Panel (a) ve (b) de yatay eksenin sınırlarının ötesinde kalan 5 küme ok işaretleri gösterilmiştir. Çizgi 1 - 1 ilişkisini göstermektedir.

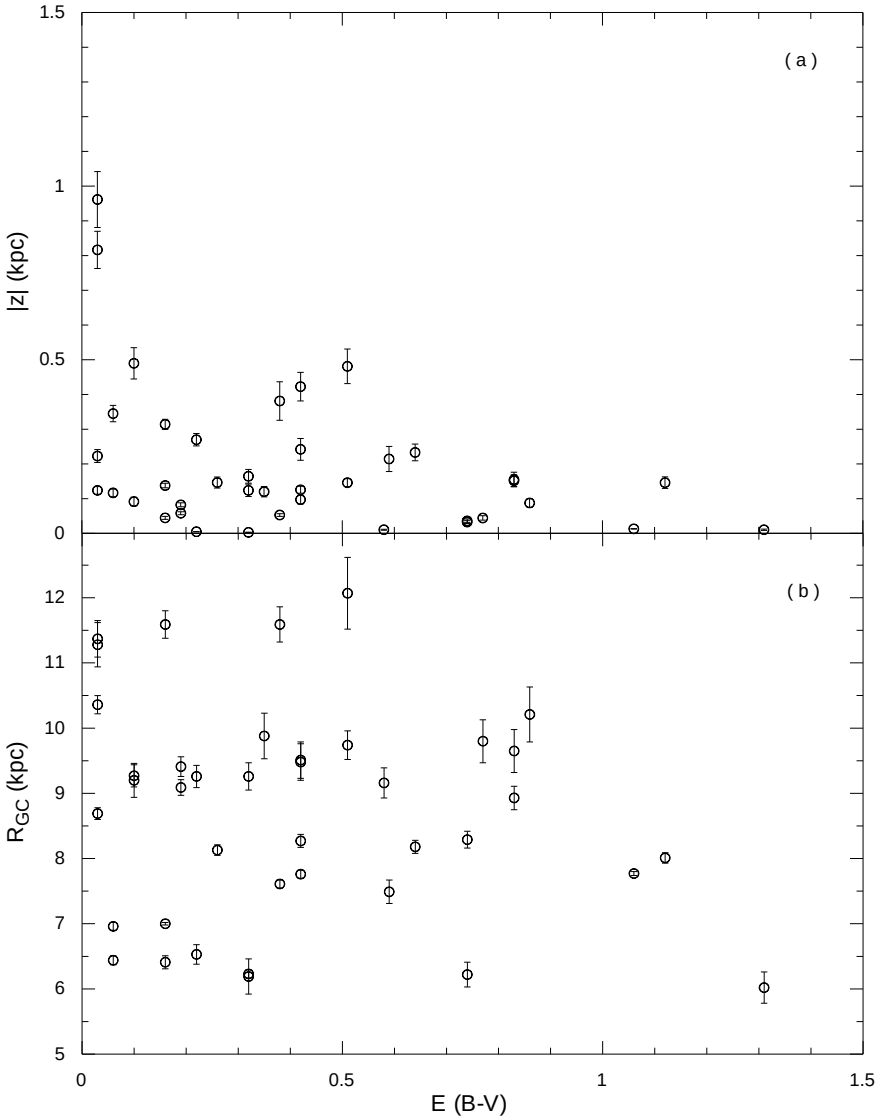
40 kümenin E(B-V) renk artığı değerlerinin SFD toz haritalarından bulunan sonsuz uzaklık için $E(B-V)_{SFD,\infty}$ değerleri ile karşılaştırılması Şekil 4.11.a-c'de verilmiştir. SFD toz haritalarından elde edilen sonsuz uzaklıktaki $E(B-V)_{SFD,\infty}$ renk artığı değerleri Bölüm 3.2.2'de verilen (3.6) bağıntıları yardımı ile düzeltilerek, $E(B-V)_{SFD,D}$ değerleri elde edilmiştir. Bu düzeltilmiş $E(B-V)_{SFD,D}$ değerleri, Bölüm 3.2.2'deki (3.6) bağıntısı ile küme-Güneş uzaklığına indirgenmiş ve $E(B-V)_{SFD,d}$ değerleri elde edilmiştir.

Şekil 4.11.a 40 açık yıldız kümesinin $E(B-V)_{SFD,\infty}$ - $E(B-V)_{küme}$ ilişkisinde, kümelerin (J-H) - J renk-parlaklık diyagramından elde edilen renk artığı değerleri, $0.03 \leq E(B-V) \leq 1.31$ kadir, SFD toz haritalarından elde edilen renk artığı değerleri ise $0.07 \leq E(B-V)_{SFD,\infty} \leq 25.81$ kadir arasındadır. Yedi küme için farklar $\Delta E(B-V) \leq 0.10$ kadirdir. Burada $\Delta E(B-V) = E(B-V)_{küme} - E(B-V)_{SFD,\infty}$ dir. 33 küme için $\Delta E(B-V) > 0.10$ kadirdir. Panel (a) da $E(B-V)_{SFD,\infty} > 2$ kadir olan beş küme sunumdan dolayı ok sembolü ile gösterilmiştir.

Şekil 4.11.b'deki $E(B-V)_{küme}$ - $E(B-V)_{SFD,D}$ ilişkisinde, 13 kümenin küme ve düzeltilmiş renk artığı değerleri arasında farklar $\Delta E(B-V) \leq 0.10$ kadirdir. 27 küme için bu iki renk artığı değeri arasındaki fark $\Delta E(B-V) > 0.10$ kadirdir. Paunzen ve Netopil (2006) tarafından açık kümelerin % 90'ı için verilen $\sigma_{E(B-V)} < 0.10$ kadir değeri $\Delta E(B-V)$ renk artığı farklarında kıyas için dikkate alınmıştır. Panel (b) de $E(B-V)_{SFD,D} > 2$ kadir olan beş küme sunumdan dolayı ok sembolü ile gösterilmiştir.

Şekil 4.11.c'de, küme-Güneş uzaklığına indirgenmiş renk artığı değerleri, $0.07 \leq E(B-V)_{SFD,d} \leq 1.26$ kadir arasındadır. 13 küme için renk artığı farkları $\Delta E(B-V) \leq 0.10$ kadirdir. Kalan 27 küme için renk artığı farkları $\Delta E(B-V) > 0.10$ kadirdir.

Şekil 4.12.a'da $E(B-V) - |z|$ (kpc) ilişkisinde, büyük ve küçük E(B-V) renk artığına sahip kümelerin çoğunluğunun $|z| < 0.5$ kpc uzaklığında, $E(B-V) < 0.10$ kadir değerine sahip iki kümenin ise $|z| > 0.5$ kpc uzaklığında yer aldığı görülmektedir. Şekil 4.12.b'de E(B-V) ile R_{GC} (kpc) arasında bir korelasyon görülmemektedir.



Şekil 4.12: 40 açık yıldız kümesinin E(B-V) – |z| (panel a) ve E(B-V) – R_{GC} (panel b) ilişkisi.

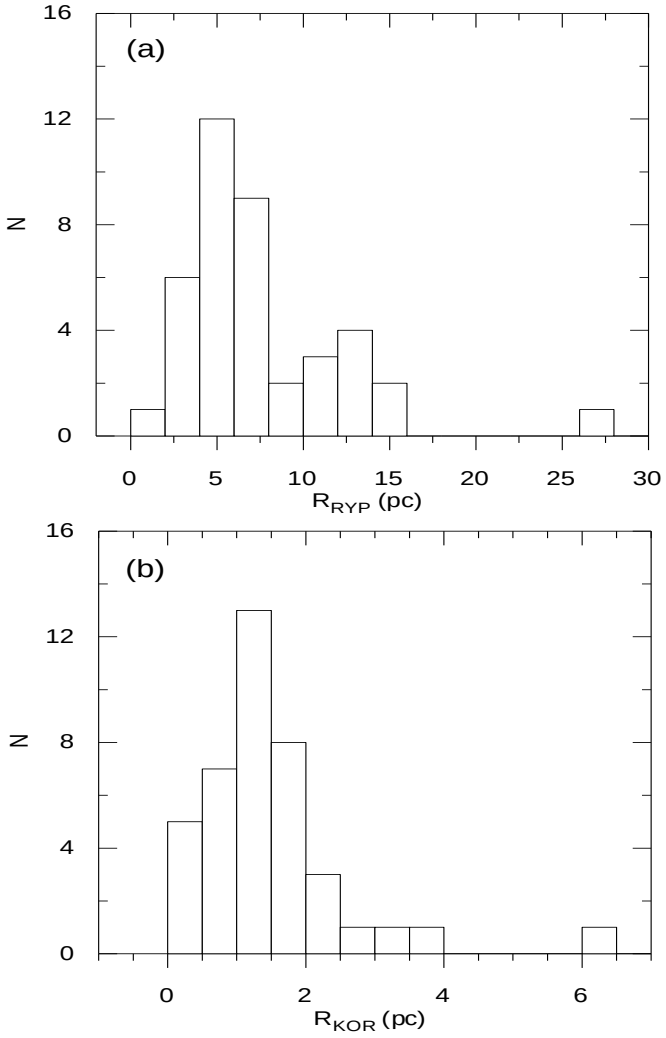
5. SEÇİLMİŞ GALAKTİK AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN DİNAMİK EVRİMİ

Bu kısımda 40 açık yıldız kümesine ait yapısal parametreler olan küme yarıçapı R_{RYP}, küme kor yarıçapı R_{KOR}, küme kütlesi *m*, kütle fonksiyonu eğimi χ, gevşeme zamanı t_g ve evrimsel parametre (τ) arasındaki ilişkiler ortaya konmuş ve kümelerin dinamik evrimi çalışılmıştır. Bu dinamik parametreler ile kümelerin astrofizik parametreleri olan Yaş ve $(m-M)_J$ uzaklık modülünden üretilen d, z ve R_{GC} uzaklık bilgileri arasındaki ilişkiler yardımıyla, 40 kümenin dinamik evrimi araştırılmıştır. Burada, R_{GC} kümelerin Galaksi merkezinden olan radyal uzaklığını, z ise kümelerin Galaksi düzleminden itibaren ölçülen uzaklığını göstermektedir. Bulgulara ait Tartışma ve Sonuçlar Bölüm 6'da sunulmuştur.

Açık kümelerin dinamik evriminde dış dinamik prosesler; disk, spiral kollar ve şişkin bölgenin gelgit etkisi (şoklar şeklinde) ve DMB ile etkileşme olarak ifade edilmektedir. İç dinamik prosesler ise kütle ayrışması, buharlaşma ve atılma şeklindedir. Bulgular ve Tartışma kısımlarında bu dinamik prosesler iç ve dış dinamik prosesler olarak adlandırılmıştır.

5.1. AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİ İLE *z*, d ve R_{GC} UZAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Şekil 5.1.a'da bu çalışmada analizi yapılan 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} dağılımı gösterilmiştir. Bu kümelerin R_{RYP} dağılımının medyan değeri R_{RYP} = 6.3 pc bulunmuştur. Bu nedenle kümeler $R_{RYP} \leq 6.3$ pc ve $R_{RYP} > 6.3$ pc olacak şekilde küçük ve büyük boyutlu kümeler olarak iki gruba ayrılmıştır.



Şekil 5.1: 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} (panel a) ve R_{KOR} (panel b) dağılımları.

Şekil 5.1.b'de, 40 kümenin kor yarıçapı dağılımı görülmektedir. Kümelerin R_{KOR} değerlerinin medyanı alınmış ve medyan değeri olarak R_{KOR} = 1.3 pc bulunmuştur. Buna göre kümeler $R_{KOR} \leq 1.3$ pc ve $R_{KOR} > 1.3$ pc değerinde küçük ve büyük kor

yarıçapına sahip kümeler olarak iki ayrı dağılım göstermektedir. $R_{RYP} = 6.3$ pc ve $R_{KOR} = 1.3$ pc değerleri kümelerin yapısal parametrelerini yorumlamada sınır değerler olarak göz önünde bulundurulmuştur. Bukowiecki ve diğ. (2010, 2011) küme yarıçapı ve kor yarıçapının bu limit değerlerini sırasıyla 10 pc ve 1.5 pc olarak vermektedir.

40 kümenin küme yarıçapı ve kor yarıçaplarının Güneş'ten uzaklık ile ilişkisi Şekil 5.2.a ve Şekil 5.2.b'de verilmiştir.

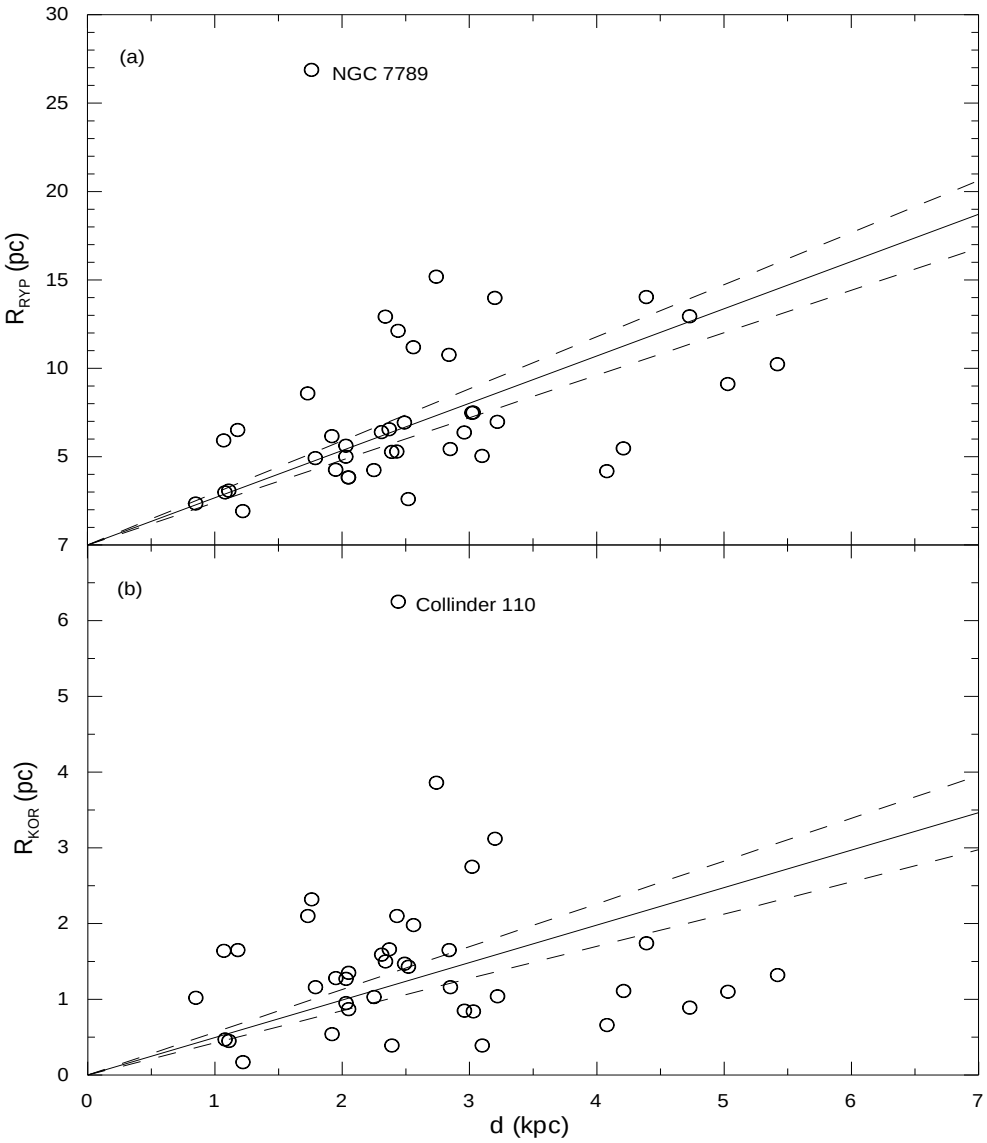
Kümelerin helyosentrik uzaklıkları $0.85 \leq d(kpc) \leq 5.42$ arasındadır. Küme yarıçapıyla kor yarıçapının uzaklık ile Şekil 5.2.a-b'deki ilişkisine uygulanan fite ait bağıntılar (5.1) ve (5.2)'de verilmiştir:

$$R_{RYP}\,(pc) = (2.673 \pm 0.272)\, d\,(kpc) \qquad (5.1)$$

K.K. = 0.84, s = 30.36

$$R_{KOR}\,(pc) = (0.495 \pm 0.070)\, d\,(kpc) \qquad (5.2)$$

K.K. = 0.76, s = 7.63



Şekil 5.2: 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} – d ve R_{KOR} – d ilişkisi düz çizgi ile gösterilmiştir. Kesikli çizgiler 1s belirsizliğini göstermektedir. Burada, d kümenin Güneş'ten uzaklığıdır.

Şekil 5.2.a-b'de, kümelerin boyutlarının (küme yarıçapı ve kor yarıçapı) ortalama olarak uzaklık ile arttığı görülmektedir. Bununla beraber panel (b)'de, d > 3.5 kpc ötede 6 küme korelasyonu bozmaktadır. Böyle bir ilişki, Lynga (1988), Tadross ve diğ. (2009), Schilbach ve diğ. (2006), Froebrich ve diğ. (2010), Bukowiecki ve diğ. (2011) tarafından da tesbit edilmiştir. Bununla birlikte, küme boyutu ile uzaklık arasındaki ilişkiyi ortaya koymada 40 küme örneği istatistikî olarak yetersizdir.

Şekil 5.2'de büyük ve küçük küme yarıçapına ve büyük ve küçük kor yarıçapına sahip kümeler her uzaklık aralığında yer alabilmektedir.

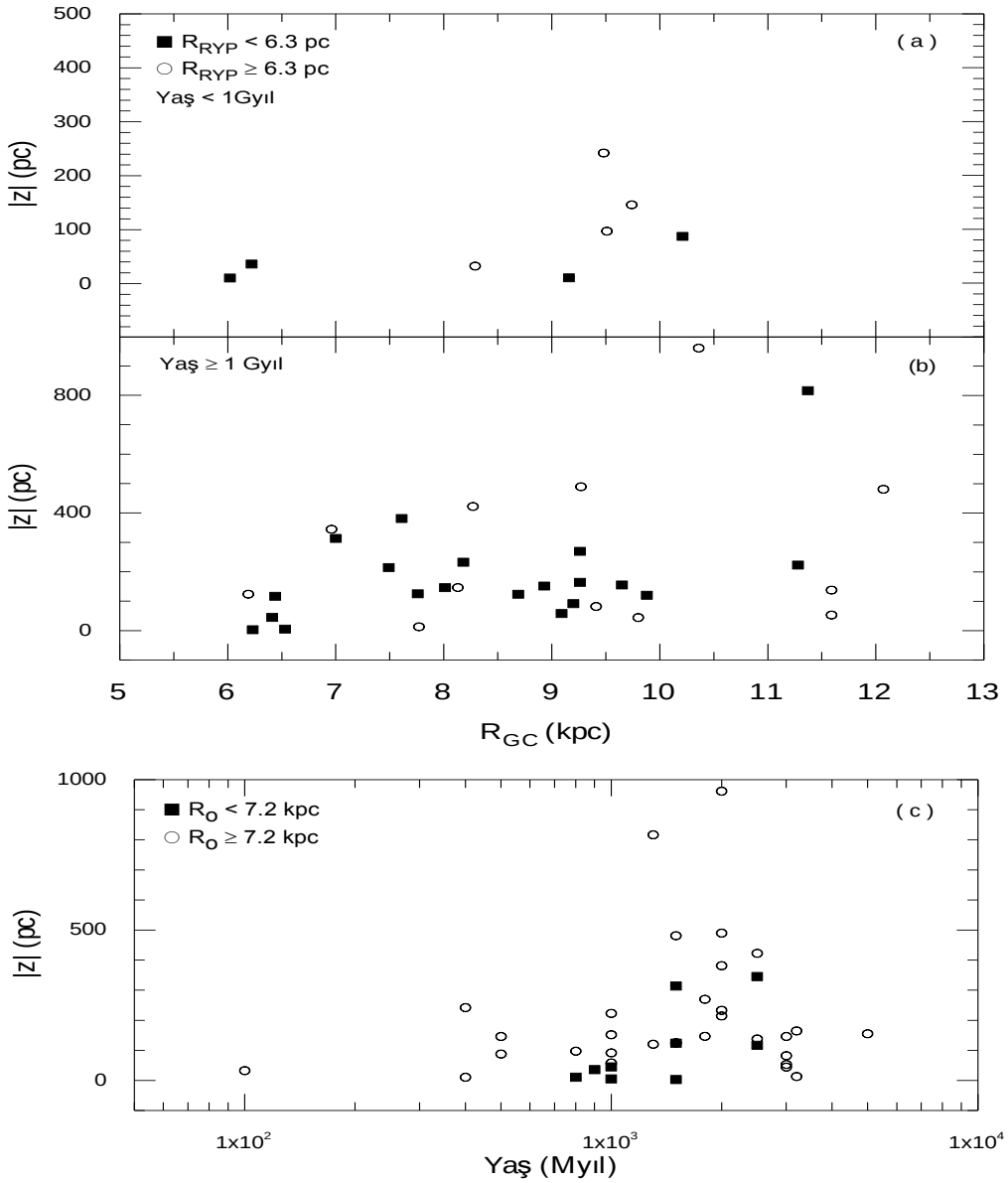
Şekil 5.2.a-b'de saçılma gösteren kümeler sırasıyla, d = 1.76 kpc ve R_{RYP} = 26.88 pc değeri ile NGC 7789, d = 2.44 kpc ve R_{KOR} = 6.25 pc değeri ile Collinder 110 açık yıldız kümesidir.

40 açık kümenin |z| - R_{GC} ilişkisi küme yarıçapı ve yaşın fonksiyonu olarak Şekil 5.3.a-b'de, |z| - Yaş ilişkisi R_o'ın fonksiyonu olarak Şekil 5.3.c'de verilmiştir. Sembollerin anlamları Şekil 5.3'de belirtilmiştir.

Yaş < 1 Gyıl olan kümelerin |z| < 250 pc olan mesafelerde Güneş çemberi içinde ve dışında bulundukları Şekil 5.3.a'dan görülmektedir. Bu kümelerin dört tanesi küçük boyutlu, kalan dört tanesi büyük boyutludur. Panel (a)'da Yaş < 1 Gyıl olan büyük boyutlu kümeler görülmekte olup, bu özellikte kümeler Schilbach ve diğ.'ne (2006, Şekil 5) ait çalışmada da saptanmıştır.

Yaş ≥ 1 Gyıl olan büyük ve küçük boyutlu kümelerin Güneş çemberi içinde ve dışında bulunabildikleri Şekil 5.3.b'den anlaşılmaktadır. Panel (b)'de kümelerin çoğunluğu |z| < 300 pc uzaklıklarda dağılım göstermektedir. Yedi kümenin |z| > 300 pc ve Güneş çemberi dışında yer aldığı görülmektedir. Bu yaşlı kümelerden 11'i küçük boyutlu (içi dolu kare) diğerleri büyük boyutludur (içi boş daireler). Bununla birlikte R_{GC} > 10 kpc ötede |z| < 200 pc'de kümelerin varlığı, küme boyutları ve yaşın fonksiyonu olarak |z| ile R_{GC} arasında bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Güneş çemberi dışında yer alan ve Galaksi merkezi etrafında 1 ilâ 3 tur atmış kümelerden |z| > 800 pc olanları (iki küme) Galaksi merkezinin gelgit etkileri ile buralara göç etmiş olabilirler. |z| > 400 pc mesafelerde yer alanlar ise ya göç etmiş ya da bu bölgelerdeki moleküler bulutlardan oluşmuş olabilirler.

Şekil 5.3.a-b'de Güneş çemberi içinde yer alan küçük ve büyük boyutlu kümeler, Galaksi merkezi etrafında en az 4 ya da 5 tur atmış olup durumları ile ilgili olası açıklamalar Tartışma ve Sonuç kısmında verilmiştir.



Şekil 5.3: Küme yarıçapı ve yaşa göre $|z|$- R_{GC} ilişkisi (Panel a-b). R_o 'ın fonksiyonu olarak $|z|$ - Yaş ilişkisi (panel c). Sembollerin anlamları panellerde gösterilmiştir.

R_o'ın fonksiyonu olarak Şekil 5.3.c'de verilen $|z|$ - Yaş ilişkisinde, Yaş ≥ 1 Gyıl olan kümelerin $|z| > 300$ pc uzaklıklarda, Yaş < 1 Gyıl olan kümelerin çoğunluğunun ise $|z| <$ 300 pc uzaklıklarda yer aldığı görülmektedir. Panel (c)'den görüldüğü gibi, daha büyük z mesafelerinde yer alan ve Yaş ≥ 1 Gyıl olan bu kümeler genellikle büyük boyutlu kümelerdir. Panel (c)'de $|z| > 500$ pc mesafelerde yer alan kümeler NGC 2192 ve NGC 2243'dür. Nilakshi ve diğ. (2002, Şekil 6c) Yaş > 100 Myıl olan kümelerin genelde Galaksi düzleminden uzakta, genç olanların ise Galaksi düzlemi ile sınırlı kaldıklarını tesbit etmiştir. Tadross ve diğ. (2002, Şekil 2) ve Schilbach ve diğ. (2006, Şekil 5) de yaşlı kümelerin daha büyük z mesafelerinde yer aldıklarını tesbit etmişlerdir.

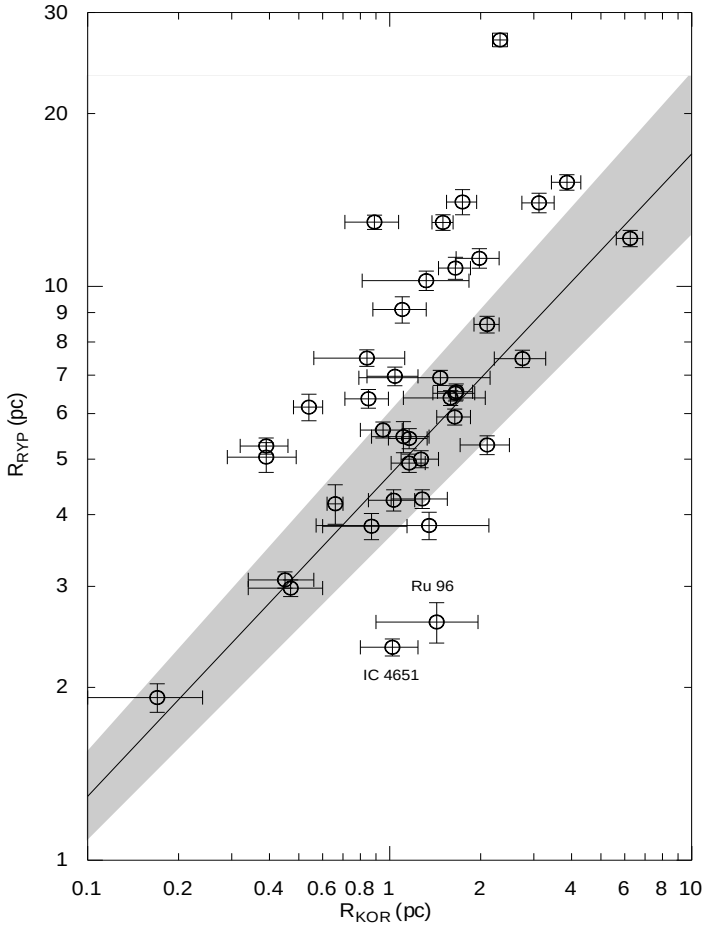
5.2. AÇIK KÜMELERİN R_{RYP} - R_{KOR} İLİŞKİSİ

40 açık yıldız kümesinin (içi boş daireler) R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisi Şekil 5.4'de verilmiştir. Düz çizgi R_{RYP} - R_{KOR} verilerine uygulanan fiti göstermektedir. R_{RYP} ile R_{KOR} arasındaki ilişki (5.3) nolu bağıntıda verilmiştir:

$$R_{RYP} = (4.69 \pm 0.35)\, R_{KOR}^{(0.56 \pm 0.11)} \qquad (5.3)$$

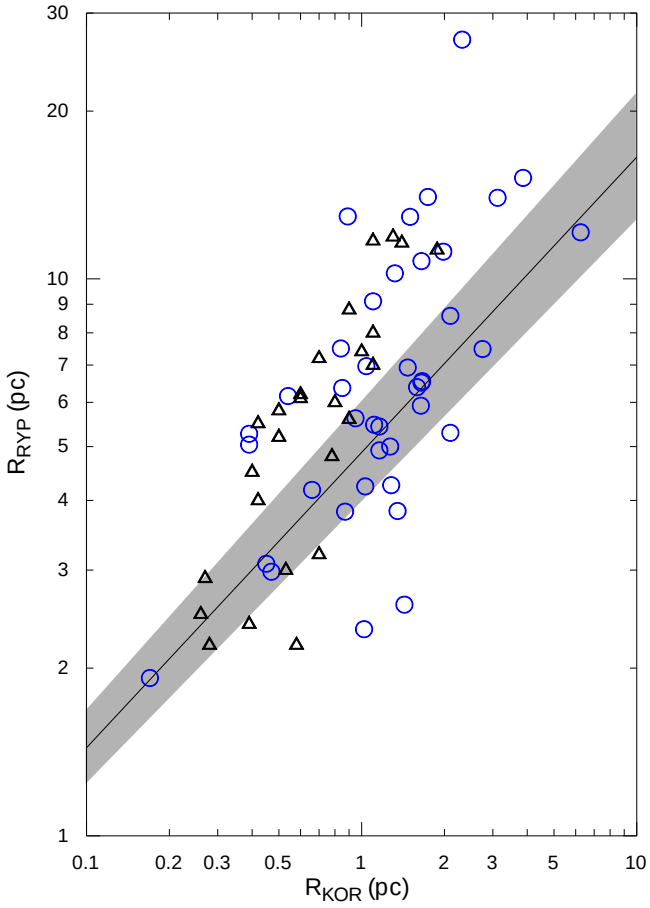
K.K. = 0.61, s = 25.7

Şekil 5.4'deki 40 açık yıldız kümesinin kor ve tüm küme yarıçaplarının $0.17 \leq R_{KOR}(pc) \leq 6.25$ ve $1.92 \leq R_{RYP}(pc) \leq 26.88$ olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.4: 40 açık yıldız kümesinin (içi boş çemberler) R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisi. Düz çizgi tüm kümelere uygulanan fiti göstermektedir. Gölgeli kısım ise ±1s belirsizliğini göstermektedir.

Şekil 5.4'den görüldüğü gibi, daha büyük R_{RYP} küme yarıçapına sahip açık yıldız kümeleri ortalama olarak daha büyük R_{KOR} yarıçapına da sahip olmakla birlikte, R_{RYP} ile R_{KOR} arasındaki ilişkide saçılmış kümelerin varlığı dikkati çekmektedir. Şekil 5.4'de 21 kümenin ±1s belirsizliği içinde, 19 kümenin ise ±1s aralığı dışında yer aldığı görülmektedir. $R_{RYP} \leq 3$ pc ile $0.7 \leq R_{KOR} \leq 3$ pc küme boyutları aralığında gölgeli kısmın dış alt kısmında yer alan iki küme dikkati çekmektedir. Bu 2 küme Ru 96 ve IC 4651 dir. Ru 96 (R_{RYP} , R_{KOR}) = (2.60, 1.43) pc ve IC 4651 (R_{RYP} , R_{KOR}) = (2.35, 1.02) pc küme ve kor yarıçapı değerlerine sahiptirler. Kor boyutları ile kıyaslanabilir küme boyutuna sahip bu kümelerden, Ru 96 kümesi [DB2002b] G295.75-0.34 (Bakınız Tablo 5.8) bulutsusu ile etkileşmekte, IC 4631 kümesi ise Sagittarius-Carina spiral kolu üzerinde bulunduğundan spiral kol kaynaklı şok dalgalarına maruz kalmakta ve her iki küme de yıldız kaybetmektedir. Gölgeli kısmın dış üst kısmında yer alan $0.3 < R_{KOR}$ (pc) < 1.3 aralığında küçük kor yarıçapına sahip, $5 < R_{RYP}$ (pc) < 8 aralığındaki kümeler ±1s aralığı içinde yer alan benzerlerine göre halo bölgelerinden fazla yıldız kaybetmemişlerdir. Şekil 5.4'deki gölgeli kısmın uzağında saçılmış olan küme (R_{RYP} , R_{KOR}) = (26.88, 2.32) pc boyutları ile NGC 7789 kümesidir. Bu kümenin (R_{GC} (kpc), Yaş (Gyıl), l^o) = (8.13, 1.8, 115) değerleri, kümenin Güneş çemberi dışında orta yaşta bir küme olduğunu göstermektedir. Bu küme Tablo 5.8'den de görüleceği gibi dış prosesler ve kütle ayrışması gibi iç dinamik proseslerin etkilerine belirgin şekilde maruz kalmamaktadır. Gölgeli alanın üst dış kısmında bulunan kümeler dinamik etkilere çok fazla maruz kalmamış ve daha az sayıda yıldız kaybetmişlerdir.



Şekil 5.5: 40 açık yıldız kümesinin (içi boş mavi daireler) R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisinin literatürdeki değerler ile kıyası. Üçgenler, Bonatto ve Bica (2007), Camargo ve diğ.'ne (2009, 2010) ait açık kümeleri göstermektedir. Düz çizgi tüm kümelere uygulanan fiti göstermektedir. Gölgeli kısım ±1s belirsizliğini göstermektedir. Eksenler logaritmiktir.

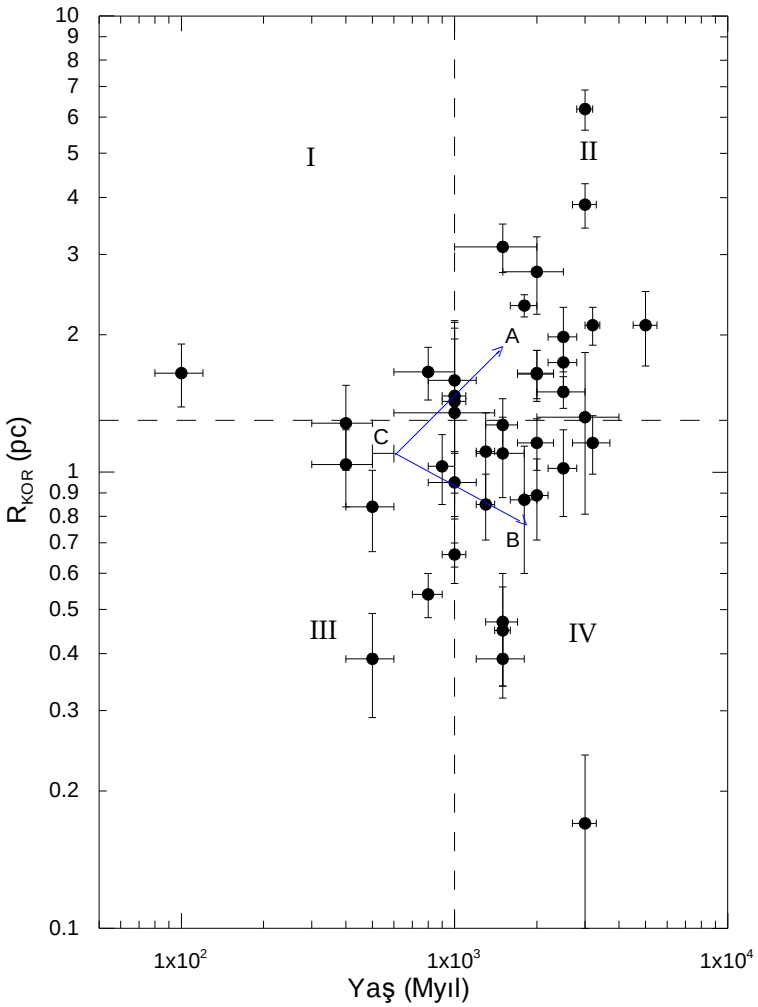
Şekil 5.5'de 40 açık kümenin (içi boş mavi çemberler) R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisinin literatür ile karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 5.5'deki tüm verilere uygulanan ve düz çizgi ile gösterilen fitin denklemi (5.4) nolu bağıntı ile verilmiştir:

$$R_{RYP} = (4.88 \pm 0.27)\, R_{KOR}^{(0.53 \pm 0.09)} \qquad (5.4)$$

Bağıntının korelasyon katsayısı K.K. = 0.59 ve standart sapması s = 24.9'dur. (5.4) bağıntısındaki 4.88 katsayısı, 40 küme için hesaplanan (5.3) bağıntısındaki katsayıya yakındır. Şekil 5.5'de küme yarıçapı arttıkça genelde kor yarıçapı da artmakla birlikte, Şekil 5.4'de olduğu gibi saçılan kümeler de mevcuttur. Küme boyutları arasında böyle ilişkiler Bölüm 2.2.3'deki Tablo 2.1'de verilen yazarlar tarafından da elde edilmiştir. Tablo 2.1'de yazarlar tarafından verilen "b" katsayısına göre, küme boyutu kor yarıçapının 3.1 ila 7.7 katı kadar olabilmektedir. Camargo ve diğ.'ne (2010) göre, küme boyutu kor yarıçapının 8.9 katı kadardır. Bu tez çalışmasına ait Şekil 5.4'deki bulgular literatür değerleri arasında olup, küme yarıçapı ile kor yarıçapı arasında genelde artan bir ilişki olduğunu göstermektedir.

5.3. AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİ (R_{RYP}, R_{KOR}) İLE YAŞ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

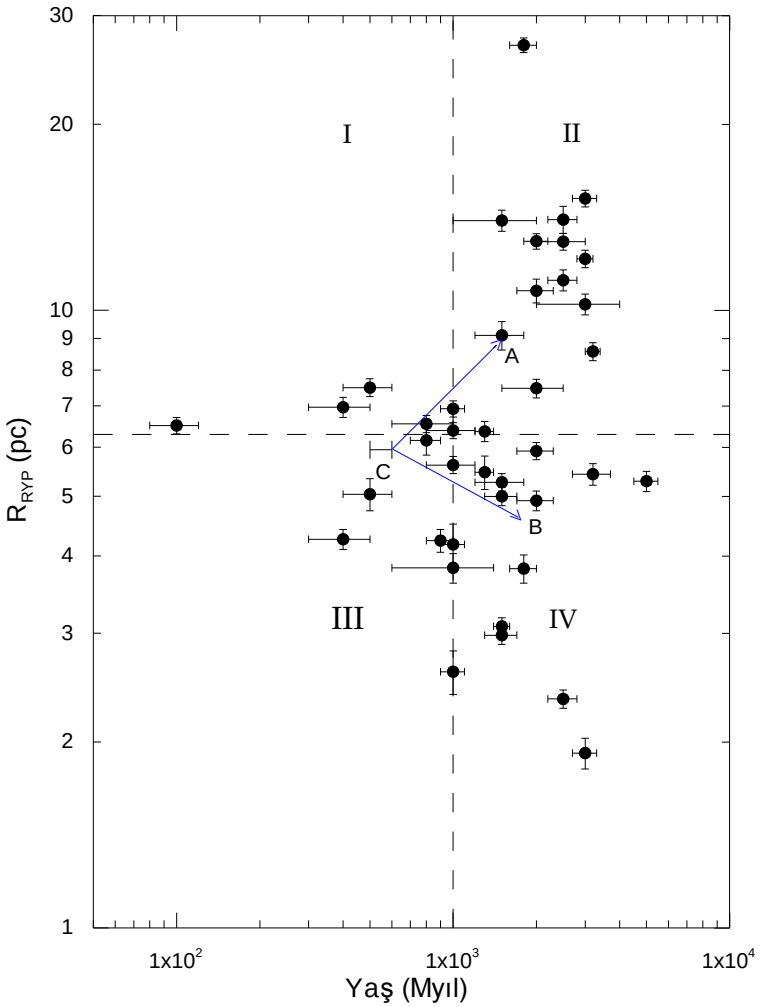
Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin (içi dolu daireler) R_{KOR} - Yaş ilişkisi Şekil 5.6'da, R_{RYP} - Yaş ilişkisi ise Şekil 5.7'de verilmiştir. 40 açık yıldız kümesinin yaş, kor ve küme yarıçapları $100 \leq$ Yaş (Myıl) ≤ 5000, $0.17 \leq R_{KOR}$ (pc) ≤ 6.25 ve $1.92 \leq R_{RYP}$ (pc) ≤ 26.88 değerleri arasındadır. Şekil 5.6 ve 5.7'de, $\sim 10^3$ Myıl yaş değerinde bir çatallaşmanın varlığı dikkati çekmektedir.



Şekil 5.6: Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin (içi dolu daireler) R_{KOR} - Yaş ilişkisi. Kesikli yatay ve dikey çizgiler sırası ile küme kor yarıçap sınırı (1.3 pc) ile çatallaşmaya ait değerleri göstermektedir. Mavi A oku kor yarıçapı genişlemiş kümeleri, B oku ise büzülen korlara sahip kümeleri göstermektedir. C noktası, Mackey ve diğ. (2008) tarafından KMB ve BMB'a ait küresel kümeler için verilen ~500 – 600 Myıl yaş aralığını göstermektedir. Eksenler logaritmiktir.

Şekil 5.6'da mavi A oku ile gösterilen II. bölgedeki açık yıldız kümeleri karadelik çiftleri nedeniyle zaman ile genişlemiş kor geliştirmişlerdir. Mavi B oku ile gösterilen bölgedeki (IV) açık kümeler karadelik çiftleri geliştiremediklerinden ve geliştirdikleri karadelik çiftlerini kaybettiklerinden dolayı, korları kütle ayrışmasının etkisiyle çökerek büzülmüşlerdir.

Şekil 5.7'de verilen R_{RYP} - Yaş ilişkisinden görüldüğü gibi, ~10^3 Myıl'da (1 Gyıl) bazı kümeler $R_{RYP} < 6.3$ pc değerlerine doğru büzülme gösterirken, bazı kümeler $R_{RYP} \geq 6.3$ pc değerlerine doğru genişleme göstermektedirler. Şekil 5.6'daki R_{KOR} - Yaş ilişkisinde ~1 Gyıl değerinde gözlenen bu çatallaşma, Mackey ve Gilmore'a (2003) ait Şekil 2.b ile Mackey ve diğ.'ne (2008) ait Şekil 1'de BMB ve KMB'de bulunan küresel kümelerin kor yarıçapı - yaş dağılımında ~ 500 - 600 Myıl (Şekil 5.6 – 5.7'de C noktası) yaş aralığına karşılık gelmektedir.



Şekil 5.7: Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin (içi dolu daireler) R_{RYP} – Yaş ilişkisi. Semboller ve anlamları Şekil 5.6 ile aynıdır. Eksenler logaritmiktir.

Tablo 5.1.a: Şekil 5.7'deki IV. bölgede yer alan açık kümelerin karadelik sayıları (N_{kd}) son sütunda verilmiştir. Kümelerin Yaş, R_{RYP}, R_{KOR}, m_{TK} bilgileri sütun 2-5'de listelenmiştir.

Küme (1)	Yaş (Myıl) (2)	R_{RYP} (pc) (3)	R_{KOR} (pc) (4)	m_{TK} ($100\ M_{\odot}$) (5)	N_{kd} (6)
Ru 96	1000	2.60	1.43	15.8	3
NGC 2192	1300	5.47	1.11	2.27	0
NGC 2112	2000	5.92	1.64	18.1	4
Mel 71	1500	5.00	1.27	21.8	4
Koposov53	1000	4.18	0.66	2.37	0
King 5	1000	5.62	0.95	30	6

Şekil 5.7'de verilen R_{RYP} – Yaş grafiğinde II. ve IV. bölgelerde bulunan kümelerin karadelik sayıları 6×10^{-4} $N_{yıldız}$ (Portegies Zwart ve McMillian, 1999) bağıntısı ile hesaplanmış ve Tablo 5.1.a-b'de verilmiştir. $N_{yıldız}$ kümenin yıldız sayısıdır ve ekstrapolasyon yardımı ile elde edilir.

Şekil 5.7'de IV.bölgede bulunan ve büzülmekte olan kümelerin karadelik sayıları Tablo 5.1.a'da verilmiştir. Tablo 5.1.a'dan görüleceği gibi bu kümelerin karadelik sayıları 0 ilâ 6 arasındadır. King 5 kümesi 6 karadeliğe sahip olmakla birlikte Tablo 5.8'den görüleceği gibi Orion - Cygnus spiral kolu üzerinde bulunmakta ve spiral kol kaynaklı şok dalgalarına maruz kalmaktadır. Bu nedenle büzülmektedir. Mel 71 ve Koposov 53 kümeleri Tablo 5.8'den de görüleceği gibi önemli dış etkilere maruz kalmamakla birlikte, yeterli sayıda karadelik geliştiremediklerinden iç proseslerin etkisiyle büzülmektedirler. Diğer kümeler yeterli sayıda karadelik geliştiremediklerinden iç ve dış proseslerin etkisiyle büzülmektedirler.

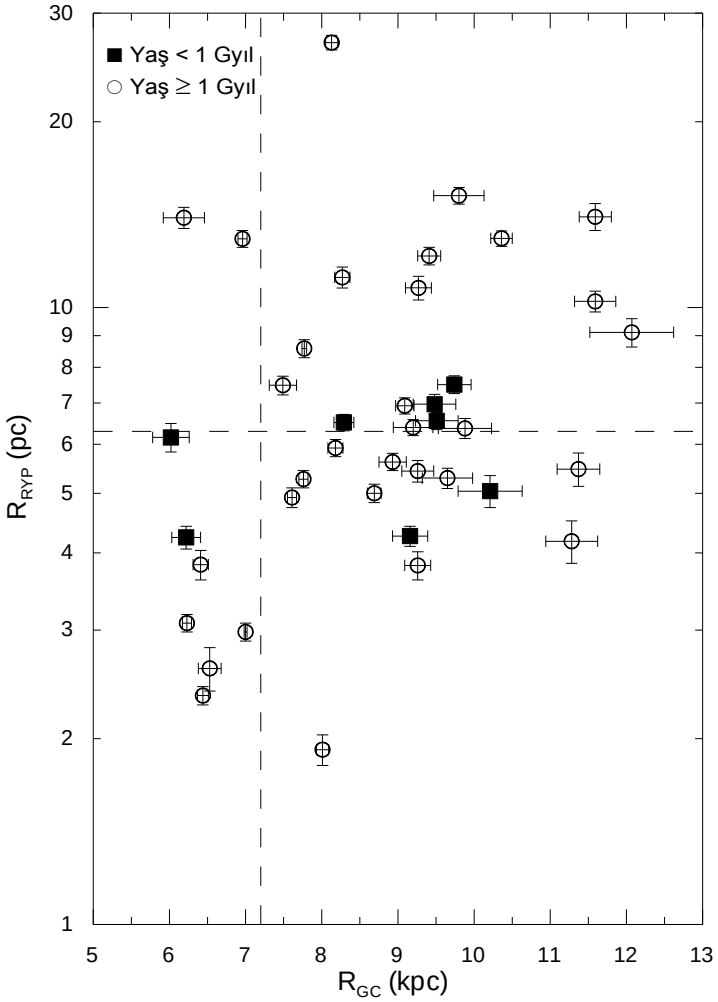
Tablo 5.1.b: Şekil 5.7'deki II. bölgede yer alan açık kümelerin karadelik sayıları (N_{kd}) son sütunda verilmiştir. Kümelerin Yaş, R_{RYP}, R_{KOR}, m_{TK} bilgileri sütun 2-5'de sunulmuştur.

Küme (1)	Yaş (Myıl) (2)	R_{RYP} (pc) (3)	R_{KOR} (pc) (4)	m_{TK} (100 $M_{\odot}$) (5)	N_{kd} (6)
Trumpler 5	3000	15.18	3.86	223	45
Pismis 3	3200	8.58	2.1	133	27
NGC 2158	2500	14.03	1.74	33.4	7
Collinder 110	3000	12.12	6.25	16.5	3
Trumpler 20	1500	13.98	3.12	150	30
NGC 7789	1800	26.88	2.32	194	39
NGC 6819	2500	12.92	1.5	49.1	10
NGC 2243	2000	12.94	0.89	51.7	10
NGC 2506	2000	10.76	1.65	65.8	13
Be 89	2000	7.48	2.75	32	6
NGC 2262	1300	6.37	0.85	24.1	5
NGC 2286	1000	6.39	1.59	11.1	2
Haffner 8	1000	6.93	1.47	9.85	2

Tablo 5.1.b'de, Şekil 5.7'de II. bölgede bulunan ve genişlemekte olan kümelerin karadelik sayıları verilmiştir. Collinder 110 kümesi üç karadeliğe sahip olup karadeliklerinin büyük kısmını kaybetmiş olmakla birlikte, büyük küme ve kor yarıçapına sahiptir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi Collinder 110 kümesi Orion - Cygnus spiral kolu üzerinde yer aldığından spiral koldan kaynaklı şok dalgalarına maruz kalmaktadır. Bu nedenle Collinder 110 kümesinin zamanla büzülmesi beklenebilir. Benzer şekilde, büyük küme ve kor yarıçapına sahip Haffner 8 kümesi iki karadeliğe sahip olup karadeliklerinin büyük kısmını kaybetmiştir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi Haffner 8 kümesi LDN 1657A bulutsusu ile etkileşmektedir. Haffner 8 kümesinin bu etkileşim nedeniyle zamanla büzülmesi beklenebilir. NGC 2262 ve NGC 2286 kümelerinin R_{RYP} değerleri büyük ve küçük kümeler için ayırım sınırı olan R_{RYP} = 6.3 pc değerine çok yakındır. Bu kümeler R_{RYP} değerlerinin içerdiği hata değerleri nedeniyle genişleyen veya büzülen kümeler grubuna dahil edilebilirler. Yaşları görece genç olan bu iki kümenin gelecekte büzülmeleri ihtimal dahilindedir. Tablo 5.1.b'de bulunan diğer kümeler genişlemelerini sağlayacak sayıda karadelik geliştirebilmişlerdir.

5.4. AÇIK KÜMELERİN YAPISAL PARAMETRELERİ (R_{RYP}, R_{KOR}) İLE R_{GC} UZAKLIĞI ARASINDAKİ İLİŞKİLER

40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} ile R_{GC} ilişkisi yaşın fonksiyonu olarak Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8: Yaş< 1 Gyıl (içi dolu kareler) ve Yaş ≥ 1 Gyıl (içi boş çemberler) olan 40 açık yıldız kümesinin $R_{RYP} - R_{GC}$ ilişkisi. Dikey kesikli çizgi $R_o = 7.2$ kpc (Bica ve diğ. 2006) değerini, yatay kesikli çizgi ise $R_{RYP} \sim 6.3$ pc limit değeri göstermektedir. Ordinat ekseni logaritmiktir.

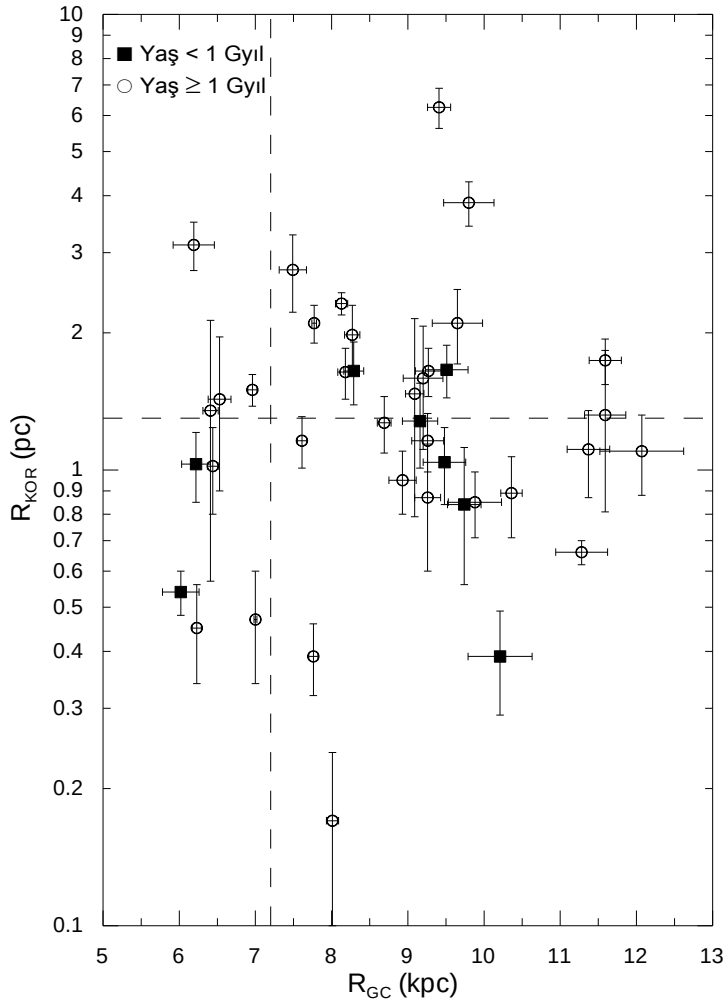
Şekil 5.8'deki R_{RYP} ve R_{GC} verilerinden geçirilen fit (5.5) nolu bağıntı ile verilmiştir:

$$R_{RYP} = (0.98\pm0.25)\, R_{GC} + (-3.07\pm2.03) \qquad (5.5)$$

Bağıntının korelasyon katsayısı K.K. = 0.53, standart sapma s = 6.9'dur. Şekil 5.8'deki trende ait 0.53 korelasyon katsayısı, kümelerin R_{RYP} (pc) ile R_{GC} (kpc) arasında ilişkinin zayıf olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.8'de Güneş çemberi içinde ve dışında büyük ve küçük boyutlu kümelerin yer aldıkları görülmektedir.

Şekil 5.8'de $R_{RYP} < 6.3$ boyuttaki kümeler için Yaş < 1 Gyıl olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Schilbach ve diğ. (2006) tarafından yapılmış çalışmadaki Şekil 3.c'den görüleceği gibi Yaş < 1 Gyıl iken $R_{RYP} > 6.3$ pc olan kümeler Güneş çemberi içinde ve dışında bulunabilmektedir.

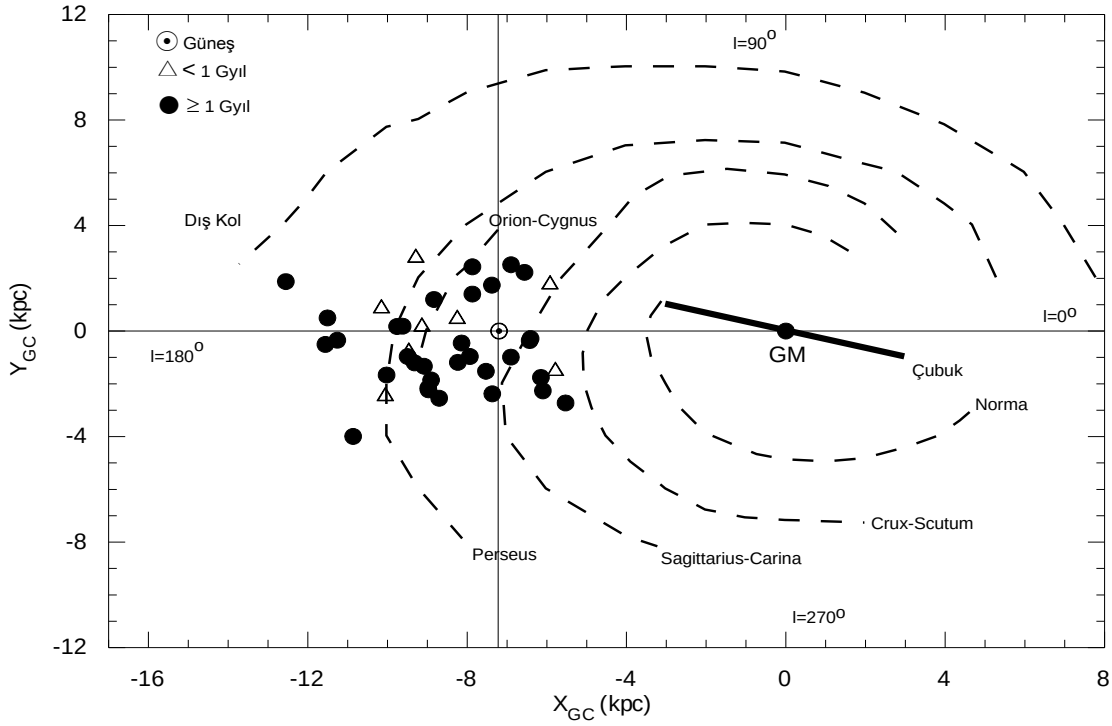


Şekil 5.9: Yaşın fonksiyonu olarak 40 açık yıldız kümesinin $R_{KOR} - R_{GC}$ ilişkisi. Semboller Şekil 5.8 ile aynıdır. Yatay kesikli çizgi R_{KOR}~ 1.3 pc limit değeri göstermektedir. Ordinat ekseni logaritmiktir.

40 açık yıldız kümesinin küme kor yarıçapı R_{KOR} ile R_{GC} ilişkisi yaşın fonksiyonu olarak Şekil 5.9'da verilmiştir. R_{KOR} - R_{GC} ilişkisinde, Güneş çemberi içindeki büyük kor yarıçapına sahip kümeler ile Güneş çemberi dışındaki küçük kor yarıçapına sahip kümeler nedeniyle bir korelasyondan söz edilememektedir. Şekil 5.9'dan $R_{KOR} < 0.3$ pc kor boyutundaki açık kümelerin Güneş çemberi içinde görülmedikleri dikkati çekmektedir.

5.5. AÇIK KÜMELERİN SPİRAL KOLLARA GÖRE UZAY DAĞILIMI

40 açık yıldız kümesinin (X_{GC}, Y_{GC}) uzay dağılımı Şekil 5.10'da Galaktik boylam ve yaşa göre verilmiştir. Kümelerin (X_{GC}, Y_{GC}) değerleri, Bölüm 3.3.5'deki (3.17) nolu bağıntılar ile kümelerin Galaktik koordinatları (*l, b*) ve d (kpc) uzaklıklarından itibaren hesaplanmıştır. Şekil 5.10'da, Yaş ≥ 1 Gyıl olan 23 kümenin Güneş çemberi dışında, sekiz kümenin ise Güneş çemberi içinde bulunduğu görülmektedir. Yaş < 1 Gyıl olan iki kümenin Güneş çemberi içinde, altı kümenin ise Güneş çemberi dışında yer aldığı Şekil 5.10'dan görülmektedir.



Şekil 5.10: 40 açık yıldız kümesinin (X_{GC}, Y_{GC}) uzay dağılımı. 1 Gyıl'dan daha yaşlı açık yıldız kümeleri içi dolu daire sembolü ile, 1 Gyıl'dan genç olanlar ise üçgen sembolü ile gösterilmiştir. R_o= 7.2 kpc (Bica ve diğ. 2006) olarak alınmıştır. GM, Galaksi merkezini göstermektedir. $l = 0^o – 90^o$ I. çeyreği, $l = 90^o – 180^o$ II. çeyreği, $l = 180^o – 270^o$ III. çeyreği, $l = 270^o – 360^o$ IV. çeyreği göstermektedir.

Güneş çemberi içinde kümelerin sayısının az olmasının olası nedenleri, kümelerin kuvvetli yıldızlararası absorbsiyon, kalabalık alan yıldızı etkisi ve kümelerin güçlü dış prosesler neticesinde bozulmalarından dolayı gözlenememeleridir. Daha derin kızılötesi fotometri ile yapılacak gözlemler sonucu daha fazla açık yıldız kümesinin keşfedilmesi ile Güneş çemberi içindeki kümelerin sayısında artış olabilir. Şekil 5.10'dan görüldüğü

gibi, açık yıldız kümelerinin çoğu spiral kolların yakınında yer almakta ve spiral kollardaki şok dalgaları nedeniyle kütle kaybına maruz kalmaktadırlar (Bakınız Bölüm 2.3, Şekil 2.12).

Tablo 5.2: 40 açık kümenin Galaktik boylama ve yaşa göre dağılımı

l (^{o})	Toplam Küme Sayısı	Yaş< 1Gyıl Küme Sayısı	Yaş ≥ 1Gyıl Küme Sayısı
0 – 60	1	1	-
60 – 90	5	-	5
120 – 180	9	4	5
180 – 240	16	2	14
240 – 300	4	-	4
300 – 360	5	1	4

40 kümenin Galaktik boylam ve yaşa göre dağılımı Tablo 5.2'de verilmiştir. Tablo 5.2'de, antimerkez doğrultusundaki genç ve yaşlı kümelerin merkez doğrultusundakilere göre sayıca fazla olduğu görülmektedir.

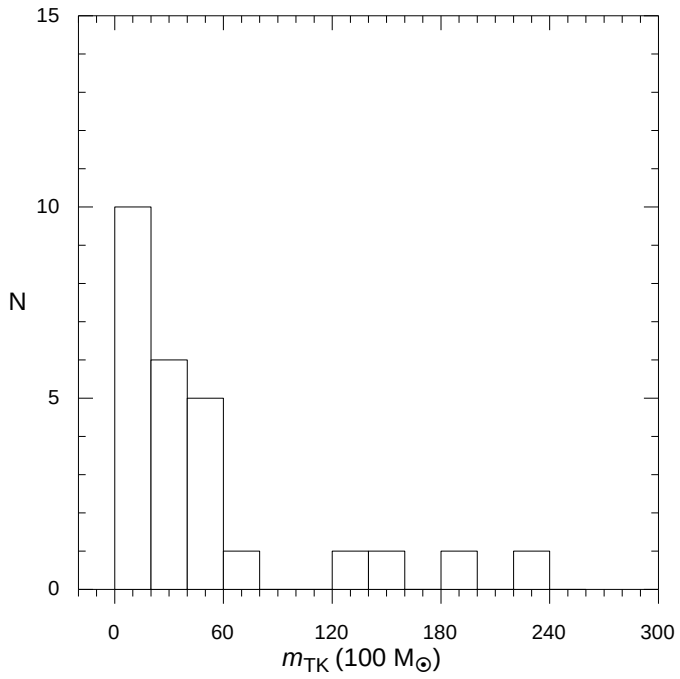
van den Bergh ve McClure (1980) Yaş ≥ 1 Gyıl olan açık kümelerin genel olarak antimerkezde yoğunlaştıklarına dikkati çekmiştir. Bu durum Tablo 5.2'de Yaş ≥ 1 Gyıl olan kümeler için de geçerlidir.

5.6. KÜMELERİN KÜTLELERİNİN YAPISAL PARAMETRELER (R_{RYP}, R_{KOR}), YAŞ VE R_{GC} UZAKLIKLARI İLE İLİŞKİLERİ

40 açık yıldız kümesindeki yıldızların toplam kütlelerinin hesabı, kümelerin dönüm noktasından hidrojenin yandığı limit değer olan 0.08 $M_{\odot}$ değerine kadar tüm yıldızlar göz önünde bulundurularak, Bölüm 3.2.4'de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Kümelerdeki gözlenebilen yıldızların kütleleri $m(M_{\odot}) > 0.6$ olduğundan, tüm kümenin kütle hesabı yapılırken küçük kütle limiti olan 0.08 $M_{\odot}$ değerine ekstrapolasyon yapılmıştır.

40 kümeden 26'sının tüm küme kütlesi, 24 kümenin ise kor kütlesi belirlenebilmiştir. Hem kor ve hem de tüm küme kütlesi hesaplanan küme sayısı 18'dir. Kor, halo ve tüm kümeye ait kütle değerleri Ek Tablo-4'de listelenmiştir.

26 kümenin kütle dağılımı Şekil 5.11'de verilmiştir. Kümelere ait tüm küme kütle değerlerinin medyanı alınmış ve medyan değeri olarak 2700 $M_{\odot}$ bulunmuştur. Bu değer, kümeleri büyük ve küçük kütleli kümeler olarak sınıflandırmada göz önünde bulundurulmuştur. Bonatto ve Bica (2005) büyük ve küçük kütleli kümelerin ayrımında m = 1000 $M_{\odot}$ değerini vermektedir.

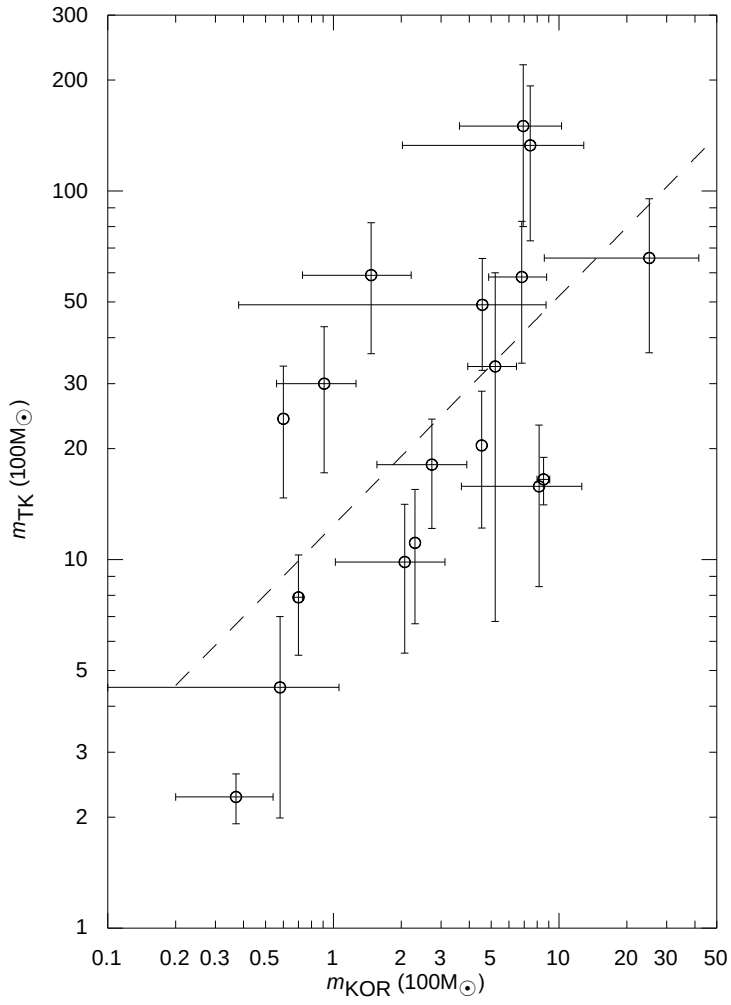


Şekil 5.11: 26 açık yıldız kümesinin tüm küme kütle dağılımı. Kütleler 100 $M_{\odot}$ biriminde ifade edilmiştir.

Şekil 5.12'deki 18 kümenin tüm küme ile kor kütlesi arasındaki ilişki (kesikli çizgi) (5.6) nolu bağıntı ile verilmiştir:

$$\ln m_{TK} = (0.62\pm0.12) \ln m_{KOR} + (2.52\pm0.25) \quad (5.6)$$

K.K. = 0.72 ve s = 3.7'dir.



Şekil 5.12: 18 kümenin tüm küme ile kor kütlesi arasındaki ilişki. Kütleler 100 $M_\odot$ kütlesi cinsindendir. Kesikli çizgi uygulanan fiti göstermektedir. Eksenler logaritmiktir.

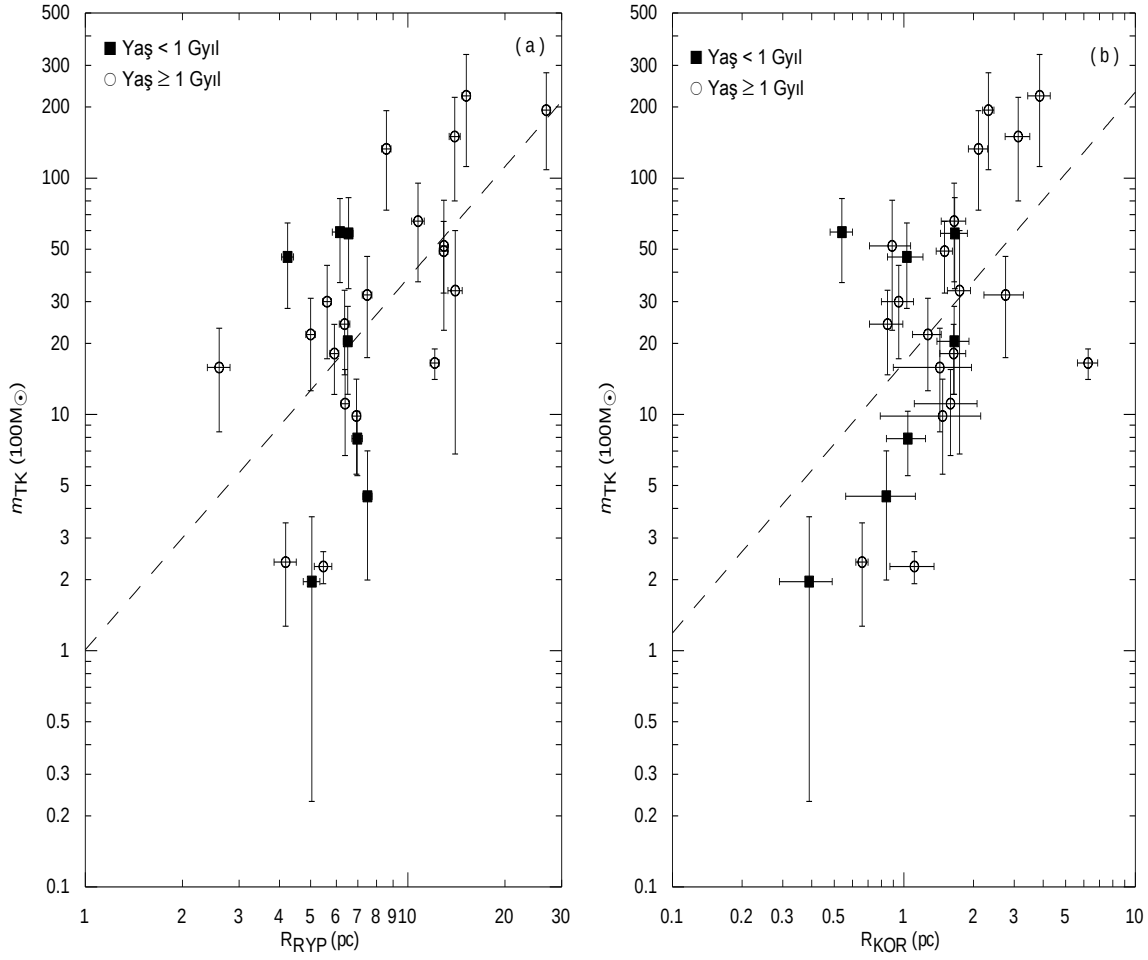
Şekil 5.12'de büyük kütleli kümelerin genelde büyük kor kütlesine sahip oldukları gözlenmektedir.

Kümelerin tüm küme kütlesi ile küme ve kor yarıçapları arasındaki ilişkiler yaşın fonksiyonu olarak Şekil 5.13.a ve Şekil 5.13.b'de verilmiştir.

Şekil 5.13.a'da verilen m_{TK} - R_{RYP} ilişkisinde kesikli çizgi ile gösterilen fitin denklemi 5.7'de verilmiştir:

$$\ln m_{TK} = (1.57\pm0.42) \ln R_{RYP} + (0.01\pm0.02) \quad (5.7)$$

K.K. = 0.60, s = 5.46 dır.



Şekil 5.13: Yaşın fonksiyonu olarak 26 kümenin m_{TK} ve R_{RYP} (panel a) ve m_{TK} ve R_{KOR} (panel b) ilişkisi. Kesikli çizgi uygulanan fiti göstermektedir. Eksenler logaritmiktir.

Şekil 5.13.a'da büyük boyutlu kümelerin (R_{RYP} > 6.3 pc) büyük kütlelere sahip olduğu görülmekle birlikte, 0.60 korelasyon katsayısı bu duruma uymayan kümelerin de varlığına dikkati çekmektedir.

$m_{TK} \geq 2700\ M_{\odot}$ ve $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ kütle değerlerindeki kümelerin R_{RYP} = 6.3 pc'den büyük ve küçük küme boyutlarına sahip oldukları görülmektedir. Toplam kütleleri $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ olan altı küme $R_{RYP} < 6.3$ pc değeri ile nispeten küçük boyutludur.

Şekil 5.13.b'deki 26 kümenin $m_{TK}(M_{\odot})$ - R_{KOR} ilişkisine uygulanan fite (kesikli çizgi) ait bağıntı (5.8) nolu bağıntı ile verilmiştir:

$$\ln m_{TK} = (1.14 \pm 0.37) \ln R_{KOR} + (2.81 \pm 0.26) \qquad (5.8)$$

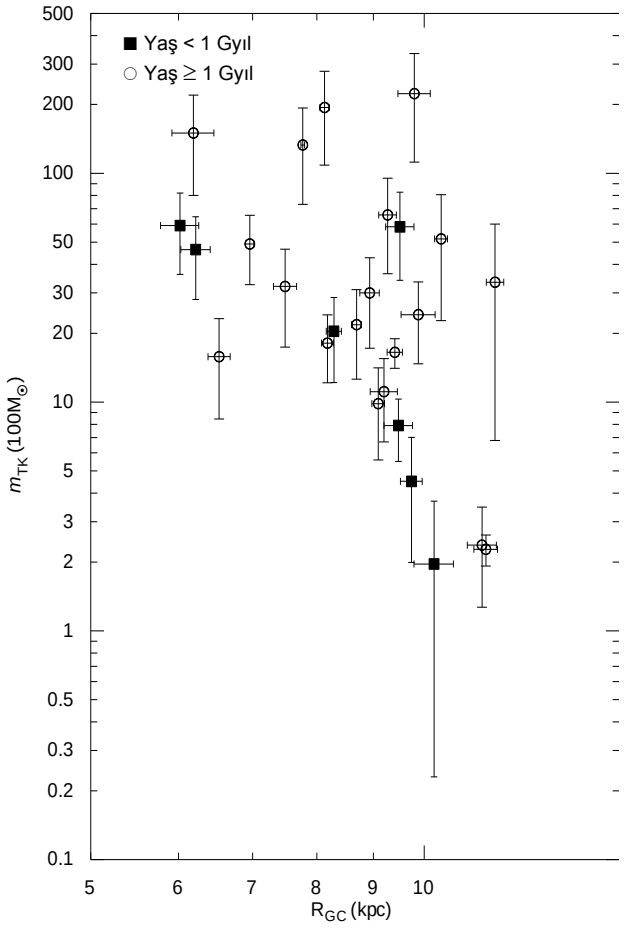
K.K. = 0.53 ve s = 5.81 dir.

Şekil 5.13.b'de büyük kor yarıçapına sahip kümelerin (R_{KOR} > 1.3 pc) genellikle büyük kütleli kümeler oldukları görülmekle birlikte, 0.53 korelasyon katsayısı m_{TK} - R_{KOR} arasında ilişkiye uymayan kümelerin de olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 5.13.b'de, büyük ve küçük kütleli kümeler R_{KOR} = 1.3 pc değerinden büyük ve küçük kor yarıçaplarına sahip olabilmekte ve bu durum korelasyonu zayıflatmakla birlikte genelde kor yarıçapı arttıkça tüm küme kütlesi artmaktadır. Collinder 110 kümesi ($m_{TK}(M_{\odot})$, R_{KOR}(pc)) = (16.50, 6.25) değeri ile saçılma göstermektedir. 3 Gyıl ve (R_{GC}(kpc), l^{o}) = (9.41, 209) değerleri ile Güneş çemberi dışında ve anti merkez doğrultusunda yer alan bu küme, daha önce de ifade edildiği gibi, oluştuğu bulutun yapısı nedeniyle çok sayıda düşük kütleli yıldız içermekte ve bu sebeple büyük kor ve küme yarıçapına sahip olmaktadır.

Şekil 5.13.a-b'deki m_{TK} - R_{RYP} ve m_{TK} - R_{KOR} ilişkilerinin yaş ile ilişkili olmadığı görülmektedir. Yaşlı kümeler büyük ve küçük küme boyutlarında büyük ve küçük küme kütlelerine sahip olabilmektedir.

Şekil 5.13.a-b'deki küme boyutları ile kütle arasındaki ilişki, Maciejewski ve Niedzielski (2007)'ye ait Şekil 2.8.a-b ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.14: Yaşın fonksiyonu olarak 26 kümenin m_{TK} ve R_{GC} ilişkisi. Eksenler logaritmiktir.

Şekil 5.14'de Güneş çemberi dışında yer alan kümelerin m_{TK} = 2700 $M_\odot$ değerinden büyük ve küçük kütle değerine sahip oldukları görülmektedir. Güneş çemberi içinde yer alan büyük kütleli kümelerden üç tanesi için Yaş ≥ 1 Gyıl, diğer iki küme için ise Yaş < 1 Gyıl'dır.

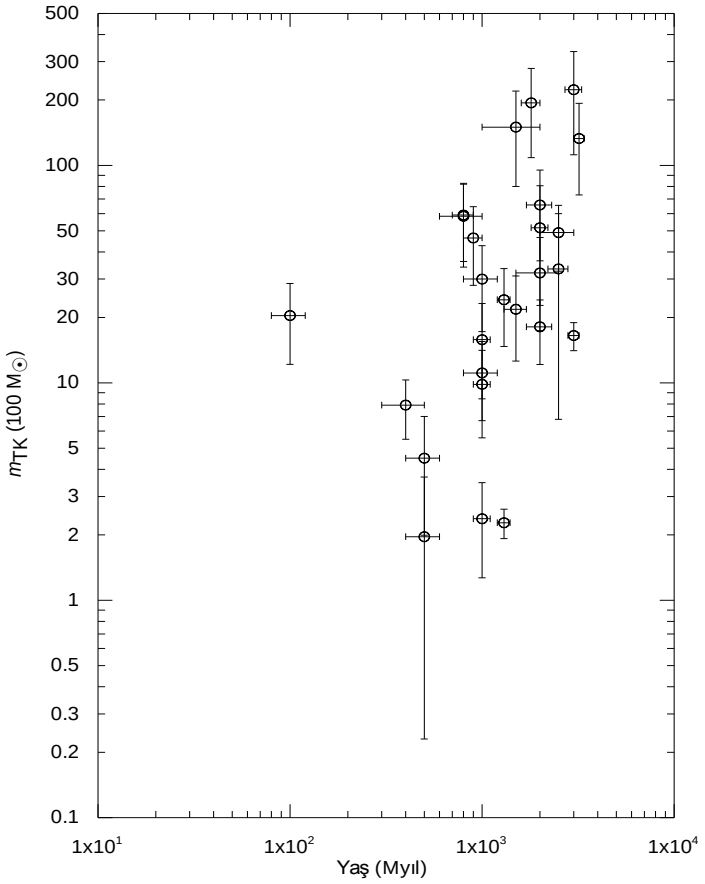
Üç kümenin kütle, küme boyutları, R_{GC} uzaklığı ve Galaktik boylam bilgileri Tablo 5.3'de verilmiştir. Güneş çemberi içinde yer alan NGC 6819 ve Trumpler 20 büyük boyutlu (R_{RYP} > 6.3 pc) ve büyük kütleli ($m_{TK} \geq 2700$ $M_\odot$) kümelerdir (Tablo 5.3). Bu iki küme Galaksi merkezi doğrultusunda yer almakta ve Tablo 5.8'de görüldüğü gibi, NGC 6819 kümesi LDN 872 bulutsusu, Trumpler 20 kümesi [DB2002b] G301.91+2.56 bulutsusu ile etkileşmelerine rağmen hayatta kalmış yaşlı kümelerdir. Şekil 5.14'de Güneş çemberi içinde küçük kütleli kümelerin bulunmayışı dikkati çekmektedir.

Tablo 5.3: Şekil 5.15' de Güneş çemberi içinde yer alan ve Yaş ≥ 1 Gyıl olan kümelerin tüm küme ve kor yarıçapları, Galaksi merkezinden olan uzaklıkları ve Galaktik boylamları. Güneş çemberi dışında $m_{TK} < 300\ M_{\odot}$ olan kümeler alt iki sırada verilmiştir.

Küme Adı	Yaş (Myıl)	$m_{TK}(100M_{\odot})$	R_{RYP} (pc)	R_{GC} (kpc)	$l(^{o})$
NGC 6819	2500	49.50	12.92	6.96	74
Trumpler 20	1500	150	13.98	6.19	301
Ru 96	1000	15.80	2.60	6.53	296
NGC 2192	1300	2.27	5.47	11.37	173
Koposov 53	1000	2.37	4.18	11.28	185

Şekil 5.15'de verilen 26 kümenin m_{TK} - Yaş ilişkisinde, Yaş ≥ 1 Gyıl olan kümelerin $m_{TK} \geq 2700\ M_{\odot}$ (10 küme) ve $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ (dokuz küme) büyük ve küçük kütle değerlerine sahip oldukları görülmektedir. 10 kümeden ikisi dışında diğerlerinin Güneş çemberi dışında yer aldığı görülmektedir.

Yaş < 1 Gyıl olan kümelerden üçünün $m_{TK} \geq 2700\ M_{\odot}$ ve dördünün ise $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ kütle değerlerine sahip oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 5.15: 26 kümenin m_{TK} ve Yaş (panel a). Eksenler logaritmiktir.

Tablo 5.3'den de görüldüğü gibi Ru 96 kümesi için Yaş ≥ 1 Gyıl olup, kütlesi m_{TK} < 2700 $M_{\odot}$'dir. Bu küme antimerkez doğrultusunda, Güneş çemberi içinde yer alan küçük boyutlu ve nispeten büyük kütleli bir kümedir.

Tablo 5.3'ün son iki satırında verilen NGC 2192 (l = 173^o) ve Koposov 53 (l = 185^o) kümeleri hem antimerkez doğrultusunda, hem de dış Galaksi diskinde yer almakta ve Tablo 5.8'den görüleceği gibi, dış proseslere çok az maruz kalarak uzun süre hayatta kalan yaşlı, küçük kütleli ve küçük boyutlu kümelerdir

Şekil 5.15'de Yaş < 1 Gyıl olan yedi kümenin bilgileri Tablo 5.4'de verilmiştir. Tablo 5.4'den görüleceği gibi, NGC 6802 ve Pismis 19 kümeleri Güneş çemberi içinde ve Galaksi merkezi doğrultusunda yer alan büyük kütleli kümelerdir.

Tablo 5.4: Şekil 5.15de Yaş < 1 Gyıl olan kümelerin tüm küme kütlesi, küme ve kor yarıçapları ile Galaksi merkezinden olan uzaklık ve Galaktik boylam bilgileri

Küme Adı	Yaş (Myıl)	m_{TK} ($100M_{\odot}$)	R_{RYP} (pc)	R_{KOR} (pc)	R_{GC} (kpc)	l(^{o})
NGC 436	400	7.9	6.97	1.04	9.48	126
NGC 1513	100	20.4	6.51	1.65	8.29	153
NGC 6802	900	46.4	4.24	1.03	6.22	55
Pismis 19	800	59.1	6.16	0.54	6.02	315
Be 15	500	1.96	5.04	0.39	10.21	162
NGC 2309	500	4.5	7.50	0.84	9.74	220
NGC 2194	800	58.4	6.55	1.66	9.51	197

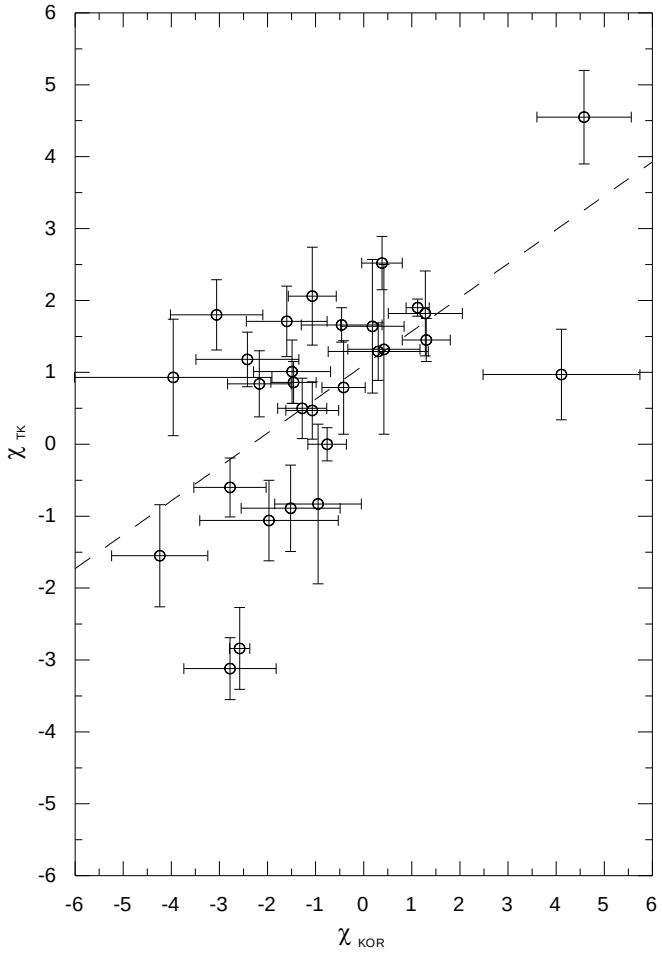
Küçük kütleli Be 15, NGC 436, NGC 2309 ve NGC 1513 kümeleri antimerkez doğrultusunda ve Güneş çemberi dışında yer almaktadır.

5.7. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ

40 açık yıldız kümesinden 29'unun tüm küme ve korlarına ait χ kütle fonksiyonu eğimleri Bölüm 3.2.4'de verilen yönteme göre elde edilmiştir. 29 kümenin χ_{TK} - χ_{KOR} ilişkisi Şekil 5.16'da verilmiştir. Bu ilişkiyi temsil eden bağıntı (kesikli çizgi) (5.9) ile verilmiştir:

$$\chi_{TK} = (0.47 \pm 0.12)\, \chi_{KOR} + (1.10 \pm 0.26) \qquad (5.9)$$

K.K. = 0.60



Şekil 5.16: 29 kümenin χ_{TK} - χ_{KOR} ilişkisi. Kesikli çizgi kor kütle eğimlerine ait bağıntıyı göstermektedir.

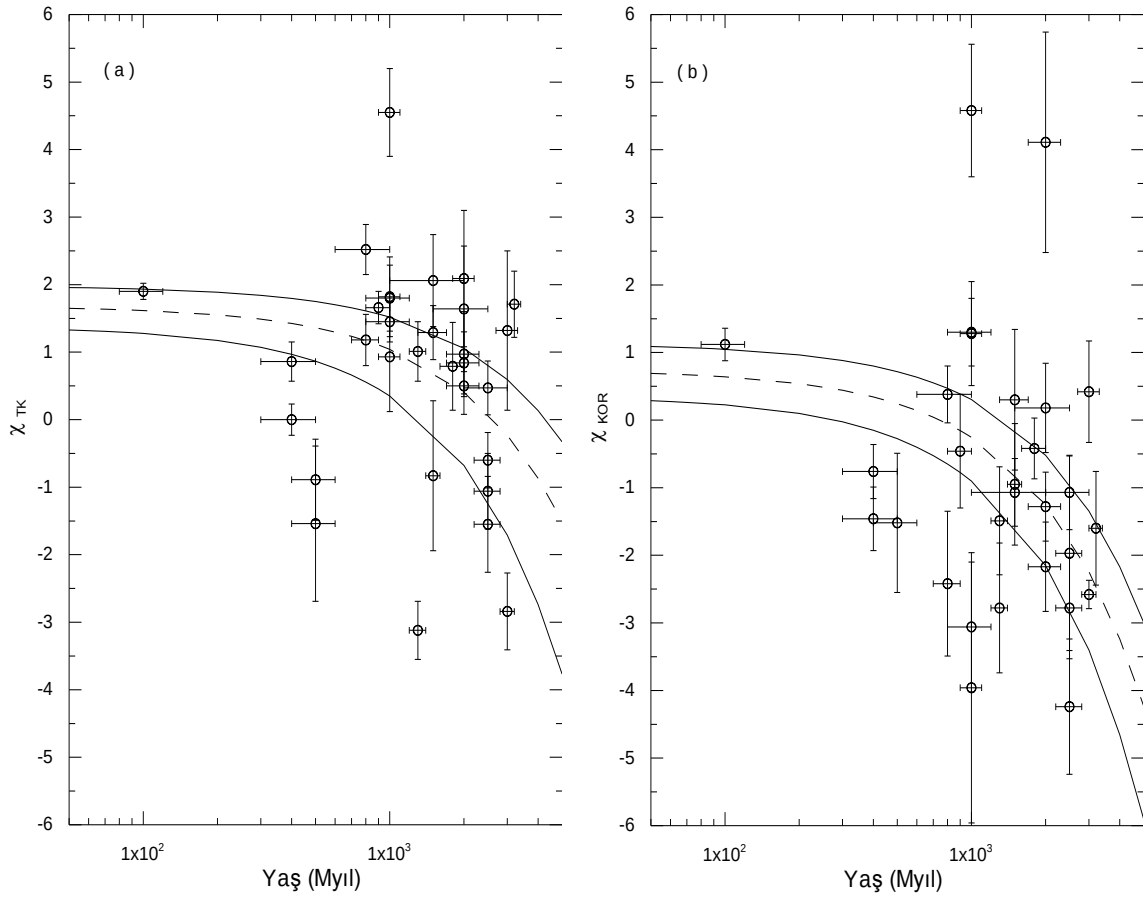
$\chi_{KOR} < 0$ kütle fonksiyonu eğimine sahip kümelerde, büyük kütleli yıldızlar kütle ayrışması prosesi neticesinde bu kümelerin korlarında toplanmıştır.

Negatif kor kütle fonksiyonu eğimine ($\chi_{KOR} < 0$) sahip olan kümeler hem negatif hem de pozitif tüm küme kütle fonksiyonu eğimine sahip olabilmektedir.

Şekil 5.16'da $\chi_{KOR} > 0$ olan dokuz küme mevcuttur. Bu kümelerin tamamının tüm küme kütle eğimleri $\chi_{TK} > 0$'dır. Şekil 5.16'da, Ru 96 ve NGC 2506'nın kor ve tüm küme kütle fonksiyonu eğimleri sırasıyla ($\chi_{KOR} = +4.58$, $\chi_{TK} = +4.55$) ve ($\chi_{KOR} = +4.11$, $\chi_{TK} = +0.97$) olup, diğer kümelere göre uç değerlere sahip oldukları görülmektedir.

5.8. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİNİN YAŞ VE KÜTLE İLE İLİŞKİLERİ

Kümelerin tüm küme ve korlarına ilişkin kütle fonksiyonu eğimleri Bölüm 3.2.4'de verilen yönteme göre belirlenmiştir. Buna göre, 31 küme için χ_{TK} ve 29 küme için χ_{KOR} eğimleri belirlenebilmiştir. 31 kümenin χ_{TK} - Yaş ile 29 kümenin χ_{KOR} - Yaş ilişkisi Şekil 5.17.a ve Şekil 5.17.b'de verilmiştir.



Şekil 5.17: 31 kümenin χ_{TK} - Yaş (panel a) ile 29 kümenin χ_{KOR} - Yaş (panel b) ilişkileri. Kesikli eğri uygulanan fiti, katı eğriler ise ±1s belirsizliğini göstermektedir. Apsis eksenleri logaritmiktir.

Şekil 5.17.a-b'deki verilere uygulanan fitin denklemi (kesikli eğri) lineer olarak azalan bir fonksiyon biçiminde (5.10) bağıntısıyla verilmiştir:

$$\chi(t) = \chi_0 - t/t_f \qquad (5.10)$$

Şekil 5.17.a'daki 31 küme için (5.10) bağıntısındaki parametrelere ait değerler http://statpages.org/nonlin.html web sayfasında lineer olmayan en küçük kareler yöntemini kullanan JAVA tabanlı bir program kullanılarak elde edilmiştir. Bağıntıdaki parametreler sırasıyla χ_o = 1.68±0.30, t_f = 1568.99±597.65 Myıl olup, korelasyon katsayısı 0.44'dür. Burada χ_o kümenin erken (başlangıç) safhasına ait tüm küme kütle fonksiyonu eğimini, t_f kütle ayrışması ile ilişkili yassılaşma zaman ölçeğini temsil etmektedir. Şekil 5.17.a'daki kümeler ortalama olarak χ_o = 1.68 başlangıç KF eğimine sahiptirler. Şekil 5.17.a'da tüm kümeler için hesaplanan χ_o = 1.68±0.30 başlangıç kütle fonksiyonu, Kroupa'ya (2001) ait χ_o = 1.3 ±0.3 ve Salpeter'e (1955) ait χ_o = 1.35 değerine belirsizlikler içinde yakındır.

Şekil 5.17.a'daki χ_{TK} - Yaş ilişkisinde, KF eğimleri $\chi_{TK} < 0$ ve $\chi_{TK} > 0$ olan kümelerin yaşları 0.4 Gyıl ilâ 3.2 Gyıl arasındadır. $\chi_{TK} < 0$ olan kümelerde büyük kütleli yıldızların sayısı fazla, $\chi_{TK} > 0$ olan kümelerde ise büyük kütleli yıldızların sayısı küçük kütleli yıldızlara nazaran daha azdır.

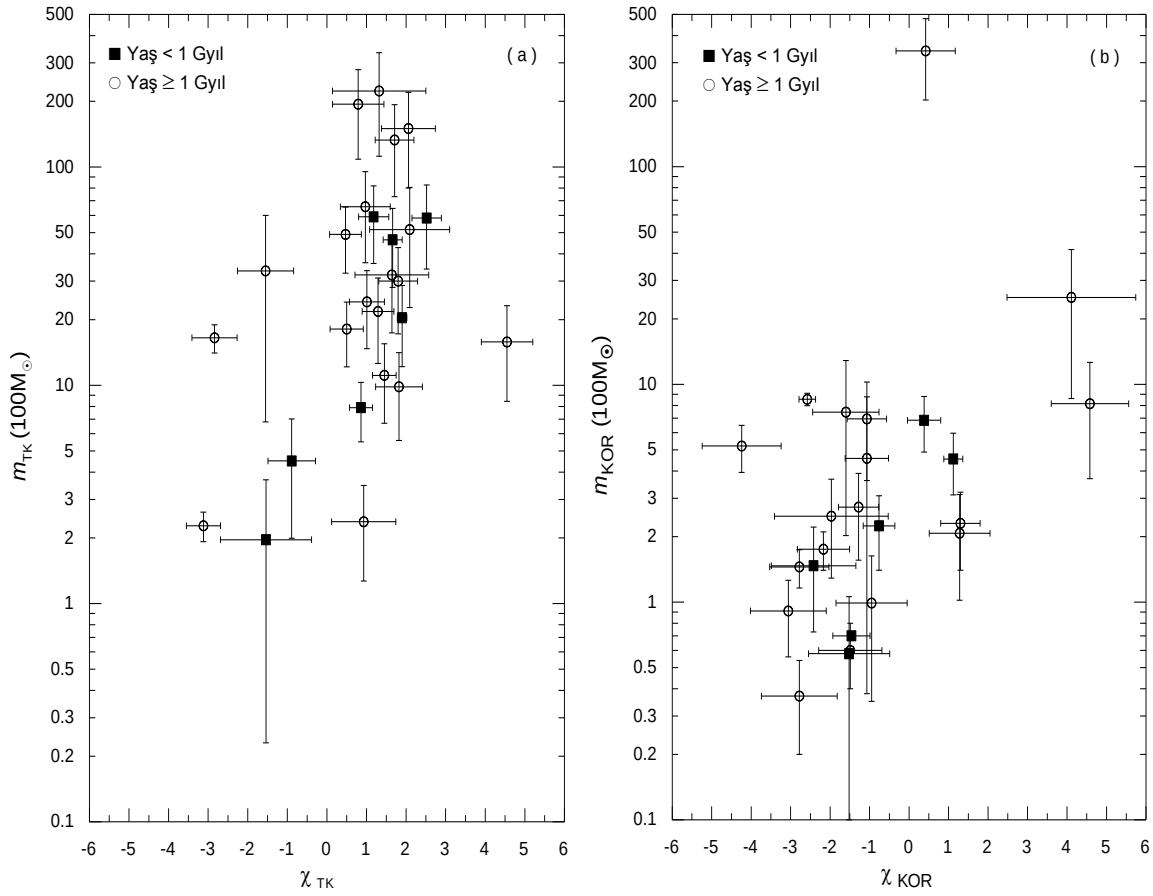
Şekil 5.17.b'deki χ_{KOR} - Yaş ilişkisinde, kümelerin korlarına ait KF eğimlerinin yaşa bağımlılığı (5.10) bağıntısı ile parametrelendirildiğinde, χ_o = 0.74±0.39, t_f = 1005.76 ± 206.17 Myıl elde edilir. Şekil 5.17.b'deki bağıntıya ait korelasyon katsayısı 0.68'dir. Şekil 5.17.b'de kümelerin korları için χ_o = 0.74 başlangıç kütle fonksiyonu değeri, Kroupa (2001)'ya ait χ_o = 1.3±0.3 ve Salpeter (1955)'e ait χ_o = 1.35 değeri ile kıyaslandığında oldukça yassıdır. Buna göre, t_f ~ 1000 Myıl yaş değerinde kütle ayrışması belirgin hale gelmiş ve kümelerin korlarının ortalama kütle fonksiyonu eğimi $\chi_{KOR} < 0$'a doğru evrilmiştir.

Panel (b)'de verilen 29 kümenin χ_{KOR} – Yaş ilişkisinden kümelerin çoğunluğunun kütle fonksiyonu eğimlerinin $\chi_{KOR} < 0$ olduğu görülmektedir.

$\chi_{KOR} > 0$ olan dokuz kümeden Ru 96 ve NGC 2506 kümelerinin χ_{KOR} eğimleri oldukça diktir ve bu kümeler yaşlı kümelerdir. Güneş çemberi dışında bulunan NGC 2506 kümesinin, Tablo 5.8'den de görüleceği gibi civarında bir bulutsu olmayıp, dış proseslere önemli derecede maruz kalmadığı anlaşılmaktadır. Ru 96 kümesi R_{GC} = 6.53

kpc uzaklığı ile Güneş çemberi içinde yer alan, R_{RYP} = 2.60 pc değeri ile küçük boyutlu ve yaşlı bir kümedir.

Şekil 5.17.a-b'de NGC 1513 (Yaş = 100 Myıl) kümesinin kor ve tüm küme kütle fonksiyonun eğimi $\chi_{TK} > 0$ ve $\chi_{KOR} > 0$ olup, kümenin korunda küçük kütleli yıldızlar sayıca fazladır ve bu küme Tablo 5.8'den görüleceği gibi, spiral kol üzerinde yer almadığı ve civarında bir bulutsu olmadığından dinamik etkilere çok fazla maruz kalmamıştır.



Şekil 5.18: Yaşa göre 26 kümenin m_{TK} - χ_{TK} (panel a) ve 24 kümenin m_{KOR} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri. Ordinat eksenleri logaritmiktir.

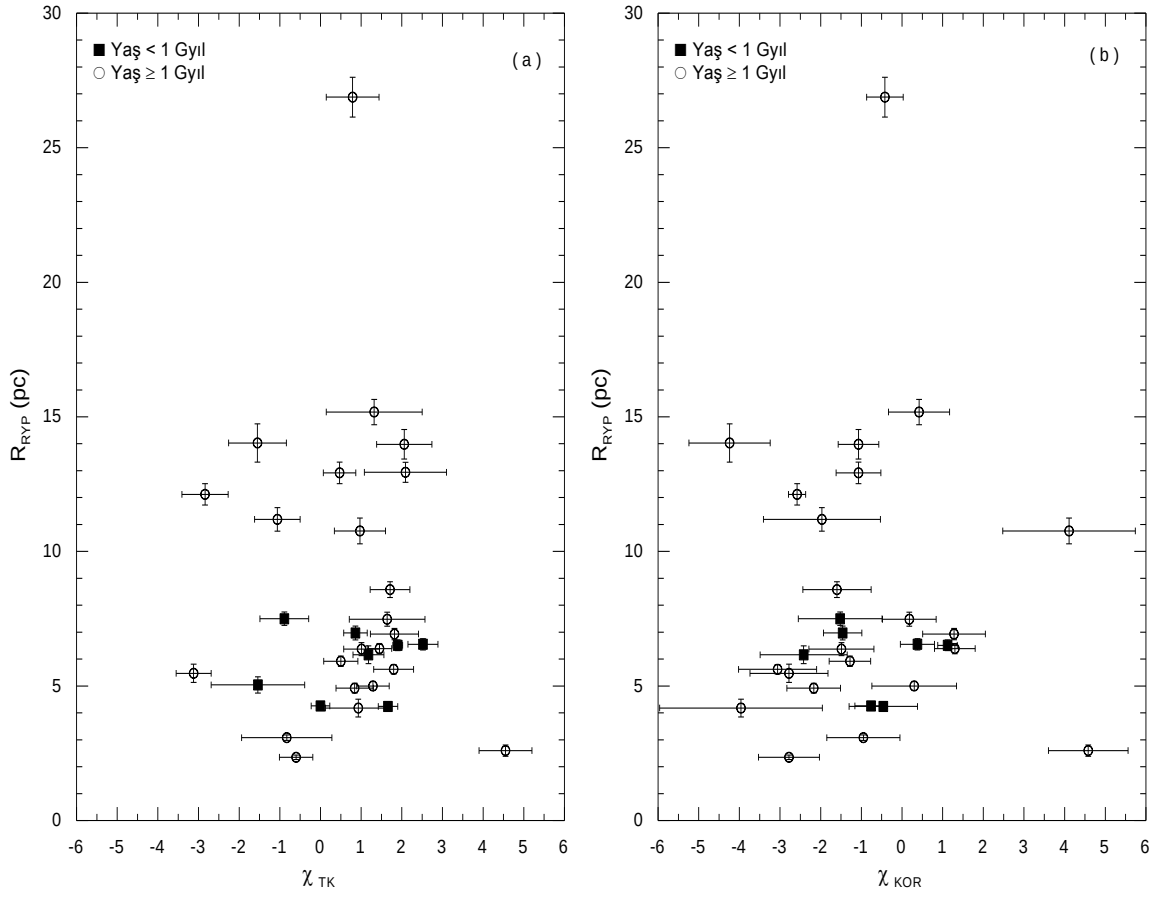
Şekil 5.18.a'da yaşın fonksiyonu olarak verilen m_{TK} - χ_{TK} ilişkisinde, KF eğimleri $\chi_{TK} > 0$ olan kümelerin çoğunluğu $m_{TK} > 2700 M_\odot$ kütlesinde olup, $m_{TK} < 2700\ M_\odot$ kütlesindeki birkaç kümenin KF eğiminin negatif ($\chi_{TK} < 0$) olduğu görülmektedir. Bu durum dinamik evrim ile ilişkilidir (Bakınız Tartışma ve Sonuç kısmı).

$m_{TK} > 1000\ M_{\odot}$ ve $\chi_{TK} < 0$ değerlerindeki iki küme NGC 2158 ve Collinder 110'dur. Bu iki kümede büyük kütleli yıldızların sayıca fazla olması, küçük kütleli yıldızların kaybedilmiş olduğunu göstermektedir. Collinder 110 kümesi Orion – Cygnus spiral kolu üzerinde yer aldığından spiral koldan kaynaklanan şok dalgalarına maruz kalmaktadır. Şekil 5.18.a'da $\chi_{TK} = +0.93$ ve $m_{TK} = 237\ M_{\odot}$ değerlerine sahip olan Koposov 53 kümesi, Güneş çemberi dışında yer alan yaşlı bir kümedir. Bu küçük boyutlu ($R_{RYP} = 4.18$ pc) küme dış dinamik proseslere çok fazla maruz kalmamıştır (Bakınız Tablo 5.8).

Şekil 5.18.b'deki m_{KOR} - χ_{KOR} ilişkisinde, $m_{KOR} < 1000\ M_{\odot}$ değerindeki kümelerin çoğunluğunun negatif χ_{KOR} eğimine sahip olduğu görülmektedir. $m_{KOR} > 1000 M_{\odot}$ ve $\chi_{KOR} > 0$ değerlerine sahip Trumpler 5 ve NGC 2506 kümelerinin korlarında küçük kütleli yıldız sayısı büyük kütleli yıldız sayısından fazladır. Tablo 5.8'den görüleceği gibi NGC 2506 kümesinin civarında bulutsu yer almaması, dış dinamik proseslerin etkilerine çok fazla maruz kalmadığına işaret etmektedir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi kümenin E(B-V) = 0.70 kadirlik renk artığı LDN 1613 bulutsusunun kümenin önünde yer aldığını göstermekte ve kümenin dış dinamik proseslerin etkilerine çok fazla maruz kalmadığına işaret etmektedir.

5.9. AÇIK KÜMELERİNİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ İLE R_{RYP} ve R_{GC} ARASINDAKİ İLİŞKİLER

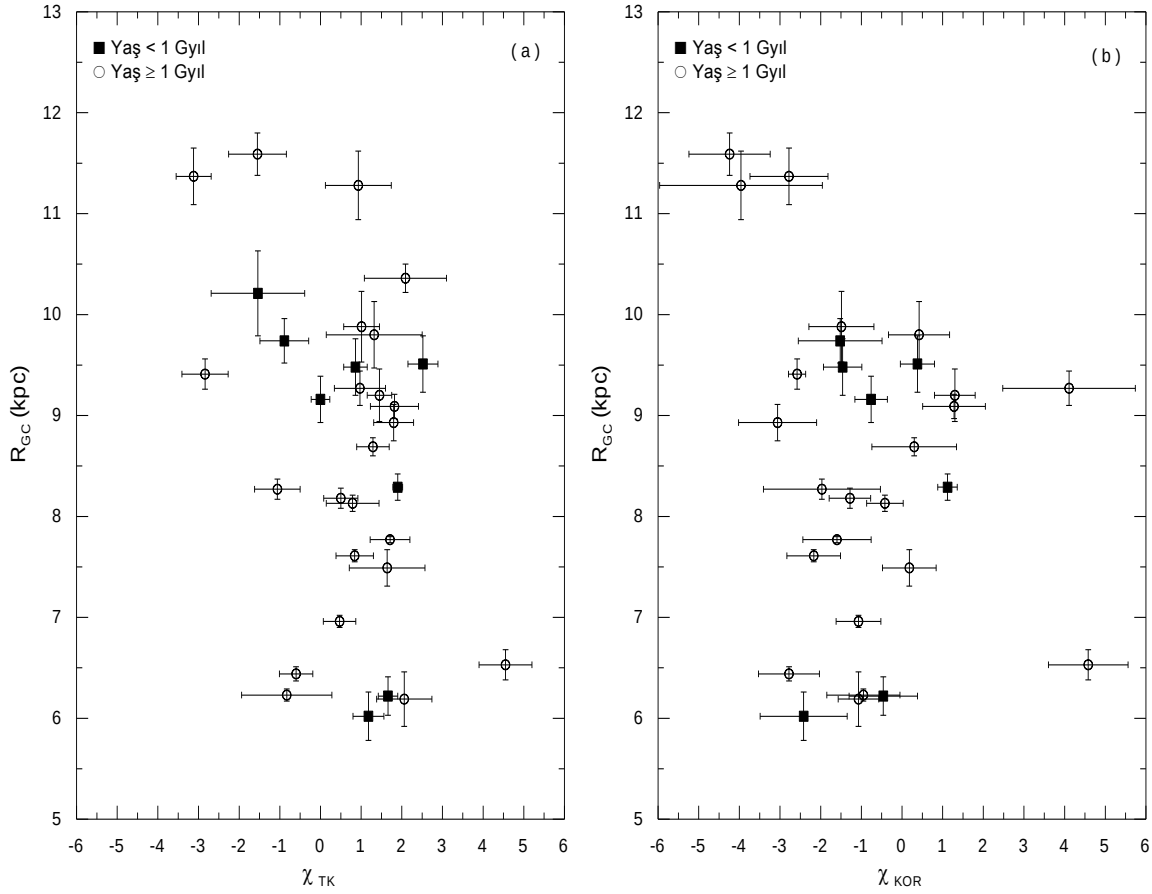
Şekil 5.19.a'da verilen 31 kümenin R_{RYP} - χ_{TK} ilişkisinde, küçük ve büyük boyutlu kümelerin ($R_{RYP} < 6.3$ pc ve $R_{RYP} \geq 6.3$ pc) negatif ve pozitif χ_{TK} eğimlere sahip olması, kümelerin R_{RYP} ile χ_{TK} değerleri arasında bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Şekil 5.19.a-b'de saçılma gösteren küme 1.80 Gyıl yaşında (R_{RYP}, R_{KOR}) = (26.88, 0.79) pc boyutunda olan NGC 7789 kümesidir.



Şekil 5.19: Yaşın fonksiyonu olarak 31 kümenin R_{RYP} - χ_{TK} (panel a) ve 29 kümenin R_{RYP} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri.

Şekil 5.19.b'deki 29 kümenin R_{RYP} - χ_{KOR} ilişkisinde, $R_{RYP} < 6.3$ pc ve $R_{RYP} \geq 6.3$ pc boyutundaki kümelerin çoğunluğunun $\chi_{KOR} < 0$ eğimine sahip olması, bunların korlarında büyük ölçekte kütle ayrışmasının meydana geldiğini göstermektedir. $\chi_{KOR} > 0$ eğimine sahip büyük ve küçük boyutta bir kaç kümenin önemli miktarda kütle

ayrışmasına maruz kalmadığı anlaşılmaktadır. Şekil 5.19.a-b'de $R_{RYP} < 6.3$ pc boyutunda kümelerin negatif ve pozitif tüm küme ve kor KF eğimlerine sahip oldukları görülmektedir.

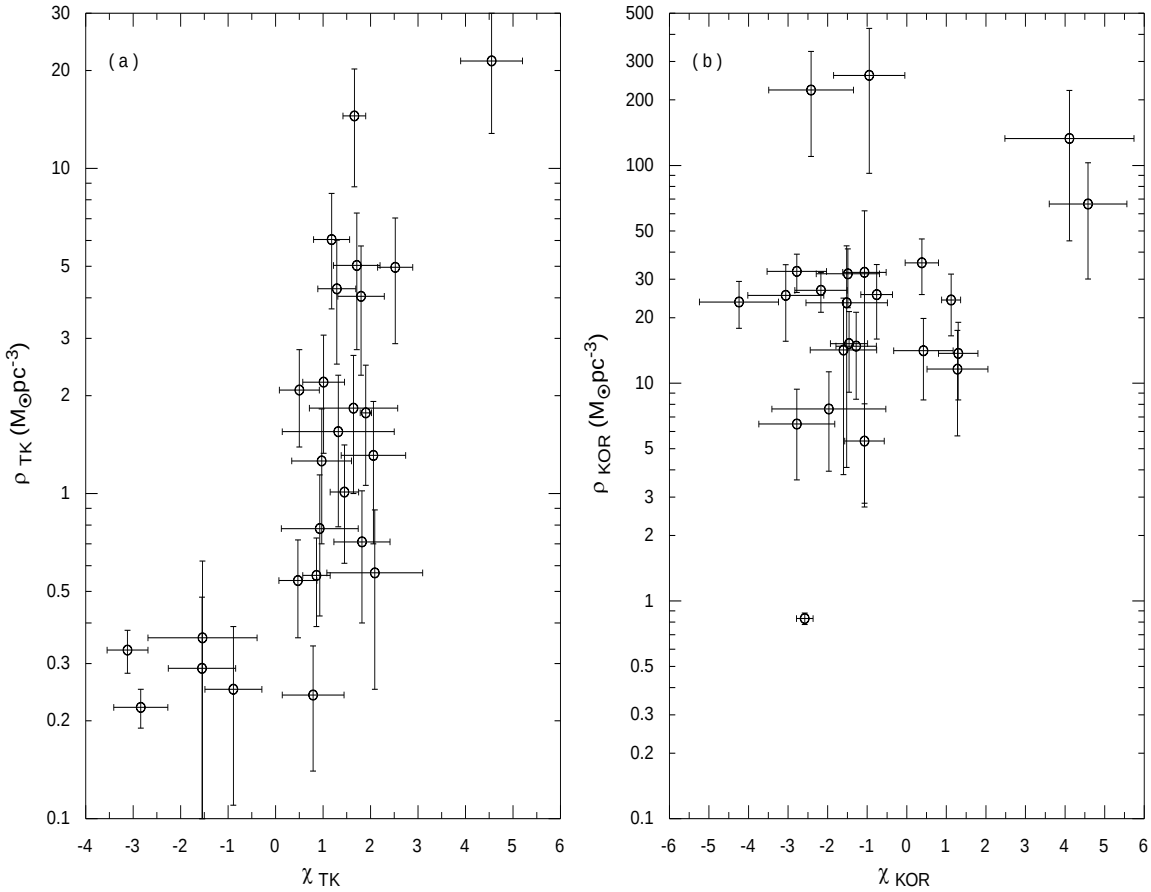


Şekil 5.20: 31 kümenin R_{GC} - χ_{TK} (panel a) ve 29 kümenin R_{GC} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri.

31 küme için R_{GC} ile χ_{TK} ve 29 küme için R_{GC} ile χ_{KOR} arasındaki ilişkiler, Şekil 5.20.a ve Şekil 5.20.b'de yaşın fonksiyonu olarak verilmiştir. Güneş çemberi içinde ve dışındaki kümeler pozitif ve negatif KF eğimine sahip olabilmektedir. Güneş çemberi içinde ve dışında yer alan $\chi_{KOR} < 0$ eğime sahip kümeler büyük ölçekte kütle ayrışmasına maruz kalmış, $\chi_{KOR} > 0$ eğime sahip kümeler ise önemli miktarda kütle ayrışmasına maruz kalmamıştır.

5.10. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ İLE HACİMSEL KÜTLE YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Kümelerin hacimsel kütle yoğunluğu Bölüm 3.3.4'de verilen (3.15) bağıntısına göre hesaplanmıştır. Şekil 5.21.a'da verilen ρ_{TK} - χ_{TK} ilişkisinde, kümelerin büyük çoğunluğunun $\chi_{TK} > 0$ eğimi ile $\rho_{TK} = 0.20 - 21\ m_{\odot}\ pc^{-3}$ hacimsel kütle yoğunluğuna sahip oldukları görülmektedir.



Şekil 5.21: 26 kümenin ρ - χ_{TK} (panel a) ve 24 kümenin ρ - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri. Ordinat eksenleri logaritmiktir.

Şekil 5.21.b'deki ρ_{KOR} - χ_{KOR} ilişkisinde, pozitif ve negatif χ_{KOR} kor kütle fonksiyonu eğimine sahip kümelerin çoğunluğunun hacimsel kütle yoğunluğu $\rho_{KOR} = 5 - 36\ m_{\odot}\ pc^{-3}$ arasında olup, KF eğimi ile hacimsel kütle yoğunluğu arasında bir ilişki görülmemektedir. Şekil 5.21.b'deki saçılma gösteren küme $\rho_{KOR} = 0.83\ m_{\odot}\ pc^{-3}$ düşük hacimsel kütle yoğunluğu ve $R_{KOR} = 6.25$ pc değeri ile Collinder 110 kümesidir.

Şekil 5.21.b'de $\chi_{KOR} < 0$ eğime sahip Pismis 19 (R_{KOR} = 0.54 pc) ve NGC 6134 (R_{KOR} = 0.45 pc) kümeleri büyük hacimsel kütle yoğunluğuna ve küçük kor yarıçaplarına sahip kümelerdir. Büyük hacimsel kütle yoğunluğu büyük kütleli yıldızların kütle ayrışması neticesinde korda toplanmasından ileri gelmektedir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi Pismis 19 kümesi [DB2002b] G313.30+0.34 bulutsusu ile, NGC 6134 kümesi ise [DB2002b] G334.71-0.38 bulutsusu ile etkileşmekte ve bu nedenle yıldız kaybetmektedirler.

Şekil 5.21.b'de $\chi_{KOR} > 0$ eğime ve büyük hacimsel kütle yoğunluğuna sahip NGC 2506 (R_{KOR} = 1.65 pc) ve Ru 96 (R_{KOR} = 1.43 pc) kümeleri dikkati çekmektedir. Ru 96 kümesi Tablo 5.8'den görüleceği gibi [DB2002b] G295.75-0.34 bulutsusu ile etkileşmekte ve yıldız kaybetmektedir.

5.11. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİ İLE EVRİMSEL PARAMETRE ARASINDAKİ İLİŞKİLER

40 açık kümeden 24 kümenin tüm küme bölgesi ve 21 kümenin ise kor bölgesi için gevşeme zamanı t_g (Myıl) ve evrimsel parametre Bölüm 3.3'de verilen (3.12) ve (3.13) bağıntıları ile hesaplanmıştır.

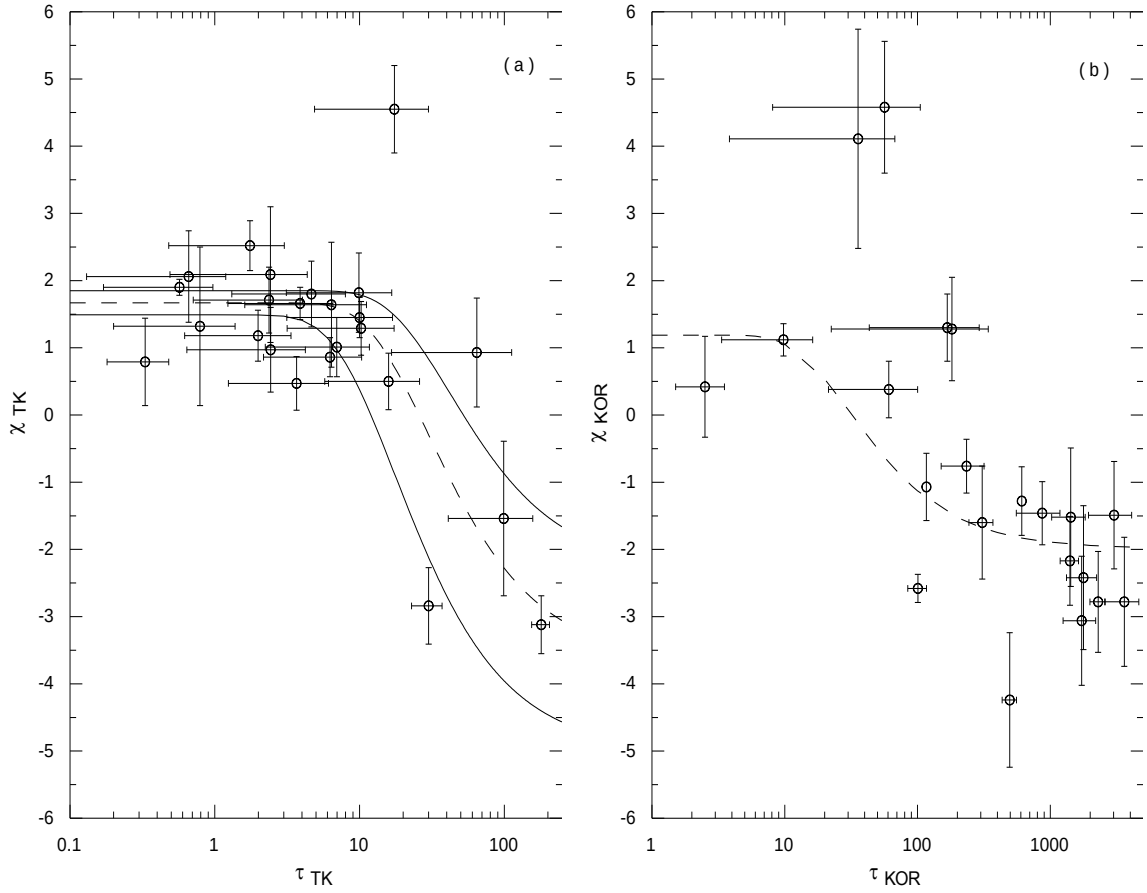
Kümelerin tamamının KF eğimleri ile gevşeme ve evrimsel zamanlarının belirlenemeyişinin nedenleri; bazı kümelerin çok az yıldız içermesi ve KF eğimlerindeki belirsizliklerin büyük olmasıdır. Gevşeme ve evrimsel parametrelerindeki belirsizlikleri büyük olan kümeler için de bu değerler belirlenememiştir. Kümelerin hesaplanan gevşeme zamanı ve evrimsel parametreleri kor ve tüm küme bölgesi için KF eğimi (χ) ile birlikte Tablo 5.5'de verilmiştir. Tablo 5.5'deki sonuçlar tüm küme eğimi (χ_{TK}) mevcut olan 29 küme için verilmiştir.

Tablo 5.5: 29 kümenin kor ve tüm küme bölgesi için kütle fonksiyonu eğimi (χ), gevşeme zamanı t_g ve evrimsel parametre (τ) değerleri

Küme	Kor			Tüm küme		
	χ	t_g (Myıl)	τ_{KOR}	χ	t_g (Myıl)	τ_{TK}
Be 89	0.18	-	-	1.64	325.86	6.14
NGC 436	-1.46	0.47	851.06	0.86	66.62	6.00
NGC 1513	1.12	10.63	9.41	1.90	183.21	0.55
NGC 2262	-1.49	0.45	2888.89	1.01	194.59	6.68
NGC 2286	1.30	6.21	161.03	1.45	104.12	9.6
Trumpler 5	0.42	1245.07	2.41	1.32	3963.47	0.76
NGC 6802	-0.46	-	-	1.66	241.88	3.72
Pismis 3	-1.60	10.85	294.93	1.71	1404.38	2.28
NGC 2158	-4.24	5.05	495.05	-1.55	-	-
Collinder 110	-2.58	31.02	96.71	-2.84	104.18	28.8
Haffner 8	1.28	5.73	174.52	1.82	105.35	9.49
Ru 96	4.58	18.43	54.26	4.55	59.88	16.7
Pismis 19	-2.42	0.47	1702.13	1.18	418.79	1.91
Trumpler 20	-1.07	13.39	112.02	2.06	2367.48	0.63
NGC 2192	-2.78	0.38	3421.05	-3.12	7.53	172.64
Be 15	-	-	-	-1.54	5.26	95.06
NGC 2112	-1.28	3.42	584.8	0.50	131.48	15.21
Mel 71	0.30	-	-	1.29	152.65	9.83
NGC 7789	-0.42	-	-	0.79	5699.46	0.32

Tablo 5.5 devam

IC 4651	-2.78	1.09	2293.58	-0.60	-	-
NGC 6819	-1.07	-	-	0.47	708.77	3.53
NGC 2243	-	-	-	2.09	860.47	2.32
NGC 1907	-0.76	1.71	233.92	0.00	-	-
NGC 6939	-2.17	1.42	1408.45	0.84	-	-
NGC 2309	-1.52	0.35	1428.57	-0.89	-	-
Koposov 53	-3.96	-	-	0.93	16.16	61.88
King 5	-3.06	0.61	1639.34	1.80	223.96	4.47
NGC 2194	0.38	13.69	58.44	2.52	475.57	1.68
NGC 2506	4.11	58.34	34.28	0.97	857.23	2.33



Şekil 5.22: 24 kümenin τ_{TK} - χ_{TK} (panel a) ve 21 kümenin τ_{KOR} - χ_{KOR} (panel b) ilişkileri. Apsis eksenleri logaritmiktir.

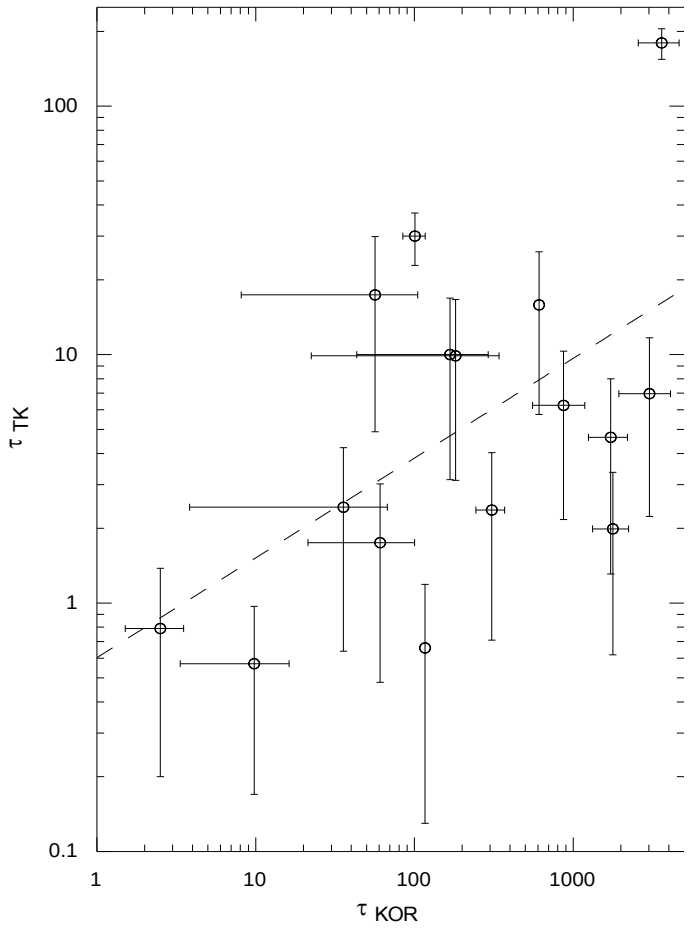
Şekil 5.22.a-b'de verilen kor ve tüm küme KF eğimlerinin evrimsel parametre ile ilişkisi üstel bir fonksiyon ile fit edilmiş ve ilgili bağıntı (5.11)'de verilmiştir. Şekil 5.22.a-b'deki çizgili eğri kümelere uygulanan (5.11)'deki fiti, düz çizgi ile çizilen eğriler ise ±1s belirsizliğini göstermektedir.

$$\chi(\tau) = \chi_0 - \chi_1 e^{-(\frac{\tau_0}{\tau})} \qquad (5.11)$$

Şekil 5.22.a'daki τ_{TK} - χ_{TK} ilişkisine uygulanan fitten elde edilen parametreler sırasıyla $\chi_o = 1.67 \pm 0.18$, $\chi_1 = 5.33 \pm 1.17$, $\tau_o = 29.92 \pm 12.29$ olup, bağıntıya ait korelasyon katsayısı 0.77'dir. Burada, χ_o: kümenin doğumundaki KF eğimini, χ_1: ileri evrimsel aşamadaki KF eğimini temsil etmektedir. Şekil 5.22.a'da $\tau_o \sim 30$ değerinde kümelerin eğiminin $\chi_{TK} < 0$'a evrilmeye başladığı görülmektedir. Bir başka ifade ile, τ_{TK} - χ_{TK} ilişkisinde, kümelerin evrimsel parametre değeri büyüdükçe KF eğimi negatifleşme eğilimindedir. Kümelerin çoğunluğu $\chi_{TK} > 0$ eğimine sahip olup, $\tau_{TK} > 30$ değerinde $\chi_{TK} \leq 0$ olan küme sayısı 3'dür.

Şekil 5.22.b'deki τ_{KOR} - χ_{KOR} ilişkisine uygulanan fitten elde edilen parametreler sırasıyla, $\chi_o = 1.19 \pm 0.89$, $\chi_1 = 3.18 \pm 0.92$, $\tau_o = 31.62 \pm 34.79$ olup, bağıntıya ait korelasyon katsayısı 0.64'tür. τ_{KOR} - χ_{KOR} ilişkisindeki kesikli çizgi ile gösterilen fit, $\tau_{KOR} \sim 32$ değerinde kümelerin kor KF eğiminin azaldığı değeri temsil etmektedir. KF eğimleri çok dik olan Ru 96 ($\chi_{KOR} = 4.58$) ve NGC 2506 ($\chi_{KOR} = 4.11$) kümeleri τ_{KOR} değerindeki KF eğiminin azalmaya başladığı değeri belirgin şekilde etkilemektedir. Panel (b)'de $\tau_{KOR} \sim 100$ evrimsel değerinde kümelerin çoğunluğunun $\chi_{KOR} < 0$ KF eğimine sahip oldukları görülmektedir.

Şekil 5.22.a'da ileri evrimsel parametre değerine sahip ($\tau_{TK} = 64$) olan küme Koposov 53'dür. Bu küme $\chi_{TK} = 0.93$ ve $\chi_{KOR} = -4$ KF eğimine sahip olup, Güneş çemberi dışında ($R_{GC} = 11$ kpc) yer almaktadır.



Şekil 5.23: 16 kümenin τ_{TK} - τ_{KOR} ilişkisi. Eksenler logaritmiktir.

Şekil 5.23'de verilen 16 kümenin τ_{TK} - τ_{KOR} ilişkisinde, kümelerin tüm küme evrimsel parametresi (τ_{TK}) arttıkça korun evrimsel parametresinin (τ_{KOR}) genelde arttığı görülmektedir. Şekil 5.23'deki τ_{TK} ile τ_{KOR} evrimsel parametreleri arasındaki bağıntı (5.12) ile verilmiştir.

$$\ln \tau_{TK} = (-0.50 \pm 0.21) + (0.40 \pm 0.16) \ln \tau_{KOR} \qquad (5.12)$$

K.K. = 0.54

Bununla birlikte, bağıntının 0.54 korelasyon katsayısı, kor ve tüm kümeye ait evrimsel parametreler arasındaki ilişkinin, τ_{TK}'ya ait belirsizliklerin büyük olması ve saçılmadan dolayı zayıf olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 5.23'e göre, evrimleşmiş bir kümenin korunun da evrimleşmiş olması beklenir. Bir başka ifade ile kümenin maruz kaldığı dış dinamik prosesler kütle ayrışmasını ivmelendirerek korun dinamik evrimini hızlandırır.

5.12. AÇIK KÜMELERİN KÜTLE FONKSİYONU EĞİMLERİNİN KROUPA'YA (2001) AİT BKF EĞİMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Kroupa'ya (2001) ait BKF değeri ile karşılaştırmak için, kümelerin kor ve tüm kümeye ait KF eğimleri belirsizlikleri ile birlikte Tablo 5.6'da verilmiştir. Tablo 5.6'da, 29 kümenin kor KF eğimleri ve belirsizlikleri sütun (2)'de, 31 kümenin KF eğimleri belirsizlikleri ile birlikte sütun (3)'de listelenmiştir. Tablo 5.6'daki kümelerin kor ve tüm kümeye ait kütle aralığı $m > 0.50\ M_{\odot}$ olduğundan, KF eğimlerinin Kroupa (2001) ile karşılaştırılması bu kütle aralığı için $\chi = +1.3 \pm 0.3$ değeri ile yapılmıştır. Buna göre, hata sınırları içinde olmak kaydıyla 5 kümenin kor KF eğimi ve 16 kümenin tüm küme KF eğimi Kroupa'ya (2001) ait BKF değeriyle uyumludur. Kor KF eğimlerinin tüm küme KF eğimlerine kıyasla Kroupa'ya (2001) ait BKF değeriyle uyumu daha azdır. Bunun nedeni kütle ayrışması sonucu korun daha fazla evrimleşmesidir. Kütle ayrışması nedeniyle korda büyük kütleli yıldızlar yığılmışlar, küçük kütleli yıldızlar haloya transfer olmuşlardır. Haloda kütle ayrışmasının etkileri daha az görülmektedir.

Tablo 5.6: Kümelerin Şimdiki Kütle Fonksiyonları (ŞKF). Kor ve tüm kümeye ait kütle fonksiyonu eğimleri belirsizlikleri ile birlikte Sütun 2 ve 3'de listelenmiştir.

Küme (1)	$\chi_{KOR} \pm \sigma_{\chi, KOR}$ (2)	$\chi_{TK} \pm \sigma_{\chi, TK}$ (3)
Be 89	0.18±0.66	1.64±0.93
NGC 436	-1.46±0.47	0.86±0.29
NGC 1513	1.12±0.24	1.90±0.12
NGC 2262	-1.49±0.80	1.01±0.44
NGC 2286	1.30±0.50	1.45±0.30
Trumpler 5	0.42±0.75	1.32±1.18
NGC 6802	-0.46±0.84	1.66±0.24
Pismis 3	-1.60±0.84	1.71±0.49
NGC 2158	-4.24±1.00	-1.55±0.71
Collinder 110	-2.58±0.21	-2.84±0.57
Haffner 8	1.28±0.77	1.82±0.59
Ru 96	4.58±0.98	4.55±0.65
Pismis 19	-2.42±1.07	1.18±0.38
NGC6134	-0.95±0.90	-0.83±1.11
Trumpler 20	-1.07±0.50	2.06±0.68
NGC 2192	-2.78±0.96	-3.12±0.43
NGC 2112	-1.28±0.51	0.50±0.42
Mel 71	0.30±1.04	1.29±0.40
NGC 7789	-0.42±0.45	0.79±0.65

Tablo 5.6 devam

IC 4651	-2.78±0.75	-0.60±0.41
NGC 6819	-1.07±0.55	0.47±0.40
NGC 1907	-0.76±0.40	0.00±0.23
NGC 6939	-2.17±0.66	0.84±0.46
NGC 2309	-1.52±1.03	-0.89±0.60
Koposov53	-3.96±3.40	0.93±0.81
NGC 7142	-1.97±1.44	-1.06±0.56
King 5	-3.06±0.96	1.80±0.49
NGC 2194	0.38±0.42	2.52±0.37
NGC 2506	4.11±1.63	0.97±0.63
Be 15	-	-1.54±1.15
NGC 2243	-	2.09±1.01

5.13. AÇIK KÜMELERİN KOR VE HALO BÖLGELERİNDEKİ EVRİMLEŞMİŞ YILDIZ SAYI YÜZDELERİ VE KÜTLE AYRIŞMASI

Kümelerin hem kor hem de halo bölgelerine ait hesaplanabilen 14 kümenin evrimleşmiş yıldız sayıları Tablo 5.7'de sütun (2) ve (4)'de, tüm yıldızlar için sütun (3) ve (5)'de verilmiştir. 14 kümenin kor ve halo bölgelerindeki yıldız sayı yüzdeleri sütun (6) ve (7)'de listelenmiştir. Tablo 5.7'de kümelerin R_{GC} ve Yaş değerleri sütun (8)-(9)'da listelenmiştir.

Tablo 5.7: Hem kor hem de haloya ait yıldız sayıları hesaplanabilen 14 açık yıldız kümesinin her bölge için evrimleşmiş ve tüm yıldız sayıları (sütun 2-5) ile evrimleşmiş yıldızların tüm yıldızlara göre yüzde oranları (sütun 6-7). R_{GC} ve Yaş bilgileri sütun 7-8'de listelenmiştir.

	Kor		Halo					
Küme adı (1)	Evrimleşmiş (2)	Tüm yıldızlar (3)	Evrimleşmiş (4)	Tüm yıldızlar (5)	Kor (%) (6)	Halo (%) (7)	R_{GC} (kpc) (8)	Yaş (Gyıl) (9)
NGC 436	1	40	12	2560	2.5	0.47	9.48	0.4
NGC 2262	9	50	22	7950	18	0.28	9.88	1.3
NGC 2286	2	600	3	2700	0.33	0.11	9.2	1
Trumpler 5	93	87900	169	53000	0.11	0.32	9.8	3
Pismis 3	63	834	29	34500	7.55	0.08	7.77	3.2
Collinder 110	93	797	70	1000	11.67	7	9.41	3
Ru 96	7	2390	9	3250	0.29	0.28	6.53	1
Pismis 19	14	95	26	17300	14.74	0.15	6.02	0.8
Trumpler 20	69	670	188	37900	10.3	0.5	6.19	1.5
NGC 2192	2	27	17	132	7.41	12.88	11.37	1.3
NGC 1907	9	162	3	369	5.56	0.81	9.16	0.4
King 5	9	63	27	8020	14.29	0.34	8.93	1
NGC 2194	18	1450	19	15900	1.24	0.12	9.51	0.8
NGC 2506	17	7580	45	20700	0.22	0.22	9.27	2

5.14. 40 AÇIK KÜMENİN BULUTSULAR İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

40 açık yıldız kümesinin Dutra ve diğ.'ne (2002) ait toz bulutsu kataloğu yardımıyla Galaksimizdeki toz bulutsuları ile ilişkileri araştırılmış ve kümelerin civarında bulunan bulutsuların isimleri ekvatoral koordinatlar ile birlikte Tablo 5.8'de sütun (5)-(7)'de verilmiştir. Açık kümelerin büyük renk artığı değerleri (E(B-V) > 0.70), bulutsuların kümelerin önünde yer alması ile açıklanabilir (Bica ve diğ. 2006). Tablo 5.8'de kümelerin üzerinde yer aldığı spiral kol isimleri sütun (4)'de verilmiştir. Kümelerin E(B-V), Yaş, R_{KOR}, R_{RYP}, τ_{TK}, $l(^{o})$ bilgileri sütun (8)-(13)'de verilmiştir.

Tablo 5.8: 40 açık kümenin bulutsular ile ilişkilendirilmesi. Kümelerin üzerinde bulundukları spiral kol 4 nolu sütunda, ilişkili oldukları DMB 5 nolu sütunda ve DMB'nin koordinatları (6) ve (7) nolu sütunda verilmiştir.

Küme (1)	α(2000) (h m s) (2)	δ(2000) (° ′ ″) (3)	Spiral Kol (4)	DMB (5)	α(2000) (h m s) (6)	δ(2000) (° ′ ″) (7)	E(B-V) (8)	Yaş (Gyıl) (9)	R_{kor} (pc) (10)	R_{RYP} (pc) (11)	τ_{TK} (12)
NGC 436	01 15 58.00	58 48 42.00	-	-	-	-	0.42	0.4	1.04	6.97	6.25
King 5	03 14 45.00	52 41 12.00	Orion - Cygnus	-	-	-	0.83	1	0.95	5.62	4.65
NGC 1513	04 09 49.80	49 31 17.25		-		-	0.74	0.1	1.65	6.51	0.57
Be 15	05 02 06.00	44 30 43.00	-	LDN 1476 (Bulutsu)	05 03 36	44 34 00	0.86	0.5	0.39	5.04	99.01
NGC 1798	05 11 39.00	47 41 30.00	-	-	-	-	0.51	1.5	1.10	9.11	-
Be 17	05 20 37.55	30 34 27.75	Perseus	LDN 1519 (Bulutsu)	04 55 42	30 35 00	0.83	5	2.10	5.29	-
NGC 1907	05 28 09.05	35 18 20.25	Orion - Cygnus	LDN 1516 (Bulutsu)	05 23 25	35 03 00	0.58	0.4	1.28	4.26	-
NGC 2112	05 53 50.51	00 25 44.25	-	LDN 1632 (Bulutsu)	05 59 36	00 30 00	0.64	2	1.64	5.92	15.85
Koposov 12	06 00 56.20	35 16 36.00	Perseus	LDN 1516 (Bulutsu)	05 23 25	35 03 00	0.22	1.8	0.87	3.82	-
NGC 2158	06 07 29.57	24 05 50.25	-	-	-	-	0.16	2.5	1.74	14.03	-
Koposov 53	06 08 56.20	26 15 49.00	-	-	-	-	0.03	1	0.66	4.18	64.47
NGC 2194	06 13 45.00	12 48 24.00	-	LDN 1600 (Bulutsu)	06 30 48	12 58 00	0.42	0.8	1.66	6.55	1.75
NGC 2192	06 15 21.77	39 51 06.00	-	-	-	-	0.03	1.3	1.11	5.47	179.81
NGC 2243	06 29 34.00	-31 17 00.00	-	-	-	-	0.03	2	0.89	12.94	2.42
Collinder 110	06 38 35.49	02 01 30.00	Orion - Cygnus	-	-	-	0.19	3	6.25	12.12	30
NGC 2262	06 39 38.00	01 08 36.00	Perseus	[DB2002b] G210.02-2.33 (DMB)	06 37 51	01 31 53	0.35	1.3	0.85	6.37	6.96
NGC 2286	06 47 43.05	-03 10 19.50	Orion - Cygnus	NAME MT 1 Cloud (Bulutsu)	06 48 07	-03 52 20	0.10	1	1.59	6.39	10.01
Trumpler 5	06 36 36.41	09 25 21.00	-	LDN 1613 (Bulutsu)	06 40 53	09 27 00	0.77	3	3.86	15.18	0.79
NGC 2309	06 56 02.15	-07 11 04.50	Perseus	-	-	-	0.51	0.5	0.84	7.50	-
To 2	07 03 05.00	-20 49 00.00	-	-	-	-	1.12	3	0.17	1.92	-
Be 36	07 16 24.02	-13 11 23.00	-	-	-	-	0.38	3	1.32	10.23	-
Haffner 8	07 23 09.00	-12 16 12.00	-	LDN 1657A (Bulutsu)	07 05 05	-12 18 29	0.19	1	1.47	6.93	9.89
Mel 71	07 37 30.00	-12 04 00.00	-	-	-	-	0.03	1.5	1.27	5.00	10.24
NGC 2425	07 38 22.00	-14 52 54.00	-	-	-	-	0.32	3.2	1.16	5.43	-
NGC 2506	07 59 58.78	-10 45 27.75	-	-	-	-	0.10	2	1.65	10.76	2.43
Pismis 3	08 31 16.30	-38 39 02.00	-	[DB2002b] G256.07-2.11 (Bulutsu)	08 15 07	-38 41 00	1.06	3.2	2.10	8.58	2.37
NGC 2660	08 42 38.00	-47 12 00.00	Sagittarius - Carina	[DB2002b] G265.55-3.24 (Bulutsu)	08 40 12	-47 03 00	0.42	1.5	0.39	5.27	-
NGC 3680	11 25 34.53	-43 15 11.25	Sagittarius - Carina	-	-	-	0.16	1.5	0.47	2.98	-
Ru 96	11 50 36.81	-62 09 04.25	-	[DB2002b] G295.75-0.34 (Bulutsu)	11 49 01	-62 20 24	0.22	1	1.43	2.60	17.39
Ru 105	12 34 12.28	-61 32 59.75	-	[DB2002b] G302.34+1.44 (Bulutsu)	12 46 30	-61 25 00	0.16	1	1.35	3.83	-
Trumpler 20	12 39 34.00	-60 37 00.00	-	[DB2002b] G301.91+2.56 (Bulutsu)	12 43 22	-60 17 00	0.32	1.5	3.12	13.98	0.66
Pismis 19	14 30 40.00	-60 53 00.00	-	[DB2002b] G314.74-0.63 (Bulutsu)	14 31 58	-61 11 00	1.31	0.8	0.54	6.16	1.99
			-	[DB2002b] G313.30+0.34 (Bulutsu)	14 18 00	-60 47 00					
NGC 6134	16 27 46.00	-49 09 06.00	-	[DB2002b] G334.71-0.38 (Bulutsu)	16 27 52	-49 26 00	0.32	1.5	0.45	3.08	-
IC 4651	17 24 45.91	-49 55 06.01	Sagittarius - Carina	-	-	-	0.06	2.5	1.02	2.35	-
NGC 6802	19 30 33.30	20 15 48.00	Sagittarius - Carina	LDN 740 (Bulutsu)	19 28 20	20 06 00	0.74	0.9	1.03	4.24	3.88
NGC 6819	19 41 18.00	40 11 12.00	-	LDN 872 (Bulutsu)	20 01 51	40 28 00	0.06	2.5	1.50	12.92	3.67
Be 89	20 24 29.80	46 02 53.39	-	LDN 913 (Bulutsu)	20 24 23	45 20 00	0.59	2	2.75	7.48	6.39
NGC 6939	20 31 30.00	60 39 42.00	-	LDN 1082 (Bulutsu)	20 51 06	60 11 00	0.38	2	1.16	4.92	-
NGC 7142	21 45 12.39	65 47 43.00	Orion - Cygnus	LDN 1181 (Bulutsu)	21 42 06	66 09 00	0.42	2.5	1.98	11.19	-
NGC 7789	23 57 24.00	56 42 30.00	-	-	-	-	0.26	1.8	2.32	26.88	0.33

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu doktora tez çalışmasından elde edilen sonuçlar tartışmaları ile birlikte şu şekildedir:

1) Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık yıldız kümesinin 2MASS JHK_s fotometrik verilerinden itibaren, Bonatto ve diğ. (2007a,b) tarafından geliştirilmiş Alan Yıldızı Temizleme Yöntemi'ne göre küme üyeleri belirlenmiştir. Yüzey-yoğunluk, yüzey-kontur, filtrelenmiş (J-H) - J renk-parlaklık diyagramları ve RYP hem küme üyelerinin hem de doğru ekvatoral koordinatların (Ek Tablo-1) belirlenmesinde kullanılmıştır. 40 kümenin temel astrofizik parametreleri olan renk artıkları E(J-H) ve E(B-V), Yaş (Gyıl), uzaklık modülü $(m-M)_J$, Güneş'e uzaklık d, küme üyesi yıldızların (J-H) - J renk-parlaklık diyagramında Padova eşyaş eğrileri ile çakıştırılmasından eş zamanlı olarak elde edilmiş ve Ek Tablo-2'de listelenmiştir.

40 kümeye ait yapısal parametreler RYP'lerin iki parametreli King profilleri ile çakıştırılmasından tayin edilmiş ve Ek Tablo-3'de verilmiştir. Yapısal parametrelerden R_{RYP} ve R_{KOR} bu tez çalışmasında daha yaygın kullanılmıştır. Tüm küme yarıçapı anlamında kullanılan R_{RYP}, kümelerin RYP profillerinden itibaren elde edilmiştir (Bakınız Bölüm 4.2 ve Şekil 4.4).

2) Şekil 4.10.a-b'de kümelerin E(B-V) renk artığı dağılımının helyosentrik uzaklık ile ilişkili olmadığı görülmektedir. Bu çalışmadaki açık yıldız kümeleri Galaktik enlem ve Galaktik boylama göre $0.03 \leq E(B-V) \leq 1.31$ kadir aralığında renk artığı değerlerine sahip olabilmektedir.

Şekil 4.10.a-b'de, Trumpler 5 (LDN 1613 bulutsusu), Pismis 3 ([DB2002b] G256.07-2.11 bulutsusu), Pismis 19 ([DB2002b] G334.71-0.38 bulutsusu) ve Be 17 (LDN 1519 bulutsusu) kümelerinin büyük renk artığı değerleri ($E(B-V) > 0.70$), bulutsuların bu kümelerin önlerinde yer almaları ile açıklanabilir.

Şekil 4.11.a'da 40 açık yıldız kümesinin $E(B\text{-}V)_{SFD,\infty}$ - $E(B\text{-}V)_{küme}$ ilişkisinde, yedi küme için farklar $\Delta E(B\text{-}V) \leq 0.10$ kadirdir. 33 küme için $\Delta E(B\text{-}V) > 0.10$ kadirdir.

Şekil 4.11.c'de, küme-Güneş uzaklığına indirgenmiş renk artığı değerleri, $0.07 \leq E(B\text{-}V)_{SFD,\,d} \leq 1.26$ kadir arasındadır. 13 küme için renk artığı farkları $\Delta E(B\text{-}V) \leq 0.10$ kadirdir. Kalan 27 küme için renk artığı farkları $\Delta E(B\text{-}V) > 0.10$ kadirdir. Bu farkların nedeni şu şekilde açıklanabilir: SFD toz haritaları $|b| < 5^o$ enlemlerinde gerek toz sıcaklığındaki belirsizlikler gerekse kaynak bulaşmalarından dolayı güvenilir değildir (Gonzalez ve diğ. 2012). Ayrıca, Joshi ve diğ.'ne (2005) ait Şekil 3'den de görülebileceği gibi, $|b| > 5^o$ deki renk artığı değerleri, $5^o < |b| \leq 10^o$ ve $|b| > 10^o$ bölgelerindeki renk artığı değerleri ile kıyaslandığında SFD haritalarının E(B-V) renk artığını 1.04 - 1.12 faktörü kadar fazla verdiği gözlenmiştir. Chen ve diğ. (1999) ise, açık ve küresel kümelerle ilgili çalışmasında SFD kızarma haritalarının E(B-V) renk artığını 1.16 - 1.18 faktörü kadar fazla verdiğini gözlemiştir. Cambresy ve diğ.'e (2005) göre bunun nedeni, uzak kırmızı ötesinde artan emisyon ile karakterize edilen tüy bileşiminde toz taneciklerinin varlığıdır.

3) Şekil 5.3.a-b'de verilen küme boyutu ve yaşın fonksiyonu olarak $|z|$ ile R_{GC}(kpc) arasında bir ilişki görülmemektedir. Lynga (1982), Janes ve Phelps (1994), Tadross ve diğ. (2002), Nilakshi ve diğ. (2002), Schilbach ve diğ. (2006) tarafından yapılan çalışmalarda da, küme boyutu ve yaşın fonksiyonu olarak kümelerin $|z|$ ile R_{GC}'leri arasında bir ilişkinin olmadığı görülmüştür. Güneş çemberi dışında Galaksi merkezi etrafında 1 ilâ 3 tur atmış kümelerden $|z|$ >800 pc olanları Galaksi merkezinin gelgit etkisi ve DMB etkileri ile göç etmiş olabilirler. $|z|$ >400 pc mesafelerde yer alanlar ise ya göç etmiş ya da bu bölgelerdeki moleküler bulutlardan oluşmuş olabilirler.

Schilbach ve diğ. (2006) $|z|$ - R_{GC} ilişkisinde, log(Yaş) > 8.35 değerlerinde Güneş çemberi dışında büyük ve küçük boyutlu kümeleri tesbit etmiştir.

Şekil 5.3.a-b'de Güneş çemberi içinde yer alan küçük ve büyük boyutlu kümeler Galaksi merkezi etrafında en az dört ya da beş tur atmış olup, varlıkları ile ilgili olarak şunlar ifade edilebilir: (i) Küçük boyutlu zengin (kompakt) kümeler dış şoklara karşı Spitzer ve Chevalier (1973) tarafından gösterildiği gibi hayatta kalabilirler, (ii) Bunların başlangıç boyutları büyük olup zamanla dış dinamik prosesler (Bakınız

Bölüm 2.3) ile küçülmüş olabilirler, (iii) Küçük boyutlu fakir kümeler birkaç 10^8 yılda bozulurlar (Bergond ve diğ. 2001), (iv) Küçük boyutlu kümeler merkez doğrultusundaki yoğun toz nedeni ile gözlenememiş olabilirler, (v) van den Berg ve diğ.'e (1991) göre Galaksinin merkez bölgelerindeki yüksek moleküler gaz yoğunluğu, küçük boyutlu kümeleri $|z| < 100$ pc mesafelerde oluşturmuş olabilir, (vi) Güneş çemberi içinde yer alan yaşlı büyük boyutlu kümeler ya başlangıçta büyük boyutlu idiler ya da kara delik çiftleri nedeniyle küme genişlediğinden boyutları zamanla arttı.

R_o'ın fonksiyonu olarak $|z|$ - Yaş ilişkisinde (Şekil 5.3.c), Yaş $\geq$ 1 Gyıl olan kümelerin $|z| > 300$ pc mesafelerde, Yaş < 1 Gyıl olan kümelerin ise çoğunluğunun $|z| < 300$ pc yer aldıkları görülmektedir. $|z| > 300$ pc mesafelerinde Yaş $\geq$ 1 Gyıl olan bu kümeler genellikle büyük boyutlu kümelerdir. Büyük z mesafelerinde yer alan kümeler NGC 2192 ve NGC 2243'dür. Nilakshi ve diğ. (2002, Şekil 6.c) Yaş > 100 Myıl olan kümelerin genelde Galaksi düzleminden uzakta, genç olanların ise Galaksi düzlemi ile sınırlı kaldıklarını, Tadross ve diğ. (2002, Şekil 2) ve Schilbach ve diğ. (2006, Şekil 5) tesbit etmişlerdir. Şekil 5.3.c'de, Galaksi düzlemine yakın kümeler dinamik proseslere daha fazla maruz kaldıklarından daha genç yaşlarda bozulur ve alana dağılırlar. Sonuçta büyük yaş değerlerinde gözlenen bu kümeler Galaksi merkezi etrafında en az 4 ya da 5 tur atmalarına rağmen, uzun süre yaşayan kümelerdir. Ayrıca, bu kümeler Güneş çemberinin ötesinde yer almakta ve DMB ile etkileşmeleri daha düşük etkinlikte olmaktadır. Galaksi merkezi yönünde gaz ve toz fazla olduğundan, kümeleri alan yıldızlarından ayırmak daha zordur. Genç kümeler görece daha fazla sayıda parlak yıldız içerdiklerinden keşfedilmeleri daha kolaydır. Fakat yaşlı kümeler daha az sayıda parlak yıldız içerirler, ayrıca yıldızlarının çoğunu kaybetmişlerdir. Bu nedenle keşfedilmeleri daha zordur. Bu sorunların ortadan kalkabilmesi için daha derin gözlemlerin yapılması gerekmektedir.

4) Şekil 5.4'de verilen 40 açık yıldız kümesinin R_{RYP} - R_{KOR} ilişkisinde, kümelerin küme yarıçapı kor yarıçapının ortalama olarak 4.69 katı kadardır. Tablo 2.1'de verilen yazarlara ait bulgulara göre, açık kümelerin R_{RYP}'leri ileR_{KOR}'ları arasındaki ilişkideki katsayı küme sayısına bağlı olarak 3.1 - 8.9 arasındadır. Bu tez çalışmasında elde edilen 4.69 değeri bu değerler arasındadır.

5) Şekil 5.6 - 5.7'de verilen Yaş ≥ 100 Myıl olan 40 açık kümenin R_{KOR} - Yaş ve R_{RYP} - Yaş ilişkilerinde $\sim 10^3$ Myıl (1 Gyıl) yaş değerinde bir çatallaşma tesbit edilmiştir. Buna göre, mavi A oku ile gösterilen II. bölgedeki açık yıldız kümeleri karadelik çiftleri nedeniyle zamanla genişlemiş kor geliştirmişler, mavi B oku ile gösterilen IV. bölgedeki açık kümeler karadelik çiftleri geliştiremediklerinden veya geliştirdikleri çiftleri kaybettiklerinden dolayı, korları kütle ayrışmasının etkisiyle, haloları buharlaşma ve dışarı atılma prosesleri neticesinde yıldız kaybederek büzülmüşlerdir. R_{KOR} – Yaş ilişkisindeki bu çatallaşma değerini, Mackey ve diğ. (2008) BMB ve KMB küresel kümelerinin kor yarıçapı - yaş dağılımında ∼500 - 600 Myıl değerinde tesbit etmişlerdir. Mackey ve diğ. (2008)'e göre, bu yaş aralığında kümelerde kara delik çiftleri oluşmakta ve bu durum gerçek bir fizik evrimi göstermektedir. Bazı kümeler yıldız karadeliklerinden dolayı genişleyen korlar geliştirmişlerdir. Bölüm 2.3.1'de bahsedildiği gibi, bazı kümeler dinamik gevşeme ve kor çökmesinden dolayı büzülme gösterirler. Bu bakımdan yıldız kümelerinin kor yarıçapı - yaş ilişkisi yıldız kümelerinin hayatta kalma/bozulma hızları ile ilişkilidir. Camargo ve diğ. (2009) 11 açık yıldız kümesinden itibaren çatallaşmayı ∼ 1 Gyıl olarak vermişlerdir. Camargo ve diğ. (2009)'e ait çalışma Yaş < 1 Gyıl ve küme boyutları R_{KOR} < 2 pc ve R_{RYP} < 15 pc olan açık kümeleri içermektedir. Şekil 5.6 ve 5.7'de R_{KOR} > 2 pc ve R_{RYP} > 15 pc boyutlarında ve Yaş > 1 Gyıl olan kümelerin yaş ile küme boyutları arasındaki ilişki literatürde ilk kez bu doktora tezinde araştırılmaktadır.

Küresel kümelerde tesbit edilen ∼500 - 600 Myıl çatallaşma değeri ile Şekil 5.6-5.7'deki açık kümeler için saptanan ∼1 Gyıl çatallaşma değeri arasındaki farkın nedeni, açık yıldız kümelerinde yoğunluğun daha düşük, dolayısıyla yıldızlar arasındaki etkileşimin daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Mackey ve diğ. (2008)'e göre, kümelerin korlarında karadeliklerin ve karadelik çiftlerinin kendi aralarında etkileşmesi gibi mekanizmalar korun genişlemesine neden olmaktadır.

Tablo 5.1.a'da, Şekil 5.7'de IV. bölgede bulunan ve büzülmekte olan kümelerin karadelik sayıları verilmiştir. Bu kümelerin karadelik sayıları 0 - 6 arasındadır. Bu kümeler yeterli sayıda karadelik geliştiremediklerinden veya bu karadelikleri kaybettiklerinden iç ve dış proseslerin etkisiyle büzülmektedirler.

Şekil 5.7'de II nolu bölgede bulunan ve genişlemekte olan kümelerin karadelik sayıları 2 - 45 arasında değişmektedir (Tablo 5.1.b). Collinder 110 kümesi 3 karadeliğe sahip olup karadeliklerinin büyük kısmını kaybetmiş olmakla birlikte, büyük küme ve kor yarıçapına sahiptir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi Collinder 110 kümesi Orion - Cygnus spiral kolu üzerinde yer aldığından spiral koldan kaynaklı şok dalgalarına maruz kalmaktadır. Bu nedenle Collinder 110 kümesinin zamanla büzülmesi beklenebilir. Benzer şekilde, büyük küme ve kor yarıçapına sahip olan, fakat 2 karadeliği bulunan Haffner 8 kümesi karadeliklerinin büyük kısmını kaybetmiştir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi Haffner 8 kümesi LDN 1657A bulutsusu ile etkileşmektedir. Haffner 8 kümesinin bu etkileşim nedeniyle zamanla büzülmesi beklenebilir. NGC 2262 ve NGC 2286 kümelerinin R_{RYP} değerleri büyük ve küçük kümeler için ayırım sınırı olan R_{RYP} = 6.3 pc değerine çok yakındır. Bu kümeler R_{RYP} değerlerinin içerdiği hata değerleri nedeniyle genişleyen veya büzülen kümeler grubuna dahil edilebilirler. Yaşları görece genç olan bu iki kümenin gelecekte büzülmeleri ihtimal dahilindedir. Tablo 5.1.b'de bulunan diğer kümeler genişlemelerini sağlayacak sayıda karadelik geliştirebilmişlerdir.

6) Şekil 5.8'de verilen kümeler için 0.53 korelasyon katsayısı R_{RYP} ile R_{GC} arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu göstermektedir. Büyük ve küçük boyutlu kümeler Güneş çemberi içinde ve dışında yer alabilmektedir. Güneş çemberi dışında (R_{RYP}, R_{KOR}) = (1.92, 0.17) pc boyutunda 3 Gyıl yaşındaki To 2 kümesi Güneş çemberi civarına (R_{GC} = 8.1 kpc) yakın bir konumda olup, Tablo 5.8'den görüleceği gibi dış proseslere maruz kalmadığı ve bu şekilde oluştuğu anlaşılmaktadır. Yaşlı Trumpler 20 ve NGC 6819 kümeleri büyük kütle ve büyük küme boyutlarına sahip olmakla birlikte, Güneş çemberi içinde yer almakta ve Trumpler 20 kümesi [DB2002b] G301.91+2.56 bulutsusu, NGC 6819 kümesi LDN 872 bulutsusu ile etkileşmekte olup, iç ve dış kütle kaybı mekanizmaları ile kütle (yıldız) kaybetmelerine rağmen hayatta kalmış kümelerdir. Bu tür örnekler R_{RYP} ile R_{GC} arasındaki trendi bozmaktadır.

Küme boyutunun R_{GC} uzaklığı ile ilişkisinde, Lynga (1982), van den Bergh ve diğ. (1991), Tadross ve diğ. (2002), Schilbach ve diğ. (2006), Bukowiecki ve diğ. (2010, 2011), Camargo ve diğ. (2009, 2010)'e ait çalışmalarda ortalama değerden saçılan kümelerin mevcut olduğu görülebilir.

van den Bergh ve diğ. (1991)'e ait çalışmada (Bakınız Bölüm 2.3.3, Şekil 2.8), küresel kümelerin çapları genelde Galaksi merkezinden uzaklık ile artmaktadır. Bu ilişki küme oluşumu ile ilgilidir. Şekil 5.8'de Güneş çemberi içinde yer alan R_{RYP} < 3 pc boyutundaki açık yıldız kümeleri, van den Bergh ve diğ. (1991) tarafından belirtildiği gibi, Galaksi merkezine yakın yerlerde bulunan yoğun gaz bulutlarından oluşmuş olabilirler. Bununla birlikte, Spitzer ve Chevalier (1973)'e ait simülasyonlara göre, Güneş çemberi içerisinde küçük boyutlu zengin kümeler DMB gibi dış etkilere karşı hayatta kalabilmişlerdir.

Şekil 5.9'da verilen kümelerin kor yarıçapı R_{KOR} ile R_{GC} ilişkisinde, Güneş çemberi içinde büyük kor yarıçapına sahip kümeler ile Güneş çemberinin dışındaki küçük kor yarıçapına sahip kümeler korelasyonu bozmaktadır. R_{KOR} < 0.3 pc kor boyutunda açık kümelerin Güneş çemberi içerisinde görülmemesinin nedenleri, çok küçük boyutlara sahip açık kümelerin Güneş çemberi içindeki güçlü dış dinamik prosesler neticesinde hayatta kalamayıp alanın içine dağılmaları, ve alan yıldızları ile karışmaları neticesinde gözlenememeleridir. Şekil 5.9'da yaşın fonksiyonu olarak R_{KOR} ile R_{GC} arasında bir ilişki görülmemektedir.

7) 40 kümenin Galaktik boylam ve yaşa göre dağılımından (Tablo 5.2, Şekil 5.10) antimerkez doğrultusundaki genç ve yaşlı kümelerin merkez doğrultusundakilere göre sayıca fazla olduğu görülmektedir. Yaş ≥ 1 Gyıl olan açık kümelerin genel olarak antimerkezde yoğunlaşmaları, Güneş çemberi dışında yer alan yaşlı kümelerin DMB ile etkileşmeleri daha düşük etkinlikte olacağından, bu kadar uzun yaşam sürelerine sahip olmaları ile anlaşılabilir (van den Bergh ve McClure 1980 , Friel 1995, Spitzer 1958, Wielen 1985, Terlevich 1987, Gieles ve diğ., 2006, Camargo ve diğ., 2009, Portegies Zwart 2010).

8) Şekil 5.13.a-b'de verilen m_{TK} - R_{RYP} ve m_{TK} - R_{KOR} ilişkilerinde, büyük küme ve kor yarıçapına sahip kümeler (R_{RYP} > 6.3 pc ve R_{KOR} > 1.3 pc) genelde büyük kütlelidir.

(5.8) bağıntısına ait 0.53 korelasyon katsayısı, kütle ile kor yarıçapı arasında ilişkinin zayıf olduğunu, dolayısıyla bu duruma uymayan kümelerin olduğuna işaret etmektedir. Şekil 5.13.a-b'deki küme boyutları ile kütle arasındaki ilişki, Maciejewski ve Niedzielski (2007)'ye ait Şekil 2.8.a-b ile benzerlik göstermektedir.

Şekil 5.14'deki m_{TK} - R_{GC} ilişkisinde, Güneş çemberi dışında yer alan kümelerin m_{TK} = 2700 $M_{\odot}$ değerinden daha büyük ve daha küçük kütle değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Güneş çemberi içinde yer alan büyük boyutlu (R_{RYP} > 6.3 pc) NGC 6819 ve Trumpler 20 Galaksi merkezi doğrultusunda yer almakta (Tablo 5.3) ve LDN 872 ve DB2002b-G301.91+2.56 (Tablo 5.8) bulutsularının uyguladığı dış dinamik proseslerin etkisine rağmen hayatta kalmış yaşlı kümelerdir.

Şekil 5.15'de verilen 26 kümeye ait m_{TK} - Yaş ilişkisinde, Yaş ≥ 1 Gyıl olan kümelerin $m_{TK} \geq 2700\ M_{\odot}$ (10 küme) ve $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ (dokuz küme) büyük ve küçük kütle değerlerine sahip oldukları görülmektedir.

Friel (1995) 1 Gyıl'dan büyük yaşlara sahip kümelerin büyük kütleli olduğunu ve bu kümelerin $10^4\ M_{\odot}$ başlangıç kütlesi ve 1-2 pc başlangıç kor yarıçaplarına sahip olduklarını belirtmektedir. Güneş çemberi dışında yer alan yaşlı büyük kütleli kümelerin DMB ile etkileşmeleri daha düşük etkinlikte olacağından, bu kadar uzun yaşam sürelerine sahip olmaları anlaşılabilir (Friel 1995, Spitzer 1958, Wielen 1985, Terlevich 1987, Portegies Zwart 2010). Üstelik büyük kütleli kümelerin DMB ile etkileşmelerinden dolayı görecekleri hasar, kütleleri nedeniyle daha az olmaktadır (Friel, 1995).

Yaş ≥ 1 Gyıl olup da $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ kütlesindeki Ru 96 kümesi antimerkez doğrultusunda Güneş çemberi içinde yer alan küçük boyutlu ve nispeten büyük kütleli kümedir (Tablo 5.3). NGC 2192 ($l = 173^{o}$) ve Koposov 53 ($l = 185^{o}$) kümeleri hem antimerkez doğrultusunda (dış Galaksi diski) yer almaktadır. Tablo 5.8'den görüleceği gibi, uzun süre hayatta kalan yaşlı, küçük kütleli ve küçük boyutlu bu kümeler civarında bulutsuların olmayışı ile dış dinamik proseslere çok az maruz kalmışlardır.

Şekil 5.15'de Yaş < 1 Gyıl olan 7 kümeden, Tablo 5.8'den görüleceği gibi Sagittarius-Carina spiral kolu üzerinde bulunan NGC 6802 kümesi LDN 740, Pismis 19 kümesi ise [DB2002b] G313.30+0.34 bulutsusu ile etkileşmekte olup, yıldızlarının bir kısmını kaybetmekle beraber mevcut boyutları ile hayatta kalmış kümelerdir. Küçük kütleli NGC 436 ve NGC 2309 kümeleri antimerkez doğrultusunda ve Güneş çemberi dışında yer almakta olup (Tablo 5.4), mevcut boyutları ile hayatta kalmaları, dış dinamik

proseslerin etkilerine çok fazla maruz kalmamaları ile açıklanabilir. Tablo 5.8'den görüleceği gibi bu kümelerin civarında bulutsuların olmaması bunun delilidir. NGC 2309 kümesi Perseus spiral kolu üzerinde olup bir miktar dış etkiye maruz kalmaktadır. NGC 1513 kümesi Güneş çemberi dışında yer almakta olup dış etkilere çok fazla maruz kalmamaktadır. $m_{TK} \geq 2700\ M_{\odot}$ kütle değerlerine sahip NGC 2194 kümesi antimerkez doğrultusunda ve Güneş çemberi dışında hayatta kalan bir kümedir.

9) Şekil 5.16'da verilen 29 kümenin χ_{TK} - χ_{KOR} ilişkisinde, $\chi_{KOR} < 0$ kütle fonksiyonu eğimine sahip kümelerde, büyük kütleli yıldızlar kütle ayrışması prosesi neticesinde bu kümelerin korlarında toplanmıştır. $\chi_{TK} < 0$ olan kümelerin KF eğimleri negatif olup, bu kümeler küçük kütleli yıldızlarının büyük kısmını kaybetmişlerdir. Bu süreçte kütle ayrışması, buharlaşma ve atılma gibi iç prosesler ile DMB vb. dış dinamik prosesler (Bakınız Bölüm 2.2) etkili olmuştur.

Negatif kor kütle eğimine ($\chi_{KOR} < 0$) sahip olan kümelerin pozitif tüm küme kütle eğimine ($\chi_{TK} > 0$) de sahip olabilmesi, bu kümelerin halolarının büyük kütleli yıldızlara göre daha fazla sayıda küçük kütleli yıldız içerdiği anlamına gelmektedir. Kütle ayrışması ile kütle ayrışmasını ivmelendiren dış prosesler bu süreçte etkili olmuşlardır.

Şekil 5.16'da $\chi_{KOR} > 0$ olan dokuz kümenin tüm küme kütle eğimleri $\chi_{TK} > 0$ olup, bu kümelerde kütle ayrışması ile iç ve dış dinamik proseslerin çok fazla etkili olmadığı anlaşılmaktadır. Şekil 5.16'da, kor ve tüm küme kütle fonksiyonu eğimi $\chi_{KOR} = +4.58$ ve $\chi_{TK} = +4.55$ olan Ru 96 fakir bir küme olup, çok az sayıda büyük kütleli yıldıza sahiptir ve büyük kütleli yıldızlar kor ile halo arasında hemen hemen eşit oranda dağılmışlardır (Bakınız Tablo 5.7). KF eğimi $\chi_{KOR} = +4.11$ ve $\chi_{TK} = +0.97$ olan NGC 2506 kümesinin halosunda büyük kütleli yıldız sayısı kora göre daha fazladır

(Bakınız Tablo 5.7). Güneş çemberi dışında bulunan NGC 2506 kümesinin civarında bulutsu olmadığından (Tablo 5.8), dış dinamik proseslere önemli derecede maruz kalmadığı anlaşılmaktadır.

10) Şekil 5.17.a-b'de verilen 31 kümenin χ_{TK} - Yaş ile 29 kümenin χ_{KOR} - Yaş ilişkisinde, KF eğimindeki çatallaşma sırasıyla ∼1.5 Gyıl (panel a) ve ∼1 Gyıl (panel b) değerlerinde görülmektedir. Panel (a)'da, $\chi_{TK} < 0$ olan kümelerde büyük kütleli yıldızların sayısı fazla, $\chi_{TK} > 0$ olan kümelerde ise büyük kütleli yıldızların sayısı küçük kütleli yıldızlara nazaran daha azdır. Panel (a) ve (b)'de çatallaşmaya ait süreler, Mackey ve diğ. (2008) tarafından verilen karadelik çiftlerinin oluşumunun başladığı ∼500-600 Myıl zaman aralığından büyüktür. Karadelik çiftlerinin oluşumuyla küme genişler, korda bulunan küçük kütleli yıldızların kinetik enerjileri artar ve bu yıldızlar haloya transfer olur. Kümenin en dış kısımlarında bulunan yıldızlar sisteme gevşek şekilde bağlı olduklarından genişleme neticesinde sistemden koparlar. Sistemden kopan yıldız sayısının miktarı büyük oranda dış proseslerin etkinliğine bağlıdır. Sonuçta sistemdeki küçük kütleli yıldız sayısı azalır ve azalma derecesine göre kütle fonksiyon eğimi ($\chi_{TK} < 0$) negatif olur.

Şekil 5.17.a'da tüm kümeler için hesaplanan $\chi_o = 1.68 \pm 0.30$ başlangıç kütle fonksiyonu, Kroupa (2001)'ya ait $\chi_o = 1.3 \pm 0.3$ ve Salpeter (1955)'e ait $\chi_o = 1.35$ değerine belirsizlikler dahilinde yakındır.

Şekil 5.17.b'deki χ_{KOR} - Yaş ilişkisinde, kümelerin korları için $\chi_o = 0.74 \pm 0.39$ başlangıç kütle fonksiyonu değeri, Kroupa (2001)'ya ait $\chi_o = 1.3 \pm 0.3$ ve Salpeter (1955)'e ait $\chi_o = 1.35$ değeri ile kıyaslandığında oldukça yassıdır. Buna göre, $t_f \sim 1000$ Myıl yaş değerinde kütle ayrışması belirgin hale gelmiş ve kümelerin korlarına ait ortalama kütle fonksiyonu eğimi $\chi_{KOR} < 0$'a doğru evrilmiştir.

Panel (b)'de 29 kümenin χ_{KOR} - Yaş ilişkisinden, kümelerin çoğunluğunun kütle fonksiyonu eğimlerinin $\chi_{KOR} < 0$ olduğu görülmektedir. Bu kümelerin korlarında büyük kütleli yıldızlar sayıca fazladır (bakınız Tablo 5.7). Yaşlı kümelere gidildikçe kütle ayrışması ve dinamik evrimin sonucunda, korun kütle fonksiyonunun eğimi tedricî olarak daha negatif olmaktadır. Bu durum, karadelik çiftlerinin oluşumunun sona erdiği

∼1 Gyıl yaş değerinden daha büyük yaşlarda belirgin olmaktadır. Bu yaş değerinden itibaren kütle ayrışması ivmelenmekte, küçük kütleli yıldızların kordan haloya transferi hızlanmakta ve böylelikle χ_{KOR} eğimi daha da negatif olmaktadır.

$\chi_{KOR} > 0$ sahip olan dokuz kümeden Ru 96 ve NGC 2506 kümelerinin χ_{KOR} eğimleri oldukça diktir ve bunlar yaşlı kümelerdir. Güneş çemberi dışında bulunan NGC 2506 kümesinin dinamik etkilere önemli derecede maruz kalmadığı anlaşılmaktadır. Ru 96 kümesi $R_{GC} = 6.53$ kpc uzaklığı ile Güneş çemberi içinde yer alıp, $R_{RYP} = 2.60$ pc değeri ile küçük boyutlu yaşlı bir kümedir. Tablo 5.7'den görüldüğü gibi, bu kümenin kor ve haloya ait büyük kütleli yıldız oranı oldukça düşük ve sırasıyla %0.29 ve % 0.28 dir. Ru 96 kümesinin bu özelliği şu şekilde açıklanabilir: Küme moleküler buluttan itibaren küçük boyutta oluşmuş ve oluştuğu bulutun doğası nedeniyle, büyük kütleli yıldızları bünyesinde fazla sayıda oluşturamamıştır.

Şekil 5.17.a-b'de NGC 1513 (Yaş = 100 Myıl) kümesinin kor ve tüm küme kütle fonksiyonun eğimi $\chi_{TK} > 0$ ve $\chi_{KOR} > 0$ olup, kümenin korunda küçük kütleli yıldızlar sayıca fazladır ve bu küme civarında bulutsu olmaması nedeniyle (Tablo 5.8) dış dinamik etkilere çok fazla maruz kalmamıştır.

11) Şekil 5.18.a'da yaşın fonksiyonu olarak verilen m_{TK} - χ_{TK} ilişkisinde, KF eğimleri $\chi_{TK} > 0$ olan kümelerin çoğunluğu $m_{TK} > 2700\ M_{\odot}$ kütlesindedir. $m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ kütlesindeki birkaç kümenin KF eğiminin negatif ($\chi_{TK} < 0$) olduğu görülmektedir. Büyük kütleli dolayısıyla zengin kümelerdeki küçük kütleli yıldızlar sisteme çok daha sıkı şekilde bağlı oldukları için sistemden koparılmaları daha zordur. Bu bakımdan böyle kümeler daha pozitif KF eğimi gösterirler. Çok daha kararlı olduklarından, çok uzun süre yaşayabilirler.

$m_{TK} < 2700\ M_{\odot}$ ve $\chi_{TK} < 0$ değerinde küçük kütleli dört küme dinamik evrime çok daha fazla maruz kalmışlardır; bu kümeler ya başlangıçtan itibaren küçük kütleli idiler ve dinamik olarak daha hızlı evrimleştiler ve böylelikle negatif χ_{TK} eğimlerine sahip oldular. Ya da başlangıçta büyük kütleli olup dinamik evrimin sonucu olarak yıldızlarının büyük kısmını kaybederek fakir kümeler haline geldiler. Dinamik evrimin hızlı olmasının nedeni dış dinamik proseslerdir.

$m_{TK} > 1000\ M_{\odot}$ kütle değerinde NGC 2158 ve Collinder 110 kümelerinin $\chi_{TK} < 0$ KF eğimi, bu kümelerde büyük kütleli yıldızların sayıca fazla olduğu, küçük kütleli yıldızların ise kaybedildiği anlamına geldiğinden, önemli derecede dinamik evrime

maruz kaldıkları anlaşılmaktadır. Her iki kümenin büyük küme yarıçapı değerleriyle Güneş çemberi dışında yer almaları $\chi_{TK} < 0$ negatif eğimi ile tezat oluşturmakta olup, Collinder 110 kümesi için bu durum Orion-Cygnus spiral kolu üzerinde yer alması (Tablo 5.8) ve spiral koldan kaynaklanan şok dalgalarına maruz kalması ile açıklanabilir.

Şekil 5.18.a'da $\chi_{TK} = +0.93$ ve $m_{TK} = 237\ M_{\odot}$ kütlesindeki Koposov 53 kümesi, (civarında bulutsu yok, Tablo 5.8) Güneş çemberi dışında yer alan yaşlı bir kümedir. Küçük boyutlu ($R_{RYP} = 4.18$ pc) bir küme olan Koposov 53, dış dinamik proseslere çok fazla maruz kalmamıştır (Bakınız Tablo 5.8).

Şekil 5.18.b'deki m_{KOR} - χ_{KOR} ilişkisinde, $m_{KOR} < 1000\ M_{\odot}$ değerindeki kümelerin çoğunluğunun negatif χ_{KOR} eğimine sahip olmaları, korlarında büyük kütleli yıldız sayısının küçük kütleli yıldız sayısından fazla olduğuna işaret etmektedir. Bu durum büyük ölçekte kütle ayrışmasının sonucu olup, küçük kütleli yıldızlar haloya, büyük kütleli yıldızlar ise kora transfer olmuşlardır.

$m_{KOR} > 1000\ M_{\odot}$ ve $\chi_{KOR} > 0$ değerlerine sahip olan Trumpler 5 ve NGC 2506 kümelerinin korlarında küçük kütleli yıldız sayısı büyük kütleli yıldız sayısından fazladır. Tablo 5.8'den görüleceği gibi Güneş çemberi dışında yer alan Trumpler 5 ve NGC 2506 (civarında bulutsu yoktur) kümeleri üzerinde dış dinamik prosesler ve kütle ayrışması çok fazla etkili olmamıştır. Trumpler 5 kümesinin civarında yer alan LDN 1613 bulutsusu kümenin renk artığının fazla olmasına (E(B-V) = 0.77 kadir) neden olduğundan bu bulutsunun kümenin önünde yer almadığı ve küme üzerinde dış dinamik etkisi bulunmadığı düşünülmektedir.

12) Şekil 5.21.a'da $\chi_{TK} < 0$ eğime sahip kütle ayrışmasına maruz kalan kümelerin hacimsel kütle yoğunluğu oldukça düşük ve $\rho_{TK} < 0.5\ m_{\odot}\ pc^{-3}$'dir.

Şekil 5.21.b'deki ρ_{KOR} - χ_{KOR} ilişkisinde, pozitif ve negatif χ_{KOR} kor kütle fonksiyonu eğimine sahip kümelerin çoğunluğunun hacimsel kütle yoğunluğu $\rho_{KOR} = 5 - 36\ m_{\odot}\ pc^{-3}$ arasında olup, KF eğimi ile hacimsel kütle yoğunluğu arasında bir ilişki görülmemektedir. Şekil 5.21.b'deki Collinder 110 kümesinin $\rho_{KOR} = 0.83\ m_{\odot}\ pc^{-3}$'lük düşük hacimsel kütle yoğunluğu, kümenin büyük koru ($R_{KOR} = 6.25$ pc) içindeki yıldız

sayısının az olmasıyla (N= 890) açıklanabilir. Bu kümenin kor KF eğimi (χ_{KOR} = -2.58), kümenin korunda büyük kütleli yıldız sayı oranının fazla olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum büyük ölçekte kütle ayrışmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.21.b'de $\chi_{KOR} < 0$ eğime sahip Pismis 19 (R_{KOR} = 0.54 pc) ve NGC 6134 (R_{KOR} = 0.45 pc) kümelerinin büyük hacimsel kütle yoğunluğu, kor yarıçaplarındaki büyük kütleli yıldızların varlığı ile açıklanabilir. $\chi_{KOR} > 0$ eğime sahip NGC 2506 (R_{KOR} = 1.65 pc) ve Ru 96 (R_{KOR} = 1.43 pc) kümelerinin hacimsel kütle yoğunluklarının büyük olması, kütle ayrışması neticesinde korlarındaki büyük kütleli yıldızlardan ileri gelmektedir. NGC 2506 kümesi için bunun nedeni, bu kümenin kütle ayrışmasına çok fazla maruz kalmamasıdır.

13) Şekil 5.22.a-b'de χ_{TK} -τ_{TK} ve χ_{KOR} - τ_{KOR} ilişkilerinde, $\tau_{TK} \sim 30$ ve $\tau_{KOR} \sim 100$ evrimsel değerlerinde KF eğimleri negatifleşme eğilimindedir. Bu değerler Bonatto ve Bica (2005) tarafından 11 açık küme için verilen $\tau_{TK} \sim 7$ ve $\tau_{KOR} \sim 100$ değerleri ile yakın olmakla beraber tam olarak uyumlu değildir. Bunun nedeni Bonatto ve Bica (2005) çalışmasındaki örnek sayısının azlığı ve bu çalışmada özellikle yaşı 1 Gyıl civarında olan kümelerin seçilmesi nedeniyle oluşan seçim etkisidir.

Panel (a)'da evrimsel parametre (τ_{TK}) arttıkça kümelerdeki küçük kütleli yıldızlar dinamik prosesler neticesi sistemden atılmakta ve sistemde (özellikle korda) büyük kütleli yıldızlar kalmaktadır. $\chi_{TK} < 0$ sahip üç küme Güneş çemberi dışında yer almakta olup, kümelerin evrimsel zamanlarının büyük olması ve negatif kütle eğimi bu kümelerin civarındaki bir nebula veya DMB'nin varlığına işaret etmektedir.

Şekil 5.22.a'da ileri evrimsel parametre değerine (τ_{TK} = 64) sahip olan küme Koposov 53'dür. Bu kümenin χ_{TK} = 0.93 KF eğimine sahip olması, Güneş çemberi dışında (R_{GC} = 11 kpc) küçük kütleli yıldızlarını fazla kaybetmediğini göstermektedir. Oysa bu kümenin χ_{KOR} = -4 eğimine sahip olması büyük kütleli yıldızların kümenin korunda fazlaca yığıldığını göstermektedir. Bunun nedeni, kümenin ileri evrimsel safhada olması ve ileri düzeyde kütle ayrışmasına maruz kalmasıdır.

Panel (b)'de, $\tau_{KOR} \sim 100$ değerinde kümelerin $\chi_{KOR} < 0$ eğimleri negatifleşmektedir. Panel (b)'de saçılma gösteren KF eğimleri çok dik olan Ru 96 (χ_{KOR} = 4.58), NGC 2506 (χ_{KOR} = 4.11) kümeleri, KF eğiminin azalmaya başladığı τ_{KOR} değerini belirgin

şekilde etkilemektedir. Ru 96 ve NGC 2506 kümelerinin korlarının dik KF eğimleri, bu kümelerin korunda büyük kütleli yıldızların az olduğuna ve dolayısıyla kütle ayrışmasının ileri düzeyde işlemediğine işaret etmektedir.

14) Tablo 5.6'dan görüldüğü gibi, 14 kümenin tüm küme KF eğimleri, Kroupa'ya (2001) ait $\chi = +1.3$ BKF değeri ile belirsizlikler içinde uyumludur. Böyle bir uyum, kümelerin ileri düzeyde dinamik evrime uğramadığını ve dolayısıyla küçük kütleli yıldızların bu kümelerde sayıca fazla olduğuna işaret etmektedir. 17 kümenin KF eğimlerinin Kroupa'ya (2001) ait BKF değeri ile uyumlu olmaması, bu kümelerin dinamik olarak ileri düzeyde evrimleştiğini göstermektedir.

Kümelerin korlarına ait KF eğimleri Kroupa'ya (2001) ait BKF değeri ile karşılaştırıldığında 5 kümenin bu değer ile belirsizlikler içerisinde uyumlu olduğu, 24 kümenin ise KF ile BKF eğimi arasında bir uyumun olmadığı görülmektedir. Kor KF eğimlerinin BKF eğimleri ile uyumsuz olması kor evriminin tüm küme evriminden daha hızlı olduğunu göstermektedir.

15) Tablo 5.7'den görüldüğü gibi, NGC 2286, Trumpler 5, Ru 96, NGC 2506 kümelerinin kor ve halolarındaki evrimleşmiş yıldız sayı yüzdeleri birbirine yakındır. Bu durum, bu kümelerde kütle ayrışmasının belirgin bir şekilde işlemediğine işaret etmektedir. Bir başka ifade ile sütun (2)'de verilen bu kümelere ait korlardaki evrimleşmiş yıldızlar hemen hemen başlangıca ait olup, dış bölgelerden çok fazla kütleli yıldız transferi olmamıştır. Bu dört kümede kütle ayrışmasının çok fazla işlememesinin olası nedenleri şunlardır: üç küme Güneş çemberi dışında ve DMB'nin seyrek olarak bulunduğu anti merkez doğrultusunda yer aldıklarından (Bakınız Tablo 5.8), kütle ayrışmasını hızlandıracak dış dinamik proseslere maruz kalmamışlardır. Ru 96 kümesinin kor ve halosunda, küçük kütleli yıldızların sayısı evrimleşmiş yıldızlara göre sayıca fazladır. Bu durum Galaksi merkezi doğrultusunda yüksek yoğunluklu DMB'nin daha küçük boyutlu açık kümeleri oluşturmuş olmasından ileri gelebilir (van den Bergh ve diğ. 1991). Ru 96 kümesinde küçük kütleli yıldızların sayısının fazla olmasının nedeni, oluştuğu molekül bulutunun iç dinamiği ile ilişkilidir. Yüksek yoğunluklu ve küçük boyutlu bu molekül bulutu, çok fazla parçalanarak küçük kütleli yıldızları oluşturmuş ve büyük kütleli yıldızların oluşumuna izin vermemiş olabilir.

Diğer 10 kümenin korlarındaki evrimleşmiş yıldız sayısı yüzdesinin halodaki evrimleşmiş yıldız sayısı yüzdesinden belirgin şekilde fazla olması, bu kümelerde kütle ayrışmasının ileri düzeyde olduğunu göstermektedir.

16) Grafiklerde yıldız sayısı bakımından fakir kümelerin hata aralıklarının daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum yıldız sayısı bakımından fakir kümelerin alana göre belirgin bir yoğunluk fazlalığı gösterememeleri nedeniyle yıldız sayılarının gerçekte olduğundan daha düşük belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumun sonucu olarak yıldız bakımından fakir kümeler istatistikî olarak daha büyük hatalar içermektedir. Yapılacak daha derin gözlemler ile bu sorun büyük ölçüde aşılabilecektir.

KAYNAKLAR

AKKAYA-ORALHAN, İ., 2012, *Açık Yıldız Kümelerinin Fotometrik İncelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

ALLISON, R. J., ve diğ., 2009, Dynamical Mass Segregation on a Very Short Timescale, *ApJ*, 700, 99

ARCE, H. G., GOODMAN, A. A., 1999, Measuring Galactic Extinction: A Test, *ApJ*, 512, 135

BAHCALL, J. N., SONEIRA, R. M., 1980, The universe at Faint Magnitudes. I - Models for the Galaxy and the Predicted Star Counts, *ApJS*, 44, 73

BASTIAN N., ve diğ., 2008, The Early Expansion of Cluster Cores, *MNRAS*, 389, 223

BASTIAN N., ve diğ., 2010, A Universial Stellar Initial Mass Function? A Criticial Look at Variations, *Annu. Rev. A&A*, 339

BAUMGARDT, H., MAKINO, J., 2003, Dynamical Evolution of Star Clusters in Tidal Fields, *MNRAS*, 340, 227

BERGOND, G., ve diğ., 2001, Gravitational Tidal Effects on Galactic Open Clusters, *A&A*, 377, 462

BICA, E. ve BONATTO, C., 2005, Properties of Five Low-Contrast Open Clusters in the Third Quadrant, *A&A*, 443, 465

BICA, E., ve diğ., 2006, Faint Open Clusters with 2MASS: BH 63, Lyngå 2, Lyngå 12 and King 20, *A&A*, 460, 83

BINNEY, J., TREMAINE, S., 1987, *Galactic Dynamic*s, Princeton, NJ: Princeton University Press

BINNEY, J., MERRIFIELD, M., 1998, *Galactic Astronomy*, Princeton, NJ: Princeton University Press

BONATTO, C., BICA, E., 2005, Detailed Analysis of Open Clusters: A Mass Function Break and Evidence of a Fundamental Plane, *A&A*, 437, 483

BONATTO, C. J., ve diğ., 2006, Probing Disk Properties with Open Clusters, *A&A*, 446, 121

BONATTO, C., BICA, E., 2007, Open Clusters in Dense Fields: The Importance of Field-star Decontamination for NGC 5715, Lyngå 4, Lyngå 9, Trumpler 23, Trumpler 26 and Czernik 37, *MNRAS*, 377, 1301

BONATTO, C., BICA, E., 2007, Old Open Clusters in the Inner Galaxy: FSR 1744, FSR 89 and FSR 31, *A&A*, 473, 445

BONATTO, C., BICA, E., 2008, The Old Galactic Open Clusters FSR 1716 and Czernik 23, *A&A*, 491, 767

BONATTO, C., BICA, E., 2009, Investigating the Age and Structure of the Infrared Old Open Clusters LK1, LK10, FSR1521 and FSR1555, *MNRAS*, 392, 483

BONATTO, C., BICA, E., 2010, Characterization of 15 Overlooked Ruprecht Clusters with Ages within 400 Myr and 3 Gyr, *MNRAS*, 407, 1728

BONATTO, C., BICA, E., 2011, Investigating the Age and Structure of the Infrared Old Open Clusters LK1, LK10, FSR1521 and FSR1555, *MNRAS*, 392, 483

BONIFACIO, P., ve diğ., 2000, A Search for Stars of Very Low Metal Abundance. V. Photoelectric UBV Photometry of Metal-weak Candidates from the Northern HK Survey, *AJ*, 120, 2065

BREDDELS, M. A., ve diğ., 2010, Distance Determination for RAVE Stars Using Stellar Models, *A&A*, 511, 90

BUKOWIECKI, L., ve diğ., 2010, Statistical Studies of Galactic Open Clusters I. Structural and Basic Astrophysical Parameters, *arXiv:1012.1627*

BUKOWIECKI, L., ve diğ., 2011, Open Clusters in 2MASS Photometry. I. Structural and Basic Astrophysical Parameters, *AcA*, 61, 231

CAMARGO, D., ve diğ., 2009, Astrophysical Parameters of 14 Open Clusters Projected Close to the Galactic Plane, *A&A*, 508, 211

CAMARGO, D., ve diğ., 2010, Towards a Census of the Galactic Anticentre Star Clusters: Colour-Magnitude Diagram and Structural Analyses of a Sample of 50 Objects, *A&A*, 521, 42

CAMBRESY, L., ve diğ., 2005, Large-Scale Variations of the Dust Optical Properties in the Galaxy, *A&A*, 435, 131

CHABRIER, G., 2003, Galactic Stellar and Substellar Initial Mass Function, *PASP*, 115, 763

CHEN, B., ve diğ., 1999, Constraining Galactic Structure Parameters from a New Extinction Model and Four Star Count Samples, *A&A*, 352, 459

CORRADI W.J.B., ve diğ., 2009, Membership Probability via Control Field Colour-Magnitude Decontamination, *IAU Symposium No. 266*, 119

DE LA FUENTE MARCOS, R., 1998, Searching For Open Cluster Remnants, *A&A*, 333, 27

DIAS, W. S., ve diğ., 2002, New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates, *A&A*, 389, 871

DIAS, W. S., ve diğ., 2002, Optically Visible Open Clusters and Candidates, *yCAT*, 102022

DIAS, W. S., ve LEPINE, J. R. D., 2005, Direct Determination of the Spiral Pattern Rotation Speed of the Galaxy, *ApJ*, 629, 825

DUTRA C.M., ve diğ., 2002, Low-extinction Windows in the Inner Galactic Bulge, *A&A*, 381, 219

FRIEL, E.D., 1995, The Old Open Clusters Of The Milky Way, *ARA&A*, 33, 381

FROEBRICH, D., ve diğ., 2010, Old Star Clusters in the FSR Catalogue, MNRAS, 409, 1281

GIELES, M., ve diğ., 2004, in The Formation and Evolution of Massive Young Star Clusters, ed. H. J. G. L. M. Lamers, L. J. Smith, & A. Nota, *ASP Conf. Ser. 322*, 481

GIELES, M., ve diğ., 2005, The Star Cluster Population of M 51. III. Cluster Disruption and Formation History, *A&A*, 441, 949

GIELES, M., ve diğ., 2006, Star Cluster Disruption by Giant Molecular Clouds, *MNRAS*, 371, 793

GIELES, M., ve diğ., 2007, The Effect of Spiral Arm Passages on the Evolution of Stellar Clusters, *MNRAS*, 376, 809

GIRARDI, L., ve diğ., 2002, Theoretical Isochrones in Several Photometric Systems. I. Johnson-Cousins-Glass, HST/WFPC2, HST/NICMOS, Washington, and ESO Imaging Survey filter sets, *A&A*, 391, 195

GONZALEZ, O. A., ve diğ. 2012, Reddening and Metallicity Maps of the Milky Way Bulge from VVV and 2MASS. II. The Complete High Resolution Extinction Map and Implications for Galactic Bulge Studies, *A&A*, 543, 13

GOODWIN, S. P., ve BASTIAN, N., 2006, Gas Expulsion and the Destruction of Massive Young Clusters, *MNRAS*, 373, 752

GUNES, O., ve diğ., 2012, Astrophysical and Structural Parameters of the Open Clusters NGC 6866, NGC 7062, and NGC 2360, *New A*, 17, 720

http://cadcwww.dao.nrc.ca/

http://nedwww.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html

http://statpages.org/nonlin.html

http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd
http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=II/246
http://www.gnuplot.info
http://www.univie.ac.at/webda
JANES, K. A., PHELPS, R. L., 1994, The Galactic System of Old Star Clusters: The Development of The Galactic Disk, *AJ*, 108, 1773
JOSHI, Y. C., 2005, Interstellar Extinction Towards Open Clusters and Galactic Structure, *MNRAS*, 362, 1259
KHALISI, E., ve diğ., 2007, A Comprehensive NBODY Study of Mass Segregation in Star Clusters: Energy Equipartition and Escape, *MNRAS*, 374, 703
KING, I. R., 1966, The Structure of Star Clusters. III. Some Simple Dynamical Models, *AJ*, 71, 276.
KROUPA, P., 2001, On the Variation of the Initial Mass Function, *MNRAS*, 322, 231
LADA, C. J., ve Lada, E. A., 2003, Embedded Clusters in Molecular Clouds, *ARA&A*, 41, 57
LADA, E. A., 2007, Embedded Clusters: Laboratories for Star Formation, *RMXAC*, 29, 43
LAMERS, H. J. G. L. M., ve diğ., 2004, The Formation and Evolution of Massive Young Star Clusters, *ASP*, ISBN: 1-58381-184-2
LAMERS, H. J. G. L. M., ve diğ., 2005, An Analytical Description of the Disruption of Star Clusters in Tidal Fields with an Application to Galactic Open Clusters, *A&A*, 441, 117
LAMERS, H.J.G.L.M., GIELES, M., 2006, Clusters in the Solar Neighbourhood: How are They Destroyed?, *A&A*, 455, 17
LARSEN, S. S., 2004, The Structure and Environment of Young Stellar Clusters in Spiral Galaxies, *A&A*, 416, 537
LYNGÅ, G., 1982, Open Clusters in Our Galaxy, *A&A*, 109, 213
LYNGÅ, G., 1988, The Lund Catalogue of Open Cluster Data, *ESO Conf. Workshop Proc.*, 28, 379
MACIEJEWSKI, G., NIEDZIELSKI, A., 2007, CCD BV Survey of 42 Open Clusters, *A&A*, 467, 1065
MACKEY, A. D., GILMORE, G.F., 2003, Surface Brightness Profiles and Structural Parameters for 10 Rich Stellar Clusters in the Small Magellanic Cloud, *MNRAS*, 338, 120
MACKEY, A. D., ve diğ., 2008, Black Holes and Core Expansion in Massive Star Clusters, *MNRAS*, 386, 65
MARIGO, P., ve diğ., 2008, Evolution of Asymptotic Giant Branch Stars. II. Optical to Far-Infrared Isochrones with Improved TP-AGB Models, *A&A*, 482, 883
MCMILLAN S. L. W., ve diğ., 2007, A Dynamical Origin for Early Mass Segregation in Young Star Clusters, *ApJ*, 655, 45
MERRITT, D., ve diğ., 2004, Core Formation by a Population of Massive Remnants, *ApJ*, 608, 25
MILLER, G. E., SCALO, J. M., 1979, The Initial Mass Function and Stellar Birthrate in the Solar Neighborhood, *ApJS*, 41, 513
MOECKEL, N., BONNELL, I. A., 2009, Does Subcluster Merging Accelerate Mass Segregation in Local Clusters?, *MNRAS*, 400, 657
NILAKSHI, S. R., ve diğ., 2002, A Study of Spatial Structure of Galactic Open Star Clusters, *A&A*, 383, 153
OORT, J. H., 1958, Summary - From the Astronomical Point of View, *Ricerche Astronomiche*, 5, 507

OSTRIKER, J. P., ve diğ., 1972, On the Evolution of Globular Clusters, *ApJ*, 176, 51

PAUNZEN, E., NETOPIL, M., 2006, On the Current Status of Open-Cluster Parameters, *MNRAS*, 371, 1641

PAVANI, D.N., ve BICA, E., 2007, Characterization of Open Cluster Remnants, *A&A*, 468, 139

PISKUNOV, A. E., ve diğ., 2006, Revisiting the Population of Galactic Open Clusters, *A&A*, 445, 545

PORTEGIES ZWART, S., ve diğ., 1999, Star Cluster Ecology. III. Runaway Collisions in Young Compact Star Clusters, *A&A*, 348, 117

PORTEGIES ZWART, S., MCMILLIAN, S., 1999, Merger Rates of Black Hole Binaries: Prospects for Gravitational Wave Detectors, *arXiv:astro-ph/9912022*

PORTEGIES ZWART, S. F., ve diğ., 2010, Young Massive Star Clusters, *ARA&A*, 48, 431

SALPETER, E., 1955, *ApJ*, 121, 161

SCALO, J., 1998, *ASPC*, 142, 201

SCHILBACH, E., ve diğ., 2006, Population Analysis of Open Clusters: Radii and Mass Segregation, *A&A*, 456, 523

SCHLEGEL, D. J., ve diğ., 1998, Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds, *ApJ*, 500, 525

SHARMA, S., ve diğ., 2006, Wide-Field CCD Photometry Around Nine Open Clusters, *AJ*, 132, 1669

SKRUTSKIE, M. F., ve diğ., 2006, The Two Micron All Sky Survey (2MASS), *AJ*, 131, 1163

SOLOMON, P. M., ve diğ., 1987, Mass, Luminosity, and Line Width Relations of Galactic Molecular Clouds, *ApJ*, 319, 730

SPITZER, L. Jr., 1958, Distribution of Galactic Clusters, *ApJ*, 127, 17

SPITZER, L. Jr., CHEVALIER, R.A., 1973, Random Gravitational Encounters and the Evolution of Spherical Systems. V. Gravitational Shocks, *ApJ*, 183, 565

TADROSS, A. L., ve diğ., 2002, Morphological Analysis of Open Clusters' Properties II. Relationships Projected onto the Galactic Plane, *New A*, 7, 553

TADROSS, A.L., 2009, The Fundamental Parameters of 60 Unstudied Open Star Clusters, *Ap&SS*, 323, 383

TADROSS, A. L., 2011, A Catalog of 120 NGC Open Star Clusters, *JKAS*, 44, 1

TERLEVICH, E., 1987, Evolution of N-Body Open Clusters, *MNRAS*, 224, 193

TRAGER, S.C., ve diğ., 1995, Catalogue of Galactic Globular-Cluster Surface-Brightness Profiles, *AJ*, 109, 218

TUTUKOV, A. V., 1978, Early Stages of Dynamical Evolution of Star Cluster Models, *A&A*, 70, 57

VALLEE, J. P., 2005, The Spiral Arms and Interarm Separation of the Milky Way: An Updated Statistical Study, *AJ*, 130, 569

VAN DEN BERGH, S., MCCLURE, R.D., 1980, Galactic Distribution of the Oldest Open Clusters, *A&A*, 88, 360

VAN DEN BERGH, S., ve diğ., 1991, Diameters of Galactic Globular Clusters, *ApJ*, 375, 594

WIELEN, R., 1971, The Age Distribution and Total Lifetimes of Galactic Clusters, *A&A*, 13, 309

WIELEN, R., 1985, Dynamics of open star clusters, *AUS*, 113, 449

EKLER

Ek Tablo-1: 40 açık kümenin WEBDA (sütun (2)-(3)-(4)-(5)) ve yeni elde edilen ekvatoral ve Galaktik koordinatları (sütun (6)-(7)-(8)-(9)).

Küme (1)	α(2000) (h m s) (2)	δ(2000) (° ′ ″) (3)	*l* (°) (4)	*b* (°) (5)	α(2000) (h m s) (6)	δ(2000) (° ′ ″) (7)	*l* (°) (8)	*b* (°) (9)
NGC 436	01 15 58.0	58 48 42	126.11	-3.91	01 15 58.00	58 48 42.00	126.11	-3.91
King 5	03 14 45.0	52 41 12	143.78	-4.29	03 14 45.00	52 41 12.00	143.78	-4.29
NGC 1513	04 09 57.0	49 30 54	152.59	-1.57	04 09 49.80	49 31 17.25	152.57	-1.58
Be 15	05 02 06.0	44 30 43	162.26	1.62	05 02 06.00	44 30 43.00	162.26	1.62
NGC 1798	05 11 39.0	47 41 30	160.70	4.85	05 11 39.00	47 41 30.00	160.70	4.85
Be 17	05 20 36.0	30 36 00	175.65	-3.65	05 20 37.55	30 34 27.75	175.67	-3.66
NGC 1907	05 28 05.0	35 19 30	172.62	0.31	05 28 09.05	35 18 20.25	172.64	0.31
NGC 2112	05 53 45.0	00 24 36	205.87	-12.62	05 53 50.51	00 25 44.25	205.87	-12.58
Koposov 12	06 00 56.2	35 16 36	176.16	6.00	06 00 56.20	35 16 36.00	176.16	6.00
NGC 2158	06 07 25.0	24 05 48	186.63	1.78	06 07 29.57	24 05 50.25	186.64	1.80
Koposov 53	06 08 56.2	26 15 49	184.90	3.13	06 08 56.20	26 15 49.00	184.90	3.13
NGC 2194	06 13 45.0	12 48 24	197.25	-2.35	06 13 45.00	12 48 24.00	197.25	-2.35
NGC 2192	06 15 17.0	39 51 18	173.42	10.65	06 15 21.77	39 51 06.00	173.42	10.67
NGC 2243	06 29 34.0	-31 17 00	239.48	-18.01	06 29 34.00	-31 17 00.00	239.48	-18.01
Collinder 110	06 38 24.0	02 01 00	209.65	-1.98	06 38 35.49	02 01 30.00	209.66	-1.93
NGC 2262	06 39 38.0	01 08 36	210.57	-2.10	06 39 38.00	01 08 36.00	210.57	-2.10
NGC 2286	06 47 40.0	-03 08 54	215.31	-2.27	06 47 43.05	-03 10 19.50	215.33	-2.27
Trumpler 5	06 36 42.0	09 26 00	202.86	1.05	06 36 36.41	09 25 21.00	202.86	1.02
NGC 2309	06 56 03.0	-07 10 30	219.84	-2.24	06 56 02.15	-07 11 04.50	219.85	-2.25
To 2	07 03 05.0	-20 49 00	232.83	-6.88	07 03 05.00	-20 49 00.00	232.83	-6.88
Be 36	07 16 06.0	-13 06 00	227.38	-0.59	07 16 24.02	-13 11 23.00	227.49	-0.56
Haffner 8	07 23 24.0	-12 20 00	227.53	1.34	07 23 09.00	-12 16 12.00	227.45	1.32
Mel 71	07 37 30.0	-12 04 00	228.95	4.50	07 37 30.00	-12 04 00.00	228.95	4.50
NGC 2425	07 38 22.0	-14 52 54	231.52	3.31	07 38 22.00	-14 52 54.00	231.52	3.31
NGC 2506	08 00 01.0	-10 46 12	230.56	9.93	07 59 58.78	-10 45 27.75	230.55	9.93
Pismis 3	08 31 22.0	-38 39 00	257.86	0.50	08 31 16.30	-38 39 02.00	257.85	0.48
NGC 2660	08 42 38.0	-47 12 00	265.93	-3.01	08 42 38.00	-47 12 00.00	265.93	-3.01
NGC 3680	11 25 38.0	-43 14 36	286.76	16.92	11 25 34.53	-43 15 11.25	286.76	16.91
Ru 96	11 50 38.0	-62 08 23	295.89	-0.10	11 50 36.81	-62 9 4.25.00	295.89	-0.11
Ru 105	12 34 15.0	-61 34 11	300.88	1.24	12 34 12.28	-61 32 59.75	300.88	1.25
Trumpler 20	12 39 34.0	-60 37 00	301.48	2.22	12 39 34.00	-60 37 00.00	301.48	2.22
Pismis 19	14 30 40.0	-60 53 00	314.71	-0.30	14 30 40.00	-60 53 00.00	314.71	-0.30
NGC 6134	16 27 46.0	-49 09 06	334.92	-0.20	16 27 46.00	-49 09 06.00	334.92	-0.20
IC 4651	17 24 49.0	-49 56 00	340.09	-7.91	17 24 45.91	-49 55 06.01	340.10	-7.89
NGC 6802	19 30 35.0	20 15 42	55.33	0.92	19 30 33.30	20 15 48.00	55.32	0.92
NGC 6819	19 41 18.0	40 11 12	73.98	8.48	19 41 18.00	40 11 12.00	73.98	8.48
Be 89	20 24 36.0	46 03 00	83.16	4.82	20 24 29.80	46 02 53.39	83.15	4.84
NGC 6939	20 31 30.0	60 39 42	95.90	12.30	20 31 30.00	60 39 42.00	95.90	12.30
NGC 7142	21 45 09.0	65 46 30	105.35	9.48	21 45 12.39	65 47 43.00	105.36	9.50
NGC 7789	23 57 24.0	56 42 30	115.53	-5.39	23 57 24.00	56 42 30.00	115.53	-5.39

Ek Tablo-2: 40 açık yıldız kümesinin astrofiziksel parametreleri. E(J-H) ve E(B-V) sırasıyle, (J-H)ve (B-V) renk indeksleirndeki renk artığı. (m-M)j: Kızarmadan arındırılmış uzaklık modülü. d(kpc): Kümenin kpc cinsinden Güneş'e olan uzaklığı. R_{GC}(kpc): Kümenin Galaksi merkezinden olan uzaklığı. Koyu renkli değerler tercih edilen sonuçları göstermektedir.

Küme (1)	[Fe/H] (2)	E(J-H) (3)	E(B-V) (4)	Yaş(Gyıl) (5)	(m-M)j (6)	d (kpc) (7)	R_{GC} (kpc) (8)
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.13±0.03**	**0.42±0.10**	**0.40±0.10**	**12.54±0.31**	**3.22±0.46**	**9.48±0.28**
NGC 436	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.16±0.03	0.51±0.10	0.40±0.10	12.46±0.31	3.10±0.44	9.39±0.27
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.20±0.03	0.64±0.10	0.40±0.10	12.35±0.31	2.95±0.42	9.27±0.26
	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.23±0.04	0.74±0.13	1.00±0.20	11.77±0.23	2.25±0.24	9.13±0.19
King 5	**Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25**	**0.26±0.05**	**0.83±0.16**	**1.00±0.20**	**11.53±0.24**	**2.03±0.23**	**8.93±0.18**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.29±0.05	0.93±0.16	1.00±0.20	11.30±0.24	1.82±0.20	8.75±0.16
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.23±0.02**	**0.74±0.06**	**0.10±0.02**	**10.37±0.28**	**1.18±0.15**	**8.29±0.13**
NGC 1513	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.23±0.02	0.74±0.06	0.10±0.02	10.22±0.26	1.10±0.13	8.22±0.12
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.25±0.02	0.80±0.06	0.10±0.02	10.31±0.26	1.15±0.14	8.26±0.12
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.27±0.03**	**0.86±0.10**	**0.50±0.10**	**12.45±0.31**	**3.10±0.44**	**10.21±0.42**
Be 15	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.29±0.03	0.93±0.10	0.50±0.10	12.25±0.36	2.82±0.47	9.94±0.44
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.31±0.03	0.99±0.10	0.50±0.10	12.14±0.36	2.68±0.44	9.81±0.42
	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.10±0.02	0.32±0.06	1.50±0.30	13.77±0.21	5.69±0.54	12.71±0.51
NGC 1798	**Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25**	**0.16±0.04**	**0.51±0.13**	**1.50±0.30**	**13.51±0.26**	**5.03±0.59**	**12.07±0.55**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.22±0.05	0.70±0.16	1.50±0.30	13.11±0.23	4.45±0.58	11.51±0.55
	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.2±0.04	0.64±0.13	5.00±0.50	12.40±0.27	3.02±0.38	10.23±0.38
Be 17	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.23±0.04	0.74±0.13	5.00±0.50	12.17±0.32	2.71±0.40	9.92±0.40
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	**0.26±0.04**	**0.83±0.13**	**5.00±0.50**	**11.93±0.29**	**2.43±0.33**	**9.65±0.33**
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.18±0.03**	**0.58±0.10**	**0.40±0.10**	**11.45±0.26**	**1.95±0.24**	**9.16±0.23**
NGC 1907	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.20±0.04	0.64±0.13	0.40±0.10	11.25±0.27	1.78±0.22	8.98±0.22
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.21±0.01	0.67±0.13	0.40±0.10	11.07±0.27	1.64±0.21	8.85±0.20
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.20±0.04**	**0.64±0.13**	**2.00±0.30**	**10.15±0.23**	**1.07±0.11**	**8.18±0.10**
NGC 2112	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.24±0.02	0.77±0.06	2.00±0.30	9.69±0.31	0.87±0.12	7.99±0.11
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.28±0.02	0.9±0.06	2.00±0.30	9.43±0.26	0.77±0.09	7.90±0.08
	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.03±0.01	0.10±0.03	1.80±0.20	11.62±0.15	2.11±0.15	9.31±0.15
Koposov 12	**Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25**	**0.07±0.02**	**0.22±0.06**	**1.80±0.20**	**11.56±0.18**	**2.05±0.17**	**9.26±0.17**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.11±0.03	0.35±0.10	1.80±0.20	11.50±0.22	1.99±0.20	9.20±0.20
NGC 2158	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.05±0.01**	**0.16±0.03**	**2.50±0.30**	**13.21±0.10**	**4.39±0.21**	**11.59±0.21**

	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.09±0.01	0.29±0.03	2.50±0.30	13.15 ±0.10	3.98±0.19	11.19±0.19
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.12±0.01	0.38±0.03	2.50±0.30	12.87±0.10	3.75±0.18	10.95±0.18
Koposov 53	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.01±0.01**	**0.03±0.02**	**1.00±0.10**	**13.05±0.18**	**4.08±0.34**	**11.28±0.34**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.05±0.01	0.16±0.03	1.00±0.10	12.76±0.20	3.57±0.33	10.78±0.33
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.09±0.02	0.29±0.06	1.00±0.10	12.55±0.21	3.24±0.31	10.45±0.31
NGC 2194	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.13±0.04**	**0.42±0.13**	**0.80±0.20**	**11.87±0.27**	**2.37±0.30**	**9.51±0.28**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.16±0.05	0.51±0.16	0.80±0.20	11.66±0.27	2.15±0.26	9.29±0.25
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.19±0.05	0.61±0.16	0.80±0.20	11.48±0.27	1.97±0.24	9.12±0.23
NGC 2192	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.01±0.01**	**0.03±0.00**	**1.30±0.10**	**13.12±0.15**	**4.21±0.29**	**11.37±0.28**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.07±0.01	0.22±0.03	1.30±0.10	12.81±0.15	3.64±0.26	10.80±0.25
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.13±0.02	0.42±0.06	1.30±0.10	12.54±0.16	4.18±0.45	10.39±0.23
NGC 2243	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.00±0.00	0.00±0.00	2.00±0.20	13.50±0.10	5.01±0.23	10.59±0.13
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	**0.01±0.00**	**0.03±0.00**	**2.00±0.20**	**13.37±0.12**	**4.73±0.26**	**10.36±0.14**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.05±0.01	0.16±0.03	2.00±0.20	13.26±0.12	4.49±0.25	10.18±0.14
Collinder 110	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.06±0.01**	**0.19±0.03**	**3.00±0.20**	**11.93±0.15**	**2.44±0.17**	**9.41±0.15**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.09±0.02	0.29±0.06	3.00±0.20	11.80±0.16	2.29±0.17	9.28±0.15
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.13±0.02	0.42±0.06	3.00±0.20	11.54±0.16	2.03±0.15	9.04±0.13
NGC 2262	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.08±0.01	0.26±0.03	1.30±0.10	12.58±0.30	3.28±0.45	10.18±0.39
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	**0.11±0.01**	**0.35±0.03**	**1.30±0.10**	**12.36±0.30**	**2.96±0.41**	**9.88±0.35**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.14±0.01	0.45±0.03	1.30±0.10	12.31±0.30	2.90±0.40	9.83±0.34
NGC 2286	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.03±0.00**	**0.10±0.02**	**1.00±0.20**	**11.82±0.30**	**2.31±0.32**	**9.20±0.26**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.05±0.00	0.16±0.02	1.00±0.20	11.71±0.30	2.20±0.30	9.10±0.25
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.10±0.01	0.32±0.03	1.00±0.20	11.32±0.30	1.84±0.25	8.78±0.21
Trumpler 5	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.17±0.04	0.54±0.13	3.00±0.30	12.48±0.27	3.13±0.39	10.18±0.36
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.22±0.05	0.70±0.16	3.00±0.30	12.29±0.29	2.87±0.38	9.93±0.35
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	**0.24±0.05**	**0.77±0.16**	**3.00±0.30**	**12.19±0.29**	**2.74±0.36**	**9.8±0.33**
NGC 2309	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.16±0.02**	**0.51±0.06**	**0.50±0.10**	**12.41±0.21**	**3.03±0.29**	**9.74±0.22**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.16±0.06	0.51±0.06	0.50±0.10	12.81±0.23	3.64±0.38	10.29±0.29
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.19±0.03	0.61±0.10	0.50±0.10	12.98±0.26	3.94±0.48	10.55±0.36
To 2	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.35±0.05**	**1.12±0.16**	**3.00±0.30**	**10.43±0.24**	**1.22±0.14**	**8.01±0.08**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.38±0.06	1.22±0.19	3.00±0.30	10.35±0.26	1.18±0.14	7.98±0.08

	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.41±0.06	1.31±0.19	3.00±0.30	10.27±0.34	1.13±0.18	7.95±0.11
Be 36	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.12±0.02**	**0.38±0.06**	**3.00±1.00**	**13.67±0.16**	**5.42±0.40**	**11.59±0.27**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.15±0.02	0.48±0.06	3.00±1.00	13.59±0.16	5.21±0.38	11.41±0.26
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.15±0.02	0.48±0.06	3.00±1.00	13.69±0.18	5.46±0.45	11.63±0.31
Haffner 8	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00±0.10	12.20±0.15	2.75±0.19	9.31±0.13
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.02±0.01	0.06±0.03	1.00±0.10	12.14±0.15	2.69±0.19	9.25±0.13
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	**0.06±0.02**	**0.19±0.06**	**1.00±0.10**	**11.98±0.16**	**2.49±0.18**	**9.09±0.12**
Mel 71	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.01±0.01**	**0.03±0.02**	**1.50±0.20**	**11.54±0.15**	**2.03±0.14**	**8.69±0.09**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.05±0.02	0.16±0.06	1.50±0.20	11.43±0.16	1.93±0.14	8.61±0.09
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.09±0.02	0.29±0.06	1.50±0.20	11.42±0.19	1.92±0.17	8.60±0.11
NGC 2425	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.10±0.02**	**0.32±0.06**	**3.20±0.50**	**12.27±0.26**	**2.85±0.34**	**9.26±0.21**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.13±0.03	0.42±0.10	3.20±0.50	12.19±0.26	2.74±0.33	9.18±0.21
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.16±0.05	0.51±0.16	3.20±0.50	12.11±0.29	2.64±0.35	9.10±0.22
NGC 2506	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.01±0.00	0.02±0.00	2.00±0.30	12.44±0.20	3.07±0.28	9.45±0.18
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.02±0.01	0.06±0.03	2.00±0.30	12.34±0.20	2.94±0.27	9.35±0.17
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	**0.03±0.01**	**0.10±0.03**	**2.00±0.30**	**12.27±0.20**	**2.84±0.26**	**9.27±0.17**
Pismis 3	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.27±0.03	0.86±0.10	3.20±0.20	11.40±0.13	1.91±0.11	7.85±0.04
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.30±0.03	0.96±0.10	3.20±0.20	11.30±0.13	1.82±0.11	7.81±0.03
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	**0.33±0.02**	**1.06±0.06**	**3.20±0.20**	**11.19±0.11**	**1.73±0.09**	**7.77±0.03**
NGC 2660	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.13±0.03**	**0.42±0.10**	**1.50±0.30**	**11.89±0.17**	**2.39±0.19**	**7.76±0.06**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.16±0.04	0.51±0.13	1.50±0.30	11.71±0.19	2.20±0.19	7.69±0.05
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.21±0.05	0.67±0.16	1.50±0.30	11.47±0.23	1.97±0.21	7.62±0.05
NGC 3680	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.05±0.01**	**0.16±0.03**	**1.50±0.20**	**10.16±0.10**	**1.08±0.05**	**7.00±0.02**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.10±0.02	0.32±0.06	1.50±0.20	9.89±0.13	0.95±0.06	7.02±0.02
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.15±0.03	0.48±0.10	1.50±0.20	9.64±0.17	0.85±0.07	7.03±0.02
Ru 96	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.07±0.01**	**0.22±0.03**	**1.00±0.10**	**12.01±0.25**	**2.52±0.29**	**6.53±0.15**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.10±0.02	0.32±0.06	1.00±0.10	11.92±0.26	2.43±0.29	6.54±0.15
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.12±0.02	0.38±0.06	1.00±0.10	11.87±0.26	2.36±0.28	6.54±0.14
Ru 105	**Z=0.019 [Fe/H]=0**	**0.05±0.01**	**0.16±0.03**	1.00**±0.40**	**11.56±0.20**	**2.05±0.19**	**6.41±0.10**
	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.10±0.02	0.32±0.06	1.00±0.40	11.27±0.19	1.80±0.16	6.48±0.08
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.13±0.04	0.42±0.13	1.00±0.40	11.09±0.19	1.65±0.14	6.53±0.08

	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.10±0.03**	**0.32±0.10**	**1.50±0.50**	**12.52±0.31**	**3.20±0.46**	**6.19±0.27**
Trumpler 20	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.15±0.03	0.48±0.10	1.50±0.50	12.24±0.31	2.80±0.4	6.23±0.23
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.20±0.03	0.64±0.10	1.50±0.50	11.95±0.31	2.45±0.35	6.30±0.20
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.41±0.03**	**1.31±0.10**	**0.80±0.10**	**11.42±0.38**	**1.92±0.34**	**6.02±0.24**
Pismis 19	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.43±0.03	1.38±0.29	0.80±0.10	11.31±0.39	1.83±0.33	6.07±0.23
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.45±0.03	1.44±0.32	0.80±0.10	11.26±0.39	1.78±0.32	6.10±0.23
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.10±0.01**	**0.32±0.03**	**1.50±0.10**	**10.22±0.12**	**1.11±0.06**	**6.23±0.06**
NGC 6134	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.15±0.02	0.48±0.06	1.50±0.10	9.94±0.16	0.97±0.07	6.35±0.06
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.20±0.03	0.64±0.10	1.50±0.10	9.65±0.17	0.85±0.07	6.46±0.06
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.02±0.01**	**0.06±0.02**	**2.50±0.30**	**9.64±0.20**	**0.85±0.08**	**6.44±0.07**
IC 4651	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.05±0.01	0.16±0.03	2.50±0.30	9.46±0.23	0.78±0.08	6.50±0.08
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.08±0.02	0.26±0.06	2.50±0.30	9.28±0.26	0.72±0.08	6.56±0.08
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.23±0.03**	**0.74±0.10**	**0.90±0.10**	**11.77±0.31**	**2.25±0.32**	**6.22±0.19**
NGC 6802	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.25±0.04	0.80±0.13	0.90±0.10	11.71±0.27	2.20±0.28	6.24±0.16
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.30±0.03	0.96±0.10	0.90±0.10	11.57±0.31	2.06±0.30	6.28±0.17
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.02±0.01**	**0.06±0.02**	**2.50±0.50**	**11.84±0.15**	**2.34±0.16**	**6.96±0.06**
NGC 6819	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.05±0.01	0.16±0.03	2.50±0.50	11.66±0.18	2.15±0.18	6.95±0.07
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.10±0.03	0.32±0.10	2.50±0.50	11.32±0.17	1.84±0.15	6.95±0.05
	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.19±0.02	0.61±0.06	2.50±0.50	12.58±0.21	3.27±0.31	7.57±0.14
Be 89	**Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25**	**0.23±0.02**	**0.74±0.06**	**2.00±0.50**	**12.37±0.21**	**2.97±0.28**	**7.47±0.11**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.23±0.03	0.74±0.10	2.50±0.50	12.07±0.26	2.59±0.31	7.37±0.11
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.12±0.03**	**0.38±0.10**	**2.00±0.30**	**11.27±0.31**	**1.79±0.26**	**7.61±0.06**
NGC 6939	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.14±0.04	0.45±0.13	2.00±0.30	11.07±0.35	1.64±0.26	7.56±0.06
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.18±0.06	0.58±0.19	2.00±0.30	10.88±0.37	1.50±0.26	7.52±0.05
	Z=0.019 [Fe/H]=0	**0.13±0.03**	**0.42±0.10**	**2.5.±0.30**	**12.04±0.22**	**2.56±0.25**	**8.27±0.10**
NGC 7142	Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25	0.17±0.04	0.54±0.13	2.50±0.30	11.83±0.25	2.32±0.26	8.14±0.09
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.21±0.05	0.67±0.16	2.50±0.30	11.62±0.26	2.11±0.25	8.03±0.09
	Z=0.019 [Fe/H]=0	0.06±0.01	0.19±0.03	1.80±0.20	11.28±0.20	1.81±0.17	8.16±0.08
NGC 7789	**Z=0.0105 [Fe/H]=-0.25**	**0.08±0.02**	**0.26±0.06**	**1.80±0.20**	**11.23±0.21**	**1.76±0.17**	**8.13±0.08**
	Z=0.006 [Fe/H]=-0.5	0.10±0.02	0.32±0.06	1.80±0.20	11.17±0.24	1.72±0.19	8.11±0.08

Ek Tablo-3: 40 açık kümenin yapısal parametreleri. Sütunlar sırasıyla, 1: Küme adı. 2: 1 yaydakikasının pc cinsinden değeri. 3: Küme merkezinin pc^2 başına sayı yoğunluğu. 4: pc^2 başına zemin yüzey yoğunluğu. 5: Kümenin kor yarıçapının pc cinsinden büyüklüğü. 6: Kümenin yarıçapının pc cinsinden büyüklüğü. 7,8,9,10: Aynı değerlerin yaydakikası cinsinden karşılıkları. 11:Kontrol alanı. 12: Korelasyon katsayısı. * simgesi yıldız sayısını göstermektedir.

Küme (1)	(1′) pc (2)	σ_{0K} ($*pc^{-2}$) (3)	σ_{bg} ($*pc^{-2}$) (4)	R_{KOR} (pc) (5)	R_{RYP} (pc) (6)	σ_{0K} ($*'^{-2}$) (7)	σ_{bg} ($*'^{-2}$) (8)	R_{KOR} (′) (9)	R_{RYP} (′) (10)	ΔR (′) (11)	KK (12)
NGC 436	0.94	10.94±2.97	0.71±0.03	1.04±0.20	6.97±0.26	9.60±2.60	0.62±0.03	1.11±0.22	7.44±0.27	22-32	0.93
King 5	0.59	24.79±5.28	2.70±0.06	0.95±0.15	5.62±0.18	8.65±1.84	0.94±0.02	1.60±0. 25	9.52±0.30	20-30	0.94
NGC 1513	0.34	30.60±4.73	17.44±0.44	1.65±0.26	6.51±0.20	3.61±0.55	2.05±0.05	4.80±0.75	16.99±0.58	42-57	0.94
Be 15	0.90	25.7±11.33	0.97±0.02	0.35±0.10	5.04±0.30	20.89±9.20	0.79±0.02	0.39±0.11	5.59±0.33	30-40	0.86
NGC 1798	1.46	6.64±1.90	0.58±0.01	1.10±0.22	9.11±0.48	18.20±5.22	1.59±0.03	0.67±0.13	5.51±0.29	50-60	0.92
Be 17	0.71	7.25±1.38	3.26±0.10	2.10±0.39	5.29±0.20	3.62±0.69	1.63±0.05	2.98±0.55	7.48±0.29	42-52	0.94
NGC 1907	0.57	17.03±4.16	4.32±0.19	1.28±0.27	4.26±0.16	5.47±1.34	1.39±0.06	2.26±0.47	7.50±0.28	50-60	0.91
NGC 2112	0.31	24.69±3.51	6.96±0.21	1.64±0.21	5.92±0.19	2.39±0.34	0.67±0.02	5.28±0.68	19.01±0.61	50-60	0.95
Koposov 12	0.6	8.96±3.74	1.27±0.05	0.87±0.27	3.82±0.20	3.18±1.33	0.45±0.02	1.46±0.46	6.41±0.33	15-25	0.83
NGC 2158	1.27	28.85±4.67	1.45±0.06	1.74±0.20	14.03±0.71	47.05±7.61	2.37±0.10	1.36±0.16	10.99±0.56	45-60	0.97
Koposov 53	1.18	7.12±0.23	0.48±0.05	0.66±0.04	4.18±0.33	10.04±0.33	0.67±0.08	0.56±0.03	3.52±0.28	25-35	0.99
NGC 2194	0.69	21.00±3.31	3.30±0.15	1.66±0.22	6.55±0.21	9.98±1.58	1.57±0.07	2.41±0.32	9.50±0.31	40-50	0.96
NGC 2192	1.22	5.26±1.59	0.41±0.01	1.11±0.24	5.47±0.34	7.87±2.42	0.62±0.02	0.91±0.19	4.47±0.28	45-55	0.90
NGC 2243	1.38	13.35±4.18	0.22±0.01	0.89±0.18	12.94±0.37	25.28±7.95	0.42±0.02	0.65±0.13	9.40±0.27	20-30	0.93
Collinder 110	0.71	5.32±0.51	2.68±0.05	6.25±0.63	12.12±0.40	2.68±0.26	1.35±0.02	8.79±0.88	17.07±0.57	40-50	0.97
NGC 2262	0.86	22.03±5.17	1.93±0.05	0.85±0.14	6.37±0.24	16.32±3.81	1.43±0.04	0.99±0.17	7.40±0.28	30-45	0.94
NGC 2286	0.67	6.81±2.29	2.66±0.12	1.59±0.48	6.39±0.19	3.07±1.03	1.20±0.05	2.37±0.72	9.51±0.29	27-37	0.85
Trumpler 5	0.79	13.62±1.72	3.37±0.09	3.86±0.43	15.18±0.47	8.65±1.09	2.14±0.06	4.85±0.54	19.05±0.58	27-37	0.97
NGC 2309	0.88	12.41±5.96	0.64±0.05	0.84±0.28	7.50±0.25	9.64±4.63	0.50±0.04	0.95±0.32	8.51±0.29	50-60	0.84
To 2	0.35	134.29±83.62	3.67±0.25	0.17±0.07	1.92±0.11	16.91±10.50	0.46±0.03	0.47±0.18	5.42±0.31	20-25	0.98
Be 36	1.57	3.30±1.76	0.51±0.02	1.32±0.51	10.23±0.40	8.21±4.39	1.27±0.04	0.83±0.32	6.50±0.25	25-40	0.79
Haffner 8	0.72	5.31±2.85	3.89±0.08	1.47±0.68	6.93±0.21	2.79±1.50	2.04±0.04	2.03±0.94	9.56±0.29	45-60	0.69
Mel 71	0.59	22.61±3.97	4.39±0.09	1.27±0.18	5.00±0.17	7.89±1.39	1.53±0.03	2.16±0.30	8.46±0.29	45-60	0.95
NGC 2425	0.83	11.00±2.04	2.28±0.04	1.16±0.17	5.43±0.22	7.55±1.41	1.57±0.03	1.40±0.20	6.54±0.26	42-47	0.95
NGC 2506	0.82	18.56±3.13	1.07±0.04	1.65±0.20	10.76±0.48	12.67±2.14	0.73±0.03	2.00±0.24	13.02±0.58	40-50	0.96
Pismis 3	0.50	26.09±2.91	6.53±0.11	2.10±0.20	8.58±0.29	6.61±0.74	1.65±0.03	4.17±0.40	17.05±0.57	37-47	0.98
NGC 2660	0.69	90.44±24.32	3.84±0.09	0.39±0.07	5.27±0.17	43.71±11.74	1.86±0.04	0.55±0.10	7.58±0.25	25-35	0.94
NGC 3680	0.31	19.37±7.61	1.84±0.05	0.47±0.13	2.98±0.10	1.90±0.75	0.18±0.01	1.49±0.41	9.49±0.32	40-50	0.85
Ru 96	0.73	6.52±2.75	5.95±0.13	1.43±0.53	2.60±0.21	3.54±1.45	3.20±0. 07	1.94±0.73	3.54±0.29	50-60	0.77
Ru 105	0.56	2.63±1.81	1.52±0.05	1.35±0.78	3.83±0.21	0.93±0.64	0.54±0.02	2.27±1.30	6.42±0.34	47-57	0.64
Trumpler 20	0.93	10.22±1.22	4.73±0.12	3.12±0.38	13.98±0.55	8.86±1.06	4.10±0.10	3.36±0.41	15.02±0.59	40-50	0.97
Pismis 19	0.56	104.06±15.47	13.68±0.18	0.54±0.06	6.16±0.33	32.46±4.82	4.27±0.05	0.96±0.10	11.03±0.59	47-57	0.97
NGC 6134	0.32	72.12±24.74	7.82±0.18	0.45±0.11	3.08 ±0.10	7.52±2.59	0.81±0.02	1.39±0.34	9.53 ±0.30	13-22	0.86
IC 4651	0.25	38.57±7.88	12.50±0.99	1.02±0.22	2.35±0.08	2.36±0.48	0.76±0.06	4.13±0.91	9.49±0.31	50-60	0.92
NGC 6802	0.65	34.48±9.18	7.90±0.27	1.03±0.18	4.24±0.18	14.72±3.63	3.38±0.12	1.58±0.28	6.49±0.38	45-60	0.92
NGC 6819	0.68	38.22±4.18	3.97±0.08	1.50±0.12	12.92±0.40	17.15±1.95	1.84±0.04	2.20±0.18	18.98±0.59	40-50	0.98
Be 89	0.88	7.02±1.35	3.80±0.12	2.75±0.53	7.48±0.26	5.42±1.04	2.90±0.09	3.10±0.60	8.50±0.30	15-20	0.93
NGC 6939	0.52	33.06±5.19	3.35±0.17	1.16±0.15	4.92±0.18	8.96±1.41	0.91±0.05	2.24±0.28	9.46±0.28	35-45	0.97
NGC 7142	0.74	10.15±1.87	1.72±0.10	1.98±0.32	11.19±0.44	5.63±1.04	0.95±0.05	2.65±0.43	15.02±0.59	50-60	0.94
NGC 7789	0.51	31.23±2.22	3.88±0.04	2.32±0.13	26.88±0.74	8.18±0.58	1.02±0.01	4.52±0.25	52.50±1.44	55-70	0.99

Ek Tablo-4: Çalışmamızdaki 40açık yıldız kümesinin kütle fonksiyonu yardımıyla elde edilen değerleri. 1. Küme adı, 2. Yukarıdan aşağıya olmak üzere kümenin kor, halo ve kümenin tamamının pc cinsinden büyüklüklerini, 3. Bu bölgelerdeki evrimleşmiş yıldız sayılarını, 4. Her bir bölgedeki evrimleşmiş yıldızların $M_{\odot}$ cinsinden toplam kütlelerini, 5-6. bölgelerin kütle fonksiyonu eğimlerini, 7. bölgelerdeki anakol ve evrimleşmiş yıldız sayılarını, 8. Bölgelerdeki anakol yıldızlarının $M_{\odot}$ cinsinden toplam kütlelerini, 9. anakol ve evrimleşmiş yıldızların pc^3 başına $M_{\odot}$ cinsinden hacimsel kütle yoğunluğunu 10,11,12. sütunlar sırasıyla 7,8,9 ile aynı olmakla beraber ekstrapolasyon ile elde edilen ve evrimleşmiş yıldızlara ait değerleri göstermektedir.

Küme		Evrimleşmiş		χ (5)	(6)	Anakol+Evrimleşmiş		
(1)	Bölge (pc) (2)	N (yıldız) (3)	M_{EV} (10^1 $M_{\odot}$) (4)	1.13-1.63	-	N (10^2 yıldız) (7)	$M_{AK}+M_{EV}$ (10^2 $M_{\odot}$) (8)	ρ (9)
Be 89	0.0-2.75	11±5	1.9±0.8	0.18±0.66	-	1.15±0.09	1.56±0.37	1.79±0.43
	2.75-7.48	12±10	2±1.7	1.27±1.05	-	2.12±0.21	2.84±1.13	0.17±0.07
	0.0-7.48	23±12	3.8±1.9	1.64±0.93	-	3.26±0.23	4.42±1.57	0.25±0.09
						Ekstrapolasyon+Evrimleşmiş		
						N (10^2 yıldız) (10)	M_T (10^2 $M_{\odot}$) (11)	ρ (12)
	0.0-2.75					-	-	-
	2.75-7.48					62.5±60.5	20.9±12.3	1.25±0.74
	0.0-7.48					96±75.8	32±14.6	1.83±0.83
				1.38-2.78				
NGC 436	0.0-1.04	1±1	0.4±0.4	-1.46±0.47	-	0.25±0.03	0.56±0.28	11.9±5.97
	1.04-6.97	12±6	3.5±1.8	1.74±0.36	-	1.01±0.1	2±0.57	0.14±0.04
	0.0-6.97	14±6	3.9±1.9	0.86±0.29	-	1.12±0.09	2.55±0.63	0.18±0.04
	0.0-1.04					0.4±0.1	0.7±0.03	15.2±6.11
	1.04-6.97					25.6±19.6	9.8±3.8	0.69±0.27
	0.0-6.97					17.1±11.9	7.9±2.4	0.56±0.17
				0.68-0.98	0.73-3.33			
NGC 1513	0.0-1.65	-	-	-3.37±0.52	1.12±0.24	1.77±0.11	2.31±0.27	12.3±1.41
	1.65-6.51	-	-	-	2.08±0.17	4.25±0.3	5±0.42	0.44±0.04
	0.0-6.51	-	-	-	1.9±0.12	5.9±0.32	7.13±0.46	0.62±0.04
	0.0-1.65					10.8±7.65	4.54±1.43	24.1±7.6
	1.65-6.51					45.2±34.6	15.4±6.42	1.35±0.57
	0.0-6.51					58.6±44.4	20.4±8.23	1.77±0.71
				1.33-1.83				
NGC 2262	0.0-0.85	9±3	0. 16±0.06	-1.49±0.80	-	0.26±0.04	0.43±0.16	21.8±8.3
	0.85-6.37	22±8	0.42±0.15	1.32±0.61	-	2.12±0.14	3.35±1.12	0.31±0.1
	0.0-6.37	31±8	0.59±0.16	1.01±0.44	-	2.4±0.14	3.8±0.9	0.35±0.08

Ek Tablo-4 devam

	0.0-0.85					0.5±0.2	0.6±0.2	31.8±9.59
	0.85-6.37					79.5±63	27.6±12.4	2.6±1.1
	0.0-6.37					64.4±49	24.1±9.4	2.2±0.87
				0.98-2.03				
NGC 2286	0.0-1.59	2±2	0.4±0.4	1.3±0.5	-	0.46±0.05	0.62±0.17	3.93±1.02
	1.59-6.39	3±5	0.6±1	1.76±0.33	-	1.55±0.14	2.08±0.34	0.19±0.03
	0.0-6.39	5±5	1±1	1.45±0.3	-	1.98±0.15	2.7±0.39	0.25±0.04
	0.0-1.59					6±4.6	2.3±0.9	13.7±5.31
	1.59-6.39					27±20.4	9.3±3.8	0.86±0.35
	0.0-6.39					31.5±23.6	11.1±4.4	1.01±0.4
				1.18-1.43				
Trumpler 5	0.0-3.86	93±12	13.2±1.7	0.42±0.75	-	4.35±0.18	5.75±1.23	2.39±0.51
	3.86-15.18	169±34	24±4.9	1.64±1.43	-	11.2±0.5	14.7±6.37	0.1±0.04
	0.0-15.18	262±37	37.2±5.2	1.32±1.18	-	15.6±0.54	20.4±7.15	0.14±0.05
	0.0-3.86					879±693	340±138	14.1±5.72
	3.86-15.18					530±444	169±88.8	1.19±0.62
	0.0-15.18					699±568	223±111	1.55±0.76
				1.28-2.08				
NGC 6802	0.0-1.03	18±4	3.9±0.9	-0.46±0.84	-	1.02±0.07	1.8±0.88	39.4±19.2
	1.03-4.24	25±7	5.3±1.4	2.4±0.24	-	3.59±0.17	5.77±0.85	1.83±0.27
	0.0-4.24	43±8	9.2±1.7	1.66±0.24	-	4.59±0.18	7.53±1.09	2.36±0.34
	0.0-1.03					-	-	-
	1.03-4.24					121±91.2	42.1±17	13.4±5.42
	0.0-4.24					130±97.7	46.4±18.3	14.5±5.72
				1.13-1.38				
Pismis 3	0.0-2.1	63±9	8.6±1.3	-1.6±0.84	-	2.77±0.14	3.54±0.74	6.77±1.41
	2.1-8.58	29±21	4±0.2.8	2.94±0.56	-	6.37±0.34	7.9±1.32	0.31±.0.05
	0.0-8.58	92±23	12.5±3.1	1.71±0.49	-	9.14±0.38	11.4±1.59	0.43±0.06

	0.0-2.1					8.34±16.6	7.45±5.43	14.2±10.4
	2.1-8.58					345±267	109±49.8	4.19±1.92
	0.0-8.58					418±321	133±59.8	5.03±2.26
				1.28-1.53				
NGC 2158	0.0-1.74	57±8	8.7±1.2	-4.24±1	-	1.9±0.11	2.74±0.91	12.4±4.12
	1.74-14.03	203±22	30.8±3.3	-0.08±0.6	-	8.39±0.31	12±2.56	0.1±.0.02
	0.0-14.03	260±23	39.6±3.5	-1.55±0.71	-	10.3±0.33	14.7±3.69	1.27±0.04
	0.0-1.74					4.21±0.82	5.21±1.27	23.6±5.74
	1.74-14.03					-	-	-
	0.0-14.03					-	33.4±26.6	0.29±0.23
Be 36	0.0-1.32	15±4	2.1±0.6	-	-	-	-	-
	1.32-13.39	83±19	11.8±2.7	-	-	-	-	-
	0.0-13.39	98±20	13.8±2.8	-	-	-	-	-
	0.0-1.32					-	-	-
	1.32-13.39					-	-	-
	0.0-13.39					-	-	-
				1.08-1.48				
Collinder 110	0.0-6.25	93±12	13.1±1.7	-2.58±0.21	-	4.57±0.19	5.91±0.41	0.58±0.04
	6.25-12.12	70±16	10±2.3	-1.84±0.51	-	4.5±0.26	5.78±0.86	0.09±0.01
	0.0-12.12	163±21	23.1±3	-2.84±0.57	-	9.06±0.34	11.7±1.84	0.16±0.02
	0.0-6.25					7.97±1	8.54±0.56	0.83±0.05
	6.25-12.12					10±6.74	9.67±2.45	0.15±0.04
	0.0-12.12					15.1±3.95	16.5±2.44	0.22±0.03
				1.08-1.88				
Haffner 8	0.0-1.47	-	-	1.28±0.77	-	0.29±0.05	0.4±0.16	2.27±0.9
	1.47-6.93	-	-	1.99±0.71	-	1.02±0.15	1.39±0.48	0.1±0.03
	0.0-6.93	-	-	1.82±0.59	-	1.23±0.16	1.69±0.5	0.12±0.04
	0.0-1.47					5.98±5.23	2.07±1.05	11.6±5.88
	1.47-6.93					25±19.6	8.43±3.75	0.61±0.27
	0.0-6.93					29.1±22.5	9.85±4.27	0.71±0.31

				1.33-1.93				
Ru 96	0.0-1.43	7±3	1.4±0.7	4.58±0.98	-	0.36±0.05	0.71±0.37	5.75±2.99
	1.43-2.6	9±4	1.8±0.9	6.18±0.72	-	0.52±0.07	0.82±0.29	1.34±0.48
	0.0-2.6	15±6	3.1±1.1	4.55±0.65	-	0.92±0.09	1.49±0.48	2.02±0.66
	0.0-1.43					23.9±21	8.15±4.46	66.5±36.4
	1.43-2.6					32.5±26.6	10.9±5.3	17.7±8.63
	0.0-2.6					46.5±37.3	15.8±7.36	21.4±10
Ru 105	0.0-1.79	10±4	2.2±0.8	-	-	-	-	-
	1.79-3.83	9±5	1.8±1.1	-	-	-	-	-
	0.0-3.83	19±7	4±1.4	-	-	-	-	-
	0.0-1.79					-	-	-
	1.79-3.83					-	-	-
	0.0-3.83					-	-	-
				1.38-2.18				
Pismis 19	0.0-0.54	14±4	3.1±0.9	-2.42±1.07	-	0.63±0.06	1.16±0.71	175±108
	0.54-6.16	26±12	5.9±2.7	1.57±0.4	-	5.16±0.3	8.91±2.55	0.91±0.26
	0.0-6.16	40±13	9±2.9	1.18±0.38	-	5.38±0.28	9.19±2.69	1.03±0.28
	0.0-0.54					0.95±0.23	1.47±0.74	222±112
	0.54-6.16					173±133	61.5±25.8	6.35±2.64
	0.0-6.16					158±119	59.1±22.9	6.04±2.34
				1.28-1.78				
NGC 6134	0.0-0.45	9±3	1.5±0.5	-0.95±0.9	-	0.34±0.04	0.52±0.20	138±53.6
	0.45-3.08	42±21	7.6±1.5	-1.3±1.33	-	1.54±0.14	2.47±1.39	2.03±.1.14
	0.0-3.08	51±9	9.1±1.6	-0.83±1.11	-	1.87±0.15	2.98±1.39	2.44±1.13
	0.0-0.45					-	0.99±0.64	259±167
	0.45-3.08					-	3.97±2.41	3.26±1.97
	0.0-3.08					-	-	-
NGC 2425	0.0-1.16	-	-	-	-	-	-	-
	1.16-5.43	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-5.43	-	-	-	-	-	-	-

	0.0-1.16					-	-	-
	1.16-5.43					-	-	-
	0.0-5.43					-	-	-
				1.38-1.78				
Trumpler 20	0.0-3.12	69±10	12.3±1.8	-1.07±0.5	-	2.18±1.35	3.58±0.79	2.81±0.62
	3.12-13.98	188±32	33.6±5.7	2.85±0.95	-	7.9±0.45	12.6±5.46	0.11±0.05
	0.0-13.98	256±34	45.9±6	2.06±0.68	-	10.1±0.47	16.2±4.96	0.14±0.04
	0.0-3.12					6.7±10.8	6.94±3.32	5.45±2.61
	3.12-13.98					379±326	130±68.2	1.15±0.6
	0.0-13.98					434±350	150±69.9	1.31±0.61
				1.43-1.68				
NGC 2192	0.0-1.11	2±1	0.3±0.3	-2.78±0.96	-	0.17±0.03	0.27±0.16	4.71±2.77
	1.11-5.47	17±5	3.3±1	-3.07±0.76	-	0.62±0.07	1.03±0.36	0.15±0.05
	0.0-5.47	19±6	3.5±1	-3.12±0.43	-	0.79±0.08	1.28±0.28	0.19±0.04
	0.0-1.11					0.27±0.06	0.37±0.17	6.49±2.89
	1.11-5.47					1.32±0.26	1.78±0.45	0.26±0.07
	0.0-5.47					1.7±0.21	2.27±0.35	0.33±0.05
				2.03-2.68				
Be 15	0.0-1.16	-	-	-	-	-	-	-
	1.16-5.73	-	-	-3.07±1.07	-	0.35±0.09	0.83±1.11	0.15±0.21
	0.0-5.73	-	-	-1.54±1.15	-	0.42±0.09	1±1.4	0.19±0.26
	0.0-1.16					-	-	-
	1.16-5.73					0.61±0.28	1.23±1.19	0.23±0.22
	0.0-5.73					1.2±0.83	1.96±1.73	0.36±0.32
				0.93-1.63				
NGC 2112	0.0-1.64	19±5	3±0.8	-1.28±0.51	-	1.56±0.09	2.06±0.34	11.1±1.86
	1.64-5.92	10±8	1.6±1.4	0.26±0.39	-	3.59±0.23	4.33±0.5	0.51±0.06
	0.0-5.92	28±10	4.6±1.6	0.5±0.42	-	5.11±0.24	6.38±0.78	0.73±0.09

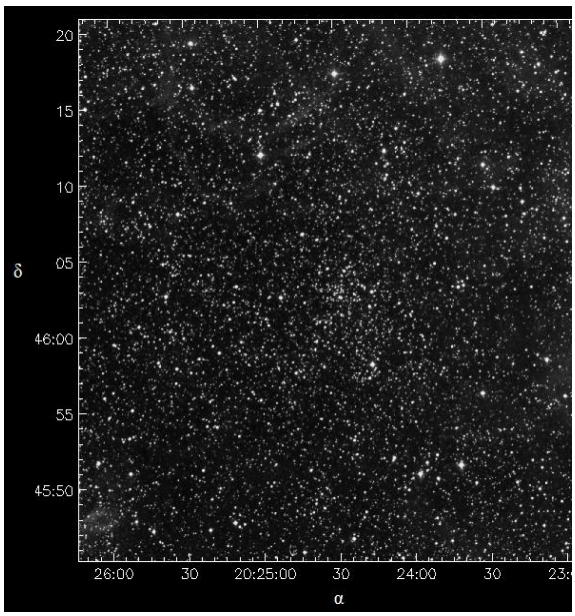
	0.0-1.64					2.8±3.7	2.73±1.17	14.8±6.36
	1.64-5.92					-	-	-
	0.0-5.92					44.9±31.5	18.1±5.96	2.08±0.69
				1.08-1.78				
Mel 71	0.0-1.27	13±4	2.4±0.7	0.3±1.04	-	0.77±0.06	1.13±0.44	13.1±5.11
	1.27-5.0	18±7	3.2±1.3	1.82±0.42	-	2.4±0.15	3.39±0.63	0.66±0.12
	0.0-5.0	31±8	5.5±1.4	1.29±0.4	-	3.17±0.16	4.44±0.72	0.85±0.14
	0.0-1.27					-	-	-
	1.27-5.0					62.9±47.8	21.4±8.95	4.16±1.74
	0.0-5.0					64.1±49.0	21.8±9.21	4.26±1.76
				1.08-1.38				
NGC 7789	0.0-2.32	74±9	12±1.5	-0.42±0.45	-	3.87±0.14	5.4±0.82	10.3±1.56
	2.32-26.88	147±60	23.6±9.7	1.03±0.66	-	19.9±1.02	24.7±4.25	0.03±0.005
	0.0-26.88	221±61	35.6±9.8	0.79±0.65	-	23.8±1.03	29.7±4.87	0.04±0.006
	0.0-2.32					-	-	-
	2.32-26.88					574±471	192±90.5	0.24±0.11
	0.0-26.88					556±444	194±85.5	0.24±0.1
				1.08-1.48				
NGC 3680	0.0-0.47	4±2	0.7±0.4	-	-	-	-	-
	0.47-2.98	11±4	1.9±0.8	0.24±1.04	-	0.36±0.06	0.44±0.16	0.57±0.16
	0.0-1.72	14±5	2.6±0.8	-1.2±2.03	-	0.55±0.08	0.77±0.35	0.7±0.32
	0.0-0.47					-	-	-
	0.47-2.98					-	-	-
	0.0-1.72					-	-	-
				0.93-1.53				
IC 4651	0.0-1.02	16±4	2.4±0.7	-2.78±0.75	-	0.97±0.07	1.27±0.28	28.5±6.27
	1.02-2.35	19±6	2.9±0.9	0.26±0.7	-	1.59±0.12	1.93±0.3	3.87±0.6
	0.0-2.35	35±7	5.4±1.1	-0.6±0.41	-	2.55±0.14	3.21±0.35	5.91±0.65
	0.0-1.02					1.24±0.21	1.45±0.29	32.6±6.53
	1.02-2.35					-	-	-
	0.0-2.35					-	-	-

				1.03-1.53				
NGC 6819	0.0-1.5	32±6	4.9±0.9	-1.07±0.55	-	1.94±0.1	2.6±0.45	18.4±3.2
	1.5-12.92	68±23	10.3±3.5	0.96±0.42	-	8.71±0.41	11±1.4	0.12±0.01
	0.0-12.92	100±24	15.1±3.7	0.47±0.4	-	10.6±0.42	13.6±1.63	0.15±0.02
	0.0-1.5					-	4.57±4.19	32.3±29.6
	1.5-12.92					152±114	53.6±21.4	0.59±0.24
	0.0-12.92					124±87.5	49.1±16.5	0.54±0.18
NGC 1798	0.0-1.1	-	-	-	-	-	-	-
	1.1-9.11	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-9.11	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-1.1					-	-	-
	1.1-9.11					-	-	-
	0.0-9.11					-	-	-
				1.43-1.63				
NGC 2243	0.0-0.89	6±3	1.±0.4	-	-	-	-	-
	0.89-12.94	29±10	4.8±1.6	4.81±1.16	-	1.33±0.08	1.99±1.31	0.03±0.01
	0.0-12.94	36±10	5.8.1±1.7	2.09±1.01	-	1.49±0.08	2.26±1.35	0.03±0.01
	0.0-0.89					-	-	-
	0.89-12.94					198±182	65.1±39.5	0.72±0.43
	0.0-12.94					154±136	51.7±29.0	0.57±0.32
				1.18-2.83				
NGC 1907	0.0-1.28	9±3	2.5±0.9	-0.76±0.4	-	0.78±0.07	1.68±0.61	19.2±6.99
	1.28-4.26	3±3	0.9±1	-0.73±0.43	-	1.6±0.11	2.81±0.93	0.89±0.3
	0.0-4.26	12±5	3.5±1.3	0.0±0.23	-	2.36±0.14	4.56±0.91	1.41±0.28
	0.0-1.28					1.62±2.02	2.24±0.84	25.5±9.55
	1.28-4.26					3.69±8.12	4±2.42	1.27±0.77
	0.0-4.26					-	-	-
				1.03-1.63				
NGC 6939	0.0-1.16	25±5	4.±0.8	-2.17 ±0.66	-	1.01±0.07	1.44±0.31	22±4.7
	1.16-4.92	43±9	7±1.5	-0.51±0.46	-	3.3±0.16	4.47±0.71	1.41±0.22
	0.0-4.92	68±10	11.1±1.7	-0.84±0.46	-	4.3±0.17	5.89±0.91	1.82±0.28

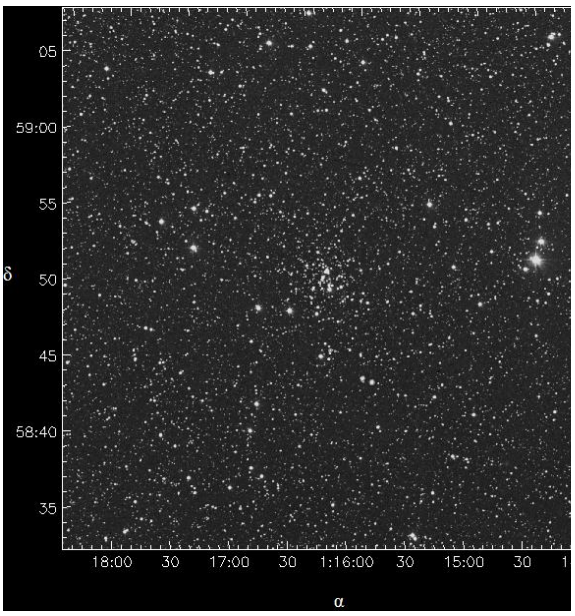
	0.0-1.16					1.45±0.44	1.75±0.35	26.7±5.53
	1.16-4.92					-	-	-
	0.0-4.92					-	-	-
				1.68-2.53				
NGC 2309	0.0-0.84	-	-	-1.52±1.03	-	0.19±0.03	0.41±0.46	-
	0.84-7.5	-	-	-0.84±0.93	-	0.98±0.08	2.05±2	0.12±0.11
	0.0-7.5	-	-	-0.89±0.6	-	1.16±0.09	2.43±1.54	0.14±0.09
	0.0-0.84					0.36±0.18	0.58±0.48	23.4±19.3
	0.84-7.5					-	3.87±3.46	0.22±0.2
	0.0-7.5					-	4.5±2.51	0.25±0.14
Koposov 12	0.0-0.87	-	-	-	-	-	-	-
	0.87-3.82	-	-	-	-	-	-	-
	0.0- 3.82	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-0.87					-	-	-
	0.87-3.82					-	-	-
	0.0- 3.82					-	-	-
				1.28-2.08				
Koposov 53	0.0-0.66	2±1	0.4.±0.3	-3.96 ±3.4	-	-	-	-
	0.66-4.18	1±3	0.3±0.6	1.36±0.92	-	0.26±0.05	0.43±0.26	0.14±0.08
	0.0-4.18	3±3	0.5±0.7	0.93±0.81	-	0.33±0.05	0.54±0.28	0.18±0.09
	0.0-0.66					-	-	-
	0.66-4.18					7.33±6.22	2.62±1.3	0.86±0.43
	0.0-4.18					5.94±5.15	2.37±1.1	0.78±0.36
				1.18-1.53				
NGC 7142	0.0-1.98	22±5	3.4±0.8	-1.97 ±1.44	-	0.96±0.07	1.36±0.68	4.19±2.09
	1.98-11.19	85±18	12.9±2.7	-0.58±0.68	-	4.24±0.25	5.86±1.35	0.1±0.02
	0.0-11.19	107±19	16.3±2.9	-1.06±0.56	-	5.21±0.25	7.22±1.38	0.12±0.02
	0.0-1.98					-	2.48±1.19	7.61±3.67
	1.98-11.19					-	-	-
	0.0-11.19					-	-	-

				1.28-1.78				
King 5	0.0-0.95	9±3	1.8±0.6	-3.06±0.96	-	0.48±0.05	0.77±0.34	21.5±9.6
	0.95-5.62	27±8	5.5±1.7	2.65±0.41	-	1.98±0.14	3.07±0.62	0.41±.0.08
	0.0-5.62	35±9	7.3±1.8	1.8±0.49	-	2.44±0.16	3.84±0.89	0.52±0.12
	0.0-0.95					0.63±0.09	0.91±0.35	25.3±9.73
	0.95-5.62					80.2±61.7	27.3±11.7	3.69±1.58
	0.0-5.62					86.9±67.2	30.0±12.8	4.04±1.73
				1.23-1.98				
NGC 2194	0.0-1.66	18±5	4.1±1.0	0.38±0.42	-	1.39±0.09	2.27±0.5	11.9±2.6
	1.66-6.55	19±7	4.3±1.6	3.65±0.48	-	3.8±0.17	5.69±1.38	0.49±.0.12
	0.0-6.55	38±9	8.4±1.9	2.52±0.37	-	5.18±0.2	8.03±1.56	0.68±0.13
	0.0-1.66					14.5±9.81	6.84±1.96	35.7±10.2
	1.66-6.55					159±123	53.2±23.3	4.6±2.01
	0.0-6.55					170±129	58.4±24.3	4.96±2.07
NGC 2660	0.0-0.39	-	-	-	-	-	-	-
	0.39-5.27	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-5.27	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-0.39					-	-	-
	0.39-5.27					-	-	-
	0.0-5.27					-	-	-
Be 17	0.0-2.1	-	-	-	-	-	-	-
	2.1-5.29	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-5.29	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-2.1					-	-	-
	2.1-5.29					-	-	-
	0.0-5.29					-	-	-
To 2	0.0-0.17	-	-	-	-	-	-	-
	0.17-1.92	-	-	-	-	-	-	-
	0.0-1.92	-	-	-	-	-	-	-

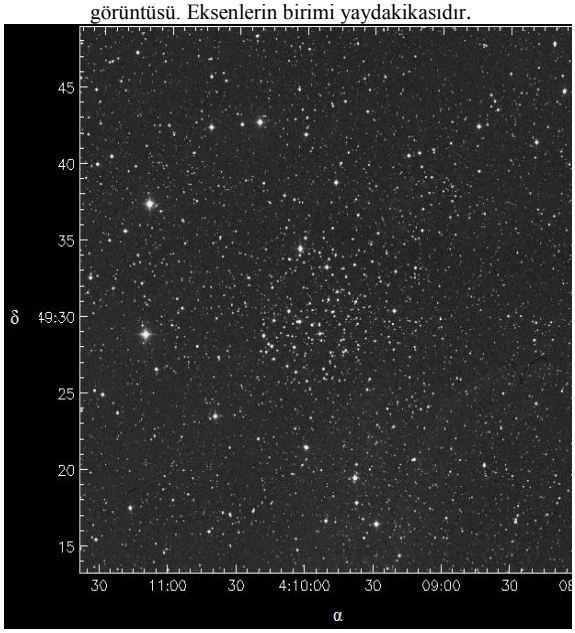
	0.0-0.17					-	-	-
	0.17-1.92					-	-	-
	0.0-1.92					-	-	-
				1.23-1.53				
NGC 2506	0.0-1.65	17±4	2.8±0.7	4.11±1.63	-	1.14±0.07	1.69±1.21	8.96±6.42
	1.65-10.76	45±13	7.4±2.2	1.48±0.6	-	4.43±0.21	6.16±1.45	0.12±.0.03
	0.0-10.76	63±14	10.2±2.3	0.97±0.63	-	5.58±0.22	7.77±1.9	0.15±0.04
	0.0-1.65					75.8±74.4	25.1±16.5	133±87.9
	1.65-10.76					207±161	68.2±30.6	1.31±0.59
	0.0-10.76					188±151	65.8±29.4	1.26±0.56



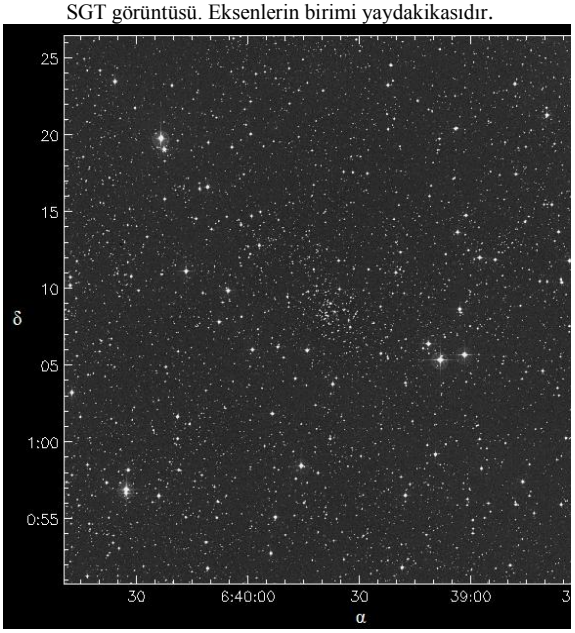
Ek Şekil 1A: Be 89 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



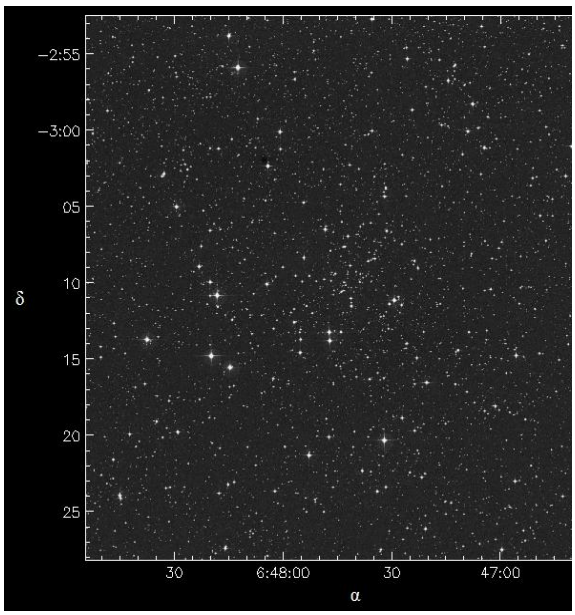
Ek Şekil 2A: NGC 436 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



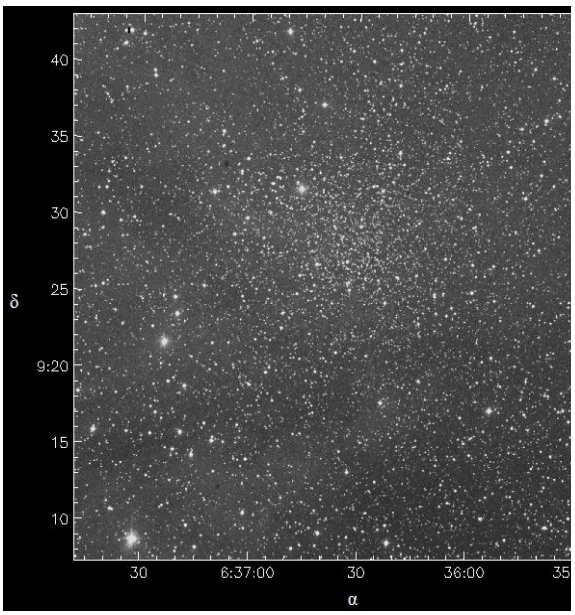
Ek Şekil 3A: NGC 1513 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



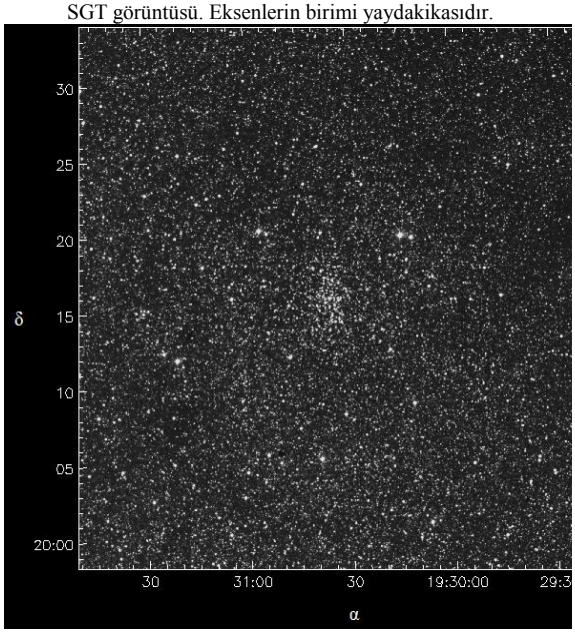
Ek Şekil 4A: NGC 2262 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



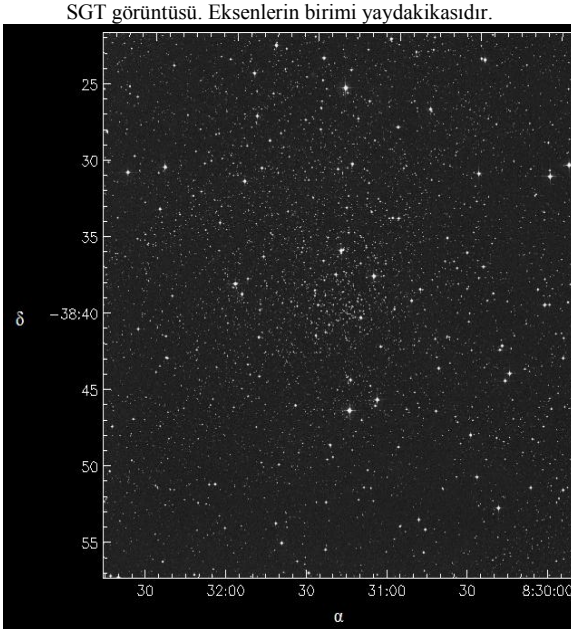
Ek Şekil 5A: NGC 2286 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



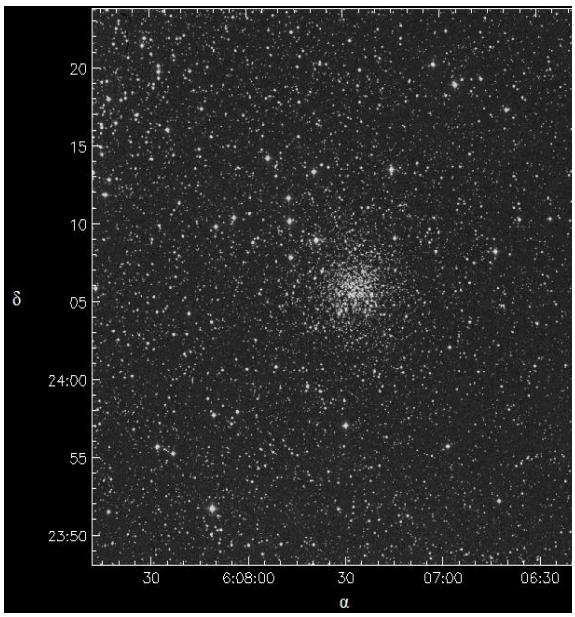
Ek Şekil 6A: Trumpler 5 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



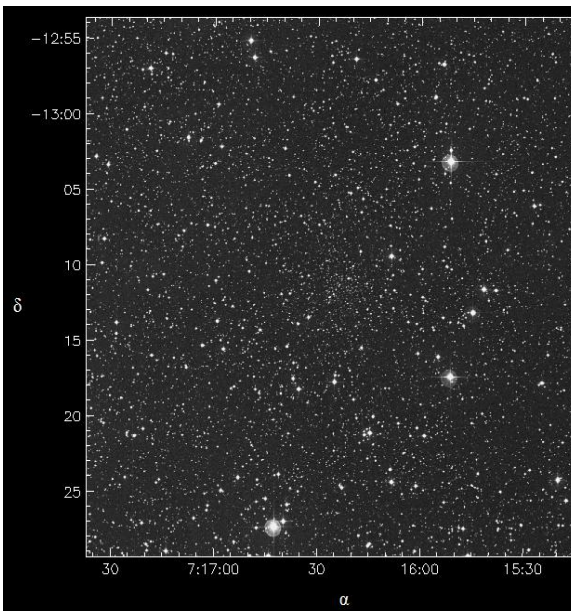
Ek Şekil 7A: NGC 6802 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



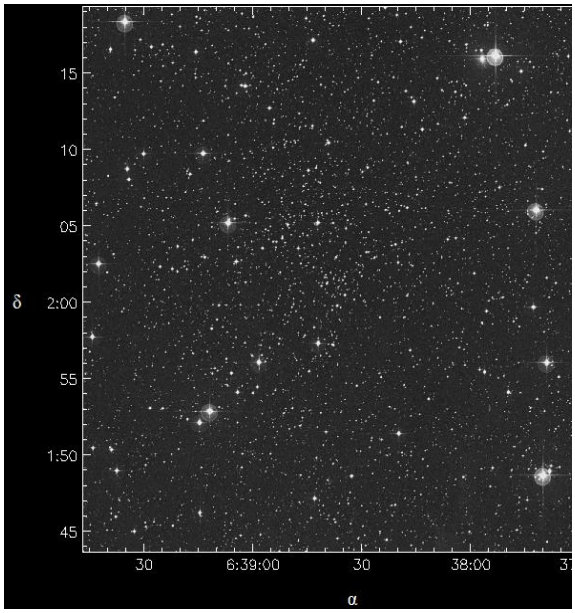
Ek Şekil 8A: Pismis 3 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



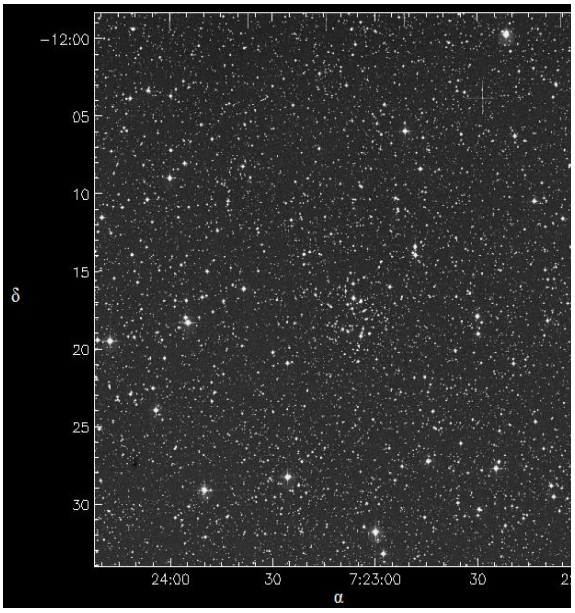
Ek Şekil 9A: NGC 2158 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



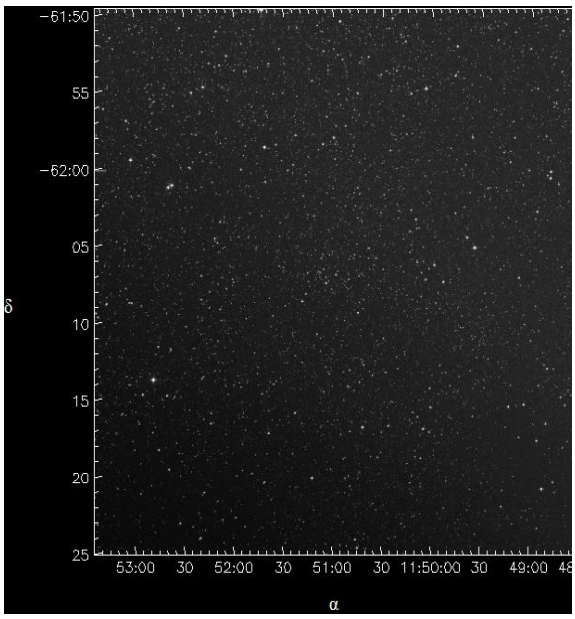
Ek Şekil 10A: Be 36 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



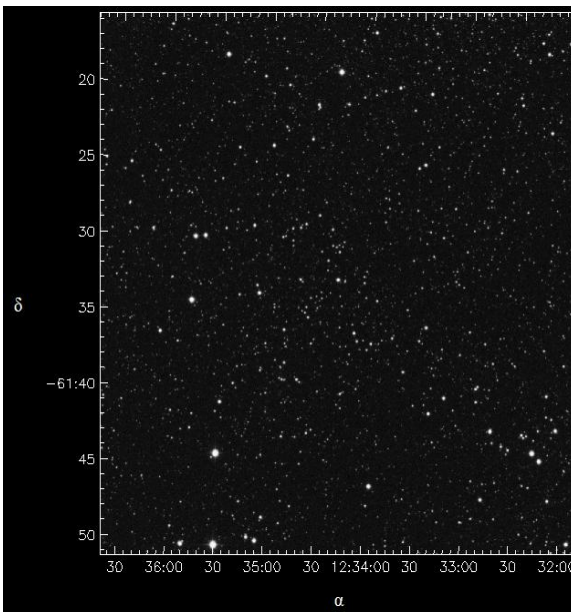
Ek Şekil 11A: Collinder 110 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



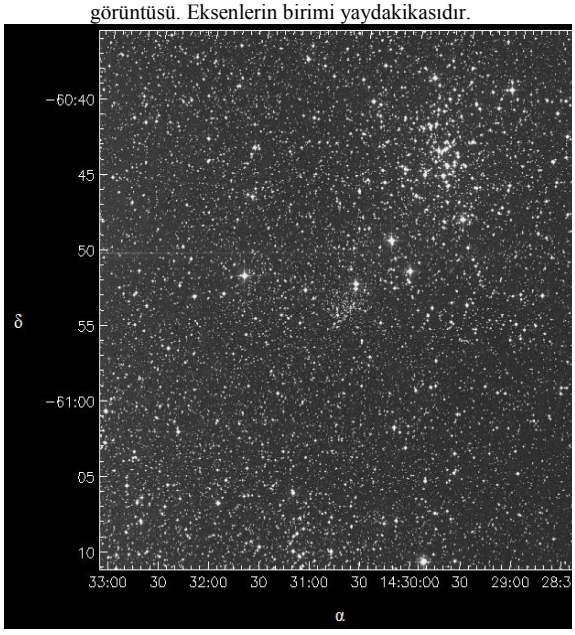
Ek Şekil 12A: Haffner 8 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



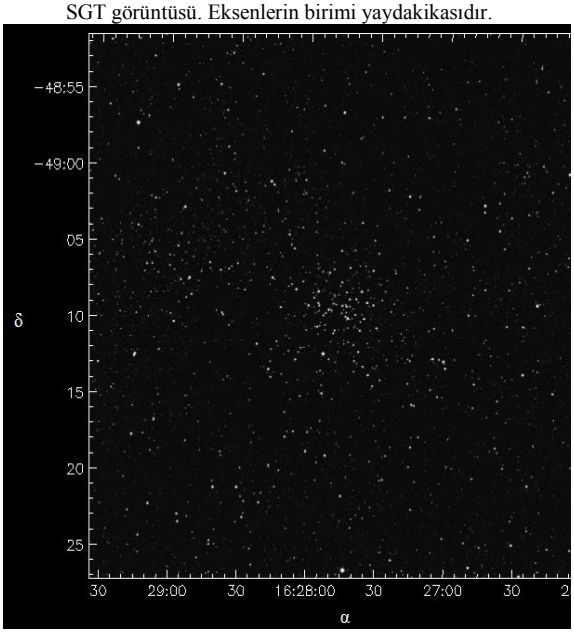
Ek Şekil 13A: Ru 96 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



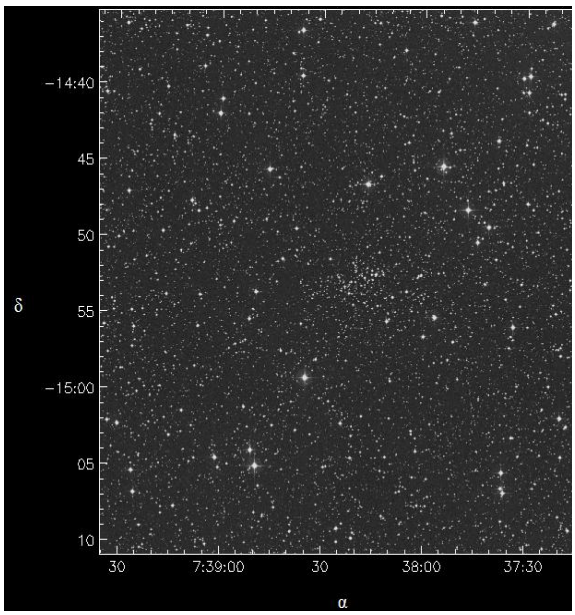
Ek Şekil 14A: Ru 105 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



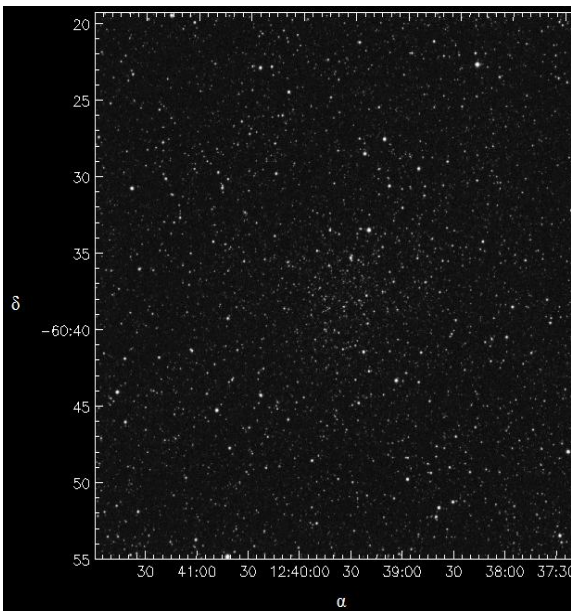
Ek Şekil 15A: Pismis 19 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



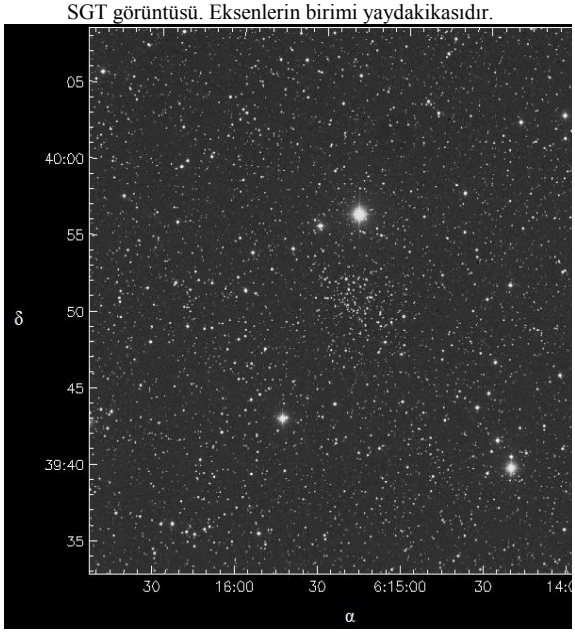
Ek Şekil 16A: NGC 6134 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



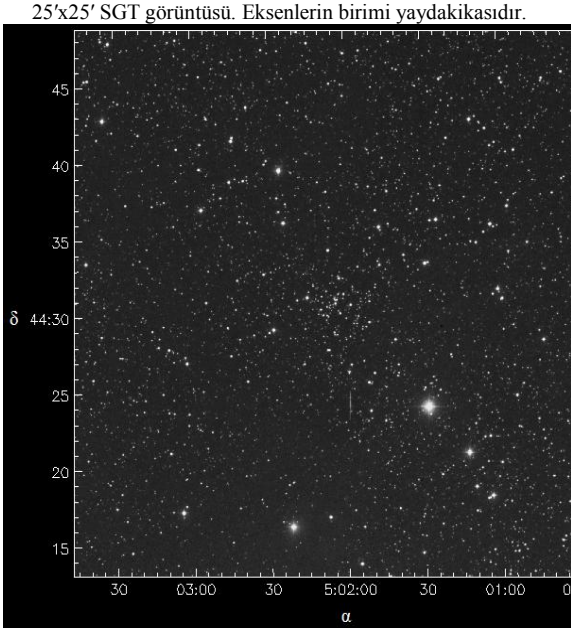
Ek Şekil 17A: NGC 2425 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



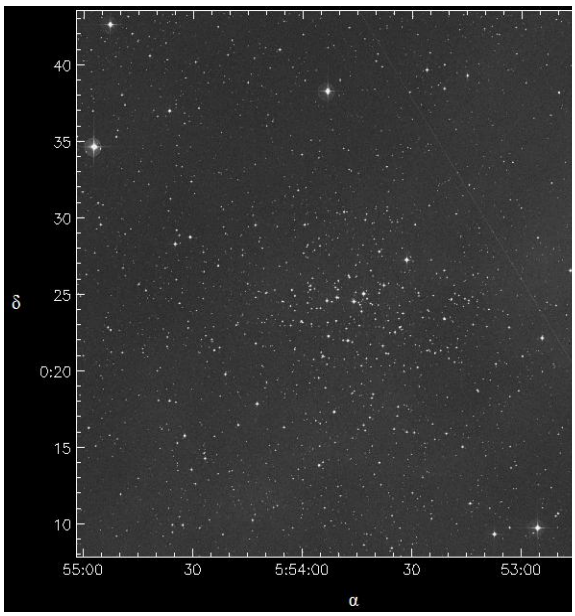
Ek Şekil 18A: Trumpler 20 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



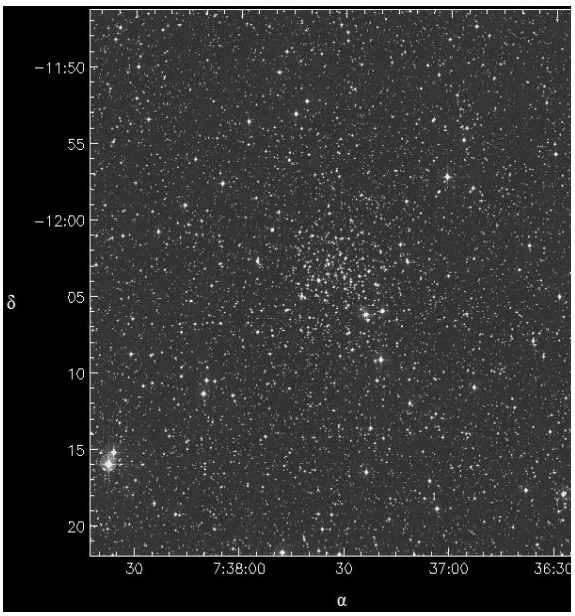
Ek Şekil 19A: NGC 2192 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



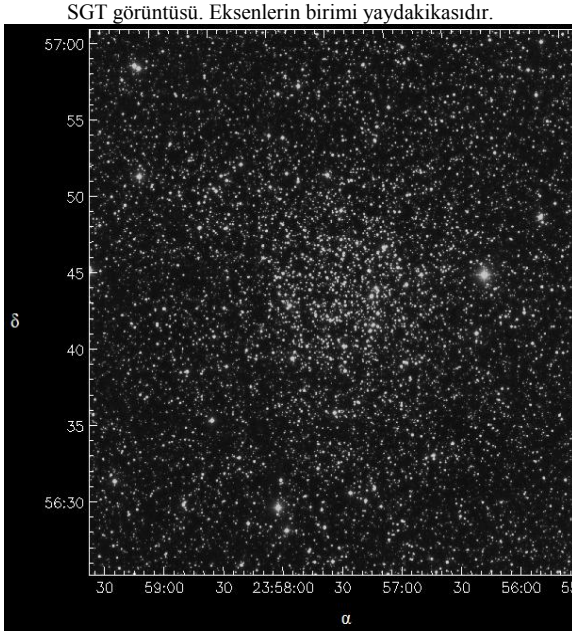
Ek Şekil 20A: Be 15 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



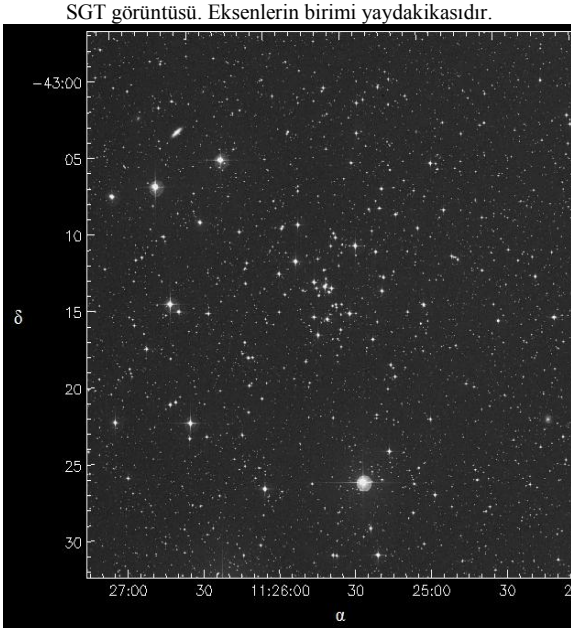
Ek Şekil 21A: NGC 2112 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



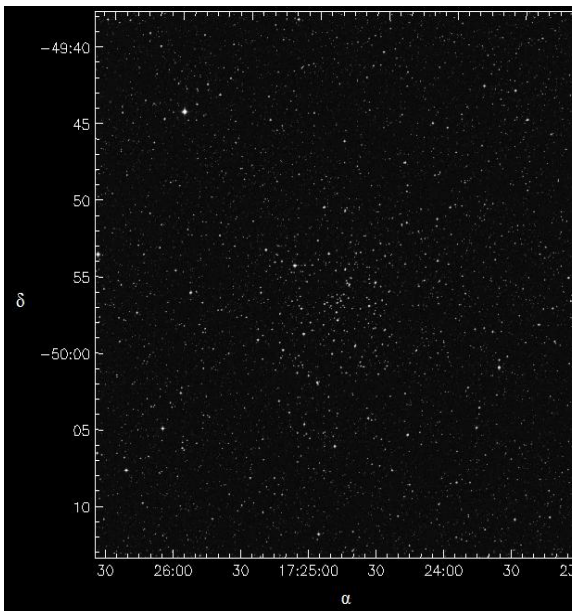
Ek Şekil 22A: Mel 71 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



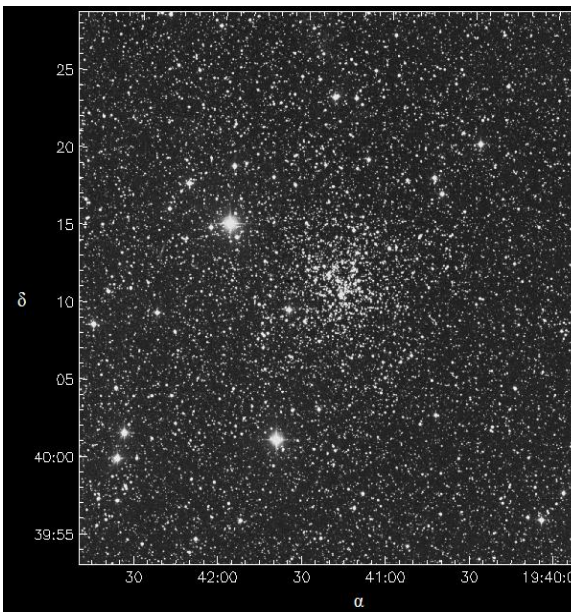
Ek Şekil 23A: NGC 7789 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



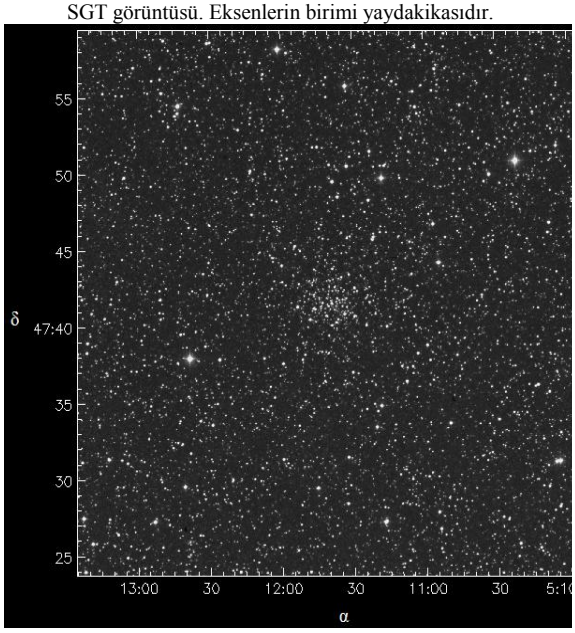
Ek Şekil 24A: NGC 3680 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



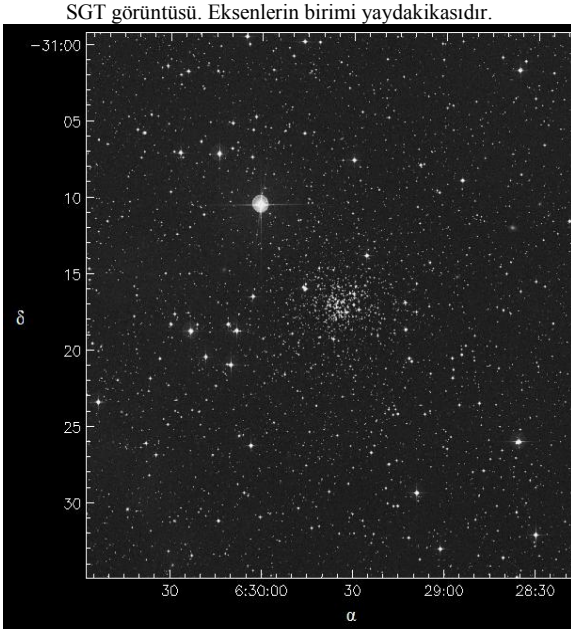
Ek Şekil 25A: IC 4651 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



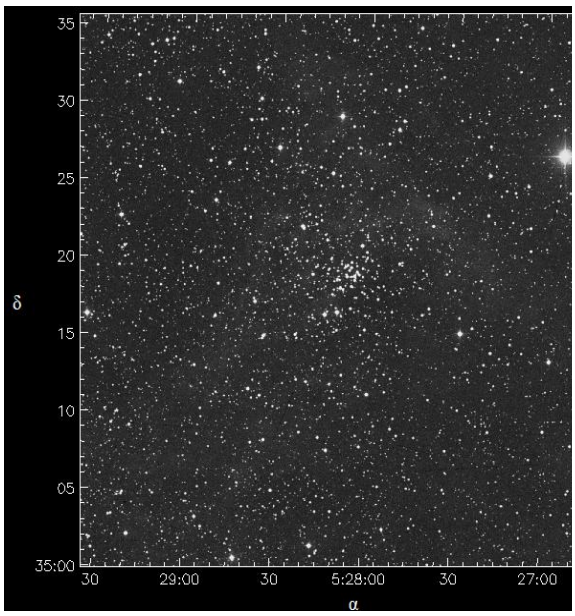
Ek Şekil 26A: NGC 6819 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



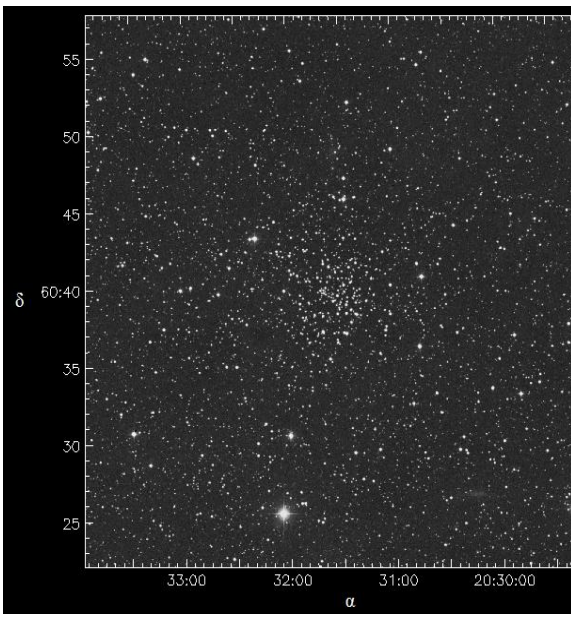
Ek Şekil 27A: NGC 1798 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



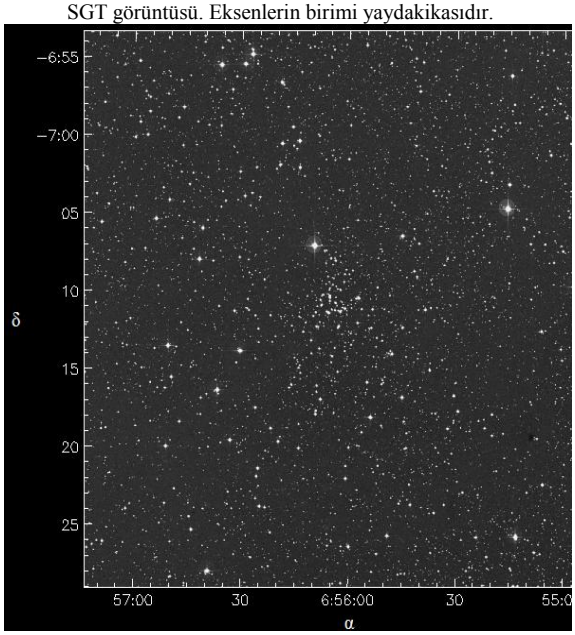
Ek Şekil 28A: NGC 2243 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



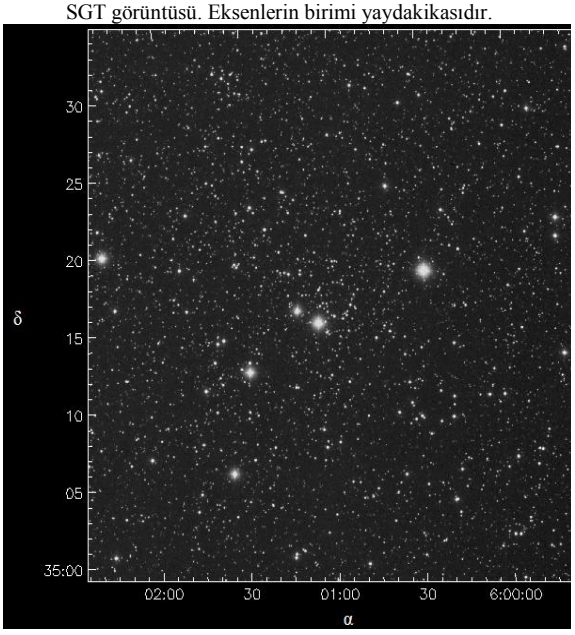
Ek Şekil 29A: NGC 1907 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



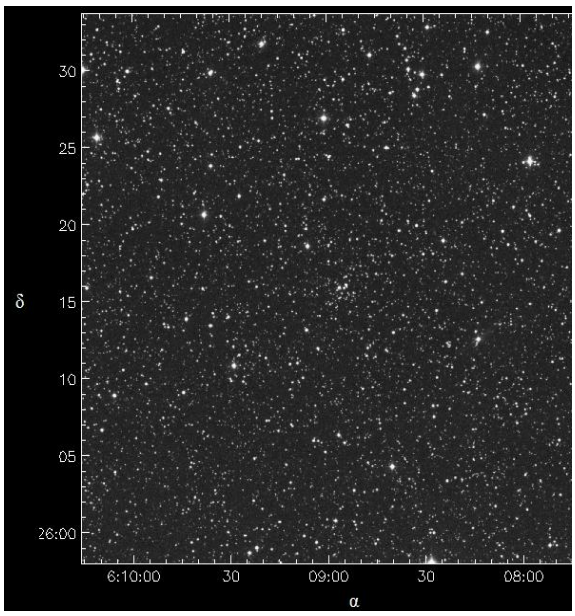
Ek Şekil 30A: NGC 6939 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



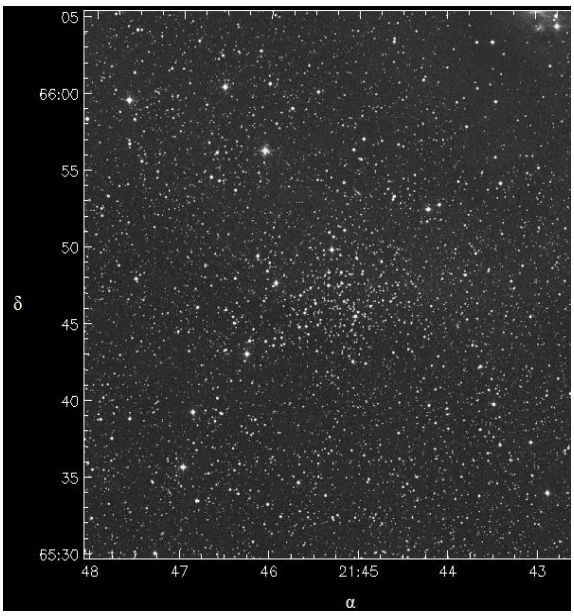
Ek Şekil 31A: NGC 2309 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



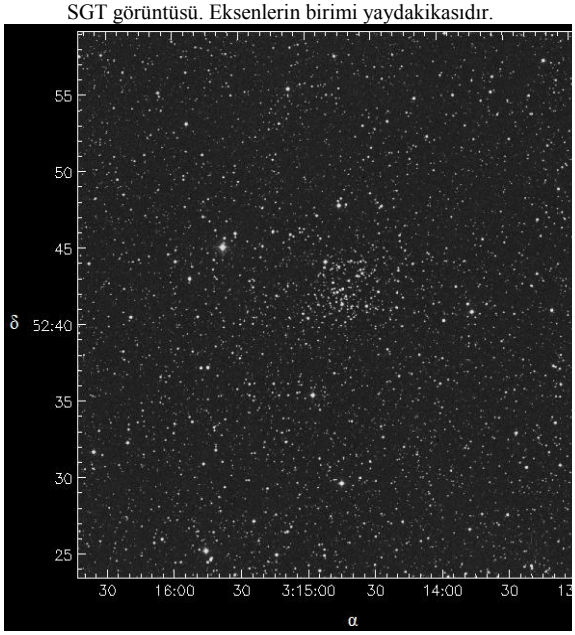
Ek Şekil 32A: Koposov 12 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



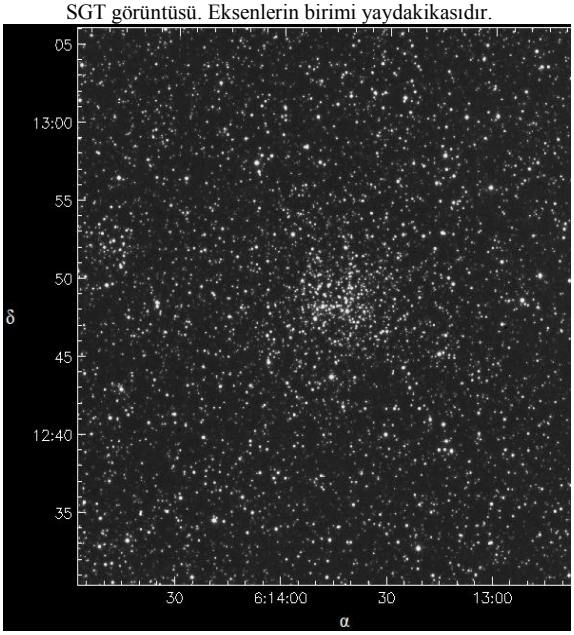
Ek Şekil 33A: Koposov 53 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



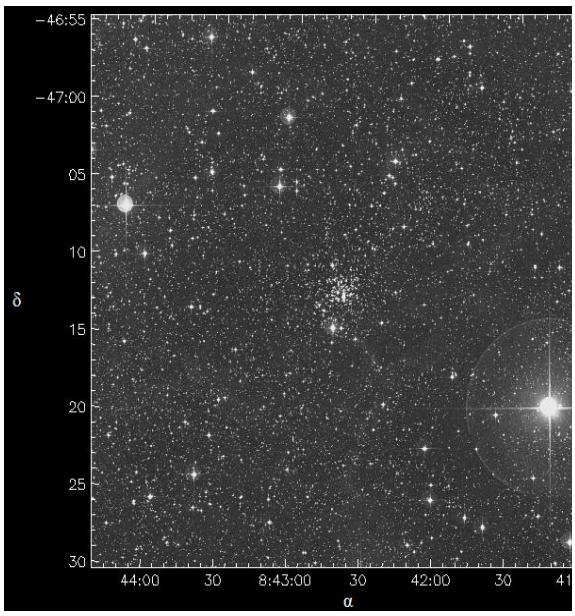
Ek Şekil 34A: NGC 7142 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



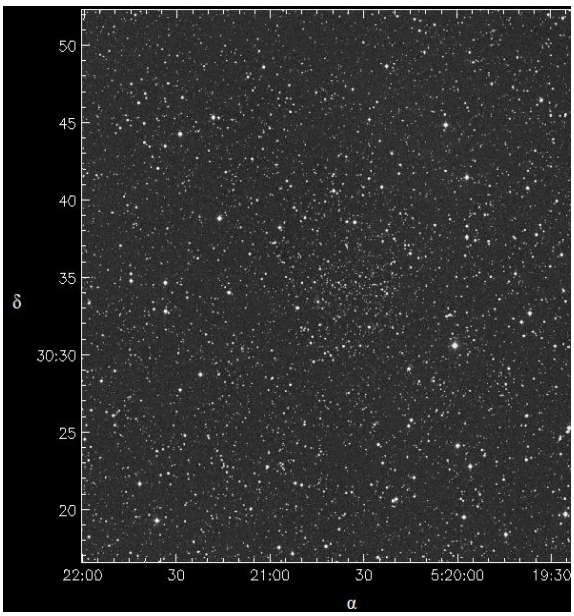
Ek Şekil 35A: King 5 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



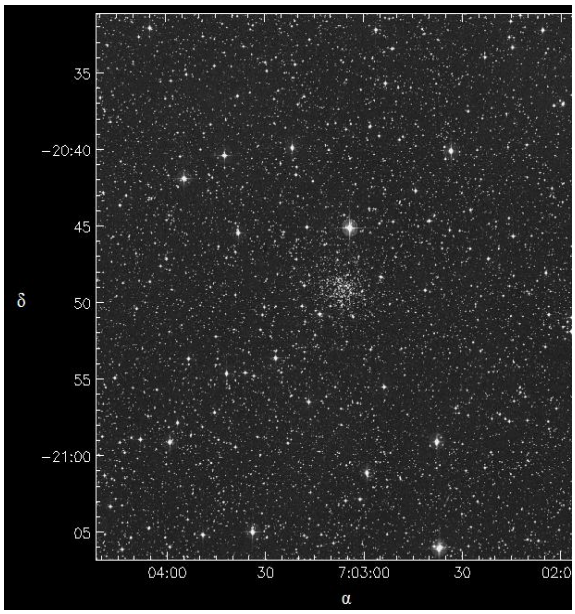
Ek Şekil 36A: NGC 2194 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



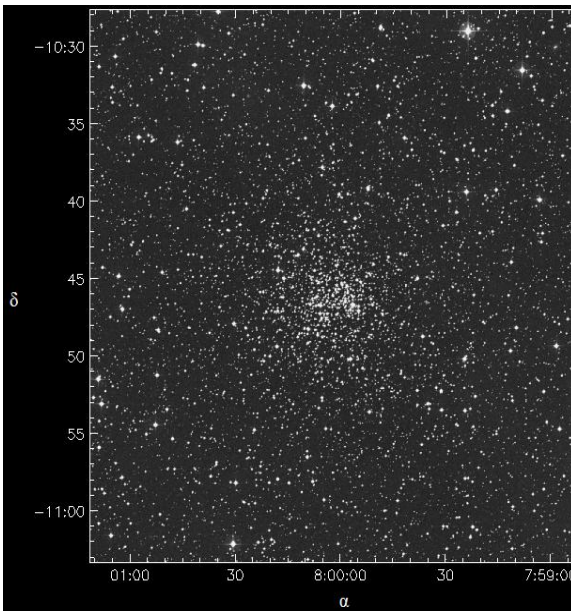
Ek Şekil 37A: NGC 2660 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



Ek Şekil 38A: Be 17 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



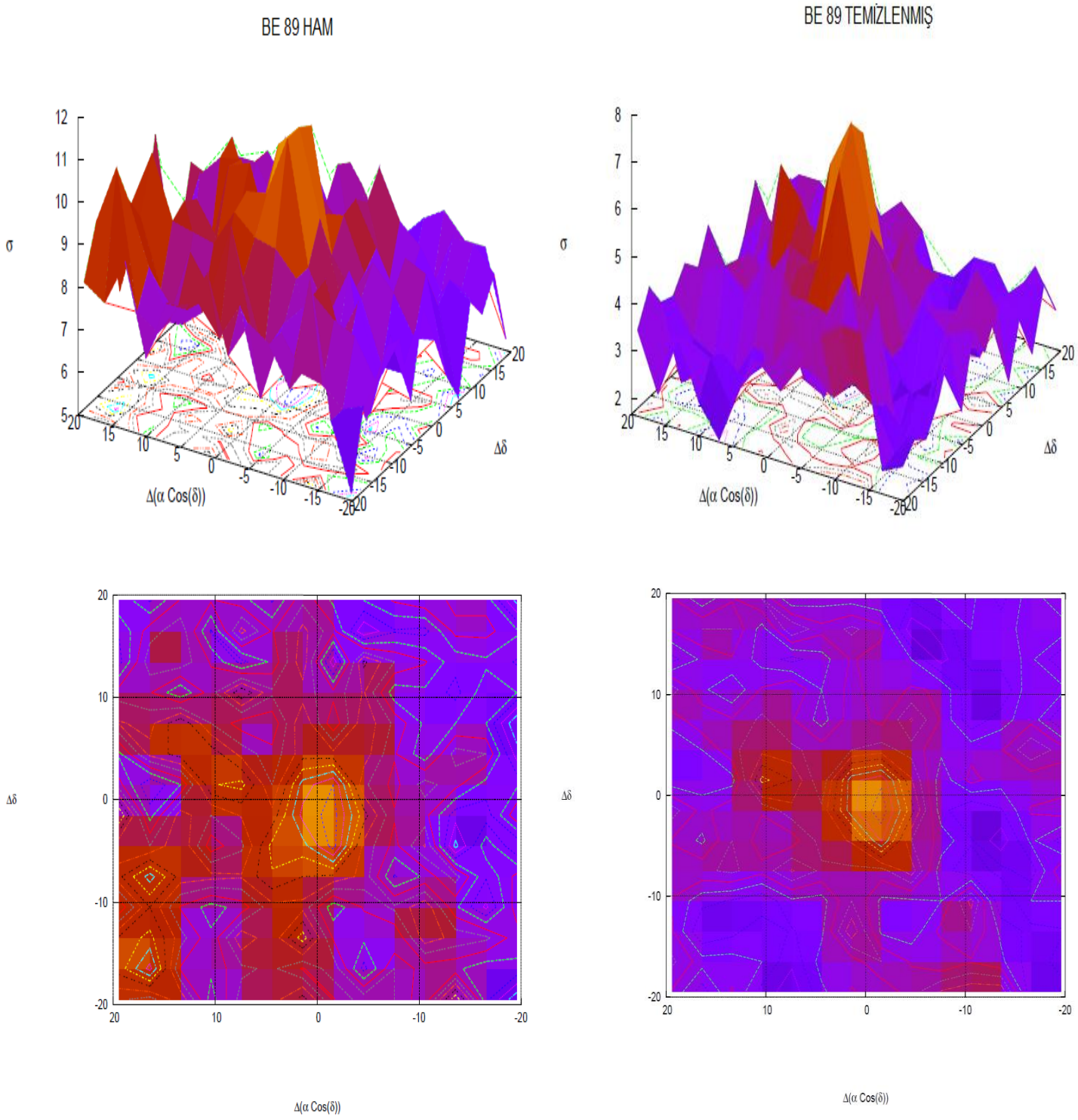
Ek Şekil 39A: To 2 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



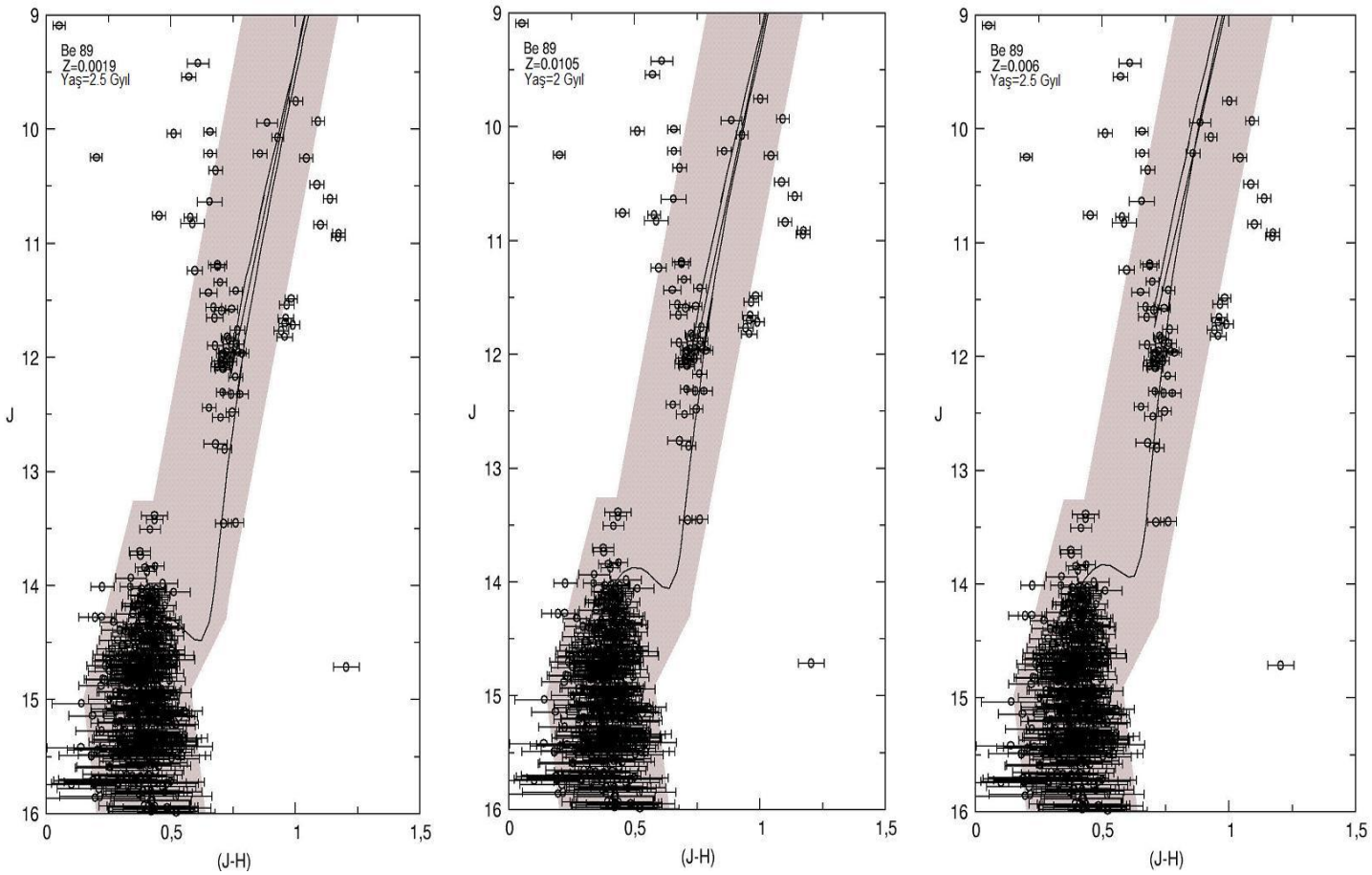
Ek Şekil 40A: NGC 2506 kümesinin I filtresinde 25′x25′ SGT görüntüsü. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.

Ek Şekil 1A - 40A: Tezdeki 40 adet açık kümenin DSS-I band görüntüsü. Görüntülerin tümünün genişliği 25’ x 25’ dır. Görüntüler http://ledas-www.star.le.ac.uk/DSSimage/ adresinden alınmıştır.

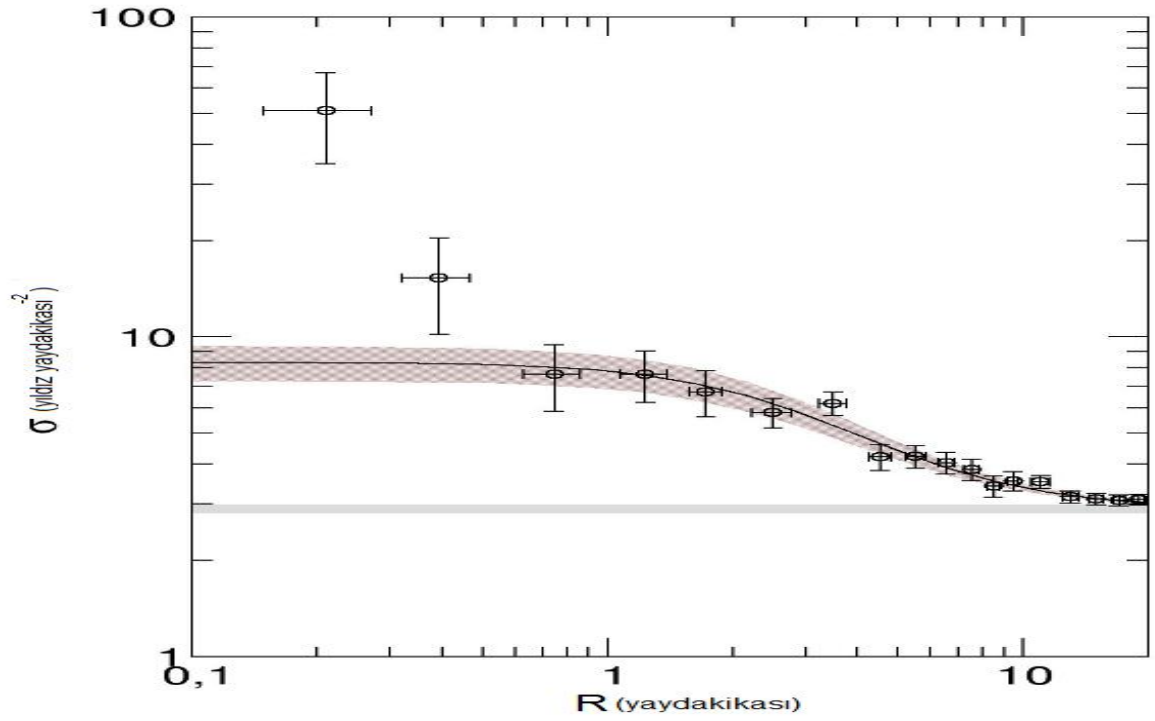
Be 89



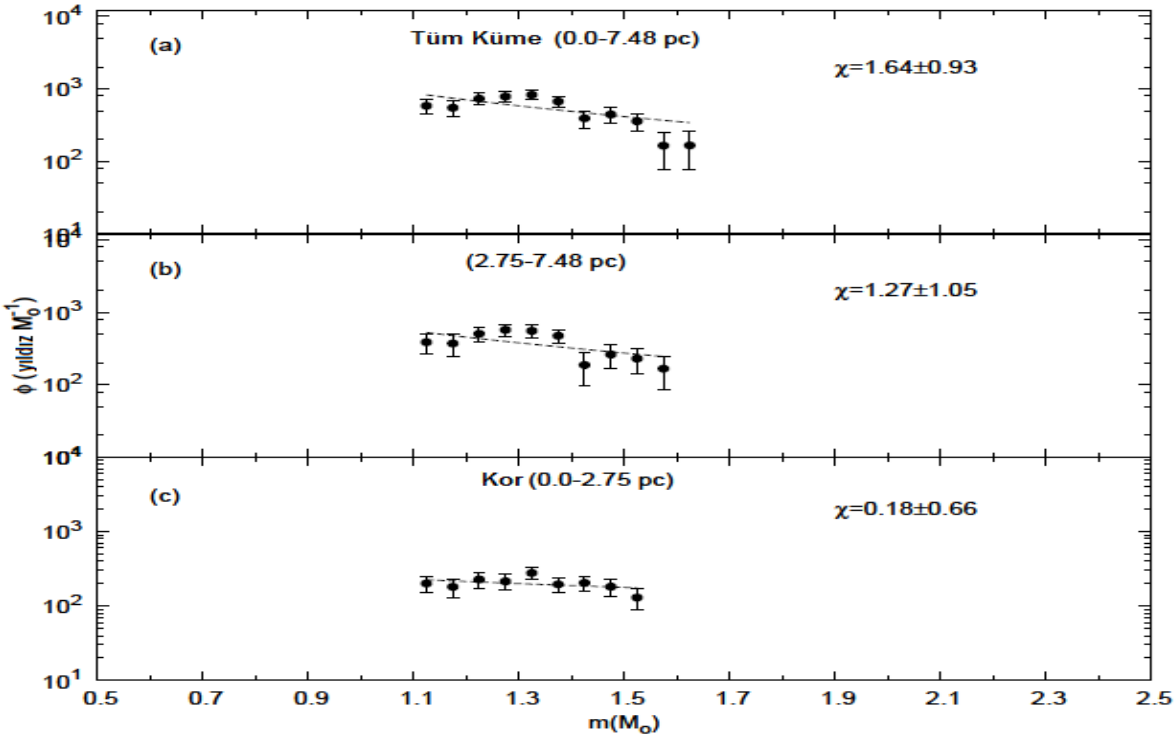
Ek Şekil 1B.a: Sol üst panel: Be 89 kümesine ait ham verinin yüzey-yoğunluk grafiği, Sol alt panel: Aynı veriye ait yüzey-kontur grafiği, Sağ üst panel: Be89 kümesine ait temizlenmiş verinin yüzey-yoğunluk grafiği, Sağ alt panel: Aynı veriye ait yüzey-kontur grafiği. Eksenlerin birimi yaydakikasıdır.



Ek Şekil 1B.b: Be 89 kümesinin Padova eşyaş eğrileri ile fit edilen, alan yıldızlarından temizlenmiş (J-H) - J renk-parlaklık diyagramları.

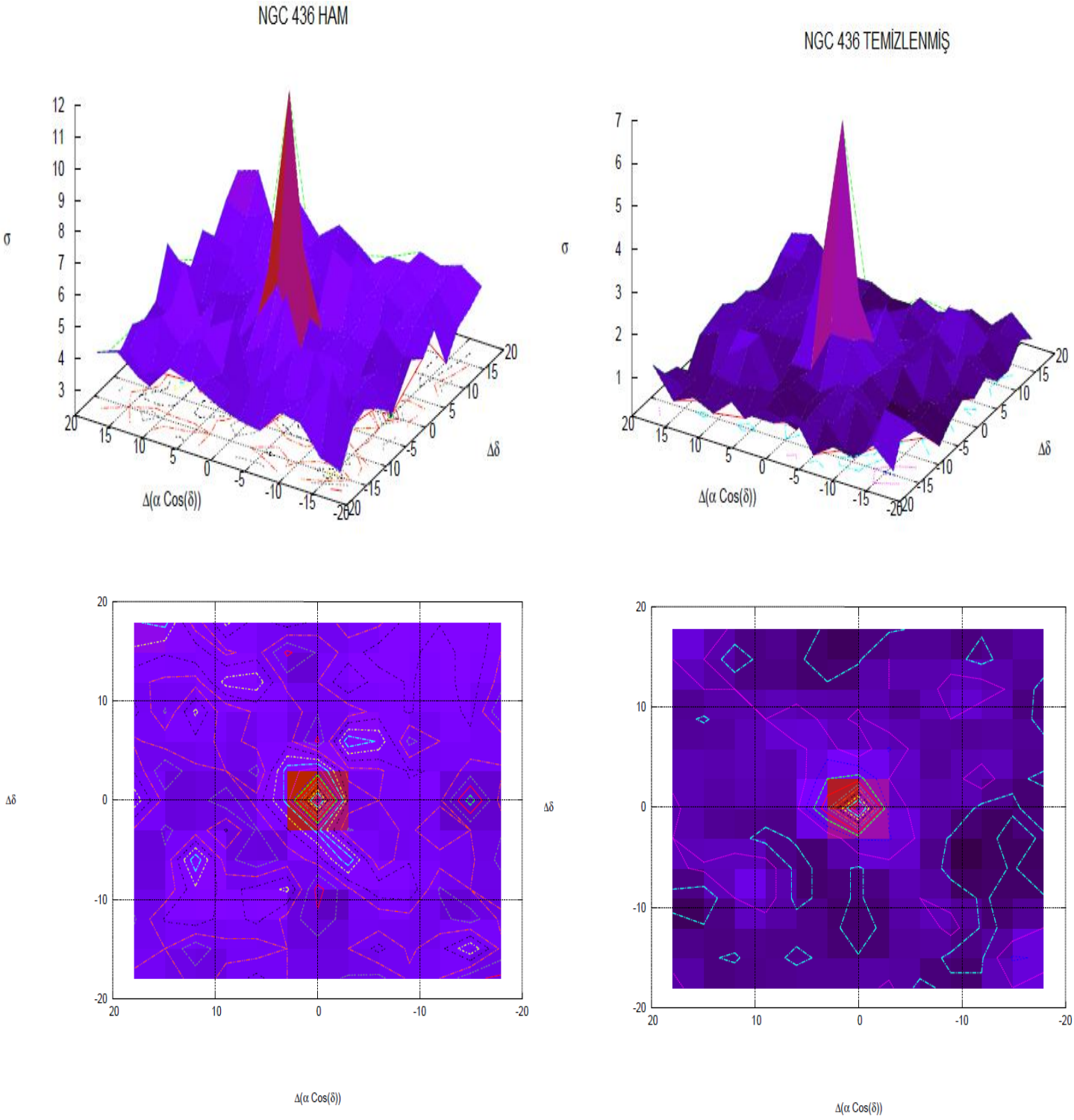


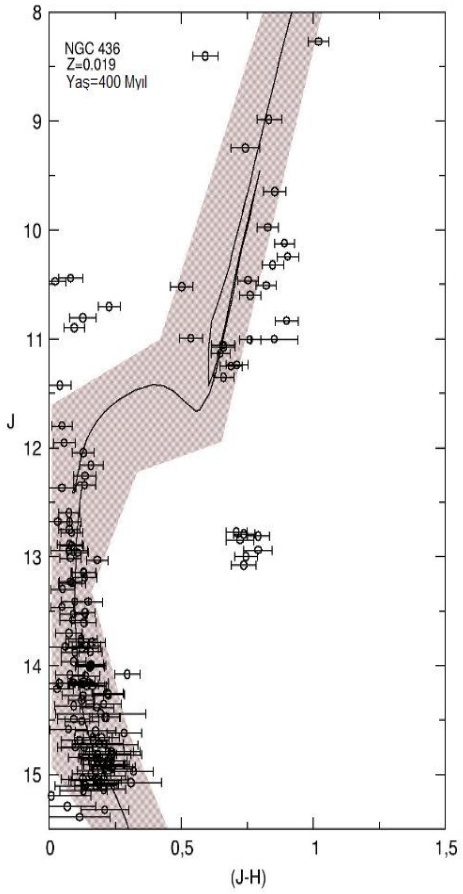
Ek Şekil 1B.c: Be89 kümesine ait King bağıntısı uygulanmış RYP.

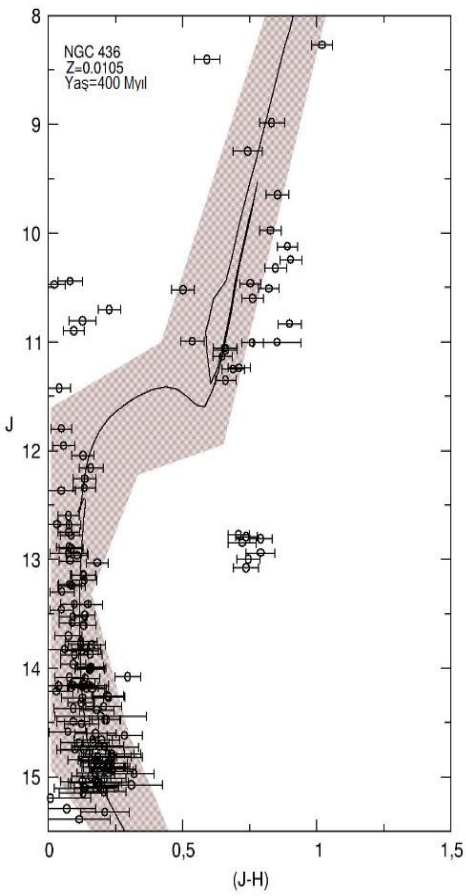


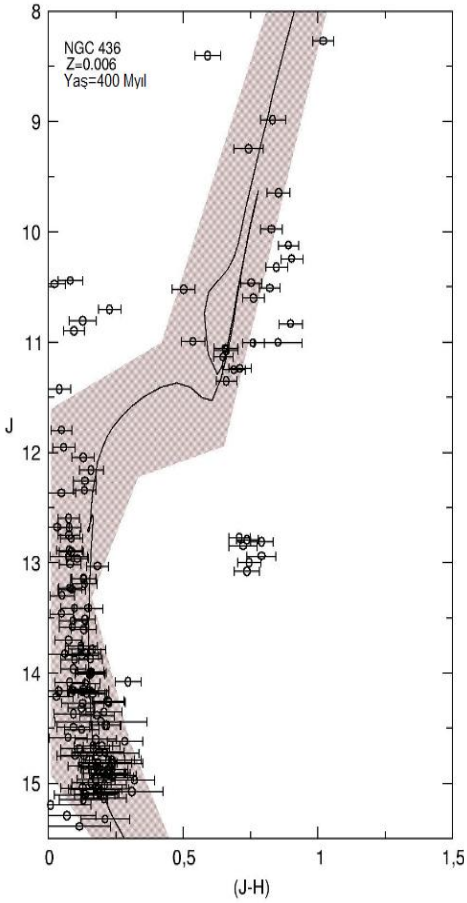
Ek Şekil 1B.d: Be 89 kümesinin 3 ayrı bölgesi (kor, halo ve tüm küme) için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen χ kütle fonksiyonu eğimleri.

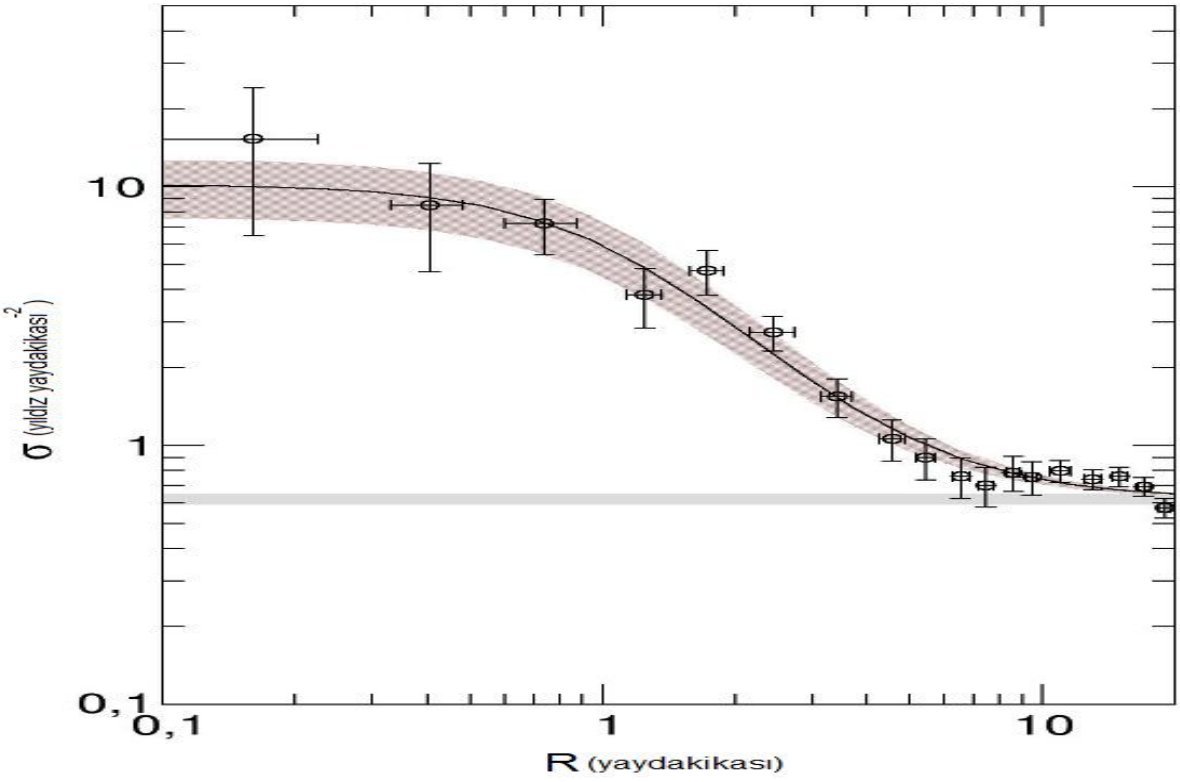
NGC 436

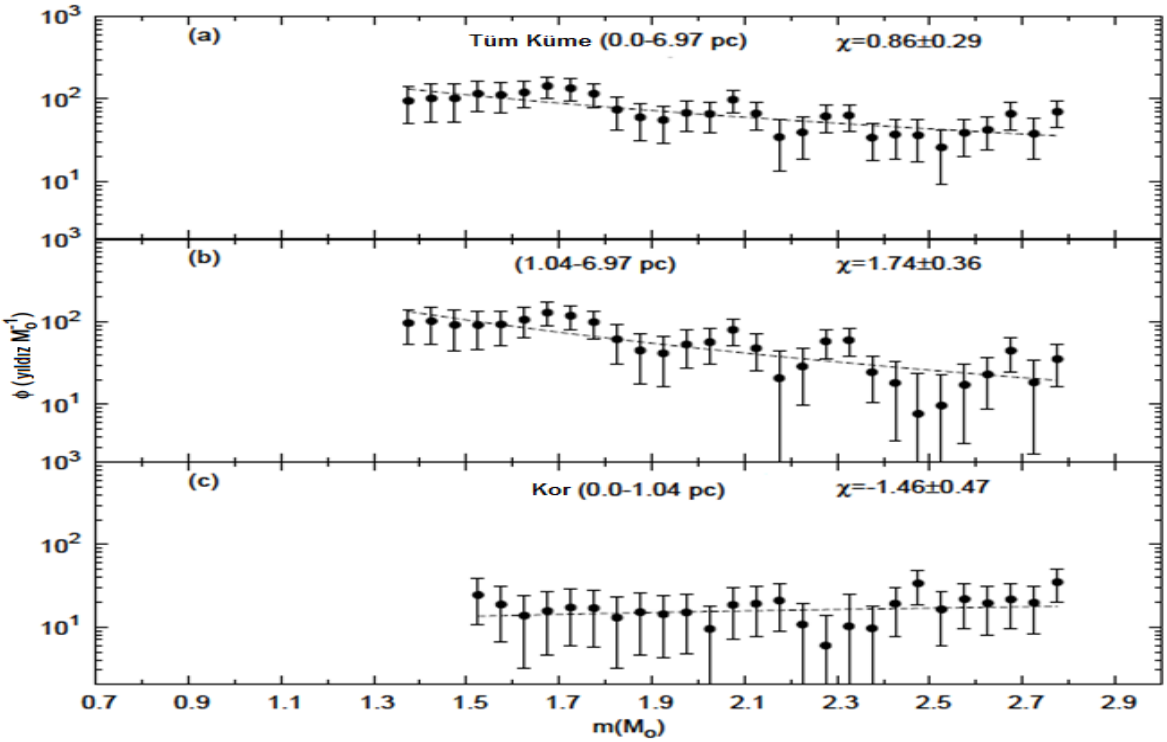



NGC 436
Z=0.019
Yaş=400 Myıl
J
(J-H)

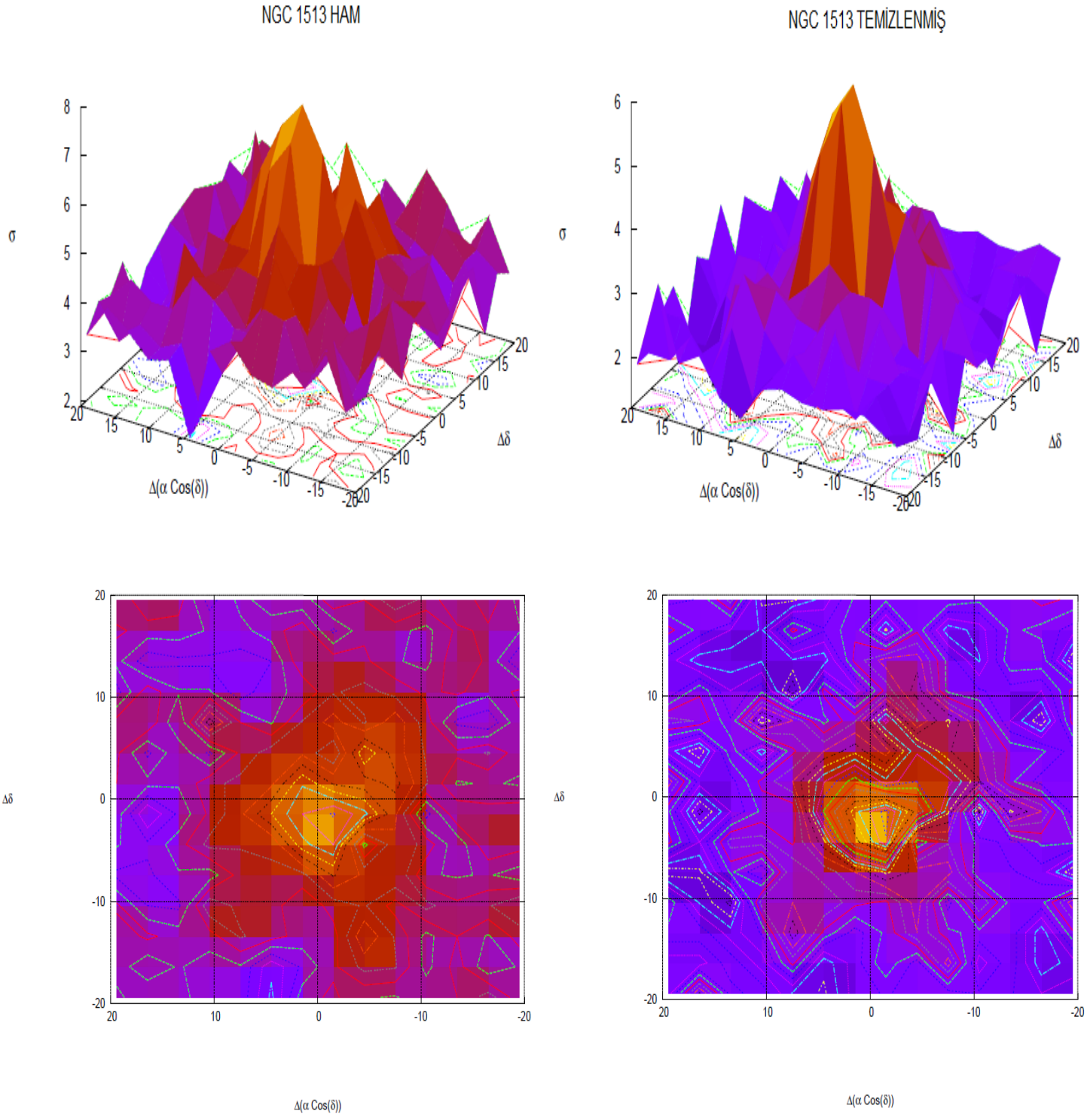

NGC 436
Z=0.0105
Yaş=400 Myıl
J
(J-H)

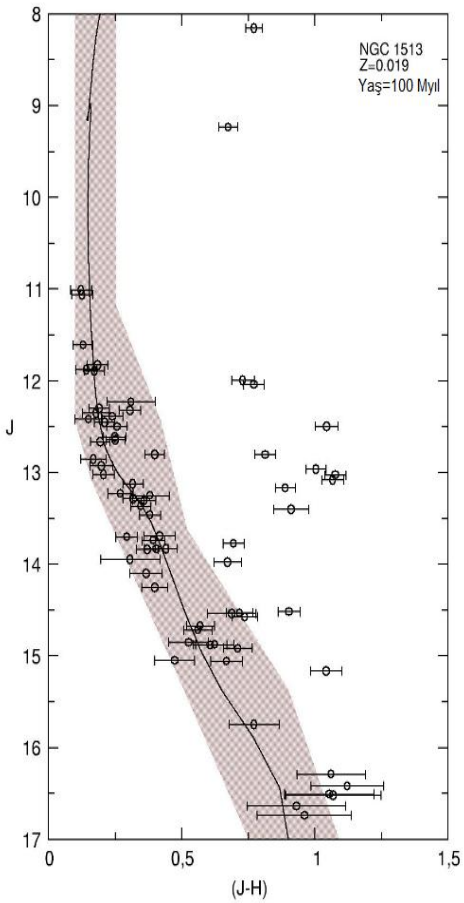

NGC 436
Z=0.006
Yaş=400 Myıl
J
(J-H)

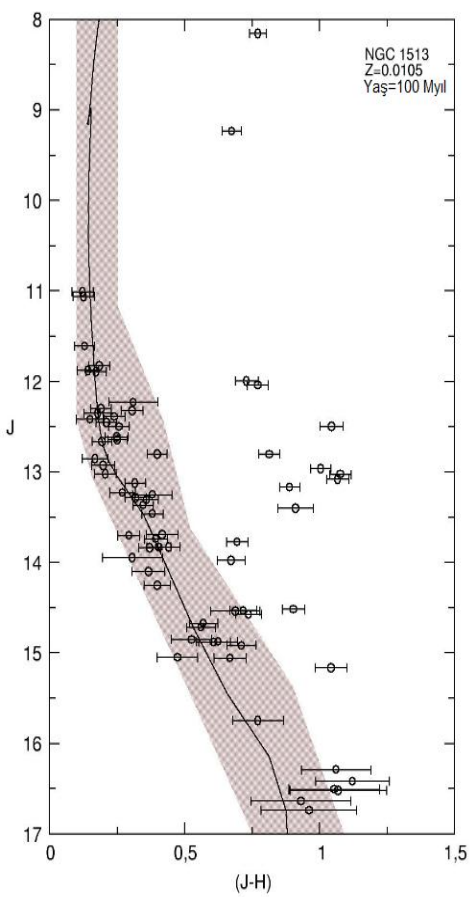

σ (yıldız yaydakikası)
R (yaydakikası)

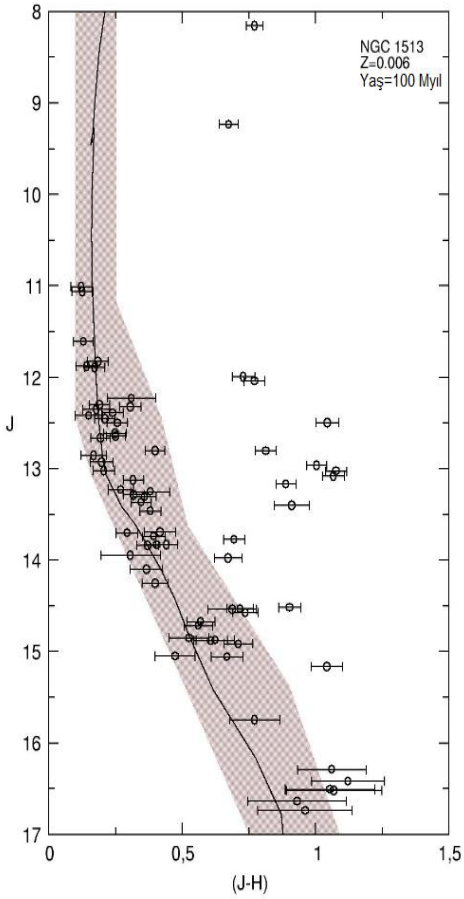

(a)
Tüm Küme (0.0-6.97 pc)
χ=0.86±0.29
(b)
(1.04-6.97 pc)
χ=1.74±0.36
(c)
Kor (0.0-1.04 pc)
χ=-1.46±0.47
ϕ (yıldız M⊙⁻¹)
m(M⊙)

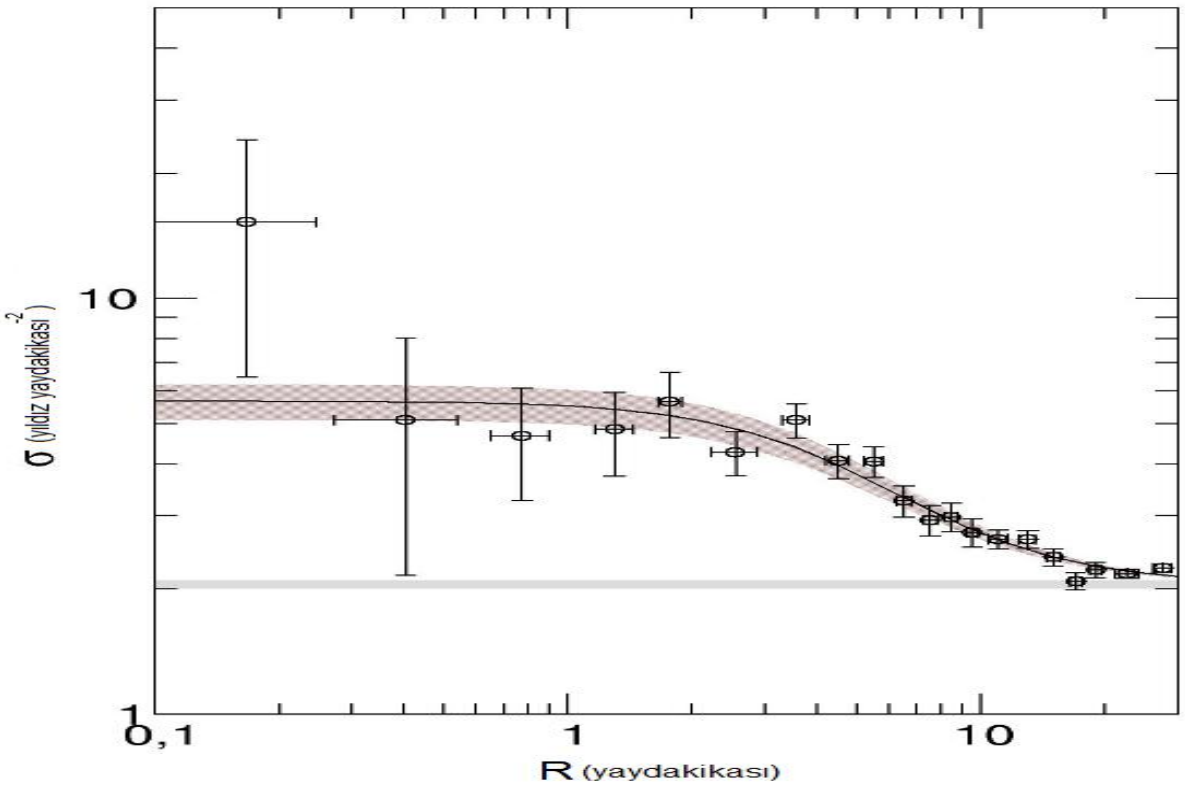
NGC 1513

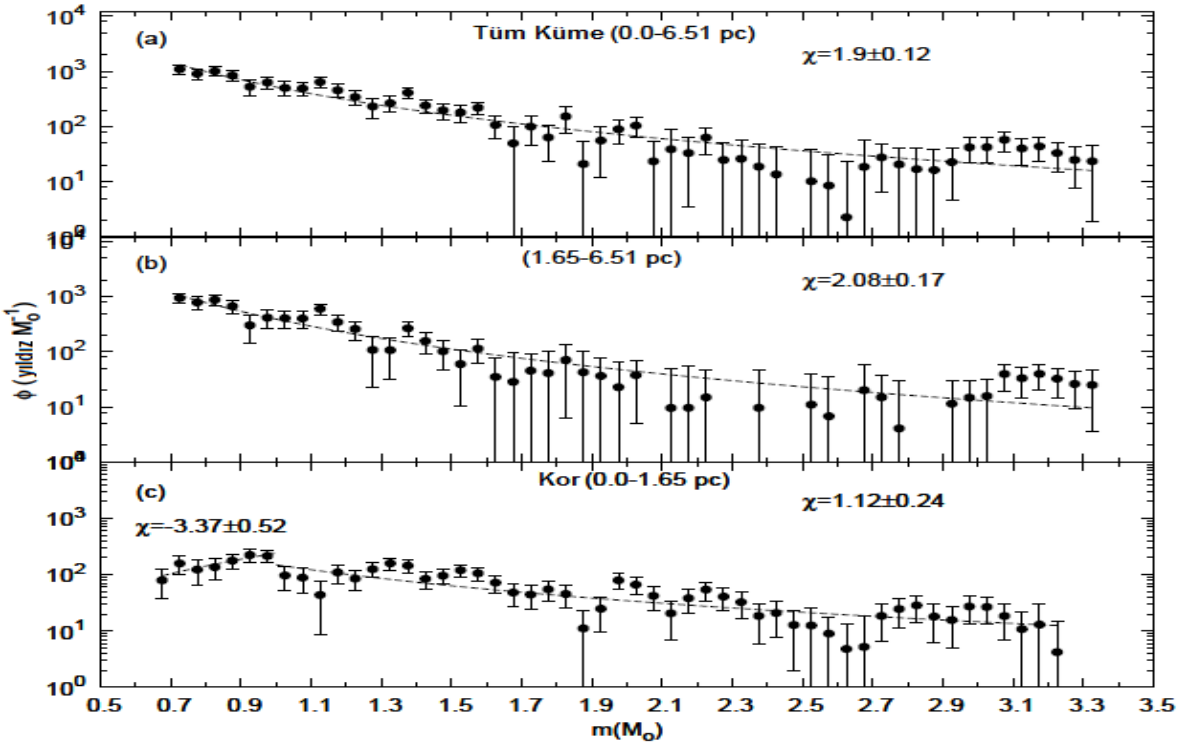



NGC 1513
Z=0.019
Yaş=100 Myıl
J
(J-H)

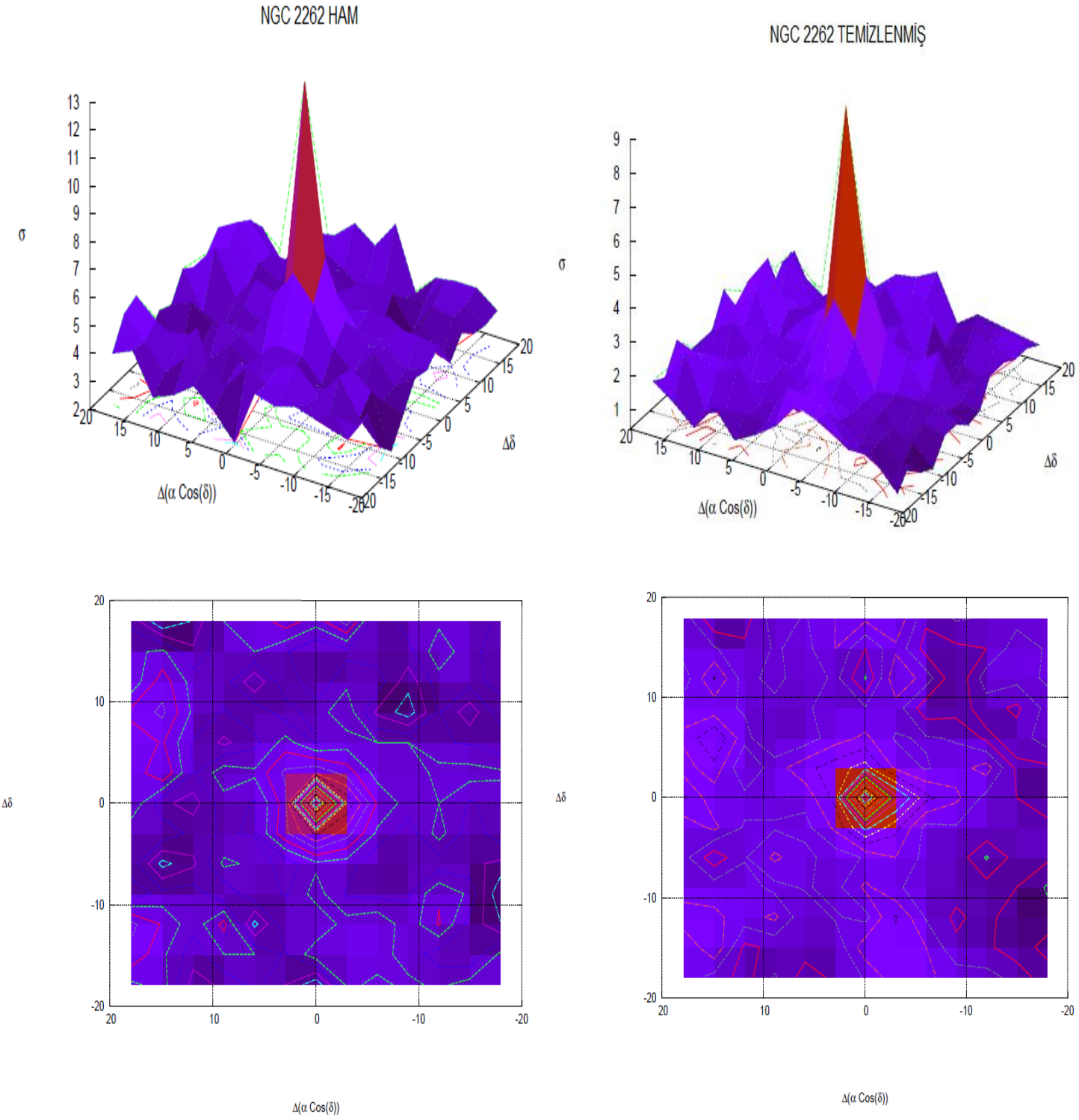

NGC 1513
Z=0.0105
Yaş=100 Myıl
J
(J-H)

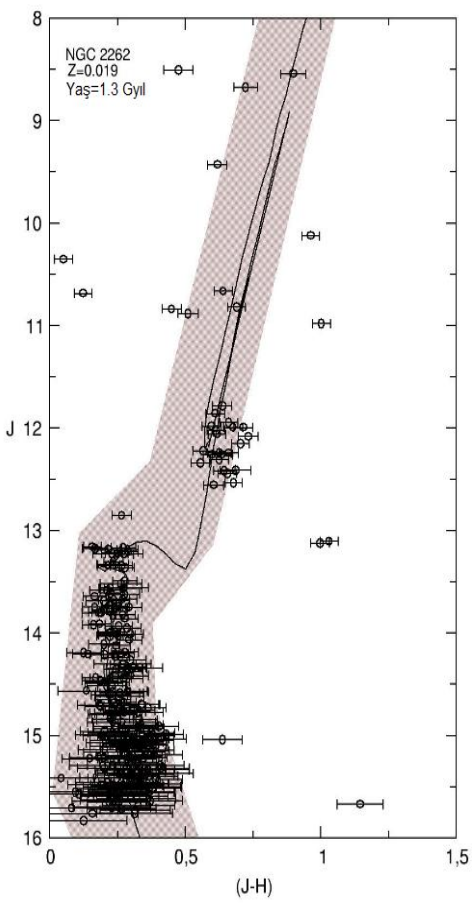

NGC 1513
Z=0.006
Yaş=100 Myıl
J
(J-H)

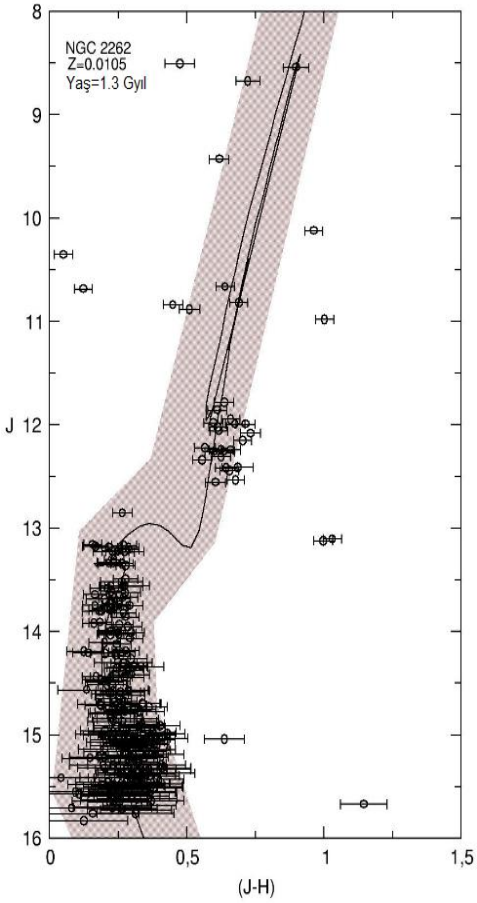

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

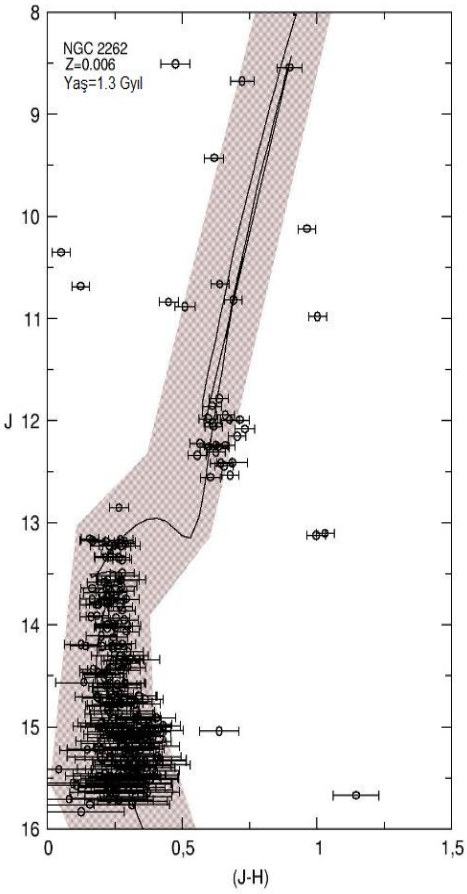

(a)
Tüm Küme (0.0-6.51 pc)
χ=1.9±0.12
(b)
(1.65-6.51 pc)
χ=2.08±0.17
(c)
Kor (0.0-1.65 pc)
χ=1.12±0.24
χ=-3.37±0.52
ϕ (yıldız M⊙⁻¹)
m(M⊙)

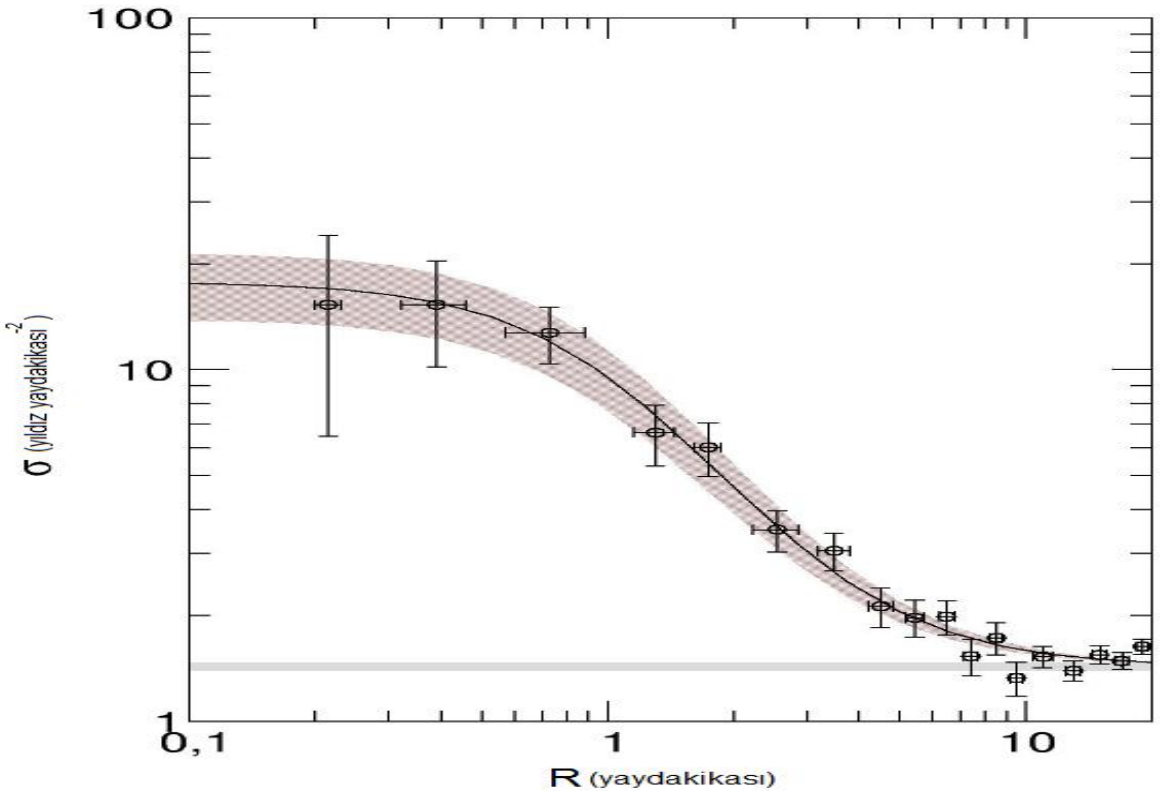
NGC 2262

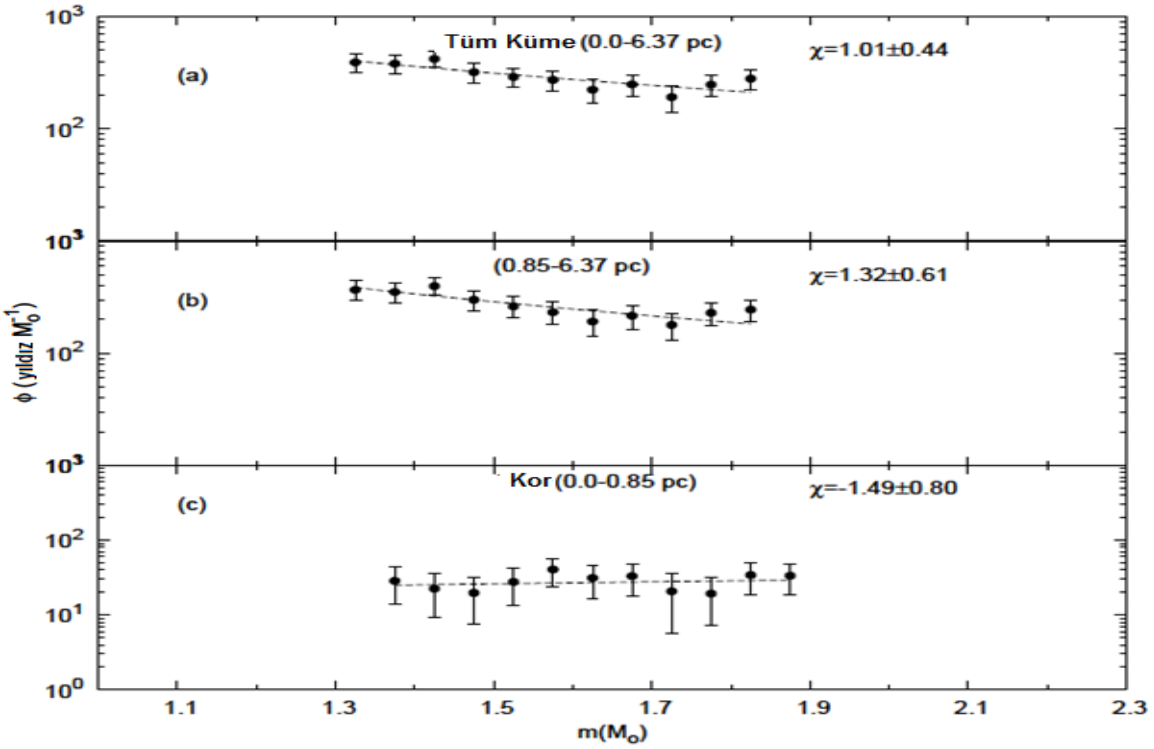



NGC 2262
Z=0.019
Yaş=1.3 Gyıl
J
(J-H)

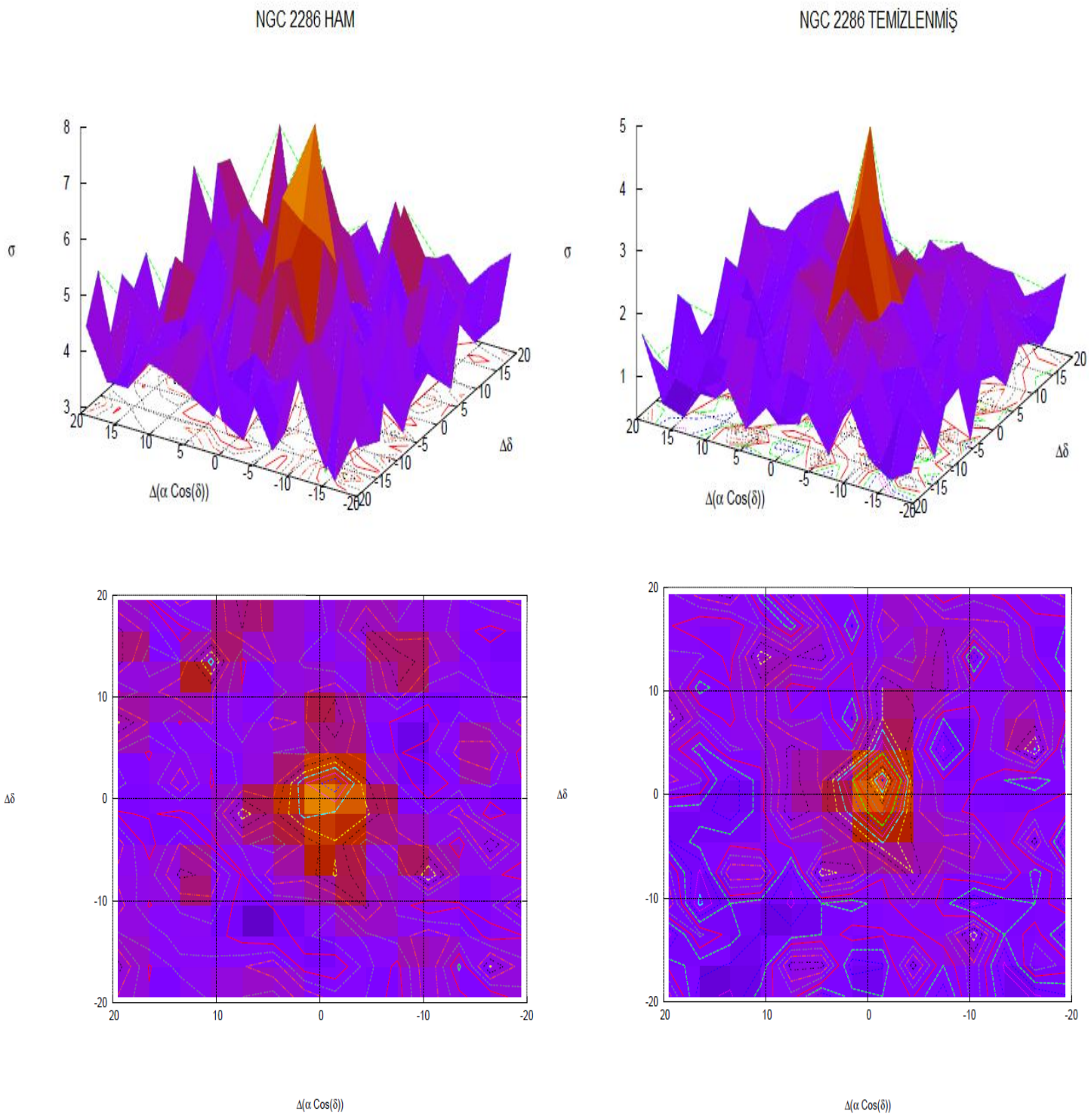

NGC 2262
Z=0.0105
Yaş=1.3 Gyıl
J
(J-H)

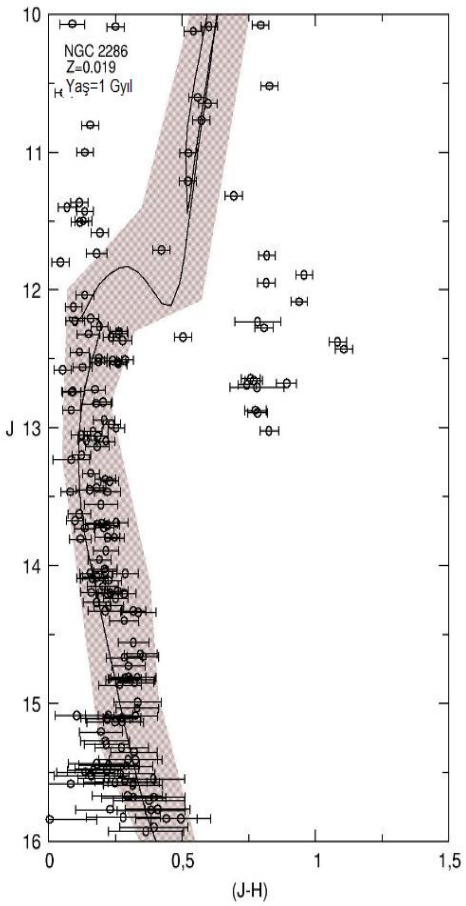

NGC 2262
Z=0.006
Yaş=1.3 Gyıl
J
(J-H)

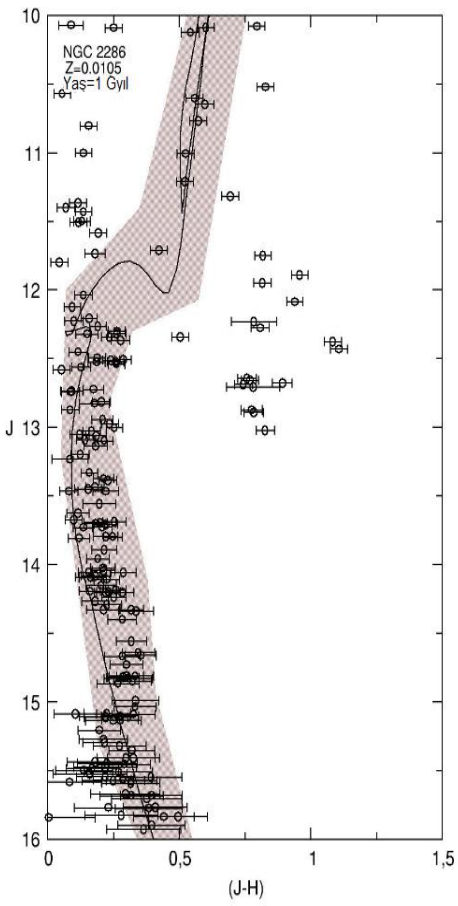

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

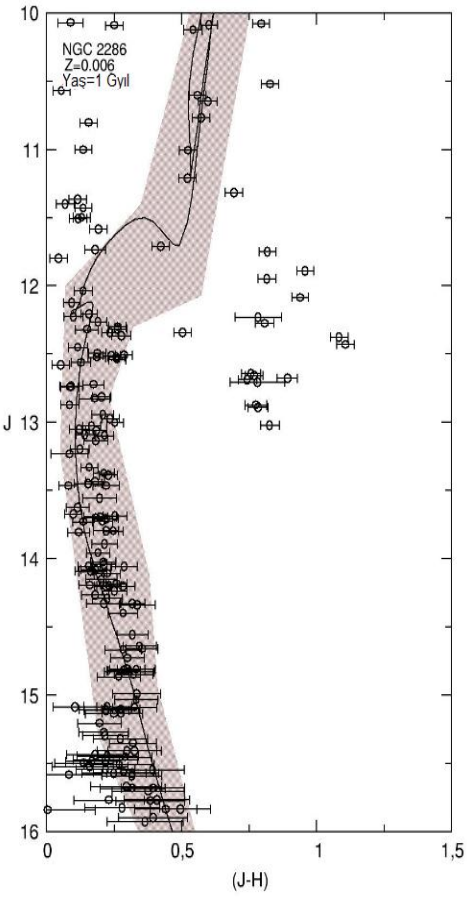

Tüm Küme (0.0-6.37 pc)
χ=1.01±0.44
(a)
(0.85-6.37 pc)
χ=1.32±0.61
(b)
Kor (0.0-0.85 pc)
χ=-1.49±0.80
(c)
ϕ (yıldız M⊙⁻¹)
m(M⊙)
10³
10²
10¹
10⁰
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3

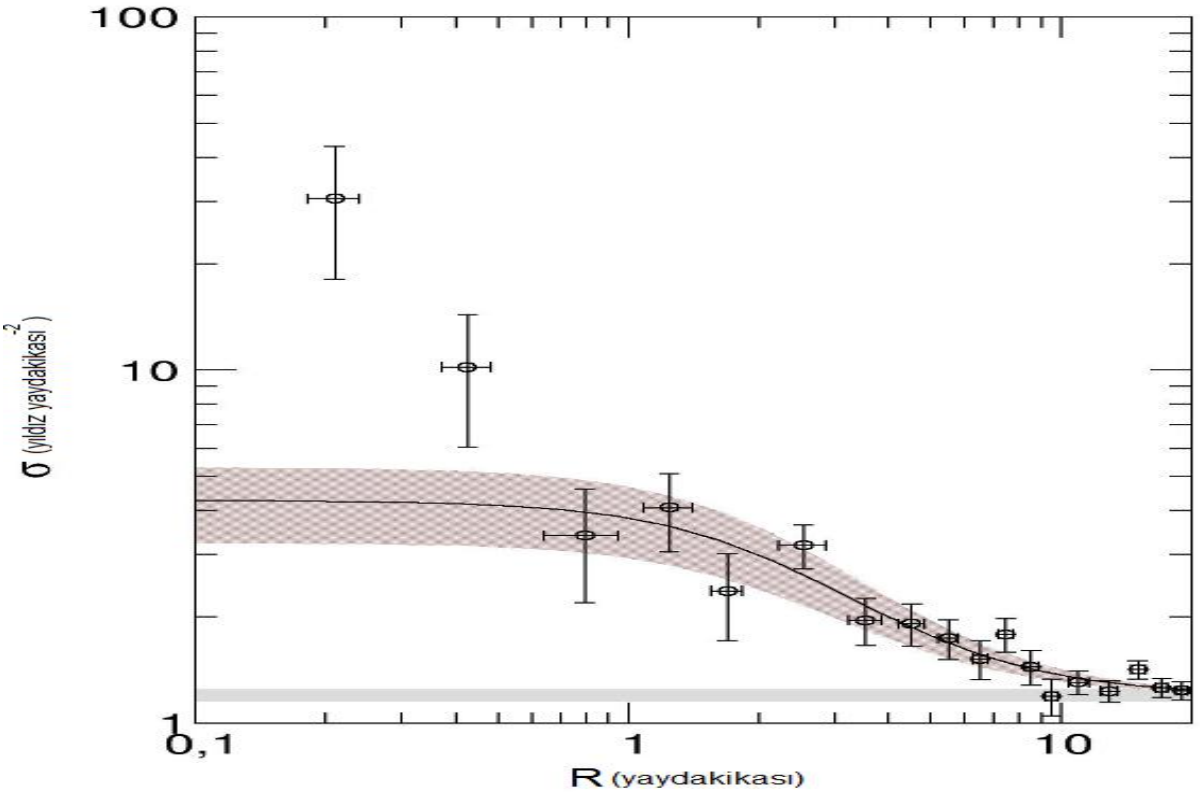
NGC 2286

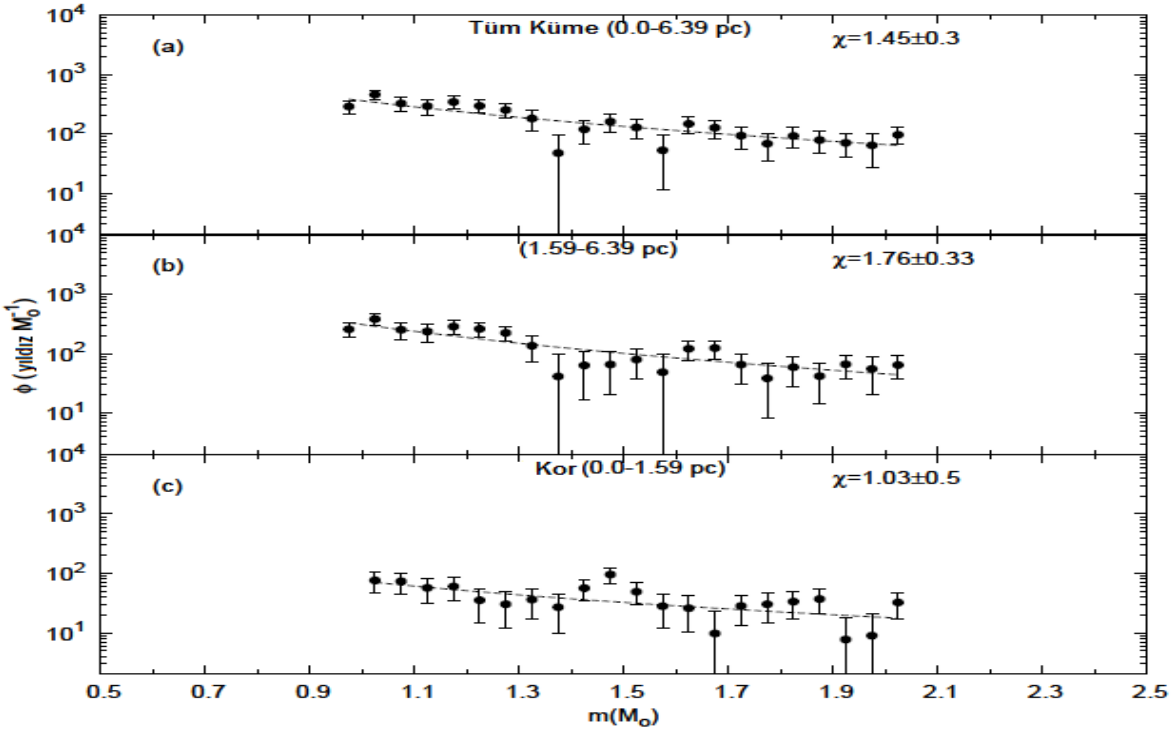



NGC 2286
Z=0.019
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

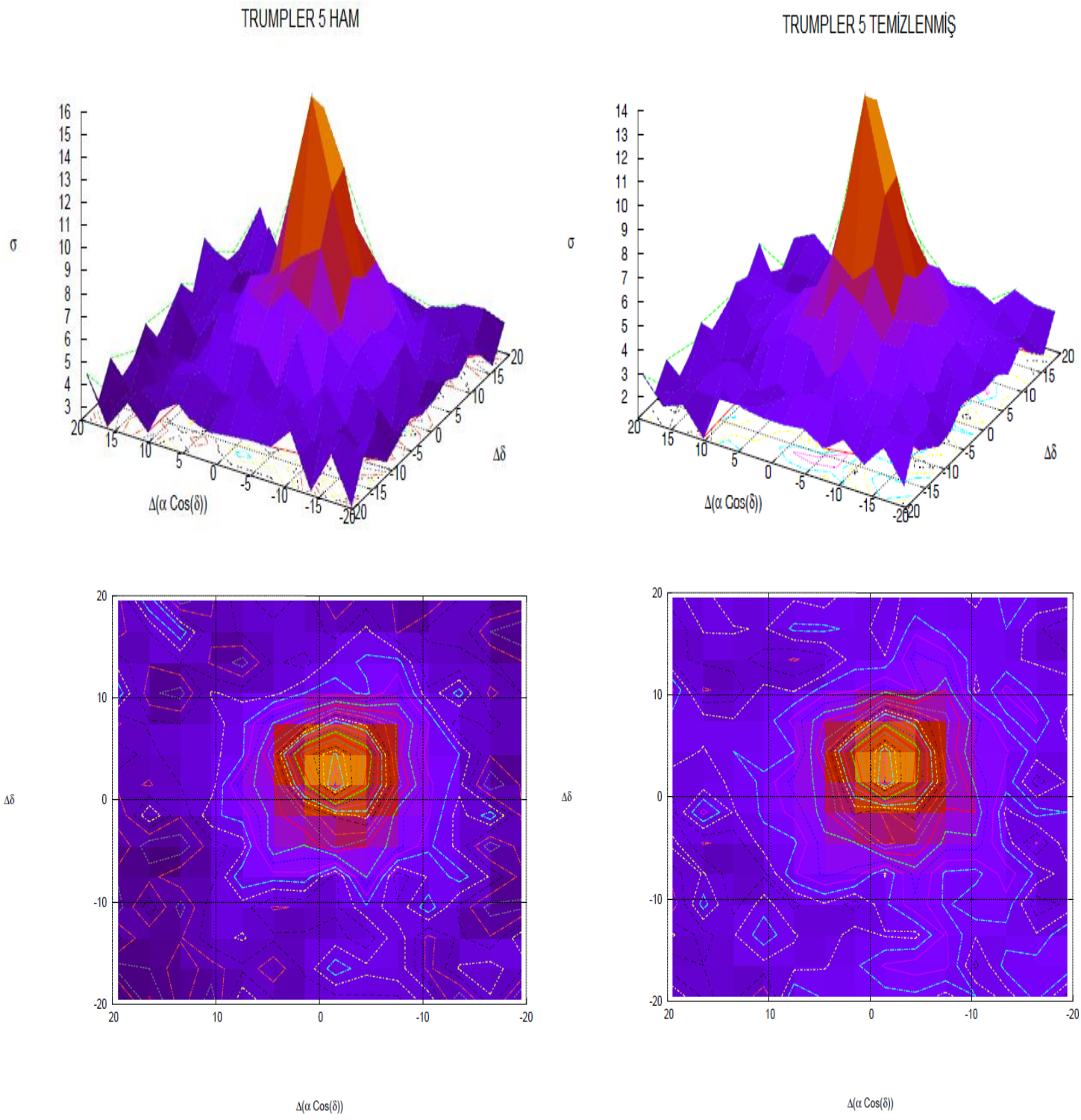

NGC 2286
Z=0.0105
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

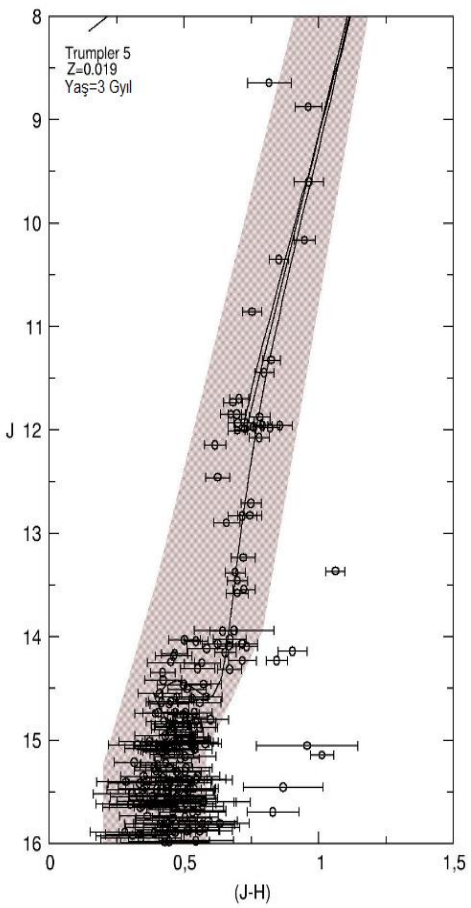

NGC 2286
Z=0.006
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

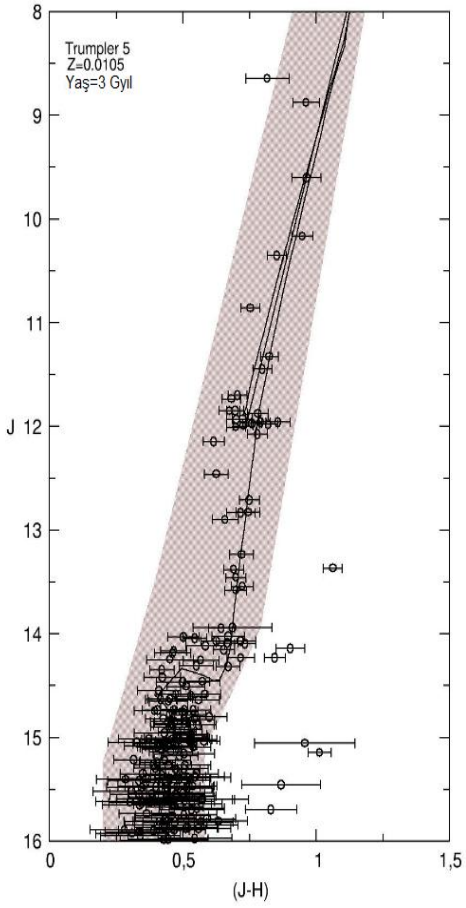

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

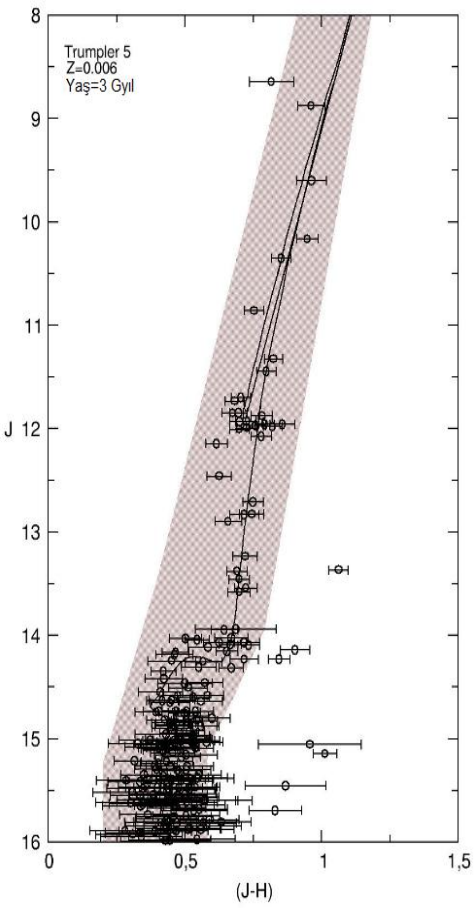

(a)
Tüm Küme (0.0-6.39 pc)
χ=1.45±0.3
(b)
(1.59-6.39 pc)
χ=1.76±0.33
(c)
Kor (0.0-1.59 pc)
χ=1.03±0.5
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

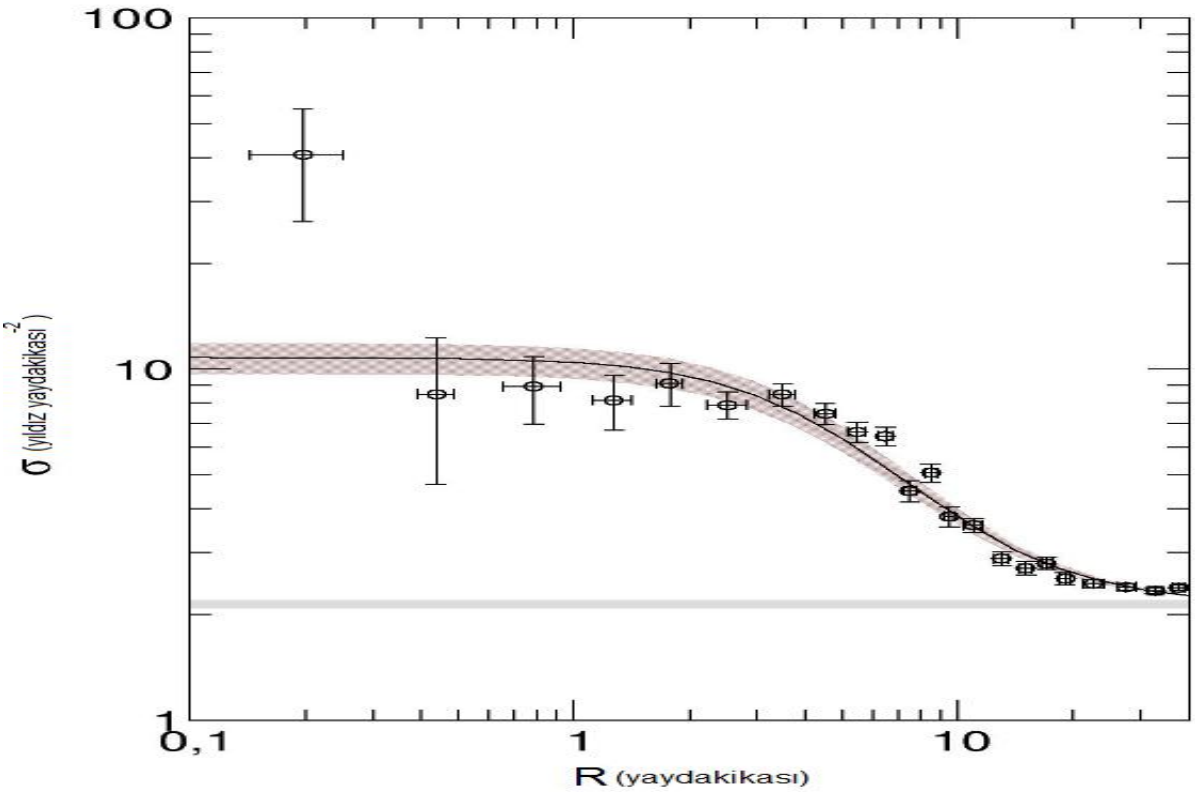
TRUMPLER 5

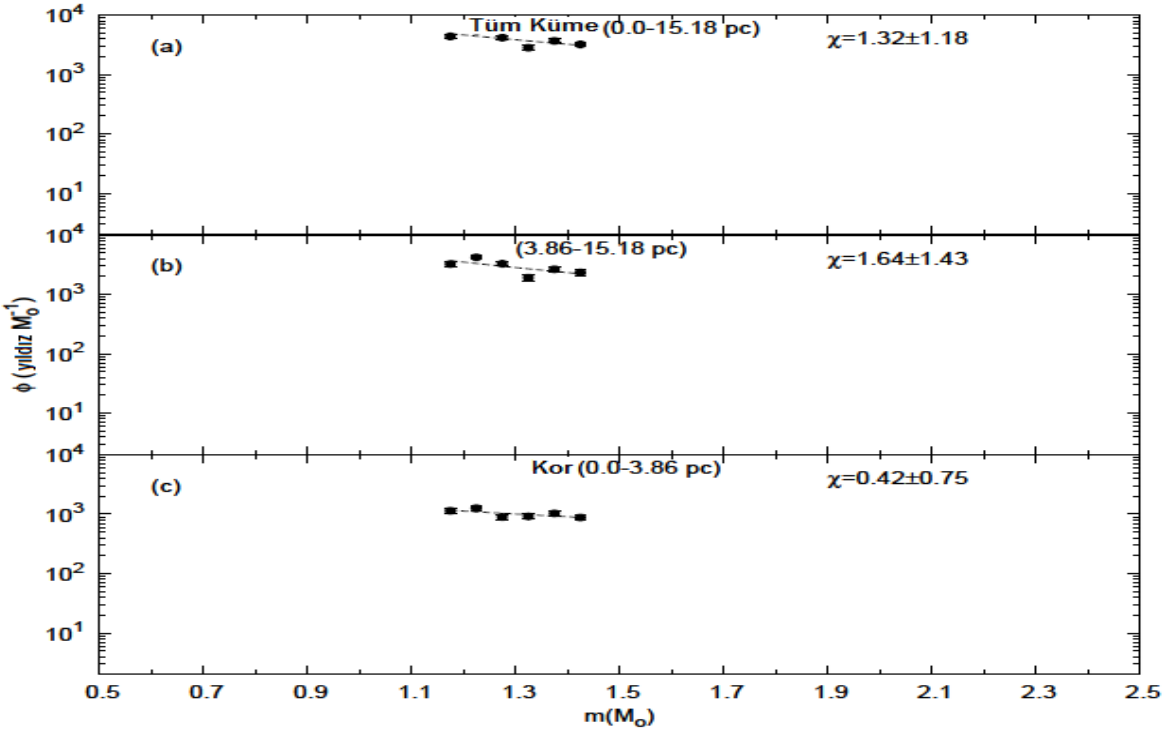



Trumpler 5
Z=0.019
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

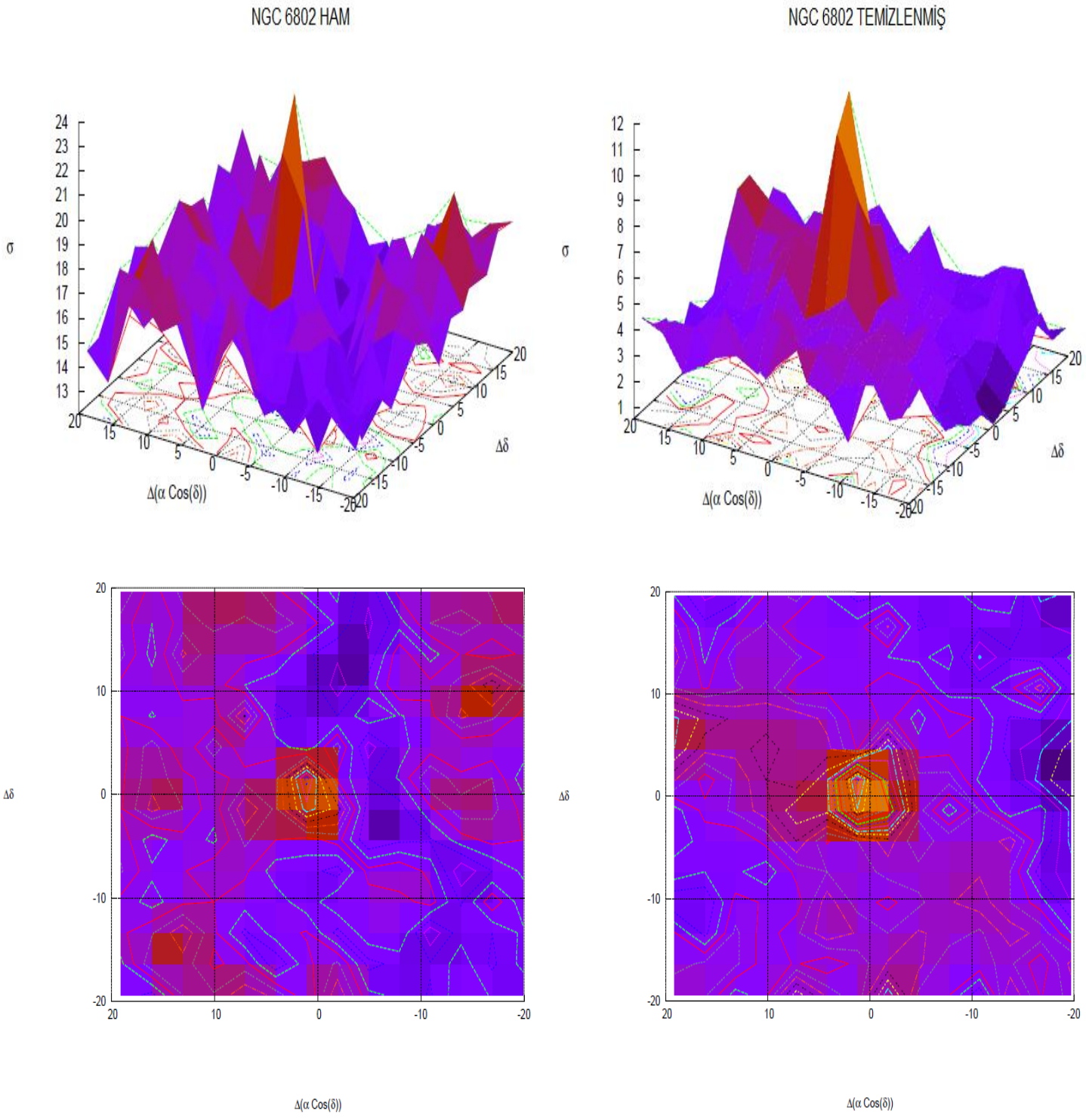

Trumpler 5
Z=0.0105
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

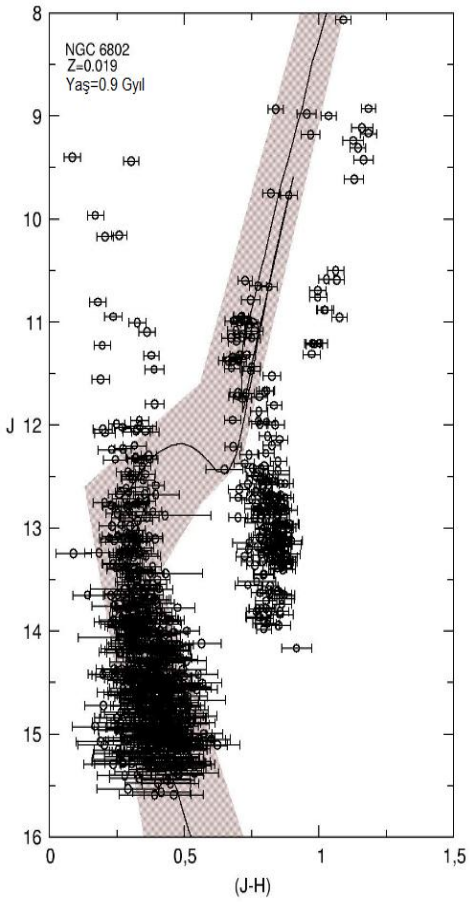

Trumpler 5
Z=0.006
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

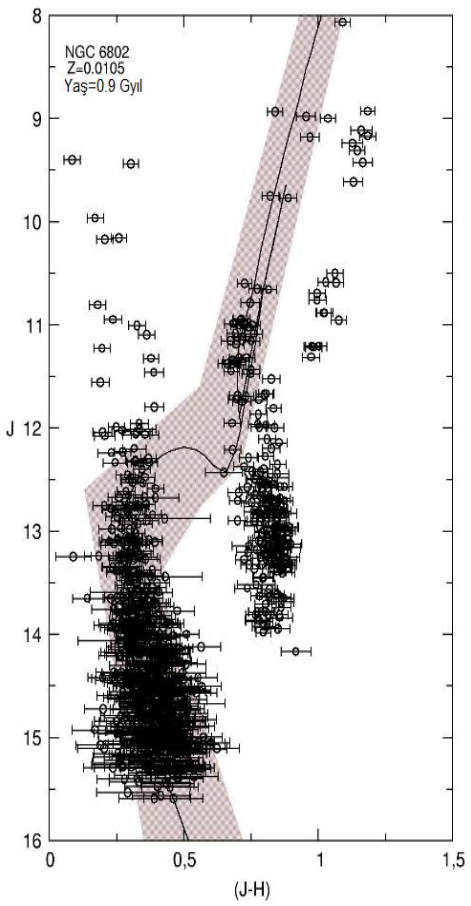

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

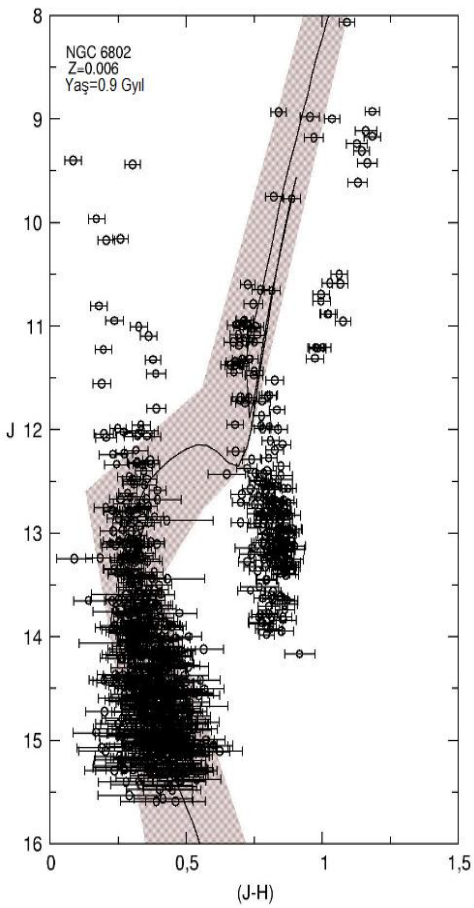

(a)
Tüm Küme (0.0-15.18 pc)
χ=1.32±1.18
(b)
(3.86-15.18 pc)
χ=1.64±1.43
(c)
Kor (0.0-3.86 pc)
χ=0.42±0.75
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

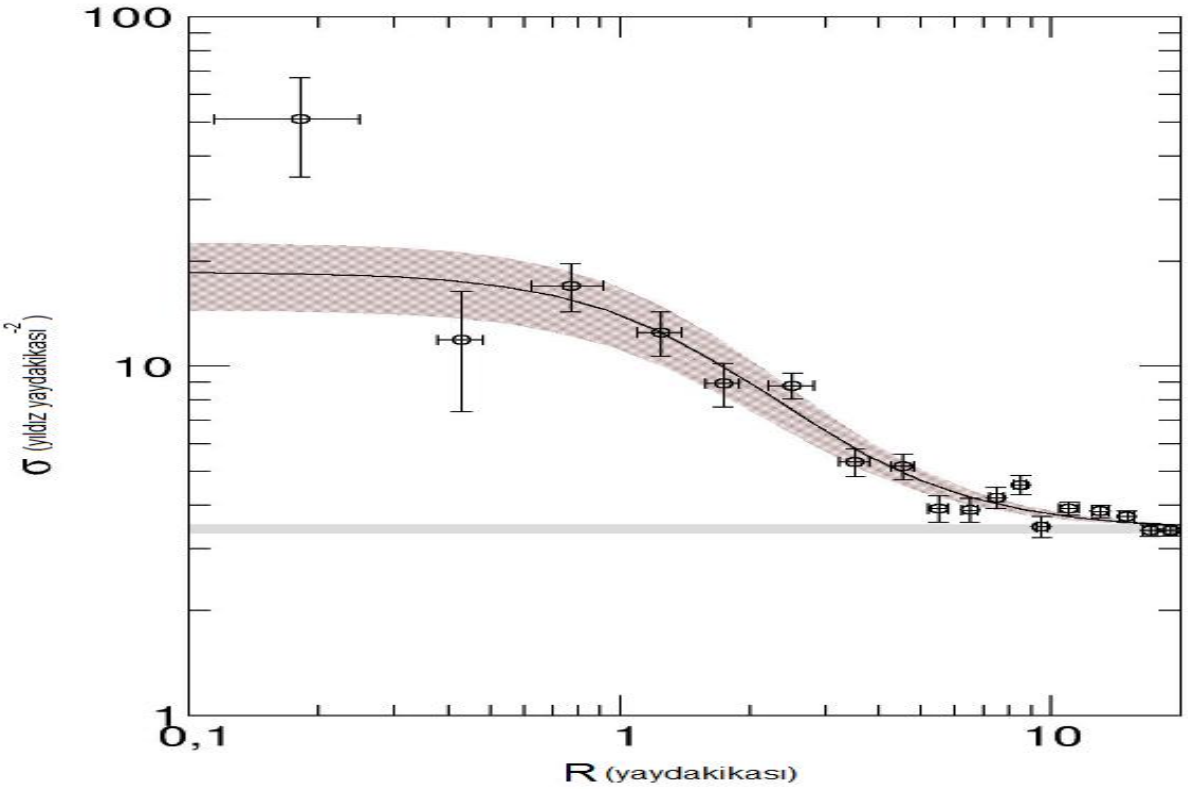
NGC 6802

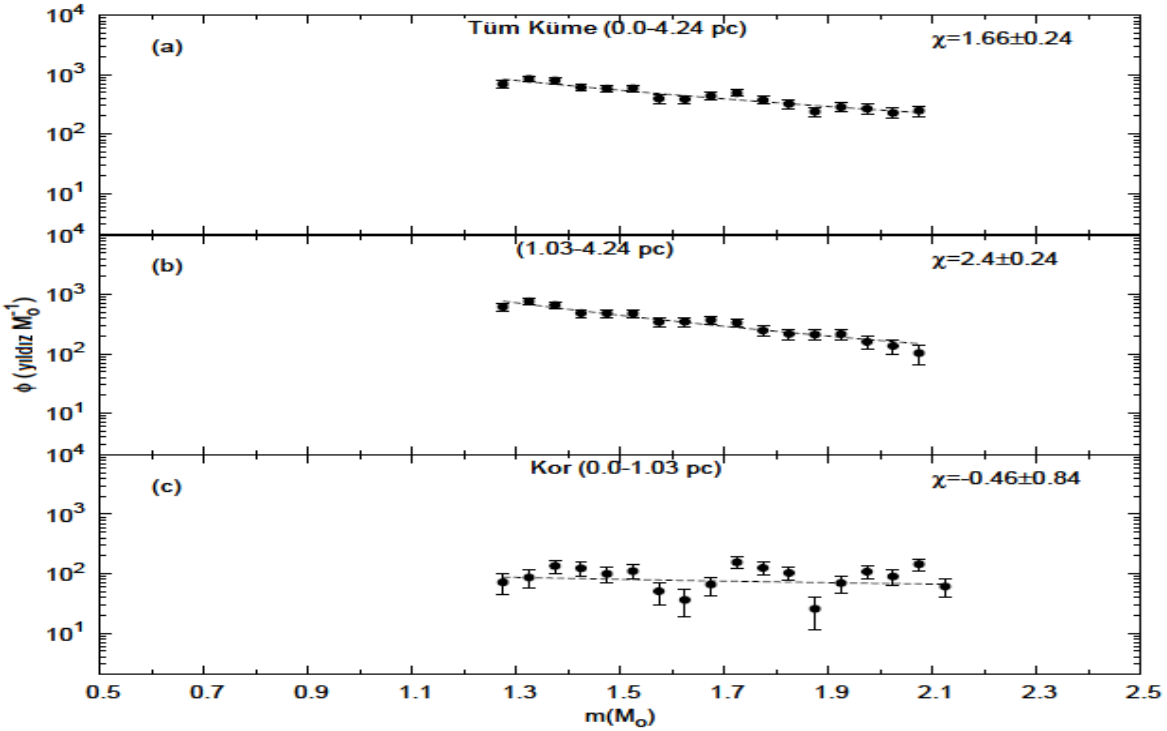



NGC 6802
Z=0.019
Yaş=0.9 Gyıl
J
(J-H)

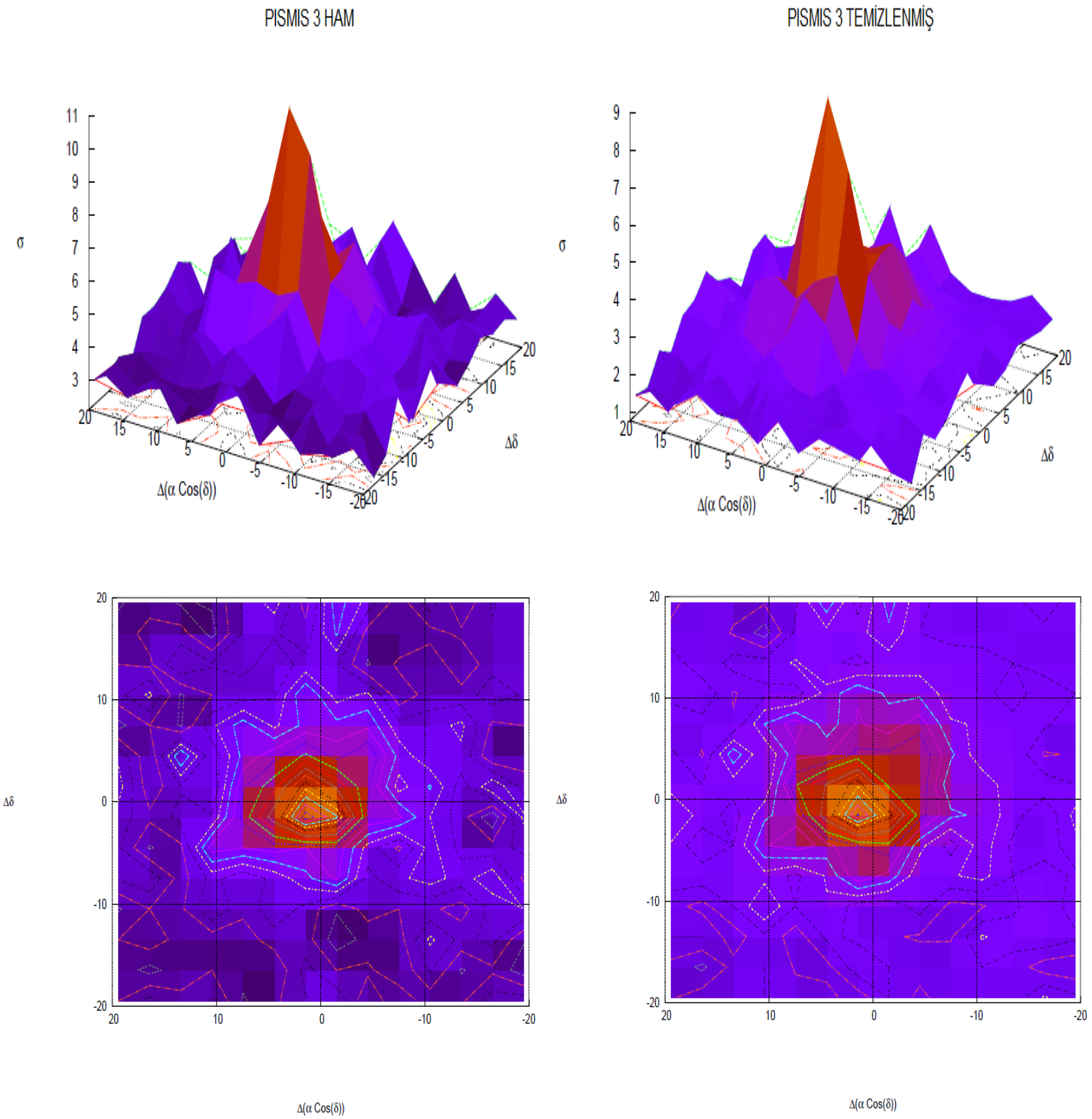

NGC 6802
Z=0.0105
Yaş=0.9 Gyıl
J
(J-H)

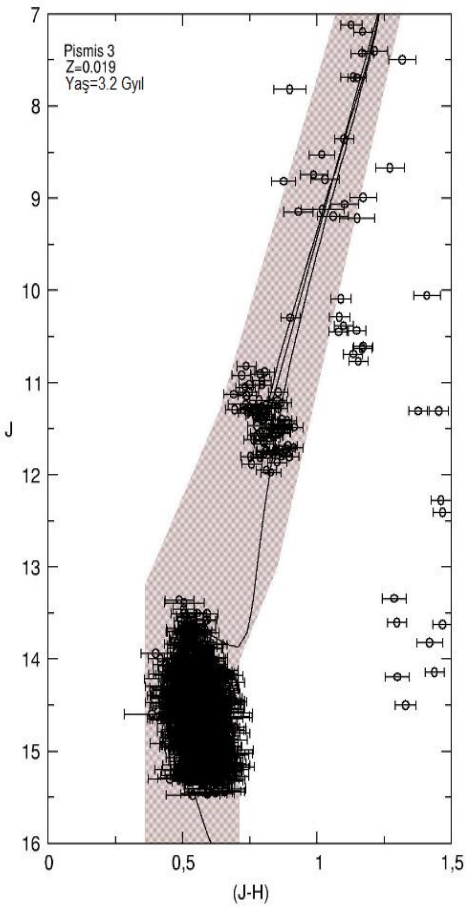

NGC 6802
Z=0.006
Yaş=0.9 Gyıl
J
(J-H)

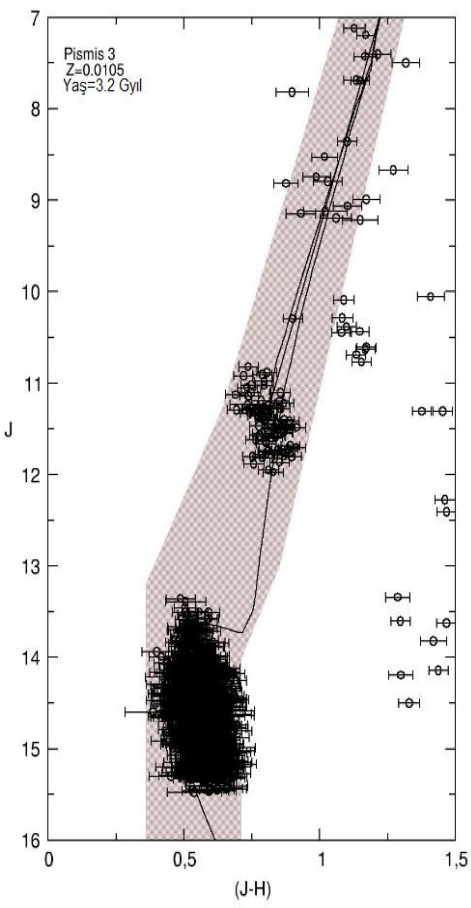

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

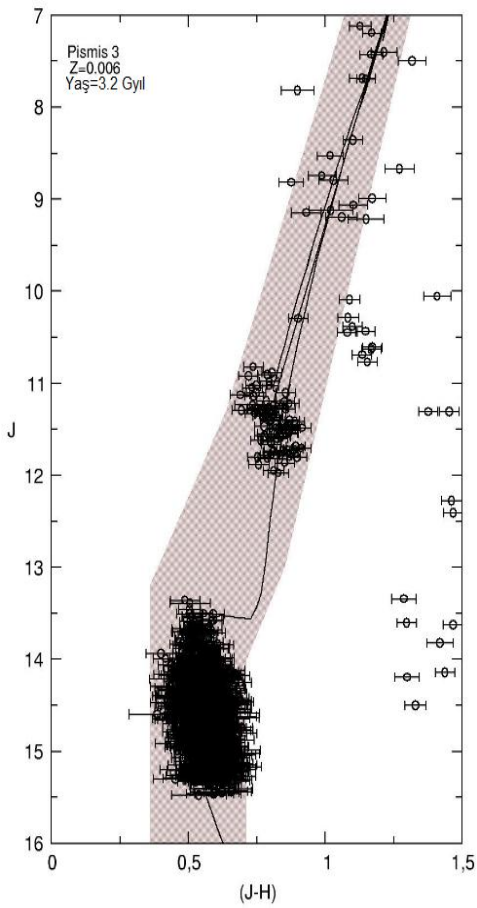

(a)
Tüm Küme (0.0-4.24 pc)
χ=1.66±0.24
(b)
(1.03-4.24 pc)
χ=2.4±0.24
(c)
Kor (0.0-1.03 pc)
χ=-0.46±0.84
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

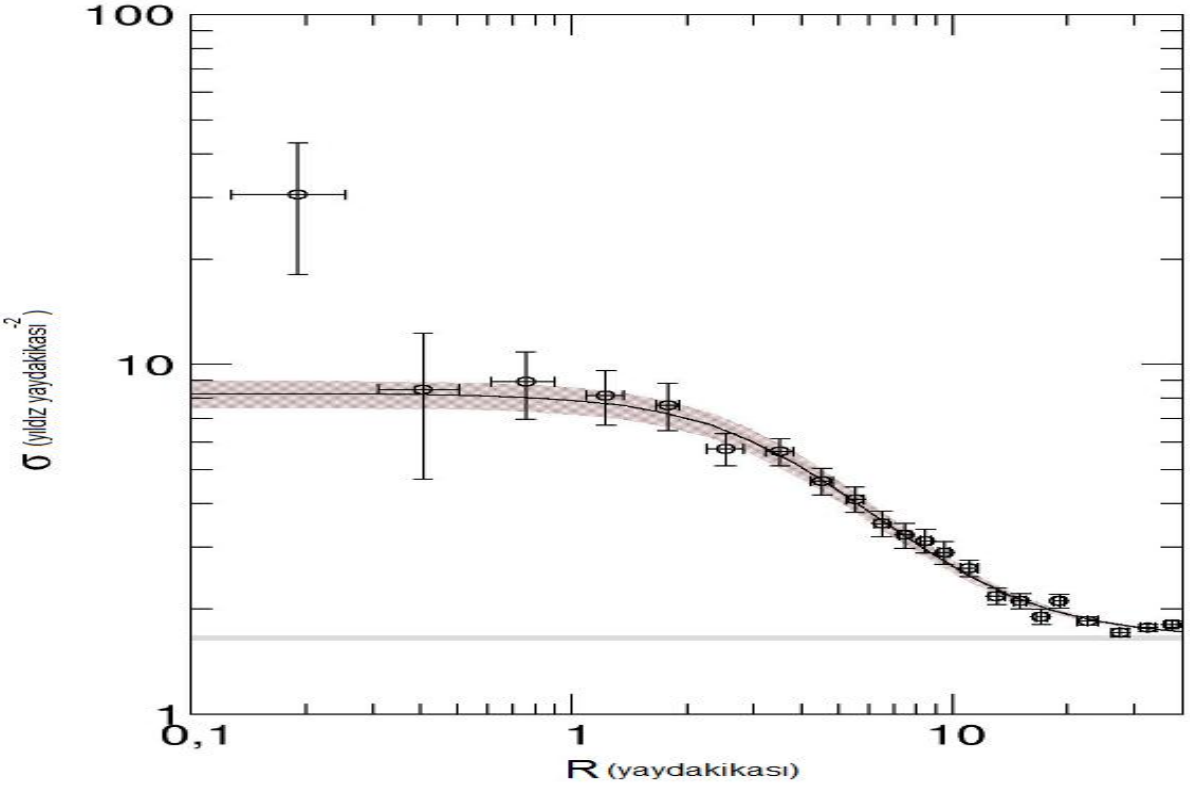
PISMIS 3

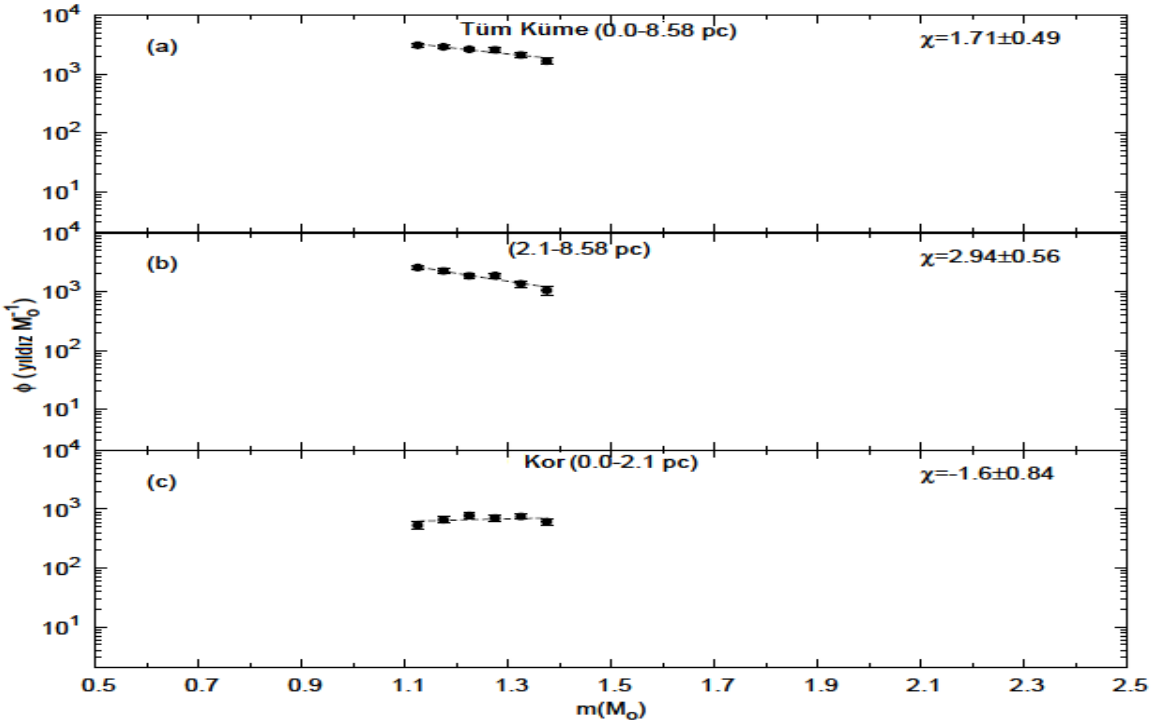



Pismis 3
Z=0.019
Yaş=3.2 Gyıl
J
(J-H)

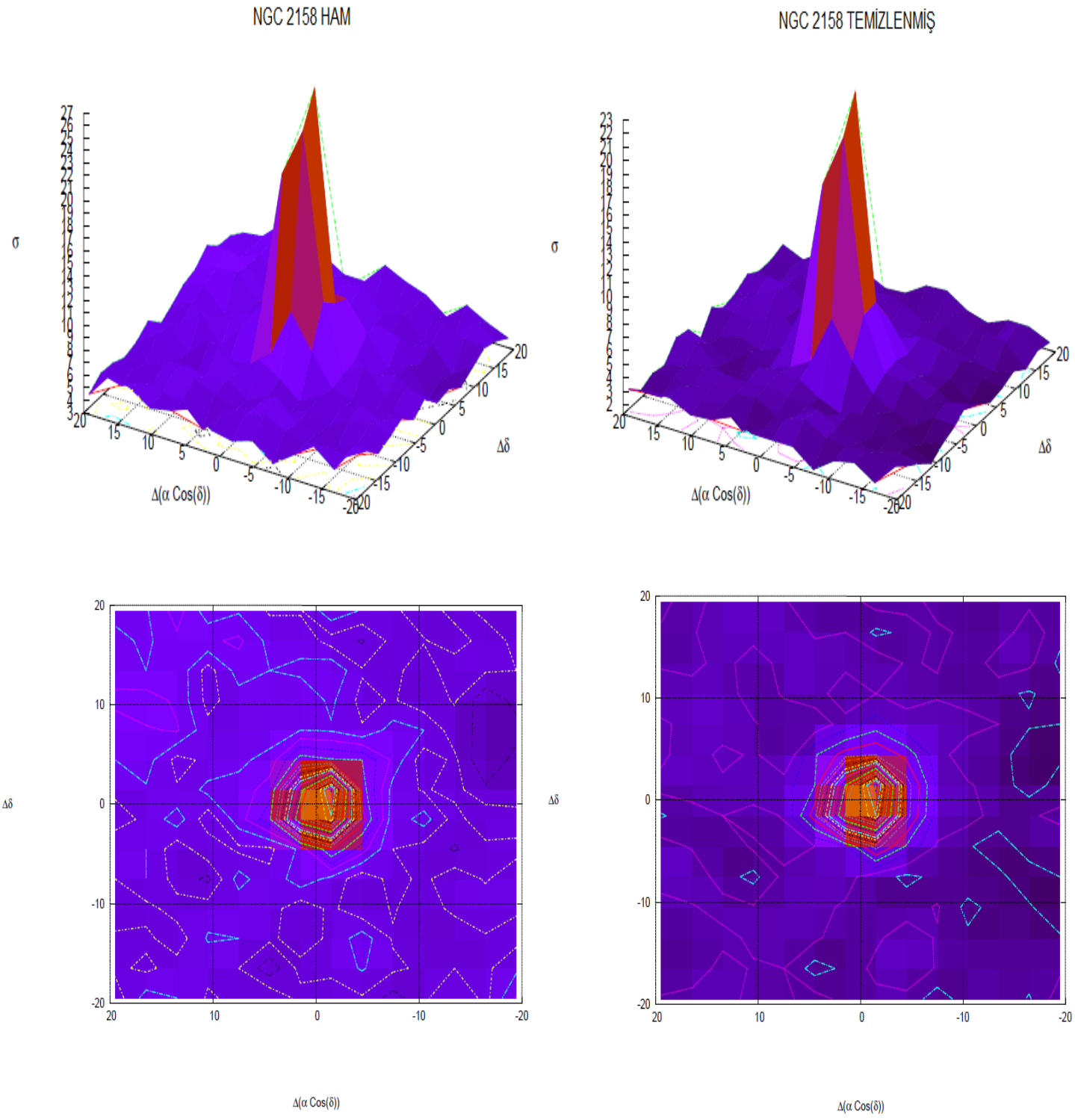

Pismis 3
Z=0.0105
Yaş=3.2 Gyıl
J
(J-H)

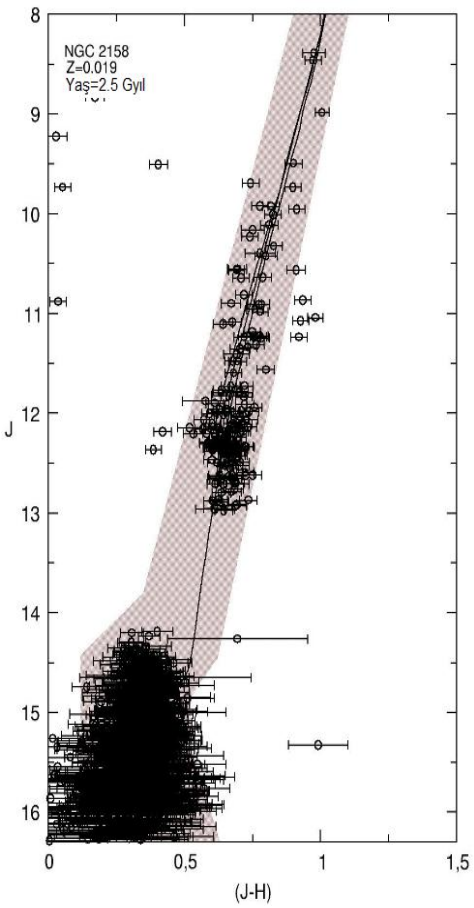

Pismis 3
Z=0.006
Yaş=3.2 Gyıl
J
(J-H)

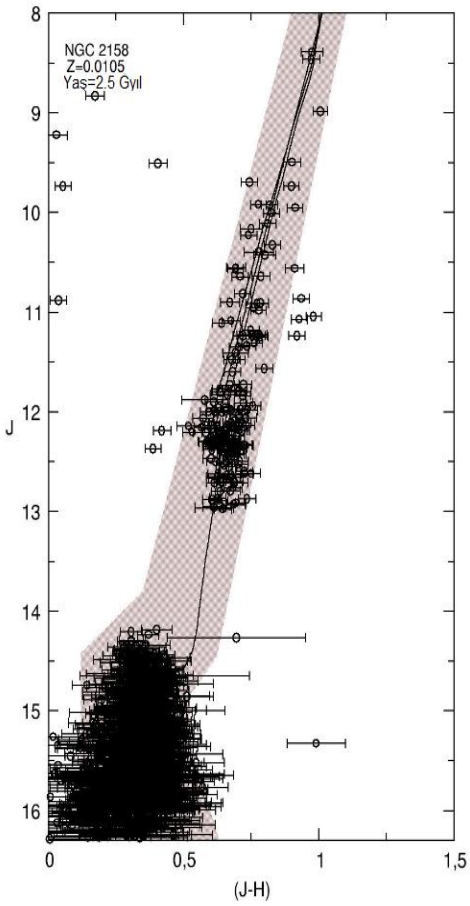

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

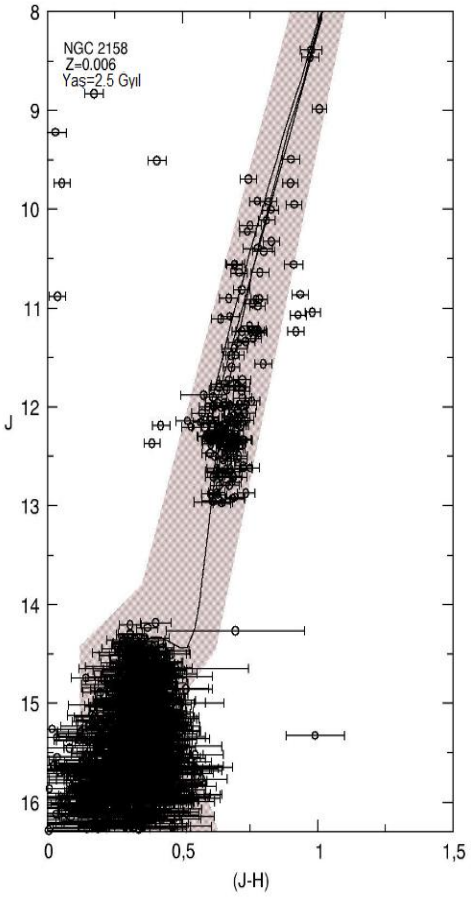

(a)
Tüm Küme (0.0-8.58 pc)
χ=1.71±0.49
(b)
(2.1-8.58 pc)
χ=2.94±0.56
(c)
Kor (0.0-2.1 pc)
χ=-1.6±0.84
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

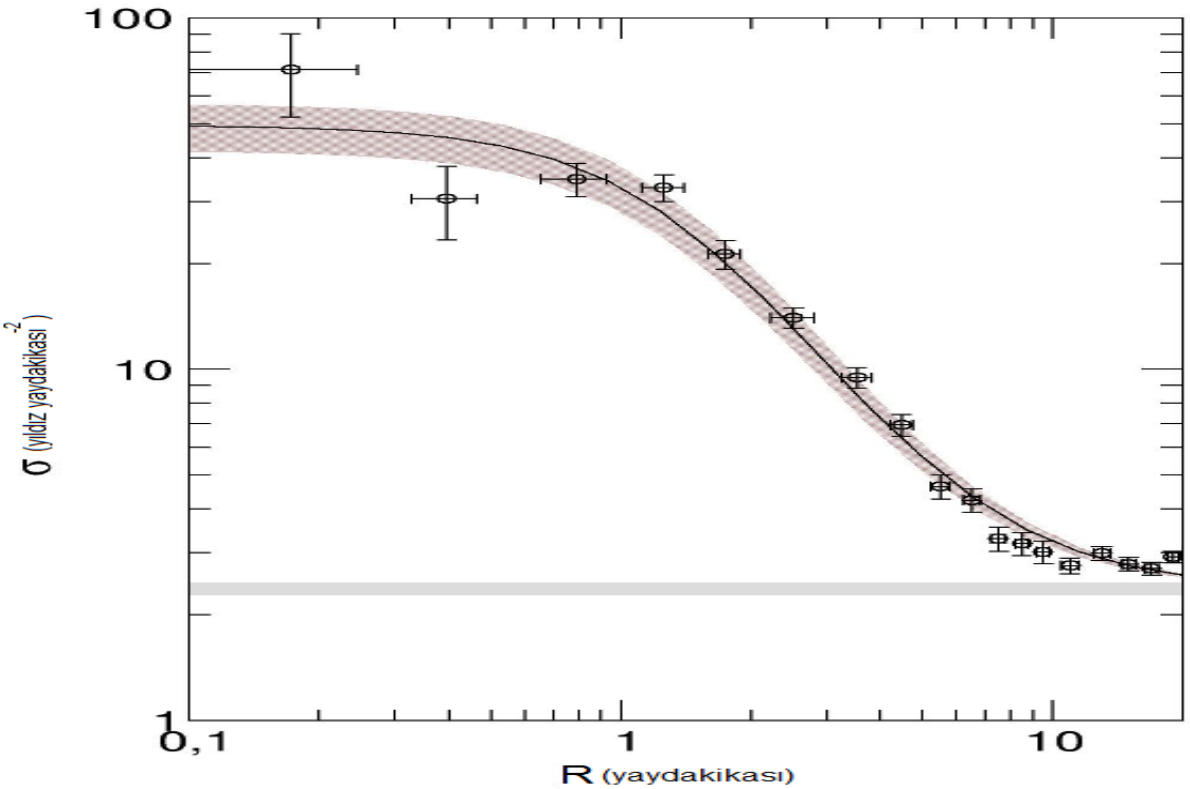
NGC 2158

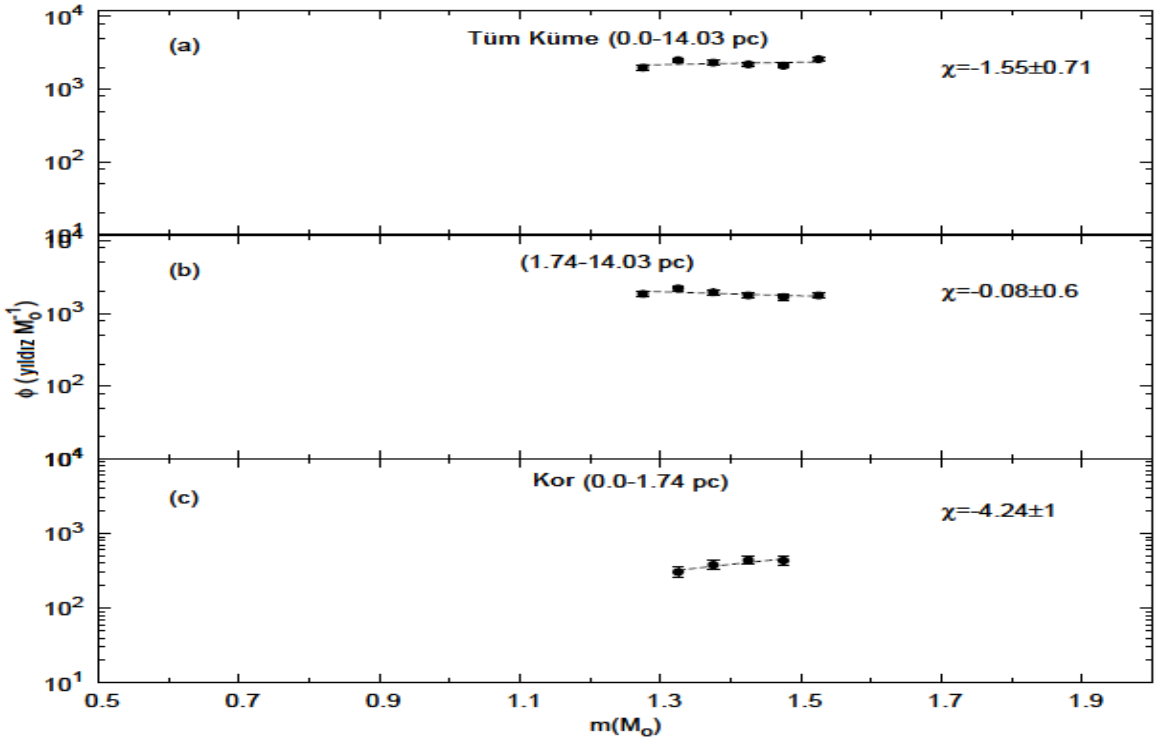



NGC 2158
Z=0.019
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

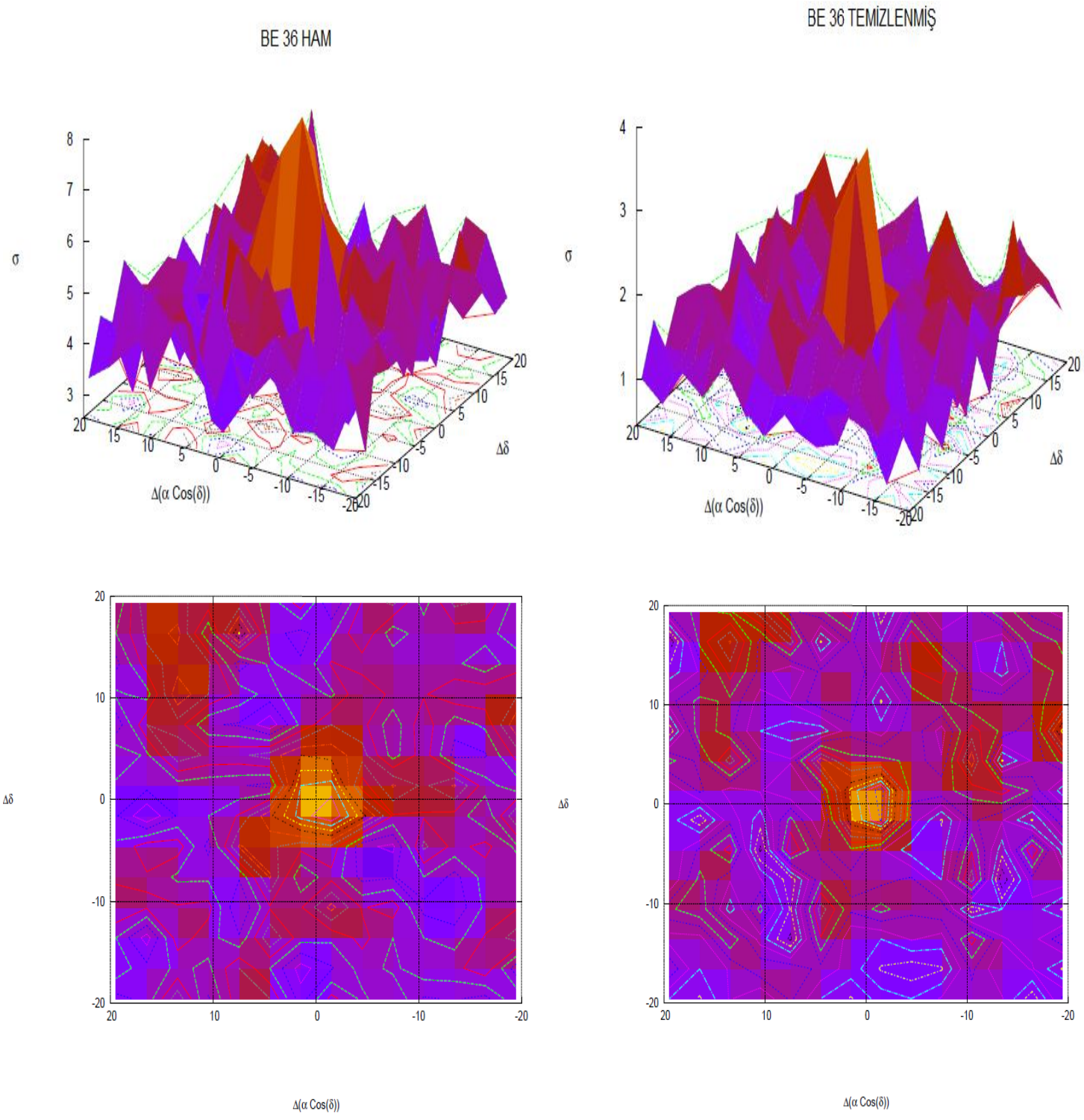

NGC 2158
Z=0.0105
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

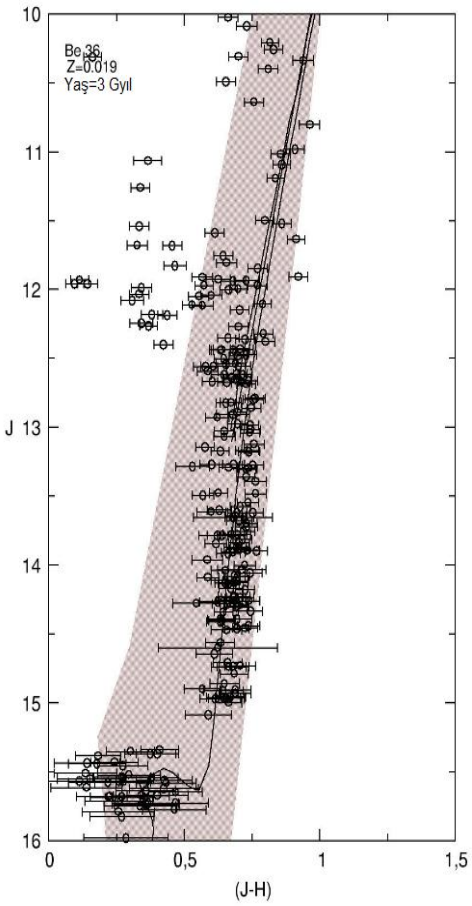

NGC 2158
Z=0.006
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

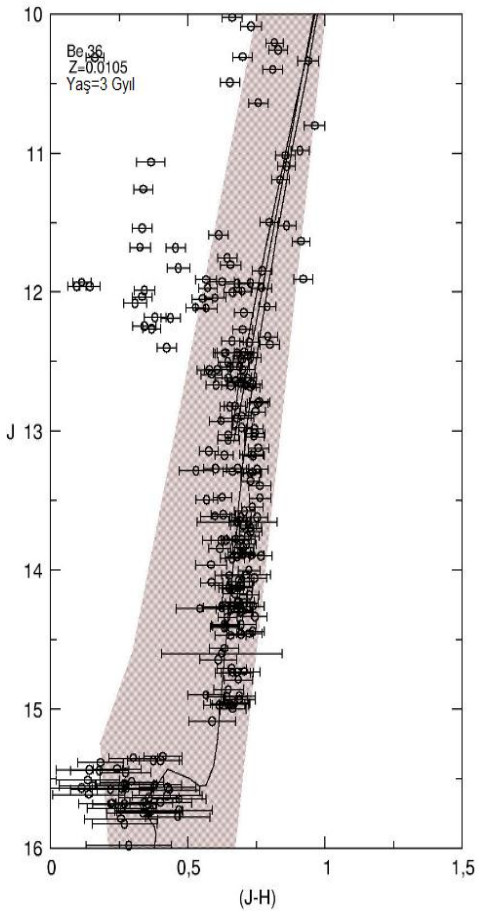

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

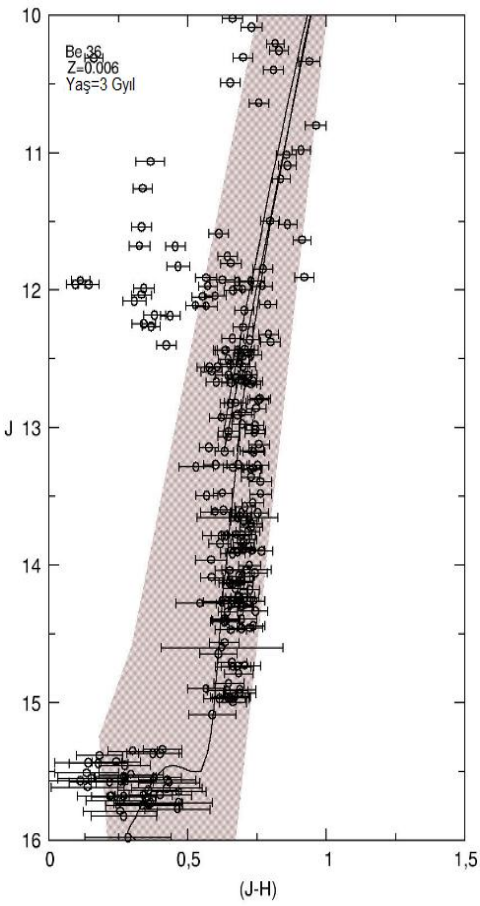

(a)
Tüm Küme (0.0-14.03 pc)
χ=-1.55±0.71
(b)
(1.74-14.03 pc)
χ=-0.08±0.6
(c)
Kor (0.0-1.74 pc)
χ=-4.24±1
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

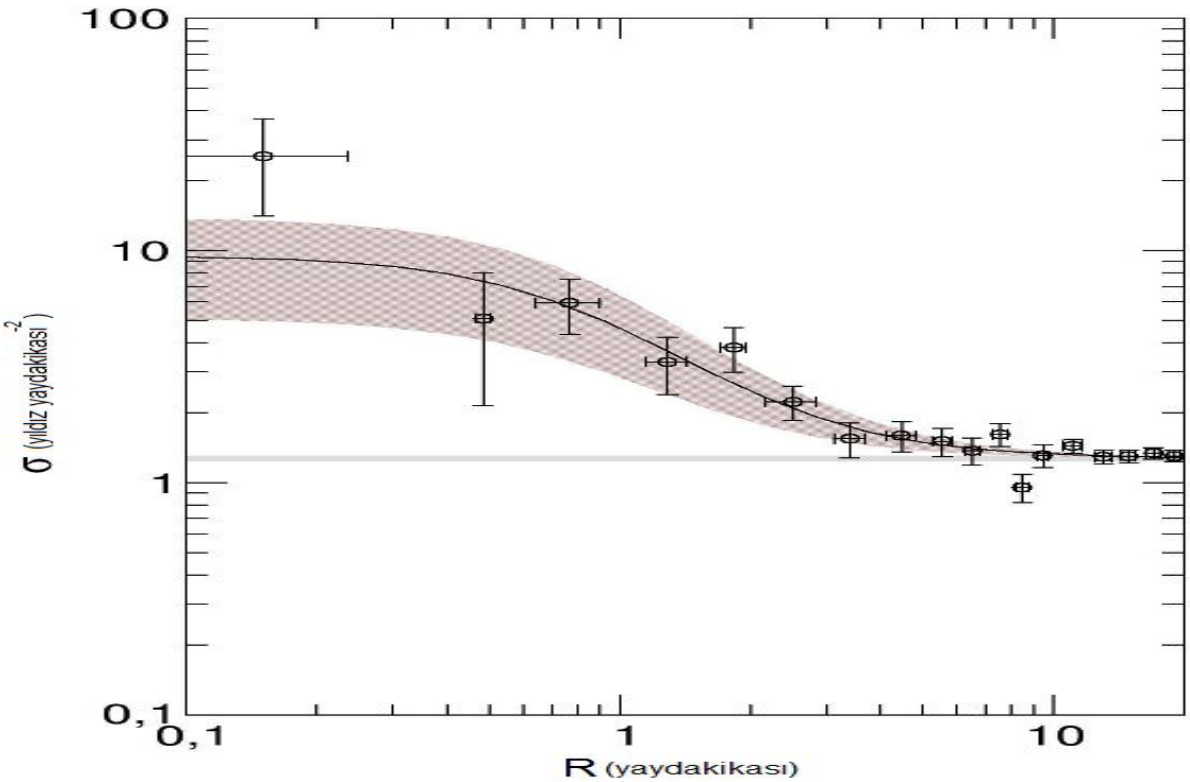
Be 36



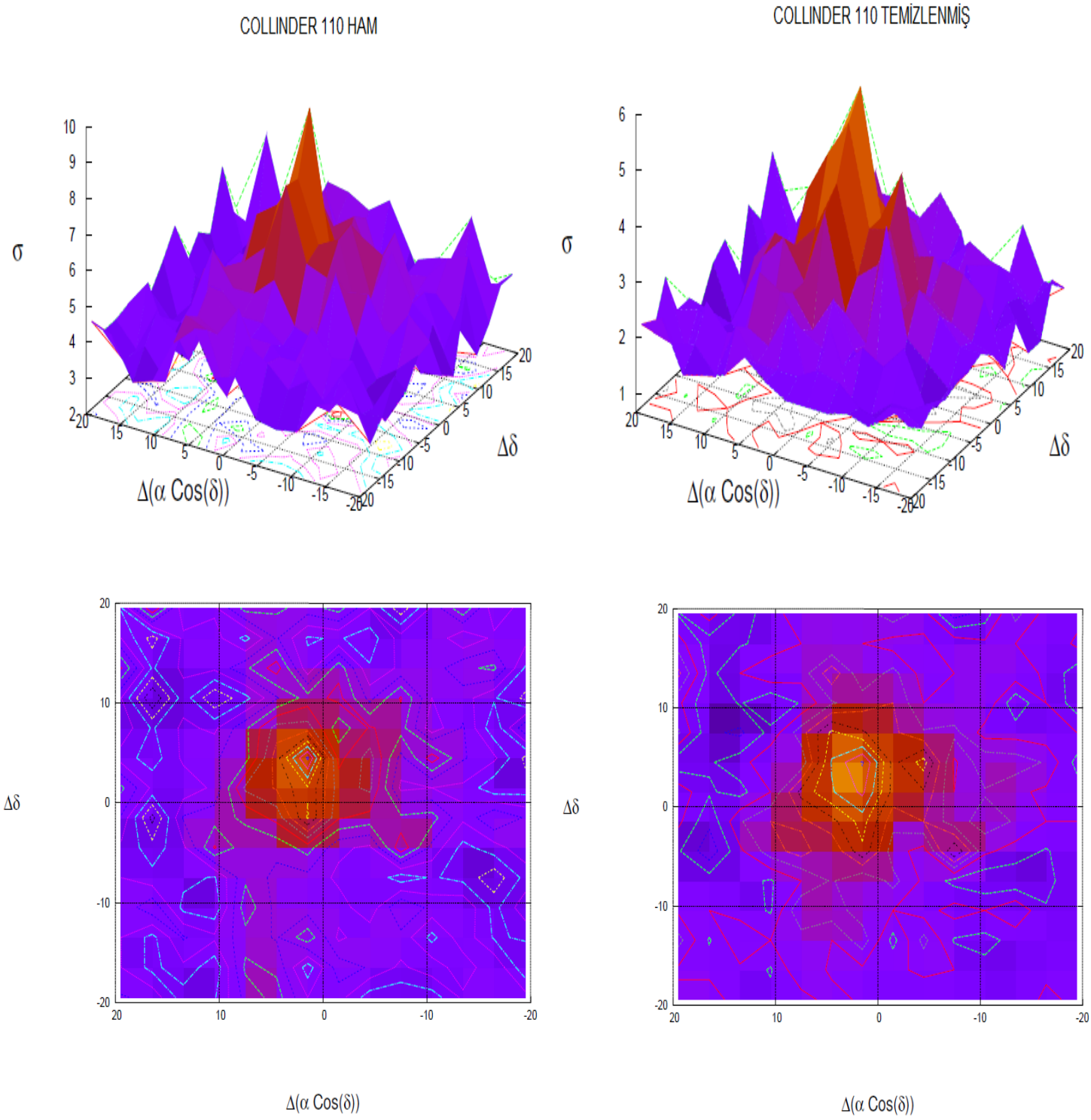

Be 36
Z=0.019
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

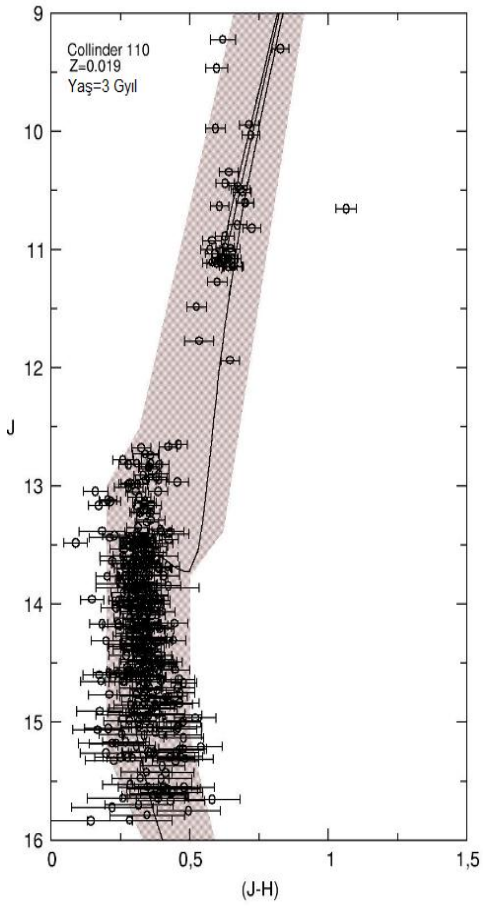

Be 36
Z=0.0105
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

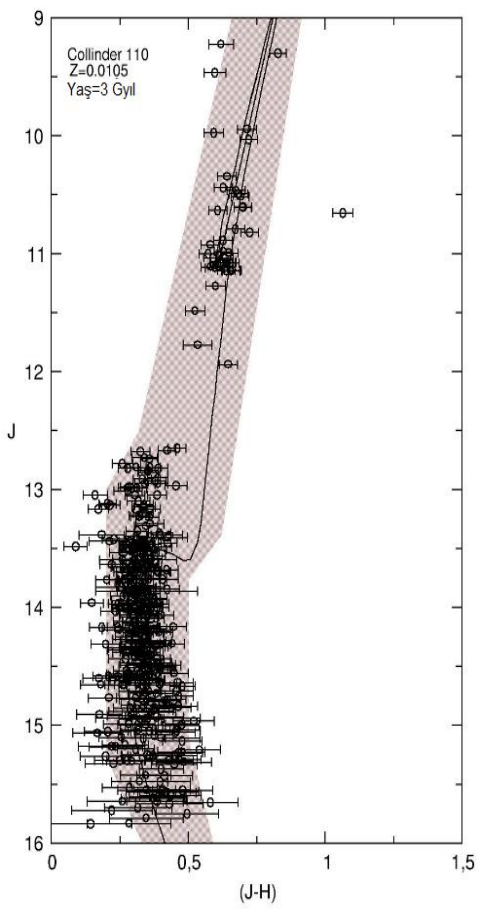

Be 36
Z=0.006
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

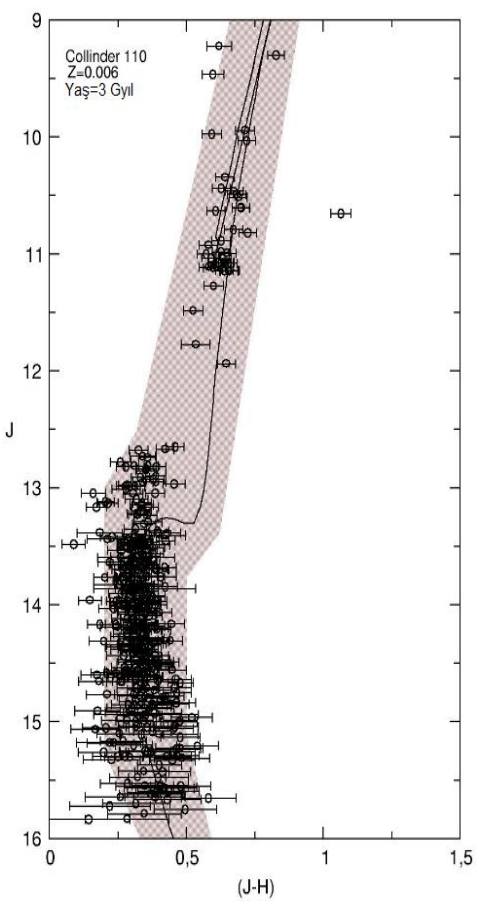

σ (yıldız yaydakikası)
-2
R (yaydakikası)

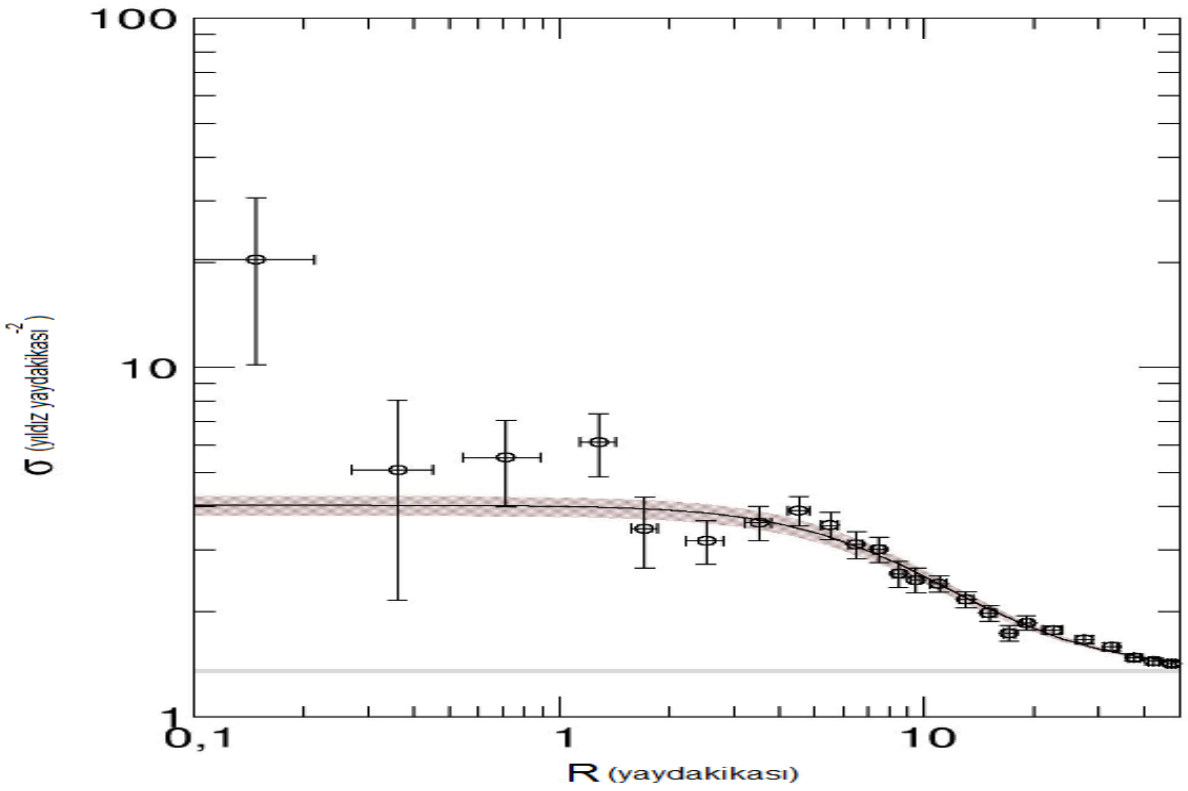
COLLINDER 110

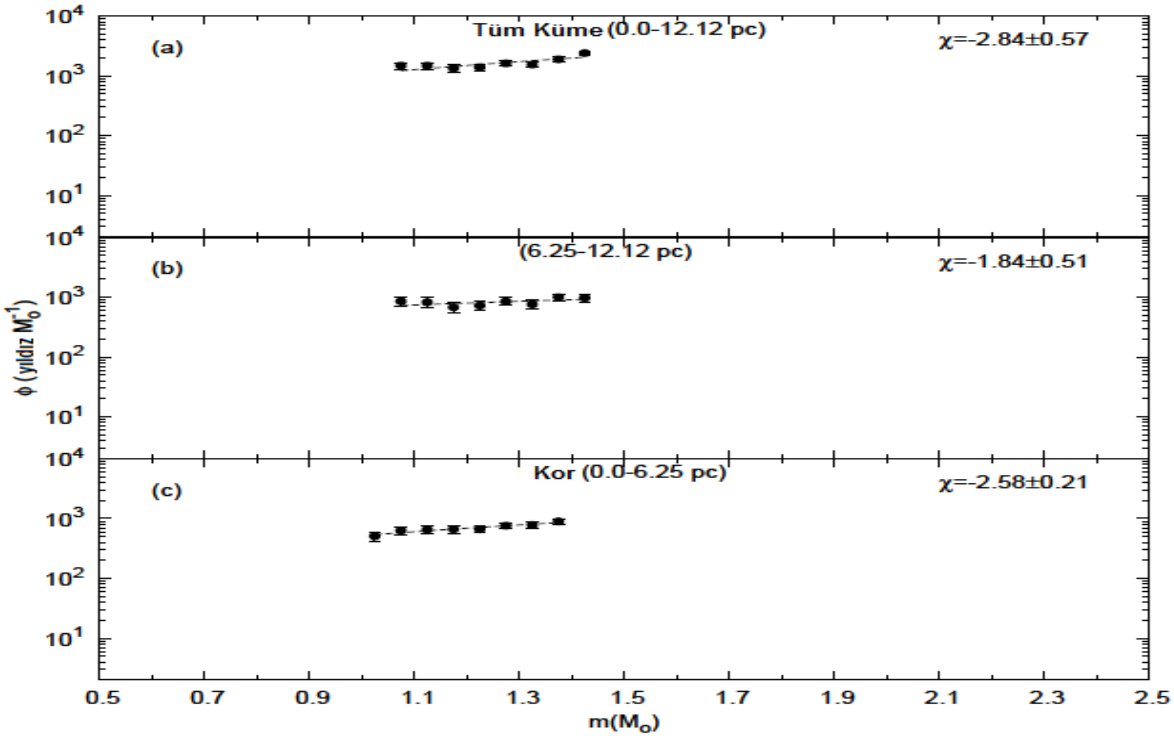



Collinder 110
Z=0.019
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

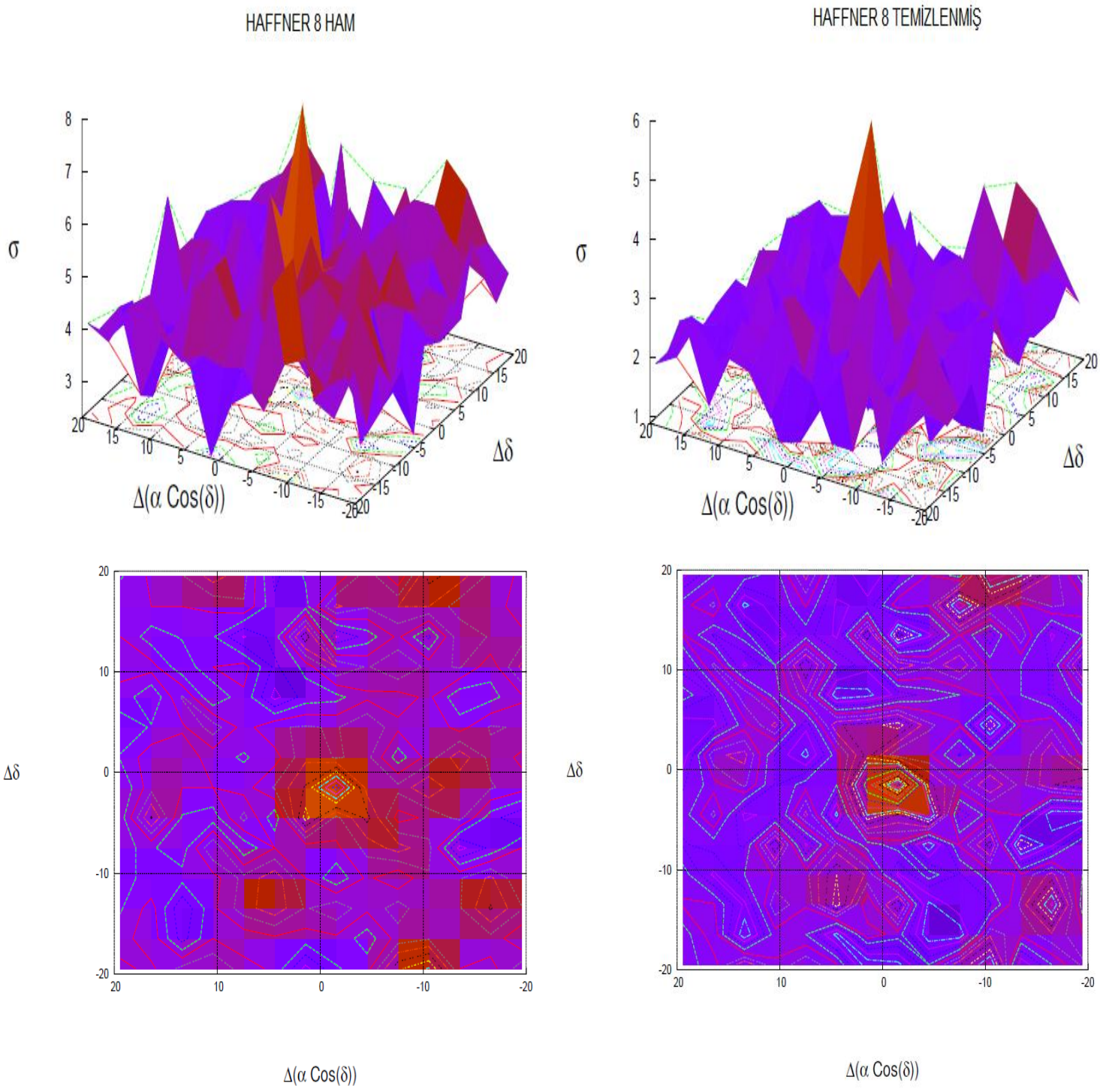

Collinder 110
Z=0.0105
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

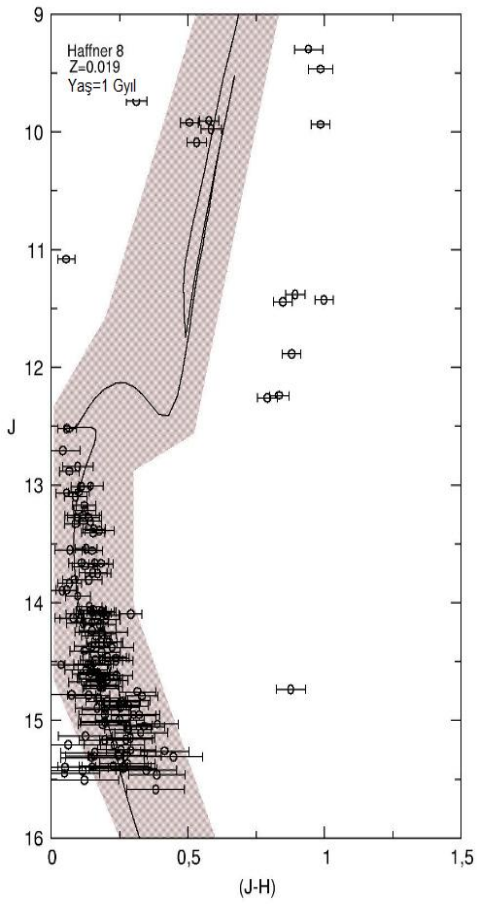

Collinder 110
Z=0.006
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

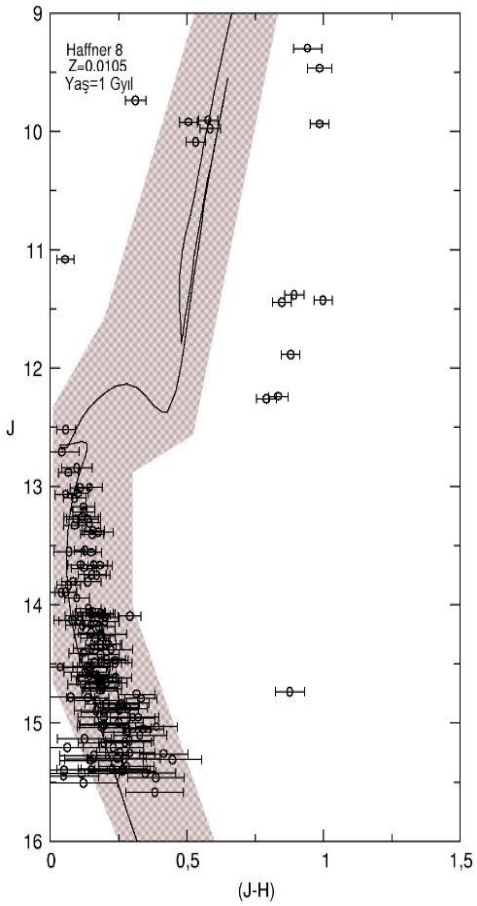

σ (yıldız yaydakikası -2)
R (yaydakikası)

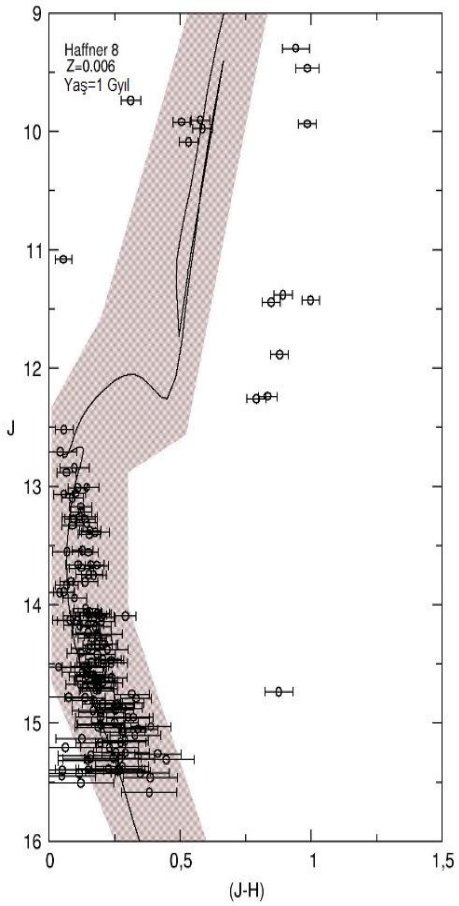

(a)
Tüm Küme (0.0-12.12 pc)
χ=-2.84±0.57
(b)
(6.25-12.12 pc)
χ=-1.84±0.51
(c)
Kor (0.0-6.25 pc)
χ=-2.58±0.21
ϕ (yıldız M⊙⁻¹)
m(M⊙)

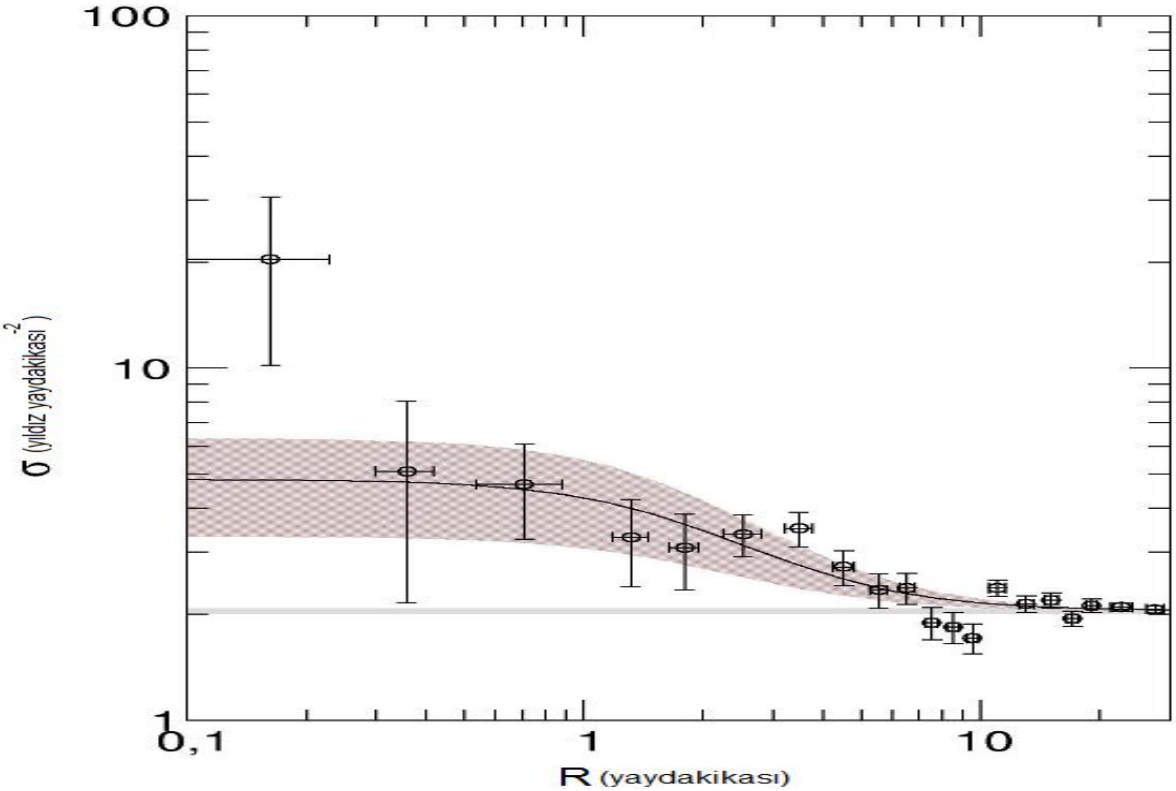
HAFFNER 8

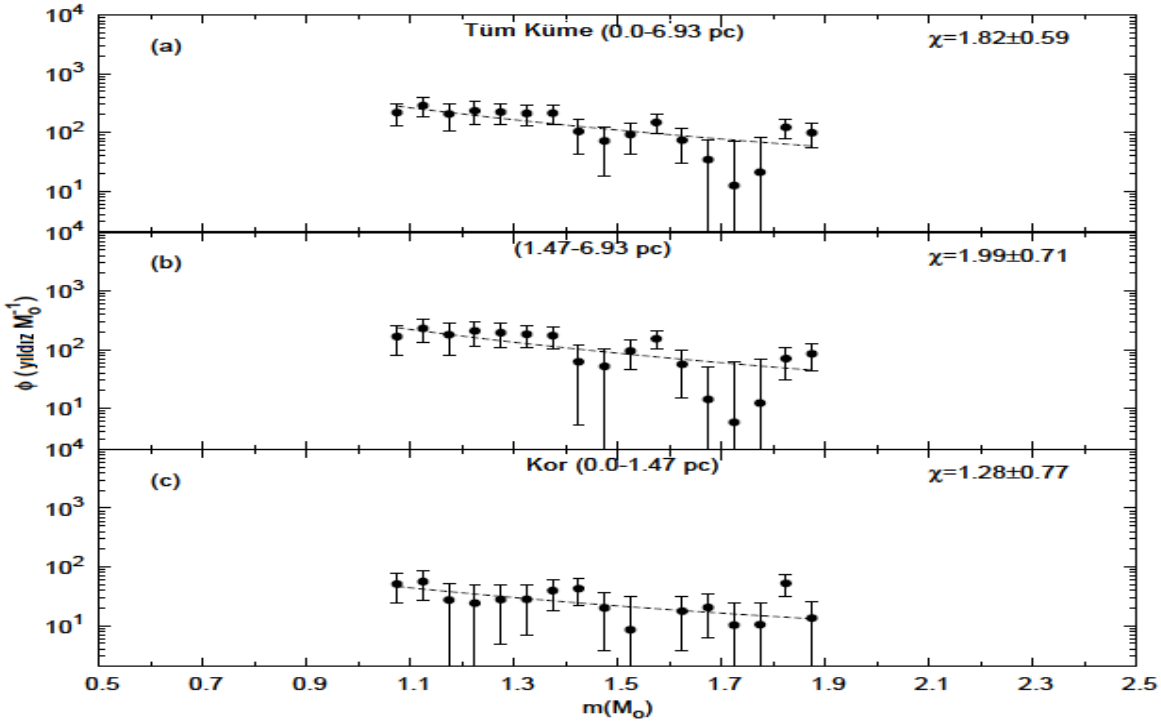



Haffner 8
Z=0.019
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

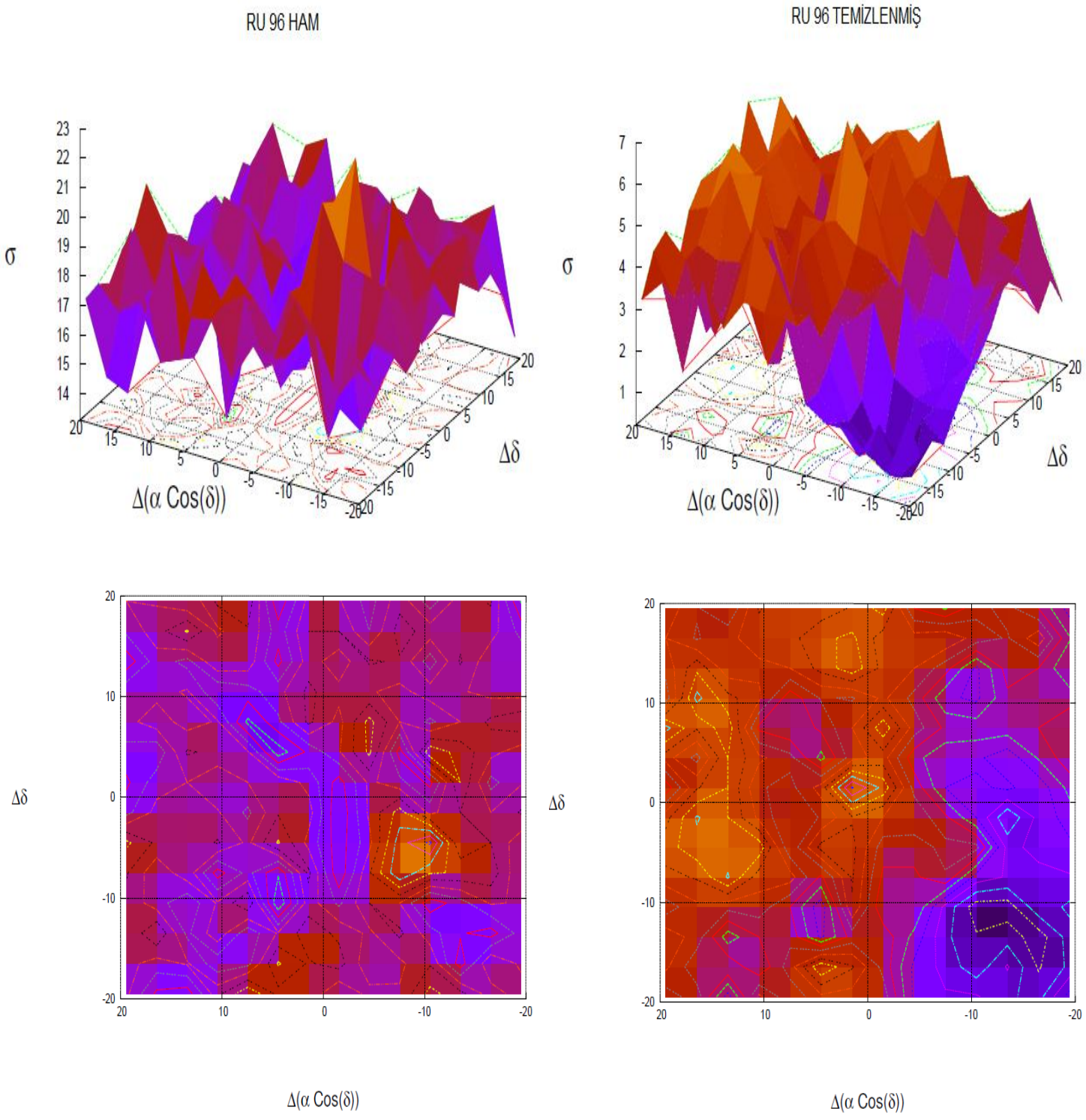

Haffner 8
Z=0.0105
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

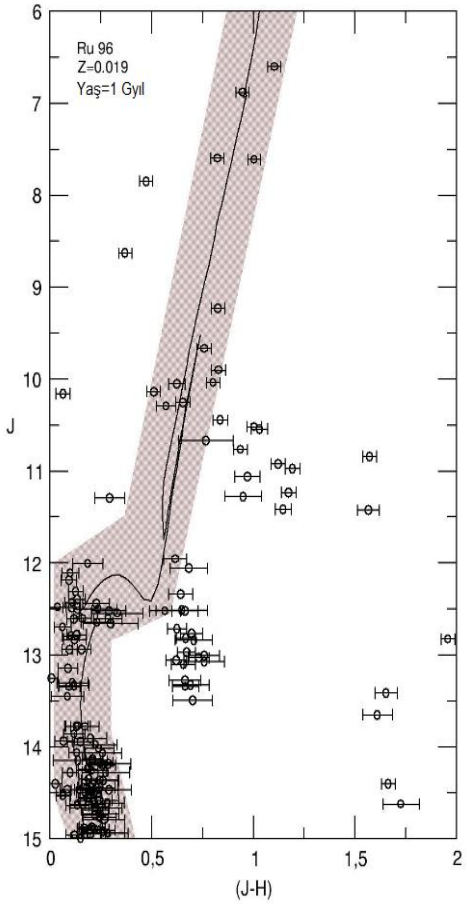

Haffner 8
Z=0.006
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

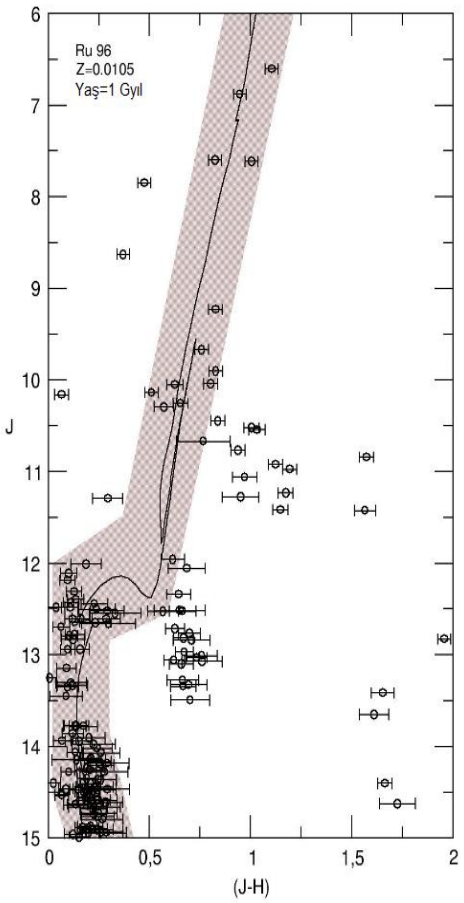

σ (yıldız yaydakikası -2)
R (yaydakikası)

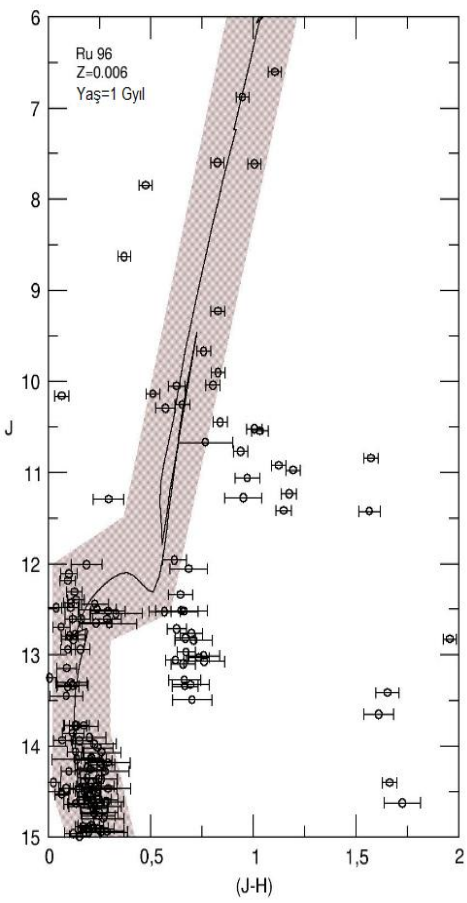

(a)
Tüm Küme (0.0-6.93 pc)
χ=1.82±0.59
(b)
(1.47-6.93 pc)
χ=1.99±0.71
(c)
Kor (0.0-1.47 pc)
χ=1.28±0.77
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

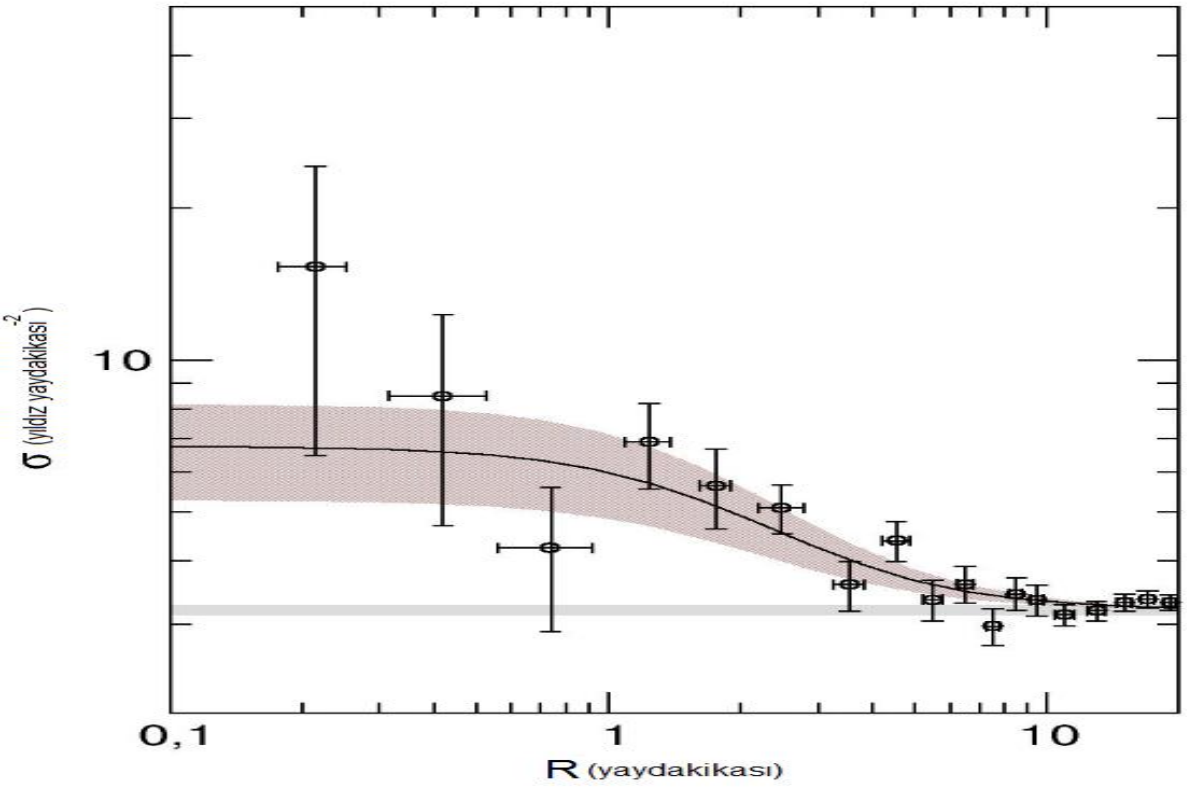
Ru 96

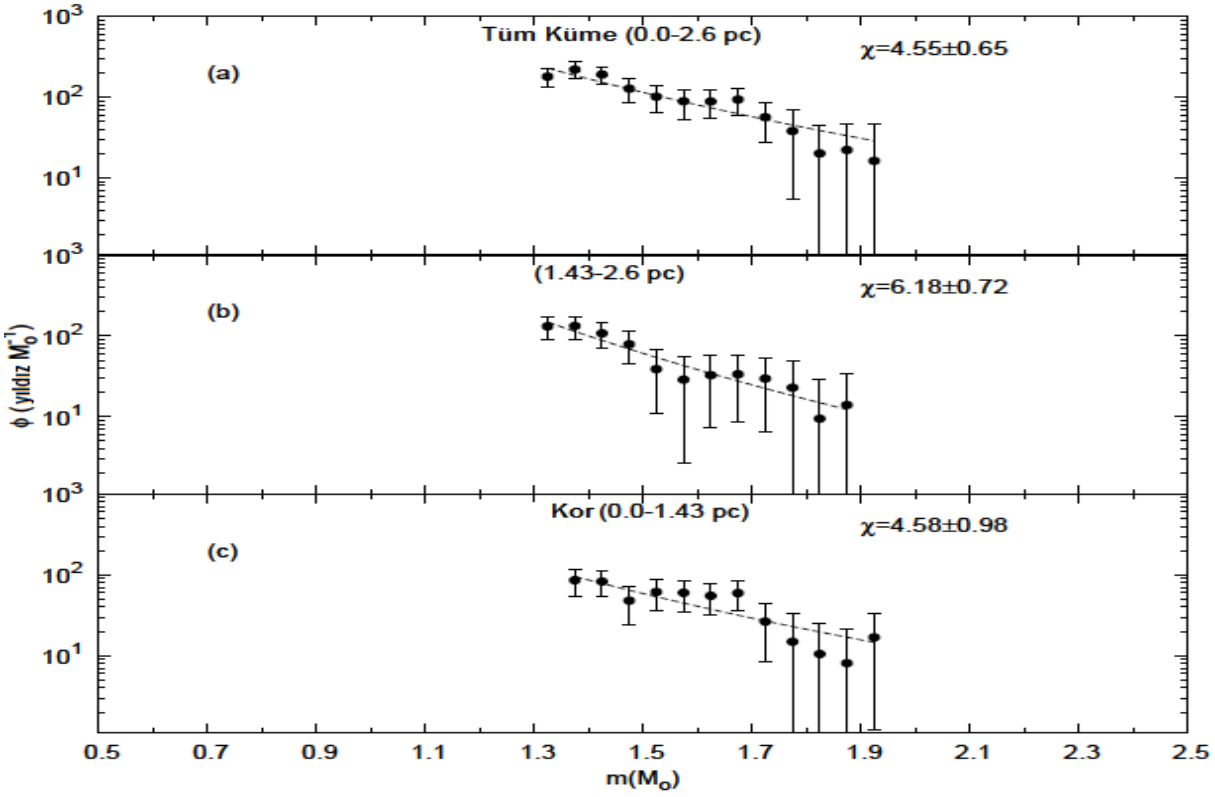



Ru 96
Z=0.019
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

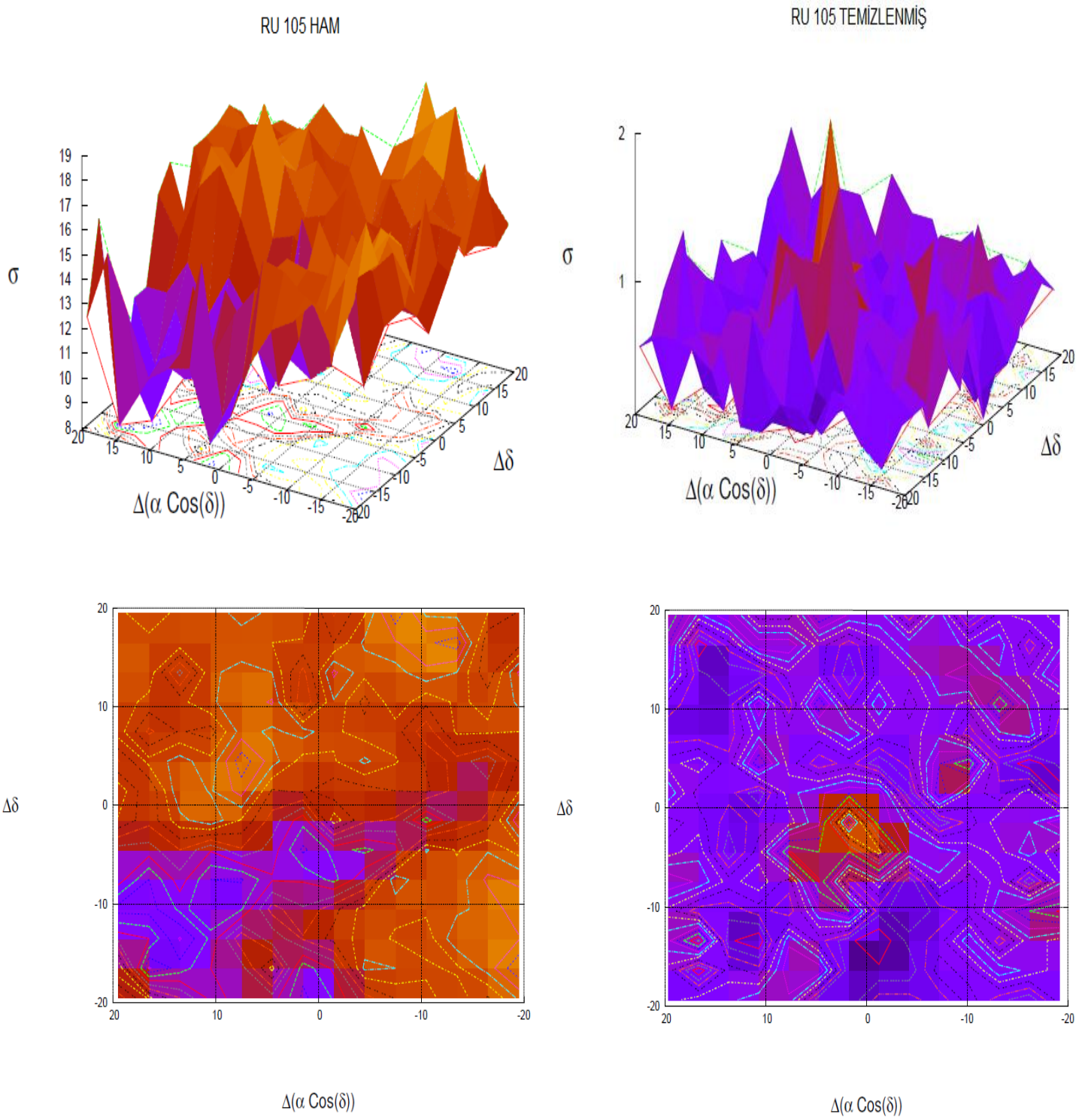

Ru 96
Z=0.0105
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

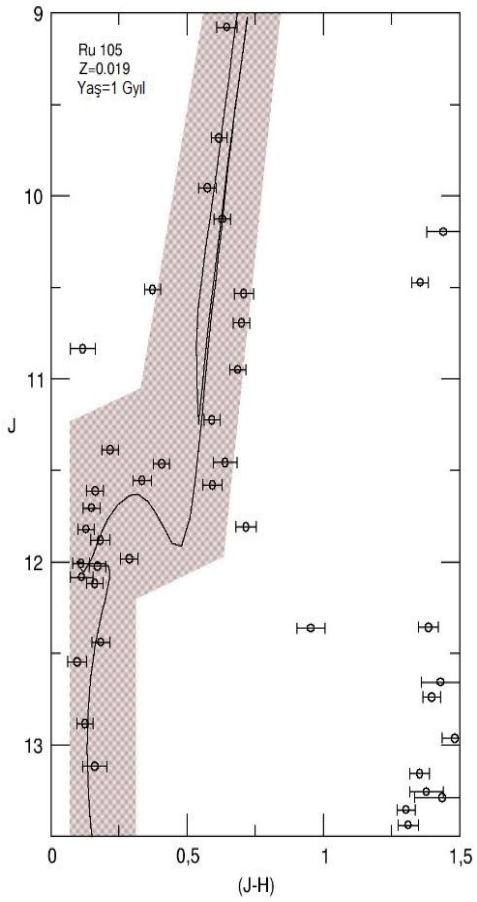

Ru 96
Z=0.006
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

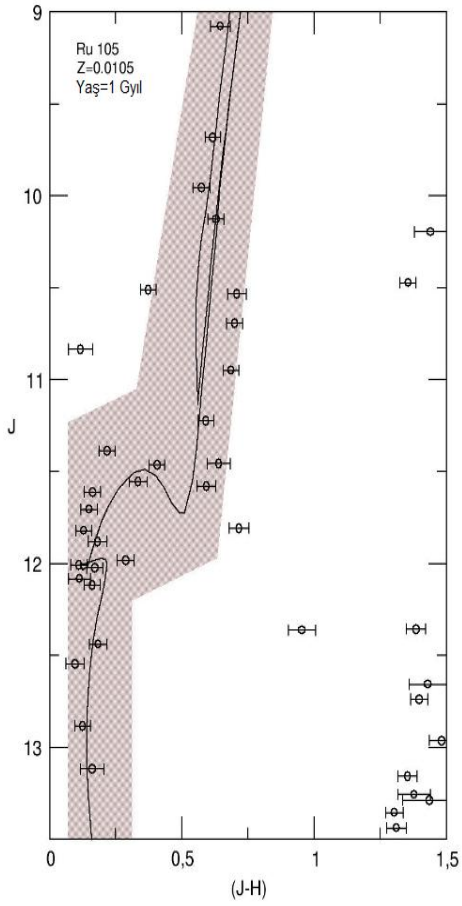

σ (yıldız yaydakikası)-2
10
0,1
1
10
R (yaydakikası)

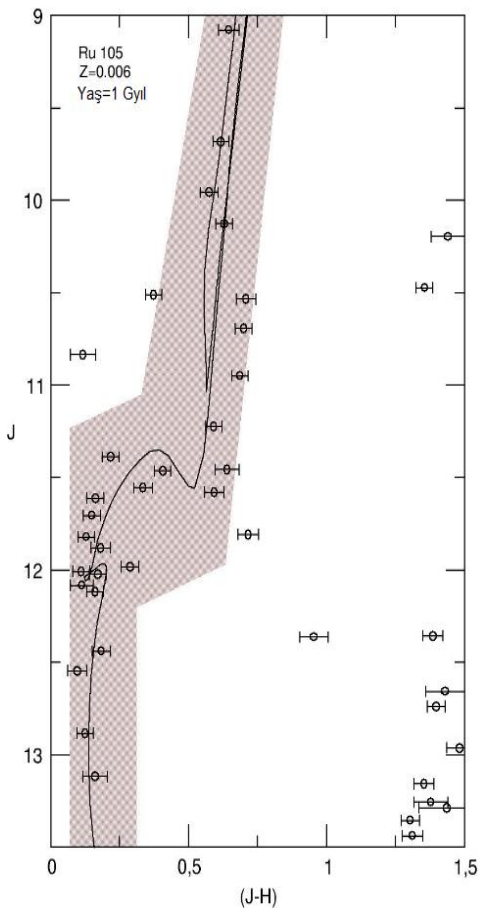

Tüm Küme (0.0-2.6 pc)
χ=4.55±0.65
(a)
(1.43-2.6 pc)
χ=6.18±0.72
(b)
Kor (0.0-1.43 pc)
χ=4.58±0.98
(c)
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

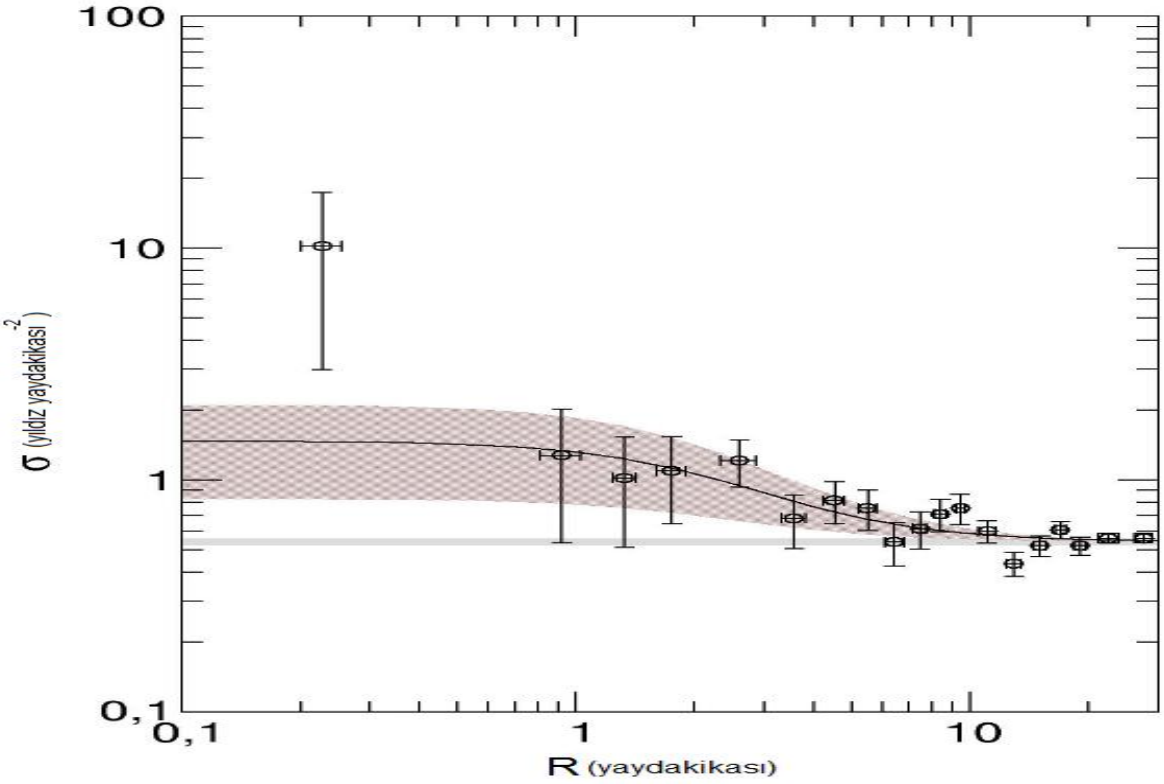
Ru 105



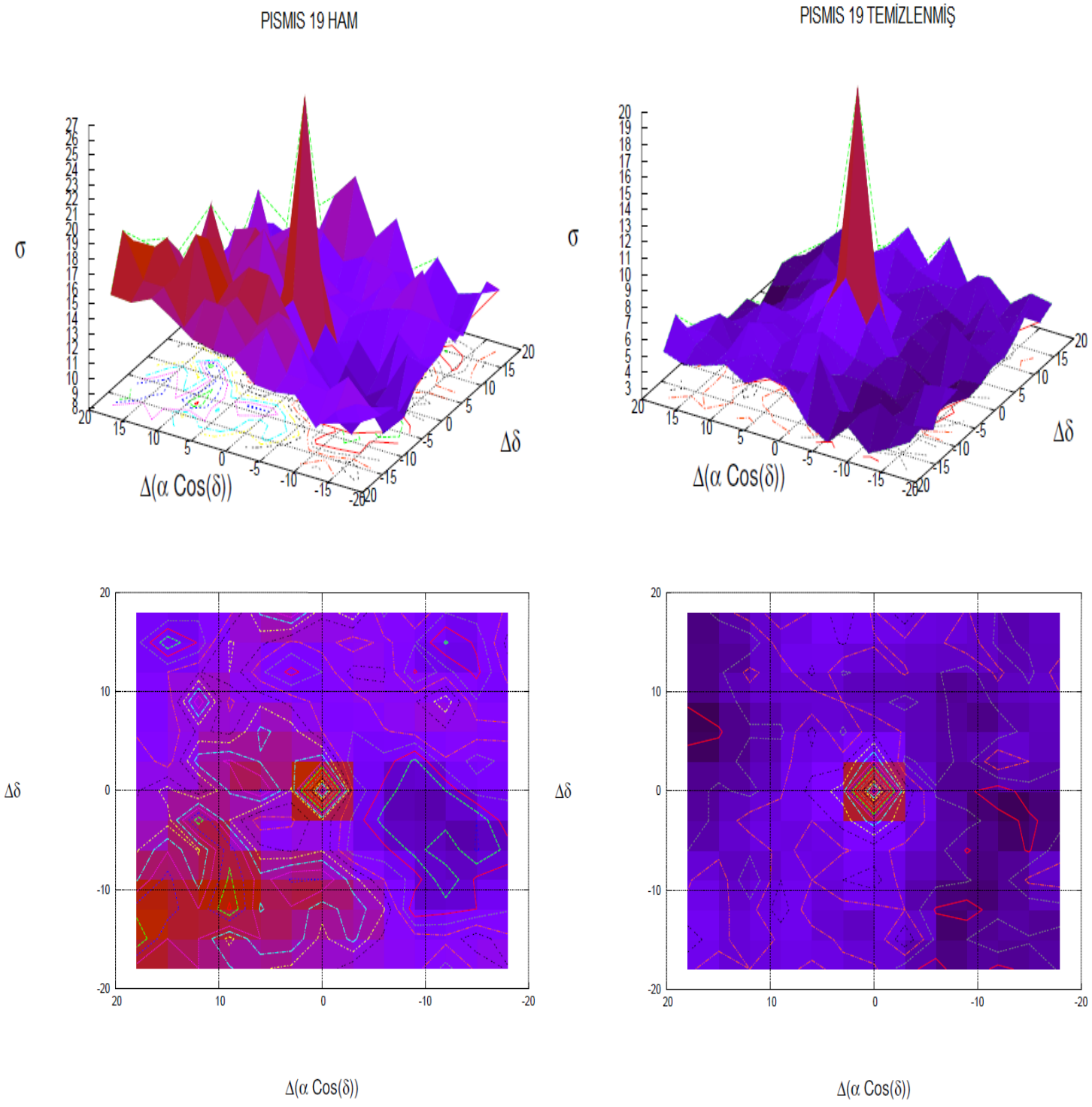

Ru 105
Z=0.019
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

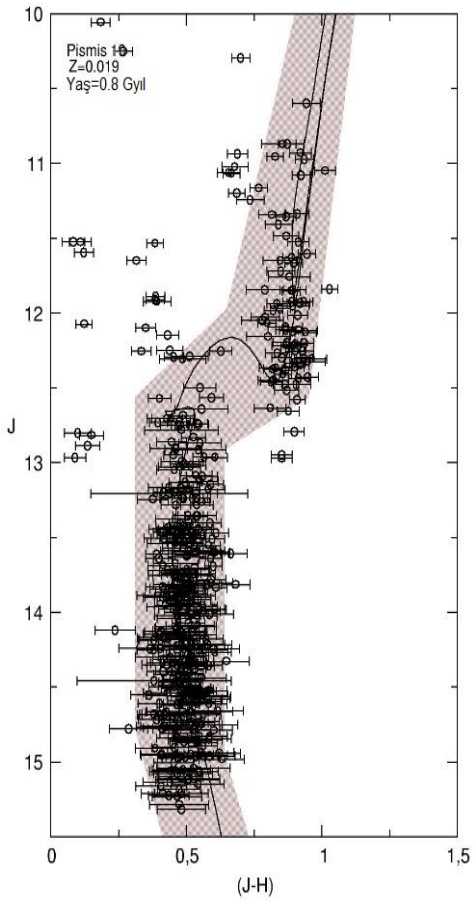

Ru 105
Z=0.0105
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

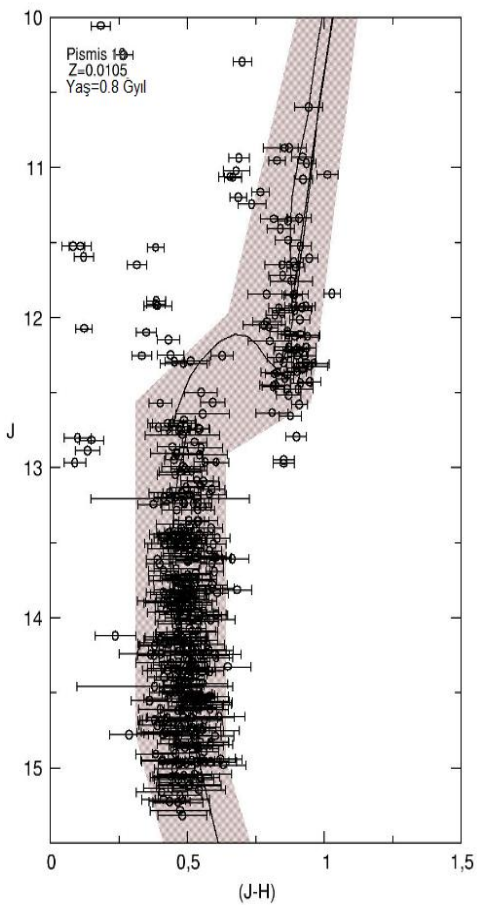

Ru 105
Z=0.006
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

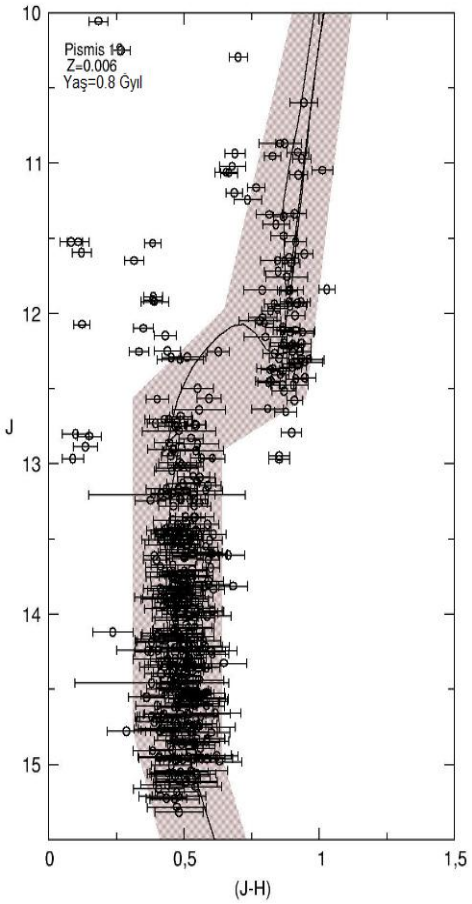

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

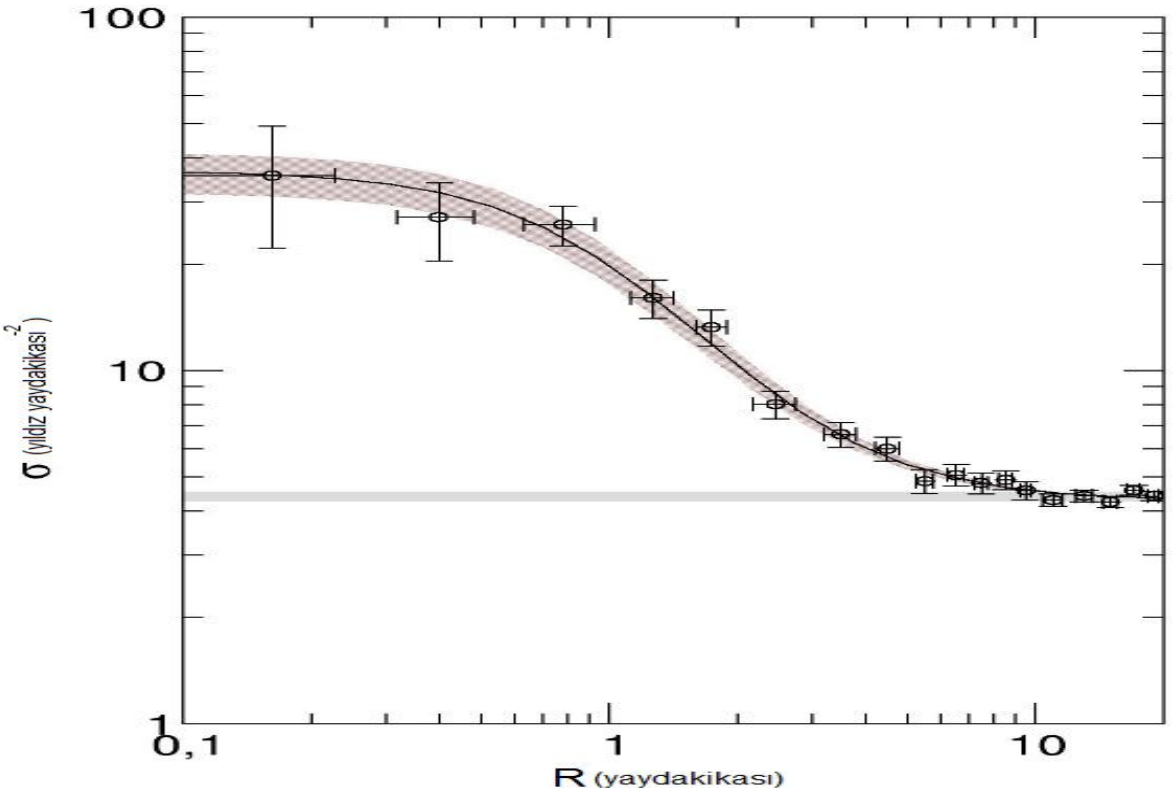
PISMIS 19

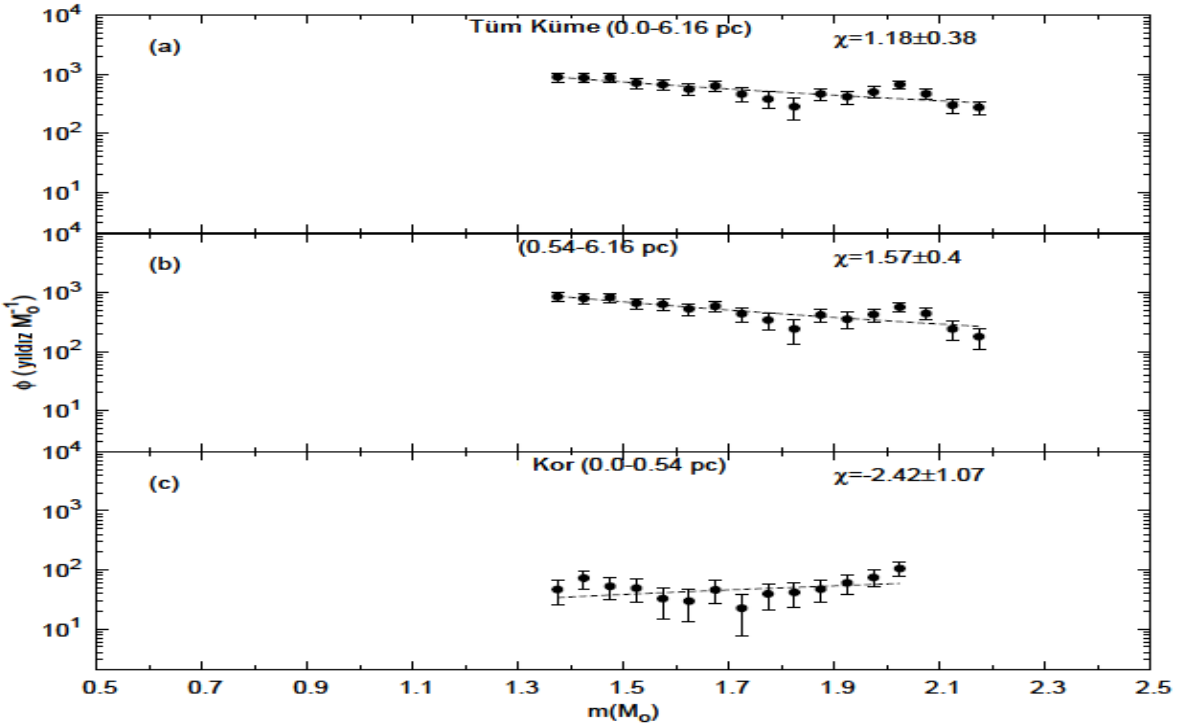



Pismis 1
Z=0.019
Yaş=0.8 Gyıl
J
(J-H)

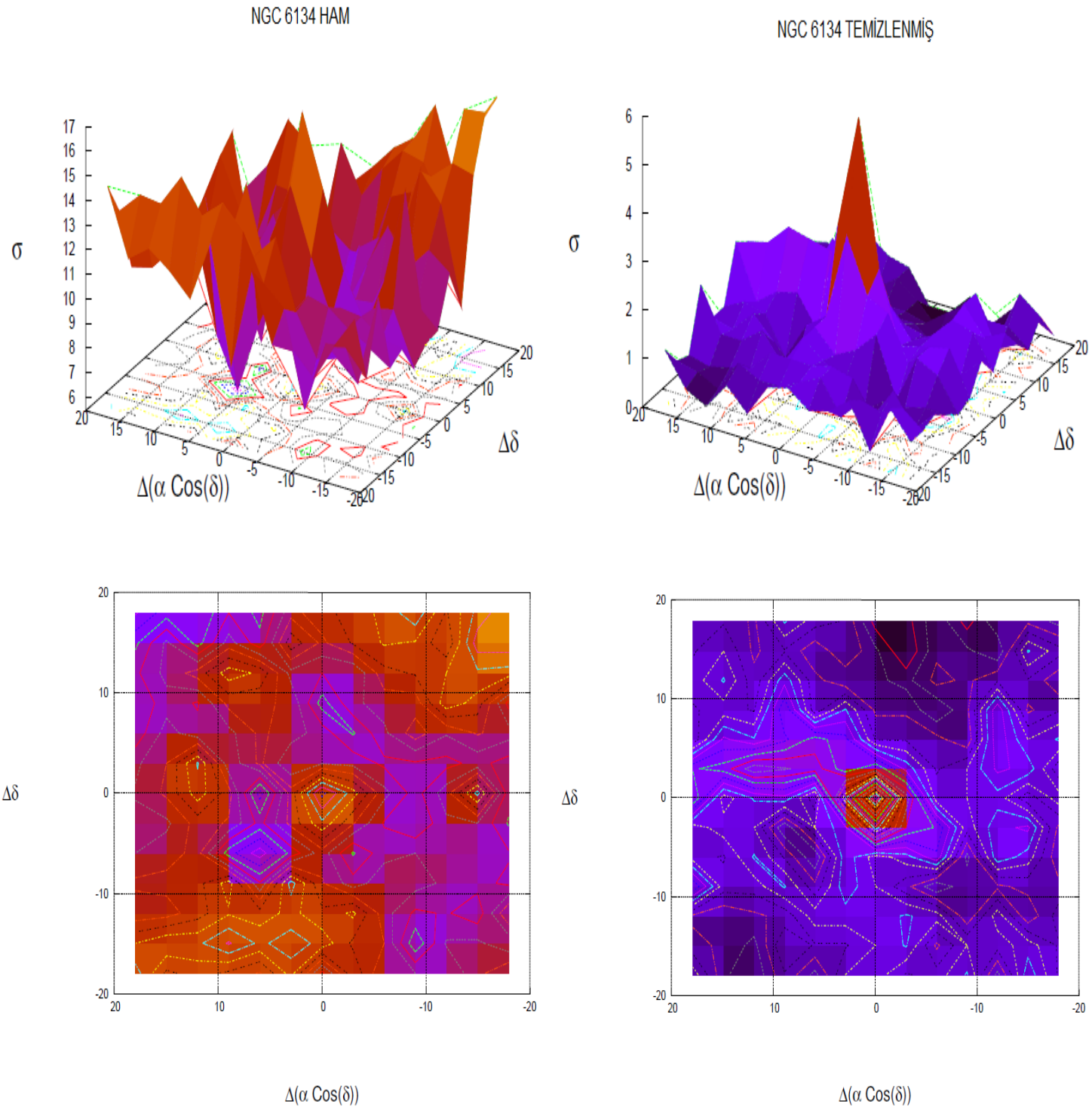

Pismis 1
Z=0.0105
Yaş=0.8 Gyıl
J
(J-H)

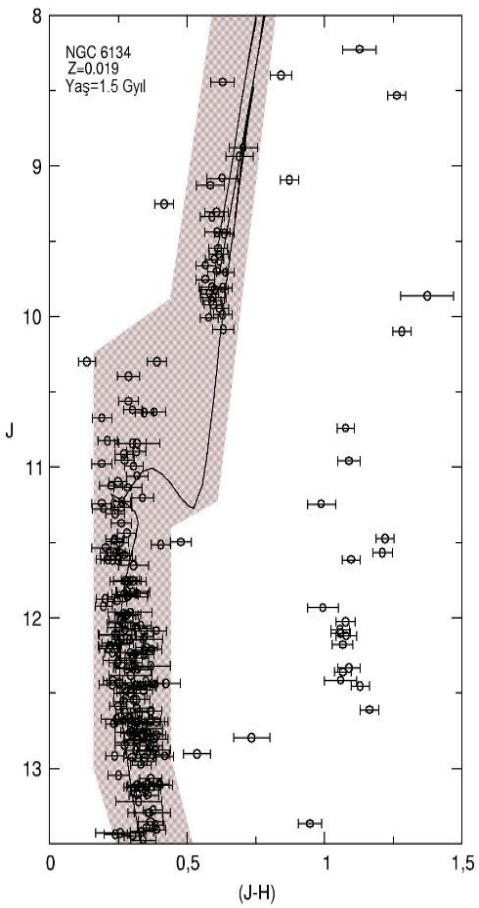

Pismis 1
Z=0.006
Yaş=0.8 Gyıl
J
(J-H)

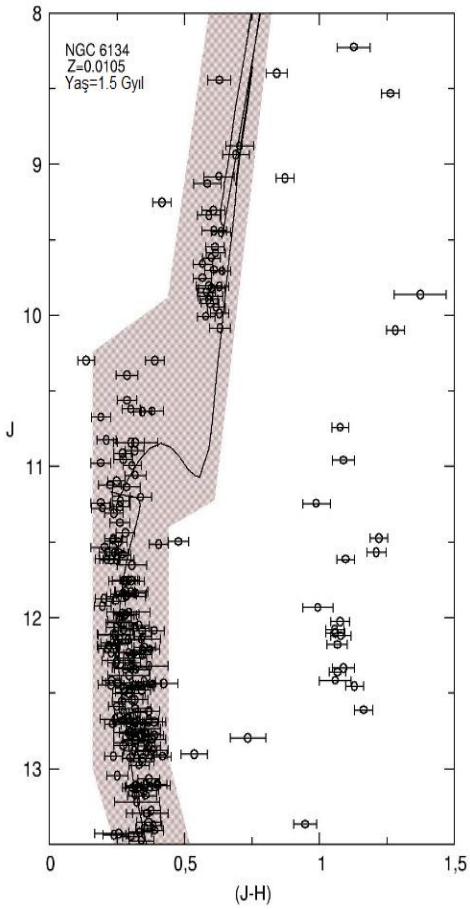

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

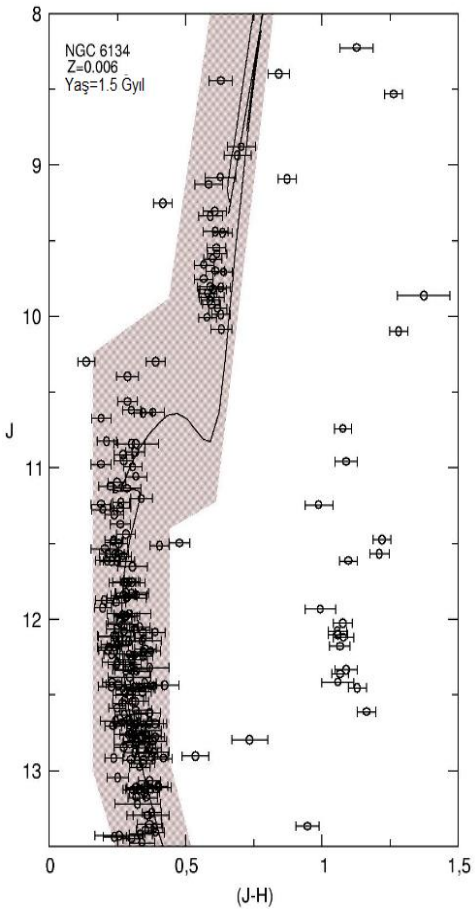

(a)
Tüm Küme (0.0-6.16 pc)
χ=1.18±0.38
(b)
(0.54-6.16 pc)
χ=1.57±0.4
(c)
Kor (0.0-0.54 pc)
χ=-2.42±1.07
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

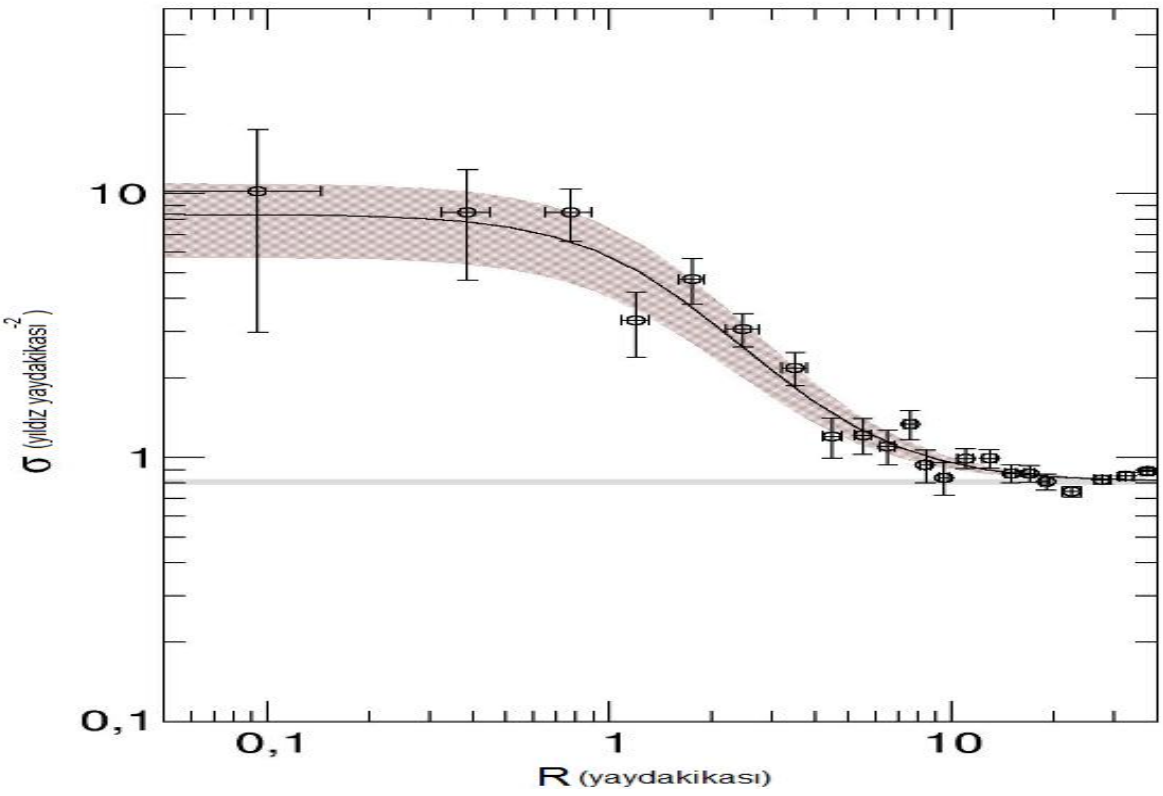
NGC 6134

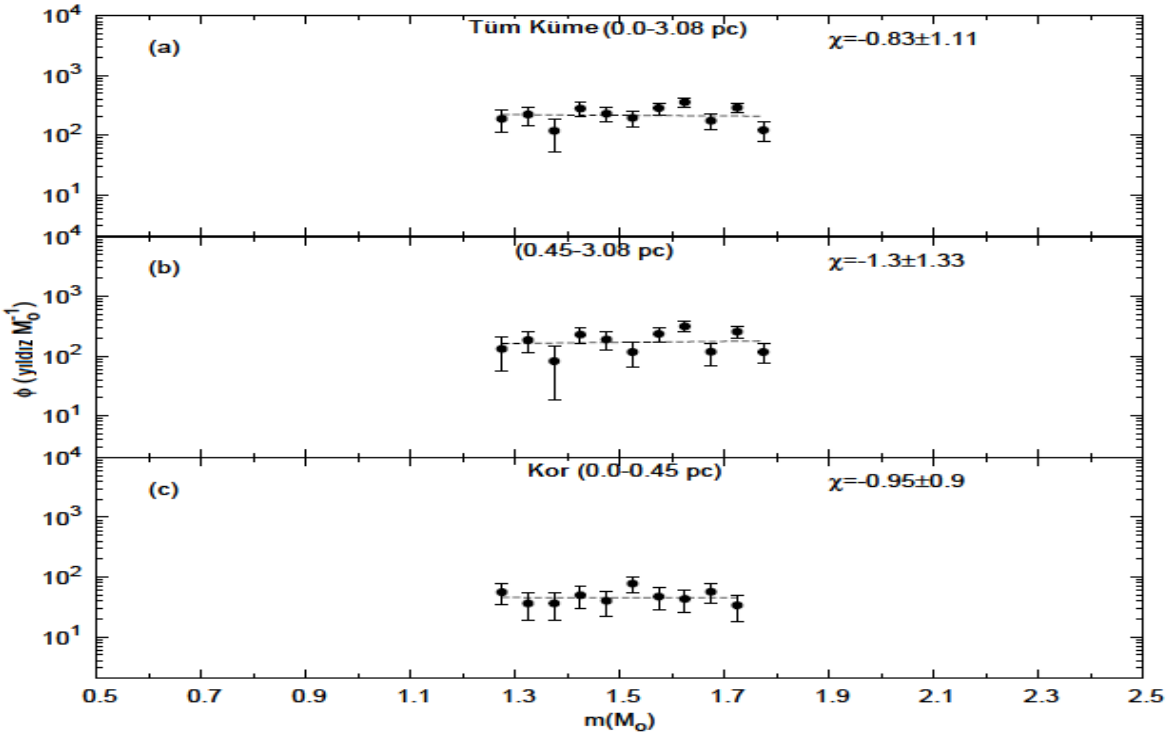



NGC 6134
Z=0.019
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

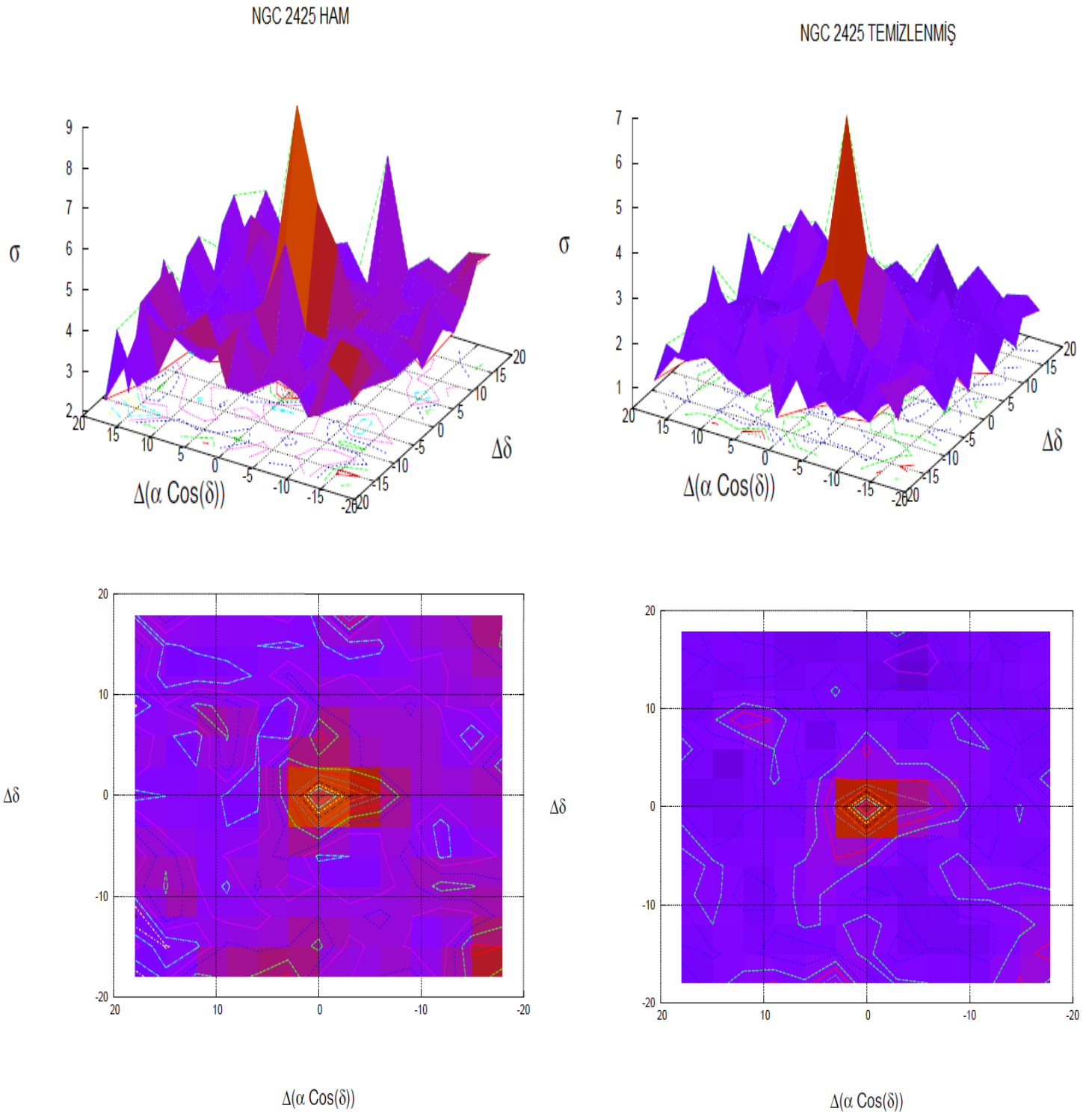

NGC 6134
Z=0.0105
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

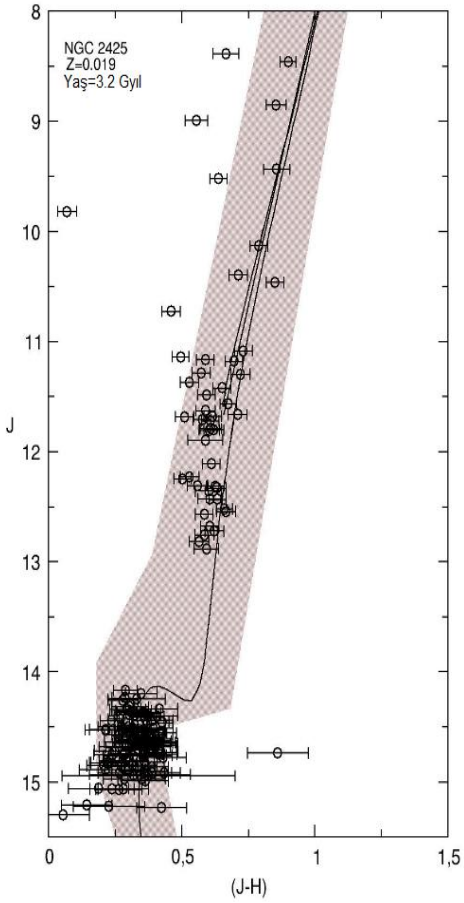

NGC 6134
Z=0.006
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

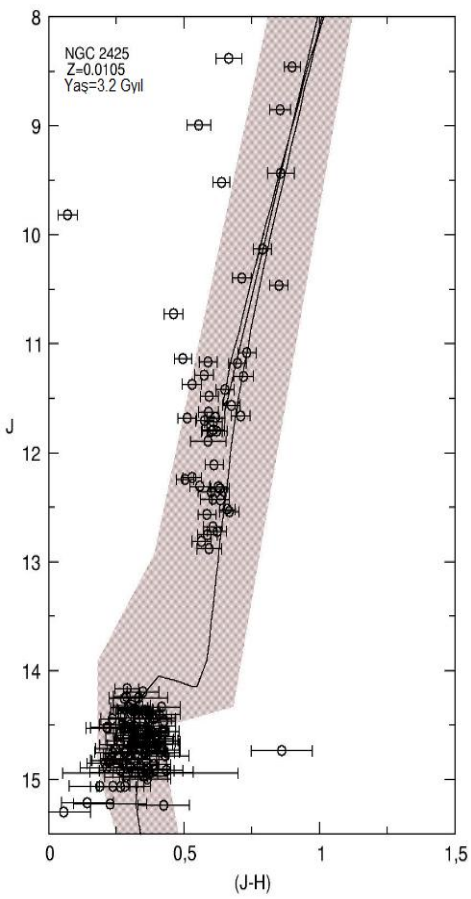

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

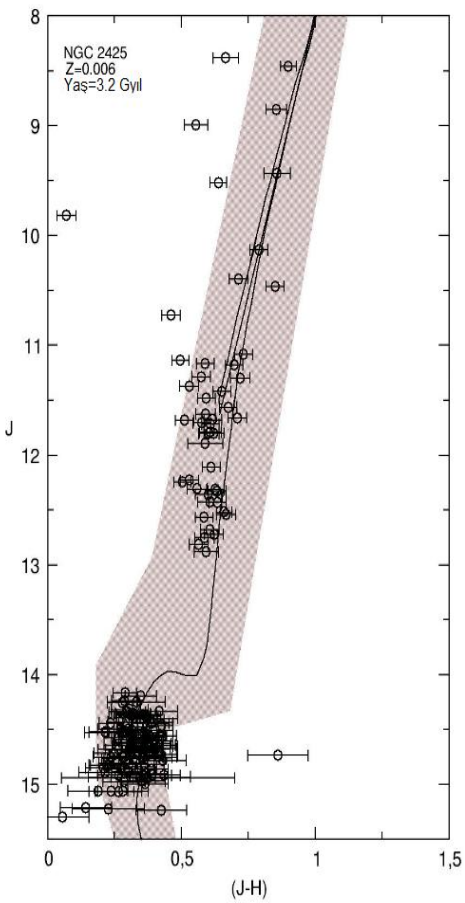

(a)
Tüm Küme (0.0-3.08 pc)
χ=-0.83±1.11
(b)
(0.45-3.08 pc)
χ=-1.3±1.33
(c)
Kor (0.0-0.45 pc)
χ=-0.95±0.9
ϕ (yıldız M⁻¹ₒ)
m(Mₒ)

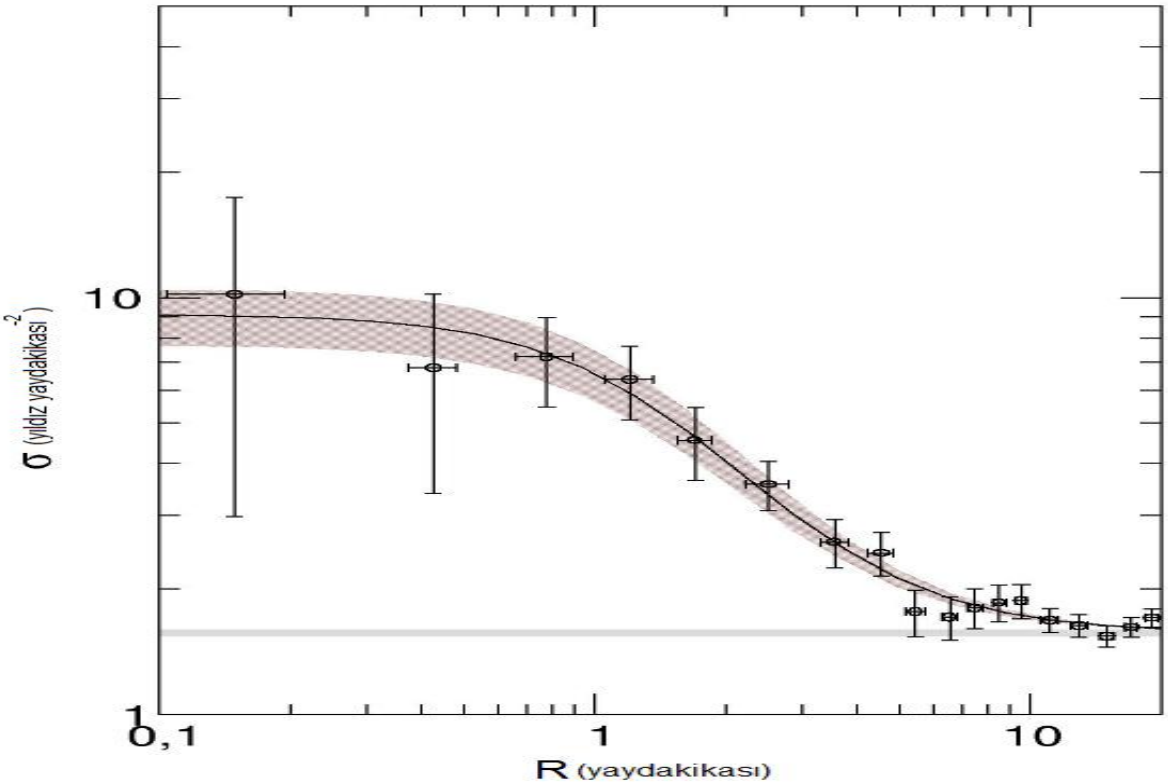
NGC 2425



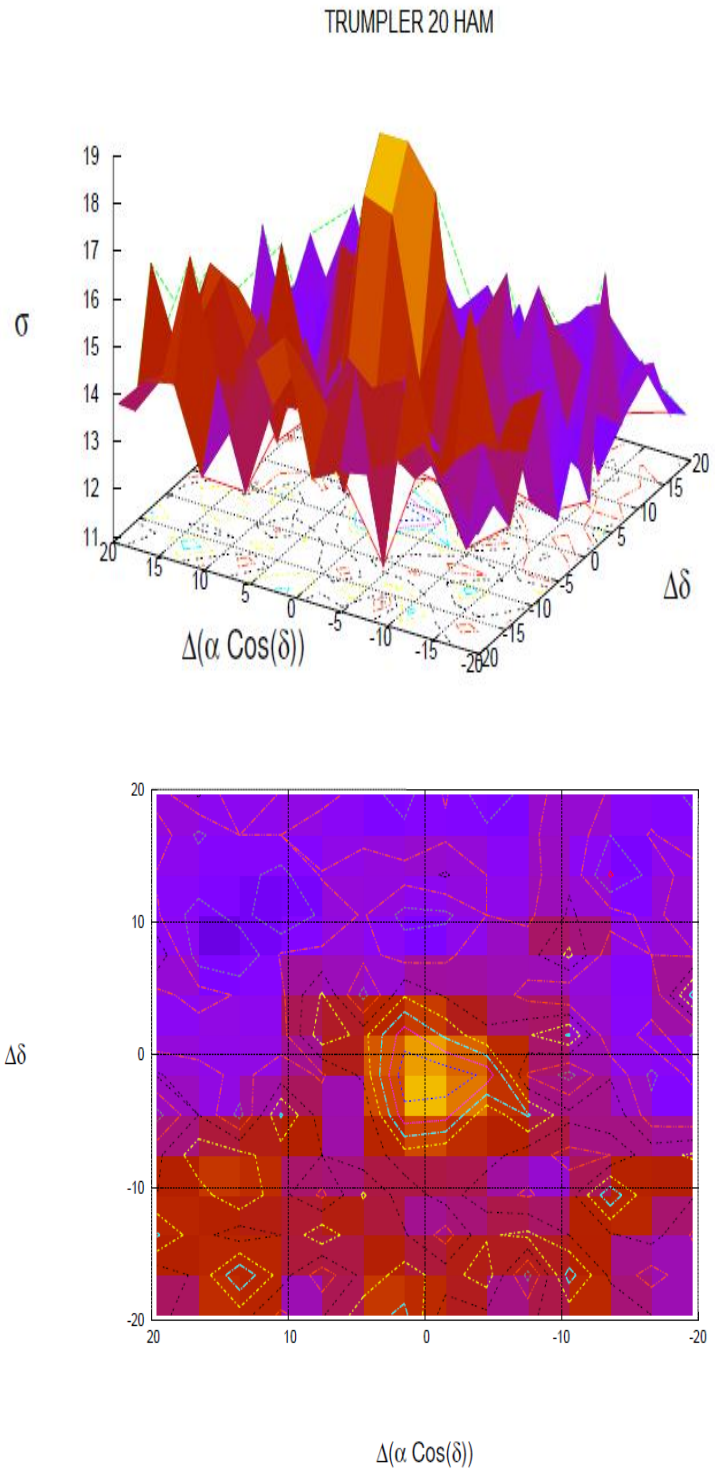

NGC 2425
Z=0.019
Yaş=3.2 Gyıl
J
(J-H)

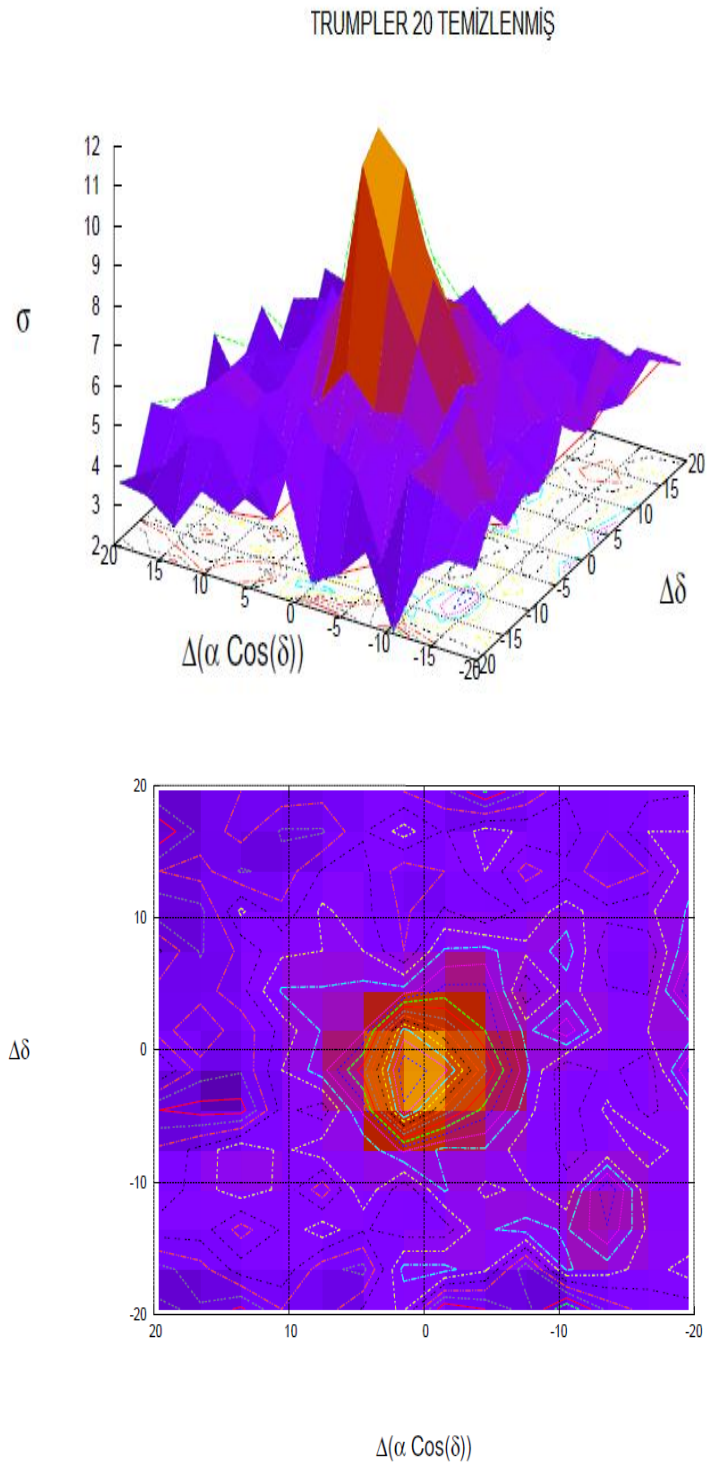

NGC 2425
Z=0.0105
Yaş=3.2 Gyıl
J
(J-H)

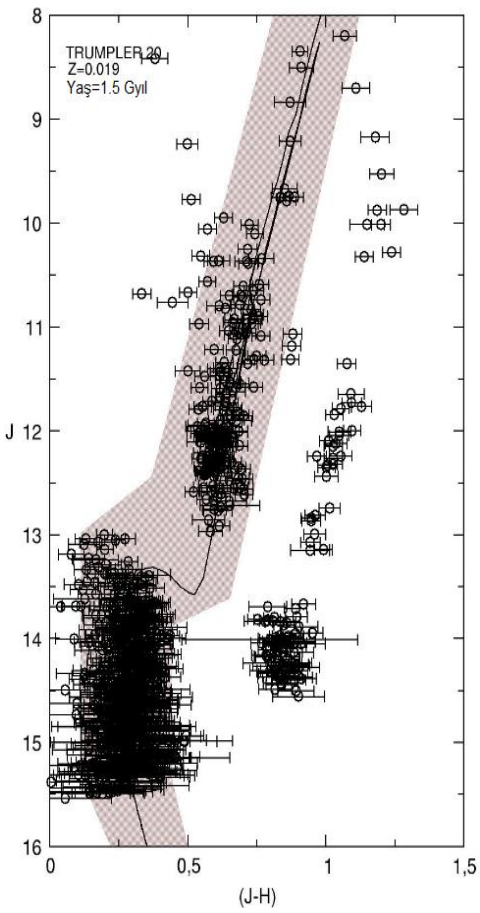

NGC 2425
Z=0.006
Yaş=3.2 Gyıl
J
(J-H)

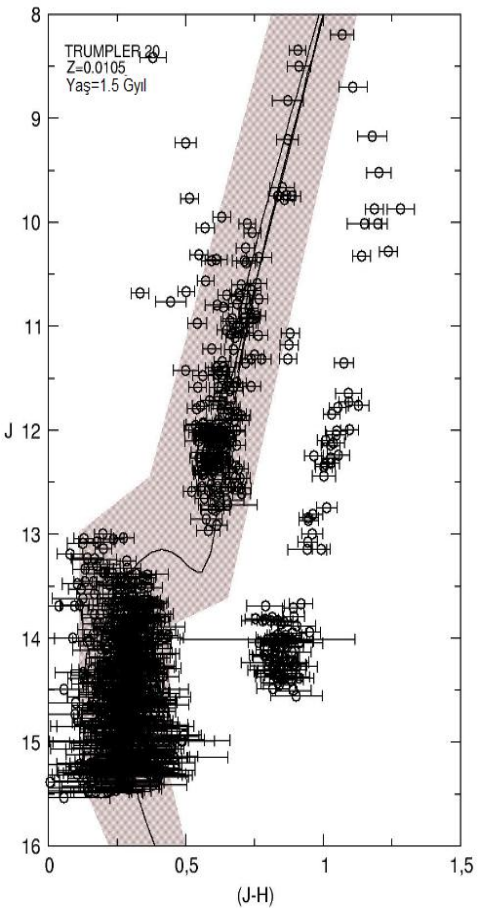

σ (yıldız yaydakikası)
-2
R (yaydakikası)

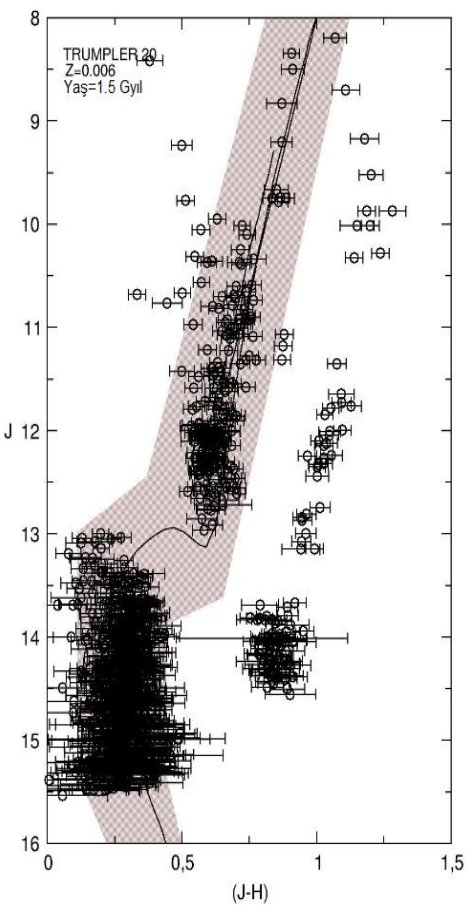
TRUMPLER 20

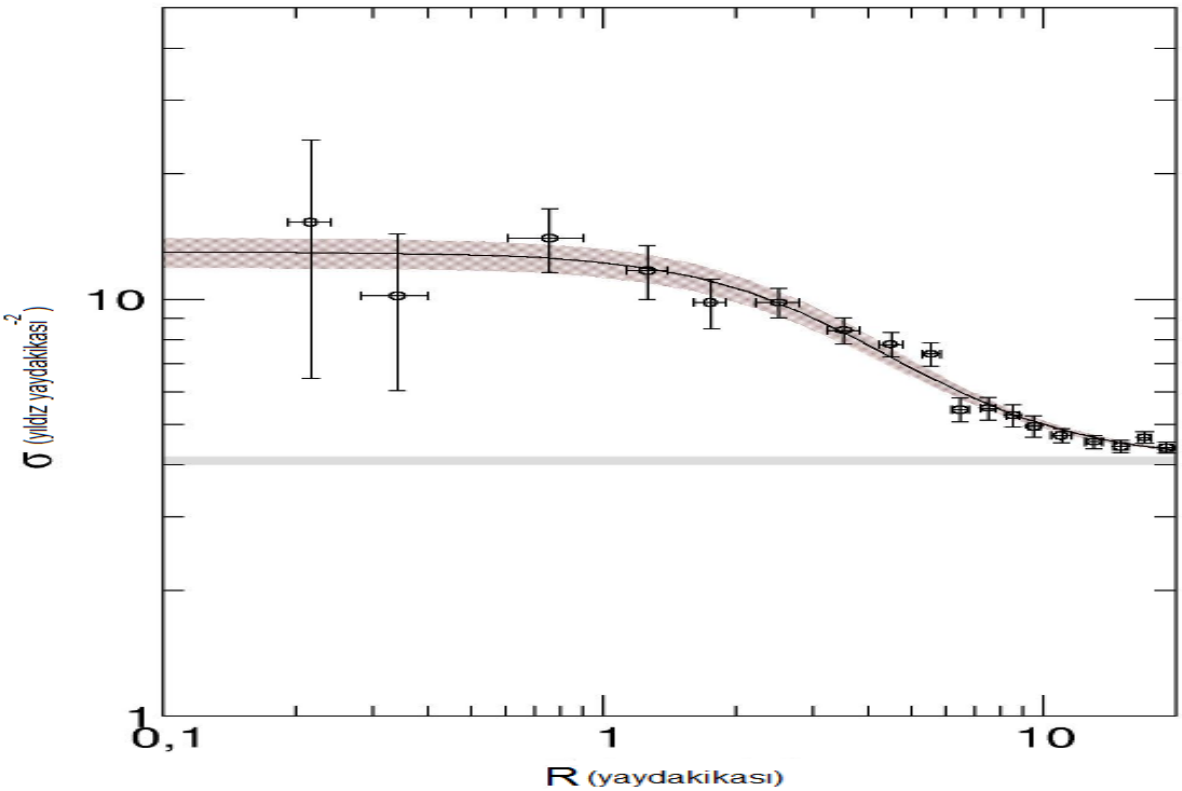

TRUMPLER 20 HAM
σ
Δδ
Δ(α Cos(δ))
Δδ
Δ(α Cos(δ))

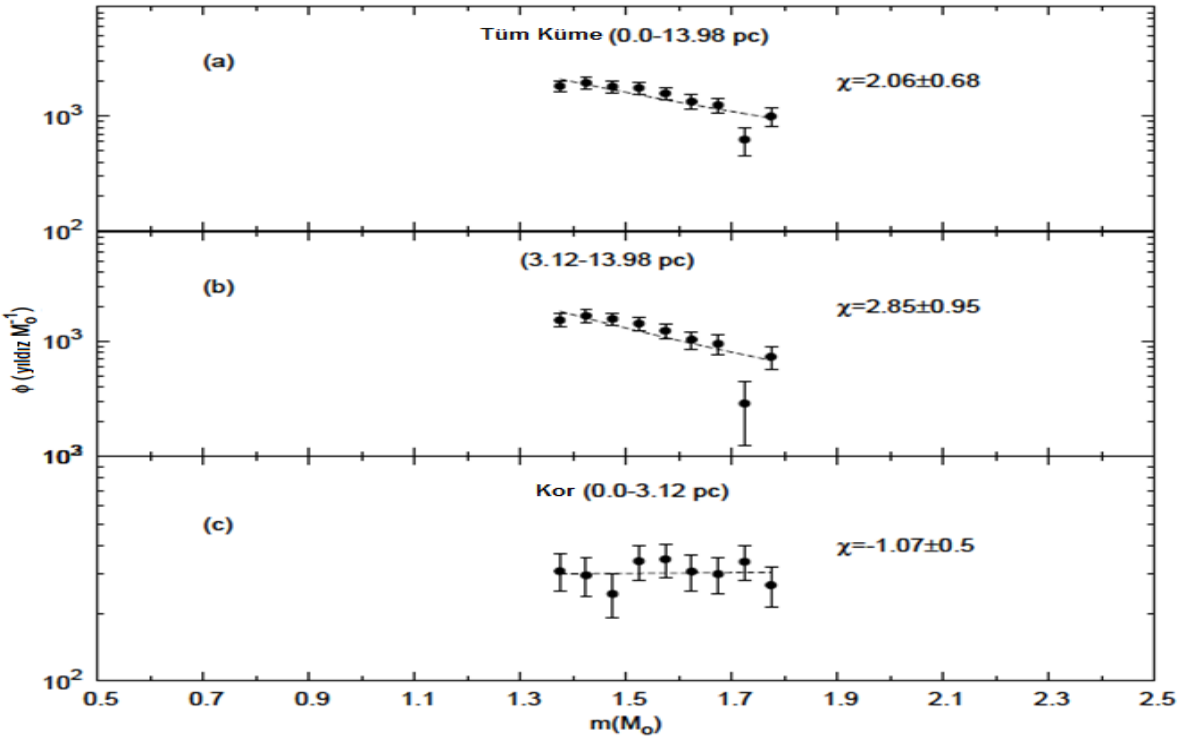

TRUMPLER 20 TEMİZLENMİŞ
σ
Δδ
Δ(α Cos(δ))
Δδ
Δ(α Cos(δ))


TRUMPLER 20
Z=0.019
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

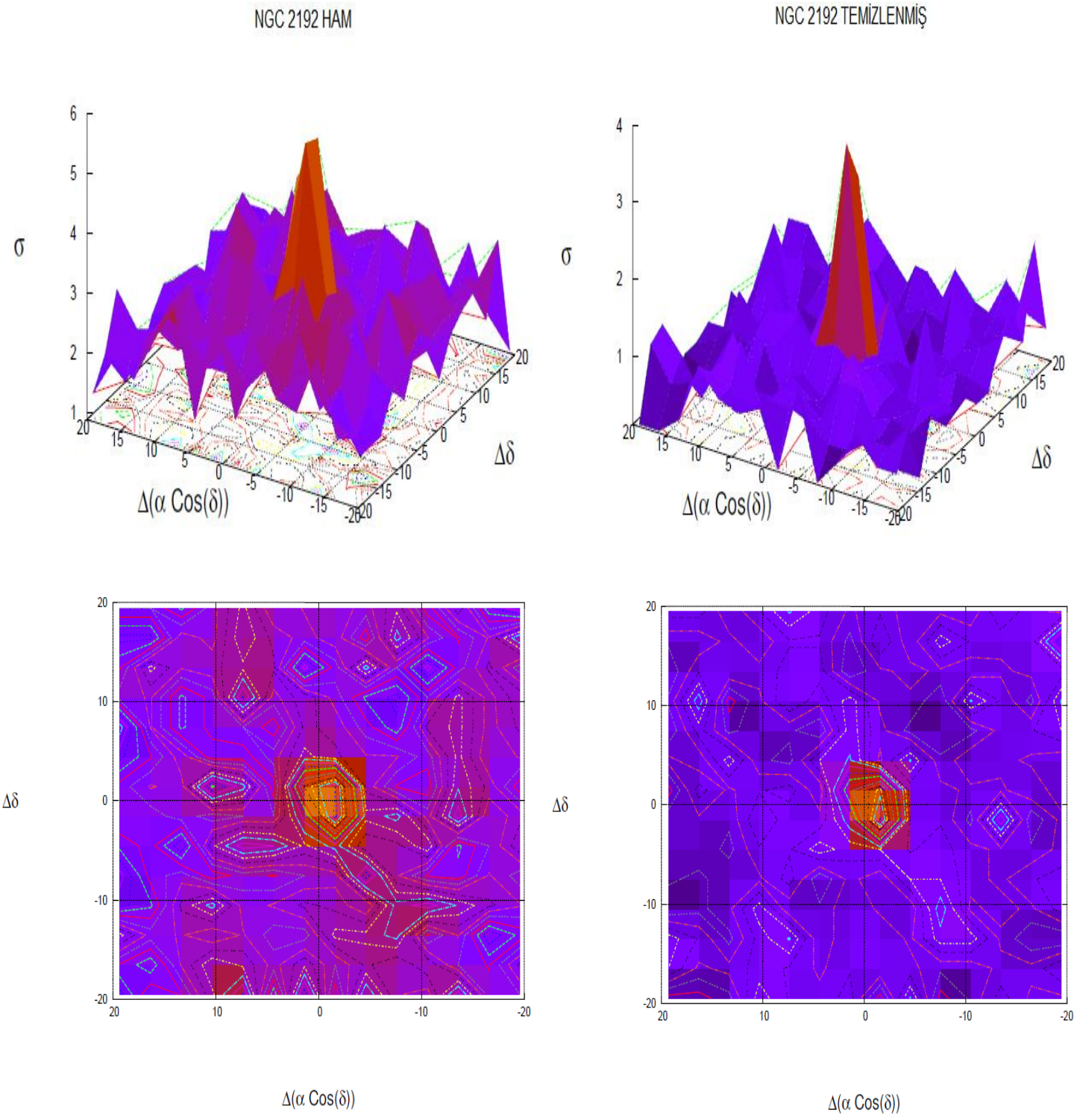

TRUMPLER 20
Z=0.0105
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

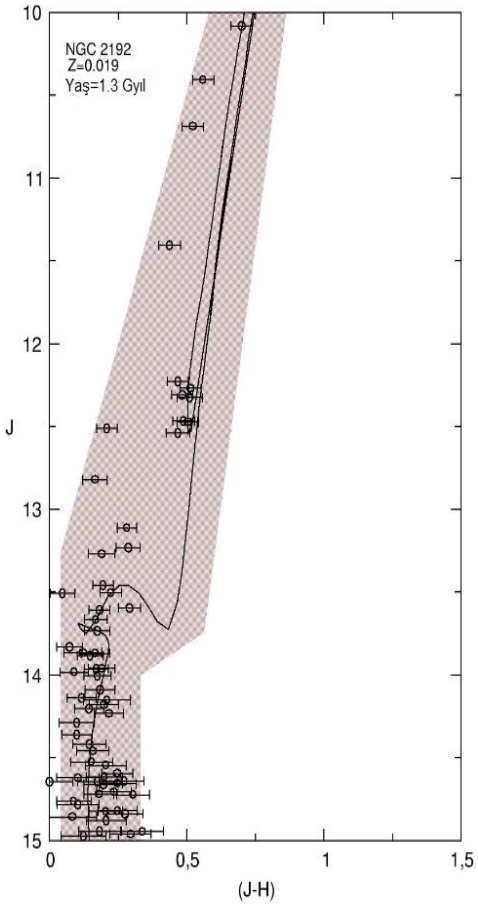

TRUMPLER 20
Z=0.006
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

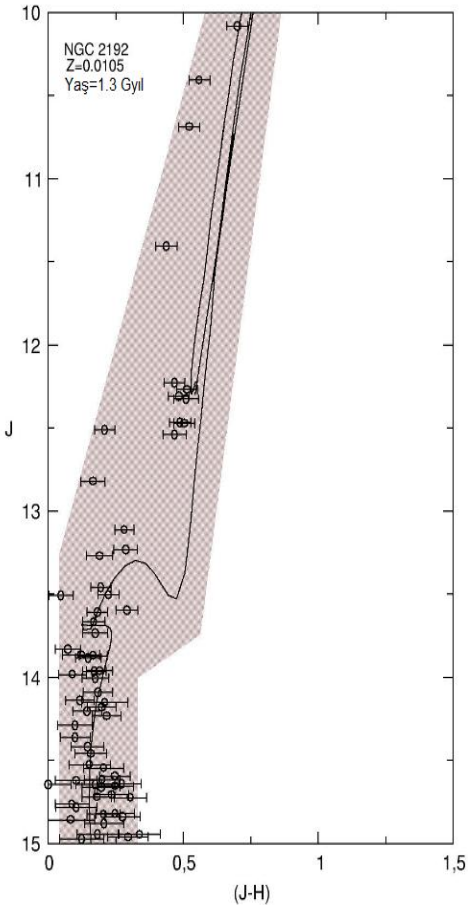

σ (yıldız yaydakikası -2)
R (yaydakikası)

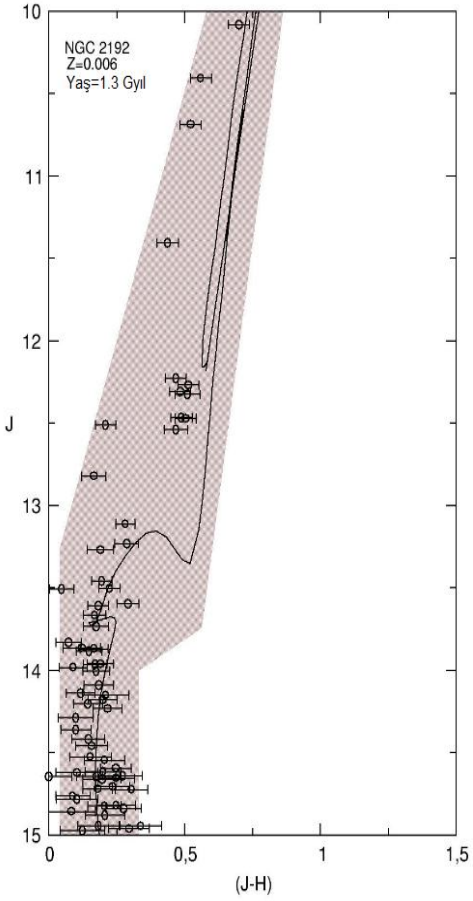

Tüm Küme (0.0-13.98 pc)
(a)
χ=2.06±0.68
(3.12-13.98 pc)
(b)
χ=2.85±0.95
Kor (0.0-3.12 pc)
(c)
χ=-1.07±0.5
ϕ (yıldız M⊙⁻¹)
m(M⊙)

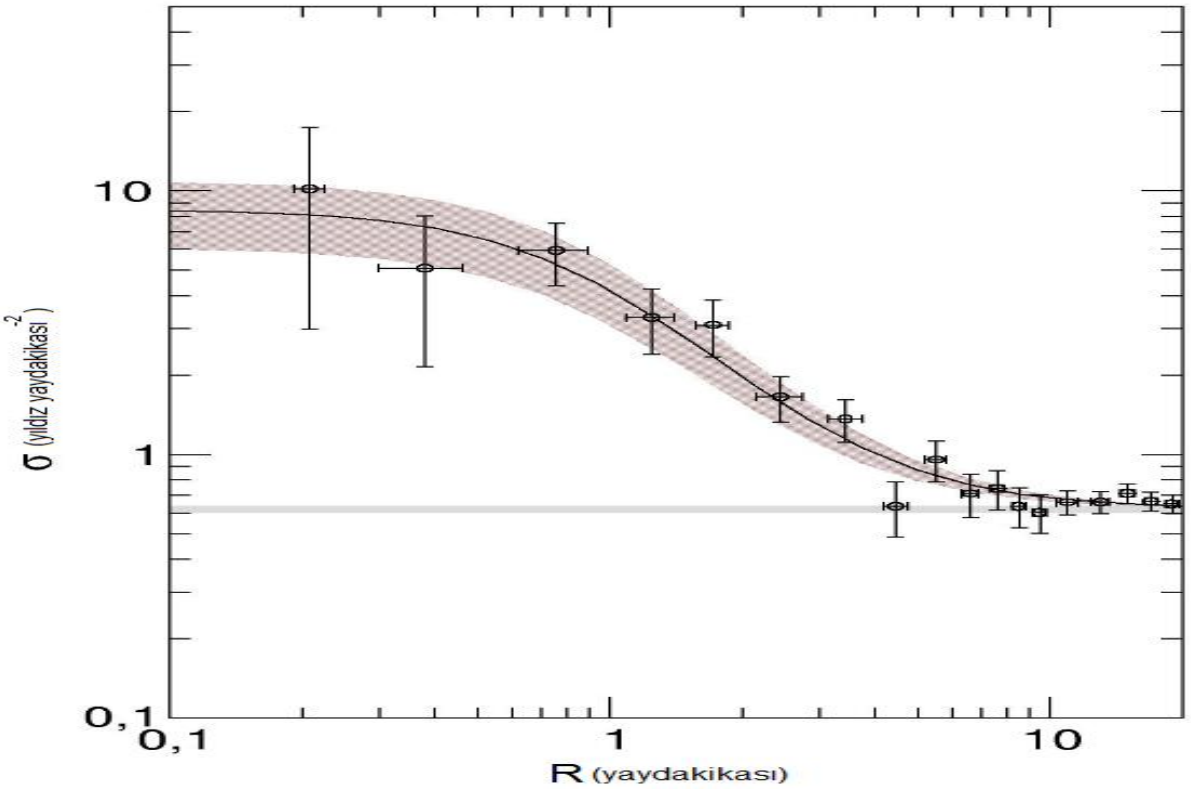
NGC 2192

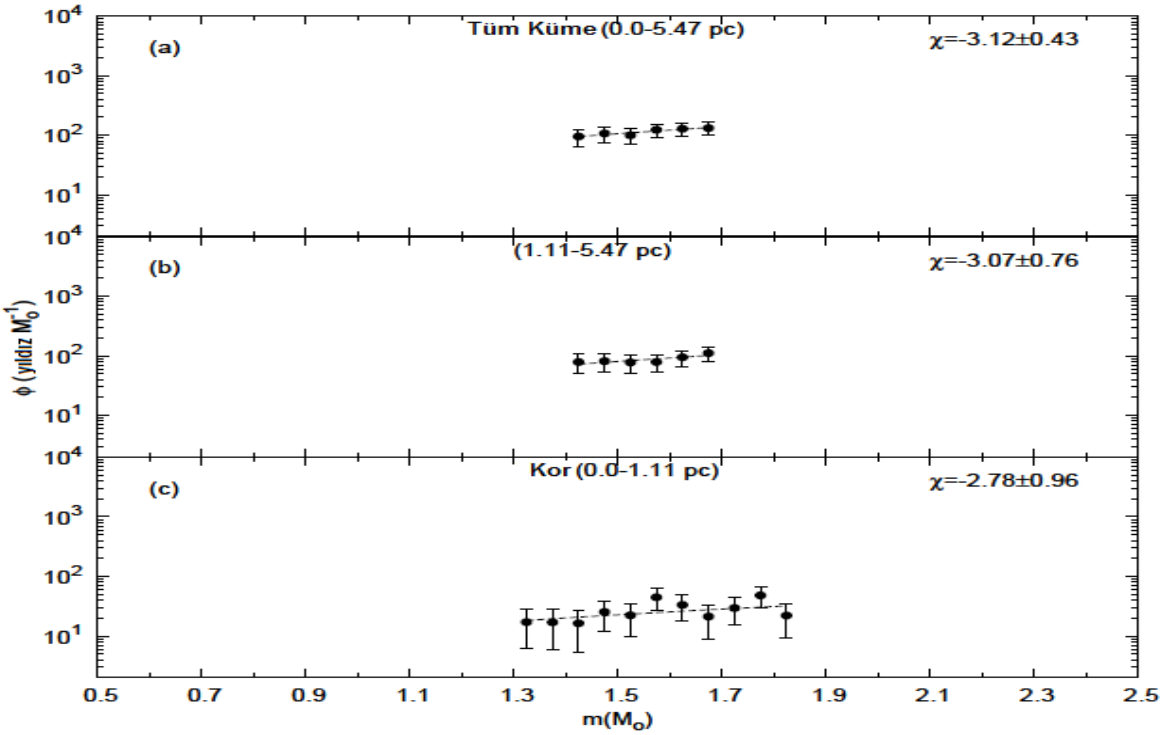



NGC 2192
Z=0.019
Yaş=1.3 Gyıl
J
(J-H)

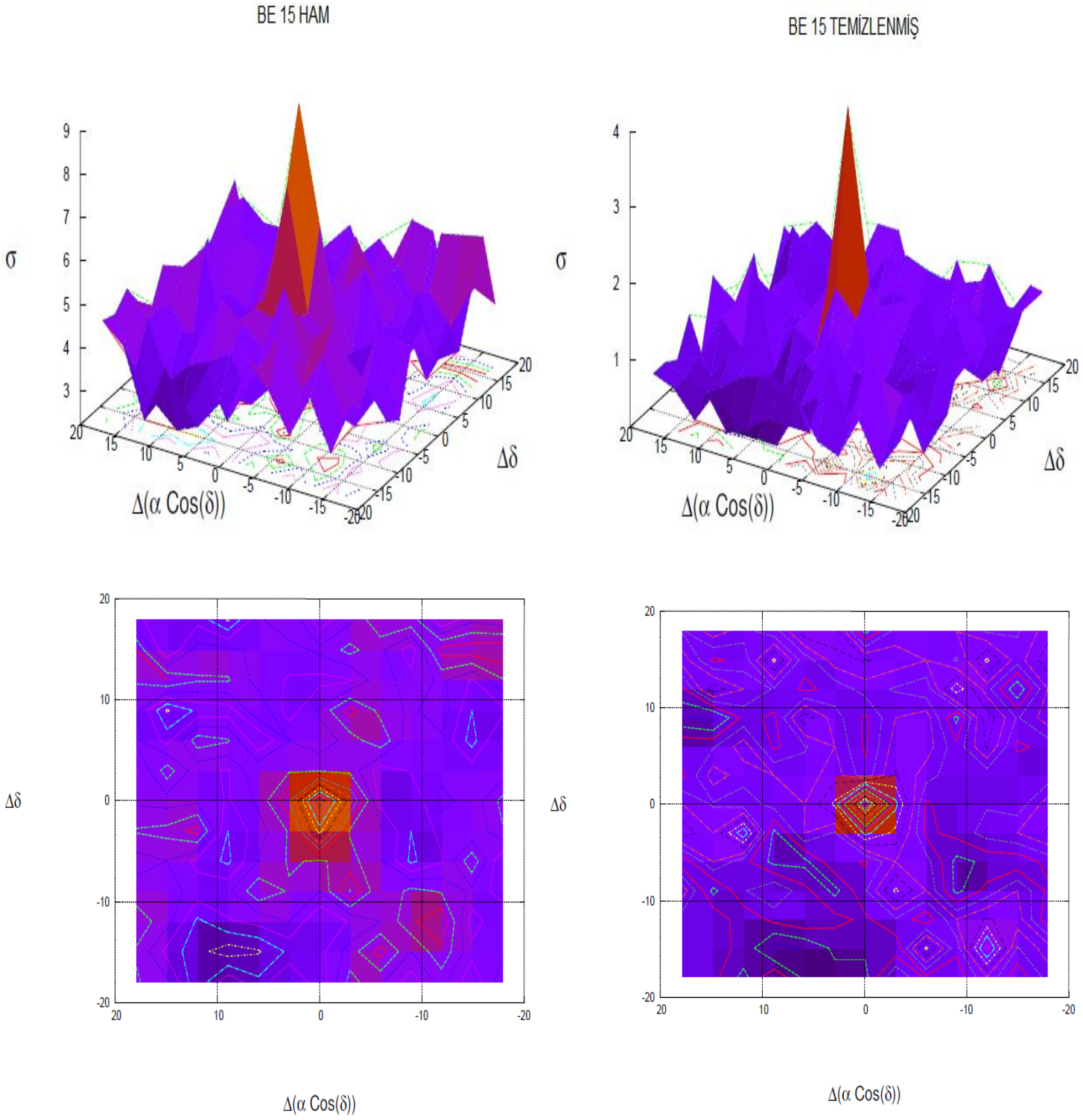

NGC 2192
Z=0.0105
Yaş=1.3 Gyıl
J
(J-H)

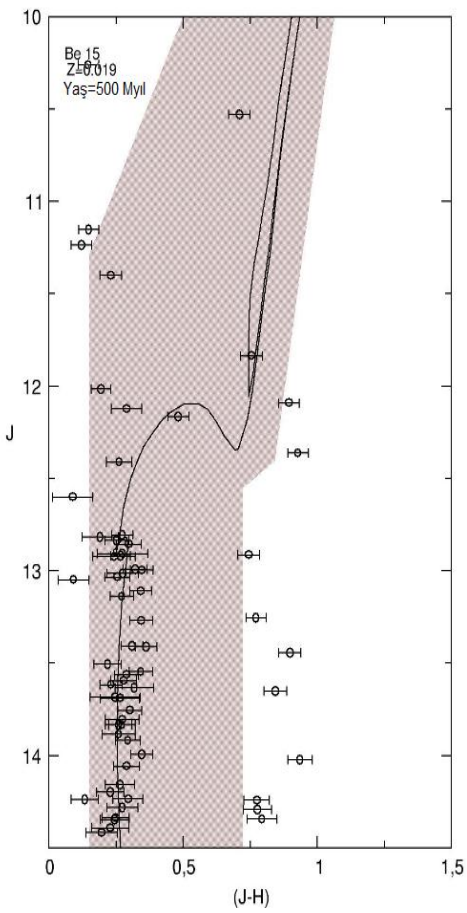

NGC 2192
Z=0.006
Yaş=1.3 Gyıl
J
(J-H)

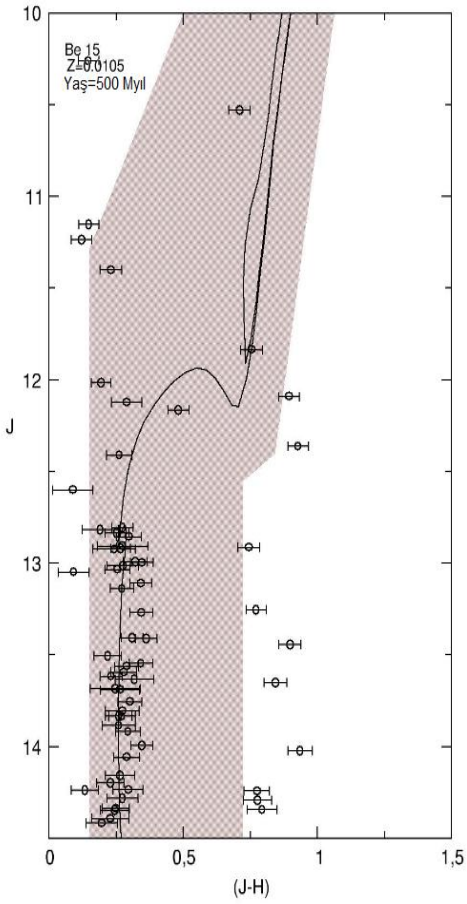

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

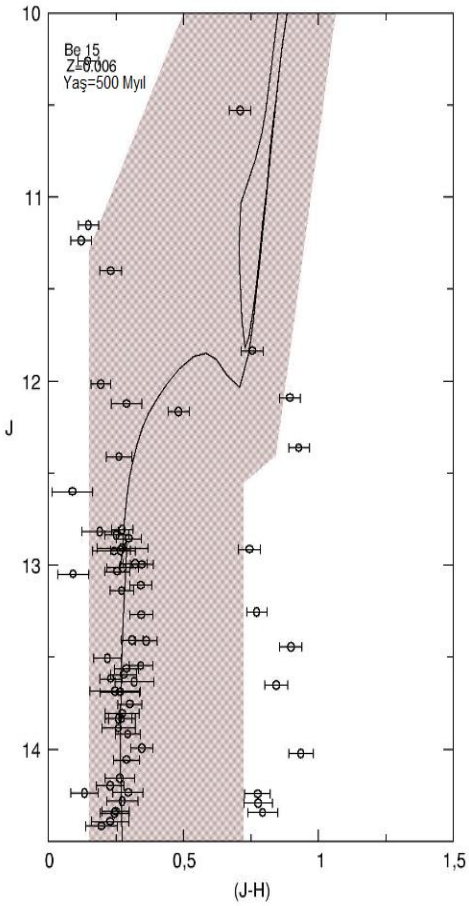

(a)
Tüm Küme (0.0-5.47 pc)
χ=-3.12±0.43
(b)
(1.11-5.47 pc)
χ=-3.07±0.76
(c)
Kor (0.0-1.11 pc)
χ=-2.78±0.96
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

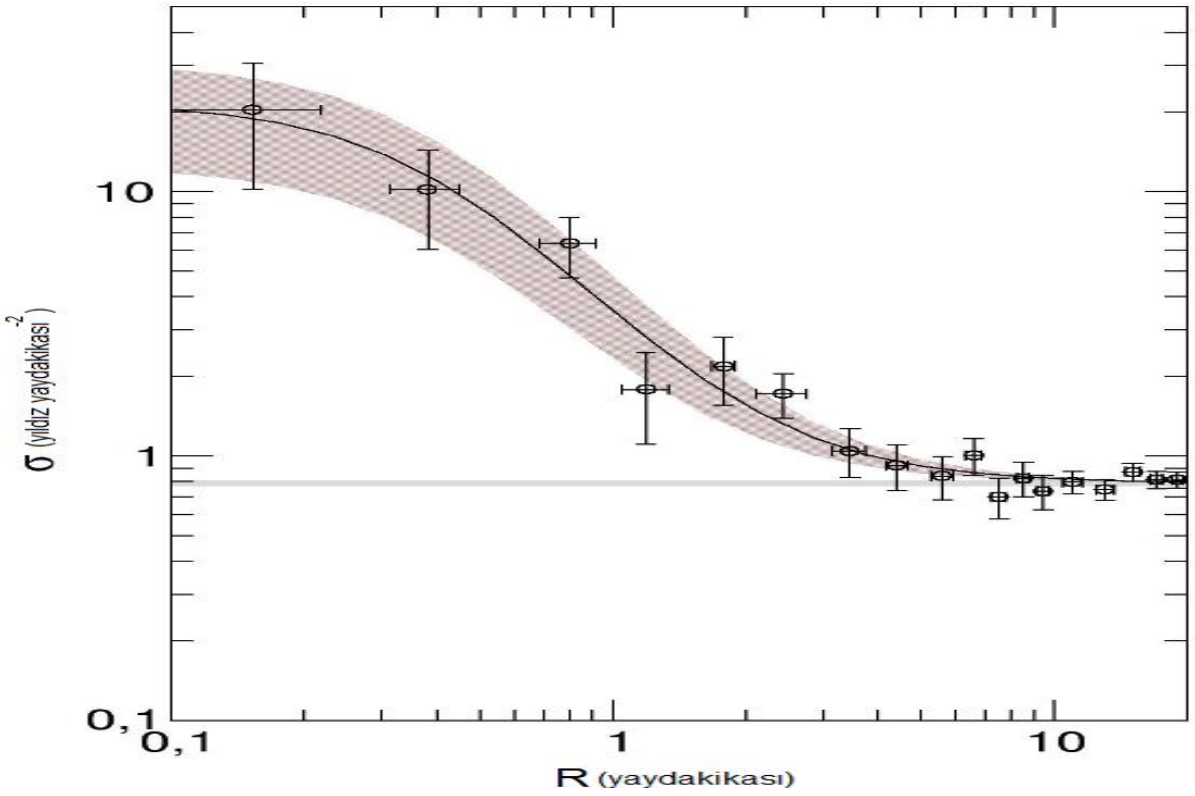
Be 15

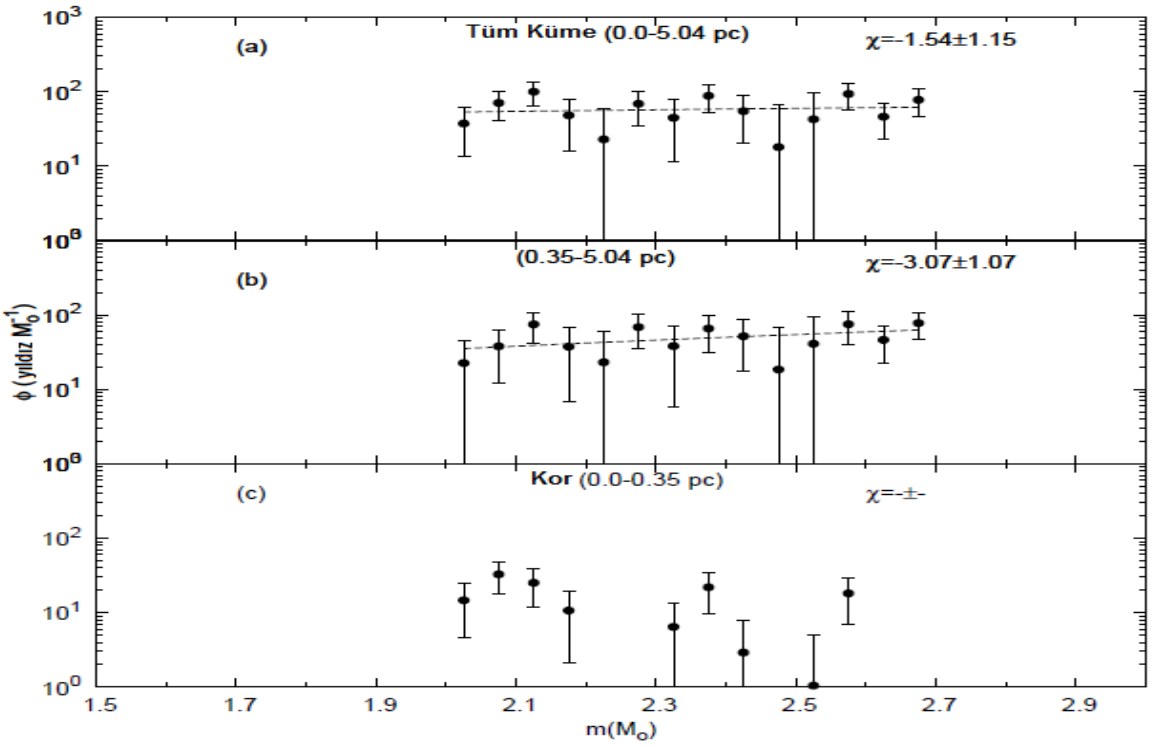



Be 15
Z=0.019
Yaş=500 Myıl
J
(J-H)

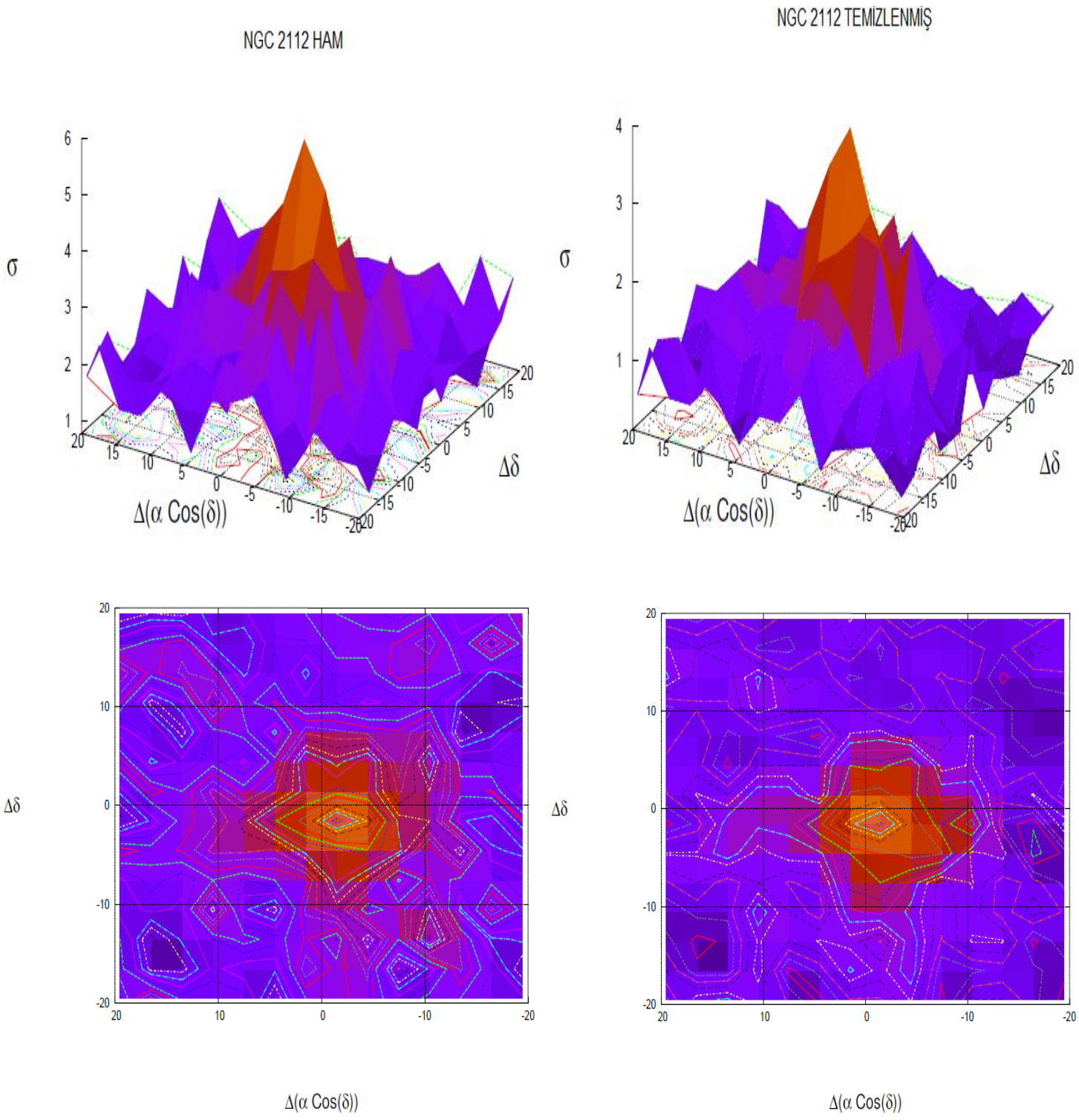

Be 15
Z=0.0105
Yaş=500 Myıl
J
(J-H)

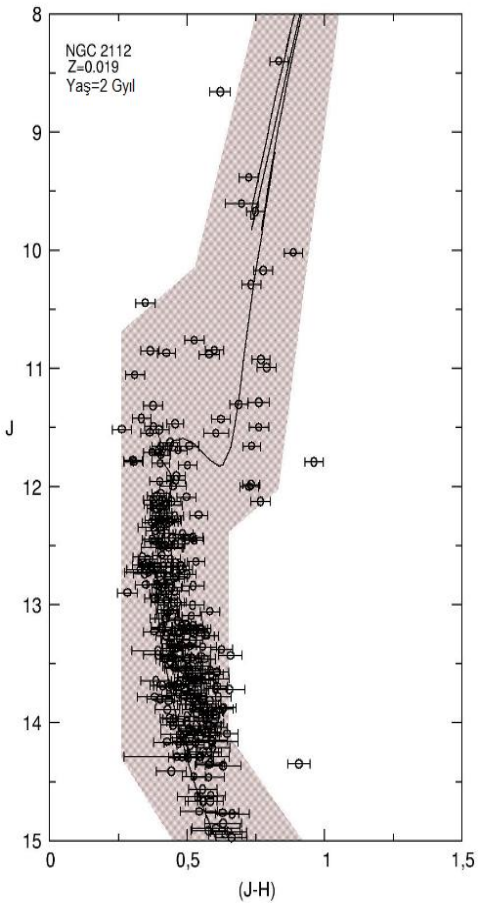

Be 15
Z=0.006
Yaş=500 Myıl
J
(J-H)

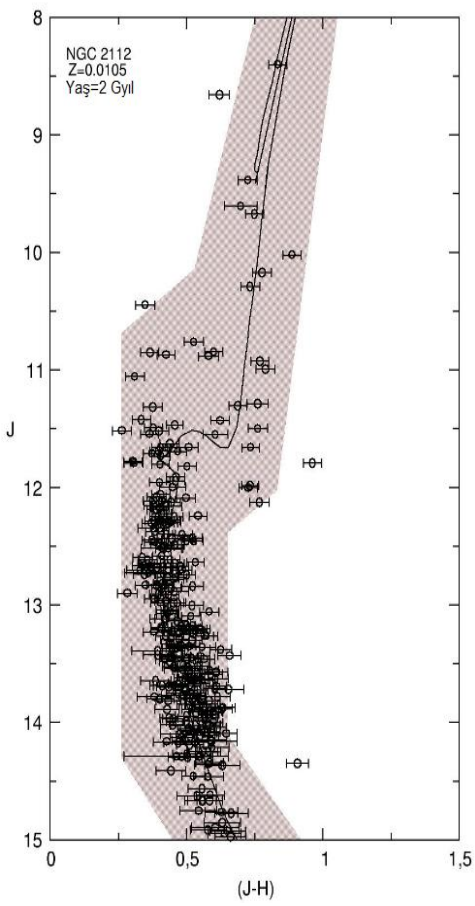

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

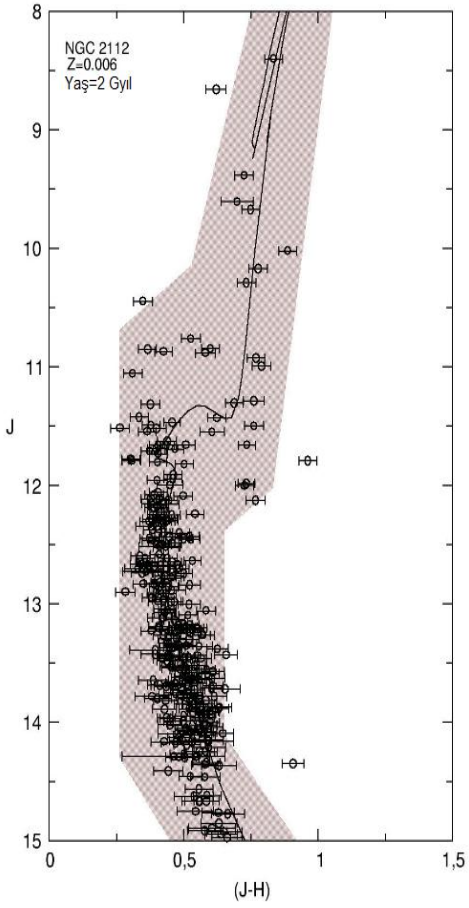

(a)
Tüm Küme (0.0-5.04 pc)
χ=-1.54±1.15
(b)
(0.35-5.04 pc)
χ=-3.07±1.07
(c)
Kor (0.0-0.35 pc)
χ=-±-
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

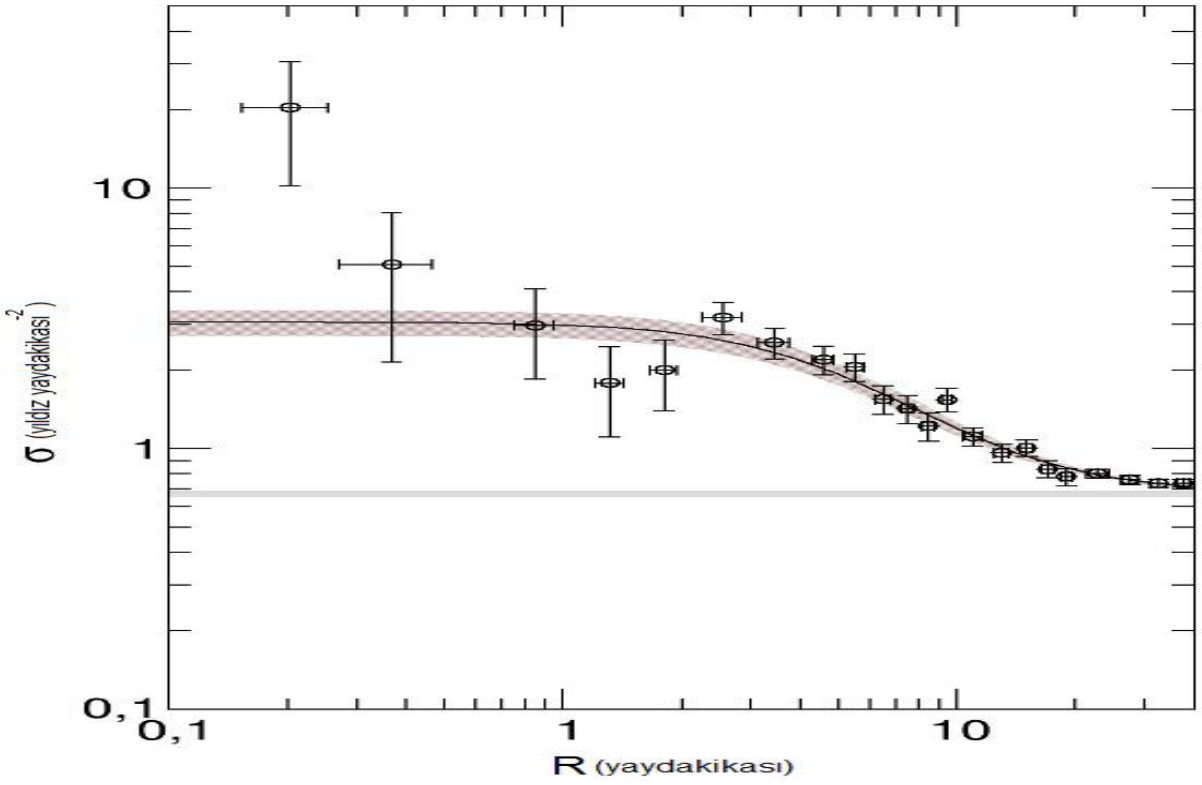
NGC 2112

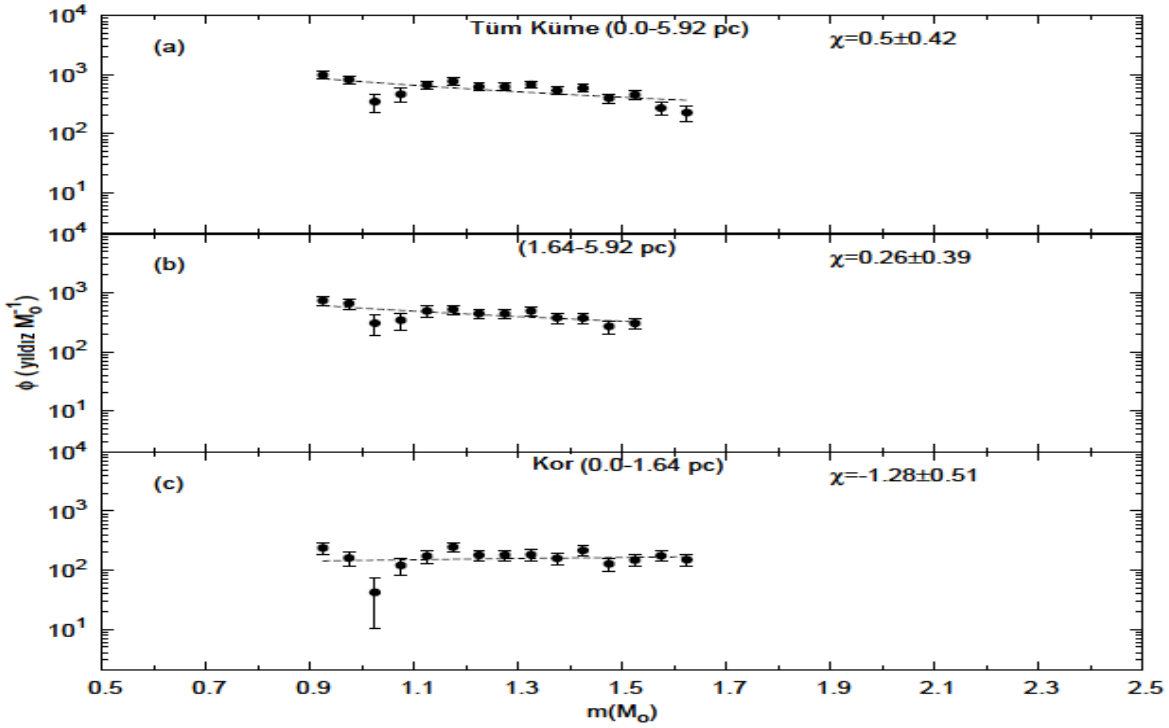



NGC 2112
Z=0.019
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)

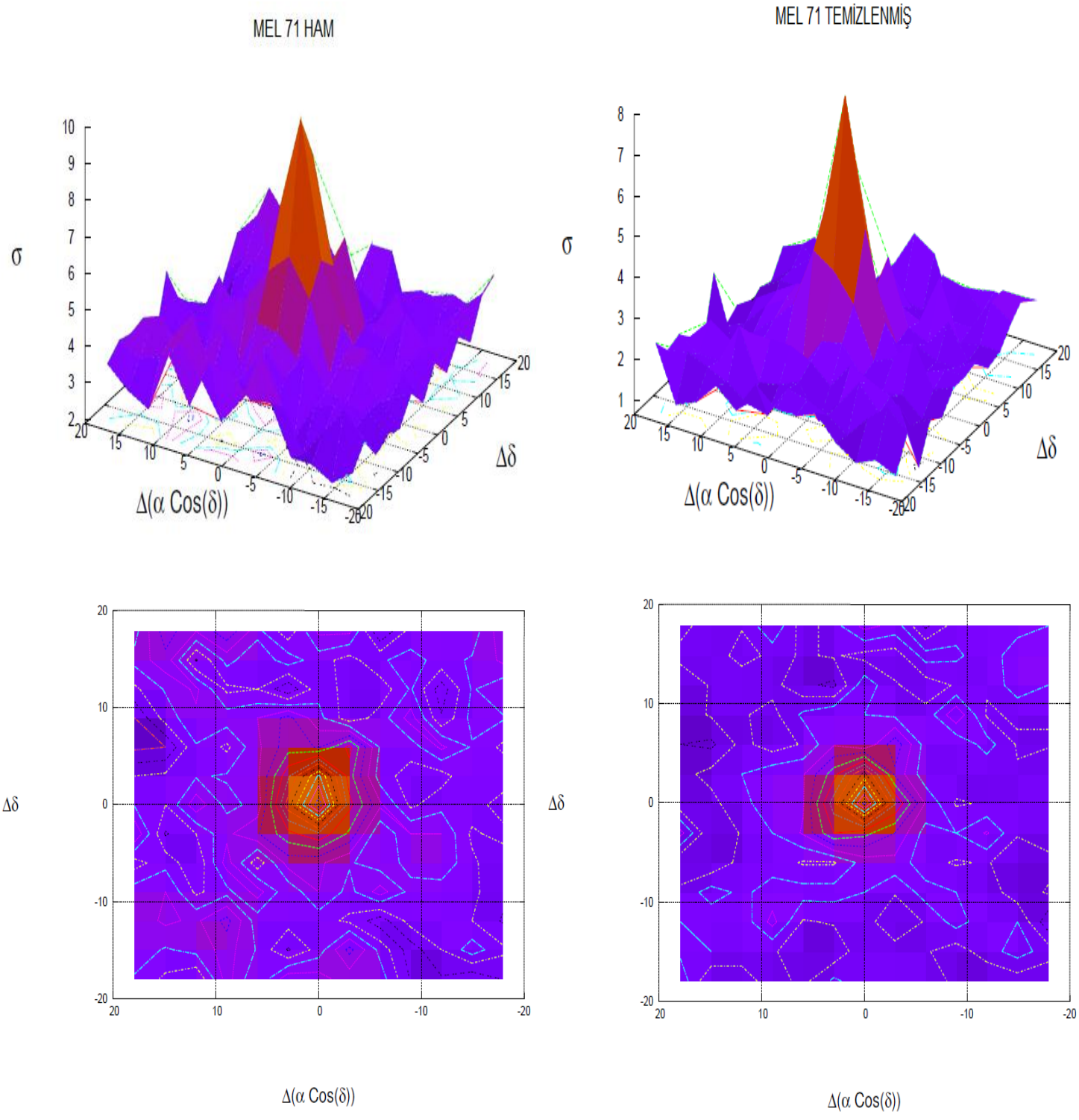

NGC 2112
Z=0.0105
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)

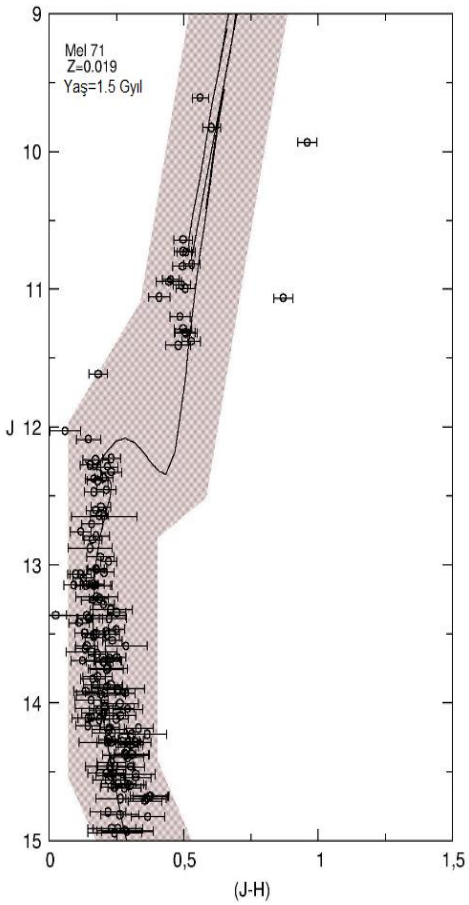

NGC 2112
Z=0.006
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)

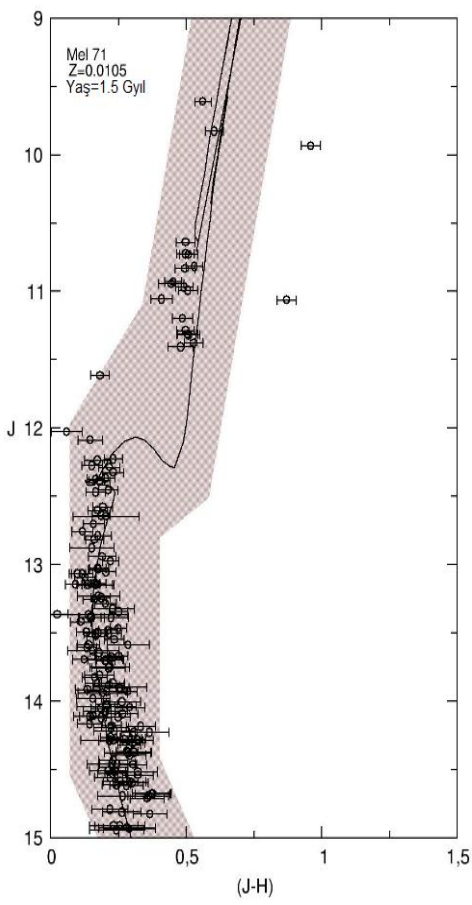

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

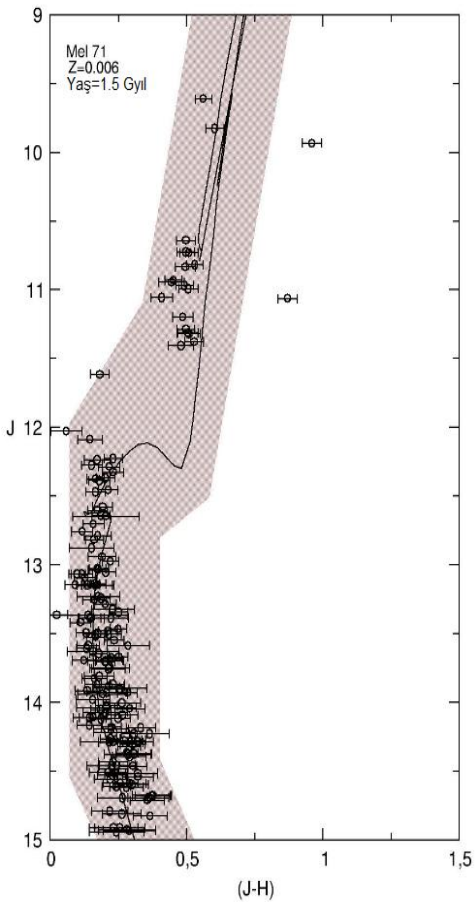

(a)
Tüm Küme (0.0-5.92 pc)
χ=0.5±0.42
(b)
(1.64-5.92 pc)
χ=0.26±0.39
(c)
Kor (0.0-1.64 pc)
χ=-1.28±0.51
ϕ (yıldız M⁻¹ₒ)
m(Mₒ)

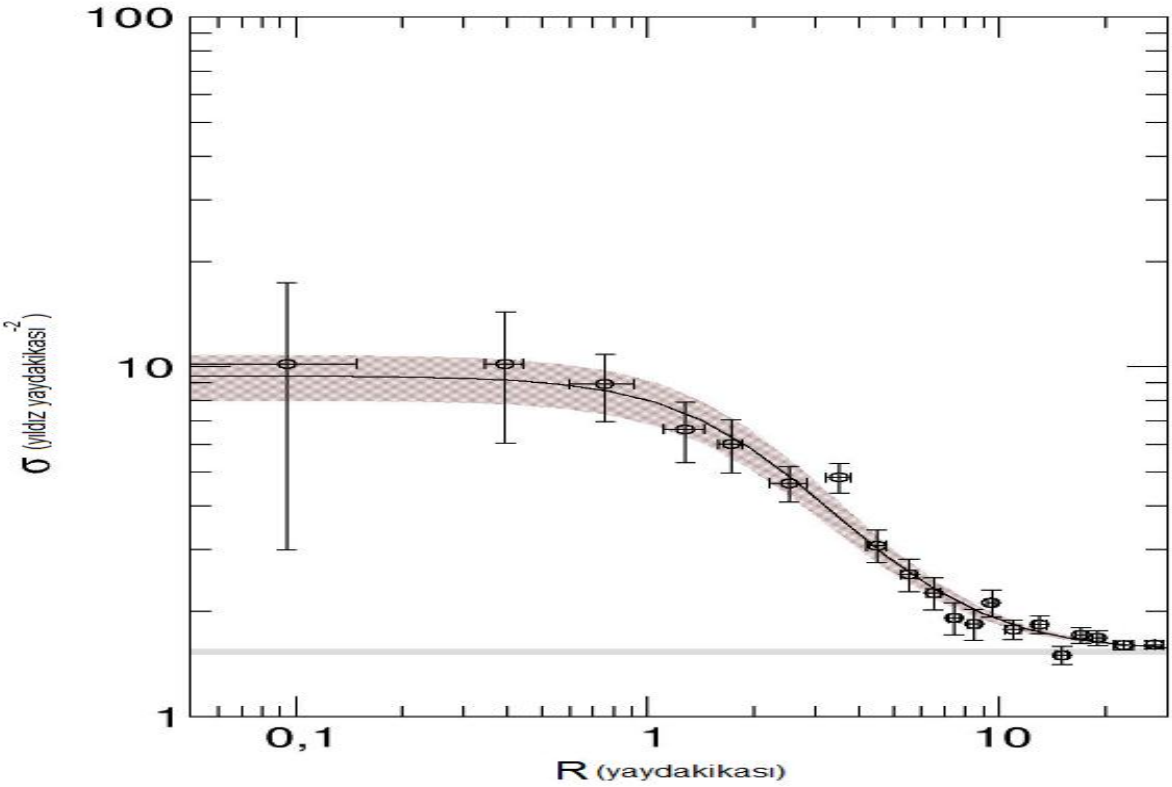
Mel 71

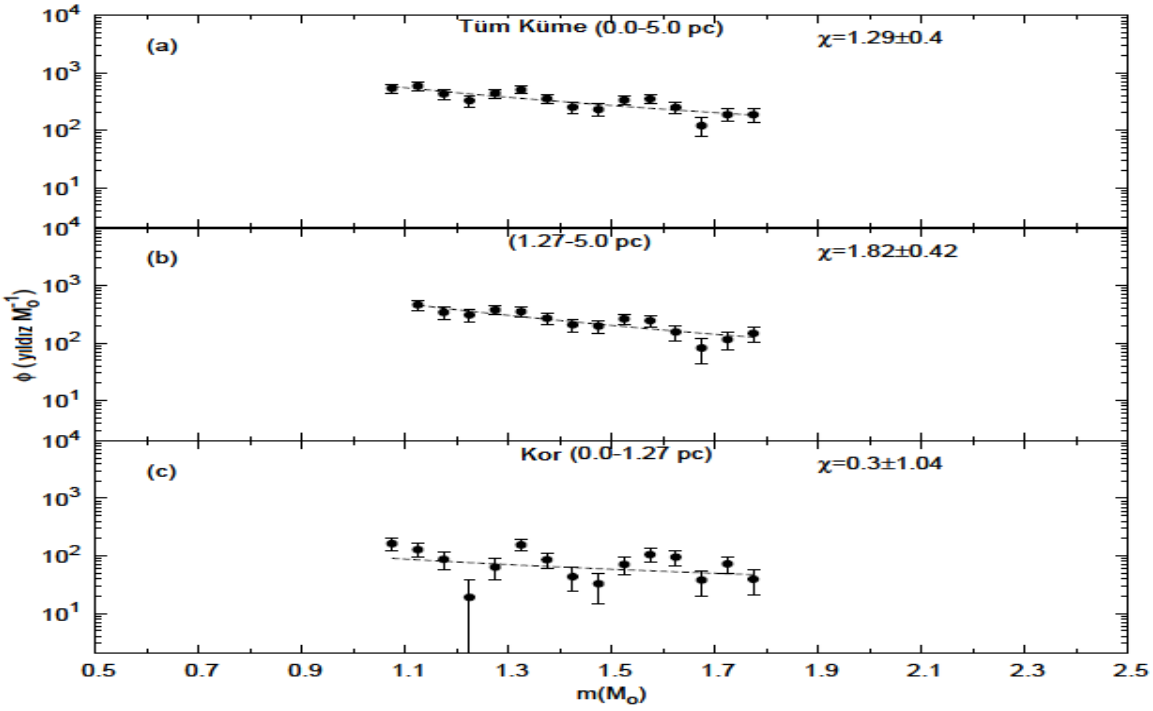



Mel 71
Z=0.019
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

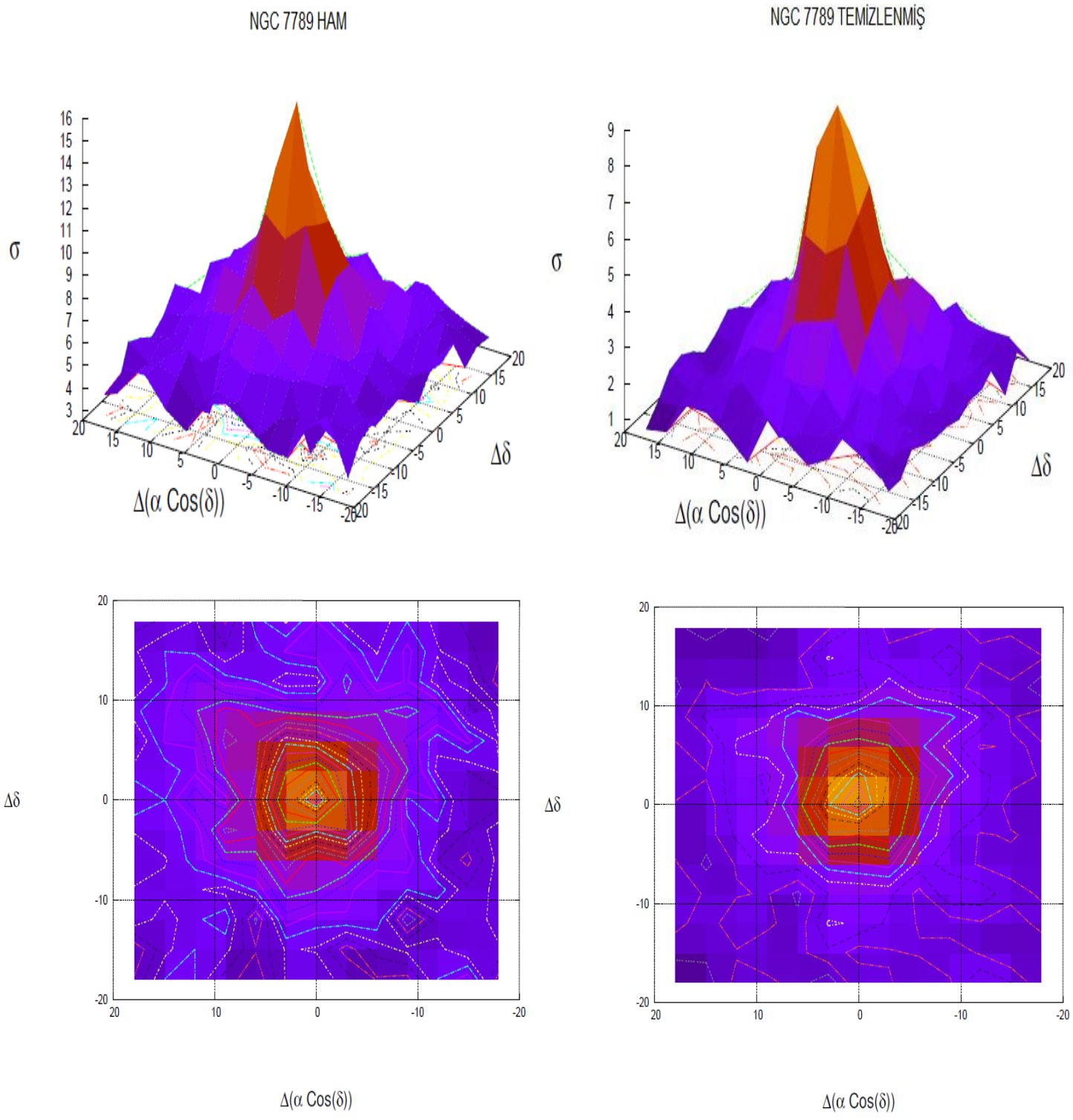

Mel 71
Z=0.0105
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

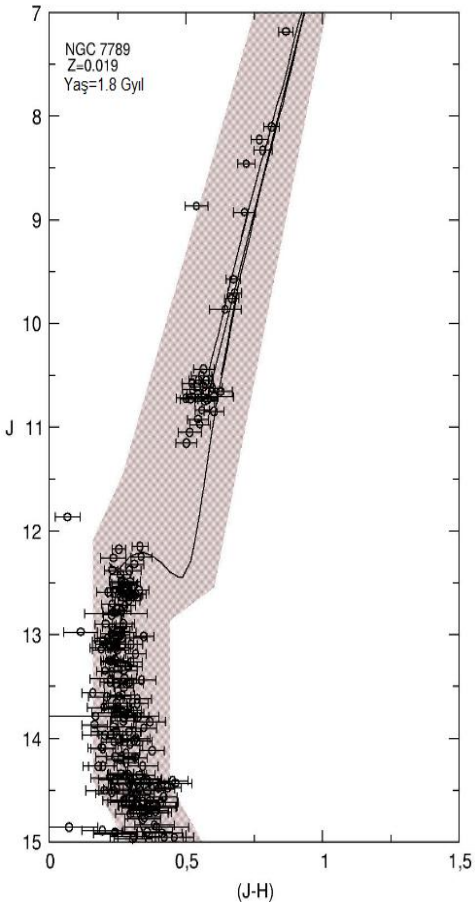

Mel 71
Z=0.006
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

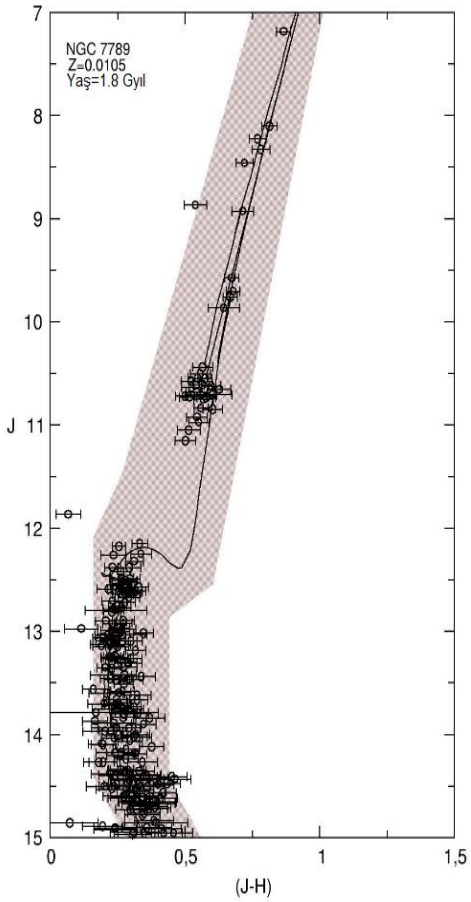

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

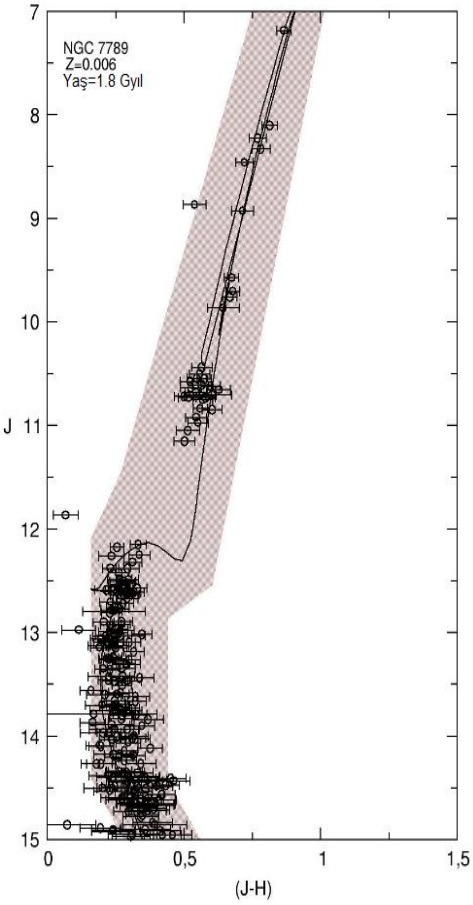

(a)
Tüm Küme (0.0-5.0 pc)
χ=1.29±0.4
(b)
(1.27-5.0 pc)
χ=1.82±0.42
(c)
Kor (0.0-1.27 pc)
χ=0.3±1.04
ϕ (yıldız M⁻¹ₒ)
m(Mₒ)

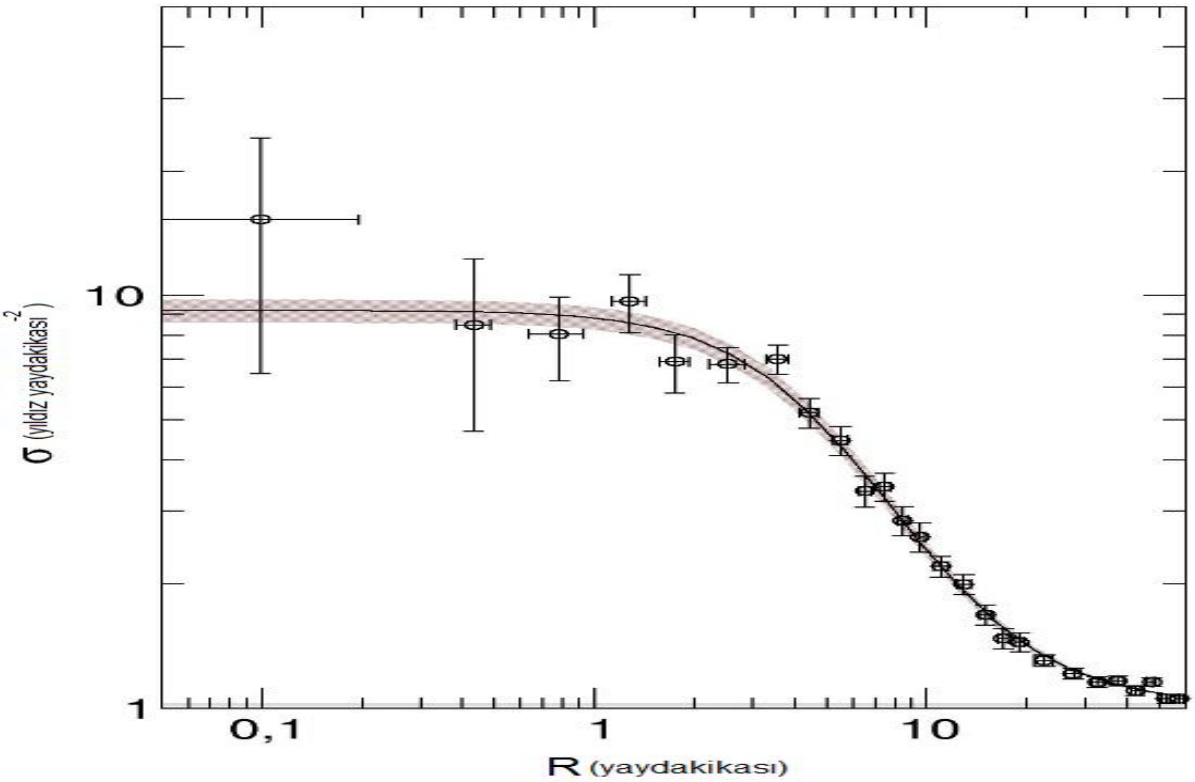
NGC 7789

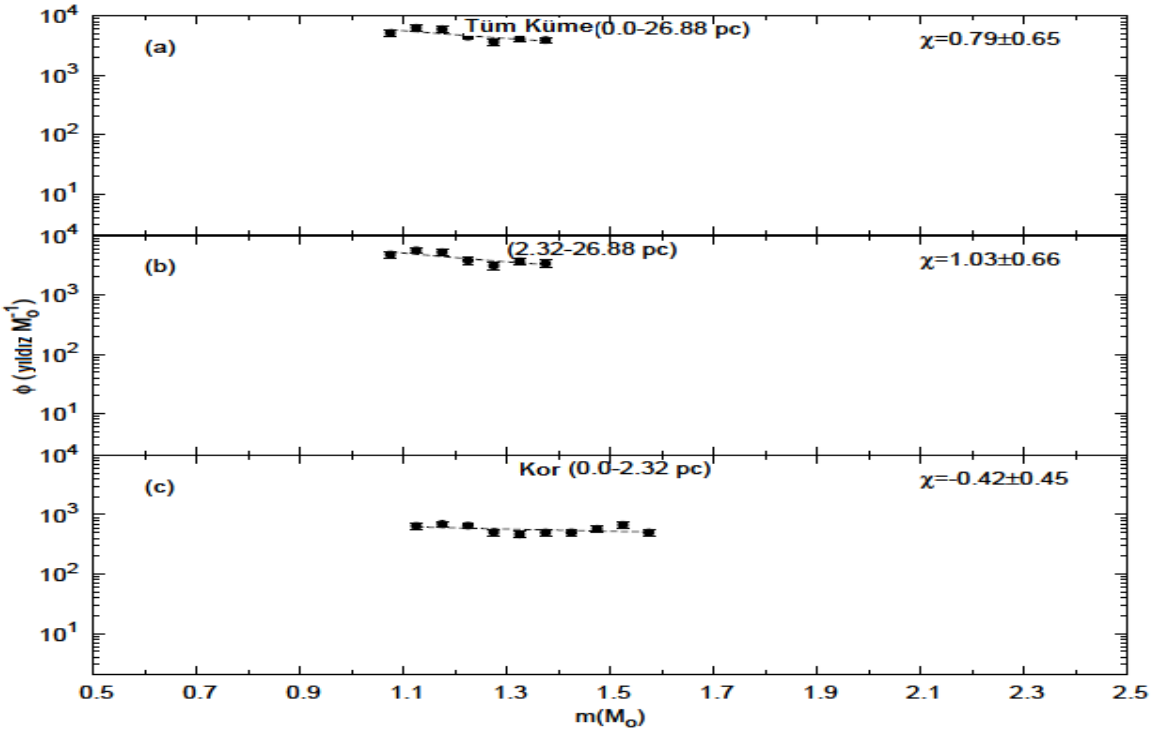



NGC 7789
Z=0.019
Yaş=1.8 Gyıl
J
(J-H)

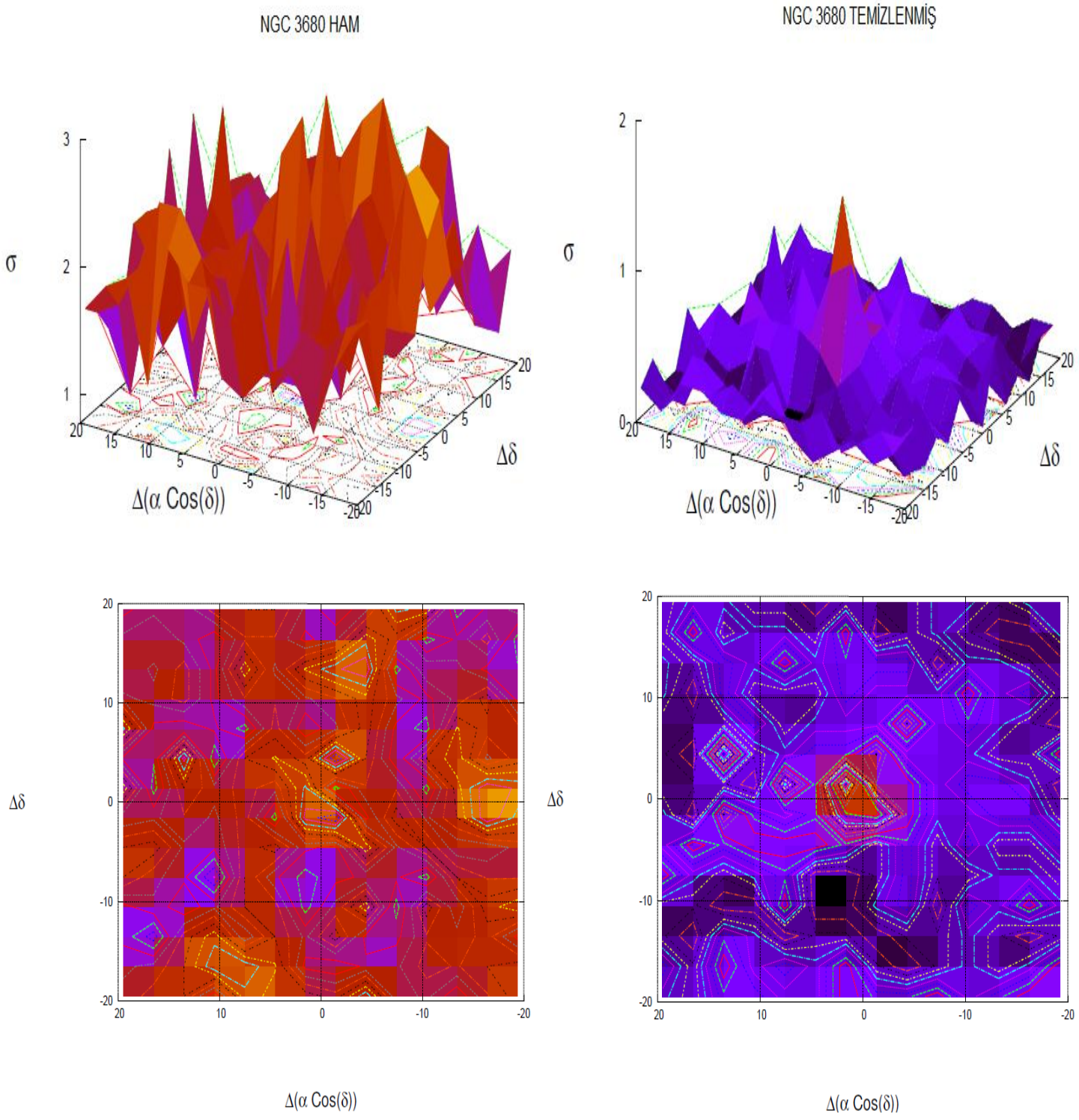

NGC 7789
Z=0.0105
Yaş=1.8 Gyıl
J
(J-H)

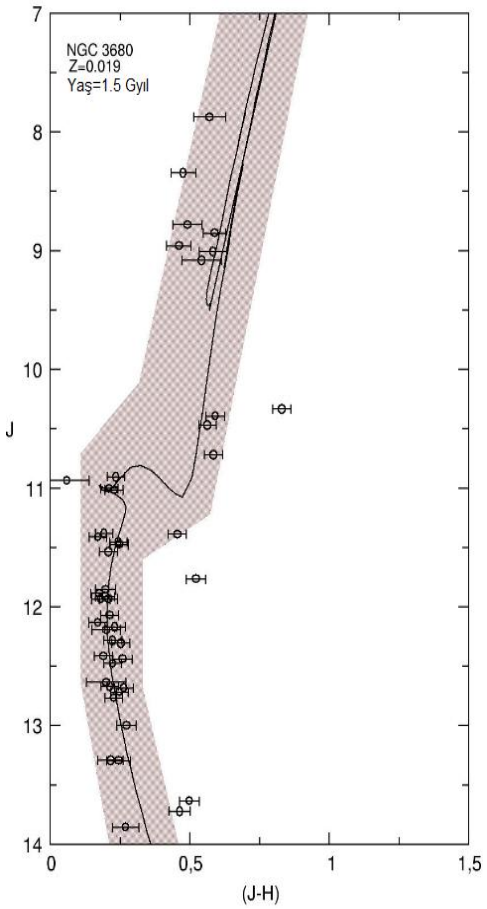

NGC 7789
Z=0.006
Yaş=1.8 Gyıl
J
(J-H)

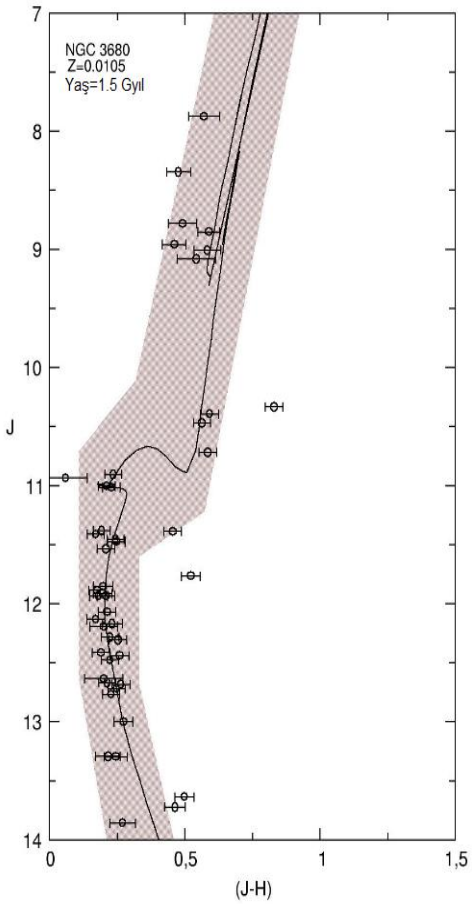

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

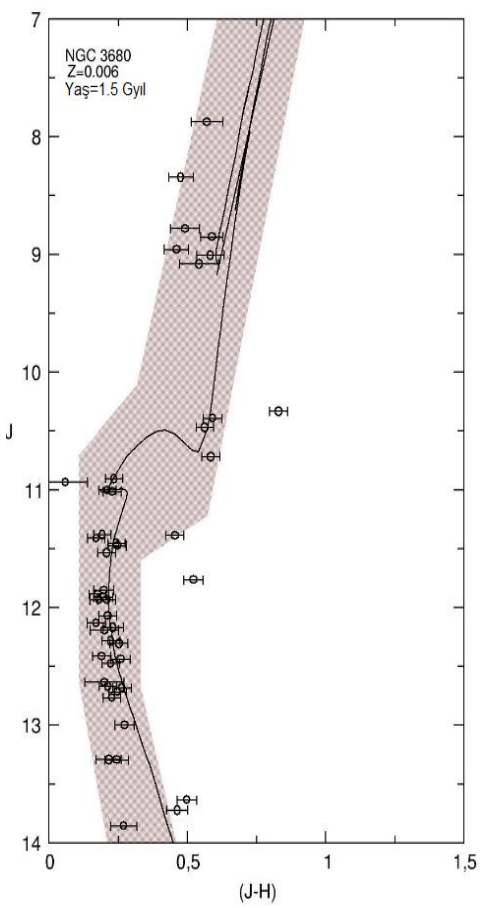

(a)
Tüm Küme(0.0-26.88 pc)
χ=0.79±0.65
(b)
(2.32-26.88 pc)
χ=1.03±0.66
(c)
Kor (0.0-2.32 pc)
χ=-0.42±0.45
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

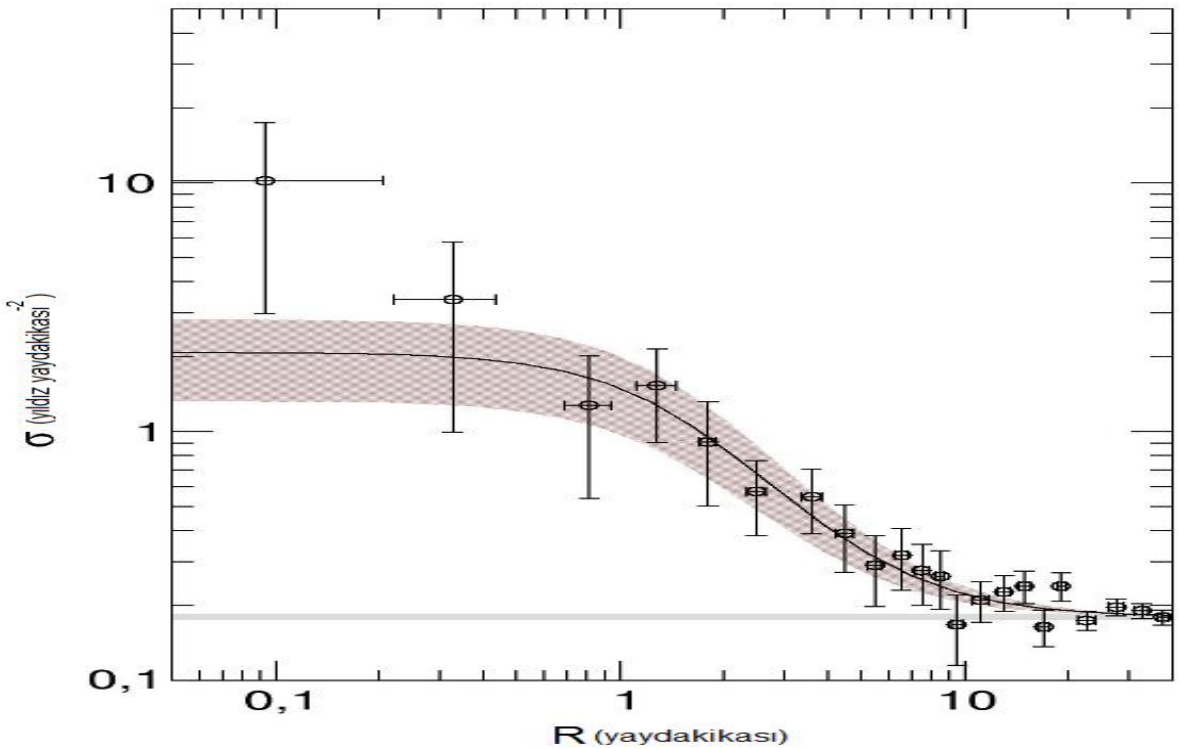
NGC 3680

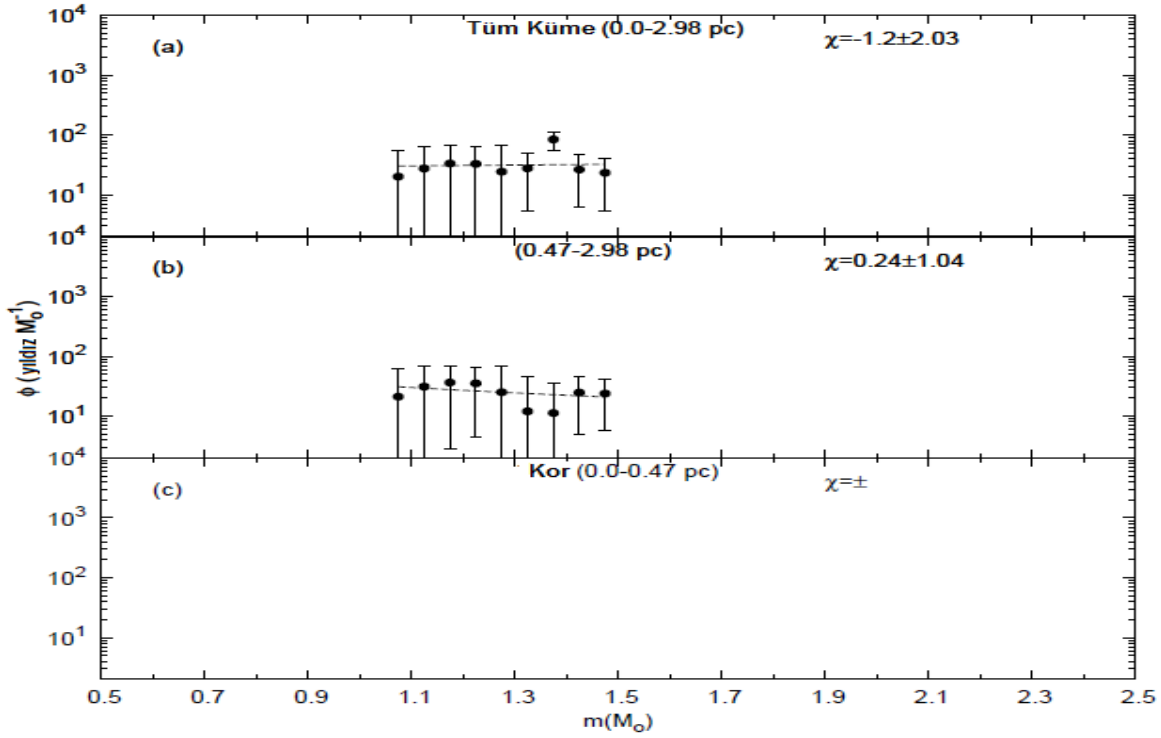



NGC 3680
Z=0.019
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

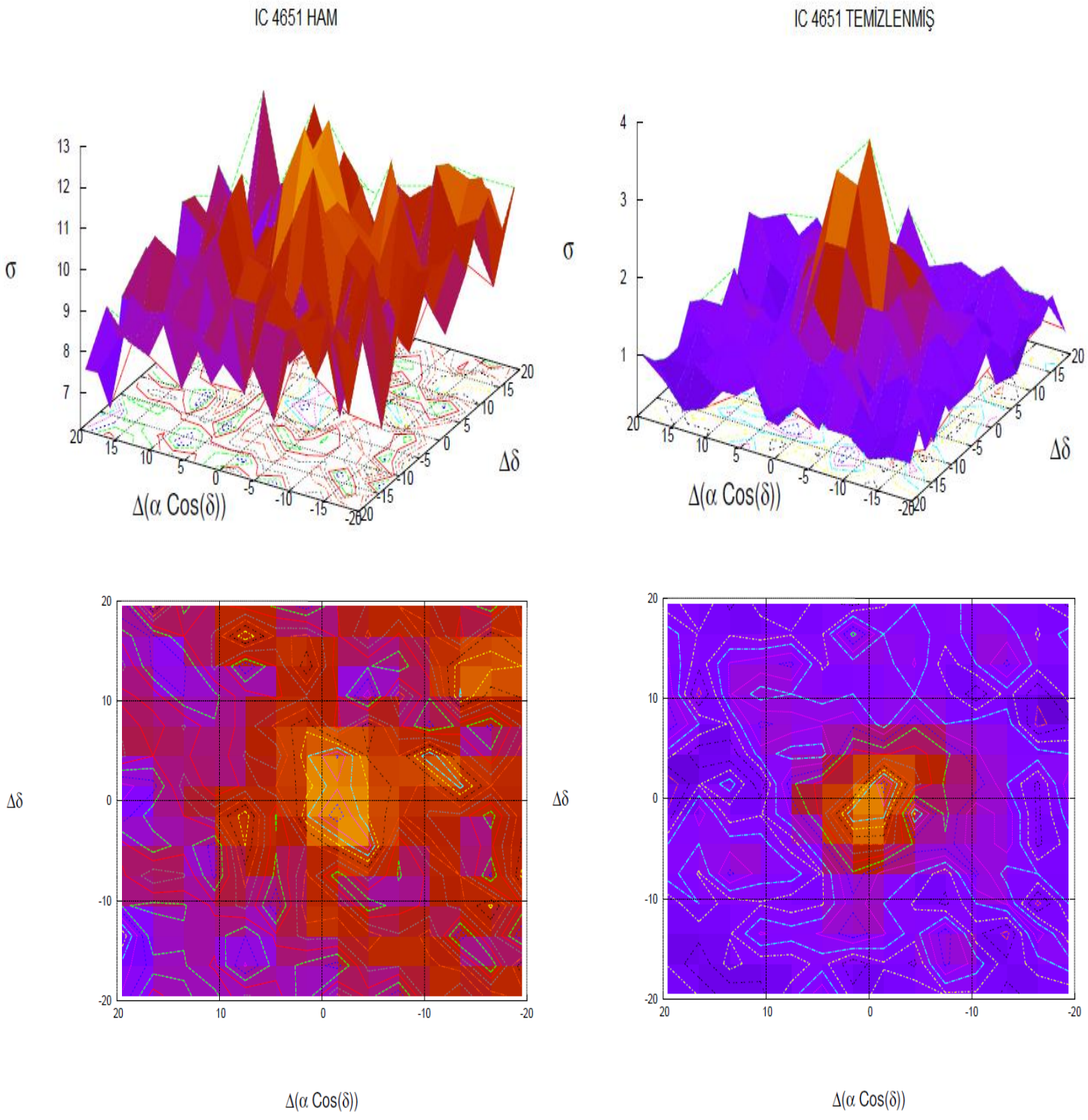

NGC 3680
Z=0.0105
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

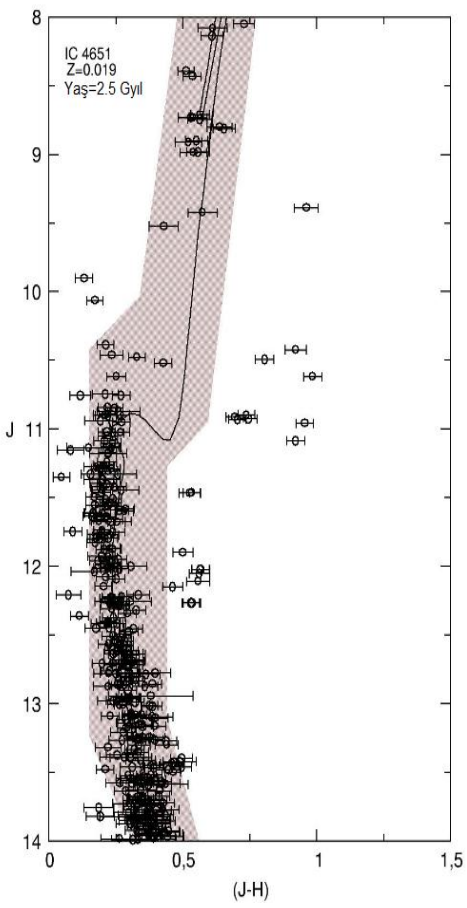

NGC 3680
Z=0.006
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

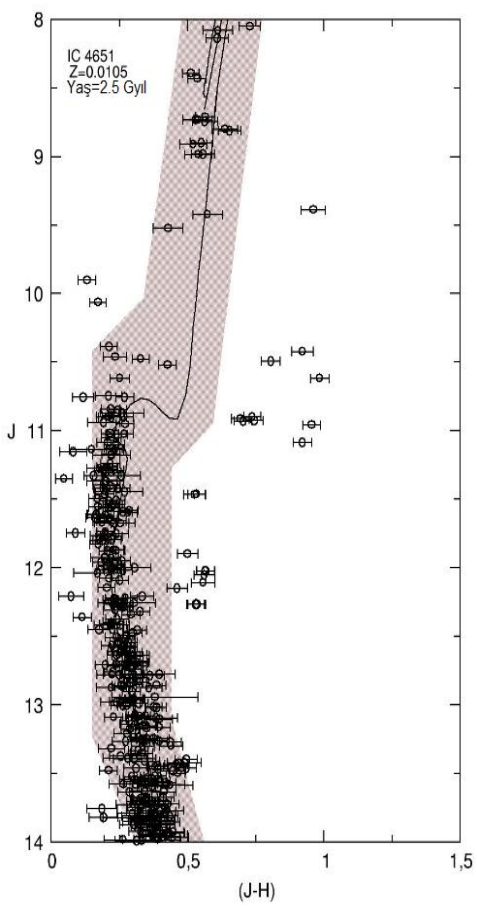

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

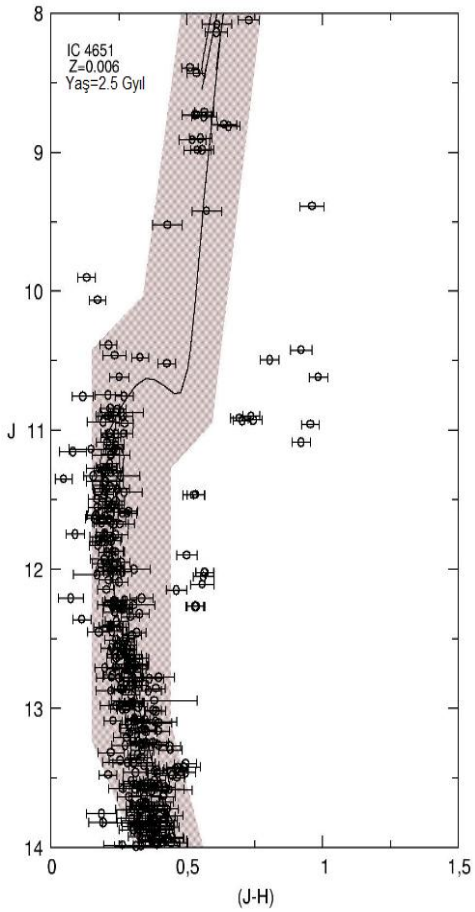

(a)
Tüm Küme (0.0-2.98 pc)
χ=-1.2±2.03
(b)
(0.47-2.98 pc)
χ=0.24±1.04
(c)
Kor (0.0-0.47 pc)
χ=±
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

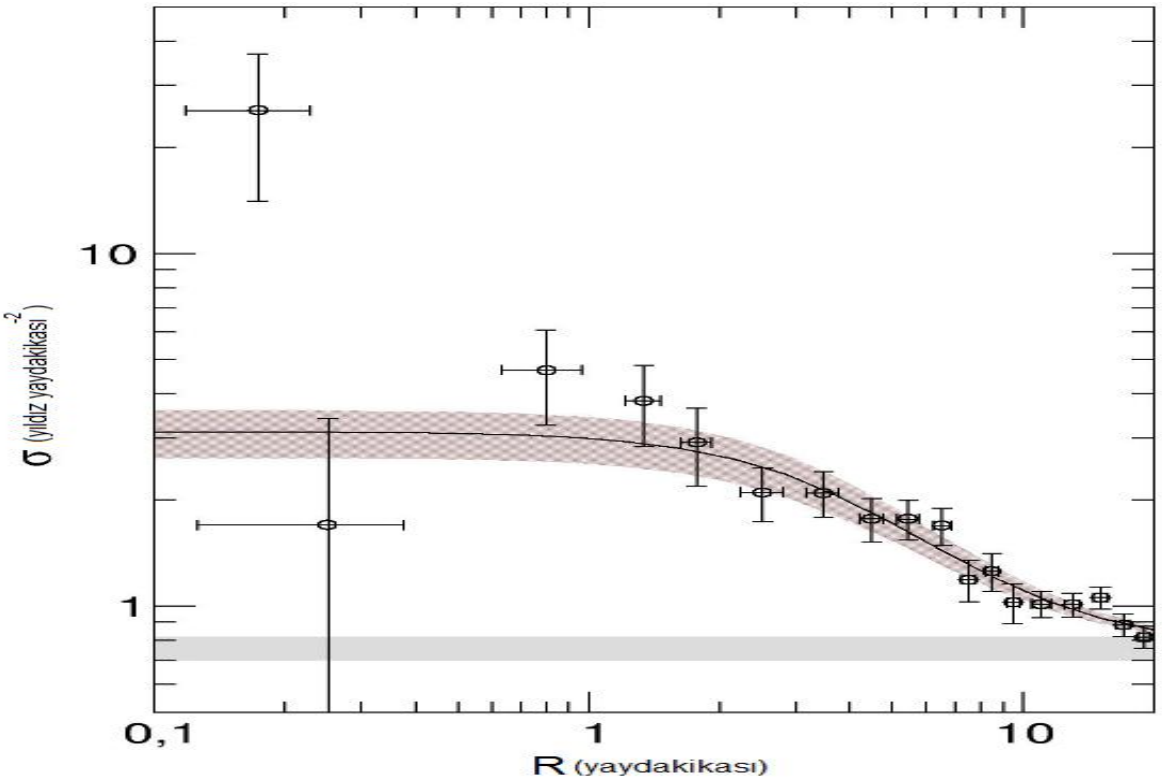
IC 4651

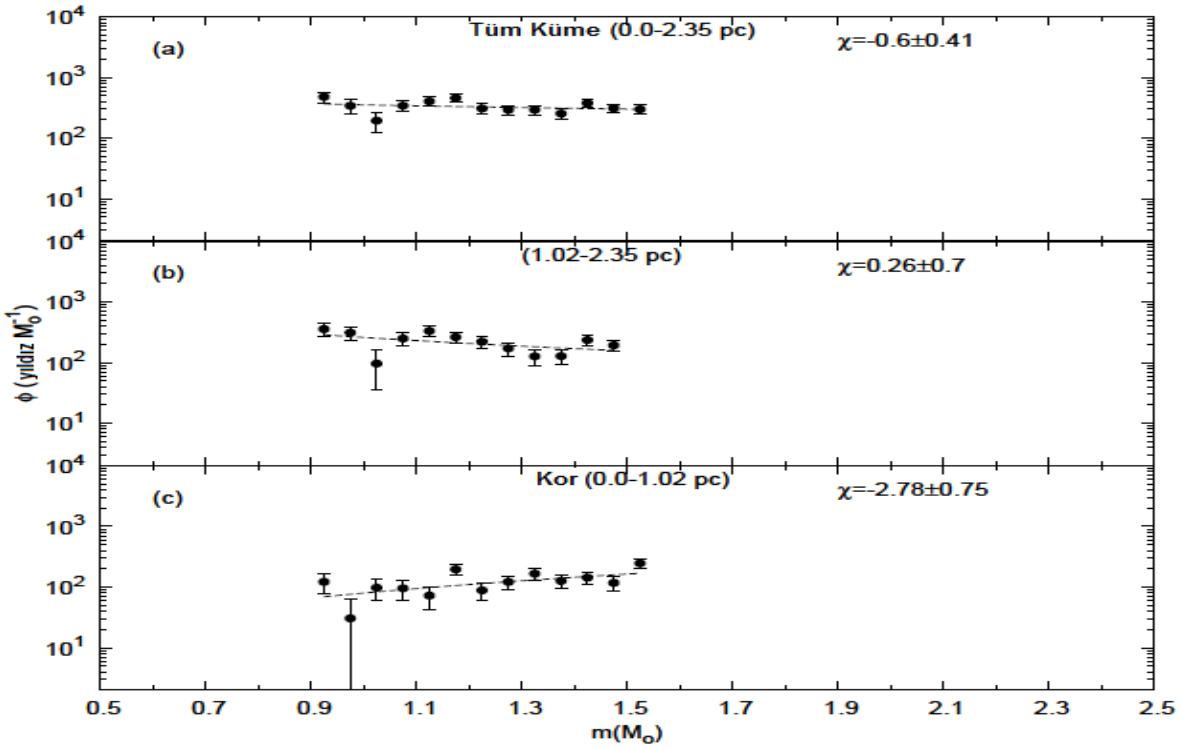



IC 4651
Z=0.019
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

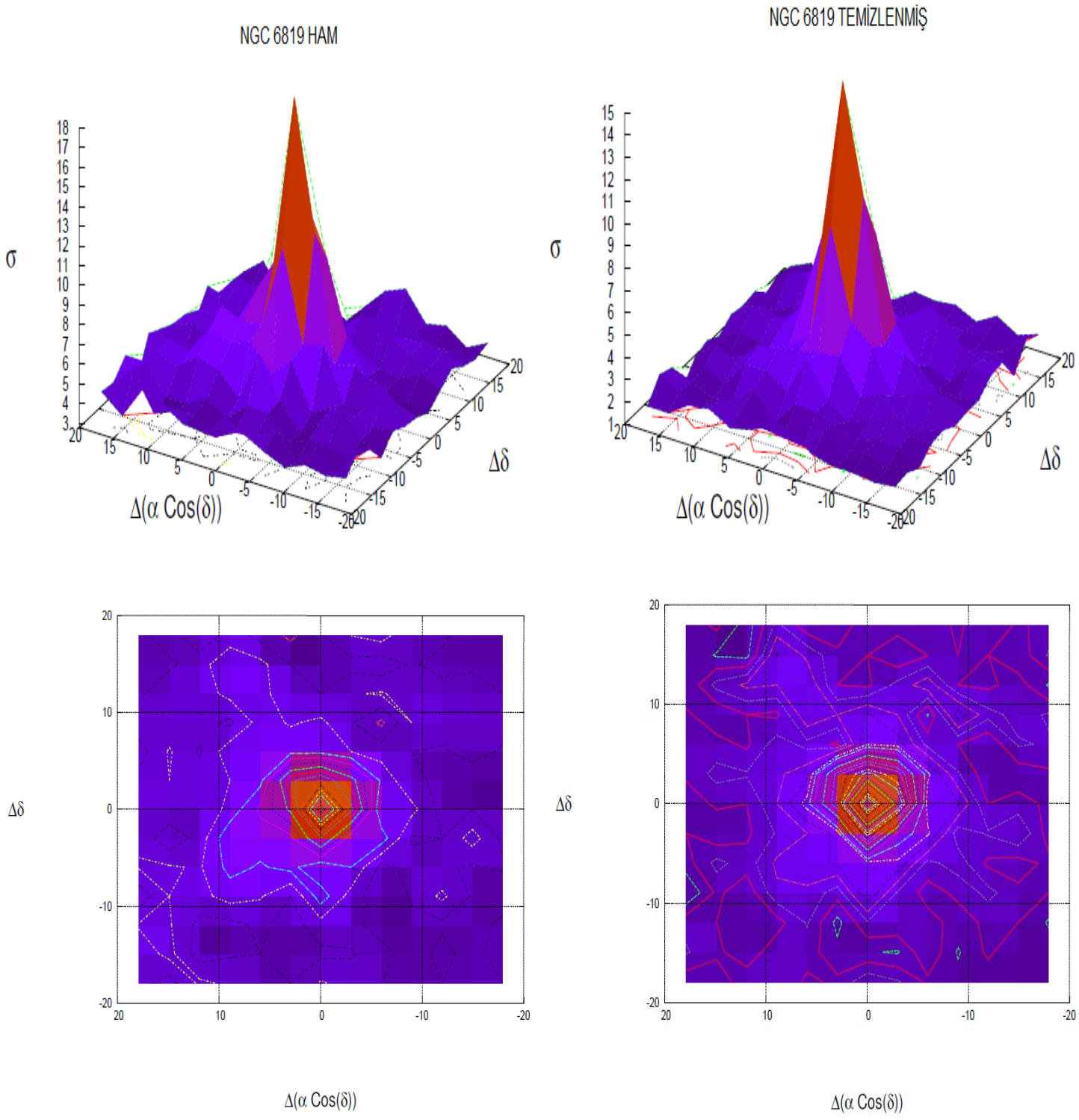

IC 4651
Z=0.0105
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

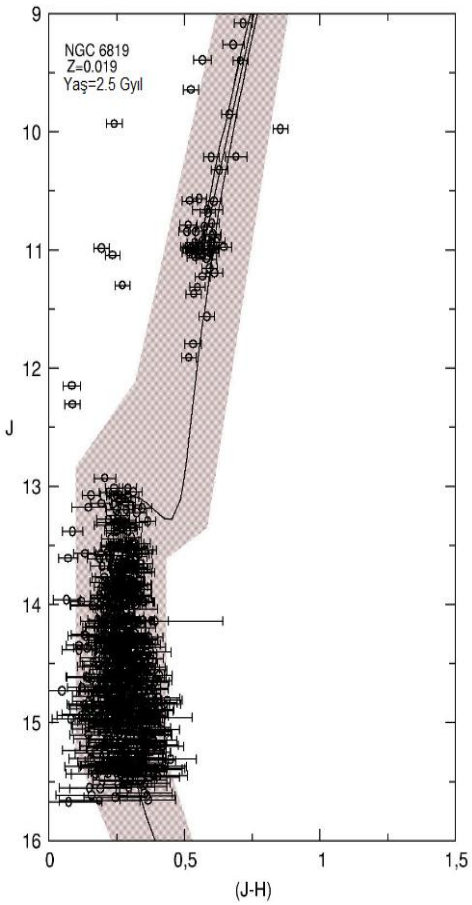

IC 4651
Z=0.006
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

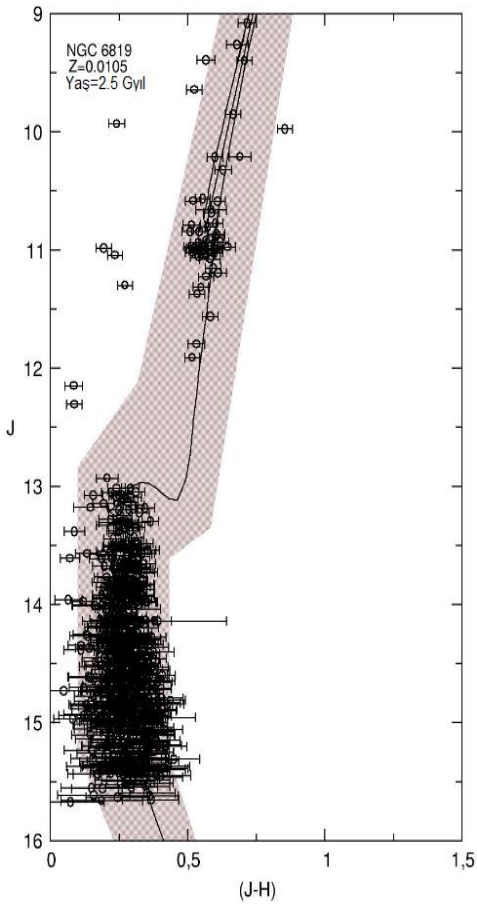

σ (yıldız yaydakikası)
-2
R (yaydakikası)

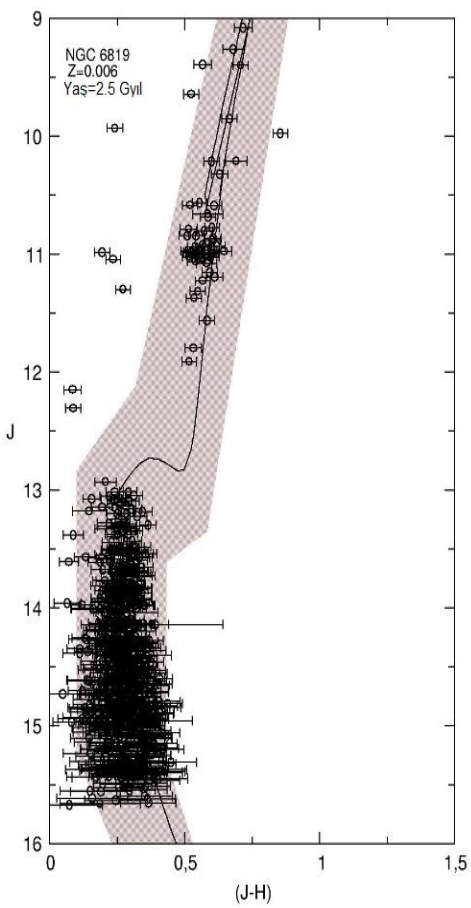

(a)
Tüm Küme (0.0-2.35 pc)
χ=-0.6±0.41
(b)
(1.02-2.35 pc)
χ=0.26±0.7
(c)
Kor (0.0-1.02 pc)
χ=-2.78±0.75
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

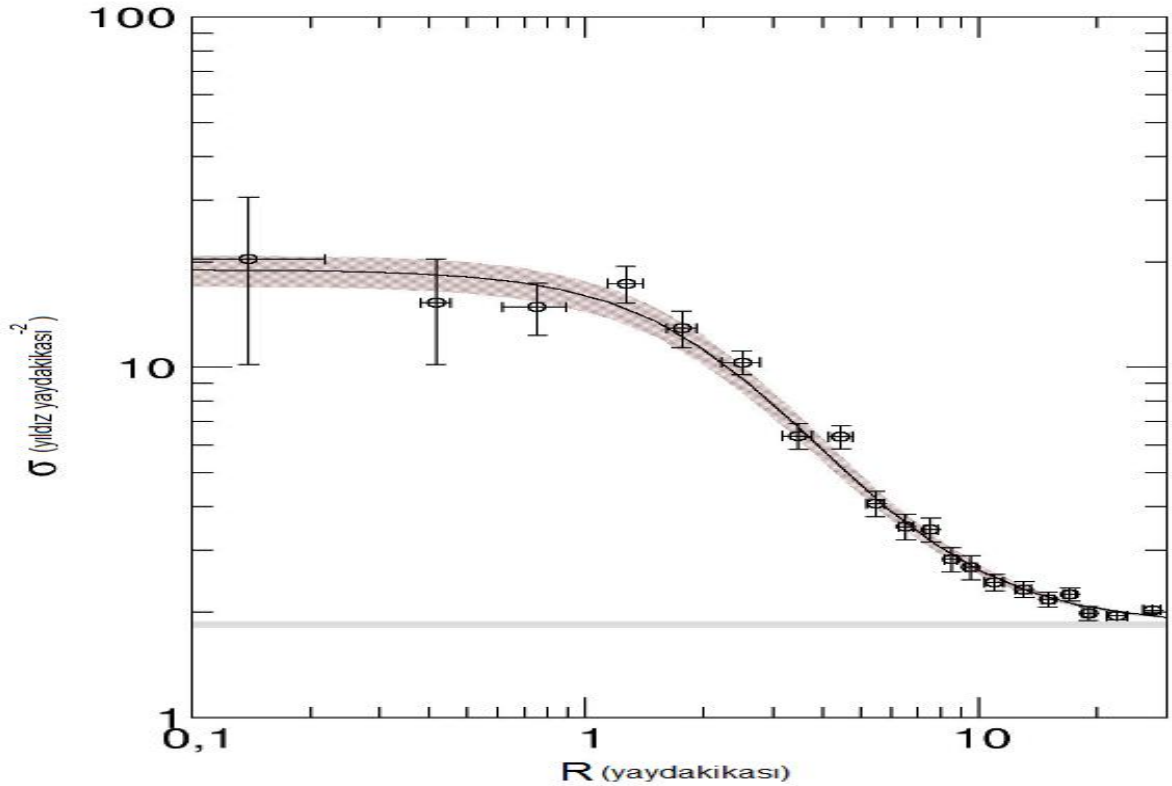
NGC 6819

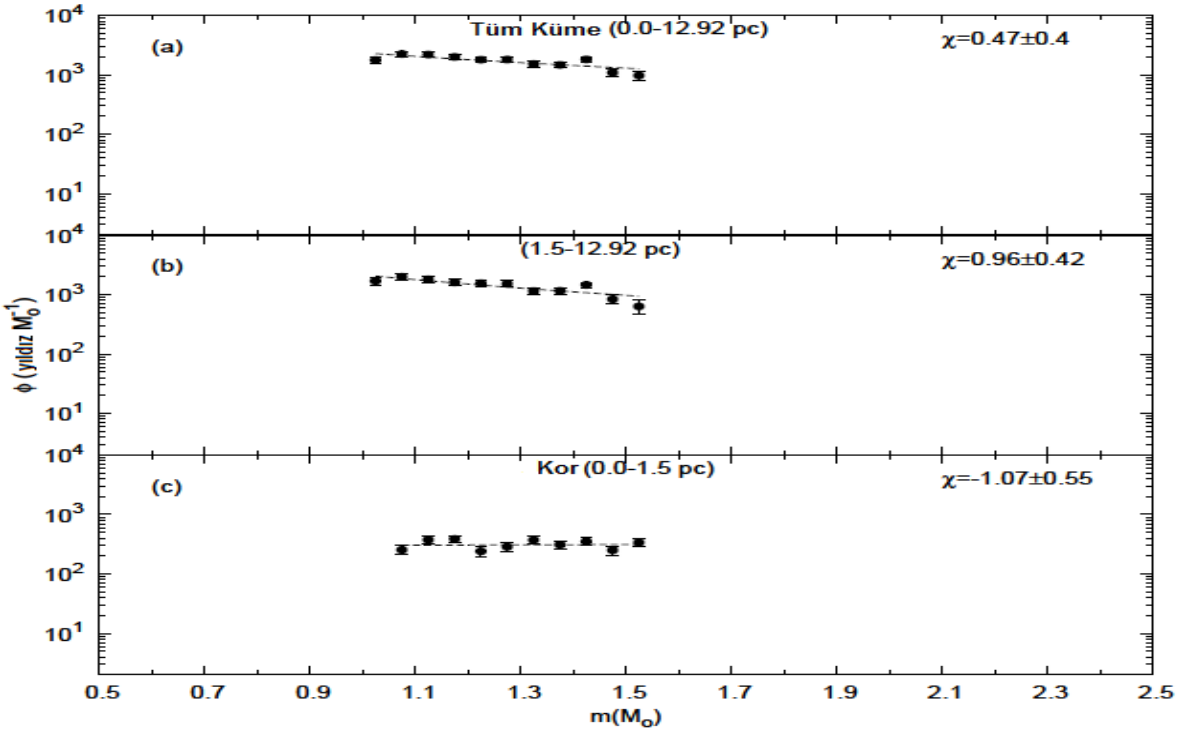



NGC 6819
Z=0.019
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

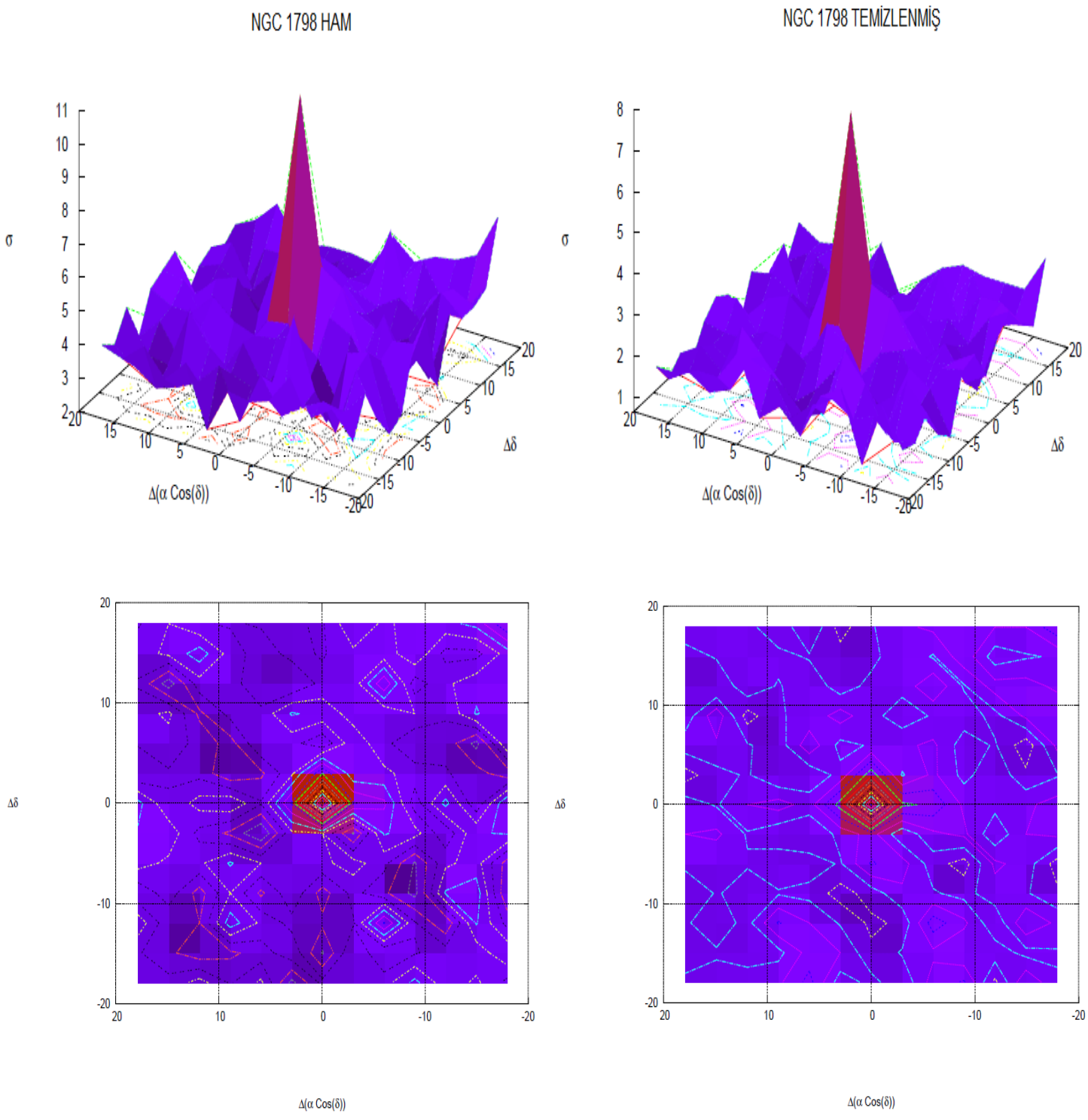

NGC 6819
Z=0.0105
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

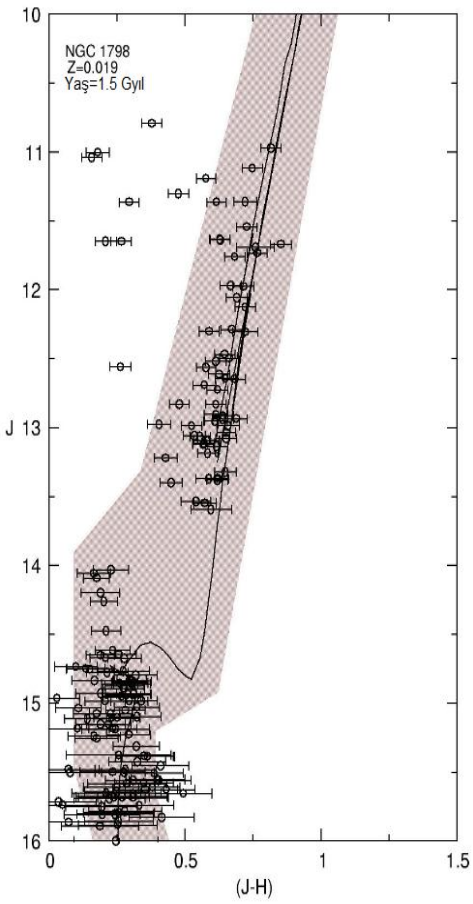

NGC 6819
Z=0.006
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

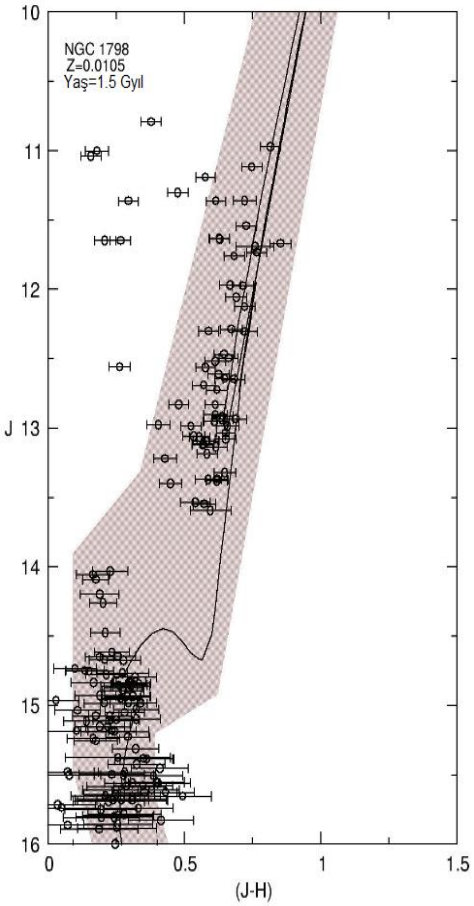

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

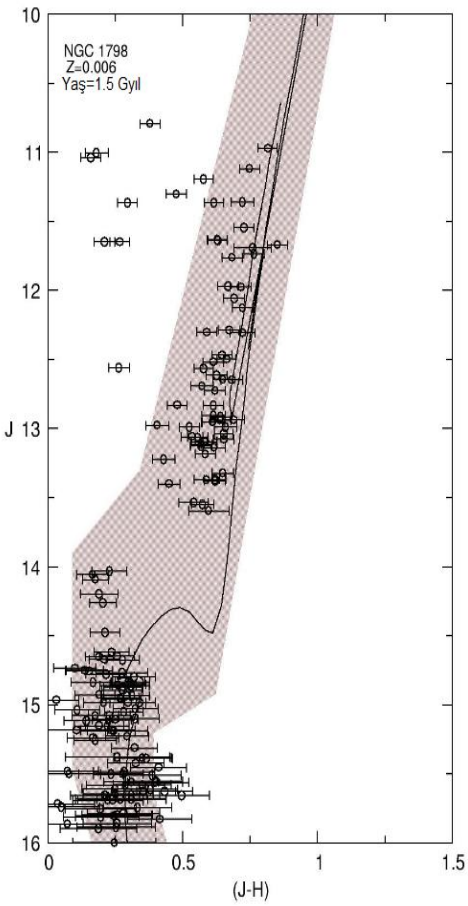

(a)
Tüm Küme (0.0-12.92 pc)
χ=0.47±0.4
(b)
(1.5-12.92 pc)
χ=0.96±0.42
(c)
Kor (0.0-1.5 pc)
χ=-1.07±0.55
ϕ (yıldız M_o^-1)
m(M_o)

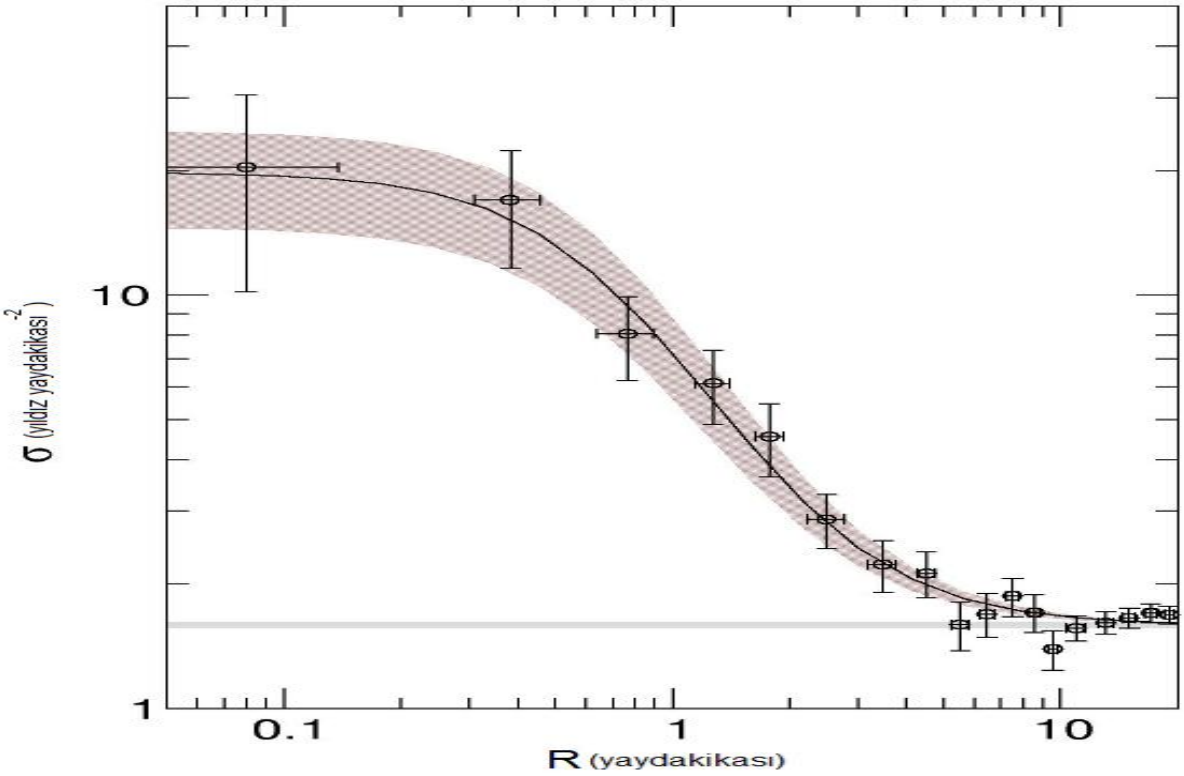
NGC 1798



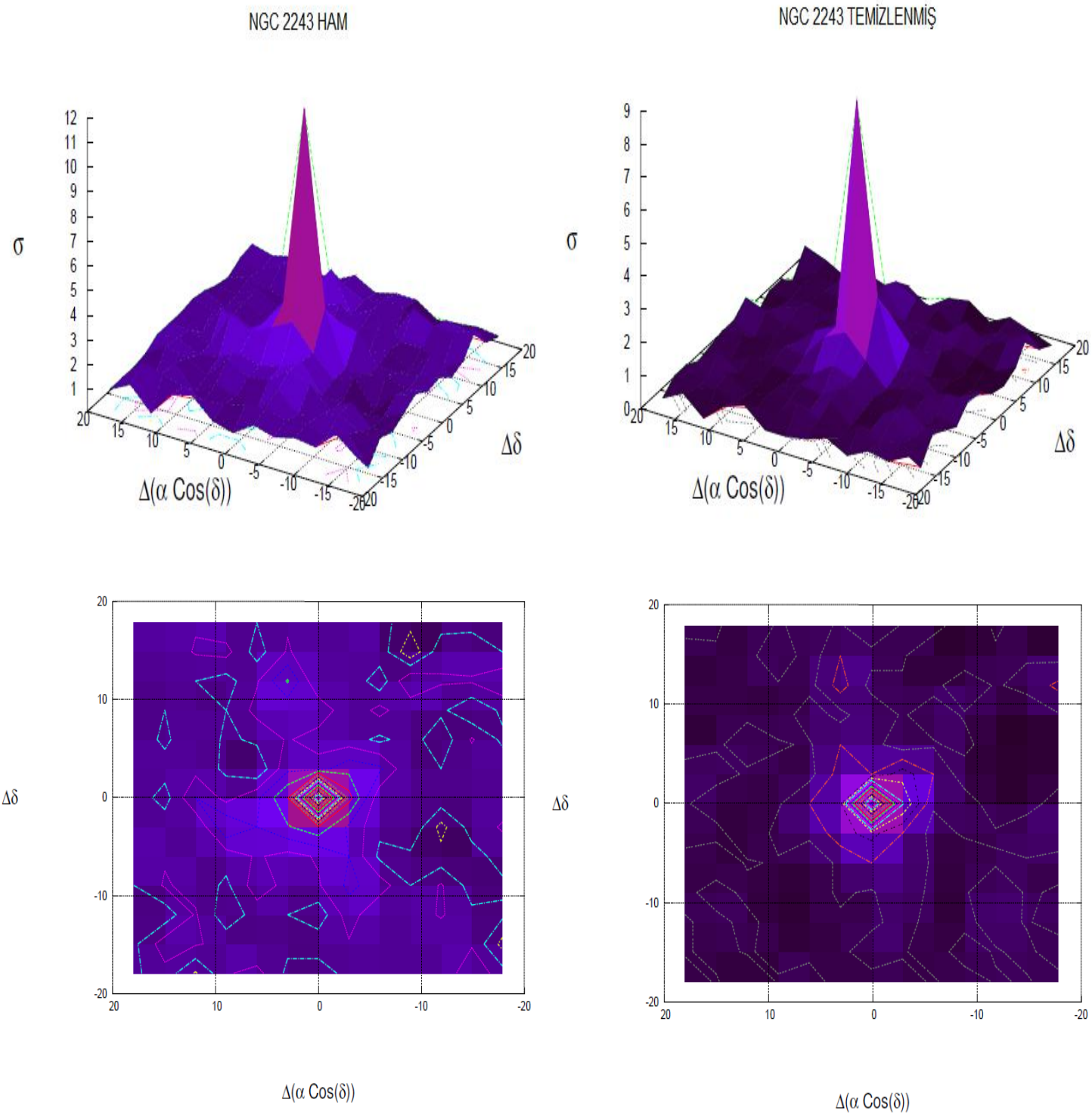

NGC 1798
Z=0.019
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

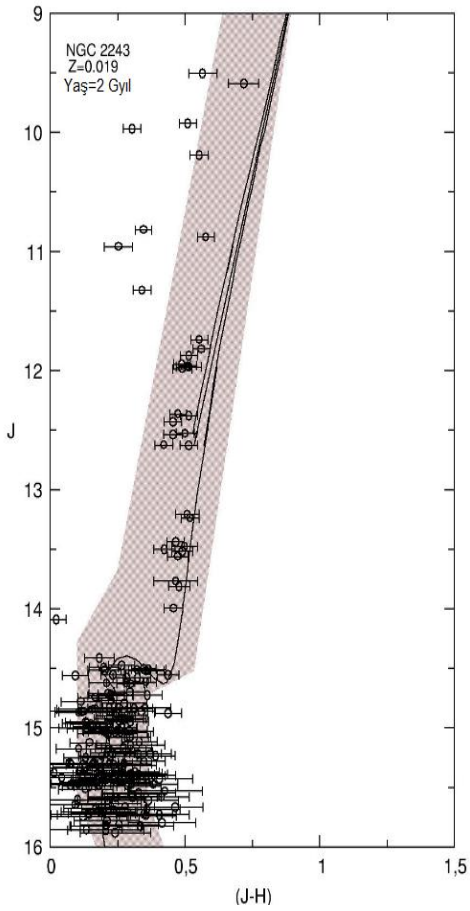

NGC 1798
Z=0.0105
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

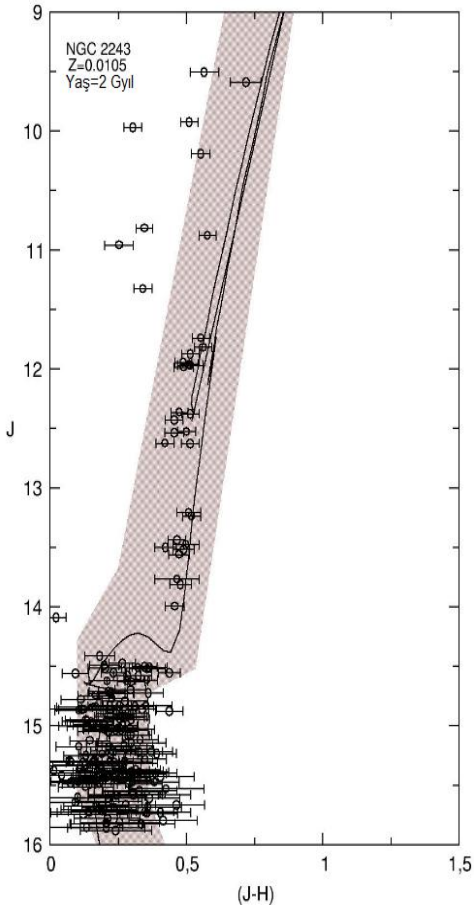

NGC 1798
Z=0.006
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

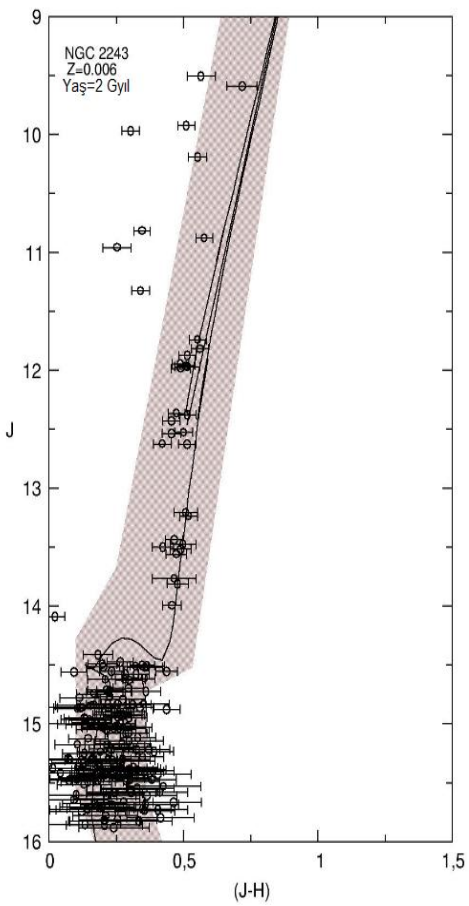

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

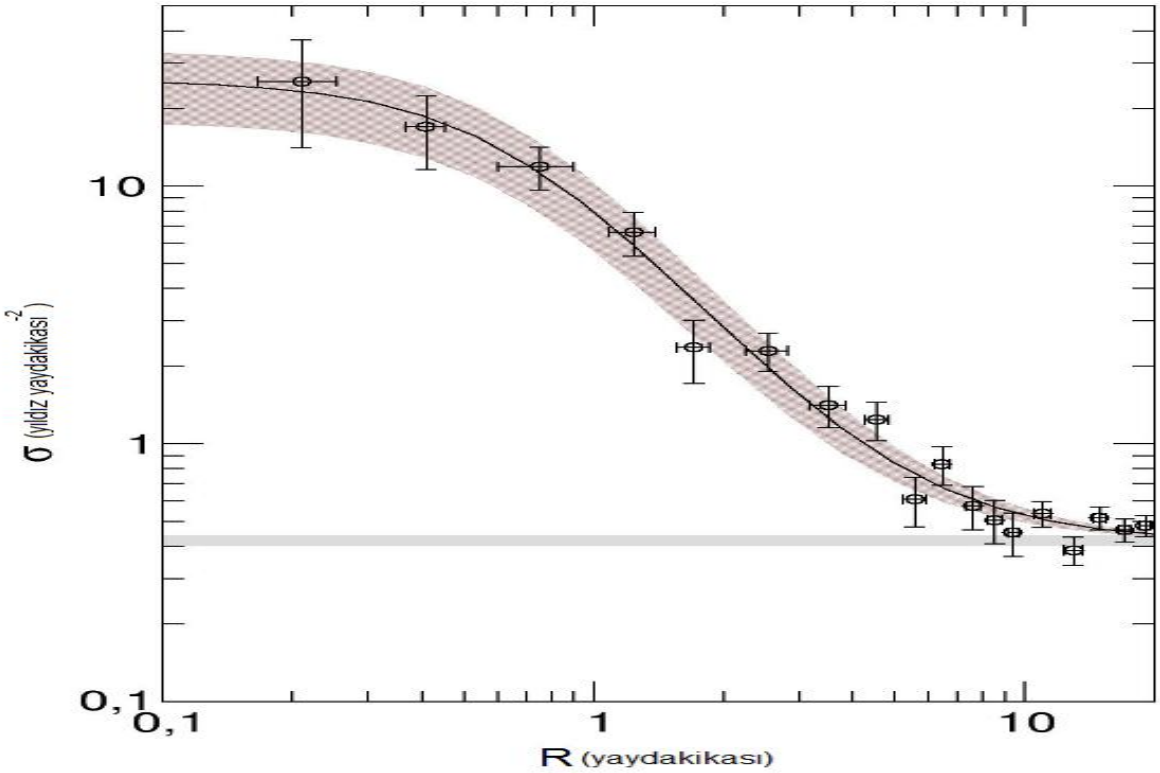
NGC 2243

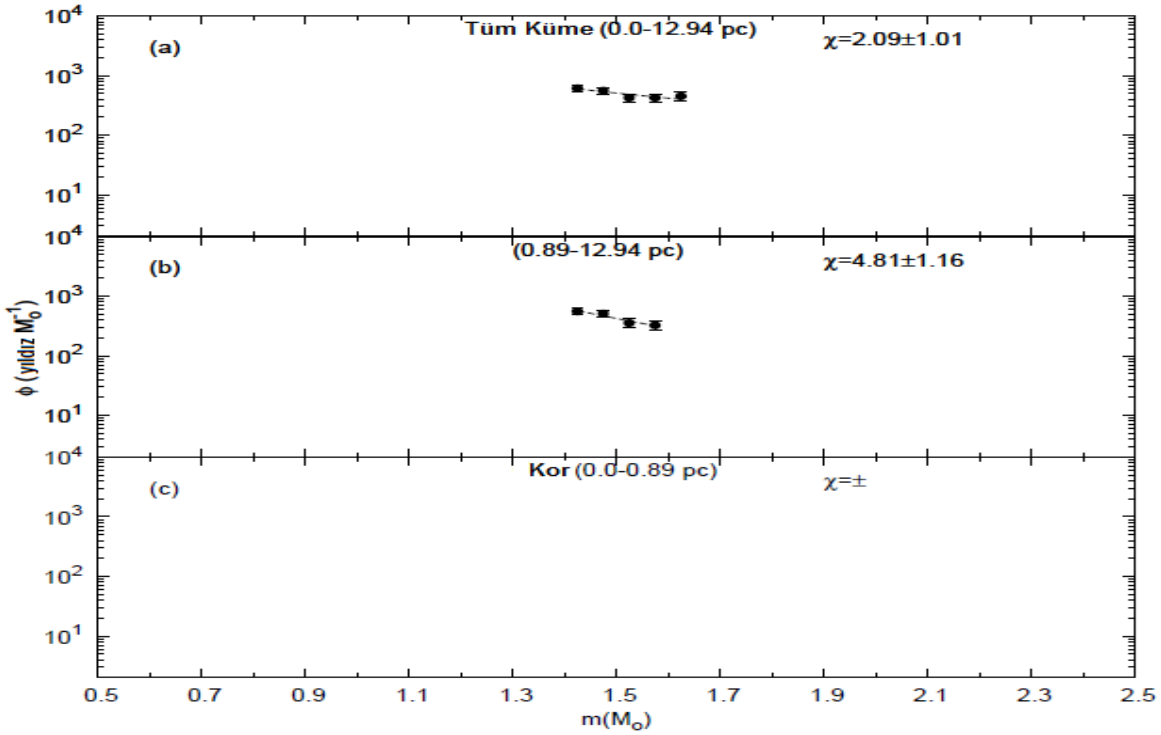



NGC 2243
Z=0.019
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)

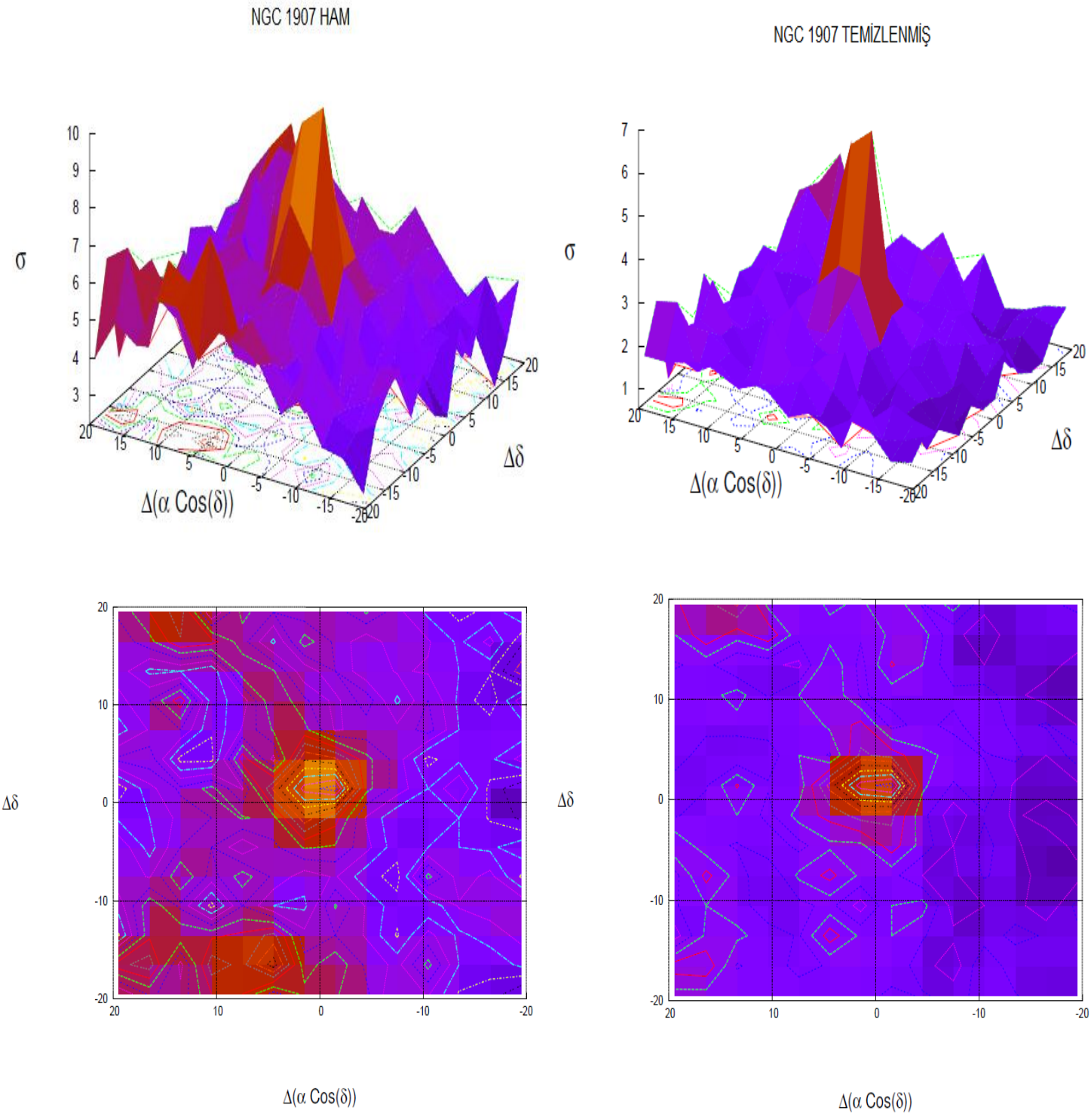

NGC 2243
Z=0.0105
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)

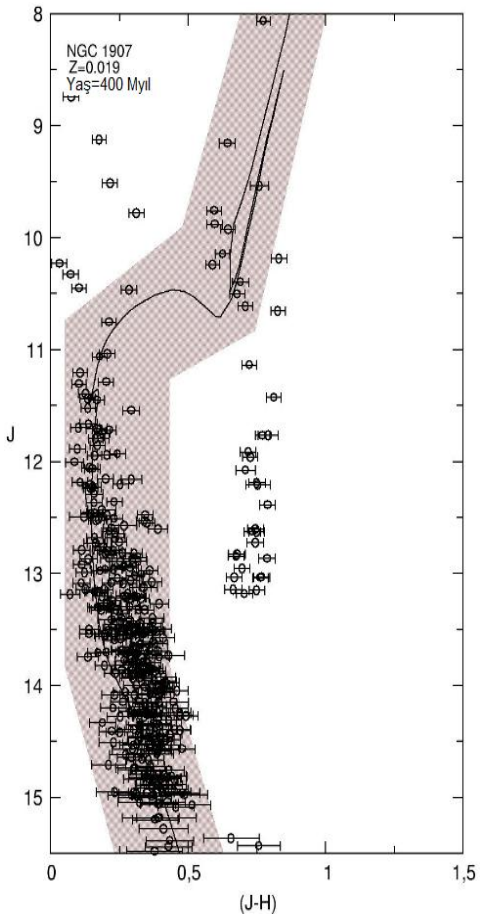

NGC 2243
Z=0.006
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)

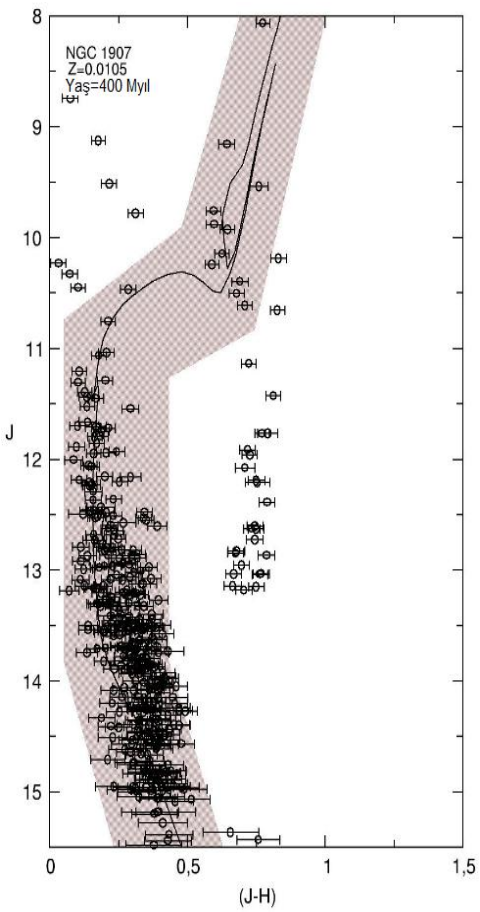

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

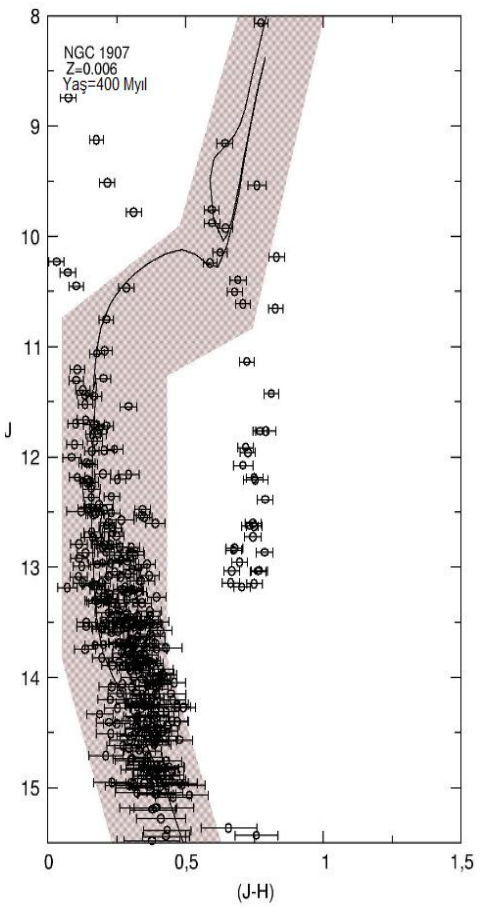

(a)
Tüm Küme (0.0-12.94 pc)
χ=2.09±1.01
(b)
(0.89-12.94 pc)
χ=4.81±1.16
(c)
Kor (0.0-0.89 pc)
χ=±
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

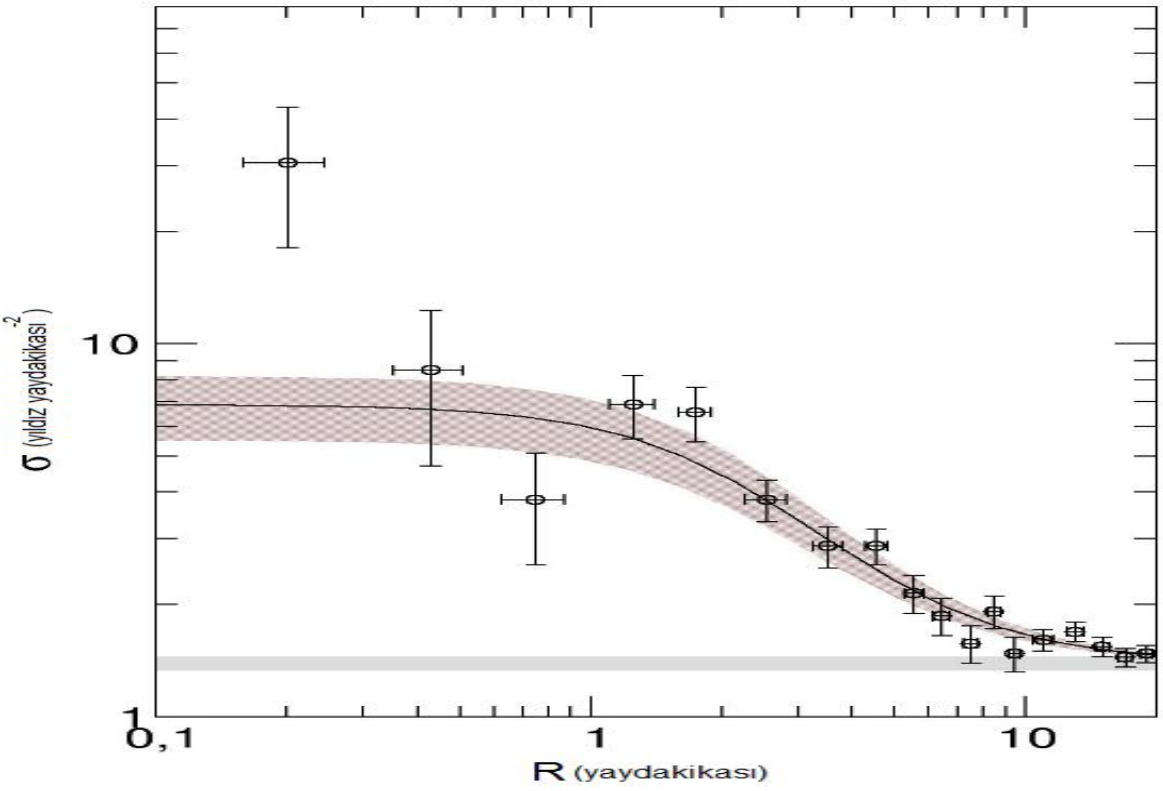
NGC 1907

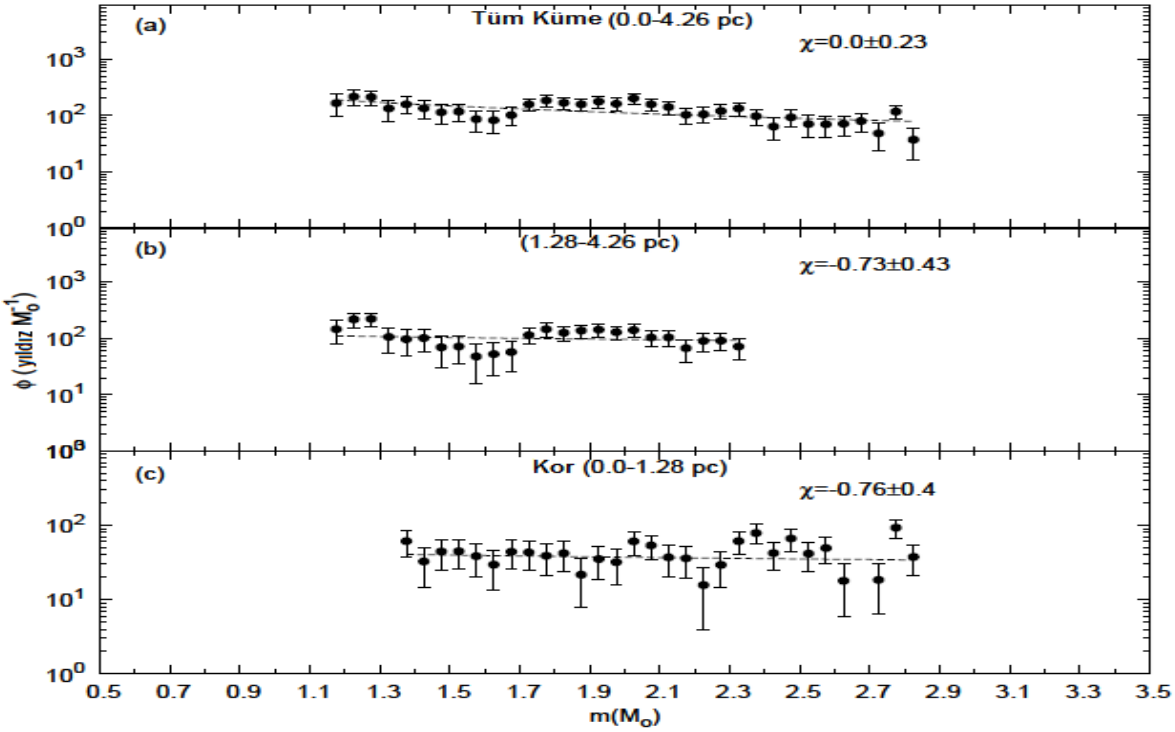



NGC 1907
Z=0.019
Yaş=400 Myıl
J
(J-H)

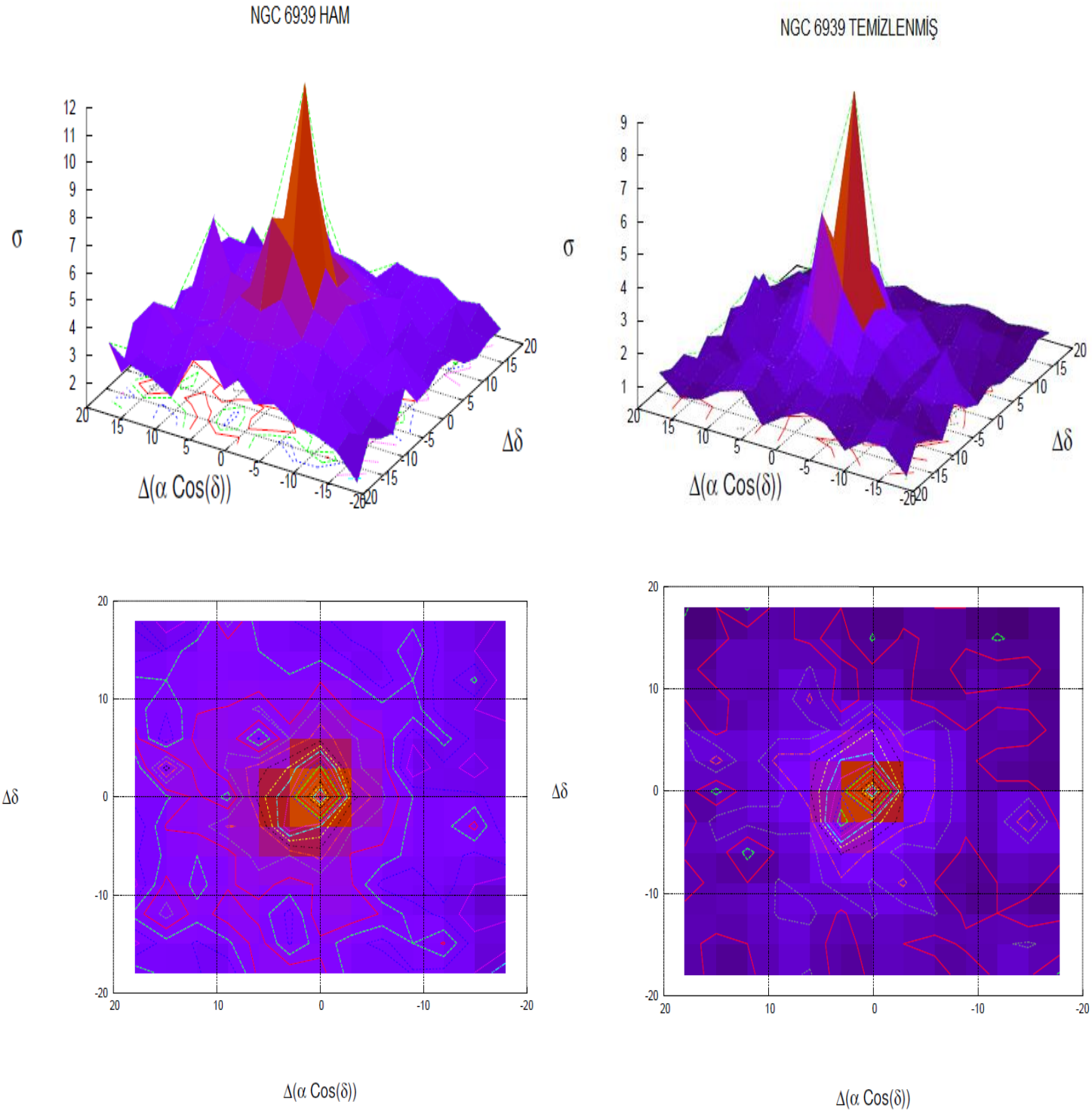

NGC 1907
Z=0.0105
Yaş=400 Myıl
J
(J-H)

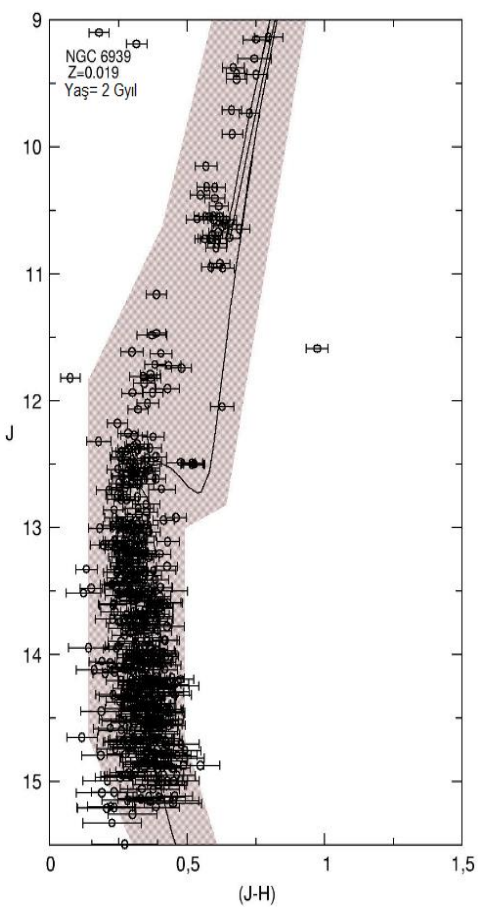

NGC 1907
Z=0.006
Yaş=400 Myıl
J
(J-H)

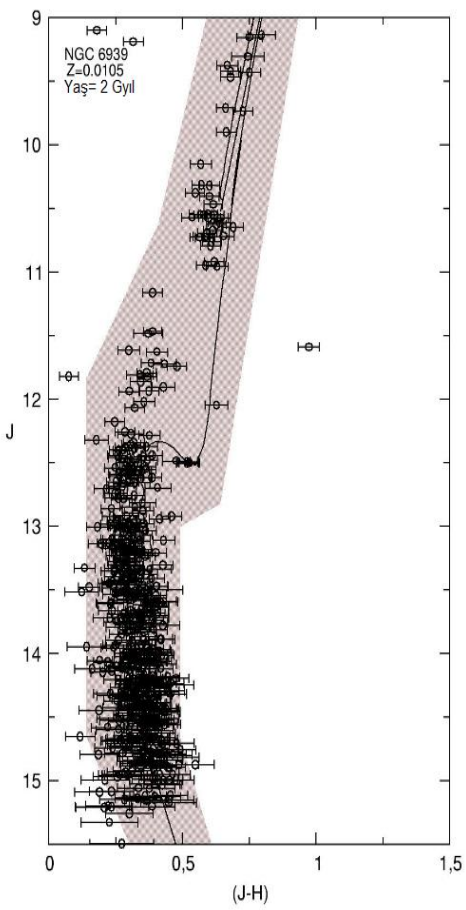

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

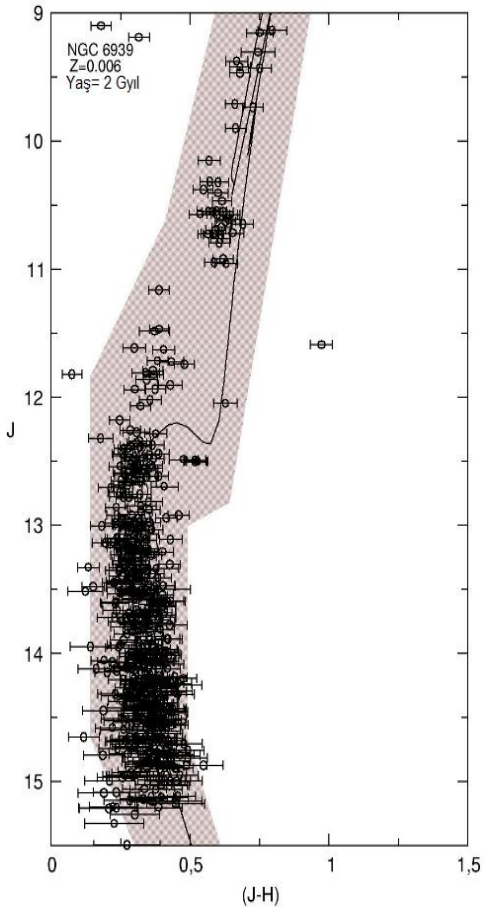

(a)
Tüm Küme (0.0-4.26 pc)
χ=0.0±0.23
(b)
(1.28-4.26 pc)
χ=-0.73±0.43
(c)
Kor (0.0-1.28 pc)
χ=-0.76±0.4
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

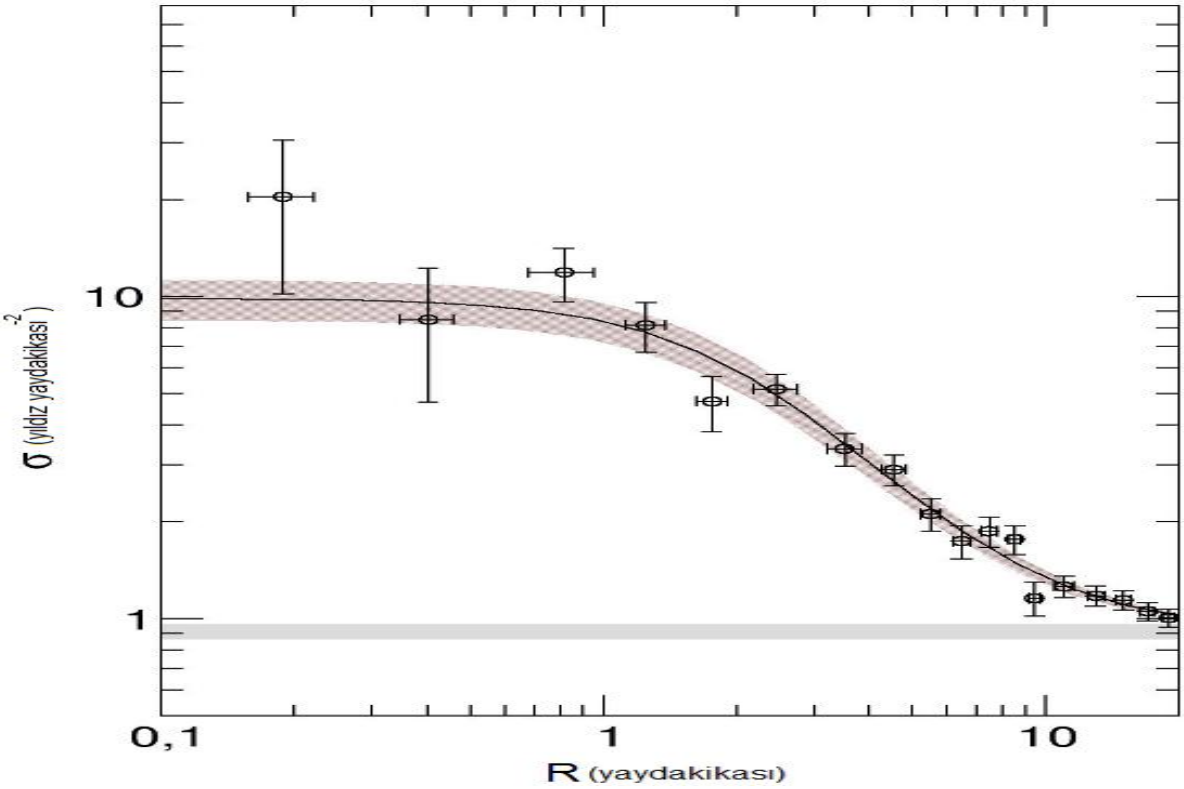
NGC 6939

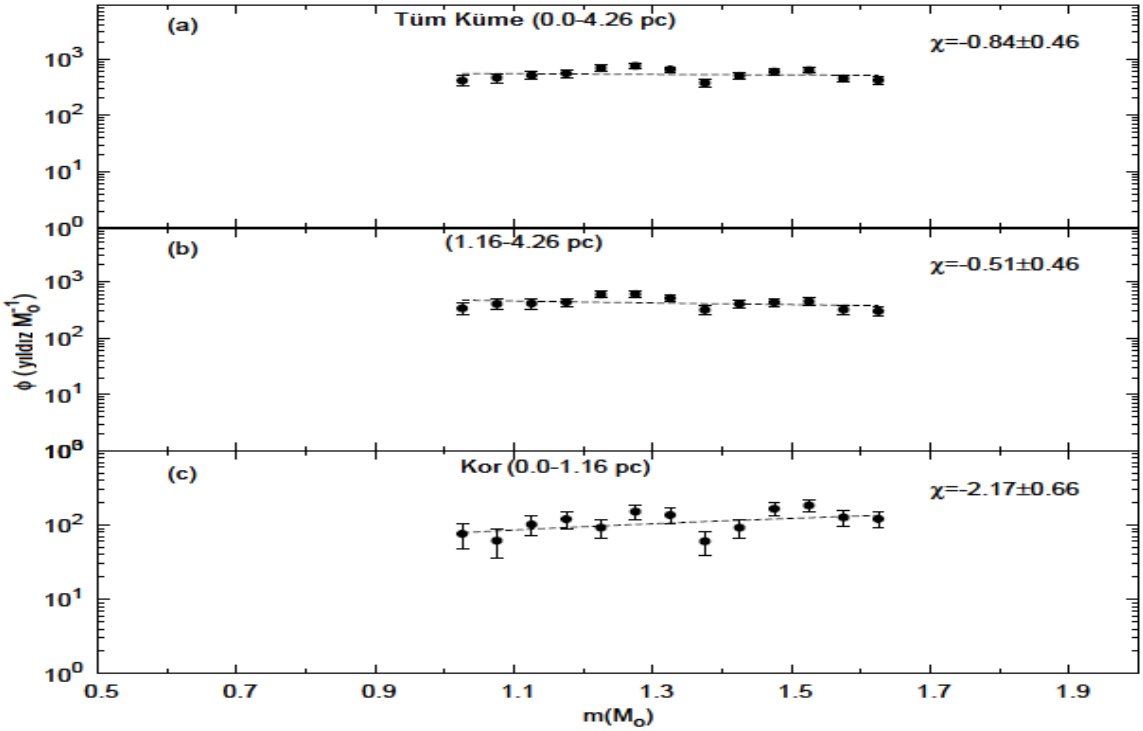



NGC 6939
Z=0.019
Yaş= 2 Gyıl
J
(J-H)

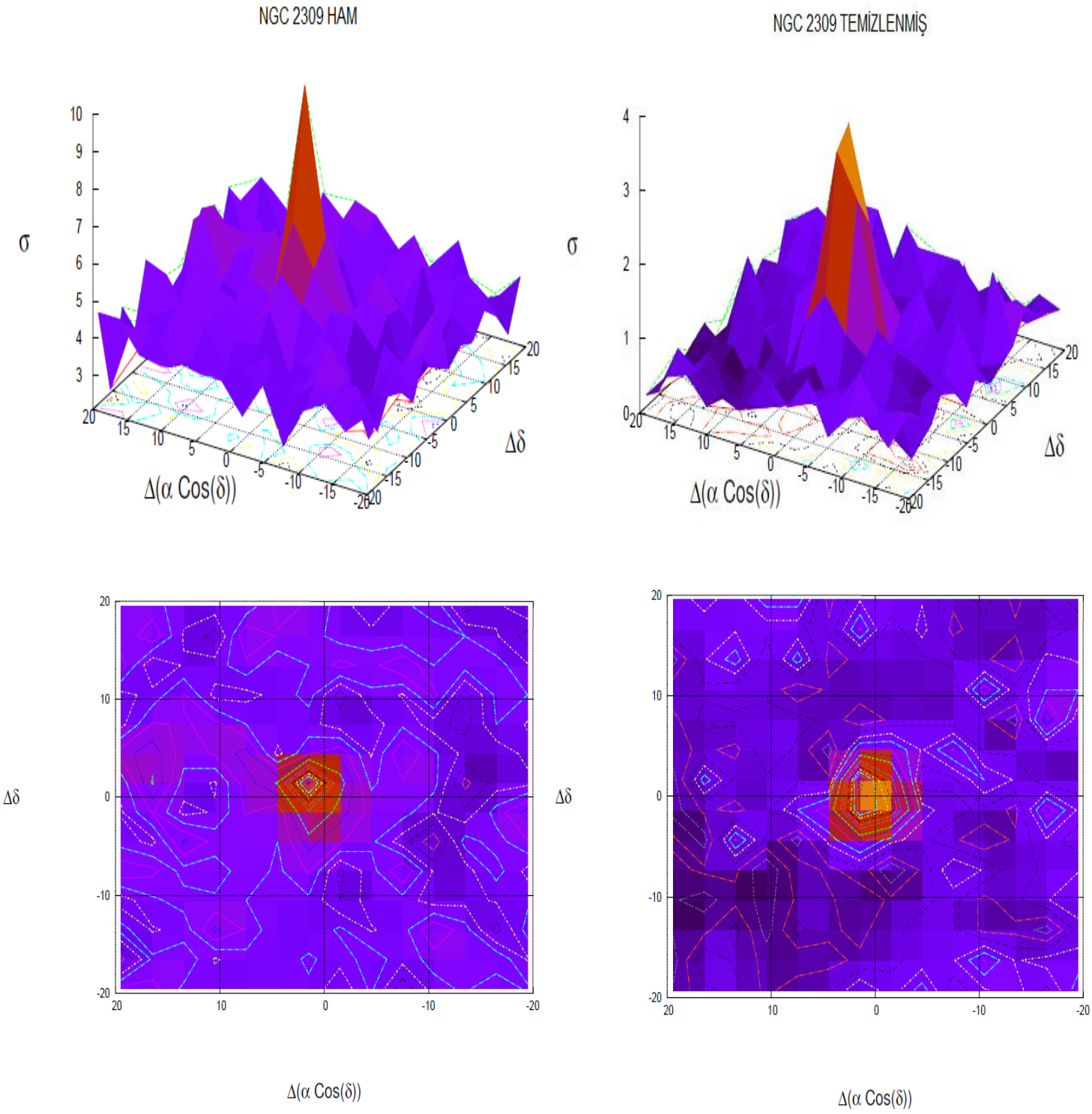

NGC 6939
Z=0.0105
Yaş= 2 Gyıl
J
(J-H)

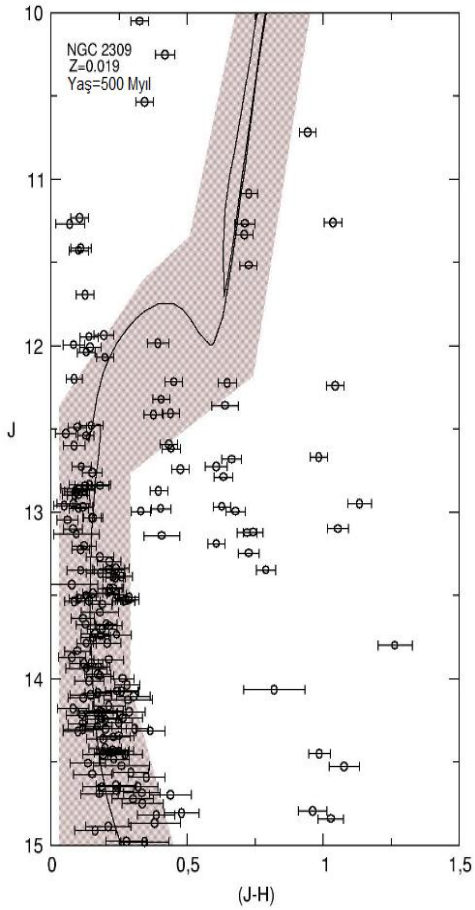

NGC 6939
Z=0.006
Yaş= 2 Gyıl
J
(J-H)

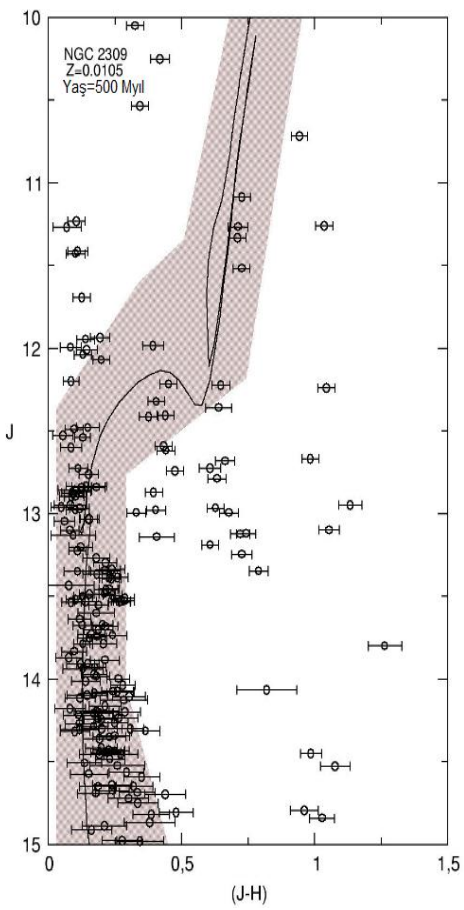

σ (yıldız yaydakikası -2)
R (yaydakikası)

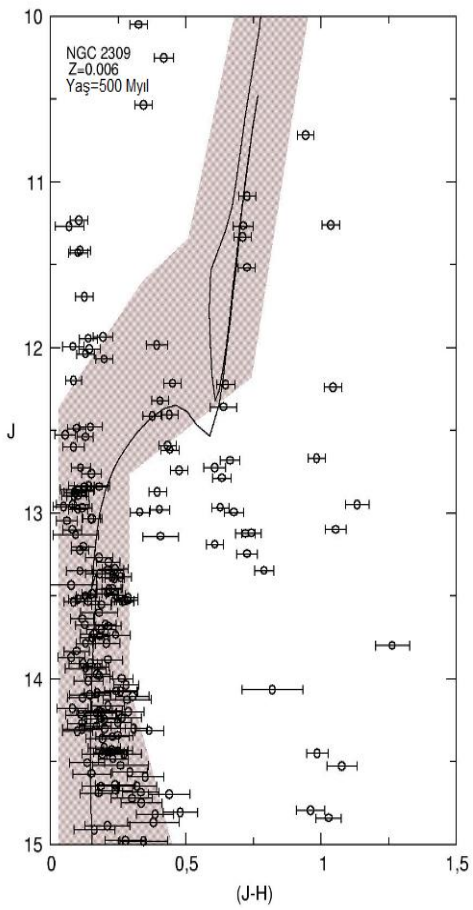

(a)
Tüm Küme (0.0-4.26 pc)
χ=-0.84±0.46
(b)
(1.16-4.26 pc)
χ=-0.51±0.46
(c)
Kor (0.0-1.16 pc)
χ=-2.17±0.66
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

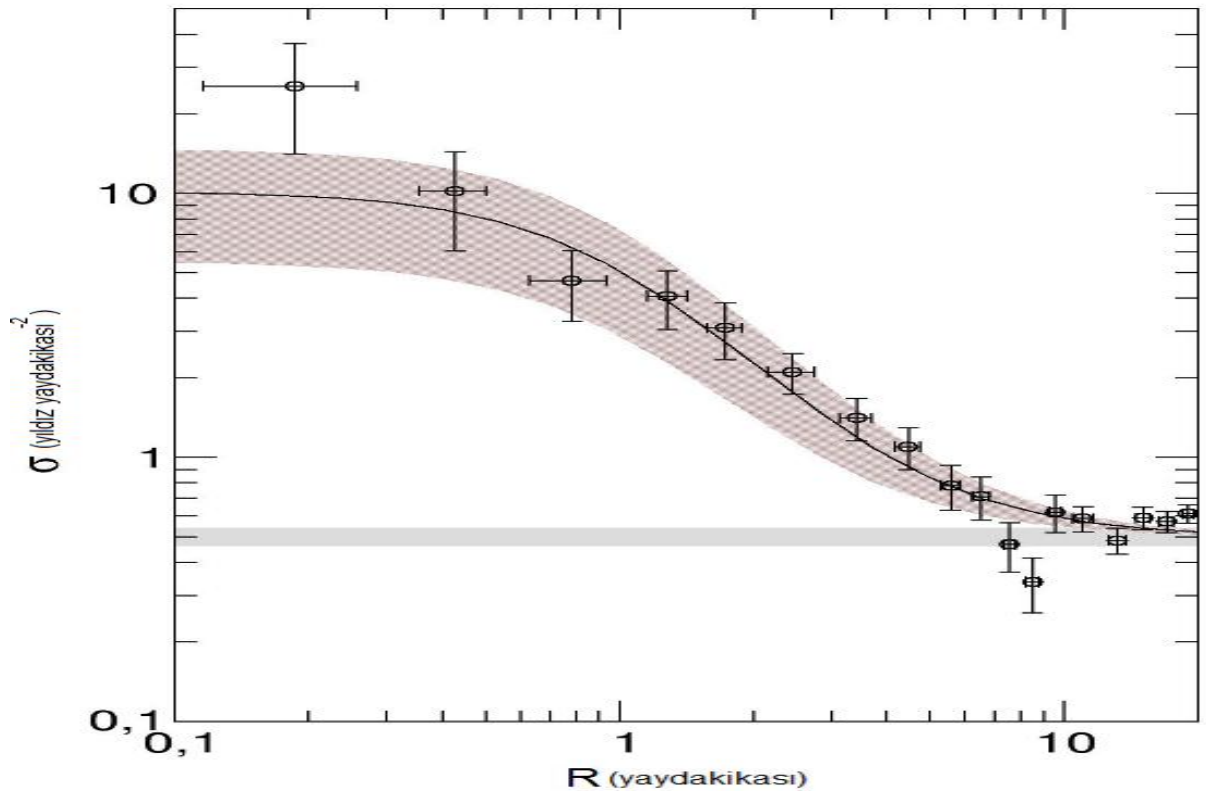
NGC 2309

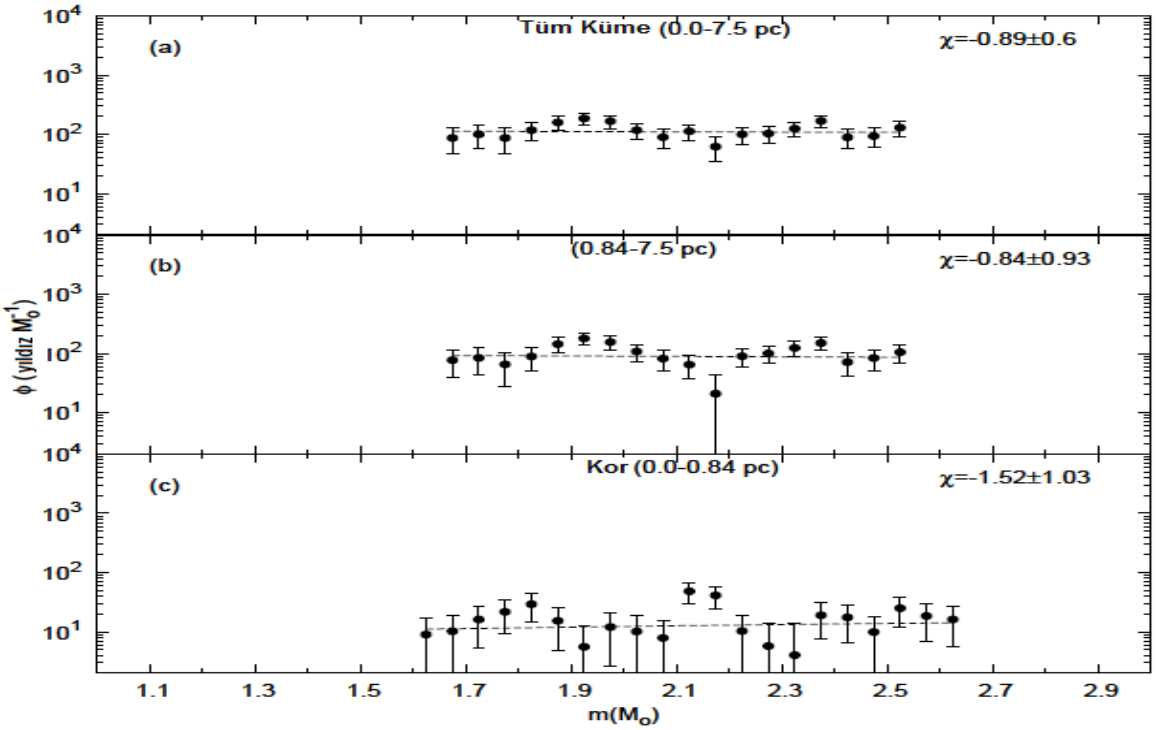



NGC 2309
Z=0.019
Yaş=500 Myıl
J
(J-H)

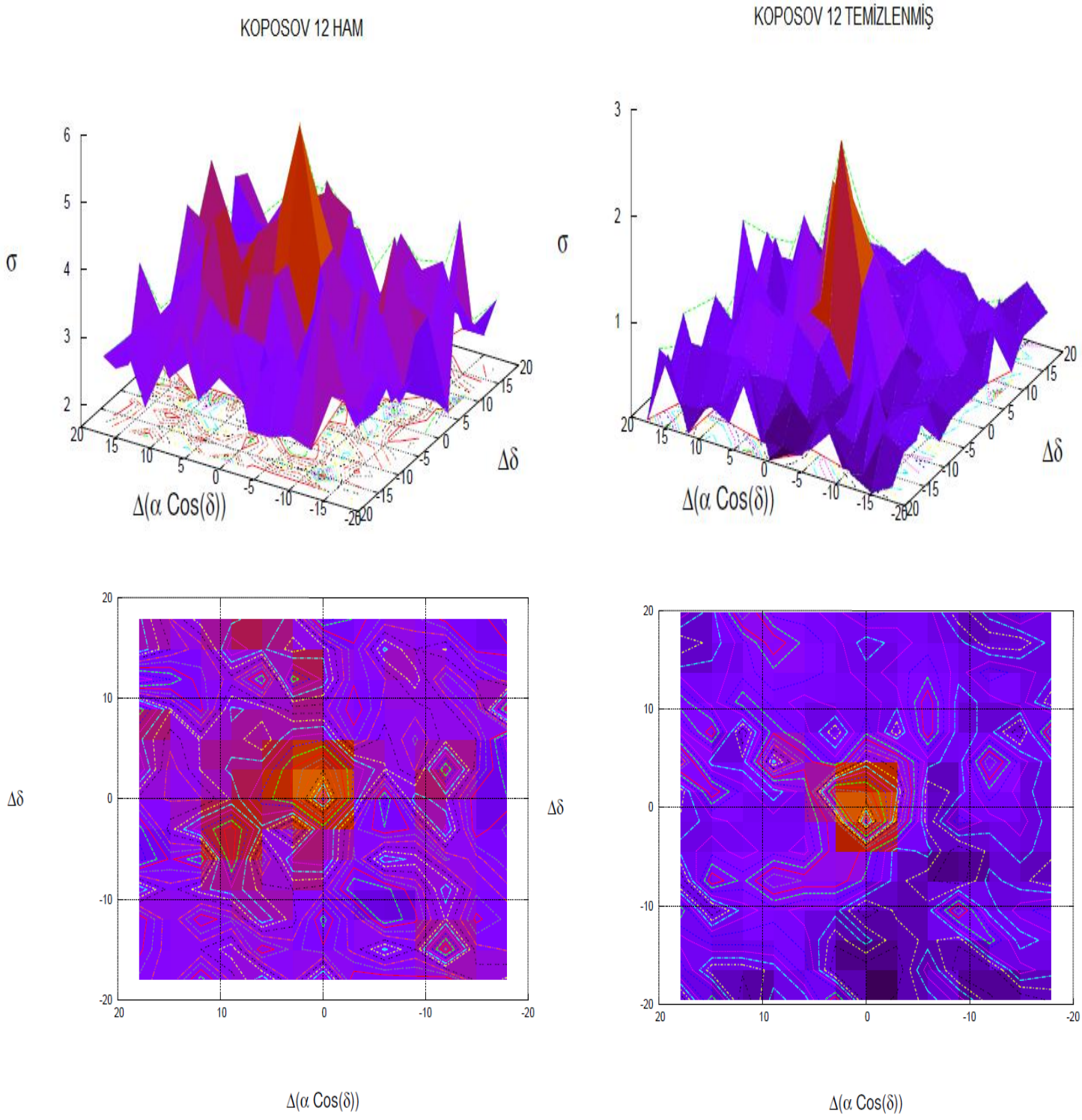

NGC 2309
Z=0.0105
Yaş=500 Myıl
J
(J-H)

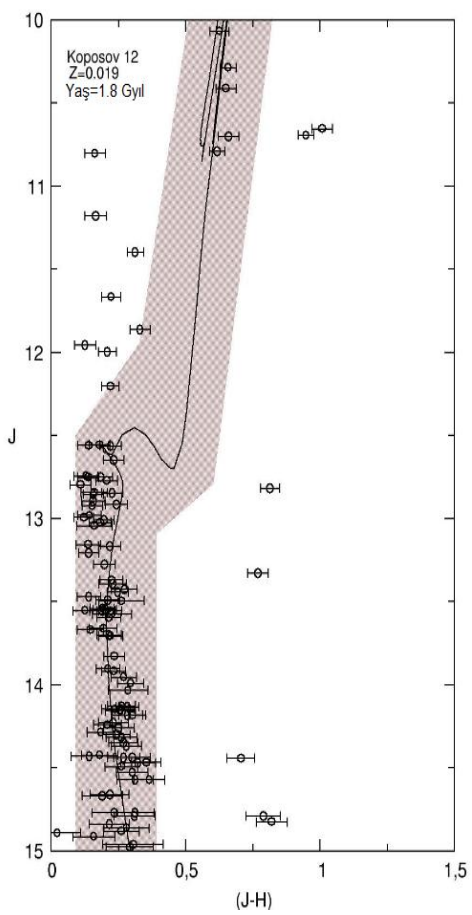

NGC 2309
Z=0.006
Yaş=500 Myıl
J
(J-H)

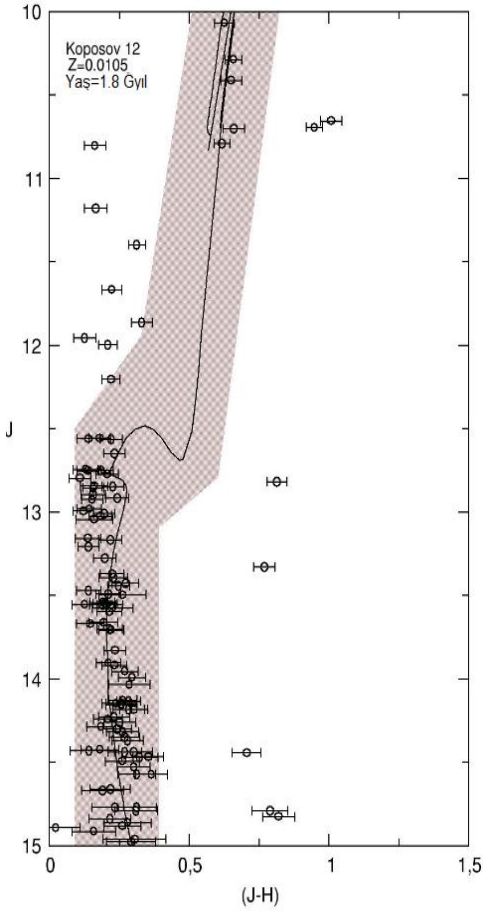

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

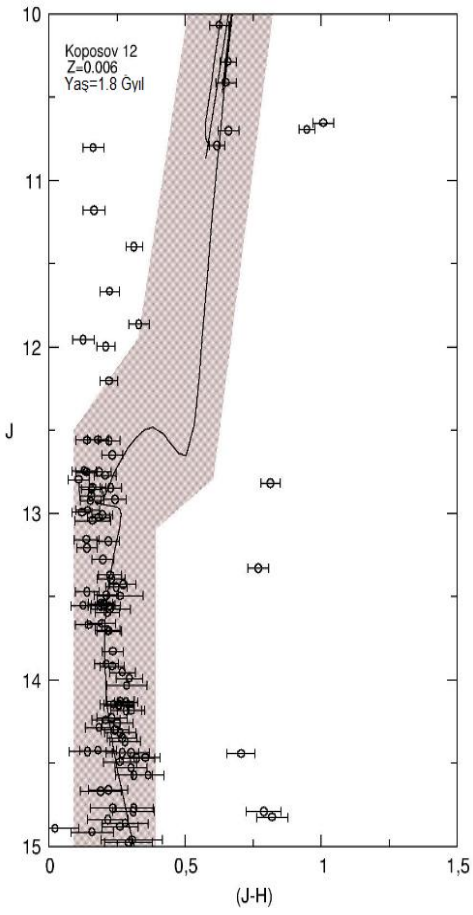

(a)
Tüm Küme (0.0-7.5 pc)
χ=-0.89±0.6
(b)
(0.84-7.5 pc)
χ=-0.84±0.93
(c)
Kor (0.0-0.84 pc)
χ=-1.52±1.03
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)
10^4
10^3
10^2
10^1
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3
2.5
2.7
2.9

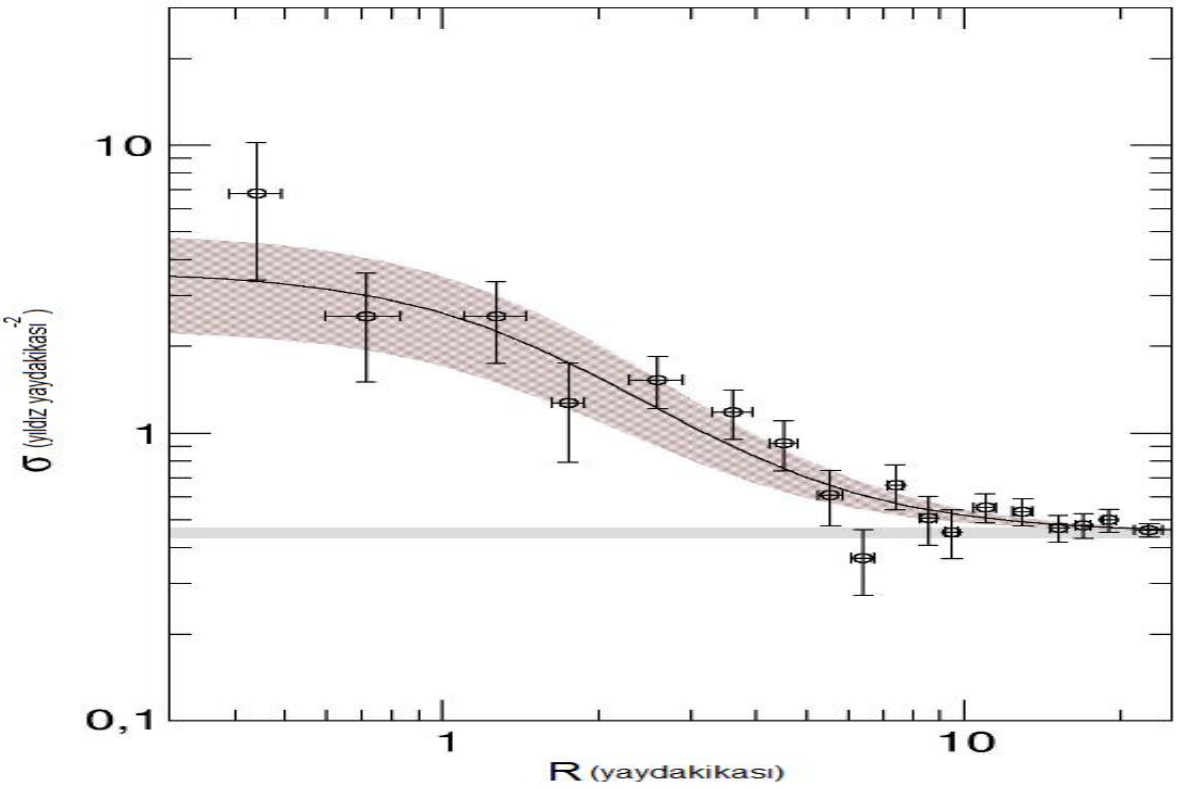
KOPOSOV 12



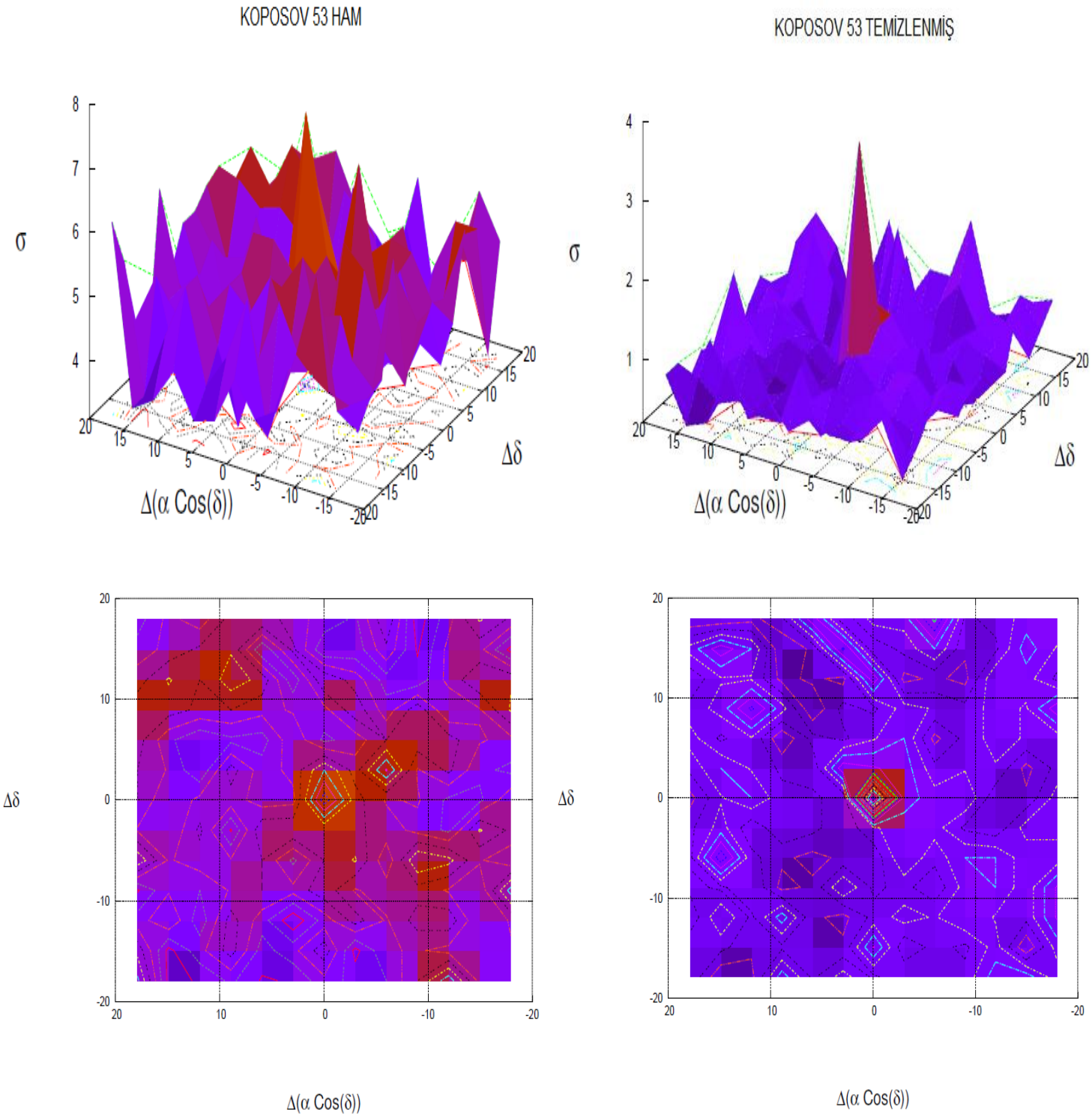

Koposov 12
Z=0.019
Yaş=1.8 Gyıl
J
(J-H)

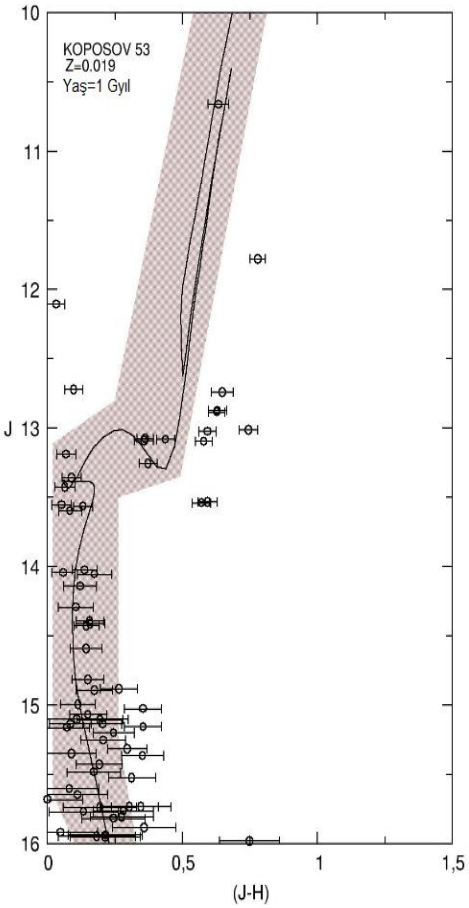

Koposov 12
Z=0.0105
Yaş=1.8 Gyıl
J
(J-H)

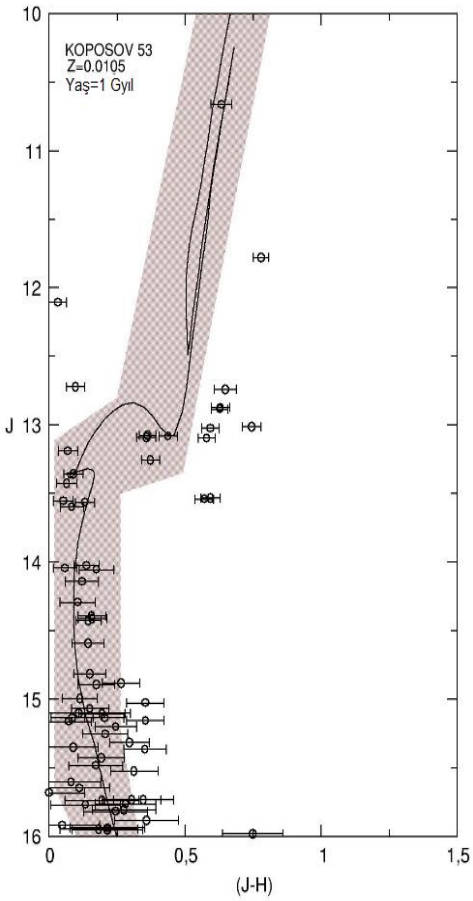

Koposov 12
Z=0.006
Yaş=1.8 Gyıl
J
(J-H)

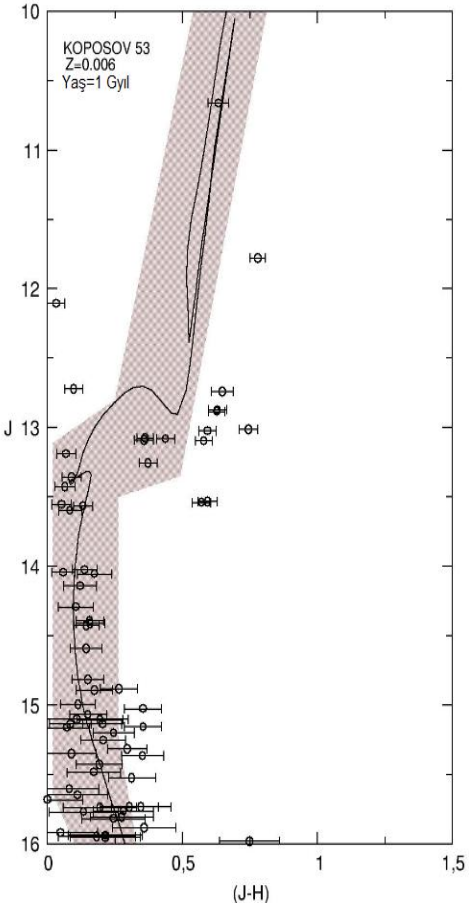

σ (yıldız yaydakikası)
-2
R (yaydakikası)

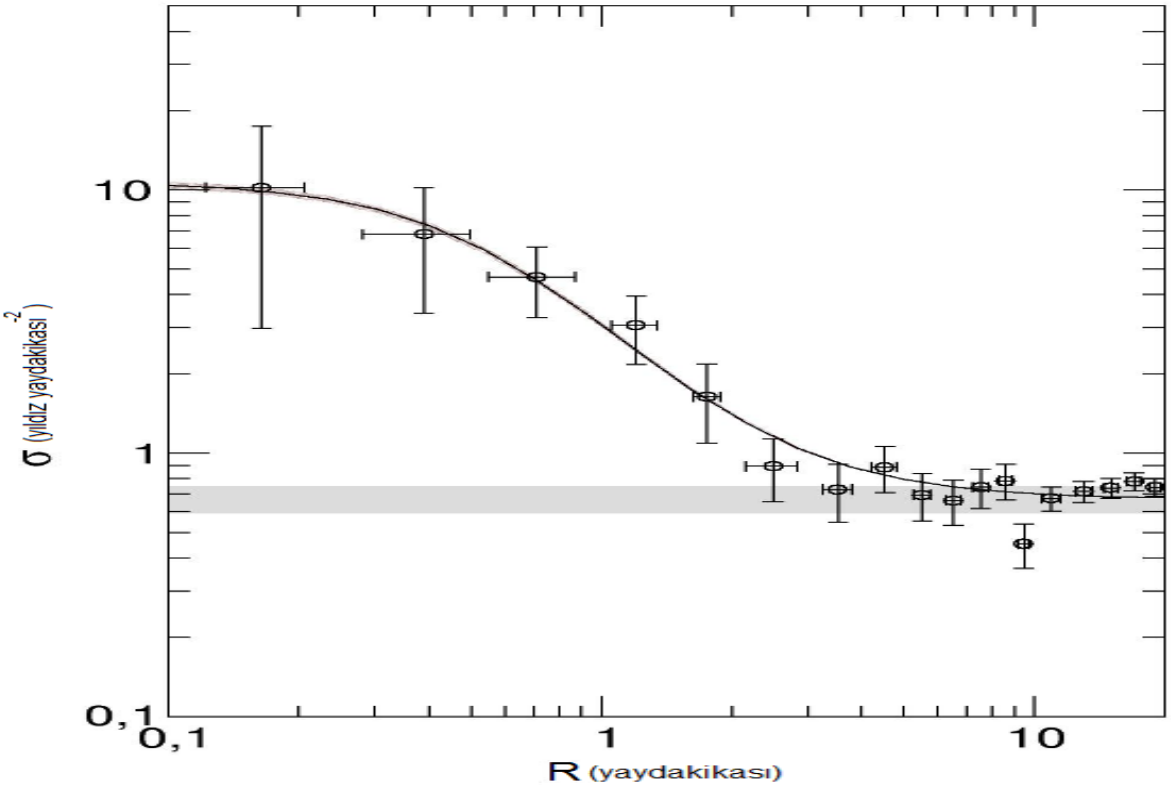
KOPOSOV 53

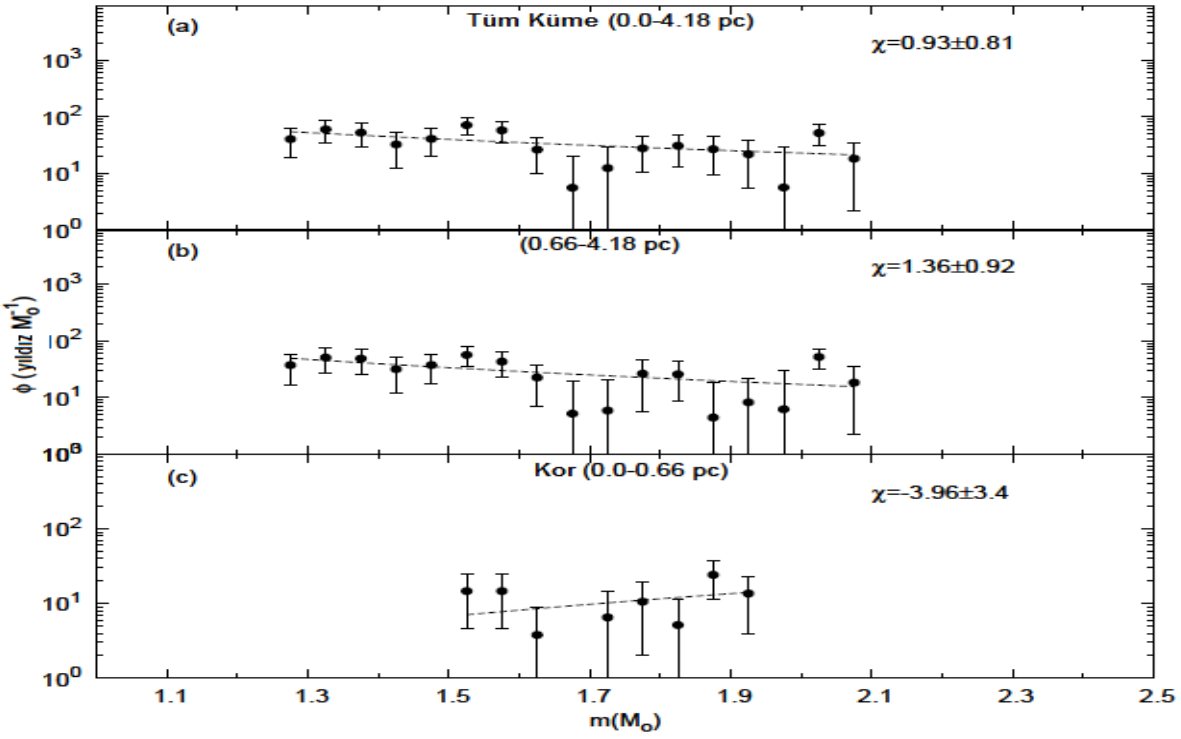



KOPOSOV 53
Z=0.019
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

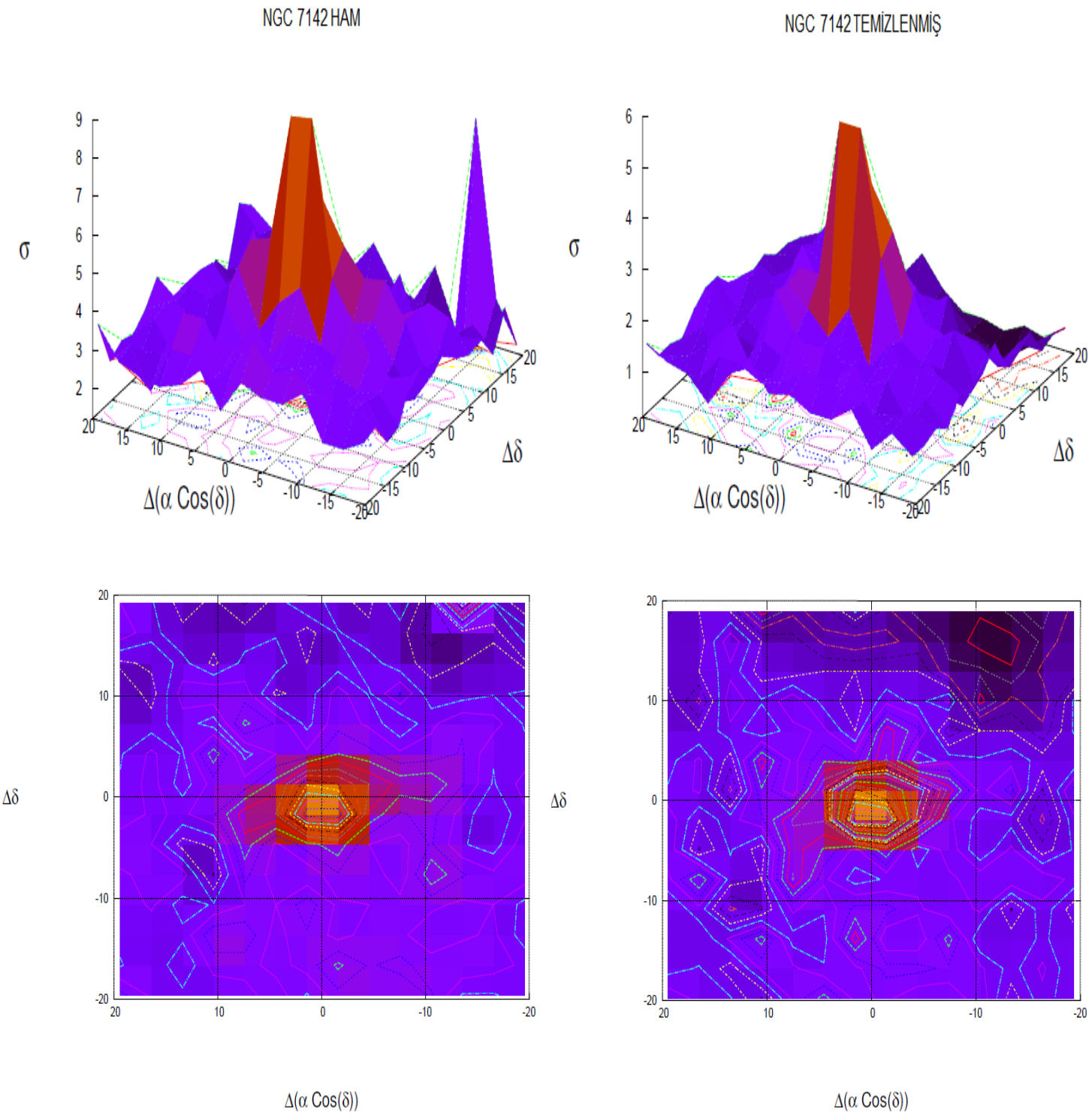

KOPOSOV 53
Z=0.0105
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

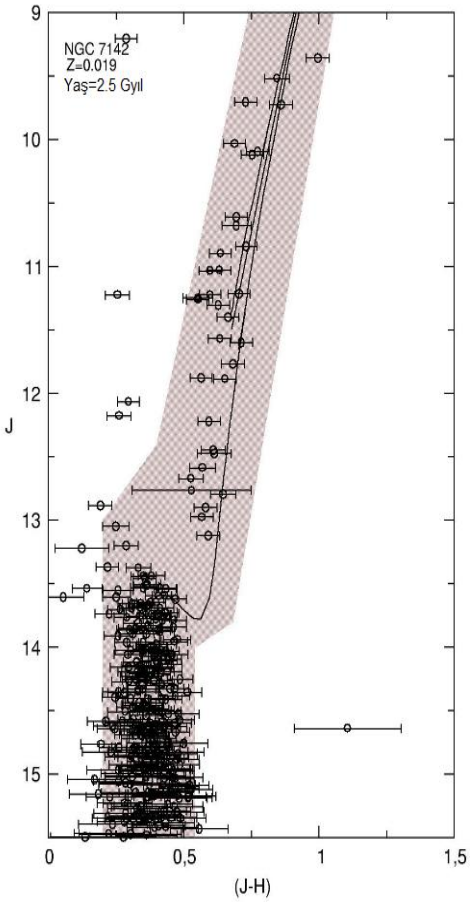

KOPOSOV 53
Z=0.006
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

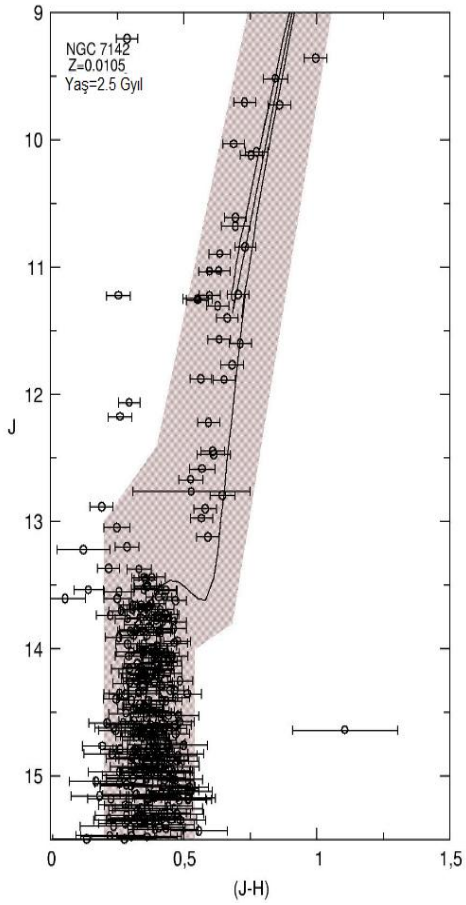

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

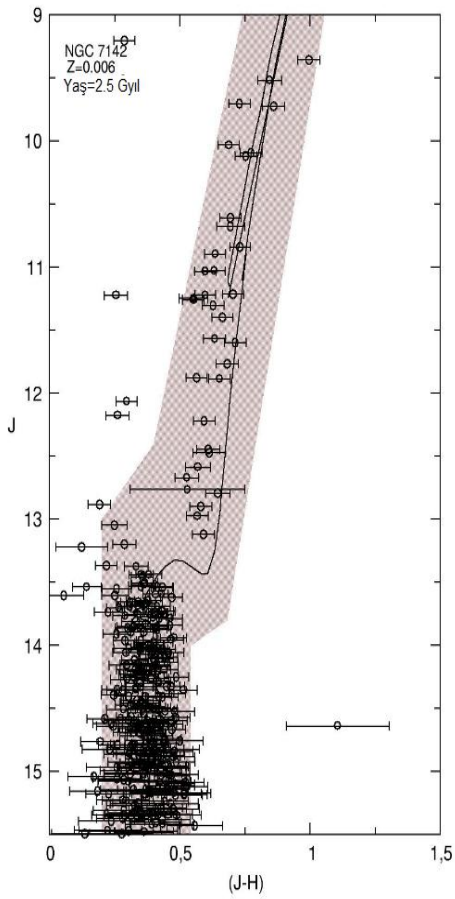

(a)
Tüm Küme (0.0-4.18 pc)
χ=0.93±0.81
(b)
(0.66-4.18 pc)
χ=1.36±0.92
(c)
Kor (0.0-0.66 pc)
χ=-3.96±3.4
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3
2.5

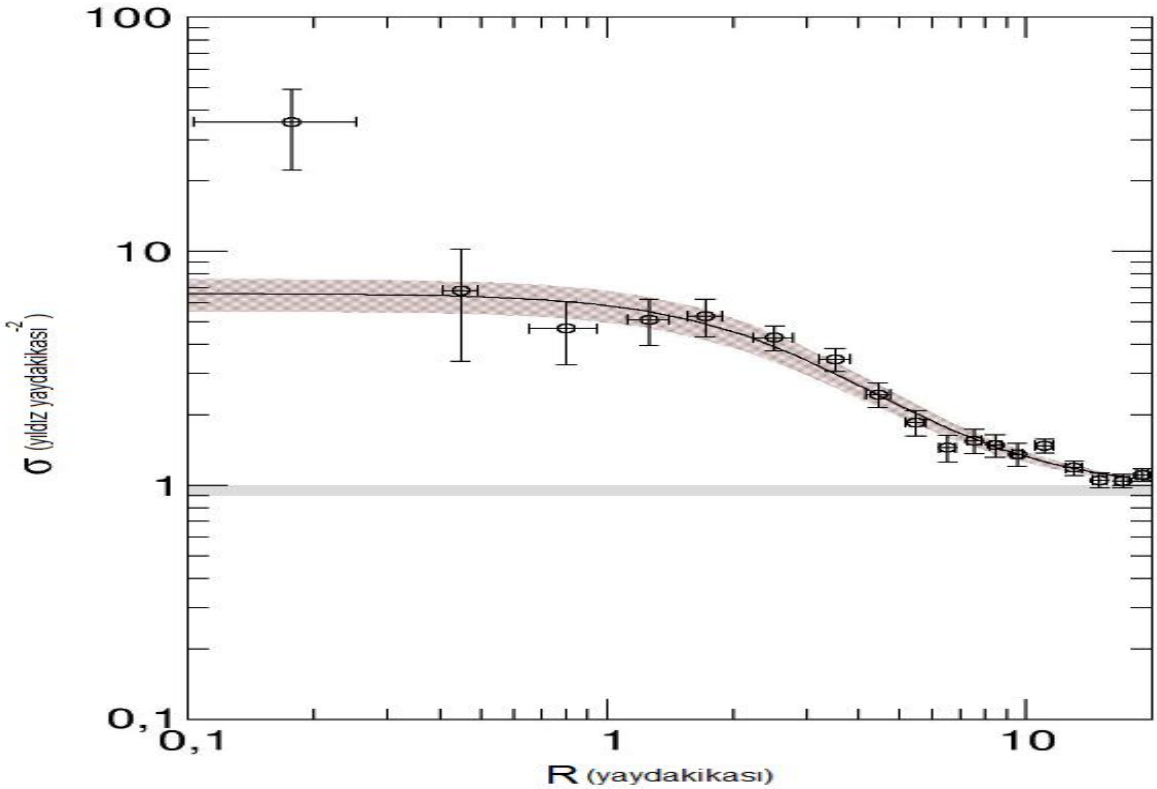
NGC 7142

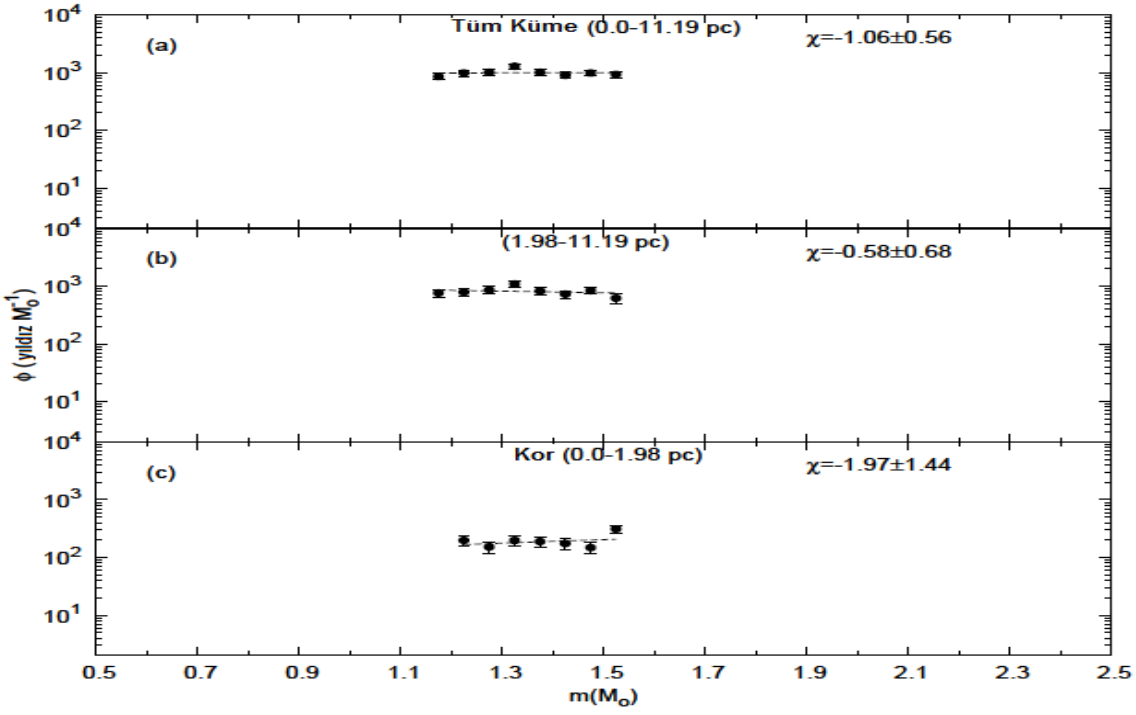



NGC 7142
Z=0.019
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

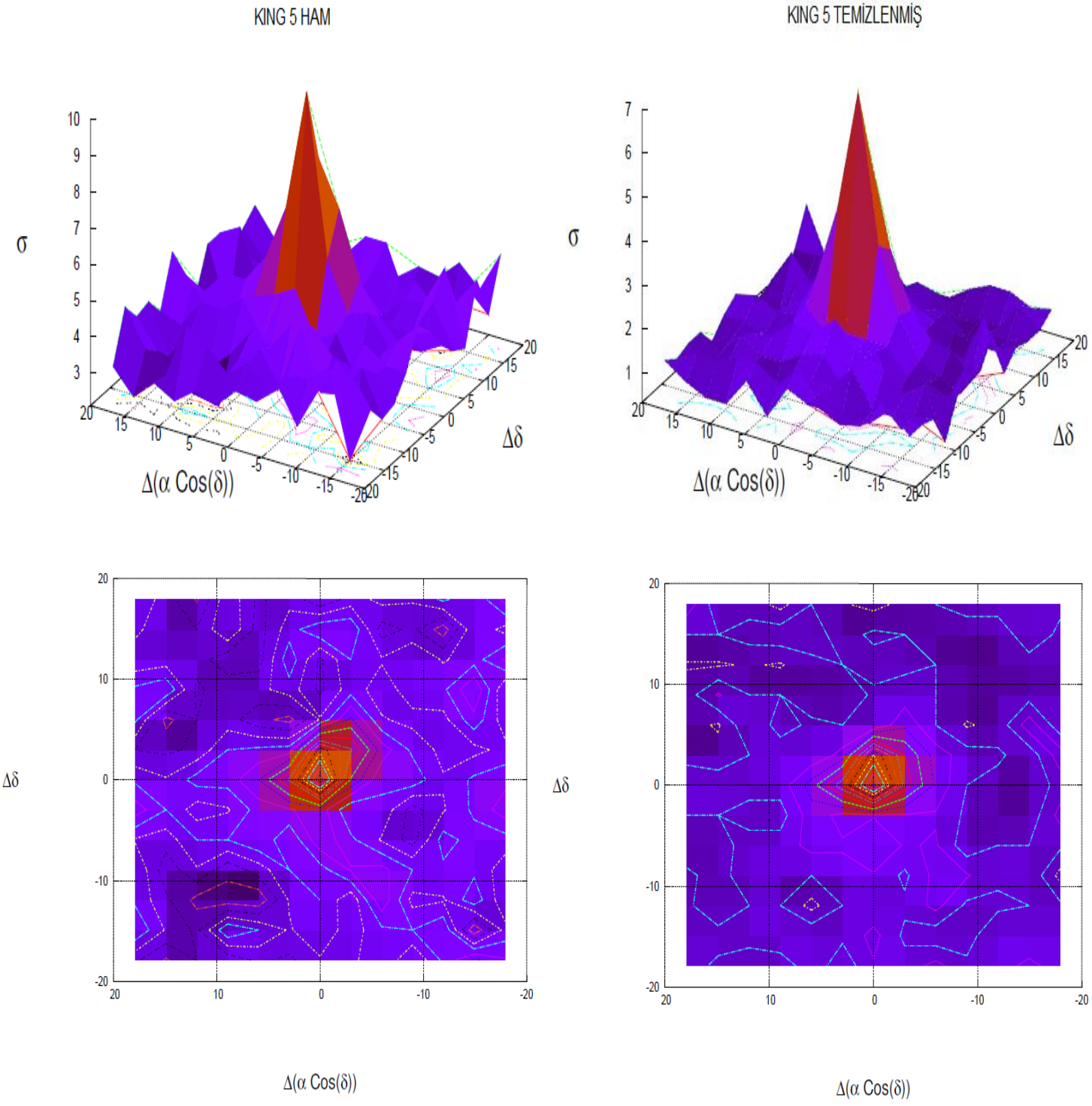

NGC 7142
Z=0.0105
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

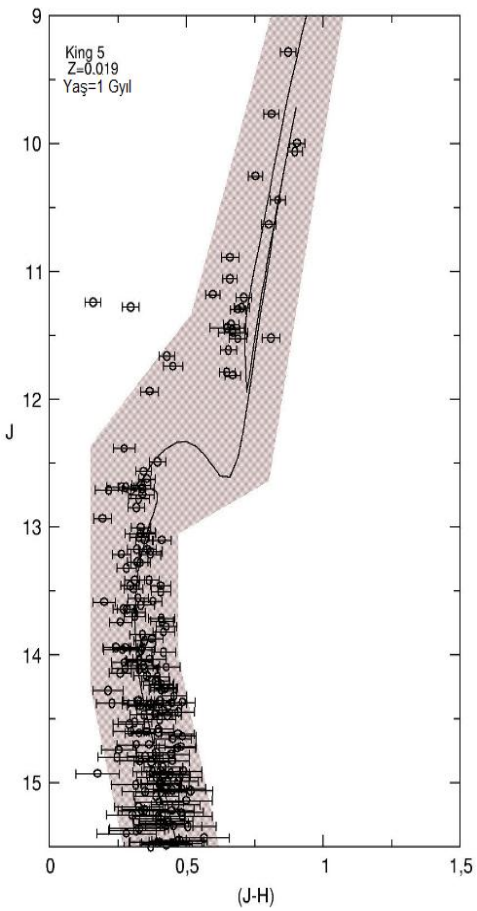

NGC 7142
Z=0.006
Yaş=2.5 Gyıl
J
(J-H)

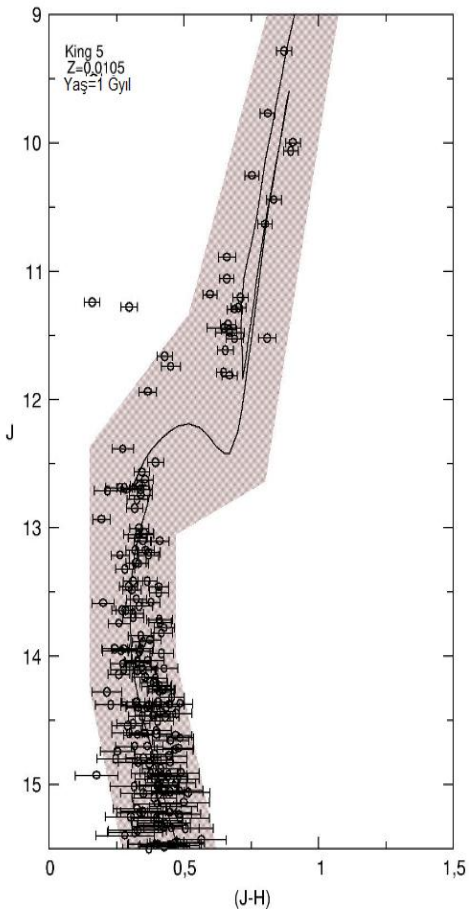

σ (yıldız yaydakikası)
-2
R (yaydakikası)

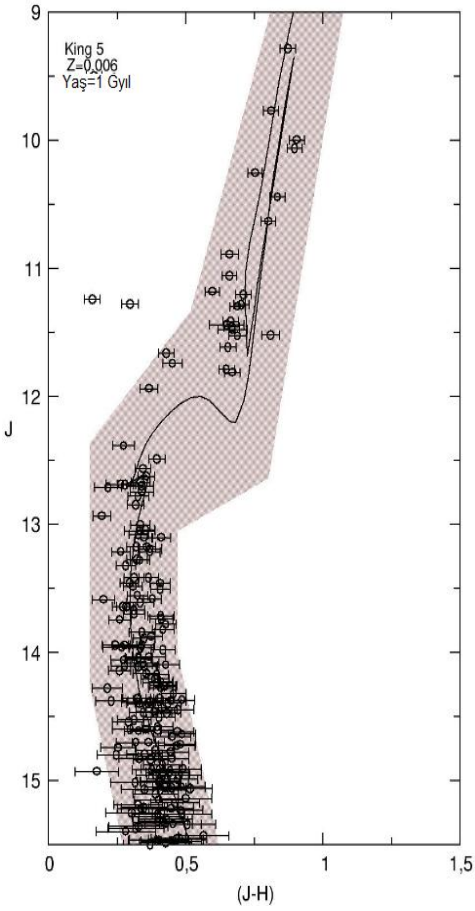

(a)
Tüm Küme (0.0-11.19 pc)
χ=-1.06±0.56
(b)
(1.98-11.19 pc)
χ=-0.58±0.68
(c)
Kor (0.0-1.98 pc)
χ=-1.97±1.44
ϕ (yıldız M⁻¹)
m(M)
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3
2.5

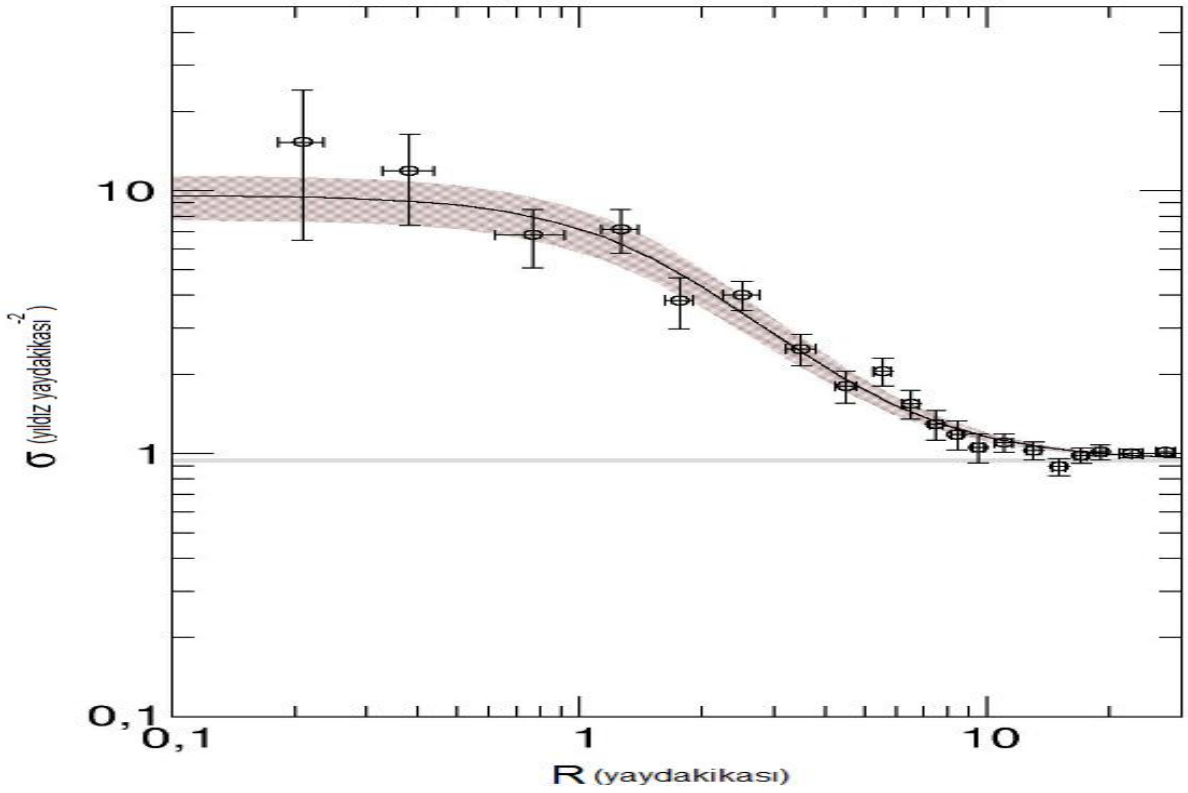
KING 5

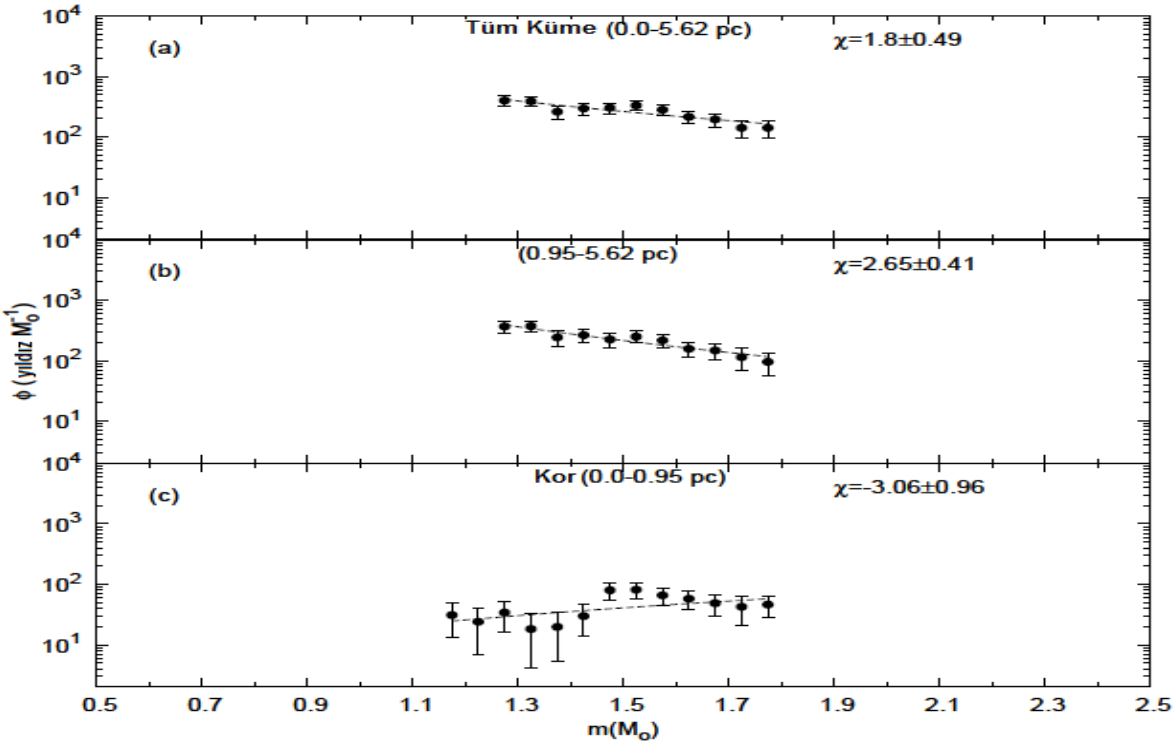



King 5
Z=0,019
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

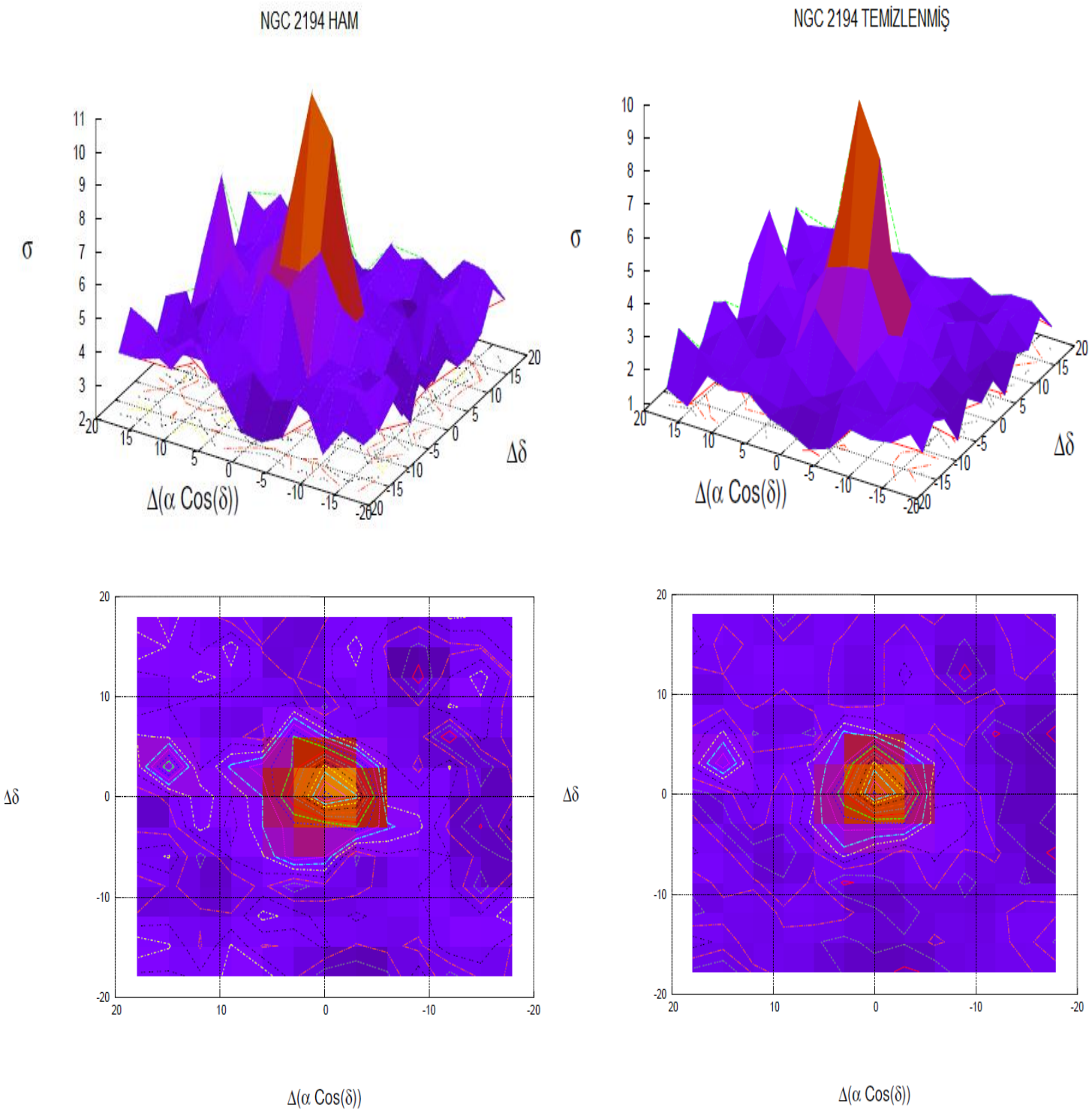

King 5
Z=0,0105
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

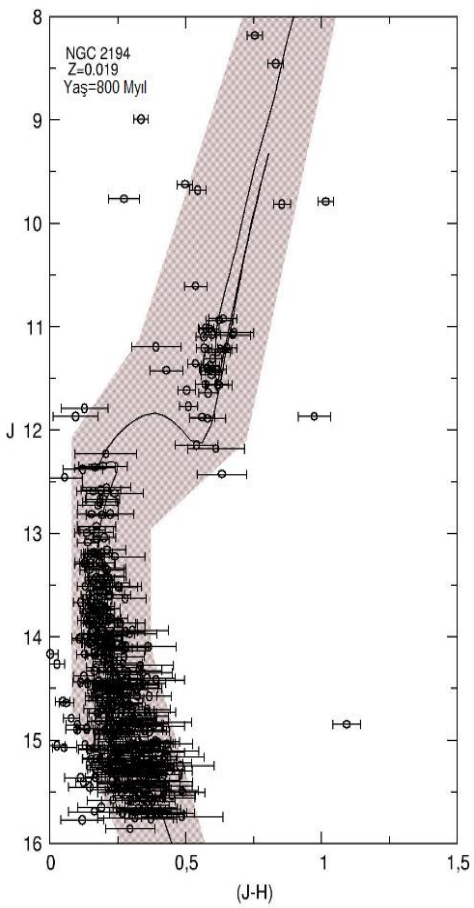

King 5
Z=0,006
Yaş=1 Gyıl
J
(J-H)

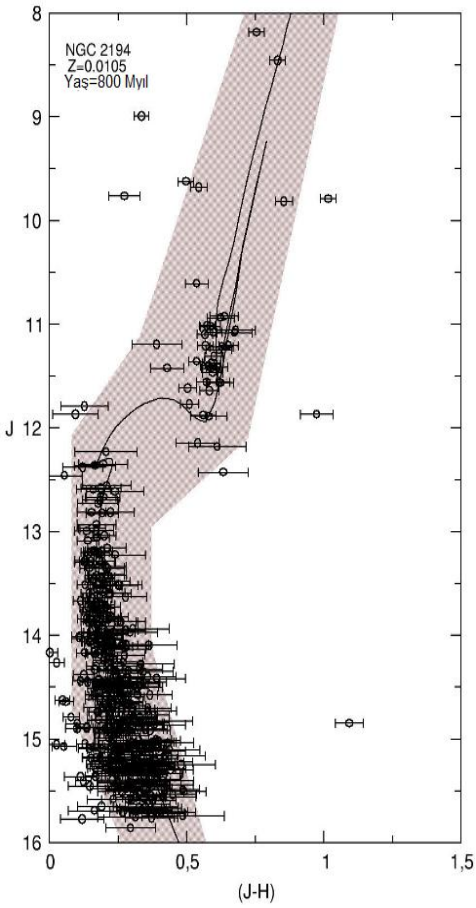

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

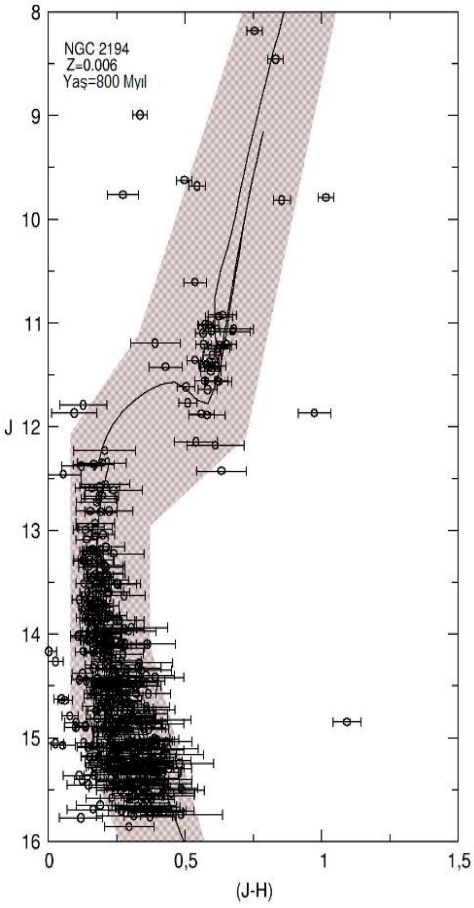

(a)
Tüm Küme (0.0-5.62 pc)
χ=1.8±0.49
(b)
(0.95-5.62 pc)
χ=2.65±0.41
(c)
Kor (0.0-0.95 pc)
χ=-3.06±0.96
ϕ (yıldız M_o^-1)
m(M_o)

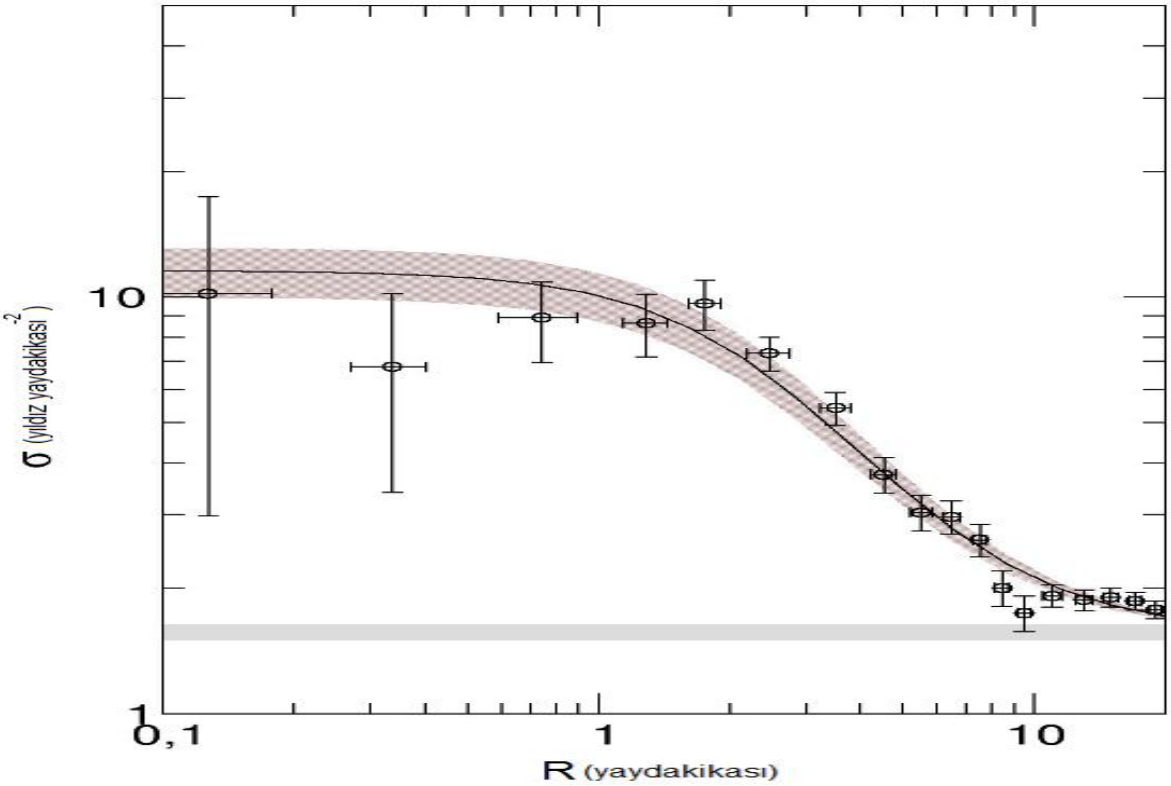
NGC 2194

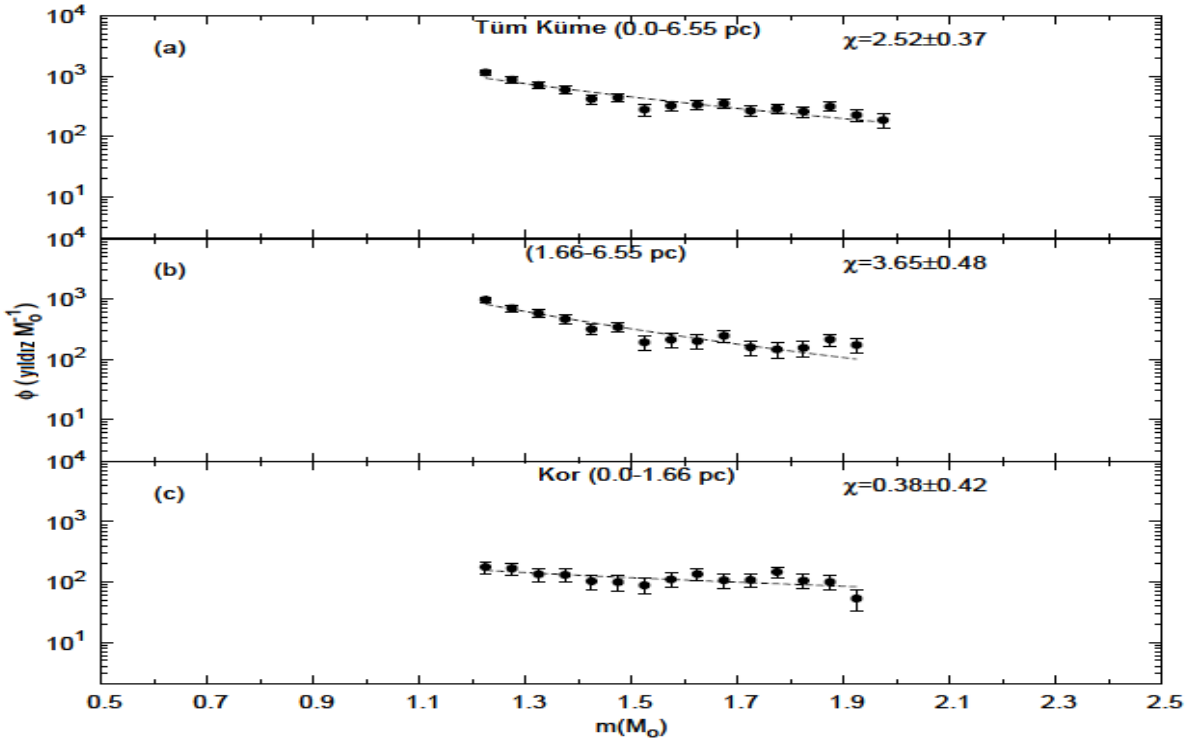



NGC 2194
Z=0.019
Yaş=800 Myıl
J
(J-H)

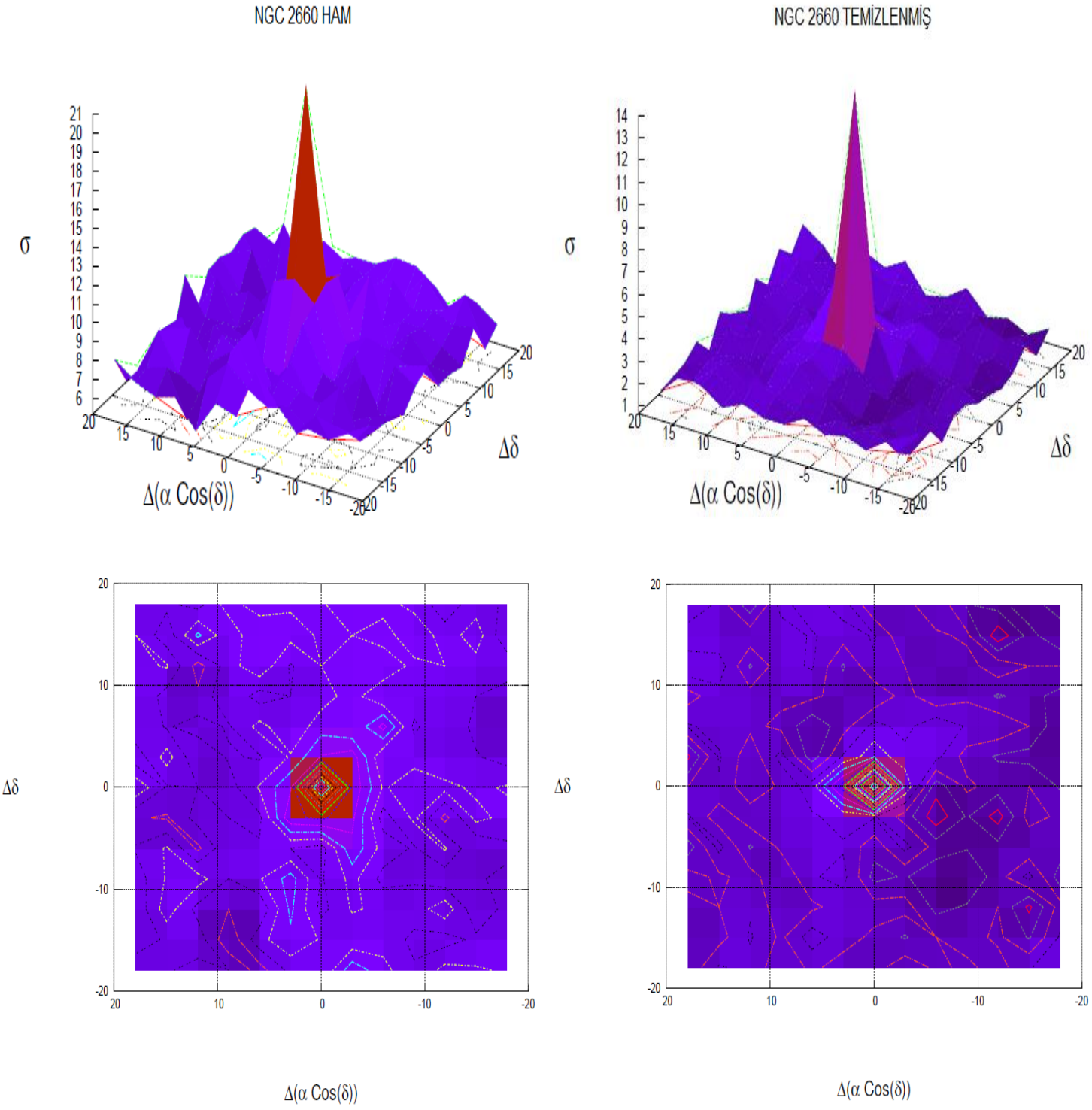

NGC 2194
Z=0.0105
Yaş=800 Myıl
J
(J-H)

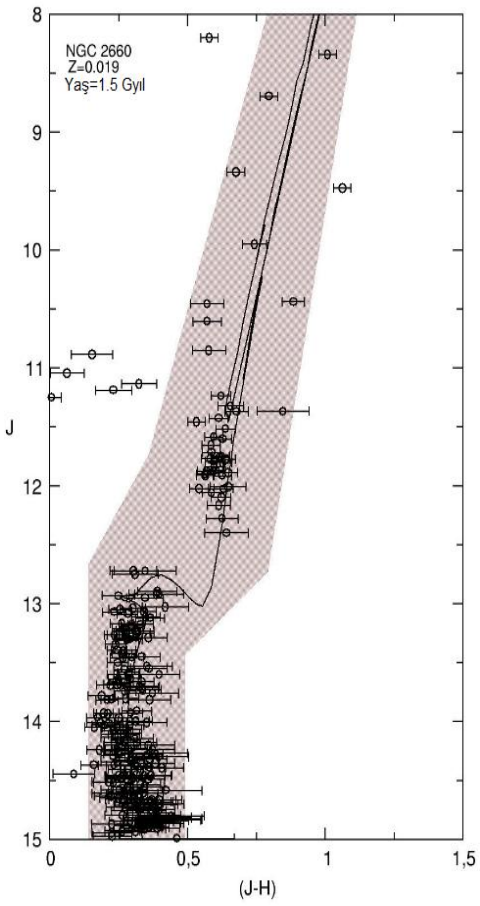

NGC 2194
Z=0.006
Yaş=800 Myıl
J
(J-H)

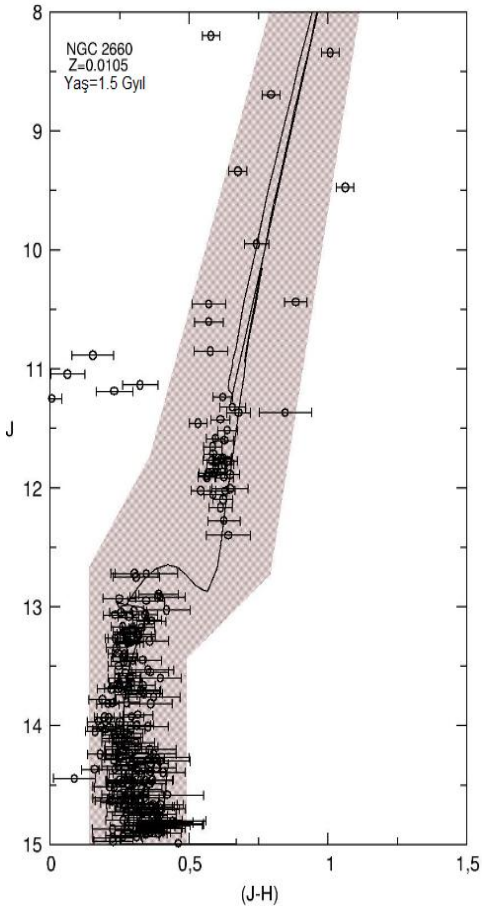

σ (yıldız yaydakikası)
-2
R (yaydakikası)

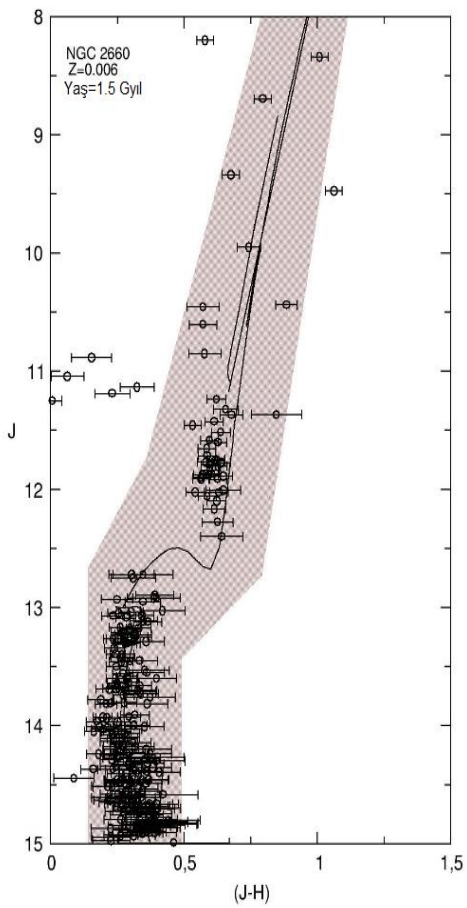

(a)
Tüm Küme (0.0-6.55 pc)
χ=2.52±0.37
(b)
(1.66-6.55 pc)
χ=3.65±0.48
(c)
Kor (0.0-1.66 pc)
χ=0.38±0.42
ϕ (yıldız M$_o^{-1}$)
m(M$_o$)

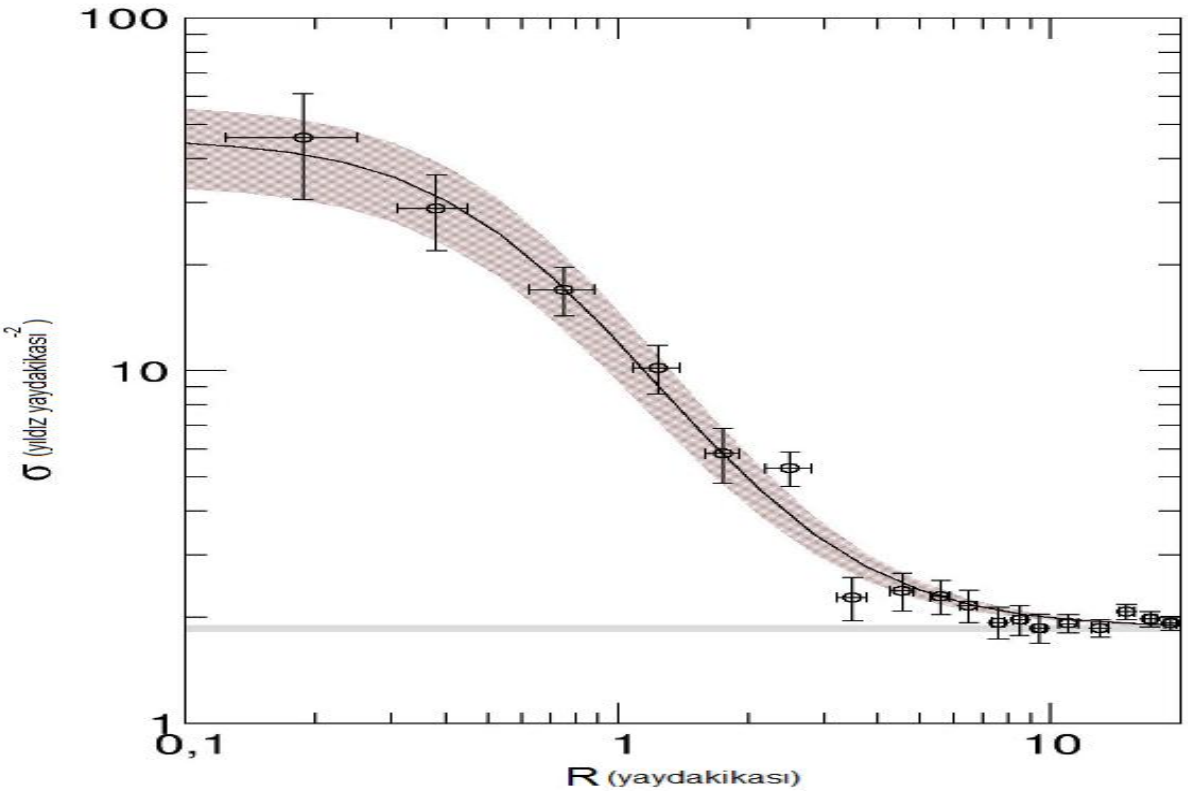
NGC 2660



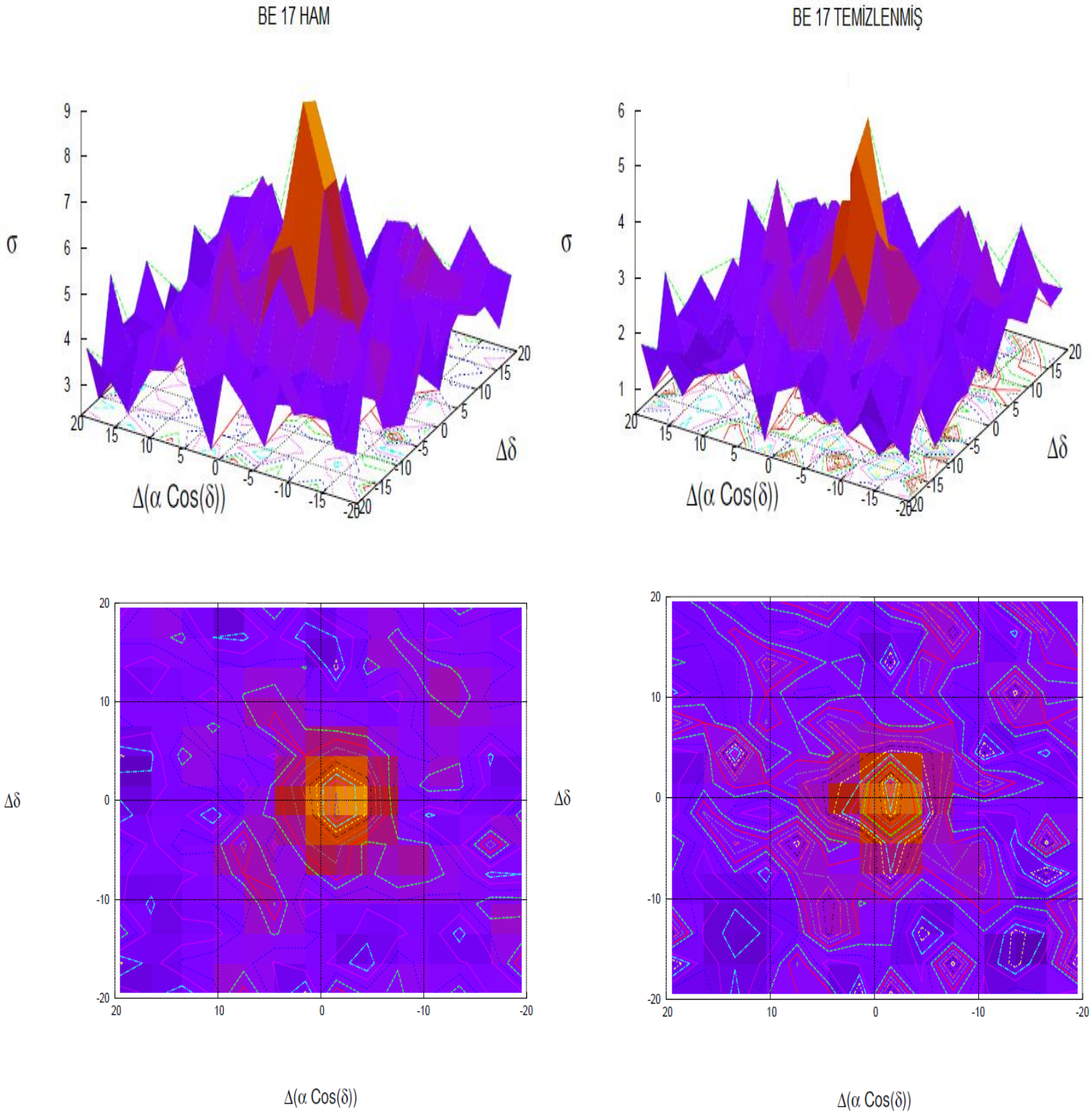

NGC 2660
Z=0.019
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

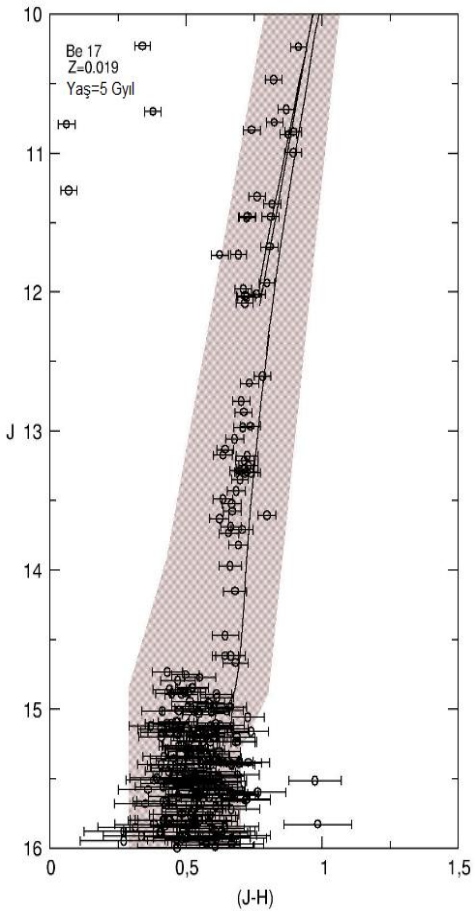

NGC 2660
Z=0.0105
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

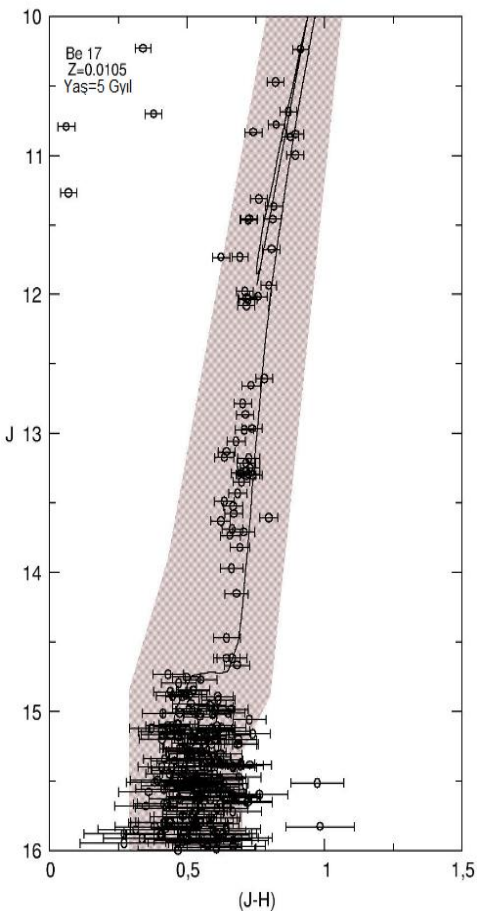

NGC 2660
Z=0.006
Yaş=1.5 Gyıl
J
(J-H)

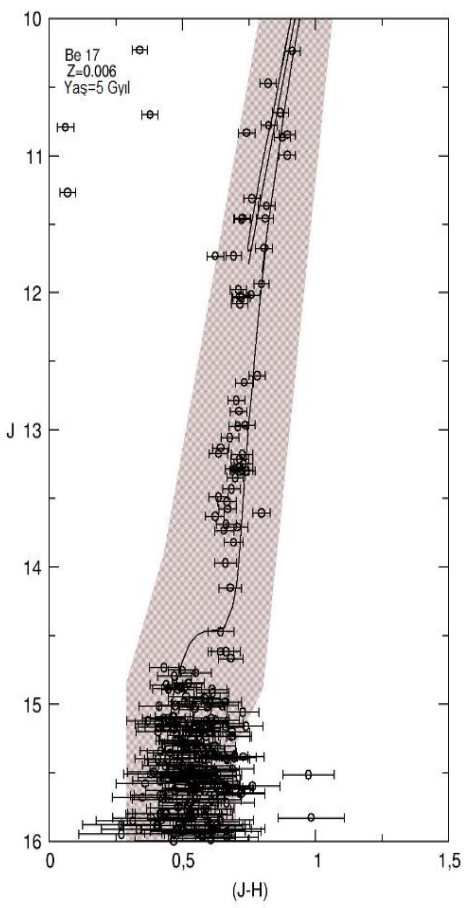

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

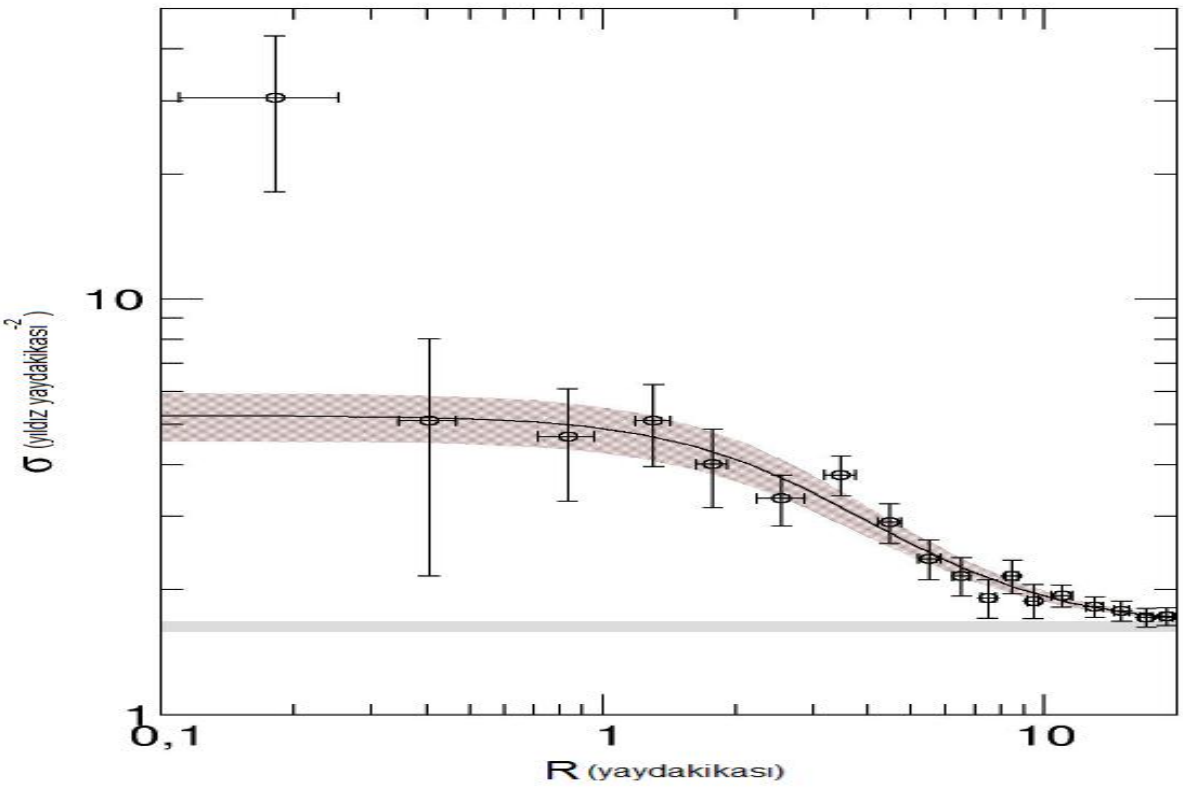
Be 17



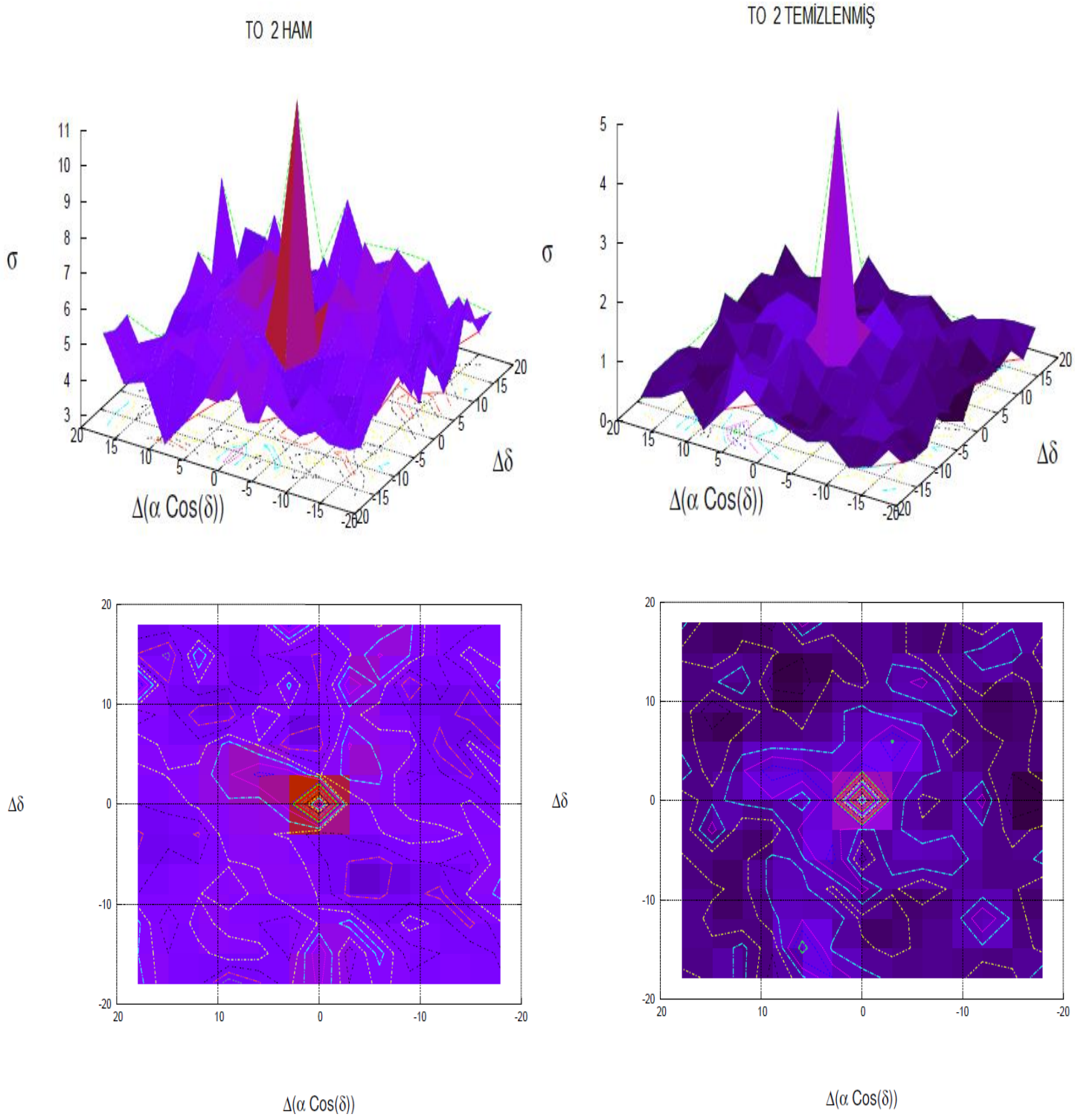

Be 17
Z=0.019
Yaş=5 Gyıl
J
(J-H)

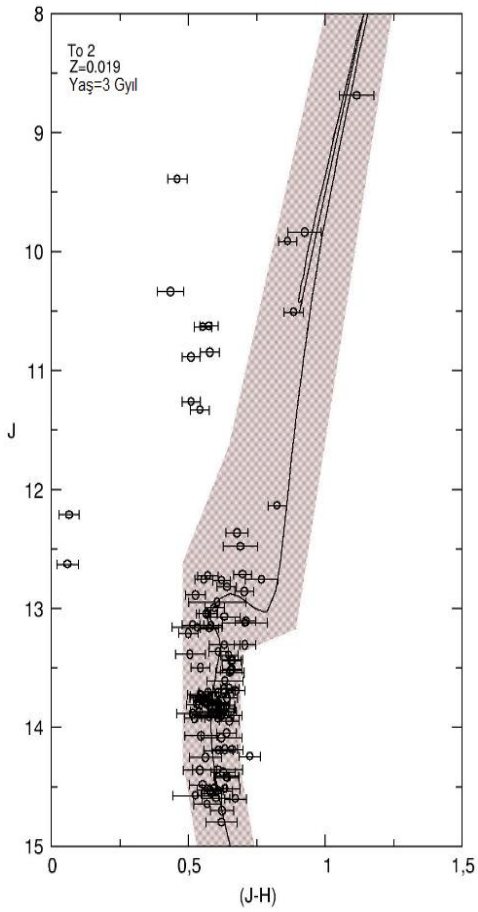

Be 17
Z=0.0105
Yaş=5 Gyıl
J
(J-H)

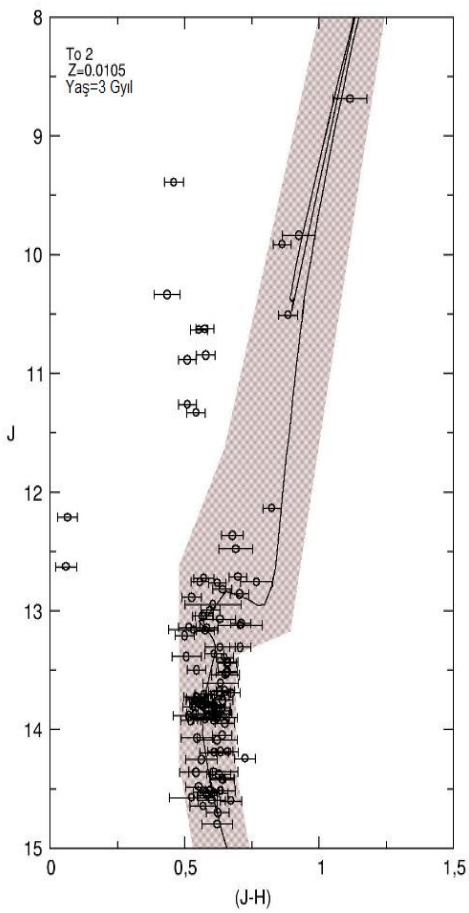

Be 17
Z=0.006
Yaş=5 Gyıl
J
(J-H)

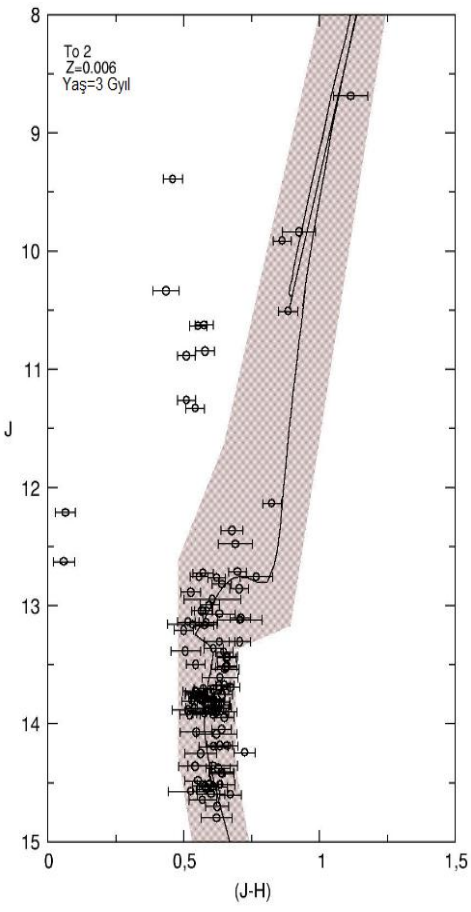

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

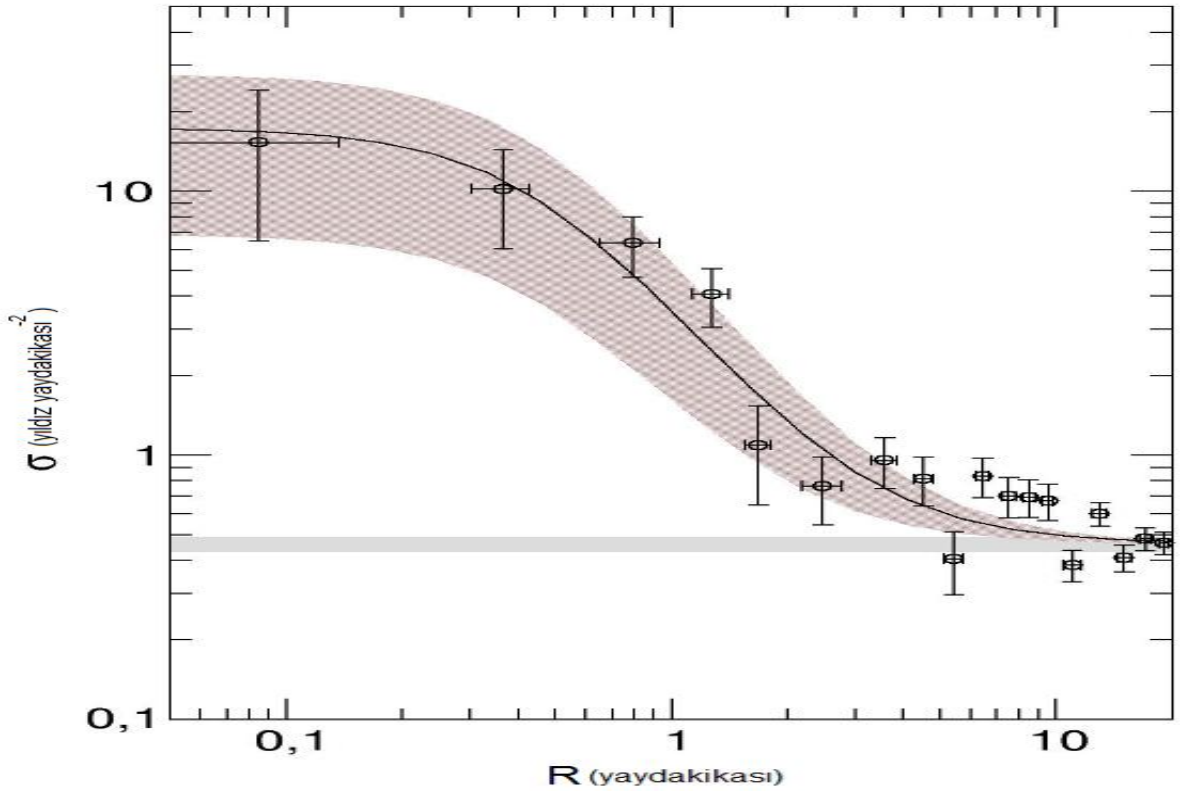
To 2


TO 2 HAM
σ
Δδ
Δ(α Cos(δ))
TO 2 TEMİZLENMİŞ
σ
Δδ
Δ(α Cos(δ))
Δδ
Δ(α Cos(δ))
Δδ
Δ(α Cos(δ))

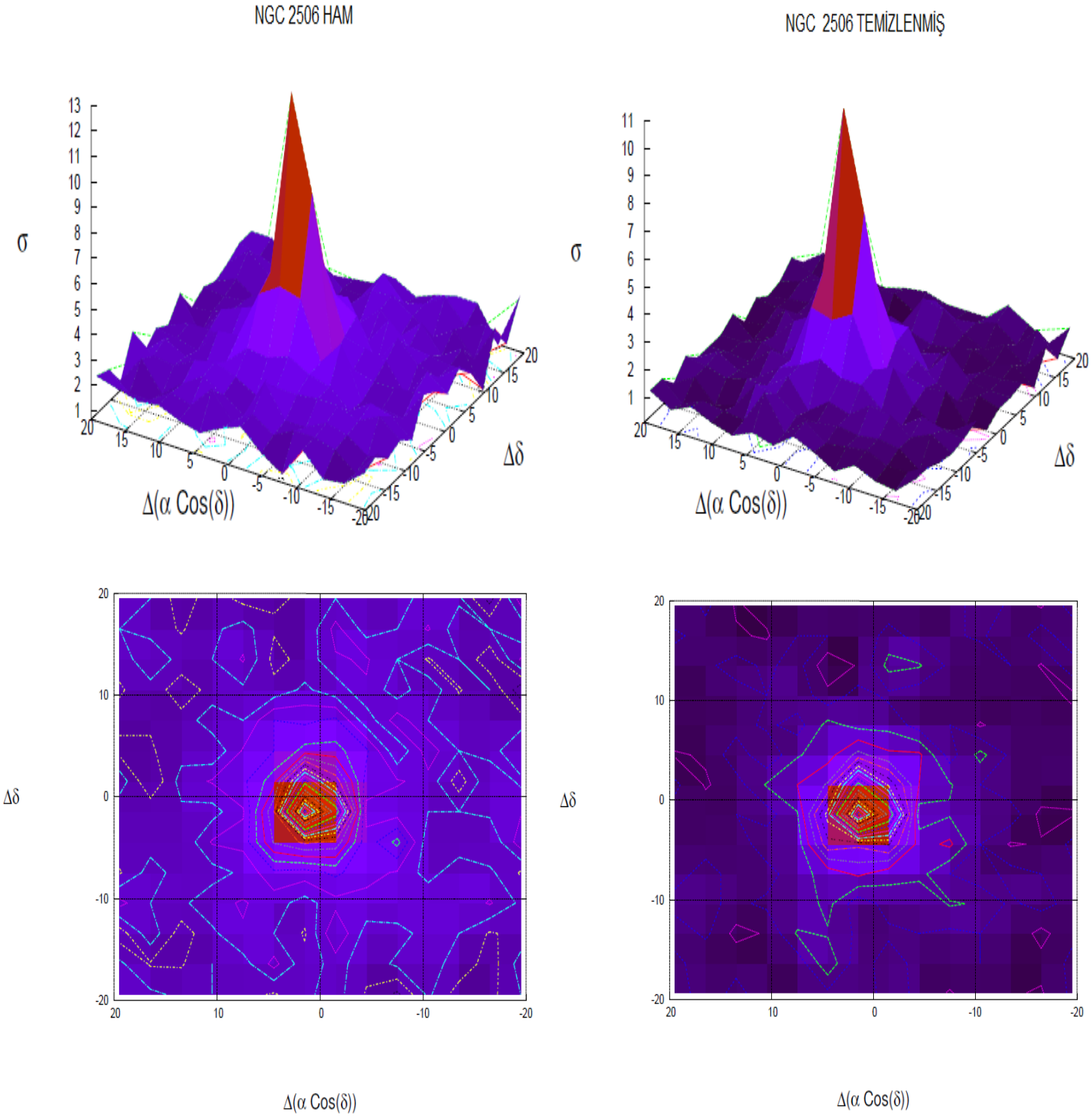

To 2
Z=0.019
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

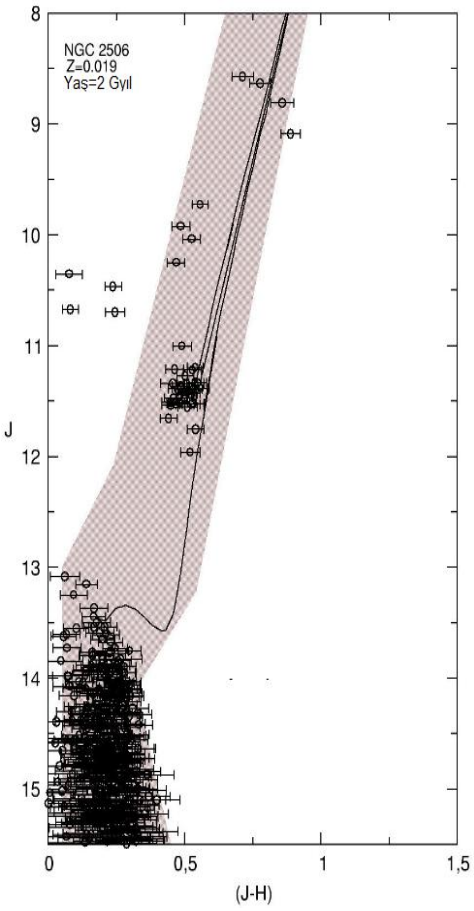

To 2
Z=0.0105
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

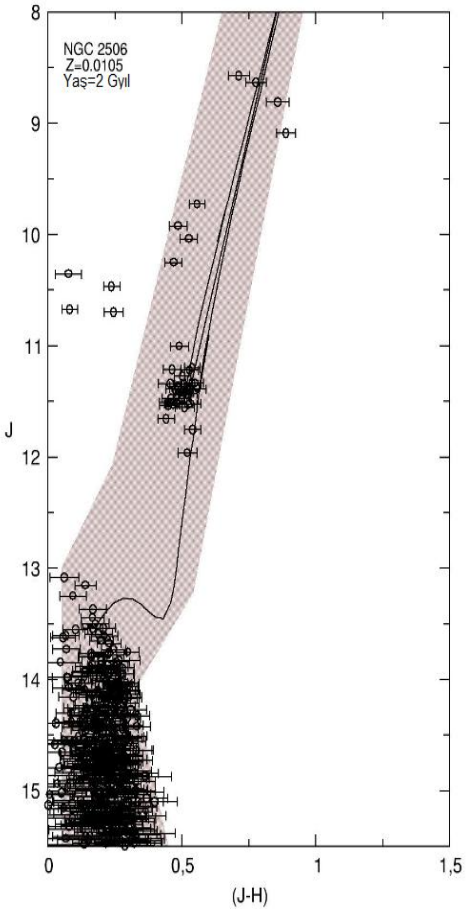

To 2
Z=0.006
Yaş=3 Gyıl
J
(J-H)

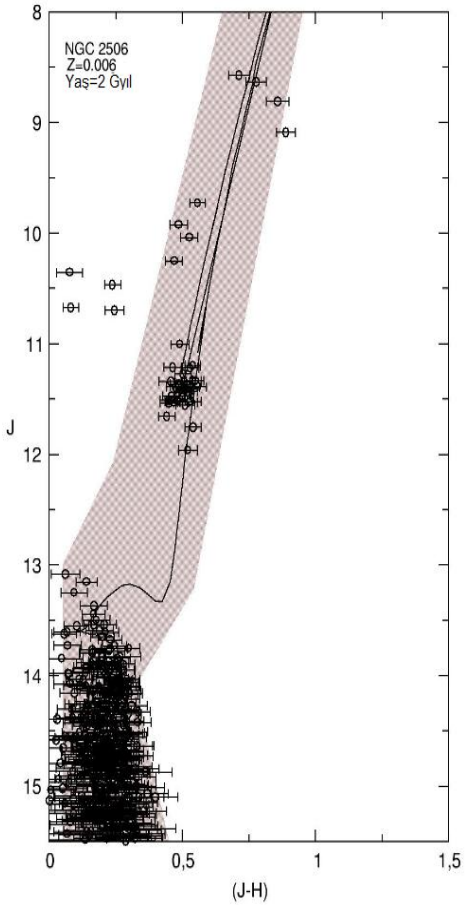

σ (yıldız yaydakikası)-2
R (yaydakikası)

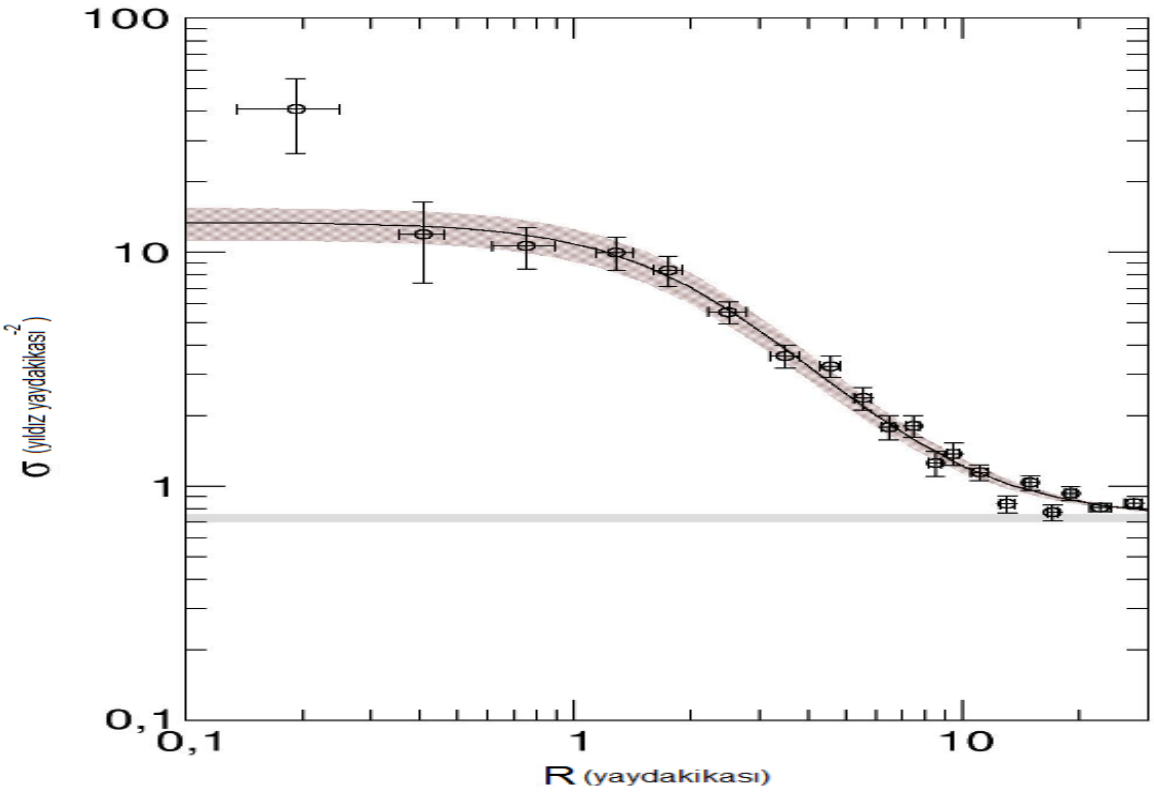
NGC 2506

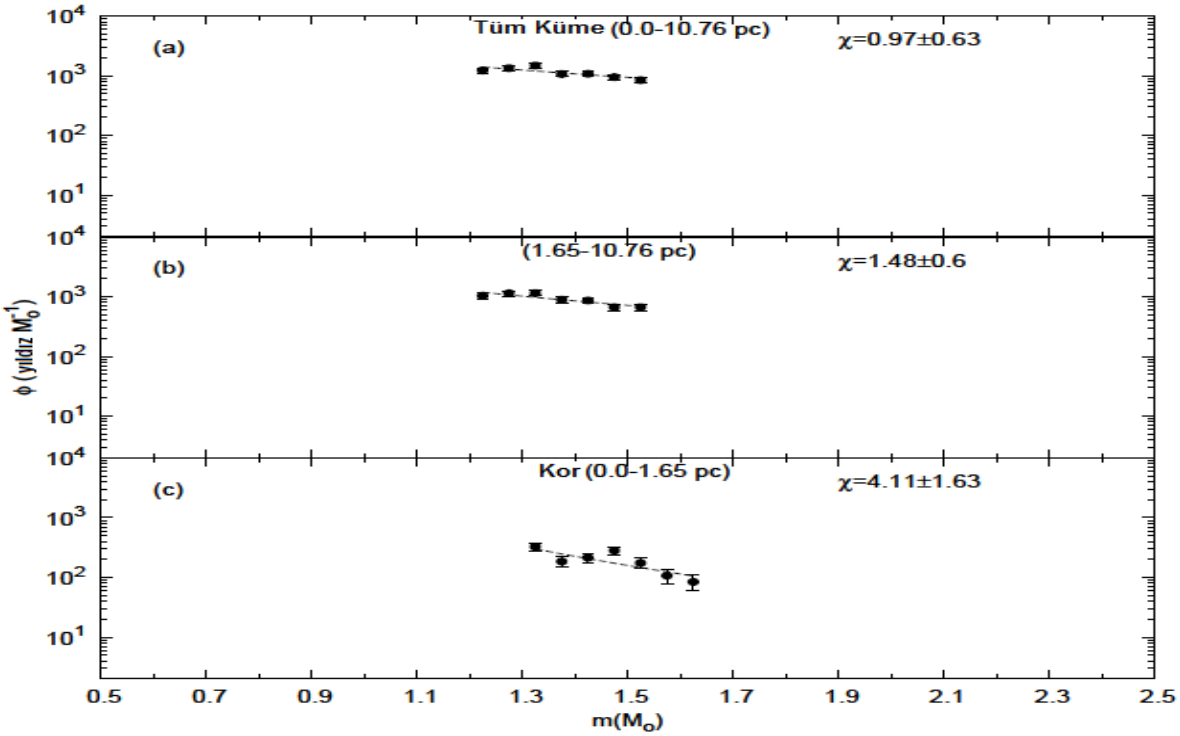

NGC 2506 HAM
σ
Δδ
Δ(α Cos(δ))
NGC 2506 TEMİZLENMİŞ
σ
Δδ
Δ(α Cos(δ))
Δδ
Δ(α Cos(δ))
Δδ
Δ(α Cos(δ))


NGC 2506
Z=0.019
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)


NGC 2506
Z=0.0105
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)


NGC 2506
Z=0.006
Yaş=2 Gyıl
J
(J-H)


σ (yıldız yaydakikası -2)
R (yaydakikası)



Ek Şekil 1B - 40B.a-d: 40 kümeye ait ham veri kullanılarak çizilen yüzey-yoğunluk ve yüzey-kontur, temizlenmiş veri kullanılarak çizilen yüzey-yoğunluk ve yüzey-kontur grafikleri (a), Padova eşyaş eğrileri ile fit edilen, alan yıldızlarından temizlenmiş (J-H) - J renk-parlaklık diyagramları (b), King bağıntısı uygulanmış RYP (c), kümelerin 3 ayrı bölgesi (kor, halo ve tüm küme) için kütle fonksiyonu ve buna bağlı olarak elde edilen χ kütle fonksiyonu eğimlerine ait grafikler (d).

ÖZGEÇMİŞ

Adım Orhan GÜNEŞ. 20/01/1978 tarihinde Trabzon'a bağlı Çaykara ilçesinde doğdum. İlkokul öğrenimimi 1983-1988 yılları arasında İzmit Abidin Pak İlköğretim Okulu'nda, Ortaokul öğrenimimi 1988-1991 yılları arasında İstanbul Cumhuriyet Ortaokulu'nda, Lise öğrenimimi İstanbul Sağmalcılar Lisesi'nde tamamladım. Lisans öğreninimi İ.Ü. Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü tamamladım. Yüksek Lisans öğrenimimi de aynı şekilde İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde tamamladım. Hâlen İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde Doktora eğitimime devam ediyorum. İyi derecede İngilizce bilmekteyim.