T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Doktora Tezi

AÇIK KÜMELER YOLUYLA GALAKSİ DİSKİNİN İNCELENMESİ

Seliz KOÇ

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Ocak, 2026

İSTANBUL

Bu çalışma, 15.01.2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Selçuk BİLİR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Serap AK
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Esin SİPAHİ KILIÇ
Ege Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Özgecan ÖNAL TAŞ
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 39743, NAP-33768 numaralı projeleri ile desteklenmiştir.

Bu tez, 120F295 ve 122F109 numaralı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumunun (TÜBİTAK) projeleri ile desteklenmiştir.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

Koç, S., Yontan, T., Bilir, S. ve diğ., 2022, A Photometric and Astrometric Study of the Open Clusters NGC 1664 and NGC 6939, *The Astronomical Journal*, 163, 4.

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca akademik birikimiyle, sabırlı rehberliği ve çözüm odaklı yaklaşımıyla bu tezin ortaya çıkmasını sağlayan sayın danışman hocam Prof. Dr. Selçuk BİLİR'e,

Tez süresince sunduğum ara raporları titizlikle inceleyip yapıcı değerlendirmeleriyle çalışmamı geliştiren değerli hocalarım Prof. Dr. Serap AK ve Prof. Dr. Esin SİPAHİ KILIÇ'a,

Bilgisi ve yol göstericiliğiyle ilerleyişime ve akademik gelişimime katkıda bulunan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ömür ÇAKIRLI'ya,

Tez çalışmam boyunca sağladığı önemli bilimsel katkılarla çalışmamın zenginleşmesinde büyük payı olan değerli arkadaşım Dr. Olcay PLEVNE'ye,

Bu süreçte her zaman yanımda olarak yol gösteren kıymetli arkadaşım Doç. Dr. Neslihan ALAN'a,

Emeği geçen Galaktik Yapı Çalışma Grubu'ndaki çalışma arkadaşlarıma, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'ndeki öğretim üyelerine ve personellerine,

İyi niyetiyle yanımda olan, yükümü hafifleten tüm dostlarıma,

Ve en çok, koşulsuz ve sınırsız sevgileriyle beni yetiştirerek bugünlere getiren, her şart ve koşulda yanımda olan çok sevdiğim canım aileme,

En içten duygularımla teşekkür ederim.

Ocak 2026 Seliz KOÇ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	**iv**
İÇİNDEKİLER	**v**
ŞEKİL LİSTESİ	**viii**
TABLO LİSTESİ	**xi**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	**xiii**
ÖZET	**xvi**
SUMMARY	**xviii**
1. GİRİŞ	**1**
2. GENEL KISIMLAR	**6**
2.1 AÇIK KÜMELER	7
2.1.1 Literatürde Açık Küme Çalışmaları	11
2.1.2 Açık Kümelerin Uzaysal Dağılımları	14
2.1.3 Açık Kümelerin Oluşum ve Evrim Senaryoları	17
2.1.4 Açık Kümelerin Tayfsal Analizleri ve Kimyasal Bollukları	20
2.2 GALAKSİNİN BİLEŞENLERİ	22
2.2.1 İnce Disk	23
2.2.2 Kalın Disk	24
2.2.3 Şişkin Bölge ve Çubuk Yapı	25
2.2.4 Halo	27
2.3 GALAKSİ DİSKİNİN ARAŞTIRILMASI	28
2.3.1 Galaksi Diskinin Açık Kümeler Yoluyla Araştırılması	28
2.3.2 Galaktik Diskte Demir Bolluğu Gradyenti	30
2.3.3 Galaksi Diskinde Yaş-Demir Bolluğu İlişkisi	32
2.3.4 Demir Bolluğu Değişiminin İncelendiği Parametreler	37
2.4 GALAKSİNİN KİMYASAL EVRİM MODELLERİ	39
İkili Çökme Modeli	*42*
3. MALZEME VE YÖNTEM	**45**
3.1 VERİLER	45
3.2 YÖNTEM	51

3.2.1 YAPISAL PARAMETRE TAYİNİ 51
3.3 KÜMEYE ÜYE YILDIZLARIN TESPİTİ 53
3.4 ASTROMETRİK PARAMETRE ANALİZİ 56
3.5 ASTROFİZİK PARAMETRE ANALİZİ 57
3.6 KİNEMATİK ANALİZLER 60
3.7 DİNAMİK YÖRÜNGE ANALİZLERİ 64
3.8 KİMYASAL EVRİM MODELİ 68
3.8.1 Basit Kimyasal Evrim Modeli 68
3.8.2 İkili Çökme Modeli 70
4. BULGULAR 75
4.1. AÇIK KÜME ANALIZLERI 75
4.2. AÇIK KÜMELERIN YAPISAL PARAMETRELERI 78
4.3. AÇIK KÜMELERE ÜYE YILDIZLARIN BELIRLENMESI 79
4.4. AÇIK KÜMELERIN ASTROMETRIK PARAMETRE TAYINI 81
4.5. AÇIK KÜMELERIN ASTROFIZIK PARAMETRE TAYINI 84
4.6. İNCELENEN AÇIK KÜMELERIN ASTROMETRIK VE ASTROFIZIK PARAMETRELERI 86
4.6.1. Açık Kümelerin Uzay Dağılımları 86
4.6.2. Açık Kümelerin Astrometrik Parametreleri 88
4.6.3. Açık Kümelerin Astrofizik Parametreleri 90
4.7. AÇIK KÜMELERIN KINEMATIK VE DINAMIK ANALIZLERI 96
4.8. RADYAL METAL BOLLUĞU GRADYENTI 110
4.9 RADYAL GÖÇ 122
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 128
5.1 PARAMETRELERIN LITERATÜR ILE KARŞILAŞTIRILMASI 129
5.1.1 Astrometrik Parametreler 129
5.1.2. Astrofizik Parametreler 132
5.1.3. Radyal Hızların Karşılaştırılması 135
5.2. DUYARLI METAL BOLLUĞU GRADYENTLERININ BELIRLENMESI 136
5.2.1. Tayfsal Gökyüzü Tarama Programlarına Göre Gradyentler 136
5.2.2. Açık Kümelerdeki Üye Yıldız Sayılarına Göre Gradyentler 138
5.2.3. Radyal Göçün Radyal Metal Bolluğu Gradyentine Etkisi 143
5.3. GALAKTIK KIMYASAL EVRIM MODELI 145
5.4. RADYAL METAL BOLLUĞU GRADYENTLERININ LITERATÜR ILE KARŞILAŞTIRILMASI 149

5.5. ÖZET VE GELECEĞE YÖNELIK PERSPEKTIF 154
KAYNAKLAR **158**
EKLER **183**
ÖZGEÇMİŞ **249**

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Ülker açık kümesi 2

Şekil 2.1: Westerlund süper yıldız kümesi. 8

Şekil 2.2: *Gaia* uydusunun temsili bir görüntüsü. 10

Şekil 2.3: Samanyolu Galaksisi'nin temsili tepeden görünüşü ve spiral kolları. 14

Şekil 2.4: Dias ve diğ. (2021) çalışmasında inceledikleri 1,743 açık kümenin Galaktik koordinat sismtemi üzerindeki dağılımı. Şekil üzerinde yüksek yoğunluklu noktaların yer aldığı alanlar, yıldız oluşum bölgeleriyle ilişkilendirilmektedir. Renk ölçeği küme yaşlarını ifade etmekte olup; mavi genç, yeşil orta yaşlı ve sarı ise yaşlı kümeleri temsil etmektedir. 17

Şekil 2.5: *James Webb* Uzay Teleskobu'nun oluşturduğu bu mozaik görüntü, Perseus takımyıldızı yönünde yer alan genç yıldız kümesi NGC 1333'ün tozlu merkezini göstermektedir. Güneş'ten yaklaşık 300 pc uzaklıktaki bu açık küme yıldız oluşumunun erken evrelerine dair önemli ipuçları sunmaktadır. 20

Şekil 2.6: Samanyolu Galaksisi'nin şematik bir görüntüsü. Şeklin merkezinde Galaksi merkezi ve bu merkeze 8 kpc uzaklıkta Güneş'in konumu gösterilmiştir. 23

Şekil 2.7: Samanyolu'nun disk ve şişkin bölgesini gösteren fotoğraf. Baade penceresi, Galaktik merkezin gözlenmesi için eşsiz bir görüş hattı sunar. 26

Şekil 2.8: Açık kümelerin bugünkü (üst panel) ve doğdukları konumdaki (alt panel) metal bolluğu dağılımları. Renkli daire sembolü küme yaşlarının bir fonksiyonunu göstermektedir. Kırmızı taralı bölgeler dağılımların $\pm 1\sigma$ ve $\pm 2\sigma$ ve siyah kesikli çizgiler dağılıma uyan en iyi modeli göstermektedir. 34

Şekil 2.9: Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında incelenen 1,879 açık kümeden itibaren radyal metal bolluğu gradyenti. Mavi ve siyah daire sembolleri, sırasıyla, fotometrik ve tayfsal yöntemler ile metal bolluğu tayin edilmiş açık kümeleri ve kırmızı çizgiler de veriye uygulanan doğrusal fitleri göstermektedir. 35

Şekil 2.10: Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında incelenen 1,879 açık kümeden itibaren dik doğrultudaki metal bolluğu gradyenti. Kümeler yaşlarına uygun renk ölçeğiyle gösterilmiştir. 36

Şekil 2.11: Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında incelenen 1,879 açık kümeden itibaren yaşa bağlı metal bolluğu gradyenti. İçi boş mavi daire sembolü fotometrik metal bolluğu bilinen kümeleri, içi dolu daire sembolleri ise tayfsal ölçümlerden alınmış metal bolluğu bilinenleri göstermektedir. 36

Şekil 2.12: İkili çökme senaryosu. 43

Şekil 3.1: *Gaia* uydusunun uzaydaki konumu. 46

Şekil 4.1: Seçilen Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümeleri doğrultusundaki 40′×40′ yay dakikası boyutlarındaki gökyüzü görüntüleri. Görsellerde kuzey yönü üstte, doğu yönü ise solda olacak şekilde hizalanmıştır. 76

Şekil 4.2: G bandında Pismis 15 (sol panel) ve Pismis 18 (sağ panel) kümelerine ait yıldızların parlaklık dağılımı. Kırmızı kesikli çizgi, fotometrik tamlık sınırını göstermektedir. 77

Şekil 4.3: Pismis 15 (sol panel) ve Pismis 18 (sağ panel) açık kümelerinin radyal profilleri. Siyah noktalar gözlemsel yıldız sayı yoğunluğunu, gri bölge zemin yıldız sayı yoğunluğunu, kırmızı bölge gözlemsel yoğunlukların bir standart sapma değerlerini göstermektedir. 79

Şekil 4.4: Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin VPD'deki konumları. Renkli noktalar yüksek olasılıklı küme üyelerini, şeklin sağ tarafında yer alan renk ölçeği ise yıldızların üyelik değerlerini göstermektedir. 82

Şekil 5.1: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan öz hareket bileşenleri karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir. 130

Şekil 5.2: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan trigonometrik paralaks sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir. 131

Şekil 5.3: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan renk artıkları sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir. 132

Şekil 5.4: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan eş-yaş eğrisinden hesaplanan uzaklık sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir. 133

Şekil 5.5: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan yaşlar ile karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir. 134

Şekil 5.6: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Tarricq ve diğ.'nin (2021) ve bu çalışmada hesaplanan radyal hız sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir. 135

Şekil 5.7: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin tayfsal metal bolluğu ölçümlerinin derlendiği veri tabanları. 137

Şekil 5.8: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü programından seçilen 266 açık kümenin dört farklı uzaklık yöntemine hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri (sol paneller). Orta ve sağ panellerde, sırasıyla, iç ve dış disk için hesaplanan radyal metal bolluğu sonuçları bulunmaktadır. 138

Şekil 5.9: Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için R_{gc} uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri. 140

Şekil 5.10: Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için R_{teo} uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri. 140

Şekil 5.11. Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için R_{m} uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri. 141

Şekil 5.12: Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için $R_{guiding}$ uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri. 141

Şekil 5.13: Tayfsal verileri duyarlı, küme üye sayısı fazla ve radyal göç etkisine uğramamış açık kümelerin R_{gc} ve $R_{guiding}$ uzaklıklarına göre metal bolluğu değişimleri. 145

Şekil 5.14: İkili Çökme modelinde 1, 4, 6 ve 8 Gyıl'lık yaşlar için hesaplanan kuramsal metal bolluğu-uzaklık değişimleri. Şekilde tez çalışmasında yaş hesabı yapılan 504 açık küme şeklin sağ panelinde gösterilen renk ölçeğine göre renklendirilmiştir. Şekildeki gri bölge kırılım bölgesini ifade etmektedir. 147

Şekil 5.15: Şekil 5.14'e benzer olup uzaklık R_{teo}'ya göre verilmiştir. 147

Şekil 5.16: Şekil 5.14'e benzer olup uzaklık R_{m}'ye göre verilmiştir. 148

Şekil 5.17: Şekil 5.14'e benzer olup uzaklık $R_{guiding}$'e göre verilmiştir. 148

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1. *Gaia* DR3 kataloğundaki nesnelerin farklı alt sınıflardaki kaynak sayıları. 47

Tablo 3.2. Samanyolu Galaksisi için *MWPotential2014* modelinde kullanılan parametre seti. 66

Tablo 4.1: Görünen G parlaklığına göre hesaplanan ortalama fotometrik hataları. N, G parlaklık aralığına düşen yıldız sayısını göstermektedir. 77

Tablo 4.2: Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin Galaktik yörünge parametrelerinin belirlenmesinde kabul edilen parametreler. Tabloda kümelerin ekvatoral koordinatları (α, δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ), Güneş'ten uzaklık (d_{iso}) ve ortalama radyal hızlar (V_R). 106

Tablo 4.3: Dört farklı uzaklık (R_{gc}, R_m, $R_{guiding}$ ve R_{teo}), üç yaş aralığında (0-250, 250-1000, 1000-10000 Myıl) ve üç farklı kırılım uzaklığıyla (tüm veri, 5-11.2 kpc, 11.2-25 kpc) hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri. 112

Tablo 4.4: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü tarama programından seçilen 266 açık küme içinde, küme üyesi iki, beş ve on yıldız bulunan açık kümelerin dört farklı uzaklık yöntemine göre hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri sunulmuştur. Hesaplamalarda, tüm uzaklıkların yanı sıra iç ve dış Galaktik disk için elde edilen radyal metal bolluğu gradyentleri de tabloda yer almaktadır. 124

Tablo 5.1: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü programından seçilen 266 açık kümenin dört farklı uzaklık yöntemine göre radyal metal bolluğu gradyentleri. Hesaplamalarda tüm uzaklıklarla birlikte iç ve dış Galaksi diskine ait radyal metal bolluğu gradyentleri de tabloda yer almaktadır. 137

Tablo 5.2: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü tarama programından seçilen 266 açık küme içinde, küme üyesi iki, beş ve on yıldız bulunan açık kümelerin dört farklı uzaklık yöntemine göre hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri sunulmuştur. Hesaplamalarda, tüm uzaklıkların yanı sıra iç ve dış Galaktik disk için elde edilen radyal metal bolluğu gradyentleri de tabloda yer almaktadır. 139

Tablo 5.3: Literatürdeki çalışmalar ile doktora tez çalışmasında elde edilen R_{gc} tabanlı radyal metal bolluğu gradyentleri. Her bir satırda ilgili çalışmaya ait uzaklık aralığı, radyal metal bolluğu gradyenti, kullanılan açık küme sayısı (N) ve notlar verilmiştir. 151

Tablo 5.4: Açık kümelerin yaş aralıklarına göre (genç, orta yaşlı, yaşlı) R_{gc} tabanlı metal bolluğu gradyentleri. 152

Tablo 5.5: Kümelerin yörünge ortalama yarıçapı (R_m) üzerinden hesaplanan metal bolluğu gradyentlerinin literatür ile karşılaştırılması. 153

Tablo 5.6: Kümelerin teorik doğum yarıçapları (R_{teo}) üzerinden elde edilen metal bolluğu gradyentleri ile literatürde rapor edilen değerlerin karşılaştırılması. 154

Tablo 5.7: Kümelerin kılavuz yarıçapı ($R_{guiding}$) kullanılarak elde edilen metal bolluğu gradyentleri ve literatür karşılaştırması. 154

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Å	: Angström
A_V	: V bandındaki sönümleme (kadir)
A_G	: G bandındaki sönümleme (kadir)
B	: Galaktik enlem (derece)
b_A	: Güneş doğrultusunun Galaktik enlemi (derece)
B-V	: B-V renk indeksi (kadir)
Ca II	: İyonize kalsiyum elementi
D	: Güneş'e uzaklık (pc)
$E(B$-$V)$	: B-V renk artığı (kadir)
$E(G_{BP}$-$G_{RP})$	: G_{BP}-G_{RP} renk artığı (kadir)
f_0	: Merkezi yıldız yoğunluğu
f_{bg}	: Zemin yıldız yoğunluğu
[Fe/H]	: Demir bolluğu (dex)
G	: Gaia G fotometrik bandı (kadir)
G_{BP}	: Gaia GBP fotometrik bandı (kadir)
G_{RP}	: Gaia GRP fotometrik bandı (kadir)
G_{BP}-G_{RP}	: Gaia G_{BP}-G_{RP} renk indeksi (kadir)
H	: Halo
l	: Galaktik boylam (derece)
l_A	: Güneş doğrultusunun Galaktik boylamı (derece)
L2	: Lagrange 2 noktası
log g	: Yüzey çekim ivmesi (cgs)
M_Θ	: Güneş kütlesi
[M/H]	: Ağır element bolluğu
M_V	: Mutlak parlaklık (kadir)
R	: Tayfsal çözünürlük
P	: Bir yıldızın kümeye üyelik olasılığı (%)
R	: Küme merkezinden uzaklık (dakika)

r_c : Kümenin etkin yarıçapı (dakika)

R_0 : Güneş'in Galaksi merkezine uzaklığı (kpc)

t : Yaş (yıl)

TK : Kalın disk

TN : İnce Disk

T_{eff} : Etkin sıcaklık (K)

T_P : Yörünge periyodu (Myıl)

(U, V, W) : Uzay hızı bileşenleri (km/sn)

$(U, V, W)_\Theta$: Güneş'in uzay hız bileşenleri (km/sn)

V : Görünen parlaklık (kadir)

V_r : Radyal hız (km sn^{-1})

V_t : Teğet hız (km sn^{-1})

V_{asym} : Asimetrik sürüklenme hızı (km sn^{-1})

$(X, Y, Z)_\Theta$: Güneş merkezli Kartezyen koordinat sistemi (pc)

Z : Ağır element bolluğu

Z_Θ : Güneş'in Galaktik düzlemden yüksekliği (pc)

Z_{max} : Galaktik düzlemden dik uzaklık (pc)

α_{2000} : Sağ açıklık (derece)

χ^2 : Ki-kare değeri

δ_{2000} : Dik açıklık (derece)

λ : Dalgaboyu (Å)

$\Delta\lambda$: Bant genişliği (Å)

M : Uzaklık modülü (kadir)

$\mu_\alpha \cos\delta$: Sağ açıklıktaki öz hareket bileşeni (mas $yıl^{-1}$)

μ_δ : Dik açıklıktaki öz hareket bileşeni (mas $yıl^{-1}$)

σ_c : Küme üyesi yıldızların gerçek öz hareket dispersiyonu (km sn^{-1})

ϖ : Trigonometrik paralaks (mas)

Kısaltmalar	**Açıklama**
APOGEE	: Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment
CCD	: Charge Coupled Device
COCD	: Catalog of Open Cluster Data (Açık Küme Veri Kataloğu)
CMD	: Colour Magnitude Diagram (Renk parlaklık diyagramı)
DAML02	: Dias ve ekibinin 2002 yılında oluşturdukları açık küme kataloğu

ESA : Europen Space Agency

ESO : Europen Southern Observation

GALAH : Galactic Archaeology with HERMES

GALPY : Galactic Dynamics in Python

Gaia : Global Astrometric Interferometer for Astrophysics

GC : Globular Cluster (Küresel Küme)

Gyıl : Milyar yıl

IC : Index Catalog (İndeks Katalog)

HR : Hertzsprung-Russell

km : Kilometre

kpc : Kiloparsek

LAMOST : Large Aperture Multi-Object Spectroscopic Telescope

mas : Mili yay saniyesi

Myıl : Milyon yıl

MWSC : Milkyway star clusters (Samanyolu açık kümeleri)

NGC : New General Catalogue (Yeni Genel Katalog)

OC : Open Cluster (Açık Küme)

PARSEC : Padova And Trieste Stellar Evolution Code

pc : Parsek

PPMXL : Position and Proper Motion Extended-L

Python : Python Programlama Dili

RAVE : Radial Velocity Experiment (Radyal Hız Deneyi)

RVS : Radial Velocity Spectrum (Radyal Hız Tayfçekeri)

SDSS : Sloan Digital Sky Survey (Sloan Sayısal Gökyüzü Taraması)

SIMBAD : Set of Identifications, Measurements and Bibliography for Astronomical Data

sn : Saniye

S/N : Sinyal/Gürültü

SSC : Super Star Cluster (Süper Yıldız Kümesi)

UCAC : USNO CCD Astrograph Catalogue

UPMASK : Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters (Yıldız Kümelerinde Denetimsiz Fotometrik Üyelik Ataması)

VPD : Vector Point Diagram (Vektör Nokta Diyagramı)

VLT : Very Large Telescope (Çok Büyük Teleskop)

WEBDA : Web Database for Galactic Open Cluster (Açık Kümeler için Ağ Veri

Tabanı)

ZAMS : Zero Age Main Sequence (Sıfır Yaş Anakolu)

2MASS : Two Micron All-Sky Survey (İki Mikron Gökyüzü Taraması)

ÖZET

DOKTORA TEZİ

AÇIK KÜMELER YOLUYLA GALAKSİ DİSKİNİN İNCELENMESİ

Seliz KOÇ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Doktora tez çalışmasında, *Gaia* DR3 verileriyle literatürden derlenen tayfsal metal bolluğu ölçümleri birleştirilerek Samanyolu Galaksisi'nin ince disk bileşeninin kimyasal ve kinematik yapısı açık kümeler yoluyla incelenmiştir. Analizler sonucunda 504 açık kümenin yapısal, astrofiziksel, kinematik ve dinamik yörünge parametreleri elde edilmiştir. Kümelerin yapısal parametreleri, küme merkezinden itibaren oluşturulan yıldız sayı yoğunluk profillerine uygulanan King (1962) modeliyle tayin edilmiştir. Yıldızların kümeye üyelik olasılıkları, *Gaia* DR3 kataloğundan sağlanan hassas astrometrik verilerin pyUPMASK algoritması yardımıyla analizi neticesinde yüksek bir doğrulukla belirlenmiştir. Açık kümelerin astrofiziksel parametreleri, küme üyeliği yüksek yıldızların renk-parlaklık diyagramları üzerine PARSEC eş-yaş eğrileri geçirilerek hesaplanmıştır. Kümelerin ortalama radyal hızları, üye yıldızların *Gaia* DR3 kataloğundan sağlanan radyal hızlarına uygulanan ağırlıklı ortalama ile belirlenmiştir. İncelenen açık kümelerin kinematik ve Galaktik yörünge parametreleri ise, tez kapsamında hesaplanan astrometrik ve tayfsal veriler yardımıyla GALPY kodu kullanılarak türetilmiştir.

Galaksi diskinin kimyasal evrimini incelemek amacıyla, kümelerin metal bollukları ile Galaksi merkezine göre tanımlanan dört farklı uzaklık ölçeği (R_{gc}, R , $R_{guiding}$, R_{teo}) birlikte değerlendirilmiştir. Açık kümeler, uzaklıkları, yaşları, gökyüzü tarama programları, küme üyesi yıldız sayıları ve radyal göç kriterleri dikkate alınarak oluşturulan alt örneklere ayrılmış ve metal bolluğu-uzaklık düzlemlerine yerleştirilmiştir. Ardından, bu örnekler için iç ve dış disk ayrımı yapılarak üç farklı radyal metal bolluğu gradyenti hesaplanmıştır. Metal bolluğu-uzaklık ilişkileri hem bugünkü Galaksi yarıçapı (R_{gc}) hem de yörünge temelli yarıçaplar (R , $R_{guiding}$, R_{teo}) üzerinden değerlendirilmiştir. R_{gc}'ye göre iç disk eğimi -0.062 ± 0.005 dex kpc^{-1}, dış disk eğimi ise -0.006 ± 0.008 dex kpc^{-1} olup, kırılım yarıçapı 12.6 ± 0.5 kpc olarak bulunmuştur. $R_{guiding}$ için kırılım 11.9 ± 0.5 kpc, R_{teo} için 11.8 ± 0.4 kpc, R için ise yaklaşık 12 kpc civarında elde edilmiştir. R_{teo}'ya göre hesaplanan daha dik gradyent (-0.055 ± 0.007 dex kpc^{-1}), radyal göç etkilerinin giderilmesiyle iç disk zenginleşmesinin daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. Elde edilen kırılım yarıçapları ve eğimler, literatürdeki ikili çökme modelinin öngörüleriyle uyum içindedir. Galaksi diskinin iç kısmında hızlı ve etkin bir kimyasal zenginleşme, dış kısmında ise daha yavaş bir kimyasal evrim süreci baskın görünmektedir. Ayrıca, açık kümelerin yaşları arttıkça gradyentin zayıflaması ve saçılımın artması, Galaksi diskinin zaman içinde karışma ve göç süreçleriyle yeniden biçimlendiğine işaret etmektedir. Homojen tayfsal veriler ile Galaktik yörünge parametrelerinin birlikte kullanımı, Galaksi'nin ince disk bileşeninin kimyasal yapısını daha güvenilir bir biçimde ortaya koymuştur.

Ocak 2026, 250 sayfa.

Anahtar kelimeler: Açık Kümeler, Galaksi Disk Evrimi, İnce Disk, Metal Bolluğu

SUMMARY

INVESTIGATION OF GALAXY DISC VIA OPEN CLUSTERS

Ph.D. THESIS

Seliz KOÇ

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

In this doctoral thesis, the chemical and kinematic structure of the thin-disk component of the Milky Way Galaxy is investigated by means of open clusters, combining *Gaia* DR3 data with spectroscopic metallicity measurements compiled from the literature. As a result of the analyses, structural, astrophysical, kinematic, and dynamical orbital parameters have been derived for 504 open clusters. The structural parameters of the open clusters were determined by applying the King (1962) model to stellar surface-density profiles constructed from the cluster centre outward. Membership probabilities of stars were estimated with high accuracy by analysing the precise astrometric data provided by the *Gaia* DR3 catalogue using the pyUPMASK algorithm. The astrophysical parameters of the open clusters were obtained by fitting PARSEC isochrones to the colour-magnitude diagrams of stars with high cluster-membership probability. The mean radial velocities of the clusters were determined by

computing weighted means of the radial velocities of member stars taken from the *Gaia* DR3 catalogue. The kinematic and Galactic orbital parameters of the clusters examined in this thesis were then derived by applying the GALPY code to the astrometric and spectroscopic data computed within the scope of the study.

To investigate the chemical evolution of the Galactic disk, the cluster metallicities were analysed together with four different distance scales defined with respect to the Galactic centre (R_{gc}, R , $R_{guiding}$, R_{teo}). The open clusters were subdivided into subsamples constructed according to their distances, ages, survey origin, number of member stars, and radial-migration criteria, and were placed on metallicity-distance planes. Subsequently, three different radial metallicity gradients were computed by separating the samples into inner and outer disk regions. The metallicity-distance relations were examined both as a function of the present-day Galactic radius (R_{gc}) and of the orbit-based radii (R , $R_{guiding}$, R_{teo}). For R_{gc}, the inner disk slope is -0.062±0.005 dex kpc^{-1}, while the outer disk slope is -0.006±0.008 dex kpc^{-1}, with a break radius of 12.6±0.5 kpc. The break radius is found to be 11.9±0.5 kpc for $R_{guiding}$, 11.8±0.4 kpc for Rteo, and approximately 12 kpc for R . The steeper gradient obtained with R_{teo} (-0.055±0.007 dex kpc^{-1}) indicates that, once the effects of radial migration are mitigated, the enrichment of the inner disk becomes more clearly apparent. The derived break Galactic radii and slopes are consistent with the predictions of the two-infall model in the literature. They show that rapid and efficient chemical enrichment dominates in the inner part of the Galactic disk, whereas a slower chemical evolution prevails in the outer regions. Furthermore, the weakening of the gradient and the increase in scatter with cluster age indicate that the Galactic disk has been reshaped over time by mixing and radial migration processes. The combined use of homogeneous spectroscopic data and Galactic orbital parameters provides a more reliable characterisation of the chemical structure of the Galaxy's thin-disk component.

January 2026, 250 pages.

Keywords: Open Cluster, Thin Disk, Galaxy Disk Evolution, Metallicity

1. GİRİŞ

Galaksimizin yapısını ve evrimini anlamak, modern astrofizik çalışmalarının önemli konularından biridir. Samanyolu Galaksisi'nin spiral kolları, yıldızlararası ortamı ve yapısal bileşenlerine dair bilgiler, Galaktik dinamikleri açıklamak açısından temel bir öneme sahiptir. Bu çerçevede açık yıldız kümeleri, Galaksi diskinin yapısını ve dinamiklerini incelemek için önemli gözlemsel araçlardır. Açık yıldız kümeleri, ortak bir moleküler buluttan oluşmuş, birbirlerine zayıf kütleçekimsel bağlar ile bağlı, birkaç yüz ile birkaç bin yıldızdan oluşan sistemlerdir. Açık küme araştırmaları gerek Galaktik yapı ve evrim çalışmalarında gerekse yıldız evrimi modellerinin sınanmasında önemli rol oynamaktadırlar. Özellikle genç yaşları, zengin kimyasal bollukları ve Galaktik düzlem boyunca radyal doğrultuda yayılmaları sayesinde açık kümeler, Samanyolu Galaksisi'nin yapısının anlaşılmasında eşsiz birer laboratuvardır. Bir yıldız kümesindeki yıldız sayısı ile bu yıldızların fiziksel özellikleri, kümenin gökyüzündeki görünümünü belirlerken; aynı zamanda Galaksi diskinin kimyasal bileşimi ve dinamik yapısı hakkında da doğrudan ipuçları sunar. Ayrıca, açık kümelerin yıldız oluşum bölgeleriyle olan bağlantıları, metal bolluğu gradyentlerinin ve yıldızların Galaktik göç süreçlerinin anlaşılmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Açık yıldız kümeleri, insanlık tarihinin ilk çağlarından bu yana dikkat çeken gök cisimleri arasında yer almıştır. Gökyüzünün parlak noktaları olarak birçok eski uygarlığın mitolojik ve bilimsel anlatılarında kendilerine yer bulmuşlardır. Örneğin, Ülker (Pleiades) açık kümesi (Şekil 1.1); Sümer, Babil, Yunan ve Çin uygarlıklarında sıkça anılmıştır. Bu kümelerin modern astronomi konusu haline gelmeleri ise teleskobun icadıyla mümkün olmuştur.

Galileo Galilei, 1609 yılında teleskop ile yaptığı ilk gözlemler sonucunda Ay yüzeyinde dağlık oluşumların bulunduğunu, bazı gezegenlerin çevresinde uyduların dolandığını ve Samanyolu Galaksisi'nin tek bir yapı yerine, çok sayıda yıldızdan oluşan bir yıldız topluluğu olduğunu ortaya koymuştur. Bu gözlemler, evrenin yapısına ilişkin klasik anlayışın ötesine geçilmesini sağlamıştır. Galileo, Ülker ve Öküz (Hyades) gibi parlak kümeleri incelediğinde, bu yapıların yıldız topluluğu olduğunu ve çıplak göz ile görünenden çok daha fazla yıldıza ev sahipliği yaptığını keşfetmiştir. Bu gözlemler, açık kümelerin yalnızca birer bulutsu

olmadığını, gerçek yıldız toplulukları olduğunu gösteren ilk bilimsel kanıtlardan biriydi. Galileo açık kümelerin doğası hakkında yenilikçi ve öncül bulgular elde etmiştir.



Şekil 1.1: Ülker açık kümesi

18. yüzyılda açık kümelerin sistematik olarak incelenmesi, astronomi biliminin önemli bir dönüm noktası olmuştur. Fransız astronom Charles Messier (1771) kuyruklu yıldız arayışı sırasında gökyüzündeki sabit, bulanık nesneleri bir katalogda toplamıştır. Messier, kendi adıyla anılan bu katalogda dokuzu kendi keşfi olmak üzere toplam 30 açık kümeye yer vererek astronomi tarihinde kayda değer bir yer tutmaktadır. Örnek olarak, Messier kataloğunda bulunan Pleiades (M45) ve Beehive (M44) gibi kümeler, bugün de açık kümelerin en tanınmış örnekleri arasındadır.

William Herschel ve oğlu John Herschel (1792-1871), açık kümeler ile ilgili araştırmalara büyük katkılar sağlamışlardır. William Herschel, 18. yüzyılın sonlarına doğru teleskop gözlemleriyle yüzlerce açık küme keşfetmiş ve bunların Galaksiyle ilişkisini anlamaya çalışmıştır. John Herschel ise Güney Yarımküre'deki gökyüzü gözlemleri sırasında birçok yeni açık küme keşfetmiş ve babasının çalışmalarını genişleterek "A General Catalogue of Nebulae (CN)" kataloğuyla modern astronomiye büyük bir miras bırakmıştır. 19. yüzyılda, Amerikan astronom Maria Mitchell, teleskop kullanarak bir kuyruklu yıldız keşfetmiş ve 1847 yılında bu keşfiyle uluslararası tanınırlık kazanmıştır. Mitchell, açık kümeler üzerinde

doğrudan bir çalışma yapmamış olsa da gökyüzü gözlemleri ve kadınların bilimdeki yerini savunma çalışmalarıyla birçok genç kadına ilham vermiştir. Dreyer (1888) keşfedilmiş 7,840 derin uzay nesnesiyle "A New General Catalogue and Clusters of Stars (NGC)" isimli bir katalog yayımlamıştır. Daha sonra bu kataloğu genişleterek 1907 yılında "Index Catalogues (IC)" ismiyle yeni bir kataloğu modern astronomiye kazandırmıştır. Açık kümelerin özelliklerinin detaylı bir şekilde anlaşılmasında Friedrich Georg Wilhelm Struve ve Ejnar Hertzsprung gibi öncü bilim insanlarının çalışmaları öne çıkmıştır. Hertzsprung-Russell (HR) diyagramının geliştirilmesi, yıldızların parlaklık ve sıcaklıklarına göre sınıflandırılmasına olanak sağlamış ve açık kümeler, bu diyagramda yıldız evrimini incelemek için mükemmel bir laboratuvar olarak kullanılmıştır. 20. yüzyılda, Annie Jump Cannon ve Henrietta Swan Leavitt gibi kadın astronomlar, yıldızların tayfsal sınıflandırılması ve değişen yıldızların uzaklıklarını belirlemek için açık kümeleri kullanmışlardır. Leavitt'in değişen yıldızlar ile ilgili bulguları, Galaktik uzaklık ölçeklerinin geliştirilmesine öncülük etmiş ve açık kümelerin Galaksi içindeki dağılımının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Cecilia Payne-Gaposchkin, yıldızların bileşimlerinin ve evrim süreçlerinin anlaşılmasında devrim niteliğinde katkılar sağlamıştır. Yıldızların büyük ölçüde hidrojen ve helyumdan oluştuğunu keşfeden Payne-Gaposchkin'in çalışmaları, açık kümelerdeki yıldızların kimyasal bileşimlerinin incelenmesi için temel oluşturmuştur.

Melotte (1915), fotoğraf plaklarını kullanarak görünen parlaklıkları 17. kadire kadar uzanan yıldızları gözlemlemiştir. Melotte çalışmalarıyla kümelere ait anlamlı bir sınıflamaya imza atmıştır. Trumpler (1930) tarafından geliştirilen sınıflama sistemi, kümelerin merkezi yoğunluklarına, alan yıldızlarından ayrılma derecelerine ve içerdiği yıldız sayısına göre kategorilere ayrılmasını sağlamış ve günümüzde de geçerliliğini koruyan temel bir sınıflama yaklaşımı olarak kabul edilmektedir. 20. yüzyılın ortalarından itibaren (CCD; Charge Coupled Device) kameraların büyük teleskopların odaklarında yer almasıyla artık daha sönük cisimler gözlemlenmeye başlamıştır. Bu yüzyılın sonlarında CCD yongalarının mozaik halde kullanılabilmesi gökyüzünün daha homojen gözlemlenmesine olanak vermiştir. Bu büyük adımdan sonra artık elektromanyetik tayfın optik dışında kızılötesi bölgelerinde de sistematik gökyüzü tarama programları oluşmaya başlamıştır. Dönemin önemli gökyüzü tarama programları Sloan Sayısal Gökyüzü Taraması (SDSS; York ve diğ., 2000) ve yakın kızılötesi bölgede İki Mikron Tüm Gökyüzü Taraması (2MASS; Skrutskie ve diğ., 2006) olarak sıralanabilir. 2MASS kataloğunda (Cutri ve diğ., 2003) 480 milyon nokta kaynak

bulunmaktadır. Özellikle bu katalog sayesinde Galaktik diske gömülü çok sayıda açık küme keşiflerinin yapılabilmesi söz konusu olmuştur (Bica ve diğ., 2003; Froebrich ve diğ, 2007). SDSS gözlemleriyle (Frinchaboy ve diğ., 2010; 2013; Donor ve diğ., 2018) ve Gaia-ESO gözlemleriyle (Gilmore ve diğ., 2012; Jacobson ve diğ., 2016; Magrini ve diğ., 2015; Randich ve diğ., 2022) daha fazla açık küme incelenerek çok sayıda çalışma literatüre kazandırılmış ve bu türden araştırmalar halen devam etmektedir.

Açık kümeler, yıldız oluşumu, evrimi ve Galaktik yapının incelenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu kümeler üzerindeki gözlemsel çalışmalar, özellikle yüksek hassasiyet ve çözünürlük sunan uzay teleskopları sayesinde son yıllarda önemli bir ivme kazanmıştır. Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) *Gaia* uydusu ile NASA'nın *Hubble* Uzay Teleskobu (HST) ve *James Webb* Uzay Teleskobu (JWST), farklı dalgaboylarında ve teknik kabiliyetlerle, açık kümelerin fiziksel ve dinamik özelliklerini çok boyutlu biçimde ortaya koymaktadır.

Gaia uydusu, özellikle *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) ve *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) veri sürümleriyle birlikte, astrometrik gözlemler aracılığıyla binlerce açık kümenin konum, öz hareket, trigonometrik paralaks ve radyal hız verileri yüksek doğrulukla sağlamıştır. Bu sayede daha önce bilinmeyen yüzlerce yeni açık küme adayı tespit edilmiş ve Galaks diskinin yapısı daha ayrıntılı olarak haritalanmıştır (Castro-Ginard ve diğ., 2018; 2020). *Gaia* uydu verileri kullanılarak yapılan çalışmalar (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Cantat-Gaudin ve Anders, 2020), Galaksi diski boyunca kümelerin yaş, uzaklık ve kimyasal özelliklerini inceleyerek spiral kollardaki yıldız oluşum geçmişine dair önemli çıkarımlar sunmuştur. *Gaia* uydusunun sağladığı homojen ve geniş kapsamlı veri seti, Samanyolu Galaksisi'nin yapısal evrimini anlamak açısından benzersizdir.

HST, sahip olduğu yüksek uzaysal çözünürlük sayesinde, özellikle kalabalık yıldız alanlarında bireysel yıldızların ayrıştırılmasına olanak tanımaktadır. Bu yeteneği sayesinde, yaşlı açık kümeler olan NGC 6791, NGC 6819 ve NGC 188 gibi yapılar üzerinde yürütülen çalışmalar, yıldız evrimi, ana kolun dönüş noktası, beyaz cüce popülasyonları ve mavi mücadeleci (blue straggler) yıldızların kökeni gibi konulara ışık tutmuştur (Bedin ve diğ., 2005; Kalirai ve diğ., 2007; Geller ve diğ., 2015). *HST*'nin ACS ve WFC3 kameraları, açık kümelerdeki yaş tayini, çift yıldız oranları ve dinamik süreçlerin çözümlenmesinde önemli roller üstlenmiştir. Yakın kızılötesi gözlemler için tasarlanan *JWST*, özellikle toz ile örtülmüş, optik bantlarda gözlemlenmesi güç olan genç açık kümelerin incelenmesinde devrim niteliğinde bir gözlem

kapasitesi sunmaktadır. *JWST* ile gerçekleştirilen ilk gözlemler, yıldız oluşum bölgelerindeki gömülü genç yıldızların, ilkel yıldız disklerinin ve düşük kütleli yıldızların detaylı yapısını ortaya koymuştur (Pontoppidan ve diğ., 2022). Örneğin, NGC 346 gibi genç kümelere yönelik yapılan çalışmalar, yıldızlararası ortam ile yıldız oluşumu arasındaki etkileşimleri kızılötesi bantta yüksek çözünürlükle inceleme fırsatı sunmuş ve kümelerin iç yapısı hakkında yeni bilgiler ortaya koymuştur (Sabbi ve diğ., 2023). *Gaia*, *Hubble* ve *James Webb* uzay teleskopları, açık kümeler üzerinde çok farklı dalgaboylarında tamamlayıcı gözlemler sunarak, bu yapıların bireysel ve Galaktik düzeyde anlaşılmasına büyük katkılar sağlamaktadır. Gaia uydusunun sağladığı hassas astrometrik veriler, Hubble'ın yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme kapasitesi ve *JWST*'nin kızılötesi duyarlılığı, birlikte kullanıldığında yıldız kümelerine dair çok boyutlu ve derinlemesine analizlerin yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu üç büyük teleskop, yalnızca açık kümeleri değil, aynı zamanda Samanyolu'nun evrimsel sürecini anlamak açısından da birbirini tamamlayıcı bir gözlemsel çerçeve sunmaktadır.

Doktora tez çalışmasında, Samanyolu Galaksisi'ndeki demir bolluğu tayfsal yöntemler ile belirlenmiş (Conrad ve diğ., 2014; Sampedro ve diğ., 2017; Zhong ve diğ., 2020; Donor ve diğ., 2020; Ray ve diğ., 2022; Carrera ve diğ., 2022; Randich ve diğ., 2022; Spina ve diğ., 2022; Fu ve diğ., 2022) açık kümeler aynı yöntemler ile analiz edilerek, kümelerin bugünkü konumlarına ve Galaktik yörünge parametrelerine göre oluşturulan uzaklıklarıyla demir bolluğu değişimleri ve Galaksi diskinin dinamik yapısı araştırılmıştır. Çalışmada kullanılacak homojen veriler ve analizlerden elde edilecek sonuçlar demir bolluğu gradyentlerinin doğruluğunu ve duyarlılığını arttırarak literatürdeki belirsizliği ortadan kaldıracaktır. Tez kapsamında, *Gaia*'nın üçüncü veri sürümündeki (Gaia işbirliği, 2023) veriler kullanılarak, açık kümelere ait yapısal ve astrofiziksel parametreler daha doğru ve hassas biçimde elde edilmiştir. Gözlemsel veriler doğrultusunda, açık kümelerin uzaydaki hareketleri, kimyasal bileşimleri ve Galaktik yörünge parametreleri tayin edilmiştir. Elde edilen bulgular, Galaksi diski üzerindeki demir bolluğu gradyentlerinin evrimsel süreçler üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Tez çalışması, yalnızca açık kümelerin fiziksel özelliklerini değil, aynı zamanda Samanyolu Galaksisi'nin dinamik yapısını ve kimyasal evrimini anlamaya yönelik de önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, literatürdeki kataloglardan ve güncel veri tabanlarından faydalanılarak açık kümelerin uzay hızları, kimyasal bileşimleri ve konum dağılımı üzerine kapsamlı bir analiz

gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda, Galaktik diskin evrimsel sürecine dair yeni ve anlamlı bulguların literatüre kazandırılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

Galaksiler, evrendeki büyük ölçekli yapının temel bileşenleri olup; barındırdıkları yıldızlar, gaz, toz ve karanlık maddeyle birlikte kozmik evrim sürecinin anlaşılmasında önemli roller üstlenmiştir. Bu yapılardan biri olan Samanyolu Galaksisi, spiral yapısıyla yıldız oluşumu açısından oldukça aktif bir diske sahiptir. Samanyolu Galaksisi'nin ince disk bileşeni, genç yıldızlar, gaz ve toz bulutları ve açık yıldız kümeleri açısından zengin olması nedeniyle, Galaktik yapının dinamik özelliklerini ve kimyasal evrim sürecini incelemek açısından özel bir öneme sahiptir. Açık kümeler, Samanyolu Galaksisi'nin disk bileşeni içerisinde yer alan ve benzer yaş, kimyasal kompozisyon ve benzer uzay hareketi özellikleri gösteren yıldız gruplarıdır. Bu yönleriyle, yalnızca yıldız oluşumu ve evrimi hakkında değil, aynı zamanda Samanyolu Galaksisi'nin yapısı ve geçmişi hakkında da değerli bilgiler sunmaktadır (Lada ve Lada, 2003).

Samanyolu Galaksisi'ndeki yıldız oluşum bölgelerinde, yoğun gaz ve toz bulutları içinde meydana gelen açık kümelerin, evrimsel süreçte kütleçekimsel bağlarını kaybederek zaman ile dağıldığı gözlemlenmektedir. Kümenin içerisindeki yıldızları bir arada tutan gazın tükenmesiyle birlikte iç dinamikler değişebilmekte, bunun sonucunda yıldızların büyük bir bölümü bağımsız hareket eden bireysel yıldızlar haline gelmektedir (Carpenter, 2000; Lada ve Lada, 2003). Yıldız kümelerinin çözülme sürecinde etkili olan başlıca mekanizmalar arasında, iyonize radyasyonun kümeyi çevreleyen gazı ısıtarak yıldızlararası ortama yayması, büyük kütleli yıldızların oluşturduğu güçlü yıldız rüzgarları ve süpernova patlamaları sonrası meydana gelen şok dalgaları yer almaktadır. Bu tür geri besleme süreçleri, düşük yıldız oluşum verimliliğiyle birleştiğinde kümelerin kütleçekimsel bütünlüğünü zayıflatarak zaman ile dağılmasına neden olabilmektedir (Hills, 1980).

Açık ve küresel yıldız kümeleri, yalnızca yıldız oluşum süreçlerinin anlaşılmasında değil aynı zamanda Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal bileşiminin, dinamik yapısının ve evrimsel tarihçesinin ortaya konmasında da önemli rol oynamaktadır. Kümeler üzerinden yürütülen çalışmalar sayesinde Galaksi'nin disk yapısı içerisindeki madde akışları, yıldızların göç mekanizması ve Samanyolu Galaksisi'yle çevresindeki yapılar arasındaki kütleçekimsel etkileşimler hakkında kapsamlı bilgiler elde edilebilmektedir. Dolayısıyla açık kümeler,

çağdaş astrofizik açısından adeta doğal birer laboratuvar işlevi görmekte ve galaksilerin evrimsel sürecine dair sorulara ışık tutmaktadır.

2.1 AÇIK KÜMELER

Açık yıldız kümeleri, tarih boyunca gökbilimcilerin ilgisini çeken önemli gök cisimleri arasında yer almıştır. Teleskobun icadından önce, bu yıldız grupları çıplak göz ile gözlemlenebilmiş ancak gökyüzünde geniş açısal yayılımları ve düşük yüzey parlaklıkları nedeniyle tek bir nesne gibi algılanmamıştır. Bu sebeple, geçmişte genellikle "bulutlu yıldızlar" olarak adlandırılmışlardır. 17. yüzyılın başlarında teleskobun keşfiyle birlikte, açık kümeler daha ayrıntılı bir şekilde incelenmeye başlanmış ve bu oluşumların çok sayıda bireysel yıldızdan meydana geldiği anlaşılmıştır. Özellikle Galileo Galilei'nin Pleiades ve Hyades kümeleri üzerine yaptığı gözlemler, bu sistemlerin doğasının anlaşılmasına önemli katkılar sağlamış ve yeni açık kümelerin keşfi için bir temel oluşturmuştur (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Dias ve diğ., 2021; Cantat-Gaudin ve diğ., 2022; Hunt ve Reffert, 2023). Kataloglanan açık kümelerin homojen yöntemler ile sistematik olarak incelenmesi, Samanyolu Galaksisi'nin disk yapısının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuştur. Açık küme üyelerinin tayfsal gözlemleri, bu nesnelerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesinde anahtar bir işlev görmüş ve Galaksi diskinin oluşumuyla evrimini açıklamaya yönelik kemo-dinamik modellerin doğrulanmasına olanak tanımıştır (Netopil ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023). Günümüzde, *Gaia* uydusunun sağladığı yüksek hassasiyetteki astrometrik, fotometrik ve tayfsal veriler, açık yıldız kümeleri üzerine yapılan çalışmalara yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu veriler sayesinde, açık kümelerin Samanyolu içerisindeki dağılımı, yaşları ve dinamik özellikleri hakkında daha kapsamlı ve güvenilir bilgiler elde edilerek, Galaktik yapı ve evrim süreçlerine dair daha sağlam çıkarımlar yapılabilmektedir. Samanyolu Galaksisi'nde küme olarak sınıflanan iki temel yıldız topluluğu bulunmaktadır: Açık kümeler (OC) ve küresel kümeler (GC). Küresel kümeler, açık kümelerden çok daha fazla yıldız içerir ve genellikle Samanyolu Galaksisi'nin halo ve şişkin bölgelerinde yer alır. Galaksi diski içinde ve hemen hemen çember yörüngelerde hareket eden açık kümeler, genelde metalce zengin yıldızlardan meydana gelirken; basık yörüngelerde hareket eden küresel kümeler, yaşlı ve metalce fakir yıldızlardan oluşur. Açık kümeler, Galaksi diskinin farklı uzaklıklarında bulunabilmektedir. Özellikle Galaksi merkezine yakın olan açık kümeler, Galaktik çekimsel tedirginlikler ve kütleçekimsel etkileşimler nedeniyle kısa zaman ölçeklerinde çözülerek

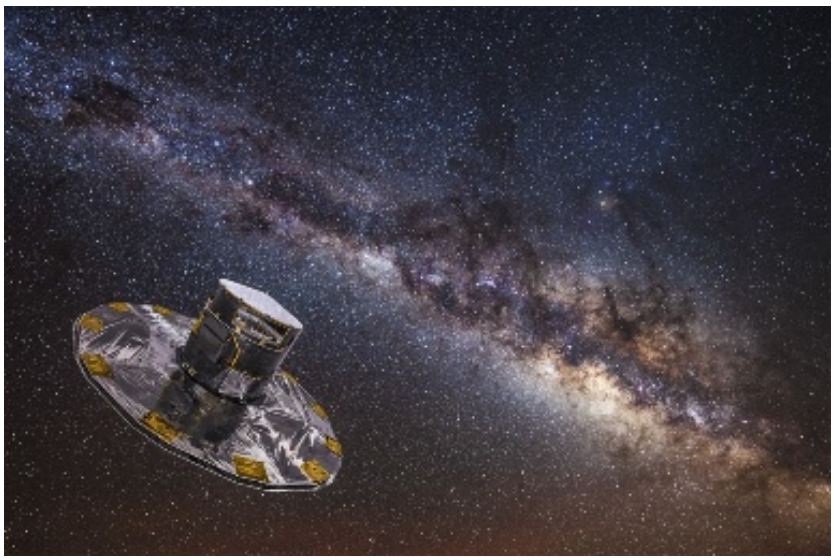
yıldızlararası ortama karışabilirler. Buna karşın, küresel kümeler daha sıkı bağlı ve büyük kütleçekim potansiyeline sahip olduğundan, uzun ömürlü yapılar olarak varlıklarını sürdürebilmektedir. Friel (1995) ve McKee ve Ostriker (2007), açık kümelerin zayıf kütleçekim kuvvetleriyle birbirlerine bağlı olduğunu ve farklı biçimlerde ve boyutlarda bulunabileceğini ifade etmiştir. Genç açık kümeler, oluştukları molekül bulutlarının kalıntılarını çevrelerinde barındırırken, yaşlı açık kümelerde toz ve gaz etkisi ortadan kalkmıştır. Açık kümeler, nispeten düşük yıldız sayısına sahip olduklarından, gökyüzünde yaygın ve dağınık bir yapı sergilerler. Bu nedenle yıldız alanları içerisinde kolaylıkla fark edilmezler. Bununla birlikte, uzak galaksilerde gözlenen büyük kütleli ve yoğun yıldız kümeleri süper yıldız kümeleri (SSC) olarak adlandırılmaktadır. Samanyolu Galaksisi'nde SSC olarak tanımlanan tek örnek Westerlund 1 (Şekil 2.1) olup, bu yapı oldukça yoğun ve genç bir yıldız topluluğu içermektedir (Zwart ve diğ., 2010). SSC'lerin dışında kalan ve yoğun yıldız içeriğine sahip kümeler ise küresel kümeler olarak sınıflandırılmaktadır. Açık kümeler yerel ve genel yıldız oluşumundan galaksilerin yapı, oluşum ve evrimine dair birçok konunun araştırılmasında kullanılmaktadır. Bir molekül bulutunun benzer fiziksel koşullar altında çökmesiyle oluşan, birbirine zayıf çekim kuvvetiyle bağlı bulunan bir grup yıldızdan oluşan topluluğa açık küme denmektedir. Açık kümeye üye yıldızlar aynı kökeni paylaşmakta olup, Güneş'e uzaklıkları, kimyasal yapıları ve yaşları benzerlik gösterir. Bu özellikleri bir grup yıldızın eş zamanlı analizini sağlamakla birlikte, açık kümelerin temel astrofizik parametrelerinin tayinindeki duyarlılığı da arttırmaktadır.



Şekil 2.1: Westerlund süper yıldız kümesi.

Ayrıca, çok sayıda açık kümenin duyarlı astrofizik parametrelerinin bir arada değerlendirilmesi, kimyasal evrim modellerinin sınanmasında gerekli olan metal bolluğu ve uzaklıkları kullanışlı hale getirir. Genel olarak, bir yıldız kümesinin uzun vadede varlığını sürdürebilmesi için belirli bir yıldız yoğunluğuna sahip olması gerekmektedir. Bok (1934), bir kümenin Galaktik gel-git etkilerine dayanabilmesi için en az 0.1 $M_{\odot}$ pc^{-3} yıldız yoğunluğuna sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Spitzer (1958) ise bir yıldız kümesinin moleküler bulutlar ile etkileşime girdiğinde dağılmadan kalabilmesi için yıldız yoğunluğunun en az 1 $M_{\odot}$ pc^{-3} olması gerektiğini vurgulamıştır. Bok ve Spitzer, ayrıca bir yıldız kümesinin en az 10 yıl var olabilmesi için en az 35 yıldız içermesi gerektiğini ortaya koymuşlardır. Daha az yıldıza sahip olan gruplar ise yıldız oymakları olarak sınıflandırılmakta ve bu yapılar kısa zaman ölçeklerinde Samanyolu Galaksisi'nin dinamik etkileri nedeniyle hızla dağılmaktadır (Adams ve Myers, 2001). Açık kümeler, Galaktik düzlem civarında ve spiral kollarda yoğunlaşmıştır. Yıldız oluşumunun en fazla olduğu bölgeler spiral kollar olduğundan, açık kümeler bu yapılar içinde çok sayıda bulunur ve Samanyolu'nun spiral yapısının incelenmesinde önemli referans noktasıdır. Bununla birlikte, spiral kolların optik kalınlıkları büyük olduğundan, keşfedilmemiş birçok açık kümenin mevcut olduğu düşünülmektedir. Açık kümeler, dev moleküler bulutların çökmesi sonucu oluşur, bu yüzden kümeye üye yıldızların uzaklıkları, kimyasal bollukları ve yaşları benzer özellikler gösterir. Ancak, Galaksi diskinin farklı bölgelerinde yer almaları nedeniyle, açık kümeler geniş bir yaş aralığında bulunabilir (Lada ve Lada, 2003). Örneğin NGC 188, 7-8 Gyıl yaşıyla bilinen en yaşlı açık kümelerden biri olarak kabul edilir (Fornal ve diğ., 2007; Çınar ve diğ., 2024). SAI 25, yaklaşık 1.6 Myıl ile en genç açık kümeler arasında yer almaktadır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020). Genç açık kümeler Perseus spiral kolunda yoğunlaşırken, yaşlı açık kümeler Galaksi diskinin dış sınırlarına doğru dağılmış durumdadır. Teknolojik gelişmeler ile uzay tabanlı teleskopların kullanımı artmış, Galaksi astrofiziği alanındaki çalışmalar hız kazanmıştır. *Gaia* uydusunun 2013 yılında görevine başlaması, açık kümeler üzerine yapılan araştırmalarda büyük bir ivme yaratmıştır (Şekil 2.2). Astrometrik ölçümlerdeki hassasiyetin artması, yıldız kümelerinin dinamik özelliklerini daha doğru bir şekilde belirleme imkânı sağlamıştır. Makine öğrenmesi ve sayısal analiz yöntemlerinin gelişmesi, bilinen açık kümelerin daha kesin tanımlanmasını ve yeni açık kümelerin keşfini kolaylaştırmıştır. Özetle açık kümeler Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal ve yapısal evrimini anlamada büyük bir

öneme sahiptir. Günümüz gözlemleri ve kuramsal modeller, bu kümelerin yalnızca yıldız oluşum süreçleri için değil, bunun yanında Samanyolu Galaksisi'nin genel dinamik yapısının araştırılması için temel bir araç olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.2: *Gaia* uydusunun temsili bir görüntüsü.

Astronomik gözlemlerin gelişmesi ve teleskobun icadıyla birlikte, gökyüzündeki belirli bölgelerde yıldız yoğunluğunun çevresine kıyasla daha belirgin olduğu fark edilmiştir. Bu gözlemler sonucunda, yıldızların gruplaşma özellikleri üzerine çeşitli sınıflandırmalar geliştirilmiştir (Trumpler, 1925; 1930; Shapley, 1930). Yapılan bu araştırmalar, gökyüzünde yoğunlaşmış yıldız gruplarının farklı türlere ayrılabileceğini ortaya koymuştur: Küresel kümeler, yüksek yoğunluklu, küresel simetriye sahip ve yaşlı yıldızları içeren yapılar olarak tanımlanırken; açık kümeler, düzensiz dağılım gösteren, nispeten genç ve daha az yoğun olan gruplar olarak sınıflandırılmıştır. Trumpler (1925), Samanyolu Galaksisi'nde bulunan bu kümeleri Galaktik kümeler olarak adlandırmıştır. Ancak günümüzde bile yıldız kümelerinin kesin bir tanımını yapmak zorlayıcıdır. Özellikle açık ve küresel kümeler arasındaki sınırı belirlemek, açısal boyut, kütle yoğunluğu, demir bolluğu ve yaş gibi parametrelerin geniş bir değişkenlik göstermesi nedeniyle güçleşmektedir. Friel (1995), açık kümeleri "birbirlerine kütleçekimsel olarak zayıf bağlı, onlarca veya yüzlerce yıldızın oluşturduğu gevşek bağlı ve seyrek sistemler" olarak tanımlamaktadır. Bu tanım genel olarak açık kümelerin yapısını yansıtmakla birlikte, yapılan gözlemler farklı özellikler gösteren bazı kümelerin de mevcut olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, bazı açık kümeler az sayıda yıldız içerirken, bazıları yoğun ve merkezi bir yapıya sahiptir. Yıldız kümelerinin çekim kuvvetiyle birbirine bağlı

olması, küme kütlesi ve kümedeki yıldız sayısı açısından kritik bir koşuldur. Lada ve Lada (2003), bir yıldız kümesinin tanımlanabilmesi için, fiziksel olarak birbirine bağlı yıldızlardan oluşması ve Galaktik gel-git etkilerine karşı kararlı olması gerektiğini vurgulamıştır.

Açık ve küresel kümelerin büyük kütleye sahip olduğu durumlarda, açık ve küresel kümeler arasındaki ayrım daha da belirsiz hale gelmektedir. Örneğin, Pismis 25 gibi düşük kütleli bir küresel küme, açık kümeler ile benzer özellikler gösterebilirken; Berkeley 25 gibi büyük kütleli bir açık küme, küresel kümeye benzer bir yapıya sahip olabilir. Bugüne kadar açık ve küresel kümeleri kesin olarak ayıran mutlak bir kriter bulunamamıştır. Ancak genel eğilim, açık kümelerin Galaksi diski içinde, küresel kümelerin ise şişkin bölge ve halo bölgelerinde yer aldığı yönündedir. Ayrıca, açık kümeler genç ve metal açısından zengin yıldızlardan oluşurken, küresel kümeler genellikle 10 Gyıl'dan daha yaşlı ve metalce fakir yıldızları içermektedir. Carraro ve diğ. (2010), açık ve küresel kümeleri ayırmada kimyasal bollukların önemli bir belirleyici olabileceğini önermiştir. Araştırmalarında, 19 küresel kümede 1,200'den fazla kırmızı dev yıldızın tayfsal analizlerini gerçekleştirerek, kümelerdeki Na (sodyum) ve O (oksijen) bollukları arasında ters bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu farklılık, küresel kümelerde ilk nesil orta kütleli yıldızların ve ikinci nesil genç yıldızların oluştuğu ilkel gaz bulutu içindeki fiziksel süreçlerden kaynaklanabilir (Lee, 2010). Carrera ve diğ. (2011) tarafından tespit edilen Na ile O arasındaki ters bolluk ilişkisi, küresel kümelerin tipik bir özelliği olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde homojen olmayan popülasyonlara sahip açık kümeler keşfedilmediği için, bu kimyasal ayrımın açık ve küresel kümeler arasındaki sınıflandırmada kullanılabileceği önerilmektedir.

2.1.1 Literatürde Açık Küme Çalışmaları

Açık yıldız kümeleri, geçmişten günümüze kadar fotometrik, astrometrik ve tayfsal gözlem teknikleri kullanılarak birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Ancak, farklı yöntemlerin kullanımı sonucu elde edilen veriler arasında homojenlik eksikliği devam etmektedir. Açık kümeler üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan üç temel fotometrik gözlem yöntemi (fotoğrafik, fotoelektrik ve CCD) duyarlılık açısından farklılık göstermektedir. Benzer şekilde, tayfsal gözlemler de tarihsel süreç içerisinde değişiklik göstermiş, başlangıçta fotoğraf plakları kullanılarak yapılan gözlemler günümüzde CCD kameralar ile daha hassas bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Mermilliod, 1996; Netopil ve diğ., 2012). Ayrıca, tayf gözlemlerinde element bolluğu tayininde kullanılan çizgi sayısındaki artış, küme yıldızlarının

metal bolluklarına yönelik elde edilen sonuçlarda farklılık yaratmaktadır (Canuto ve Dunovikov, 1997). Astrometrik çalışmalar açısından değerlendirildiğinde, açık küme üyeliklerinin belirlenmesi ve uzaklık tayininde öz hareket ve trigonometrik paralaks verilerinin önemli bir rol oynadığı açıktır. Yer tabanlı astrometrik veriler, atmosfer tabanlı bozucu etkilere uğradığından yay saniyesi seviyesinde bir hassasiyete sahipken (Gliese ve Jahreiss, 1991), uzay tabanlı astrometrik veriler mikro yay saniyesi mertebesine kadar duyarlılık gösterebilmektedir (ESA, 1997; Gaia işbirliği, 2016; 2018). Aynı zamanda, yıldız iç yapısı ve evrimi üzerine yapılan kuramsal çalışmalar da gelişerek, eş-yaş eğrileri aracılığıyla küme yaşlarını belirleme yöntemlerinde iyileştirmeler sağlanmıştır (Marigo ve diğ., 2008). Ancak bu yöntemlerin zaman içindeki farklı gelişim aşamaları, literatürdeki küme yaşlarının tutarsızlık göstermesine sebep olmuştur. Son 25 yılda gözlemsel teknolojilerdeki ilerlemeler, verilerin daha hassas ölçümlerle elde edilmesini sağlamış ve böylece bazı kümeler yeniden analiz edilerek homojenize veriler oluşturulmuştur (Dias ve diğ., 2002; Netopil ve diğ., 2015; Dias ve diğ., 2022; Joshi ve diğ., 2024; Ahmed ve Tadross, 2025). Bu gelişmelere ve ilerlemelere rağmen, Samanyolu Galaksisi'nin yapısını, oluşumunu ve evrimini anlamak için yeterli sayıda homojen analiz edilmiş açık küme verisi bulunmamaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek amacıyla bazı araştırmacılar, bağımsız olarak elde edilen açık küme verilerini bir araya getirerek geniş çaplı veri tabanları oluşturmuşlardır. Bu kapsamda, Lynga ve Palous (1987) ilk kez bilinen açık kümelerin parametrelerini derleyerek kapsamlı bir katalog oluşturmuştur. Daha sonraki dönemde teknolojik gelişmeler sayesinde elektromanyetik tayfın farklı dalgaboylarında yapılan yeni gözlemler, yeni açık kümelerin keşfedilmesine ve astrofizik parametrelerinin literatüre kazandırılmasına katkı sağlamıştır. Günümüzde, açık kümelerin optik bantlarda elde edilen astrofizik parametrelerini içeren birçok katalog ve veri tabanı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları WEBDA (Mermilliod, 1995; Netopil ve diğ., 2012), DAML02 (Dias ve diğ., 2002), MWSC (Kharchenko ve diğ., 2013) ve VizieR (Poincot ve diğ., 1998) gibi geniş çaplı veri merkezleri aracılığıyla elektronik ortamda erişime açıktır.

WEBDA (Web Database for Galactic Open Clusters), 1987 yılında İsviçre'deki Lausanne Üniversitesi'nde oluşturulmuş olup, birkaç yüz NGC ve IC açık küme kataloglarında bulunan 100,000'den fazla yıldızın verisini içermektedir (Mermilliod, 1996). Veri tabanındaki fotometrik veriler *UBV* sisteminde olup fotoğraf plakları, fotoelektrik ve CCD gözlemlerinden elde edilmiştir. WEBDA, zaman ile gelişen web teknolojileri sayesinde temel düzeyde

analizler yapılmasına da olanak sağlamış ve günümüzde küme yıldızlarının parlaklık, renk indeksleri, tayf sınıfları, radyal hızları gibi birçok parametreye erişim sunmaktadır (Netopil ve diğ., 2012). MWSC (Milky Way Star Clusters) kataloğu ise Samanyolu Galaksisi'nde bilinen tüm açık küme adaylarını içermekte olup, toplamda 3,784 kaynak içermektedir (Kharchenko ve diğ., 2013). Tanımlanan nesneler arasında açık kümeler, küresel kümeler, bulutsular ve hareketli gruplar bulunmaktadır. Katalog, Galaktik düzlemden 1 kpc uzaklığa kadar olan ve 1.6 Gyıl'dan daha genç olan açık kümeleri içermektedir. MWSC kataloğunda, PPMXL (Roeser ve diğ., 2010) ve 2MASS (Cutri ve diğ., 2003) kataloglarından sağlanan veriler homojenize edilerek kümelerin yaş ve uzaklıkları tayin edilmiştir. Ancak, bazı kümeler için yapılan analizlerde belirgin tutarsızlıklar gözlemlenmiş ve bu durum, üyelik olasılıklarının doğru belirlenememesinden kaynaklanmıştır (Davies ve diğ., 2007; Kharchenko ve diğ., 2013).

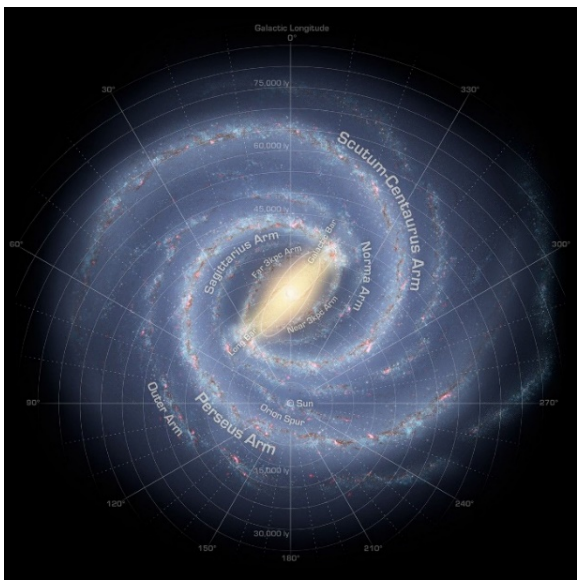
Gaia uydusu (Perryman ve diğ., 2001; Gaia işbirliği, 2016), tüm gökyüzünü yüksek hassasiyetle tarayarak, yıldızların astrometrik, fotometrik ve tayfsal verilerini içeren büyük ölçekli bir veri tabanı oluşturmaktadır. *Gaia* uydusunun görevinin temel amacı, yıldızların üç boyutlu uzaysal ve hız dağılımlarını ölçmek, etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi gibi astrofiziksel parametreleri tayin etmek, Samanyolu'nun yapısını, oluşumunu ve gelecekteki evrimini anlamaktır. İlk veri sürümü *Gaia* DR1, 14 Eylül 2016 tarihinde yayımlanmış olup, yaklaşık 1.2 milyar nesnenin yüksek hassasiyetli fotometrik ve astrometrik ölçümlerini içermektedir (Gaia işbirliği, 2016b). Ardından 25 Nisan 2018 tarihinde yayımlanan *Gaia* DR2, 1.7 milyar gök cismi için ekvatoral koordinatlar ve fotometrik veriler sağlamış, 7.2 milyon yıldız için radyal hız ölçümleri sunarak Galaksi diskinin kinematiğine dair önemli katkılar yapmıştır (Soubiran ve diğ., 2018; Katz ve diğ., 2019, Tarricq ve diğ., 2021). 3 Aralık 2020 tarihinde yayımlanan *Gaia* EDR3, 1.8 milyar nesne için daha hassas fotometrik ve astrometrik veriler içermekte olup, trigonometrik paralaks belirsizliklerinde önemli bir iyileştirme sağlamıştır (Lindegren ve diğ., 2021). Son olarak, 13 Haziran 2022 tarihinde yayımlanan *Gaia* DR3, 1.59 milyar kaynak için detaylı nesne sınıflandırmaları ve astrofiziksel parametreleri içeren en güncel veri setini oluşturmaktadır (Gaia işbirliği, 2023).

Gelecekte *Gaia* verileriyle yapılan yeni analizler, açık kümelerin homojen ve yüksek duyarlılıkla incelenmesine olanak tanıyacaktır (Sampedro ve diğ., 2017). Ancak, mevcut katalogların her biri farklı yöntemler ve veriler içerdiğinden, açık kümelerin fiziksel

özelliklerine dair daha tutarlı sonuçlara ulaşmak için yeni gözlem ve analiz yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

2.1.2 Açık Kümelerin Uzaysal Dağılımları

Samanyolu, çubuklu bir spiral galaksi olup belirgin spiral kollara sahiptir. Spiral kollar, galaksilerin en dikkat çekici yapılarından biri olmakla beraber yıldız oluşumunun en yoğun şekilde gerçekleştiği bölgeler olarak öne çıkar. Güneş Sistemi, Perseus ve Scutum-Centaurus kolları arasında, Orion Kolu (veya Orion Çıkıntısı) üzerinde yer almaktadır (Şekil 2.3). Bu iç konumlanma, Samanyolu'nun genel yapısının doğrudan gözlemini ve haritalandırılmasını zorlaştırmaktadır. Yakın dönemde NASA'nın *Spitzer* Uzay Teleskobu'ndan elde edilen kızılötesi görüntüler sayesinde, Samanyolu'nun spiral yapısının sanılandan farklı olduğu ortaya konmuştur (Megeath ve diğ., 2012). Önceden dört spiral kola sahip olduğu düşünülen Samanyolu Galaksisi'nin, aslında merkezdeki kalın yıldız çubuğunun uçlarından çıkan iki kola (Scutum-Centaurus ve Perseus) sahip olduğu anlaşılmıştır. Norma ve Sagittarius kolları ise daha az belirgin olmaları nedeniyle ikincil spiral kollar olarak değerlendirilmektedir. Spiral kollar genç ve yaşlı yıldızların en yoğun şekilde bulunduğu yapılardır. İkincil spiral kollar ise daha çok yıldız oluşum bölgeleri ve gaz bakımından zengindir. Ayrıca radyo teleskop gözlemleriyle keşfedilen "uzak-3 kpc" adlı yeni bir spiral kolda Galaksi çubuğu boyunca uzanan kısa bir yapı olarak eklenmiştir. Samanyolu'nun spiral kollarının sayısı, oluşum mekanizmaları ve dinamik özellikleri günümüzde halen incelenen bir araştırma konusudur.

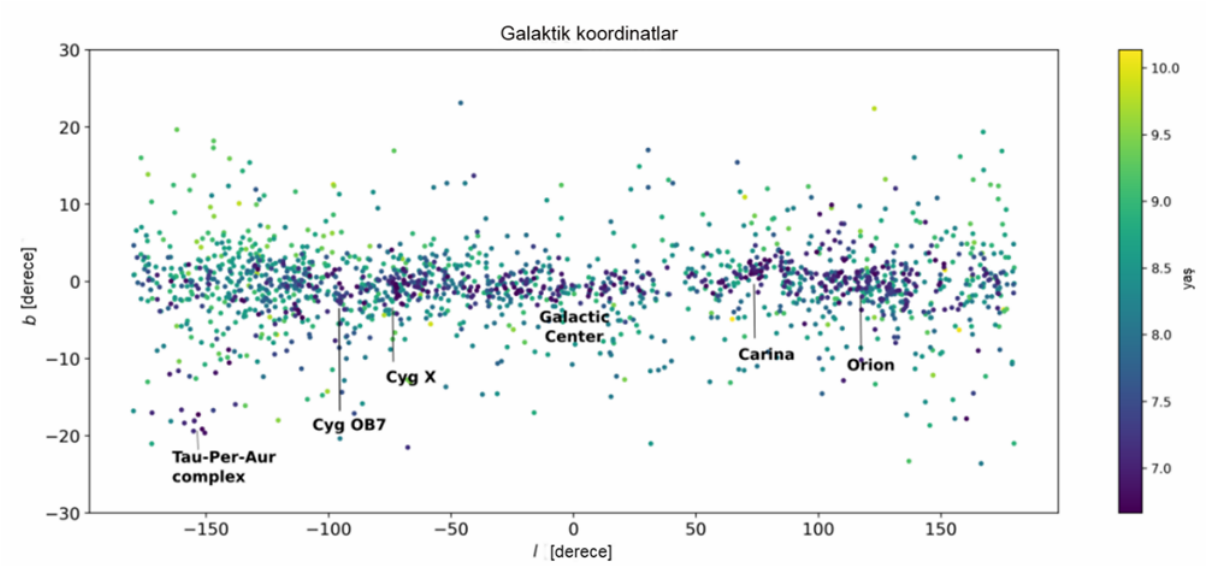


Şekil 2.3: Samanyolu Galaksisi'nin temsili tepeden görünüşü ve spiral kolları.

Açık kümeler, Galaksi diskinin farklı bölgelerinde bulunmakla birlikte, yapılan çalışmalar yaşlı açık kümelerin Galaksi diskinin dış bölgelerinde ve yüksek Galaktik enlemlerde yer aldığını, genç açık kümelerin ise daha düşük Galaktik enlemlerde ve diskin iç kısımlarında yoğunlaştığını göstermektedir (Buckner ve Froebrich, 2013; Cantat-Gaudin ve Casamiquela, 2024). Lynga (1982), açık kümelerin yaş ve demir bolluğuna bağlı olarak Galaksi diskinin farklı bölgelerinde bulunabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca Lynga (1982) 50 açık kümenin demir bolluğunu dikkate aldığında, Galaksi içinde aynı bölgede yer alan kümelerin benzer demir bolluklarına sahip olduğunu göstermiştir. Dias ve Lepine (2005), açık kümelerin Galaksi diski içindeki doğum yerlerini küme yaşlarının bir fonksiyonu olarak inceleyerek, Samanyolu Galaksisi'nin spiral kollarının dönme hızlarını belirlemiştir. Araştırmacılar, açık kümeleri $t \leq 12$ Myıl, $12 \leq t$ (Myıl) ≤ 20 ve $t \geq 30$ Myıl olmak üzere üç farklı yaş grubuna ayırmış ve Galaksi diski üzerindeki dağılımlarını analiz etmiştir. Çalışmalar, yaşları 20 Myıl'dan büyük olan açık kümelerin spiral kollardan uzaklaşarak kollar arası bölgelere dağıldığını ortaya koymuştur. Genç açık kümelerin spiral kollardaki konumu, kütleçekimsel kararsızlıklar ve moleküler bulut çarpışmalarıyla ilişkilendirilmiştir. Bu süreçler, spiral kollarda yıldız oluşumunu daha verimli hale getirmektedir (Elmegreen, 2011). Piskunov ve diğ. (2006), Galaktik düzlemden 850 pc uzaklık içindeki 148 açık kümeyi inceleyerek, Güneş'in Galaktik düzlemden kuzey Galaktik kutba doğru 22±4 pc mesafede konumlandığını belirlemiştir. Çalışmalar ayrıca, Samanyolu'nda birkaç yüz bin açık kümenin bulunabileceğini öngörmektedir. Galaksi merkezine yaklaşıldıkça yıldız yoğunluğunda çift eksponansiyel bir artış gözlemlenmiş olup, bu durum merkez bölgesinde kütleçekimsel etkileşimlerin açık kümelerin yapısal bütünlüğünü bozarak yıldızlararası ortama karışmalarına neden olduğu düşünülmektedir. (Gilmore ve Reid, 1983; Robin ve diğ., 1995; Buser ve diğ., 1998; 1999). Roskar ve diğ. (2012), Galaktik düzlemden yüksek Galaktik enlemlere doğru gidildikçe iç etkileşimlerin azaldığını ve azalan kütleçekimsel etkiler nedeniyle bu bölgelerdeki açık kümelerin uzun süre yapısal bütünlüklerini koruyabildiğini belirtmiştir. Ancak, yaşlı kümeler zaman içinde yörüngelerinde önemli değişimler geçirerek daha karmaşık dinamik özellikler sergilemektedir. Genç açık kümeler ise, oluştukları yıldızlararası moleküler bulutların özelliklerini yansıtırlar ve Samanyolu'nun spiral yapısının anlaşılması açısından öneme sahiptirler (Martinez-Garcia ve Puerari, 2014; Joshi ve Malhotra, 2023).

Gaia DR2 veri tabanındaki (Gaia işbirliği, 2018) hassas trigonometrik paralaks ölçümleri, açık kümelerin Galaksi diski içindeki dağılımları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; 2020). Monteiro ve diğ. (2021), *Gaia* DR2 veri tabanından seçilen 1,750 açık kümenin temel astrofiziksel parametrelerini belirleyerek, kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki yaş dağılımlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar, en genç açık kümeleri seçerek ($t \leq 50$ Myıl) Samanyolu Galaksisi'ndeki spiral kolların konumlarını haritalamıştır. Çalışma, 566 genç açık kümenin spiral kollardaki dağılımını başarılı bir şekilde ortaya koymuş ve Sagittarius-Carina kolunun, Perseus koluna kıyasla daha belirgin şekilde önde bulunduğunu göstermiştir (Monteiro ve diğ., 2021). *Gaia* DR2 verilerini kullanarak açık kümelerin üyelik olasılıklarını makine öğrenmesi temelli bir yaklaşımla hesaplayan Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), 2,017 açık kümeden oluşan bir katalog oluşturmuştur. Açık kümeler yaşlarına göre üç gruba ayrılmıştır: genç ($\log t < 8.2$ Myıl), orta yaşlı ($8.2 < \log t$ (Myıl) < 8.8) ve yaşlı ($\log t > 8.8$ Myıl). Araştırmacılar, genç ve orta yaşlı açık kümelerin Galaktik düzlemden en fazla 250 pc uzaklığa erişebildiğini, yaşlı kümelerin ise 250 pc'ten daha uzak bölgelere yayıldığını tespit etmişlerdir. Özellikle, yaşlı açık kümelerin Z=1.5 kpc uzaklığa kadar ulaşarak Samanyolu'ndaki burulma etkisinin önemli bir göstergesi olduğu ortaya konulmuştur. Galaktik düzlemden yüksek Galaktik enlemlere doğru ilerledikçe, Galaksi içindeki iç etkileşimlerin sayısında belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Kütleçekimsel etkilerin azalmasıyla birlikte ortaya çıkan dinamik karışıklıklar, bu bölgelerdeki açık kümelerin yapısal bütünlüklerini ve yörünge istikrarlarını uzun süre boyunca korumalarına olanak tanımaktadır (Roskar ve diğ., 2012). Buna karşılık, daha yaşlı açık kümeler zaman ile yörüngelerinde önemli değişiklikler geçirerek daha karmaşık bir dinamik evrim sergilemektedir. Büyük kütleli açık kümelerin, küçük kütleli olanlara kıyasla daha uzun ömürlü olduğu; küçük kütleli ve zayıf kümelerin ise dağılmaya daha yatkın olduğu düşünülmektedir (Tadross ve diğ., 2002; Lamers ve Gieles, 2006). Tipik olarak, yükseklik ölçeği $H > 550$ pc olan yaşlı açık kümelerin, yıldızlararası ortama karışmadan uzun süre varlıklarını sürdürebildikleri gözlemlenmiştir. Buna karşın, daha küçük yükseklik ölçeklerine sahip ve nispeten daha kısa dinamik geçmişleri olan genç açık kümeler, oluşum süreçleri bakımından yıldızlararası moleküler bulutların öncüleri olarak değerlendirilmektedir (Martinez-Garcia ve Puerari, 2014). Joshi ve Malhotra (2023) ise genç açık kümelerin, Samanyolu Galaksisi'nin karmaşık spiral yapısının belirlenmesinde önemli nesneler olduğunu vurgulamaktadır. *Gaia* uydusunun sağladığı yüksek hassasiyetli trigonometrik paralaks

ölçümleri sayesinde, *Gaia* DR2 veri seti kullanılarak açık kümelerin Galaktik disk içerisindeki dağılımlarına ilişkin önemli bulgular elde edilmiştir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; 2020). Dias ve diğ. (2021), *Gaia* DR2 kataloğundan seçilen 1,743 açık kümenin temel astrofiziksel parametrelerini belirleyerek, bu kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki yaş dağılımlarını haritalamışlardır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Dias ve diğ.'nin (2021) çalışmasında incelenen 1,743 açık kümenin Galaktik koordinat sismtemi üzerindeki dağılımı. Şekil üzerinde yüksek yoğunluklu noktaların yer aldığı alanlar, yıldız oluşum bölgeleriyle ilişkilendirilmektedir. Renk ölçeği küme yaşlarını ifade etmekte olup; mavi genç, yeşil orta yaşlı ve sarı ise yaşlı kümeleri temsil etmektedir.

Bu kapsamda, Güneş çevresindeki spiral yapıyı incelemeyi amaçlayan araştırmacılar, en genç açık kümeleri ($t \leq 50$ Myıl) dikkate alarak, bilinen spiral kolların Galaktik düzlem üzerindeki konumlarını ortaya koymuşlardır. Toplam 566 genç açık kümeden oluşan bu örneklem, Samanyolu Galaksisi'ndeki spiral kolların yapılarını ve konumlarını yüksek doğruluk ile ifade etmiştir. Özellikle, genç açık kümelerin yerel kol etrafında yoğunlaştığı ve Sagittarius-Carina kolundan önce geldikleri, buna karşın Perseus kolunun ise görece geri kaldığı tespit edilmiştir (Monteiro ve diğ., 2021).

2.1.3 Açık Kümelerin Oluşum ve Evrim Senaryoları

Açık kümelerin yapısal parametreleri ve içsel dinamik özellikleri üzerine gerçekleştirilen gözlemsel çalışmalar, küresel kümeler üzerine yapılan incelemeler kadar yüksek bir hassasiyete ulaşamamıştır. Bunun başlıca nedenleri arasında, açık kümelerin bulunduğu doğrultudaki alan yıldızı kirlenmesi ve Galaksi diskinin çekimsel potansiyelinin oluşturduğu

etkiler bulunmaktadır. Galaktik düzlemden uzak bölgelerde konumlanan küresel kümeler, çevresel etkilerin sınırlı olması nedeniyle yıldızlarının dinamik özellikleri daha duyarlı biçimde belirlenebilmektedir (Lada ve Lada, 2003; Bastian, 2011). Gözlemsel ve kuramsal çalışmalar, yaşı en az 1 Gyıl olan açık kümelerin doğumlarından itibaren belirgin bir dinamik evrim süreci geçirdiğini göstermektedir. King (1962) çalışmasında, açık kümelerin gel-git kuvvetleri tarafından şekillendirilmiş izotermal küreler için beklenen yüzey yoğunluğu profiline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kharchenko ve diğ. (2013) tarafından yapılan araştırmalarda, tipik bir açık kümenin kor yarıçapının yaklaşık 1-2 pc, gel-git yarıçapının ise 10-25 pc arasında değiştiği belirlenmiştir. Açık kümelerde gözlenen ayrılma ve buharlaşma süreçleri, dinamik evrim mekanizmalarının iki temel bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Dinamik gevşeme süreciyle birlikte, büyük kütleli yıldızlar daha düşük enerjili yörüngelere çekilerek kümenin merkezine yakın bölgelerinde yoğunlaşırken, küçük kütleli yıldızlar ise daha yüksek hızlar ile hareket ederek doğdukları kümeden ayrılmaktadır. Bu süreç, zaman ile küçük kütleli yıldızların sayısında bir azalmaya yol açar ve kümenin kütle fonksiyonunun küçük kütleli bölgesinin daha düz görünmesine neden olur. Özellikle yaşlı açık kümelerin iç bölgelerinde gerçekleştirilen ışıma gücü fonksiyonu analizleri, bu dinamik evrimin kanıtlarını sunmaktadır (Kharchenko ve diğ., 2013).

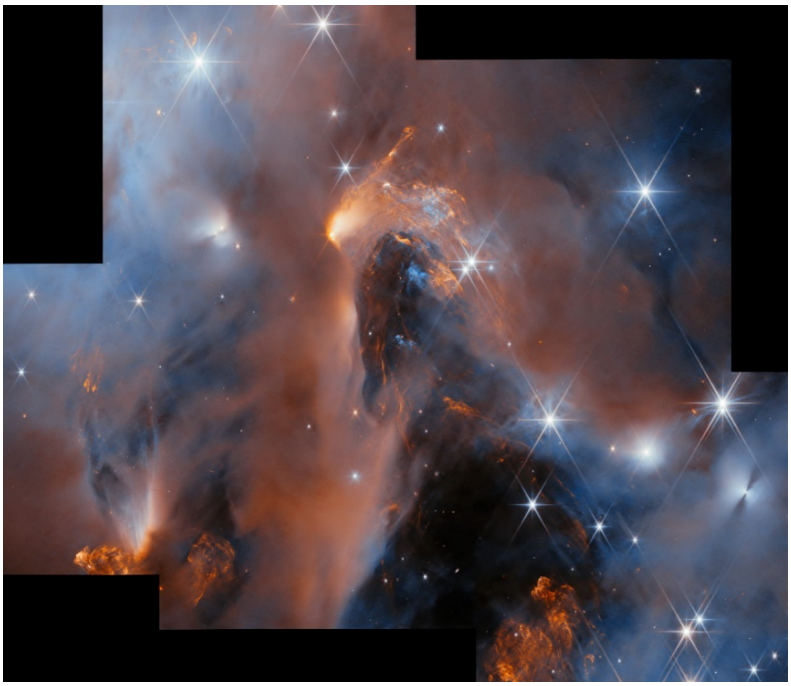
Açık kümeler, Samanyolu Galaksisi'ndeki gel-git kuvvetleri ve yıldızlararası dev moleküler bulutlar ile gerçekleşen etkileşimler nedeniyle dinamik yapılarında değişimler göstermektedir. Yapılan çalışmalar, bu tür karşılaşmaların kümelerin kütle dağılımları ve yoğunluklarına bağlı olarak, 10 - 10 yıl içinde yıldızlararası ortama atılmalarına neden olabileceğini göstermiştir. (Carraro ve diğ., 1999). Gözlenen yaşlı açık kümelerin yapısal ve yörünge parametreleri (örneğin, yoğunluk ve kütle) dikkate alındığında, bu kümelerin bozucu etkilerden büyük ölçüde kaçınarak günümüze kadar varlıklarını sürdürebildikleri düşünülmektedir. Bunlara ek olarak dinamik bozulma süreçleri sonucunda kümede kalan açık küme yıldızları, açık kümelerin evrimi ve dağılma mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Açık küme yıldızları, yaşlı açık kümelerden geriye kalan yıldız popülasyonları olarak tanımlanmakta olup, Galaksi diski içerisindeki yaşlı açık kümelerin oluşumu ve erken evrimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Carraro ve diğ., 1999).

Açık kümeler, Samanyolu Galaksisi'nin yapısal özelliklerinin anlaşılmasında önemli bir rol oynarken, aynı zamanda yıldız oluşumu, evrimi ve Samanyolu'ndaki kimyasal

zenginleşmenin izlenmesinde önemli nesnelerdendir. Aynı molekül bulutunun tek bir evrede çökmesiyle oluşan açık kümeler, kimyasal kompozisyonlarının büyük ölçüde benzer olması, dar bir yaş aralığına sahip ve uzayda birbirlerine yakın konumlarda bulunmaları nedeniyle yıldız oluşumu ve evrimini inceleyen bilim insanları için ideal laboratuvarlar sunmaktadır (Lada ve Lada, 2003; Zwart ve diğ., 2010). Bununla birlikte, açık kümelerin dinamik evrimi yalnızca iç süreçlere değil, aynı zamanda Samanyolu'nun genel yapısına ve çevresel etkileşimlere bağlıdır. Bu sistemlerin uzun vadeli evrimi, Galaksi diskindeki metal bolluğu ve kinematik değişimlerinin belirlenmesinde temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Boissier ve Prantzos, 2000; Bresolin, 2019). Samanyolu'ndaki yıldızlar her ne kadar genellikle düşük kütleçekim alanlarında izole şekilde bulunsalar da, yapılan çalışmalar bu yıldızların büyük bir bölümünün grup halinde doğduklarını ve doğumlarını takip eden birkaç milyon yıl boyunca birlikte kaldıklarını göstermektedir (Clarke ve diğ., 2000; Lada ve Lada, 2003). Küme oluşumunun erken evresinde, sistemlerin birçoğu oluştukları molekül bulutlarının içinde yer alırlar ve bu nedenle gömülü kümeler olarak tanımlanırlar (Bastian, 2011). Diske gömülü halde bulunan kümeler, oluştukları ilk birkaç milyon yıl boyunca yıldız iç geri beslenmesi (Moeckel ve Bate, 2010; Brinkmann ve diğ., 2017) ya da Galaksi içindeki molekül bulutlarıyla etkileşimleri (Gieles ve diğ., 2006) sonucunda gaz kaybederek dağılabilirler. Ancak, bu bozucu etkilerden kurtulabilen açık kümeler molekül bulutlarıyla bağlarını sürdürebilir ve zaman ile açık kümeler haline gelirler. Örneğin, NGC 1333 kümesinin yıldız dağılımını inceleyen Gutermuth ve diğ. (2008), bu sistemlerin başlangıçta merkezi yoğunlaşma göstermeyen, ancak molekül bulutlarının hiyerarşik yapısını temsil eden ipliksi yapılar halinde oluştuklarını belirtmişlerdir (Şekil 2.5). Bu ortamlarda, yıldızlar birbirlerine uyguladıkları kütleçekimi sayesinde yıldız sistemlerini oluşturabilirken, bazı yıldızlar ise küme iç etkileşimlerinden dolayı kümeden uzaklaşabilir.

Açık kümelerin oluşumu ve evrimi, bir yıldız oluşum bölgesinin erken evrelerinde büyük ölçekte gaz ve yıldız içermesiyle bağlantılıdır. Bir yıldız kümesi viryel dengedeyken, gazın sistemden atılmasıyla kütleçekimsel denge bozulur ve sistem süperviryel duruma geçer. Bu durum, kümenin zaman ile dağılmasına ve sadece genç yıldızların yapısal olarak sistemde kalmasına yol açar. Bu süreç, açık kümelerin ömrünü belirleyen en kritik faktörlerden biridir. Bir molekül bulutu yıldız kümesi oluşturmak için çöktüğünde, gazın yaklaşık %30 ila %60'ı yıldız oluşturmada kullanılmaktadır (Lada ve Lada, 2003). Ancak, Bastian ve Goodwin (2006) tarafından da belirtildiği gibi, bu oran %30'un altına düşerse, başlangıçta oluşan gaz

yapısının kaybı sonucunda kümelenme tamamen bozulabilir. Sonuç olarak açık kümeler yıldız oluşumu ve Samanyolu Galaksisi'nin evrimi açısından önemli astronomik nesnelerdir. Galaksi diskinin kimyasal ve dinamik yapısının belirlenmesinde temel rol oynayan açık kümeler, yıldız oluşum modellerinin sınanmasında ve Samanyolu'nun kimyasal evrimini anlamaya yönelik metal bolluğu gradyentlerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Spina ve diğ., 2020; Netopil ve diğ., 2021; Magrini ve diğ., 2023; Joshi ve diğ., 2024; Otto ve diğ., 2025).



Şekil 2.5: *James Webb* Uzay Teleskobu'nun oluşturduğu bu mozaik görüntü, Perseus takımyıldızı yönünde yer alan genç yıldız kümesi NGC 1333'ün tozlu merkezini göstermektedir. Güneş'ten yaklaşık 300 pc uzaklıktaki bu açık küme yıldız oluşumunun erken evrelerine dair önemli ipuçları sunmaktadır.

2.1.4 Açık Kümelerin Tayfsal Analizleri ve Kimyasal Bollukları

Açık kümelerin kinematik ve kimyasal bolluklarına yönelik modern çalışmalar, Lyngå (1987) tarafından derlenen açık kümeler kataloğuyla başlamıştır. Zaman ile temel astrofizik parametreleri iyi belirlenmiş açık kümelerin sayısındaki artış, bu nesnelerin Galaksi'nin kimyasal evrimini anlamadaki önemli rolünü pekiştirmiştir (Lyngå, 1982; Janes, Tilley ve Lyngå, 1988). Dias ve diğ. (2002) tarafından oluşturulan DAML kataloğu ve Kharchenko ve diğ. (2005) tarafından derlenen ASCC-2.5 kataloğu, açık kümelere dayalı kimyasal evrim çalışmalarını çeşitlendirmiş ve genişletmiştir. Açık kümelerin kimyasal bollukları, Galaksi

diskinin kimyasal evriminin anlaşılması için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Bu nesnelerin metal bolluğu, Galaksi disk içinde radyal ve dik doğrultuda metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanmasına ve Galaksi'nin iç ve dış etkileşimlerinin çözümlenmesine katkı sağlamaktadır. Galaksi diskindeki metal bolluğu, gaz akıntıları, radyal göç ve yıldız oluşumu gibi mekanizmalar tarafından belirlenmektedir. Son yıllarda, kemo-dinamik modellerin geliştirilmesiyle birlikte, bu mekanizmaların etkileri daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır (Minchev ve diğ., 2013; Lemasle ve diğ., 2013). Radyal göç mekanizması, açık kümelerin Galaktik yörüngelerinde kütleçekimsel tedirginlikler sonucu yer değiştirmesiyle ortaya çıkmaktadır (Schönrich ve Binney, 2009; Vera-Ciro ve diğ., 2014). Minchev ve diğ. (2012) tarafından yapılan simülasyonlar ile Galaksi diskindeki orta ve küçük kütleli yaşlı yıldızların radyal göçe daha yatkın olduklarını göstermektedir.

Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında Galaksi diskindeki metal bolluğu değişimini açık yıldız kümelerini kullanılarak incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmalarında kullanılan 1,879 açık kümenin metal bollukları tayfsal ve fotometrik yöntemler ile elde edilmiştir. Bu örneklemde yer alan açık kümelerin 615'i tayfsal, 1,264'ü ise fotometrik verilere dayanarak elde edilen metal bolluğu tahminleriyle analiz edilmiştir. Bu çalışmada, metal bolluğu belirlemede öncelik tayfsal çalışmalara verilmiştir; çünkü tayfsal veriler, genellikle, daha yüksek doğruluk ve yüksek çözünürlük ile yüksek sinyal/gürültü oranıyla elde edilmektedir. Ancak verilerin büyük çoğunluğunu oluşturan fotometrik veriler de analize dahil edilerek kapsamlı bir veri seti oluşturulmuştur. Çalışmada, Galaktik düzlemden dik doğrultudaki uzaklık $|Z|$ ile metal bolluğu değişimi iki doğrusal parçalı fonksiyon kullanılarak elde edilmiştir. Galaktik düzleme yakın açık kümeler için ($|Z| < 487$ pc) dik bir başlangıç eğimi (-0.545±0.046 dex kpc^{-1}), Galaktik düzlemden uzak kümeler için ise daha düz bir eğim (-0.075±0.093 dex kpc^{-1}) bulunmuştur. Galaksi merkezine olan radyal uzaklık (R_{gc}) ile kümelerin demir bolluğu değişimi de iki doğrusal fonksiyon kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen metal bolluğu gradyent araştırmasında R_{gc}=12.8 kpc'ye kadar -0.070±0.002 dex kpc^{-1}'lik önemli bir değişim gözlenmiş, bu uzaklığın ötesinde diskin dış kısımlarına doğru ise daha düz bir gradyent (-0.005±0.018 dex kpc^{-1}) izlemiştir. Doğrusal fonksiyonların fit edilmesi ve gradyent eğimlerinin belirlenmesinde en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, çalışmada elde edilen demir bolluğu gradyentindeki kademeli değişimleri belirlemeye olanak sağlamış; böylece iç ve dış Galaksi diski arasındaki farklı yıldız oluşumlarıyla birlikte gaz akışı geçmişi ortaya konmuştur. Ayrıca Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında -0.070±0.002 dex

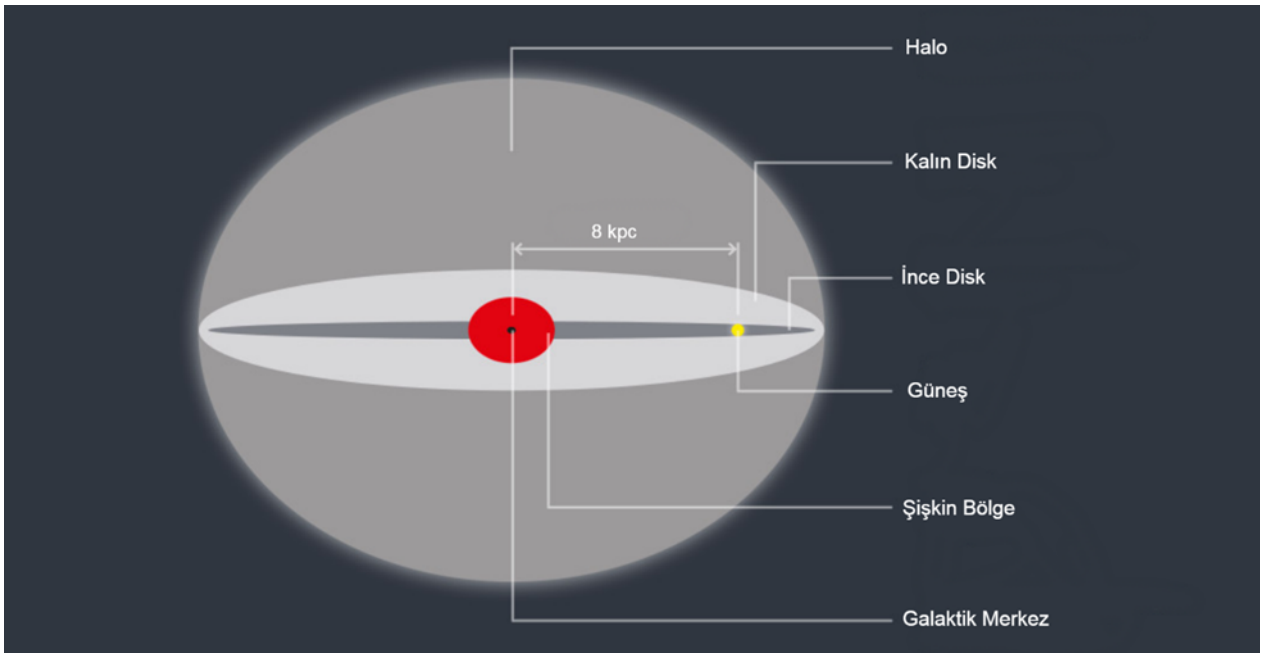
kpc^{-1} olarak hesaplanan radyal metal bolluğu gradyenti, Magrini ve diğ. (2023) tarafından 104 küme için -0.081±0.008 dex kpc^{-1} olarak belirlenmiştir. Spina ve diğ. (2022) ise araştırmalarında 175 açık kümeden itibaren radyal metal bolluğu gradyentinin -0.064±0.007 dex kpc^{-1} olarak elde etmiştir. Gaia işbirliği (2023) ile gerçekleştirilen bir çalışmada ise 503 açık küme kullanılarak radyal metal bolluğu gradyenti -0.054±0.008 dex kpc^{-1} tespit edilmiştir. Zhong ve diğ. (2020) çalışması 295 açık kümeden radyal metal bolluğu gradyenti -0.053±0.004 dex kpc^{-1}, Carrera ve diğ. (2019) ise 136 açık kümeden radyal metal bolluğu gradyentini -0.052±0.003 dex kpc^{-1} olarak belirlemiştir. Bu farklılıklar, kullanılan veri setleri, analiz yöntemleri ve seçilen kümelerin özelliklerinden kaynaklanabilir. Bu sonuçlar, iç ve dış Galaksi disk arasındaki yıldız oluşumu ve gaz akış geçmişinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Açık kümelere dayalı tayfsal çalışmalar, Galaksi diskinin kimyasal ve yapısal evriminin anlaşılması için kullanılan verilere ışık tutmaktadır. Güncellenmiş katalog verileri ve hassas tayfsal analiz yöntemleri, Samanyolu'ndaki metal bolluğu dağılımının daha iyi anlaşılmasını ve kemo-dinamik modellerin sınanmasına olanak sağlamaktadır. Gelecekteki gözlemsel çalışmalar, Samanyolu'nun kimyasal evrimi konusundaki belirsizlikleri azaltmak ve yeni Galaktik kimyasal modellemelere temel oluşturmak açısından büyük önem taşımaktadır.

2.2 GALAKSİNİN BİLEŞENLERİ

Samanyolu Galaksisi milyarlarca yıldızın yanı sıra karanlık madde, gaz ve toz içeren karmaşık bir yapıya sahiptir. Gözlemsel veriler, Samanyolu Galaksisi'nin yaklaşık 30 kpc çapında ve SBb morfolojik sınıfına ait bir çubuklu sarmal galaksi olduğunu ortaya koymaktadır (Binney ve Merrifield, 1998). Samanyolu Galaksisi, çeşitli büyüklükteki diğer galaksiler ile birlikte Yerel Grup'un bir üyesidir. Yaklaşık 3 Mpc boyutunda olan Yerel Grup, Samanyolu ve Andromeda (M31) etrafında kümelenmiş yaklaşık 80 cüce galaksiden oluşmaktadır (Mateo, 1998). Yerel Grup, Virgo Süper Kümesi'nin dış kenarına yakın konumlanmış ve birçok galaksi kümesiyle birlikte daha geniş bir kozmik yapının parçasını oluşturmaktadır (Freeman ve Bland-Hawthorn, 2002).

Samanyolu Galaksisi'nin oluşumu ve evrimini anlamada, Samanyolu'nu oluşturan yıldız popülasyonlarının kimyasal ve dinamik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Samanyolu Galaksisi, farklı fiziksel ve kinematik özellikler gösteren dört ana bileşenden oluşmaktadır: ince disk, kalın disk, şişkin bölge (bulge) ve halo (Şekil 2.6). Bu bileşenler, yalnızca uzaysal

dağılımları bakımından değil, aynı zamanda kinematik yapıları, kimyasal bileşimleri ve yaşları açısından da belirgin farklılıklar sergilemektedir. Bu çeşitlilik,



Şekil 2.6: Samanyolu Galaksisi'nin şematik bir görüntüsü. Şeklin merkezinde Galaksi merkezi ve bu merkeze 8 kpc uzaklıkta Güneş'in konumu gösterilmiştir.

Samanyolu Galaksisi'nin farklı bileşenlerinde bulunan yıldız popülasyonlarının kimyasal zenginliği ve dinamik yapısı, Samanyolu'nun oluşum tarihine dair önemli ipuçları sağlamaktadır (Freeman ve Bland-Hawthorn, 2002). Samanyolu Galaksisi'nin spiral yapısı, çok genç ve büyük kütleli yıldızlar ile ilişkili moleküler maser ışınımı gözlemleriyle detaylı olarak incelenmiştir. Reid ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmalar, Samanyolu'nun dört ana sarmal kola sahip olduğunu göstermektedir. Samanyolu, elektromanyetik tayfın farklı bölgelerinde gözlenebilen yıldız çeşitliliği sayesinde, yıldız astrofiziği alanında detaylı çalışmaların gerçekleştirilebildiği tek galaksi olma özelliğini taşımaktadır. Bu nedenle, Samanyolu üzerine yapılan araştırmalar, genel Galaksi evrimi modellerine önemli katkılar sunmakta ve Galaktik yapıların zaman içindeki dönüşümünü anlamada önemli bir rol oynamaktadır.

2.2.1 İnce Disk

Samanyolu Galaksisi'nin oluşum ve evrim süreçlerinin en iyi şekilde incelendiği bileşeni, Galaksi'nin ince diskidir. Bu bölge, yıldız oluşum bölgeleri ve açık kümelerin yanı sıra Güneş Sistemi'ni de barındırır. İnce disk yıldızları Galaksi merkezi etrafında çembersel yörüngelerde hareket eder ve Güneş civarındaki yıldızların ortalama yörünge hızı yaklaşık 220 km sn^{-1} civarındadır (Bensby ve diğ., 2003). Bu araştırmacıların gerçekeleştirdiği çalışmada kinematik analizlere göre, ince disk yıldızlarının uzay hız bileşenlerine ait hız dispersiyonları sırasıyla; $\sigma_U \approx 35$ km sn^{-1}, $\sigma_V \approx 20$ km sn^{-1}, $\sigma_W \approx 16$ km sn^{-1} ve sürüklenme hızı -15 km sn^{-1} olarak tayin etmişlerdir. Kinematik analizler, ince disk yıldızlarının hız dağılımlarının karakteristik özelliklerini ortaya koymakta önemli bir rol oynamaktadır. Yıldız oluşum oranının ise yaklaşık 1.6 $M_\odot$ $yıl^{-1}$ olduğu varsayılmaktadır (Licquia ve Newman, 2015). İnce disk yıldızlarının metal bollukları genellikle -0.5 < [Fe/H] (dex) < +0.5 aralığında değişir (Bensby ve diğ., 2003; 2005). Bu yıldızlar, yaş bakımından oldukça çeşitlidir ve genellikle iki ana grupta incelenir: Yaşlı ve genç ince disk yıldızları (Buser, 2000). Genç ince disk yıldızları Samanyolu Galaksisi'nin spiral kollarında yoğunlaşırken, yaşlı yıldızlar ise Galaktik düzlemden 1 kpc'ye kadar uzanan bir bölgede dağılmaktadır (Bilir ve diğ., 2008; Ak ve diğ., 2015; İyisan ve diğ., 2025). İnce disk yıldızlarının Galaktik düzlemdeki dağılımları simetrik bir yapı sergiler (Gilmore ve Reid, 1983; Robin ve diğ., 1996; Buser Rong ve Karaali, 1998; 1999). Bu bulgular, Samanyolu'nun ince disk bileşenindeki yıldız popülasyonlarının yaş ve kimyasal kompozisyon açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ve Galaksi'nin evrimsel süreçlerinin izlerini taşıdığını ortaya koymaktadır.

2.2.2 Kalın Disk

Kalın disk, Samanyolu Galaksisi'nin yapısal bileşenlerinden biri olup, Gilmore ve Reid (1983) tarafından güney Galaktik kutup doğrultusunda gerçekleştirilen yıldız sayım çalışmaları sonucunda keşfedilmiştir. Gilmore ve Reid (1983), gözlemsel yıldız yoğunluk profillerini önce iki bileşenli Galaksi modeline uygulayarak, gözlemsel yoğunlukların model sonuçlarıyla uyumsuz olduğunu gösterdikten sonra, disk yapısına benzer yeni bir bileşen ekleyerek üç bileşenli bir Galaksi modeli önermişlerdir. Bu model, gözlemsel yoğunluk profilleriyle karşılaştırıldığında beklenen uyumu sağlamış ve yeni bileşenin yükseklik ölçeği H=1.45 kpc olarak tayin etmiş, Güneş civarındaki yıldız sayısı yoğunluğu ise %2 olarak verilmiştir (Gilmore ve Reid, 1983). Bu çalışmanın ardından, bu yeni bileşen "kalın disk" olarak literatüre kazandırılmıştır. Kalın disk üzerine gerçekleştirilen araştırmalar, bu bileşenin

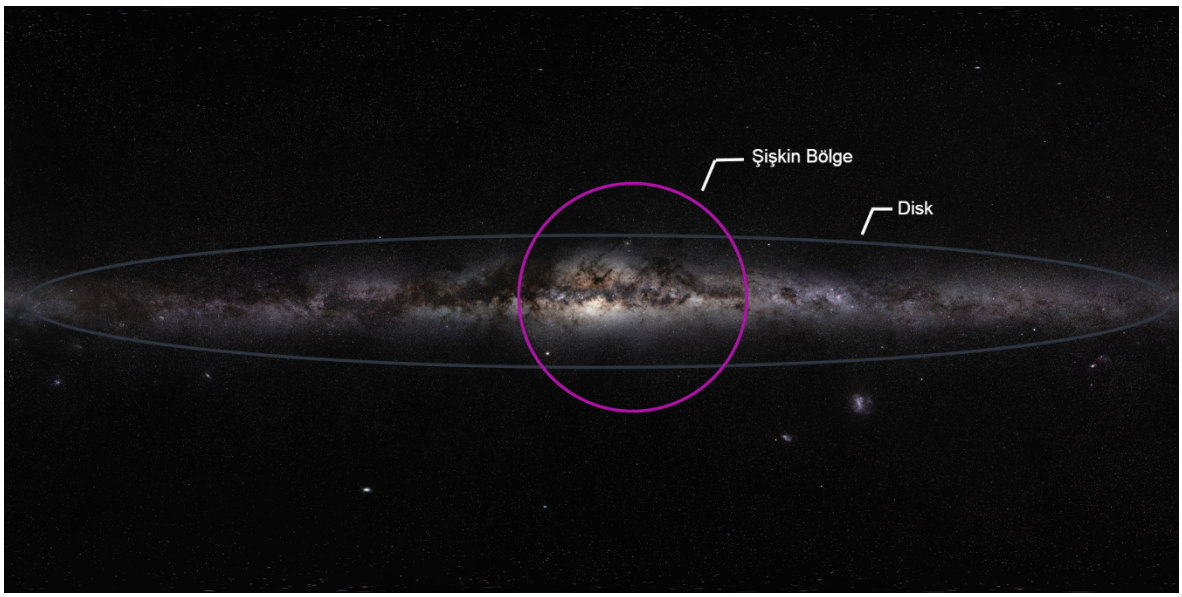
uzunluk ve yükseklik ölçeklerinin yanı sıra Güneş civarındaki yıldız sayı yoğunluklarının belirlenmesini sağlamıştır. Son yirmi beş yıl içinde yapılan çalışmalar, kalın diskin yükseklik ölçeğinin 1450 pc'den 650 pc'ye kadar küçüldüğünü (Chen ve diğ., 2001) ve Güneş civarındaki yıldız sayı yoğunluğunun %2'den %10'a kadar arttığını (Chen ve diğ., 2001; Siegel ve diğ., 2002) ortaya koymuştur. Kalın disk model parametreleri üzerine yapılan araştırmalar, farklı değerler önermekte olup, bu farklılıklar çalışma yöntemlerine, yıldız alanlarının doğrultusuna, uzay hacmine ve kullanılan tayf türlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Buser ve diğ., 1998; 1999; Chen ve diğ., 2001; Siegel ve diğ., 2002; Karaali ve diğ., 2004; Bilir ve diğ., 2005; 2008; Juric ve diğ., 2008; Yaz ve Karaali, 2010; İyisan ve diğ., 2025).

Kalın disk bileşeni üzerine gerçekleştirilen kinematik araştırmalar, kalın disk yıldızlarının ince disk yıldızlarına göre Galaksi merkezi etrafında dönme hızlarının yaklaşık 30-50 km sn^{-1} daha yavaş döndüklerini ortaya koymuştur. Bensby ve diğ. (2003; 2005) kalın disk popülasyonundaki yıldızların uzay hız bileşenlerine ait hız dispersiyonlarını $\sigma_U \approx 67$ km sn^{-1}, $\sigma_V \approx 38$ km sn^{-1}, $\sigma_W \approx 35$ km sn^{-1} ve sürüklenme hızını -46 km sn^{-1} olarak belirlemişlerdir. Kalın disk yıldızları tipik olarak Galaksi merkezi etrafında basık yörüngelerde döner ve Güneş civarındaki dönme hızları yaklaşık olarak 160 ile 190 km sn^{-1} arasında değişir (Lee ve diğ., 2011). Başlangıçta yapılan tayfsal çalışmalar, kalın diskin ince diskle karşılaştırıldığında metalce daha fakir ve daha yaşlı yıldızlardan oluştuğunu göstermiştir (Gilmore ve diğ., 1989). Kalın disk yıldızlarının metal bolluğu $-1.2 < [Fe/H]\ (dex) < 0$ aralığında ve yaşları 8 Gyıl'dan daha büyüktür. Kalın diskin oluşumuna dair en son desteklenen senaryolardan biri, *Gaia* uydusunun ikinci veri sürümünde yapılan tayfsal çalışmalara dayanmaktadır (Gaia işbirliği, 2018). Gaia-Enceladus, Samanyolu'nun yaklaşık 10 Gyıl önce tamamladığı son büyük birleşme olayını temsil eder. Gaia-Enceladus ile birleşmesinin, Samanyolu Galaksisi'nin erken döneminde yıldız oluşumunu tetikleyerek kalın diskin oluşumuna yol açtığına dair kanıtlar bulunmuştur. Gallart ve diğ. (2019), Gaia-Enceladus birleşmesi sırasında ve sonrasında kalın disk yıldızlarının çoğunun oluştuğunu öne sürmüşlerdir.

2.2.3 Şişkin Bölge ve Çubuk Yapı

Samanyolu Galaksisi'nin şişkin bölgesi, Galaksi'nin merkezi bileşenini oluşturur ve asimetrik bir yapıya sahiptir (Maihara ve diğ., 1978; Weiland ve diğ., 1994; Dwek ve diğ., 1995). Genç ve yaşlı yıldızları barındıran bu bölge, geniş bir metal bolluğu aralığına sahiptir ve metal

bolluğu -1 < [Fe/H] (dex) < +1 arasında değişir. Şişkin bölge, gaz ve toz bakımından zengin bir yapıya sahip olup, elektromanyetik tayfın sınırlı bir bölgesinde gözlemlenebilir. Bu durum söz konusu Galaktik bileşen hakkında elde edilebilen bilgilerin sınırlı olmasına neden olmaktadır. Samanyolu Galaksisi'nin en parlak bileşeni olan şişkin bölge, aynı zamanda yıldızlararası toz ve gazın neden olduğu sönümleme etkisi nedeniyle optik bölgede gözlem yapılmasını zorlaştırır. Ancak, şişkin bölgede bulunan Baade penceresi, çok daha az gaz ve toz içeren bir bölge olup, optik dalgaboylarında gözlem yapmaya olanak sağlar (Şekil 2.7). Şişkin bölge, özellikle kırmızı dev yıldızlarının yoğunluğu ve parlaklıkları sayesinde, bu bölge hakkında daha ayrıntılı bilgi edinilmesine imkân tanımaktadır (Shen ve Zheng, 2020).



Şekil 2.7: Samanyolu'nun disk ve şişkin bölgesini gösteren fotoğraf. Baade penceresi, Galaktik merkezin gözlenmesi için eşsiz bir görüş hattı sunar.

Şişkin bölgenin kütlesine ilişkin yapılan çalışmalar, bu değerin yaklaşık $1.5\times10^{10}\,M_{\odot}$ olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bazı çalışmalar şişkin bölgenin kütlesinin $2\times10^{10}\,M_{\odot}$, (Valenti ve diğ., 2016) ve $6\times10^{9}\,M_{\odot}$ (Robin ve diğ., 2012) olduğunu öne sürmektedir. Şişkin bölge için belirlenen bu ortalama kütle değeri, Samanyolu Galaksisi'nin toplam kütlesinin yaklaşık beşte birine karşılık gelirken, halo kütlesiyle karşılaştırıldığında yaklaşık on kat daha büyüktür (Helmi, 2020). Samanyolu Galaksisi'nin şişkin bölge bileşenindeki yıldızların yaş dağılımıyla ilgili araştırmalar, bu bileşendeki yıldızların ortalama yaşını yaklaşık 10 Gyıl olarak belirlemektedir (Ortolani ve diğ., 1995; Kuijken ve Rich, 2002; Zoccali ve diğ., 2003;

Clarkson ve diğ., 2011; Valenti ve diğ., 2013). Samanyolu Galaksisi'ndeki önemli yapılar arasında, Galaksi'nin merkezi bölgesinde bulunan çubuk yapısı dikkat çekmektedir. Diğer çubuklu galaksilerde olduğu gibi, Samanyolu Galaksisi'nin Galaktik çubuğu da büyük ölçüde yıldızlardan oluşmakta olup, gaz ve tozun etkisi ikincil düzeydedir. Çubuk yapısının varlığına dair ilk gözlemler, de Vaucouleurs (1964) tarafından yapılmış ve Galaksi merkezine yakın Galaktik boylamlarda, λ=21 cm HI çizgi profilinde gözlemlenen dairesel hareketlerdeki sapmalar bu yapının varlığını açıklamak için ortaya konulmuştur. Bu gözlemler, Galaksi merkezindeki dinamik hareketlerin anlaşılmasında önemli bir temel teşkil etmiştir. Bununla birlikte, Galaksi merkezinde bir çubuk yapının varlığına dair ilk doğrudan kanıt, Blitz ve Spergel (1991) tarafından elde edilmiştir. Bu araştırmacılar, Galaksi merkezini incelemek için λ=2.4 μm dalgaboyunda oluşturulan haritaları analiz ederek, çubuğun varlığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, mikromercekleme gözlemlerinden (Alcock ve diğ., 2000) elde edilen bulgular ve OH/IR ve SiO kinematik verilerinin analizinden (Habing ve diğ., 2006) de çubuksu yapının varlığını doğrulayan ek çalışmalar yapılmıştır. Bu gözlemler ve araştırmalar, çubuk yapısının yalnızca Galaksi merkezindeki yıldız hareketlerini değil, aynı zamanda Galaksi'nin genel yapısal evrimini ve dinamik özelliklerini anlamada da büyük önem taşımaktadır. Çubuk yapının Samanyolu Galaksisi'nin merkezindeki yıldız yoğunluğu ve gaz dağılımıyla ilişkili olduğu, Galaksi'nin evrimi ve yıldız oluşum süreçleri üzerindeki etkileri açısından devam eden tartışmaların merkezinde yer almaktadır.

2.2.4 Halo

Halo bileşeni, Samanyolu Galaksisi'nin en dış bölgelerinde yer alır ve metalce oldukça fakir yıldızlardan ([Fe/H] < -1 dex) oluşur. Bu özelliği, Galaksi oluşumunun erken evreleri ve evrimsel süreçlerinin araştırılmasında önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle Galaksi birleşmelerinin Galaksi evrimindeki rolü göz önüne alındığında, Samanyolu Galaksisi'nin halo bileşeninin gözlemsel yöntemler ile incelenmesi, Galaksi birleşme tarihine dair değerli bilgiler sağlamaktadır. Samanyolu Galaksisi'nin halo bileşeni, iç halo ve dış halo olmak üzere iki kısımdan oluşur. İç halo, Galaksi merkezinden yaklaşık 10 kpc'ye kadar uzanır ve burada metalce fakir yaşlı yıldızlar bulunur. Bu yıldızlar, düşük açısal momentumlu ve basık yörüngelerde Galaksi merkezi etrafında hareket ederler. Diğer taraftan, dış halo, Galaksi merkezinden 10 kpc'den 100 kpc'ye kadar uzanır ve buradaki yıldızlar daha geniş bir dağılım sergiler. Halo bileşeni ayrıca, küresel kümeler, evrimleşmiş yıldızlar ve RR Lyrae türü

değişen yıldızlardan oluşur. RR Lyrae değişen yıldızlarının Galaksi merkezi etrafındaki yoğunluk profilleri üzerine yapılan incelemeler, bu yıldızların Galaksi'nin dış bölgelerinde nasıl bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Vivas ve Zinn (2006), RR Lyrae yıldızlarının yoğunluk profillerini incelediklerinde, yıldız sayı yoğunluğunun, uzaklık ile birlikte $\rho \propto R_{gc}^{-3.1}$ biçiminde değiştiğini tespit etmişlerdir. Burada R_{gc}, bir yıldızın Galaksi merkezine olan uzaklığını ifade eder.

Yıldız sayım yöntemleri kullanılarak yapılan araştırmalar, halo yıldızlarının yoğunluk profillerinin Galaksi modelleriyle uyumlu olduğunu ve bunun halonun basıklık oranı hakkında önemli bilgiler sunduğunu göstermektedir. Literatürde, iç halodaki yıldızların basıklık oranı (c/a) için genellikle $0.5 < c/a < 0.8$ aralığı belirtilmiş olup, bu da halo yapısının bir sferoid şeklinde olduğu sonucunu doğurmaktadır (Hartwick, 1987; Wyse ve Gilmore, 1989; Bilir ve diğ., 2006). Burada c/a, Samanyolu Galaksisi'nin eksen oranını ifade eder. Galaksi merkezinden uzaklaştıkça halo yapısının giderek daha küresel bir hal aldığı gözlemlenmiştir (Vivas ve Zinn, 2006).

Gaia DR2 verileri (Gaia işbirliği, 2018), halo kütlesinin yaklaşık olarak $1.3\times10^{12}\ M_{\odot}$ olduğu yönünde güncel tahminler sunmaktadır (Posti ve Helmi, 2019; Watkins ve diğ., 2019). Bununla birlikte, Bensby ve diğ. (2003), halo yıldızlarının uzay hız bileşenlerine ilişkin hız dispersiyonlarını (σ_U, σ_V, σ_W) yaklaşık olarak (160, 90, 90) km sn^{-1} ve sürüklenme hızını ise -220 km sn^{-1} olarak rapor etmişlerdir.

2.3 GALAKSİ DİSKİNİN ARAŞTIRILMASI

2.3.1 Galaksi Diskinin Açık Kümeler Yoluyla Araştırılması

Galaksi diskinin yapı, oluşum ve evrim süreçlerinin anlaşılmasında açık kümeler vazgeçilmez gözlem laboratuvarları olarak kabul edilmektedir. Açık kümeler, aynı moleküler buluttan eş zamanlı olarak doğmuş ve zayıf kütleçekimsel bağlar ile birbirine bağlı yıldız topluluklarıdır. Üye yıldızların Güneş'e olan uzaklıkları, yaşları ve kimyasal bileşimleri bakımından gösterdikleri yüksek homojenlik, bu kümelerin yıldız evrimi ve kimyasal gelişim modellerinin sınanmasında ideal örnekler sunmasına olanak tanır. Fotometrik verilerden oluşturulan renk-parlaklık diyagramları (CMD) üzerinde açık küme üyeleri, dar bir anakol bandı şeklinde sıralanırken, farklı kütlelerdeki yıldızların varlığı bu anakol bandının genişlemesine neden

olmaktadır. Bu özellik, tek yıldız evrim modellerinin ve çift yıldız sistemlerinin evrimsel süreçlerinin incelenmesi için önemli ipuçları sağlamaktadır. Günümüzde, fotometrik ve astrometrik verilerin makine öğrenmesi temelli analizleri sayesinde, açık kümelerin üye yıldızları yüksek hassasiyet ile belirlenebilmekte ve böylece kümelerin temel parametreleri (yaş, uzaklık, demir bolluğu) güvenilir bir şekilde tayin edilebilmektedir. Ayrıca, açık kümelerin yapısal parametrelerinin belirlenmesi, küme merkezindeki yıldız yoğunluk profillerinin ayrıntılı incelenmesiyle mümkün olmaktadır. Küme merkezinde yoğunlaşan yıldız topluluklarının King (1962) modeline uygun şekilde incelenmesi, merkezi ve zemin yoğunluklarının yanı sıra kümenin kor ve limit yarıçaplarının tayininde önemli rol oynamaktadır. Bu yapısal parametreler, küme kütlesinin ve gerçek boyutlarının belirlenmesinde, ayrıca küme içi dinamik etkileşimler ile çevresel etkilerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Üye yıldızların ortak öz hareket ve Güneş'e olan uzaklıkları, alan yıldızları arasından üyeliğin güvenilir tespitini kolaylaştırarak istatistiksel belirsizliğin azalmasına katkıda bulunmaktadır.

Açık kümeler, Galaksi diskinin kimyasal evrim süreçlerini ortaya koymada da önemli göstergeler sunar. Tayfsal ve fotometrik analizlerle tayin edilen kümelerin renk artıkları ve demir bollukları, Galaksi merkezinden radyal olarak değişen demir bolluk gradyentlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Örneğin, bazı çalışmalar Galaksi diski için radyal metal bolluk gradyentini yaklaşık $d[\mathrm{Fe/H}]/dR_{\mathrm{gc}}$=-0.09±0.02 dex kpc^{-1} olarak belirlerken (Magrini ve diğ., 2023), farklı uzaklık aralıklarındaki açık kümeler üzerinden elde edilen veriler Samanyolu'nun iç ve dış bölgelerinde farklı kimyasal evrim süreçlerinin etkili olduğunu göstermektedir. Bu tür kemo-dinamik yaklaşımlar, açık kümelerden elde edilen parametrelerin Galaksi diskinin dinamik evrimi, yıldızların radyal göç mekanizmaları ve spiral yapıların oluşum süreçlerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, açık kümeler, Galaksi diskinin yapısal bileşenlerinin incelenmesinde de dolaylı olarak tercih edilir. Disk yapısı; ince disk, kalın disk, merkezi çubuk/şişkin bölge ve spiral kollar gibi alt bileşenlerden oluşmakta olup yaklaşık $5\times10^{10}\,M_{\odot}$ yıldız barındıran disk, toplam görünen yıldız kütlesinin önemli bir bölümünü oluşturur. Disk bileşenlerinin yükseklik ve uzunluk ölçeklerinin tayininde yapılan çalışmalar, Güneş civarındaki yıldız yoğunluklarının farklılıklarını ortaya koyarken, açık kümeler üzerinden elde edilen kimyasal ve kinematik parametreler, Galaksi diskinin evrimsel tarihine dair temel veriler sunmaktadır. Örneğin, Galaksi çubuğunun dönme etkisinden kaynaklanan rezonans bölgelerine yönelen yıldızların, disk boyunca radyal göçler

gerçekleştirerek daha dış bölgelerde metal bolluk gradyentlerine yol açması, açık kümelerden elde edilen istatistiksel veriler ile desteklenmektedir (Sellwood ve Binney, 2002; Minchev ve diğ., 2013). Açık kümeler, üye yıldızlarının ortak oluşum geçmişi ve homojen özellikleri sayesinde, Galaksi diskinin yapı, kimyasal evrim ve kinematik ile dinamik süreçlerinin araştırılmasında eşsiz bir laboratuvar ortamı sunar. Bu kapsamlı yaklaşım, modern Galaktik astrofiziğin en aktif araştırma alanlarından biri olarak, disk yapısının tarihsel evrimini, spiral yapıların ve merkezi alt bileşenlerin dinamik etkilerini ve kemo-dinamik modellerin geliştirilmesini destekleyen temel veriler sağlamaktadır.

2.3.2 Galaktik Diskte Demir Bolluğu Gradyenti

Açık yıldız kümeleri, Samanyolu Galaksisi'ndeki yıldız oluşum süreçlerini ve Galaktik evrimin anlaşılmasında önemli gök cisimleridir. Bu kümeler, ortak bir kökene sahip olduklarından, yaş, uzaklık, demir bolluğu ve kinematik özelliklerin belirlenmesi için güvenilir göstergeler sunar (Lada ve Lada, 2003). Açık yıldız kümelerinin kimyasal bileşimi, özellikle demir bolluğu, Galaksi diskindeki kimyasal evrim süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlar (Friel, 1995; Yong ve diğ., 2012). Ayrıca, bu kümelerin dinamik yapıları ve içerdikleri yıldız sayısı, Galaksi diskindeki etkileşimler hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Janes ve Phelps, 1994; Frinchaboy ve diğ., 2013).

Galaksi diskinin farklı bölgelerindeki element bolluğu çeşitliliği, kimyasal evrim modelleri açısından önemli sınırlamalar oluşturur. Bununla beraber açık kümeler, geniş bir yaş ve uzaklık dağılımları sayesinde yalnızca demir bolluğunu değil aynı zamanda diğer elementlerin bolluk modellerini de en iyi temsil eden Galaktik nesnelerdir. Açık küme popülasyonları üzerine yapılan ilk çalışmalar Galaksi merkezinden uzaklaştıkça demir bolluğunda bir azalma meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Galaksi sınırındaki açık kümeler Güneş civarındakilere göre metalce daha fakirdirler. Bu bulgu 2000'li yıllara kadar yapılan çalışmalarda yaygın biçimde kabul görmüştür. Gözlemsel çalışmalardan elde edilen birbirine benzer bazı genel sonuçlar bulunmaktadır. Yapılan gözlemsel araştırmalardan elde edilen bazı temel sonuçlar birbirleriyle tutarlılık göstermektedir. Galaksi merkezinden uzaklaştıkça [Fe/H] değerinde azalma görülmesi ve Galaktik disk içerisindeki açık kümelerin yaşlarıyla demir bollukları arasında belirgin bir korelasyonun bulunmaması dikkat çekicidir (Carraro ve Chiosi, 1994; Friel, 1995). Açık yıldız kümelerinin metal bolluğunun belirlenmesi, tayfsal ve fotometrik yöntemlerle gerçekleştirilir. Tayfsal çalışmalar, yıldızların tayflarından element

bolluklarını doğrudan ölçmeyi mümkün kılar (Reddy ve diğ., 2016). Örneğin, Reddy ve diğ. (2016) çalışmasında 47 açık küme için ortalama [Fe/H] değerinin -0.15 ile 0.30 dex arasında değiştiğini ve Galaktik merkezden uzaklaştıkça demir bolluğunun fakirleştiğini belirlemiştir. Ayrıca, R_{gc} uzaklıkları kullanılarak açık kümelerin Galaksi merkezinden olan göre demir bolluklarının değişimi incelenmiştir. Carraro ve diğ. (1998) çalışmasında, açık kümelerin demir bolluğunun ortalama olarak -0.05 dex kpc^{-1} olarak değiştiği tespit edilmiştir. Modern tayfsal gözlemler, yüksek çözünürlüklü tayflar kullanarak daha hassas metal bolluğu ölçümlerinin elde edilmesine olanak tanımaktadır (Jacobson ve diğ., 2009; 2011). Bu veriler, Samanyolu Galaksisi içindeki kimyasal zenginleşme sürecinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Açık yıldız kümeleri kullanılarak Galaksi diskinde bir demir bolluğu gradyentinin varlığını ortaya koyan ilk çalışma Janes (1979) tarafından gerçekleştirilmiştir. Janes (1979) 41 açık kümedeki dev yıldızların DDO ve *UBV* fotometrileri aracılığla hesaplanan metal bolluklarını kullanarak Galaksi diskindeki radyal metal bolluğu gradyentini belirlemiştir. Çalışmada, Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 10 kpc olarak alınmış ve Galaksi merkezinden $8 < R_{gc}$ (kpc) < 14 uzaklık aralığında bulunan küme ve alan kırmızı yığın yıldızlarının verilerinden radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{gc} = -0.05 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Yaşı 800 Myıl'dan genç kümelerden elde edilen radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{gc}=-0.039±0.030 dex kpc^{-1} iken, daha yaşlı açık kümelerden belirlenen radyal metal bolluğu gradyenti de d[Fe/H]/dR_{gc} = -0.076 ± 0.028 dex kpc^{-1} olduğu gösterilmiştir. Janes (1979) tarafından yapılan çalışmaya göre, yaşlı açık kümeler için belirlenen radyal metal bolluğu gradyentinin eğimi genç açık kümelere kıyasla göre daha dik olduğunu göstermektedir. Açık kümelerin metal bolluğu, Galaksi diski içerisindeki dağılımı açısından incelendiğinde, Galaktik merkezden uzaklaştıkça demir bolluğunun fakirleştiği gözlemlenmektedir. Örneğin, Jacobson ve diğ. (2011) çalışmasında, Galaksi diski boyunca metal bolluğu gradyentinin -0.052±0.007 dex kpc^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Magrini ve diğ. (2009) çalışmasında, R_{gc} = 6-15 kpc uzaklık aralığında bulunan açık kümelerin [Fe/H] değerlerinin -0.3 ile +0.2 dex arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu durum, Galaksi diskinin kimyasal olarak zaman içinde nasıl değiştiğinin anlaşılmasında önemlidir. Özellikle genç ve yaşlı açık kümelerin metal bolluğundaki farklılıklar, Samanyolu Galaksisi'ndeki demir üretim mekanizmaları ve kimyasal geri dönüşüm süreçlerinin anlaşılmasına yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır (Magrini ve diğ., 2009). Galaktik kimyasal bolluğunun eğimi, Samanyolu

Galaksisi'nin farklı bölgelerinde yıldız oluşum geçmişine dair bilgiler sağlamaktadır (Spina ve diğ., 2017).

Açık küme yaşlarının belirlenmesi, metal bolluğunun Galaksi diski içerisindeki evrimsel sürecinin anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Açık kümelerin yaşlarının tayininde eş-yaş çakıştırma yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (van denBerg ve diğ., 2006). Yaş-demir bolluğu ilişkisi incelendiğinde, yaşlı kümelerin genellikle daha fakir metal bolluğuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Friel ve diğ. (2002) çalışmasında, 4-6 Gyıl yaş aralığındaki açık kümelerin ortalama [Fe/H] değerinin -0.30 dex olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, R_{gc}=8-12 kpc uzaklık aralığındaki yaşlı kümelerin metal bolluğunun genç kümelere kıyasla daha fakir olduğu gösterilmiştir. Bu, erken dönemlerde Galaksi diskindeki metal bolluğunun görece fakir olduğunu ve zaman içinde metal açısından zengin gazlar ile metal bolluğunun arttığını göstermektedir (Carraro ve diğ., 1998). Ayrıca, yaşlı açık kümelerin kinematik özellikleri incelendiğinde, bu yapıların Galaksi diski içindeki dinamik süreçler hakkında da önemli bilgiler sunduğu görülmektedir (Magrini ve diğ., 2017). Ayrıca açık kümelerin demir bolluğu üzerine yapılan çalışmaları incelendiğinde, Samanyolu'nun kimyasal evrimi hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir. Tayfsal ve fotometrik analizler ile elde edilen veriler, Galaksi diski içerisindeki demir bolluğu dağılımının ve zaman içindeki değişiminin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Açık kümeler üzerine yapılan çalışmalar, Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal evriminin daha iyi anlaşılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Friel, 1995; Magrini ve diğ., 2009; Frinchaboy ve diğ., 2013; Zhong ve diğ., 2020; Magrini ve diğ., 2020; Katz ve diğ., 2021; Abdurro'uf ve diğ., 2022; Netopil ve diğ., 2022; Perren ve diğ., 2023; Randich ve diğ., 2023; Cavallo ve diğ., 2023; Palla ve diğ., 2024; Joshi ve diğ., 2024; Otto ve diğ., 2025). Gelecekte yapılacak yüksek hassasiyetli tayfsal ve fotometrik gözlemler, Galaksi diskindeki kimyasal ve dinamik süreçlerin daha detaylı olarak ortaya konmasını sağlayacaktır.

2.3.3 Galaksi Diskinde Yaş-Demir Bolluğu İlişkisi

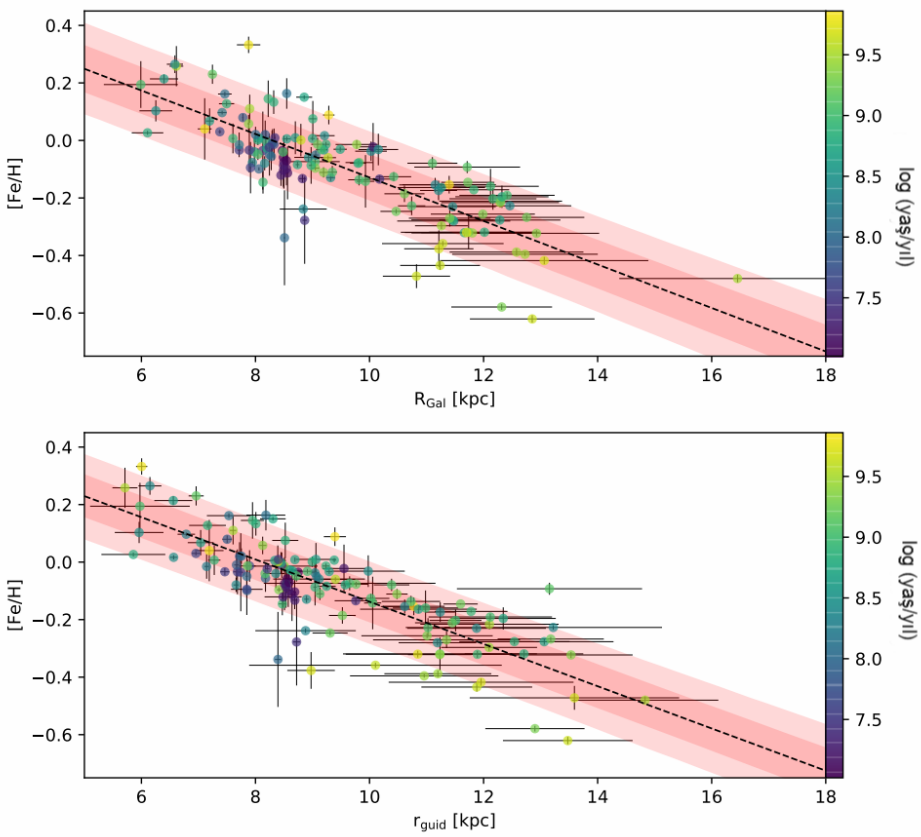
Galaksi diskinin kimyasal evriminin anlaşılmasında kullanılan temel araçlardan biri yıldızların yaşıyla demir bolluğu arasındaki ilişkidir. Yıldızların kimyasal bileşimi, doğdukları yıldızlararası ortamın zenginliğini yansıtmaktadır, dolayısıyla bu tür karşılaştırmalar yıldız oluşum hızlarının ve zenginleşme süreçlerinin zaman içindeki evrimini takip etme açısından önem taşımaktadır. Açık yıldız kümeleri yaşlarının ve demir bolluklarının hassas biçimde belirlenebilmesi nedeniyle Galaksi diskinin kimyasal

zamanlamasını ortaya koymak için ideal gözlemsel araçlardır. Özellikle, farklı Galaktik yarıçaplarda bulunan kümelerin yaş-demir bolluğu ilişkileri incelenerek yıldız oluşumunun zaman ve konuma bağlı farklılıkları belirlenebilmektedir (Friel, 1995; Magrini ve diğ., 2009).

Yapılan çalışmalar, Galaksi'nin ince diskinde yer alan açık kümelerin büyük bir kısmının -0.6 < [Fe/H] (dex) < +0.4 aralığında demir bolluklarına sahip olduğunu ve yaş ile birlikte genel olarak [Fe/H] değerlerinde bir azalma eğilimi görüldüğünü ortaya koymuştur (Carraro ve diğ., 1998; Netopil ve diğ., 2016, 2022; Otto ve diğ., 2025). Bu metal bolluğu gradyenti, Galaksi diskinde zaman içinde kademeli bir kimyasal zenginleşmenin gerçekleştiğini göstermektedir. Son yıllarda elde edilen yüksek hassasiyetli tayfsal veriler, bazı genç açık kümelerin nispeten fakir demir bolluklarına sahip olduğunu ortaya çıkarmış, bu durum yalnızca kimyasal evrimle açıklanamamış ve yıldızların doğdukları konumlardan farklı bölgelere göç ettiklerini öne süren radyal göç mekanizmasını gündeme getirmiştir (Sellwood ve Binney, 2002; Minchev ve diğ., 2013; Anders ve diğ., 2017; Spina ve diğ., 2020). Özellikle APOGEE, GALAH ve Gaia-ESO gibi büyük ölçekli gökyüzü tarama projeleri aracılığıyla elde edilen veriler, farklı yaşlardaki kümelerin benzer metal bolluklarında bulundukları, bunun da ince disk boyunca yıldızların yer değiştirmesine bağlı olarak yaş-metal bolluğu ilişkisinin belirsizliğini desteklemektedir (Casamiquela ve diğ., 2019; Donor ve diğ., 2020; Queiroz ve diğ., 2023). Donor ve diğ. (2020) tarafından *Gaia* DR2 verileriyle gerçekleştirilen çalışmada, 119 açık küme örneğinde yaş ile [Fe/H] arasında zayıf bir korelasyon görülmüş; özellikle dış disk bölgelerindeki genç kümelerde beklenenden fakir demir bolluğu değerlerine ulaşılmıştır.

Galaksi diski boyunca metal bolluğu dağılımının açık kümelerden itibaren incelenmesi, yıldızların doğum ve ölümlerinin yanı sıra Samanyolu Galaksisi'nin günümüzdeki evriminin anlaşılmasında önemlidir (Boissier ve Prantzos, 2000; Bresolin, 2019). Galaksi diskindeki radyal metal bolluğunun incelenmesine yönelik yapılan güncel çalışmalar, nesnelerin bugünkü konumlarının yanında doğum yarıçaplarını da dikkate alan analizleri içermektedir (Spina ve diğ., 2020; Netopil ve diğ., 2022; Joshi ve diğ., 2024). Spina ve diğ. (2021), 134 açık kümenin yüksek çözünürlüklü tayf gözlemlerini kullanarak Samanyolu Galaksisi'ndeki bugünkü konumlarından ve doğum yarıçaplarından itibaren radyal metal bolluğu gradyentini incelemiştir. Çalışmada, kümelerin bugünkü konumları dikkate alındığında Galaksi merkezinden R_{gc} ~17 kpc uzaklığa kadar ulaştıkları belirlenmiştir ve radyal metal bolluğu

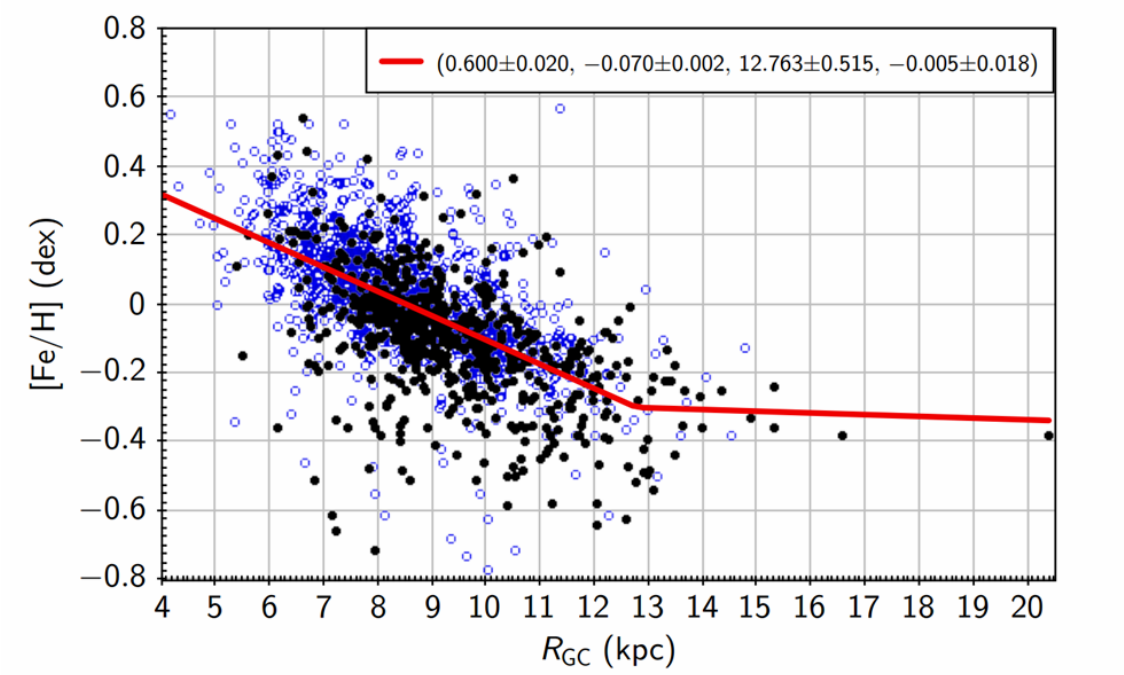
gradyenti -0.076±0.009 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır. Kümelerin doğum yarıçaplarına göre Galaksi'deki dağılımları R_{gc} ~15 kpc'e kadar uzanmakta olup, radyal metal bolluğu gradyenti -0.073±0.008 dex kpc^{-1}'dir (Şekil 2.8). Spina ve diğ. (2021) Galaksi diski boyunca açık kümelerin kimyasal bolluklarındaki dağılımın alan yıldızlarından farklı, özellikle belirli Galaktik yarıçaplardaki açık kümelerin alan yıldızlarına göre yaş-metal bolluğu ilişkisindeki saçılmanın daha az olduğunu göstermiştir. Bu tür bir dağılımın genellikle radyal göçün bir etkisi olabileceği veya örneklerdeki seçim etkisinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Joshi ve diğ. (2024) Galaksi diskindeki metal bolluğu değişimini açık yıldız kümelerini kullanılarak incelemeyi amaçlamıştır. Ayrıca yapılan çalışmada, açık kümelerin metal bollukları tayfsal ve fotometrik yöntemler ile hesaplanmıştır. Bu kapsamda, 1,879 açık kümeden elde edilen veriler kullanılarak, bu kümelerin Samanyolu içerisindeki konumlarına bağlı olarak radyal metal bolluğu gradyenti incelenmiştir.



Şekil 2.8: Açık kümelerin bugünkü (üst panel) ve doğdukları konumdaki (alt panel) metal bolluğu dağılımları. Renkli daire sembolü küme yaşlarının bir fonksiyonunu göstermektedir. Kırmızı taralı bölgeler dağılımların ±1σ ve ±2σ ve siyah kesikli çizgiler dağılıma uyan en iyi modeli göstermektedir.

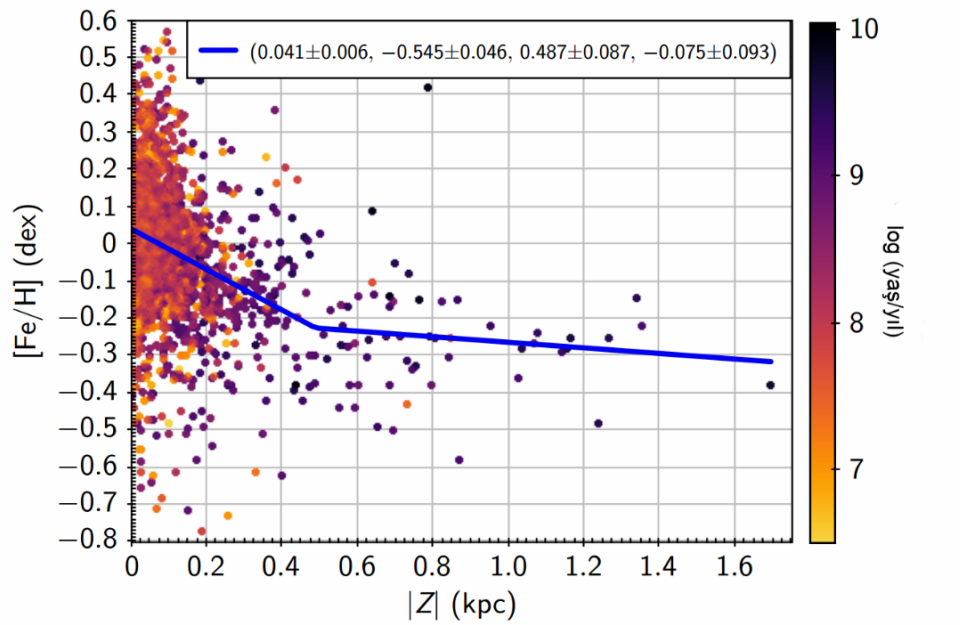
Kümelerin bugünkü konumları dikkate alındığında, Galaksi merkezinden yaklaşık R_{gc}=20 kpc'ye kadar dağıldıkları belirlenmiş ve buna karşılık gelen radyal metal bolluğu gradyenti -0.070±0.002 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.9).

Joshi ve diğ.'nin (2024) çalışmasında incelenen 615 açık kümenin metal bollukları tayfsal yöntemler ile elde edilmişken, 1,264 açık kümenin ise fotometrik yöntemler sayesinde metal bollukları tespit edilmiştir. Tayfsal veriler, genellikle daha yüksek doğruluk, daha iyi çözünürlük ve daha iyi sinyal/gürültü oranı (S/N) sunduğu için tercih edilmiştir. Ancak fotometrik veriler de analize dahil edilerek kapsamlı bir veri seti oluşturulmuştur. Çalışmada metal bolluğu değişimleri üç ana faktöre göre incelenmiştir; Galaktik merkezden itibaren uzaklık (R_{gc}), metal bolluğu değişimleri, Samanyolu Galaksisi'nin merkezinden uzaklıklarına göre incelenmiştir. R_{gc} uzaklığı 4 ile 20 kpc arasında değişen açık kümeler üzerinde incelenmiş ve Galaksi diski boyunca metal bolluğundaki değişimler araştırılmıştır. İç ve dış Galaksi diski arasında iki aşamalı bir metal bolluğu gradyenti tespit edilmiştir. Sonuçlar iki ayrı doğrusal fonksiyon ile tanımlanmış ve radyal metal bolluğu gradyentinde literatür ile uyumlu bir kırılım noktası görülmüştür. Bu kırılma noktası, en küçük kareler yöntemiyle eğimleri hesaplanan iki doğrusal fonksiyonun kesiştiği nokta olarak belirlenmiştir. İç disk bölgesinde metal bolluğu daha hızlı azalırken, dış disk bölgesinde bu azalmanın çok daha yavaş olduğu görülmüştür.

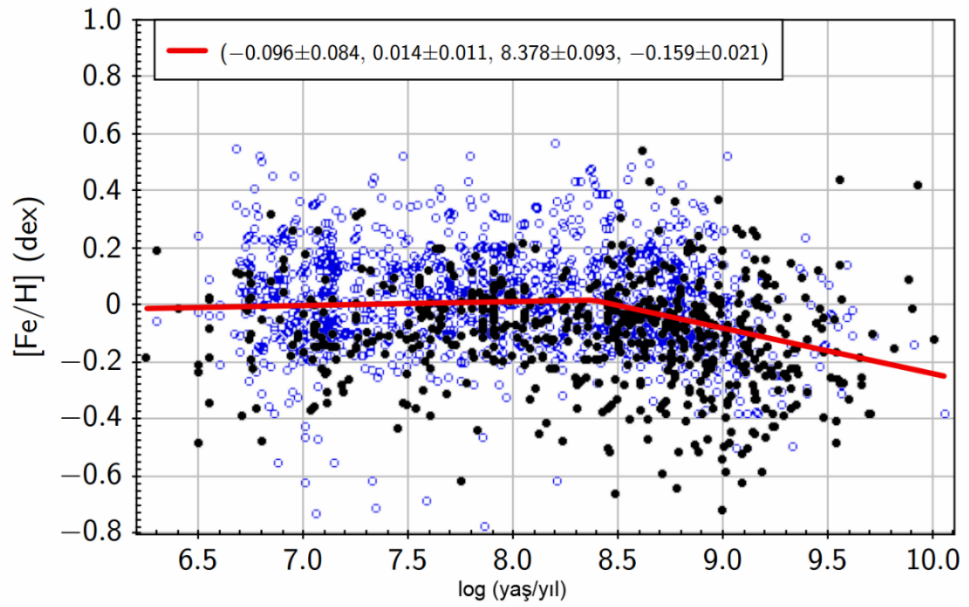


Şekil 2.9: Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında incelenen 1,879 açık kümeden itibaren radyal metal bolluğu gradyenti. Mavi ve siyah daire sembolleri, sırasıyla, fotometrik ve tayfsal yöntemler ile metal bolluğu tayin edilmiş açık kümeleri ve kırmızı çizgiler de veriye uygulanan doğrusal fitleri göstermektedir.

Bir diğer parametre de açık kümelerin Galaktik düzleme olan dik uzaklıkları ($|Z|$) boyunca olan metal bolluğu değişimidir (Şekil 2.10). Metal bolluğunun Galaktik düzlemden uzaklaştıkça fakirleştiği, ancak bu fakirleşmenin belirli bir uzaklıktan sonra yavaşladığı bulunmuştur. Çalışmada, dik doğrultudaki metal bolluğu değişimini iki farklı eğim ile açıklayan bir model kullanılmıştır. Joshi ve diğ.'nin (2024) incelediği bir başka durum da açık kümelerin yaşlarına göre metal bolluğu değişimlerini içermektedir (Şekil 2.11). Çalışmada, yaş-metal bolluğu ilişkisi araştırılmış, 240 Myıl ve daha yaşlı kümeler için metal bolluğunun yaş ile birlikte fakirleştiğini, ancak daha genç kümeler için hafif bir artış eğilimi gösterdiğini göstermişlerdir.



Şekil 2.10: Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında incelenen 1,879 açık kümeden itibaren dik doğrultudaki metal bolluğu gradyenti. Kümeler yaşlarına uygun renk ölçeğiyle gösterilmiştir.



Şekil 2.11: Joshi ve diğ. (2024) çalışmasında incelenen 1,879 açık kümeden itibaren yaşa bağlı metal bolluğu gradyenti. İçi boş mavi daire sembolü fotometrik metal bolluğu bilinen kümeleri, içi dolu daire sembolleri ise tayfsal ölçümlerden alınmış metal bolluğu bilinenleri göstermektedir.

Yaş-demir bolluğu ilişkisinin yaygın olarak beklenen doğrusal bir seyir izlemediği ve yaşlı kümeler arasında da belirgin bir [Fe/H] saçılımı olduğu gösterilmiştir (Yong ve diğ., 2005). Bu saçılım, yıldızlararası ortamın her konumda homojen zenginleşmediğini ve yıldızların doğdukları konumdan farklı yerlere göç edebileceğini göstermektedir. Bu durum kimyasal evrim modellerinde sadece yıldız oluşum oranlarının değil, aynı zamanda yıldızların yörüngesel evriminin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Açık kümeler üzerinden elde edilen yaş-demir bolluğu ilişkisi, sadece kimyasal evrimle ilgili bilgi sunmakla kalmaz, aynı zamanda yıldızların kökenleri hakkında da bir fikir sahibi olunması imkanını sağlar. Özellikle iç disk bölgelerinden dış diske doğru göç eden yıldızlar, bulundukları konum ile uyumsuz demir bollukları sergileyebilirler. Bu nedenle, yaş-demir bolluğu dağılımının Galaktik yarıçapa göre haritalanması radyal metal bolluğu gradyenti ve radyal göç süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Jacobson ve diğ., 2011; Casamiquela ve diğ., 2019). Galaksi diski üzerinde yaş-demir bolluğu karşılaştırmaları, Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal evrim tarihini ve yıldız dinamiğini birlikte çözümleyebilmek için önemli bir araçtır. Açık kümeler, bu ilişkinin zamansal ve konumsal incelenmesi açısından eşsiz gözlemsel imkanlar sunmaktadır.

2.3.4 Demir Bolluğu Değişiminin İncelendiği Parametreler

Demir bolluğu ([Fe/H]), yıldız kümeleri ve Galaktik bileşenlerin kimyasal evrim süreçlerini anlamada önemli bir parametre olup, bu değişimin izlenebilmesi için çeşitli gözlemsel ve dinamik parametrelerle karşılaştırmalı analizler yapılmaktadır. Bu parametrelerin başında, Galaktik merkezden olan uzaklık (Galaktosentrik yarıçap, R_{gc}, Galaktik düzlemden dik uzaklık ($|Z|$), yaş, yörünge özellikleri (peri-galaktik ve apo-galaktik yarıçaplar, yörünge basıklığı vb.) ve yıldız göçü potansiyelini yansıtan dinamik göstergeler gelmektedir (Jacobson ve diğ., 2011; Netopil ve diğ., 2016). Özellikle R_{gc} ile [Fe/H] arasında negatif bir gradyent gözlemlenmiş, bu durum iç bölgelerin daha metal açısından zengin, dış bölgelerin ise daha metal fakiri olduğunu ortaya koymuştur (Friel ve diğ., 2002; Chen ve diğ., 2003; Magrini ve diğ., 2009; Önal Taş ve diğ., 2016, 2018; Spina ve diğ., 2021, Gaia işbirliği ve diğ., 2023; Joshi ve diğ., 2024). Zaman ile bu gradyentlerin değişip değişmediğini belirlemek için yaş parametresi de yoğun biçimde kullanılmaktadır. Genç açık kümelerin tipik olarak daha yüksek [Fe/H] değerlerine sahip olması, yıldız oluşum bölgelerinin zaman içinde kimyasal olarak zenginleştiğini göstermektedir. Ancak, yaş gruplarına göre gradyentlerin eğiminde farklılıklar gözlemlenmiş; özellikle yaşlı kümelerde gradyentinin daha sığ olduğu bulunmuştur (Carraro ve diğ., 2007; Lépine ve diğ., 2011; Gozha ve diğ., 2012; Myers ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023; Joshi ve diğ., 2024; Otto ve diğ., 2025). Bu durum, erken dönemlerde diskteki kimyasal dağılımın daha homojen olduğunu veya yıldız göçü nedeniyle yaşlı kümelerin doğdukları konumlardan uzaklaşmış olabileceklerini düşündürmektedir.

Dik uzaklık ($|Z|$), yani Galaktik düzlemden olan uzaklık da demir bolluğundaki değişimi anlamada kullanılan temel parametrelerdendir. Birçok çalışmada, Galaktik düzlemden uzaklaştıkça element bolluğunun azaldığı gösterilmiştir. Bu bulgu, ince disk ve kalın disk bileşenlerinin kimyasal yapılarının farklı olduğunu ve bu bileşenlerin oluşum süreçlerinde ayırt edici koşulların bulunduğunu desteklemektedir (Hayden ve diğ., 2015; Casamiquela ve diğ., 2021). Özellikle APOGEE ve GALAH gibi büyük ölçekli tayfsal gözlem projeleriyle elde edilen veriler, düşük $|Z|$ bölgelerdeki yıldızların genellikle yüksek demir bolluğuna sahip olduğunu; $|Z|$ arttıkça ise [Fe/H] değerlerinde düzgün bir azalma olduğunu ortaya koymuştur (Buder ve diğ., 2019; Nandakumar ve diğ., 2020). Bu durum, kalın disk bileşeninin oluşumunun daha erken evrelerde ve daha düşük demir bolluğu ile gerçekleştiğini düşündürmektedir. Gaia-ESO Survey ve LAMOST verileri ile yapılan karşılaştırmalı

analizlerde, [Fe/H] dağılımının sadece |*Z*| değil, aynı zamanda Galaktosentrik yarıçap R_{gc} ile de birlikte değiştiği gösterilmiştir.

Gaia, APOGEE ve GALAH gibi büyük ölçekli gözlemsel programlar sayesinde, yıldızların yaşlarının belirlenmesinde izotermal modeller ve asteroseismolojik verilerden yararlanılarak daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır (Silva Aguirre ve diğ., 2018). Xiang ve diğ. (2015), küçük R_{gc} ve yüksek |*Z*| konumlarında bulunan yıldızların düşük [Fe/H] ve yüksek [α/Fe] oranlarına sahip olduğunu, bu yıldızların büyük olasılıkla kalın disk popülasyonuna ait olduğunu belirtmiştir. Queiroz ve diğ. (2020), yaşa bağlı olarak [Fe/H]-|*Z*| dağılımlarının değiştiğini ve genç popülasyonların düzleme daha yakın ve demir bolluğunun daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yakın zamanda yayınlanan çalışmalar, açık kümeler özelinde de benzer eğilimlerin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Donor ve diğ. (2020), yaşları 0.1-3 Gyıl arasında değişen 136 açık küme üzerinde gerçekleştirdikleri analizde, düzleme yakın kümelerin ortalama [Fe/H] değerlerinin, 200-400 pc yükseklikteki kümelere göre belirgin şekilde daha yüksek olduğunu bulmuştur. Spina ve diğ. (2021), genç açık kümelerde bile [Fe/H] ile |*Z*| arasında zayıf ama anlamlı negatif bir korelasyon tespit etmiş ve bu durumun yıldız oluşum bölgelerinin Galaktik düzleme yakınlaştıkça daha metal zengin gazlarla beslendiğini düşündürttüğünü belirtmiştir.

Simülasyonlar da bu gözlemsel bulguları destekler niteliktedir. Minchev ve diğ. (2014), kimyasal evrim ve dinamik evrim modellerini birleştirdikleri çalışmada, yıldızların doğum yerleri ile gözlenen konumları arasındaki farkların, metal bolluğu gradyentlerinin dikey doğrultuda da etkilenmesine neden olduğunu göstermiştir. Özellikle iç diskten dış diske göç eden yıldızların, yüksek [Fe/H] değerlerini düzlemden uzak konumlara taşıyarak dikey demir bolluğu gradyentini bastırabileceği öngörülmektedir (Minchev ve diğ., 2014). Özellikle kalın disk kökenli yıldızlar, benzer yaşlardaki ince disk yıldızlarına kıyasla daha düşük [Fe/H] ve daha yüksek element bolluk oranlarına sahip olma eğilimindedir. Demir bolluğu ile yörüngesel parametrelerin ilişkisi, son yıllarda *Gaia* uydusunun görevi sayesinde detaylı olarak incelenebilmektedir. Yıldızların yörünge basıklığı, maksimum dikey uzaklık ve yarıçap değişimleri, kimyasal bileşenlerle karşılaştırıldığında; dış diskten iç diske doğru hareket etmiş yıldızlarda [Fe/H] gradyentinde belirgin sapmalar gözlemlenmektedir (Frankel ve diğ., 2018; Sharma ve diğ., 2020). Yörüngesel dinamiklerle kimyasal bolluk verilerinin birlikte

değerlendirilmesi, sadece mevcut demir bolluğu dağılımını değil, aynı zamanda Samanyolu Galaksisi'ndeki iç dinamiklerin ve madde aktarımının anlaşılmasına da katkı sağlamaktadır.

2.4 GALAKSİNİN KİMYASAL EVRİM MODELLERİ

Açık kümeler, Samanyolu Galaksisi'nin yapısal özelliklerinin anlaşılmasında önemli bir rol oynarken, aynı zamanda yıldız oluşumu, evrimi ve Samanyolu'ndaki kimyasal zenginleşmenin izlenmesinde kullanılan veri kaynaklarıdır. Aynı molekül bulutunun tek bir evrede çökmesiyle oluşan bu sistemler, kimyasal kompozisyonlarının büyük ölçüde benzer olması, dar bir yaş aralığına sahip olmaları ve uzayda birbirlerine yakın konumlanmaları nedeniyle yıldız oluşumu ve evrimini inceleyen çalışmalar için ideal laboratuvarlar sunmaktadır (Lada ve Lada, 2003; Zwart ve diğ., 2010). Bununla birlikte, açık kümelerin dinamik evrimi yalnızca iç süreçlere değil, aynı zamanda Samanyolu'nun genel yapısına ve çevresel etkileşimlere bağlıdır. Bu sistemlerin uzun vadeli evrimi, Galaksi diskindeki demir bolluğu ve kinematik gradyentlerin belirlenmesinde temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Boissier ve Prantzos, 2000; Bresolin, 2019). Samanyolu'nun kimyasal ve yapısal evrimini anlamak için Galaktik arkeoloji yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu disiplin, yıldızların çekirdeklerinde üretilen ağır elementlerin zaman ile Samanyolu Galaksisi'ne nasıl yayıldığını ve bu süreçlerin Galaksi oluşumu üzerindeki etkilerini incelemektedir. Yıldızların ve süpernovaların yıldızlararası ortamı kimyasal olarak zenginleştirmesi, Samanyolu'nun evrimini anlamada önemli bir rol oynamaktadır (Chiappini, 2001). Özellikle, düşük kütleli çift yıldız sistemlerinin farklı zaman ölçeklerinde süpernova patlamalarına yol açarak yıldızlararası ortamda ağır element bolluklarını değiştirmesi, kimyasal evrimin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Alan ve diğ., 2019). Samanyolu Galaksisi'nin oluşumu ve evriminin anlaşılmasına yönelik ilk çalışma Eggen, Lynden-Bell ve Sandage (ELS, 1962) tarafından gerçekleştirilmiştir. Güneş civarındaki anakol yıldızlarının ağır element bolluklarıyla yörünge basıklıkları arasındaki ilişkinin yıldız yaşlarıyla da değiştiğini keşfeden ELS (1962), Samanyolu Galaksisi'nin oluşumuna dair ilk senaryoyu literatüre kazandırmıştır. Bu senaryoya göre, metalce fakir ilkel bir Galaktik bulut 300 Myıl gibi hızlı bir zaman ölçeğinde çökerek ilk kuşak yıldızların (Pop II) oluşumunu tetiklemiş ve Samanyolu Galaksisi'ni oluşturmaya başlamıştır. Samanyolu'nun halosundaki büyük kütleli ve metalce fakir Pop II yıldızları hızlı bir evrim aşamasından sonra Tip II süpernova patlamaları geçirerek yıldızlararası ortamın ağır element bakımından zenginleşmesini sağlamışlardır.

Galaktik düzleme doğru hareket eden bu metalce zengin yıldızlararası madde belli bir noktada yoğunlaşarak Galaksi merkezinin oluşumunu başlatmıştır. Ancak daha sonraki çalışmalar, Samanyolu'nun evriminin tek bir çökme modeliyle açıklanamayacağını göstermiştir. Searle ve Zinn (1978), Samanyolu Galaksisi'nin iç ve dış halo bölgelerindeki küresel kümelerin yaş ve metal bolluklarında önemli farklılıklar bulunduğunu ortaya koyarak, ELS modelini desteklemeyen yeni bir oluşum senaryosu geliştirmiştir. SZ modeline göre, Samanyolu Galaksisi tek bir gaz bulutunun çökmesiyle değil, farklı metal bolluklarına sahip birkaç gaz bulutunun hiyerarşik olarak birleşmesiyle (~1 Gyıl) oluşmuştur. Bu model, Samanyolu Galaksisi'nin yıldız oluşumu geçmişini ve kimyasal evrimini açıklamak için bir bakış açısı sunmaktadır. Açık kümelerin oluşumu ve evrimi, bir yıldız oluşum bölgesinin erken evrelerinde büyük ölçüde gaz ve yıldız içermesi ile bağlantılıdır. Yıldız ve gaz sistem içerisinde viriel dengede bulunduğunda, gazın ortamdan atılması sistemin süperviryel duruma geçmesine ve dolayısıyla kümeyi oluşturan yıldızların daha hızlı bir dağılım sergilemesine neden olur. Bu süreç, açık kümelerin ömrünü belirleyen en kritik faktörlerden biridir. Bir molekül bulutu yıldız kümesi oluşturmak için çöktüğünde, gazın yaklaşık %30 ila %60'ı yıldız oluşturmada kullanılabilir (Lada ve Lada, 2003). Ancak, Bastian ve Goodwin (2006) tarafından belirtildiği gibi, bu oran %30'un altına düşerse, başlangıçta oluşan gaz yapısının kaybı sonucunda kümelenme tamamen bozulabilir. Sonuç olarak açık kümeler yıldız oluşumu ve Samanyolu Galaksisi'nin evrimi açısından önemli nesnelerdir. Galaksi diskindeki kimyasal ve dinamik yapının belirlenmesinde temel bir rol oynayan bu sistemler, yıldız oluşum modellerinin test edilmesinde ve Samanyolu Galaksisi'nin evrimi ölçeğinde demir bolluğu gradyentlerinin belirlenmesinde kullanılmaya devam etmektedir (Spina ve diğ., 2020; Netopil ve diğ., 2021; Magrini ve diğ., 2023; Joshi ve diğ., 2024; Otto ve diğ., 2025).

Günümüzde büyük teleskoplar ve gelişmiş gözlemsel teknikler, Samanyolu Galaksisi'nin oluşum sürecini açıklamak için tek bir modelin yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Wyse ve Gilmore, (1989), halo ve ince diskin tek bir gaz bulutunun çökmesiyle oluşamayacağını, aksine farklı gaz bulutlarının birleşmesiyle meydana geldiğini savunmuştur. Bu model, yıldızların açısal momentum dağılımlarına dayanarak, halo ve şişkin bölgenin düşük açısal momentumlu, kalın ve ince disklerin ise yüksek açısal momentumlu gaz bileşenlerinden türediğini göstermektedir (Wyse ve Gilmore, 1989). Bu çerçevede, Chiappini ve diğ. (1997), Samanyolu Galaksisi'nin oluşumuna yönelik ikili çökme modelini önermiştir. Bu modele göre, Samanyolu Galaksisi'nin oluşumu iki aşamada gerçekleşmiştir: İlk aşamada, hızlı bir

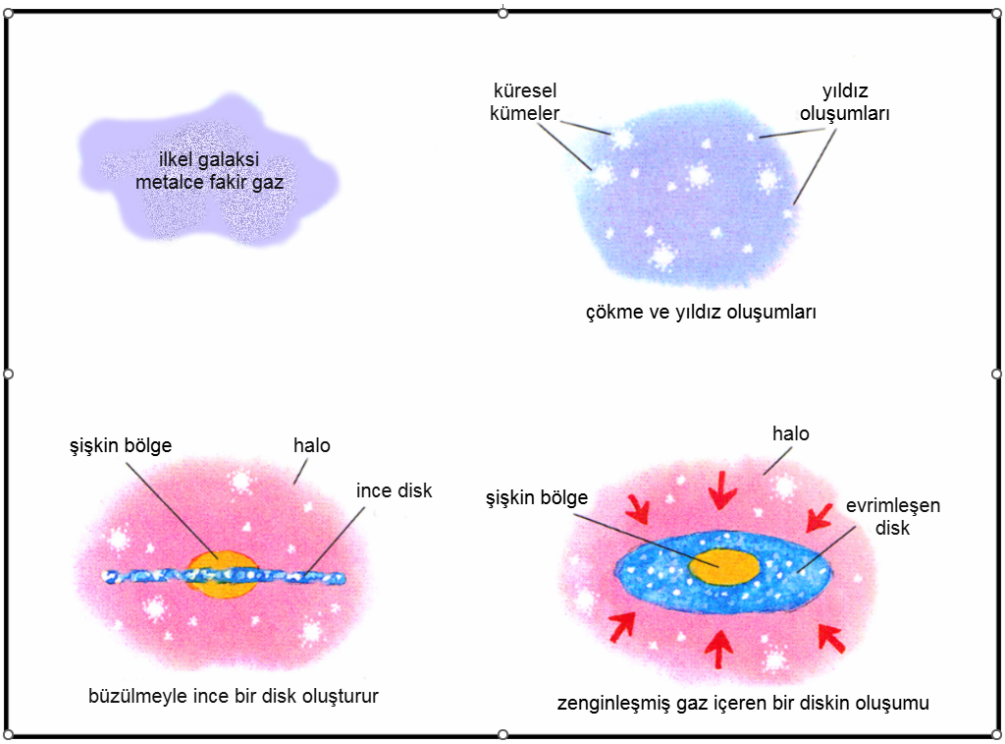
çökme süreci ($0.8 < t$ (Gyıl) < 1) gerçekleşmiş ve halo, şişkin bölge ile kalın disk popülasyonları oluşmuştur. İkinci aşamada ise daha yavaş ve sürekli bir çökme süreciyle ince disk popülasyonu şekillenmiş olup, bu süreç günümüzde de devam etmektedir (Chiappini ve diğ., 1997). İlk çökme sürecinde, metalce fakir gaz bulutları çökerken, süpernova patlamaları sonucu ağır elementler yıldızlararası ortama yayılmış ve metalce zenginleşen gaz, Galaksi merkezi civarında yoğunlaşarak yeni yıldızların oluşmasına yol açmıştır. Böylece, metalce zengin nesneler Samanyolu Galaksisi'nin şişkin bölgesini meydana getirmiştir. Halo ve şişkin bölgedeki yıldız oluşumu sona erdikten sonra başlayan ve daha uzun zaman ölçeklerinde devam eden ikinci çökme süreci, ince diskteki yıldız popülasyonlarını oluşturmuştur (Chiappini ve diğ., 1997). Günümüzde Samanyolu'nun oluşumunu açıklayan tek bir model yerine, farklı senaryoların birleşimiyle oluşturulan çok bileşenli modeller ön plana çıkmaktadır (Wyse ve Gilmore, 1995; Minchev ve diğ., 2013; Sharma ve diğ., 2020). Yeni nesil gözlemsel veriler, Samanyolu Galaksisi'nin evriminin içsel ve dışsal etkileşimler tarafından şekillendiğini göstermektedir. Özellikle, yıldız akışları ve cüce galaksilerle olan birleşmeler, Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal ve dinamik yapısının zamanla nasıl değiştiğine dair önemli ipuçları sunmaktadır (Sharma ve diğ., 2020).

İkili Çökme Modeli

Gelişmiş teleskop sistemleri ve bu teleskoplara entegre edilen yüksek hassasiyetli tayfsal gözlem cihazları aracılığıyla elde edilen veriler, Samanyolu Galaksisi'nin oluşum sürecine dair önerilen Eggen, Lynden-Bell ve Sandage (ELS, 1962) ve Searle-Zinn (SZ, 1978) modellerinin tek başına yeterli açıklamalar sunamadığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Chiappini ve diğ. (1997) Samanyolu Galaksisi'nin oluşumunu açıklamak amacıyla ikili çökme modelini geliştirmiştir. İkili çökme modeli, Galaksi oluşumu sürecinde iki farklı aşamalı çökme evresinin varlığını öne sürmektedir. Modelin ilk aşamasında, metalce fakir gaz bulutlarının görece kısa bir zaman diliminde ($t < 1$ Gyıl) yoğunlaşarak çökmeleri sonucu halo, şişkin bölge ve kalın disk bileşenleri oluşmaktadır. Halo yıldızlarının metalce fakir gaz ortamında meydana gelmesi ve bu ortamın büyük kütleli yıldızlar tarafından zenginleştirilmesiyle, Galaksi'nin merkezine doğru yüksek metal bolluğuna sahip yıldızlar oluşmuş ve Samanyolu Galaksisi'nin şişkin bölgesinin kimyasal olarak farklılaşmasına yol açmıştır. Bu süreçte, süpernova patlamaları yoluyla yıldızlararası ortama yayılan ağır elementler, metalce fakir gazın bileşimini değiştirmiş ve açısal momentumun korunumu ilkesi

gereği, yoğunlaşan gaz Galaktik düzlemde birikerek yeni nesil yıldızların oluşmasına zemin sağlar (Şekil 2.12).

İlk çökme evresinin tamamlanmasının ardından, daha uzun süreli ikinci bir çökme süreci başlamıştır. Yaklaşık 7-8 Gyıl süren bu ikinci evrede, ince disk popülasyonu oluşmuş ve günümüze kadar süregelen yıldız oluşum süreçleri devam etmiştir. İkinci çökme dönemi, Galaksiler arası gaz akışları veya Samanyolu Galaksisi'nin geçmişte düşük kütleli cüce galaksiler ile etkileşime girmesi sonucunda tetiklenmiş olabilir. Bu süreç, Galaksi merkezine yakın bölgelerde metalce zengin yıldız popülasyonlarının oluşmasını sağlarken, ince diskin kimyasal evriminin içten dışa doğru ilerleyen bir yapı sergilediğini düşündürmektedir. Chiappini ve diğ. (1997) tarafından önerilen bu model, Samanyolu'nun ince disk bileşeninin oluşumu ve kimyasal evrimi için başarılı açıklamalar sunmaktadır. Ancak, modelin kalın disk oluşumu ile ilgili sınırlamaları bulunmakta olup, bu bileşenin evrimi için ek süreçlerin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir. İkili çökme modeli, modern Galaksi evrimi çalışmalarında önemli bir referans noktası olarak değerlendirilmekte olup, Samanyolu Galaksisi'nin oluşumu ve dinamik yapısının daha kapsamlı şekilde anlaşılabilmesi için gelecekteki gözlemsel ve teorik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.



Şekil 2.12: İkili çökme senaryosu.

Sharma ve diğ. (2020) tarafından geliştirilen kimyasal dinamik model, Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal ve dinamik evrimini anlamaya yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu model, Samanyolu'nun farklı bileşenlerini (ince disk, kalın disk ve halo) kimyasal zenginleşme süreçlerinin yanı sıra dinamik yapılarıyla birlikte ele alarak, Galaktik evrim sürecini daha bütüncül bir şekilde açıklamayı amaçlamaktadır. Sharma ve diğ. (2020) çalışmasında kullanılan model, Samanyolu Galaksisi'nin yıldız oluşumu, gaz akışları, kimyasal zenginleşme süreçleri ve kinematik yapıları arasındaki ilişkileri dikkate alarak geliştirilmiştir. İkili çökme modelinin temel bileşenleri şunlardır: Yıldız oluşumu ve süpernova patlamaları sonucunda yıldızlararası ortama yayılan elementlerin zamanla nasıl bir dağılım gösterdiğini modellemektedir. Özellikle Tip Ia ve Tip II süpernovaların ağır element bolluklarına etkisi, kimyasal zenginleşme mekanizmaları ayrıntılı olarak ele alınmıştır. İkili çökme modeli, içe doğru gaz akışlarını ve dışarı atılan gaz kayıplarını dikkate alarak, Galaktik diskteki demir zenginleşmesini incelemektedir. Böylece, metal bolluğunun radyal dağılımı ve Samanyolu Galaksisi'nin farklı bölgelerindeki demir bolluğu değişimleri daha iyi anlaşılmaktadır. Samanyolu Galaksisi'nin farklı bileşenlerinde bulunan yıldızların yaş, kütle ve demir bolluklarının zaman içindeki evrimi incelenmektedir. Bu sayede, Galaktik disk ve halonun hangi süreçlerden geçerek günümüzdeki yapılarını kazandıkları modellenmektedir.

Sharma ve diğ. (2020) kemodinamik modeli, gözlemsel verilerle uyumlu sonuçlar üretmektedir. Modelin temel öngörüleri şu şekilde özetlenebilir: Galaksi diskinin merkezinden dış bölgelere doğru metal bolluğunda bir azalma olduğu görülmektedir. Model, bu demir bolluğu değişiminin yıldız oluşum süreçleri, gaz akışları ve süpernova patlamaları ile nasıl şekillendiğini açıklamaktadır. Galaktik diskteki yıldız yaş dağılımı, modelin öngörüleriyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Kalın diskin daha yaşlı ve metalce fakir yıldızlardan, ince diskin ise daha genç ve metalce zengin yıldızlardan oluştuğu gözlemsel verilerle desteklenmektedir. İkili çökme modeli, Galaksinin farklı bileşenlerindeki yıldızların hız dağılımlarını ve dinamik özelliklerini doğru bir şekilde açıklamaktadır. Özellikle, kalın diskteki yıldızların daha eliptik yörüngelerde hareket ettiği, ince diskte ise yıldızların daha düzenli dairesel yörüngelere sahip olduğu görülmüştür. Sharma ve diğ.'nin (2020) geliştirdiği kemodinamik model, Samanyolu Galaksisi'nin evrimsel süreçlerini daha iyi anlamamıza katkı sağlayan önemli bir araçtır. Model, birçok büyük önem taşımaktadır. Kimyasal ve dinamik süreçlerin birleşik bir şekilde ele alınması, Galaktik diskin zaman içindeki evrimini daha iyi

kavramamızı sağlamaktadır. Model, farklı süpernova türlerinin ve yıldız oluşum süreçlerinin Galaktik metal bolluklarına nasıl katkı sağladığını, kimyasal zenginleşme süreçlerini detaylı bir şekilde açıklamaktadır. *Gaia* gibi büyük gözlemsel projelerden elde edilen verilerle karşılaştırılarak test edilmiştir ve birçok parametre bakımından gözlemlerle tutarlı sonuçlar vermektedir. Sharma ve diğ.'nin (2020) kimyasal dinamik modeli, Samanyolu Galaksisi'nin oluşum ve evrim süreçlerini anlamak için geliştirilmiş güncel ve kapsamlı bir yaklaşımdır. Model, yıldız oluşumu, gaz akışları, süpernova patlamaları ve kimyasal zenginleşme gibi birçok faktörü dikkate alarak, Galaktik bileşenlerin nasıl şekillendiğini ortaya koymaktadır. Gözlemsel veriler ile büyük ölçüde uyumlu sonuçlar veren bu model, Galaktik arkeoloji ve Galaksi evrimi çalışmalarında önemli bir referans noktası olarak değerlendirilmektedir.

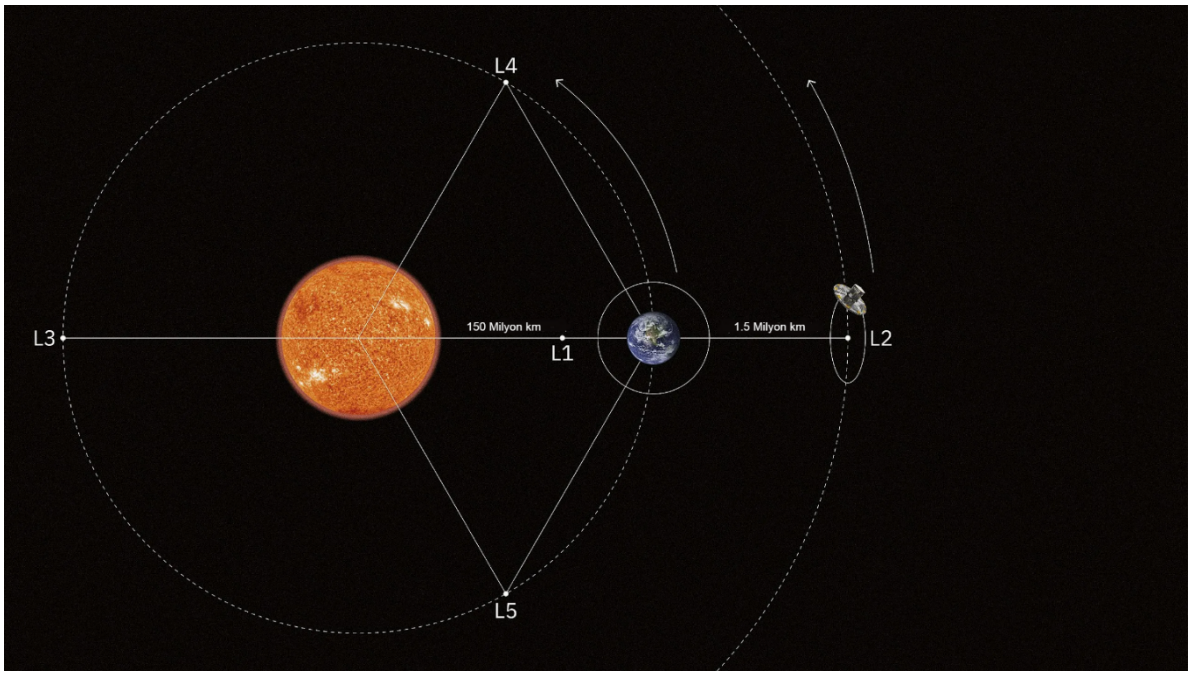
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 VERİLER

Dünya'dan 1.5 milyon km uzaklıkta Güneş-Dünya-Ay sisteminin ikinci Lagrange noktasında bulunan *Gaia* uydusu (Şekil 3.1), Samanyolu Galaksisi'nde ve Galaksi dışında bulunan bir milyardan fazla astronomik nesnenin gözlenmesi için tasarlanmıştır. *Gaia*'nın bilimsel görevi, görünen parlaklıkları 3 ile 21 kadir aralığındaki Galaksi/Galaksi-dışı kaynakları en az 70 kez fotometrik, astrometrik ve tayfsal yöntemler ile gözlemektir. *Gaia* işbirliğiyle çalışan araştırmacıların amacı da uydu verilerini analiz ederek Samanyolu Galaksisi'nin üç-boyutlu uzay ve hız dağılım haritasını ortaya çıkarmak, nesnelerin astrofizik parametrelerini tayin etmek ve buradan Samanyolu Galaksisi'nin yapısının, oluşumunun ve kimyasal evriminin anlaşılmasına katkı vermektir. Bu veriler, açık kümelerin uzay hızları, kimyasal kompozisyonları, uzaklıkları, yaşları ve diğer astrofiziksel özelliklerinin incelenmesinde önemli bir kaynak oluşturmuştur. *Gaia* uydusunun fotometrik, astrometrik ve tayfsal verilerinin bir arada kullanılması, açık kümelerin keşiflerinde dikkate değer bir artış yaşatmakla birlikte Güneş civarının ötesindeki açık kümelerin temel astrofizik parametrelerinin daha duyarlı belirlenmesine katkı vermiştir (Gaia işbirliği, 2018).

Gaia'nın üçüncü veri sürümü (*Gaia* DR3), Haziran 2023 tarihinde araştırmacıların kullanımına sunulmuştur ve bu veri sürümü, *Gaia* uydusunun önceki veri sürümlerine kıyasla daha geniş kapsamlı ve ayrıntılı astrometrik, fotometrik ve tayfsal veriler sunmaktadır (Gaia işbirliği, 2023). *Gaia* DR3 veritabanı, 1.8 milyar astronomik nesneye ait astrometrik ve fotometrik veriler ile yaklaşık 34 milyon parlak yıldızın tayfsal verilerini içermektedir. Bu veri seti, *Gaia* uydusunun ilk 34 aylık gözlemlerini içeren analizler ile derlenmiştir. *Gaia* DR3 kataloğunda, düşük çözünürlüklü mavi ve kırmızı fotometre (*BP*/*RP*) ile yüksek çözünürlüklü tayflar, $G = 14$ kadirinden parlak yıldızlar için ortalama radyal hızlar ve çizgi genişlemesiyle birlikte kimyasal bolluk değerleri de bulunmaktadır. Bunun yanı sıra astrometrik veriler $G = 14$ kadirden parlak yıldızların ekvatoral koordinatlarını, öz hareketlerini ve trigonometrik paralakslarını hassas bir şekilde ölçen, aynı zamanda yıldızların ışıma gücü, kütlesi ve yaşı gibi evrimsel özelliklerine dair bilgilerin elde edilmesine katkı vermektedir. Ayrıca, değişen yıldız sınıflaması ve 20'den fazla değişen yıldız grubu için fotometrik zaman serisi analizleri de bu veri sürümünde sunulmuştur. *Gaia* DR3, özellikle

Andromeda Galaksisi ve Güneş Sistemi'ndeki nesneler için fotometrik analizleriyle birlikte, yaklaşık 400 milyon kaynak için *Gaia* prizma tayfları ve radyal hız tayfçekeri tayflarından elde edilen ortalama tayflar üzerinden yapılan analizler neticesinde yıldız atmosfer modelleri ($T_{\rm eff}$, log g, [Fe/H]) ve alfa-element bollukları ([α/Fe]) gibi veriler sayesinde, Galaksi'nin kimyasal evrimine yönelik analizlerin yapılmasına katkı vermektedir.



Şekil 3.1: *Gaia* uydusunun uzaydaki konumu.

Gaia uydusunun yüksek hassasiyetli astrometrik ölçüm aletleri, yıldızların gökyüzündeki konumlarını ve uzay hareketlerini hassas bir şekilde ölçmekte ve bu ölçümler, yıldızların uzaklıkları ve hareket yönleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. *Gaia* DR3 kataloğunda 1.8 milyar astronomik nesne çeşitli kategorilere ayrılarak sınıflandırılmıştır (Tablo 3.1). 1.5 milyar nesnenin astrometrik (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) ve fotometrik (G, $G_{\rm BP}$, $G_{\rm RP}$) verilerini içermektedir. Bu veriler sayesinde, yıldızların uzaklıkları ve uzay hareketleri hakkında bilgiler edinilebilir. Bu veriler kullanılarak yapılan makine öğrenmesi tabanlı analizler sonucunda, daha önce bilinmeyenler ile birlikte toplam 7,167 açık kümenin astrometrik ve temel astrofizik parametreleri, literatüre tutarlı yöntemlerle kazandırılmıştır (Hunt ve Reffert, 2023).

Tablo 3.1: *Gaia* DR3 kataloğundaki nesnelerin farklı alt sınıflardaki kaynak sayıları.

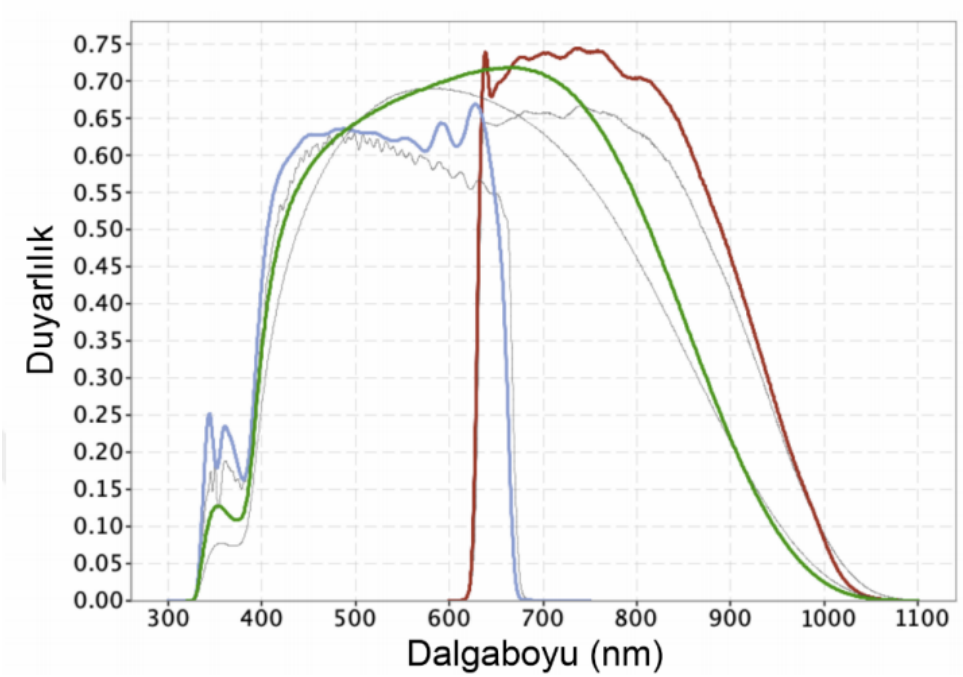
Veri Türü	Kaynak Sayısı (*Gaia* DR3)

Toplam kaynak sayısı	1,811,709,771
5-parametreli astrometrik çözüm	585,416,709
6-parametreli astrometrik çözüm	882,328,109
2-parametreli astrometrik çözüm	343,964,953
Ortalama *G* bandı parlaklığındaki kaynaklar	1,806,254,432
Ortalama G_{BP} bandı fotometrisindeki kaynaklar	1,542,033,472
Ortalama G_{RP} bandı fotometrisindeki kaynaklar	1,554,997,939
Gaia-CRF (gök referans çerçevesi) kaynaklar	1,614,173
Radyal hız verisi ölçülen kaynaklar	33,812,183

Gaia uydusundan sağlanan fotometrik veriler *G* (330-1050 nm; yeşil), G_{BP} (330-680 nm; mavi) ve G_{RP} (630-1050 nm; kırmızı) olmak üzere üç geniş banttan elde edilmiştir (Şekil 3.2). *Gaia* DR3 veri seti, yıldızların sıcaklıklarından tayfsal özelliklerine, kütlelerine ve kimyasal bolluklarına kadar uzanan astrofiziksel özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca, *Gaia* DR3 kapsamında etkin sıcaklıkları 3,100 K ile 14,500 K arasında değişen yaklaşık 34 milyon yıldıza ait radyal hız (γ) verisi mevcuttur. Bu yıldızlardan, *G* = 12 kadirden daha parlak olanların radyal hız ölçüm hataları ortalama 1.3 km sn^{-1} düzeyindeyken, *G* = 14 kadir seviyesine ulaşıldığında söz konusu belirsizlikler yaklaşık 6.4 km sn^{-1}'ye kadar artmaktadır (Katz ve diğ., 2023). *Gaia* DR3 veri tabanında, her bir kaynak için kalite göstergesi olarak *S*/*N* oranları tanımlanmıştır. Kaynakların radyal hız ölçümleri için Ca II triplet çizgilerinin bulunduğu 846-870 nm dalgaboyu aralığında tayfsal analizler yapılmış ve elde edilen verilere göre *S*/*N* oranları belirlenmiştir (Şekil 3.3).

Gaia uydusundaki kamera yapısı astrometrik sistem, mavi ve kırmızı fotometrik üniteler ile radyal hız tayfçekeri olmak üzere üç ana ölçüm sisteminden oluşur. Bu sistemlerin her biri, yıldız ışığını algılayabilmek amacıyla yüksek hassasiyetli sayısal dedektörler olan CCD'ler kullanmaktadır. *Gaia* uydu kamerası, her biri sekiz milyondan fazla piksele sahip toplam 106 CCD içermekte olup yaklaşık bir milyar pikselden oluşmaktadır. Astrometrik sistem, gökyüzündeki yıldızların konumlarını son derece hassas biçimde ölçmek üzere tasarlanmıştır. Uydu tarafından yürütülen uzun süreli gözlemler sonucunda elde edilen veriler bir araya getirilerek, hedef alınan gök cisimlerinin trigonometrik paralakslarına bağlı olarak uzaklıkları ve teğet hızları hesaplanabilmektedir. Fotometrik ünite ise, gök cisimlerinin parlaklık ve renk artığının belirlenmesini sağlamakta, ayrıca elektromanyetik tayfın görünür bölgesinin mavi ve

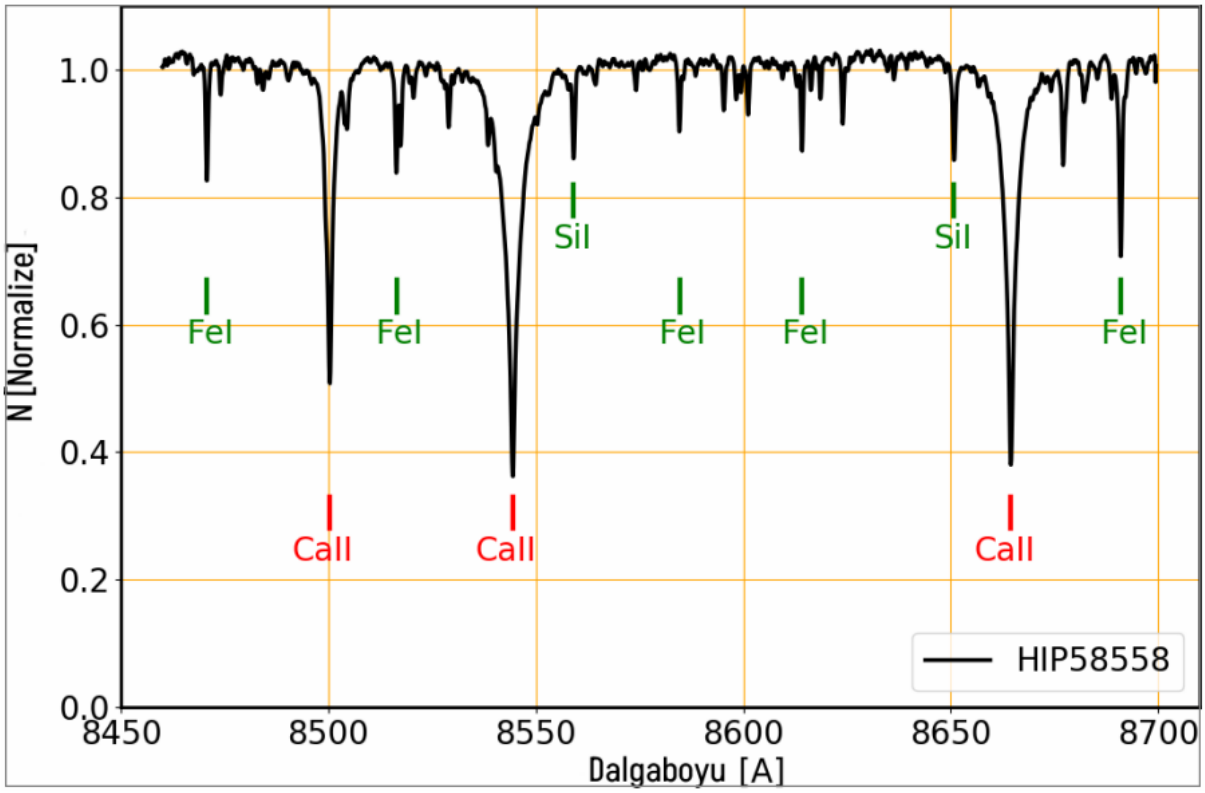
kırmızı bantlarında düşük çözünürlüklü tayfsal veriler sunmaktadır. Bu veriler yıldızların sıcaklık, kütle ve yaş gibi temel fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir.



Şekil 3.1: *Gaia* DR3 veri tabanına ait *G* (yeşil), G_{BP} (mavi) ve G_{RP} (kırmızı) bantlarının duyarlılık fonksiyonları. Gri renkli eğriler uydu için tasarlanan teorik geçirgenlik fonksiyonlarını göstermektedir (Jordi ve diğ., 2010).

Radyal hız tayfçekeri ise yıldızların gözlemciye göre yaklaşma ya da uzaklaşma hızlarını ve kendi eksenleri etrafındaki dönüş hızlarını ortaya koymakla birlikte, yüksek çözünürlüklü tayf verileri aracılığıyla yıldızların kimyasal element bolluklarının belirlenmesi de mümkün hale gelir (Şekil 3.3).

Gaia DR3 (Gaia işbirliği, 2023), astronomide büyük veri işleme ve analizine yönelik yeni tekniklerin geliştirilmesine de önemli katkılar sağlamıştır. Bu kapsamlı veri seti, araştırmacıları yüksek hacimli astronomik veriler ile çalışmak üzere gelişmiş analiz yöntemleri ve makine öğrenimi algoritmaları tasarlamaya yönlendirmiştir. Bu doktora tez çalışmasında ise açık kümelerin incelenmesi sürecinde klasik yöntemlerin yanı sıra, küme üyelerinin belirlenmesinde makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlardan da faydalanılmıştır. *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kullanılarak, literatürde tayfsal demir bolluğu duyarlılıkla belirlenmiş 500'den fazla açık kümenin ayrıntılı yapısal ve temel astrofizik parametrelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.2: HIP 58558 yıldızının 8450 < (Å) < 8775 dalgaboyu aralığındaki tayfında görülen Ca II triplet ve diğer ağır elementler (Katz ve diğ., 2019).

Elde edilen bulgulardan itibaren kümelerin demir bolluklarından Galaktik düzlem üzerindeki değişimini gösteren duyarlı bir gradyent oluşturulmuştur. Doktora tez çalışmasında kullanılan veriler, *Gaia* uydusunun uzaya gönderilmesinden bu yana elde ettiği yüksek doğruluklu astrometrik ve fotometrik ölçümlere dayanmaktadır. Ayrıca her bir ölçümün hata payları ve çeşitli güvenilirlik parametreleri (örneğin RUWE, dup, epsi) de katalogda yer almaktadır. *Gaia* verileri sayesinde yıldızların Galaksi içindeki konumları ve uzay hızları gibi temel bilgiler ile kimyasal kompozisyonları ve yaşları gibi diğer parametrelerinin elde edilebilmesine fırsat vermektedir. Bu veriler Samanyolu Galaksisi'nin yapısı ve kimyasal evrimi hakkında önemli ipuçları sunmaktadır (Pereira, Drake ve Roig, 2019; Şahin ve Bilir, 2020; Çınar ve diğ., 2025; Plevne ve Akbaba, 2025).

Tez çalışmasındaki açık kümelerin seçiminde, geçmişte yaygın olarak kullanılan veri tabanlarından (WEBDA: Mermilliod, 1995; SAI: DAML02: Dias ve diğ., 2002; Koposov ve diğ., 2008; MWSC: Kharchenko ve diğ., 2012; UPK: Sim ve diğ., 2019) ve son yıllarda yayınlanan güncel kataloglardan (Conrad ve diğ., 2014; Sampedro ve diğ., 2017; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Castro-Ginard ve diğ., 2019; Liu ve Pang, 2019; Zhong ve diğ., 2020;

Donor ve diğ., 2020; Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Cantat-Gaudin ve Anders, 2020; Ray ve diğ., 2022; Carrera ve diğ., 2022, Randich ve diğ., 2022; Spina ve diğ., 2022, Fu ve diğ., 2022; Zhong ve diğ., 2022; Cantat-Gaudin ve diğ., 2023; Hunt ve Reffert, 2023; 2024) yapılmıştır. Bu kataloglar, açık kümelerin çoğunlukla optik ve yakın kızılötesi dalgaboylarında gözlemlendiğini göstermektedir. Özellikle *Gaia* uydusunun sağladığı yüksek çözünürlüklü astrometrik veriler yeni açık kümelerin keşfini ve daha önce sınıflandırılamamış nesnelerin değerlendirilmesini sağlamıştır. DAML02 (Dias, Alessi, Moitinho ve Lepine Açık Küme Kataloğu) veri tabanında 2,167, MWSC'de ise 3,006 açık küme yer almaktadır. Ayrıca Cantat-Gaudin ve diğ. (2018) tarafından sunulan katalogda toplam küme sayısı 3,328 olarak verirken, güncel bir kataloğu literatüre kazandıran Hunt ve Reffert (2023) ise açık küme sayısını 7,167 olarak belirtmiştir.

Bu doktora tez çalışmasında öncelik ile *Gaia* DR2, EDR3 ve *Gaia* DR3'e dayalı kataloglardaki açık kümeler dikkate alınarak bir liste oluşturulmuş, ardından bu liste farklı kaynaklardaki kümeleri de kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Oluşturulan listede belirlenen kümelere ait yıldızların *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) veri setinden fotometrik (G, G_{BP}, G_{RP} ve hataları), astrometrik (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ ve hataları) ve radyal hız (γ ve hatası) verileriyle birlikte çift yıldız göstergesi olan RUWE parametresi alınmıştır. Kümelere ait en olası üye yıldızlar belirlendikten sonra, *Gaia* DR3'te radyal hız verisi olmayan ($G > 14$ kadir) ve literatürde demir bolluğu değeri bulunmayan yıldızlar için ek veri sorgulamaları yapılmıştır. 1 Ocak 2025 tarihine kadar 21,108 katalog içeren Vizier veri tabanı taranmıştır. Ayrıca RAVE DR6 (Steinmetz ve diğ., 2020), APOGEE DR16, APOGEE DR17 (Ahumada ve diğ., 2020; Abdurro'uf ve diğ., 2022), GALAH DR3 (Buder ve diğ., 2021), LAMOST DR7 (Luo ve diğ., 2019; Zhong ve diğ.; 2020, Fu ve diğ., 2020), LAMOST DR8 (Zhang ve diğ., 2024), Gaia-ESO (Magrini ve diğ., 2022; Randich ve diğ., 2022) gibi büyük tayfsal gözlem projelerinin veri tabanları da sorguya dahil edilmiştir. Elde edilen demir bolluğu verileri, ilgili kümeye ait kataloglara eklenmiştir. Bu süreç doktora tez çalışmasında incelenen tüm kümeler için sistematik şekilde yürütülmüştür. Doktora tez çalışması kapsamında 504 açık kümeyle bu kümelere üye toplam 259,432 yıldız sistematik olarak incelenmiş ve analizlere dahil edilmiştir. Tez kapsamında incelenen açık kümelerin isimleri, ekvatoral ve Galaktik koordinatları EK.1'de listelenmiştir.

3.2 YÖNTEM

3.2.1 YAPISAL PARAMETRE TAYİNİ

Açık yıldız kümeleri, üyeleri arasında yalnızca zayıf çekimsel bağların bulunması ve çoğunlukla Galaktik düzlem civarında yer almaları nedeniyle Galaktik ortamdan etkilenirler. Bu durum kısa bir zaman ölçeğinde küme yıldızlarının zayıf çekimsel kuvvetlerinin azalmasıyla yıldızlararası ortama karışmasına neden olmaktadır (Zhong ve diğ., 2022). Dolayısıyla açık kümelerin yıldız bileşenlerinin uzaysal dağılımının anlaşılması, onların fiziksel büyüklükleriyle birlikte dinamik yapı ve evrim süreçlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Bu durumda açık kümelerin radyal yoğunluk profilleri temel bir gözlemsel araç olarak öne çıkmaktadır.

Radyal yoğunluk profili, küme merkezinden belirli aralıklarla oluşturulan eş-merkezli halkalar içerisindeki yıldız sayılarının istatistiksel olarak değerlendirilmesiyle oluşturulur. Böylece yıldız sayı yoğunluğunun küme merkezinden dışa doğru değişimi ortaya konur. Radyal yoğunluk profillerinin biçimi, yalnızca mevcut yıldız yoğunluğunu değil, aynı zamanda kümenin dinamik evrimi, kütle kaybı süreçleri ve çevresel etkileşimlerinin anlaşılmasında önemlidir.

Açık kümelere yönelik radyal yoğunluk profillerinin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan King (1962) modeli, başlangıçta küresel kümelere ait gözlemsel verilerden türetilmiş yarı-deneysel bir yoğunluk yasasıdır. Ancak bu model zaman ile açık kümelerin yapısal parametrelerinin belirlenmesinde de yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. King modeli (King, 1962), yıldız sayı yoğunluğunun küme merkezinden itibaren radyal uzaklığa bağlı değişimini tanımlamakta, merkezi bir çekirdek bölgesiyle yıldız sayı yoğunluğunun giderek azaldığı ve zemin yıldız sayı yoğunluğuna karıştığı bir dış bölge olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır. Modelin matematiksel formu aşağıdaki gibi ifade edilir:

(3.1)

Bu bağıntıda küme merkezinden uzaklıktaki yıldız sayı yoğunluğunu; merkezi yıldız yoğunluğunu; zemin yıldız sayı yoğunluğunu ve kor yarıçapını temsil etmektedir. Bu parametreler yardımıyla, gözlemlenen yoğunluk profili modele uydurularak kümenin temel yapısal özellikleri nicel olarak belirlenebilmektedir. Yıldız sayı yoğunluğu, belirli bir yarıçapta yer alan yıldızların bulundukları çember alanına oranı olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır:

Burada küme merkezinden uzaklıktaki yıldız sayı yoğunluğunu; ilgili eş-merkezli halkada tespit edilen yıldız sayısını; ise bu halkanın alanını ifade etmektedir. Alt indis halkaya karşılık gelen radyal bölgeyi göstermektedir. Doktora tez çalışmasında, yıldız sayı yoğunlukları küme merkezinden artan uzaklıklar ile hesaplanmış ve elde edilen veriler kullanılarak yıldız sayı yoğunluk profilleri oluşturulmuştur. Söz konusu yıldız sayı yoğunluk profilleri, King (1962) modelinin matematiksel formu kullanılarak modellenmiş ve kuramsal profiliyle gözlemsel verilerin uyumu incelenmiştir.

Model uyumu değerlendirilirken, en iyi eşleşmeyi sağlayan parametre setini belirlemek amacıyla en küçük yöntemi uygulanmıştır. Hesaplanan en küçük değerine karşılık gelen parametre seti, açık kümenin yapısal özellikleri olan merkezi yıldız yoğunluğu, zemin yıldız yoğunluğu ve kor yarıçapı olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, açık kümenin limit yarıçapı dışında kalan yıldızlar, alan yıldızlarının etkisinin baskın hale gelmesi nedeniyle küme üyeliği dışında bırakılmıştır. Bu durum, kümenin astrofiziksel parametrelerinin doğru ve duyarlı şekilde elde edilmesi açısından son derece önemlidir. Açık kümelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak tanımlanan etkin yarıçap ise gözlemsel verilere dayalı yarı-deneysel bir bağıntıyla hesaplanmakta ve literatürde Bukowiecki ve diğ.'nin (2011) yöntemi temel alınarak belirlenmektedir. Etkin yarıçapın hesaplanmasında kullanılan bağıntı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

Söz konusu bağıntı, kümenin dış sınırlarını tanımlamak ve kümeye ait üye yıldızların dağılımını daha net bir biçimde ayırt edebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Böylece, alan yıldızlarının etkisinin belirginleştiği bölgeyle küme üyeleri arasında daha sağlıklı bir ayrım yapılabilmektedir (Bukowiecki ve diğ., 2011).

3.3 KÜMEYE ÜYE YILDIZLARIN TESPİTİ

Açık küme analizlerinden önce, kümeye ait yıldızların doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu belirleme sürecinde, fotometrik ve astrometrik verilerden yararlanılması, açık küme üyelerinin genel yıldız alanı içerisinden daha hassas biçimde ayırt edilmesini sağlar. Açık kümeler genellikle Galaktik düzlem civarında yer aldıkları için yoğun yıldız

alanlarından etkilenmektedir (Castro-Ginard ve diğ., 2022). Bu durum da küme üyelerinin belirlenmesini güçleştirmektedir. Ancak, *Gaia* uydusunun sağladığı yüksek hassasiyetli astrometrik veriler sayesinde, küme yıldızlarıyla alan yıldızları arasındaki ayrım daha güvenilir bir şekilde yapılabilmektedir. Aynı moleküler buluttan oluşan açık küme yıldızları, benzer uzay hız vektörlerine ve trigonometrik paralaks değerlerine sahiptir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Ahmet ve Tadros, 2025). Bu benzerlik küme üyelerinin alan yıldızlarından ayrılmasını kolaylaştırmaktadır. Açık küme yıldızlarının doğru ve duyarlı biçimde tespit edilmesi, kümenin temel astrofizik parametrelerinin güvenilir biçimde tayin edilmesi açısından önemlidir (Monteiro ve diğ., 2020; Hunt ve Reffert, 2023). Üyelik tayininde, yıldızların astrometrik verilerine dayalı istatistiksel yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, kümelerin farklı yıldız yoğunluklarına ve morfolojik yapılara sahip olması, özellikle fotometrik ölçümlerle yapılan ayrımları zorlaştırabilir. Bu nedenle, küme üyelerinin belirlenmesinde sadece fotometrik yöntemler değil, aynı zamanda radyal hız, öz hareket ve trigonometrik paralaks gibi çok boyutlu astrometrik verilerin birlikte değerlendirilmesi, daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Katz ve diğ., 2023).

Literatürde geniş çaplı tayfsal gökyüzü taramaları arasında yer alan RAVE (Steinmetz ve diğ., 2006), SEGUE (Allende-Prieto ve diğ., 2008), Gaia-ESO (Gilmore ve diğ., 2012), APOGEE (Majewski ve diğ., 2017), GALAH (da Silva ve diğ., 2016), LAMOST (Luo ve diğ., 2019), *Gaia* DR2 ve *Gaia* DR3 (Soubiran ve diğ., 2018; Tarricq ve diğ., 2022; Hunt ve Reffert, 2023;2024) gibi çalışmalar, limit parlaklık sınırları dahilinde gerçekleştirildiklerinden, tüm gökyüzünü kapsayan radyal hız verilerine ulaşmak söz konusu çalışmalarda mümkün olmamaktadır. Bu durum, özellikle geniş bir parlaklık aralığında yer alan açık küme yıldızlarının tamamı için radyal hız ölçümlerinin elde edilememesine sebep olabilir. Bu nedenle, günümüzde araştırmacılar sıklıkla öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks gibi astrometrik verileri dikkate alarak küme üyelerini belirlemektedir. Yıldızların öz hareket bileşenlerinden oluşturulan diyagramlar, özellikle Güneş çevresindeki yakın kümeler için, küme üyeleriyle alan yıldızlarını ayırt etmede oldukça etkilidir. Dolayısıyla bu yöntem ile gerçekleştirilen araştırmalarda, açık küme yıldızlarının benzer kinematik özellikleri nedeniyle astrometrik verilere dayalı diyagramlarda belirgin bir şekilde gruplaştıkları görülmektedir (Koç ve diğ., 2022; Yontan ve diğ., 2022; Çakmak ve diğ., 2024; Çınar ve diğ., 2024). Küme yıldızlarının kütleçekimsel etkiler sonucu kümenin kütle merkezi etrafında daha çok yoğunlaşmasına karşın, alan yıldızlarının zayıf kütleçekimsel bağlar ile daha dağınık bir

şekilde kümenin önünde ve zemininde yer aldığı bilinmektedir (Alfonso ve García-Varela, 2023).

Küme üyeliklerinin belirlenmesine yönelik ilk istatistiksel yaklaşımlar, Vasilevskis ve diğ. (1958) ile Sanders (1971) tarafından öz hareket bileşenlerinin iki değişkenli yoğunluk fonksiyonlarıyla modellenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Kozhurina-Platais ve diğ. (1995), bu modellere yıldızların gökyüzündeki konumlarını da dahil ederek üyelik olasılıklarının hesaplanmasında bir yenilik getirmiştir. Balaguer-Núñez ve diğ. (1998) ise yıldızların öz hareket vektörlerinin yoğunlaştığı bölgeleri inceleyerek, küme yıldızlarını alan yıldızlarından ayırt etmeye çalışmış ve bu süreçte renk-parlaklık ve iki-renk diyagramlarını kullanmıştır. Daha yeni çalışmalarda, astrometrik ve fotometrik verilerin bir arada kullanımıyla gelişmiş yöntemler literatüre önerilmiştir. Örneğin Krone-Martins ve Moitinho (2014), üyelik olasılıklarının tahmini için gökyüzü koordinatları ve fotometrik ölçümlere dayalı denetimsiz bir makine öğrenme algoritması geliştirmiştir. Benzer şekilde, Sarro ve diğ. (2014) ile Olivares ve diğ. (2019), Bayesian istatistiksel yaklaşımları kullanarak astrometrik ve fotometrik ölçümler yardımıyla alan ve küme yıldızı popülasyonlarını ayırt etmeye çalışmıştır. Tüm bu çalışmalar, yıldızların açık kümeye üyelik olasılıklarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi için astrometrik ve fotometrik verilerin bir arada değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Son yıllarda özellikle öz hareket bileşenleri ve gökyüzü konum verilerini temel alan makine öğrenme yöntemleriyle yapılan analizlerin oldukça doğru hassas sonuçlar verdiği literatüre kazandırılmıştır (Koç ve diğ., 2022; Koç ve Yontan, 2023; Yontan ve Canbay, 2023). *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kataloğunun yayınlanmasıyla birlikte, yüksek doğrulukta öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks verilerine erişim kolaylaşmış ve bu tür çalışmaların güvenilirliği daha da artmıştır.

Açık kümelerdeki yıldızların üyelik olasılıklarının belirlenmesinde, Krone-Martins ve Moitinho (2014) tarafından geliştirilen denetimsiz makine öğrenmesi tabanlı UPMASK (Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters) yazılımı kullanılmıştır. Bu yöntem, yıldızların astrometrik ve fotometrik parametrelerini (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) dikkate alarak olasılık temelli üyelik tayini yapmakta ve küme yıldızlarını alan yıldızlarından ayırmaktadır. Algoritma, küme içindeki yıldızların ortak kökenli, alan yıldızlarının ise farklı kökenlere sahip dağılmış nesneler olduğu varsayımına dayanır.

UPMASK, temel olarak *k*-means kümeleme algoritmasını uygular. Veri noktaları geçici merkezlere atanır ve her yinelemede merkezler, yıldızların ortalama konumuna göre güncellenir, bu süreç anlamlı bir değişim kalmayana kadar devam eder. *k* parametresi, küme başına düşen ortalama yıldız sayısını temsil eder ve genellikle toplam yıldız sayısının hedeflenen küme yıldız sayısına bölünmesiyle belirlenir. Literatürde farklı kümeler için en uygun *k* değerinin 5 ile 40 aralığında elde edildiği bildirilmiştir (Monz, 2008; Krone-Martins ve Moitinho, 2014; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Çakmak ve diğ., 2023; Tanık Öztürk ve diğ., 2025; Karagöz ve diğ., 2025). Bununla birlikte özellikle toplu uygulamalarda k değeri için 10 ile 25 değerleri önerilmekte ve güvenilir sonuçlar sağladığı gösterilmektedir (Krone-Martins ve Moitinho, 2014; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Hunt ve Reffert, 2023, 2024; Ahmed ve Tadross, 2025). Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), Cantat-Gaudin ve Anders (2020) ile Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda, UPMASK *Gaia* DR2 astrometrik verilerine 1,481 açık kümede uygulanmış ve ortalama *k* değeri olarak 10 kullanılmıştır. Bu çalışmalar yöntemin farklı kümelerde güvenilir üyelik olasılıkları ürettiğini ve büyük örneklemler üzerinde etkin biçimde çalıştığını ortaya koymuştur. Doktora tez kapsamında incelenen açık küme bölgelerinde yer alan yıldızların beş boyutlu uzaydaki parametreleri (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) bir veri dosyasında bir araya getirilmiş ve UPMASK yazılımında kullanılmak üzere kümeye üyelik analizi için hazırlanmıştır.

Analiz sürecinde, *k-means* kümelenme algoritması farklı *k-means* değerleri (5 ile 40 arasında) için çalıştırılmış ve her bir yıldızın incelenen kümeye ait olma olasılığı hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar doğrultusunda, belirgin yapıya sahip yoğun kümeler için genellikle 5 ile 10 aralığındaki *k-means* değerlerinin daha hassas sonuçlar verdiği, dağınık görünümlü ve seyrek yıldız dağılımına sahip kümeler için ise bu aralığın 20 ile 30 arasında değiştiği görülmüştür. Doktora tez çalışmasında, *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kataloğundan elde edilen yüksek duyarlıklı astrometrik ve fotometrik veriler kullanılarak 500'den fazla açık küme için benzer bir analiz gerçekleştirilmiş, her bir küme için UPMASK yöntemiyle yıldızların üyelik olasılıkları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Böylece çok sayıda küme doğrultusunda sistematik bir biçimde uygulanan bu yöntemle yıldızların kümeye ait olup olmadıkları nesnel kriterler çerçevesinde değerlendirilmiştir.

3.4 ASTROMETRİK PARAMETRE ANALİZİ

Doktora tez çalışmasında incelenen 500'den fazla açık kümenin ortalama astrometrik parametrelerinin belirlenmesinde *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kataloğundaki yüksek duyarlıklı verilerden yararlanılmıştır. Her bir küme için UPMASK algoritması uygulanarak, yıldızların kümeye ait olma olasılıkları hesaplanmış; olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar ilgili kümelerin en olası üyeleri olarak değerlendirilmiştir. Açık kümeler aynı moleküler bulutun çökmesiyle oluştuklarından, bu yıldız grupları benzer uzay hızlarına sahiptir ve hız dispersiyonları oldukça küçüktür. Ayrıca kümeye üye yıldızların öz hareket bileşenleri incelendiğinde, gökyüzü üzerinde ortak bir yönelime sahip oldukları görülmektedir. Her ne kadar Samanyolu Galaksisi içerisindeki büyük kütleli cisimlerin oluşturduğu kütleçekimsel tedirginlikler zaman ile açık kümelerdeki yıldızların yönelim noktalarını ve uzay hızlarını değiştirse de, öz hareket verileri kümeye üye yıldızların, aynı doğrultuda yer alan yıldızlarından ayırt edilmesinde bir kriter olarak kabul edilmektedir.

Açık kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerinin belirlenmesinde vektör nokta diyagramı (VPD) yöntemi kullanılmıştır. İncelenen her küme doğrultusunda, yıldızların öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) bu diyagram üzerine yerleştirilerek, küme ve alan yıldızlarının uzay hareketlerine bağlı olarak iki ayrı bölgede sayı yoğunluğu bakımından gruplaşmaları görülmüştür. Genellikle küme yıldızlarının sayısı alan yıldızlarına göre daha az olduğundan, VPD üzerinde yoğunlaşmanın daha az fakat belirgin olduğu bölge, ilgili açık kümenin ortalama öz hareketini temsil etmektedir. Bu bölgedeki yıldızların öz hareket bileşenlerinin medyan değerleri alınarak kümelerin ortalama öz hareketleri daha hassas şekilde belirlenmiştir.

Öz hareket bileşenlerine ilişkin hata analizlerinde ise bileşenlerin standart sapması () ve kümeye üye kabul edilen yıldız sayısı () dikkate alınarak, ortalama bileşenlerin standart hataları () aşağıdaki ifade ile hesaplanmıştır:

(3.4)

Bu bağıntı sayesinde 500'den fazla açık küme için duyarlı ve karşılaştırılabilir ortalama astrometrik parametreler elde edilmiştir.

İncelenen her açık küme doğrultusunda, olası üye yıldızların *Gaia* DR3 kataloğundan elde edilen trigonometrik paralaks () verileriyle oluşturulan histogramlar, çoğunlukla binom

biçiminde bir dağılım sergilemektedir (Yontan ve diğ., 2022; Yontan ve Koç, 2023; Çınar ve diğ., 2024). Bu dağılımın değerlendirilmesinde, yıldızların rölatif paralaks hataları σ_{ϖ}/ϖ önemli bir ölçüt olarak dikkate alınmıştır. Genel kabul gören yaklaşıma göre, Güneş civarında yer alan ve yeterli sayıda üye yıldız içeren kümelerde $\sigma_{\varpi}/\varpi \leq 0.2$ sınırı uygulanmakta; buna karşılık daha uzak mesafelerde konumlanan ve sınırlı sayıda üye barındıran kümeler için bu sınır $\sigma_{\varpi}/\varpi \leq 0.5$ olarak kabul edilmektedir.

Bir küme için oluşturulan paralaks histogramının dağılımı binom karakteri taşıyorsa, bu dağılıma bir Gauss eğrisi fit edilerek (Gaussian fit) kümenin ortalama trigonometrik paralaks değeri ϖ tahmin edilmektedir. Uygulanan Gauss eğrisinin standart hatası, hesaplanan ortalama paralaks ($\langle\varpi\rangle$) değerine ilişkin belirsizliği ifade eder. Elde edilen bu ortalama trigonometrik paralaks değeri, d_{ϖ} (pc)=1000/$\langle\varpi\rangle$ (mas) bağıntısı kullanılarak kümenin ortalama uzaklığı ($\langle d_{\varpi}\rangle$) hesaplanır. Bu yöntem ile, trigonometrik paralaks dağılımına dayalı olarak açık kümelerin uzaklıkları istatistiksel olarak güvenilir biçimde elde edilmiştir.

3.5 ASTROFİZİK PARAMETRE ANALİZİ

Açık küme yıldızları, aynı moleküler bulutun kısa zaman aralıklarında çökmesi sonucu oluştuklarından dolayı Güneş'e olan uzaklıkları, yaşları ve kimyasal bileşimleri birbirine benzerdir. Evrim modelleri, başlangıç kütle değerleri, metal bollukları ve kütle kayıpları gibi değişkenler dikkate alınarak hazırlanır ve kuramsal yıldız yaşlarının tayininde kullanılırlar. Literatürde bu türden pek çok çalışma vardır: Pols ve diğ. (1998), Demarque ve diğ. (2004), Girardi ve diğ. (2010), Ekstrom ve diğ. (2012). Bu çalışmalar içinde en çok kullanılanlardan biri Padova grubu tarafından üretilen yıldız evrim modelleridir (Bressan ve diğ., 1993; Fagotto ve diğ., 1994a, b; Bertelli ve diğ., 1994). Padova evrim modellerinde geniş bir kütle (0.6-120$M_{\odot}$) ve metal bolluğu (Z=0.004-0.050) aralığı vardır. Modeller, OPAL opasite, sabit bir helyum-metal değişim oranı, konvektif çekirdeği olan yıldızlarda sabit bir konvektif taşıma ve büyük kütleli yıldızlarda kütle kaybı gibi temel özelliklere sahiptir. Daha sonra Girardi ve diğ. (1996) bu modelleri çok düşük metal bolluğu değerlerini (Z = 0.0001) kapsayacak şekilde genişletmiştir. Marigo ve diğ. (2008) tarafından verilen yıldız modelleri $0.0001 \leq Z \leq 0.03$ metal bolluğu, 0-17 Gyıl yaş ve $0.15 \leq M/M_{\odot} < 100$ kütle aralığı için kullanılabilir. PADOVA grubunun PARSEC ismiyle verilen en güncel yaş eğrileri Bressan ve diğ.'ine (2012) aittir. Bu yaş eğrileri son yıllarda daha fakir metal bolluklarını ve daha geniş

bir kütle aralığındaki yıldızı içerecek şekilde geliştirilmiştir (Tang ve diğ., 2014; Chen ve diğ., 2014). PARSEC yıldız evrim modellerinin literatürdeki diğer modellerden en önemli farkı model sonuçlarının birçok fotometrik sistem için üretilmiş olması ve bu modellerin kırmızı dev yıldızların içyapılarındaki karmaşık konvektif hareketler ile çevrelerindeki toz yapıları dikkate alan fotometrik sonuçlar üretmesidir. Doktora tez çalışmasında incelenen kümelerin temel astrofizik parametreleri eş zamanlı tayin edilmiş olup, analizlerde $G \times G_{BP}$-G_{RP} CMD'leri kullanılmıştır. Kümeye yüksek olasılıklı yıldızlar dikkate alınarak oluşturulan CMD'leri PARSEC yaş eğrileriyle karşılaştırılarak gözlemle en iyi uyumu sağlayan değerler kümelerin kızarma, metal bolluğu, uzaklık modülü ve yaşı kabul edilmiştir.

Gaia uydusunun sağladığı yüksek duyarlılıktaki astrometrik veriler sayesinde, özellikle $d \leq 2$ kpc uzaklıktaki kümeler için trigonometrik paralaks ölçümleri güvenilir biçimde elde edilebilmektedir (Gaia işbirliği, 2016; 2018). Bununla birlikte *Gaia* uydusunun sağladığı orta çözünürlüklü tayfsal veriler element bolluklarının hassas tayini açısından sınırlı kalmaktadır. Günümüzde açık kümelere ilişkin temel sorunlardan biri, kümelerin metal bolluklarını sistematik olarak inceleyen kapsamlı bir tayfsal gözlem programının eksikliğidir. Ancak RAVE, APOGEE, GALAH, *Gaia*-ESO ve LAMOST gibi geniş alanlı tayfsal gökyüzü taramaları, bazı açık kümeleri doğrudan hedef alarak bu eksikliği kısmen gidermektedir. Bu çalışmalar aracılığıyla farklı sayılarda üye yıldız tayfı kullanılarak 500'den fazla açık kümenin ortalama metal bolluk değerleri hesaplanmış ve literatürde yerini almıştır (Conrad ve diğ., 2014; Sampedro ve diğ., 2017; Carera ve diğ., 2019; Casamiquela ve diğ., 2019; Zhong ve diğ., 2020; Donor ve diğ., 2020; Spina ve diğ., 2021; Zhang ve diğ., 2021; Ray ve diğ., 2022; Carrera ve diğ., 2022; Randich ve diğ., 2022; Spina ve diğ., 2022; Fu ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023). Doktora tez kapsamında incelenen açık kümelerin demir bollukları yukarıda belirtilen literatür kaynaklarından alınmıştır.

Küme üyesi yıldızların yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemleri aracılığıyla elde edilen demir bollukları ([Fe/H]) bilindiğinde, tez kapsamında yaş tayininde kullanılan demir bolluğu parametresi sabit kabul edilmiştir. Ancak kümelerin yaşlarının belirlenmesinde kullanılan eş-yaş eğrilerinin ağır element bolluğuna (Z) duyarlı olması nedeniyle, analiz edilecek açık kümelere ait [Fe/H] değerlerinin Z parametresine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, Bovy (2016) tarafından sunulan bağıntılara (Bağıntı 3.5) dayanmakta olup, PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) ile uyumlu olacak şekilde geliştirilmiştir. Söz

konusu bağıntıda yer alan Z_X terimi, Güneş'in ağır element bolluğu değeri ($Z_\odot$=0.0152) ile ilişkilendirilen bir ara fonksiyon olarak tanımlanmakta ve Z değeri ise bu ara fonksiyona bağlı olarak kümeye özgü ağır element bolluğunu belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

(3.5)

Açık kümelerin demir bolluğu ve ağır element bolluğu, Bağıntı (3.5) kullanılarak belirlendikten sonra, elde edilen bu Z değerlerine karşılık gelen PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) arasından uygun olanlar seçilmiştir. Her bir küme için, *Gaia* gözlemlerinden elde edilen G bandı ile ($G_{BP}-G_{RP}$) renk indekslerine dayalı renk-parlaklık diyagramları oluşturulmuş ve bu diyagramlarda anakol çakıştırma yöntemi uygulanarak en olası küme üyelerine öncelik verilmiştir. Bu yöntem aracılığıyla açık kümelere ait temel astrofiziksel parametreler olan renk artığı ($E(G_{BP}-G_{RP})$), uzaklık modülü (μ) ve yaş (t) değerleri elde edilmiştir.

İncelenen açık kümeye ait uzaklık değeri, uzaklık modülü yardımıyla hesaplanmaktadır. Elde edilen uzaklık modülü (μ), PARSEC eş-yaş eğrilerinin kümeye uygulanmasıyla fit edilerek tayin edilmekte ve daha sonra fotometrik uzaklık (d_{iso}) hesaplamasında kullanılmak üzere Bağıntı (3.6) ile dönüştürülmektedir.

(3.6)

(3.7)

Bağıntı (3.6)'daki ifadesi, *Gaia* fotometrik sisteminde yıldızlararası sönükleşme etkisinden arındırılmış uzaklık modülünü; bağıntı (3.7)'deki terimi ise anakol çakıştırma yöntemiyle belirlenen, gözlenen uzaklık modülünü temsil etmektedir. G bandındaki yıldızlararası sönükleşmeyi, d ise kümenin Güneş'e olan uzaklığını ifade etmektedir. Uzaklık belirlemelerinde ortaya çıkan hataların hesaplanmasında, Carrera ve diğ. (2017) tarafından önerilen bağıntıdan yararlanılmıştır.

, ve (3.8)

Bu bağıntıda, parlaklık ölçümündeki belirsizliği; ise renk indeksine ilişkin hata payını temsil etmektedir. Bu parametrelerin hesaplanmasında, fotometrik gözlemlerden elde edilen parlaklık değerlerine ait hata dağılımlarının medyanları esas alınmıştır. Doktora tez çalışması kapsamında incelenen açık kümeler, *Gaia* uzay teleskobunun sağladığı gözlemsel veriler aracılığıyla analiz edildiğinden, klasik sistemde kullanılan V ve M_V parametreleri yerine, sırasıyla, *Gaia* sistemine ait G ve M_G parametreleri tercih edilmiştir. Ayrıca, sönükleşme terimi olan A_V'nin yerine A_G değerinin hesaplanabilmesi amacıyla, Cardelli ve diğ. (1989) tarafından önerilen selektif absorpsiyon katsayısı A_G/A_V=083627kullanılarak gerekli dönüşüm uygulanmıştır.

3.6 KİNEMATİK ANALİZLER

Doktora tez çalışmasında incelenen 500'den fazla açık kümenin astrometrik ve tayfsal verileri kullanılarak kinematik ve dinamik yörünge parametreleri tayin edilmiştir. Açık kümelerin kinematik analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için her bir açık kümenin ekvatoral koordinatları (α, δ), Güneş'e uzaklıkları (d_{iso}), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve ortalama radyal hızları (V_R) hesaba katılmıştır. Çalışmada uzay hız bileşenlerinin hesaplanmasında Johnson ve Soderblom'un (1987) algoritması ve dönüşüm matrisleri kullanılmıştır. Dönüşüm matrislerinde yapılan hesaplamalarda sağ-el kuralı uygulandığından dolayı U, V, W uzay hızı bileşenlerinin Güneş'e göre yön ve işaretleri de buna uygun olarak düzenlenmiştir. Bu durumda U, Galaksi merkezine doğru (l = 0°, b = 0°); V, Galaksinin dönme doğrultusunda (l = 90°, b = 0°) ve W, Kuzey Galaktik kutup doğrultusunda (b = 90°) pozitif değerlerdedir. Bu hesaplamalarda Güneş'in Galaksi etrafındaki dönüş hızı 220 km sn^{-1} olarak kabul edilmiştir.

Uzay hız bileşenleri aşağıdaki bağıntıda verilen matris ile hesaplanır:

(3.9)

Burada $K = 4.74057$; , trigonometrik paralaks; ve öz hareket bileşenleri ve V_R de incelenen açık kümenin ortalama radyal hızıdır. B, T dönüşüm matrisi ile A koordinat matrislerinin skaler çarpımı olarak tanımlanmış bir matristir.

, (3.10)

A ve T matrisleri, sırasıyla, aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

. (3.11)

Burada α ve δ, yıldızın ekvatoral koordinatlarıdır.

, (3.12)

T matrisinde verilen $\alpha_{KGK} = 192°.25$ ve $\delta_{KGK} = 27°.4$, kuzey Galaktik kutbun ekvatoral koordinatları ve $\theta_o = 123°$ ise Kuzey Gök kutbunun sıfır Galaktik enlemiyle kuzey Galaktik kutbu kesen yarı dairenin durum açısıdır. Bu değerler, Johnson ve Soderblom'un (1987) çalışmasında verilen değerler olup doktora tezinde *Hipparcos* ile yapılan duyarlı astrometrik ölçümlerden hesaplanan $\alpha_{KGK} = 192°.85948$ ve $\delta_{KGK} = 27°.12825$ değerleri kullanılarak Bağıntı (3.13)'deki T matrisi elde edilmiştir.

. (3.13)

Samanyolu'ndaki yıldızların Galaksi merkezi etrafındaki yörünge hızları, Galaksi'nin iç kısımlarından dışına doğru yavaşladığından yıldızlar farklı hızlarda hareket ederler ve buna diferansiyel dönme denir. Açık kümeler için diferansiyel dönme düzeltmesi hesaplanarak, kümelerin ortalama uzay hızı bileşenlerinden çıkartılmıştır. Bu düzeltme yapılmadığı takdirde, Güneş'e göre hızlarda kümelerin Galaktik koordinatlarına bağlı olarak sistematik hatalar görülür. Bunun nedeni, bir kümenin Güneş'e göre uzay hareketi ölçüldüğünde hesaplanan göreceli hızın, kümenin Galaksi merkezine göre bulunduğu noktadaki Galaktik dönmeden bağımsız olmamasıdır. İncelenen açık kümeler büyük bir uzay hacmi içinde yer aldığı için diferansiyel dönme kümelerin kinematiğini etkilemektedir. Diferansiyel dönme yalnızca Galaktik düzlemde etkili olduğundan U ve V uzay hızı bileşenlerine düzeltmeler uygulanmalıdır. Bunun için Mihalas ve Binney'in (1981) eşitlikleri kullanılır:

. (3.14)

. (3.15)

Burada dU ve dV, sırasıyla, U ve V uzay hızlarına uygulanan diferansiyel dönme düzeltmeleri, V_R ve V_T de, sırasıyla, Galaktik diferansiyel dönmeden kaynaklanan radyal hız ve teğet hızdır:

. (3.16)

. (3.17)

Bağıntılardaki, A ve B, Oort sabitleri için Mihalas ve Binney'in (1981) A = 14.8 km sn^{-1} kpc^{-1} ve B = -12.4 km sn^{-1} kpc^{-1} değerleri kullanılmıştır. Burada d_p kümenin Galaktik düzlemdeki izdüşüm uzaklığıdır ve eşitliğiyle hesaplanır. Ayrıca d_{iso}, açık kümeyle Güneş arasındaki uzaklıktır. l ve b ise, sırasıyla, Galaktik boylam ve Galaktik enlemdir.

Galaksimizin dengede ve simetrik bir yapı gösterdiği ve hiçbir tedirginliğin olmadığı varsayımları altında, Galaksi merkezinden Güneş'e kadar uzanan yarıçaptaki (R_{gc} = 8 kpc) çember bir yörüngenin ortalama hızına eşit hızda hareket eden sisteme yerel durağanlık standardı (LSR) denir. Kümelerin LSR değerlerinin belirlenmesinde RAVE gökyüzü tarama verilerini kullanan Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) anakol yıldızlarından elde ettiği değerler kullanılmıştır. Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) yaklaşık 20,000 yıldızdan itibaren elde etmiş olduğu ve tüm popülasyonlara ait LSR değerlerine $(U,V,W)_\odot$ =(8.83±0.24, 14.19±0.34, 6.57±0.21) km sn^{-1} ulaşmıştır. Doktora tez çalışmasında açık kümelerin LSR düzeltmeleri Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) düzeltmeleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Açık kümelerin uzay hızı bileşenlerinin hesabında kullanılan T ve A matrisleri koordinatlara duyarlı olduğundan ve koordinatlardan gelen hata olmadığı ve yalnızca radyal hız (V_R), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve uzaklık (d) parametrelerinden kaynaklanan rastgele ve bağımsız hatalar olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda, uzay hızlarındaki belirsizlikler Johnson ve Soderblom'un (1987) bağıntıları kullanılarak bu hataların yayılımlarından hesaplanmıştır. Bunun için her bir parametreden gelen hata Bağıntı (3.18)'de verilen fonksiyon ile belirlenmiş ve Bağıntı (3.19)'a yerleştirilmiştir:

. (3.18)

. (3.19)

Burada σ, dispersiyon olup hangi hesaplama parametresine ait olduğu alt simgelerle gösterilmiştir. İfadeye çarpan olarak gelen C ise (3.20) eşitliğinde tanımlanan B matrisinin karesi alınarak elde edilmiştir:

. (3.20)

Yıldızların toplam uzay hızı (S) ve toplam uzay hızlarındaki belirsizlik (S_{hata}), sırasıyla, uzay hızı bileşenlerinin ve her bir uzay hızı bileşeninin hataları (U_{hata}, V_{hata}, W_{hata}), hataların yayılma prensibine göre, Bağıntılar (3.21) ve (3.22) eşitlikleriyle hesaplanmıştır:

. (3.21)

. (3.22)

Doktora tezi kapsamında incelenen açık kümelerin Galaktik popülasyon türlerinin belirlenmesinde kinematik kriterler ile popülasyon ayrımı yapan Bensby ve diğ.'nin (2003) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, Güneş civarında bulunan farklı türden nesnelerin Galaktik popülasyon türlerini ayırt etmek için bir yaklaşım sunmaktadır. Bensby ve diğ. (2003) Güneş civarındaki ince disk yıldızlarından oluşan yıldız örnekleri içindeki kalın disk ve halo yıldızlarını tanımlanması için tasarlanmış bir teknik geliştirmiştir. Bu yöntem, ince disk, kalın disk ve halo popülasyonları için $(U, V, W)_{LSR}$ olarak gösterilen uzay hızı bileşenlerinin Gauss dağılımları sergilediği varsayımına dayanır:

(3.23)

Bu bağıntıda verilen f_i değeri bir nesnenin ince disk, kalın disk ve halo popülasyonlarının uzay hızı bileşenleri için olasılık yoğunluk fonksiyonlarını temsil etmektedir. Bağıntıdaki U_{LSR}, V_{LSR} ve W_{LSR} yıldızların uzay hız bileşenlerini, σ_U, σ_V ve σ_W, her popülasyon için ilgili hız dağılımlarının dispersiyonlarını ve v_i ise her bir popülasyonun asimetrik sürüklenmesini temsil etmektedir. Bu yöntem, Samanyolu yakınındaki yıldızların bağlı bulundukları popülasyon türlerine göre tanımlanmasına ve sınıflandırılmasına olanak tanıyarak Samanyolu Galaksisi'nin çeşitli yıldızlarına ilişkin anlayışı geliştirir. Bağıntı (3.23)'de verilen parametreler ilgili Galaktik popülasyonlar için yazıldığında Bağıntı (3.24) elde edilir.

(3.24)

Doktora tez çalışmada incelenen açık kümelerin Samanyolu Galaksisi popülasyon türünü belirlemek için Bağıntı (3.25)'de elde edilen olasılık değerleri her bir popülasyonun Güneş civarındaki görülme olasılıkları (X) ile çarpılır. Burada X, Güneş civarındaki nesnelerin popülasyon oranlarını gösteren bir katsayıdır. Bunlar ince disk (D), kalın disk (TK) ve halo (H) için, sırasıyla, $X_D = 0.9385$, $X_{TD} = 0.06$ ve $X_H = 0.0015$'tir (Robin ve diğ., 1996; Buser ve

diğ., 1999). Kalın diskin, ince disk ve haloya göre göreceli olasılıkları aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır:

(3.25)

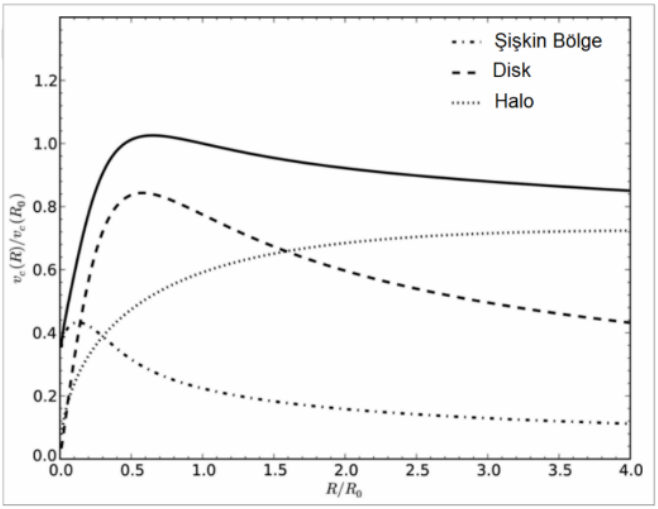
Bensby ve diğ. (2005) $TD/D \leq 0.1$ olan yıldızları yüksek olasılıklı ince disk nesneleri olarak kabul etmiştir. Buna göre, çalışmada seçilen nesnelerin ince diske üye olma olasılığı kalın diske üye olma olasılığının on katıdır. Benzer şekilde $TD/D > 10$ olan nesnelerin de yüksek olasılıklı kalın disk ve halo nesnesi olarak varsayılmıştır. Arada kalan $0.1 < TD/D \leq 1$ ve $1 < TD/D \leq 10$ gruplarını da, sırasıyla, düşük olasılıklı ince disk ve düşük olasılıklı kalın disk nesnesi olarak kabul etmişlerdir. Bensby ve diğ. (2005) ince ve kalın disk nesneleri için $TD/D > 1$'i gerekli bir koşul olarak önermektedirler.

3.7 DİNAMİK YÖRÜNGE ANALİZLERİ

Galaksi merkezi etrafında dolanan açık kümeler, uzun yaşam süreleri boyunca çevresel kütleçekimsel etkiler ile karşılaşırlar. Bu etkileşimler sonucunda yıldızlar ve kümelerin uzay hızlarında ve Galaktik yörünge parametrelerinde zaman ile değişimler meydana gelir. Açık kümeler doğdukları bölgelerden uzaklaşabilir ve konumları Galaktik ölçekte farklılaşabilir. Bu çerçevede doktora tez çalışmasında Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal evrim sürecini inceleyen özellikle metal bolluğu gradyentlerinin (radyal ve dikey yöndeki dağılımlarının) analizinde, açık küme yörüngelerinin ve bu yörüngelerin zaman içindeki değişimlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, yörünge hesaplamalarında Bovy (2015) tarafından geliştirilen ve Python programlama dili ile yazılmış olan GALPY kütüphanesinden faydalanılmıştır. GALPY, temel olarak Python'un bilimsel arşivinde yer alan *numpy*, *scipy* ve *matplotlib* gibi kütüphaneleri kullanır. Kütüphanenin merkezinde Galaktik potansiyel modelleri ve bu potansiyeller altında hesaplanan yörüngeler yer alır. GALPY, farklı potansiyel yapılarını desteklemenin yanı sıra, kullanıcıların bu potansiyelleri ihtiyaçlara göre özelleştirebileceği çeşitli fonksiyonlar da sunar. Bu yönüyle GALPY, Galaktik dinamikler üzerine yapılan hesaplamalar için esnek ve kapsamlı bir araçtır. GALPY kapsamında, Galaktik dönme hızı ve Güneş'in Galaksi merkezine olan uzaklığı sırasıyla 220 km sn^{-1} ve 8 kpc olarak alınmaktadır (Bovy, 2015; Bovy ve Tremaine, 2012).

Bunun yanı sıra GALPY kütüphanesi içerisindeki potansiyel modeller altında tanımlanan yörüngeler zamanın bir fonksiyonu olarak detaylı bir şekilde analiz edilebilmekte ve

kullanıcı isteğine bağlı olarak çeşitli biçimlerde oluşturulabilmektedir. Yörüngelerin dağılımları bu analizler aracılığıyla elde edilirken, GALPY'nin galpy.potential modülü içerisinde yer alan *MWPotential2014* modeli, Samanyolu Galaksisi'nin kütleçekim potansiyelini temsil etmek amacıyla geliştirilmiş standart bir seçenektir. Bu model Samanyolu Galaksisi'nin güncel gözlemsel verilerine dayanarak oluşturulmuş ve Galaktik bileşenlerin dinamik özelliklerini temsil edecek şekilde parametrik olarak fit edilmiştir (Şekil 3.4). *MWPotential2014*, düz bir dönme eğrisi varsayımıyla birlikte sonsuz kütleye sahip bir sistem tanımladığından, bu potansiyel içerisindeki cisimlerin sistemden kaçışı mümkün değildir. Ayrıca modelde kullanılan temel parametreler Tablo 3.2'de listelenmiştir.



Şekil 3.4: *MWPotential2014* modeline dayalı olarak Galaksi bileşenleri için elde edilen dönme eğrileri Bovy (2015) tarafından sunulmuştur. Bu eğrilerde yatay eksen, Galaksi merkezi ile Güneş arasındaki uzaklık temel alınarak normalize edilmiş yarıçapı; dik ekseni ise, Güneş'in dairesel hızı dikkate alınarak normalize edilmiş biçimde, Galaktik merkezden uzaklığa bağlı dairesel hızları temsil etmektedir.

Tablo 3.2: Samanyolu Galaksisi için *MWPotential2014* modelinde kullanılan parametre seti.

Parametre	**Değer**	**Aralık**
R_0 (kpc)	8	
v_c **(**R_0**)** (km sn^{-1})	220	
f_b	0.05	
f_d	0.60	
f_h	0.35	
Şişkin bölge için güç kanunu katsayısı	-1.8	
Şişkin bölge için kesilme yarıçapı (kpc)	1.9	
a (kpc)	3.0	
b (pc)	280	
Halo için r_s (kpc)	16	
σ_b (km sn^{-1})	109	117±15

$F_Z(R_0,1.1\text{kpc})$ $(2\pi GM_\odot\,\text{pc}^{-2})$	72	67±6
$\Sigma_{vis}(R_0)$ $(M_\odot\,\text{pc}^{-3})$	53	55±5
F_Z uzunluk ölçeği (kpc)	3.2	2.7±0.1
$\rho(R_0,z=0)$ $(M_\odot\,\text{pc}^{-3})$	0.10	0.10±0.01
$(\ln v_c / \ln R)\|_{Ro}$	-0.10	-0.2 – 0
$M(r<60\text{ kpc})$ $(10^{11}\,M_\odot)$	4.1	4.0±0.7
M_b $(10^{10}\,M_\odot)$	0.5	
M_d $(10^{10}\,M_\odot)$	6.8	
R_d (kpc)	2.6	
ρ_{DM} (R_o) $(M_\odot\,\text{pc}^{-3})$	0.008	
M_{vir} $(10^{12}\,M_\odot)$	0.8	
r_{vir} (kpc)	245	
Yoğunlaşma	15.3	
v_{esc} (R_0) (km sn^{-1})	513	

Galpy kütüphanesi bünyesinde kullanılan *MWPotential2014* modeli, Samanyolu Galaksisi'nin potansiyel yapısını temsil ederken, Galaksi'nin şişkin bölgesi için Hernquist (1990) tarafından tanımlanan potansiyel kullanılır.

(3.26)

Bu bağıntıda r_1 ve r_c, sırasıyla, şişkin bölgenin karakteristik yarıçapı ve kesim yarıçapı olarak tanımlanır. A kütle yoğunluğu biriminde potansiyelde kullanılan genliği ifade ederken r de incelenen astrometrik nesnenin Galaksi merkezinden olan uzaklığını gösterir. Samanyolu Galaksisi'nin disk bileşenini tanımlamak amacıyla ise Miyamoto ve Nagai (1975) tarafından geliştirilen aşağıdaki potansiyel fonksiyonu kullanılmaktadır.

(3.27)

Bağıntıdaki R_{gc} yıldızın Galaksi merkezinden uzaklığı; z, yıldızın Galaktik düzleme dik doğrultudaki uzaklığı; G, evrensel çekim sabiti; M_d, disk kütlesi; a_d ve b_d, sırasıyla, Galaktik diskin uzunluk ve yükseklik ölçeği olarak tanımlanmıştır.

Doktora tez çalışmasında Galaksinin halo bileşeni için Navarro, Frenk ve White'ın (1996) potansiyel bağıntısı kullanılmıştır.

(3.28)

Burada, M_s ve r_s, sırasıyla Samanyolu Galaksisi'nin karanlık madde halosunun kütlesini ve yarıçapını ifade etmektedir. Samanyolu Galaksisi'nin temel bileşenleri için kabul edilen tüm potansiyeller Bovy (2015) tarafından *MWPotential2014* modelinde verilmektedir.

MWPotential2014 modelinde Samanyolu Galaksisi merkezi etrafında dönen her açık kümenin yörünge parametreleri, 1 Myıl aralıklar ile toplam 10 Gyıl boyunca takip edilen yörüngelerinden elde edilmiştir. Açık kümelerin Galaktik yörünge parametrelerinin kapalı bir yörünge oluşturması için 10 Gyıl gibi uzun bir dönem üzerinden analiz yapılmıştır. Bu hesaplamanın ardından bir açık kümenin Galaktik yörüngesine ilişkin yörünge parametreleri, peri-galaktik ve apo-galaktik mesafeleri (R_p ve R_a), kümenin Galaktik düzlem üzerindeki yörünge basıklığını (e_p) ve Galaktik düzleme dik ulaşabileceği maksimum uzaklığıdır (Z_{max}). Açık küme yörüngelerinin Galaksi merkezine olan ortalama uzaklıkları (R_m), kümelerin peri-galaktik ve apo-galaktik mesafelerin aritmetik ortalamasıyla hesaplanmıştır.

Galaktik yörünge parametrelerinin hesaplamasında kullanılan bir başka önemli nicelik de rehber yarıçaptır ($R_{guiding}$, Guiding radius). Bu parametre bir yıldız ya da açık kümenin yörüngesindeki açısal momentumu koruyan ideal dairesel yörüngenin yarıçapı olarak tanımlanmaktadır (Sellwood ve Binney 2002; Daniel ve diğ., 2009). Rehber yarıçap bir kümenin açısal momentumunu temsil eden sabit bir yörünge yarıçapıdır ve bu parametrenin doğrudan ölçülmesi kümenin yörünge dinamiği ve Galaksi içindeki radyal göç süreci hakkında bilgiler sağlar. Bir başka deyişle bir açık kümenin yörüngesine ilişkin küçük salınımlar gösteren hareketleri dikkate alınmazsa, bu hareketlerin ortalamasına karşılık gelen sabit yarıçap olarak da bilinmektedir.

3.8 KİMYASAL EVRİM MODELİ

3.8.1 Basit Kimyasal Evrim Modeli

Basit kimyasal evrim modeli Samanyolu Galaksisi'nin tek bir gaz bulutundan oluştuğunu ve bu bulut içerisindeki gazın belirli bir verimlilikle yıldızlara dönüştüğünü varsayar. Model yıldızların yaşam döngüsünü tamamladıktan sonra, sentezlenen ağır metalleri tekrar ortama salarak bu ilksel bulutu zenginleştirdiğini kabul eder. Zaman ile metalce zenginleşen bu gazdan yeni yıldızların oluştuğu öngörülür. Model dış çevreyle herhangi bir madde alışverişi (gaz girişi-çıkışı) olmadığını varsaydığı için kapalı kutu olarak adlandırılmıştır (van den Bergh ve diğ., 1958; Salpeter ve diğ., 1959; Schmidt ve diğ., 1959; Talbot ve Arnett, 1971).

Basit kimyasal evrim modeli, Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal evrim modelleri arasında en temel yaklaşımdır. Bu nedenle daha karmaşık yapıya sahip modellerin başarısını değerlendirmek için karşılaştırmalı analizlerde halen sıkça kullanılmaktadır. Metal

bakımından fakir bir bulutun zaman ile zenginleşme sürecini tanımlarken, model toplam gaz kütlesi (M_g), yıldız kütlesi (M_*) ve metalce zengin gazın kütlesi (M_Z) olmak üzere üç temel parametre üzerine tasarlanmıştır. Toplam gaz kütlesi, ağır element içeriğini de kapsadığı için modeldeki metal bolluğu Bağıntı (3.29) ile tanımlanmaktadır.

(3.29)

Modelin temel varsayımlarından biri olan ani karışım varsayımı (*Instantaneous Recycling Approximation – IRA*) bu aşamada kullanılmaktadır. Bu varsayıma göre yıldızlararası ortamda gerçekleşen gaz dönüşüm süreçleri oldukça karmaşık olmalarına rağmen, eş zamanlı ve ani biçimde gerçekleştiği kabul edilir. Böylece modelin sayısal çözümü basitleştirilir ve uygulanabilirliği artırılır (Talbot ve Arnett, 1971; Tinsley ve diğ., 1980).

Herhangi bir zaman aralığında şu süreçlerin gerçekleştiği varsayılır: (*i*) Gazın bir kısmı yıldızlara dönüşür. (*ii*) Ömrünün sonuna gelmiş yıldızlar öldüklerinde, sentezlenen elementler tekrar gaz ortamına salınarak ortamı zenginleştirir. (*iii*) Bir kısım gaz ise bu yıldızların yaşam süreleri boyunca sistemden ayrılmaz ve yıldız içinde kalır. IRA varsayımı bu karmaşık fiziksel döngüyü ani ve tek aşamalı bir işlem gibi kabul ederek, modelin sayısal basitliğini korumayı sağlar. Bu kabul altında toplam gaz kütlesinin yıldızlara dönüşümü aşağıdaki bağıntıyla ifade edilir.

(3.30)

Ancak metalce zengin gazın evrimi, toplam gaz miktarının değişiminden daha karmaşıktır. Çünkü metal içeren gaz kütlesi iki farklı sürecin etkisiyle değişir:

1) Yıldız oluşumuyla bu zengin gazın bir kısmı kaybedilir:

(3.31)

2) Ölen yıldızların ortama metal katkısı yapmasıyla bu gaz yeniden artar:

(3.32)

Buradaki p, yıldızların gaz miktarını ne derece metalce zenginleştirdiğini gösteren bir parametredir. Literatürde genellikle $p \approx 0.035$ değeriyle temsil edilmektedir (Tinsley ve diğ.,

1980). Tüm bu süreçler dikkate alındığında, basit kimyasal evrim modeli çerçevesinde metal içeriği zaman ile değişen gaz kütlesi aşağıdaki gibi tanımlanır:

(3.33)

Bu iki terim yerine konulduğunda:

(3.34)

Basit kimyasal evrim modeli kapsamında gazın yıldızlara dönüşümü:

(3.35)

olarak ifade edildiğinden, Bağıntı (3.34) ile birlikte ele alındığında, toplam metal kütlesinin değişimi şu şekilde yeniden yazılabilir:

(3.36)

parametresi de aşağıdaki Bağıntı ile ifade edilebilir.

, (3.37)

elde edilir. Bu bağıntı, basit kimyasal evrim modelinde gazın ağır elementlerce zenginleşme süreci anlamına gelir. Basit kimyasal evrim modelinde p=0.035 değeriyle dağılım elde edildiğinde, ağır element bolluğunun tepe noktası [M/H]=0.76 dex olarak bulunmaktadır. Hesaplanan bu değer günümüzdeki ağır metal bolluk değerinin yaklaşık altı katıdır. Model, Samanyolu Galaksisi'ndeki yıldız etkileşimleri ve oluşan zenginleşmeyi dikkate almadığı için yaklaşım günümüz değerine uzak kalmaktadır.

3.8.2 İkili Çökme Modeli

Chiappini ve dig. (1997) tarafından literatüre kazandırılan ikili çökme modeli, Samanyolu Galaksisi'nin kalın disk ve ince disk bileşenlerinin oluşumunu, iki ayrı gaz çökmesi süreciyle açıklayan iki aşamalı bir kimyasal evrim modelidir (Chiappini ve diğ., 1997; Spitoni ve diğ., 2009; Palla ve diğ., 2020). Model, süreci yalnızca tek evreyle sınırlamayıp, farklı zaman ölçeklerinde ve hızlarda gerçekleşen iki ayrı gaz çökme evresiyle açıklamaktadır. Böylelikle ikili çökme modeli klasik tek evreli modellerden ayrılarak, yıldız oluşum geçmişini daha

ayrıntılı biçimde ele alır. Modelin temel varsayımı, ilk gaz çökme evresinin kalın diskin oluşumuna, ikinci ve gecikmeli olan çökme evresinin ise ince diskin oluşumuna yol açtığına dayanır. Modelin öne çıkan bir diğer yönü, yıldız oluşumunun sürdürülebilmesi için ortamda belirli bir minimum gaz miktarının bulunması gerektiğini kabul etmektedir. Bu eşik değer, aynı zamanda iki ayrı çökme evresinin birbirinden ayrılarak modellenmesini sağlayan temel varsayımlardan biridir. Galaksi diski, her biri yaklaşık 2 kpc genişliğinde eş-merkezli halkalar olarak modellenmiş ve bu halkaların birbirinden bağımsız olarak evrim geçirdiği varsayılmıştır. Başka bir deyişle modelde halkalar arasında herhangi bir radyal gaz akışı ya da karışımı gerçekleşmemektedir. Her bir halka yalnızca ilk oluşum anında başlayarak zaman ile değişen oranlarda ilksel gaz birikimiyle beslenmektedir; bu akışın zaman profili ise bölgeye özgü çökme zaman ölçekleriyle tanımlanmaktadır.

Modelde tanımlanan ilk çökme evresi, görece kısa bir zaman ölçeğinde Samanyolu Galaksisi'nin halo bileşeninin, şişkin bölgenin ve kalın disk yapısının oluşumunu ifade etmektedir. Bu evrenin sona ermesiyle birlikte başlayan ikinci çökme evresinde ise ince diskin daha uzun bir süre boyunca evrimleştiği kabul edilmektedir. Bununla birlikte, çökmenin içten dışa doğru gerçekleştiği varsayılmakta ve Samanyolu Galaksisi'nin iç bölgelerinin, dış bölgelere göre metalce zengin olması gerektiği öne sürülmektedir. Bu yaklaşım disk boyunca gözlenen metal bolluğu gradyentini açıklamada temel teşkil etmektedir. İkili çökme modelinde iki ayrı yığılma süreci, çift üstel (ikili eksponansiyel) fonksiyon aracılığıyla tanımlanmakta ve bu sayede zamana (t) ve Galaksi merkezinden olan uzaklığa (r) bağlı olarak kimyasal bollukların evrimi ifade edilmektedir (Chiappini ve diğ., 1997).

(3.38)

Galaktik kimyasal evrim modellerinde, bir kimyasal elementin zaman ile değişen kütle oranı, yıldız oluşumu, yıldızlardan geri dönüşüm ve dış ortamdan gelen madde akışı gibi süreçlerle tanımlanır.

$G_i(R,t)$ Galaksi merkezinden R uzaklığında ve t zamanında, i kimyasal elementinin gaz halindeki toplam kütle içindeki oranını temsil eder. Bu oranın zaman ile değişimi aşağıdaki diferansiyel bağıntıyla ifade edilir:

(3.39)

Bu bağıntıda $\psi(R,t)$ yıldız oluşum hızını (star formation rate, SFR) ifade eder.
$X_i(R,t)$ yıldızlararası ortamda (interstellar medium, ISM) bulunan i elementinin kütlece oranını;
$R_i(R,t)$ ise ömrünü tamamlayan yıldızlar tarafından ISM'ye geri kazandırılan kütle miktarını temsil etmektedir. $G_{i,inf}(R,t)$ terimi, ilgili halkaya dış ortamdan düşen gazın çökme hızını tanımlar.

Modelde yıldız oluşum hızı, gözlemsel olarak iyi desteklenen Schmidt-Kennicutt yasasıyla tanımlanmaktadır (Schmidt, 1959; Kennicutt, 1998). Bu yasa, yıldız oluşum hızının, gaz yoğunluğunun bir kuvvetine bağlı olduğunu öngörmektedir.

(3.40)

Burada $\sigma_{gas}(R,t)$ gaz yüzey yoğunluğunu, k=1.5 ise güç yasasına ait üstel katsayıyı ifade etmektedir. ν, yıldız oluşum verimliliğini temsil eder ve genellikle Gyıl^{-1} birimindedir. Bu parametre Galaktik yarıçap R'ye bağlı olarak değişken tanımlanabilir; bu yaklaşım, Galaksi diskinin içten dışa doğru oluşum senaryosunu hesaba katmak amacıyla tercih edilmektedir.

İki aşamalı çökme modeline göre (Chiappini ve diğ., 1997; 2001), ilk gaz çökme evresi görece kısa bir zaman ölçeğinde ($\tau_1 \approx 1$ Gyıl) gerçekleşmekte ve bu evrenin Galaksi'nin kalın disk bileşeninin oluşumundan sorumlu olduğu kabul edilmektedir. Bu süreci, daha uzun zaman ölçeklerine yayılan ikinci ve gecikmeli bir çökme evresi izlemekte olup bu evre Galaksi'nin ince disk bileşeninin oluşumunu ifade eder. İnce diske ilişkili zaman ölçeği $\tau_2(R)$ genellikle Galaksi merkezinden uzaklık arttıkça uzayan bir profil sergiler. Bu durum,

Samanyolu Galaksisi'nin içten dışa oluşum hipoteziyle uyumludur (Matteucci ve Francois, 1989; Romano ve diğ., 2000).

Kalın disk oluşumunun tamamlanmasıyla ince disk oluşumunun başlaması arasındaki süre, literatürde t_{max} olarak ifade edilmektedir. Palla ve diğ. (2020) ile Spitoni ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda, bu zaman aralığı tipik olarak $t_{max}\approx3.25$ Gyıl olarak kabul edilmektedir.

Bu çerçevede bir kimyasal element *i* için gaz çökme hızı şu şekilde ifade edilmektedir:

(3.41)

Burada, $X_{i,inf}$ çöken gazın ilksel (pristine) kimyasal bileşimini temsil etmektedir.
$\theta(t-t_{max})$ ise ikinci çökme evresini yalnızca $t=t_{max}$ zamanından sonra başlatan Heaviside basamak fonksiyonu olarak tanımlanır. Heaviside basamak fonksiyonu matematikte ve astrofiziksel modellendirmelerde bir olayın belirli bir andan itibaren etkinleşmesini modellemek için kullanılan parça-parça tanımlı özel bir fonksiyondur.

$A(R)$ ve $B(R)$ katsayıları ise modelin gözlemsel veriler ile uyumlu olabilmesi için bazı gözlemsel kısıtlamalar ile belirlenir.

Günümüz zamanı olan t_0 anında, kalın ve ince disk bileşenlerinin yüzey yoğunluğu profillerinin üstel bir dağılım izlediği varsayılmaktadır. Bu dağılımlar aşağıdaki biçimde ifade edilir:

(3.42)

Genel olarak, $R_{kalın}$ ve R_{ince} değerleri birkaç kpc mertebesindedir; örneğin, kalın disk için yaklaşık 2.3 kpc, ince disk için ise yaklaşık 3.5 kpc olarak kabul edilmektedir. Merkezi yüzey yoğunluklarını temsil eden $\Sigma_{0,kalın}$ ve $\Sigma_{0,ince}$, parametreleri, disklerin başlangıçtaki kütle dağılımını tanımlamada kullanılır.

Doktora tez çalışmasında merkezi ince disk yüzey kütle yoğunluğu için $\Sigma_{0,ince}=53.1\ M_{\odot}\,pc^{-2}$ ve kalın disk yüzey kütle yoğunluğu için de $\Sigma_{kalın}$ (8 kpc)$=12\ M_{\odot}\,pc^{-2}$ değerleri kabul edilmiştir.

Palla ve diğ. (2020) tarafından önerilen bu parametreler, R=8 kpc yarıçapında $\Sigma_{ince}(8\,\mathrm{kpc})\approx 54\,M_{\odot}\,\mathrm{pc}^{-2}$ sonucunu vermekte ve bu değer Bovy ve Rix (2013) ile Read (2014) tarafından önerilen sonuçlar ile tutarlılık göstermektedir. Ayrıca Spitoni ve diğ. (2020) ile uyumlu olacak şekilde, 8 kpc'de ince/kalın disk yüzey yoğunluğu oranı yaklaşık olarak dört bulunur.

Birinci ve ikinci fazlara ait gaz çökme hızları zaman boyunca tüm evreler için entegre edilerek, elde edilmek istenen son yüzey kütle yoğunluklarıyla eşleştirildiğinde, $A(R)$ ve $B(R)$ fonksiyonları için uygun normalizasyon katsayıları elde edilir. Özellikle, $A(R)$ katsayısı; $\dot{G}_{i,inf}(R,t)$ ifadesinin t=0 ile t_0 arasındaki zaman aralığında ancak $t > t_{max}$ sonrası ikinci çökme katkısı dışlanarak bütünleştirilmesi sonucunda, toplam kütlenin günümüzdeki kalın disk dağılımıyla uyuşmasını sağlayacak şekilde belirlenir. Benzer şekilde $B(R)$ katsayısı da; t_{max} ile t_0 arasındaki zaman aralığında yalnızca ikinci çökme katkısı üzerinden yapılan integrasyon sonucunda, ince diskin güncel kütle profiline uygun olacak biçimde tanımlanır. Bu kısıtlamalar modelin t_0 zamanında gözlenen ince ve kalın disk kütle dağılımlarını başarıyla yeniden üretmesine olanak tanır.

4. BULGULAR

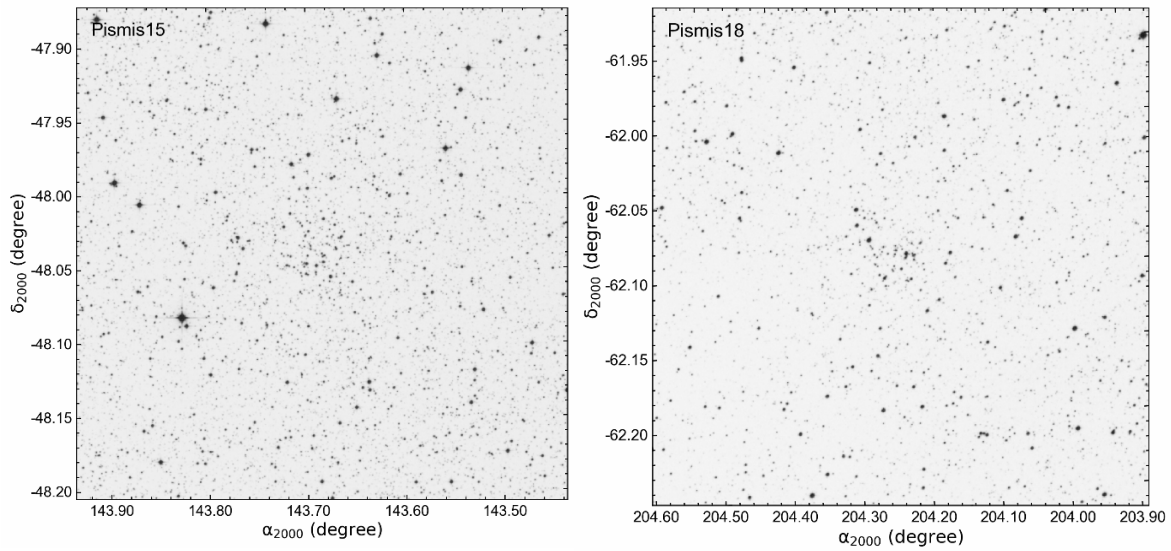
4.1. AÇIK KÜME ANALIZLERI

Doktora tez çalışması kapsamında *Gaia* DR3 veri sürümünden (Gaia işbirliği, 2023) elde edilen yüksek hassasiyetli astrometrik, fotometrik ve tayfsal veriler ile literatürde metal bolluğu tayfsal olarak belirlenmiş 504 açık kümenin yapısal, kinematik ve dinamik özellikleri analiz edilmiştir. Her bir açık kümenin ekvatoral koordinat sisteminde tanımlı merkezi konumundan itibaren küme doğrultusundaki yıldızların öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ), trigonometrik paralaksları (ϖ), radyal hız değerleri ve *Gaia* fotometrik bantlarındaki parlaklıkları (G, G_{BP}, G_{RP}) derlenerek yıldız katalogları oluşturulmuştur. Bu kataloglar, açık küme doğrultusundaki yıldızların konumsal ve astrofiziksel özelliklerine ilişkin kapsamlı bir veri seti sunmaktadır. Kümelere ait merkezi koordinatlar, Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) tarafından belirlenen literatür verilerine dayanmaktadır. Küme üyelik analizleri sonucunda üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olarak belirlenen yıldızlar, kümelerin en olası üyeleri olarak kabul edilmiştir. Bu yıldızlar içinde yaklaşık G görünen parlaklıkları G=14 kadirden daha parlak yıldızların radyal hız ölçümleri kullanılarak açık kümelerin ortalama radyal hızları hesaplanmıştır. Ayrıca *Gaia* DR3 verileriyle belirlenen ekvatoral koordinatları, ortalama öz hareket bileşenleri, ortalama uzaklıkları ve tayfsal verilerden belirlenen ortalama radyal hızlardan itibaren incelenen açık kümelerin Galaksi merkezinden uzaklıkları, Galaktik uzay hız bileşenleri ve Galaktik yörünge parametreleri tayin edilmiştir.

Doktora tez çalışması kapsamında analiz edilen açık kümeler için uygulanan işlemler benzer adımlar içerdiğinden ve çalışmada gereksiz tekrar ile fazladan yer kullanımına yol açacağından, yöntemsel süreçler yalnızca temsil amacıyla seçilen, göreceli olarak, biri yaşlı (Pismis 15), diğeri genç (Pismis 18) iki açık küme üzerinden ayrıntılı olarak sunulmuştur. Seçilen iki açık kümenin metal bolluklarının belirlenmesinde en az 20 yıldızdan elde edilen tayfsal ölçümler kullanılmıştır. Diğer açık kümelere ait analizler aynı yöntem izlenerek gerçekleştirilmiş ve bu kümelere ilişkin elde edilen temel sonuçlar tez çalışmasının EKLER bölümünde tablo halinde verilmiştir. İncelenen açık kümelerin literatürde bilinen uzaklıkları ve açısal büyüklükleri dikkate alınarak oluşturulan görüntüleri, *Galgrp_chartstsci.py* adlı yazılım aracılığıyla elde edilmiştir. Doktora tezi kapsamında kullanılan *Galgrp_chartstsci.py* scripti, STScI Digital Sky Survey (DSS) verileri aracılığıyla incelenen açık kümenin merkezi

koordinatlarıyla kullanıcı tarafından gökyüzündeki açısal uzanımına dayalı olarak kümenin elektromanyetik tayfın optik bölgesindeki görüntüsünü elde etmeye yönelik bir araçtır. Program giriş parametresi olarak sağlanan ekvatoral koordinatlar (α, δ) ve yay dakikası birimindeki gökyüzü alan genişliğine göre belirlenen bölgenin görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bu kod sayesinde incelenen açık küme doğrultusundaki yıldız alanının gökyüzü görüntüsü elde edilir.

Örnek olarak seçilen iki açık kümenin (Pismis 15 ve Pismis 18) merkezi ekvatoral koordinatları Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) tarafından yayımlanan katalogdan alınmış ve 40′×40′ açısal boyutlarındaki görüntüleri oluşturulmuş ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Doktora tezi kapsamında analizleri gerçekleştirilen diğer açık kümeler için seçilen gökyüzü alan büyüklüğü ise kümelerin Güneş'e olan uzaklıklarına göre 20′ × 20′ veya 40′ × 40′ olacak şekilde tercih edilmiştir.

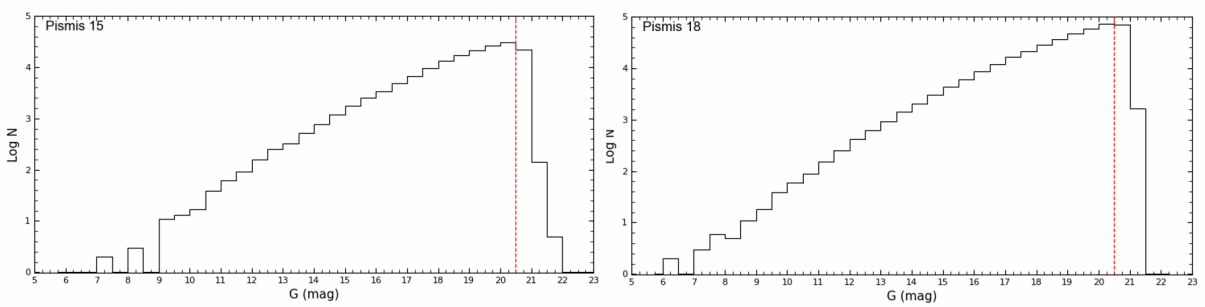


Şekil 4.1: Seçilen Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümeleri doğrultusundaki 40′×40′ yay dakikası boyutlarındaki gökyüzü görüntüleri. Görsellerde kuzey yönü üstte, doğu yönü ise solda olacak şekilde hizalanmıştır.

Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin fotometrik tamlık sınırlarının belirlenebilmesi için *Galgrp_vizier.py* programı kullanılarak *Gaia* DR3 kataloğundan (Gaia işbirliği, 2023) iki kümenin 40′ yarıçaplı gökyüzü bölgelerinde yer alan yıldızlarının *Gaia* fotometrik verileri kullanılmıştır. Kataloglar incelendiğinde Pismis 15 için $7 < G \leq 21$ kadir aralığında 162,445 ve Pismis 18 için de $7 < G \leq 21$ kadir aralığında 390,799 yıldıza ulaşılmıştır.

Fotometrik tamlık sınırının belirlenmesinde, incelenen kümenin merkezi ekvatoral koordinatından itibaren seçilen yarıçap içinde kalan yıldızların *G* bandındaki parlaklık aralıklarına göre yıldız sayı histogramları oluşturulmuştur. Histogramlarda yıldız sayılarının *G*=20.5 kadire kadar artış gösterdiği, bu değerin ötesinde ise hızlı bir azalma eğilimine geçtiği gözlenmiştir. Bu nedenle her iki küme doğrultusundaki kaynaklar için *G*=20.5 kadir parlaklığı sönük parlaklık limiti olarak kabul edilmiştir. Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerine ait parlaklık histogramları ve belirlenen limit değerleri Şekil 4.2'de gösterilmiş olup kırmızı noktalı çizgiler kümelerin sönük limit parlaklıklarını göstermektedir.

Küme alanlarında tespit edilen yıldızların *Gaia* fotometrik sistemindeki parlaklık ve renk indeksi (G, G_{BP}-G_{RP}) hataları G görünen parlaklık aralıklarına göre Tablo 4.1'de listelenmiştir. İki kümenin *Gaia* görünen parlaklık ve renk indekslerinin ortalama hataları sönük limit parlaklıklarına (*G*=20.5 kadir) göre incelendiğinde ortalama hataların Pismis 15 ve Pismis 18 için, sırasıyla, G bandında yaklaşık 0.01 kadir, G_{BP}-G_{RP} renk indekslerinde de 0.08 ile 0.07 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2: G bandında Pismis 15 (sol panel) ve Pismis 18 (sağ panel) kümelerine ait yıldızların parlaklık dağılımı. Kırmızı kesikli çizgi, fotometrik tamlık sınırını göstermektedir.

Tablo 4.1: Görünen *G* parlaklığına göre hesaplanan ortalama fotometrik hataları. *N*, *G* parlaklık aralığına düşen yıldız sayısını göstermektedir.

	Pismis15			**Pismis18**		
G	***N***	σ_G	$\sigma_{GBP-GRP}$	***N***	σ_G	$\sigma_{GBP-GRP}$
(8, 12]	43	0.003	0.006	118	0.003	0.006
(12, 14]	684	0.003	0.006	688	0.003	0.006
(14, 15]	442	0.003	0.005	1154	0.003	0.005
(15, 16]	969	0.003	0.006	2375	0.003	0.007
(16, 17]	1801	0.003	0.009	4653	0.003	0.011
(17, 18]	3651	0.003	0.015	8994	0.003	0.020
(18, 19]	7088	0.003	0.030	15832	0.003	0.047
(19, 20]	11126	0.004	0.070	25695	0.004	0.098
(20, 21]	15287	0.009	0.190	39650	0.009	0.220
(21, 22]	1490	0.025	0.400	7250	0.022	0.440

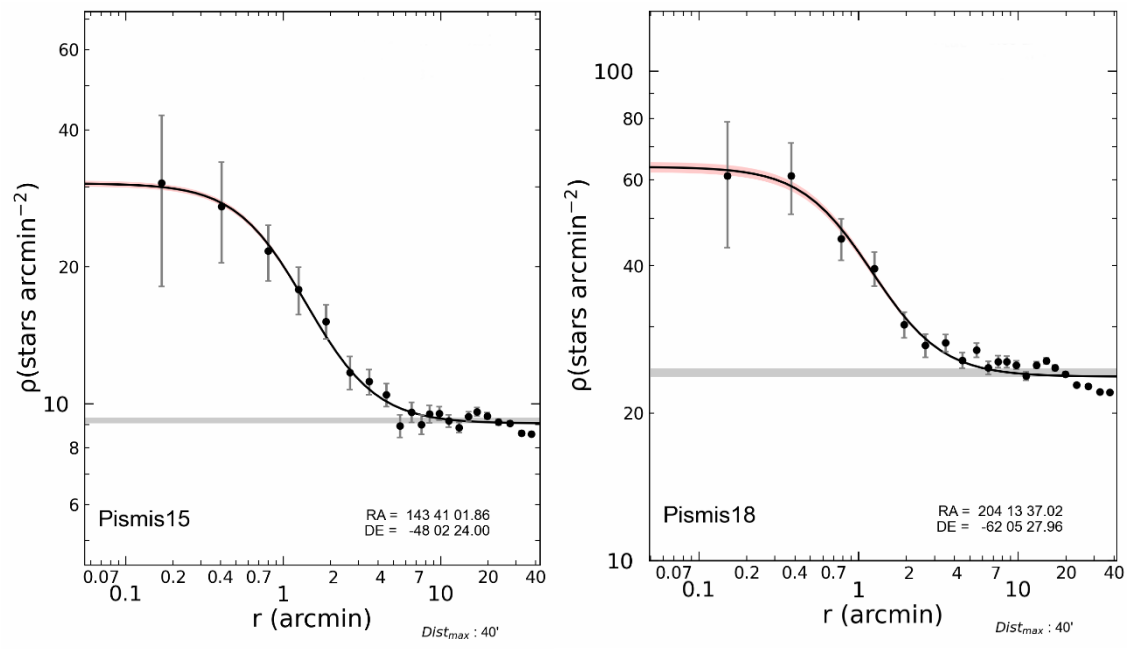
4.2. AÇIK KÜMELERIN YAPISAL PARAMETRELERI

Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin yapısal parametrelerinin belirlenmesinde *Galgrp_rdp.py* programı kullanılmıştır. Bu kapsamda küme merkezinden itibaren r = 40 yay dakikalık bir gökyüzü alanını kapsayan katalog verilerindeki yıldızların fotometrik G parlaklıkları değerlendirilerek, radyal yıldız yoğunluk profilleri elde edilmiştir. Küme merkezinden farklı yarıçaplarda tanımlanan daireler içerisindeki yıldız sayıları (N) hesaplanmış, ardından bu değerler ilgili halka alanlarına bölünerek yıldız sayı yoğunlukları $\rho(r)$ türetilmiştir. Farklı yarıçaplara karşılık gelen yıldız yoğunlukları Şekil 4.3'te gösterilen düzlemde işaretlenmiş, böylece Pismis 15 ve Pismis 18 kümeleri için yıldız yoğunluk profilleri oluşturulmuş ve bu profillere King (1962) modeli uyarlanmıştır. Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin yapısal parametrelerini tayin etmek için kabul edilen merkezi koordinatlardan itibaren (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020) farklı büyüklükte (1, 2, 3… yay dakikalık) seçilen ardışık dairesel bölgeler içinde kalan yıldız sayıları belirlenmiştir. Daha sonra yıldız sayıları ardışık daireler arasında kalan alanlara oranlanmak suretiyle yıldız sayı yoğunlukları hesaplanmış ve küme merkezinden itibaren farklı uzaklıklara karşılık gelen uzaysal yoğunluk değerlerinin grafiği oluşturularak iki kümenin yoğunluk profili elde edilmiştir (Şekil 4.3).

Kümelerin yoğunluk profillerine King (1962) modeli, $\rho(r)=f_{bg}+(f_0/(1+(r/r_c)^2))$ fit edilerek Pismis 15 ve Pismis 18'in kor yarıçapı (r_c), alan yıldız yoğunluğu (f_{bg}) ve küme merkezinin yıldız yoğunluğu (f_0) belirlenmiştir. Buna göre Pismis 15 için kor yarıçapı, alan yıldız yoğunluğu ve küme merkezinin yıldız yoğunluğu, sırasıyla, r_c=2.033±0.826 yay dakikası, f_{bg}=25.441±1.080 yıldız yay dak^{-2} ve f_0=22.915±3.66 yıldız yay dak^{-2}'dir. Bu değerler Pismis 18 için, sırasıyla, r_c=1.258±0.175 yay dakikası, f_{bg}=60.452±0.869 yıldız yay dak^{-2} ve f_0=84.688±14.736 yıldız yay dak^{-2}'dir. Ayrıca, kümelerin radyal yoğunluk profilinin alan yıldızlarına yaklaştığı uzaklık da gökyüzündeki etkin uzanımları olarak kabul edilmiştir. Bu değerler Pismis 15 (Şekil 4.3 sol panel) ve Pismis 18 (Şekil 4.3 sağ panel) için, sırasıyla, r = 10 ve r = 12 yay dakikasıdır.

Doktora tezi kapsamında incelenen diğer açık kümeler arasında merkezi yoğunluk özelliği göstermeyenler için etkin yarıçap hesaplaması yapılamamış; bu durumda, küme doğrultusunda seçilen yıldız alanındaki tüm nesneler değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre incelenen toplam 504 açık kümeden 321'ine (yaklaşık %64) ait yapısal parametreler

belirlenmiş, geri kalan 183 küme (yaklaşık %36) için ise yalnızca etkin yarıçap tayini gerçekleştirilmiştir. Doktora tez çalışmasında incelenen kümelerin tamamı için aynı yöntemler takip edilmiş ve elde edilen yapısal parametrelerinin tamamı EK 2'de sunulmuştur.



Şekil 4.3: Pismis 15 (sol panel) ve Pismis 18 (sağ panel) açık kümelerinin radyal yoğunluk profilleri. Siyah noktalar gözlemsel yıldız sayı yoğunluğunu, gri bölge zemin yıldız sayı yoğunluğunu, kırmızı bölge gözlemsel yoğunlukların bir standart sapma değerlerini göstermektedir.

4.3. AÇIK KÜMELERE ÜYE YILDIZLARIN BELIRLENMESI

Açık kümelerin temel parametrelerinin doğru ve duyarlı bir şekilde tayin edilmesi, kümelerin konumlarının Galaktik düzleme çok yakın veya gömülü olmasından dolayı küme doğrultusunda bulunan alan yıldızlarının yarattığı yoğunluk nedeniyle çoğu zaman güçleşmektedir. Bu durum fotometrik yöntemler kullanılarak küme üyesi yıldızların belirlenmesini zorlaştırır. Tarihsel olarak küme üyeliği fotometrik ve kinematik verilere dayalı yöntemler ile belirlenmiştir (Becker, 1963; Sanders, 1971; Vasilevskis ve diğ., 1979). Küme üyesi yıldızların belirlenmesinde en çok astrometrik ve tayfsal çalışmalar sonucunda elde edilen radyal hız verileri kullanılmaktadır. Fakat radyal hız tayini için çok sayıda yıldızın tayf gözlemine ihtiyaç duyulduğundan tayfsal yöntem pratik değildir. *Gaia* uydusundan sağlanan yüksek hassasiyetli astrometrik veriler, kinematik tabanlı üyelik belirleme yöntemlerinin doğruluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Özellikle öz hareket ve trigonometrik paralaks ölçümleri, küme yıldızlarının benzer kinematik özellikler ve yakın uzaklık değerleri

göstermesi nedeniyle alan yıldızlarının kümelerden ayrıştırılmasında oldukça etkili olmaktadır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018). Bu nedenle genellikle yıldızların öz hareket verileri dikkate alınarak küme üyesi yıldızlar belirlenir. Doktora tez çalışmasında küme doğrultusundaki yıldızların kümeye üyeliklerinin hesaplanmasında *Gaia*'nın son veri sürümündeki öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks ölçümleri kullanılmıştır. *Gaia* DR3 kataloğundan elde edilen öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks verileri kullanılarak Pismis 15 ve Pismis 18 kümelerine ait olası üye yıldızlar belirlenmiştir. Üyelik olasılıklarının hesaplanmasında, Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters (UPMASK) algoritmasının (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) geliştirilmiş sürümü olan pyUPMASK Python paketi (Pera, 2020) kullanılmıştır. Parametrik olmayan ve gözetimsiz bir yöntem olan UPMASK, önceden alan yıldızlarının seçilmesine gerek bırakmadan küme üyeliklerini belirleyebilmektedir. UPMASK algoritmasının pyUPMASK sürümü, scikit-learn kütüphanesi (Pedregosa ve diğ., 2011) üzerinden çeşitli kümeleme yöntemlerini de içerecek şekilde genişletilmiş olup, etiketlenmemiş verilerin esnek biçimde analiz edilmesine olanak tanımaktadır (Dempsey, 2020). UPMASK'ın çalışma prensipleri Bölüm 3.3'de detaylıca bahsedilmiştir. Bu kapsamda incelenen açık kümelerin *Gaia* DR3 kataloğundan sağlanan astrometrik veriler doğrudan UPMASK algoritmasına girdi olarak verilmiş ve kümeler için üyelik olasılıkları hesaplanmıştır. Doktora tez çalışmasında pyUPMASK programı her küme için 100 iterasyon ile çalıştırılmıştır. Üyelik olasılığı bir yıldızın her iterasyonda kümelenmiş bir grubun parçası olarak belirleme sıklığı şeklinde tanımlanmıştır ve pratikte bu bir yıldızın kaç iterasyonda üye olarak sınıflandırıldığına ilişkin oran olarak hesaplanır.

Pismis 15 ve Pismis 18 için *Gaia* DR3 astrometrik verileri doğrudan pyUPMASK algoritmasına girdi olarak verilmiş, belirlenen *k*-means değerleri, iterasyon sayısı ve $P \geq 0.5$ değerleri dikkate alınarak her iki kümeye ilişkin arındırılmış ve güvenilir üye yıldız listeleri elde edilmiştir. Doktora tez çalışmasında Pismis 15 için *k*-means değeri 13, Pismis 18 için ise *k*-means değeri 15 olarak seçilmiş ve bu seçimler literatürde belirtilen aralıkla uyumlu olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Tez çalışmasında incelenen iki açık küme için kümelere üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olarak seçilmiş ve bu yıldızlar kümelerin en olası üyeleri olarak tanımlanmıştır. Ayrıca yüksek olasılıklı üye yıldız seçiminde küme yoğunluk profili analizlerinden elde edilen etkin yarıçaplar da göz önünde bulundurulmuş ve sadece etkin yarıçap içinde bulunan yüksek olasılıklı üye yıldızlar kümelerin yapısal ve astrofiziksel parametrelerinin tayininde kullanılmıştır.

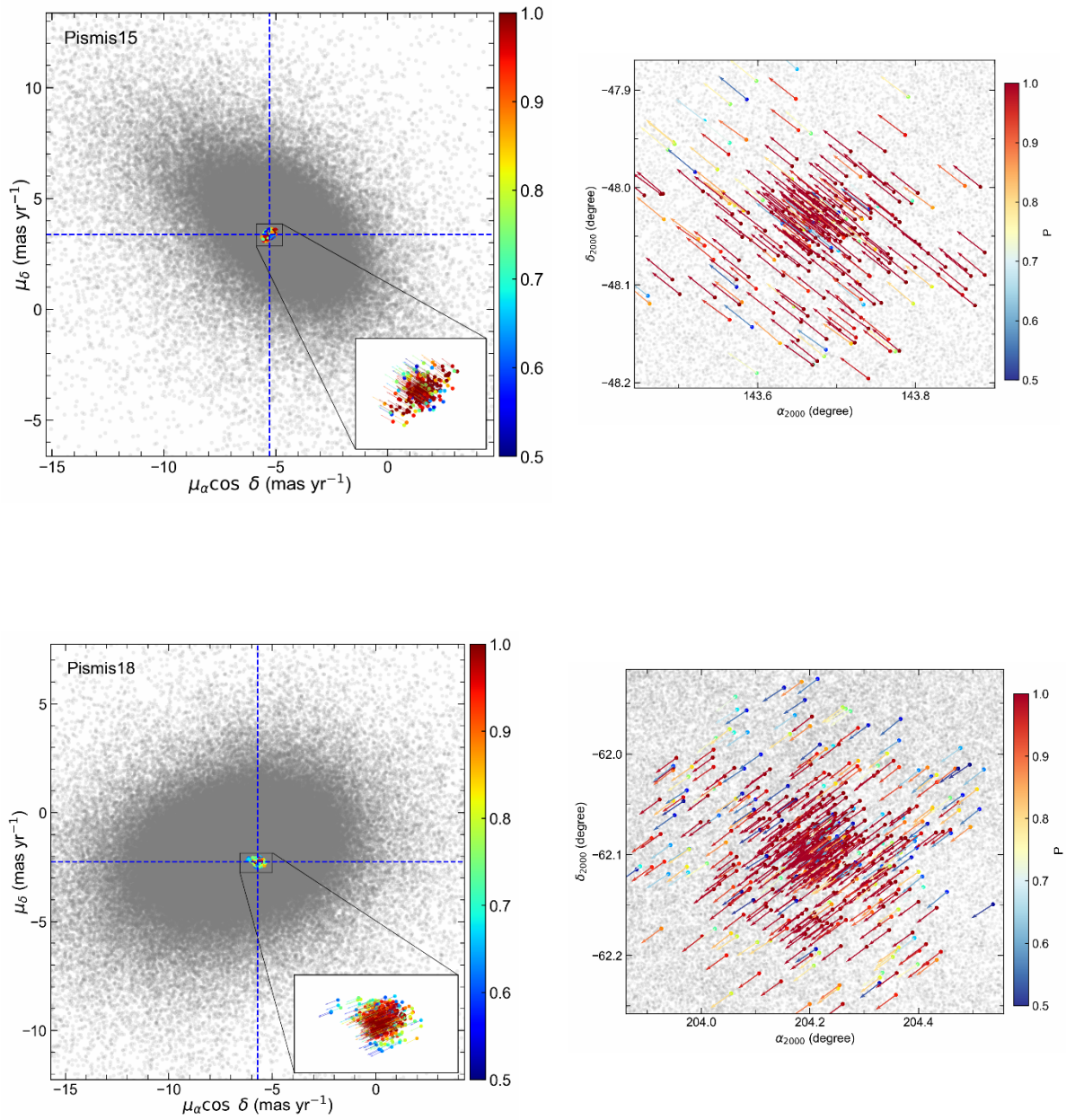
Pismis 15 için, küme merkezi etrafında 40′ yarıçap içerisinde seçilen yaklaşık 162,445 yıldız, pyUPMASK algoritmasına girdi olarak kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda Pismis 15 için toplamda 256 yüksek olasılıklı ($P \geq 0.5$) üye yıldız belirlenmiştir. Benzer şekilde Pismis 18 için aynı yöntem uygulanmış ve bu küme için de yaklaşık 390,799 yıldızdan oluşan veri seti işlenmiş ve sonuçta 481 yüksek olasılıklı üye yıldız tanımlanmıştır. Bu yöntem sayesinde Pismis 15 ve Pismis 18 kümeleri için alan yıldızlarından arındırılmış güvenilir bir üye yıldız listesi elde edilmiştir. Bu listeler incelenen açık kümelerin renk artıkları, uzaklıkları ve yaşlarının tayininde kullanılmıştır.

4.4. AÇIK KÜMELERIN ASTROMETRIK PARAMETRE TAYINI

Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin astrometrik parametrelerinin belirlenmesinde üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan, fotometrik tamlık sınırı $G = 20.5$ kadirden daha parlak ve kümeler için hesaplanan limit yarıçaplar, sırasıyla, 10 ve 12 yay dakikası içinde kalan yıldızlar dikkate alınmıştır. Küme doğrultusundaki alan yıldızlarıyla küme üyelerini birbirinden ayırt etmek amacıyla, vektör-nokta diyagramı (VPD) ve ekvatoral koordinat sistemi üzerinde yıldızların öz hareket bileşenlerinin vektörel gösterimi *Galgrp_vpd.py* programı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'de sunulmuştur. VPD üzerindeki renkli noktalar olası üye yıldızları ($P \geq 0.5$) temsil ederken, gri noktalar küme doğrultusundaki alan yıldızlarını göstermektedir.

Pismis 15 ve Pismis 18'in VPD'leri incelendiğinde, öz hareket bileşenlerinin değerleri bakımından alan yıldızlarından belirgin bir biçimde ayrıldıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca açık kümeler doğrultusundaki yıldızların ekvatoral koordinatları incelendiğinde, üye yıldızların belirli bir yönelim doğrultusunda toplandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4, sağ panel). Bu durum her iki kümenin öz hareket uzayında kolaylıkla ayırt edilmesine imkan sağlamaktadır.

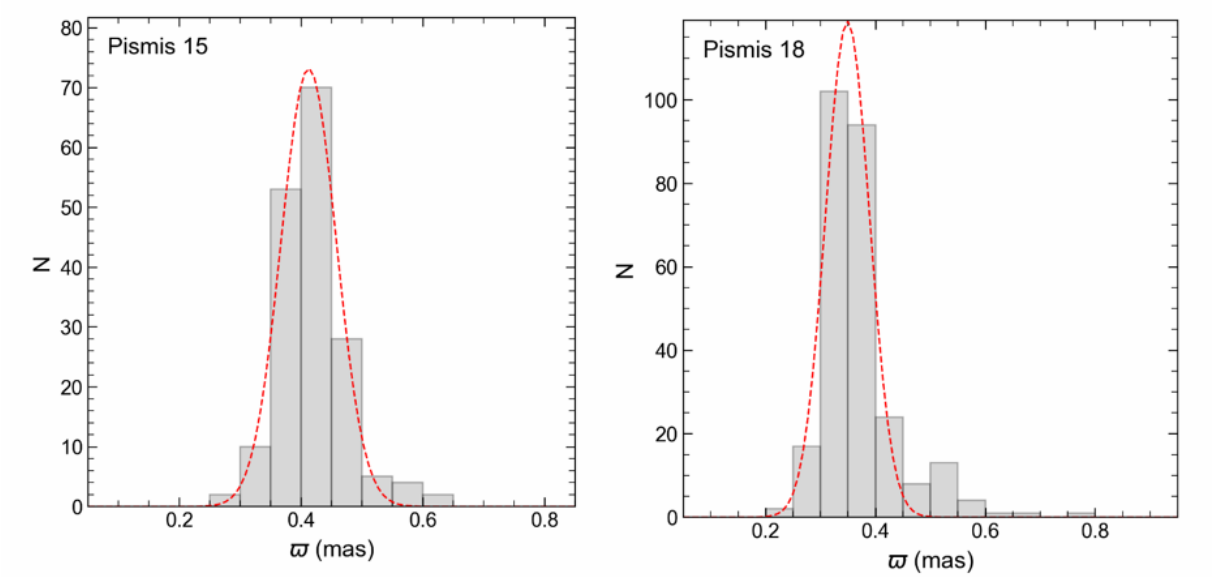
Pismis 15 açık kümesine üye 256 ve Pismis 18 açık kümesine üye 481 yüksek olasılıklı yıldızdan hesaplanan ortalama öz hareket bileşenleri, sırasıyla, $\langle(\mu_\alpha \cos\delta,\ \mu_\delta)\rangle$ = (-5.248, 3.366) mas yıl^{-1} ve $\langle(\mu_\alpha \cos\delta,\ \mu_\delta)\rangle$ = (-5.720, -2.241) mas yıl^{-1}'dır. İki kümenin öz hareket uzaylarındaki dağılımları ve yüksek olasılıklı üye yıldızları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin VPD'deki konumları. Renkli noktalar yüksek olasılıklı küme üyelerini, şeklin sağ tarafında yer alan renk ölçeği ise yıldızların üyelik değerlerini göstermektedir.

Pismis 15 açık kümesinin ortalama trigonometrik paralaksının belirlenmesinde, kümeye üyelik olasılığı yüksek ($P \geq 0.5$) yıldızların *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kataloğunda yer alan paralaks verileri kullanılmıştır. Analize dahil edilen 256 yüksek üyeliğe sahip yıldızın rölatif paralaks hatalarının $0 < \sigma_\varpi/\varpi < 0.2$ aralığında dağıldığı ve rölatif paralaks hatalarının medyan değerinin de $\langle \sigma_\varpi/\varpi \rangle = 0.045$ olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuç seçilen yıldız örneği

için trigonometrik paralaks ölçümlerinin yeterli hassasiyete sahip olduğunu ve ek bir hata kısıtlaması uygulanmasına gerek olmadığını göstermektedir. Kümenin ortalama uzaklığının hesaplanmasında *Galgrp_plxhisto.py* yazılımı kullanılmış, üyelik olasılığı yüksek yıldızların trigonometrik paralaks ölçümlerinden elde edilen histogram üzerine Gauss dağılımı uygulanarak (bkz. Şekil 4.5) kümenin ortalama trigonometrik paralaks değeri tayin edilmiştir. Pismis 18 açık kümesi için de benzer yöntem izlenmiştir. Üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan 481 yıldızın *Gaia* DR3 veritabanından alınan trigonometrik paralaks ölçümleri incelenmiştir. Bu yıldızların rölatif paralaks hatalarının $0 < \sigma_{\varpi}/\varpi < 0.2$ aralığında değiştiği, medyan rölatif paralaks değerinin ise $\langle \sigma_{\varpi}/\varpi \rangle = 0.040$ olduğu belirlenmiştir. Hesaplanan bu sonuçlar kümelerin ortalama trigonometrik paralaks verilerinin güvenilir olduğunu ve ayrı bir hata kısıtlaması uygulanmasına gerek duyulmadığını ortaya koymaktadır. İncelenen açık kümelerin ortalama trigonometrik paralaksları *Galgrp_plxhisto.py* programı yardımıyla oluşturulan histogram üzerinden Gauss dağılımıyla modellenerek elde edilmiştir.



Şekil 4.5: Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerindeki üye yıldızların trigonometrik paralaks histogramları. Kırmızı kesikli çizgiler, histogramlara uygulanan Gauss dağılımı göstermektedir.

Analizler Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümeleri için medyan trigonometrik paralaks değerleri, sırasıyla, $\langle \varpi \rangle = 0.412 \pm 0.003$ mas, $\langle \varpi \rangle = 0.349 \pm 0.002$ mas olarak vermektedir. Bu sonuçlardan hareketle, d(pc) $= 1000/\langle \varpi \rangle$ (mas) bağıntısı yardımıyla kümelerin Güneş'e uzaklığı 2425 ± 267 pc ve 2863 ± 329 pc olarak hesaplanmıştır.

Doktora tez çalışmasında incelenen kümelerin tamamı için aynı yöntemler takip edilmiş ve elde edilen astrometrik parametreler ve küme üyeliklerinin tamamı EK 3'de sunulmuştur.

4.5. AÇIK KÜMELERIN ASTROFIZIK PARAMETRE TAYINI

Doktora tez çalışması kapsamında incelenen açık kümelerin temel astrofizik parametrelerinin doğru ve duyarlı biçimde tayin edilebilmesi için literatürde yer alan tayfsal analizlere dayalı metal bolluk verileri esas alınmıştır. Elektromanyetik tayfın farklı bölgelerinden elde edilen gözlemlerin yüksek çözünürlüklü analizleri sonucunda açık kümelere ait ortalama [Fe/H] değerleri birçok çalışma tarafından hesaplanmış ve literatüre kazandırılmıştır (örn. Conrad ve diğ., 2014; Sampedro ve diğ., 2017; Zhong ve diğ., 2020; Donor ve diğ., 2020; Ray ve diğ., 2022; Carrera ve diğ., 2022; Randich ve diğ., 2022; Spina ve diğ., 2022; Fu ve diğ., 2022; Zhang ve diğ., 2024). Bu çalışmalar doğrudan referans alınarak parametre dejenerasyonluğu azaltılmaya çalışılmıştır. Doktora tez çalışmasında metal bolluğu değerleri doğrudan tayfsal çalışmalardan alındığından, renk artığı, uzaklık ve yaş parametreleri eş zamanlı olarak ve daha güvenilir biçimde belirlenebilmiştir. Böylece fotometrik tahminlere dayalı belirsizlikler azaltılarak parametre tayininde homojen bir yöntem uygulanmıştır.

Literatürdeki tayfsal tabanlı makaleler incelendiğinde genellikle 100 ile 250 kümeyi içeren çalışmalar öne çıkmaktadır (Netopil ve diğ., 2016; Zhang ve diğ., 2021; Spina ve diğ., 2022; OCCAM-DR19 Otto ve diğ., 2025). Joshi ve diğ. (2024) açık kümeleri kullanarak Galaksi diskinin kimyasal evrimini araştırmıştır. Literatürden derledikleri 1,879 açık küme içinde sadece 609'unun tayfsal verisinin bulunduğu raporlanmıştır. Geriye kalan kümelerin ise fotometrik yöntemler ile parametreleri tayin edilmiştir.

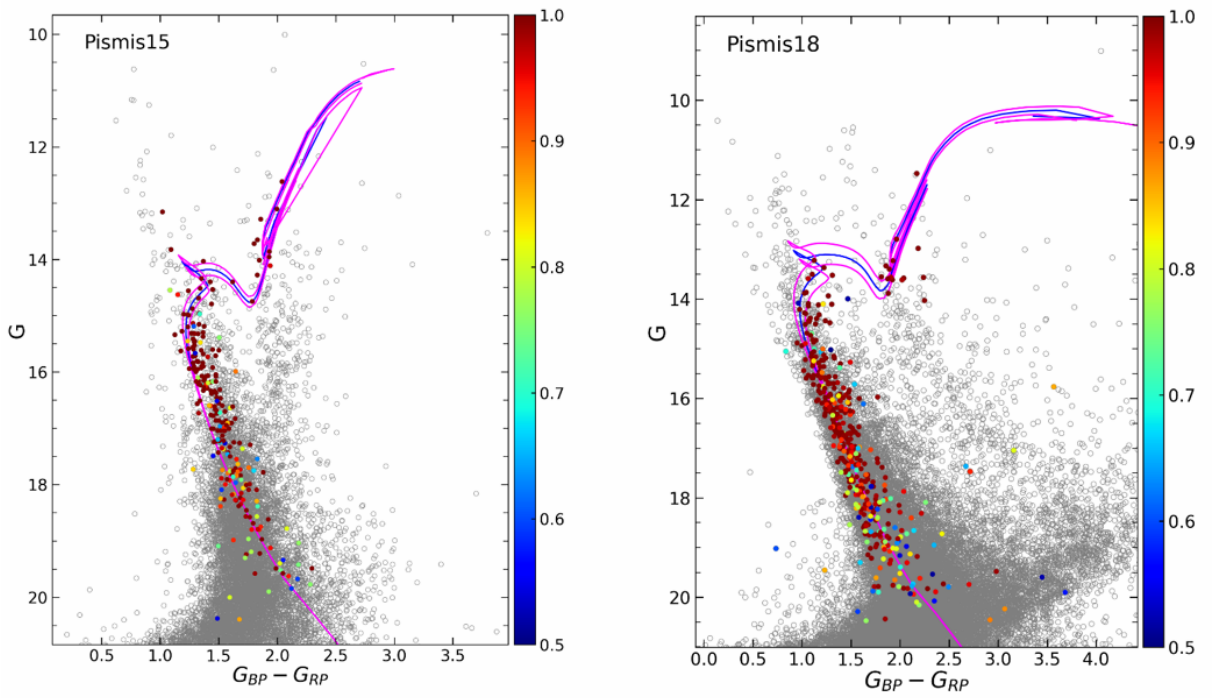
Doktora tez çalışmasında incelenen Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin temel astrofizik parametrelerinin tayininde kümelerin yüksek olasılıklı üye yıldızlarından belirlenen morfolojileri dikkate alınmış ve PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) küme yıldızlarıyla karşılaştırılmıştır. Pismis 15 açık kümesi için oluşturulan $G \times G_{BP}$-G_{RP} diyagramı incelendiğinde (Şekil 4.6) küme üyesi yıldızların büyük bir bölümünün anakol ve dönüm noktasında bulunduğu tespit edilmiştir. PARSEC eş-yaş eğrileri küme morfolojisi dikkate alınarak farklı yaş ve metal bolluğu aralıklarında ($200 \leq t$ (Myıl) ≤ 700, $0.012 \leq Z \leq 0.017$) seçilmiştir. Seçilen teorik eş-yaş eğrileri küme doğrultusundaki kızarma tayini için renk-parlaklık diyagramlarında G_{BP}-G_{RP} renk indeksi boyunca ve uzaklık modülü (μ_G) tayini için dik

eksende m_G-M_G farkı kadar kümenin anakol ve dönüm noktasını en iyi temsil edecek şekilde en muhtemel üyeler ile karşılaştırılmıştır. Böylece öncelikle kümenin kızarma ve uzaklık modülü belirlenmiştir. Uzaklık modülünün belirlenmesinde anakol çakıştırma yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra kümenin dönüm noktasındaki en muhtemel üyeleri temsil eden yaş tayin edilmiştir. Küme için belirlenen kızarma, uzaklık modülü ve yaş parametreleri dikkate alındığında bu parametreleri içerecek şekilde farklı metal bolluklarında eş-yaş eğrileri kümenin metal bolluğu tayini için incelenmiştir. Pismis 15 açık kümesinin metal bolluğu *Gaia*-ESO kataloğundan 0.05 dex olarak alınmıştır (Randich ve diğ., 2022). Analizler sonucunda Pismis 15'in kızarma, uzaklık modülü, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla, $E(G_{BP}$-$G_{RP})$=0.753±0.43 kadir, μ_G = 13.06±0.082 kadir, d=2144±83 pc ve t=1500±100 Myıl tayin edilmiştir.

Pismis 18 açık kümesinin temel parametrelerinin tayininde de Pismis 15'de uygulanan yöntemler kullanılmıştır. Pismis 18 açık kümesine en muhtemel üye yıldızların dağılımı $G \times G_{BP}$-G_{RP} diyagramı üzerinde incelendiğinde (Şekil 4.6) küme üyesi yıldızların büyük bir bölümünün anakol, dönüm noktası, alt dev kolu ve dev kolunda bulunduğu görülmektedir. PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) küme morfolojisi dikkate alınarak farklı yaş ve metal bolluğu aralıklarında ($1 \leq t$ (Gyıl) ≤ 2, $0.012 \leq Z \leq 0.017$) seçilmiştir. Seçilen teorik eş-yaş eğrileri küme doğrultusundaki kızarma tayini için renk-parlaklık diyagramlarında G_{BP}-G_{RP} renk indeksi boyunca ve uzaklık modülü (μ_G) tayini için dik eksende m_G-M_G farkı kadar kümenin anakol, dönüm noktası, alt dev ve dev yıldızlarını en iyi temsil edecek şekilde en olası üyeler ile karşılaştırılmıştır. Pismis 18'in metal bolluğu *Gaia*-ESO kataloğundan 0.15 dex alınmıştır (Randich ve diğ., 2022). Analizler sonucunda Pismis 18 açık kümesinin kızarma, uzaklık modülü, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla, $E(G_{BP}$-$G_{RP})$= 0.744±0.050 kadir, μ_G=12.985±0.096 kadir, d=2088±94 pc ve t=800±50 Myıl tayin edilmiştir.

Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin literatürde yeteri sayıda çalışması bulunmayıp, kümelerin bazı CCD *UBV* ve *JHK*$_s$ fotometrik sonuçları sunulmuştur (Piatti ve diğ., 1998; Carraro ve diğ., 2005; Tadross, 2008; Hatzidimitriou ve diğ., 2019). Bu nedenle kümelerin tayin edilen $E(G_{BP}$-$G_{RP})$ kızarma değerleri *UBV* sistemindeki $E(B-V)$ renk artığı değerlerine dönüştürülmüştür. Hesaplamalarda $E(G_{BP}$-$G_{RP})$=1.41×$E(B-V)$ bağıntısı (Sun ve diğ., 2021) kullanılmış olup, Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümeleri için elde edilen renk artığı değerleri, sırasıyla, $E(B-V)$=0.534 ve $E(B-V)$=0.528 kadirdir. Bu değerler literatürde iki

küme için verilen renk artığı değerleriyle hemen hemen uyum içindedir. Doktora tez çalışmasında incelenen kümelerin tamamı için aynı yöntemler takip edilmiş ve elde edilen temel astrofizik parametrelerinin tamamı EK 4'de sunulmuştur.



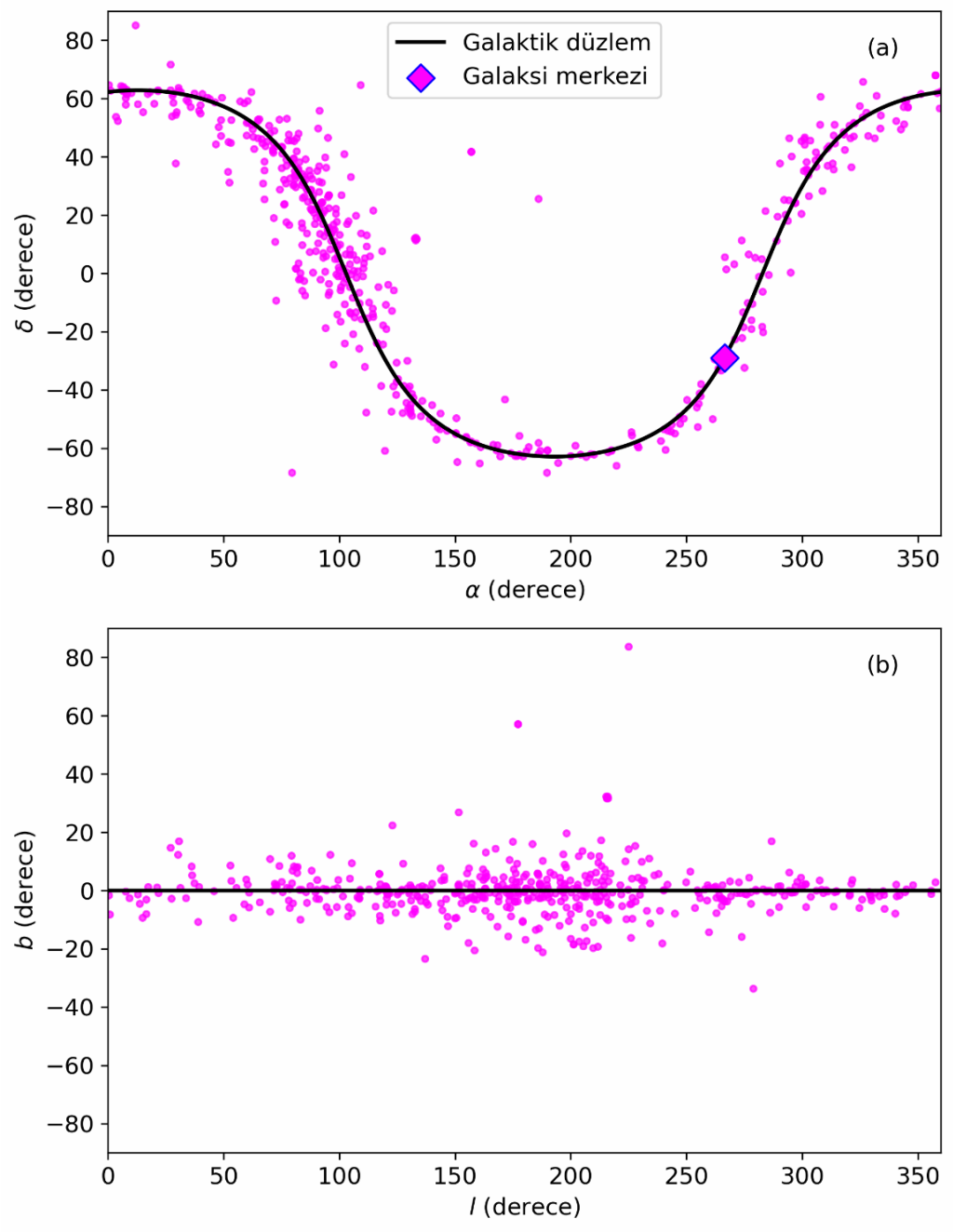
Şekil 4.6: Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin renk-parlaklık diyagramı. Farklı renklerdeki noktalar, diyagramların sağ tarafında gösterilen renk ölçeklerine göre küme üyelik olasılıklarını göstermektedir. Gri çemberler de düşük olasılıklı ($P < 0.5$) küme üyeleriyle birlikte alan yıldızlarını göstermektedir.

4.6. İNCELENEN AÇIK KÜMELERIN ASTROMETRIK VE ASTROFIZIK PARAMETRELERI

4.6.1. Açık Kümelerin Uzay Dağılımları

Doktora tez çalışmasında ele alınan 504 açık kümeye ait astrometrik parametreler, öz hareket bileşenleriyle trigonometrik paralaks verileri, UPMASK algoritması kullanılarak hesaplanmıştır. Analizlerde kümelere üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olarak belirlenen ve farklı evrimsel aşamalarda bulunan (anakol, altdev, dev) toplam 259,432 yıldız tespit edilmiştir. Kümelerin ekvatoral ve Galaktik koordinatlardaki uzamsal dağılımları Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şeklin üst paneli incelendiğinde, kümelerin ekvatoral koordinatlarda (ayrıntılar için bkz. Tablo EK 1) belirli bir bölgede yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca panel üzerinde siyah eğriyle Galaktik düzlem işaretlenmiş olup, kümelerin büyük çoğunluğunun bu düzlemin

yakın çevresinde konumlandığı anlaşılmaktadır. Galaktik koordinatlar dikkate alındığında ise kümelerin çoğunun -25° < *b* (°) < 25 kuşağı içinde yer aldığı, ancak ekvatoral sistemde olduğu gibi sınırlı sayıda kümenin bu bölgenin dışında bulunduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.7: 504 açık kümenin (a) ekvatoral (α, δ) ve (b) Galaktik (*l*, *b*) koordinatlarındaki konumları gösterilmektedir. Şekilde siyah eğri Galaktik düzlemi, pembe dörtgen ise Galaksi merkezini belirtmektedir.

4.6.2. Açık Kümelerin Astrometrik Parametreleri

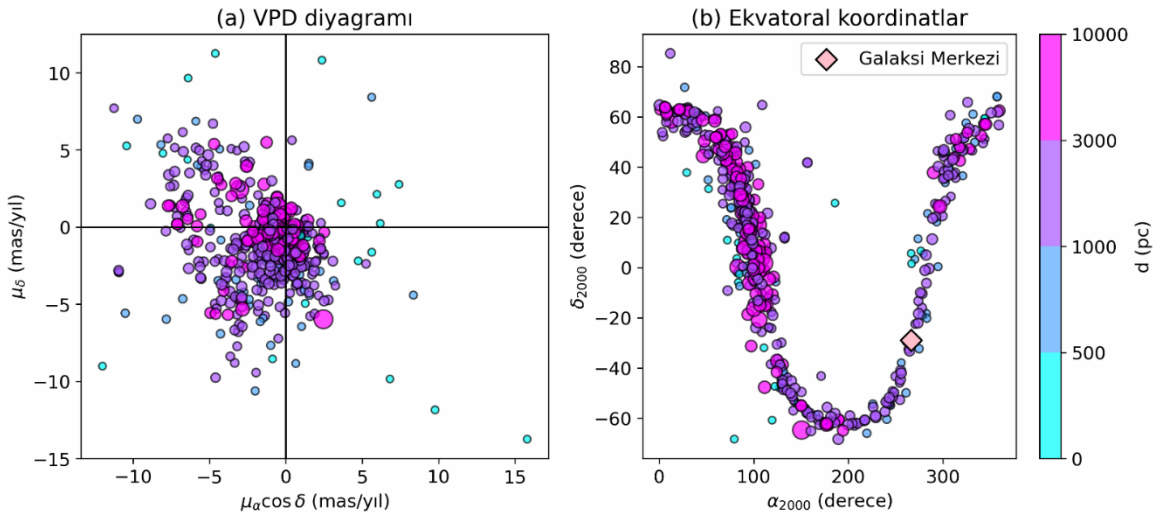
Gaia DR3 kataloğunda sunulan en önemli verilerden biri de yıldızların öz hareket bileşenleridir (Gaia işbirliği, 2023). Zayıf kütleçekimsel kuvvetler ile bir arada bulunan yıldızlardan oluşan açık kümelerin tanımlanmasında bu ortalama öz hareket verileri hassas bir ölçüt sağlamaktadır. Bu çalışmada, kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar dikkate alınarak 504 açık kümenin ortalama öz hareket bileşenleri hesaplanmıştır.

Şekil 4.8a'da kümelerin VPD üzerindeki dağılımları sunulmuş olup, kümeler uzaklıklarının bir fonksiyonu olarak farklı renk ölçekleri kullanılarak gösterilmiştir. Kümelerin büyük çoğunluğunun $-10 < \mu_\alpha \cos\delta$ (mas yıl^{-1}) < 15 ve $-15 < \mu_\delta$ (mas yıl^{-1}) < 10 aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu dağılım, incelenen açık kümelerin baskın kısmını temsil etmektedir. Ayrıca, ekvatoral koordinatlar üzerindeki konumları da (Şekil 4.8b) benzer şekilde uzaklık bilgisiyle kodlanmıştır. Renk ölçeğinden de görülebileceği üzere yüksek öz harekete sahip açık kümelerin çoğunlukla görece yakın uzaklıklarda (yaklaşık birkaç yüz parsek) konumlandığı anlaşılmaktadır.

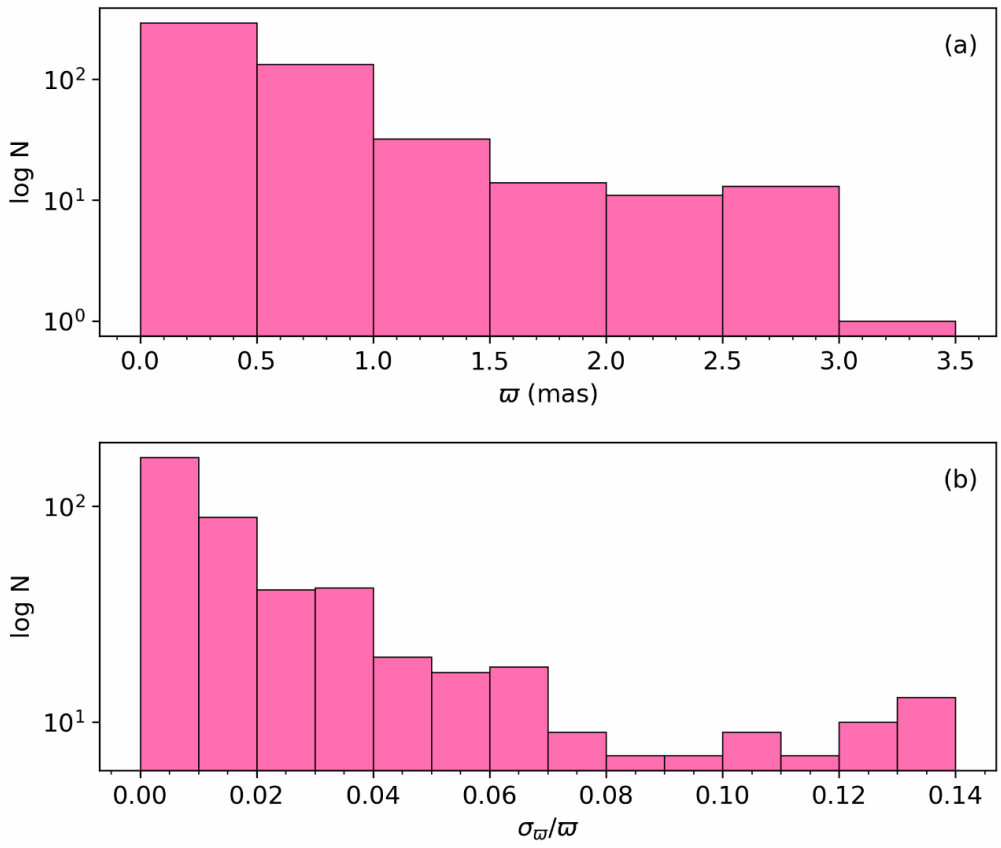
Analizler sonucunda elde edilen ortalama dağılım, kümelerin büyük bir kısmının benzer kinematik özellikler sergilediğini göstermekte; buna karşın yoğun alanın dışında kalan ve daha yüksek öz harekete sahip kümelerin yakın mesafelerde yer almasının, gözlemsel olarak ölçülen öz hareket büyüklüklerini artırdığı değerlendirilmektedir. Öz hareket bileşenleriyle uzaklık arasındaki bu ilişki, Şekil 4.8'de sunulan konum-uzay dağılımında da açıkça izlenebilmektedir.

Doktora tez çalışmasında incelenen 504 açık kümenin üye yıldızlarından itibaren hesaplanan ortalama trigonometrik paralakslarına ait histogramı Şekil 4.9a'da gösterilmiştir. Histogramdan da görüleceği gibi incelenen açık kümelerin ϖ=3.5 mas'den daha küçük değerlerde olduğu görülmektedir. Örnekteki açık kümelerin medyan trigonometrik paralaksı yaklaşık 0.9 mas olarak hesaplanmıştır. Bu değer $d\,(\mathrm{pc}) = 1000/\varpi\,(\mathrm{mas})$ bağıntısı kullanıldığında yaklaşık 1100 pc uzaklığa karşılık gelmektedir. İncelenen örnek içerisinde en küçük trigonometrik paralaks değerine sahip kümeler en uzak sistemleri, en büyük paralaks değerine sahip kümeler ise en yakın kümeleri temsil etmektedir. Açık kümelerin rölatif paralaks hatalarının histogramı Şekil 4.9b'de sunulmuştur. Bu dağılımın yaklaşık 0

$< \sigma_{\varpi}/\varpi \leq 0.14$ aralığında yoğunlaştığı, medyan değerinin ise yaklaşık 0.03 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8: 504 açık kümenin VPD diyagramındaki konumları (a) ve kümelerin ekvatoral koordinatlarda (b) Güneş'e göre uzaklıklarının değişimi verilmiştir. Şekilde, dairelerin çapı uzaklığa göre artmaktadır. Galaksi merkezi pembe dörtgen ile işaretlenmiştir.

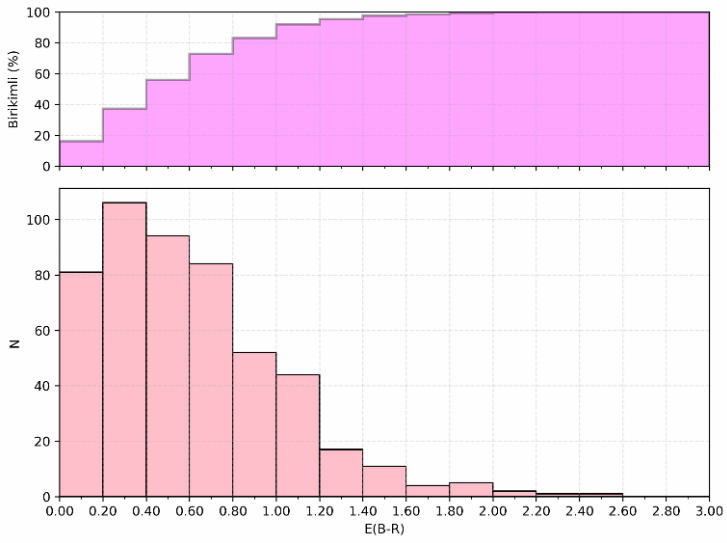


Şekil 4.9: 504 açık küme için elde edilen ortalama trigonometrik paralaksların dağılımını gösteren histogram ve aynı kümelere ait rölatif paralaks hata dağılımı histogramı.

Doktora tez çalışmasında göreceli olarak yakın açık kümeler için bir uzaklık sınırlaması (d=280 pc) getirilme gerekliliği duyulmuştur. Güneş'e yakın açık kümeler gökyüzünde yaklaşık 5°-60° genişliğinde alanlar içerdiğinden, küme üyelerinin alan yıldızları içinden belirlenebilmesi için büyük veri işleme zamanına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu bölgedeki kümelerin benzer Güneş bolluk değerlerinde olması doktora tez çalışmasının amacını doğrudan etkilememektedir. Güneş'ten uzaklığı yaklaşık d=300 pc'den daha yakın 20 açık küme bulunmakta olup bunlardan 18'inin tayfsal metal bolluğu bilinmektedir. Yukarıda bahsedilen nedenden dolayı doktora tez çalışmasında bu açık kümeler istatistik dışı bırakılmıştır.

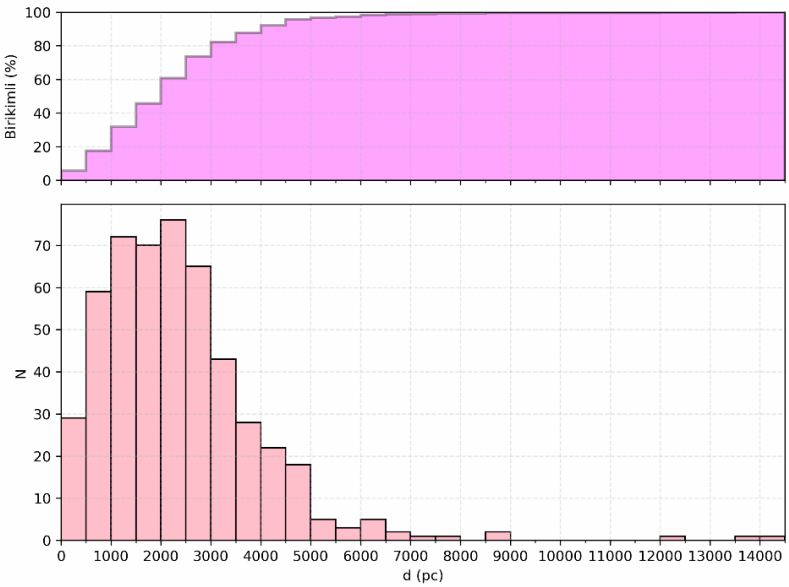
4.6.3. Açık Kümelerin Astrofizik Parametreleri

Doktora çalışması kapsamında incelenen 504 açık kümenin hesaplanan renk artıkları $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ anakol çakıştırma yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu kümelere ait renk artığı değerlerinin histogramı ve birikimli dağılımı Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Histogramdan görüleceği üzere açık kümelerin renk artıkları yaklaşık $0 < E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ (kadir) < 2.6 aralığında yer almakta olup dağılım özellikle 0.2-0.8 kadir bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Birikimli dağılım incelendiğinde medyan renk artığı değeri yaklaşık 0.45 kadir, standart sapması ise yaklaşık 0.35 kadir olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, açık kümelerin büyük bölümünün düşük-orta düzeyde kızarmaya maruz kaldığını fakat bazı kümelerin ise uzaklıklarından dolayı büyük renk artığı değerlerinde bulunduğu görülmektedir.



Şekil 4.10: Doktora tezinde incelenen 504 açık kümenin $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk artığı histogramı (alt panel) ve kümelerin birikimli gösterimi (üst panel).

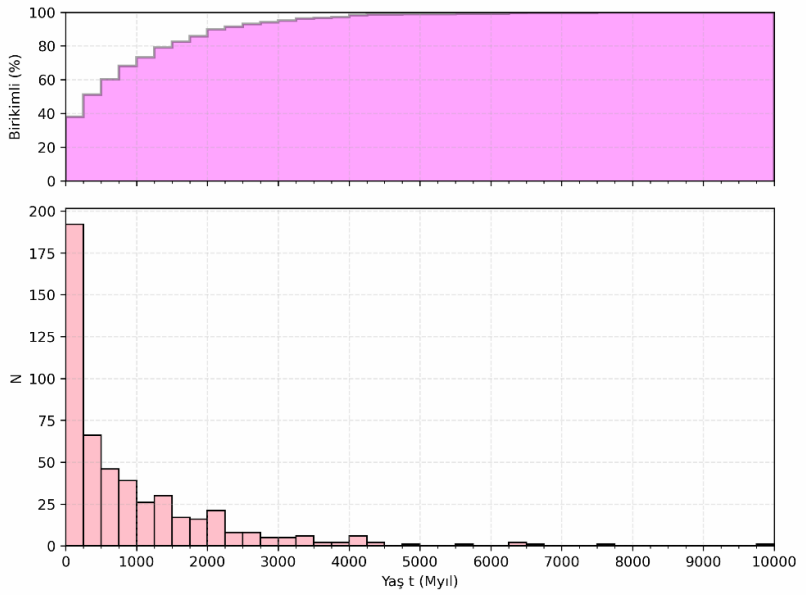
Doktora tez çalışması kapsamında analiz edilen 504 açık kümenin uzaklıkları (d_{iso}) anakol çakıştırma yöntemiyle hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kümelerin uzaklık histogramı ve birikimli dağılımı Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Histogram, açık kümelerin yaklaşık 14000 pc'e kadar uzandığını ve büyük çoğunluğunun ise özellikle 1000-3000 pc aralığında toplandığını göstermektedir. Birikimli dağılım incelendiğinde ise seçilen açık kümelerin medyan uzaklığı yaklaşık 2000 pc ve dağılımın standart sapması ise 1200 pc olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.11: Doktora tezinde incelenen 504 açık kümenin uzaklık histogramı (alt panel) ve açık kümelerin birikimli gösterimi (üst panel).

Doktora tez çalışması kapsamında incelenen 504 açık kümenin yaşları (t) anakol çakıştırma yöntemiyle belirlenmiştir. Bu kümelere ait yaş histogramı ve birikimli dağılımları Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Histogram incelendiğinde açık kümelerin yaşları yaklaşık 10 ile 9500 Myıl aralığında yer aldığı görülmektedir. İncelenen açık kümelerde en yaşlı kümeler arasında Saurer 1 ve Berkeley 17 bulunurken, en genç kümelerden bazıları IC 1396 ve NGC 2264 olarak belirlenmiştir. Birikimli dağılım incelendiğinde, açık kümelerin medyan yaşının yaklaşık 500 Myıl, standart sapmasının ise yaklaşık 900 Myıl olduğu hesaplanmıştır.

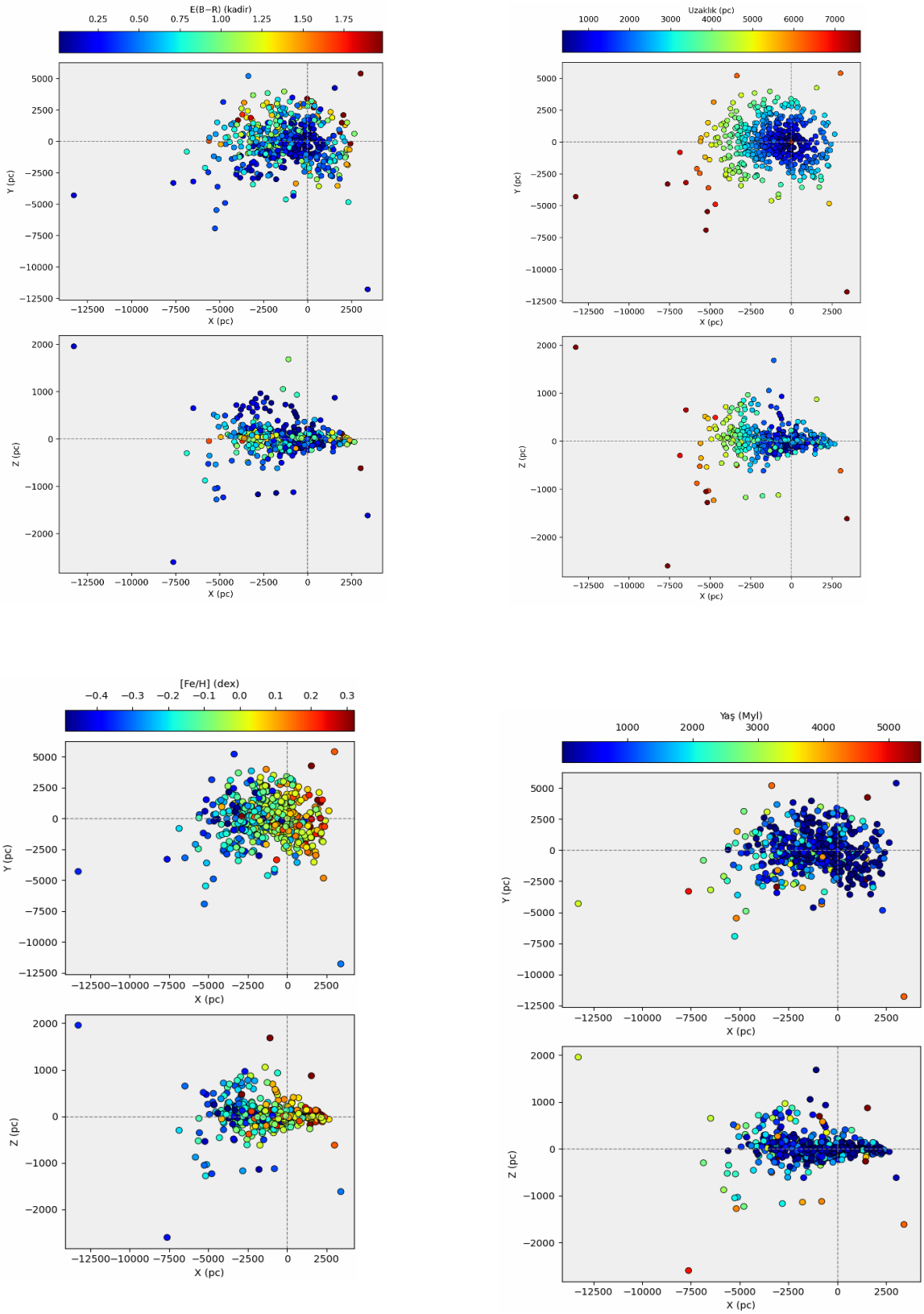
Bu sonuçlar çalışmada incelenen kümelerin büyük bölümünün görece genç yaşlarda yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.12: Doktora tezinde incelenen 504 açık kümenin yaş histogramı (alt panel) ve kümelerin birikimli gösterimi (üst panel).

Güvenilir uzaklık ve yaş belirlemelerine olanak tanımaları nedeniyle açık kümeler Galaksi diski yapısının araştırılmasında önemli belirleyicilerden biri olarak kabul edilmektedir. Doktora tez çalışmasında elde edilen Güneş merkezli (X, Y, Z) kartezyen koordinatları, açık kümelerin üç boyutlu dağılımlarını ortaya koymak ve özellikle radyal metal bolluğu gradyenti analizine sağlam bir temel oluşturmak amacıyla değerlendirilmiştir. Şekil 4.13'de incelenen açık kümelerin Güneş merkezli kartezyen koordinat sistemindeki konumları, kümelerin renk artığı, uzaklık, metal bolluğu ve yaşlarına göre gösterilmiştir. Şekildeki panellerde açık kümelerin Galaktik düzlem içerisindeki yatay konumlarınının yanı sıra dikey yöndeki dağılımlarını ortaya koymakta; ayrıca yaş, renk artığı ve kimyasal bolluk gibi temel parametrelerle ilişkili yapısal eğilimlerin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Açık kümelerin Galaktik düzlemdeki dağılımlarını daha ayrıntılı incelemek amacıyla X-Y düzleminde açısal bölgeler tanımlanmıştır. Bu kapsamda 0-90°, 90-180°, 180-270° ve 270-360° aralıklarında dört dilim oluşturulmuş ve her bölgedeki küme sayıları ile konumsal ve astrofiziksel

özelliklerin istatistiksel özetleri hesaplanmıştır. Burada *X* ekseni Galaksi merkezine, *Y* ekseni Galaksi'nin dönme yönüne ve *Z* ekseni Galaktik düzleme dik olarak kuzey Galaktik kutba karşılık gelmektedir.



Şekil 4.13: Doktora tez kapsamında incelenen açık kümelerin Galaktik kartezyen koordinat sistemindeki uzaysal dağılımları. Dağılımlar demir bolluklarının, renk artıklarının, uzaklıkların ve yaşın fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

Açık kümelerin Galaksi merkezi doğrultusundaki X uzanımları 2.7 kpc ile -13 kpc aralığında, Güneş'in dönme doğrultusundaki Y uzanımları 5 kpc ile -12.5 kpc aralığında ve Galaktik düzlemden dik uzaklıklar için de Z uzanımında 2 kpc ile -2.5 kpc aralığında değiştiği tespit edilmiştir. İncelenen 504 açık kümenin medyan konumları X = -870 pc, Y = -41 pc ve Z = -8 pc olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, incelenen açık kümelerin Güneş civarının simetrik bir dağılım göstermediğini ifade etmektedir. Çünkü tez çalışmasında element bolluğu tayfsal yöntemlerle belirlenmiş açık kümeler hedeflendiğinden, incelenen örneğin Güneş civarına simetrik bir dağılım göstermesi beklenmeyebilir. Ayrıca bu bulgular incelenen 504 açık kümenin Galaktik düzlem üzerinde geniş bir dağılım gösterdiğini, buna karşın Galaktik düzlemden dik uzaklıklar dikkate alındığında ise göreceli olarak düzleme daha yakın bir dağılım içinde bulunduğunu göstermektedir. Kabaca kümelerin bu kartezyen sistemdeki konumları incelendiğinde Galaksi'nin ince disk popülasyonuna uygun bir dağılım sergilediği görülmektedir. Açık kümelerin uzay dağılımları hakkında daha detaylı bilgi edinebilmek için dört Galaktik çeyrekte ayrı ayrı incelenmiştir.

I. Galaktik Çeyrek ($0 < l$ (°) ≤ 90): Bu bölgede 64 küme yer almakta olup, örneklemin yaklaşık %13'ünü oluşturmaktadır. Kümelerin X uzanımında 268 ile 1254 pc uzaklık aralığında olduğu ve medyan uzaklık değerinin de 474 pc olduğu hesaplanmıştır. Benzer şekilde kümelerin Y uzanımlarında 388 ile 1875 pc aralığında bulunduğu ve medyan uzaklığın da 1201 pc olduğu belirlenmiştir. Kümelerin Z uzanımı dikkate alındığında -91 ile +58 pc aralığında yer aldığı ve medyan uzaklığının ise -2 pc olduğu hesaplanmıştır. Bu kümelerin Güneş'ten uzaklığı incelendiğinde 332 ile 3113 pc arasında bulundukları ve medyan uzaklıklarının da 1708 pc olduğu tespit edilmiştir. İlk Galaktik çeyrekteki açık kümelerin yaşları söz konusu olduğunda 5 Myıl ile 6300 Myıl arasında olduğu ve medyan yaş değerinin de 340 Myıl olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca bu çalışmada literatürden alınan küme metal bolluklarının -0.22 ile +0.54 dex arasında olduğu ve medyan metal bolluğu değerinin de +0.05 dex olduğu hesaplanmıştır.

II. Galaktik Çeyrek ($90 < l$ (°) ≤ 180): Bu bölgede 179 açık küme bulunmakta olup örneklemin yaklaşık %36'sını temsil etmektedir. Kümelerin X doğrultusundaki uzanımı dikkate alındığında -2707 ile -860 pc aralığında yer aldığı ve medyan uzaklığının -1560 pc olduğu hesaplanmıştır. Kümelerin Y doğrultusundaki uzanımı incelendiğinde 373 ile 1799 pc arasında yer aldığı ve medyan uzaklığının 982 pc olduğu hesaplanmıştır. Z doğrultusundaki

dağılımı -127 ile +97 pc aralığında, medyan -12 pc'dir. Kümelerin Güneş'e uzaklıkları 459-3250 pc arasında, medyan 1980 pc olarak tayin edilmiştir. Kümelerin yaş dağılımları 5 Myıl ile 7700 Myıl arasında değişmekte olup medyan değeri 400 Myıl'dır. Demir bolluk değerleri -0.50 ile +0.39 dex arasında değişmekte olup medyan değeri -0.10 dex olarak hesaplanmıştır.

III. Galaktik Çeyrek ($180 < l\ (^{o}) \leq 270$): Bu Galaktik çeyrekte toplam 185 açık küme yer almakta olup örneklemin yaklaşık %37'sini kapsamaktadır. Kümelerin *X* doğrultusundaki uzaklıkları -2909 ile -691 pc arasında olup, medyan uzaklıkları -1766 pc'dir. İncelenen açık kümelerin *Y* doğrultusundaki uzaklıkları -1636 ile -380 pc arasında olup medyan uzaklıkları -877 pc iken *Z* doğrultusundaki uzaklık dağılımı -114 ile +84 pc arasında değişmekte ve örneğin medyan uzaklığı da -11 pc'dir. Kümelerin Güneş'ten uzaklıkları 780 ile 4043 pc aralığında olup medyan uzaklık değeri 2450 pc'dir. Açık kümelerin yaşları dikkate alındığında III. Galaktik çeyrekteki kümelerin 5 Myıl ile 9800 Myıl arasında olduğu ve medyan yaş değerinin 700 Myıl olduğu hesaplanmıştır. Kümelerin metal bolluklarının ise -0.59 ile +0.25 dex arasında bulunduğu ve medyan metal bolluk değerinin -0.13 dex olduğu belirlenmiştir.

IV. Galaktik Çeyrek ($270 < l\ (^{o}) \leq 360$): Galaksinin IV. çeyreğinde 76 açık kümenin bulunduğu ve örneklemin yaklaşık %15'ini içerdiği tespit edilmiştir. Bu bölgede bulunan açık kümelerin *X* doğrultusundaki uzaklık dağılımları 593 ile 1577 pc aralığında olup medyan uzaklık 1032 pc'dir. *Y* doğrultusundaki uzaklıkları ise -2199 ile -670 pc arasında olup medyan uzaklığı -1334 pc'dir. Açık kümelerin *Z* doğrultusundaki uzaklık değerleri -51 ile +65 pc aralığında olup medyan uzaklığı -2 pc bulunmuştur. Kümelerin Güneş'e uzaklıkları dikkate alındığında 456 ile 2127 pc arasında değişmekte olup medyan değeri 1225 pc'dir. Açık kümelerin yaşları 5 Myıl ile 6300 Myıl arasında olup medyan yaş değeri 155 Myıl'dır. Demir bolluğu değerleri ise -0.39 ile +0.36 dex aralığında bulunmakta ve medyan metal bolluk değeri 0 dex'dir.

Açık kümelerin uzaysal dağılımlarına yönelik yapılan analizler sonucunda, II. ve III. Galaktik çeyreklerde tüm örneklemin yaklaşık %70'inden fazlasını içeren kümelerin yer aldığı, buna karşılık I. ve IV. Galaktik çeyreklerde ise görece daha az sayıda kümenin bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum Galaksi merkezine doğru uzak açık kümelerin örneklemde temsil edilmediğini göstermektedir. Buna karşın çok sayıda kümenin Galaksi merkezinin zıt

yönünde yoğunlaştığı ve bu uzaklık dağılımının tez çalışmasının temel amacı olan metal bolluğu gradyenti incelenmesi için elverişli bir örneklem oluşturduğu ortaya konmuştur.

Kümelerin renk artıkları incelendiğinde, özellikle Galaktik düzlem civarında büyük değerlere ulaştığı, buna karşılık Galaktik düzlemden uzaklaştıkça küçük renk artığına sahip kümelerin bulunduğu saptanmıştır. Literatürden elde edilen metal bolluğu değerleri dikkate alındığında, Galaksi merkezine yönelen çeyreklerde Güneş bolluğundan daha zengin, merkezin zıt yönünde ise Güneş bolluğundan daha fakir kümelerin yer aldığı görülmüştür. Bu öncül bulgular çalışmanın temel hedefi olan metal bolluğu gradyentinin araştırılmasının olumlu sonuçlar vereceğine işaret etmektedir. Ayrıca kümelerin yaş dağılımları toplu olarak değerlendirildiğinde, Galaktik düzlem civarındaki kümelerin daha genç yaşlarda bulunduğu, düzlemden uzaklaştıkça küme yaşlarında belirgin bir yaş artışının görüldüğü tespit edilmiştir. Genel olarak bu tez çalışmasında elde edilen kümelerin temel astrofizik parametreleri Galaksi disk kimyasının incelenmesinde önemli sonuçlara ulaşılabileceğini gösteren öncül sonuçlar sunmaktadır.

4.7. AÇIK KÜMELERIN KINEMATIK VE DINAMIK ANALIZLERI

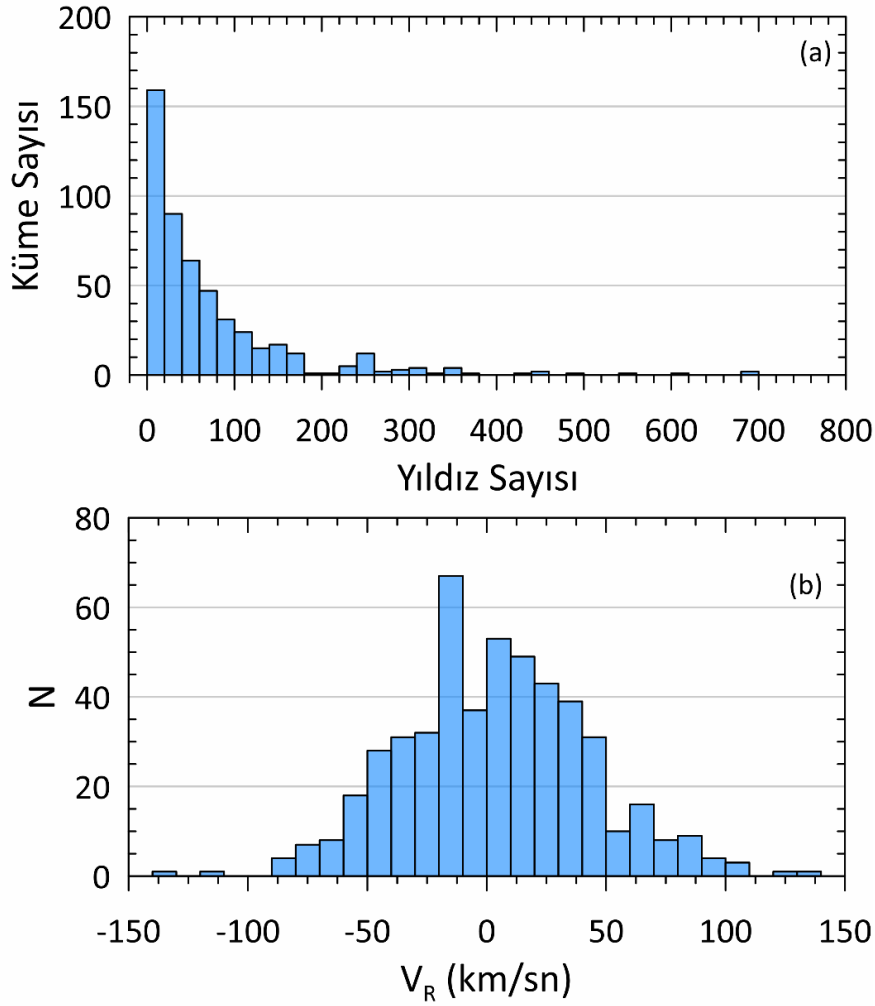
Doktora tez çalışmasında incelenen açık kümelerin astrometrik ve radyal hız verileri tayin edilen açık kümeler için kinematik ve dinamik Galaktik yörünge parametreleri Bölüm 3.6'da verilen yöntemler ile tayin edilmiştir. Açık kümelerin kinematik analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için her bir kümenin merkezi ekvatoral koordinatları (α, δ), Güneş'e uzaklıkları ($d_{\rm iso}$), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve ortalama radyal hızları ($V_{\rm R}$) dikkate alınmıştır. Çalışmada uzay hız bileşenlerinin hesaplanmasında Bölüm 3.6'da verilen Johnson ve Soderblom'un (1987) algoritması ve dönüşüm matrisleri kullanılmıştır. Uzay hız bileşenleri hesaplanan kümelerin uzay hızları iki tür yanlılık içerdiğinden önce diferansiyel dönme düzeltmesi ve ardından LSR düzeltmeleri yapılarak kinematik analizlere hazır hale getirilmiştir.

Kinematik ve dinamik yörünge analizlerinde kullanılan önemli bir parametre de kümelerin ortalama radyal hızlardır. Tez çalışmasında 504 açık küme içinde sadece üçünün (küme isimleri) radyal hız verisi *Gaia* DR3 kataloğundan sağlanamamıştır. Bu nedenle küme üyesi yıldızların radyal hızlarından itibaren incelenen 501 açık kümenin ortalama radyal hızı hatasıyla birlikte hesaplamıştır. Bu hesaplamalar Soubiran ve diğ. (2018) literatüre

kazandırdığı bağıntılar sayesinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda kümelerin ortalama radyal hızlarının tayininde ifadesiyle tanımlanan ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmıştır (Soubiran ve diğ., 2018). Burada ε_i yıldızın radyal hız belirsizliği, de yıldızın radyal hız değerinin ağırlıklı belirsizliğini göstermekte olup ile tanımlanmaktadır. Açık kümenin radyal hız değerinin ağırlıklı ortalamasına ($\langle V_R \rangle$) ait standart sapması (), şekilde ifade edilir. Açık kümenin radyal hız değerinin ağırlıklı ortalamasına ait standart hatası ifadesiyle verilir. Burada *N* radyal hızları bilinen yıldız sayısıdır (Jasniewicz ve Mayor, 1988).

Tez çalışmasında küme üyeliği yüksek yıldızlar içinde radyal hızları bilinenlerin histogramı Şekil 4.14a'de göstermiştir. Açık küme örneği içinde sadece bir yıldız olan 17 küme bulunabildiği gibi 697 küme üyesi yıldız barındıran bir açık kümenin (NGC 6259) de radyal hız analizleri gerçekleştirilmiştir. Fakat Şekil 4.14a'daki histogramı incelendiğinde 100'e yakın yıldız içeren küme sayısının 391 olduğu bunun da tüm örneğin yaklaşık %78'ini içermektedir. Genel olarak az sayıda radyal hız verisi içeren kümelerin genellikle Güneş'ten uzakta bulunanlar olduğu tez çalışmasında tespit edilmiştir. Tez çalışmasında radyal hızları tayin edilen 501 açık küme içinde küme üyeliği yüksek ve radyal hız verisi bilinen 35,723 yıldız analizlerde kullanılmıştır. Soubiran ve diğ. (2018) bağıntıları yardımıyla hesaplanan ortalama radyal hız verilerin histogramı Şekil 4.14b'de gösterilmiştir. Şekilde de görülebileceği gibi radyal hız verilerinin -138 km sn^{-1} ile 135 km sn^{-1} aralığında bulunduğu tespit edilmiştir.

Galaksideki yıldızların yörüngesel dönme hızları, Galaksinin iç kısımlarından dışına doğru yavaşladığından yıldızlar farklı hızlarda hareket ederler ve buna diferansiyel dönme denir. Açık kümeler için diferansiyel dönme düzeltmesi hesaplanarak, kümelerin ortalama uzay hızı bileşenlerinden çıkartılmıştır. Bu düzeltme yapılmadığı takdirde Güneş'e göre hızlarda kümelerin Galaktik koordinatlarına bağlı olarak sistematik hatalar görülür. Bunun nedeni, bir kümenin Güneş'e göre uzay hareketi ölçüldüğünde hesaplanan göreceli hızın, kümenin Galaksi merkezine göre bulunduğu noktadaki Galaktik dönmeden bağımsız olmamasıdır. İncelenen açık kümeler büyük bir uzay hacmi içinde yer aldığı için diferansiyel dönme kümelerin kinematiğini etkilemektedir. Diferansiyel dönme yalnızca Galaktik düzlemde etkili olduğundan *U* ve *V* uzay hızı bileşenlerine düzeltmeler uygulanmalıdır. Bunun için Bölüm 3'de Mihalas ve Binney'e (1981) ait (3.14) ve (3.15) bağıntılar kullanılarak *U* ve *V* uzay hız bileşenlerine düzeltmeler uygulanmıştır.

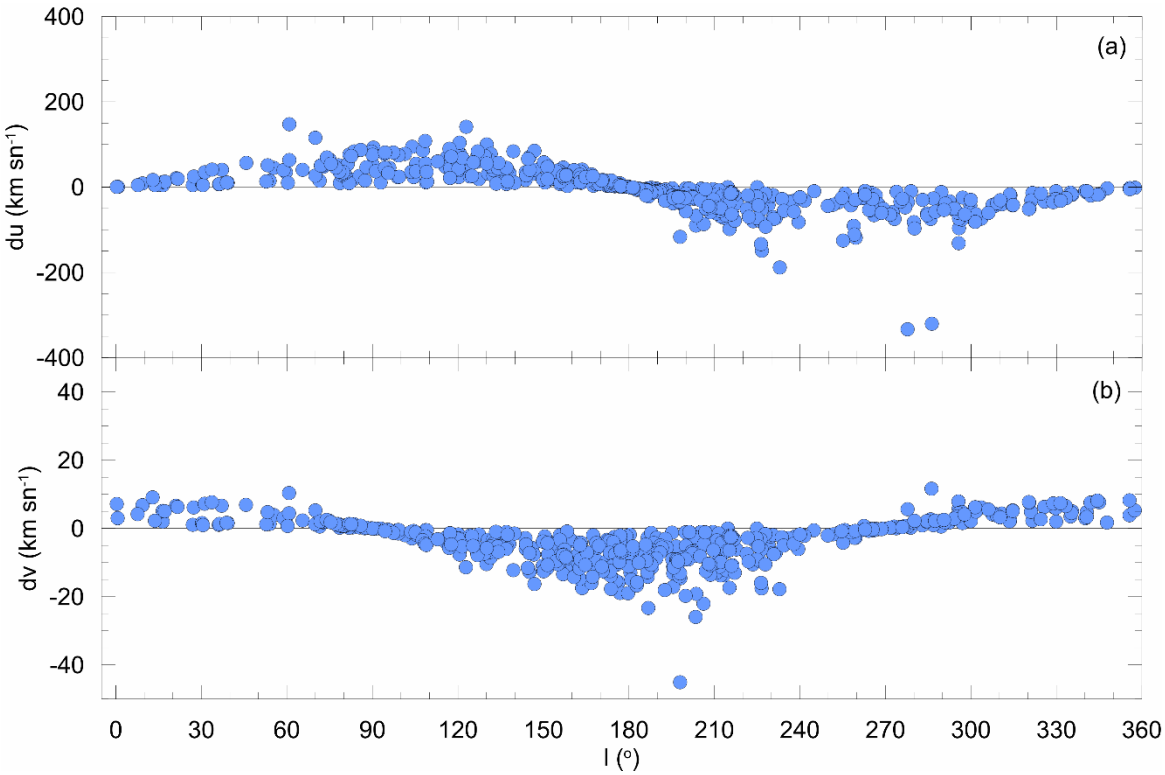


Şekil 4.14: Doktora tez kapsamında incelenen ve radyal hız verilerine ulaşılabilen 501 açık kümede kullanılan yıldız sayısı (a) ve ortalama radyal hızları belirlenmiş kümelerin radyal hız histogramı.

Doktora tez çalışması kapsamında incelenen 501 açık kümenin *U* ve *V* uzay hız bileşenlerine uygulanan hız düzeltmelerinin Galaktik boylamın bir fonksiyonuna bağlı olarak Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Hız bileşenlerine uygulanan düzeltmeler dikkate alındığında bir sinüs eğrisi benzeri sınır göstermektedir. Bu sınırın dışında kalan noktalar Güneş'e daha uzakta bulunan kümeleri ifade etmektedir. Diferansiyel rotasyon düzeltmeleri incelenen tüm açık kümelere uygulanmış ve ilk uzay hız yanlılıklarından arındırılmıştır.

Galaksimizin dengede ve simetrik bir yapı gösterdiği ve hiçbir tedirginliğin olmadığı varsayımları altında, Galaksi merkezinden Güneş'e kadar uzanan yarıçaptaki (R_{gc} = 8 kpc) çember bir yörüngenin ortalama hızına eşit hızda hareket eden sisteme yerel durağanlık

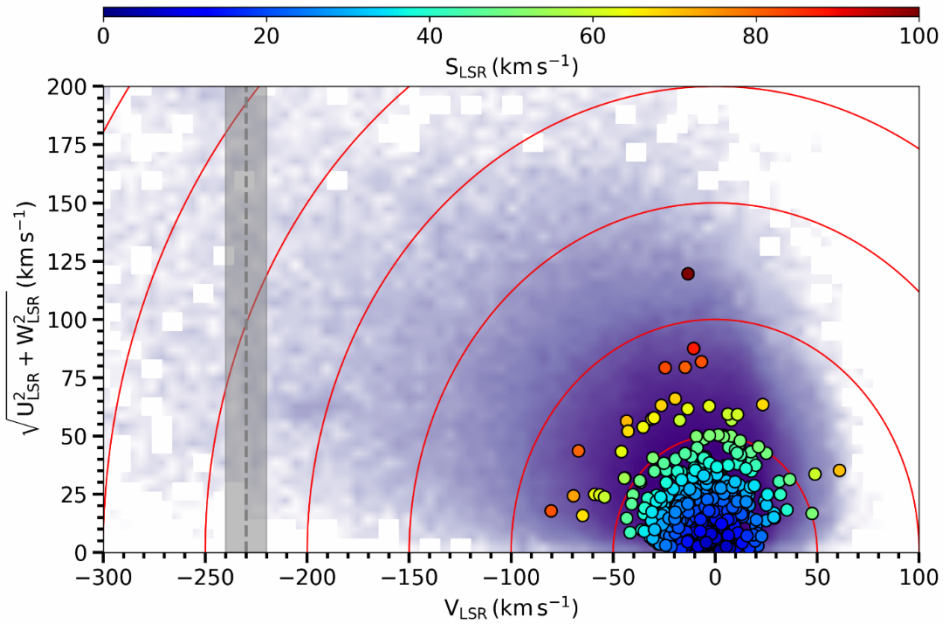
standardı (LSR) denir. Doktora tez çalışmasında açık kümelerin LSR düzeltmeleri Coşkunoğlu ve diğ.'ne (2011) ait $(U,V,W)_{\odot}$ =(8.83±0.24, 14.19±0.34, 6.57±0.21) km sn^{-1} değerleri dikkate alınmıştır. Bunun için diferansiyel rotasyon düzeltmesi yapılmış uzay hız bileşenlerinden Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) LSR değerleri çıkartılarak açık kümelerin uzay hız bileşenleri bilinen tüm yanlılıklardan arındırılmıştır. İncelenen açık kümelerin uzay hız bileşenleri ve toplam uzay hızlarıyla kinematik parametrelere getirilen sınırlamalar ile Galaktik popülasyon türleri Tablo EK.3'de verilmiştir.



Şekil 4.15: Doktora tez çalışması kapsamında incelenen 501 açık kümenin *U* (panel a) ve *V* (panel b) uzay hız bileşenlerine uygulanan rotasyon hız düzeltmelerinin Galaktik boylamın bir fonksiyonu olarak gösterimi.

Doktora tez çalışmasında incelenen açık kümelerin yanlılıklardan arındırılmış uzay hız bileşenlerine ait Toomre enerji diyagramındaki konumları Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Açık kümeler Toomre diyagramı üzerinde toplam uzay hız (S_{LSR}) değerlerine göre farklı renkler ile gösterilmiştir. Açık kümelerin toplam uzay hızları arttıkça kümelerin Toomre diyagramı üzerindeki konumları değişmektedir. Şekil üzerinde eş-hız eğrileri 50 km sn^{-1}'lik adımlar ile ifade edilmiştir. Diyagramdaki V_{LSR} = 0 km sn^{-1}'lik hız değeri Güneş civarındaki rölatif hızı ifade etmektedir. Düşük hızlara doğru gidildikçe Samanyolu Galaksisi'nde farklı popülasyonlara ait açık kümeler görülmektedir. Şekil 4.16'da kesikli çizgiyle gösterilen ve gri

bölgeyle taralı bölge Samanyolu Galaksisi'ndeki en düşük hız değerini göstermektedir. Güneş'in Galaksi merkezi etrafındaki dolanma hızı 230±10 km sn^{-1} olup bu değer nesnelerin V_{LSR} hızından çıkartıldığında Samanyolu Galaksisi'ndeki durağan nesnelere ulaşılmaktadır (Necib ve Lin, 2022). Bu değerin ötesindeki hızlarda bulunan astronomik nesneler ise Samanyolu'na katılan ve Samanyolu Galaksisi'ne göre ters yönde hareket edenleri göstermektedir. Şekil 4.16'da da görüleceği gibi tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin, taralı bölgenin daha büyük hızlar içeren kısmında bulunması bu kümelerin Samanyolu Galaksisi'ne ait olduğunu göstermektedir.

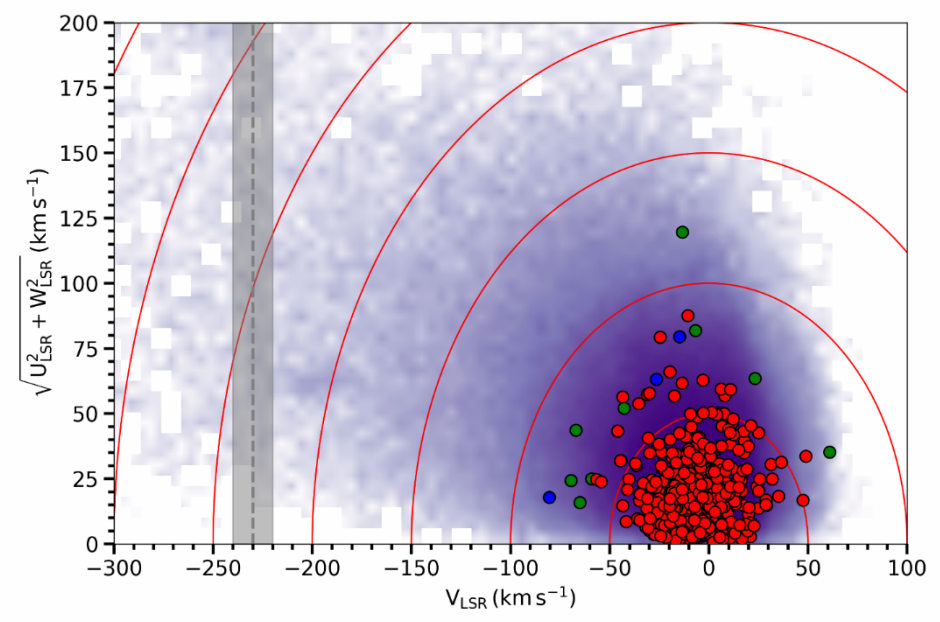


Şekil 4.16: Tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin Toomre diyagramı üzerindeki konumları. Açık kümeler toplam uzay hızlarına göre panelin üst kısmında verilen renk ölçeğe göre renklendirilmiştir. Şekildeki kırmızı eğriler 50 km sn^{-1}'lik hız değerlerini, gri bölge içindeki kesikli çizgi S_{LSR}= -230 km sn^{-1}'lik hızı ifade etmektedir (Necib ve Lin, 2022). Toomre diyagramı üzerindeki mor renkli zemin, APOGEE DR 17 veri setinden seçilen farklı Galaktik popülasyonlardaki kırmızı yığın yıldızlarını göstermektedir.

Toomre diyagramı üzerinde açık kümelerin popülasyon analizlerinin yapılabilmesinde Nissen'in (2004) sınırlamaları dikkate alınmıştır. Bu kriterlere göre toplam uzay hızları $S_{LSR} \leq 60$ km sn^{-1} olanlar ince disk, $80 < S_{LSR}$ (km sn^{-1}) < 180 olanlar kalın disk ve $S_{LSR} \geq 180$ km sn^{-1} olanlar da halo popülasyonuna üye nesneleri ifade etmektedir. Ayrıca toplam uzay hızları 60 ile 80 km sn^{-1} aralığındakiler ise geçiş sınıfı nesneler olarak tanımlanmıştır. Doktora tez çalışmasında bu sınırlamalar dikkate alındığın da 501 açık kümenin 475'in ince disk, 18'in

geçiş sınıfı, sekizin kalın disk olduğu tespit edilmiştir. Kinematik analizlerde haloya ait açık küme belirlenememiştir.

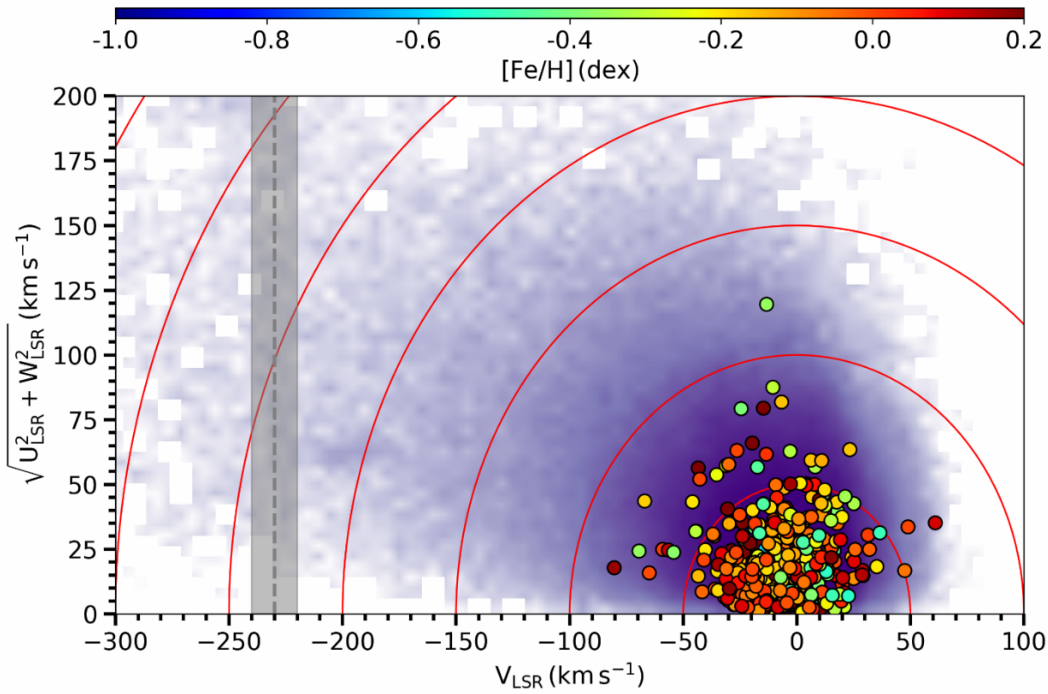
Doktora tez çalışmasında Bensby ve diğ. (2003) kinematik kriterleri dikkate alınarak Galaktik popülasyon ayrımına da gidilmiştir. Bu analizlere göre $TD/D \leq 0.1$, $0.1 < TD/D \leq 1$, $1 < TD/D \leq 10$ ve $TD/D > 10$ aralıklarında yer alan açık kümelerin sayıları, sırasıyla, 487, 9, 3 ve 0 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 4.17'de Toomre diyagramı üzerinde üç farklı renk ile gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre 487 açık kümenin ince disk popülasyona (kırmızı nokta), dokuz açık küme düşük ince disk popülasyonuna (yeşil nokta), üç açık küme de düşük olasılıklı kalın disk popülasyonuna (mavi nokta) üyedir. Özellikle düşük olasılıklı kalın disk adayı olarak görülen üç açık küme Berkeley 98, Chupina 1 ve Teuthsch 7'dir.



Şekil 4.17: Doktora tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin Bensby ve diğ.'nin (2003) kinematik kriterleriyle tespit edilen üç Galaktik popülasyondaki kümelerin Toomre diyagramı üzerindeki konumları. Kırmızı daireler yüksek olasılıklı, yeşil daireler düşük olasılıklı ince disk ve mavi daireler de düşük olasılıklı kalın disk kümlerini göstermektedir. Şekildeki kırmızı eğriler 50 km sn^{-1}'lik hız değerlerini, gri bölge içindeki kesikli çizgi S_{LSR}= -230 km sn^{-1}'lik hızı ifade etmektedir (Necib ve Lin, 2022).

Doktora tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin Toomre diyagramı üzerindeki konumları Şekil 4.18'de gösterildiği gibi demir bolluklarına göre de incelenmiştir. Genel olarak Güneş'e benzer hızlardaki açık kümelerin Güneş metal bolluklarında bulunduğu, daha düşük hızlardaki açık kümelerin ise Güneş'e göre metalce daha fakir oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuçların daha anlamlı verilebilmesi için diyagram üzerindeki eş-hız eğrilerine

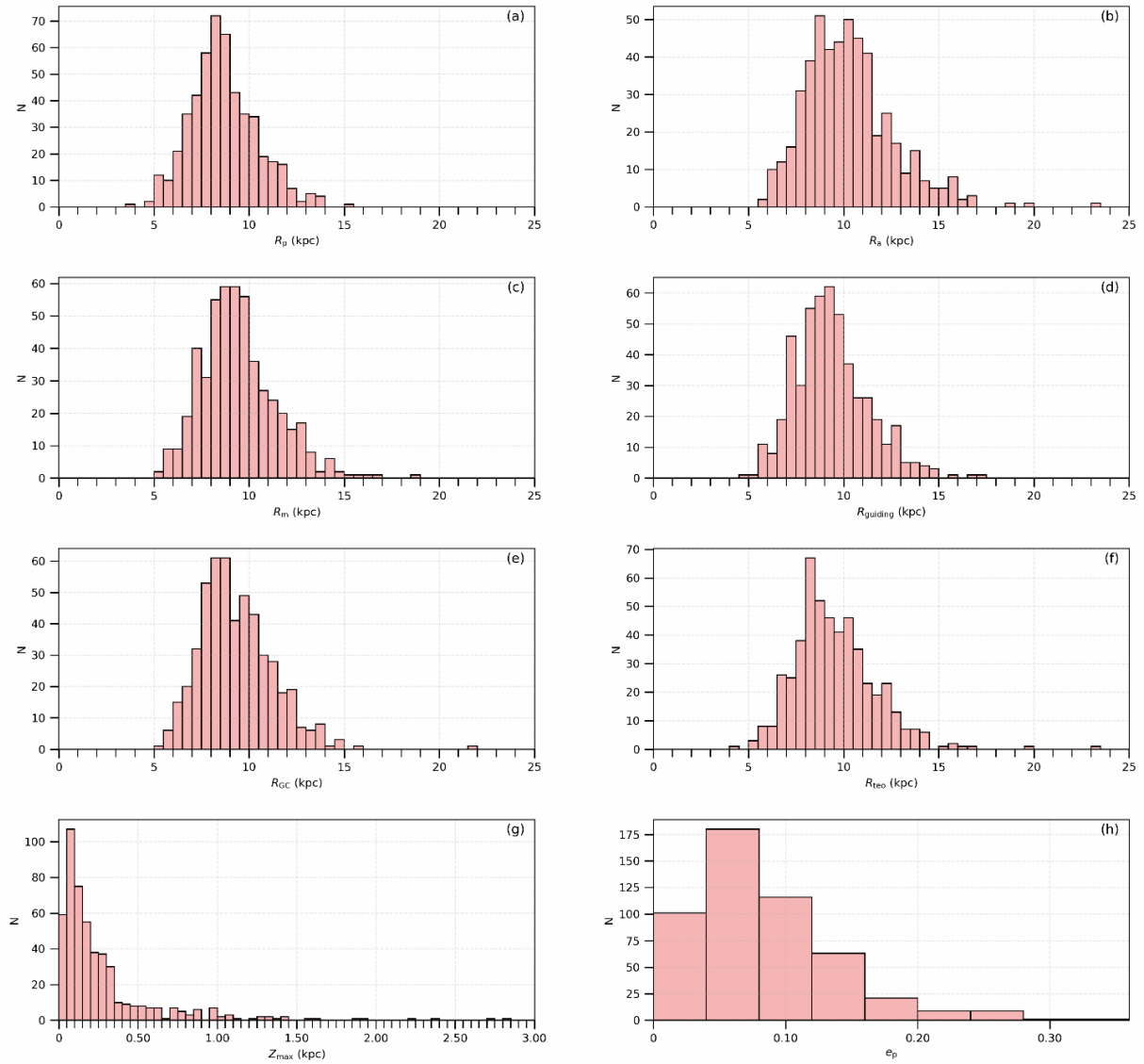
sınırlamalar getirilmiştir. Buna göre toplam uzay hızları $S_{LSR} \leq 50$ km sn^{-1} olan 460 açık kümenin medyan metal bolluğu -0.07 dex, toplam uzay hızları $50 < S_{LSR}$ (km sn^{-1}) ≤ 100 olan 39 açık kümenin medyan metal bolluğu -0.12 dex ve toplam uzay hızları $100 < S_{LSR}$ (km sn^{-1}) ≤ 200 olan üç açık kümenin de medyan metal bolluğu -0.29 dex olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar neticesinde incelenen açık kümelerin toplam uzay hızları arttıkça demir bolluğu açısından fakirleştiğini göstermektedir. Ancak bazı açık kümelerin düşük uzay hız bileşenlerine sahip olmasına karşın metal bolluğu Güneş'ten daha zengin olduğu Şekil 4.18'den görülmektedir. Örneğin, Teutsch 7 açık kümesinin Toomre diyagramı üzerindeki konumu (V_{LSR}=-80.40 km sn^{-1}) dikkate alındığında düşük hızlı nesnelerin bulunduğu bölgede yer aldığı buna karşın metal bolluğunun +0.17±0.03 dex olduğu tespit edilmiştir (Fu ve diğ., 2013). Bu kümenin metal bolluğunun küme üyesi üç yıldızın LAMOST tayflarından tayin edilmiştir. Bu durum, orta ve düşük çözünürlüklü gökyüzü tarama programlarından sağlanacak verilerin dikkatlice kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur.



Şekil 4.18: Doktora tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin demir bolluklarına göre oluşturulmuş Toomre diyagramı. Açık kümeler metal bolluklarına göre panelin üst kısmında verilen ölçeğe göre renklendirilmiştir. Şekildeki kırmızı eğriler 50 km sn^{-1}'lik hız değerlerini, gri bölge içindeki kesikli çizgi S_{LSR}= -230 km sn^{-1}'lik hızı ifade etmektedir (Necib ve Lin, 2022). Toomre diyagramı üzerindeki mor renkli zemin, APOGEE DR 17 veri setinden seçilen farklı Galaktik popülasyonlardaki kırmızı yığın yıldızlarını göstermektedir.

Galaksi merkezi etrafında dolanan kümeler, uzun yaşam süreleri boyunca çevresel kütleçekimsel etkilerle karşılaşırlar. Bu etkileşimler sonucunda yıldızlar ve kümelerin uzay hızlarında ve Galaktik yörünge parametrelerinde zaman ile değişimler meydana gelir. Açık kümeler doğdukları bölgelerden uzaklaşabilir ve konumları Galaktik ölçekte değişir. Bu çerçevede doktora tez çalışmasında Samanyolu Galaksisi'nin kimyasal evrim sürecini inceleyen özellikle metal bolluğu gradyentlerinin (radyal ve dikey yöndeki dağılımlarının) analizinde, açık küme yörüngelerinin ve bu yörüngelerin zaman içindeki değişimlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, yörünge hesaplamalarında Bovy (2015) tarafından geliştirilen ve Python programlama dili ile yazılmış olan GALPY kütüphanesinden faydalanılmıştır. GALPY ile ilgili temel bilgiler Bölüm 3.7'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Açık kümelerin incelenmesinde kümelerin ekvatoral koordinatları, eş-yaş eğrilerinden tayin edilen uzaklıkları, *Gaia* DR3 kataloğundaki astrometrik veriler kullanılarak kümenin ortalama öz hareket bileşenleri ile yine küme üyesi yıldızlardan belirlenen ortalama radyal hızlar GALPY programına girdi olarak verilmiş ve 501 açık kümenin apo-Galaktik (R_a) ve peri-Galaktik uzaklıkları (R_p), Galaksi merkezine olan ortalama uzaklıkları (R_m), rehber uzaklıkları ($R_{guiding}$), kümelerin bugünkü Galaksi merkezine olan uzaklıkları (R_{gc}) ve doğum yarıçapları (R_{teo}), Galaktik düzlemden ayrılabildikleri en büyük uzaklık (Z_{max}) ve yörünge basıklıkları (e_p) hesaplanmıştır. Tüm Galaktik yörünge parametreleri ve hataları Tablo EK.4'de verilmiştir.

Doktora tez çalışmasında, dinamik yörünge parametreleri kullanılarak 501 açık kümenin Galaktik disk içerisindeki konumları ve yörünge özellikleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda, açık kümelerin Galaksi merkezine yaklaşabilecekleri en yakın (R_p) ve en uzak (R_a) konumlarını gösteren histogramlar Şekil 4.19'da sunulmuştur. Peri-galaktik uzaklıklar incelendiğinde, açık kümelerin 3.75 kpc ile 15.1 kpc arasında dağıldığı, medyan uzaklık değerinin ise 8.48 kpc olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde apo-galaktik uzaklıklar 5.6 kpc ile 23.1 kpc arasında değişmekte olup, medyan değer 10.05 kpc olarak bulunmuştur. Bu sonuç kümelerin genel olarak Galaktik disk boyunca Güneş'in de içinde bulunduğu orta Galaktik yarıçaplarda yoğunlaştığını göstermektedir. Açık kümelerin ortalama yörünge yarıçapını ifade eden R_m parametresi, 5.2 ile 18.5 kpc aralığında dağılım sergilemekte ve medyan değerinin de 9.28 kpc olduğu hesaplanmıştır. Rehber yarıçap ($R_{guiding}$) değerleri incelendiğinde ise açık kümelerin 4.8 ile 17.4 kpc aralığında konumlandığı ve medyan değerinin 9.2 kpc olduğu görülmüştür.



Şekil 4.19: Tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin Galaktik yörünge parametre histogramları: (a) (R_p), (b) (R_a), (c) R_m, (d) $R_{Guiding}$, (e) R_{gc}, (f) R_{teo} uzaklık histogramları ile (g) Galaktik düzlemden dik uzaklık Z_{max} ve (h) yörünge basıklığı e_p histogramları.

Özellikle R_m ve $R_{guiding}$ parametrelerinin dağılım aralıklarının ve medyan uzaklıklarının birbirine oldukça yakın olması, incelenen açık kümelerin büyük çoğunluğunun göreceli olarak genç yaşlarda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu çıkarım tez çalışmasında elde edilen kümelerin medyan yaşının yaklaşık 500 Myıl olmasıyla desteklenmektedir.

Açık kümelerin Galaksi merkezine olan bugünkü uzaklıkları da hesaplanmış olup, değerlerin 5.4 ile 21.8 kpc aralığında dağıldığı ve medyan uzaklığın 9.05 kpc olduğu görülmüştür. Bu bulgu kümelerin yörünge parametreleriyle bugünkü konumlarının uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Tez kapsamında kullanılan bir diğer uzaklık yaklaşımı ise açık kümelerin doğum uzaklıklarının (R_{teo}) tayin edilmesine dayalıdır. Bu yöntem kümelerin yaş verisi ve yörünge entegrasyonu dikkate alınarak, bugünkü konumlarından geriye doğru gidilerek hesaplanmıştır. Sonuç olarak doğum uzaklıklarının 4 ile 23.1 kpc aralığında olduğu ve medyan değerin 9.27 kpc olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin güncel uzaklıklarla büyük ölçüde örtüşmesi, kümelerin yaşamları boyunca Galaktik merkezden belirgin bir şekilde uzaklaşmadıklarını göstermektedir. Açık kümelerin Galaktik popülasyon sınıflandırmalarında rol oynayan bir diğer parametre Z_{max} değeridir. Kümelerin Galaktik düzlemden dik doğrultuda ulaşabildikleri en büyük uzaklığı ifade eden bu parametre, 0 ile 2.8 kpc aralığında değişmektedir. Medyan değer ise 156 pc olup, kümelerin büyük bir bölümünün Galaktik ince disk ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Son olarak kümelerin yörünge basıklığı (e_p) incelenmiş ve değerlerin 0 ile 0.33 arasında değiştiği, medyan basıklığın ise 0.07 olduğu belirlenmiştir. Bu düşük basıklık değerleri, kümelerin büyük kısmının neredeyse çembersel yörüngelere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu açık kümelerin disk bileşenindeki genç ve dinamik açıdan kararlı popülasyonları temsil ettiğini bir kez daha doğrulamaktadır.

Tez çalışmasında örnek olarak seçilen Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin kinematik ve Galaktik yörünge parametrelerinin hesabı detaylı bir şekilde aşağıda verilmiştir. İncelenen iki açık kümenin kinematik ve dinamik yörünge analizlerinin yapılabilmesi için tez çalışmasında belirlenen ekvatoral koordinatlar, öz hareket bileşenleri, eş-yaş eğrilerinden belirlenen uzaklıklar ile kümelerin ortalama radyal hız verileri kullanılmıştır ve bu veriler Tablo 4.2'de listelenmiştir. İki açık kümenin yörünge integrasyonları *galpy* yazılımı kullanılarak bugünkü konumlarından 1.5 Gyıl'lık bir zamana kadar 1 Myıl'lık adımlar ile günümüzden geriye doğru hareket ettirilerek gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda iki açık kümenin Galaksi merkezine en yakın (R_a) ve en uzak (R_p) uzaklıkları, yörünge basıklıkları (e_p), Galaktik düzlemden ayrılabileceği en büyük uzaklıkları (Z_{max}), ve uzay hızı bileşenleri (U, V, W) hesaplanmıştır. Kinematik ve dinamik yörünge analizleri sonucunda uzay hız bileşenleri Pismis 15 için (U, V, W) = (-60.56±10.07, -44.82±2.53, -8.61±1.94) km sn^{-1} ve Pismis 18 için de (U, V, W) = (-64.65±4.29, -14.30±3.67, -12.06±1.16) km sn^{-1} hesaplanmıştır. Bölüm 3.6'da uzay hız bileşenlerini etkileyen iki yanlılık tez çalışmasında dikkate alınmıştır. Pismis 15 ve Pismis 18 kümelerinin diferansiyel dönme düzeltmeleri

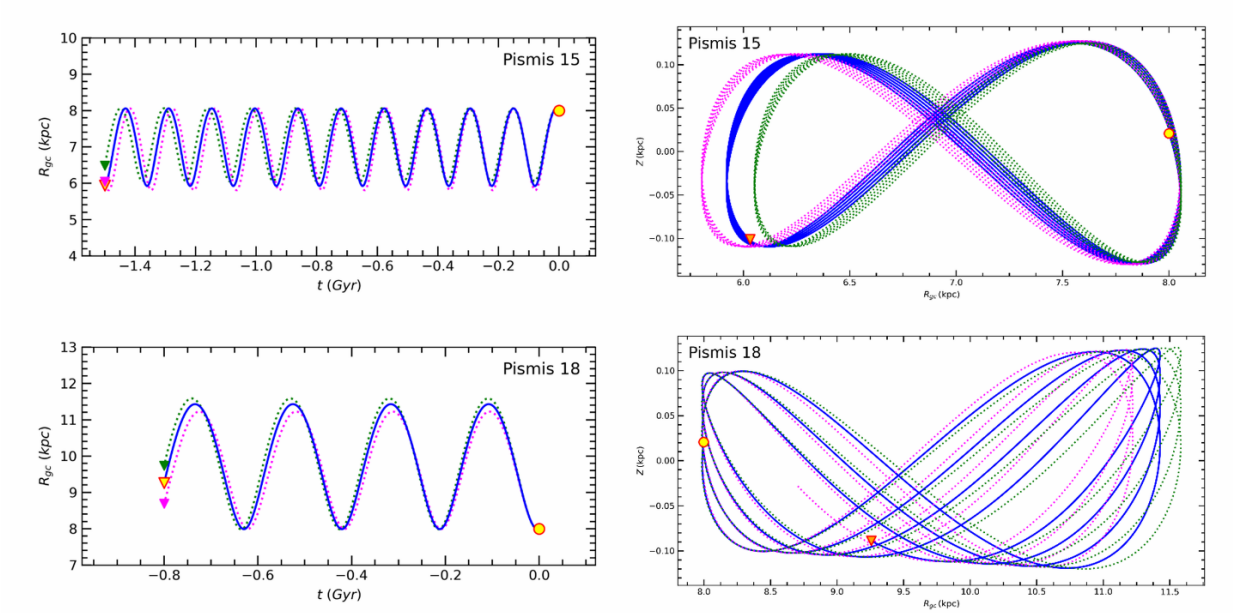
Mihslas ve Binney'in (1981) bağıntıları kullanılarak, sırasıyla, (*du*, *dv*) = (-58.19, 0.32) ve (*du*, *dv*) = (-44.62, 4.40) km sn^{-1} hesaplanmıştır. Bu hız değerleri uzay hız bileşenlerinden çıkartılarak Pismis 15 için $(U, V, W)_{dif}$ = (-2.37±10.07, -45.14±2.53, -8.61±1.94) km sn^{-1} ve Pismis 18 için de $(U, V, W)_{dif}$ = (-20.03±4.29, -18.70±3.67, -12.06±1.16) km sn^{-1} hesaplanmıştır. Ayrıca iki açık küme için hesaplanan uzay hız bileşenlerine LSR düzeltmesi yapılarak bilinen tüm kinematik yanlılık ortadan kaldırılmıştır. LSR düzeltmesi için $(U, V, W)_{\odot}$ = (8.83±0.24, 14.19±0.34, 6.57±0.21) km sn^{-1}'lik Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) değerleri kullanılmıştır. Kümelerin LSR düzeltmesi yapılan uzay hız bileşenleri Pismis 15 ve Pismis 18, sırasıyla, $(U, V, W)_{LSR}$ = (6.46±4.35, -30.95±2.10, -2.04±0.48) km sn^{-1} ve $(U, V, W)_{LSR}$ = (-11.20±0.34, -4.51±0.39, -5.49±0.33) km sn^{-1}'dir. Bu değerler dikkate alındığında, toplam uzay hız değerleri Pismis 15 için S_{LSR} = 31.68±10.56 km sn^{-1} ve Pismis 18 için de S_{LSR} = 13.26±5.76 km sn^{-1} olarak belirlemiştir.

Tablo 4.2: Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin Galaktik yörünge parametrelerinin belirlenmesinde kabul edilen parametreler. Tabloda kümelerin ekvatoral koordinatları (α, δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ), Güneş'ten uzaklık (d_{iso}) ve ortalama radyal hızlar (V_R).

Küme	$\alpha_{(J2000)}$ (ss:dd:ss)	$\delta_{(J2000)}$ (ss:dd:ss)	$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas yıl^{-1})	μ_δ (mas yıl^{-1})	d_{iso} (pc)	V_R (km sn^{-1})
Pismis 15	09:34:44.2	-48:02:24	-5.248±0.098	3.366±0.077	2144±79	41.66±2.25
Pismis 18	13:36:54.5	-62:05:28	-5.720±0.074	-2.241±0.056	2088±65	-28.84±2.29

Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin Galaktik yörüngelerinin Galaktik düzlemden dik uzaklığıyla Galaksi merkezinden uzaklığıyla ($Z \times R_{gc}$) kümelerin Galaksi merkezinden uzaklığının zaman ile değişimi ($R_{gc} \times t$) Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Şekil 4.20, sırasıyla, Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin Galaksi merkezinden ve Galaktik düzleminden uzaklığın bir fonksiyonu olarak Galaksi içindeki hareketlerini, bu açık kümelerin zamanın bir fonksiyonu olarak galaksi merkezinden uzaklıklarını göstermektedir. Şekil üzerinde kümelerin doğum ve bugünkü konumları, sırasıyla, üçgenler ve içi dolu sarı daire sembolleriyle işaretlenmiştir. Mor ve yeşil kesikli çizgiler girdi parametrelerindeki en küçük ve en büyük hatalar dikkate alındığında kümelerin Galaksi merkezinden uzaklığının zaman ile değiştiğini göstermektedir. Ayrıca, mor ve yeşil içi dolu üçgen semboller de söz konusu koşullarda iki açık kümenin doğum konumlarını belirtmektedir. Galaksi merkezine olan en yakın ve en uzak konumları incelendiğinde, Pismis 15 açık kümesinin tamamen Güneş çemberi içinde kaldığı (R_a = 8.40±0.03 kpc, R_p = 6.54±0.22 kpc), Pismis 18

açık kümesinin de yörüngesi boyunca Güneş çemberinin dışında (R_a = 7.19±0.33 kpc, R_p = 7.10±0.13 kpc) hareket ettiğini göstermiştir. Ayrıca, iki açık kümenin de yörünge biçimlerinin basık birer çember oldukları ve basıklıklarının 0.12 değerini aşmadığı tespit edilmiştir. Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin Galaktik düzlemden ayrılabilecekleri en büyük dik uzaklıkları da, sırasıyla, Z_{max} = 129±5 pc ve Z_{max} = 59±6 pc olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.20: Tez çalışmasında örnek olarak seçilen Pismis 15 ve Pismis 18 açık kümelerinin astrometrik ve tayfsal verileri kullanılarak oluşturulan Galaktik yörüngeleri.

Pismis 15 için yapılan yörünge entegrasyonları, kümenin Galaktik merkez etrafındaki hareketini yaklaşık -1.5 Gyıl geriye dönük olarak ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar, kümenin doğum yarıçapı (R_{teo}) ile günümüzdeki Galaktosentrik yarıçapı (R_{gc}) arasında belirgin bir fark olduğunu göstermektedir. Ortalama olarak R_{teo} yaklaşık 6 ile 7 kpc, R_{gc} ise yaklaşık 8 kpc olarak bulunmuştur. Bu durum Pismis 15'in zaman içerisinde iç diskten dış diske doğru göç ettiğini düşündürmektedir. Belirsizlik sınırları göz önüne alındığında, astrometrik ve tayfsal parametrelerdeki hataların R_{teo} kestirimini birkaç yüz parsek düzeyinde etkilediği görülmektedir.

Şekil 4.20'de Pismis 15'in Galaktik merkezden olan yarıçapının (R_{gc}) zamana göre değişimi verilmektedir. Yörüngeler, MWPotential2014 altında 0.8 Gyıl geriye doğru bütünleştirilmiştir. Mavi eğri temel (esas) çözüme, eflatun ve yeşil noktalı eğriler giriş parametrelerine uygulanan artı/eksi hata senaryolarına karşılık gelir. t = 0 anındaki güncel

konum sarı daireyle belirtilmiştir; panelin solunda yer alan küçük işaretler üç çözüm için doğum anındaki R_{gc} değerlerini gösterir. Bir sonraki panel R_{gc} ile düşey yükseklik (Z) arasındaki birlikte değişimi göstermektedir. Mavi eğri çözümü, eflatun ve yeşil noktalı eğriler ise artı/eksi hata çözümleridir. Sarı daire bugünkü konumu, turuncu ters üçgen doğum konumunu işaret eder. Düşey salınım genliği Z_{max} = 0.129 kpc; doğum ve bugünkü yükseklikler, sırasıyla, Z_{teo} = -0.101 kpc ve Z = +0.021 kpc'tir. Z_{teo} için ortalama belirsizlik yaklaşık 0.075 kpc düzeyindedir.

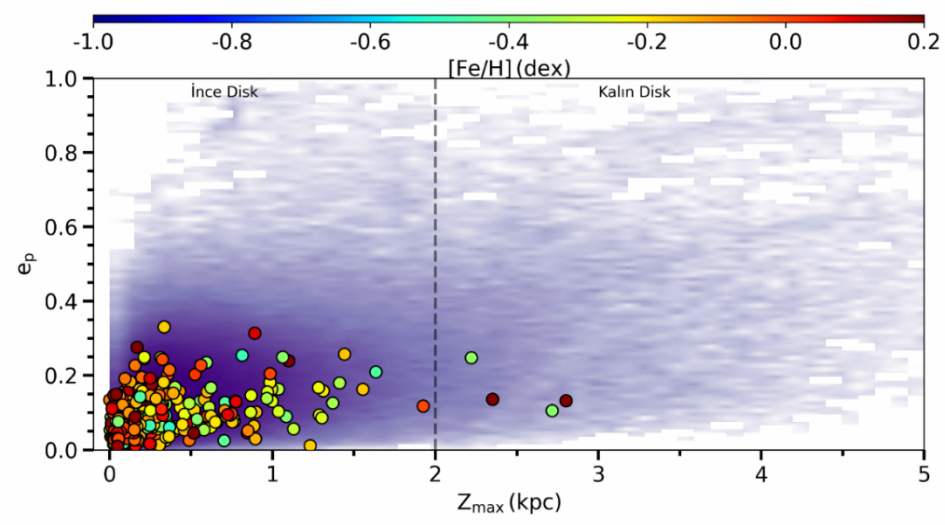
Küçük Z_{max} değeri, Pismis 15'in ince disk için tipik sığ düşey salınımlar yaptığını ve yörüngesinin galaktik düzleme yakın seyrettiğini gösterir. Yarıçap açısından, doğum anında R_{teo} = 6.03 kpc, bugün için $R_{gc} \approx$ 8.00 kpc elde edilmiştir; doğum yarıçapına ilişkin ortalama belirsizlik 0.16 kpc'tir. R_{gc}-t eğrisindeki düzenli dalgalanma, birkaç yüz parsek büyüklüğünde belirgin epistatik (yarıçap çevresindeki) salınımlara işaret eder. Doğum ve bugünkü yarıçapların farklı oluşu, kümenin yaşamı boyunca dışa doğru yer değiştirdiğini ve uzun dönemli ortalama (rehber) yarıçapın bu iki değer arasında konumlandığını düşündürür.

Pismis 18 için hesaplanan yörünge ise, kümenin Pismis 15'e kıyasla daha dış disk bölgelerinde oluştuğunu göstermektedir. Kümenin R_{teo} değeri yaklaşık 9 ile 10 kpc civarında elde edilmiş olup, günümüzdeki yarıçapı R_{gc} 11 ile 12 kpc olarak bulunmuştur. Bu değerler Pismis 18'in disk boyunca dışa göç eğiliminde olduğunu ve günümüzde hâlen dış bölgelerde seyrettiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca hata sınırlarının, gözlemsel belirsizlikler nedeniyle R_{teo} ve R_{gc} tahminlerini birkaç yüz parsek mertebesinde etkilediği anlaşılmaktadır.

Her iki kümenin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Galaktik disk içerisindeki radyal göç süreçleri açısından dikkat çekici farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Pismis 15'in iç diskten dışa doğru göç ettiği görülürken, Pismis 18'in doğrudan daha dış bölgelerde oluştuğu ve günümüzde de bu bölgelerde evrimini sürdürdüğü anlaşılmaktadır. Bu farklı evrimsel izler açık kümelerin Galaktik disk kimyasal evrimi içerisindeki rollerinin ortaya konmasında önemlidir. Özellikle R_{teo} ile R_{gc} arasındaki fark, literatürde tartışılan metal bolluğu gradyentlerinin gözlemsel karşılıklarının yorumlanmasında önemli bir katkı sağlamaktadır. Dinamik yörünge analizlerine göre elde edilen parametreler dikkate alındığında Güneş çemberi içinde ($R_m \leq$ 8 kpc) hareket eden açık kümelerin sayısı 109 iken bu uzaklığın ötesinde ($R_m >$ 8 kpc) hareket edenlerin sayı da 392 olarak belirlenmiştir. Ayrıca Galaktik düzlemden ayrılabilecek en büyük uzaklık parametresi dikkate alındığında 2.8 kpc'ye ulaşabilen

kümelerin bulunduğu tespit edilmiştir. Ak ve diğ.'nin (2015) analizlerine göre ince disk ile kalın disk popülasyonların yoğunluklarının eşitlendiği Z = 825 pc'lik sınır değer dikkate alındığında incelenen 501 açık kümenin 464'ün ince diske popülasyonuna, geriye kalan 37 açık kümenin ise kalın disk popülasyona ait olabileceği görülmektedir. İncelenen kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki yörünge basıkları (e_p) incelendiğinde 0 ile 0.35 değeri arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Doktora tez çalışmasında Galaktik yörünge parametrelerine göre gerçekleştirilen Galaktik popülasyon ayrımı için Tunçel Güçtekin ve diğ.'nin (2019) sınır değerleri dikkate alınmıştır. Bunun için incelenen 501 açık küme $e_p \times Z_{max}$ düzlemine kümelerin metal bolluklarına göre renklendirilerek yerleştirilmiştir (Şekil 4.21). Tunçel Güçtekin ve diğ. (2019) analizlerine göre astronomik nesnelerin Z = 2 kpc'ye kadar ince disk, 2 ile 5 kpc uzaklık aralığında kalın disk ve 5 kpc'lik uzaklığın ötesindeki nesneler de halo popülasyonu olarak değerlendirilmiştir. Bu uzaklık sınırları dikkate alındığında örneğimizde yer alan 501 açık kümenin 497'sinin ince disk ve geriye kalan dört açık kümenin de kalın disk popülasyonunda bulunduğu belirlenmiştir. Kalın disk popülasyonunda olduğu tespit edilen Berkeley 20, Berkeley 29, Chupina 1 ve IC 1805 açık kümelerinin farklı parametreler altında incelemesi yapılarak kümelerin kalın disk üyeliği sınanmıştır. Bu doğrultuda çalışmada kabul edilen metal bollukları dikkate alınmış ve açık kümeler için, sırasıyla, [Fe/H] = -0.38, -0.36, 0.00, 0.32 dex olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre ilk iki kümenin Güneş'e göre metalce daha fakir olması bu kümelerin kalın diske ait olabileceğini gösterir.



Şekil 4.11: Doktora tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin $e_p \times Z_{max}$ diyagramındaki konumları. Açık kümeler metal bolluklarına göre panelin üstünde verilen renk ölçeğine göre renklendirilmiştir. Ayrıca Tunçel Güçtekin ve diğ. (2019) uzaklık sınırları sayesinde Galaktik popülasyonları gösterilmiştir. Diyagramın zeminindeki mor renk, APOGEE DR17 veri setinden seçilen farklı Galaktik popülasyonlardaki kırmızı yığın yıldızlarını ifade etmektedir.

4.8. RADYAL METAL BOLLUĞU GRADYENTI

Doktora tez çalışmasında metal bolluğu gradyentlerinin hesabı için farklı metal bolluğu - uzaklık düzlemleri kullanılmıştır. Ayrıca tez kapsamında incelenen açık kümeler, hesaplanan yaş ve uzaklık aralıklarına göre de değerlendirilmiştir. Galaksi diski için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyenti tek bir doğrusal eğim ile açıklanamayacak kadar karmaşıktır (Joshi ve diğ., 2024). Özellikle Galaksi diskinin iç ve dış bölgelerinde farklı kimyasal evrim süreçlerinin etkili olduğu ve buna bağlı olarak farklı radyal metal bolluğu gradyentlerin ortaya çıktığı literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Chiappini ve diğ., 1997; Anders ve diğ., 2017; Spina ve diğ., 2022). Bu farklılıkları ortaya koymak amacıyla radyal metal bolluğu gradyent hesabı için tek ve iki parçalı doğrusal regresyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada dikkate alınan iki parçalı doğrusal regresyon analizlerinde incelenen açık kümelerin Galaksi merkezine uzaklıklarına özel bir matematiksel bir yöntem uygulanarak kırılım noktaları belirlenmiştir. Bu yönteme göre incelenen veri iki farklı doğrusal bölgeye ayrılarak bu bölgeler arasındaki geçişi sağlayan bir kırılma noktası (x_b) tanımlanmıştır. Modelin matematiksel formu şu şekilde verilmiştir (Seber ve Wild, 2003; Muggeo, 2003; Chen ve diğ., 2011; Lian ve diğ.i 2023; Magrini ve diğ., 2023):

(4.1)

Bağıntıda a parametresi kırılma noktasının iç tarafındaki eğimi, $a+k$ parametresi kırılma noktasının ötesindeki eğimi, b sabit terimi ve x_b parametresi de kırılma noktasının uzaklığını ifade etmektedir. Gradyent bağıntısının hesabında kullanılan $\max(0, x-x_b)$ terimi modelin kırılma noktasındaki sürekliliği göstermekte olup kırılım noktasının iç ve dış bölgeleri arasında yapay bir kesiklik oluşmamasını sağlamaktadır (Bacon ve Watts, 1971; Montgomery ve diğ., 2012; Spina ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023). Kırılma noktasının konumu veri üzerinden belirlenmiştir. Bunun için tez çalışmasında incelenen açık kümeler Galaksi merkezine göre uzaklıkları dikkate alınarak sıralanmış ve bu aralıkta rastgele 300 kırılım noktası tanımlanmış ve bu uzaklık sınırları için model en küçük kareler yöntemiyle

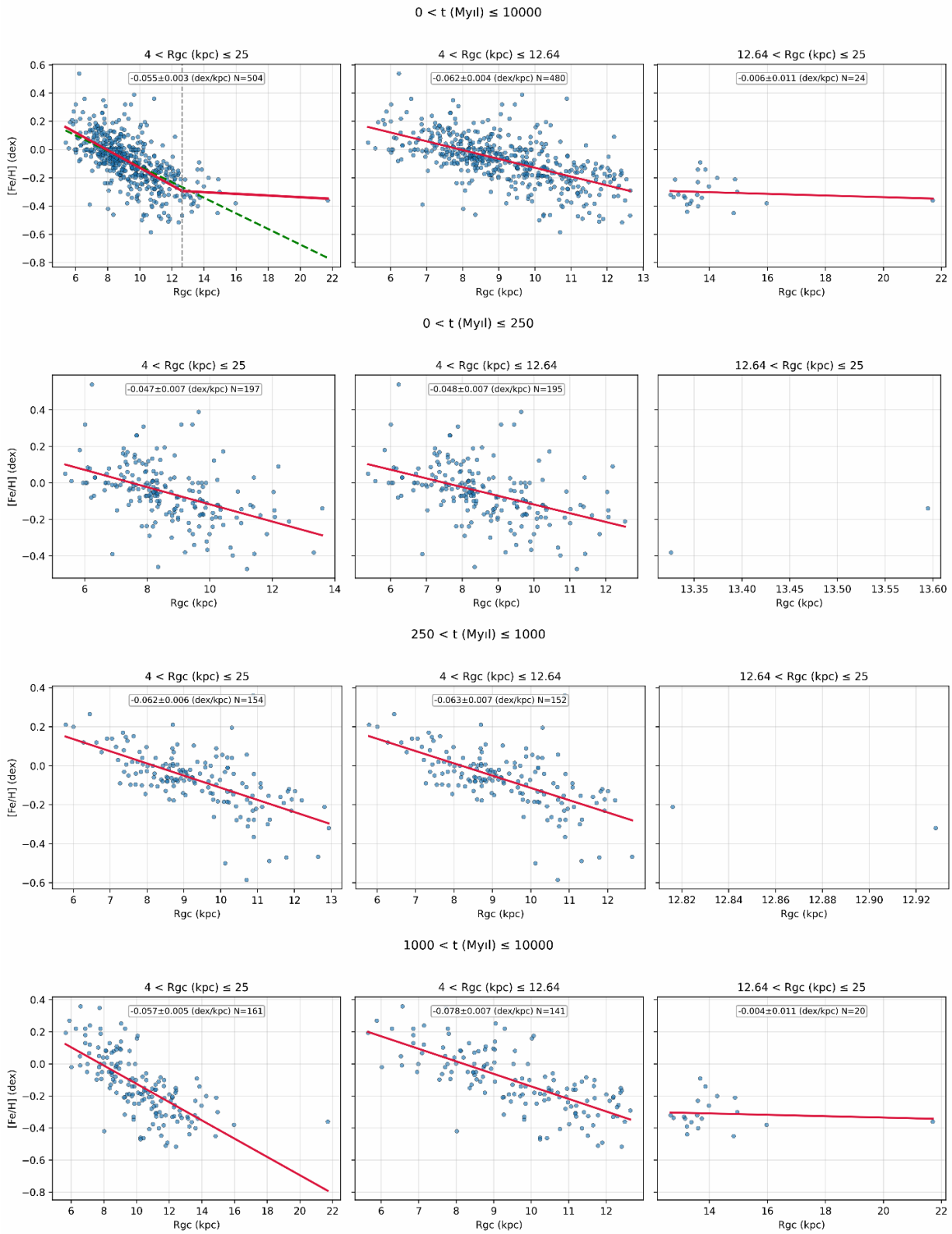
çözülmüştür. Elde edilen çözümler arasında hata kareleri toplamı en küçük olan uzaklık kırılım noktası olarak seçilmiştir. Yöntem aynı anda kırılım uzaklığını ve Galaksi diskinin iç ve dış bölgelerindeki radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanmasına mümkün kılmaktadır. Literatürde de benzer yöntem kullanılarak Galaksi diskinin iç kısmı için dik (~-0.07dex kpc^{-1}), dış kısmı için ise sığ (~-0.01 dex kpc^{-1}) gradyentler elde edilmiştir (Anders ve diğ., 2017; Spina ve diğ., 2022). Doktora tez çalışmasında uygulanan bu yöntem, Galaksi diskinin iç ve dış bölgelerindeki kimyasal evrim farklılıklarını sınanması amacıyla kullanılmıştır.

Çalışmada incelenen açık kümelerin metal bollukları Bölüm 3.1'de bahsedildiği gibi tayfsal çalışmalardan sağlanmışken, kümelerin Galaksi merkezinden olan uzaklıkları için dört farklı yöntem ile hesaplanan mesafeler kullanılmıştır. Bu uzaklıkların ilki incelenen açık kümelerin Galaksi merkezine olan bugünkü uzaklıklarına (R_{gc}) dayanırken, diğer üç yöntem açık kümelerin dinamik yörünge analizleriyle hesaplanmıştır. İkinci yöntem açık kümelerin apo ve peri Galaktik uzaklıklarının aritmetik ortalamasını ifade eden (R_{m}) uzaklığı ile üçüncü yöntem de kümelerin rehber yarıçap uzaklıklarına ($R_{guiding}$) dayanmaktadır. Son uzaklık yöntemi ise incelenen açık kümeler için hesaplanan yaşlar dikkate alınarak kümelerin bugünkü konumlarından itibaren zamanda, yörünge analizi sayesinde, geriye götürülerek doğum yarıçapına (R_{teo}) dayanır.

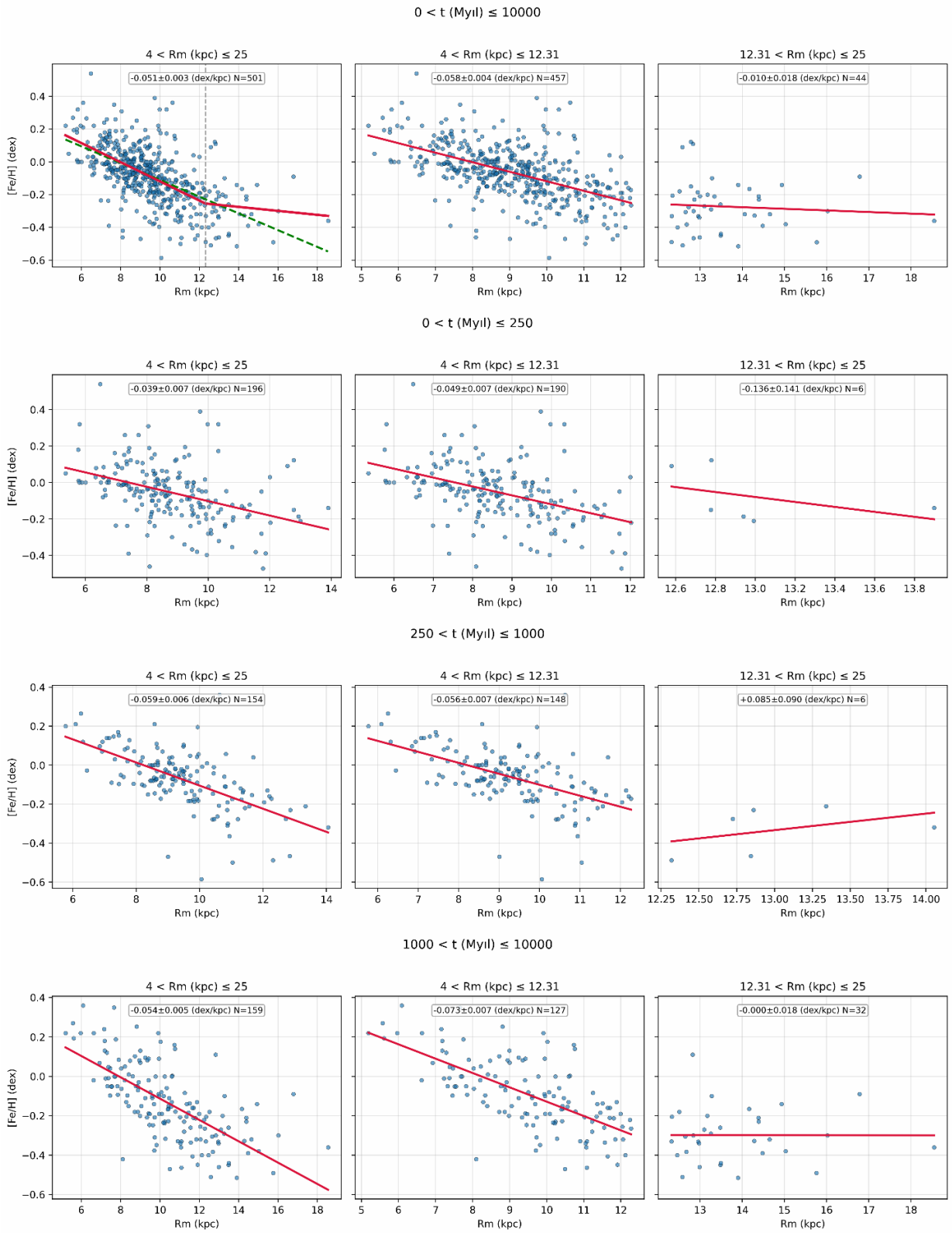
Galaksi diskinin metal bolluğu açısından incelenmesinde metal bolluğu-uzaklık düzlemleri üzerindeki açık kümelerin konumları dikkate alınarak tek ve ikili doğrusal regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki açık kümelere ait yaş aralıkları belirlenirken üç farklı sınır değer seçilmiştir. Şekil 4.12'den de görüleceği gibi açık kümelerin yaş aralıkları $t \leq 250$ Myıl (genç), $250 < t$ (Myıl) ≤ 1000 (orta yaşlı) ve $1000 < t$ (Myıl) ≤ 10000 (yaşlı) olarak belirlenmiştir. Bu aralıklara karşılık gelen açık kümelerin sayısı, sırasıyla, 197 (%39), 149 (%30) ve 158 (%31)'dir. Bu aralıklar için belirlenen küme sayıları radyal metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanması için gerekli istatistiksel veriye sahiptir. Ayrıca doktora tezinde belirlenen yaş aralıkları literatürdeki çalışmalarda verilenlere oldukça benzer ve yakındır (Netopil ve diğ., 2016; Spina ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023; Palla ve diğ., 2024). Elde edilen sonuçlar Tablo 4.3'te listelenirken söz konusu düzlemlerde yer alan veriler ve fitler Şekil 4.22-Şekil 4.25'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Dört farklı uzaklık (R_{gc}, R_m, $R_{guiding}$ ve R_{teo}), üç yaş aralığında (0-250, 250-1000, 1000-10000 Myıl) ve üç farklı kırılım uzaklığıyla (tüm veri, 5-11.2 kpc, 11.2-25 kpc) hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri.

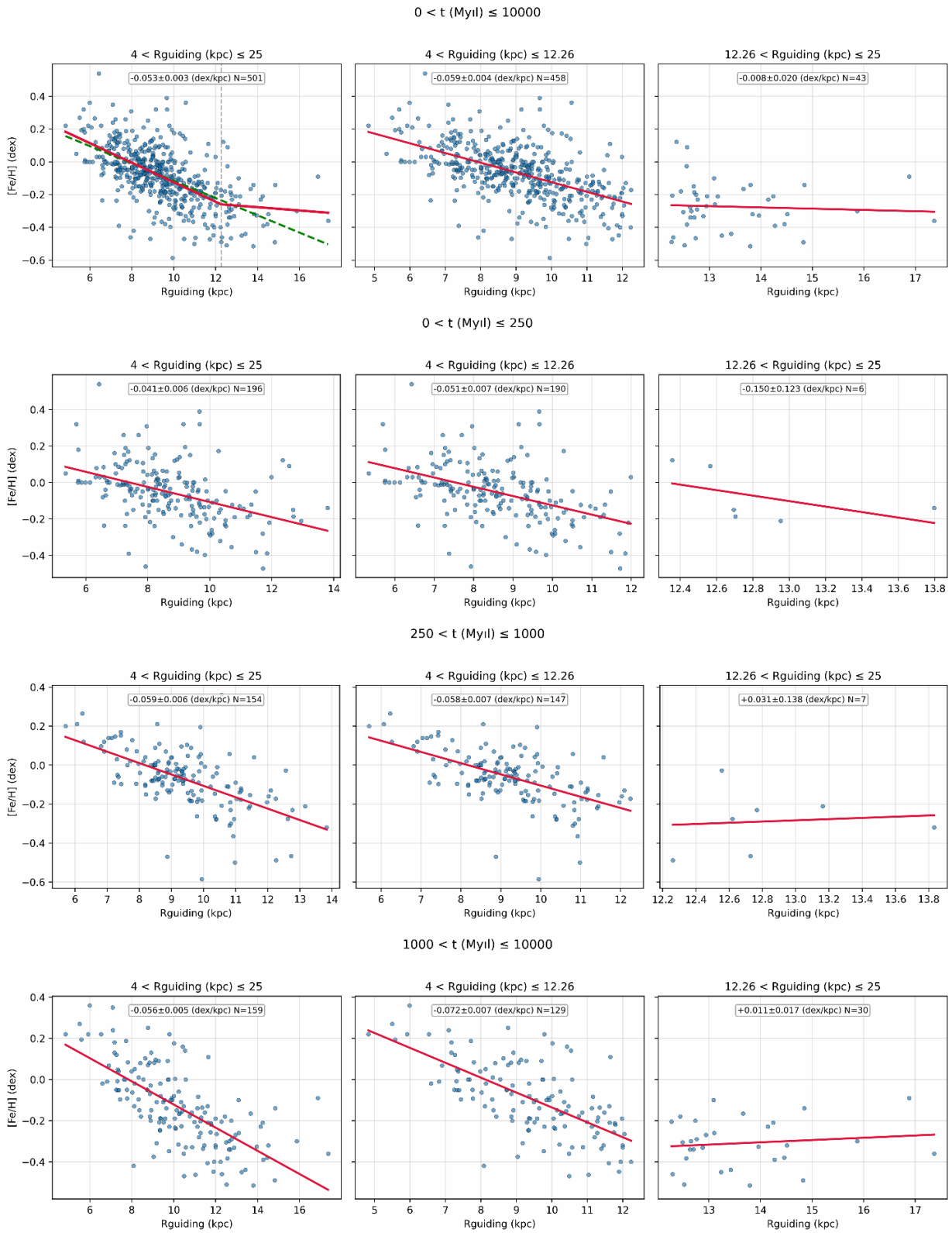
[Fe/H] × R_{gc}				[Fe/H] × R_m			
Yaş aralığı (Myıl)	**Uzaklık aralığı (kpc)**	**Küme sayısı**	***d*[Fe/H]/R_{gc} (dex kpc^{-1})**	**Yaş aralığı (Myıl)**	**Uzaklık aralığı (kpc)**	**Küme sayısı**	***d*[Fe/H]/R_m (dex kpc^{-1})**
0-10000	5-25	504	-0.055±0.003	0-10000	5-25	501	-0.051±0.003
0-10000	5-12.64	480	-0.062±0.004	0-10000	5-12.31	455	-0.059±0.004
0-10000	12.64-25	24	-0.006±0.011	0-10000	12.31-25	44	-0.010±0.018
0-250	5-25	197	-0.047±0.007	0-250	5-25	191	-0.039±0.007
0-250	5-12.64	195	-0.048±0.007	0-250	5-12.31	185	-0.049±0.007
0-250	11.2-25	2	---	0-250	12.31-25	6	---
250-1000	5-25	154	-0.062±0.006	250-1000	5-25	151	-0.060±0.006
250-1000	5-12.64	152	-0.063±0.007	250-1000	5-12.31	145	-0.058±0.007
250-1000	12.64-25	2	---	250-1000	12.31-25	6	---
1000-10000	5-25	159	-0.057±0.005	1000-10000	5-25	157	-0.055±0.005
1000-10000	5-11.64	139	-0.078±0.007	1000-10000	5-12.31	125	-0.075±0.007
1000-10000	12.64-25	20	-0.004±0.011	1000-10000	11.2-25	32	-0.000±0.018
[Fe/H] × $R_{guiding}$				[Fe/H] × R_{teo}			
Yaş aralığı (Myıl)	**Uzaklık aralığı (kpc)**	**Küme sayısı**	***d*[Fe/H]/$R_{guiding}$ (dex kpc^{-1})**	**Yaş aralığı (Myıl)**	**Uzaklık aralığı (kpc)**	**Küme sayısı**	***d*[Fe/H]/R_{teo} (dex kpc^{-1})**
0-10000	5-25	501	-0.053±0.003	0-10000	5-25	501	-0.047±0.003
0-10000	5-12.26	455	-0.059±0.004	0-10000	13.07-25	473	-0.054±0.004
0-10000	12.26-22	43	-0.008±0.020	0-10000	13.07-25	25	-0.005±0.011
0-250	5-25	191	-0.041±0.007	0-250	5-25	191	-0.042±0.007
0-250	5-12.26	185	-0.051±0.007	0-250	5-13.07	190	-0.043±0.007
0-250	12.26-25	6	---	0-250	13.07-25	--	---
250-1000	5-25	151	-0.060±0.006	250-1000	5-25	151	-0.054±0.006
250-1000	5-12.26	144	-0.059±0.007	250-1000	5-13.07	151	-0.054±0.006
250-1000	12.26-25	7	---	250-1000	13.07-25	--	---
1000-10000	5-25	161	-0.057±0.005	1000-10000	5-25	156	-0.047±0.004
1000-10000	5-12.26	141	-0.075±0.007	1000-10000	5-13.07	132	-0.067±0.007
1000-10000	12.26-25	20	-0.004±0.011	1000-10000	13.07-25	24	-0.004±0.011



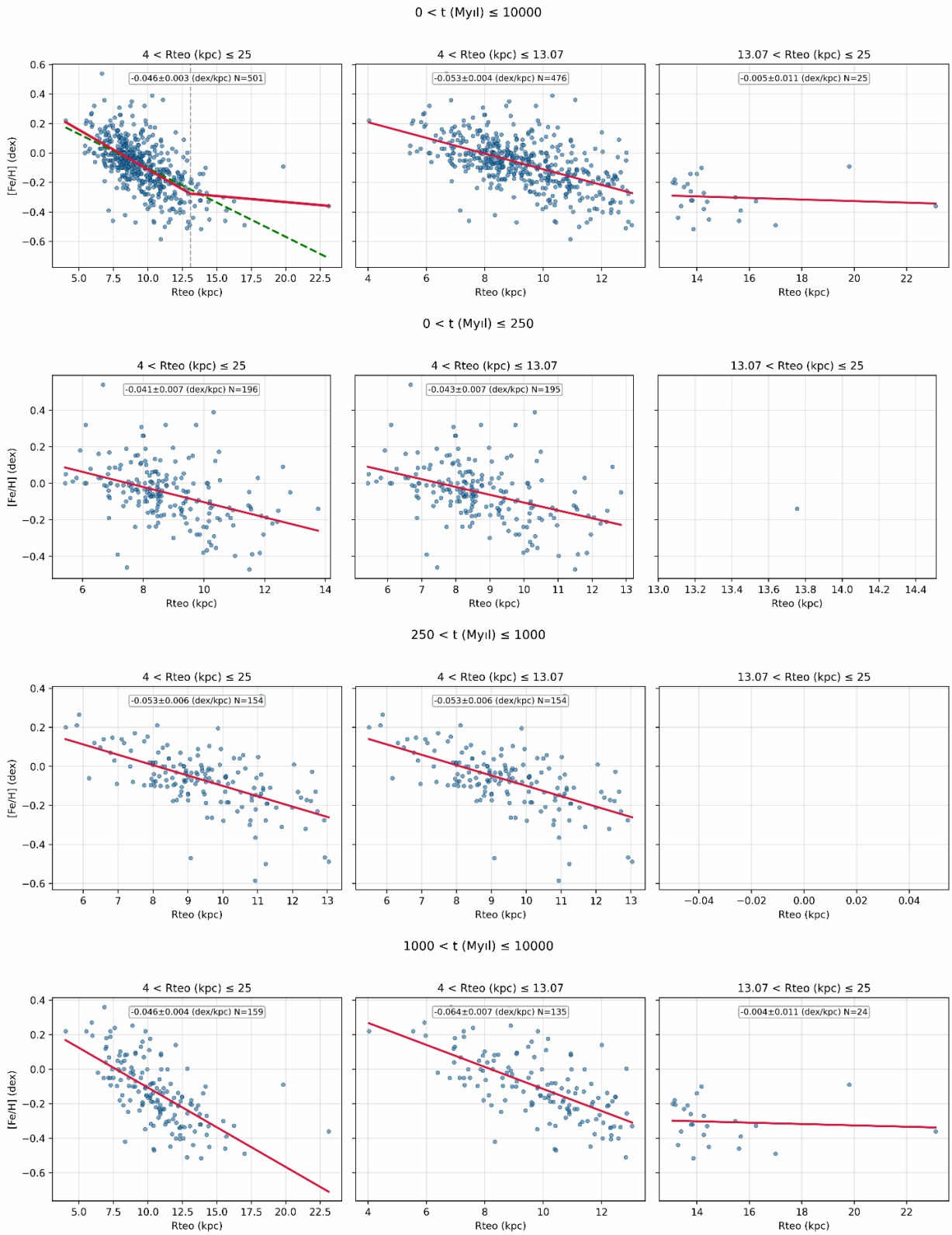
Şekil 4.22: Açık kümelerin Galaksi merkezinden bugünkü uzaklıklarına (R_{gc}) göre oluşturulan metal bolluğu - uzaklık diyagramları.



Şekil 4.23: Açık kümelerin Galaksi merkezinden olan ortalama uzaklıklarına (R_m) göre oluşturulan metal bolluğu - uzaklık diyagramları.



Şekil 4.24: Açık kümelerin Galaksi merkezinden itibaren rehber uzaklığa (R_{guiding}) göre oluşturulan metal bolluğu - uzaklık diyagramları.



Şekil 4.25: Açık kümelerin Galaksi merkezinden doğum uzaklıklarına (R_{teo}) göre oluşturulan metal bolluğu - uzaklık diyagramları.

Doktora tez çalışmasında incelenen 504 açık kümeye ait metal bolluğu-uzaklık dağılımı Şekil 4.22'de sunulmaktadır. İlk aşamada kümelerin bugünkü Galaksi merkezli konumları (R_{gc}) dikkate alınarak radyal metal bolluğu gradyentleri tüm örnek ile üç yaş aralığı ve farklı kırılma noktaları için hesaplanmıştır. Elde edilen dağılım kümelerin Galaksi merkezinden yaklaşık 5 ile 22 kpc aralığında bulunduğunu göstermektedir. Veriye uygulanan doğrusal regresyon neticesinde radyal metal bolluğu gradyentinin d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.055±0.003 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmış olup bu bulgu literatürde Galaksi diskinde belirlenen metal bolluğu gradyent sonuçlarıyla genel anlamda uyumludur. Bununla birlikte dağılımın tek bir doğrusal fonksiyon ile doğru ve uyumlu bir biçimde temsil edilemediği, bunun yerine iki parçalı doğrusal fonksiyonlar ile uyumun daha belirgin olduğu Şekil 4.22'de görülmektedir. Galaksi diskinin iç bölgesinde ($R_{gc} \leq 12.64$ kpc) bulunan açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin eğimi daha dik olup, demir bolluğu Galaksi disk sınırının dışına doğru hızlı bir şekilde azalırken, Galaksi diskinin dış bölgesinde ($R_{gc} > 12.64$ kpc) eğim belirgin biçimde sığlaşmaktadır. Çalışmada belirlenen kırılma noktası en küçük kareler yöntemiyle elde edilen iki doğrusal fonksiyonun kesişim noktası aracılığıyla tanımlanmıştır ve Galaksi diskinin kimyasal yapısında yapısal bir ayrışmaya işaret etmektedir. Açık kümelerin Galaksi üzerindeki bugünkü konumları dikkate alınarak gerçekleştirilen analizlerde yaş ve uzaklığa getirilen sınırlamalar neticesinde radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Öncelikle geniş bir uzaklık aralığında ($4 < R_{gc}$(kpc) ≤ 25) yer alan ve 197 genç açık kümeden ($0 < t$(Myıl) ≤ 250) oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{gc}=-0.047±0.007 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Ayrıca kırılım uzaklığı içinde ($R_{gc} \leq$ 12.64 kpc) yer alan kümeler dikkate alındığında neredeyse tüm genç açık kümelerden (N=195) hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin de d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.048±0.007 dex kpc^{-1} olduğu belirlenmiştir. Kırılım noktasının ötesinde ($R_{gc} \geq 12.64$ kpc) sadece iki açık küme bulunduğu için Galaksi dış diski için bir radyal metal bolluğu gradyenti hesaplanmamıştır. Orta yaşlı olarak tanımlanan ($250 < t$(Myıl) ≤ 1000) 154 açık kümeden oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.062±0.006 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Genç kümelerde olduğu gibi örneğin neredeyse tamamı Galaksi diskinin iç bölgesinde kalmakta ve bu örnekten itibaren hesaplanan radyal metal bolluğu gradyenti de d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.063±0.007 dex kpc^{-1}olarak hesaplanmıştır. Kırılım noktasının ötesinde de ($R_{gc} \geq 12.64$ kpc) sadece iki açık küme bulunduğu için Galaksi dış diski için bir radyal metal bolluğu gradyenti hesaplanmamıştır. Yaşlı olarak tanımlanan ($1000 < t$ (Myıl) ≤ 10000) 161 açık kümeden

oluşan grupta da radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.057±0.005 dex kpc^{-1} belirlenmiştir. Bu gruptaki örnek için kırılım uzaklığı ($R_{gc} \leq 12.64$ kpc) içinde kalan 141 açık küme için radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.078±0.007 dex kpc^{-1} olarak belirlenmiş, kırılım uzaklığının ötesinde ($R_{gc} \geq 12.64$ kpc) yer alan 20 açık küme için de gradyent değeri d[Fe/H]/dR_{gc}= -0.004±0.011 dex kpc^{-1} olup çok sığ bir gradyent belirlenmiştir.

Doktora tez çalışmasında incelenen 504 açık kümenin ortalama yörünge yarıçaplarına göre (R_m) hesaplanan metal bolluğu-uzaklık dağılımı Şekil 4.23'de sunulmuştur. İkinci aşamada olan R_m uzaklığı dikkate alındığında radyal metal bolluğu gradyentleri tüm örnek ile üç yaş aralığı ve farklı kırılma noktaları için hesaplanmıştır. Elde edilen dağılım kümelerin Galaksi merkezinden yaklaşık 5 ile 19 kpc aralığında bulunduğunu göstermektedir. Veriye uygulanan doğrusal regresyon neticesinde radyal metal bolluğu gradyentinin d[Fe/H]/dR_m= -0.051±0.003 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte dağılımın tek bir doğrusal fonksiyon ile doğru ve uyumlu bir biçimde temsil edilemediği, bunun yerine iki parçalı doğrusal fonksiyonlar ile uyumun daha belirgin olduğu Şekil 4.23'de görülmektedir. Galaksi diskinin iç bölgesinde ($R_m \leq 12.31$ kpc) bulunan açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin eğimi daha dik olup, demir bolluğu Galaksi disk sınırının dışına doğru hızlı bir şekilde azalırken, Galaksi diskinin dış bölgesinde ($R_m > 12.31$ kpc) eğim sığlaşmaktadır. Çalışmada belirlenen kırılma noktası en küçük kareler yöntemiyle elde edilen iki doğrusal fonksiyonun kesişim noktası aracılığıyla tanımlanmıştır ve Galaksi diskinin kimyasal yapısında yapısal bir ayrışmaya işaret etmektedir. Açık kümelerin Galaksi merkezinden ortalama uzaklıkları dikkate alınarak gerçekleştirilen analizlerde yaş ve uzaklığa getirilen sınırlamalar neticesinde radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Öncelikle geniş bir uzaklık aralığında ($4 < R_m$(kpc) ≤ 25) yer alan ve 196 genç açık kümeden ($0 < t$(Myıl) ≤ 250) oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_m= -0.039±0.007 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Ayrıca kırılım uzaklığı içinde ($R_m \leq 12.31$ kpc) yer alan kümeler dikkate alındığında neredeyse tüm genç açık kümelerden (N=190) hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin de d[Fe/H]/dR_m= -0.049±0.007 dex kpc^{-1} olduğu belirlenmiştir. Kırılım noktasının ötesinde ($R_m \geq 12.31$ kpc) sadece altı açık küme bulunduğu için Galaksi dış diski için d[Fe/H]/dR_m= -0.136±0.141 dex kpc^{-1} değeri hesaplanmış fakat bu aralıkta yer alan küme sayısı istatistiksel açıdan yeterli olmadığından, bu uzaklık aralığı için radyal metal bolluğu gradyenti verilmemiştir. Orta yaşlı olarak tanımlanan ($250 < t$(Myıl) ≤ 1000) 154 açık

kümeden oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_m= -0.059±0.006 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Genç kümelerde olduğu gibi örneğin neredeyse tamamı (N=148) Galaksi diskinin iç bölgesinde kalmakta ve bu örnekten itibaren hesaplanan radyal metal bolluğu gradyenti de d[Fe/H]/dR_m= -0.056±0.007 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır. Kırılım noktasının ötesinde ($R_m \geq 12.31$ kpc) sadece altı açık küme bulunduğu için Galaksi dış diski için d[Fe/H]/dR_m= +0.085±0.090 dex kpc^{-1} değeri hesaplanmış fakat bu aralıkta yer alan küme sayısı istatistiksel açıdan yeterli olmadığından, bu uzaklık aralığı için radyal metal bolluğu gradyenti verilmemiştir. Yaşlı olarak tanımlanan ($1000 < t$(Myıl) ≤ 10000) 159 açık kümeden oluşan grupta da radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_m= -0.054±0.005 dex kpc^{-1} belirlenmiştir. Bu gruptaki örnek için kırılım uzaklığı ($R_m \leq 12.31$ kpc) içinde kalan 127 açık küme için radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_m= -0.073±0.007 dex kpc^{-1} olarak belirlenmiş, kırılım uzaklığının ötesinde ($R_m \geq 12.31$ kpc) yer alan 32 açık küme için de gradyent değeri d[Fe/H]/dR_m= -0.000±0.018 dex kpc^{-1} olup çok sığ bir gradyent belirlenmiştir. Bu aralık içinde kalan açık küme sayısı istatistiksel açıdan anlamlı kabul edilir.

Doktora tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin rehber yarıçaplarına göre ($R_{guiding}$) hesaplanan metal bolluğu-uzaklık dağılımı Şekil 4.24'de sunulmuştur. Üçüncü aşamada olan $R_{guiding}$ uzaklığı dikkate alındığında radyal metal bolluğu gradyentleri tüm örnek ile üç yaş aralığı ve farklı kırılma noktaları için hesaplanmıştır. Elde edilen dağılım kümelerin Galaksi merkezinden yaklaşık 5 ile 18 kpc aralığında bulunduğunu göstermektedir. Veriye uygulanan doğrusal regresyon neticesinde radyal metal bolluğu gradyentinin d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= -0.053±0.003 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte dağılımın tek bir doğrusal fonksiyon ile doğru ve uyumlu bir biçimde temsil edilemediği, bunun yerine iki parçalı doğrusal fonksiyonlar ile uyumun daha belirgin olduğu Şekil 4.24'de görülmektedir. Galaksi diskinin iç bölgesinde ($R_{guiding} \leq 12.26$ kpc) bulunan açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin eğimi daha dik olup, demir bolluğu Galaksi disk sınırının dışına doğru hızlı bir şekilde azalırken, Galaksi diskinin dış bölgesinde ($R_{guiding} > 12.26$ kpc) eğim sığlaşmaktadır. Çalışmada belirlenen kırılma noktası en küçük kareler yöntemiyle elde edilen iki doğrusal fonksiyonun kesişim noktası aracılığıyla tanımlanmıştır ve Galaksi diskinin kimyasal yapısında yapısal bir ayrışmaya işaret etmektedir. Açık kümelerin rehber yarıçapları dikkate alınarak gerçekleştirilen analizlerde yaş ve uzaklığa getirilen sınırlamalar neticesinde radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Öncelikle geniş bir uzaklık aralığında (4 <

$R_{guiding}$(kpc) ≤ 25) yer alan ve 196 genç açık kümeden (0 < t(Myıl) ≤ 250) oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= -0.041±0.006 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Ayrıca kırılım uzaklığı içinde ($R_{guiding}$ ≤ 12.26 kpc) yer alan kümeler dikkate alındığında neredeyse tüm genç açık kümelerden (N=190) hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin de d[Fe/H]/dR_m= -0.051±0.007 dex kpc^{-1} olduğu belirlenmiştir. Kırılım noktasının ötesinde ($R_{guiding}$ ≥ 12.26 kpc) sadece altı açık küme bulunduğu için Galaksi dış diski için d[Fe/H]/dR_m= -0.150±0.123 dex kpc^{-1} değeri hesaplanmış fakat bu aralıkta yer alan küme sayısı istatistiksel açıdan yeterli olmadığından, bu uzaklık aralığı için radyal metal bolluğu gradyenti verilmemiştir. Orta yaşlı olarak tanımlanan (250 < t(Myıl) ≤ 1000) 154 açık kümeden oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/$dR_{guiding}$ = -0.059±0.006 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Genç kümelerde olduğu gibi örneğin neredeyse tamamı (N=147) Galaksi diskinin iç bölgesinde kalmakta ve bu örnekten itibaren hesaplanan radyal metal bolluğu gradyenti de d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= -0.058±0.007 dex kpc^{-1}olarak hesaplanmıştır. Kırılım noktasının ötesinde ($R_{guiding}$ ≥ 12.26 kpc) sadece yedi açık küme bulunduğu için Galaksi dış diski için d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= +0.031±0.138 dex kpc^{-1} değeri hesaplanmış fakat bu aralıkta yer alan küme sayısı istatistiksel açıdan yeterli olmadığından, bu uzaklık aralığı için radyal metal bolluğu gradyenti verilmemiştir. Yaşlı olarak tanımlanan (1000 < t(Myıl) ≤ 10000) 159 açık kümeden oluşan grupta da radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= -0.056±0.005 dex kpc^{-1} belirlenmiştir. Bu gruptaki örnek için kırılım uzaklığı ($R_{guiding}$ ≤ 12.26 kpc) içinde kalan 129 açık küme için radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= -0.072±0.007 dex kpc^{-1} olarak belirlenmiş, kırılım uzaklığının ötesinde ($R_{guiding}$ ≥ 12.26 kpc) yer alan 30 açık küme için de gradyent değeri d[Fe/H]/$dR_{guiding}$= +0.011±0.017 dex kpc^{-1} olup çok sığ bir gradyent belirlenmiştir. Bu aralık içinde kalan açık küme sayısı istatistiksel açıdan anlamlı kabul edilir.

Doktora tez çalışmasında incelenen 501 açık kümenin doğum yarıçaplarına göre (R_{teo}) hesaplanan metal bolluğu-uzaklık dağılımı Şekil 4.25'de sunulmuştur. Dördüncü aşamada olan R_{teo} uzaklığı dikkate alındığında radyal metal bolluğu gradyentleri tüm örnek ile üç yaş aralığı ve farklı kırılma noktaları için hesaplanmıştır. Elde edilen dağılım kümelerin Galaksi merkezinden yaklaşık 5 ile 23 kpc aralığında bulunduğunu göstermektedir. Veriye uygulanan doğrusal regresyon neticesinde radyal metal bolluğu gradyentinin d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.046±0.003 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte dağılımın tek bir doğrusal fonksiyon ile doğru ve uyumlu bir biçimde temsil edilemediği, bunun yerine iki parçalı

doğrusal fonksiyonlar ile uyumun daha belirgin olduğu Şekil 4.25'de görülmektedir. Galaksi diskinin iç bölgesinde ($R_{teo} \leq 13.07$ kpc) bulunan açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin eğimi daha dik olup, demir bolluğu Galaksi disk sınırının dışına doğru hızlı bir şekilde azalırken, Galaksi diskinin dış bölgesinde ($R_{teo} > 13.07$ kpc) eğim sığlaşmaktadır. Çalışmada belirlenen kırılma noktası en küçük kareler yöntemiyle elde edilen iki doğrusal fonksiyonun kesişim noktası aracılığıyla tanımlanmıştır ve Galaksi diskinin kimyasal yapısında yapısal bir ayrışmaya işaret etmektedir. Açık kümelerin rehber yarıçapları dikkate alınarak gerçekleştirilen analizlerde yaş ve uzaklığa getirilen sınırlamalar neticesinde radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Öncelikle geniş bir uzaklık aralığında ($4 < R_{teo}$ (kpc) ≤ 25) bulunan ve 196 genç açık kümeden ($0 < t$(Myıl) ≤ 250) oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.046±0.003 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Ayrıca kırılım uzaklığı içinde ($R_{teo} \leq 13.07$ kpc) yer alan kümeler dikkate alındığında neredeyse tüm genç açık kümelerden (N=195) hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin de d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.041±0.007 dex kpc^{-1} olduğu belirlenmiştir. Kırılım noktasının ötesinde ($R_{teo} \geq 13.07$ kpc) sadece bir açık küme bulunduğu için bu aralıkta bir gradyent hesaplanamamıştır. Orta yaşlı olarak tanımlanan ($250 < t$(Myıl) ≤ 1000) 154 açık kümeden oluşan grupta radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.053±0.006 dex kpc^{-1} hesaplanmıştır. Örneğin tamamı (N=154) Galaksi diskinin iç bölgesinde kalmakta ve bu örnekten itibaren hesaplanan radyal metal bolluğu gradyenti de d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.053±0.006 dex kpc^{-1}olarak hesaplanmıştır. Kırılım noktasının ötesinde ($R_{teo} \geq 13.07$ kpc) hiçbir açık küme bulunmadığı için radyal metal bolluğu gradyenti hesaplanmamıştır. Yaşlı olarak tanımlanan ($1000 < t$(Myıl) ≤ 10000) 159 açık kümeden oluşan grupta da radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.046±0.004 dex kpc^{-1} belirlenmiştir. Bu gruptaki örnek için kırılım uzaklığı ($R_{teo} \leq 13.07$ kpc) içinde kalan 135 açık küme için radyal metal bolluğu gradyenti d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.064±0.007 dex kpc^{-1} olarak belirlenmiş, kırılım uzaklığının ötesinde ($R_{teo} \geq 13.07$ kpc) yer alan 24 açık küme için de gradyent değeri d[Fe/H]/dR_{teo}= -0.004±0.011 dex kpc^{-1} olup çok sığ bir gradyent belirlenmiştir. Bu aralık içinde kalan açık küme sayısı istatistiksel açıdan anlamlı kabul edilir. Elde edilen tüm radyal metal bolluğu gradyentleri Tablo 4.3'de listelenmiştir.

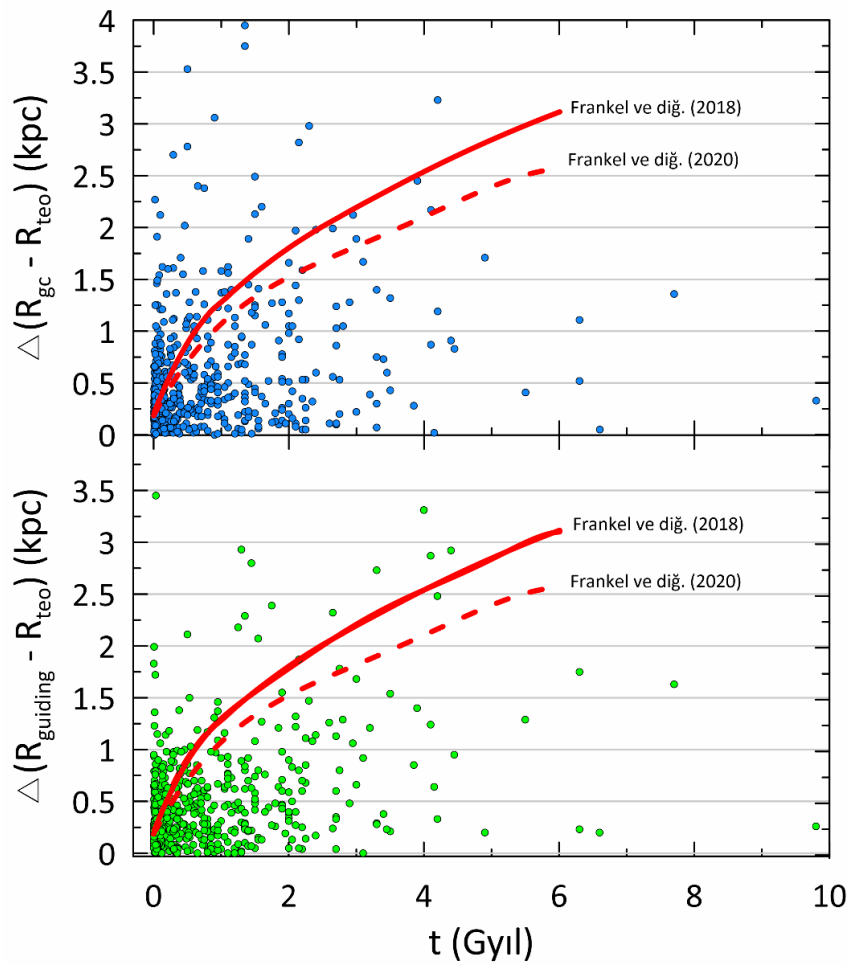
4.9 RADYAL GÖÇ

Doktora tez çalışması kapsamında incelenen bir diğer önemli konu, seçilen açık kümelerin radyal göç mekanizmasına ne ölçüde maruz kaldığının belirlenmesidir. Analiz edilen 504 açık kümeden elde edilen kimyasal ve kinematik parametreler, Galaksi diskindeki radyal göç süreçlerinin açık kümeler üzerinde bıraktığı ayırt edilebilir izlerin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle metal bolluğuyla Galaksi merkezine olan uzaklık arasındaki ilişki incelendiğinde, literatürde raporlanan tipik iç disk gradyentleriyle (Friel ve diğ., 2002; Li Chen ve diğ., 2003) genel anlamda uyumlu bir gradyent elde edilmek ile birlikte, bazı açık kümelerin bu gradyentten belirgin biçimde saptığı görülmüştür. Bu sapmalar, söz konusu kümelerin doğdukları yarıçaptan farklı bir Galaktik konuma taşınmış olabileceğini göstermekte ve literatürde "radyal göç" olarak tanımlanan sürecin kümeler özelinde gözlenen kimyasal izleriyle tutarlıdır (Donor ve diğ., 2020; Spina ve diğ., 2021).

Radyal göçe aday açık kümelerin belirlenmesinde yalnızca metal bolluğu sapmaları değil, aynı zamanda kümelerin yörünge elemanları ve uzay hız bileşenleri de dikkate alınmıştır. Radyal göçün iki temel bileşeni olan churning ve blurring, kimyasal açıdan anomali gösteren kümeler ile bu kümelerin kinematik özellikleri birlikte değerlendirildiğinde ayırt edilebilir hale gelmektedir. Churning sürecine maruz kalan açık kümelerin açısal momentum değişimi sonucu ortalama yörünge yarıçaplarının kalıcı olarak değişmesi beklenirken, blurring etkisindeki açık kümelerin yüksek yörünge basıklığına bağlı olarak yalnızca geçici yarıçap salınımları sergilediği bilinmektedir. Bu ayrım doğrultusunda metal bolluğu gradyentinden sapma ve düşük yörünge basıklığına rağmen büyük yarıçap farklılıkları gösteren kümeler güçlü radyal göç adayları olarak sınıflandırılmıştır. Galaktik disk kimyasal evrim modelleriyle yapılan karşılaştırmalar (Zhang ve diğ., 2021; Netopil ve diğ., 2022; Gaia işbirliği, 2023) incelendiğinde, elde edilen sonuçlar özellikle iç diskten dış diske doğru göç eden kümelerin sayıca daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, Samanyolu'nun spiral kol yapısının özellikle ortak dönüş (corotation) bölgesinde açık kümelerin açısal momentumunun transferini kolaylaştırdığına ilişkin kuramsal beklentiyle uyumludur. Ayrıca yaşlı açık kümelerin metal bolluğu dağılımlarının genç kümelere kıyasla daha geniş olması da radyal göçün zamana bağlı birikimli etkisini desteklemektedir.

Tez çalışmasında radyal göçün göstergesi olarak $R_{\rm gc}$ ve $R_{\rm guiding}$ uzaklıkları kullanılmış, bu uzaklıkların $R_{\rm teo}$ değerlerinden farkları alınarak açık kümelerin yaşlarıyla ilişkileri

incelenmiştir. Frankel ve diğ. (2018; 2020), kırmızı dev yıldızlar üzerinde iki farklı model kullanarak radyal göç için kuramsal sınırlar tanımlamışlardır. Bu çalışmada değerlendirilen açık kümelerin $\Delta(R_{gc} - R_{teo})$ ile $\Delta(R_{guiding} - R_{teo})$ uzaklıkları yaşlarına göre işaretlenmiş (Şekil 4.26) ve aynı düzlem üzerine Frankel ve diğ. (2018; 2020) tarafından verilen kuramsal çizgiler eklenmiştir. Şeklin de gösterdiği üzere, Frankel ve diğ. (2020) tarafından geliştirilen son model, radyal göç büyüklüğünü önceki modellerine (Frankel ve diğ., 2018) göre daha düşük tahmin etmektedir. Tez çalışmasında radyal göç etkisinin en düşük sınırla değerlendirilmesini sağlamak amacıyla Frankel ve diğ. (2020) modeli tercih edilmiştir. Bu modele göre $\Delta(R_{gc}-R_{teo}) - t$ ve $\Delta(R_{guiding}-R_{teo}) - t$ diyagramlarından türetilen radyal göçe uğramış küme sayıları, sırasıyla, 191 (%38) ve 164 (%33) olarak belirlenmiştir.



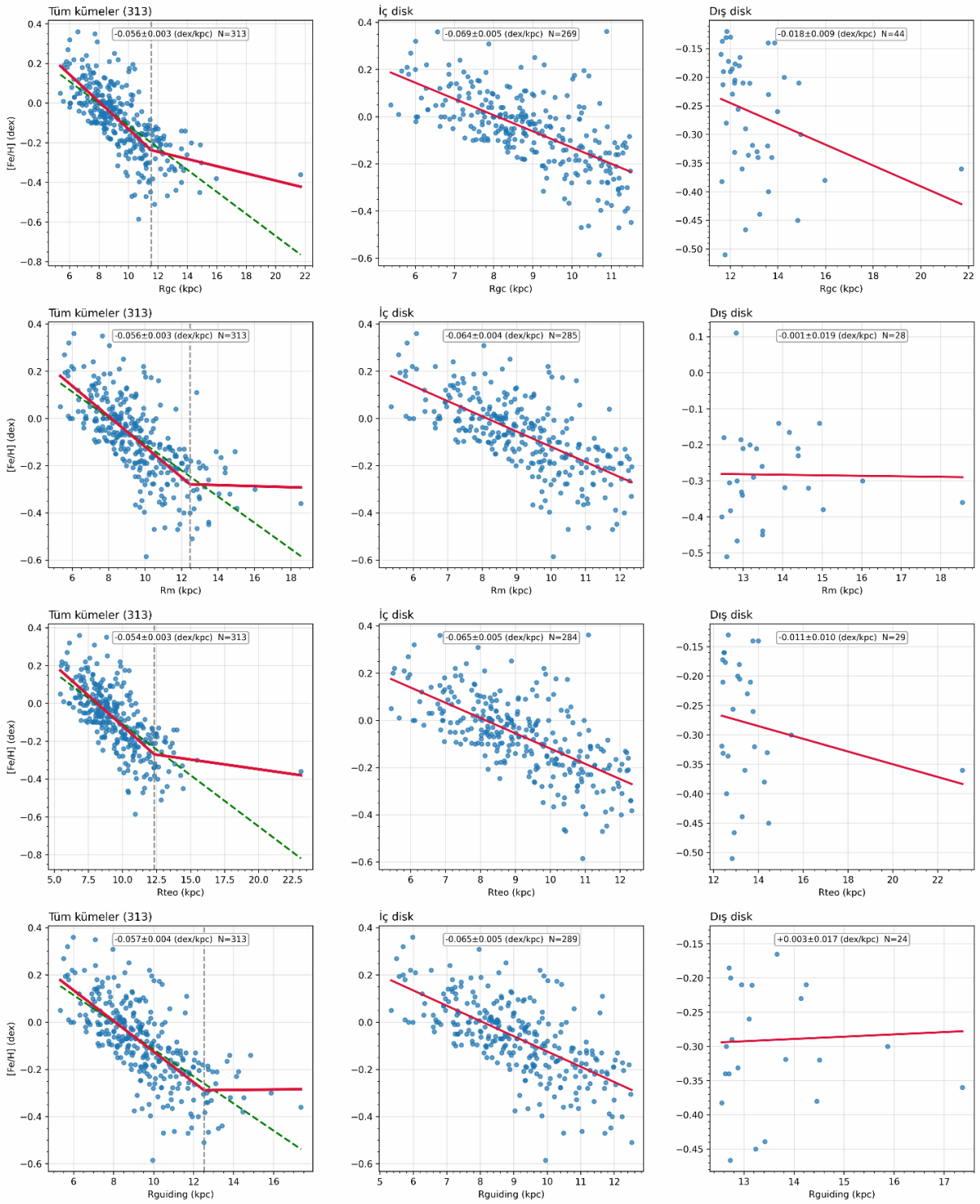
Şekil 4.26: İncelenen 504 açık kümenin R_{gc}-R_{teo} (üst panel) ve ve $R_{guiding}$-R_{teo} (alt panel) uzaklık farklarının, bu çalışmada hesaplanan küme yaşlarıyla karşılaştırılması. Kırmızı eğri ve kırmızı kesikli çizgiler, sırasıyla Frankel ve diğ. (2018) ve Frankel ve diğ. (2018) tarafından önerilen kuramsal radyal göç eğrilerini göstermektedir.

Radyal göç mekanizması, kümelerin farklı zaman ölçeklerinde Galaksinin farklı bölgelerinde bulunabileceğini göstermektedir. Bu nedenle doğru ve güvenilir bir radyal metal bolluğu gradyenti elde edebilmek amacıyla, radyal göçe uğradığı belirlenen açık kümeler örneklemden çıkarılmış ve iç ve dış disk kümeleri dahil olmak üzere dört farklı yarıçap aralığı için gradyent yeniden hesaplanmıştır. Buna göre $\Delta(R_{gc}-R_{teo})$ ve $\Delta(R_{guiding}-R_{teo})$ değerlerine göre radyal göçe uğramadığı kabul edilen açık kümelerin sayıları, sırasıyla, 313 ve 340 olarak belirlenmiştir.

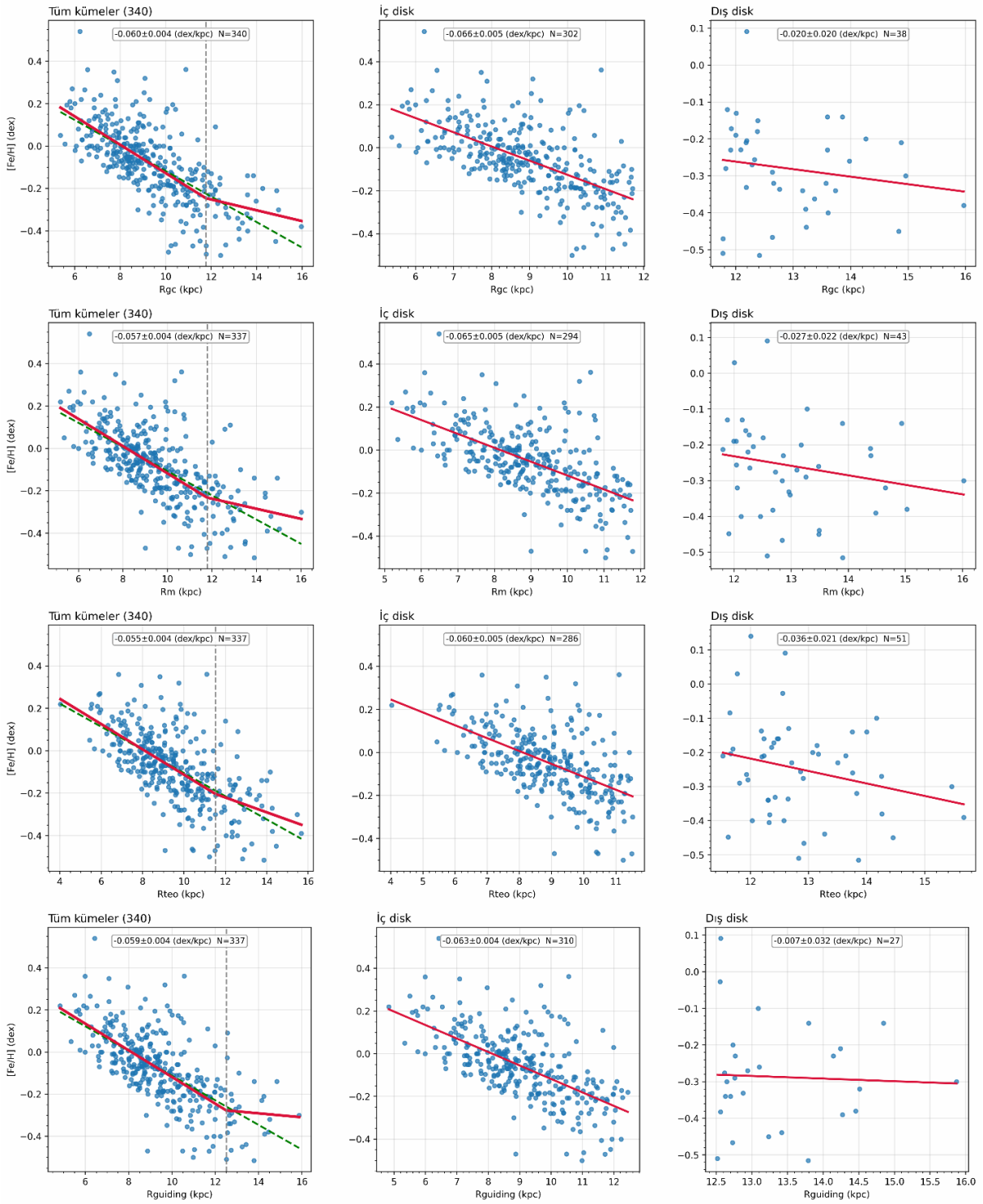
Tez çalışmasında gerçekleştirilen radyal göç analizlerinde $\Delta(R_{gc}-R_{teo}) - t$ düzleminden 313 açık kümenin ve $\Delta(R_{guiding}-R_{teo}) - t$ düzleminden de 340 açık kümenin göçe uğramadığı tespit edilmiştir. Bu açık kümelerden itibaren dört farklı Galaktik uzaklık kullanılarak tüm örnek ile iç ve dış disklere ait radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmış ve bulgular Tablo 4.4'de listelenmiş, grafikler ise Şekiller 4.27 ve 4.28'de gösterilmiştir. Analizler iç ve dış disk ayrımı için diğer analizlerden farklı olarak yaklaşık 12 kpc bir Galaktik yarıçapı öngörmüştür. Bu da iç diskteki açık kümelerin sayısını arttırmıştır.

Tablo 4.4: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü tarama programından seçilen 266 açık küme içinde, küme üyesi iki, beş ve on yıldız bulunan açık kümelerin dört farklı uzaklık yöntemine göre hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri sunulmuştur. Hesaplamalarda, tüm uzaklıkların yanı sıra iç ve dış Galaktik disk için elde edilen radyal metal bolluğu gradyentleri de tabloda yer almaktadır.

$\Delta(R_{gc}-R_{teo}) - t$ düzleminden seçilen radyal göçe uğramamış açık kümeler						
	Tüm Örnek		**İç Disk**		**Dış Disk**	
Düzlem	***N***	***d*[Fe/H]/*dR* (dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR* (dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR* (dex kpc^{-1})**
[Fe/H] - R_{gc}	313	-0.056±0.003	269	-0.069±0.005	44	-0.018±0.009
[Fe/H] - R_{teo}	313	-0.056±0.003	285	-0.064±0.004	28	-0.001±0.019
[Fe/H] - R_{m}	313	-0.054±0.003	284	-0.064±0.004	29	-0.011±0.010
[Fe/H] - $R_{guiding}$	313	-0.057±0.004	269	-0.065±0.005	24	+0.003±0.017
$\Delta(R_{guiding}-R_{teo}) - t$ düzleminden seçilen radyal göçe uğramamış açık kümeler						
	Tüm Örnek		**İç Disk**		**Dış Disk**	
Düzlem	***N***	***d*[Fe/H]/*dR* (dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR* (dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR* (dex kpc^{-1})**
[Fe/H] - R_{gc}	340	-0.060±0.004	302	-0.066±0.005	38	-0.020±0.020
[Fe/H] - R_{teo}	337	-0.057±0.004	294	-0.065±0.005	43	-0.020±0.022
[Fe/H] - R_{m}	337	-0.055±0.004	286	-0.060±0.005	51	-0.036±0.021
[Fe/H] - $R_{guiding}$	337	-0.059±0.004	310	-0.063±0.004	27	-0.007±0.032



Şekil 4.27: $\Delta(R_{gc}-R_{teo})$ – t düzleminde radyal göçe uğramamış 313 açık kümenin dört farklı uzaklık yöntemine göre belirlenmiş metal bolluğu-uzaklık diyagramları. Analizlerde her bir uzaklık için tüm örnek ile iç ve dış disklere ait metal bolluğu değişimleri incelenmiştir.



Şekil 4.28: $\Delta(R_{\text{guiding}}-R_{\text{teo}})$ – t düzleminde radyal göçe uğramamış 340 açık kümenin dört farklı uzaklık yöntemine göre belirlenmiş metal bolluğu-uzaklık diyagramları. Analizlerde her bir uzaklık için tüm örnek ile iç ve dış disklere ait metal bolluğu değişimleri incelenmiştir.

Radyal metal bolluğu gradyent analizlerinde dikkate alınan ilk durum $\Delta(R_{gc}-R_{teo})$ – t düzleminden seçilen radyal göçe uğramamış açık kümeler üzerinedir. Bu kategoride 313 açık kümenin bulunduğu tespit edilmiş olup dört farklı uzaklık aralığı için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.054 ile -0.057 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.4). Benzer şekilde iç ve dış diskteki açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri de, sırasıyla, -0.064 ile -0.069 dex kpc^{-1} ve -0.018 ile +0.003 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre açık kümelere uygulanan tek doğrusal fitler ile dört uzaklık için medyan radyal metal bolluğu değeri -0.056±0.003 dex kpc^{-1} olarak tespit edilmiştir. İç ve dış diskteki açık kümeler için hesaplanan medyan radyal metal bolluğu gradyentleri, sırasıyla, -0.056±0.003 ve -0.006±0.014 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Radyal metal bolluğu gradyent analizlerinde dikkate alınan ilk durum $\Delta(R_{guiding}-R_{teo})$ – t düzleminden seçilen radyal göçe uğramamış açık kümeler üzerinedir. Bu kategoride 340 açık kümenin bulunduğu tespit edilmiş olup dört farklı uzaklık aralığı için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.055 ile -0.060 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.4). Benzer şekilde iç ve dış diskteki açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri de, sırasıyla, -0.060 ile -0.066 dex kpc^{-1} ve -0.007 ile -0.036 dex kpc^{-1} aralığındadır. Bu bulgulara göre verilere uygulanan tek doğrusal fitler ile hesaplanan medyan -0.058±0.004 dex kp^{-1}'lik bir radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanabileceği görülmüştür. İç diskteki bulgular dikkate alındığında ise medyan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.064±0.005 dex kpc^{-1} olduğu buna karşın dış diskteki bulgular ise medyan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.020±0.021 dex kpc^{-1} olduğunu göstermektedir. Bu analiz diğer sınırlamalara göre çok daha dar bir metal bolluğu gradyenti aralığı vermekle birlikte kırılım noktasının yaklaşık Galaksi merkezine göre 1.5 kpc daha uzakta oluşabileceğini göstermiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Doktora tez çalışmasında *Gaia* DR3 verisi ve literatürden derlenen tayfsal metal bolluğu ölçümleri birleştirilerek Galaksi'nin ince diskin kimyasal ve kinematik mimarisini ve ince diskin metal bolluğu gradyenti açık kümeler üzerinden yeniden değerlendirmeyi amaçlanmıştır. Açık küme örneği üyelik olasılığı eşiği uygulanarak homojenleştirilen ve yörüngesel büyüklükleri hesaplanan toplam 504 açık kümeyi kapsamaktadır. Analizlerde özellikle tayfsal metal bolluğu bilinen kümeler esas alınmış, bu tercih kimyasal ölçümlerin doğruluğunu artırarak yarıçap ve metal bolluğu ilişkilerinin ve yaşa bağlı eğilimlerin daha güvenilir biçimde sınanmasına olanak tanımıştır. Doktora tez çalışmasının özgün katkısı tamamı tayfsal kökenli metal bolluğu verilerine sahip 504 açık kümenin sistematik olarak değerlendirilmesidir. Böylece Galaksi diskinin iç ve dış bölgelerinde radyal metal bolluğu gradyenti yöntemsel olarak tutarlı ve homojen tayfsal verilere dayalı geniş bir örnek üzerinden incelenmiştir. Bu yaklaşım fotometrik ve kalibrasyon temelli metal bolluğu değerlerinin doğurabileceği sistematik farklılıkları azaltarak eğimlerin ve saçılmanın gözlemsel karşılaştırılmasında güvenilirliği arttırmaktadır.

Yöntemsel olarak küme üyeleri *Gaia* DR3 astrometrisiyle ($P \geq 0.5$) yeniden seçilmiş, küme ortalama parametreleri güncellenmiştir. Ardından *galpy* ile yörünge entegrasyonları yapılarak $R_{\rm m}$, $R_{\rm guiding}$, $Z_{\rm max}$ ve e gibi yörüngesel nicelikler türetilmiş; literatür potansiyelleri altında doğuma yakın yarıçapı temsil eden $R_{\rm teo}$ hesaplanmıştır. Metal bolluğu-uzaklık ilişkisi yalnızca bugünkü Galaksi merkezine olan uzaklık ($R_{\rm gc}$) ile değil, $R_{\rm guiding}$ ve $R_{\rm m}$ üzerinden de değerlendirilmiş, ayrıca $R_{\rm teo}$ kullanılarak kimyasal örüntülerin "yörüngesel tarihçe" perspektifinden nasıl yeniden biçimlendiği sınanmıştır. Genç, orta yaşlı ve yaşlı açık kümeler alt örnekleri için tekil ve kırılmalı doğrusal modeller uygulanmış, kırılma yarıçapının konumu ve iç ve dış disk eğimleri hata paylarıyla birlikte ölçülmüştür.

Genel sonuçlar metal bolluğu gradyentinin yaşa duyarlı olduğunu ve belirli bir kırılma yarıçapı çevresinde eğimde değişim sergilediğini göstermektedir. Genç kümelerde daha dik ve düzenli bir gradyent izlenirken, yaş arttıkça eğim zayıflamakta ve saçılma büyümektedir. $R_{\rm gc}$'ye dayalı ilişkilerde görülen görece yüksek saçılmanın, $R_{\rm guiding}$ ve özellikle $R_{\rm teo}$ kullanıldığında anlamlı biçimde azaldığı bulunmuştur. Bu durum, bugün gözlenen konumların tek başına kimyasal haritayı temsil etmekte yetersiz kalabildiğini, radyal göç süreçleri ve

yörüngesel etkilerin metal bolluğu-yarıçap ilişkisini belirgin şekilde şekillendirdiğini göstermektedir. Z_{max} ve e ile yapılan birlikte yorumlar, dikey uzaklık ve basıklık artışıyla kimyasal saçılmanın büyümesi arasında tutarlı işaretler sunmaktadır.

504 kümelik homojen tayfsal örneklemde metal bolluğu gradyentinin yaşa göre evrimi ve kırılma yarıçapının konumu, R_{gc}, R_{m}, $R_{guiding}$ ve R_{teo} tanımlarının eğim ve saçılma üzerindeki etkileri, kinematik göstergeler (Z_{max}, e) ile kimyasal dağılımın ilişkisi ayrıntılı biçimde sunulmuştur. Son aşamada bulgular büyük örneklemli literatür çalışmaları ve kuramsal beklentilerle yan yana getirilerek, uyuşan ve ayrışan noktalar netleştirilmiş, bugünkü konum yerine yörüngesel tarihçe ekseninden okumanın sağladığı kazanımlar tartışılmıştır. Bu yaklaşımın güçlü yanları; (I) tamamı tayfsal metal bolluğu verilerine sahip geniş ve homojen veri, (II) birden çok yarıçap tanımının aynı veri üzerinde sistematik karşılaştırılması, (III) yaş alt dilimleri ve kırılmalı modellerle kurulan istatistiksel çerçeve ve (IV) kinematik ve kimyasal sonuçların birlikte yorumudur. Buna karşın uzak yarıçap uçlarında örneklem seyrekliği, tayfsal kaynak çeşitliliği ve yörünge entegrasyonlarının Galaktik potansiyel varsayımlarına duyarlılığı kalıntı sistematiklere yol açabilir. Bu sınırlamalar, sonuçların yorumunda dikkat gerektiren bölgeleri işaret eder. Yine de homojen tayfsal metal bolluğu değerleri temeli ile yörüngesel bağlamın birlikte kullanımı, ince diskin kimyasal mimarisi ve evrim senaryolarının sınanması için güçlü ve tekrarlanabilir bir zemin sunmaktadır.

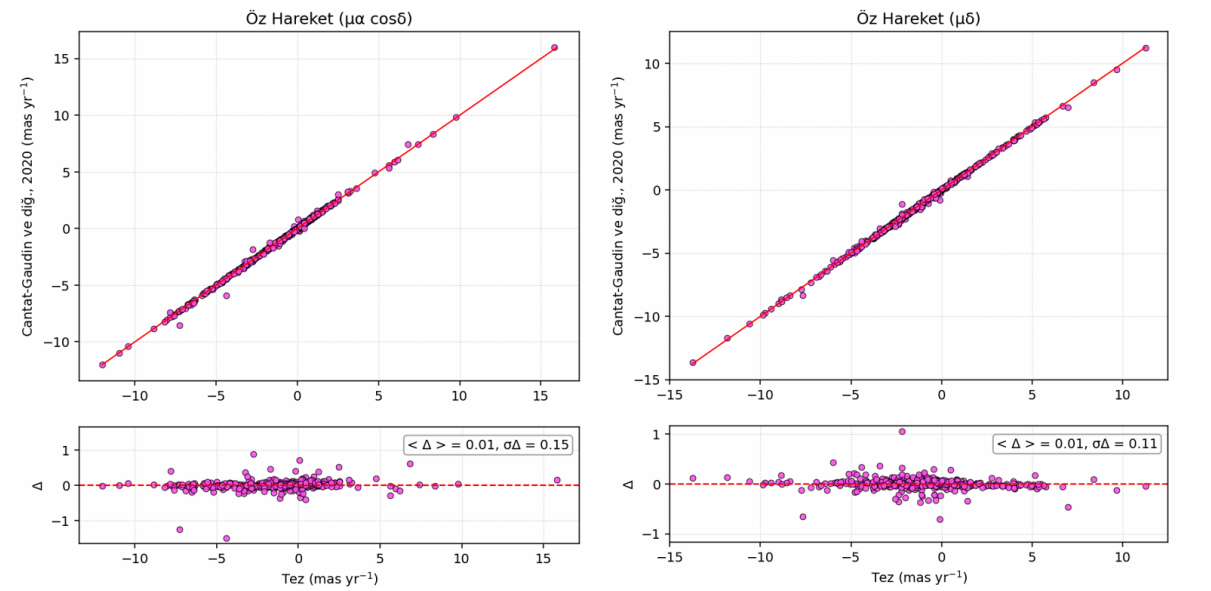
5.1 PARAMETRELERIN LITERATÜR ILE KARŞILAŞTIRILMASI

5.1.1 Astrometrik Parametreler

Doktora tez çalışması kapsamında incelenen 504 açık kümenin öz hareket bileşenlerindeki doğruluğu ve hassasiyeti inceleyebilmek için *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) verilerini kullanarak 2017 açık kümenin analizlerini gerçekleştiren, Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundaki veriler dikkate alınmıştır. İki çalışmada hesaplanan öz hareket bileşenlerinin birbirleriyle karşılaştırılması Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Öz hareket bileşenlerinin karşılaştırmalarında iki farklı panel kullanılmıştır. İlk panelde iki çalışmada hesaplanan öz hareket bileşenlerinin karşılaştırılması, ikinci panelde de iki çalışmadan hesaplanan öz hareket bileşenlerinin farkları gösterilmiştir. Ayrıca veriler arasındaki saçılmayı daha iyi tespit edebilmek için ölçümlerin farklarının standart sapmaları da hesaplanmıştır. Bu istatistiksel analiz yöntemine göre öz hareket bileşenlerinin sağ ve dik

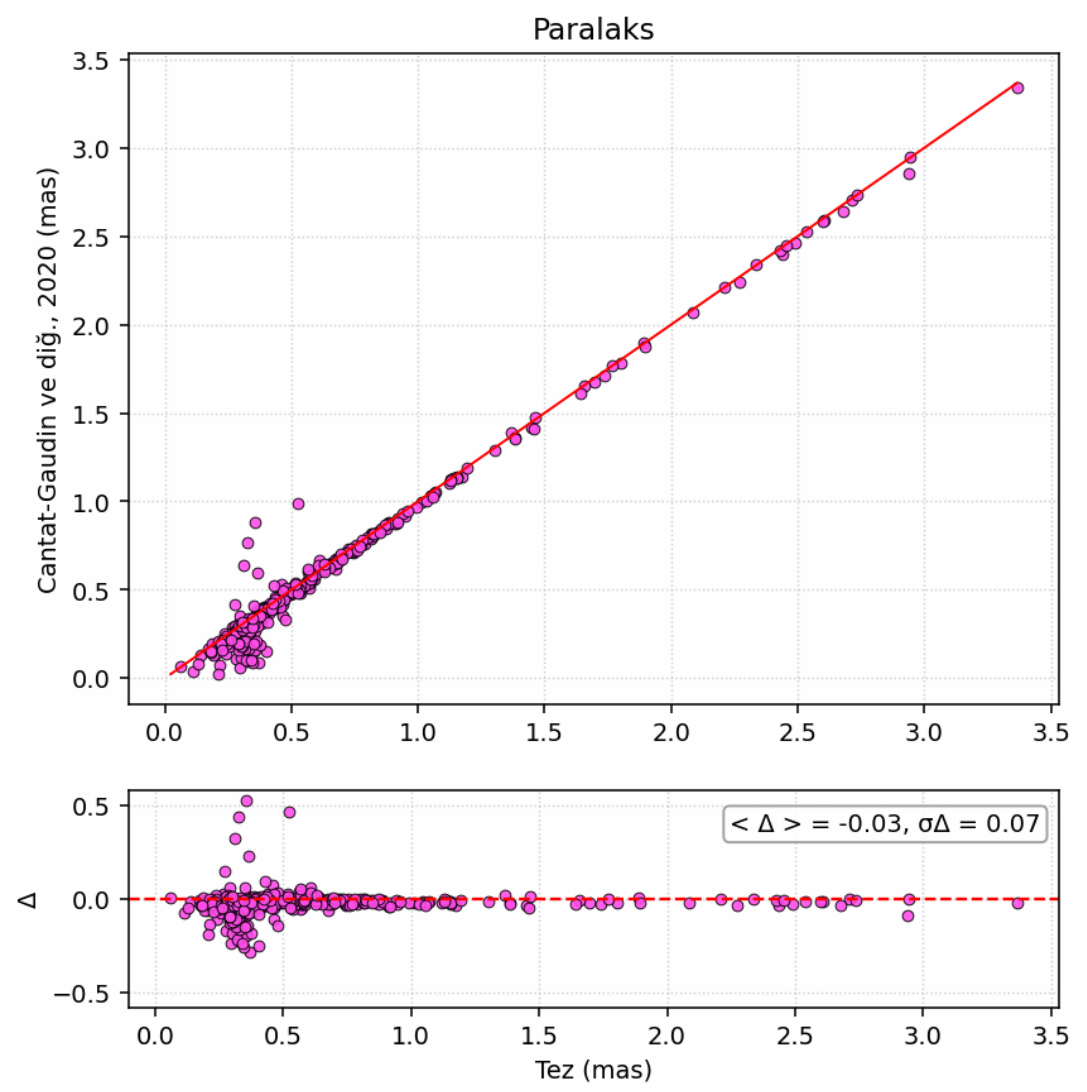
açıklıktaki ortalama farkları ile bu farkların standart sapmaları, sırasıyla, 0.01 ve 0.15 mas yıl^{-1} ve 0.01 ve 0.11 mas yıl^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar 504 açık kümenin öz hareket bileşenlerinin bir önceki *Gaia* sürümüne göre (Gaia işbirliği, 2018) belirgin bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir. Şekil 5.1'den görüleceği gibi açık küme için hesaplanan öz hareket bileşenlerinin birbirleriyle oldukça uyumlu oldukları görülmektedir.



Şekil 5.1: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) çalışması ve bu çalışmada hesaplanan öz hareket bileşenleri karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir.

Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin ortalama trigonometrik paralaks değerlerinin doğruluğu ve hassasiyetini inceleyebilmek için Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundaki veriler dikkate alınmıştır. İki çalışmada hesaplanan trigonometrik paralaks değerlerinin birbirleriyle karşılaştırılması Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Trigonometrik paralaks değerlerinin karşılaştırmasında da iki farklı panel kullanılmıştır. İlk panelde iki çalışmada hesaplanan trigonometrik paralaks değerlerinin karşılaştırılması, ikinci panelde ise iki çalışmada hesaplanan trigonometrik paralaks değerlerinin farkları gösterilmiştir. Küme üyeliği yüksek ($P \geq 0.5$) ve rölatif paralaks hatası $\sigma_{\varpi}/\varpi \leq 0.2$ olan yıldızların trigonometrik paralaks verilerinin bir histogramı oluşturularak dağılıma bir Gauss eğrisi fit edilmiştir. Bu yöntem ile dağılımın en büyük değerine karşılık gelen trigonometrik paralaks değeri tayin edilmektedir. Böylece kümenin en muhtemel üyelerinden itibaren ortalama trigonometrik paralaksları hesaplanmaktadır. Böylece incelenen açık kümelerin ortalama trigonometrik paralaks verileri elde edilmiş ve bu veriler Şekil 5.2'de Cantat-Gaudin ve

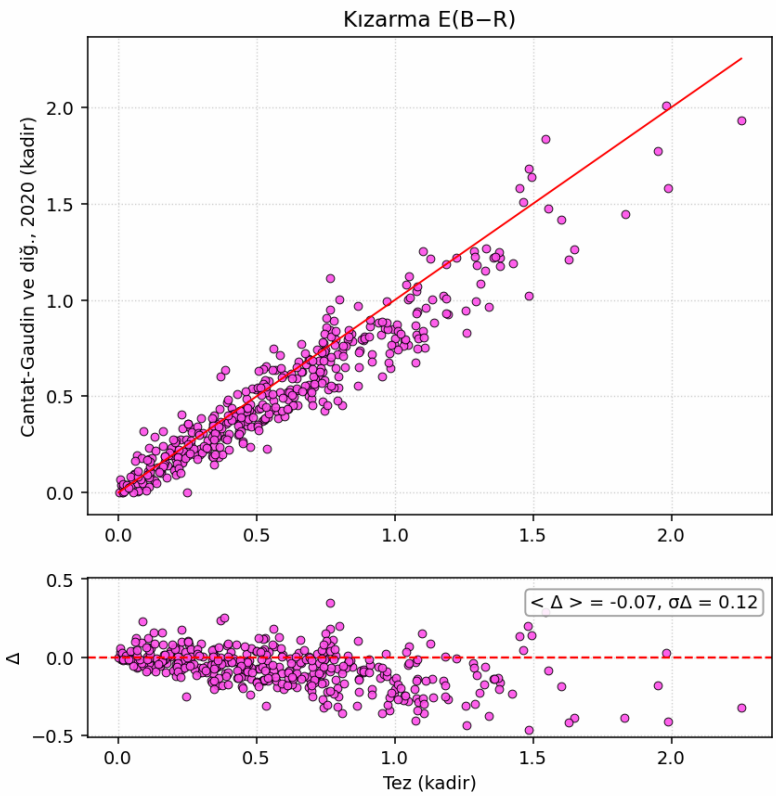
diğ.'nin (2020) değerleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca veriler arasındaki saçılmayı daha iyi tespit edebilmek için ölçümlerin farklarının standart sapmaları da hesaplanmıştır. Bu istatistiksel analiz yöntemine göre trigonometrik paralaks değerlerinin ortalama farkları ile bu farkların standart sapmaları, sırasıyla, 0.03 ve 0.07 mas olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ile 504 açık kümenin trigonometrik paralaks verilerinin *Gaia* DR2'ye göre belirgin bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.2: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) çalışması ve bu çalışmada hesaplanan trigonometrik paralaks sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir.

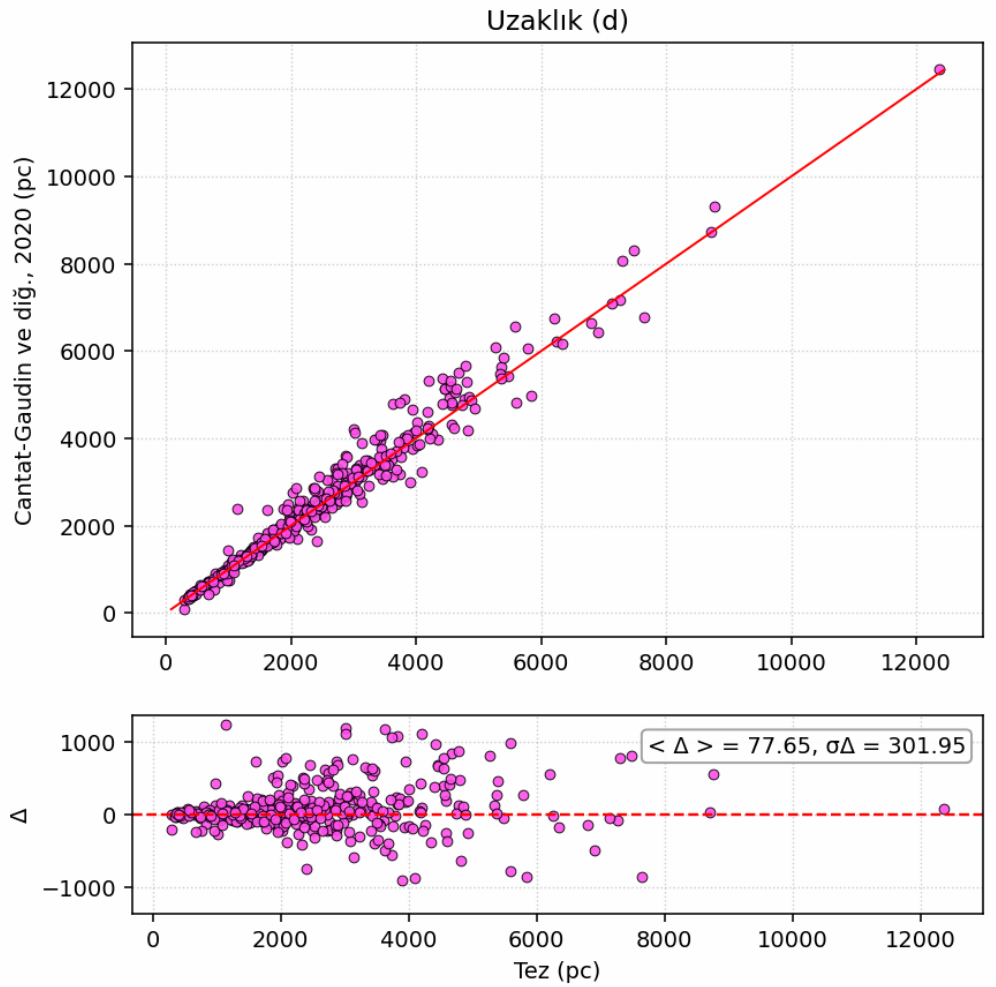
5.1.2. Astrofizik Parametreler

Doktora tez çalışmasında elde edilen astrofizik parametrelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) çalışmasıyla karşılaştırılarak iki *Gaia* veri sürümü arasındaki farkların ortaya konması hedeflenmiştir. *Gaia* DR2 verilerini kullanarak açık kümelerin renk artıklarını hesaplayan Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) renk artıklarını *UBV* sisteminde vermişlerdir. İki veri setini birbirleriyle karşılaştırabilmek için Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) $E(B\text{-}V)$ renk artıkları Sun ve diğ.'nin (2021) $E(G_{BP}\text{-}G_{RP}) = 1.41\times E(B-V)$ bağıntısı yardımıyla *Gaia* *f*otometrik sistemine çevrilmiştir. İki farklı veri setinden elde edilen renk artıklarının karşılaştırılması Şekil 5.3'de gösterilmiştir. Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) verileri tez çalışmasında elde edilenlerden sistematik olarak daha az ölçülmüştür. İki sistemdeki renk artıklarının farkları 0.07 kadir ve bu farkların standart sapması da 0.12 kadir olarak hesaplanmıştır. Bu farklılığın nedeni *Gaia* DR2'de kullanılan *Gaia* fotometrik bantlarının *Gaia* DR3'de farklı tanımlanmasından kaynaklanabilir.



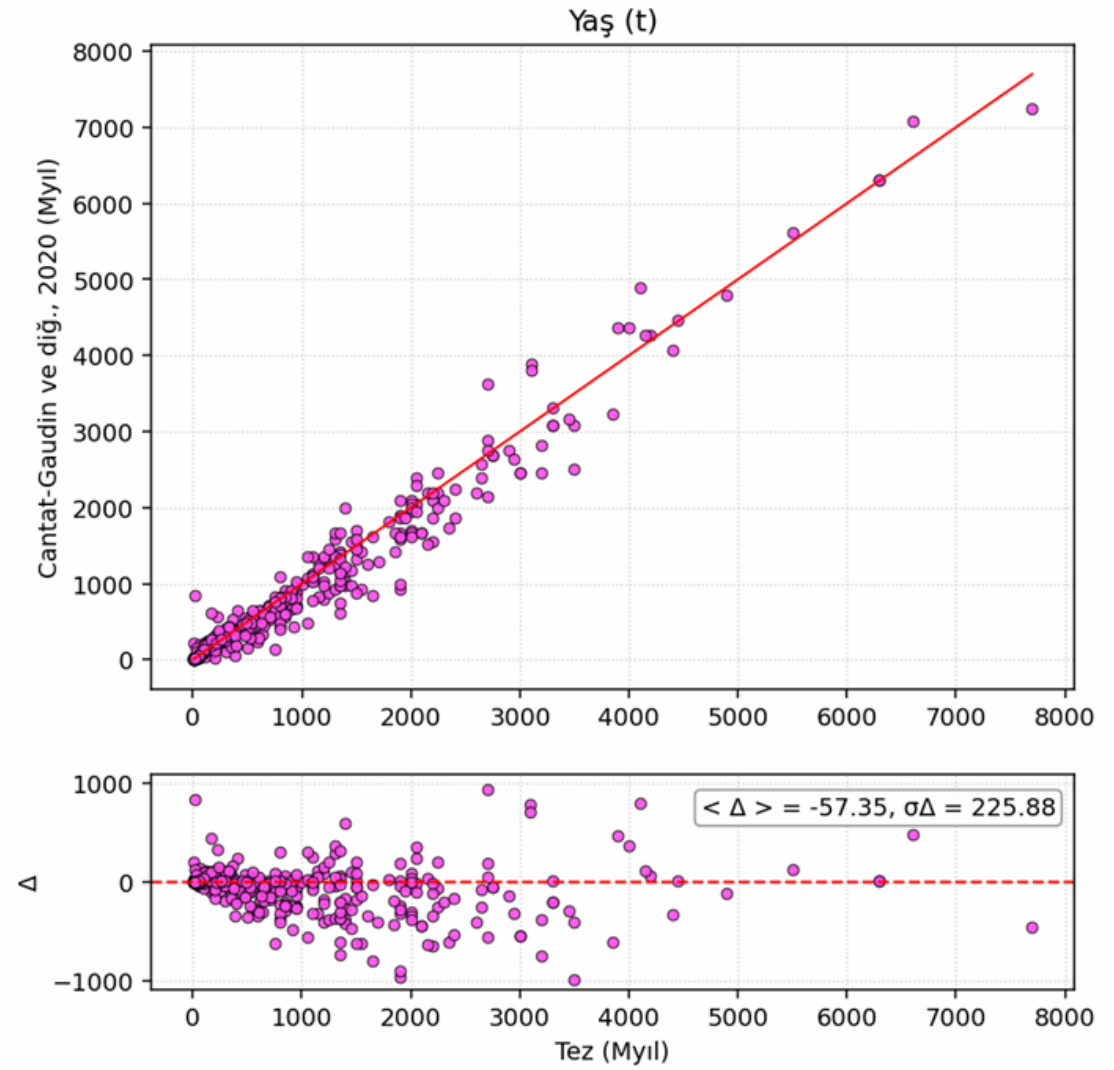
Şekil 5.3: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan renk artıkları sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir.

Gaia DR2 verilerini kullanarak Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) açık kümelerin uzaklıklarını trigonometrik paralaks ve eş-yaş eğrilerinden itibaren hesaplamıştır. Tez çalışmasında iki farklı veri setinden elde edilen açık kümelerin eş-yaş eğrisi uzaklıkları ile karşılaştırılması Şekil 5.4'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi incelenen açık kümelerin uzaklık değerleri $0 < d < 12.4$ kpc aralığında yer almaktadır. İki veri seti 2 kpc'e kadar uyumluyken bu değerin ötesinde Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) verileri tez çalışmasında elde edilenlerden sistematik olarak daha uzak ölçülmüştür. İki sistemdeki uzaklık farkları 78 pc ve bu farkların standart sapması da 302 pc olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.4: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) ve bu çalışmada hesaplanan eş-yaş eğrisinden hesaplanan uzaklık sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir.

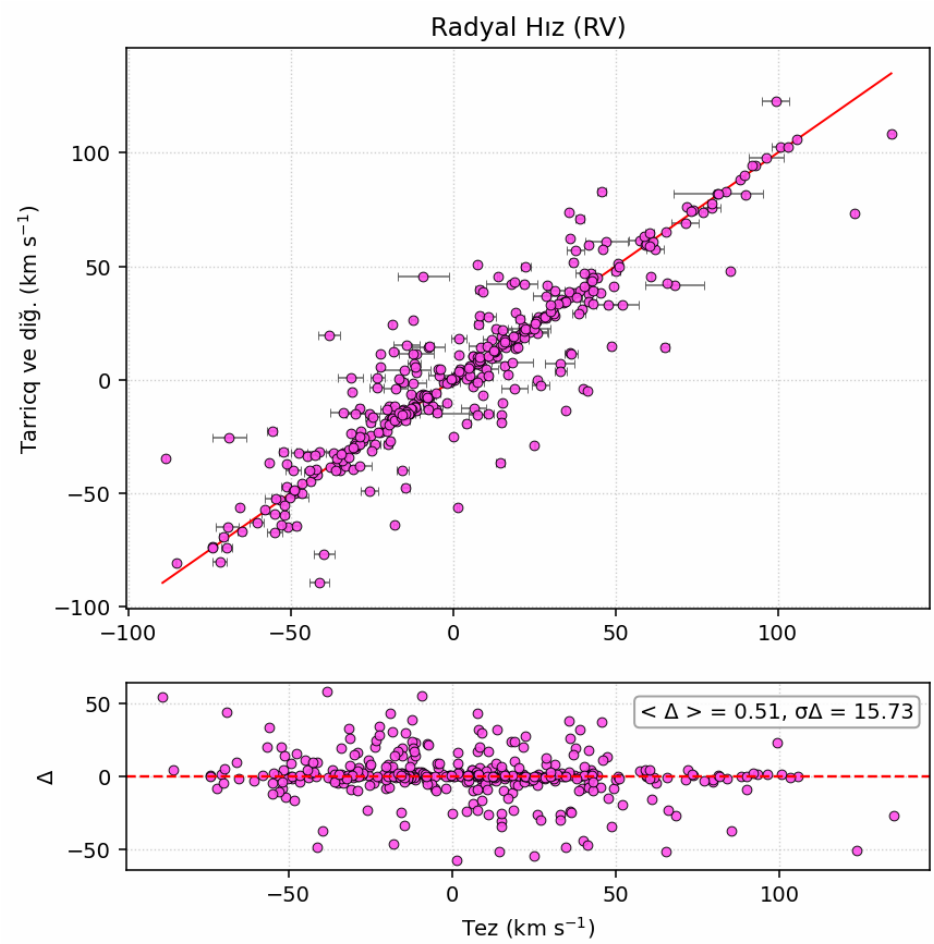
Açık kümelerin yaşlarını Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kullandığı *Gaia* DR2 veri setinden elde edilen yaşlar ile karşılaştırılması Şekil 5.5'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi log *t* değerleri 6.5 < log *t* (yıl) < 10 aralığında yer almaktadır. İki veri seti log *t* (yıl) = 9.5 ötesinde uyumluyken bu değerden daha genç olan açık kümeleri içeren Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) verileri tez çalışmasında elde edilenlerden kabaca saçılma göstermiştir. İki sistemdeki uzaklık farkları log *t* (yıl) = 0.01 ve bu farkların standart sapması da log *t* (yıl) = 0.19 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak, iki çalışmada hesaplanan küme yaşları birbiriyle uyumlu olup saçılmaları beklenen değerlerdedir.



Şekil 5.5: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) çalışmasında ve bu çalışmada hesaplanan yaşlar ile karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir.

5.1.3. Radyal Hızların Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında elde edilen radyal hız verilerinin karşılaştırması Tarricq ve diğ.'nin (2021) çalışmasıyla yapılmıştır. Tarricq ve diğ. (2021) 1382 açık kümenin ortalama radyal hız verilerini kümelere üye yıldızlardan itibaren hesaplamışlardır. Bunun için araştırmacılar *Gaia* DR2'nin tayfsal verilerini kullanmışlardır. İki veri setinden elde edilen radyal hızların karşılaştırılması Şekil 5.6'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi V_R değerleri $-100 < V_R < 110$ km sn^{-1} aralığında yer almaktadır. Tarricq ve diğ.'nin (2021) verileri tez çalışmasında elde edilenler ile genel olarak uyumlu olup hata sınırları içinde bir saçılma görülmektedir. İki sistemdeki radyal hız farkları $\langle V_R \rangle = 0.51$ km sn^{-1} ve bu farkların standart sapması da $\sigma_{VR} = 15.73$ km sn^{-1} olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.6: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin Tarricq ve diğ.'nin (2021) ve bu çalışmada hesaplanan radyal hız sonuçlarının karşılaştırılması (üst panel) ve farklarının gösterimi (alt panel). Kırmızı köşegen çizgi birebir doğrusunu göstermektedir.

5.2. DUYARLI METAL BOLLUĞU GRADYENTLERININ BELIRLENMESI

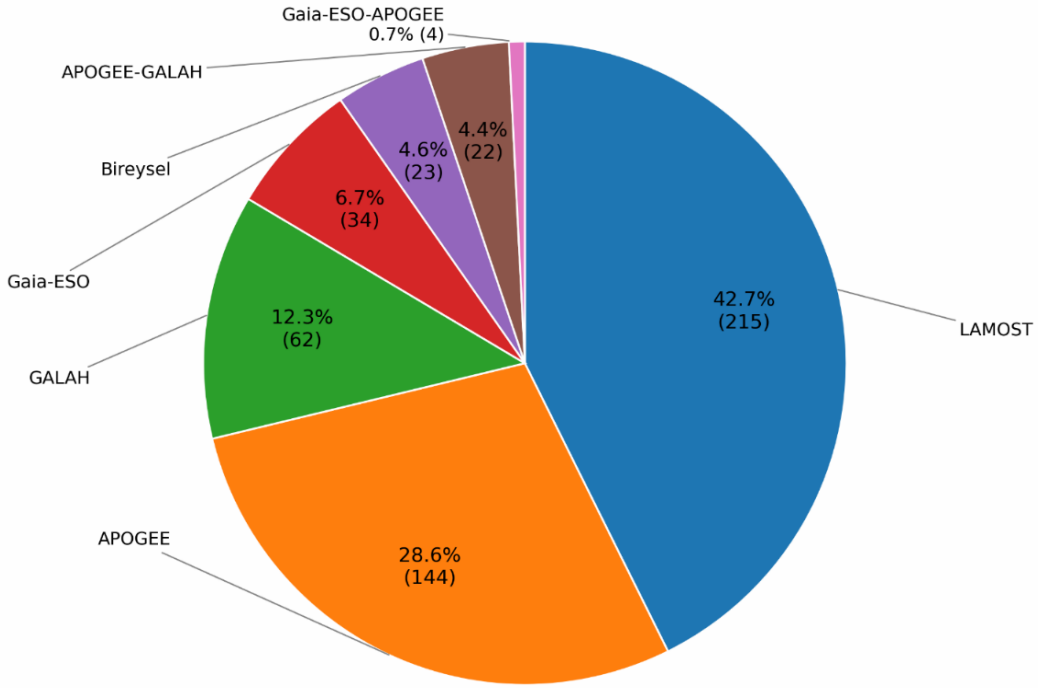
Tez çalışmasında, farklı astrofizik parametrelere uygulanan kısıtlamalar sonucunda çok sayıda radyal metal bolluğu gradyenti elde edilmiştir. Bu kısıtlamaların fiziksel anlamlarını ortaya koymak amacıyla, bu bölümde incelenen açık kümeler (i) gökyüzü tarama programlarına göre ve (ii) metal bolluğu bilinen kümelere ait üye yıldız sayısına göre gruplandırılmış, her bir grup için radyal metal bolluğu gradyentleri yeniden hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar kapsamında gerekli tartışmalar gerçekleştirilmiştir.

5.2.1. Tayfsal Gökyüzü Tarama Programlarına Göre Gradyentler

Doktora tez çalışmasında incelenen açık kümelerin metal bollukları literatürdeki çalışmalardan sağlanmıştır (Şekil 5.7). Fakat bu verilerin kaynakları analiz edildiğinde metal bolluklarının, APOGEE, GALAH, Gaia-ESO, LAMOST, APOGEE-GALAH, Gaia-ESO-APOGEE ve bireysel çalışmalar olmak üzere yedi alt sınıftan geldiği tespit edilmiştir (Şekil 5.7). Bu gruplar içinde incelenen açık kümelerin en çok S/N ve tayfsal çözünürlüğü yüksek olan APOGEE, GALAH ve Gaia-ESO tayfsal analizleri sonucundan geldiği tespit edilmiştir. Bu üç grupta bulunan açık kümelerin sayısı 266 olarak belirlenmiştir. Daha önceki analizlerde yapıldığı gibi bu bölümde tayfsal verileri kaliteli olan 266 açık küme dört farklı uzaklık (R_{gc}, R_{m}, R_{teo}, $R_{guiding}$) düzlemlerine yerleştirilerek geniş bir uzaklık aralığı için istatistiksel yöntemler ile belirlenen kırılım noktaları dikkate alınarak radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda tüm örnek, iç ve dış disk ayrımları gerçekleştirilmiş açık kümelerden itibaren belirlenen radyal metal bolluğu gradyentleri Şekil 5.8'de ve elde edilen tüm bulgular da Tablo 5.1'de listelenmiştir.

Tablo 5.1'de görüldüğü gibi, yüksek çözünürlüklü ve yüksek S/N oranına sahip küme üyesi yıldızların tayfsal analizlerinden hesaplanan 266 açık kümenin ortalama metal bollukları ile dört farklı uzaklık yöntemiyle tespit edilen radyal metal bolluğu gradyent değerlerindeki değişim -0.46 ile -0.52 dex kpc^{-1} aralığında yer almaktadır. İç diskte yer alan açık kümeler dikkate alındığında açık küme sayısının 243 ile 256 aralığında ve bu kümelerden itibaren hesaplanan radyal metal bolluğu gradyent değerlerinin -0.049 ile -0.058 dex kpc^{-1} aralığında olduğu belirlenmiştir. Benzer olarak dış diskte yer alan yaklaşık 10 açık kümenin analizlerinden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentlerinin ise -0.025±0.024 dex kpc^{-1} olduğu görülmüştür. Genel olarak gerçekleştirilen analizlerde hem tek bileşenli hem de çift

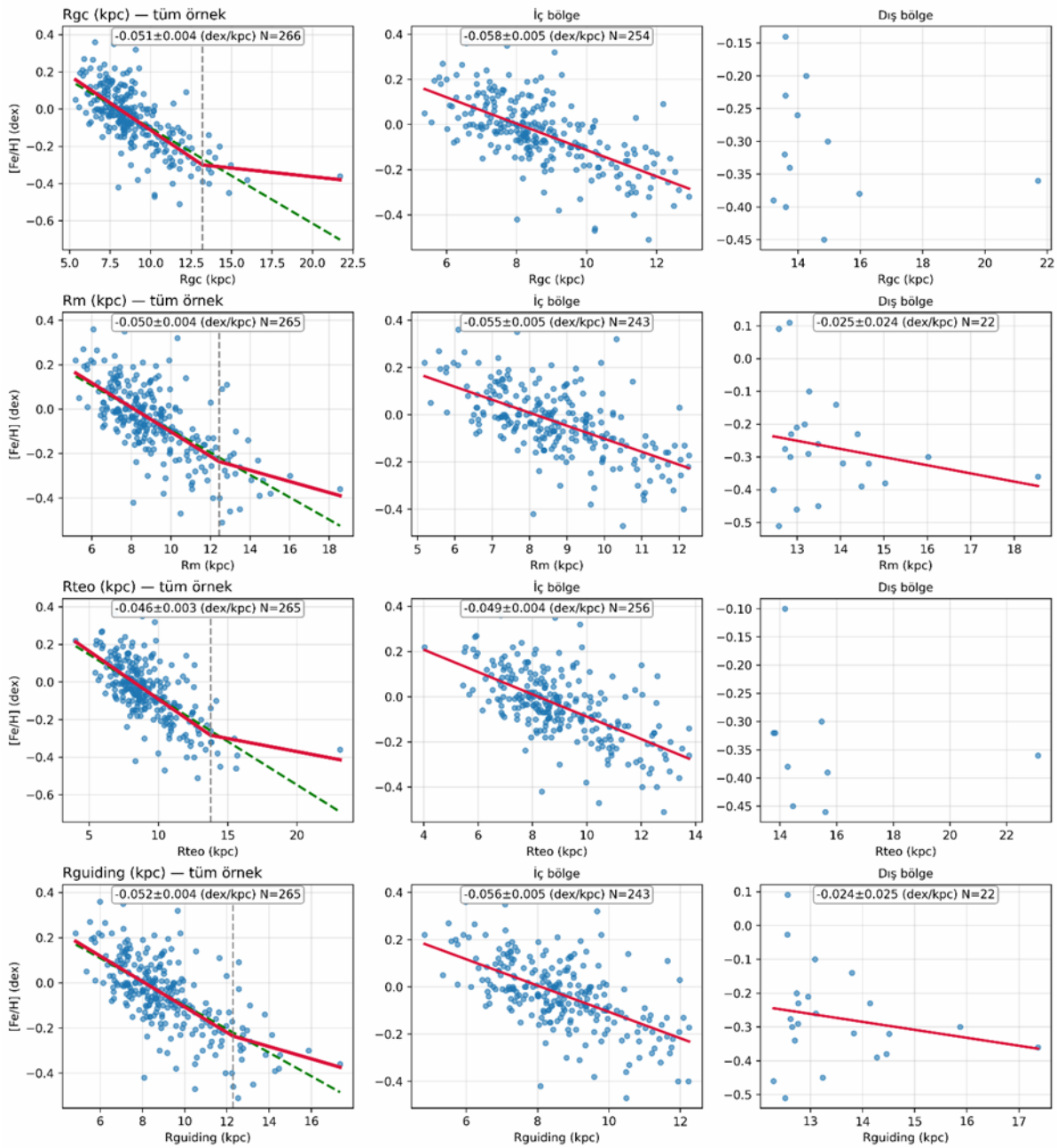
bileşenli radyal metal bolluğu gradyent hesaplarının birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Dış diskte görülen sığ radyal metal bolluğu gradyentinin nedeni, az sayıda açık kümeden ve çok uzakta bulunan bir açık kümenin (Berkeley 29) analizlere katılmasıdır. Sonuç olarak, kaliteli tayfsal verilerden itibaren hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.46 ile -0.52 dex kpc^{-1} aralığında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu da literatürde verilen değerlerle hemen hemen uyum içindedir (Carrera ve diğ., 2019; Zhong ve diğ., 2020; Magrini ve diğ., 2023; Gaia işbirliği, 2023). Bu sonuçlar radyal metal bolluğu gradyentlerini literatürdekilere göre bir miktar daha küçük değerlerde olduğunu göstermiştir.



Şekil 5.7: Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin tayfsal metal bolluğu ölçümlerinin derlendiği veri tabanları.

Tablo 5.1: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü programından seçilen 266 açık kümenin dört farklı uzaklık yöntemine göre radyal metal bolluğu gradyentleri. Hesaplamalarda tüm uzaklıklarla birlikte iç ve dış Galaksi diskine ait radyal metal bolluğu gradyentleri de tabloda yer almaktadır.

	Tüm Örnek		**İç Disk**		**Dış Disk**	
	N	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**
[Fe/H] - R_{gc}	266	-0.051±0.004	254	-0.058±0.005	12	---
[Fe/H] - R_{m}	265	-0.050±0.004	243	-0.055±0.005	22	-0.025±0.024
[Fe/H] - R_{teo}	265	-0.046±0.004	256	-0.049±0.005	8	---
[Fe/H] - $R_{guiding}$	265	-0.052±0.004	243	-0.056±0.005	22	-0.025±0.025



Şekil 5.8: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü programından seçilen 266 açık kümenin dört farklı uzaklık yöntemine hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri (sol paneller). Orta ve sağ panellerde, sırasıyla, iç ve dış disk için hesaplanan radyal metal bolluğu sonuçları bulunmaktadır.

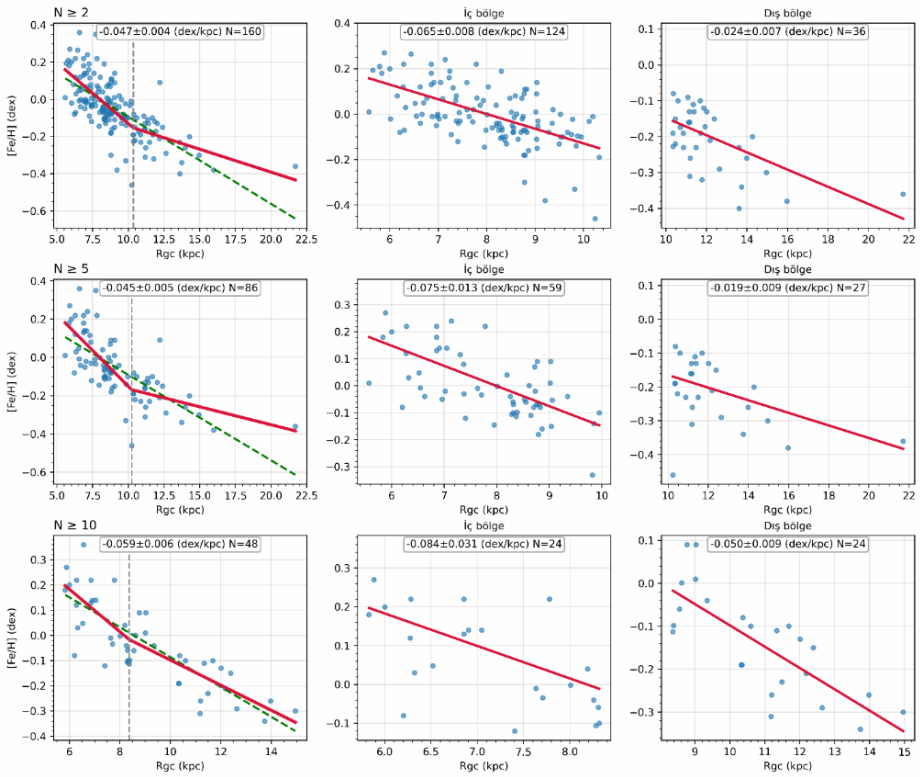
5.2.2. Açık Kümelerdeki Üye Yıldız Sayılarına Göre Gradyentler

Radyal metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanmasında dikkate alınan bir başka kriter de kümelerin ortalama metal bolluğunun hesaplanmasında kullanılan küme üye yıldız sayısıdır. Bir önceki bölümde küme üyesi yıldızların tayfsal analizlerinin yapıldığı üç önemli gökyüzü

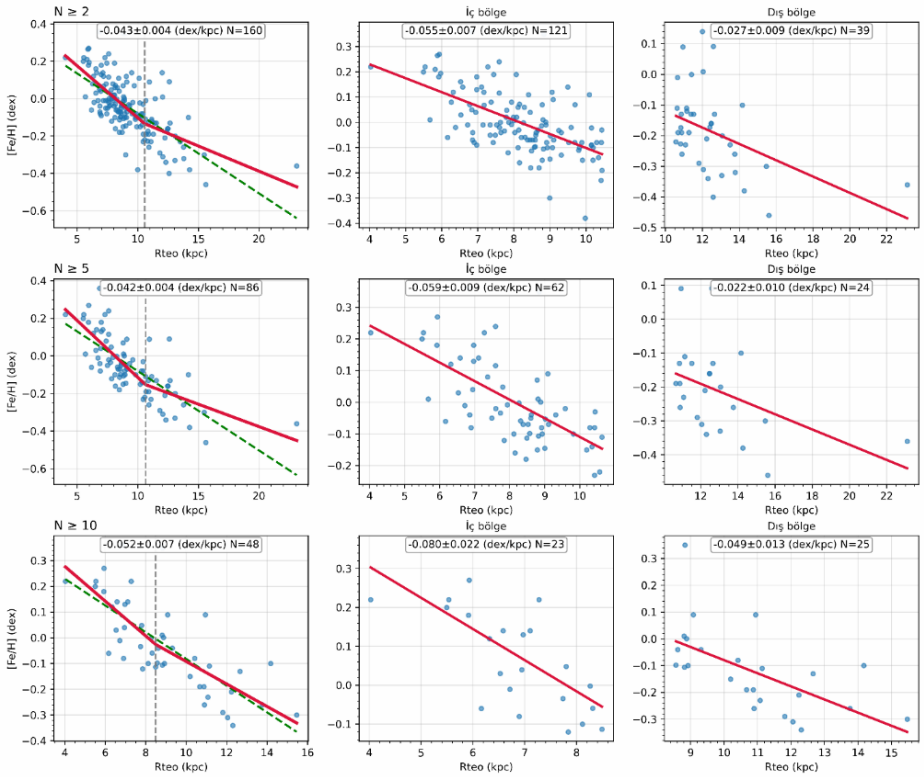
taramasından (APOGEE, GALAH, Gaia-ESO) seçilen 266 açık küme içindeki yıldızların sayısı ikiden 10'a kadar birer birer arttırılarak küme sayıları hesaplanmıştır. Bu analize göre iki üye yıldızdan metal bolluğu bilinen küme sayısı 160, üç yıldızdan 120, dört yıldızdan 101, beş yıldızdan 86, altı yıldızdan 74, yedi yıldızdan 63, sekiz yıldızdan 55, dokuz yıldızdan 52 ve 10 yıldızdan 48 açık küme olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre küme üyeliklerinin radyal metal bolluğu gradyentine olan etkisini araştırabilmek için iki, beş ve 10 üyesi bulunan, sırasıyla, 160, 86 ve 48 açık küme dikkate alınarak dört farklı uzaklık için analizler yeniden tekrarlanmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen bulgular Tablo. 5.2'de ve ilgili grafikler de açık kümelerin uzaklıklarına göre Şekiller 5.9-5.12'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Tayfsal verileri kaliteli olan üç gökyüzü tarama programından seçilen 266 açık küme içinde, küme üyesi iki, beş ve on yıldız bulunan açık kümelerin dört farklı uzaklık yöntemine göre hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri sunulmuştur. Hesaplamalarda, tüm uzaklıkların yanı sıra iç ve dış Galaktik disk için elde edilen radyal metal bolluğu gradyentleri de tabloda yer almaktadır.

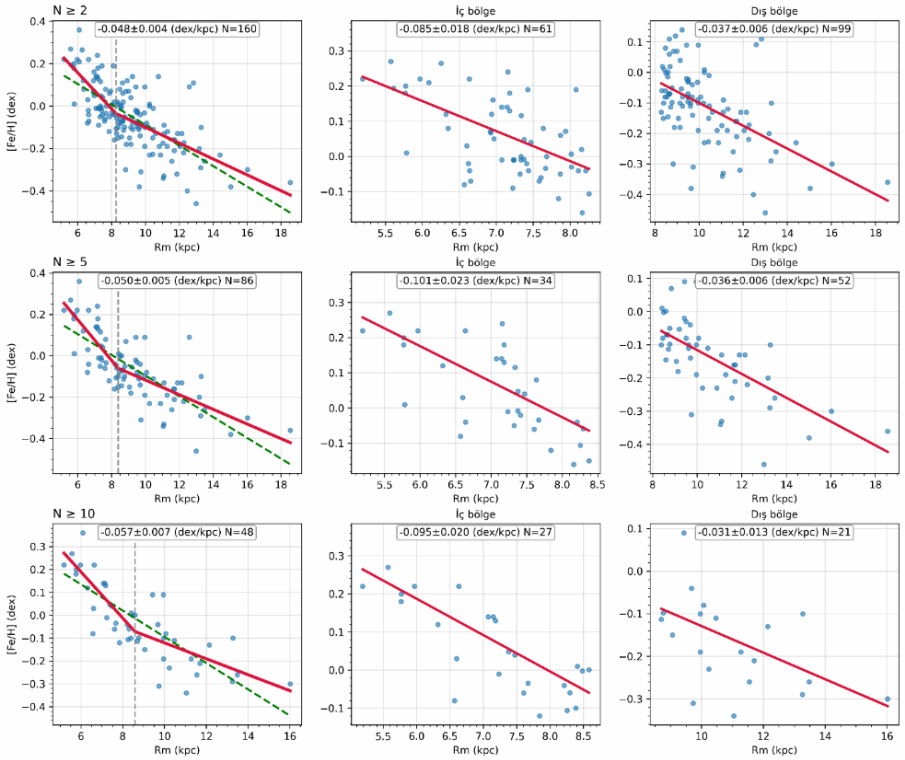
	En az 2 küme üyesi yıldızdan hesaplanan metal bollukları için					
	Tüm Örnek		**İç Disk**		**Dış Disk**	
Düzlem	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**
[Fe/H] - R_{gc}	160	-0.047±0.004	124	-0.065±0.008	36	-0.024±0.007
[Fe/H] - R_{teo}	160	-0.043±0.004	121	-0.055±0.007	39	-0.027±0.009
[Fe/H] - R_{m}	160	-0.050±0.005	61	-0.085±0.018	99	-0.037±0.006
[Fe/H] - $R_{guiding}$	160	-0.051±0.004	49	-0.093±0.023	111	-0.041±0.006
	En az 5 küme üyesi yıldızdan hesaplanan metal bollukları için					
	Tüm Örnek		**İç Disk**		**Dış Disk**	
Düzlem	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**
[Fe/H] - R_{gc}	86	-0.045±0.005	59	-0.075±0.013	27	-0.019±0.007
[Fe/H] - R_{teo}	86	-0.042±0.004	62	-0.059±0.009	24	-0.022±0.010
[Fe/H] - R_{m}	86	-0.050±0.005	34	-0.101±0.023	52	-0.036±0.006
[Fe/H] - $R_{guiding}$	86	-0.058±0.007	33	-0.110±0.024	53	-0.038±0.010
	En az 10 küme üyesi yıldızdan hesaplanan metal bollukları için					
	Tüm Örnek		**İç Disk**		**Dış Disk**	
Düzlem	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**	***N***	***d*[Fe/H]/*dR*** **(dex kpc^{-1})**
[Fe/H] - R_{gc}	48	-0.059±0.006	24	-0.084±0.031	24	-0.050±0.009
[Fe/H] - R_{teo}	48	-0.052±0.007	23	-0.080±0.022	25	-0.022±0.010
[Fe/H] - R_{m}	48	-0.057±0.007	27	-0.095±0.020	21	-0.031±0.013
[Fe/H] - $R_{guiding}$	48	-0.058±0.007	23	-0.110±0.024	25	-0.038±0.010



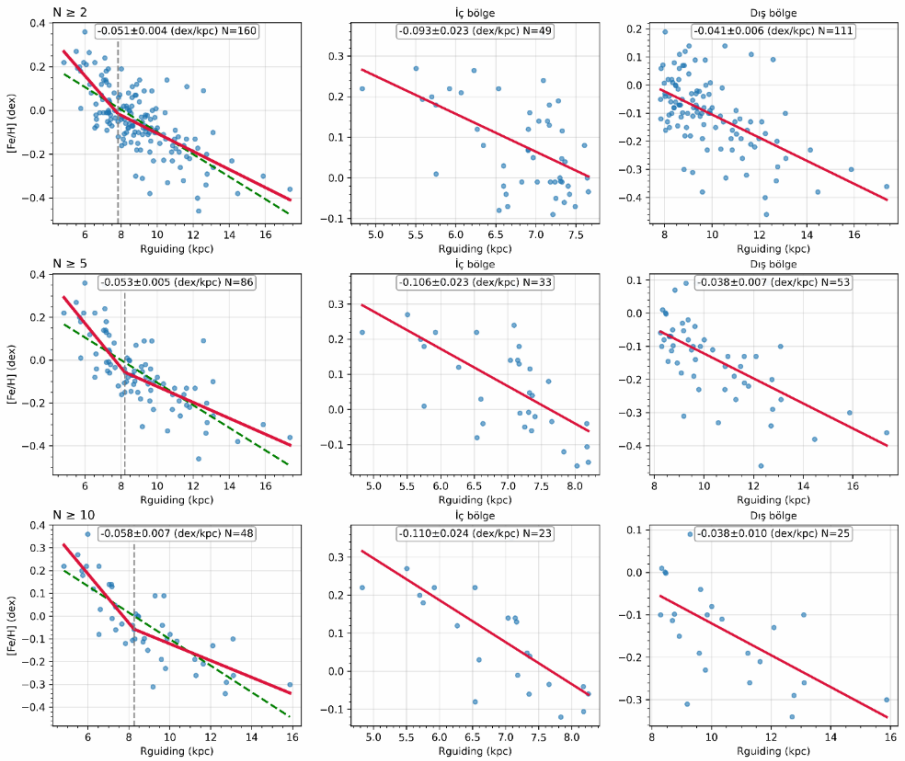
Şekil 5.9: Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için R_{gc} uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri.



Şekil 5.10: Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için R_{teo} uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri.



Şekil 5.11. Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için R_m uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri.



Şekil 5.12: Açık kümelerde üç farklı yıldız sayısı için $R_{guiding}$ uzaklığına göre metal bolluğu değişimleri.

Radyal metal bolluğu gradyent analizlerinde dikkate alınan ilk durum iki küme üyesi yıldızdan tayin edilen kümenin ortalama metal bollukları üzerinedir. Bu kategoride 160 açık kümenin bulunduğu tespit edilmiş olup, dört farklı uzaklık aralığı için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.043 ile -0.051 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 5.2). Benzer şekilde iç ve dış diskteki açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri de, sırasıyla, -0.055 ile -0.093 dex kpc^{-1} ve -0.024 ile -0.041 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre verilere uygulanan tek doğrusal fitler ile hemen hemen en fazla -0.05 dex'lik bir radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanabileceği görülmüştür. İç diskteki bulgular dikkate alındığında radyal metal bolluğu gradyentinin neredeyse -0.1 dex'e kadar ulaşabileceği belirlenmiştir. Benzer analizler sonucunda dış diske uygulanan doğrusal fitler ile en büyük metal bolluğu gradyentinin hemen hemen -0.040 dex kpc^{-1}'e ulaşabileceği tespit edilmiştir. Dış disk için hesaplanan bu yüksek radyal metal bolluğu gradyentlerinin [Fe/H]-$R_{\rm m}$ ve [Fe/H]-$R_{\rm guiding}$ düzlemlerinde, kırılımın Güneş civarına yakın bir bölgede hesaplanmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Kırılımın Galaksi merkezine daha yakın yarıçaplarda meydana gelmesi dış disk için daha dik radyal metal bolluğu gradyentine yol açmıştır.

Radyal metal bolluğu gradyent analizlerinde küme üyesi yıldız sayısının beş olması durumunda hesaplanan ortalama küme metal bollukları dikkate alındığında 86 açık kümenin bu şartı sağladığı tespit edilmiştir. Dört farklı uzaklık aralığı için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.042 ile -0.058 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 5.2). Benzer şekilde iç ve dış diskteki açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri de, sırasıyla, -0.059 ile -0.110 dex kpc^{-1} ve -0.019 ile -0.038 dex kpc^{-1} aralığındadır. Bu bulgulara göre verilere uygulanan tek doğrusal fitler ile hemen hemen en fazla -0.050 dex kpc $^{-1}$'lik bir radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanabileceği görülmüştür. İç diskteki bulgular dikkate alındığında, diğer örnekteki gibi radyal metal bolluğu gradyentinin -0.110 dex'e kadar ulaşabileceği belirlenmiştir. Benzer analizler sonucunda dış diske uygulanan doğrusal fitler ile en büyük metal bolluğu gradyentinin hemen hemen -0.040 dex kpc^{-1}'e ulaşabileceği tespit edilmiştir. Dış disk için hesaplanan bu yüksek radyal metal bolluğu gradyentlerinin [Fe/H]-$R_{\rm m}$ ve [Fe/H]-$R_{\rm guiding}$ düzlemlerinde, kırılımın Güneş civarına yakın bir bölgede hesaplanmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Kırılımın Galaksi merkezine daha yakın yarıçaplarda meydana gelmesi dış disk için daha dik radyal metal bolluğu gradyent hesaplanmasına yol açmıştır

Radyal metal bolluğu gradyent analizlerinde dikkate alınan üçüncü durum da 10 küme üyesi yıldızdan tayin edilen kümenin ortalama metal bollukları üzerinedir. Bu sınırlama sonucunda 48 açık kümenin bulunduğu tespit edilmiş olup, dört farklı uzaklık aralığı için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentinin -0.052 ile -0.059 dex kpc^{-1} aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 5.2). Benzer şekilde iç ve dış diskteki açık kümelerden hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentleri de, sırasıyla, -0.080 ile -0.110 dex kpc^{-1} ve -0.022 ile -0.050 dex kpc^{-1} aralığındadır. Bu bulgulara göre verilere uygulanan tek doğrusal fitler ile hemen hemen en fazla -0.050 dex kpc^{-1}'lik bir radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanabileceği görülmüştür. İç diskteki bulgular dikkate alındığında radyal metal bolluğu gradyentinin -0.110 dex kpc^{-1}'e kadar ulaşabileceği belirlenmiştir. Benzer analizler sonucunda dış diske uygulanan doğrusal fitler ile en büyük metal bolluğu gradyentinin yaklaşık -0.040 dex kpc^{-1}'e ulaşabileceği tespit edilmiştir. Dış disk için hesaplanan bu yüksek radyal metal bolluğu gradyentlerinin [Fe/H]-$R_{\rm m}$ ve [Fe/H]-$R_{\rm guiding}$ düzlemlerinde, kırılımın Güneş civarına yakın bir bölgede hesaplanmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Kırılımın Galaksi merkezine daha yakın yarıçaplarda meydana gelmesi dış disk için daha dik radyal metal bolluğu gradyentine yol açmıştır.

Sonuç olarak kümeye üye yıldız sayılarından itibaren ortalama metal bolluğu bilinen küme sayıları dikkate alındığında radyal metal bolluğu gradyentlerinin geniş bir aralıkta oldukları belirlenmiştir. Özellikle kümeye üye yıldız sayıları arttıkça açık küme sayılarının belirgin oranda azaldığı bunun da radyal metal bolluğu gradyentlerinin daha dik değerlerde oluşmasına neden olduğu tez çalışmasında görülmüştür. Tayfsal gökyüzü tarama programlarıyla incelenmiş açık kümelerin dikkate alınması ve bu kümeler içinde de üye yıldızlarının fazla olan alanlara ağırlık verilmesi durumunda Galaksi diski için doğrusal tek bir fitin yaklaşık 16 kpc'ye kadar -0.050 ile -0.060 dex kpc^{-1} aralığında değer verdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar literatürdeki güncel değerler ile oldukça uyumludur (Friel ve diğ., 2002; Chen ve diğ., 2003; Netopil ve diğ., 2021; Spina ve diğ., 2022).

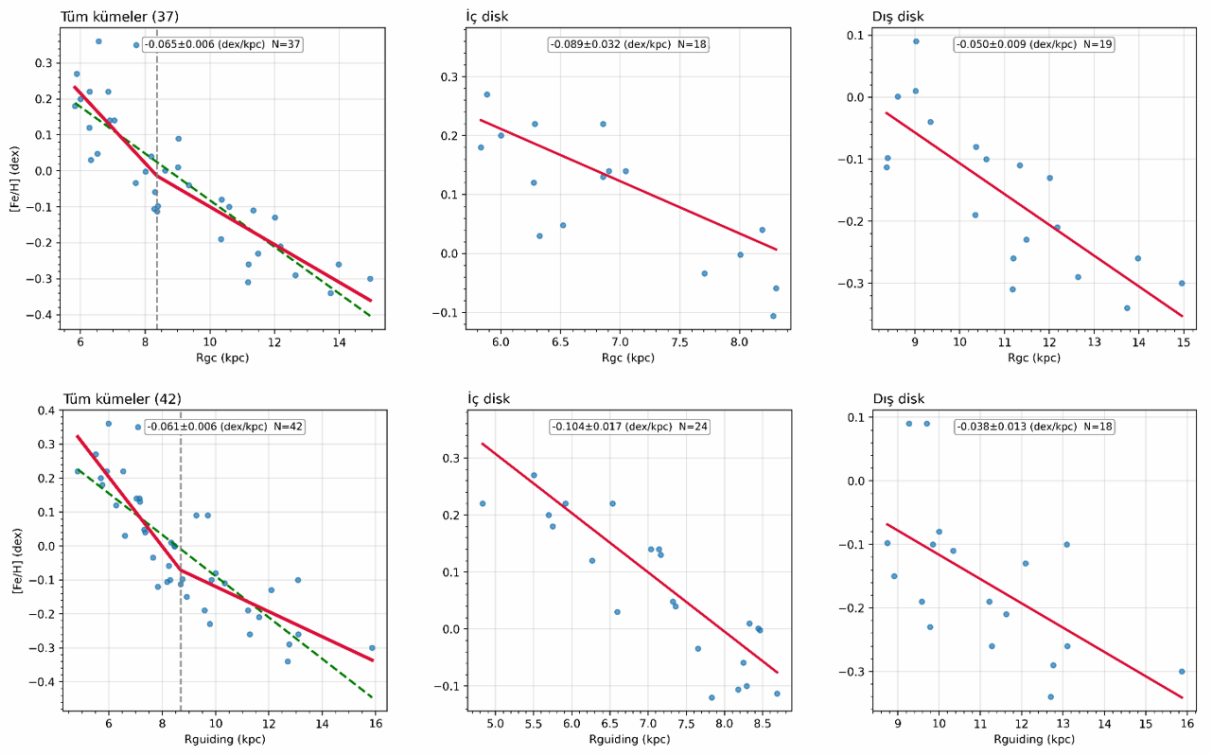
5.2.3. Radyal Göçün Radyal Metal Bolluğu Gradyentine Etkisi

Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin yaşlarına bağlı olarak radyal göçten etkilenebileceği literatürdeki bulgular ile bu çalışmanın Bölüm 4.9'da ayrıntılı şekilde ortaya konulmuştur. Özellikle yıldız oluşum bölgelerinde spiral yapının neden olduğu churning etkisinin yalnızca genç yıldızları değil, açık kümelerin yörüngelerini de etkileyebildiği

bilinmektedir. Bu kapsamda 504 açık kümeden oluşan örneklem üzerinde iki farklı uzaklık ölçeğinin kullanılmasıyla, kümelerin yaklaşık %35'inin radyal göçten etkilendiği gösterilmiştir. Bu durum, elde edilen radyal metal bolluğu gradyentlerinin doğrudan etkilenebileceğini düşündüren önemli bir kriterdir. Bu nedenle, gradyentin olası sistematik etkilerden en az düzeyde etkilenmesini sağlamak amacıyla, veri setinin homojenliği, kümelerdeki üye yıldız sayıları ve radyal göçe uğramamış kümelerin birlikte değerlendirilmesi bu bölümde ele alınmıştır.

Bölüm 4.9'da sunulan $\Delta(R_{gc}-R_{teo}) - t$ ve $\Delta(R_{guiding}-R_{teo}) - t$ düzlemlerine göre radyal göçe uğramamış açık küme sayıları sırasıyla 313 ve 340 olarak belirlenmiştir. Açık kümelerin analiz edildiği tayfsal gökyüzü tarama programları olan APOGEE, Gaia-ESO Survey ve GALAH Survey dikkate alındığında ve en az 10 üye yıldız koşulu uygulandığında ise bu sayıların sırasıyla 36 ve 42 kümeye karşılık geldiği tespit edilmiştir. Radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanmasında tüm örneğin yanı sıra iç ve dış disk ayrımları birlikte kullanılarak üç farklı analiz yapılmıştır. Bu çerçevede, $\Delta(R_{gc}-R_{teo}) - t$ düzleminde radyal göçe uğramamış ve yukarıdaki seçim kriterlerini sağlayan 36 açık kümenin analizinde, tüm örnek için radyal metal bolluğu gradyenti -0.065±0.006 dex kpc $^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.13). İç ve dış disk bölgeleri için elde edilen gradyentler ise, sırasıyla, -0.089±0.032 dex kpc $^{-1}$ ve -0.050±0.009 dex kpc $^{-1}$ olarak bulunmuştur. Benzer şekilde $\Delta(R_{guiding}-R_{teo}) - t$ düzlemi üzerinden seçilen 42 açık kümenin analizi, tek bileşenli bir uyumla değerlendirildiğinde radyal metal bolluğu gradyentinin -0.061±0.006 dex kpc $^{-1}$ olduğunu göstermektedir (Şekil 5.13). İç ve dış disk için hesaplanan gradyentler, sırasıyla, -0.104 ± 0.017 ve -0.038±0.013 dex kpc $^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.13 incelendiğinde, açık küme sayısının görece az olduğu alt örneklerde iç ve dış disk ayrımının Galaksi merkezine daha yakın yarıçaplarda ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle bu ayrım, iç ve dış disk gradyentlerinin istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar üretmesine olanak tanımaktadır. Ancak bu ayrım, küme sayılarının azlığından kaynaklandığı için istatistiksel doğruluktan ziyade fiziksel anlamlılık bakımından tüm örnek üzerinde yapılan tek bileşenli doğrusal fitlerin daha güvenilir sonuçlar sunduğu görülmüştür.



Şekil 5.13: Tayfsal verileri duyarlı, küme üye sayısı fazla ve radyal göç etkisine uğramamış açık kümelerin R_{gc} ve $R_{guiding}$ uzaklıklarına göre metal bolluğu değişimleri.

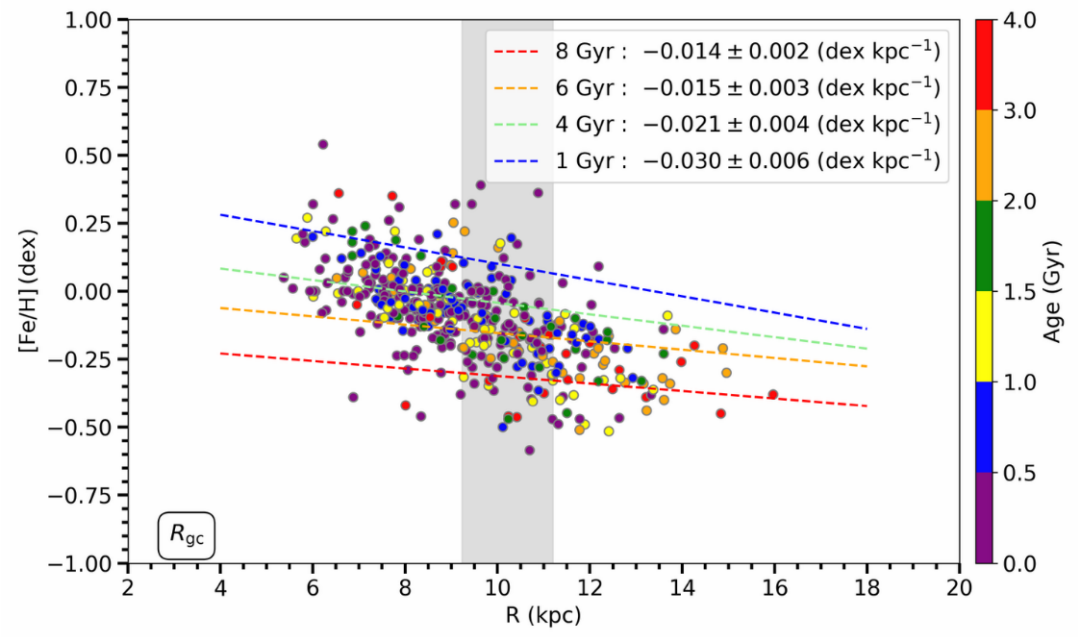
5.3. GALAKTIK KIMYASAL EVRIM MODELI

Samanyolu'nun oluşumunu, evrimini gözlemsel özellikleri üstünden açıklamak amacıyla geliştirilen kimyasal evrim modelleri, yıldız oluşum hızı, gaz akışı ve radyal göç gibi süreçlerin birleşik etkisini dikkate almaktadır (Chiappini ve diğ., 2001; Magrini ve diğ., 2009; Minchev ve diğ., 2013). Bu modellerin temel hedefi, Samanyolu'nun gözlemsel özelliklerini kuramsal çerçeveden inceleyerek oluşumuna ve evrimine dair parametreleri tahmin etmek ve açıklamaktır. Modeller, Samanyolu'nu oluşturan ilkel Galaktik gazın farklı çökme aşamalarını matematiksel bağıntılar ile öngörerek, Galaksi diskinin güncel element bolluk gradyentini, yaş-metal bolluğu ilişkilerini vb. gibi gözlemsel bulguları açıklamaya çalışır ve bu açıklamaları yapmak için çökme aşamalarının yanı sıra farklı mekanizmalar da önerirler. Günümüzde Galaksi diskinin gözlemsel özelliklerini en iyi açıklayan ve modelleyen yaklaşım İkili Çökme Modeli (Chiappini ve diğ., 1997; Grisoni ve diğ., 2017; Spitoni ve diğ., 2020; Molero ve diğ., 2023) olarak adlandırılan yaklaşımdır.

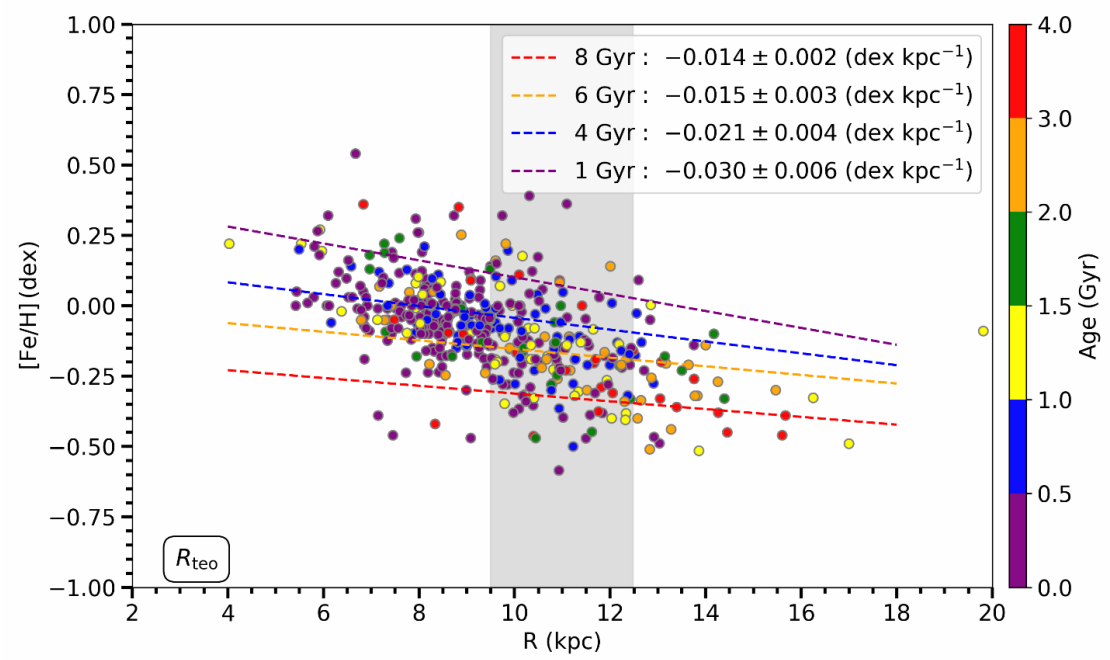
Bu yaklaşım ilkel Galaktik gazın iki aşamalı çökmesini sonucu Samanyolu Galaksisi'in oluştuğunu öne sürer. Bu çökme aşamalarının ilki hızlı ve Galaksi diskine göre yukarıdan aşağı yönde gerçekleşirken, Galaksi diski boyunca homojen bir çökme hızı önerir ve bu çökme sonucunda halo ve kalın diskin oluştuğunu öne sürer. Önerilen çökme hızıyla da kalın diskte görülen Galaktik düzleme göre negatif bolluk gradyentini ve Galaksi merkezine göre radyal doğrultuda hesaplanan düz gradyenti açıklamaktadır. Model, ikinci çökme aşamasının ise ilkine göre daha yavaş, yukarıdan aşağı ve içten dışa yönde gerçekleştiğini öne sürer ve bu sayede Galaksi diskinde iki yönde hesaplanan negatif bolluk gradyentlerini kolaylıkla açıklar.

Doktora tez çalışmasında elde edilen metal bolluğuyla Galaksi merkezine göre uzaklık ilişkileri İkili Çökme Modelinin bakış açısı altında incelenmiştir. Doktora tez çalışmasında elde edilen radyal metal bolluğu gradyent sonuçları sayesinde modelin öngörüleri sınanmakla birlikte elde edilen bulguların öngörüler ile uyumu incelenmiştir. Kimyasal evrim modellerinin üretilmesinde Bölüm 2.4'te bahsedilen İkili Çökme Modeli için gerekli olan parametreler, güncel bir çalışma olan Molero ve diğ.'den (2023) alınmış ve model farklı yaş değerleri için üretilerek metal bolluğu-uzaklık düzlemine taşınmıştır. Tez çalışmasında tercih edilen İkili Çökme Modeli, kemodinamik bir model olmadığından farklı uzaklık ölçme teknikleri için üretilememiştir. Çalışmada farklı yaşlar için tahmin edilen metal bollukları kullanılan yaşın ilgili Galaktik yarıçapları için hesaplanmıştır. Model sonuçlarının tez çalışmasındaki gözlemsel veriler ile karşılaştırılması farklı uzaklıklar için üretilmiş ve bu diyagramlar Şekil 5.14, Şekil 5.15, Şekil 5.16 ve Şekil 5.17 ile gösterilmiştir.

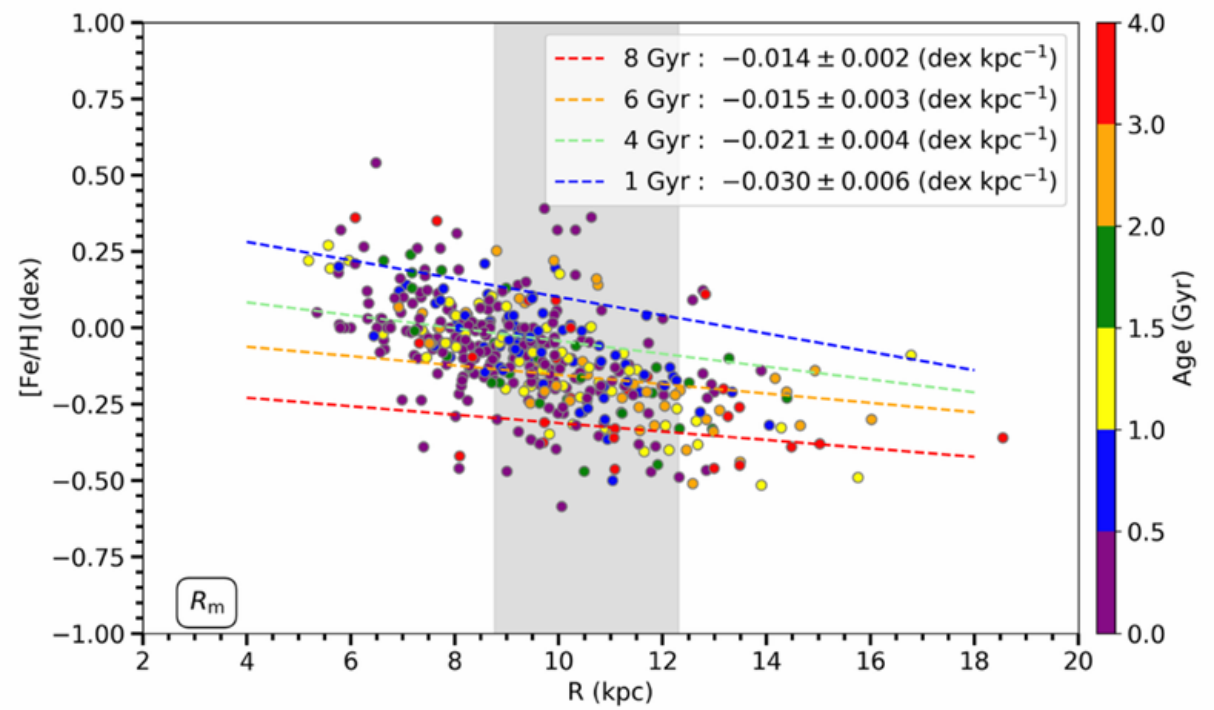
İkili Çökme Modelleri farklı uzaklık düzlemlerinde gösterilen farklı yaşlardaki metal bolluğu değişimi incelendiğinde genç yaştaki modellerin yaşlı olanlara göre daha dik bir metal bolluğu gradyentine sahip ve metal bolluklarının sıfır noktalarına ait değerlerinin de farklı olduğu tespit edilmiştir. Yani yeni oluşan astronomik nesneler daha negatif metal bolluğu gradyentine sahipken, Galaksi diskinin en yaşlı eğrisi olarak tercih edilen 8 Gyıl'lık model daha sığdır. Ayrıca genç ve yaşlı model verilerinin metal bolluklarına ait başlangıç noktalarında da belirgin bir farklılık görülmektedir. Bu da genç olan model eğrilerinin yaşlı olanlara göre metalce daha zengin olduğunu gösterir.



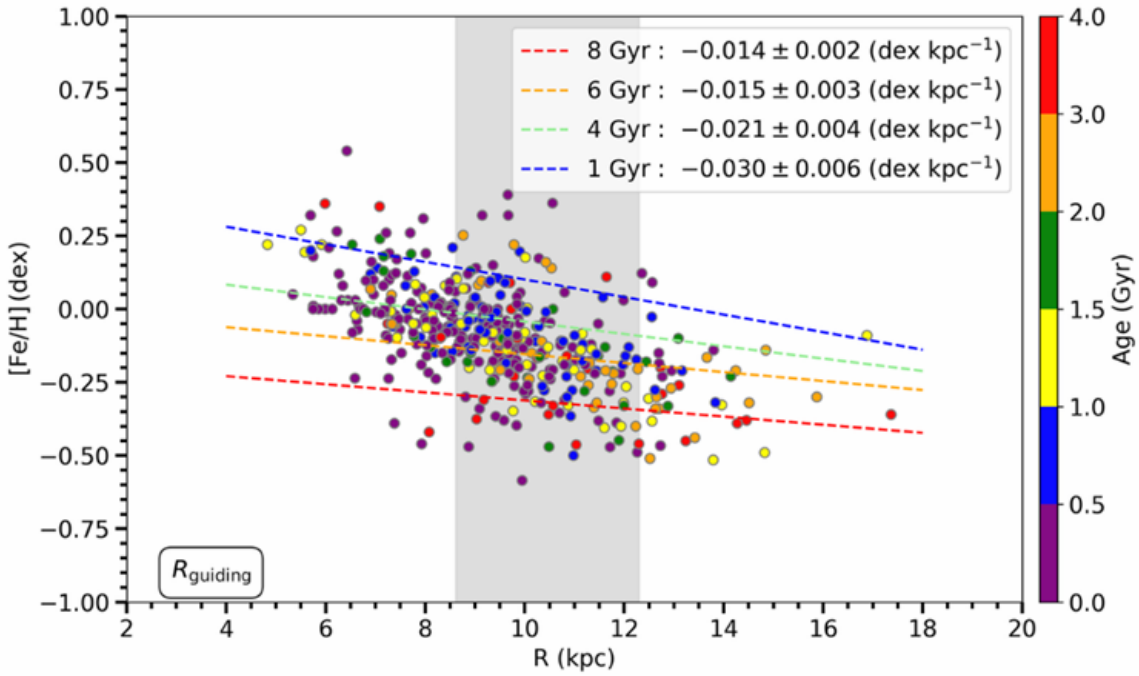
Şekil 5.14: İkili Çökme modelinde 1, 4, 6 ve 8 Gyıl'lık yaşlar için hesaplanan kuramsal metal bolluğu-uzaklık değişimleri. Şekilde tez çalışmasında yaş hesabı yapılan 504 açık küme şeklin sağ panelinde gösterilen renk ölçeğine göre renklendirilmiştir. Şekildeki gri bölge kırılım bölgesini ifade etmektedir.



Şekil 5.15: Şekil 5.14'e benzer olup uzaklık R_{teo}'ya göre verilmiştir.



Şekil 5.16: Şekil 5.14'e benzer olup uzaklık R_m'ye göre verilmiştir.



Şekil 5.17: Şekil 5.14'e benzer olup uzaklık $R_{guiding}$'e göre verilmiştir.

Dört farklı uzaklık için oluşturulan metal bolluğu değişimleri, gözlemleri yapılmış açık kümeler ile kuramsal eğriler ile genel olarak uyumlu ve negatif yönde olması İkili Çökme Modelinin zaman ile dikleşen bir radyal metal bolluğu gradyenti önermesiyle benzerdir. Ayrıca modelin zamana bağlı olarak üretilen gradyentlerinin birbirlerine göre paralel olmaması, Galaksi'nin dışına doğru azalan ve daralan bir kama şeklinin oluşmasına ve tez çalışmasında ortaya konan Galaksi diskindeki diz bulgusuyla da uyumludur. Diyagramlar içinde verilen gri bölge tez çalışması boyunca farklı alt örnek gruplarından o uzaklık yöntemi için elde edilen diz noktasının değişim aralığını temsil etmekte olup örnek üstünde de iyi bir şekilde görülmektedir.

Analizler gözlem ve model açısından bir bütün olarak incelendiğinde, Galaksi disk evriminin içten dışa oluşumu desteklediğini ve Galaksi diski için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentlerinin sabit olmayıp küme yaşlarına göre değiştiğini ortaya koymaktadır. Kırılımın yaşandığı Galaktik yarıçap bölgesinin dış kısmı dikkatlice incelendiğinde yavaş bir yıldız oluşumunun gerçekleştiği görülmektedir. Galaksi diskinin dış kısmında bulunan açık kümelerin metal bollukları 0.5 dex mertebesinde bir saçılma göstermekte olup bu saçılma İkili Çökme Modeliyle de desteklenmektedir. Dış diskte belirlenen yavaş yıldız oluşumu açık kümelerin metal bolluğundaki değişkenliği açıklayabilmektedir. Çalışmada üretilen İkili Çökme Modelinin dış diskteki geniş metal bolluğu değişkenliğini tam olarak göstermemektedir. Gelecek zamanlarda modele eklenecek yeni değişkenler ile bu farklılığın önüne geçilmeye çalışılması gerekmektedir.

Doktora tez çalışmada elde edilen metal bolluğu gradyentleri, Chiappini ve diğ. (1997) tarafından geliştirilen iki aşamalı gaz çöküş modelinin öngörüleriyle yüksek düzeyde tutarlılık göstermektedir. İç disk için hızlı kimyasal zenginleşme, dış disk için yavaş zenginleşme senaryosu gözlemlerle desteklenmiş, ayrıca radyal göç süreçlerinin de gözlenen gradyentlerin sığlaşmasında önem arz ettiği ortaya konmuştur.

5.4. RADYAL METAL BOLLUĞU GRADYENTLERININ LITERATÜR ILE KARŞILAŞTIRILMASI

Doktora tez çalışmasında tayfsal yöntemler ile ortalama element bollukları belirlenen 504 açık kümenin Galaksi merkezine göre belirlenen dört farklı uzaklık kullanılarak kümelerin [Fe/H]-

uzaklık düzlemi üzerindeki metal bolluk dağılımı incelenmiş ve açık küme örneklerine tek ve iki parçalı doğrusal fit uygulanmıştır.

Radyal metal bolluğu gradyentinin elde edilmesinde öncelikli olarak incelenen açık kümelerin günümüzdeki Galaktik merkeze olan uzaklıkları dikkate alınmıştır. Elde edilen radyal metal bolluğu gradyentlerine göre iç disk bölgesinde ($5< R_{gc}$ (kpc) <12) -0.058±0.005 dex kpc^{-1}, dış disk bölgesinde ($12< R_{gc}$ (kpc) ≤ 21) ise -0.028±0.008 dex kpc^{-1} olarak belirlenmiştir. Analizler neticesinde Galaksi diskinin iç ve dış disk sınırı ortalama olarak 10.6 kpc'de tespit edilmiştir. Benzer biçimde Galaksi diski içerisinde radyal metal bolluğu analizine yönelik literatürdeki çalışmalar incelendiğinde (Bkz. Tablo 5.3), Friel ve diğ. (2002), Chen ve diğ. (2003), Wu ve diğ. (2009), Donor ve diğ. (2020), Zhang ve diğ. (2021), Spina ve diğ. (2021) ve Gaia işbirliği (2023) tarafından verilen -0.05 ile -0.07 dex kpc^{-1} aralığındaki tipik iç disk eğimleriyle yüksek düzeyde tutarlılık gösterdiği görülmüştür.

Tez çalışmasında Galaksi diskinin dış kısmı için hesaplanan -0.028±0.008 dex kpc^{-1}'lik radyal metal bolluğu gradyenti ise literatürde aynı bölge için verilen daha sığ değerler bildiren çalışmalara yakın çıkmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde Myers ve diğ. (2022) tarafından dış disk için -0.032±0.002 dex kpc^{-1}, Magrini ve diğ. (2023) tarafından ise -0.044±0.014 dex kpc^{-1} değeri rapor edilmiştir. Bu durum, Galaksi diskinin dış diskinde metal bolluk gradyentinin iç diske kıyasla belirgin biçimde daha sığ olduğunu ortaya koymaktadır. Tez çalışmasında elde edilen kırılma yarıçapı olarak belirlenen R_{gc} = 10.6 kpc'lik uzaklık, literatürde sıkça vurgulanan 10-12 kpc aralığındaki kırılma yarıçaplarıyla uyum içindedir (Myers ve diğ. 2022; Magrini ve diğ. 2023). Bu da Galaksi'nin kimyasal evriminde iç ve dış disk bölgelerinin farklılaşmasına işaret etmektedir. İç diskteki daha dik gradyent, yüksek yıldız oluşum etkinliği ve metal zenginleşmesinin yoğunluğuna bağlanabilirken, dış diskteki daha sığ gradyent, daha düşük yıldız oluşum oranı ve olası radyal göç süreçleriyle açıklanabilir.

Doktora tez çalışması sonuçları açık kümelerin Galaksi diski boyunca metal bolluk dağılımının araştırılmasında güçlü bir gösterge sunduğunu, literatürdeki gözlemsel ve kuramsal çalışmalar ile uyum sağladığını ve Galaksi diskinin iç ve dış bölgelerinin kimyasal evrim özelliklerinin farklı olduğunu doğruladığını göstermektedir.

Tablo 5.3: Literatürdeki çalışmalar ile doktora tez çalışmasında elde edilen R_{gc} tabanlı radyal metal bolluğu gradyentleri. Her bir satırda ilgili çalışmaya ait uzaklık aralığı, radyal metal bolluğu gradyenti, kullanılan açık küme sayısı (N) ve notlar verilmiştir.

Çalışma	R_{gc} **(kpc)**	d**[Fe/H]/d**R_{gc} **(dex kpc^{-1})**	N	**Notlar**
Friel ve diğ. (2002)	7–16	-0.059 ± 0.010	39	Tayfsal
Chen ve diğ. (2003)	<17	-0.063 ± 0.008	118	Fotometrik
Wu ve diğ. (2009)	<17	-0.056 ± 0.007	488	Tayf+Fotometri
Genovali ve diğ. (2014)	5–15	-0.051 ± 0.003	127	Fotometri
Donor ve diğ. (2018)	7–13	-0.061 ± 0.004	19	*Gaia* DR2 + APOGEE
Carrera ve diğ. (2019)	6–13	-0.052 ± 0.003	46	*Gaia* DR2
Carrera ve diğ. (2019)	6–14.5	-0.077 ± 0.007	90	Tayf+Fotometri
Donor ve diğ. (2020)	6–13.9	-0.068 ± 0.001	71	*Gaia* DR2 + tayf
Zhong ve diğ. (2020)	7–15	-0.053 ± 0.004	295	Homojen veri seti
Zhang ve diğ. (2021)	5.5–13.9	-0.074 ± 0.007	225	Tayfsal + *Gaia* DR2
Spina ve diğ. (2021)	6–16.5	-0.076 ± 0.009	134	Tayfsal
Myers ve diğ. (2022)	6-18	-0.055 ± 0.001	85	Tayfsal + *Gaia* EDR3
	6–11.5	-0.073 ± 0.002	—	İç disk
	11.5–18	-0.032 ± 0.002	—	Dış disk
Gaia işbirliği (2023)	5–12	-0.054 ± 0.008	503	*Gaia* DR3
Netopil ve diğ. (2022)	6–21	-0.058 ± 0.004	136	Tayf+Fotometri+*Gaia* DR2
	6-12	-0.063 ± 0.005	—	İç disk
Magrini ve diğ. (2023)	6–21	-0.054 ± 0.004	62	Tayfsal +*Gaia* DR3
	6–11.2	-0.081 ± 0.008	42	İç disk
	11.2–21	-0.044 ± 0.014	20	Dış disk
Otto ve diğ. (2025)	6-22	-0.075 ± 0.006	164	Tayfsal +*Gaia* DR3
	≤10	-0.100 ± 0.019	87	İç disk
	>10	-0.044 ± 0.036	77	Dış disk
Tez çalışması	5-22.5	-0.055 ± 0.003	504	Tayfsal +*Gaia* DR3
	5–12.64	-0.062 ± 0.004	480	İç disk
	10.6–22.5	-0.006 ± 0.004	24	Dış disk

Tez çalışmasında incelenen bir başka durum da küme yaşlarının bugünkü Galaktik merkeze uzaklık ile değişiminde radyal metal bolluğunun değişimine etki edip etmediğidir. Tez çalışmasında genç, orta ve yaşlı olmak üzere üç gruba ayrılan açık kümelerden radyal metal bolluğu gradyentleri elde edilmiş olup bu bulgular literatür ile karşılaştırılması kolay olması

için Tablo 5.4'de literatür verileriyle birlikte verilmiştir. Genç örnekteki açık kümelerin gradyentleri yaşlı olan gruplara göre yaklaşık 0.01 dex kpc^{-1} daha küçük hesaplanmaktadır. Literatürdeki yaşa bağlı genç ve orta yaşlı örnekler için verilen gradyentlerin çalışmada hesaplananlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Tez çalışmasında literatürdekilere göre daha büyük bir örneklem kullanıldığından radyal metal bolluğu gradyentine ait belirsizlikler de küçük olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.4: Açık kümelerin yaş aralıklarına göre (genç, orta yaşlı, yaşlı) R_{gc} tabanlı metal bolluğu gradyentleri.

Çalışma	**Yaş (Myıl)**	***d*[Fe/H]/*dR*$_{gc}$ (dex kpc^{-1})**	***N***	**Açıklama**
Friel ve diğ. (1995)	<1000	-0.050±0.010	39	Yaşlı kümeler için daha dik eğim
Chen ve diğ. (2003)	<800	-0.063±0.008	118	Orta yaşlı kümeler için belirgin negatif gradyent
Magrini ve diğ. (2009)	<500	-0.046±0.009	89	Genç kümelerde gradyent daha sığ
Jacobson ve diğ. (2016)	>1000	-0.070±0.010	100	Yaşlı kümelerde eğim daha dik
Tez çalışması	<250	-0.047±0.007	197	Genç kümelerde eğim düşük, homojen dağılım
Tez çalışması	250-1000	-0.062±0.006	154	Orta yaşlı kümelerde daha dik gradyent
Tez çalışması	>1000	-0.057±0.005	161	Yaşlı kümelerde gradyent korunuyor

Radyal metal bolluğu gradyentinin hesaplanmasında dikkate alınan bir başka uzaklık ölçeği de Galaktik yörünge parametrelerinden hesaplanan ortalama uzaklık (R_m) parametresidir. Bu uzaklık parametresi açık kümelerin ortalama yörünge yarıçapını temsil ettiğinden, yıldızların doğdukları Galaksi bölgesinin günümüzdeki konumu arasında meydana gelen radyal göç süreçlerinin etkisini yansıtmaktadır. Tez çalışmasında R_m'ye göre elde edilen metal bolluk gradyenti -0.051±0.006 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmış ve herhangi bir kırılma noktası tespit edilmemiştir.

Bu bulgunun literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırmasını yapabilmek için Tablo 5.5'de verilen parametreler bu çalışmada elde edilen bulguları da içerecek şekilde derlenmiştir. Anders ve diğ. (2019), simülasyonlar ve *Gaia* DR2 verileri üzerinden yaptıkları çalışmalarda, R_m kullanıldığında gradyentin daha düzgün ve sığ bir eğim sergilediğini, kırılma bölgesinin büyük ölçüde kaybolduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Spina ve diğ. (2021) ve Magrini ve diğ. (2023), ortalama Galaktik yarıçaplara göre gerçekleştirdikleri analizlerde radyal metal bolluğu gradyentinin yaklaşık -0.05 dex kpc^{-1} olduğunu ve gözlemsel verilerin tek bir doğrusal fit ile temsil edilebileceğini göstermiştir. Dolayısıyla bu çalışmanın R_m için elde ettiği sonuç,

literatürdeki gözlemsel ve kuramsal çalışmalar ile oldukça uyumludur. Özellikle R_{gc}'ye göre yapılan analizlerde açıkça gözlenen iç ve dış disk ayrımı, R_m'ye göre bakıldığında belirginliğini kaybetmekte, bu da radyal göçün Galaksi diskinin kimyasal yapısını düzleştirici etkisini doğrulamaktadır.

Tablo 5.5: Kümelerin yörünge ortalama yarıçapı (R_m) üzerinden hesaplanan metal bolluğu gradyentlerinin literatür ile karşılaştırılması.

Çalışma	R_m **(kpc)**	d**[Fe/H]**/dR_m **(dex kpc $^{-1}$)**	**Notlar**
Spina ve diğ. (2021)	6-16	-0.073 ± 0.008	Yüksek çözünürlüklü tayfsal veri
Magrini ve diğ. (2023)	6-18	-0.056 ± 0.006	*Gaia* + APOGEE
Tez çalışması (R_m)	5-25	-0.051 ± 0.003	*Gaia* DR3+ Tayfsal

Tez çalışmasında incelenen bir başka uzunluk ölçeği de (R_{teo}) kümelerin doğum yarıçaplarına aittir. Bu parametre kullanıldığında radyal metal bolluğu gradyentlerinin genel olarak daha düzgün ve doğrusal bir fit ile temsil edilebildiği ve kırılma noktası göstermemektedir. Doktora tez çalışmasında R_{teo}'e göre elde edilen radyal metal bolluğu gradyent -0.046±0.003 dex kpc^{-1} olarak tespit edilmiştir. Bulgular literatürde Spina ve diğ. (2021) ve Magrini ve diğ. (2023) tarafından elde edilen sonuçlar ile oldukça uyumludur (Tablo 5.6). Literatürde özetlenen çalışmalar incelendiğinde bu uzaklık ölçeğini kullanılarak radyal metal bolluğu gradyentleri sığ bir aralıkta, -0.02 ile -0.03 dex kpc^{-1} olarak hesaplanmış ve Galaksi diski üzerinde bir kırılım bölgesi belirlenememiştir. Bu durum Galaksi diskinin kimyasal evriminde radyal göçün belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Literatürde $R_{guiding}$ uzaklık parametresi kullanılarak yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Tablo 5.7). Bununla birlikte, $R_{guiding}$ genellikle R_m ile benzer bir tanımda ele alınmakta ve çoğu zaman Galaksi diski üzerinde bir kırılma bölgesinin bulunmadığı rapor edilmektedir (Spina ve diğ., 2021; Magrini ve diğ., 2023). Ancak bazı güncel çalışmalarda (Magrini ve diğ., 2023) $R_{guiding}$ kullanıldığında kırılmanın izlerinin tamamen kaybolmadığı, fakat daha sığ bir dış eğime dönüştüğü belirtilmiştir.

Tablo 5.6: Kümelerin teorik doğum yarıçapları (R_{teo}) üzerinden elde edilen metal bolluğu gradyentleri ile literatürde rapor edilen değerlerin karşılaştırılması.

Çalışma	R_{teo}	d**[Fe/H]**/dR_{teo}	**Notlar**

	(kpc)	(dex kpc $^{-1}$)	
Chiappini ve diğ. (2013)	4–14	-0.020 ile-0.030	Simülasyon
Minchev ve diğ. (2014)	4–14	-0.020 ile -0.025	Radyal göç modelleri
Anders ve diğ. (2019)	5–15	-0.025 ± 0.005	*Gaia* DR2 verileri
Spina ve diğ. (2021)	6–16	-0.073 ± 0.008	Yüksek çözünürlüklü spektroskopi
Netopil ve diğ. (2021)	6–18	-0.061 ± 0.004	*Gaia* + APOGEE
Tez çalışması (R_{teo})	5–25	-0.046 ± 0.003	*Gaia* DR3+ Tayfsal

Doktora tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, literatür ile kısmen uyumludur. İç ve dış disk ayrımı R_{gc}'de olduğu kadar keskin olmasa da, $R_{guiding}$ kullanıldığında da Galaksi diski üzerinde bir kırılma bölgesi gözlenmiştir. Bu durumda $R_{guiding}$'in yıldızların yörüngelerindeki "tipik" konumları yansıtmasına rağmen, Galaksi'nin kimyasal yapısında iç ve dış diskin farklılığını tamamen ortadan kaldırmadığını göstermektedir. Özellikle 12 kpc civarında bulunan kırılma noktası, Galaksi diskinin evrimsel süreçlerinde ortak bir yapısal özelliğin işareti olarak yorumlanabilir.

Tablo 5.7: Kümelerin kılavuz yarıçapı ($R_{guiding}$) kullanılarak elde edilen metal bolluğu gradyentleri ve literatür karşılaştırması.

Çalışma	$\boldsymbol{R_{guiding}}$	$\boldsymbol{d}$**[Fe/H]**/$\boldsymbol{dR_{guiding}}$	**Notlar**
	(kpc)	**(dex kpc $^{-1}$)**	
Minchev ve diğ. (2018)	4-14	-0.020 ile -0.030	
Netopil ve diğ. (2021)	5-21	-0.061 ± 0.004	*Gaia* DR2,
Spina ve diğ. (2021)	6-13	-0.073 ± 0.008	
Magrini ve diğ. (2023)	6-18	-0.024 ± 0.007	*Gaia* + APOGEE
Palla ve diğ. (2024)	6-13	-0.050 ile -0.070	
Tez çalışması	5-25	-0.053±0.003	*Gaia* DR3+ Tayfsal

5.5. ÖZET VE GELECEĞE YÖNELIK PERSPEKTIF

Doktora tez çalışmasında, demir bollukları tayfsal yöntemler ile belirlenen ve Galaksi diskinin farklı doğrultularında bulunan 504 açık kümenin yapısal, astrometrik ve astrofizik parametreleri, *Gaia* DR3 verileri kullanılarak yüksek duyarlılıkla tayin edilmiştir. Bu veriler temel alınarak, kümelerin tayfsal element bolluklarıyla Galaksi merkezine göre ölçülen dört farklı uzaklık ölçeğine karşı oluşturulan metal bolluğu profillerine doğrusal fitler yapılmış ve Galaksi diski için radyal metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Bu yaklaşım geniş

örneklem boyutu ve tayfsal verilerin homojenliği açısından literatürdeki çalışmalara kıyasla daha bütüncül ve güvenilir bir bakış sağlamıştır.

Elde edilen sonuçlar Galaktik kimyasal evrim çalışmalarının odak noktalarından biri olan radyal metal bolluğu gradyentinin genel olarak literatürde verilen değerlere uyumlu olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, veri setinin alt gruplara ayrılması ve belirli kalite kriterlerine göre yeniden değerlendirilmesi, radyal metal bolluğu gradyentinin yapısına ilişkin önemli ayrıntıları ortaya koymuştur. Özellikle yüksek çözünürlüklü tayfsal analizlere sahip küme üyesi yıldızların ve yıldız sayısı bakımından istatistiksel açıdan güçlü alt gruplara ayrı ayrı incelenmesi sonucunda, radyal metal bolluğu gradyentinin -0.060 dex kpc^{-1} değerini aşmadığı görülmüştür. Bu bulgu, Galaksi diskinin kimyasal zenginleşme tarihine dair önemli ipuçları sunmakta, ayrıca literatürdeki bazı çalışmalarda rapor edilen daha dik radyal metal bolluğu gradyentlerinin, örneklem seçimi kaynaklı belirsizlikler veya düşük üye yıldız sayısına sahip açık kümeler ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Tez çalışmasının sağladığı geniş örneklem, özellikle Galaksi'nin iç ve dış disk ayrımının fiziksel temellerinin incelemesine fırsat vermiştir. Dört farklı uzaklık ölçeği kullanılarak oluşturulan örneklere uygulanan tek bir doğrusal fit ile iç ve dış disk için uygulanan iki ayrı doğrusal fitler sonucunda, Galaksi diskinin kimyasal yapısının katmanlı bir görünüme sahip olduğunu ve bazı sınırlamalarda tek bir doğrusal gradyentin Galaksi disk yapısını açıklamakta yetersiz kalabileceğini göstermiştir. Nitekim literatürde, Galaksi diskinin dış kısmında metal bolluğu dağılımının daha düz bir eğilim sergilediğine ilişkin bazı gözlemsel sonuçlar da bulunmaktadır (Carraro ve diğ., 2007; Spina ve diğ., 2022; Joshi ve diğ., 2024). Bu tez çalışmasının bulguları, bu eğilimin yüksek veri kalitesi sağlandığında daha da belirginleştiğini göstermektedir.

Ayrıca çalışmada kullanılan tayfsal metal bolluğu verilerinin homojenliği, farklı gözlemsel gökyüzü tarama programları veya veri arşivlerinin bir araya getirilmesinden kaynaklanan sistematik belirsizlikleri önemli ölçüde azaltmıştır. Böylece, radyal metal bolluğu gradyentinin gerçek fiziksel doğasına ilişkin daha sağlam sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek kaliteli tayfsal veriye sahip açık kümelerin radyal metal bolluğu gradyent dağılımında gözlenen dar aralık, özellikle Galaksi diski boyunca kimyasal difüzyonun ve radyal göç süreçlerinin etkinliği üzerine gelecekte yapılacak çalışmalara temel oluşturabilecek niteliktedir.

Doktora tez çalışması açık kümelerin metal bolluğu dağılımlarını geniş bir örneklem üzerinde istatistiksel açıdan güçlü yöntemler ile analiz ederek Galaksi diskinin kimyasal evrime önemli katkılar sağlamıştır. Ancak Galaktik yapı çalışmaları hızla gelişen ve veri zenginliği her geçen yıl artan astrofiziğin sıcak konularından biridir. Dolayısıyla burada elde edilen bulguların, gelecekteki daha kapsamlı çalışmalar ile desteklenmesi mümkündür.

Son yıllarda APOGEE, Gaia-ESO, GALAH ve LAMOST gibi büyük ölçekli tayfsal gökyüzü tarama programları, Galaksi diski boyunca binlerce açık küme üyesi yıldızın kimyasal bolluğunu hesaplamıştır. Bu projelerin veri hacmi arttıkça, yalnızca metal bolluğu değil aynı zamanda α-elementleri, ağır s-proses elementleri ve demir pik elementlerinin dağılımlarının da inceleme kapsamına alınması mümkün olacaktır. Böylece radyal metal bolluğu gradyentinin, farklı element grupları için hesaplanması ve bu elementlerin Galaksi diski içindeki üretim mekanizmalarının zaman ile değişimi ayrıntılı bir biçimde ortaya çıkarılabilecektir.

Galaksi diskindeki yıldızların önemli bir kısmının doğdukları yarıçaplardan farklı konumlarda gözlemlendiği yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu "radyal göç" mekanizmaları, kimyasal gradyentlerin günümüzde gözlenen değerlerine ulaşmasını sağlayan temel fiziksel süreçlerdir. Bu çalışmada elde edilen ortalama -0.060 dex kpc^{-1} sınırı, bazı modellerin öngördüğü hızlı gradyent dikleşmelerini desteklememekte ve daha ılımlı bir kimyasal evrim senaryosuna işaret etmektedir. Bu nedenle, gelecekte açık kümelerin yaş-metal bolluğu ilişkisini göç modelleriyle bir arada değerlendiren çalışmaların yapılması beklenmektedir. Özellikle, aynı Galaktik yarıçapta fakat farklı yaşlardaki kümelerin metal bolluklarının karşılaştırılması, bu süreçlerin etkisini açığa çıkaracaktır.

Tez çalışması, tek eğim yerine iki farklı eğim kullanılmasının Galaksi diskinin iç ve dış disk kimyasal özelliklerini daha iyi açıkladığını göstermiştir. Ancak dış disk sınırının nerede başladığı halen literatürde tartışma konusudur. Açık kümeler, Galaksi dış disk kimyasal yapısının araştırılmasındaki en iyi astrofizik laboratuvarlardır. Gelecek yıllarda elde edilecek daha uzak kümeler ile özellikle Galaksi merkezinden çok uzaklarda (15-20 kpc) bulunan genç yıldız oluşum bölgeleriyle ilgili bilgilerin elde edilmesi Galaksi diskinin kimyasal evrimi açısından son derece önemli olacaktır.

Doktora tez çalışmasının temel dayanaklarından biri olan küme üyelikleri, *Gaia* uydusunun yüksek hassasiyetli astrometrik ölçümleri sayesinde çok daha doğru ve duyarlı tayin edilecektir. Üyelik belirsizliklerinin azalması, özellikle yıldız sayısı az olan açık kümelerde metal bolluğu ölçümlerinin güvenilirliğini artıracaktır. Bu nedenle, gelecekteki çalışmaların *Gaia* uydusunun sonraki veri sürümleriyle daha da iyileşmesi beklenmektedir.

Doktora tez çalışması, çok sayıda açık kümenin bir arada homojen yöntemler ile analizi ve yüksek kalitedeki tayfsal verilerin kullanılması neticesinde Galaksi diskinin kimyasal yapısına yeni bir bakış açısı sunmuştur. Elde edilen sonuçlar, ortalama radyal metal bolluğu gradyentlerinin yaklaşık -0.06 dex kpc^{-1} değerini aşmadığını ve bu değerin Galaktik kimyasal evrim modelleri için güçlü bir gözlemsel kısıtlama sağladığını göstermiştir. Çalışma, gelecekte daha ayrıntılı kimyasal haritalama projelerinin temelini oluşturabilecek önemli bulgular ortaya koymuştur. Galaksi diskinin oluşum ve evrim süreçlerinin daha iyi anlaşılması için kimyasal, kinematik ve dinamik verilerin bütüncül bir çerçevede değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, doktora tez çalışmasında kullanılan yöntemler ve bu yolla elde edilen sonuçların, önümüzdeki yıllarda gerçekleştirilecek geniş ölçekli gözlemsel ve kuramsal çalışmalara katkı sunması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Abdurro'uf, A. K., Aerts, C., Silva, A. V., ve diğ., 2022, The Seventeenth Data Release of the Sloan Digital Sky Surveys: Complete Release of MaNGA, MaStar, and APOGEE-2 Data, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 259, 2.

Adams, F. C., Myers P. C., 2001, Modes of Multiple Star Formation, *The Astrophysical Journal*, 553, 744-753.

Ahmed, N. M., Tadross, A. L., 2025, The Photometry and Kinematics Studies of NGC 2509 Derived from Gaia DR3, *Scientific Reports*, 15, 17676.

Ahmed, N. M., Tadross, A. L., 2025, Precision analysis of NGC 2158 with Gaia DR3, Scientific Reports, 15, 20189.

Ahumada, R., Allende, P. C., Almeida, A., ve diğ., 2020, The 16th Data Release of the Sloan Digital Sky Surveys: First Release from the APOGEE-2 Southern Survey and Full Release of eBOSS Spectra, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 249, 1.

Alan, N., Park, S., Bilir, S., 2019, A Detailed Archival CHANDRA Study of the Young Core-Collapse Supernova Remnant 1E 0102.2-7219 in the Small Magellanic Cloud, *The Astrophysical Journal*, 873, 1.

Alcock, C., Allsman, R. A., Alves, D. R., ve diğ., 2000, The MACHO Project: Microlensing Optical Depth toward the Galactic Bulge from Difference Image Analysis, *The Astrophysical Journal*, 541, 2.

Ak, T., Bilir, S., Özdönmez A., ve diğ., 2015, The Galactic Kinematics of Cataclysmic Variables, *Astrophysics and Space Science*, 357, 72.

Anders, F., Khalatyan, A., Chiappini, C., ve diğ., 2019, Photo-Astrometric Distances, Extinctions, and Astrophysical Parameters for Gaia DR2 Stars Brighter than G = 18, *Astronomy and Astrophysics*, 628, 94.

Bacon, D. W., Watts, D. G., 1971, Estimating the Transition Between Two Intersecting Straight Lines, *Biometrica*, 58.

Bailer-Jones, C. A. L., Rybizki, J., Fouesneau, M., Mantelet, G., Andrae, R., 2018, Estimating Distance from Parallaxes. IV. Distances to 1.33 Billion Stars in Gaia Data Release 2, *The Astronomical Journal*, 156, 58.

Balaguer-Núnez, L., Tian, K. P., Zhao, J. L., 1998, Determination of Proper Motions and Membership of the Open Clusters NGC 1817 and NGC 1807, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 133, 387-394.

Bastian N., Goodwin, S. P., 2006, Evidence for the Strong Effect of Gas Removal on The Internal Dynamics of Young Stellar Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 369, 1.

Bastian N., Adamo, A., Gieles M., ve diğ., 2011, Evidence for Environmentally Dependent Cluster Disruption in M83, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 417, 1.

Becker, W., 1963, Applications of Multicolor Photometry, Basic Astronomical Data: Stars and Stellar Systems, Edited by K. A. Strand. Published by the University of Chicago Press.

Becker, W., Fenkart, R., 1971, A Catalogue of Galactic Star Clusters Observed in Three Colours, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 4, 241.

Bedin, L. R., Piotto, G., Carraro, G., King, I. R., Anderson, J., 2006, The Absolute Motion of the Peculiar Cluster NGC 6791, *Astronomy and Astrophysics*, 460, L27-L30.

Bensby, T., Feltzing, S., Lundstrom, I., 2003, Elemental Abundance Trends in the Galactic Thin and Thick Disks as Traced by Nearby F and G Dwarf Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 410, 527.

Bensby, T., Feltzing, S., Lundstrom, I., Ilyin, I., 2005, α-, r-, and s-Process Element Trends in the Galactic Thin and Thick Disks, *Astronomy and Astrophysics*, 433, 185.

Bertelli, G., Bressan A., Chiosi, C., Fagotto, F., Nasi, E., 1994, Theoretical Isochrones from Models with New Radiative Opacities, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 106.

Bica, E., Dutra, C. M., Barbuy, B., 2003, A Catalogue of Infrared Star Clusters and Stellar Groups*, Astronomy and Astrophysics*, 397, 177.

Bilir, S., Karataş, Y., Demircan, O., Eker, Z., 2005, Kinematics of W Ursae Majoris Type Binaries and Evidence of The Two Types of Formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 357,2.

Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Hamzaoğlu, E., 2006, Galactic Longitude Dependent Galactic Model Parameters, *New Astronomy*, 12, 234-245.

Bilir S., Ak, S., Karaali, S., Cabrera-Lavers, A., Chonis, T. S., Gaskell, C. M., 2008, Transformations Between 2MASS, SDSS And BVRI Photometric Systems: Bridging the Near-Infrared and Optical*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 384, 3.

Binney, J. J., Dehnen, W., Houk, N., Murray, C. A., Penston, M. J., 1997, The Kinematics of Main Sequence Stars from HIPPARCOS Data, Proceedings of the ESA Symposium `Hipparcos - Venice '97', 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402 (July 1997), 473-478.

Binney, H., Merrifield, M, 1998, Galactic Astronomy, Princeton University Press.

Blitz, L., Spergel, D. N., 1991, Direct Evidence for a Bar at the Galactic Center*, Astrophysical Journal*, 379.

Bland-Hawthorn, J., Krumholz, M. R., Freeman, K., 2010, The Long-Term Evolution of the Galactic Disk Traced by Dissolving Star Clusters, *The Astrophysical Journal*, 713, 166.

Bobylev, V. V., 2006, Kinematics of the Gould Belt Based on Open Clusters, *Astronomy Letters*, 32, 816-826.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., Gontcharov, G. A., 2006, Investigation of the Negative K Effect Using the Orion Spiral Arm Catalogue, *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 25, 143-144.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2010, Galactic Parameters from Masers with Trigonometric Parallaxes, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 408, 1788-1795.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2014, The Local Standard of Rest from Data on Young Objects with Account for the Galactic Spiral Density Wave, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441, 142-149.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2015, A New Estimate of the Local Standard of Rest from Data on Young Objects, Baltic Astronomy, 24, 51-61.

Bobylev, V. V., 2017, Kinematics of the Galaxy from Cepheids with Proper Motions from the Gaia DR1 Catalogue, *Astronomy Letters*, 43, 152-158.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2018, Kinematics of the Galaxy from OB Stars with Data from the Gaia DR2 Catalogue, *Astronomy Letters*, 44, 676-687

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2019 Kinematic Properties of Open Star Clusters with Data from the Gaia DR2 Catalogue, *Astronomy Letters*, 45, 208-216.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2020, Kinematic Properties of Young Intermediate- and Low Mass Stars from the Gaia DR2 Catalogue, *Astronomy Reports*, 64, 1042-1049.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., Rastorguev, A. S., Zabolotskikh, M. V., 2021, Analysis of Galaxy Kinematics based on Cepheids from the Gaia DR2 Catalogue, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 502, 4377-4391.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., Karelin, G. M., 2022a, Kinematics of OB Stars with Data from the LAMOST and Gaia Catalogues, *Astronomy Letters*, 48, 243-255.

Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2022b, Galaxy Rotation Parameters from OB2 Stars with Proper Motions and Parallaxes from the Gaia EDR3 Catalog, *Astronomy Reports*, 66, 269-277.

Bok, B. J., 1934, The Stability of Moving Clusters, *Harvard College Observatory Circular*, 384.

Bovy, J., 2015, galpy: A Python Library for Galactic Dynamics, *The Astrophysical Journal Supplement Series,* 216, A29, 27.

Breddels, M. A., Smith, M. C., Helmi, A., ve diğ., 2010, Distance Determination for RAVE Stars Using Stellar Models, *Astronomy and Astrophysics*, 511, A90.

Bressan, A., Fagotto, F., Bertelli G., Chiosi, C., 1993, Evolutionary Sequences of Stellar Models with New Radiative Opacities. II. Z = 0.02, *Astronomy and Astrophysics*, 100.

Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., ve diğ., 2012, PARSEC: Stellar Tracks and Isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, 127.

Bresolin, F., 2019, Metallicity Gradients in Small and Nearby Spiral Galaxies, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 488, 3.

Brinkmann, N., Banerjee, S., Motwani, B., Kroupa, P., 2017, The Bound Fraction of Young Star Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 600, A49.

Brown, A. G., 2021, Microarcsecond astrometry: Science highlights from Gaia, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 59, 59-115.

Buckner, A. S., Froebrich, D., 2014, Properties of Star Clusters–II. Scaleheight Evolution of Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 4441, 290-302.

Buser, R., Rong, J., Karaali, S., 1998, The New Basel High-Latitude Field Star Survey of the Galaxy. I. General Introduction, Methodology and First Analysis, *Astronomy and Astrophysics*, 331, 934-948.

Buser, R., Rong, J., Karaali, S., 1999, The New Basel High-Latitude Field Star Survey of the Galaxy. II. The Thick Disk Component: Density Structure, Luminosity Function, and Metallicity Distribution, *Astronomy and Astrophysics*, 348, 98-112.

Calia, D. B., Feng, Y., Hackenberg, W., Holzlöhner, R., Taylor, L., Lewis, S., 2010, Laser Development for Sodium Laser Guide Stars at ESO, *The Messenger*, 139, 12-19.

Cantat-Gaudin, T., Jordi, C., Vallenari, A., Bragaglia, A., ve diğ., 2018, A Gaia DR2 View of the Open Cluster Population in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 618, 16.

Cantat-Gaudin, T., Krone-Martins, A., Sedaghat, N., ve diğ., 2019, Gaia DR2 Unravels Incompleteness of Nearby Cluster Population: New Open Clusters in the Direction of Perseus*, Astronomy and Astrophysics*, 624, A126.

Cantat-Gaudin, T., Anders, F., 2020, Clusters and Mirages: Cataloguing Stellar Aggregates in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 633, A99.

Cantat-Gaudin, T., Anders, F., Castro-Ginard, A., Jordi, C., Romero-Gómez, M., Soubiran, C., Casamiquela, L., Tarricq, Y., 2020, Painting a Portrait of the Galactic Disc with Its Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 640, A1.

Cantat-Gaudin, T., 2022, Milky Way Star Clusters and Gaia: A Review of the Ongoing Revolution, Universe, 8, 111.

Canuto, V. M., Dubovikov, M., 1997, Overshooting: Mixing Length Yields Divergent Results, *The Astrophysical Journal*, 484, 2.

Cardelli, J. A., Clayton, G. C., Mathis, J. S., 1989, The Relationship between Infrared, Optical, and Ultraviolet Extinction, *Astrophysical Journal*, 345, 245.

Carollo, D., Beers, T.C., Lee, Y.S., Chiba, M., Norris, J., Wilhelm, R., Sivarani, T., Marsteller, B., 2007, Two Stellar Components in the Halo of the Milky Way, *Nature*, 450.

Carpenter, J. M., 2000, 2MASS Observations of the Perseus, Orion A, Orion B, and Monoceros R2 Molecular Clouds, *The Astronomical Journal*, 120, 6.

Carrera, R., Rodríguez, E., Loreto, C., Laia, B. N., Lola, J., Carme, A. P., Carlos, S., Peter, B., 2017, The Open Cluster King 1 in the Second Quadrant, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 4285.

Carrera, R., Bragaglia, A., Cantat-Gaudin, T., ve diğ., 2019, Open Clusters in APOGEE and GALAH. Combining Gaia and Ground-based Spectroscopic Surveys, *Astronomy and Astrophysics*, 623, A80.

Carrera, R., Casamiquela, L., Bragaglia, A., ve diğ., 2022, One Star to Tag Them All OSTTA-I. Radial Velocities and Chemical Abundances for 20 Poorly Studied Open Clusters*, Astronomy and Astrophysics*, 663, A148.

Carraro, G., 2006, Open Cluster Remnants: An Observational Overview, *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 34, 153.

Carraro, G., Chiosi, C., 1994, Galactic Orbits of the Old Open Clusters NGC 188, NGC 2682, NGC 2420, NGC 752 and NGC 2506, *Astronomy and Astrophysics*, 288, 751-758.

Carroll, S., 2007, Dark Matter, Dark Energy: The Dark Side of the Universe, The Teaching Company, Chantilly, *Guidebook Part 2*, 46.

Casamiquela, L., Blanco-Cuaresma, S., Carrera, R., ve diğ., 2019, OCCASO - III. Iron Peak and α Elements of 18 Open Clusters. Comparison with Chemical Evolution Models and Field Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 490, 1821.

Casamiquela, L., Soubiran, C., Jofré, P., 2021, Abundance-Age Relations with Red Clump Stars in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 652, A25, 17.

Casamiquela, L., Olivares, J., Tarricq, Y., 2022, Unravelling UBC 274: A Morphological, Kinematical, and Chemical Analysis of A Disrupting Open Cluster, *Astronomy and Astrophysics*, 664, A31, 13.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Julbe, F., Morvan, M., Balaguer-Nunez, L., Cantat-Gaudin, T., 2018, A New Method for Unveiling Open Clusters in Gaia. New Nearby Open Clusters Confirmed by DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 618, A59.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Cantat-Gaudin, T., Balaguer-Núñez, L., 2019, Hunting for Open Clusters in Gaia DR2: the Galactic Anticentre, *Astronomy and Astrophysics*, 627, A35.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., ve diğ., 2020, Hunting for Open Clusters in Gaia DR2: 582 New Open Clusters in the Galactic Disc, *Astronomy and Astrophysics*, 635, A45.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., ve diğ., 2022, Hunting for Open Clusters in Gaia EDR3: 628 New Open Clusters Found with Ocfinder, *Astronomy and Astrophysics*, 661, A118.

Chandrasekhar, S., 1960, The Stability of Non-Dissipative Couette Flow in Hydromagnetics, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 253.

Chen, Y. Q., Nissen, P. E., Benoni, T., Zhao, G., 2001, Lithium Abundances For 185 Main-Sequence Stars: Galactic Evolution and Stellar Depletion of Lithium, *Astronomy and Astrophysics*, 371.

Chen, L., Hou, J. L., Wang, J. J., 2003, On the Galactic Disk Metallicity Distribution from Open Clusters. I. New Catalogs and Abundance Gradient, *The Astronomical Journal*, 1253, 1397.

Chen, Y., Girardi, L., Bressan, A., Marigo, P., Barbieri, M., Kong, X., 2014, Improving PARSEC Models for Very Low Mass Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 444, 3.

Chi, H., Wang, F., Wang, W., Deng, H., Li, Z., 2023, Blind Search of the Solar Neighborhood Galactic Disk within 5 kpc: 1179 New Star Clusters Found in Gaia DR3, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 266, 36.

Chiappini, C., Matteucci, F., Gratton, R., 1997, The Chemical Evolution of the Galaxy: The Two-Infall Model, *The Astrophysical Journal*, 477, 765-780.

Chiappini, C., Matteucci, F., Romano, D., 2001, Abundance Gradients and the Formation ofthe Milky Way, ApJ, 554, 1044-1058.

Chiba, M., Beers, T. C., 2000, Kinematics of Metal-Poor Stars in the Galaxy. III. Formation of the Stellar Halo and Thick Disk as Revealed from a Large Sample of Nonkinematically Selected Stars, *The Astronomical Journal*, 119, 2843.

Clarke, C. J., Bonnell, I. A., Hillenbrand, L. A., 2000, *The Formation of Stellar Clusters, and Planets IV*, 151.

Conrad, C., Scholz, R. D., Kharchenko, N. V., ve diğ., 2014, A RAVE Investigation on Galactic Open Clusters. I. Radial Velocities and Metallicities, *Astronomy and Astrophysics*, 562, A54.

Conrad, C., Scholz, R. D., Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., de Jong, R. S., Schnurr, O., 2017, A RAVE Investigation on Galactic Open Clusters. II. Open Cluster Pairs, Groups and Complexes, *Astronomy and Astrophysics*, 600, A106.

Coşkunoğlu, B., Ak, S., Bilir, S., ve diğ., 2011, Local Stellar Kinematics from RAVE Data - I. Local Standard of Rest, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 412, 2.

Cox, A. N., 2000, Allen's Astrophysical Quantities, Allen's Astrophysical Quantities, 4th ed. Publisher: New York: AIP Press, Springer, Edit by Arthur N. Cox. ISBN: 0387987460.

Cropper, M., Katz, D., Sartoretti, P., Prusti, T., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2-Gaia Radial Velocity Spectrometer, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A5.

Cutri, R. M., Skrutskie, M. F., Van Dyk, S., ve diğ., 2003, 2MASS All Sky Catalog of Point Sources, The IRSA 2MASS All-Sky Point Source Catalog.

Çakmak, H., Yontan, T., Bilir, S., ve diğ., 2024, Photometric and Kinematic Studies of Open Clusters Ruprecht 1 and Ruprecht 171, *Astronomische Nachrichten*, 345, 8.

Çınar, D. C., Taşdemir, S., Koç, S., Iyer, S., 2024, SED Analysis of the Old Open Cluster NGC 188, *Physics and Astronomy Reports*, 2, 1.

Davies R. I., Müller Sanches F., Genzel, R., Tacconi, L. J., Hicks, E. K. S., Friedrich S., Sternberg, A., 2007, A Close Look at Star Formation around Active Galactic Nuclei, *The Astrophysical Journal*, 671, 2.

De Silva, G. M., Freeman, K. C., Bland-Hawthorn, J., 2015, The GALAH Survey: Scientific Motivation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 449, 3, 2604-2617.

Dehnen, W., Binney, J., 1998, Local Stellar Kinematics from HIPPARCOS Data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 298, 387-394.

Demarque, P., Woo, J., Kim, Y., Yi, S. K., 2004, Y^2 Isochrones with an Improved Core Overshoot Treatment, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 155, 2.

Dempsey, A. M., 2020, Topics on Planet-Disk Interaction and Solar Convection, *PhD Thesis*, Northwestern University, 2020.

Dias, W. S., Alessi, B. S., Moitinho, A., Lépine, J. R. D., 2002, New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates, *Astronomy and Astrophysics*, 389, 871.

Dias, W. S., Lepine, J. R. D., 2005, Direct Determination of the Spiral Pattern Rotation Speed of the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 629, 825.

Dias, W. S., Monteiro, H., Caetano, T. C., Lepine, J. R. D., Assafin, M., Oliveira, A. F., 2014, Proper Motions of the Optically Visible Open Clusters Based on the UCAC4 Catalog, *Astronomy and Astrophysics*, 564, A79.

Dias, W. S., Monteiro, H., Moitinho, A., Lepine, J. R. D., Carraro, G., Paunzen, E., Alessi, B., Villela, L., 2021, Updated Parameters of 1743 Open Clusters Based on Gaia DR2, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 504, 356.

Dias, W. S., Monteiro, H., Caetano, T., ve diğ., 2022, 58 Open Clusters Investigated with UBVRI and Gaia eDR3 Data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 512, 3.

Ding, P. -J., Zhu, Z., Liu, J. -C., 2019, Solar Neighborhood Kinematics from Gaia -LAMOST Dwarf Stars, *The Astronomical Journal*, 158, 247, 10.

Donor, J., Frinchaboy, P. M., Cunha, K., ve diğ., 2018, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. II. Precision Cluster Abundances for APOGEE Using SDSS DR14, *The Astronomical Journal*, 156, 4.

Donor, J., Frinchaboy, P. M., Cunha, K., ve diğ., 2020, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. IV. Abundances for 128 Open Clusters Using SDSS/APOGEE DR16, *The Astronomical Journal*, 1595, 199.

Dwek, E., Arendt, R. G., Hauser, M. G., 1995, Morphology, Near-Infrared Luminosity, and Mass of the Galactic Bulge from COBE DIRBE Observations, *Astrophysical Journal*, 445.

Ekstrom, E. M., Leitherer, C., Ekstrom, S., Meynet, G., Schaerer, D., 2012, The Effects of Stellar Rotation. I. Impact on the Ionizing Spectra and Integrated Properties of Stellar Populations, *The Astrophysical Journal*, 751, 1.

Elmegreen, B. G, 2011, Star Formation on Galactic Scales: Empirical Laws, *EAS Publications Series*, 51, 3-17.

ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho catalogues. Astrometric and Photometric Star Catalogues Derived from the ESA Hipparcos Space Astrometry Mission, Publisher: Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Division, 1997, *Series: ESA SP Series*, 1200, ISBN: 9290923997.

Evans, D. W., Riello, M., De Angeli, F., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2-Photometric Content and Validation, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A4.

Fagotto, F., Bressan, A., Bertelli, G., Chiosi, C., 1994a, Evolutionary sequences of stellar models with new radiative opacities. III. Z=0.0004 and Z=0.05, *Astronomy and Astrophysics Supplement,* 104.

Fagotto, F., Bressan, A., Bertelli, G., Chiosi, C., 1994b, Evolutionary Sequences of Stellar Models with New Radiative Opacities. IV. Z=0.0004 and Z=0.008, *Astronomy and Astrophysics Supplement,* 105.

Finlay, J., Noriega-Crespo, A., Friel, E. D., Cudworth, K. M., 1995, Galactic Orbits and the Survival of Old Open Clusters, In American Astronomical Society Meeting, 107.02, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 27, 1437.

Fornal, B., Tucker, D. L., Smith, J. A., Allam, S. S., Rider, C. J., Sung, H, 2007, A Survey of Open Clusters in the u′ g′ r′ i′ z′ Filter System. III. Results for the Cluster NGC 188, *The Astronomical Journal*, 133, 1409.

Francis, C., Anderson, E., 2009, Calculation of the Local Standard of Rest from 20 574 Local Stars in the New Hipparcos Reduction with Known Radial Velocities, *New Astronomy*,14, 615-629.

Francis, C., Anderson, E., 2014, The Local Standard of Rest and the Well in the Velocity Distribution, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 118, 399-413.

Frankel, N., Rix, H., Ting, Y., Ness, M., Hogg, D., Measuring Radial Orbit Migration in the Galactic Disk, *The Astrophysical Journal*, 865, 2.

Frasca, A., Alonso-Santiago, J. A. V. I. E. R., Catanzaro, G., ve diğ., 2019, Stellar Population Astrophysics (SPA) with the TNG-Characterization of the Young Open Cluster ASCC 123, *Astronomy and Astrophysics*, 632, A16.

Freeman, K., 2012, Structure and Evolution of the Milky Way, Red Giants as Probes of the Structure and Evolution of the Milky Way, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, 137.

Freeman, K., Hawthorn J., 2002, The New Galaxy: Signatures of Its Formation*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 40, 487.

Fehrenbach, Ch., Duflot, M., Burnage, R., 2001, New Determination of the Solar Apex, *Astronomy and Astrophysics*, 369, 65-73.

Friel, E. D., Janes, K. A., 1993, Metallicities and Radial Velocities of Old Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 267, 75-91.

Friel, E. D., 1995, The Old Open Clusters of the Milky Way, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 33, 381.

Friel, E. D., Janes, K. A., Tavarez, M., 2002, Metallicities of Old Open Clusters*, The Astronomical Journal*, 124, 5.

Friel, E. D., 2013, Open Clusters and Their Role in the Galaxy, Planets, Stars and Stellar Systems, 5: *Galactic Structure and Stellar Populations*, 5, 347.

Frinchaboy, P. M., Zasowski, G., Jackson, K., ve diğ., 2010, SDSS-III/APOGEE: Detailed Abundances of Galactic Star Clusters, *Joint European and National Astronomy Meeting*, 136.

Frinchaboy, P. M., Thompson, B., Jackson, K. M., 2013, The Open Cluster Chemical Analysis and Mapping Survey: Local Galactic Metallicity Gradient with APOGEE Using SDSS DR10, *The Astrophysical Journal Letters*, 777, 1.

Froebrich, D., Murphy, G. C., Smith, M. D., Walsh, J., Del Burgo, C., 2007, A Large-Scale Extinction Map of the Galactic Anticentre from 2MASS, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 378, 4.

Fu, X., Bragaglia, A., Liu, C., Zhang, H., Xu, Y., ve diğ., 2022, LAMOST Meets Gaia: The Galactic Open Clusters*, Astronomy and Astrophysics*, 668, A4.

Gaia işbirliği ve diğ., 2016a, Gaia Data Release 1: The Gaia Mission, *Astronomy and Astrophysics*, 595, A1.

Gaia işbirliği ve diğ., 2016b, Gaia Data Release 1: Summary of the Astrometric, Photometric, and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 595, 1.

Gaia işbirliği ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2. Summary of the Contents and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 616, 22.

Gaia işbirliği ve diğ., 2021, Gaia Early Data Release 3. Summary of the Contents and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 649, 20.

Gaia işbirliği ve diğ., 2023, Gaia Data Release 3: Summary of the Astrometric, Photometric, and Survey Properties*, Astronomy and Astrophysics*, 660, 1.

Gallart, C., Bernard, E. J., Brook, C. B., Ruiz-Lara, T., Cassisi, S., Hill, V., Monelli, M., 2019, Uncovering the Birth of the Milky Way through Accurate Stellar Ages with Gaia, *Nature Astronomy*, 3.

Geller, A. M., Latham, D. W., Mathieu, R. D., 2015, Stellar Radial Velocities in the Old Open Cluster M67 (NGC 2682). I. Memberships, Binaries, and Kinematics, *The Astronomical Journal*, 150, 3.

Gieles, M., Zwart, S. P., Baumgardt, H., Athanassoula, E., Lamers, H. J. G. L. M., Sipior, M., Leenaarts, J., 2006, Star Cluster Disruption by Giant Molecular Clouds, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 371, 793-804.

Gilmore, G., Reid, N., 1983, New Light on Faint Stars–III. Galactic Structure Towards the South Pole and the Galactic Thick Disc, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 202, 1025-1047.

Gilmore, G., Wyse, R. F., Norris, J. E., 2002, Deciphering the Last Major Invasion of the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 574, L39.

Gilmore, G., Randich, S., Asplund, M., 2012, The Gaia-ESO Public Spectroscopic Survey, *The Messenger*, 147, 25-31.

Girardi, L., Williams, B. F., Gilbert, K. M. ve diğ., 2010, The ACS Nearby Galaxy Survey Treasury. IX. Constraining Asymptotic Giant Branch Evolution with Old Metal-poor Galaxies, *The Astrophysical Journal*, 724, 2.

Gliese W., Jahreiss, H., 1991, Preliminary Version of the Third Catalogue of Nearby Stars*, On: The Astronomical Data Center CD-ROM: Selected Astronomical Catalogs*, 1.

Grisoni, V., Spitoni, E., Matteucci, F., 2017, The AMBRE Project: Chemical Evolution Models for the Milky Way Thick and Thin Discs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 472, 3.

Golubov, O., Just, A., Bienaymé, O., ve diğ., 2013, The Asymmetric Drift, the Local Standard of Rest, and Implications from RAVE Data, *Astronomy and Astrophysics*, 557, A92, 11.

Gozha, M. L., Borkova, T. V., Marsakov, V. A., 2012, Heterogeneity of the Population of Open Star Clusters in the Galaxy, *Astronomy Letters*, 38, 506.

Gutermuth, R. A., Myers, P. C., Megeath, S. T., ve diğ., 2008, Spitzer Observations of NGC 1333: A Study of Structure and Evolution in a Nearby Embedded Cluster, *The Astrophysical Journal*, 674, 2.

Habing, H. J., Sevenster, M. N., Messineo, M., 2006, The Distribution of Maser Stars in The Inner Milky Way: The Effect of a Weak, Rotating Bar, *Astronomy and Astrophysics*, 458, 1.

Hao, C. J., Xu, Y., Hou, L. G., Bian, S. B., Li, J. J., Wu, Z. Y., He, Z. H., Li, Y. J., Liu, D. J., 2021, Evolution of the Local Spiral Structure of the Milky Way Revealed by Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 652, A102.

Hao, C. J., Xu, Y., Wu, Z. Y., Lin, Z. H., Bian, S. B., Li, Y. J., Liu, D. J., 2022, Open Clusters Housing Classical Cepheids in Gaia DR3, *Astronomy and Astrophysics*, 668, A13.

Hartwick, F. D. A., 1987, The Structure of the Galactic Halo, The Galaxy, *Proceedings of the NATO Advanced Study Institute*, held in Cambridge, 207.

Hatzidimitriou, D., Held, E. V., ve diğ., 2019, The Gaia-ESO Survey: The Inner Disc, Intermediate-Age Open Cluster Pismis 18, *Astronomy and Astrophysics*, 626, 90.

Hayden, M. Y., Bovy, J., Holtzman, J. A., ve diğ., 2015, Chemical Cartography with APOGEE: Metallicity Distribution Functions and the Chemical Structure of the Milky Way Disk, *The Astrophysical Journal*, 808, 2.

He, Z., Wang, K., Luo, Y., Li, J., Liu, X., Jiang, Q., 2022, A Blind All-sky Search for Star Clusters in Gaia EDR3: 886 Clusters within 1.2 kpc of the Sun, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 262, 16.

Helmi, A., 2020, Streams, Substructures, and the Early History of the Milky Way, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 58.

Heiter, U., Soubiran, C., Netopil, M., Paunzen, E., 2014, On the Metallicity of Open Clusters II. Spectroscopy, *Astronomy and Astrophysics*, 561, A93.

Hénon, M., 1973, Vertical Stability of Periodic Orbits in the Restricted Problem. I. Equal masses, *Astronomy and Astrophysics*, 28, 415.

Hills, J. G., 1980, The Effect of Mass Loss on The Dynamical Evolution of a Stellar System - Analytic Approximations, *Astrophysical Journal*, 1, 235.

Hogg, D. W., Blanton, M. R., Roweis, S. T., Johnston, K. V., 2005, Modeling Complete Distributions with Incomplete Observations: The Velocity Ellipsoid from Hipparcos Data, *The Astrophysical Journal*, 629, 268-275.

Homann, H., 1886, Bestimmung der Bewegung des Sonnensystems durch Spectral-Messungen, *Astronomische Nachrichten*, 114, 25.

Huang, Y., Liu, X. -W., Yuan, H. -B., Xiang, M. -S., Huo, Z. -Y., Chen, B. -Q., Zhang, Y., Hou, Y. -H., 2015, Determination of the Local Standard of Rest Using the LSS-GAC DR1, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 449, 162-174.

Hunt, E. L., Reffert, S., 2023, Improving the Open Cluster Census. II. An All-Sky Cluster Catalogue with Gaia DR3, *Astronomy and Astrophysics*, 673, A114, 31.

Hunt, E., Reffert, S., 2024, Improving the Open Cluster Census. III. Using Cluster Masses, Radii, and Dynamics to Create A Cleaned Open Cluster Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 686, A42.

İyisan, S., Bilir, S., Önal Taş, Ö., Plevne, O., 2025, Structural Parameters of the Thin Disk Population from Evolved Stars in the Solar Neighborhood, *The Astronomical Journal*, 169, 138.

Jacobson, H. R., Friel E. D., Pilachowski, C. A., 2009, Abundances of Red Giants in Old Open Clusters. IV. NGC 1817, NGC 1883, NGC 2141, and NGC 2158, *The Astronomical Journal*, 137, 6.

Jacobson, H. R., Pilachowski, C. A., Friel E. D., 2011, A Chemical Abundance Study of 10 Open Clusters Based on WIYN-Hydra Spectroscopy, *The Astronomical Journal*, 142, 2.

Jacobson, H. R., Friel E. D., Jílková, L., ve diğ., 2016, The Gaia-ESO Survey: Probes of the Inner Disk Abundance Gradient, *Astronomy ve Astrophysics*, 591, 37.

Janes, K. A., 1979, Evidence for an Abundance Gradient in The Galactic Disk, *Astrophysical Journal*, 39.

Janes, K. A., Tilley, C., Lynga, G., 1988, Properties of the Open Cluster System, *The Astronomical Journal*, 95, 771.

Janes, K. A., Phelps, R. L., 1994, The Galactic System of Old Star Clusters: The Development of the Galactic Disk, *Astronomical Journal*, 108.

Jarosik, N.; Bennett, C. L.; Dunkley, J., ve diğ., 2011, Seven-year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Sky Maps, Systematic Errors, and Basic Results, *The Astrophysical Journal Supplement*, 192, A14.

Jasniewicz, G., Mayor, M., Radial Velocity Measurements of A Sample of Northern Metal-Deficient Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 203.

Jaschek, C., Valbousquet, A., 1992, The Solar Motion. II - From Proper Motions, *Astronomy and Astrophysics*, 255, 124-129.

Johnson, H. L., Morgan, W. W., 1953, Fundamental Stellar Photometry for Standards of Spectral Type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas, *The Astrophysical Journal*, 117, 313-352.

Johnson, D. R. H., Soderblom, D. R., 1987, Calculating Galactic Space Velocities and Their Uncertainties, with an Application to the Ursa Major Group, *Astronomical Journal*, 93, 864.

Jones, K. G., 1991, Messier's Nebulae and Star Clusters, 2, *Cambridge University Press*.

Jordi, C., Gebran, M., Carrasco, J. M., ve diğ., 2010, Gaia Broad Band Photometry, *Astronomy and Astrophysics*, 523, A48.

Joshi, Y. C., Malhotra, S., 2023, Revisiting Galactic Disk and Spiral Arms Using Open Clusters, *The Astronomical Journal*, 166, 170.

Joshi, Y. C., Deepak, Malhotra, S., 2024, A Study on the Metallicity Gradients in the Galactic Disk Using Open Cluster, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 11, 1348321.

Juric J., Ivezic, E., Brooks, A., Lupton, R. H., Schlegel, D., Finkbeiner, D., Padmanabhan, N., Bond, N., 2008, The Milkyway Tomography with SDSS. I. Stellar Number Density Distrubition, *The Astronomical Journal*, 673, 864.

Kalirai, J. S., Bergeron, P., Hansen, B. M. S., Kelson, D., Rietzel, D. B., Rich, R. M., Richer, H. B., 2007, Stellar Evolution in NGC 6791: Mass Loss on the Red Giant Branch and the Formation of Low-Mass White Dwarfs, *The Astrophysical Journal*, 671, 1.

Karaali, S., Bilir, S., Tunçel, S., 2005, New Colour Transformations for the Sloan Photometry, and Revised Metallicity Calibration and Equations for Photometric Parallax Estimation, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 22, 24.

Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoğlu, B., 2011, An Improved Metallicity Calibration with UBV Photometry, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 28, 95.

Katz, D., Antoja, T., Romero-Gómez, M., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2-Mapping the Milky Way Disc Kinematics, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A11.

Katz, D., Sartoretti, P., Cropper, M., ve diğ., 2019, Gaia Data Release 2. Properties and Validation of the Radial Velocities, *Astronomy and Astrophysics*, 622, A205.

Katz, D., Sartoretti, P., Guerrier, A., ve diğ., 2023, Gaia Data Release 3. Properties and Validation of the Radial, Velocities, *Astronomy and Astrophysics*, 674, 5.

Kharchenko, N. V., 2001, All-sky Compiled Catalogue of 2.5 Million Stars, *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel*, 17, 409.

Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R. D., 2013, Global Survey of Star Clusters in the Milky Way. II. The Catalogue of Basic Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 558, A53.

King, I. R., 1962, The Structure of Star Clusters. I. An Empirical Density Law, *Astronomical Journal*, 67, 471.

King, I. R., 1966, The Structure of Star Clusters. III. Some Simple Dynamical Models, *Astronomical Journal*, 71, 64.

Klypin, A., Zhao, H., Somerville, R. S., 2002, ΛCDM-Based Models for the Milky Way and M31. I. Dynamical models, *The Astrophysical Journal*, 573, 597.

Koç, S., Yontan, T., Bilir, S., ve diğ., 2022, A Photometric and Astrometric Study of the Open Clusters NGC 1664 and NGC 6939, *The Astronomical Journal*, 163, 4.

Koç, S., Yontan, T., 2023, Astrophysical Parameters of the Open Cluster Berkeley 6, *Bitlis Eren University Journal of Science*, 12, 2.

Kozhurina-Platais, V., Girard, T. M., Platais, I., van Altena, W., F., 1995, A Proper-Motion Study of the Open Cluster NGC 3680, *Astronomical Journal*, 109, 672.

Kuijken K., Rich, R. M., 2002, Hubble Space Telescope WFPC2 Proper Motions in Two Bulge Fields: Kinematics and Stellar Population of the Galactic Bulge, *The Astronomical Journal*, 124, 4.

Krone-Martins, A., Moitinho, A., 2014, UPMASK: Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 561, A57.

Krisanova, O. I., Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2020, Galactic Rotation Parameters Based on Stars from Active Star-Forming Regions with Data from the Gaia DR2 Catalogue, *Astronomy Letters*, 46, 370-378.

Lada, C. J., Lada, E. A., 2003, Embedded Clusters in Molecular Clouds, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 41.

Lallement, R., Babusiaux, C., Vergely, J. L., Katz, D., Arenou, F., Valette, B., Hottier, C., Capitanio, L., 2019, Gaia-2MASS 3D Maps of Galactic Interstellar Dust within 3 kpc, *Astronomy and Astrophysics*, 625, A135.

Lallement, R., Vergely, J. L., Babusiaux, C., Cox, N. L. J, 2022, Updated Gaia-2MASS 3D Maps of Galactic Interstellar Dust, *Astronomy and Astrophysics*, 661, A147.

Lamers, H. J. G. L. M., Gieles, M., 2006, Clusters in the Solar Neighbourhood: How are They Destroyed? *Astronomy and Astrophysics*, 455, L17-L20.

Lee, S., Ferguson, H. C., Somerville, R. S., Wiklind, T., Giavalisco, M., 2010, The Estimation of Star Formation Rates and Stellar Population Ages of High-redshift Galaxies from Broadband Photometry, *The Astrophysical Journal*, 725, 2.

Leggett, S. K., 1992, Infrared Colors of Low-Mass Stars, *Astrophysical Journal Supplement*, 82, 351.

Leike, R. H., Glatzle, M., Enßlin, T. A., 2020, Resolving Nearby Dust Clouds, *Astronomy and Astrophysics*, 639, A138.

Lemasle, B., François, P., Genovali, K., ve diğ., 2013, Galactic Abundance Gradients from Cepheids-α and Heavy Elements in the Outer Disk, *Astronomy and Astrophysics*, 558, A31.

Lian, J., Mackereth, J. T., Schiavon, R. P., ve diğ., 2023, The Integrated Metallicity Profile of the Milky Way, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 520, 2827.

Licquia T. C., Newman, J. A., 2015, Improved Estimates of the Milky Way's Stellar Mass and Star Formation Rate from Hierarchical Bayesian Meta-Analysis, *The Astrophysical Journal*, 806, 96.

Lindegren, L., Lammers, U., Bastian, U., ve diğ., 2016, Gaia Data Release 1-Astrometry: One Billion Positions, Two Million Proper Motions and Parallaxes, *Astronomy and Astrophysics*, 595, A4.

Lindegren, L., Hernández, J., Bombrun, A., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2-the Astrometric Solution, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A2.

Lindegren, L., Klioner, S. A., Hernández, J., Bombrun, A., ve diğ., 2021, Gaia Early Data Release 3-the Astrometric Solution, *Astronomy and Astrophysics*, 649, A2.

Liu, L., Pang, X., 2019, A Catalog of Newly Identified Star Clusters in Gaia DR2, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 245, A32.

Liu, C., Fu, J., Shi, J., 2020, LAMOST Medium-Resolution Spectroscopic Survey (LAMOST-MRS): Scientific Goals and Survey Plan, eprint arXiv:2005.07210.

Lohr, M. E., Negueruela, I., Tabernero, H. M., Clark, J. S., Lewis, F., Roche, P., 2018, New Cepheid Variables in the Young Open Clusters Berkeley 51 and Berkeley 55, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 478, 3825-3831.

Luo, Y., Nemeth, P., Deng, L., Han, Z., 2019, Hot Subdwarf Stars Observed in Gaia DR2 and LAMOST DR5, *The Astrophysical Journal*, 881, 1.

Lyngå, G., 1980, Clusters, Associations and Galactic Structure, *Cambridge University Press*, 85,13-31).

Lyngå, G., 1982, Open Cluster in Our Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 109, 213.

Lyngå, G., Palous, J., 1987, The Local Kinematics of Open Star Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 188, 35.

Maihara, T., Oda, N., Sugiyama, T., Okuda, H., 2.4-Micron Observation of the Galaxy and the Galactic Structure, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 30, 1.

Magrini, L., Randich, S., Donati, P., ve diğ., 2015, The Gaia-ESO Survey: Insights into the Inner-Disc Evolution from Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 580, A85.

Magrini, L., Danielski, C., Bossini, D., ve diğ., 2022, Ariel Stellar Characterisation. I. Homogeneous Stellar Parameters of 187 FGK Planet Host Stars: Description and Validation of the Method, *Astronomy and Astrophysics*, 663, 161.

Magrini, L., Viscasillas V. C., Spina, L., ve diğ., 2023, The Gaia-ESO Survey: Mapping the Shape and Evolution of the Radial Abundance Gradients with Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 669, A119.

Majewski, S. R, 1991, A Complete, Multicolor Survey of Obsolute Proper Motions to B Approximately 22.5: Galactic Structure and Kinematics at the North Galactic Pole, *Astrophysical Journal Supplement*, 78, 87.

Majewski, Steven R., Schiavon, Ricardo P., Frinchaboy, Peter M., 2017, The Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment (APOGEE), *The Astronomical Journal*, 154, 94, 46.

Malhotra, A., Dimastrogiovanni, E., Domènech, G., Fasiello, M., Tasinato, G., 2023, New Universal Property of Cosmological Gravitational Wave Anisotropies, *Physical Review D*, 107, 10.

Marigo P., Girardi, L., Bressan A., Groenewegen, M. A. T., Silva, L., Granato, G. L., 2008, Evolution of Asymptotic Giant Branch Stars. II. Optical to Far-Infrared Isochrones with Improved TP-AGB Models, *Astronomy and Astrophysics*, 482, 3.

Martinez-Garcia, E. E., Puerari, I., 2014, Reviewing the Observational Evidence Against Long-Lived Spiral Arms in Galaxies, Structure and Dynamics of Disk Galaxies, *Proceedings of the Conference*, 480, 137.

Matteucci, F., Francois, P., 1989, Galactic Chemical Evolution: Abundance Gradients of Individual Elements, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 239.

Mayor, M., 1974, Kinematics and Age of Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 32, 321.

McKee, C. F., Ostriker, E. C., 2007, Theory of Star Formation, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 45, 565.

Megeath, S. T., Gutermuth, R., Muzerolle, J., ve diğ., The Spitzer Space Telescope Survey of the Orion A and B Molecular Clouds. I. A Census of Dusty Young Stellar Objects and a Study of Their Mid-infrared Variability, *The Astronomical Journal*, 144, 6.

Metzger, M.R., Schechter, P. L., 1994, Whither the LSR: Anticenter Carbon Star Velocities, *Astrophysical Journal*, 420, 177.

Mermilliod, J. C., 1996, The Open Cluster DataBase, The Origins, Evolution, and Destinies of Binary Stars in Clusters, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 90, 475.

Minchev, I., Chiappini, C., Martig, M., 2013, Chemodynamical Evolution of the Milky Way Disk-I: The Solar Vicinity, *Astronomy and Astrophysics*, 558, A9.

Minchev, I., Chiappini, C., Martig, M., 2014, Milky Way Chemo-dynamics in the Era of Gaia, *Astronomische Nachrichten*, 337, 944.

Mignard, F., 2000, Local Galactic Kinematics from Hipparcos Proper Motions, *Astronomy and Astrophysics*, 354, 522-536.

Mihalas, D., Binney, J., 1981, Galactic Astronomy: Structure and Kinematics /2nd Edition/, San Francisco, CA, W. H. Freeman and Co., 608.

Miyamoto, M., Zhu, Z., 1998, Galactic Interior Motions Derived from HIPPARCOS Proper Motions. I. Young Disk Population, *The Astronomical Journal*,115, 1483-1491.

Moeckel N., Bate, M. R., 2010, On the Evolution of A Star Cluster and Its Multiple Stellar Systems Following Gas Dispersal, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 404,2.

Monteiro, H., Barros, D. A., Dias, W. S., Lepine, J. R. D., 2021, The Distribution of Open Clusters in the Galaxy, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 8, 62.

Monz, C., 2008, Machine Learning for Data Mining: Week 6 Clustering.

Molero, M., Martini, L., Matteucci, F., Origin of Neutron-capture Elements with the Gaia-ESO Survey: The Evolution of s- and r-process Elements Across the Milky Way, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523, 2.

Muggeo, V. M. R., 2003, Estimating Regression Models With Unknown Break-Points*, Statistic in Medicine*, 22, 3055.

Myers, N., Donor, J., Spoo, T., The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. VI. Galactic Chemical Gradient Analysis from APOGEE DR17, *The Astronomical Journal*, 164, 3.

Nandakumar M., Dutta, P., 2020, Evidence Of Large-Scale Energy Cascade in the Spiral Galaxy NGC 5236, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 496, 2.

Necip, L., Lin, T., 2022, Substructure at High Speed. II. The Local Escape Velocity and Milky Way Mass with Gaia eDR3, *The Astrophysical Journal*, 926, 2.

Netopil, M., Paunzen, E., Heiter, U., Soubiran, C., 2016, On the Metallicity of Open Clusters-III. Homogenised Sample, *Astronomy and Astrophysics*, 585, A150.

Netopil, M., Oralhan, İ. A., Çakmak, H., Michel, R., Karataş, Y., 2022, The Galactic Metallicity Gradient Shown by Open Clusters in the Light of Radial Migration, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509, 421.

Nissen, P. E., 2004, Thin and Thick Galactic Disks, *Origin and Evolution of the Elements, from the Carnegie Observatories Centennial Symposia*, 154.

Olivares, J., Bouy, H., Sarro, L. M., Miret-Roig, N., 2019, Ruprecht 147 DANCe. I. Members, Empirical Isochrone, Luminosity, and Mass Distributions, *Astronomy and Astrophysics*, 625, A115.

Ortolani, S., Renzini, A., Gilmozzi, R., Marconi, G., Barbuy, B., Bica, E., Rich, R. M., 1995, Near-Coeval Formation of the Galactic Bulge and Halo Inferred from Globular Cluster Ages*, Nature*, 377, 6551.

Otto, J. M., Frinchaboy, P. M., Myers N., ve diğ., 2025, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey: VIII. Galactic Chemical Gradient and Azimuthal Analysis From SDSS/MWM DR19, eprint arXiv:2507.07264.

Önal Taş, Ö., Bilir, Seabroke, G. M., Karaali, S., Ak, S., Ak, T., Bostancı, Z. F., 2016, Local Stellar Kinematics from RAVE data—VII. Metallicity Gradients from Red Clump Stars, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 33.

Önal Taş, Ö., Bilir, S., Plevne, O., 2018, Local stellar kinematics from RAVE data—VIII. Effects of the Galactic Disc Perturbations on Stellar Orbits of Red Clump Stars, *Astrophysics and Space Science*, 363, 2.

Palla, M., Matteucci, F., Spitoni, E., Vincenzo, F., Grisoni, V., 2020, Chemical Evolution of the Milky Way: Constraints on the Formation of the Thick and Thin Discs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 498, 2.

Palla, M., Magrini, L., Spitoni, E., ve diğ., 2024, Mapping Radial Abundance Gradients with Gaia-ESO Open Clusters: Evidence of Recent Gas Accretion in the Milky Way Disk, *Astronomy and Astrophysics*, 690, A334.

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., ve diğ., 2011, Scikit-learn: Machine Learning in Python*, Journal of Machine Learning Research*, 12.

Pera, M. S., Perren, G. I., Carraro, G., Giorgi, E., Navone, H. D., Vazquez, R. A., 2020, Bayesian Analysis of Five Open Clusters in the Milky Way, *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, 61B.

Perren, G. I., Pera, M. S., Navone, H. D., Vázquez, R. A, 2023, The Unified Cluster Catalogue: Towards a Comprehensive and Homogeneous Data Base of Stellar Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 526, 4107-4119.

Perryman, M. A. C., de Boer, K. S., Gilmore, G., ve diğ., 2001, GAIA: Composition, Formation and Evolution of the Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 369, 339.

Piskunov, A. E., Kharchenko, N. V., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R. D., 2006, Revisiting the Population of Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 445, 545-565.

Piatti, A. E., Claria, J. J., Bica, E., Giesler, D., Minniti, D., 1998, A Photometric and Spectroscopic Study of the Southern Open Clusters PISMIS 18, PISMIS 19, NGC 6005, And NGC 6253, *The Astronomical Journal*, 116, 2.

Plevne, O., Taş, Ö. Ö., Bilir, S., Seabroke, G. M., 2020, Multiwavelength Absolute Magnitudes and Colors of Red Clump Stars in the Gaia Era, *The Astrophysical Journal*, 893, 108.

Plevne, O., Akbaba, F., 2025, Estimating the Initial Mass of the Gaia-Enceladus Dwarf Galaxy with a Chemical Evolution Model, *The Astrophysical Journal*, 991, 2.

Poincot, P., Lesteven, S., Murtagh, F., 1998, A Spatial User Interface to the Astronomical Literature, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 130.

Pols, O. R., Schröder, K. P., 1998, Stellar Evolution Models for Z = 0.0001 to 0.03, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 298, 2.

Pontoppidan, K. M., Barrientes, J., Blome, C., ve diğ., 2022, The JWST Early Release Observations*, The Astrophysical Journal Letters*, 936, 14.

Posti, L., Helmi, A., 2019, Mass and shape of the Milky Way's Dark Matter Halo with Globular Clusters from Gaia and Hubble, *Astronomy and Astrophysics*, 621, A56.

Queiroz, A. B. A., Anders, F., Chiappini, C., ve diğ., 2020, From The Bulge to the Outer Disc: Starhorse Stellar Parameters, Distances, and Extinctions For Stars in APOGEE DR16 and other Spectroscopic Surveys, *Astronomy and Astrophysics*, 638, A76.

Randich, S., Gilmore, G., Magrini, L., Sacco, G. G., Jackson, R. J., ve diğ., 2022, The Gaia-ESO Public Spectroscopic Survey: Implementation, Data Products, Open Cluster Survey, Science, and Legacy, *Astronomy and Astrophysics*, 666, A121.

Ray, A. E., Frinchaboy, P. M., Donor, J., Chojnowski, S. D., Melendez M., 2022, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. V. Chemical Abundances of CTIO/Hydra Clusters Using the Cannon, *The Astronomical Journal*, 163, 195.

Ray, A. E., Frinchaboy, P. M., Donor, J., Chojnowski, S. D., Melendez, M., 2022, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. V. Chemical Abundances of Ctio/Hydra Clusters Using the Cannon, *The Astronomical Journal*, 1635, 195.

Reddy, A. B. S., Lambert, D. L., Giridhar, S., 2016, The Evolution of The Milky Way: New Insights from Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 463, 4.

Reid, M. J., Menten, K. M., Zheng, ve diğ., 2009, Trigonometric Parallaxes of Massive StarForming Regions. VI. Galactic Structure, Fundamental Parameters, and Noncircular Motions, *The Astrophysical Journal*, 700, 137-148.

Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., ve diğ., 2014, Trigonometric Parallaxes of High Mass Star Forming Regions: The Structure and Kinematics of the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 783, 130.

Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., ve diğ., 2019, Trigonometric Parallaxes of High-mass Star-forming Regions: Our View of the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 885, 2.

Ripepi, V., Clementini, G., Molinaro, R., ve diğ., 2023, Gaia Data Release 3-Specific Processing and Validation of All Sky RR Lyrae and Cepheid Stars: The Cepheid Sample, *Astronomy and Astrophysics*, 674, A17.

Roberts, W. W., 1969, Large-Scale Shock Formation in Spiral Galaxies and Its Implications on Star Formation, *Astrophysical Journal*, 158, 123.

Robin, A. C., Haywood, M., Ojha, D. K., Bienaymé, O.,1995, The Thick Disc of the Galaxy: Sequel of a Merging Event, *Astronomy and Astrophsics*, 305, 125.

Robin, A. C., Marshall, D. J., Schultheis, M., Reyle, C., 2012, Stellar Populations in The Milky Way Bulge Region: Towards Solving the Galactic Bulge and Bar Shapes Using 2MASS Data, *Astronomy and Astrophysics*, 538, A106.

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

Romano, D., Matteucci, F., Salucci, P., Chiappini, C., 2000, The Mass Surface Density in the Local Disk and the Chemical Evolution of the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 539, 1.

Roskar, R., Debattista, V. P., Quinn, T. R., Wadsley, J., 2012, Radial Migration in Disc Galaxies - I. Transient Spiral Structure and Dynamics, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 426, 2089.

Rowell, N., Kılıç, M., 2019, The Kinematics of Galactic Disc White Dwarfs in Gaia DR2, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 484, 3544-3551.

Sampedro, L., Dias, W. S., Alfaro, E. J., Monteiro, H., Molino, A., 2017, A Multimembership Catalogue for 1876 Open Clusters Using UCAC4 Data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 430, 4.

Sabbi, E., Zeidler, P., Marel, R. P., ve diğ., 2022, The Internal Proper Motion Kinematics of NGC 346: Past Formation and Future Evolution, *The Astrophysical Journal*, 936, 135.

Sanders, W. L., 1971, An Improved Method for Computing Membership Probabilities in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 14, 226.

Sariya, D. P., Jiang, Ing-G., Bisht, D., Yadav, R. K. S., Rangwal, G., 2023, A Gaia Based Analysis of Open Cluster Berkeley 27, *New Astronomy*, 98, 101938.

Sarro, L. M., Bouy, H., Bertin, E., Moraux, E., 2014, Cluster Membership Probabilities from Proper Motions and Multi-Wavelength Photometric Catalogues. I. Method and Application to the Pleiades Cluster, *Astronomy and Astrophsics*, 563, A45.

Schönrich, R., Binney, J., 2009, Chemical Evolution with Radial Mixing, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, 203-222.

Schönrich, R., Binney, J., Dehnen, W., 2010, Local Kinematics and the Local Standard of Rest, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 403, 1829-1833.

Searle, L., Zinn, R., 1978, Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo, *Astrophysical Journal*, 225, 357.

Seber, G. F., Wild, C. J., 2003, Nonlinear Regression, *Open Journal of Statistics*, 6, 4.

Sellwood, J. A., Binney, J. J., 2002, Radial Mixing in Galactic Discs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 336, 785-796.

Sharma, S., Bland-Hawthorn, J., Binney, J., ve diğ., 2014, Kinematic Modeling of the Milky Way Using the RAVE and GCS Stellar Surveys, *The Astrophysical Journal*, 793, A51, 27.

Shen J., Zheng, X., 2020, The Bar and Spiral Arms in The Milky Way: Structure and Kinematics, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 20, 10.

Siegel, M. H., Majewski, S. R., Reid, I. N., Thompson, I. B., 2002, Star Counts Redivivus. IV. Density Laws through Photometric Parallaxes, *The Astrophysical Journal*, 578,1.

Silva A., Marchesini, D., Silverman, J. D., ve diğ., 2018, Galaxy Mergers up to $Z < 2.5$. I. The Star Formation Properties of Merging Galaxies at Separations of 3-15 kpc, *The Astrophysical Journal*, 868, 1.

Sim, G., Lee, S. H., Ann, H. B., Kim, S., 2019, 207 New Open Star Clusters Within 1 kpc from Gaia Data Release 2, *Journal of the Korean Astronomical Society*, 52, 145.

Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., Weinberg, M. D., Schneider, S., Carpenter, J. M., Beichman, C., Capps, R., 2006, The Two Micron All Sky Survey (2MASS), *The Astronomical Journal*, 131, 1163.

Soubiran, C., Cantat-Gaudin, T., Romero-Gomez, M., Casamiquela, L., Jordi, C., Vallenari, A., Antoja, T., Balaguer-Núñez, L., 2018, Open Cluster Kinematics with Gaia DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 619, A155.

Soubiran, C., Odenkirchen, M., Campion, J. F. L., 2000, Fundamental Properties of the Open Cluster NGC 2355, *Astronomy and Astrophysics*, 357, 484-494.

Sparke, L. S., Gallagher III, J. S., 2007, Galaxies in the Universe: An Introduction, *Cambridge University Press*.

Spina, L., Ting, Y. S., de Silva, G. M., ve diğ., 2021, The GALAH Survey: Tracing the Galactic Disc with Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 503, 32.

Spina, L., Magrini L., Sacco, G. G., ve diğ., 2022, The Gaia-ESO Survey: Chemical Tagging in The Thin Disk. Open Clusters Blindly Recovered in The Elemental Abundance Space, *Astronomy and Astrophysics*, 668, A16.

Spitoni, E., Silva Aguirre, V., Matteucci, F., Calura, F., Grisoni, V., 2019, GalacticArchaeology with Asteroseismic Ages: Evidence for Delayed Gas Infall in the Formation of the Milky Way disc, *Astronomy and Astrophysics*, 623, A60.

Spitoni, E., Verma, K., Silva, A. V., Calura, F., 2020, Galactic Archaeology with Asteroseismic Ages. II. Confirmation of a Delayed Gas Infall Using Bayesian Analysis Based on MCMC Methods, *Astronomy and Astrophysics*, 635, 58.

Spitzer, J. L., Schwarzschild, M., 1953, The Possible Influence of Interstellar Clouds on Stellar Velocities, II. *Astrophysical Journal*, 118, 106.

Spitzer, Jr. L., 1958, Disruption of Galactic Clusters, *Astrophysical Journal*, 127.

Stassun, K. G., Torres, G., 2018, Evidence for a Systematic Offset of -80 μas in the Gaia DR2 Parallaxes, *The Astrophysical Journal*, 862, 61.

Steinmetz, M., Zwitter, T., Siebert, A., ve diğ., 2006, The Radial Velocity Experiment (RAVE): First Data Release, *The Astronomical Journal*, 132, 1645.

Subramaniam, A., Gorti, U., Sagar, R., Bhatt, H. C., 1995, Probable Binary Open Star Clusters in the Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 302, 86.

Sun, M., Ge, C., Luo, R., ve diğ., 2021, A Universal Correlation between Warm and Hot Gas in the Stripped Tails of Cluster Galaxies, *Nature Astronomy*, 6.

Tadross, A. L., Werner, P., Osman, A., Marie, M., 2002, Morphological Analysis of Open Clusters' Properties: II. Relationships Projected onto the Galactic Plane, *New Astronomy*, 7, 553-575.

Tadross, A. L., 2008, A Catalogue of Previously Unstudied Berkeley Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 389, 1.

Tang, J., Bressan, A., Rosenfield, P., Slemer, A., Marigo, P., Girardi, L., Bianchi, L., 2014, New PARSEC Evolutionary Tracks of Massive Stars at Low Metallicity: Testing Canonical Stellar Evolution in Nearby Star-Forming Dwarf Galaxies, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 445, 4.

Tarricq, Y., Soubiran, C., Casamiquela, L., Cantat-Gaudin, T., Chemin, L., Anders, F., Antoja, T., Romero-Gómez, M., 2021, 3D Kinematics and Age Distribution of the Open Cluster Population, *Astronomy and Astrophysics*, 647, A19.

Tian, H., Liu, C., Carlin, J. L., ve diğ., 2015, The Stellar Kinematics in the Solar Neighborhood from LAMOST Data, *The Astrophysical Journal*, 809, A145.

Trumpler, R. J., 1925, Spectral Types in Open Clusters, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 37, 220.

Tunçel Güçtekin, S., Bilir S., Karaali S., Plevne, O., Ak, Serap, 2019, Vertical and Radial Metallicity Gradients in High Latitude Galactic Fields with SDSS, *Advances in Space Research*, 63, 3.

Twarog, B. A., Ashman, K. M., Anthony-Twarog, B. J., 1997, Some Revised Observational Constraints on the Formation and Evolution of the Galactic Disk, *Astronomical Journal*, 114, 2556.

Valenti E., Zoccali, M., Gonzalez, O. A., 2016, Stellar Density Profile and Mass of the Milky Way Bulge from VVV Data, *Astronomy and Astrophysics*, 587, 6.

van den Bergh, S., 1958, Old Galactic Clusters. With 1 Figure in the Text, *Zeitcshript für Astrophysik*, 46, 176.

van den Bergh, S., 2006, Diameters of Open Star Clusters, *The Astronomical Journal*, 131, 3.

van Leeuwen, F., De Angeli, F., Evans, D., Montegriffo, P., Carrasco, J. M., Busso, G., Pancino, E., Voss, H, 2017a, Gaia DR1 Documentation Chapter 5: Photometry, Gaia DR1 Documentation, *European Space Agency*; Gaia Data Processing and Analysis Consortium.

Van Leeuwen, F., Evans, D. W., De Angeli, F., ve diğ., 2017b, Gaia Data Release 1- The Photometric Data, *Astronomy and Astrophysics*, 599, A32.

Vande Putte, D., Garnier, T. P., Ferreras, I., Mignani, R. P., Cropper, M., 2010, A Kinematic Study of Open Clusters: Implications for Their Origin, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 4074, 2109.

Vasilevskis, S., Klemola, A., Preston, G., 1958, Relative Proper Motions of Stars in the Region of the Open Cluster NGC 6633, *Astronomical Journal*, 63, 387.

Vasilevskis, S., van Leeuwen, F., Nicholson, W., Murray, C. A., 1979, Internal Motions in the Central Field of the Pleiades, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 37.

Vaucouleurs G., 1964, Luminosity Classification of Galaxies and Some Applications, *Astronomical Journal*, 69, 9.

Vázquez, R. A., Moitinho, A., Carraro, G., Dias, W. S., 2010, Open Clusters in the Third Galactic Quadrant III. Alleged Binary Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 511, A38.

Veltz, L., Bienaymé, O., Freeman, K. C., ve diğ., 2008, Galactic Kinematics with RAVE data. I. The Distribution of Stars Towards the Galactic Poles, *Astronomy and Astrophysics*, 480, 753-765.

Vera-Ciro, C., D'Onghia, E., Navarro, J., Abadi, M., 2014, The Effect of Radial Migration on Galactic Disks, *The Astrophysical Journal*, 794, 173.

Vivas, A. K., Zinn, R., 2006, The QUEST RR Lyrae Survey. II. The Halo Overdensities in the First Catalog, *The Astronomical Journal*, 132, 2.

Walton, N. A., Brown, A. G., Prusti, T., 2014, GREAT2Net: Networking in the Era of Gaia, *European Astronomical Society Publications Series*, 68, 315-319.

Watkins, L. L., van der Marel, R. P., Sohn, S. T., Evans, N. W., 2019, Evidence for an Intermediate-mass Milky Way from Gaia DR2 Halo Globular Cluster Motions, *The Astrophysical Journal*, 873, 2.

Weiland, J. L., Arendt, R. G., Berriman, G. B., 1994, COBE Diffuse Background Experiment Observations of the Galactic Bulge, *Astrophysical Journal Letters*, 425, 81.

Wielen, R., 1971, The Age Distribution and Total Lifetimes of Galactic Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 13, 309.

Wielen, R., 1974, The Kinematics and Ages of Stars in Gliese's Catalogue, *Highlights of Astronomy*, 3, 395-407.

Wielen, R., 1977, The Diffusion of Stellar Orbits Derived from the Observed Age-Dependence of the Velocity Dispersion, *Astronomy and Astrophysics*, 60, 263-275.

Wu, Z.-Y., Zhou, X., Ma, J., Du, C.-H., 2009, The Orbits of Open Clusters in the Galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 399, 2146.

Wyse R. F. G., Gilmore, G., 1989, Is the Galaxy Round, *Comments on Astrophysics*, 13, 3.

Xiang, M., Liu, X., Yuan, H., ve diğ., 2015, The Evolution of Stellar Metallicity Gradients of The Milky Way Disk from LSS-GAC Main Sequence Turn-Off Stars: A Two-Phase Disk Formation History?, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 15, 8.

Yaz, E., Karaali, S., 2010, Estimation of Galactic Model Parameters and Metallicity Distribution in Intermediate Latitudes With SDSS, *New Astronomy*, 15, 2.

Yontan, T., Çakmak, H., Bilir, S., ve diğ., A Study of the NGC 1193 and NGC 1798 Open Clusters Using CCD UBV Photometric and Gaia EDR3 Data, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 58.

Yontan, T., Canbay, R., 2023, Comprehensive Analysis of the Open Cluster Collinder 74, *Physics and Astronomy Reports*, 12, 65.

Yontan, T., Koç, S., 2023, Astrophysical Parameters of the Open Cluster NGC 2509, *Sakarya University Journal of Science*, 10, 3.

Yong, D., Carney, B. W., Friel, E. D., 2012, Elemental Abundance Ratios in Stars of the Outer Galactic Disk. IV. A New Sample of Open Clusters, *The Astronomical Journal*, 144, 4.

York, D. G., Adelman, J., Anderson, J. E., ve diğ., 2000, The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary, *The Astronomical Journal*, 120, 1579.

Zhang, J., Zhao, J., Oswalt, T. D., Liang, X., Ye, X., Zhao, G., 2021, Nearly 30,000 Late-Type Main-Sequence Stars with Stellar Age from LAMOST DR5, *The Astrophysical Journal*, 908, 207.

Zhong, J., Chen, L., Jiang, Y., Qin, S., 2022, New Insights into the Structure of Open Clusters in the Gaia Era, *The Astronomical Journal*, 164, A54.

Zhong, J., Chen, L., Wu, D., Li, L., Bai, L., Hou, J., 2020, Exploring Open Cluster Properties with Gaia and LAMOST, *Astronomy and Astrophysics*, 640, 127.

Zhu, Z., 2009, Galactic Kinematics and Structure Defined by Open Clusters, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 9, 1285-1302.

Zoccali, M., Renzini, A., Ortolani, S., ve diğ., 2003, Age and Metallicity Distribution of the Galactic Bulge from Extensive Optical and Near-IR Stellar Photometry, *Astronomy and Astrophysics*, 399.

Zwart, J. T. L., Feroz, F., Davies, M. L., ve diğ., 2011, Sunyaev-Zel'dovich Observations of Galaxy Clusters Out to the Virial Radius with the Arcminute Microkelvin Imager, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 418, 4.

EKLER

Tablo EK.1: Açık kümelerin isimleri, ekvatoral ve Galaktik koordinatları. Koordinatlar derece biriminde verilmiştir.

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
1	King 01	5.50500000	64.38305556	119.75791573	1.69275370
2	King 02	12.74083333	58.18805556	122.86917429	-4.68363421
3	King 05	48.68208333	52.69500000	143.76855977	-4.28120405
4	King 07	59.78291667	51.78500000	149.79968301	-1.01728141
5	King 08	87.32416667	33.63305556	176.38402844	3.10072633
6	King 12	358.25416667	61.94583333	116.12105511	-0.15091139
7	King 15	8.26208333	61.85388889	120.76475250	-0.94045328
8	NGC 1664	72.76291667	43.67611111	161.67039064	-0.45204101
9	NGC 6939	307.91708333	60.65305556	95.90750026	12.28246651
10	Berkeley 09	53.16708333	52.64888889	146.06978415	-2.82484578
11	Berkeley 17	80.13000000	30.57388889	175.65791149	-3.67695408
12	Berkeley 18	80.53083333	45.44194444	163.58911884	5.02950964
13	Berkeley 19	81.01416667	29.57500000	176.91691072	-3.60986272
14	Berkeley 20	83.15208333	0.18500000	203.48532342	-17.37623833
15	Berkeley 21	87.93000000	21.81194444	186.81747247	-2.49008671
16	Berkeley 25	100.31708333	-16.48694444	226.61272360	-9.62867606
17	Berkeley 29	103.26750000	16.92750000	197.94924041	7.98004116
18	Berkeley 31	104.40583333	8.28500000	206.23972743	5.13324834
19	Berkeley 39	116.70208333	-4.66500000	223.53250011	10.08704697
20	Berkeley 53	313.97500000	51.06000000	90.29980429	3.76169979
21	Berkeley 67	69.47208333	50.75500000	154.85152240	2.48147708
22	Berkeley 70	81.45708333	41.95111111	166.86519712	3.62847601
23	Berkeley 71	85.23291667	32.27194444	176.63155532	0.89383311
24	Berkeley 73	95.52000000	-6.32111111	215.26084547	-9.39309479
25	Berkeley 98	340.66500000	52.40694444	103.86890135	-5.63276563
26	Czernik 12	39.85291667	54.92194444	138.10526430	-4.73718377
27	Czernik 18	66.96291667	30.93611111	168.26319955	-12.30844348
28	Czernik 20	80.12916667	39.54500000	168.28569607	1.44048434
29	Czernik 21	81.67083333	36.01305556	171.88939954	0.45295446
30	Czernik 23	87.52500000	28.89805556	180.53950662	0.81946414
31	Czernik 30	112.79583333	-9.94500000	226.33577579	4.15839048
32	IC 1369	318.03291667	47.77000000	89.60587859	-0.39777942
33	IC 0166	28.09416667	61.85694444	130.05170718	-0.16950845
34	Melotte 66	111.57291667	-47.68500000	259.56973393	-14.26537170
35	Melotte 71	114.38291667	-12.06500000	228.95106103	4.50547258
36	NGC 1245	48.69083333	47.23500000	146.65753053	-8.92669490
37	NGC 1817	78.13916667	16.69611111	186.19300617	-13.03173551
38	NGC 1857	80.03083333	39.33611111	168.41380841	1.25883090
39	NGC 188	11.79791667	85.24388889	122.83674698	22.37292604
40	NGC 1907	82.03291667	35.33000000	172.62062286	0.31722890
41	NGC 1912	82.16708333	35.82388889	172.27007397	0.68186431
42	NGC 2099	88.07416667	32.54500000	177.64223806	3.08653443
43	NGC 2112	88.45208333	0.40305556	205.88569819	-12.60504346
44	NGC 2158	91.86208333	24.09888889	186.63563174	1.78811920
45	NGC 2168	92.27208333	24.33611111	186.60926490	2.23015337
46	NGC 2194	93.44000000	12.81305556	197.24574769	-2.34438248

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
47	NGC 2204	93.88208333	-18.67000000	226.01621618	-16.11332652
48	NGC 2243	97.39500000	-31.28194444	239.47794438	-18.01107118
49	NGC 2251	98.68000000	8.33694444	203.61328967	0.11099688
50	NGC 2304	103.80208333	17.98388889	197.21347714	8.90000810
51	NGC 2324	106.03291667	1.04611111	213.44786962	3.30121778
52	NGC 2354	108.50291667	-25.72388889	238.38293811	-6.83827020
53	NGC 2355	109.24708333	13.77194444	203.36989408	11.81303033
54	NGC 2360	109.44291667	-15.63111111	229.80387729	-1.40950939
55	NGC 2420	114.60208333	21.57500000	198.10783518	19.64004205
56	NGC 2423	114.29916667	-13.86305556	230.48741629	3.56153942
57	NGC 2425	114.57708333	-14.88500000	231.51295132	3.29906856
58	NGC 2447	116.14083333	-23.85305556	240.04273980	0.14894007
59	NGC 2477	118.04583333	-38.53694444	253.57100479	-5.83836512
60	NGC 2479	118.76208333	-17.73194444	235.99698789	5.35910583
61	NGC 2506	120.01000000	-10.77305556	230.56947690	9.93813195
62	IC 2714	169.37291667	-62.71888889	292.40140699	-1.78378048
63	NGC 2141	90.73416667	10.45111111	198.04284628	-5.80408386
64	NGC 5822	226.05083333	-54.36611111	321.56945011	3.62983089
65	Pismis 15	143.68416667	-48.04000000	272.49566403	2.86261204
66	Pismis 18	204.22708333	-62.09111111	308.22549274	0.31239123
67	NGC 1605	68.74500000	45.26888889	158.58607207	-1.56734752
68	Collinder 69	83.79208333	9.81305556	195.16228392	-12.05042269
69	Collinder 256	186.01416667	25.65194444	224.92988437	83.69382421
70	Collinder 140	110.88208333	-31.96611111	244.94355959	-7.81822947
71	Collinder 197	131.20208333	-41.28000000	261.51748729	0.95616941
72	Collinder 350	267.01791667	1.52500000	26.95151505	14.77337193
73	Collinder 359	270.59791667	3.26000000	30.22821338	12.39415381
74	Cl Gulliver 10	123.13400000	-38.71100000	255.82000000	-2.55000000
75	Cl Gulliver 9	127.20000000	-47.92000000	265.11000000	-5.31000000
76	Cl Gulliver 20	273.83000000	11.43000000	39.20000000	1.31000000
77	Collinder 394	283.09208333	-20.22888889	14.87010716	-9.26821760
78	Collinder 463	27.03083333	71.73805556	127.39134604	9.35880387
79	Cl Gulliver 6	83.13000000	-1.75000000	205.26000000	-1.83000000
80	Cl Gulliver 28	293.65400000	18.16300000	53.94800000	-9.30200000
81	NGC 7063	321.12208333	36.50694444	83.09290212	-9.88806719
82	NGC 2184	91.69000000	-2.00000000	209.59217736	-10.84832488
83	NGC 6997	314.12791667	44.64000000	85.47228749	-0.47525376
84	NGC 7243	333.78750000	49.83000000	98.82037554	-5.58185095
85	NGC 1901	79.49166667	-68.34166667	278.91657984	-33.64690344
86	NGC 6281	256.17916667	-37.94805556	347.76400337	1.98961103
87	Ferrero 11	93.65880000	0.65220000	208.12300000	-7.88000000
88	NGC 752	29.22291667	37.79388889	136.95872177	-23.28855762
89	NGC 1582	67.98500000	43.71805556	159.35707590	-3.01836595
90	NGC 1662	72.19791667	10.88194444	187.79449494	-21.07679863
91	NGC 1980	83.81000000	-5.92388889	209.51246014	-19.63262844
92	NGC 3532	166.41708333	-58.70694444	289.55461107	1.39033994

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
93	NGC 6633	276.84500000	6.61500000	36.12230244	8.34654368
94	NGC 6991	313.62083333	47.40000000	87.35020012	1.57794780
95	NGC 7058	320.44791667	50.82194444	92.89086248	0.60263795
96	Harvard 10	244.85916667	-54.95694444	329.88425780	-3.36539901
97	Lynga 2	216.08500000	-61.32805556	313.83877987	-0.43922293
98	NGC 1758	76.17500000	23.81305556	179.15831970	-10.45963953
99	NGC 2301	102.94291667	0.46500000	212.55612342	0.28628838
100	NGC 2516	119.52708333	-60.80000000	273.86120798	-15.87291997
101	NGC 2548	123.41208333	-5.72611111	227.84219381	15.39022509
102	Ruprecht 145	282.63583333	-18.27000000	16.46421212	-8.02759314
103	COIN-Gaia 25	91.66100000	20.45690000	189.72600000	-1.47100000
104	NGC 2627	129.30916667	-29.95194444	251.57924349	6.65021192
105	NGC 3960	177.64416667	-55.67888889	294.37221258	6.17811379
106	NGC 7142	326.29000000	65.78194444	105.35226733	9.48958111
107	NGC 6791	290.22083333	37.77805556	69.96434893	10.90660028
108	NGC 6866	300.98291667	44.15805556	79.56155951	6.83685779
109	NGC 7062	320.86208333	46.38500000	89.96318892	-2.74332345
110	NGC 7245	333.81208333	54.33611111	101.37156382	-1.86345768
111	NGC 7789	359.33416667	56.72611111	115.52714611	-5.36581403
112	Ruprecht 1	99.08416667	-14.15694444	223.96002250	-9.69158322
113	Ruprecht 170	276.33500000	-9.99500000	21.07096987	1.17183126
114	Ruprecht 171	278.01208333	-16.06194444	16.45205919	-3.08916132
115	Ruprecht 174	310.85583333	37.03111111	78.01229005	-3.37650683
116	Trumpler 5	99.12595000	9.46525000	202.81430000	#DEĞER!
117	Trumpler 20	189.88208333	-60.63694444	301.47140538	2.20102536
118	Trumpler 32	274.29416667	-13.34888889	17.17036682	1.35763933
119	Saurer 1	110.22500000	1.80000000	214.69271476	7.37494474
120	CL VDBH 211	255.53500000	-41.11305556	344.95037101	0.45617319
121	SAI 16	31.36583333	62.26500000	131.42707855	0.62044577
122	NGC 6705	282.76583333	-6.27194444	27.30303782	-2.77243506
123	NGC 6583	273.96208333	-22.14305556	9.28038352	-2.54313506
124	NGC 6253	254.77791667	-52.71194444	335.45957348	-6.25628673
125	NGC 6192	250.07708333	-43.35500000	340.64702397	2.14015860
126	NGC 4815	194.49916667	-64.96000000	303.62631230	-2.09709567
127	NGC 4349	186.04791667	-61.86611111	299.72559177	0.83589727
128	NGC 4337	186.02208333	-58.12500000	299.31607002	4.55460680
129	Waterloo 1	64.68208333	52.86305556	151.27959604	1.79940120
130	[FSR2007] 0306	322.12916667	51.69000000	94.25036238	0.49128192
131	[FSR2007] 0336	327.71083333	55.24305556	99.08964138	0.96187440
132	[FSR2007] 0494	6.41583333	63.75388889	120.08674550	1.02461780
133	[FSR2007] 0496	6.65583333	64.01000000	120.21702666	1.26913549
134	[FSR2007] 0667	61.76583333	51.14111111	151.15258771	-0.68461595
135	[FSR2007] 0716	77.78583333	45.71805556	162.25246998	3.61858541
136	[FSR2007] 0883	91.09416667	22.03694444	188.09019676	0.16463825
137	[FSR2007] 0941	95.44500000	15.77611111	195.55703658	0.77060002
138	[FSR2007] 1063	98.65416667	-0.26500000	211.24789097	-3.86303879

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
139	VVVCL006	177.30010000	-62.20750000	295.74720000	-0.20790000
140	[FSR2007]0951	95.57291667	14.65000000	196.60912906	0.35039304
141	NGC 6802	292.65083333	20.26194444	55.32811379	0.91256828
142	NGC 1027	40.67708333	61.61611111	135.75371806	1.54596239
143	Ruprecht 148	71.63791667	44.71111111	160.35908076	-0.40374887
144	Teutsch 1	84.87083333	33.34694444	175.55878791	1.20654820
145	Ferrero 1	275.02800000	-32.35000000	0.64920000	-8.13800000
146	Pozzo 1	122.37416667	-47.33500000	262.79793851	-7.69011311
147	Alessi 6	219.74633333	-66.00630556	313.57600407	-5.38237893
148	Alessi 43	154.61452000	-56.01950000	262.48437600	1.49900000
149	Alessi Teutsch 5	332.04315000	61.05242840	104.43749410	4.18700000
150	Alessi Teutsch 8	180.64916667	-60.93500000	297.03282002	1.37610914
151	IC 1396	324.74500000	57.51388889	99.30891206	3.75514030
152	IC 2395	130.53083333	-48.09000000	266.57936187	-3.62726209
153	IC 4651	261.21208333	-49.91694444	340.10478522	-7.90205843
154	IC 4665	266.55416667	5.61500000	30.51440311	17.05474583
155	IC 4725	277.93708333	-19.11388889	13.70108396	-4.42499672
156	IC 4756	279.64916667	5.43500000	36.32185192	5.32502556
157	Roslund 5	302.64083333	33.75111111	71.45121449	0.16631930
158	Roslund 6	307.18500000	39.79805556	78.49437297	0.58464946
159	RSG 5	303.48208333	45.57388889	81.71881897	6.09755099
160	RSG 7	344.19000000	59.36305556	108.78047682	-0.32071232
161	RSG 8	344.98291667	59.37111111	109.15024236	-0.48373059
162	[FSR2007] 0494	6.41583333	63.75388889	120.08674550	1.02461780
163	[FSR2007] 1113	107.30000000	-1.50194444	216.29796178	3.26368088
164	ASCC 10	51.86276800	34.88647600	155.77690900	-17.84991000
165	ASCC 11	53.05042300	44.84076680	150.55167570	-9.23800000
166	ASCC 16	81.08336300	1.69561220	201.04303379	-18.45000000
167	ASCC 19	82.51035760	-2.11038248	205.29191908	-19.03015436
168	ASCC 21	82.21204030	3.60658540	199.88284212	-16.53011450
169	NGC 129	7.60708333	60.21305556	120.32282476	-2.55221593
170	NGC 1333	52.29708333	31.31000000	158.34306953	-20.50517526
171	NGC 136	7.89583333	61.50611111	120.56564718	-1.27438200
172	UBC 143	299.68916667	45.55305556	80.28920083	8.34243487
173	UBC 199	67.44916667	25.42194444	172.79445822	-15.66459241
174	UBC 212	100.95708333	-0.88611111	212.85327140	-2.09709936
175	UBC 623	118.39083333	7.73888889	213.00034488	17.30990862
176	[FSR2007] 1595	176.77083333	-62.63888889	295.61401897	-0.68505164
177	[FSR2007] 1083	110.50291667	3.55694444	213.23990352	8.42049181
178	[FSR2007] 0942	91.48708333	13.66694444	195.58000277	-3.59965986
179	ESO 092 05	150.78981900	-64.75443600	286.17933385	-7.50767305
180	NGC 3293	158.97000000	-58.23111111	285.86014261	0.07460456
181	Collinder 106	99.27791667	6.00194444	205.95950836	-0.43622686
182	[FSR2007] 498	7.31708333	62.38888889	120.36629606	-0.37236956
183	NGC 2234	97.33333333	16.75833333	195.53277034	2.83216664
184	[FSR2007] 660	60.65833333	51.93222222	150.11196267	-0.55200250

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
185	[FSR2007] 542	21.48500000	63.01111111	126.83468381	0.40110263
186	Chupina1	132.52895000	11.94500000	215.39870000	31.69380000
187	NGC 2202	94.22500000	6.00000000	203.62638295	-4.88861482
188	[FSR2007] 0687	69.87208333	48.19444444	156.93389384	0.96759078
189	NGC 6811	294.34000000	46.37805556	79.20725109	11.99830937
190	[FSR2007] 852	88.36291667	25.19000000	184.10931274	-0.43090497
191	NGC 2264	100.21708333	9.87694444	202.94076440	2.16594726
192	L1641S	85.11500000	-7.45777778	211.58047117	-19.15555899
193	Briceno1	81.19791660	1.65500000	201.13960000	-18.37340000
194	Lynga1	209.99416667	-62.15194444	310.84249450	-0.33747602
195	M67	132.84583333	11.81388889	215.69120434	31.92059661
196	NGC 7762	357.47208333	68.03500000	117.20606160	5.85013040
197	NGC3680	171.39208333	-43.24000000	286.75130242	16.91753547
198	Coin Gaia 2	15.09786677	55.40633630	124.21334780	-7.44313366
199	Coin Gaia 6	28.13787069	58.63532700	130.82815197	-3.29634691
200	Alessi 44	295.03666667	0.32750000	38.84675017	-10.66817352
201	Alessi 62	284.07183333	21.48491667	52.73249127	8.59708280
202	ASCC 23	95.02982828	46.68569526	167.49001687	14.39484734
203	NGC 1647	71.48083333	19.07888889	180.36751854	-16.79250429
204	NGC 1750	75.92583333	23.69500000	179.11870171	-10.71347204
205	NGC 2186	93.03083333	5.45305556	203.55012271	-6.19445240
206	NGC 2281	102.09083333	41.06000000	174.92501353	16.88849828
207	Biurakan 2	302.28333333	35.48833333	72.74769649	1.35962250
208	COIN-Gaia 22	91.07452750	31.60716530	179.72292658	4.82835219
209	COIN-Gaia 26	83.77343750	15.70671440	190.02253976	-9.01585683
210	COIN-Gaia 27	85.79064500	13.70859460	192.77334030	-8.37940045
211	COIN-Gaia 28	96.33089500	11.16326500	200.03581035	-0.62998974
212	COIN-Gaia 41	89.82741790	18.98747900	190.15600675	-2.37328946
213	Collinder 107	99.20291667	4.97194444	206.84022203	-0.97561570
214	Collinder 115	101.65916667	1.77611111	210.80393043	-0.25792400
215	Collinder 258	186.79791667	-60.76694444	299.97414791	1.96548345
216	Collinder 421	305.82916667	41.70111111	79.45252814	2.52346383
217	Dolidze 16	78.62291667	32.70694444	173.17028059	-3.49894138
218	[FSR2007] 0241	300.76291667	46.19611111	81.23446010	8.03103982
219	[FSR2007] 0278	307.76083333	51.02111111	87.85881798	6.81996906
220	[FSR2007] 0728	67.45833333	38.49666667	162.91518746	-6.87308190
221	[FSR2007] 0771	75.91916667	32.15694444	172.25713268	-5.66260406
222	[FSR2007] 0866	83.74583333	17.26833333	188.66497758	-8.21725668
223	[FSR2007] 0905	98.44166667	22.31166667	191.05451942	6.29741326
224	[FSR2007] 0923	92.64416667	16.97111111	193.22688570	-1.02375794
225	Cl Gulliver 18	302.90500000	26.53194444	65.52599065	-3.97060521
226	Cl Gulliver 24	1.16083333	62.83500000	117.62012276	0.44685661
227	Cl Gulliver 25	52.01250000	45.15166667	149.76214479	-9.40640553
228	Cl Gulliver 37	292.07500000	25.34666667	59.54623979	3.80692078
229	Cl Gulliver 47	107.93208333	0.82694444	214.51169732	4.89119223
230	Cl Gulliver 51	30.33500000	63.80111111	130.55505654	1.96877300

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
231	Cl Gulliver 54	81.29708333	33.68805556	173.64484193	-1.10215908
232	Cl Gulliver 56	95.37916667	26.90833333	185.66405933	5.91441897
233	Cl Gulliver 8	80.55833333	33.79166667	173.21270890	-1.55103048
234	IC 1805	156.86956375	41.75157917	134.73400000	0.95100000
235	IC 2488	141.85708333	-57.00388889	277.81234453	-4.44137979
236	Koposov 36	84.21791667	31.21000000	177.06924973	-0.40278169
237	LP 2139	156.86956375	41.75157917	177.02805506	57.23199451
238	LP 2198	107.50987360	4.66779564	210.87970000	6.25530000
239	LP 658	95.27400000	-3.43100000	212.53690000	-8.31190000
240	Melotte 101	160.53500000	-65.11000000	289.86333311	-5.57229625
241	NGC 1502	61.95416667	62.33194444	143.67071641	7.65646678
242	NGC 1513	62.47000000	49.50388889	152.58902275	-1.59018735
243	NGC 1778	77.03291667	37.02000000	168.91357980	-2.00702306
244	NGC 1960	84.08416667	34.13500000	174.54280199	1.07570769
245	NGC 2126	90.65791667	49.88305556	163.22920316	13.15008027
246	NGC 2244	98.04500000	4.91388889	206.36080303	-2.02657173
247	NGC 2311	104.45500000	-4.61611111	217.76692866	-0.68740542
248	NGC 2318	104.85416667	-13.82194444	226.15524108	-4.52283057
249	NGC 2353	108.64083333	-10.25694444	224.68399838	0.40246651
250	NGC 2482	118.78708333	-24.26305556	241.62371641	2.02201302
251	NGC 2539	122.65791667	-12.83388889	233.72078698	11.10651821
252	NGC 2567	124.64500000	-30.63111111	249.79336995	2.97427476
253	NGC 2670	131.38583333	-48.80111111	267.49072365	-3.62014043
254	NGC 381	17.08291667	61.58388889	124.94078828	-1.22194719
255	NGC 5138	201.82916667	-59.02333333	307.54339194	3.52679304
256	NGC 5281	206.61416667	-62.91611111	309.14703952	-0.71017409
257	NGC 5316	208.51583333	-61.88305556	310.23865799	0.09702014
258	NGC 5823	226.36500000	-55.60805556	321.11744941	2.45885347
259	NGC 6031	241.90833333	-54.01333333	329.28785617	-1.50182521
260	NGC 6067	243.29916667	-54.22694444	329.74093669	-2.21246519
261	NGC 6134	246.95291667	-49.16111111	334.91532943	-0.20948471
262	NGC 6167	248.66208333	-49.75888889	335.24066193	-1.42832040
263	NGC 6383	263.67291667	-32.57305556	355.67195835	0.05690111
264	NGC 6531	271.03583333	-22.50500000	7.65591859	-0.34738508
265	NGC 6871	301.54791667	35.76500000	72.65762081	2.01212670
266	NGC 6940	308.62583333	28.27805556	69.86513496	-7.16264923
267	NGC 7082	322.18583333	47.10305556	91.11568802	-2.85867760
268	NGC 7086	322.62416667	51.59305556	94.40714701	0.20989059
269	NGC 7209	331.22416667	46.50805556	95.48034386	-7.29626044
270	NGC 744	29.65208333	55.47305556	132.41182441	-6.15750767
271	Pismis 27	92.71916667	20.61694444	190.06715316	0.79671151
272	Roslund 3	299.69500000	20.50888889	58.84221526	-4.68458061
273	Roslund 7	313.19583333	37.84694444	79.81698462	-4.31195253
274	Teutsch 8	300.59708333	35.31138889	71.86076247	2.42487855
275	Tombaugh 5	56.98416667	59.07000000	143.94363456	3.59909139
276	Trumpler 18	167.82500000	-60.65666667	290.96374597	-0.13305678

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
277	Trumpler 26	262.12583333	-29.48694444	357.52969665	2.85553481
278	UBC 141	313.57583333	35.68611111	78.34212860	-5.92567477
279	UBC 169	342.62708333	49.49388889	103.60688409	-8.78623316
280	UBC 182	4.17916667	52.29833333	117.55076490	-10.21026363
281	UBC 216	100.42916667	-5.78833333	216.99007677	-4.79175729
282	UBC 374	305.69791667	38.93888889	77.12843703	1.02547577
283	UBC 417	29.21250000	54.43000000	132.43452999	-7.23043321
284	UBC 437	89.53333333	22.03666667	187.37389951	-1.09241978
285	UBC 53	59.82083333	47.39500000	152.68015251	-4.33330380
286	UBC 54	64.74708333	46.45305556	155.79886494	-2.74792703
287	UBC 57	62.98083333	42.72305556	157.48707184	-6.30623283
288	UBC 596	3.35833333	53.83166667	117.27741908	-8.62231043
289	UBC 6	344.01000000	51.18694444	105.16464623	-7.66008137
290	UBC 61	75.06708333	36.23000000	168.58508409	-3.74063087
291	UBC 614	80.09916667	30.24111111	175.91708757	-3.88806626
292	UBC 63	79.66835375	37.82325167	169.49083385	0.15916941
293	UBC 77	89.21331208	16.99970556	191.59140378	-3.86935587
294	vdBergh 85	150.46632460	-49.56158270	276.91115319	4.54753470
295	vdBergh 92	154.77382600	-56.42269665	282.98438571	0.43093985
296	Berkeley 44	289.31291667	19.55000000	53.21767016	3.34347196
297	Berkeley 79	281.25000000	-1.14666667	31.17732624	0.90915255
298	Collinder 110	99.67708333	2.06888889	209.63801218	-1.88615762
299	Collinder 205	135.12083333	-48.98333333	269.20378920	-1.84964689
300	Collinder 220	156.42916667	-57.92194444	284.54808977	-0.34849582
301	Collinder 261	189.51916667	-68.37694444	301.69585883	-5.53726973
302	Collinder 74	87.17000000	7.37388889	199.01895766	-10.37912372
303	Czernik 19	74.25833333	28.76333333	174.09592820	-8.86238808
304	Czernik 38	282.45083333	4.96500000	37.16784963	2.62436590
305	Czernik 6	30.54291667	62.83805556	130.90406422	1.06629277
306	[FSR2007] 0683	77.16791667	53.21305556	155.92659485	7.70831103
307	[FSR2007] 0850	86.25708333	24.74000000	183.51336668	-2.29960781
308	[FSR2007] 0893	93.45416667	21.60805556	189.52652964	1.87388878
309	[FSR2007] 0904	91.77416667	19.02111111	191.03245040	-0.75417095
310	[FSR2007] 0935	98.77791667	17.74000000	195.29240755	4.50829217
311	[FSR2007] 0953	94.76208333	14.15000000	196.67999968	-0.57791818
312	[FSR2007] 0979	97.81416667	11.08111111	200.78496703	0.62052082
313	[FSR2007] 0985	92.95416667	7.02000000	202.12552380	-5.52154325
314	Cl Gulliver 26	80.68916667	35.27000000	172.05547207	-0.62453175
315	Cl Gulliver 31	301.91208333	38.23194444	74.89594209	3.09396689
316	IC 1848	42.85500000	60.41888889	137.22169345	0.91945427
317	IC 2581	156.86708333	-57.62611111	284.59118812	0.02592620
318	Kharchenko 1	92.19708333	24.28111111	186.62437640	2.14373127
319	Koposov 10	86.86083333	35.42694444	174.64574392	3.69462644
320	Koposov 12	90.24500000	35.28694444	176.15501836	6.01306736
321	LP 930	102.84500000	-1.80100000	214.52830000	-0.83400000
322	NGC 2286	101.91583333	-3.16694444	215.32201174	-2.28245574

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
323	NGC 2345	107.07500000	-13.19888889	226.58479231	-2.31666019
324	NGC 2660	130.66708333	-47.20111111	265.93330787	-3.00874349
325	NGC 457	19.88708333	58.27805556	126.63118775	-4.39164291
326	NGC 5617	217.45208333	-60.71888889	314.67619324	-0.10997801
327	NGC 6005	238.95500000	-57.43888889	325.78062591	-2.98941193
328	NGC 6259	255.19500000	-44.67805556	341.98254155	-1.53502018
329	NGC 6404	264.91583333	-33.22388889	355.68302572	-1.17294203
330	NGC 6603	274.61583333	-18.40888889	12.86121468	-1.31328187
331	NGC 6649	278.35916667	-10.39888889	21.63742832	-0.78037161
332	NGC 6819	295.32708333	40.19000000	73.98154926	8.48103620
333	NGC 884	35.58416667	57.14888889	135.05195874	-3.56835377
334	Ruprecht 119	247.03916667	-51.50000000	333.26584200	-1.86891443
335	Ruprecht 134	268.18416667	-29.53694444	0.28382431	-1.64031900
336	Ruprecht 82	146.42083333	-54.00388889	277.72388515	-0.48421573
337	Stock 8	81.95583333	34.45194444	173.31572890	-0.22296599
338	Teutsch 84	256.09000000	-42.07000000	344.44489501	-0.45625294
339	Trumpler 14	160.98583333	-59.55305556	287.41061548	-0.57946369
340	Trumpler 23	240.21791667	-53.53888889	328.85533551	-0.48404449
341	UBC 188	27.46666667	53.90000000	131.56154315	-7.98988282
342	UBC 200	76.91208333	17.58500000	184.75997114	-13.50034846
343	UBC 395	345.62916667	57.19833333	108.56469465	-2.60356077
344	UBC 419	34.69416667	58.92388889	134.00759042	-2.05691967
345	UBC 421	39.83750000	57.80166667	136.93010218	-2.10715866
346	UBC 445	108.50083333	-6.56305556	221.34688084	1.99407691
347	UBC 49	60.21708333	59.19805556	145.14056476	4.75744268
348	UBC 52	64.72791667	52.34388889	151.66310626	1.44819286
349	UBC 586	301.08083333	46.80000000	81.87053349	8.15755444
350	UBC 587	311.58708333	43.69000000	83.57892752	0.32423634
351	UBC 59	82.23916667	48.04305556	162.06007079	7.44304419
352	UBC 616	106.99166667	19.93833333	196.72048332	12.46135030
353	UBC 629	121.07000000	-3.79694444	224.91194984	14.31919033
354	UBC 68	91.17176375	36.77234611	175.20865797	7.38590989
355	UBC 73	95.38083333	26.91305556	185.66053717	5.91791673
356	UBC 74	95.46083333	22.41888889	189.69016592	3.89665746
357	UBC 82	95.87791667	8.36888889	202.29870347	-2.33025997
358	UBC 90	97.20791667	14.92111111	197.10701907	1.87512949
359	Pismis 02	124.47708333	-41.67388889	258.85800415	-3.34060088
360	Pismis 07	130.28708333	-38.69888889	259.05299318	1.99722547
361	Pismis 13	140.52916667	-51.10166667	273.12435436	-0.76497295
362	Pismis 14	142.47083333	-52.78000000	275.15168700	-1.13909552
363	Cl Berkeley 12	71.15583333	42.67722222	161.67699908	-1.99186558
364	Cl Berkeley 13	73.94291667	52.80888889	155.06910139	5.91869323
365	Cl Berkeley 14	74.93500000	43.48805556	162.80465880	0.65447482
366	Cl Berkeley 22	89.61791667	7.76305556	199.87355255	-8.07081363
367	Cl Berkeley 23	98.31791667	20.53500000	192.59508992	5.39125837
368	Cl Berkeley 24	99.45208333	-0.87388889	212.15561020	-3.43091451

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
369	Cl Berkeley 30	104.43791667	3.22888889	210.77505878	2.87513252
370	Cl Berkeley 33	104.45583333	-13.22694444	225.44725573	-4.59991556
371	Cl Berkeley 34	105.09708333	-0.23888889	214.16533732	1.88232809
372	Cl Berkeley 37	110.07500000	-1.00194444	217.13098548	5.95767130
373	Cl Berkeley 5	26.95000000	62.93333333	129.29267474	0.75973252
374	Cl Berkeley 66	46.03000000	58.73111111	139.43060888	0.17602707
375	Cl Berkeley 68	71.05291667	42.13388889	162.03911729	-2.40423641
376	Cl Berkeley 69	81.09000000	32.60694444	174.44224097	-1.85279064
377	Cl Berkeley 72	87.55916667	22.24694444	186.26742493	-2.56377786
378	Cl Berkeley 75	102.25208333	-23.99888889	234.30808121	-11.19076716
379	Cl Berkeley 78	110.91291667	5.37000000	211.78766953	9.60247191
380	Cl Berkeley 81	285.41916667	-0.45388889	33.69546622	-2.48500613
381	Cl Berkeley 91	317.71083333	48.54305556	90.02229257	0.28806198
382	Cl Czernik 24	88.84791667	20.87611111	188.05834077	-2.22632969
383	Cl Czernik 27	105.83000000	6.38194444	208.58487529	5.53884180
384	[D2005c] DC8	92.33666667	31.22277778	180.58146770	5.58792261
385	[FSR2007] 0826	85.76500000	28.98888889	179.66203584	-0.44955897
386	[FSR2007] 1025	102.62000000	6.61194444	206.93386907	2.79764963
387	Cl Haffner 10	112.15583333	-15.36388889	230.80307095	1.02103342
388	Cl Haffner 4	106.51208333	-15.00194444	227.93987096	-3.62731909
389	Juchert 20	62.70083333	46.87444444	154.49102730	-3.41425477
390	Juchert 9	58.84000000	58.39111111	145.12161205	3.68052235
391	[KGZ2008] 63	92.49916667	24.56694444	186.50672113	2.52258895
392	NGC 1193	46.48583333	44.38305556	146.81420323	-12.16244092
393	NGC 1798	77.91416667	47.69111111	160.70423076	4.85017285
394	NGC 1883	81.48000000	46.49305556	163.08225619	6.16333889
395	NGC 1893	80.72416667	33.44388889	173.57769635	-1.63414053
396	NGC 2192	93.82083333	39.84666667	173.42245934	10.65053482
397	NGC 2262	99.90416667	1.14666667	210.56249133	-2.10614689
398	NGC 2266	100.83208333	26.97611111	187.78517494	10.29889572
399	NGC 3105	150.16916667	-54.79000000	279.91877613	0.26456309
400	NGC 7044	318.28416667	42.49388889	85.88788575	-4.14903519
401	NGC 7128	325.99083333	53.71500000	97.34357834	0.42813803
402	NGC 7423	343.78916667	57.09611111	107.61516347	-2.27683103
403	Cl Ruprecht 4	102.25000000	-10.52333333	222.04919159	-5.31244012
404	Cl Ruprecht 85	150.36000000	-55.10888889	280.19834388	0.07603277
405	Cl Ruprecht 96	177.67000000	-62.14000000	295.89888380	-0.10076382
406	Cl Ruprecht 97	179.36916667	-62.70805556	296.79131436	-0.48141958
407	SAI 116	177.32416667	-62.22611111	295.76235401	-0.22249750
408	SAI 14	21.50416667	62.62333333	126.89517849	0.01797246
409	Skiff J0507+30.8	76.78000000	30.84611111	173.75387595	-5.86080375
410	Teutsch 10	86.09583333	28.82805556	179.95086825	-0.28732447
411	Teutsch 11	96.35166667	13.86638889	197.65499187	0.65032060
412	Teutsch 12	96.42791667	13.61111111	197.91534170	0.59666562
413	Teutsch 2	85.34083333	39.24055556	170.74921811	4.64356817
414	Teutsch 51	88.46291667	26.83388889	182.73807849	0.48024979

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
415	Cl Tombaugh 2	105.77291667	-20.82000000	232.83596339	-6.87998471
416	Cl Tombaugh 4	37.30500000	61.78694444	134.21592493	1.07637642
417	Cl Trumpler 20	189.88208333	-60.63694444	301.47140538	2.20102536
418	UBC 176	345.53208333	57.06305556	108.46124789	-2.70553123
419	UBC 427	71.78291667	49.03500000	157.12812801	2.47242234
420	UBC 428	66.79291667	44.67000000	158.07647203	-2.98388688
421	UBC 430	71.45000000	41.47666667	162.73122845	-2.60782224
422	UBC 433	87.69583333	28.72388889	180.76579549	0.85876314
423	UBC 434	91.04500000	28.05000000	182.82439808	3.07295235
424	UBC 436	94.89708333	26.23388889	186.06373376	5.21976738
425	UBC 438	94.85083333	15.28694444	195.71865405	0.03515166
426	UBC 440	113.09000000	6.01500000	212.18729981	11.82842490
427	UBC 442	100.57916667	-4.62333333	216.01554369	-4.13177050
428	UBC 595	359.83083333	62.45000000	116.94677142	0.18539918
429	UBC 607	47.73083333	50.29694444	144.50552653	-6.63979933
430	UBC 609	65.26208333	53.06888889	151.38349501	2.19133727
431	UBC 615	104.87916667	33.15333333	183.43776136	15.99949355
432	UBC 619	111.69208333	13.11611111	205.01832184	13.68390404
433	UBC 622	111.74291667	9.29888889	208.57312472	12.08192953
434	Cl Berkeley 14A	75.27916667	43.42833333	163.00563011	0.81445949
435	Cl Berkeley 32	104.53000000	6.43305556	207.95446383	4.40873324
436	Cl Berkeley 43	288.87208333	11.26500000	45.68207865	-0.13479824
437	[DB2001] Cl 22	310.63958333	42.94722222	82.56865575	0.40354567
438	[FSR2007] 0686	66.35416667	46.09833333	156.83500795	-2.21120844
439	[FSR2007] 0811	94.10416667	36.37666667	176.66994582	9.28634348
440	[FSR2007] 0975	100.00000000	13.29944444	199.79356028	3.53664458
441	Cl Gulliver 22	84.85000000	26.36833333	181.45897411	-2.52253099
442	IC 5146	328.37208333	47.24611111	94.38210971	-5.52031860
443	Kronberger 57	305.98583333	36.60194444	75.34398575	-0.50065497
444	NGC 1579	67.51416667	35.32500000	165.29254789	-8.99865029
445	Patchick 3	79.12000000	45.58388889	162.90684574	4.29799346
446	sigma Orionis	84.68652208	-2.60007861	206.81634176	-17.33601169
447	Teutsch 52	82.57625000	38.23083333	170.44224148	2.28234085
448	Teutsch 7	296.92791667	24.27305556	60.76685416	-0.55952726
449	UBC 203	97.79291667	15.05888889	197.24618635	2.43990604
450	UBC 431	75.22208333	41.23194444	164.71195268	-0.56920318
451	UBC 610	91.41500000	55.83388889	157.89411155	16.14773739
452	UPK 369	83.56500000	30.47500000	177.38534294	-1.27144426
453	King 14	7.98750000	63.16333333	120.73454127	0.37476140
454	Stock 14	175.92500000	-62.53666667	295.21138784	-0.68466119
455	Stock 20	6.31666667	62.62333333	119.92844583	-0.09569441
456	Stock 21	7.59000000	57.92194444	120.12628498	-4.83493464
457	Stock 23	49.07500000	60.37694444	139.92708307	2.37630381
458	Stock 24	9.94500000	61.96694444	121.56247736	-0.87380098
459	Pismis 1	124.57916667	-37.10166667	255.11522748	-0.70943779
460	Pismis 3	127.83416667	-38.64000000	257.85331895	0.50304007

EK-1 Devam

Sıra	Küme	RA	DEC	l	b
461	Pismis 4	128.79000000	-44.40694444	262.91537056	-2.35281780
462	Pismis 5	129.40833333	-39.60333333	259.35574882	0.90600121
463	Pismis 6	129.77500000	-46.23500000	264.79334636	-2.90230821
464	Pismis 8	130.40833333	-46.27166667	265.08996058	-2.57773337
465	Pismis 9	130.73416667	-44.93194444	264.17329234	-1.57391178
466	Pismis 11	138.97083333	-50.01666667	271.65664794	-0.70767229
467	Pismis 12	140.00708333	-45.13111111	268.65351983	3.20960440
468	NGC 3766	174.06100000	-61.61600000	294.12000000	-0.03700000
469	King 17	77.09436460	39.07115190	167.29760000	-0.74580000
470	Berkeley 6	27.80265000	61.06100000	130.10080000	-0.97600000
471	NGC 2509	120.19990000	-19.05600000	237.84420000	5.84650000
472	NGC 7762	357.47200000	68.03525000	117.20600000	5.85000000
473	KGZ36	84.21800000	31.21000000	177.06930000	-0.40270000
474	Chupina 3	132.86250000	11.39500000	216.14670000	31.75930000
475	Chupina 4	133.00000000	12.37830000	215.15930000	32.29250000
476	Chupina 5	133.25420000	11.86170000	215.83740000	32.30360000
477	Dolidze-Dzim 4	83.97500000	25.95000000	181.38530000	-3.42210000
478	Pismis10	135.65805000	-43.63600000	265.43560000	1.96320000
479	NGC 7429	43.97160000	59.96000000	108.93680000	#DEĞER!
480	NGC 1663	72.48877500	-9.21794650	185.87040000	-19.66440000
481	Pismis 19	217.55000000	-60.88900000	314.70964055	-0.30926634
482	Pismis 20	228.84800000	-59.07300000	320.51731273	-1.20575298
483	Pismis 21	229.19900000	-59.65900000	320.35542125	-1.79833685
484	Pismis 22	243.55200000	-51.86900000	331.46673380	-0.60410776
485	Stock 18	0.40549500	64.62158370	117.62400000	2.26800000
486	Stock 16	199.86959500	-62.63561070	306.14900000	0.06300000
487	Stock 13	168.26863000	-58.88447200	290.51000000	1.59600000
488	Stock 15	181.72612200	-59.50227740	297.74900000	2.97600000
489	Stock 3	18.03750000	62.25833333	125.33974787	-0.51654379
490	Stock 1	294.14583333	25.16305556	60.28636660	2.07628704
491	Stock 2	33.85583333	59.52194444	133.40717267	-1.63083890
492	NGC2215	95.19916667	-7.27694444	215.98516724	-10.10408957
493	NGC2323	105.68416667	-8.36500000	221.66005648	-1.31469697
494	NGC2437	109.01702917	64.71153889	151.38331176	26.94053769
495	NGC2447	116.14083333	-23.85305556	240.04273980	0.14894007
496	NGC2579	125.23041667	-36.22305556	254.68570829	0.21812737
497	NGC2682	132.84583333	11.81388889	215.69120434	31.92059661
498	NGC2925	143.32083333	-53.41305556	275.95680562	-1.25447775
499	NGC6250	254.49583333	-45.95166667	340.67689583	-1.93581155
500	Trumpler10	131.94291667	-42.56611111	262.86606936	0.58263038
501	NGC7654	351.19500000	61.59000000	112.81554565	0.43212976
502	Trumpler2	39.23208333	55.90500000	137.38629541	-3.97781049
503	Teutsch7	296.93419000	24.26048300	60.75889000	-5.70800000
504	NGC6025	240.79318600	-60.43212400	324.54028200	-5.87500000

Tablo EK.2: Açık kümelerin King modeliyle tayin edilen yapısal parametreleri.

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
1	King 01	14.734	0.518	15.591	0.456	1.395	0.229	4.734
2	King 02	119.706	2.419	15.698	0.408	0.772	0.027	8.600
3	King 05	18.070	0.478	8.353	0.145	1.797	0.095	12.371
4	King 07	43.467	1.093	7.463	0.325	1.532	0.076	10.683
5	King 08	69.909	1.967	8.499	0.213	0.518	0.021	6.122
6	King 12	14.571	0.498	9.741	0.097	0.962	0.054	8.020
7	King 15	11.133	0.510	14.186	0.115	1.252	0.112	7.157
8	NGC 1664	1.451	0.281	2.812	0.283	7.213	1.696	8.500
9	NGC 6939	4.070	0.249	5.002	0.328	3.057	0.637	6.500
10	Berkeley 09	12.894	0.378	6.094	0.115	1.193	0.068	8.600
11	Berkeley 17	20.820	0.931	7.028	0.506	2.031	0.200	8.524
12	Berkeley 18	19.117	1.301	7.460	0.777	3.806	0.580	11.993
13	Berkeley 19	22.962	1.490	7.696	0.547	1.263	0.165	5.229
14	Berkeley 20	87.397	0.692	2.765	0.092	1.478	0.006	10.185
15	Berkeley 21	39.208	1.699	7.812	0.631	1.546	0.136	7.820
16	Berkeley 25	39.118	1.512	6.988	0.334	0.866	0.059	5.642
17	Berkeley 29	164.524	1.981	6.782	0.185	0.393	0.006	8.249
18	Berkeley 31	144.131	1.810	9.544	0.346	0.494	0.010	6.541
19	Berkeley 39	26.557	0.913	4.373	0.394	2.874	0.207	15.350
20	Berkeley 53	47.770	2.044	9.347	1.151	1.946	0.185	7.654
21	Berkeley 67	26.446	6.888	6.432	0.348	3.762	0.693	4.498
22	Berkeley 70	24.450	1.660	8.538	0.572	2.092	0.283	7.487
23	Berkeley 71	23.238	1.196	7.100	0.255	0.992	0.089	6.435
24	Berkeley 73	61.621	0.990	6.684	0.107	0.472	0.011	7.217
25	Berkeley 98	22.533	9.964	19.242	1.198	0.723	0.213	2.084
26	Czernik 12	8.883	0.277	9.550	0.061	0.795	0.044	5.367
27	Czernik 18	5.184	0.206	3.308	0.064	1.413	0.107	7.956
28	Czernik 20	16.869	0.420	9.942	0.100	0.779	0.036	6.711
29	Czernik 21	11.116	0.651	6.308	0.407	2.688	0.354	9.029
30	Czernik 23	27.951	1.791	9.724	0.210	0.470	0.044	3.236
31	Czernik 30	49.181	2.080	10.561	0.359	0.603	0.042	4.082
32	IC 1369	27.148	1.113	21.983	0.411	1.652	0.137	8.282
33	IC 0166	96.956	1.588	12.518	0.473	1.326	0.491	12.901
34	Melotte 66	23.627	0.800	4.253	0.454	3.486	0.262	15.625
35	Melotte 71	15.194	0.977	10.742	0.497	3.168	0.445	11.169
36	NGC 1245	14.399	1.156	5.194	0.738	3.985	0.722	11.387
37	NGC 1817	2.673	0.256	3.972	0.170	5.186	1.123	12.114
38	NGC 1857	7.827	0.640	9.320	0.385	3.386	0.622	9.255
39	NGC 188	9.404	0.291	1.961	0.169	3.621	0.249	17.987
40	NGC 1907	17.763	0.802	8.804	0.245	1.188	0.104	6.385
41	NGC 1912	9.072	1.008	9.486	0.385	1.781	0.398	5.421
42	NGC 2099	13.756	0.771	9.627	0.516	4.498	0.572	15.623
43	NGC 2112	3.503	0.344	2.895	0.251	5.219	1.162	12.031
44	NGC 2158	194.508	4.620	7.702	1.590	1.460	0.069	11.105
45	NGC 2168	1.491	0.568	11.183	0.559	7.763	5.782	4.463

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
46	NGC 2194	23.594	1.958	7.848	1.104	3.586	0.661	10.792
47	NGC 2204	16.201	1.150	4.219	0.460	1.918	0.280	6.932
48	NGC 2243	85.407	1.357	3.605	0.315	0.890	0.025	9.158
49	NGC 2251	1.335	0.268	9.682	0.268	3.089	1.397	4.155
50	NGC 2304	25.261	2.034	6.183	0.633	1.005	0.155	4.323
51	NGC 2324	28.093	1.128	11.284	0.320	1.327	0.100	7.865
52	NGC 2354	20.537	1.715	13.621	0.209	0.171	0.028	1.062
53	NGC 2355	7.615	0.607	4.200	0.287	2.623	0.451	8.960
54	NGC 2360	8.525	0.555	12.970	0.203	1.989	0.261	8.131
55	NGC 2420	39.879	0.972	2.688	0.290	1.077	0.051	7.488
56	NGC 2423	2.053	0.574	12.197	0.390	4.974	3.152	6.048
57	NGC 2425	14.761	1.361	11.851	0.584	2.234	0.432	7.229
58	NGC 2447	5.289	0.513	16.781	0.284	3.537	0.761	9.258
59	NGC 2477	20.036	0.986	20.036	1.312	5.592	0.827	15.990
60	NGC 2479	4.046	0.895	11.024	0.349	2.169	0.988	3.448
61	NGC 2506	40.471	0.769	5.913	0.413	2.521	0.105	16.393
62	IC 2714	29.400	1.709	23.509	2.521	6.980	2.760	17.010
63	NGC 2141	52.977	5.311	9.991	0.463	2.624	0.162	17.018
64	NGC 5822	---	---	---	---	---	---	---
65	Pismis 15	22.915	5.221	25.441	1.080	2.033	0.826	6.506
66	Pismis 18	84.688	14.376	60.452	0.869	1.258	0.175	11.256
67	NGC 1605	13.050	0.730	9.810	0.300	1.900	0.200	10.000
68	Collinder 69	---	---	---	---	---	---	---
69	Collinder 256	---	---	---	---	---	---	---
70	Collinder 140	---	---	---	---	---	---	---
71	Collinder 197	---	---	---	---	---	---	---
72	Collinder 350	---	---	---	---	---	---	---
73	Collinder 359	---	---	---	---	---	---	---
74	Cl Gulliver 10	---	---	---	---	---	---	---
75	Cl Gulliver 9	---	---	---	---	---	---	---
76	Cl Gulliver 20	---	---	---	---	---	---	---
77	Collinder 394	---	---	---	---	---	---	---
78	Collinder 463	---	---	---	---	---	---	---
79	Cl Gulliver 6	---	---	---	---	---	---	---
80	Cl Gulliver 28	---	---	---	---	---	---	---
81	NGC 7063	---	---	---	---	---	---	---
82	NGC 2184	---	---	---	---	---	---	---
83	NGC 6997	---	---	---	---	---	---	---
84	NGC 7243	---	---	---	---	---	---	---
85	NGC 1901	---	---	---	---	---	---	---
86	NGC 6281	---	---	---	---	---	---	---
87	Ferrero 11	---	---	---	---	---	---	---
88	NGC 752	---	---	---	---	---	---	---
89	NGC 1582	---	---	---	---	---	---	---
90	NGC 1662	---	---	---	---	---	---	---

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
91	NGC 1980	---	---	---	---	---	---	---
92	NGC 3532	---	---	---	---	---	---	---
93	NGC 6633	---	---	---	---	---	---	---
94	NGC 6991	---	---	---	---	---	---	---
95	NGC 7058	---	---	---	---	---	---	---
96	Harvard 10	---	---	---	---	---	---	---
97	Lynga 2	---	---	---	---	---	---	---
98	NGC 1758	2.970	0.170	3.140	0.080	2.130	0.280	7.000
99	NGC 2301	---	---	---	---	---	---	---
100	NGC 2516	---	---	---	---	---	---	---
101	NGC 2548	---	---	---	---	---	---	---
102	Ruprecht 145	---	---	---	---	---	---	---
103	COIN-Gaia 25	---	---	---	---	---	---	---
104	NGC 2627	7.933	5.800	11.444	2.940	3237.000	0.513	11.329
105	NGC 3960	10.049	1.360	21.728	1.173	4.648	1.376	7.986
106	NGC 7142	11.986	1.097	9.816	0.599	3.281	0.665	8.808
107	NGC 6791	117.117	2.701	12.400	1.541	2.211	0.113	13.022
108	NGC 6866	9.838	1.137	16.195	1.181	12.914	2.572	21.366
109	NGC 7062	11.837	1.244	25.212	1.137	4.985	1.108	9.769
110	NGC 7245	24.293	2.145	33.637	1.006	2.652	0.500	7.403
111	NGC 7789	18.050	0.654	14.587	0.531	6.231	0.505	24.048
112	Ruprecht 1	12.178	1.026	10.674	0.185	0.666	0.091	3.091
113	Ruprecht 170	11.516	1.461	15.402	0.986	2.867	0.826	5.498
114	Ruprecht 171	11.718	1.533	42.435	0.983	2.744	0.812	5.738
115	Ruprecht 174	9.199	1.096	9.187	0.232	0.814	0.164	3.388
116	Trumpler 5	42.494	1.430	9.165	1.000	4.375	0.336	18.027
117	Trumpler 20	73.442	0.996	42.513	1.553	3.773	0.308	15.777
118	Trumpler 32	15.535	1.356	15.230	1.356	3.962	0.785	9.291
119	Saurer 1	49.530	3.658	4.919	0.043	0.216	0.013	4.262
120	CL VDBH 211	26.534	4.048	14.423	4.198	9.831	2.597	14.181
121	SAI 16	7.063	1.083	7.214	0.293	1.124	0.321	3.088
122	NGC 6705	126.148	5.288	71.666	4.719	7.821	0.705	24.951
123	NGC 6583	---	---	---	---	---	---	---
124	NGC 6253	16.517	2.634	81.689	2.258	4.593	1.605	6.902
125	NGC 6192	---	---	---	---	---	---	---
126	NGC 4815	136.510	4.695	72.710	1.597	1.489	0.101	8.508
127	NGC 4349	17.431	2.821	65.889	1.180	2.163	0.732	4.213
128	NGC 4337	33.857	3.711	44.178	1.600	2.793	0.642	6944.000
129	Waterloo 1	6.953	0.846	10.547	0.261	1.546	0.361	4.652
130	[FSR2007] 0306	5.389	0.566	18.184	0.385	4.473	1.063	10.004
131	[FSR2007] 0336	5.600	0.952	16.071	0.324	1.552	0.521	4.280
132	[FSR2007] 0494	18.405	0.596	15.968	0.264	1.460	0.293	7.518
133	[FSR2007] 0496	28.181	2.926	13.713	0.343	0.245	0.039	1.244
134	[FSR2007] 0667	---	---	---	---	---	---	---
135	[FSR2007] 0716	7.003	0.512	11.825	0.289	3.359	0.557	10.431

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
136	[FSR2007] 0883	3.539	0.578	10.124	0.394	4.662	1.724	7.228
137	[FSR2007] 0941	6.263	0.828	10.013	0.378	2.484	0.702	5.634
138	[FSR2007] 1063	18.730	3.204	9.657	0.213	0.366	0.076	2.109
139	VVVCL006	102.560	27.245	95.824	1.465	1.223	0.065	10.000
140	[FSR2007]0951	25.333	9.189	11.651	0.238	0.321	0.103	2.060
141	NGC 6802	74.757	3.079	67.659	1.297	1.369	0.118	6.512
142	NGC 1027	---	---	---	---	---	---	---
143	Ruprecht 148	5.910	0.675	9.045	0.236	1.810	0.421	4.638
144	Teutsch 1	72.558	3.630	9.206	0.285	0.368	0.024	3.012
145	Ferrero 1	---	---	---	---	---	---	---
146	Pozzo 1	---	---	---	---	---	---	---
147	Alessi 6	---	---	---	---	---	---	---
148	Alessi 43	---	---	---	---	---	---	---
149	Alessi Teutsch 5	---	---	---	---	---	---	---
150	Alessi Teutsch 8	---	---	---	---	---	---	---
151	IC 1396	---	---	---	---	---	---	---
152	IC 2395	---	---	---	---	---	---	---
153	IC 4651	6.372	0.847	53.361	0.637	4.034	1.212	7.688
154	IC 4665	---	---	---	---	---	---	---
155	IC 4725	---	---	---	---	---	---	---
156	IC 4756	---	---	---	---	---	---	---
157	Roslund 5	---	---	---	---	---	---	---
158	Roslund 6	---	---	---	---	---	---	---
159	RSG 5	---	---	---	---	---	---	---
160	RSG 7	---	---	---	---	---	---	---
161	RSG 8	---	---	---	---	---	---	---
162	[FSR2007] 0494	18.405	0.596	15.968	0.264	1.460	0.101	7.518
163	[FSR2007] 1113	6.081	0.423	14.027	0.115	1.304	0.712	6.488
164	ASCC 10	---	---	---	---	---	---	---
165	ASCC 11	---	---	---	---	---	---	---
166	ASCC 16	---	---	---	---	---	---	---
167	ASCC 19	---	---	---	---	---	---	---
168	ASCC 21	---	---	---	---	---	---	---
169	NGC 129	7.771	0.928	15.642	0.726	5.111	1.371	10.505
170	NGC 1333	---	---	---	---	---	---	---
171	NGC 136	51.987	2.892	19.213	0.400	0.630	0.052	4.755
172	UBC 143	2.451	1.040	17.318	0.209	0.966	0.719	1.469
173	UBC 199	3.049	1.690	3.328	0.098	0.334	0.221	0.610
174	UBC 212	3.984	0.883	13.622	0.524	4.050	2.008	6.050
175	UBC 623	2.876	0.625	3.347	0.064	0.318	0.138	0.736
176	[FSR2007] 1595	92.212	3.471	74.293	0.779	0.555	0.037	3.537
177	[FSR2007] 1083	8.782	0.618	7.433	0.321	1.923	0.296	6.467
178	[FSR2007] 0942	6.494	0.796	8.127	0.396	2.855	0.756	7.239
179	ESO 092 05	124.320	2.784	30.582	0.484	0.651	0.024	7.231
180	NGC 3293	40.836	2.994	31.089	1.114	1.104	0.164	4.512

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
181	Collinder 106	2.934	0.802	10.015	0.848	19.649	7.564	15.830
182	[FSR2007] 498	44.444	0.379	16.893	0.228	3.846	0.734	10.406
183	NGC 2234	---	---	---	---	---	---	---
184	[FSR2007] 660	6.391	0.671	8.189	0.197	1.320	0.264	4.495
185	[FSR2007] 542	6.164	0.534	12.636	0.373	4.839	0.950	12.020
186	Chupina1	2.781	2.420	1.509	0.108	0.410	0.420	0.960
187	NGC 2202	9.511	5.671	11.536	0.760	0.361	0.333	0.664
188	[FSR2007] 0687	3.659	0.772	8.682	0.338	2.277	1.022	4.172
189	NGC 6811	2.926	0.669	11.441	0.202	1.332	0.588	3.061
190	[FSR2007] 852	15.800	1.421	9.496	0.284	0.776	0.122	3.033
191	NGC 2264	18.615	3.125	3.356	0.345	1.816	0.391	6.036
192	L1641S	---	---	---	---	---	---	---
193	Briceno1	---	---	---	---	---	---	---
194	Lynga1	29.659	1.754	32.263	0.473	0.685	0.076	3.513
195	M67	8.373	0.574	1.983	0.126	1.651	0.237	8.379
196	NGC 7762	4.550	0.340	4.930	0.120	2.020	0.820	11.240
197	NGC3680	1.278	0.664	4.590	0.439	5.625	0.607	3.786
198	Coin Gaia 2	12.661	1.250	10.281	0.219	0.295	0.066	1.155
199	Coin Gaia 6	16.824	4.712	15.520	0.196	0.268	0.080	1.120
200	Alessi 44	---	---	---	---	---	---	---
201	Alessi 62	---	---	---	---	---	---	---
202	ASCC 23	---	---	---	---	---	---	---
203	NGC 1647	2.224	0.263	3.12	0.049	2.423	0.654	9.379
204	NGC 1750	2.56	0.393	5.081	0.059	1.322	0.426	5.05
205	NGC 2186	23.9	1.066	10.708	0.215	0.679	0.051	4.171
206	NGC 2281	---	---	---	---	---	---	---
207	Biurakan 2	---	---	---	---	---	---	---
208	COIN-Gaia 22	---	---	---	---	---	---	---
209	COIN-Gaia 26	---	---	---	---	---	---	---
210	COIN-Gaia 27	---	---	---	---	---	---	---
211	COIN-Gaia 28	---	---	---	---	---	---	---
212	COIN-Gaia 41	---	---	---	---	---	---	---
213	Collinder 107	---	---	---	---	---	---	---
214	Collinder 115	---	---	---	---	---	---	---
215	Collinder 258	---	---	---	---	---	---	---
216	Collinder 421	---	---	---	---	---	---	---
217	Dolidze 16	---	---	---	---	---	---	---
218	[FSR2007] 0241	---	---	---	---	---	---	---
219	[FSR2007] 0278	---	---	---	---	---	---	---
220	[FSR2007] 0728	---	---	---	---	---	---	---
221	[FSR2007] 0771	---	---	---	---	---	---	---
222	[FSR2007] 0866	---	---	---	---	---	---	---
223	[FSR2007] 0905	---	---	---	---	---	---	---
224	[FSR2007] 0923	---	---	---	---	---	---	---
225	Cl Gulliver 18	---	---	---	---	---	---	---

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
226	Cl Gulliver 24	---	---	---	---	---	---	---
227	Cl Gulliver 25	---	---	---	---	---	---	---
228	Cl Gulliver 37	---	---	---	---	---	---	---
229	Cl Gulliver 47	---	---	---	---	---	---	---
230	Cl Gulliver 51	---	---	---	---	---	---	---
231	Cl Gulliver 54	---	---	---	---	---	---	---
232	Cl Gulliver 56	---	---	---	---	---	---	---
233	Cl Gulliver 8	---	---	---	---	---	---	---
234	IC 1805	---	---	---	---	---	---	---
235	IC 2488	---	---	---	---	---	---	---
236	Koposov 36	4.96	0.538	6.897	0.142	1.117	0.226	4.225
237	LP 2139	---	---	---	---	---	---	---
238	LP 2198	---	---	---	---	---	---	---
239	LP 658	---	---	---	---	---	---	---
240	Melotte 101	---	---	---	---	---	---	---
241	NGC 1502	6.945	0.485	7.056	0.245	3.292	0.499	20
242	NGC 1513	5.298	0.6	7.113	0.48	5.176	1.312	15
243	NGC 1778	---	---	---	---	---	---	20
244	NGC 1960	---	---	---	---	---	---	20
245	NGC 2126	23.375	8.635	5.045	0.281	0.23	0.089	15
246	NGC 2244	---	---	---	---	---	---	20
247	NGC 2311	---	---	---	---	---	---	20
248	NGC 2318	---	---	---	---	---	---	20
249	NGC 2353	---	---	---	---	---	---	40
250	NGC 2482	---	---	---	---	---	---	30
251	NGC 2539	---	---	---	---	---	---	30
252	NGC 2567	---	---	---	---	---	---	20
253	NGC 2670	---	---	---	---	---	---	20
254	NGC 381	15.903	1.7	19.501	0.458	1.107	0.219	20
255	NGC 5138	17.352	1.492	81.873	1.254	7.089	1.345	25
256	NGC 5281	---	---	---	---	---	---	20
257	NGC 5316	---	---	---	---	---	---	25
258	NGC 5823	---	---	---	---	---	---	25
259	NGC 6031	---	---	---	---	---	---	20
260	NGC 6067	68.04	7.924	106.672	7.818	7.939	1.804	20
261	NGC 6134	---	---	---	---	---	---	20
262	NGC 6167	---	---	---	---	---	---	15
263	NGC 6383	---	---	---	---	---	---	25
264	NGC 6531	---	---	---	---	---	---	50
265	NGC 6871	---	---	---	---	---	---	50
266	NGC 6940	---	---	---	---	---	---	40
267	NGC 7082	---	---	---	---	---	---	30
268	NGC 7086	12.775	0.898	18.947	0.261	1.279	0.17	20
269	NGC 7209	---	---	---	---	---	---	40
270	NGC 744	---	---	---	---	---	---	20

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
271	Pismis 27	14.277	0.722	5.348	0.141	0.861	0.073	20
272	Roslund 3	---	---	---	---	---	---	20
273	Roslund 7	---	---	---	---	---	---	20
274	Teutsch 8	118.596	18.65	29.904	0.937	0.238	0.043	15
275	Tombaugh 5	7.932	1.088	10.921	0.435	1.703	0.486	20
276	Trumpler 18	24.152	1.38	71.544	0.769	3.402	0.43	20
277	Trumpler 26	189.206	10.393	85.372	5.994	3.271	0.4	30
278	UBC 141	---	---	---	---	---	---	20
279	UBC 169	---	---	---	---	---	---	20
280	UBC 182	10.654	3.728	8.94	0.202	0.35	0.136	10
281	UBC 216	---	---	---	---	---	---	20
282	UBC 374	7.434	1.469	12.898	1.55	22.78	5.691	30
283	UBC 417	26.519	7.699	10.521	0.522	0.113	0.042	10
284	UBC 437	---	---	---	---	---	---	20
285	UBC 53	31.989	1.578	9.05	0.051	0.255	0.013	10
286	UBC 54	25.87	2.254	9.452	0.332	0.153	0.026	15
287	UBC 57	---	---	---	---	---	---	40
288	UBC 596	27.68	3.092	10.375	0.464	0.241	0.044	7
289	UBC 6	4.752	0.736	14.492	0.23	1.693	0.508	10
290	UBC 61	4.225	1.544	8.426	0.134	0.41	0.19	10
291	UBC 614	7.323	0.767	9.309	0.145	0.7	0.123	10
292	UBC 63	---	---	---	---	---	---	20
293	UBC 77	97.491	47.932	10.866	0.093	0.143	0.042	10
294	vdBergh 85	99.476	41.073	11.572	0.608	0.221	0.073	15
295	vdBergh 92	8.233	0.741	9.709	0.583	5.533	1.119	30
296	Berkeley 44	74.349	11.986	45.937	0.847	0.45	0.028	12
297	Berkeley 79	---	---	---	---	---	---	20
298	Collinder 110	---	---	---	---	---	---	20
299	Collinder 205	---	---	---	---	---	---	20
300	Collinder 220	---	---	---	---	---	---	20
301	Collinder 261	---	---	---	---	---	---	20
302	Collinder 74	---	---	---	---	---	---	20
303	Czernik 19	---	---	---	---	---	---	20
304	Czernik 38	---	---	---	---	---	---	20
305	Czernik 6	---	---	---	---	---	---	20
306	[FSR2007] 0683	---	---	---	---	---	---	20
307	[FSR2007] 0850	---	---	---	---	---	---	20
308	[FSR2007] 0893	---	---	---	---	---	---	20
309	[FSR2007] 0904	---	---	---	---	---	---	20
310	[FSR2007] 0935	---	---	---	---	---	---	20
311	[FSR2007] 0953	---	---	---	---	---	---	20
312	[FSR2007] 0979	---	---	---	---	---	---	20
313	[FSR2007] 0985	---	---	---	---	---	---	20
314	Cl Gulliver 26	---	---	---	---	---	---	20
315	Cl Gulliver 31	---	---	---	---	---	---	20

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
316	IC 1848	---	---	---	---	---	---	20
317	IC 2581	---	---	---	---	---	---	20
318	Kharchenko 1	---	---	---	---	---	---	20
319	Koposov 10	---	---	---	---	---	---	20
320	Koposov 12	---	---	---	---	---	---	20
321	LP 930	---	---	---	---	---	---	20
322	NGC 2286	---	---	---	---	---	---	20
323	NGC 2345	---	---	---	---	---	---	20
324	NGC 2660	---	---	---	---	---	---	20
325	NGC 457	---	---	---	---	---	---	20
326	NGC 5617	---	---	---	---	---	---	20
327	NGC 6005	---	---	---	---	---	---	20
328	NGC 6259	---	---	---	---	---	---	20
329	NGC 6404	---	---	---	---	---	---	20
330	NGC 6603	---	---	---	---	---	---	20
331	NGC 6649	---	---	---	---	---	---	20
332	NGC 6819	---	---	---	---	---	---	20
333	NGC 884	---	---	---	---	---	---	20
334	Ruprecht 119	---	---	---	---	---	---	20
335	Ruprecht 134	---	---	---	---	---	---	20
336	Ruprecht 82	6.979	1.686	20.418	1.743	11.888	5.047	11.706
337	Stock 8	4.005	0.586	7.946	0.526	6.991	1.192	15
338	Teutsch 84	---	---	---	---	---	---	---
339	Trumpler 14	---	---	---	---	---	---	---
340	Trumpler 23	---	---	---	---	---	---	---
341	UBC 188	9.16	0.916	9.694	0.287	1.395	0.268	10
342	UBC 200	---	---	---	---	---	---	20
343	UBC 395	---	---	---	---	---	---	20
344	UBC 419	---	---	---	---	---	---	20
345	UBC 421	---	---	---	---	---	---	20
346	UBC 445	---	---	---	---	---	---	20
347	UBC 49	---	---	---	---	---	---	20
348	UBC 52	---	---	---	---	---	---	20
349	UBC 586	---	---	---	---	---	---	20
350	UBC 587	---	---	---	---	---	---	20
351	UBC 59	---	---	---	---	---	---	20
352	UBC 616	---	---	---	---	---	---	20
353	UBC 629	---	---	---	---	---	---	20
354	UBC 68	---	---	---	---	---	---	20
355	UBC 73	---	---	---	---	---	---	20
356	UBC 74	---	---	---	---	---	---	20
357	UBC 82	---	---	---	---	---	---	20
358	UBC 90	---	---	---	---	---	---	20
359	Pismis 02	127.061	2.258	6.391	0.481	0.84	0.026	8.838
360	Pismis 07	29.362	0.886	15.491	0.268	0.981	0.17	6.606

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
361	Pismis 13	32.509	2.268	24.091	0.601	1.097	0.143	5.569
362	Pismis 14	7.158	1.775	29.928	0.56	1.53	0.735	3.5
363	Cl Berkeley 12	---	---	---	---	---	---	15
364	Cl Berkeley 13	---	---	---	---	---	---	15
365	Cl Berkeley 14	---	---	---	---	---	---	15
366	Cl Berkeley 22	126.777	6.477	7.36	0.539	0.494	0.03	15
367	Cl Berkeley 23	---	---	---	---	---	---	20
368	Cl Berkeley 24	---	---	---	---	---	---	20
369	Cl Berkeley 30	64.308	4.181	11.745	0.272	0.95	0.11	15
370	Cl Berkeley 33	---	---	---	---	---	---	20
371	Cl Berkeley 34	---	---	---	---	---	---	20
372	Cl Berkeley 37	---	---	---	---	---	---	15
373	Cl Berkeley 5	---	---	---	---	---	---	15
374	Cl Berkeley 66	42.932	5.792	10.472	0.264	3.5	0.74	15
375	Cl Berkeley 68	8.204	2.008	9.139	0.402	2.663	0.616	15
376	Cl Berkeley 69	---	---	---	---	---	---	15
377	Cl Berkeley 72	---	---	---	---	---	---	15
378	Cl Berkeley 75	---	---	---	---	---	---	15
379	Cl Berkeley 78	---	---	---	---	---	---	15
380	Cl Berkeley 81	125.179	14.753	87.615	1.402	2.068	0.27	15
381	Cl Berkeley 91	---	---	---	---	---	---	15
382	Cl Czernik 24	---	---	---	---	---	---	15
383	Cl Czernik 27	---	---	---	---	---	---	15
384	[D2005c] DC8	---	---	---	---	---	---	15
385	[FSR2007] 0826	20.516	1.543	7.863	0.255	0.261	0.036	10
386	[FSR2007] 1025	---	---	---	---	---	---	15
387	Cl Haffner 10	---	---	---	---	---	---	15
388	Cl Haffner 4	---	---	---	---	---	---	15
389	Juchert 20	---	---	---	---	---	---	15
390	Juchert 9	---	---	---	---	---	---	15
391	[KGZ2008] 63	11.706	0.971	11.924	0.441	1.545	0.284	15
392	NGC 1193	166.865	1.573	5.225	0.124	0.526	0.009	15
393	NGC 1798	53.597	3.789	11.318	0.321	1.19	0.057	15
394	NGC 1883	---	---	---	---	---	---	15
395	NGC 1893	---	---	---	---	---	---	15
396	NGC 2192	---	---	---	---	---	---	15
397	NGC 2262	---	---	---	---	---	---	15
398	NGC 2266	---	---	---	---	---	---	15
399	NGC 3105	---	---	---	---	---	---	15
400	NGC 7044	---	---	---	---	---	---	15
401	NGC 7128	---	---	---	---	---	---	15
402	NGC 7423	---	---	---	---	---	---	15
403	Cl Ruprecht 4	10.422	1.242	9.481	0.603	1.718	0.442	15
404	Cl Ruprecht 85	---	---	---	---	---	---	15
405	Cl Ruprecht 96	---	---	---	---	---	---	15

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
406	Cl Ruprecht 97	---	---	---	---	---	---	15
407	SAI 116	---	---	---	---	---	---	15
408	SAI 14	---	---	---	---	---	---	15
409	Skiff J0507+30.8	---	---	---	---	---	---	15
410	Teutsch 10	7.172	0.58	6.495	0.225	1.895	0.312	15
411	Teutsch 11	---	---	---	---	---	---	20
412	Teutsch 12	34.456	0.543	10.129	0.092	0.635	0.016	15
413	Teutsch 2	---	---	---	---	---	---	20
414	Teutsch 51	17.895	0.461	6.561	0.132	1.035	0.052	15
415	Cl Tombaugh 2	226.919	5.229	12.916	1.47	0.75	0.033	6.53
416	Cl Tombaugh 4	41.254	3.093	9.134	0.682	0.82	0.108	10
417	Cl Trumpler 20	73.442	0.996	42.513	1.553	3.773	0.308	20
418	UBC 176	9.472	0.414	19.028	0.175	2.219	0.204	15
419	UBC 427	---	---	---	---	---	---	20
420	UBC 428	---	---	---	---	---	---	20
421	UBC 430	---	---	---	---	---	---	20
422	UBC 433	---	---	---	---	---	---	20
423	UBC 434	---	---	---	---	---	---	20
424	UBC 436	---	---	---	---	---	---	20
425	UBC 438	---	---	---	---	---	---	20
426	UBC 440	---	---	---	---	---	---	20
427	UBC 442	---	---	---	---	---	---	20
428	UBC 595	---	---	---	---	---	---	20
429	UBC 607	---	---	---	---	---	---	20
430	UBC 609	---	---	---	---	---	---	20
431	UBC 615	---	---	---	---	---	---	20
432	UBC 619	---	---	---	---	---	---	20
433	UBC 622	---	---	---	---	---	---	20
434	Cl Berkeley 14A	---	---	---	---	---	---	20
435	Cl Berkeley 32	29.765	3.79	11.588	0.595	1.724	0.147	17
436	Cl Berkeley 43	12.279	2.023	4.742	0.91	2.338	0.828	10
437	[DB2001] Cl 22	29.872	1.99	2.706	0.115	0.214	0.016	10
438	[FSR2007] 0686	---	---	---	---	---	---	20
439	[FSR2007] 0811	4.165	1.213	2.332	0.34	1.14	0.611	10
440	[FSR2007] 0975	---	---	---	---	---	---	20
441	Cl Gulliver 22	---	---	---	---	---	---	20
442	IC 5146	---	---	---	---	---	---	20
443	Kronberger 57	15.851	1.864	5.371	0.387	0.894	0.185	10
444	NGC 1579	---	---	---	---	---	---	20
445	Patchick 3	---	---	---	---	---	---	20
446	sigma Orionis	---	---	---	---	---	---	20
447	Teutsch 52	5.113	0.466	2.832	0.133	0.84	0.136	10
448	Teutsch 7	13.888	1.303	10.527	0.519	1.662	0.326	20
449	UBC 203	---	---	---	---	---	---	20
450	UBC 431	---	---	---	---	---	---	20

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
451	UBC 610	---	---	---	---	---	---	20
452	UPK 369	---	---	---	---	---	---	20
453	King 14	7.635	0.95	13.336	0.767	7.411	2.06	14.422
454	Stock 14	---	---	---	---	---	---	20
455	Stock 20	22.161	2.395	13.456	0.725	0.701	0.145	10
456	Stock 21	11.369	0.819	10.835	0.183	0.551	0.073	10
457	Stock 23	---	---	---	---	---	---	10
458	Stock 24	12.529	1.716	14.688	0.6	0.818	0.222	10
459	Pismis 1	---	---	---	---	---	---	20
460	Pismis 3	---	---	---	---	---	---	20
461	Pismis 4	---	---	---	---	---	---	20
462	Pismis 5	---	---	---	---	---	---	20
463	Pismis 6	---	---	---	---	---	---	20
464	Pismis 8	---	---	---	---	---	---	20
465	Pismis 9	---	---	---	---	---	---	20
466	Pismis 11	---	---	---	---	---	---	20
467	Pismis 12	---	---	---	---	---	---	20
468	NGC 3766	---	---	---	---	---	---	10
469	King 17	3.989	0.921	9.458	0.302	3.379	0.814	15.012
470	Berkeley 6	28.15	3.658	6.384	0.267	0.636	0.067	5.539
471	NGC 2509	38.031	9.814	9.805	0.397	0.466	0.072	6.015
472	NGC 7762	7.115	3.186	9.704	0.403	2.02	0.824	11.238
473	KGZ36	---	---	---	---	---	---	20
474	Chupina 3	---	---	---	---	---	---	20
475	Chupina 4	---	---	---	---	---	---	20
476	Chupina 5	---	---	---	---	---	---	20
477	Dolidze-Dzim 4	---	---	---	---	---	---	20
478	Pismis10	---	---	---	---	---	---	20
479	NGC 7429	---	---	---	---	---	---	20
480	NGC 1663	---	---	---	---	---	---	20
481	Pismis 19	---	---	---	---	---	---	20
482	Pismis 20	---	---	---	---	---	---	20
483	Pismis 21	---	---	---	---	---	---	20
484	Pismis 22	---	---	---	---	---	---	20
485	Stock 18	---	---	---	---	---	---	10
486	Stock 16	---	---	---	---	---	---	20
487	Stock 13	---	---	---	---	---	---	20
488	Stock 15	---	---	---	---	---	---	20
489	Stock 3	---	---	---	---	---	---	20
490	Stock 1	---	---	---	---	---	---	20
491	Stock 2	---	---	---	---	---	---	20
492	NGC2215	---	---	---	---	---	---	20
493	NGC2323	---	---	---	---	---	---	20
494	NGC2437	---	---	---	---	---	---	20
495	NGC2447	---	---	---	---	---	---	20

EK-2 Devam

Sıra	Küme	f_0	hata	f_{bg}	hata	r_c	hata	r_{lim}
		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yıldız sayısı yay dk^{-2})		(Yay dk)		(Yay dk)
496	NGC2579	---	---	---	---	---	---	20
497	NGC2682	---	---	---	---	---	---	20
498	NGC2925	---	---	---	---	---	---	20
499	NGC6250	---	---	---	---	---	---	20
500	Trumpler10	---	---	---	---	---	---	20
501	NGC7654	---	---	---	---	---	---	20
502	Trumpler2	---	---	---	---	---	---	20
503	Teutsch7	---	---	---	---	---	---	20
504	NGC6025	---	---	---	---	---	---	20

Tablo EK.3: Açık kümelerin UPMASK programıyla belirlenen k-*means* değerleriyle üye sayıları ve üyeliği yüksek yıldızlardan hesaplanan kümelerin ortalama astrometrik parametreleri ve radyal hızları.

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
1	King 01	16	267	-4.944	0.043	-1.298	0.044	0.544	0.038	-53.38	0.39	27
2	King 02	14	274	-1.398	0.112	-0.879	0.180	0.172	0.051	-137.19	2.24	1
3	King 05	14	249	-0.308	0.057	-1.258	0.059	0.412	0.040	-43.70	0.81	5
4	King 07	15	389	1.135	0.101	-1.184	0.079	0.310	0.040	-9.81	4.00	6
5	King 08	17	132	0.461	0.100	-1.704	0.068	0.193	0.061	-1.02	3.21	1
6	King 12	15	134	-3.438	0.046	-1.459	0.045	0.326	0.033	-64.29	1.21	1
7	King 15	19	65	-2.317	0.050	-0.901	0.055	0.285	0.046	-69.50	3.44	3
8	NGC 1664	10	308	1.594	0.071	-5.780	0.052	0.741	0.044	8.96	0.24	3
9	NGC 6939	10	541	-1.817	0.039	-5.462	0.039	0.530	0.030	-18.91	0.11	22
10	Berkeley 09	15	203	1.487	0.055	0.037	0.033	0.569	0.061	-17.38	0.78	9
11	Berkeley 17	8	349	2.512	0.157	-0.336	0.102	0.306	0.037	-73.92	0.83	25
12	Berkeley 18	13	749	0.781	0.191	-0.056	0.134	0.179	0.025	-2.00	0.52	32
13	Berkeley 19	16	167	0.713	0.150	-0.274	0.102	0.241	0.088	19.85	3.34	2
14	Berkeley 20	13	185	0.888	0.194	-0.246	0.175	0.112	0.017	79.60	2.57	3
15	Berkeley 21	10	354	0.522	0.221	-1.041	0.159	0.202	0.080	2.08	0.95	7
16	Berkeley 25	20	246	-0.124	0.142	0.873	0.165	0.215	0.135	134.90	0.76	3
17	Berkeley 29	13	164	0.151	0.348	-1.032	0.288	0.210	0.082	25.49	0.24	2
18	Berkeley 31	14	217	0.144	0.156	-0.909	0.121	0.202	0.087	57.50	3.31	4
19	Berkeley 39	14	808	-1.728	0.090	-1.634	0.069	0.236	0.041	59.30	0.21	30
20	Berkeley 53	14	1271	-3.795	0.018	-5.682	0.165	0.294	0.081	-34.91	0.36	17
21	Berkeley 67	9	105	2.287	0.060	-1.407	0.042	0.465	0.034	-0.86	1.78	10
22	Berkeley 70	14	444	0.832	0.134	-1.894	0.101	0.209	0.036	-13.50	1.83	24
23	Berkeley 71	15	177	0.655	0.126	-1.674	0.071	0.258	0.041	-9.14	0.73	12
24	Berkeley 73	16	148	0.214	0.141	1.057	0.157	0.140	0.033	96.40	5.39	6
25	Berkeley 98	9	196	-5.821	0.055	0.065	0.059	0.266	0.033	-70.53	1.36	9
26	Czernik 12	24	72	-0.297	0.027	0.839	0.038	0.495	0.053	-19.65	0.76	5
27	Czernik 18	20	83	1.716	0.073	-3.085	0.052	0.751	0.045	-13.18	19.69	1
28	Czernik 20	11	87	0.521	0.081	-1.577	0.058	0.293	0.042	31.39	0.63	12
29	Czernik 21	15	369	2.192	0.205	-0.912	0.134	0.293	0.042	44.39	1.04	20
30	Czernik 23	19	243	-0.004	0.107	-1.768	0.071	0.265	0.054	17.62	1.05	5
31	Czernik 30	20	289	-0.619	0.123	-0.042	0.117	0.279	0.043	81.21	0.81	7
32	IC 1369	20	544	-4.604	0.118	-5.628	0.110	0.266	0.037	-49.09	0.92	22
33	IC 0166	10	1342	-1.468	0.073	1.076	0.081	0.208	0.031	-49.21	2.40	35
34	Melotte 66	14	1005	-1.433	0.085	2.771	0.084	0.201	0.028	22.00	0.14	59
35	Melotte 71	18	782	-2.385	0.055	4.207	0.045	0.440	0.030	50.70	0.22	54
36	NGC 1245	21	717	0.469	0.058	-1.658	0.049	0.298	0.033	-29.99	0.25	66
37	NGC 1817	21	336	0.415	0.043	-0.934	0.032	0.576	0.042	65.67	0.57	44
38	NGC 1857	11	418	0.473	0.056	-1.383	0.038	0.330	0.044	0.62	1.08	13
39	NGC 188	17	674	-2.318	0.041	-1.018	0.039	0.524	0.033	-41.66	0.12	50
40	NGC 1907	11	260	-0.135	0.045	-3.413	0.032	0.626	0.032	2.75	0.38	19
41	NGC 1912	15	466	1.542	0.043	-4.414	0.032	0.879	0.037	-0.66	0.33	75
42	NGC 2099	15	1025	1.879	0.041	-5.620	0.026	0.672	0.036	8.17	0.14	168
43	NGC 2112	15	410	-2.697	0.044	4.269	0.039	0.903	0.048	30.71	0.11	99
44	NGC 2158	15	1480	-0.2	0.117	-1.976	0.085	0.245	0.041	27.70	0.32	117
45	NGC 2168	16	502	2.231	0.051	-2.869	0.037	1.156	0.045	-7.78	0.14	65
46	NGC 2194	15	1274	0.487	0.096	-1.423	0.077	0.285	0.035	9.08	0.28	27
47	NGC 2204	14	655	-0.58	0.042	1.952	0.055	0.211	0.029	91.99	0.16	37
48	NGC 2243	17	886	-1.263	0.080	5.492	0.077	0.227	0.032	59.51	0.15	20

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
49	NGC 2251	15	89	0.655	0.040	-3.801	0.033	0.677	0.038	25.64	0.09	7
50	NGC 2304	14	282	0.007	0.006	-1.463	0.091	0.234	0.029	47.74	3.81	12
51	NGC 2324	17	601	-0.327	0.073	-0.090	0.065	0.221	0.029	40.48	2.66	23
52	NGC 2354	14	226	-2.872	0.018	1.851	0.025	0.774	0.031	34.28	0.14	74
53	NGC 2355	16	279	-3.831	0.048	1.053	0.037	0.525	0.034	35.88	0.44	21
54	NGC 2360	15	516	0.398	0.033	5.629	0.033	0.920	0.039	28.29	0.13	150
55	NGC 2420	16	621	-1.22	0.055	-2.044	0.047	0.393	0.039	73.79	0.19	60
56	NGC 2423	16	187	-0.76	0.022	-3.555	0.020	1.064	0.031	18.46	0.11	87
57	NGC 2425	17	499	-3.561	0.070	2.009	0.068	0.300	0.045	103.15	0.24	24
58	NGC 2447	14	513	-3.577	0.021	5.077	0.029	0.992	0.040	22.31	0.09	168
59	NGC 2477	15	1722	-2.43	0.028	-2.430	0.028	0.692	0.033	7.76	0.11	315
60	NGC 2479	21	150	-4.318	0.028	1.103	0.026	0.614	0.039	40.52	0.21	30
61	NGC 2506	18	1595	-2.56	0.076	3.968	0.053	0.278	0.039	83.91	0.12	77
62	IC 2714	13	650	-7.582	0.080	2.633	0.088	0.745	0.040	-14.98	0.99	30
63	NGC 2141	9	946	-0.037	0.028	-0.966	0.046	0.187	0.030	28.50	1.21	81
64	NGC 5822	17	330	-7.832	0.048	-5.973	0.067	1.196	0.044	-30.24	1.67	12
65	Pismis 15	16	348	-5.248	0.098	3.366	0.077	0.466	0.075	41.66	2.48	31
66	Pismis 18	16	1496	-5.72	0.074	-2.241	0.056	0.478	0.041	-28.84	2.29	102
67	NGC 1605	9	676	0.928	0.006	-1.917	0.082	0.348	0.004	-15.27	1.35	1
68	Collinder 69	28	495	0.948	0.006	-2.096	0.004	2.489	0.010	26.31	1.99	31
69	Collinder 256	29	246	-12.014	0.005	-9.018	0.004	11.658	0.048	0.31	0.17	27
70	Collinder 140	10	226	-8.055	0.004	4.783	0.005	2.606	0.008	16.22	1.58	36
71	Collinder 197	28	319	-5.775	0.006	4.031	0.007	1.047	0.005	23.62	5.52	16
72	Collinder 350	19	406	-4.928	0.003	-0.060	0.002	2.712	0.007	-15.20	0.42	37
73	Collinder 359	29	101	0.648	0.008	-8.844	0.008	1.804	0.008	-7.59	5.05	25
74	Cl Gulliver 10	25	962	-4.338	0.007	5.057	0.008	1.680	0.009	23.54	4.01	11
75	Cl Gulliver 9	27	1667	-5.898	0.006	6.864	0.006	1.981	0.009	21.76	1.91	42
76	Cl Gulliver 20	20	373	1.028	0.006	-6.446	0.007	2.353	0.009	-16.47	1.35	14
77	Collinder 394	19	3007	-1.493	0.002	-5.906	0.002	1.366	0.003	7.83	1.38	125
78	Collinder 463	25	901	-1.744	0.001	-0.378	0.002	1.153	0.002	-11.16	0.69	38
79	Cl Gulliver 6	27	206	0.077	0.003	-0.211	0.003	2.412	0.008	21.76	2.90	28
80	Cl Gulliver 28	20	630	-4.446	0.005	-3.472	0.005	1.561	0.010	-16.47	1.25	106
81	NGC 7063	28	322	1.545	0.030	-2.523	0.004	1.463	0.154	-11.16	0.79	30
82	NGC 2184	29	542	-0.665	0.004	-0.237	0.003	1.739	0.041	21.80	0.74	43
83	NGC 6997	9	646	-4.285	0.020	-6.922	0.020	1.130	0.016	15.03	0.76	79
84	NGC 7243	29	508	0.414	0.004	-2.899	0.004	1.129	0.036	34.48	1.52	24
85	NGC 1901	9	522	2.362	0.013	10.822	0.015	2.407	0.021	-1.38	1.38	12
86	NGC 6281	8	1919	-2.74	0.008	-4.211	0.005	1.895	0.027	41.40	0.33	36
87	Ferrero 11	8	195	-3.04	0.074	-4.346	0.060	1.241	0.045	-19.20	1.62	32
88	NGC 752	22	11	9.772	0.033	-11.853	0.037	2.273	0.044	-11.46	0.11	149
89	NGC 1582	19	524	2.167	0.050	-1.390	0.040	1.012	0.042	1.73	2.35	43
90	NGC 1662	12	235	-1.164	0.076	-1.965	0.054	2.438	0.063	-5.18	0.21	91
91	NGC 1980	29	190	1.23	0.006	0.522	0.047	2.600	0.074	20.47	1.34	163
92	NGC 3532	10	527	-10.434	0.028	5.265	0.026	2.088	0.031	-22.20	0.09	487
93	NGC 6633	16	585	1.203	0.052	-1.787	0.051	2.537	0.063	25.07	0.14	174
94	NGC 6991	10	136	5.622	0.024	8.421	0.024	1.769	0.040	34.55	0.17	157
95	NGC 7058	29	207	7.411	0.009	2.768	0.091	2.735	0.051	4.31	1.13	58
96	Harvard 10	24	666	-2.012	0.062	-10.625	0.051	1.450	0.045	-15.28	0.57	116

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
97	Lynga 2	8	2560	-6.757	0.042	-4.655	0.050	1.052	0.040	-28.75	1.09	27
98	NGC 1758	29	120	3.127	0.050	-3.496	0.035	1.122	0.040	-12.27	1.32	47
99	NGC 2301	29	1103	-1.365	0.060	-2.195	0.054	1.140	0.042	-12.25	0.57	149
100	NGC 2516	27	37	-4.623	0.008	11.258	0.092	2.428	0.046	-18.75	0.16	225
101	NGC 2548	25	293	-1.3	0.036	1.036	0.032	1.303	0.040	-18.21	0.14	126
102	Ruprecht 145	27	40	8.354	0.035	-4.414	0.028	1.659	0.038	1.50	0.28	104
103	COIN-Gaia 25	29	508	-0.48	0.080	-2.644	0.057	1.224	0.048	23.80	0.59	48
104	NGC 2627	17	448	-2.352	0.026	2.910	0.030	0.546	0.033	8.33	0.76	12
105	NGC 3960	14	523	-6.514	0.036	1.880	0.036	0.423	0.035	-55.74	1.44	10
106	NGC 7142	14	445	-2.686	0.054	-1.343	0.046	0.412	0.036	41.21	0.98	8
107	NGC 6791	9	1235	-0.42	0.069	-2.278	0.081	0.223	0.036	-14.58	1.14	40
108	NGC 6866	18	232	-1.37	0.033	-5.764	0.033	0.691	0.033	12.96	0.25	37
109	NGC 7062	19	426	-1.904	0.061	-4.081	0.066	0.403	0.037	-23.97	1.70	10
110	NGC 7245	9	416	-3.934	0.050	-3.292	0.044	0.280	0.035	-73.88	0.52	10
111	NGC 7789	9	1885	-0.915	0.030	-1.932	0.031	0.476	0.033	-48.40	0.75	259
112	Ruprecht 1	21	173	-0.284	0.027	-0.900	0.030	0.646	0.042	12.61	0.25	20
113	Ruprecht 170	8	1007	0.445	0.035	-0.136	0.025	0.450	0.045	4.30	2.80	27
114	Ruprecht 171	14	301	0.707	0.038	1.092	0.032	0.632	0.050	5.16	0.14	49
115	Ruprecht 174	10	239	-3.123	0.118	-4.670	0.120	0.393	0.053	6.33	0.37	17
116	Trumpler 5	11	1243	-0.62	0.003	0.274	0.002	0.321	0.002	51.13	0.20	131
117	Trumpler 20	12	1883	-7.112	0.047	0.195	0.053	0.275	0.035	-35.99	1.20	143
118	Trumpler 32	14	540	-1.037	0.053	1.167	0.043	0.583	0.044	16.01	0.28	20
119	Saurer 1	31	30	2.458	0.003	-5.976	0.003			27.55	11.40	4
120	CL VDBH 211	12	207	-0.715	0.003	-1.917	0.004	0.573	0.065	-51.37	1.37	15
121	SAI 16	15	458	-0.782	0.086	-0.374	0.101	0.228	0.025	-41.22	7.09	11
122	NGC 6705	12	1756	-1.56	0.059	-4.158	0.059	0.414	0.049	34.83	0.20	65
123	NGC 6583	15	394	1.316	0.003	0.083	0.002	0.406	0.044	-1.75	1.38	28
124	NGC 6253	11	678	-4.55	0.002	-5.289	0.001	0.588	0.041	-28.67	0.11	147
125	NGC 6192	13	562	-1.623	0.002	-0.207	0.002	0.587	0.040	-7.43	0.20	30
126	NGC 4815	10	1073	-5.804	0.002	-0.948	0.003	0.288	0.002	-30.03	0.48	31
127	NGC 4349	15	1065	-7.859	0.002	-0.266	0.002	0.529	0.035	-11.52	0.15	46
128	NGC 4337	11	387	-8.862	0.002	1.504	0.002	0.381	0.035	-18.86	0.46	69
129	Waterloo 1	14	165	0.424	0.011	-0.777	0.009	0.262	0.048	-42.64	1.46	14
130	[FSR2007] 0306	12	283	-2.179	0.007	-2.571	0.007	0.357	0.049	-33.25	0.68	14
131	[FSR2007] 0336	12	258	-3.036	0.006	-2.904	0.005	0.380	0.036	-27.56	0.92	6
132	[FSR2007] 0494	14	287	-2.5	0.006	-0.885	0.006	0.255	0.069	-88.59	7.11	9
133	[FSR2007] 0496	15	243	2.242	0.003	-0.698	0.004	0.659	0.043	-22.36	0.27	85
134	[FSR2007] 0667	22	42	0.847	0.009	-3.744	0.006	0.864	0.029	1.21	0.66	16
135	[FSR2007] 0716	14	247	-0.306	0.008	-1.690	0.006	0.268	0.048	18.25	6.40	12
136	[FSR2007] 0883	14	206	0.767	0.006	-1.486	0.005	0.325	0.043	15.11	0.71	4
137	[FSR2007] 0941	15	189	0.755	0.010	0.100	0.008	0.244	0.081	28.67	4.08	10
138	[FSR2007] 1063	26	237	0.055	0.040	-1.540	0.030	0.429	0.056	37.72	2.83	9
139	VVVCL006	11	442	-7.707	0.004	1.377	0.004			3.72	2.14	104
140	[FSR2007]0951	20	229	0.195	0.006	0.027	0.005	0.568	0.004	43.02	0.53	17
141	NGC 6802	10	671	-2.855	0.003	-6.449	0.002	0.335	0.039	13.47	0.96	42
142	NGC 1027	15	303	-1.825	0.003	2.078	0.003	0.887	0.003	14.50	1.24	12
143	Ruprecht 148	13	81	-0.176	0.121	-1.104	0.099	0.278	0.033	-12.91	0.21	1
144	Teutsch 1	22	249	0.572	0.140	-0.834	0.009	0.269	0.013	16.99	0.09	1

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
145	Ferrero 1	39	171	0.164	0.004	-4.847	0.003	1.120	0.041	-10.26	13.27	6
146	Pozzo 1	20	117	-6.403	0.003	9.658	0.003	2.939	0.007	15.85	1.92	69
147	Alessi 6	10	208	-10.523	0.002	-5.585	0.003	1.121	0.004	-14.45	0.77	67
148	Alessi 43	26	103	-5.544	0.004	3.915	0.003	1.125	0.003	17.83	3.87	83
149	Alessi Teutsch 5	11	3196	-1.867	0.005	-3.276	0.005	1.111	0.006	-16.68	2.16	56
150	Alessi Teutsch 8	12	203	-6.635	0.002	1.656	0.003	0.983	0.003	-15.76	1.31	75
151	IC 1396	11	3236	-2.407	0.005	-4.691	0.004	1.115	0.003	-23.22	2.30	91
152	IC 2395	10	582	-4.4	0.004	3.314	0.004	1.398	0.003	11.95	2.85	89
153	IC 4651	17	2367	-2.423	0.002	-5.070	0.001	1.125	0.001	-30.08	0.22	57
154	IC 4665	17	611	-0.873	0.006	-8.551	0.005	0.103	0.007	-15.70	1.73	61
155	IC 4725	15	1550	-1.679	0.002	-6.133	0.002	1.504	0.003	10.54	5.65	16
156	IC 4756	16	1371	1.268	0.002	-4.949	0.002	2.100	0.003	-23.61	1.00	1.00
157	Roslund 5	19	211	2.026	0.003	-1.214	0.004	1.780	0.005	-18.09	0.42	54
158	Roslund 6	11	2468	5.964	0.003	2.129	0.003	0.102	0.005	-7.63	0.32	77
159	RSG 5	19	364	3.628	0.005	1.568	0.005	0.094	0.005	-5.40	1.62	28
160	RSG 7	20	89	4.739	0.005	-2.195	0.004	2.220	0.004	-13.72	3.43	4
161	RSG 8	20	480	5.626	0.004	-1.632	0.004	0.151	0.008	-6.20	2.93	20
162	[FSR2007] 0494	14	287	-2.5	0.103	-0.885	0.104	0.255	0.009	-60.40	2.28	51
163	[FSR2007] 1113	29	46	-0.573	0.009	1.897	0.007	0.236	0.018	71.47	4.07	9
164	ASCC 10	29	111	-1.799	0.034	-1.435	0.029	1.506	0.038	-11.76	8.35	5
165	ASCC 11	29	575	0.908	0.064	-3.080	0.057	1.173	0.042	-33.79	3.93	54
166	ASCC 16	28	314	1.393	0.058	-0.004	0.044	2.887	0.059	53.09	4.34	11
167	ASCC 19	28	143	1.131	0.053	-1.171	0.041	2.812	0.082	43.45	9.77	5
168	ASCC 21	29	281	1.444	0.056	-0.643	0.041	2.906	0.048	26.44	6.28	13
169	NGC 129	20	542	-2.605	0.002	-1.196	0.002	0.527	0.002	-15.49	1.82	12
170	NGC 1333	19	85	6.817	0.018	-9.851	0.001	3.367	0.013	-14.28	4.04	1
171	NGC 136	20	380	-1.634	0.006	-0.550	0.008	0.217	0.006	-50.17	5.81	1
172	UBC 143	23	46	-3.19	0.017	-7.732	0.019	0.759	0.037	10.12	3.67	0
173	UBC 199	24	40	2.486	0.012	-1.819	0.008	0.825	0.029	-13.69	0.16	10
174	UBC 212	12	202	-0.637	0.006	0.675	0.006	0.347	0.041	68.35	9.07	5
175	UBC 623	14	46	-1.702	0.054	-0.623	0.034	0.369	0.038	81.73	13.68	2
176	[FSR2007] 1595	10	450	-6.766	0.103	1.356	0.096	0.257	0.058	-15.14	8.28	7
177	[FSR2007] 1083	15	247	-0.361	0.010	0.250	0.009	0.196	0.009	100.73	2.46	9
178	[FSR2007] 0942	12	211	-0.451	0.007	0.090	0.005	0.322	0.042	31.15	1.13	6
179	ESO 092 05	10	519	-3.029	0.010	2.439	0.009	0.296	0.039	62.21	2.62	2
180	NGC 3293	14	667	-7.662	0.001	3.383	0.001	0.394	0.001	-8.88	3.66	8
181	Collinder 106	8	1661	-1.596	0.008	0.478	0.007	0.657	0.004	31.45	2.77	19
182	[FSR2007] 498	15	209	-3.288	0.005	-0.751	0.006	0.363	0.005	-71.85	2.11	7
183	NGC 2234	15	123	-0.139	0.014	-1.372	0.012	0.310	0.027	82.33	20.15	5
184	[FSR2007] 660	31	69	-2.613	0.081	0.394	0.090	0.694	0.085	-56.70	7.37	1
185	[FSR2007] 542	15	609	-2.157	0.006	-0.297	0.007	0.283	0.007	-69.72	1.79	13
186	Chupina1	15	130	-10.953	0.013	-2.813	0.010	1.149	0.005	32.88	0.19	47
187	NGC 2202	27	678	-0.076	0.015	0.136	0.012	0.287	0.016	62.24	2.71	26
188	[FSR2007] 0687	14	321	0.562	0.013	0.178	0.008	0.247	0.008	-40.32	11.64	4
189	NGC 6811	18	180	-3.349	0.002	-8.810	0.002	0.872	0.004	7.34	0.16	64
190	[FSR2007] 852	14	162	0.378	0.013	-1.796	0.007	0.336	0.010	-9.19	7.82	4
191	NGC 2264	20	362	-1.627	0.082	-3.691	0.070	1.384	0.055	23.40	6.46	31
192	L1641S	32	126	0.745	0.034	-0.434	0.031	0.781	0.058	87.05	46.22	2

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
193	Briceno1	29	44	1.22	0.016	-0.086	0.011	2.950	0.059	20.35	10.68	4
194	Lynga1	12	553	-5.386	0.004	-2.255	0.005	0.429	0.063	-36.64	2.43	14
195	M67	17	264	-10.98	0.030	-2.910	0.022	1.153	0.038	33.85	0.07	11
196	NGC 7762	10	3424	1.489	0.023	3.962	0.024	1.033	0.025	-46.61	0.10	31
197	NGC3680	24	74	-7.297	0.002	1.253	0.002	0.940	0.024	8.78	3.26	41
198	Coin Gaia 2	21	115	-4.429	0.003	-2.061	0.004	0.778	0.005	-33.01	0.61	24
199	Coin Gaia 6	18	227	-2.355	0.008	-0.501	0.010	0.303	0.004	-42.26	0.08	4
200	Alessi 44	18	1856	0.548	0.012	-2.283	0.008	1.496	0.018	-10.68	1.00	10.10
201	Alessi 62	19	2022	0.27	0.001	-1.151	0.005	1.590	0.004	12.75	0.29	84
202	ASCC 23	10	235	-1.106	0.008	-1.442	0.007	1.615	0.029	-15.49	1.82	12
203	NGC 1647	18	418	-1.042	0.066	-1.565	0.045	1.698	0.045	-6.86	0.65	85
204	NGC 1750	20	1002	-1.032	0.080	-2.405	0.055	1.384	0.055	-8.91	1.55	62
205	NGC 2186	12	184	0.369	0.006	-1.970	0.005	0.432	0.005	21.95	1.35	3
206	NGC 2281	9	183	-0.994	0.012	-7.669	0.010	1.890	0.009	-59.08	1.50	4
207	Biurakan 2	9	570	-3.114	0.005	-6.788	0.005	0.518	0.005	-20.57	0.52	449
208	COIN-Gaia 22	20	202	-0.65	0.008	-3.276	0.005	0.514	0.005	14.65	0.04	52
209	COIN-Gaia 26	19	260	0.236	0.008	-2.437	0.005	0.702	0.006	6.01	0.02	68
210	COIN-Gaia 27	27	210	0.689	0.009	-3.619	0.006	0.924	0.004	16.03	0.43	64
211	COIN-Gaia 28	11	650	-0.92	0.006	-0.956	0.005	0.586	0.007	45.37	0.62	162
212	COIN-Gaia 41	27	241	-0.303	0.008	-3.651	0.005	0.551	0.006	7.20	0.31	42
213	Collinder 107	15	416	-1.325	0.008	0.696	0.007	0.614	0.008	39.09	1.29	119
214	Collinder 115	14	645	-1.256	0.004	-0.565	0.004	0.494	0.003	60.99	0.12	140
215	Collinder 258	8	500	-6.9	0.007	-0.054	0.008	0.324	0.003	-20.15	1.32	30
216	Collinder 421	15	311	-3.639	0.004	-8.387	0.004	0.827	0.002	2.15	0.06	101
217	Dolidze 16	23	337	0.147	0.003	-2.740	0.009	0.790	0.008	15.80	0.24	143
218	[FSR2007] 0241	13	676	-1.412	0.007	-3.567	0.007	0.451	0.003	-16.10	0.48	376
219	[FSR2007] 0278	20	154	-4.61	0.003	-9.762	0.003	0.575	0.003	-7.83	0.14	61
220	[FSR2007] 0728	18	176	1.933	0.006	-2.264	0.008	0.560	0.004	19.82	0.14	96
221	[FSR2007] 0771	22	144	1.51	0.011	-4.241	0.007	0.609	0.006	-23.47	2.10	86
222	[FSR2007] 0866	15	228	1.372	0.003	-0.372	0.002	0.802	0.003	65.63	0.14	129
223	[FSR2007] 0905	15	271	1.849	0.005	-3.783	0.004	0.644	0.004	6.66	0.24	174
224	[FSR2007] 0923	9	221	0.427	0.010	0.083	0.008	0.585	0.007	42.51	0.19	124
225	Cl Gulliver 18	8	655	-3.191	0.003	-5.665	0.005	0.611	0.004	-8.41	2.10	73
226	Cl Gulliver 24	8	993	-3.082	0.003	-1.197	0.003	0.313	0.003	-52.15	1.32	52
227	Cl Gulliver 25	28	107	0.991	0.001	-4.163	0.003	0.744	0.005	8.25	3.83	37
228	Cl Gulliver 37	8	353	-0.767	0.005	-3.756	0.007	0.649	0.004	-18.42	4.32	12
229	Cl Gulliver 47	17	340	-1.895	0.005	-0.438	0.005	0.479	0.005	50.18	1.27	28
230	Cl Gulliver 51	24	132	-4.979	0.004	-0.231	0.004	0.662	0.004	-57.95	0.42	5
231	Cl Gulliver 54	30	50	-0.492	0.005	-7.228	0.006	0.813	0.006	16.57	0.15	5
232	Cl Gulliver 56	20	326	0.485	0.007	-3.183	0.006	0.440	0.005	15.99	4.42	14
233	Cl Gulliver 8	22	307	0.034	0.001	-3.023	0.007	0.913	0.012	10.75	3.81	40
234	IC 1805	8	804	-0.867	0.004	-0.442	0.005	0.458	0.002	-45.78	0.52	304
235	IC 2488	11	502	-7.74	0.002	5.749	0.002	0.733	0.001	-3.03	0.09	310
236	Koposov 36	19	179	0.758	0.009	-3.665	0.006	0.572	0.005	48.99	0.71	99
237	LP 2139	15	313	0.279	0.005	-4.281	0.003	0.901	0.003	24.19	1.59	221
238	LP 2198	10	223	0.636	0.006	-0.974	0.006	0.818	0.004	42.06	0.29	124
239	LP 658	14	275	-1.497	0.006	1.597	0.005	0.674	0.003	25.65	0.51	178
240	Melotte 101	8	598	-6.308	0.002	3.504	0.002	0.463	0.002	12.02	1.34	34

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
241	NGC 1502	22	541	-0.657	0.008	-0.892	0.008	0.947	0.003	-29.93	3.31	32
242	NGC 1513	14	524	1.307	0.003	-3.700	0.003	0.679	0.002	-14.54	0.24	18
243	NGC 1778	14	479	0.484	0.005	-3.188	0.003	0.585	0.003	-31.55	3.96	17
244	NGC 1960	17	776	-0.213	0.007	-3.417	0.005	0.844	0.003	-11.92	2.07	59
245	NGC 2126	21	302	0.817	0.004	-2.638	0.003	0.762	0.003	-11.63	0.35	45
246	NGC 2244	14	976	-1.742	0.006	0.229	0.005	0.676	0.003	51.98	5.31	40
247	NGC 2311	13	488	-1.516	0.005	0.858	0.004	0.438	0.003	45.72	1.29	14
248	NGC 2318	18	210	-1.754	0.004	-2.142	0.005	0.718	0.004	8.44	0.34	38
249	NGC 2353	9	1562	-1.115	0.004	0.766	0.004	0.815	0.013	65.37	1.13	105
250	NGC 2482	25	384	-4.662	0.002	2.257	0.003	0.737	0.004	35.79	0.78	55
251	NGC 2539	24	880	-2.327	0.002	-0.552	0.002	0.757	0.002	38.76	2.06	144
252	NGC 2567	13	648	-2.984	0.002	2.601	0.003	0.571	0.002	37.89	1.99	70
253	NGC 2670	18	603	-5.324	0.004	3.689	0.004	0.668	0.002	32.89	4.55	20
254	NGC 381	22	543	1.571	0.030	-2.269	0.004	0.854	0.003	-16.76	1.90	47
255	NGC 5138	14	575	-3.618	0.004	-1.389	0.004	0.508	0.005	-9.97	4.03	43
256	NGC 5281	11	1556	-4.647	0.002	-2.236	0.002	0.564	0.004	-25.23	1.10	53
257	NGC 5316	10	1012	-6.36	0.002	-1.498	0.003	0.608	0.006	-18.16	0.25	116
258	NGC 5823	12	1236	-3.693	0.002	-2.447	0.003	0.538	0.002	-48.15	0.96	40
259	NGC 6031	10	1123	-2.206	0.004	-3.081	0.004	0.461	0.007	-47.08	2.96	37
260	NGC 6067	8	1832	-1.961	0.001	-2.586	0.001	0.473	0.001	-36.41	0.31	546
261	NGC 6134	16	1070	2.147	0.002	-4.441	0.002	0.875	0.002	-27.23	0.11	235
262	NGC 6167	10	2171	-0.754	0.002	-2.805	0.001	0.678	0.001	-20.96	0.57	127
263	NGC 6383	25	529	2.502	0.009	-1.710	0.006	0.886	0.006	-4.11	3.51	28
264	NGC 6531	11	634	0.571	0.007	-1.449	0.005	0.801	0.003	15.02	0.59	45
265	NGC 6871	8	4933	-3.05	0.002	-6.321	0.003	0.507	0.001	-7.17	1.31	111
266	NGC 6940	17	777	-1.954	0.001	-9.438	0.002	0.959	0.002	7.55	0.11	174
267	NGC 7082	18	628	-0.286	0.003	-1.194	0.002	0.727	0.002	-12.52	0.45	43
268	NGC 7086	15	1239	-1.667	0.002	-1.655	0.002	0.597	0.002	-20.37	0.42	36
269	NGC 7209	22	373	2.299	0.002	0.266	0.002	0.818	0.002	-18.83	0.12	92
270	NGC 744	14	437	-1.816	0.003	-1.884	0.005	0.733	0.003	-68.85	5.20	37
271	Pismis 27	19	690	-0.148	0.008	-2.109	0.006	0.516	0.005	11.01	2.30	18
272	Roslund 3	14	382	-0.402	0.006	-5.181	0.005	0.569	0.004	-24.81	2.13	11
273	Roslund 7	27	116	1.736	0.004	-0.410	0.005	0.780	0.003	-13.11	0.26	25
274	Teutsch 8	15	583	-3.348	0.008	-6.679	0.009	0.506	0.005	-6.56	4.72	29
275	Tombaugh 5	15	720	0.449	0.003	-2.459	0.003	0.577	0.002	-22.93	0.19	27
276	Trumpler 18	15	915	-7.141	0.006	0.705	0.005	0.651	0.003	-37.53	4.30	47
277	Trumpler 26	26	2344	-0.902	0.005	-3.073	0.004	0.629	0.004	-7.82	1.87	92
278	UBC 141	21	37	-1.015	0.004	0.317	0.004	0.720	0.005	-18.05	0.18	31
279	UBC 169	18	126	-3.928	0.009	-3.338	0.009	0.695	0.005	-30.66	1.13	14
280	UBC 182	23	132	-2.886	0.013	-1.927	0.015	0.607	0.010	-44.04	5.02	28
281	UBC 216	25	139	-0.102	0.007	-0.878	0.006	0.849	0.006	43.79	1.63	30
282	UBC 374	23	767	-0.736	0.005	-3.093	0.006	0.567	0.009	-15.93	0.70	52
283	UBC 417	29	38	-0.781	0.009	-1.602	0.013	0.499	0.007	-33.85	5.71	10
284	UBC 437	29	486	0.239	0.009	-1.901	0.006	0.465	0.010	30.29	2.46	35
285	UBC 53	21	104	0.613	0.009	-2.984	0.007	0.629	0.005	-14.55	0.87	6
286	UBC 54	19	122	3.239	0.006	-3.803	0.005	0.920	0.006	-15.68	0.18	43
287	UBC 57	30	142	3.076	0.011	-2.212	0.008	0.528	0.011	4.67	0.84	11
288	UBC 596	23	237	-2.107	0.008	-1.028	0.008	0.432	0.016	-67.51	3.27	30

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
289	UBC 6	15	165	-4.651	0.002	-4.970	0.002	0.700	0.003	-34.54	0.62	72
290	UBC 61	28	93	2.009	0.012	-2.180	0.008	0.769	0.006	10.85	3.29	22
291	UBC 614	27	243	0.729	0.013	-0.737	0.010	0.518	0.007	7.61	1.78	72
292	UBC 63	25	509	1.058	0.005	-3.615	0.004	0.631	0.003	16.30	2.36	23
293	UBC 77	17	311	0.331	0.012	-1.186	0.009	0.590	0.006	37.86	2.33	45
294	vdBergh 85	18	288	-1.012	0.010	0.339	0.009	0.556	0.006	47.22	6.44	10
295	vdBergh 92	14	870	-4.398	0.004	1.575	0.005	0.870	0.003	26.10	3.35	55
296	Berkeley 44	20	670	-0.057	0.003	-2.871	0.004	0.344	0.005	-10.58	0.51	134
297	Berkeley 79	8	781	-0.072	0.005	-1.537	0.004	0.408	0.004	-16.55	3.43	32
298	Collinder 110	11	1147	-1.097	0.002	-2.045	0.002	0.434	0.002	37.33	0.13	129
299	Collinder 205	24	2189	-4.761	0.005	3.992	0.005	0.537	0.004	42.69	2.18	57
300	Collinder 220	9	678	-7.349	0.004	2.707	0.004	0.394	0.003	6.38	3.93	180
301	Collinder 261	10	3980	-6.364	0.001	-2.682	0.002	0.353	0.001	-25.39	0.04	177
302	Collinder 74	22	298	0.967	0.002	-1.532	0.004	0.367	0.005	20.55	0.08	112
303	Czernik 19	20	336	0.931	0.006	-2.150	0.005	0.401	0.004	9.75	0.51	126
304	Czernik 38	8	932	-1.798	0.003	-5.064	0.005	0.387	0.005	46.02	0.76	348
305	Czernik 6	10	1145	-1.151	0.004	-0.106	0.004	0.294	0.009	-65.78	0.27	146
306	[FSR2007] 0683	23	945	-0.147	0.004	-0.099	0.004	0.338	0.011	-25.70	0.67	91
307	[FSR2007] 0850	16	617	1.23	0.005	-2.519	0.003	0.449	0.004	19.45	0.33	118
308	[FSR2007] 0893	14	520	-0.325	0.006	-3.183	0.005	0.434	0.004	39.01	0.19	144
309	[FSR2007] 0904	17	955	-0.431	0.004	-1.136	0.005	0.468	0.004	35.94	0.22	241
310	[FSR2007] 0935	11	932	-0.027	0.004	-1.090	0.006	0.374	0.004	39.61	0.31	244
311	[FSR2007] 0953	18	459	-0.126	0.006	-2.848	0.005	0.353	0.004	19.23	0.04	172
312	[FSR2007] 0979	17	159	0.201	0.005	-2.491	0.006	0.352	0.008	28.44	0.31	89
313	[FSR2007] 0985	10	423	-0.433	0.008	-0.992	0.007	0.461	0.005	55.05	0.90	127
314	Cl Gulliver 26	19	188	1.845	0.005	-2.838	0.005	0.367	0.005	6.14	0.92	73
315	Cl Gulliver 31	8	3116	-1.587	0.006	-3.210	0.007	0.386	0.003	-19.52	0.37	454
316	IC 1848	8	3068	-0.387	0.003	-0.340	0.003	0.439	0.003	-51.05	0.15	434
317	IC 2581	9	1768	-7.279	0.002	3.597	0.002	0.374	0.002	-3.49	1.06	151
318	Kharchenko 1	9	206	0.052	0.002	-2.015	0.008	0.274	0.010	28.83	0.21	177
319	Koposov 10	10	300	0.52	0.008	-1.696	0.006	0.331	0.007	25.91	0.37	209
320	Koposov 12	9	310	0.647	0.004	-1.748	0.003	0.395	0.004	20.01	0.08	115
321	LP 930	18	309	-0.928	0.004	2.996	0.004	0.409	0.004	89.83	0.09	112
322	NGC 2286	13	432	0.221	0.004	-1.451	0.004	0.418	0.004	33.50	0.08	234
323	NGC 2345	9	739	-1.337	0.002	1.384	0.002	0.364	0.002	58.88	0.56	14
324	NGC 2660	8	980	-2.738	0.002	5.204	0.003	0.336	0.002	24.86	0.26	341
325	NGC 457	11	891	-1.594	0.001	-0.734	0.002	0.330	0.002	-50.72	0.64	300
326	NGC 5617	8	2701	-5.594	0.002	-3.278	0.002	0.411	0.002	-34.00	0.18	222
327	NGC 6005	10	890	-4.037	0.003	-3.821	0.002	0.380	0.002	-28.41	0.31	290
328	NGC 6259	8	1621	-1.046	0.002	-2.889	0.001	0.427	0.001	-33.82	0.11	697
329	NGC 6404	9	640	0.14	0.002	-0.751	0.002	0.358	0.003	7.49	0.95	89
330	NGC 6603	8	780	0.112	0.002	-2.026	0.002	0.335	0.002	14.97	0.21	334
331	NGC 6649	13	981	0.069	0.003	-0.129	0.002	0.479	0.002	-4.48	0.40	276
332	NGC 6819	9	1049	-2.894	0.001	-3.861	0.001	0.377	0.001	2.72	0.03	346
333	NGC 884	8	1296	-0.602	0.001	-1.120	0.001	0.402	0.001	-44.82	0.06	341
334	Ruprecht 119	13	450	-1.371	0.003	-3.392	0.002	0.459	0.003	-42.19	0.35	150
335	Ruprecht 134	9	469	-1.592	0.003	-2.454	0.002	0.394	0.003	-30.79	0.42	282
336	Ruprecht 82	12	401	-6.434	0.004	4.366	0.003	0.436	0.003	5.13	0.26	114

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
337	Stock 8	20	178	0.091	0.008	-2.389	0.006	0.471	0.004	18.05	7.98	32
338	Teutsch 84	8	502	-1.522	0.006	-1.263	0.006	0.455	0.008	-16.56	1.22	255
339	Trumpler 14	8	950	-6.404	0.002	2.059	0.002	0.388	0.002	15.09	0.18	246
340	Trumpler 23	8	633	-4.229	0.002	-4.763	0.002	0.369	0.002	-52.99	0.45	258
341	UBC 188	24	266	-0.812	0.001	-1.510	0.002	0.331	0.005	-117.53	18.15	1
342	UBC 200	14	167	0.3	0.005	-2.495	0.005	0.375	0.004	-0.38	0.68	17
343	UBC 395	13	186	-3.125	0.005	-2.381	0.004	0.349	0.011	-52.74	0.42	85
344	UBC 419	18	155	-0.848	0.007	-0.702	0.008	0.407	0.006	-56.61	0.19	126
345	UBC 421	15	140	-0.099	0.004	-1.096	0.004	0.419	0.005	-48.11	0.18	51
346	UBC 445	17	211	-0.905	0.008	-1.101	0.005	0.383	0.006	85.28	0.31	35
347	UBC 49	24	135	-1.825	0.005	-1.380	0.007	0.385	0.007	-16.52	0.17	51
348	UBC 52	19	102	-0.855	0.009	0.552	0.009	0.424	0.010	-25.20	0.89	34
349	UBC 586	21	230	-3.644	0.009	-4.917	0.006	0.364	0.005	-31.06	0.76	97
350	UBC 587	10	639	-2.91	0.005	-4.688	0.005	0.319	0.006	-31.26	0.31	121
351	UBC 59	12	350	0.595	0.007	-1.972	0.006	0.420	0.006	-32.19	0.57	151
352	UBC 616	18	107	-1.072	0.004	-0.952	0.008	0.327	0.009	69.27	0.42	55
353	UBC 629	23	31	-2.094	0.006	0.030	0.005	0.304	0.015	123.68	0.00	16
354	UBC 68	14	130	-0.537	0.005	-1.630	0.008	0.451	0.006	-11.12	1.01	72
355	UBC 73	16	208	0.453	0.008	-3.183	0.007	0.435	0.004	29.92	0.34	44
356	UBC 74	14	163	1.001	0.006	-2.583	0.006	0.375	0.007	18.92	0.35	95
357	UBC 82	21	121	1.204	0.008	-2.349	0.007	0.425	0.005	12.48	0.21	47
358	UBC 90	16	155	1.235	0.008	-1.377	0.006	0.347	0.006	22.37	1.58	66
359	Pismis 02	7	314	-4.703	0.127	5.382	0.135	0.259	0.069	60.51	0.31	19
360	Pismis 07	11	241	-3.287	0.071	2.830	0.086	0.184	0.030	73.17	0.30	14
361	Pismis 13	8	188	-5.087	0.071	4.668	0.074	0.349	0.046	38.14	5.94	6
362	Pismis 14	12	108	-6.755	0.043	6.152	0.038	0.786	0.055	37.39	1.94	46
363	Cl Berkeley 12	14	155	0.735	0.010	-1.764	0.009	0.300	0.009	-27.01	1.48	55
364	Cl Berkeley 13	10	83	-0.112	0.013	0.542	0.009	0.294	0.005	-28.91	0.23	44
365	Cl Berkeley 14	11	137	1.423	0.016	0.430	0.012	0.314	0.016	21.75	0.52	32
366	Cl Berkeley 22	14	146	0.62	0.012	-0.392	0.011	0.160	0.014	93.15	0.45	34
367	Cl Berkeley 23	15	107	-0.086	0.020	-1.320	0.015	0.318	0.016	---	---	---
368	Cl Berkeley 24	12	105	0.352	0.016	1.212	0.016	0.350	0.017	35.70	0.00	1
369	Cl Berkeley 30	12	228	-0.25	0.013	-0.340	0.015			42.31	1.56	1
370	Cl Berkeley 33	17	350	-0.701	0.017	1.588	0.016			79.67	1.34	10
371	Cl Berkeley 34	19	113	-1.345	0.009	0.289	0.006	0.320	0.012	36.10	0.65	43
372	Cl Berkeley 37	14	118	-1.026	0.012	0.732	0.011	0.297	0.004	72.09	0.00	68
373	Cl Berkeley 5	13	133	-1.497	0.013	0.484	0.014	0.370	0.009	-73.08	0.34	49
374	Cl Berkeley 66	14	159	-0.12	0.007	-0.190	0.008			-48.79	1.45	31
375	Cl Berkeley 68	8	261	2.238	0.006	-1.397	0.004	0.307	0.004	-17.85	0.51	62
376	Cl Berkeley 69	9	113	0.755	0.007	-1.946	0.005	0.300	0.005	8.06	1.22	73
377	Cl Berkeley 72	18	121	0.758	0.028	-0.282	0.018	0.403	0.035	8.52	0.00	65
378	Cl Berkeley 75	19	81	-0.377	0.019	1.428	0.028	0.347	0.023	8.84	0.00	1
379	Cl Berkeley 78	16	91	-0.008	0.017	-1.123	0.015	0.292	0.009	---	---	---
380	Cl Berkeley 81	18	550	-1.21	0.006	-1.850	0.007			-46.51	0.14	98
381	Cl Berkeley 91	19	129	-1.725	0.019	-2.984	0.019	0.357	0.012	-46.51	0.14	41
382	Cl Czernik 24	13	75	0.273	0.009	-2.698	0.013	0.317	0.016	21.64	0.13	66
383	Cl Czernik 27	17	85	-0.345	0.013	-1.311	0.011	0.291	0.006	49.30	0.00	40
384	[D2005c] DC8	17	69	0.666	0.009	-1.064	0.025	0.306	0.007	28.20	0.00	36

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
385	[FSR2007] 0826	15	121	-0.52	0.021	-1.482	0.013	0.275	0.065	18.90	3.95	8
386	[FSR2007] 1025	15	154	-0.197	0.010	-0.323	0.009	0.302	0.007	89.94	0.20	59
387	Cl Haffner 10	9	416	-1.194	0.004	1.535	0.004	0.291	0.002	88.26	0.10	98
388	Cl Haffner 4	11	95	-0.382	0.014	0.819	0.014	0.343	0.011	41.75	0.11	45
389	Juchert 20	17	82	1.132	0.009	-1.702	0.008	0.349	0.010	-7.10	0.00	41
390	Juchert 9	19	77	-0.2	0.022	-0.077	0.020	0.331	0.018	-88.40	0.00	37
391	[KGZ2008] 63	13	158	0.5	0.016	-0.504	0.012	0.304	0.012	9.19	0.31	58
392	NGC 1193	16	137	-0.148	0.017	-0.460	0.014	0.358	0.018	-85.16	0.13	44
393	NGC 1798	11	215	0.829	0.011	-0.373	0.009	0.292	0.005	2.50	0.01	58
394	NGC 1883	14	104	0.363	0.016	-1.139	0.012	0.316	0.015	-19.30	1.07	34
395	NGC 1893	10	208	-0.305	0.006	-1.426	0.004	0.317	0.004	40.18	0.22	108
396	NGC 2192	12	179	0.202	0.006	-1.963	0.005	0.293	0.005	20.75	0.48	65
397	NGC 2262	14	206	0.31	0.006	0.100	0.006	0.300	0.005	65.42	0.20	102
398	NGC 2266	13	178	-0.478	0.005	-1.244	0.004	0.292	0.002	41.65	0.36	107
399	NGC 3105	19	555	-4.226	0.009	2.740	0.008	0.319	0.007	13.74	0.33	172
400	NGC 7044	8	742	-4.95	0.003	-5.567	0.003	0.294	0.002	-48.72	0.05	243
401	NGC 7128	10	193	-4.078	0.006	-4.141	0.005	0.291	0.002	-51.72	0.10	94
402	NGC 7423	14	97	-1.227	0.007	-1.292	0.006	0.292	0.003	-37.85	0.04	68
403	Cl Ruprecht 4	18	138	-0.171	0.014	0.159	0.013	0.291	0.005	22.80	1.72	61
404	Cl Ruprecht 85	13	634	-4.498	0.008	3.162	0.007	0.329	0.008	13.31	1.11	243
405	Cl Ruprecht 96	12	934	-5.587	0.004	0.831	0.004	0.292	0.002	-14.45	0.09	249
406	Cl Ruprecht 97	19	1253	-6.435	0.004	0.526	0.004	0.309	0.003	-4.00	0.38	689
407	SAI 116	13	1306	-7.598	0.004	1.409	0.004	0.294	0.002	-4.85	1.40	18
408	SAI 14	11	146	-1.863	0.008	-0.732	0.010	0.333	0.007	-45.28	1.27	50
409	Skiff J0507+30.8	16	79	0.787	0.027	-0.679	0.016	0.297	0.006	-8.26	0.13	40
410	Teutsch 10	16	181	0.799	0.012	-1.921	0.007	0.330	0.010	1.84	0.48	7
411	Teutsch 11	17	236	0.341	0.012	-0.407	0.010	0.313	0.007	60.20	0.24	131
412	Teutsch 12	16	348	-0.663	0.010	-0.981	0.009	0.289	0.010	37.04	1.08	10
413	Teutsch 2	19	161	0.513	0.011	-1.351	0.007	0.316	0.010	5.12	1.28	62
414	Teutsch 51	18	165	0.549	0.010	-0.310	0.070	0.287	0.012	48.69	0.78	5
415	Cl Tombaugh 2	13	788	-0.512	0.070	1.414	0.007	0.130	0.028	99.34	4.16	20
416	Cl Tombaugh 4	12	472	-1.037	0.145	-0.213	0.008	0.336	0.009	-44.25	0.74	12
417	Cl Trumpler 20	11	1633	-7.112	0.047	0.195	0.053	0.275	0.035	-35.99	1.20	143
418	UBC 176	10	166	-3.547	0.006	-2.229	0.005	0.283	0.036	-24.50	3.40	1
419	UBC 427	12	165	0.948	0.009	-2.268	0.007	0.346	0.006	-14.48	1.23	66
420	UBC 428	12	183	1.242	0.008	-1.407	0.005	0.337	0.007	5.18	0.35	85
421	UBC 430	19	227	0.138	0.007	-1.186	0.006	0.307	0.004	-8.50	0.31	108
422	UBC 433	16	129	0.145	0.012	-0.219	0.008	0.308	0.011	10.86	1.07	60
423	UBC 434	19	178	0.398	0.010	-1.039	0.007	0.302	0.003	43.00	0.08	68
424	UBC 436	11	63	-0.424	0.007	-2.073	0.005	0.292	0.005	8.13	0.54	33
425	UBC 438	15	113	0.132	0.016	-0.463	0.012	0.316	0.010	43.13	1.35	64
426	UBC 440	18	39	-0.905	0.012	1.256	0.010	0.303	0.011	65.92	0.00	18
427	UBC 442	19	55	0.155	0.019	-0.244	0.019	0.290	0.005	43.43	0.26	28
428	UBC 595	8	1439	-1.393	0.003	-0.314	0.003	0.359	0.003	-54.92	2.22	90
429	UBC 607	19	74	-1.14	0.022	-0.390	0.021	0.349	0.030	-51.86	0.75	35
430	UBC 609	14	158	0.434	0.010	-0.802	0.008	0.291	0.002	-25.72	2.69	69
431	UBC 615	9	167	-0.202	0.009	-2.501	0.008	0.404	0.011	18.82	1.28	73
432	UBC 619	12	202	-0.619	0.011	-0.699	0.010	0.353	0.009	60.48	1.44	83

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
433	UBC 622	9	229	-1.1	0.008	0.090	0.007	0.348	0.008	77.00	0.54	66
434	Cl Berkeley 14A	26	99	0.119	0.019	-2.391	0.015	0.355	0.006	10.50	0.00	69
435	Cl Berkeley 32	19	535	-0.324	0.005	-1.576	0.004	0.304	0.003	105.67	0.07	253
436	Cl Berkeley 43	15	439	-1.122	0.007	-3.661	0.006	0.319	0.008	19.13	0.35	242
437	[DB2001] Cl 22	26	470	-2.89	0.010	-4.546	0.010	0.358	0.011	-20.23	0.20	299
438	[FSR2007] 0686	18	470	-1	0.044	-2.524	0.027	0.473	0.034	-31.74	2.57	66
439	[FSR2007] 0811	19	185	0.79	0.009	-2.018	0.006	0.353	0.007	3.20	0.27	115
440	[FSR2007] 0975	26	120	0.191	0.017	-0.810	0.016	0.356	0.015	39.04	0.00	71
441	Cl Gulliver 22	14	29	-1.153	0.040	-4.822	0.023	0.588	0.009	1.77	0.00	28
442	IC 5146	23	152	-2.776	0.014	-2.624	0.015	0.332	0.014	-83.47	0.06	83
443	Kronberger 57	26	332	-3.318	0.009	-4.514	0.011	0.315	0.007	-12.26	3.95	157
444	NGC 1579	18	60	2.502	0.039	-4.788	0.031	0.515	0.020	-11.36	5.33	20
445	Patchick 3	18	121	-1.69	0.004	-1.325	0.003	0.580	0.003	-31.99	0.16	102
446	sigma Orionis	22	118	0.984	0.073	-0.552	0.066			64.02	1.01	16
447	Teutsch 52	21	147	0.288	0.016	-0.438	0.012	0.290	0.004	-4.65	0.00	149
448	Teutsch 7	25	1510	-2.859	0.005	-5.133	0.006	0.374	0.012	1.89	0.16	609
449	UBC 203	22	451	-0.165	0.006	-1.068	0.004	0.330	0.004	42.83	0.23	250
450	UBC 431	22	221	0.249	0.011	-1.267	0.008	0.293	0.004	11.02	1.47	123
451	UBC 610	26	150	0.667	0.013	-2.189	0.012	0.366	0.014	7.63	2.67	25
452	UPK 369	25	122	0.436	0.020	-2.566	0.014	0.435	0.027	7.65	0.00	43
453	King 14	14	350	-3.235	0.004	-1.070	0.004	0.393	0.004	-76.47	3.70	13
454	Stock 14	24	197	-6.435	0.003	0.711	0.003	0.391	0.003	-9.03	9.66	7
455	Stock 20	24	116	-3.216	0.004	-1.212	0.005	0.357	0.004	-76.67	5.12	4
456	Stock 21	24	73	-2.137	0.005	-1.893	0.006	0.479	0.005	-35.72	0.00	1
457	Stock 23	24	27	-4.256	0.011	-0.844	0.012	1.643	0.023	-20.18	2.13	8
458	Stock 24	22	197	-1.375	0.005	-0.026	0.006	0.330	0.004	-54.80	4.23	7
459	Pismis 1	26	90	-2.571	0.005	3.952	0.006	0.180	0.003	60.26	3.67	15
460	Pismis 3	11	401	-4.775	0.002	6.705	0.003	0.437	0.003	30.09	0.23	67
461	Pismis 4	26	81	-8.186	0.007	5.343	0.007	1.459	0.006	---	---	---
462	Pismis 5	10	156	-5.509	0.011	4.297	0.014	1.058	0.011	15.14	3.72	6
463	Pismis 6	21	363	-5.883	0.003	5.125	0.004	0.550	0.004	21.02	4.67	18
464	Pismis 8	21	63	-5.667	0.005	4.973	0.005	0.523	0.004	37.70	0.97	2
465	Pismis 9	11	340	-4.383	0.002	3.021	0.002	0.505	0.002	25.21	0.29	16
466	Pismis 11	17	805	-5.21	0.004	4.013	0.004	0.382	0.003	24.70	3.79	16
467	Pismis 12	11	329	-6.717	0.003	4.891	0.003	0.447	0.003	32.20	0.90	23
468	NGC 3766	7	599	-6.544	0.006	0.988	0.006	0.455	0.029	-17.22	0.20	22
469	King 17	9	59	-0.134	0.005	-1.275	0.005	0.240	0.044	-12.25	0.40	10
470	Berkeley 6	11	117	-0.894	0.004	-0.533	0.004	0.380	0.039	-41.22	2.99	6
471	NGC 2509	15	250	-2.715	0.027	0.805	0.024	0.372	0.042	61.58	0.31	104
472	NGC 7762	16	206	1.504	0.034	4.123	0.035	1.010	0.045	-44.75	0.79	20
473	KGZ36	19	279	0.758	0.009	-3.665	0.006	0.572	0.005	-22.34	0.00	1
474	Chupina 3	44	108	-10.951	0.006	-2.903	0.005	1.163	0.008	33.59	0.41	28
475	Chupina 4	42	76	-10.921	0.019	-2.943	0.014	1.151	0.005	34.27	0.18	14
476	Chupina 5	41	93	-10.982	0.009	-2.862	0.006	1.157	0.006	33.70	0.16	24
477	Dolidze-Dzim 4	40	54	-0.057	0.032	-5.572	0.022	0.748	0.078	37.22	4.66	3
478	Pismis10	35	89	-11.26	0.019	7.702	0.020	0.952	0.057	22.63	3.31	8
479	NGC 7429	41	107	-0.815	0.027	0.196	0.024	0.609	0.034	-38.55	0.00	1
480	NGC 1663	31	103	2.78	0.016	-4.727	0.012	0.749	0.054	40.58	12.04	12

EK-3 Devam

Sıra	Küme	Kmeans	Üye	pmRA	hata	pmDEC	hata	w	hata	RV	hata	RV_N
				(mas yıl^{-1})		(mas yıl^{-1})		(mas)		(km sn^{-1})		
481	Pismis 19	9	1055	-5.551	0.003	-3.336	0.003	0.408	0.002	-34.38	1.37	90
482	Pismis 20	12	1051	-3.884	0.004	-2.909	0.005	0.324	0.002	-39.66	3.22	57
483	Pismis 21	19	740	-4.213	0.003	-3.714	0.003	0.327	0.002	-43.04	2.71	79
484	Pismis 22	18	1058	-3.659	0.006	-4.183	0.005	0.340	0.002	-54.48	3.38	85
485	Stock 18	9	434	-2.663	0.008	-0.648	0.009	0.310	0.004	-65.14	1.27	7
486	Stock 16	9	350	-6.488	0.008	-1.127	0.009	0.326	0.006	-28.75	3.68	7
487	Stock 13	8	77	-5.623	0.018	-2.575	0.019	0.463	0.018	40.08	0.25	2
488	Stock 15	25	75	-6.032	0.007	-0.865	0.007	0.510	0.019	-40.77	0.33	2
489	Stock 3	15	42	-0.109	0.005	-0.843	0.005	0.357	0.007	-21.96	0.00	1
490	Stock 1	38	48	6.185	0.008	0.235	0.011	2.454	0.006	-19.70	0.21	18
491	Stock 2	27	396	15.807	0.001	-13.753	0.002	2.677	0.002	8.09	0.14	273
492	NGC2215	39	810	0.241	0.004	-2.295	0.005	0.474	0.006	26.95	2.54	26
493	NGC2323	18	1395	-0.524	0.003	-0.387	0.003	0.392	0.004	36.22	2.02	54
494	NGC2437	39	254	-0.746	0.006	-1.244	0.007	0.498	0.011	-34.08	7.40	6
495	NGC2447	10	263	-3.195	0.004	4.960	0.005	0.358	0.003	76.53	4.12	7
496	NGC2579	15	1081	-2.377	0.005	1.397	0.006	0.399	0.004	48.59	2.16	25
497	NGC2682	17	264	-2.743	0.011	-0.958	0.008	0.489	0.008	-13.60	6.52	11
498	NGC2925	13	1841	-7.28	0.002	5.155	0.002	0.478	0.002	33.15	1.90	113
499	NGC6250	31	289	5.249	0.021	-2.384	0.016	0.525	0.015	18.50	6.98	18
500	Trumpler10	35	267	-9.718	0.007	6.990	0.008	0.583	0.004	15.11	2.77	8
501	NGC7654	8	1565	-4.016	0.002	-2.190	0.002	0.366	0.002	-47.38	2.50	27
502	Trumpler2	37	315	1.206	0.007	-4.097	0.009	0.553	0.007	-17.70	3.61	15
503	Teutsch7	7	1959	-2.841	0.003	-5.322	0.005	0.372	0.007	3.84	2.08	33
504	NGC6025	10	2695	-3.268	0.003	-3.408	0.003	0.345	0.003	-38.22	3.30	82

Tablo EK.4: Açık kümelerin hesaplanan astrofizik parametreleri. Metal bollukları ve hesaplamalarda kullanılan yıldız sayıları ve kaynakları tablonun son iki sütunda verilmiştir.

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
1	King 01	0.910	0.009	12.886	0.020	1731	16	2700	300	0.096	0.026	3	2021A&A...652A..25C
2	King 02	0.512	0.024	14.919	0.047	6209	138	4400	500	-0.360	0.010	1	2020AJ....159..199D
3	King 05	0.909	0.045	13.396	0.086	2191	88	1400	400	-0.140	0.010	5	2020AJ....159..199D
4	King 07	1.832	0.020	16.271	0.041	3731	70	135	15	-0.130	0.050	6	2020AJ....159..199D
5	King 08	0.737	0.019	14.721	0.038	4673	83	1150	50	-0.320	0.050	4	2020A&A...640A.127Z
6	King 12	0.765	0.016	13.739	0.033	2903	44	20	5	0.390	0.010	1	2020AJ....159..199D
7	King 15	0.792	0.010	14.085	0.022	3327	33	350	50	-0.032	0.055	2	2021MNRAS.503.3279S
8	NGC 1664	0.264	0.025	11.044	0.111	1289	47	675	50	-0.060	0.020	11	2022A&A...668A...4F
9	NGC 6939	0.529	0.035	12.158	0.088	1716	87	1500	200	0.130	0.050	1	2016A&A...585A.150N
10	Berkeley 09	1.288	0.030	13.941	0.059	2034	56	1350	100	-0.090	0.060	3	2020AJ....159..199D
11	Berkeley 17	0.718	0.059	13.816	0.113	3132	166	7700	500	-0.160	0.020	7	2020AJ....159..199D
12	Berkeley 18	0.689	0.040	14.933	0.078	5370	196	3900	300	-0.390	0.110	1	2016A&A...585A.150N
13	Berkeley 19	0.576	0.036	14.809	0.069	5587	182	2250	100	-0.320	0.010	1	2020AJ....159..199D
14	Berkeley 20	0.208	0.042	15.086	0.082	8706	333	4900	300	-0.380	0.040	6	2022AJ....163..195R
15	Berkeley 21	0.778	0.044	15.647	0.085	6912	276	2700	200	-0.210	0.100	2	2016ApJ...824...75O
16	Berkeley 25	0.464	0.044	15.279	0.085	7638	305	4200	400	-0.200	0.040	6	2022MNRAS.509..421N
17	Berkeley 29	0.153	0.046	16.029	0.089	14086	587	3300	200	-0.360	0.070	6	2022A&A...666A.121R
18	Berkeley 31	0.230	0.033	14.733	0.065	7261	221	3200	200	-0.450	0.010	1	2020AJ....159..199D
19	Berkeley 39	0.211	0.024	13.584	0.047	4347	96	5500	200	-0.230	0.050	11	2016A&A...585A.150N
20	Berkeley 53	1.980	0.098	12.560	0.059	3400	92	1000	100	-0.080	0.020	6	2020AJ....159..199D
21	Berkeley 67	1.192	0.015	13.683	0.182	2008	22	1300	100	-0.348	0.061	5	2020A&A...640A.127Z
22	Berkeley 70	0.687	0.030	14.709	0.058	4851	133	2600	200	-0.336	0.177	2	2020A&A...640A.127Z
23	Berkeley 71	1.325	0.032	14.759	0.062	2872	84	850	100	-0.230	0.040	6	2022MNRAS.509..421N
24	Berkeley 73	0.367	0.042	14.695	0.081	6342	243	1850	200	-0.230	0.060	2	2022MNRAS.509..421N
25	Berkeley 98	0.243	0.007	13.238	0.016	3606	27	3000	200	0.000	0.010	2	2020AJ....159..199D
26	Czernik 12	0.480	0.034	12.161	0.065	1792	55	1300	50	-0.190	0.120	5	2022A&A...668A...4F
27	Czernik 18	0.724	0.019	11.746	0.038	1201	21	520	50	-0.070	0.020	1	2020AJ....159..199D
28	Czernik 20	0.651	0.026	13.756	0.051	3226	77	1900	200	-0.160	0.030	7	2020AJ....159..199D
29	Czernik 21	1.184	0.053	15.108	0.102	3807	182	2650	250	-0.320	0.010	2	2020AJ....159..199D
30	Czernik 23	0.765	0.029	14.338	0.057	3825	101	180	20	-0.280	0.010	1	2020AJ....159..199D
31	Czernik 30	0.386	0.039	14.881	0.075	6798	239	2700	300	-0.400	0.010	2	2020AJ....159..199D
32	IC 1369	1.111	0.035	14.489	0.068	3048	97	300	10	-0.080	0.030	3	2020AJ....159..199D
33	IC 0166	1.051	0.035	15.365	0.067	4802	152	1500	200	-0.100	0.030	18	2020AJ....159..199D
34	Melotte 66	0.205	0.030	13.678	0.058	4562	125	4200	400	-0.330	0.030	6	2022MNRAS.509..421N
35	Melotte 71	0.110	0.015	11.799	0.031	2084	30	1400	150	-0.130	0.020	4	2020AJ....159..199D
36	NGC 1245	0.294	0.019	12.726	0.038	2726	49	1250	150	-0.080	0.020	24	2020AJ....159..199D
37	NGC 1817	0.262	0.021	11.538	0.043	1622	32	1100	100	-0.100	0.030	4	2022MNRAS.509..421N
38	NGC 1857	0.660	0.031	13.428	0.061	2753	78	270	30	-0.174	0.034	2	2021MNRAS.503.3279S
39	NGC 188	0.057	0.011	11.410	0.024	1823	20	6600	200	0.090	0.020	14	2020AJ....159..199D
40	NGC 1907	0.529	0.016	12.109	0.034	1678	26	590	20	-0.080	0.010	3	2020AJ....159..199D
41	NGC 1912	0.231	0.012	10.399	0.027	986	12	590	60	-0.140	0.010	1	2020AJ....159..199D
42	NGC 2099	0.286	0.011	11.213	0.024	1368	15	620	100	0.020	0.050	3	2022MNRAS.509..421N
43	NGC 2112	0.742	0.013	11.702	0.028	1159	15	2300	250	0.140	0.070	3	2022MNRAS.509..421N
44	NGC 2158	0.532	0.039	14.108	0.076	4201	150	2200	250	-0.210	0.020	18	2020AJ....159..199D
45	NGC 2168	0.302	0.019	10.070	0.038	797	14	150	20	-0.180	0.120	9	2022MNRAS.509..421N
46	NGC 2194	0.623	0.041	13.675	0.079	3184	118	640	70	-0.090	0.000	2	2022MNRAS.509..421N
47	NGC 2204	0.069	0.022	13.253	0.043	4215	86	2000	200	-0.260	0.020	12	2020AJ....159..199D
48	NGC 2243	0.072	0.024	12.968	0.048	3688	82	4000	400	-0.460	0.030	8	2020AJ....159..199D
49	NGC 2251	0.339	0.020	11.354	0.040	1395	26	310	10	-0.090	0.050	1	2022MNRAS.509..421N
50	NGC 2304	0.068	0.036	13.141	0.070	4007	131	850	50	-0.120	0.020	2	2020AJ....159..199D
51	NGC 2324	0.216	0.038	13.505	0.074	4174	145	710	50	-0.190	0.020	4	2020AJ....159..199D
52	NGC 2354	0.169	0.012	10.932	0.026	1329	16	1550	100	-0.180	0.020	2	2022MNRAS.509..421N
53	NGC 2355	0.207	0.015	11.759	0.031	1882	27	1000	100	-0.140	0.010	1	2020AJ....159..199D
54	NGC 2360	0.085	0.009	10.307	0.020	1071	10	1200	50	-0.020	0.070	8	2022MNRAS.509..421N
55	NGC 2420	0.035	0.026	12.131	0.051	2589	62	2350	250	-0.190	0.030	15	2020AJ....159..199D
56	NGC 2423	0.061	0.008	9.848	0.017	885	7	1100	100	0.080	0.050	3	2022MNRAS.509..421N
57	NGC 2425	0.409	0.026	13.423	0.051	3406	81	2650	200	-0.150	0.080	4	2022MNRAS.509..421N

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
58	NGC 2447	0.018	0.012	10.057	0.026	1011	12	640	50	-0.080	0.010	3	2020AJ....159..199D
59	NGC 2477	0.306	0.013	11.232	0.026	1356	17	1100	100	0.070	0.040	4	2022MNRAS.509..421N
60	NGC 2479	0.051	0.014	10.988	0.029	1509	20	1200	100	-0.030	0.010	1	2020AJ....159..199D
61	NGC 2506	0.027	0.019	12.716	0.039	3414	61	2100	200	-0.220	0.040	5	2022MNRAS.509..421N
62	IC 2714	0.506	0.040	11.581	0.048	1341	127	359	50	0.020	0.060	4	2022MNRAS.509..421N
63	NGC 2141	0.409	0.040	14.048	0.508	4541	122	1900	100	-0.180	0.020	16	2022A&A...668A...4F
64	NGC 5822	0.120	0.028	9.826	0.569	832	97	900	50	0.080	0.080	7	2016A&A...585A.150N
65	Pismis 15	0.753	0.043	13.060	0.100	2144	79	1500	100	0.040	0.040	333	2022A&A...666A.121R
66	Pismis 18	0.744	0.055	12.985	0.079	2088	65	800	50	0.140	0.040	142	2022A&A...666A.121R
67	NGC 1605	1.184	0.076	14.602	0.099	3054	243	400	50	-0.042	0.373	2	2020A&A...640A.127Z
68	Collinder 69	0.106	0.048	8.155	0.090	390	17	10	3	-0.113	0.092	36	2021MNRAS.503.3279S
69	Collinder 256	0.002	0.046	4.810	0.082	91	4	630	60	-0.002	0.036	13	2021MNRAS.503.3279S
70	Collinder 140	0.012	0.020	8.012	0.037	396	7	40	8	0.011	0.045	1	2021MNRAS.504..356D
71	Collinder 197	0.983	0.075	11.728	0.142	954	64	10	5	0.065	0.198	1	2021MNRAS.504..356D
72	Collinder 350	0.477	0.035	8.692	0.072	364	12	540	80	-0.096	0.108	31	2020A&A...640A.127Z
73	Collinder 359	0.190	0.038	9.022	0.077	542	19	28	8	-0.034	0.012	1	2021MNRAS.503.3279S
74	Cl Gulliver 10	0.257	0.047	9.228	0.090	562	24	9	5	0.134	0.106	1	2021MNRAS.504..356D
75	Cl Gulliver 9	0.013	0.025	8.754	0.050	504	12	20	1	-0.038	0.067	1	2021MNRAS.504..356D
76	Cl Gulliver 20	0.851	0.038	10.461	0.073	595	15	1000	100	-0.097	0.018	2	2020A&A...640A.127Z
77	Collinder 394	0.262	0.051	9.842	0.098	743	34	160	20	0.152	0.072	1	2021MNRAS.504..356D
78	Collinder 463	0.390	0.037	10.417	0.071	867	29	150	20	0.195	0.049	1	2021MNRAS.504..356D
79	Cl Gulliver 6	0.087	0.005	8.318	0.011	428	2	10	5	-0.098	0.058	21	2021MNRAS.503.3279S
80	Cl Gulliver 28	0.695	0.051	10.410	0.098	665	31	435	40	0.152	0.126	1	2021MNRAS.504..356D
81	NGC 7063	0.147	0.038	9.360	0.073	656	23	130	10	-0.072	0.040	4	2020A&A...640A.127Z
82	NGC 2184	0.256	0.056	9.322	0.106	587	30	850	30	-0.129	0.070	24	2020A&A...640A.127Z
83	NGC 6997	0.869	0.058	11.555	0.109	971	45	550	50	0.096	0.015	6	2021A&A...652A..25C
84	NGC 7243	0.272	0.042	10.229	0.082	880	34	500	50	-0.059	0.010	3	2020A&A...640A.127Z
85	NGC 1901	0.163	0.026	8.440	0.051	424	10	600	50	-0.145	0.039	5	2021MNRAS.503.3279S
86	NGC 6281	0.115	0.109	8.803	0.198	522	50	500	50	-0.050	0.010	2	2021A&A...652A..25C
87	Ferrero 11	0.303	0.050	10.117	0.097	814	37	350	30	-0.178	0.070	5	2020A&A...640A.127Z
88	NGC 752	0.044	0.013	8.342	0.030	449	6	1450	200	-0.050	0.006	7	2021A&A...652A..25C
89	NGC 1582	0.460	0.053	10.863	0.102	1003	48	150	20	-0.081	0.080	7	2020A&A...640A.127Z
90	NGC 1662	0.275	0.048	8.582	0.093	411	18	850	50	-0.070	0.000	1	2021A&A...652A..25C
91	NGC 1980	0.089	0.055	8.123	0.101	384	11	9	1	-0.070	0.092	7	2021MNRAS.503.3279S
92	NGC 3532	0.017	0.013	8.404	0.025	472	6	385	50	-0.100	0.070	6	2019A&A...628A..54K
93	NGC 6633	0.160	0.035	8.237	0.066	387	12	750	50	-0.040	0.005	4	2021A&A...652A..25C
94	NGC 6991	0.058	0.009	8.858	0.018	562	5	1450	150	0.003	0.023	6	2019MNRAS.490.1821C
95	NGC 7058	0.044	0.039	7.965	0.072	377	13	60	5	0.120	0.040	4	2019A&A...623A..80C
96	Harvard 10	0.215	0.044	9.591	0.087	689	28	110	10	-0.040	0.140	4	2022AJ....163..195R
97	Lynga 2	0.351	0.061	10.606	0.114	978	53	120	15	0.060	0.160	3	2022AJ....163..195R
98	NGC 1758	0.440	0.047	10.576	0.091	894	38	550	50	-0.023	0.072	10	2020A&A...640A.127Z
99	NGC 2301	0.092	0.047	9.912	0.092	888	38	180	20	-0.050	0.050	12	2020A&A...640A.127Z
100	NGC 2516	0.137	0.036	8.335	0.067	413	13	170	10	-0.070	0.025	2	2021MNRAS.503.3279S
101	NGC 2548	0.007	0.042	9.403	0.082	755	29	500	50	0.009	0.057	3	2021MNRAS.503.3279S
102	Ruprecht 145	0.251	0.028	9.363	0.056	601	16	900	150	0.007	0.052	2	2021MNRAS.503.3279S
103	COIN-Gaia 25	0.185	0.100	9.929	0.184	826	73	500	50	0.007	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
104	NGC 2627	0.080	0.025	11.202	0.490	1624	37	2400	300	-0.110	0.050	5	2022MNRAS.509..421N
105	NGC 3960	0.410	0.039	12.473	0.076	2197	78	900	100	-0.030	0.090	5	2022MNRAS.509..421N
106	NGC 7142	0.459	0.040	12.478	0.078	2112	77	3500	300	0.110	0.040	4	2022MNRAS.509..421N
107	NGC 6791	0.159	0.031	13.611	0.061	4603	130	6300	600	0.350	0.040	36	2022MNRAS.509..421N
108	NGC 6866	0.133	0.031	10.916	0.059	1360	38	750	100	0.040	0.010	2	2019A&A...623A..80C
109	NGC 7062	0.524	0.048	12.435	0.092	1958	85	800	100	0.040	0.010	1	2019A&A...623A..80C
110	NGC 7245	0.467	0.029	13.196	0.057	2919	77	650	50	-0.150	0.500	5	2022MNRAS.509..421N
111	NGC 7789	0.330	0.023	12.077	0.046	1961	42	1800	200	0.010	0.020	17	2022MNRAS.509..421N
112	Ruprecht 1	0.196	0.052	11.197	0.100	1467	69	600	50	-0.050	0.050	1	2022MNRAS.509..421N
113	Ruprecht 170	1.150	0.055	11.680	0.111	2100	78	60	10	0.085	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
114	Ruprecht 171	0.349	0.061	11.616	0.116	1560	86	2900	700	0.048	0.057	20	2021MNRAS.504..356D

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
115	Ruprecht 174	0.644	0.058	12.628	0.110	1930	101	800	100	-0.031	0.123	1	2021MNRAS.504..356D
116	Trumpler 5	0.779	0.055	13.504	0.105	2574	127	4150	200	-0.463	0.050	20	2022A&A...668A...4F
117	Trumpler 20	0.396	0.048	13.630	0.092	3508	152	1950	200	0.180	0.030	8	2022MNRAS.509..421N
118	Trumpler 32	0.955	0.028	12.712	0.055	1537	39	1050	100	-0.008	0.093	6	2021MNRAS.504..356D
119	Saurer 1	0.382	0.046	16.368	0.088	13527	564	9800	100	-0.420	0.010	1	2022MNRAS.509..421N
120	CL VDBH 211	1.291	0.090	14.236	0.166	2324	185	350	50	0.210	0.020	2	2022MNRAS.509..421N
121	SAI 16	1.223	0.040	15.188	0.077	3819	138	1900	300	-0.280	0.010	1	2022MNRAS.509..421N
122	NGC 6705	0.503	0.039	12.465	0.076	2021	72	350	50	0.120	0.040	12	2022MNRAS.509..421N
123	NGC 6583	0.693	0.050	12.823	0.095	2025	91	1150	100	-0.020	0.100	4	2022MNRAS.509..421N
124	NGC 6253	0.253	0.038	11.527	0.075	1626	57	3850	200	0.360	0.110	10	2022MNRAS.509..421N
125	NGC 6192	0.583	0.023	11.934	0.047	1478	32	590	60	0.120	0.070	3	2022MNRAS.509..421N
126	NGC 4815	1.038	0.043	14.496	0.083	3255	127	380	50	0.070	0.050	3	2022MNRAS.509..421N
127	NGC 4349	0.476	0.034	12.221	0.065	1848	57	330	50	-0.090	0.060	2	2022MNRAS.509..421N
128	NGC 4337	0.397	0.036	12.648	0.072	2409	80	1500	150	0.240	0.030	7	2022MNRAS.509..421N
129	Waterloo 1	1.297	0.055	15.396	0.105	3945	195	15	1	-0.178	0.090	2	2022A&A...668A...4F
130	[FSR2007] 0306	1.328	0.070	14.766	0.131	2873	180	560	50	0.210	0.010	1	2019A&A...623A..80C
131	[FSR2007] 0336	1.375	0.064	14.769	0.120	2764	158	80	10	0.150	0.007	1	2021MNRAS.503.3279S
132	[FSR2007] 0494	1.135	0.047	14.812	0.090	3464	146	950	150	-0.010	0.010	1	2022MNRAS.509..421N
133	[FSR2007] 0496	0.941	0.014	11.731	0.028	990	13	3300	350	-0.096	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
134	[FSR2007] 0667	0.428	0.039	10.968	0.075	1082	38	950	150	-0.020	0.010	1	2022MNRAS.509..421N
135	[FSR2007] 0716	0.440	0.030	13.526	0.058	3477	95	1250	100	-0.400	0.010	1	2022MNRAS.509..421N
136	[FSR2007] 0883	0.949	0.051	14.063	0.097	2877	132	140	20	-0.190	0.010	2	2019A&A...623A..80C
137	[FSR2007] 0941	1.053	0.062	14.978	0.118	4012	223	470	50	-0.230	0.010	1	2019A&A...623A..80C
138	[FSR2007] 1063	1.104	0.049	14.079	0.094	2539	112	100	20	-0.120	0.010	1	2019A&A...623A..80C
139	VVVCL006	1.423	0.053	15.624	0.102	3934	188	110	10	0.010	2.000	1	2020AJ....159..199D
140	[FSR2007]0951	0.396	0.047	11.807	0.090	1636	70	650	50	-0.007	0.014	2	2022A&A...663A.148C
141	NGC 6802	1.042	0.067	13.476	0.126	2028	121	900	150	0.140	0.400	197	2022A&A...666A.121R
142	NGC 1027	0.520	0.028	11.124	0.055	1074	28	190	10	-0.207	0.100	1	2022A&A...663A.148C
143	Ruprecht 148	1.012	0.051	14.640	0.098	3556	164	55	10	0.030	0.010	1	2019A&A...623A..80C
144	Teutsch 1	0.954	0.054	15.065	0.103	4546	221	30	5	-0.210	0.200	1	2019A&A...623A..80C
145	Ferrero 1	0.122	0.054	9.974	0.105	890	44	235	10	0.087	0.068	1	2021MNRAS.504..356D
146	Pozzo 1	0.110	0.027	7.916	0.052	348	9	20	1	-0.069	0.064	1	2021MNRAS.504..356D
147	Alessi 6	0.561	0.021	11.114	0.040	881	17	600	60	0.148	0.131	1	2021MNRAS.504..356D
148	Alessi 43	0.306	0.054	10.448	0.102	945	46	9	1	-0.051	0.080	1	2021MNRAS.504..356D
149	Alessi Teutsch 5	0.428	0.043	10.527	0.084	883	35	15	1	-0.053	0.096	1	2021MNRAS.504..356D
150	Alessi Teutsch 8	0.190	0.043	10.390	0.082	1017	39	150	10	0.154	0.077	1	2021MNRAS.504..356D
151	IC 1396	0.743	0.044	11.168	0.084	905	36	5	1	-0.023	0.107	1	2021MNRAS.504..356D
152	IC 2395	0.110	0.036	9.476	0.069	715	23	14	6	-0.007	0.060	1	2021MNRAS.504..356D
153	IC 4651	0.065	0.036	9.982	0.071	938	31	2000	100	0.120	0.039	1	2021MNRAS.504..356D
154	IC 4665	0.231	0.038	8.193	0.072	357	12	35	5	-0.034	0.078	13	2021MNRAS.503.3279S
155	IC 4725	0.526	0.080	10.093	0.152	665	48	100	5	0.169	0.051	1	2021MNRAS.504..356D
156	IC 4756	0.140	0.053	8.654	0.102	477	23	1200	100	-0.063	0.006	9	2021A&A...652A..25C
157	Roslund 5	0.113	0.032	8.947	0.062	559	16	95	5	0.107	0.051	1	2021MNRAS.504..356D
158	Roslund 6	0.054	0.047	7.884	0.087	360	15	100	5	-0.010	0.010	32	2020A&A...640A.127Z
159	RSG 5	0.019	0.038	7.810	0.072	359	12	43	6	0.065	0.009	13	2020A&A...640A.127Z
160	RSG 7	0.205	0.028	8.637	0.054	448	11	105	5	0.008	0.006	4	2020A&A...640A.127Z
161	RSG 8	0.161	0.028	8.714	0.055	482	12	30	8	0.009	0.010	1	2021MNRAS.503.3279S
162	[FSR2007] 0494	1.135	0.047	14.812	0.090	3464	146	950	50	-0.010	0.010	4	2022MNRAS.509..421N
163	[FSR2007] 1113	0.129	0.045	13.216	0.087	3937	161	2700	200	-0.300	0.010	1	2022MNRAS.509..421N
164	ASCC 10	0.263	0.060	9.600	0.115	664	36	130	10	-0.023	0.020	22	2020A&A...640A.127Z
165	ASCC 11	0.223	0.041	9.952	0.080	808	30	150	10	-0.162	0.170	26	2020A&A...640A.127Z
166	ASCC 16	0.122	0.038	7.992	0.070	357	12	12	1	-0.100	0.060	19	2021MNRAS.503.3279S
167	ASCC 19	0.061	0.040	7.880	0.075	357	131	9	1	-0.059	0.049	21	2021MNRAS.503.3279S
168	ASCC 21	0.112	0.041	8.024	0.084	366	14	8	1	-0.130	0.070	1	2019A&A...623A..80C
169	NGC 129	0.725	0.035	12.514	0.068	1709	54	80	10	-0.200	0.050	1	2019A&A...623A..80C
170	NGC 1333	1.340	0.086	9.845	0.163	295	23	10	5	-0.040	0.010	40	2019A&A...623A..80C
171	NGC 136	0.888	0.043	14.899	0.083	4457	174	290	20	-0.220	0.010	1	2019A&A...623A..80C

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
172	UBC 143	0.348	0.036	11.134	0.070	1251	41	460	50	0.008	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
173	UBC 199	0.441	0.023	10.976	0.046	1074	23	1350	50	-0.110	0.022	2	2021MNRAS.503.3279S
174	UBC 212	0.543	0.051	13.147	0.098	2674	123	1050	150	-0.227	0.032	2	2021MNRAS.503.3279S
175	UBC 623	0.038	0.037	12.117	0.072	2566	86	1900	100	-0.247	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
176	[FSR2007] 1595	0.766	0.057	15.076	0.108	5368	275	950	50	0.128	0.009	1	2021MNRAS.503.3279S
177	[FSR2007] 1083	0.190	0.044	13.797	0.085	4882	195	2250	50	-0.256	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
178	[FSR2007] 0942	0.847	0.053	14.250	0.101	3423	164	730	100	-0.276	0.010	1	2021MNRAS.503.3279S
179	ESO 092 05	0.174	0.050	15.786	0.096	12371	559	4450	450	-0.290	0.060	121	2022A&A...666A.121R
180	NGC 3293	0.418	0.058	13.059	0.110	2858	149	11	1	0.020	0.010	2	2022A&A...666A.121R
181	Collinder 106	0.393	0.088	11.580	0.164	1478	116	10	1	-0.260	0.004	2	2013ApJ...777L...1F
182	[FSR2007] 498	0.612	0.033	13.111	0.064	2479	74	55	5	-0.340	0.002	1	2013ApJ...777L...1F
183	NGC 2234	0.553	0.045	14.627	0.087	5241	214	1750	200	-0.330	0.002	1	2013ApJ...777L...1F
184	[FSR2007] 660	1.721	0.058	16.356	0.110	4266	222	1250	100	-0.490	0.040	1	2013ApJ...777L...1F
185	[FSR2007] 542	1.556	0.051	15.582	0.097	3442	157	15	10	-0.230	0.001	1	2020AJ....159..199D
186	Chupina1	0.910	0.013	13.207	0.027	2006	25	33	5	0.320	0.020	2	2020AJ....159..199D
187	NGC 2202	0.369	0.055	14.640	0.105	6174	306	2250	300	-0.140	0.010	1	2020AJ....159..199D
188	[FSR2007] 0687	2.122	0.060	17.115	0.114	4291	231	10	1	-0.150	0.020	1	2020AJ....159..199D
189	NGC 6811	0.028	0.022	10.206	0.043	1073	22	1100	50	-0.050	0.020	4	2020AJ....159..199D
190	[FSR2007] 852	0.660	0.048	13.418	0.092	2740	118	300	50	-0.310	0.010	1	2020AJ....159..199D
191	NGC 2264	0.253	0.098	10.091	0.191	839	75	5	1	-0.300	0.151	4	2021MNRAS.503.3279S
192	L1641S	0.888	0.098	10.273	0.179	529	46	13	1	-0.050	0.050	11	2020AJ....159..199D
193	Briceno1	0.122	0.038	7.992	0.070	357	12	12	1	-0.060	0.060	30	2020AJ....159..199D
194	Lynga1	0.549	0.049	12.498	0.092	1972	86	130	10	-0.010	0.190	2	2022AJ....163..195R
195	M67	0.017	0.007	9.752	0.017	879	7	510	200	0.001	0.056	128	2021MNRAS.503.3279S
196	NGC 7762	1.073	0.024	11.837	0.041	911	31	2000	100	-0.051	0.010	5	2020AJ....159..199D
197	NGC3680	0.016	0.005	10.181	0.201	1072	104	2200	200	0.000	0.050	1	2022MNRAS.509..421N
198	Coin Gaia 2	0.220	0.017	10.633	0.034	1108	18	730	10	0.038	0.021	2	2022A&A...663A.148C
199	Coin Gaia 6	0.675	0.034	13.553	0.067	2879	89	500	10	-0.500	0.010	1	2022A&A...663A.148C
200	Alessi 44	0.460	0.032	9.873	0.065	636	19	60	5	0.043	0.050	1	2022A&A...663A.148C
201	Alessi 62	0.233	0.017	9.377	0.036	615	10	1050	100	0.103	0.042	2	2022A&A...663A.148C
202	ASCC 23	0.068	0.026	9.074	0.053	616	15	280	20	-0.017	0.060	1	2022A&A...663A.148C
203	NGC 1647	0.338	0.053	9.348	0.099	554	26	435	10	-0.057	0.028	2	2022A&A...663A.148C
204	NGC 1750	0.343	0.053	9.781	0.102	674	32	300	10	-0.063	0.115	29	2020A&A...640A.127Z
205	NGC 2186	0.355	0.044	12.513	0.084	2346	93	270	30	0.043	0.060	1	2022A&A...663A.148C
206	NGC 2281	0.009	0.038	9.457	0.057	773	27	170	10	0.023	0.184	2	2022A&A...663A.148C
207	Biurakan 2	0.571	0.063	12.399	0.118	1849	104	10	1	0.260	0.026	1	2022A&A...668A...4F
208	COIN-Gaia 22	0.520	0.050	12.263	0.096	1815	82	270	10	-0.263	0.255	1	2022A&A...668A...4F
209	COIN-Gaia 26	0.794	0.041	12.337	0.080	1485	55	130	10	-0.110	0.038	9	2022A&A...668A...4F
210	COIN-Gaia 27	0.593	0.036	10.988	0.069	952	31	710	10	-0.033	0.079	3	2022A&A...668A...4F
211	COIN-Gaia 28	0.363	0.065	11.705	0.123	1606	94	59	1	-0.135	0.057	3	2022A&A...668A...4F
212	COIN-Gaia 41	0.901	0.062	12.959	0.118	1804	100	360	10	-0.142	0.071	5	2022A&A...668A...4F
213	Collinder 107	0.613	0.086	12.162	0.161	1600	123	55	1	-0.280	0.178	1	2022A&A...668A...4F
214	Collinder 115	0.465	0.056	12.364	0.106	1993	100	100	10	-0.170	0.191	1	2022A&A...668A...4F
215	Collinder 258	0.344	0.055	11.175	0.104	1279	63	110	10	-0.030	0.190	2	2022AJ....163..195R
216	Collinder 421	1.047	0.064	12.352	0.121	1203	69	120	10	-0.025	0.037	2	2022A&A...668A...4F
217	Dolidze 16	0.541	0.053	11.632	0.100	1333	63	52	1	-0.218	0.046	5	2022A&A...668A...4F
218	[FSR2007] 0241	0.393	0.056	12.266	0.107	2027	102	1350	50	0.040	0.015	5	2022A&A...668A...4F
219	[FSR2007] 0278	0.299	0.028	11.744	0.055	1727	45	2150	100	0.082	0.028	1	2022A&A...668A...4F
220	[FSR2007] 0728	1.084	0.054	13.377	0.103	1869	91	250	10	-0.173	0.180	1	2022A&A...668A...4F
221	[FSR2007] 0771	1.082	0.038	13.036	0.073	1600	55	290	10	0.015	0.081	5	2022A&A...668A...4F
222	[FSR2007] 0866	0.160	0.041	10.857	0.080	1294	48	2800	100	-0.208	0.015	2	2022A&A...668A...4F
223	[FSR2007] 0905	0.321	0.047	11.522	0.090	1530	65	350	10	-0.129	0.013	13	2022A&A...668A...4F
224	[FSR2007] 0923	1.101	0.104	13.200	0.190	1697	156	950	50	-0.110	0.044	3	2022A&A...668A...4F
225	Cl Gulliver 18	0.981	0.056	12.891	0.106	1632	82	43	2	-0.100	0.050	1	2021A&A...654A..77Z
226	Cl Gulliver 24	0.562	0.031	13.442	0.061	3013	86	190	10	-0.100	0.050	1	2021A&A...654A..77Z
227	Cl Gulliver 25	0.441	0.036	11.460	0.070	1342	44	370	10	-0.020	0.181	3	2022A&A...668A...4F
228	Cl Gulliver 37	0.705	0.038	12.198	0.074	1503	52	230	10	0.100	0.050	1	2021A&A...654A..77Z

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
229	Cl Gulliver 47	0.176	0.045	11.897	0.087	2060	84	360	20	-0.053	0.191	1	2022A&A...668A...4F
230	Cl Gulliver 51	0.787	0.026	12.369	0.051	1516	36	370	20	-0.030	0.080	2	2020A&A...643A..12C
231	Cl Gulliver 54	0.361	0.032	11.115	0.063	1226	36	280	10	-0.059	0.028	4	2022A&A...668A...4F
232	Cl Gulliver 56	0.376	0.043	12.316	0.084	2105	82	370	20	-0.185	0.178	2	2022A&A...668A...4F
233	Cl Gulliver 8	0.365	0.053	10.884	0.099	1098	52	19	1	-0.150	0.056	3	2022A&A...668A...4F
234	IC 1805	1.043	0.054	13.450	0.103	2002	97	8	1	0.320	0.010	1	2019A&A...623A..80C
235	IC 2488	0.346	0.031	11.228	0.062	1309	37	160	10	0.060	0.160	3	2022AJ....163..195R
236	Koposov 36	1.000	0.059	13.229	0.111	1876	99	530	10	0.048	0.189	1	2022A&A...668A...4F
237	LP 2139	0.817	0.041	11.745	0.078	1108	41	250	10	-0.172	0.033	30	2022A&A...668A...4F
238	LP 2198	0.111	0.060	10.607	0.114	1202	65	2050	100	0.252	0.151	2	2022A&A...668A...4F
239	LP 658	0.321	0.047	11.450	0.090	1480	63	1300	50	-0.316	0.077	1	2022A&A...668A...4F
240	Melotte 101	0.481	0.044	12.432	0.085	2029	81	90	10	-0.015	0.043	1	2021MNRAS.503.3279S
241	NGC 1502	1.006	0.055	11.979	0.106	1050	52	10	1	0.030	0.044	5	2022A&A...668A...4F
242	NGC 1513	0.870	0.038	12.456	0.075	1470	51	220	10	0.026	0.146	1	2022A&A...668A...4F
243	NGC 1778	0.600	0.034	12.272	0.066	1701	53	150	10	-0.177	0.077	3	2022A&A...668A...4F
244	NGC 1960	0.354	0.058	11.013	0.110	1177	61	26	1	-0.092	0.025	21	2022A&A...668A...4F
245	NGC 2126	0.287	0.040	11.131	0.078	1316	48	1350	50	-0.208	0.029	21	2022A&A...668A...4F
246	NGC 2244	0.679	0.100	12.114	0.185	1478	132	11	1	-0.040	0.050	432	2022A&A...666A.121R
247	NGC 2311	0.647	0.079	12.986	0.148	2271	160	40	1	-0.320	0.010	1	2020AJ....159..199D
248	NGC 2318	0.228	0.037	11.128	0.072	1382	47	920	50	-0.030	0.010	1	2020AJ....159..199D
249	NGC 2353	0.208	0.056	10.708	0.106	1159	58	100	10	-0.160	0.120	5	2022AJ....163..195R
250	NGC 2482	0.163	0.023	10.956	0.045	1350	29	290	10	0.070	0.120	5	2022AJ....163..195R
251	NGC 2539	0.086	0.026	10.762	0.051	1319	32	700	20	-0.080	0.090	9	2022AJ....163..195R
252	NGC 2567	0.217	0.028	11.614	0.056	1746	45	300	10	-0.070	0.110	6	2022AJ....163..195R
253	NGC 2670	0.593	0.049	11.979	0.094	1496	66	90	5	-0.050	0.190	2	2022AJ....163..195R
254	NGC 381	0.591	0.030	11.436	0.059	1167	32	390	20	-0.103	0.032	3	2022A&A...668A...4F
255	NGC 5138	0.373	0.031	12.163	0.061	1966	56	50	3	-0.010	0.190	2	2022AJ....163..195R
256	NGC 5281	0.432	0.046	12.049	0.087	1773	73	35	3	-0.020	0.100	7	2022AJ....163..195R
257	NGC 5316	0.463	0.062	11.710	0.118	1478	82	135	5	-0.010	0.140	4	2022AJ....163..195R
258	NGC 5823	0.787	0.077	12.799	0.145	1848	127	101	10	0.000	0.190	2	2022AJ....163..195R
259	NGC 6031	0.698	0.042	12.904	0.081	2093	80	90	10	-0.070	0.190	2	2022AJ....163..195R
260	NGC 6067	0.463	0.033	12.410	0.066	2040	62	110	10	0.030	0.160	780	2022A&A...666A.121R
261	NGC 6134	0.421	0.022	11.064	0.044	1138	23	1450	50	0.000	0.190	2	2022AJ....163..195R
262	NGC 6167	0.962	0.049	12.621	0.094	1465	65	110	10	0.050	0.160	3	2022AJ....163..195R
263	NGC 6383	0.626	0.113	11.421	0.209	1125	113	5	1	-0.390	0.030	1	2020AJ....159..199D
264	NGC 6531	0.398	0.084	11.219	0.156	1246	93	11	1	0.080	0.010	1	2019A&A...623A..80C
265	NGC 6871	0.645	0.061	12.665	0.115	1962	107	8	1	0.260	0.026	1	2022A&A...668A...4F
266	NGC 6940	0.167	0.019	10.402	0.040	1043	19	1200	50	-0.020	0.060	12	2019MNRAS.485.4625B
267	NGC 7082	0.439	0.032	11.502	0.062	1370	40	81	5	-0.150	0.050	1	2021A&A...654A..77Z
268	NGC 7086	0.842	0.056	12.683	0.107	1671	84	100	10	0.013	0.081	2	2022A&A...668A...4F
269	NGC 7209	0.308	0.015	10.997	0.030	1215	17	330	10	-0.040	0.040	2	2021A&A...654A..77Z
270	NGC 744	0.469	0.031	11.519	0.060	1346	38	130	10	-0.124	0.019	3	2022A&A...668A...4F
271	Pismis 27	0.743	0.107	12.801	0.196	1920	182	6	1	-0.111	0.044	5	2022A&A...668A...4F
272	Roslund 3	0.503	0.045	12.116	0.086	1721	70	46	3	0.030	0.270	1	2022AJ....163..195R
273	Roslund 7	0.398	0.023	11.311	0.046	1300	28	72	5	0.309	0.171	1	2022A&A...668A...4F
274	Teutsch 8	0.800	0.070	12.941	0.132	1951	122	5	1	0.113	0.180	1	2022A&A...668A...4F
275	Tombaugh 5	1.081	0.036	13.187	0.070	1717	56	170	10	-0.001	0.005	6	2022A&A...668A...4F
276	Trumpler 18	0.343	0.064	11.559	0.122	1528	88	48	2	0.140	0.190	2	2022AJ....163..195R
277	Trumpler 26	0.767	0.083	12.400	0.155	1564	116	290	20	0.265	0.031	2	2021MNRAS.503.3279S
278	UBC 141	0.317	0.027	11.273	0.054	1370	34	1900	50	-0.093	0.038	2	2022A&A...668A...4F
279	UBC 169	0.200	0.029	11.051	0.055	1366	36	290	10	-0.079	0.022	1	2022A&A...668A...4F
280	UBC 182	0.209	0.028	11.445	0.055	1626	42	13	1	-0.144	0.292	1	2022A&A...668A...4F
281	UBC 216	0.432	0.052	11.140	0.100	1167	55	56	1	-0.073	0.118	1	2022A&A...668A...4F
282	UBC 374	0.866	0.061	12.812	0.116	1737	95	1700	50	0.188	0.031	2	2022A&A...668A...4F
283	UBC 417	0.284	0.037	12.035	0.072	2001	67	62	5	-0.045	0.019	2	2022A&A...668A...4F
284	UBC 437	0.865	0.061	13.207	0.115	2085	114	70	5	-0.196	0.142	2	2022A&A...668A...4F
285	UBC 53	0.812	0.040	12.515	0.077	1587	57	530	30	-0.039	0.034	4	2022A&A...668A...4F

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
286	UBC 54	0.532	0.028	11.169	0.054	1085	28	250	10	-0.076	0.024	37	2022A&A...668A...4F
287	UBC 57	0.518	0.051	12.353	0.097	1985	87	2150	50	-0.247	0.091	2	2022A&A...668A...4F
288	UBC 596	0.346	0.035	11.975	0.069	1846	59	100	10	-0.190	0.074	1	2022A&A...668A...4F
289	UBC 6	0.130	0.020	11.007	0.040	1422	27	1350	50	0.001	0.019	4	2022A&A...668A...4F
290	UBC 61	0.709	0.048	11.876	0.091	1291	56	750	50	0.104	0.163	1	2022A&A...668A...4F
291	UBC 614	0.391	0.051	12.140	0.098	1916	88	1650	50	0.000	0.074	3	2022A&A...668A...4F
292	UBC 63	0.259	0.044	11.412	0.086	1535	61	53	3	-0.127	0.085	3	2022A&A...668A...4F
293	UBC 77	0.407	0.055	11.890	0.104	1684	83	46	3	-0.049	0.045	3	2022A&A...668A...4F
294	vdBergh 85	0.548	0.066	12.252	0.124	1763	104	5	1	-0.236	0.110	1	2022A&A...668A...4F
295	vdBergh 92	0.369	0.076	10.978	0.143	1143	78	9	1	-0.237	0.110	1	2022A&A...668A...4F
296	Berkeley 44	1.285	0.059	14.254	0.113	2356	125	1500	100	0.220	0.090	93	2022A&A...666A.121R
297	Berkeley 79	1.381	0.090	14.556	0.167	2493	200	110	10	0.320	0.010	1	2020AJ....159..199D
298	Collinder 110	0.537	0.046	12.690	0.088	2178	90	1800	100	-0.100	0.040	6	2022A&A...666A.121R
299	Collinder 205	1.077	0.085	13.378	0.158	1881	142	5	1	-0.070	0.190	2	2022AJ....163..195R
300	Collinder 220	0.340	0.048	12.477	0.092	2338	101	220	10	-0.080	0.010	1	2020AJ....159..199D
301	Collinder 261	0.370	0.031	12.904	0.061	2773	79	6300	200	-0.050	0.070	7	2022A&A...666A.121R
302	Collinder 74	0.456	0.047	13.030	0.091	2730	116	1900	100	-0.059	0.072	6	2022A&A...668A...4F
303	Czernik 19	0.889	0.045	13.635	0.087	2467	100	230	10	0.173	0.131	2	2022A&A...668A...4F
304	Czernik 38	2.253	0.160	16.145	0.288	2454	347	130	10	0.540	0.103	1	2022A&A...668A...4F
305	Czernik 6	0.810	0.037	13.992	0.071	3138	105	30	1	-0.134	0.012	1	2021MNRAS.503.3279S
306	[FSR2007] 0683	0.998	0.048	14.408	0.092	3234	140	60	2	-0.220	0.104	1	2022A&A...668A...4F
307	[FSR2007] 0850	0.712	0.049	13.059	0.094	2221	98	460	10	-0.187	0.064	6	2022A&A...668A...4F
308	[FSR2007] 0893	1.049	0.072	13.667	0.135	2201	141	530	10	-0.184	0.017	26	2022A&A...668A...4F
309	[FSR2007] 0904	0.995	0.091	13.488	0.169	2123	172	20	2	-0.239	0.081	3	2022A&A...668A...4F
310	[FSR2007] 0935	0.583	0.051	13.310	0.098	2785	128	480	20	0.057	0.209	1	2022A&A...668A...4F
311	[FSR2007] 0953	0.976	0.056	14.041	0.107	2784	140	410	20	-0.585	0.096	1	2022A&A...668A...4F
312	[FSR2007] 0979	1.485	0.074	15.056	0.139	2871	190	230	10	-0.397	0.086	1	2022A&A...668A...4F
313	[FSR2007] 0985	0.620	0.060	12.841	0.114	2174	117	260	10	0.056	0.175	1	2022A&A...668A...4F
314	Cl Gulliver 26	0.872	0.070	13.879	0.132	2875	177	380	10	-0.153	0.038	6	2022A&A...668A...4F
315	Cl Gulliver 31	0.688	0.057	13.248	0.109	2474	127	110	10	0.123	0.074	1	2022A&A...668A...4F
316	IC 1848	0.830	0.049	13.310	0.093	2253	99	12	1	-0.022	0.083	2	2021MNRAS.503.3279S
317	IC 2581	0.644	0.044	13.200	0.084	2512	100	13	1	-0.100	0.270	1	2022AJ....163..195R
318	Kharchenko 1	0.744	0.051	13.326	0.097	2443	112	700	20	-0.278	0.068	2	2022A&A...668A...4F
319	Koposov 10	1.255	0.056	14.743	0.106	3027	152	130	10	-0.143	0.067	4	2022A&A...668A...4F
320	Koposov 12	0.818	0.047	13.456	0.089	2434	103	320	10	-0.207	0.094	4	2022A&A...668A...4F
321	LP 930	0.257	0.046	12.325	0.088	2340	97	2050	100	0.160	0.035	1	2022A&A...668A...4F
322	NGC 2286	0.472	0.066	12.702	0.125	2315	137	480	10	-0.073	0.154	3	2022A&A...668A...4F
323	NGC 2345	0.740	0.030	13.479	0.059	2631	72	70	10	-0.280	0.070	7	2019A&A...631A.124A
324	NGC 2660	0.482	0.050	12.830	0.095	2434	110	1550	50	-0.050	0.040	5	2022A&A...666A.121R
325	NGC 457	0.732	0.031	13.538	0.061	2723	77	20	1	-0.136	0.182	1	2022A&A...668A...4F
326	NGC 5617	0.769	0.052	13.164	0.099	2220	103	100	10	-0.040	0.110	6	2022AJ....163..195R
327	NGC 6005	0.588	0.035	12.838	0.069	2232	71	1150	50	0.220	0.030	560	2022A&A...666A.121R
328	NGC 6259	0.972	0.026	13.645	0.052	2328	56	190	10	0.180	0.050	494	2022A&A...666A.121R
329	NGC 6404	1.988	0.033	12.154	0.099	2440	75	60	5	0.010	0.060	5	2022A&A...666A.121R
330	NGC 6603	1.010	0.031	14.063	0.061	2731	78	220	10	0.050	0.270	1	2022AJ....163..195R
331	NGC 6649	1.951	0.046	15.116	0.088	1979	82	70	5	-0.080	XXX	283	2022A&A...666A.121R
332	NGC 6819	0.216	0.030	12.553	0.059	2693	74	2400	100	0.050	0.030	37	2020AJ....159..199D
333	NGC 884	0.738	0.017	13.053	0.035	2166	35	20	1	-0.238	0.127	1	2022A&A...668A...4F
334	Ruprecht 119	0.916	0.029	13.374	0.057	2156	57	47	2	0.080	0.190	2	2022AJ....163..195R
335	Ruprecht 134	0.617	0.036	12.779	0.069	2118	69	1300	50	0.270	0.040	680	2022A&A...666A.121R
336	Ruprecht 82	0.365	0.025	12.372	0.049	12372	0.049	650	10	-0.027	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
337	Stock 8	0.696	0.038	12.918	0.523	2111	574	10	1	-0.164	0.057	4	2022A&A...668A...4F
338	Teutsch 84	1.450	0.048	14.674	0.092	2481	107	1350	50	0.194	0.081	3	2021MNRAS.503.3279S
339	Trumpler 14	0.703	0.055	13.039	0.104	2218	109	64	1	-0.010	0.060	1902	2022A&A...666A.121R
340	Trumpler 23	0.969	0.036	13.796	0.069	2501	82	800	10	0.200	0.030	165	2022A&A...666A.121R
341	UBC 188	0.212	0.082	12.272	0.082	2374	91	34	1	-0.172	0.050	3	2022A&A...668A...4F
342	UBC 200	0.443	0.034	12.916	0.066	2619	81	1600	100	-0.164	0.027	17	2022A&A...668A...4F

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
343	UBC 395	0.591	0.045	12.753	0.086	2140	87	800	10	-0.063	0.086	1	2022A&A...668A...4F
344	UBC 419	0.767	0.047	13.178	0.090	2238	95	130	10	-0.090	0.058	1	2022A&A...668A...4F
345	UBC 421	0.988	0.047	13.775	0.090	2438	103	30	1	-0.366	0.193	1	2022A&A...668A...4F
346	UBC 445	0.449	0.047	13.140	0.091	2889	123	480	10	-0.041	0.331	1	2022A&A...668A...4F
347	UBC 49	0.785	0.049	13.539	0.094	2603	115	2950	100	-0.185	0.059	2	2022A&A...668A...4F
348	UBC 52	0.811	0.061	13.530	0.115	2534	138	950	50	0.040	0.076	1	2022A&A...668A...4F
349	UBC 586	0.628	0.049	13.391	0.094	2871	123	1100	100	0.084	0.055	3	2022A&A...668A...4F
350	UBC 587	1.601	0.095	15.436	0.176	3096	261	15	1	-0.217	0.081	1	2022A&A...668A...4F
351	UBC 59	0.612	0.040	13.019	0.077	2376	86	490	10	-0.130	0.082	3	2022A&A...668A...4F
352	UBC 616	0.225	0.054	12.850	0.103	3063	149	800	10	-0.277	0.047	4	2022A&A...668A...4F
353	UBC 629	0.101	0.032	13.144	0.063	3901	114	3300	150	-0.376	0.056	2	2022A&A...668A...4F
354	UBC 68	0.508	0.045	12.708	0.086	2251	91	210	10	-0.123	0.103	2	2022A&A...668A...4F
355	UBC 73	0.450	0.042	12.559	0.081	2209	84	240	10	-0.187	0.178	2	2022A&A...668A...4F
356	UBC 74	0.727	0.067	13.445	0.126	2619	157	330	10	-0.090	0.016	33	2022A&A...668A...4F
357	UBC 82	0.436	0.051	12.634	0.097	2314	106	260	10	-0.132	0.027	1	2022A&A...668A...4F
358	UBC 90	0.698	0.068	13.574	0.129	2850	174	630	10	-0.277	0.147	1	2022A&A...668A...4F
359	Pismis 02	1.465	0.049	15.405	0.093	3429	150	2200	250	0.220	0.050	1	2016A&A...585A.150N
360	Pismis 07	0.735	0.031	14.478	0.060	4186	118	1100	150	-0.200	0.050	1	2016A&A...585A.150N
361	Pismis 13	0.823	0.055	13.730	0.104	2750	136	170	20	0.000	0.050	1	2016A&A...585A.150N
362	Pismis 14	0.311	0.059	11.096	0.112	1269	67	150	10	0.000	0.050	1	2016A&A...585A.150N
363	Cl Berkeley 12	1.048	0.031	15.084	0.061	4231	120	2150	100	-0.230	0.068	2	2022A&A...668A...4F
364	Cl Berkeley 13	0.766	0.037	14.099	0.072	3423	115	1050	50	-0.305	0.053	5	2022A&A...668A...4F
365	Cl Berkeley 14	0.566	0.035	14.339	0.068	4539	145	2750	100	-0.165	0.058	2	2022A&A...668A...4F
366	Cl Berkeley 22	0.751	0.042	15.379	0.058	6250	134	3000	100	-0.260	0.060	395	2022A&A...666A.121R
367	Cl Berkeley 23	0.528	0.032	14.675	0.063	5475	160	1100	50	-0.362	0.043	3	2022A&A...668A...4F
368	Cl Berkeley 24	0.887	0.054	15.046	0.103	4773	232	1350	50	-0.327	0.087	5	2022A&A...668A...4F
369	Cl Berkeley 30	0.544	0.024	14.243	0.131	4422	148	600	50	-0.130	0.010	332	2022A&A...666A.121R
370	Cl Berkeley 33	0.878	0.042	15.294	0.057	2229	151	1600	100	-0.150	0.020	739	2022A&A...666A.121R
371	Cl Berkeley 34	0.721	0.032	14.543	0.063	4365	128	800	50	-0.211	0.056	2	2022A&A...668A...4F
372	Cl Berkeley 37	0.117	0.030	13.634	0.059	4822	133	1900	100	-0.331	0.043	1	2022A&A...668A...4F
373	Cl Berkeley 5	0.777	0.042	14.141	0.081	3458	131	1300	50	-0.090	0.020	6	2020AJ....159..199D
374	Cl Berkeley 66	1.494	0.056	16.161	0.043	4738	221	3300	150	-0.190	0.030	5	2020AJ....159..199D
375	Cl Berkeley 68	0.664	0.026	13.684	0.051	3086	74	2200	100	-0.239	0.037	4	2022A&A...668A...4F
376	Cl Berkeley 69	0.810	0.034	14.043	0.066	3212	99	1200	50	-0.328	0.063	4	2022A&A...668A...4F
377	Cl Berkeley 72	0.855	0.038	13.761	0.073	2714	93	55	5	-0.381	0.071	4	2022A&A...668A...4F
378	Cl Berkeley 75	0.206	0.037	12.447	0.072	2586	87	2100	100	-0.340	0.050	75	2022A&A...666A.121R
379	Cl Berkeley 78	0.153	0.037	13.271	0.072	3955	133	3100	100	-0.325	0.058	6	2022A&A...668A...4F
380	Cl Berkeley 81	1.100	0.012	14.207	0.069	2701	287	1350	50	0.220	0.060	279	2022A&A...666A.121R
381	Cl Berkeley 91	0.894	0.042	13.888	0.082	2784	106	750	50	0.090	0.010	1	2020AJ....159..199D
382	Cl Czernik 24	0.750	0.031	14.035	0.061	3370	96	2750	100	-0.110	0.030	346	2022A&A...666A.121R
383	Cl Czernik 27	0.296	0.034	13.854	0.067	4577	142	950	50	-0.177	0.026	1	2022A&A...668A...4F
384	[D2005c] DC8	0.585	0.055	13.433	0.104	2942	145	3400	150	-0.204	0.102	1	2022A&A...668A...4F
385	[FSR2007] 0826	1.650	0.066	16.812	0.125	5595	330	6	1	-0.140	0.010	1	2019A&A...623A..80C
386	[FSR2007] 1025	0.437	0.038	13.889	0.074	4121	142	850	50	-0.131	0.074	2	2022A&A...668A...4F
387	Cl Haffner 10	0.597	0.032	13.855	0.062	3537	103	3100	150	-0.100	0.030	562	2022AJ....163..195R
388	Cl Haffner 4	0.792	0.034	14.804	0.067	4632	144	520	50	-0.160	0.010	1	2020AJ....159..199D
389	Juchert 20	1.034	0.026	14.400	0.052	3125	75	190	10	-0.047	0.130	1	2022A&A...668A...4F
390	Juchert 9	1.175	0.041	15.492	0.079	4577	170	16	1	-0.050	0.071	1	2022A&A...668A...4F
391	[KGZ2008] 63	0.614	0.041	14.041	0.079	3797	141	2000	100	-0.510	0.010	1	2019A&A...623A..80C
392	NGC 1193	0.338	0.039	14.465	0.075	5848	207	2700	150	-0.340	0.010	3	2020AJ....159..199D
393	NGC 1798	0.557	0.032	14.285	0.063	4463	130	2100	100	-0.270	0.030	8	2020AJ....159..199D
394	NGC 1883	0.498	0.035	13.207	0.067	2856	91	1350	100	-0.207	0.058	3	2022A&A...668A...4F
395	NGC 1893	0.745	0.037	14.449	0.071	4094	138	6	1	-0.186	0.037	3	2022A&A...668A...4F
396	NGC 2192	0.182	0.023	13.209	0.046	3750	80	1350	100	-0.137	0.027	1	2022A&A...668A...4F
397	NGC 2262	1.031	0.053	14.593	0.102	3425	163	600	50	-0.110	0.034	5	2022A&A...668A...4F
398	NGC 2266	0.152	0.028	12.806	0.055	3196	82	950	50	-0.211	0.033	16	2022A&A...668A...4F
399	NGC 3105	1.084	0.050	14.459	0.096	3076	139	20	2	-0.290	0.220	5	2018A&A...616A.124A

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
400	NGC 7044	0.908	0.028	14.235	0.055	3227	83	1850	100	-0.130	0.020	4	2020A&A...643A..12C
401	NGC 7128	1.379	0.032	14.962	0.062	3010	88	19	1	-0.141	0.035	2	2022A&A...668A...4F
402	NGC 7423	0.797	0.048	14.093	0.093	3325	144	1300	100	-0.188	0.159	1	2022A&A...668A...4F
403	Cl Ruprecht 4	0.522	0.052	13.906	0.100	3862	181	1650	100	-0.130	0.010	5	2022A&A...666A.121R
404	Cl Ruprecht 85	1.184	0.050	15.004	0.096	3629	163	110	10	-0.238	0.008	1	2021MNRAS.503.3279S
405	Cl Ruprecht 96	0.507	0.040	13.354	0.078	3034	110	390	10	0.030	0.010	1	2020AJ....159..199D
406	Cl Ruprecht 97	0.385	0.034	13.194	0.066	3129	97	350	10	0.097	0.006	1	2021MNRAS.503.3279S
407	SAI 116	0.566	0.033	13.450	0.065	3014	91	200	10	0.161	0.008	2	2021MNRAS.503.3279S
408	SAI 14	1.358	0.035	15.458	0.068	3853	122	1100	50	-0.405	0.077	2	2022A&A...668A...4F
409	Skiff J0507+30.8	0.568	0.037	14.669	0.072	5275	177	2250	100	-0.439	0.059	4	2022A&A...668A...4F
410	Teutsch 10	1.022	0.056	14.478	0.105	3272	163	850	100	-0.300	0.010	1	2019A&A...623A..80C
411	Teutsch 11	0.557	0.046	14.216	0.088	4323	179	2000	100	-0.205	0.172	1	2022A&A...668A...4F
412	Teutsch 12	0.833	0.052	14.592	0.099	4055	190	850	50	-0.172	0.004	2	2021MNRAS.503.3279S
413	Teutsch 2	0.514	0.032	13.819	0.063	3736	109	1900	100	-0.213	0.075	2	2022A&A...668A...4F
414	Teutsch 51	1.426	0.058	16.121	0.110	4932	257	950	50	-0.319	0.012	1	2021MNRAS.503.3279S
415	Cl Tombaugh 2	0.410	0.036	15.477	0.069	8762	285	2000	400	-0.300	0.080	17	2022MNRAS.509..421N
416	Cl Tombaugh 4	1.362	0.061	14.848	0.116	2899	159	1500	200	-0.470	0.010	1	2019A&A...623A..80C
417	Cl Trumpler 20	0.396	0.048	13.630	0.092	3508	152	1950	200	0.130	0.050	303	2022A&A...666A.121R
418	UBC 176	1.078	0.043	15.118	0.083	4188	164	10	1	0.122	0.212	1	2022A&A...668A...4F
419	UBC 427	0.673	0.026	13.202	0.051	2452	59	850	50	0.196	0.058	1	2022A&A...668A...4F
420	UBC 428	1.140	0.027	14.373	0.053	2818	70	240	10	-0.354	0.158	2	2022A&A...668A...4F
421	UBC 430	0.664	0.028	14.031	0.055	3621	93	1750	100	-0.448	0.128	1	2022A&A...668A...4F
422	UBC 433	0.756	0.035	14.631	0.068	4412	140	1400	100	-0.515	0.096	3	2022A&A...668A...4F
423	UBC 434	0.503	0.034	14.273	0.066	4647	144	400	50	-0.466	0.062	3	2022A&A...668A...4F
424	UBC 436	0.361	0.026	12.926	0.052	2824	68	710	50	-0.191	0.039	2	2022A&A...668A...4F
425	UBC 438	1.128	0.047	14.828	0.090	3511	149	5	1	-0.388	0.060	1	2022A&A...668A...4F
426	UBC 440	0.217	0.020	13.132	0.040	3512	66	1100	50	-0.265	0.052	2	2022A&A...668A...4F
427	UBC 442	0.443	0.050	13.832	0.096	3994	180	1250	50	-0.084	0.064	1	2022A&A...668A...4F
428	UBC 595	0.700	0.046	14.157	0.088	3720	154	170	10	0.017	0.007	1	2021MNRAS.503.3279S
429	UBC 607	1.260	0.043	15.462	0.083	4198	163	1350	50	-0.382	0.086	2	2022A&A...668A...4F
430	UBC 609	1.308	0.039	15.218	0.076	3601	127	6	1	-0.121	0.069	3	2022A&A...668A...4F
431	UBC 615	0.103	0.025	12.631	0.050	3075	71	2050	100	-0.154	0.106	4	2022A&A...668A...4F
432	UBC 619	0.069	0.038	12.317	0.074	2739	95	3500	150	-0.167	0.078	5	2022A&A...668A...4F
433	UBC 622	0.169	0.029	13.146	0.057	3683	98	750	50	-0.154	0.019	3	2022A&A...668A...4F
434	Cl Berkeley 14A	0.403	0.025	12.972	0.049	2781	64	800	50	-0.109	0.149	1	2022A&A...668A...4F
435	Cl Berkeley 32	0.230	0.027	13.131	0.053	3472	86	4100	50	-0.310	0.060	438	2022A&A...666A.121R
436	Cl Berkeley 43	2.522	0.075	17.024	0.142	2920	195	90	5	0.030	0.010	1	2020AJ....159..199D
437	[DB2001] Cl 22	1.985	0.102	15.863	0.187	2711	244	250	10	-0.100	0.012	1	2022A&A...668A...4F
438	[FSR2007] 0686	1.632	0.052	15.027	0.098	2497	116	250	10	-0.147	0.054	2	2022A&A...668A...4F
439	[FSR2007] 0811	0.347	0.038	12.975	0.074	2923	101	450	10	0.362	0.036	1	2022A&A...668A...4F
440	[FSR2007] 0975	0.273	0.036	12.768	0.070	2831	93	1450	100	-0.179	0.215	1	2022A&A...668A...4F
441	Cl Gulliver 22	0.707	0.034	12.554	0.067	1768	55	1400	100	-0.191	0.131	1	2022A&A...668A...4F
442	IC 5146	0.411	0.038	13.152	0.074	3001	104	1550	100	-0.010	0.010	2	2019A&A...623A..80C
443	Kronberger 57	1.443	0.099	14.927	0.182	2084	245	330	10	0.020	0.010	1	2019A&A...623A..80C
444	NGC 1579	1.059	0.049	13.648	0.094	2164	95	1500	100	-0.180	0.010	1	2019A&A...623A..80C
445	Patchick 3	0.504	0.021	11.841	0.042	1515	30	1550	50	-0.234	0.103	1	2022A&A...668A...4F
446	sigma Orionis	1.016	0.046	9.907	0.091	401	17	25	5	-0.460	0.057	2	2022A&A...668A...4F
447	Teutsch 52	1.115	0.057	14.703	0.108	3351	171	400	10	-0.489	0.068	3	2022A&A...668A...4F
448	Teutsch 7	1.367	0.073	14.687	0.136	2680	174	2100	100	0.068	0.044	3	2021MNRAS.503.3279S
449	UBC 203	0.709	0.035	13.699	0.068	2990	95	800	50	-0.365	0.033	6	2022A&A...668A...4F
450	UBC 431	0.718	0.030	13.911	0.059	3272	90	240	10	-0.471	0.149	1	2022A&A...668A...4F
451	UBC 610	0.369	0.023	12.917	0.047	2793	60	510	10	-0.264	0.058	2	2022A&A...668A...4F
452	UPK 369	0.537	0.045	12.573	0.086	2063	84	1050	50	0.176	0.031	2	2022A&A...668A...4F
453	King 14	0.645	0.144	13.316	0.262	2649	339	70	10	0.000	0.000	2	2021A&A...652A..25C
454	Stock 14	0.341	0.262	12.556	0.452	2422	561	16	1	0.116	0.106	5	2021MNRAS.504..356D
455	Stock 20	0.634	0.189	13.205	0.338	2540	428	15	1	-0.100	0.117	2	2021MNRAS.504..356D
456	Stock 21	0.535	0.223	12.314	0.392	1835	362	520	25	-0.053	0.157	9	2021MNRAS.504..356D

EK-4 Devam

Sıra	Küme	$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	hata	$G-M_G$ (kadir)	hata	d (pc)	hata	t (Myıl)	hata	[Fe/H] (dex)	hata	N	[Fe/H] Kaynak
457	Stock 23	0.347	0.215	9.414	0.379	567	108	100	10	0.054	0.116	1	2021MNRAS.504..356D
458	Stock 24	0.735	0.166	13.721	0.299	2954	436	110	10	0.000	0.087	1	2021MNRAS.504..356D
459	Pismis 1	0.781	0.042	14.855	0.081	4786	182	200	30	-0.190	0.050	10	2021MNRAS.504..356D
460	Pismis 3	1.082	0.140	13.052	0.254	1612	200	3450	200	-0.070	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
461	Pismis 4	0.069	0.046	9.320	0.263	689	89	120	20	-0.080	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
462	Pismis 5	1.074	0.178	12.191	0.318	1092	172	5	1	-0.034	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
463	Pismis 6	0.630	0.180	12.648	0.321	1972	314	20	5	0.126	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
464	Pismis 8	0.918	0.154	12.883	0.277	1716	234	30	5	-0.034	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
465	Pismis 9	0.674	0.018	12.729	0.037	1972	33	380	20	0.000	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
466	Pismis 11	1.483	0.049	14.642	0.094	2377	105	9	1	0.051	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
467	Pismis 12	0.702	0.051	13.058	0.097	2239	103	1400	40	-0.150	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
468	NGC 3766	0.292	0.055	11.554	0.029	2045	120	25	5	-0.120	0.050	12	2022A&A...666A.121R
469	King 17	0.746	0.025	14.536	0.044	4258	220	50	5	0.091	0.050	9	2020A&A...640A.127Z
470	Berkeley 6	1.079	0.045	13.900	0.050	2656	250	350	50	-0.182	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
471	NGC 2509	0.112	0.025	12.210	0.032	2509	130	1500	100	0.082	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
472	NGC 7762	0.895	0.034	11.433	0.079	897	55	2000	100	-0.051	0.050	15	2021A&A...652A..25C
473	KGZ36	1.000	0.059	13.229	0.111	1876	55	530	10	-0.096	1.800	4	2020A&A...640A.127Z
474	Chupina 3	0.193	0.011	10.355	0.024	998	11	440	10	0.010	0.020	5	2020AJ....159..199D
475	Chupina 4	0.282	0.035	10.535	0.069	1005	32	260	10	0.000	0.010	1	2020AJ....159..199D
476	Chupina 5	0.218	0.016	10.370	0.034	984	15	460	10	0.090	0.010	1	2020AJ....159..199D
477	Dolidze-Dzim 4	1.003	0.046	12.813	0.088	1545	64	290	10	-0.470	0.010	1	2020AJ....159..199D
478	Pismis10	0.520	0.072	11.070	0.135	1048	67	500	10	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
479	NGC 7429	0.961	0.075	13.230	0.141	1941	130	1200	50	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
480	NGC 1663	0.567	0.025	12.376	0.050	1837	42	750	50	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
481	Pismis 19	0.725	0.024	13.027	0.048	2165	48	120	10	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
482	Pismis 20	1.441	0.037	14.980	0.072	2879	97	31	3	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
483	Pismis 21	1.430	0.032	15.027	0.062	2969	87	11	1	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
484	Pismis 22	1.075	0.031	13.974	0.061	2480	70	50	5	0.000	0.050	1	2020AJ....159..199D
485	Stock 18	0.970	0.044	14.176	0.084	2977	118	11	1	0.000	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
486	Stock 16	0.956	0.041	13.981	0.078	2754	102	9	1	0.000	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
487	Stock 13	0.854	0.026	13.203	0.052	2101	51	24	2	0.000	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
488	Stock 15	0.936	0.044	13.866	0.085	2658	106	210	10	0.044	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
489	Stock 3	0.444	0.032	12.921	0.063	2623	77	70	10	-0.100	0.050	1	2021MNRAS.504..356D
490	Stock 1	0.241	0.011	8.605	0.026	428	5	300	10	0.072	0.270	3	2020A&A...640A.127Z
491	Stock 2	0.536	0.018	9.029	0.039	404	7	800	50	-0.106	0.260	19	2020A&A...640A.127Z
492	NGC2215	0.236	0.029	10.395	0.055	979	26	700	50	-0.070	0.100	7	2022AJ....163..195R
493	NGC2323	0.185	0.038	10.474	0.074	1061	37	750	50	0.110	0.160	3	2022AJ....163..195R
494	NGC2437	0.146	0.023	11.297	0.045	1603	34	670	10	-0.080	0.160	3	2022AJ....163..195R
495	NGC2447	0.262	0.014	10.535	0.030	1022	14	650	10	-0.060	0.070	17	2022AJ....163..195R
496	NGC2579	0.241	0.031	10.328	0.061	946	27	30	2	0.190	0.200	2	2022AJ....163..195R
497	NGC2682	0.004	0.026	10.200	0.052	1093	26	4100	200	0.090	0.090	10	2022AJ....163..195R
498	NGC2925	0.104	0.022	10.233	0.044	1018	21	130	10	0.100	0.270	1	2022AJ....163..195R
499	NGC6250	0.758	0.073	11.500	0.137	1041	68	25	5	-0.150	0.270	1	2022AJ....163..195R
500	Trumpler10	0.248	0.051	9.599	0.098	672	31	30	5	-0.060	0.190	2	2022AJ....163..195R
501	NGC7654	0.831	0.028	13.453	0.055	2404	62	25	5	-0.380	0.010	2	2022A&A...663A.148C
502	Trumpler2	0.486	0.024	10.276	0.050	749	17	35	5	-0.014	0.010	2	2022A&A...663A.148C
503	Teutsch7	2.014	0.066	17.718	0.124	6214	365	300	10	0.170	0.030	3	2013ApJ...777L...1F
504	NGC6025	0.250	0.031	10.405	0.061	972	28	180	10	0.190	0.160	3	2022AJ....163..195R

Tablo EK.5: Açık kümelerin uzay hız bileşenleri, toplam uzay hızları ve kinematik kriterlere göre hesaplanmış popülasyon olasılıkları.

Sıra	U	hata	V	hata	W	hata	S_{LSR}	hata	TD/D
	(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		
1	62.44	2.39	-25.56	1.42	-7.53	0.53	31.49	2.83	0.01
2	109.95	11.72	-94.25	7.02	-14.51	9.71	73.58	16.76	0.35
3	33.50	0.76	-29.63	0.76	-9.52	1.27	12.71	1.66	0.01
4	-6.00	4.16	-29.91	4.46	-2.68	1.63	49.01	6.32	0.01
5	-1.93	3.31	-37.60	10.84	-10.61	3.65	9.46	11.91	0.01
6	73.76	4.42	-35.46	2.41	-8.78	1.06	21.19	5.15	0.01
7	67.83	5.29	-40.71	4.17	-10.42	1.97	21.95	7.02	0.01
8	-18.90	0.64	-28.94	1.84	-15.10	0.94	25.75	2.16	0.01
9	46.39	2.31	-11.02	0.40	-16.63	0.72	14.23	2.45	0.01
10	7.63	1.09	-19.00	1.29	9.40	1.13	21.66	2.04	0.01
11	69.86	0.96	-30.69	3.43	32.53	3.84	82.10	5.24	0.25
12	-0.27	1.20	-12.82	4.15	15.39	4.90	43.41	6.54	0.02
13	-21.40	3.44	-15.47	8.72	10.29	6.73	31.75	11.54	0.01
14	-66.61	4.18	-57.79	8.11	2.30	8.45	37.95	12.43	0.01
15	2.57	2.81	-38.03	21.68	-2.73	6.92	33.60	22.93	0.01
16	-114.59	24.35	-76.91	20.75	-13.09	11.08	63.11	33.86	0.05
17	-6.36	21.64	-71.81	76.35	-17.42	32.92	120.31	85.91	0.45
18	-38.80	8.72	-52.77	17.84	-4.46	7.95	59.30	21.39	0.02
19	-39.74	1.23	-54.98	2.85	-36.27	8.50	65.16	9.04	0.08
20	109.60	30.20	-33.45	0.54	-14.69	3.83	33.68	30.45	0.01
21	-9.36	1.76	-22.69	1.76	7.20	0.71	27.84	2.59	0.01
22	1.96	2.70	-48.54	8.34	-9.23	3.22	27.43	9.34	0.01
23	7.64	0.75	-24.55	3.08	-4.65	1.63	11.78	3.57	0.01
24	-95.07	6.31	-35.92	6.28	3.95	6.01	16.49	10.74	0.01
25	100.11	9.96	-42.69	3.31	55.08	5.82	68.40	12.00	3.05
26	17.71	0.66	-8.91	0.67	7.10	0.61	17.44	1.12	0.01
27	9.60	18.84	-21.97	4.07	-1.73	4.22	13.39	19.73	0.01
28	-35.85	0.95	-17.44	3.38	-6.43	1.50	45.65	3.82	0.01
29	-48.80	1.35	-29.14	6.34	23.99	5.05	62.87	8.22	0.05
30	-17.59	1.05	-27.65	5.87	-16.25	3.85	12.76	7.10	0.01
31	-62.85	3.48	-53.80	3.04	-12.24	6.59	82.96	8.05	0.05
32	104.46	11.93	-49.86	0.92	-7.06	1.85	47.33	12.11	0.02
33	60.89	4.79	-13.04	4.24	16.15	3.01	39.57	7.07	0.02
34	-70.01	8.64	-8.04	1.75	-8.31	1.82	57.36	9.00	0.01
35	-69.25	2.29	-6.77	1.99	3.51	0.52	23.56	3.08	0.01
36	17.65	0.79	-31.31	1.48	-10.17	1.49	17.84	2.24	0.01
37	-62.47	0.56	-14.56	0.59	-16.13	0.34	50.43	0.88	0.01
38	-4.40	1.16	-17.82	2.26	-5.24	0.92	11.98	2.70	0.01
39	36.11	0.97	-18.72	0.85	-23.66	0.57	18.35	1.41	0.01
40	-5.64	0.41	-21.44	1.21	-15.95	0.92	10.21	1.57	0.01
41	-2.26	0.34	-21.06	0.78	-5.43	0.27	5.20	0.90	0.01
42	-10.13	0.17	-37.20	1.86	-7.54	0.46	19.47	1.92	0.01
43	-38.63	0.66	12.00	1.41	-8.74	0.26	33.41	1.58	0.01
44	-24.45	0.66	-35.53	5.87	-21.72	4.47	17.41	7.40	0.01
45	9.37	0.15	-12.57	0.51	1.84	0.20	22.27	0.56	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
46	-1.88	0.88	-24.02	2.66	-4.16	1.45	32.36	3.15	0.01
47	-91.41	3.76	-36.58	3.38	-20.60	1.04	19.97	5.16	0.01
48	-114.96	10.24	-3.06	5.45	-4.77	2.08	29.34	11.79	0.01
49	-13.77	0.53	-32.55	1.20	-7.68	0.48	17.88	1.40	0.01
50	-39.39	3.67	-38.47	3.42	-4.42	1.67	12.44	5.29	0.01
51	-34.79	2.34	-21.35	1.83	-4.23	1.63	36.46	3.39	0.01
52	-32.99	0.64	-18.14	0.47	-14.87	0.46	10.63	0.92	0.01
53	-46.46	1.01	5.12	1.27	-18.95	1.73	32.72	2.37	0.01
54	-37.08	0.80	-6.18	0.66	14.43	0.65	23.85	1.23	0.01
55	-68.07	0.40	-40.70	2.01	2.79	2.31	44.52	3.09	0.01
56	-3.26	0.25	-22.00	0.24	-8.87	0.29	24.82	0.45	0.01
57	-109.44	7.01	-47.07	5.19	-28.37	5.38	44.67	10.24	0.02
58	-36.83	1.05	-4.53	0.61	-2.63	0.16	12.11	1.22	0.01
59	3.81	0.32	-6.91	0.12	-22.05	0.97	50.58	1.03	0.02
60	-42.44	1.19	-22.57	0.67	-18.64	1.33	13.70	1.91	0.01
61	-111.84	7.94	-15.79	6.42	11.16	1.21	37.47	10.29	0.01
62	-52.88	2.60	-5.55	1.40	-0.99	0.56	13.46	3.01	0.01
63	-20.41	1.49	-25.37	2.45	-13.61	1.63	27.23	3.29	0.01
64	-47.28	1.57	-11.59	1.53	-7.38	0.34	24.76	2.22	0.01
65	-60.56	10.07	-44.82	2.53	-8.61	1.94	32.41	10.56	0.01
66	-64.65	4.29	-14.29	3.67	-12.06	1.16	13.87	5.76	0.01
67	3.65	1.30	-33.16	1.02	-8.43	0.81	20.88	1.84	0.01
68	-23.63	1.88	-10.78	0.51	-5.95	0.42	13.01	1.99	0.01
69	-2.55	0.02	-5.95	0.03	-0.35	0.17	11.44	0.17	0.01
70	-19.76	0.66	-7.10	1.42	-11.47	0.22	8.62	1.58	0.01
71	-33.69	0.83	-19.01	5.46	-8.74	0.11	5.64	5.52	0.01
72	-12.97	0.36	-11.13	0.18	3.36	0.11	13.27	0.42	0.01
73	5.59	4.26	-19.28	2.48	-13.18	1.09	12.13	5.05	0.01
74	-22.81	0.99	-18.39	3.88	-3.30	0.18	5.57	4.01	0.01
75	-23.29	0.19	-19.57	1.89	-3.97	0.18	6.66	1.91	0.01
76	-1.01	1.02	-20.39	0.83	-13.91	0.31	11.58	1.35	0.01
77	12.20	1.32	-18.52	0.35	-5.46	0.22	17.35	1.38	0.01
78	11.66	0.41	-4.31	0.54	-4.87	0.11	11.08	0.69	0.01
79	-18.47	2.49	-9.22	1.17	-6.90	0.91	7.56	2.90	0.01
80	3.61	0.74	-22.86	1.01	7.21	0.05	17.63	1.26	0.01
81	0.66	0.23	-12.70	0.79	-6.89	0.90	8.31	1.22	0.01
82	-18.43	0.63	-10.17	0.36	-6.02	0.15	5.40	0.74	0.01
83	38.11	0.58	12.01	0.76	-5.80	0.13	32.30	0.97	0.01
84	0.23	0.29	33.68	1.49	-14.27	0.38	50.38	1.57	0.06
85	-22.13	0.27	-2.58	1.14	1.17	0.76	13.73	1.39	0.01
86	37.84	0.32	-20.89	0.19	0.52	0.02	50.69	0.37	0.01
87	23.42	1.44	1.80	0.83	-15.35	0.75	46.63	1.82	0.01
88	-5.29	0.27	-31.86	0.50	-12.55	0.35	19.00	0.66	0.01
89	-5.95	2.21	-10.43	0.97	2.93	0.28	13.27	2.43	0.01
90	6.48	0.20	-0.97	0.13	-1.92	0.18	21.85	0.30	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
91	-17.41	1.10	-10.04	0.62	-4.59	0.46	6.29	1.34	0.01
92	-32.04	0.37	12.21	0.15	1.02	0.06	28.55	0.40	0.01
93	21.59	0.13	13.34	0.12	0.24	0.13	35.75	0.22	0.01
94	-25.19	0.61	35.66	0.17	3.94	0.09	59.38	0.64	0.09
95	-13.08	0.28	3.72	1.13	-5.79	0.16	22.69	1.17	0.01
96	-28.79	0.70	-16.89	0.83	-19.15	0.65	17.60	1.26	0.01
97	-46.58	1.30	-4.78	1.28	-8.99	0.43	20.08	1.87	0.01
98	11.41	1.30	-19.95	0.73	4.19	0.31	22.57	1.52	0.01
99	13.30	0.51	1.84	0.40	-9.39	0.43	39.18	0.78	0.01
100	-24.85	0.48	15.80	0.16	7.23	0.10	32.64	0.51	0.02
101	7.29	0.19	16.31	0.16	-6.91	0.14	43.72	0.29	0.02
102	-1.93	0.28	-1.48	0.12	-26.85	0.62	22.75	0.69	0.01
103	-22.07	0.59	-12.02	0.41	-6.75	0.40	10.61	0.82	0.01
104	-29.96	1.50	1.12	0.87	-0.18	0.24	26.64	1.75	0.01
105	-87.26	5.00	21.67	2.58	-2.92	0.47	40.54	5.64	0.02
106	17.65	2.23	45.72	1.07	14.16	0.76	70.40	2.59	0.51
107	41.72	7.91	-27.73	2.66	-16.06	2.69	68.83	8.77	0.03
108	38.27	1.63	7.48	0.34	-10.31	0.57	23.00	1.76	0.01
109	39.16	2.90	-24.66	1.70	-13.40	1.21	14.35	3.57	0.01
110	83.84	7.11	-58.70	1.50	-4.77	0.97	45.77	7.33	0.02
111	32.30	0.85	-39.61	0.73	-11.19	1.06	24.88	1.54	0.01
112	-5.08	0.33	-11.54	0.29	-6.55	0.33	31.19	0.55	0.01
113	3.79	2.61	2.39	1.04	-4.46	0.54	12.45	2.87	0.01
114	2.18	0.26	10.63	0.75	-1.21	0.28	19.70	0.85	0.01
115	51.40	5.23	-4.69	1.19	-4.22	1.15	11.56	5.49	0.01
116	-49.71	0.19	-13.92	0.09	-4.27	0.04	16.11	0.21	0.01
117	-119.63	12.42	-31.16	7.67	-3.61	0.92	38.37	14.62	0.01
118	13.90	0.30	8.38	0.41	11.06	0.81	26.27	0.96	0.01
119	-22.23	0.00	-15.89	0.00	3.50	0.00	17.00	0.00	0.01
120	-55.14	1.57	-7.46	3.16	-7.11	1.01	30.28	3.67	0.01
121	35.95	4.91	-23.10	5.47	-10.94	2.07	33.75	7.63	0.01
122	50.10	1.93	-21.72	3.77	-6.45	0.74	36.40	4.29	0.01
123	-3.28	1.37	6.25	0.62	-10.65	0.96	13.99	1.78	0.01
124	-47.96	1.47	-37.14	3.27	5.81	0.18	37.79	3.59	0.01
125	-10.13	0.26	-5.58	0.48	7.27	0.45	18.31	0.71	0.01
126	-91.73	0.56	-24.42	0.51	-11.23	0.09	20.21	0.76	0.01
127	-64.88	3.83	-23.94	2.20	-9.75	0.62	18.97	4.46	0.01
128	-98.79	7.56	-33.34	4.21	4.80	0.53	42.57	8.67	0.01
129	29.63	1.95	-34.29	2.71	-6.16	0.93	16.24	3.47	0.01
130	47.97	6.41	-29.73	0.83	-5.21	0.70	26.58	6.50	0.01
131	58.52	5.39	-18.47	1.26	-4.88	0.45	8.21	5.56	0.01
132	80.91	9.43	-55.28	7.99	-11.94	2.48	37.25	12.61	0.01
133	2.42	0.40	-24.35	0.32	-4.77	0.18	15.53	0.54	0.01
134	-8.71	0.63	-13.59	0.55	-11.34	0.36	15.50	0.91	0.01
135	-24.53	6.20	-12.65	3.61	-19.30	3.44	48.11	7.96	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U	hata	V	hata	W	hata	S_{LSR}	hata	TD/D
	(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		
136	-11.75	0.81	-24.69	2.79	-0.79	0.13	9.76	2.91	0.01
137	-26.08	3.96	-12.53	1.92	13.95	4.41	27.39	6.23	0.01
138	-23.01	2.75	-33.60	2.50	-10.40	1.22	25.13	3.91	0.01
139	-129.64	0.00	-66.61	0.00	-9.39	0.00	64.09	0.00	0.10
140	-41.07	0.51	-12.80	0.16	1.70	0.05	22.27	0.53	0.01
141	63.28	4.43	-27.28	3.14	-5.48	0.45	31.89	5.45	0.01
142	-1.31	0.89	19.21	0.87	6.15	0.04	39.66	1.24	0.03
143	8.14	0.80	-15.90	2.20	-14.24	2.53	19.76	3.45	0.01
144	-18.60	0.15	-20.40	2.06	1.23	2.56	22.74	3.29	0.01
145	-11.36	13.14	-18.03	0.67	-8.36	1.91	8.47	13.29	0.01
146	-20.92	0.24	-13.13	1.89	-2.58	0.26	5.02	1.92	0.01
147	-46.10	0.54	-23.54	0.57	-2.20	0.07	24.09	0.79	0.01
148	-25.73	0.85	-24.06	3.78	1.18	0.05	15.80	3.87	0.01
149	17.92	0.54	-12.07	2.09	-7.78	0.16	4.04	2.16	0.01
150	-36.50	0.60	-0.89	1.17	1.44	0.04	13.91	1.31	0.01
151	24.47	0.38	-18.92	2.26	-9.69	0.15	10.58	2.30	0.01
152	-18.68	0.17	-10.52	2.84	-5.63	0.18	9.71	2.85	0.01
153	-36.88	0.21	-12.98	0.08	0.77	0.03	21.22	0.22	0.01
154	-4.72	1.43	-18.56	0.84	-9.56	0.51	6.96	1.73	0.01
155	14.55	5.47	-16.64	1.33	-4.93	0.44	19.61	5.65	0.01
156	5.72	0.01	-6.59	0.01	-7.57	0.01	8.63	0.02	0.01
157	-5.98	0.13	-17.06	0.40	-6.31	0.02	12.64	0.42	0.01
158	-10.23	0.07	-5.64	0.31	-6.21	0.01	13.59	0.32	0.01
159	-6.27	0.23	-4.12	1.59	-4.27	0.17	11.91	1.62	0.01
160	-2.30	1.10	-15.32	3.25	-8.44	0.03	5.86	3.43	0.01
161	-7.52	0.96	-9.25	2.77	-8.69	0.04	12.51	2.93	0.01
162	66.78	2.18	-30.89	2.25	-11.44	1.74	14.07	3.58	0.01
163	-78.73	3.60	-12.70	3.19	10.78	0.55	21.85	4.85	0.01
164	12.95	7.25	-3.72	3.26	-3.04	2.57	18.82	8.35	0.01
165	25.34	3.38	-25.44	1.94	-2.05	0.72	25.51	3.97	0.01
166	-47.19	3.84	-19.40	1.48	-14.86	1.38	36.69	4.34	0.01
167	-36.23	8.35	-20.05	3.95	-13.45	3.19	25.44	9.77	0.01
168	-23.52	5.66	-10.86	2.05	-5.97	1.79	12.34	6.28	0.01
169	26.83	0.92	-2.64	1.57	-7.24	0.09	14.49	1.82	0.01
170	8.26	3.52	-20.40	1.40	0.10	1.42	16.64	4.04	0.01
171	56.02	3.07	-25.40	5.02	-7.81	0.32	40.10	5.89	0.01
172	50.26	2.33	2.59	3.60	-5.49	0.63	29.80	4.33	0.01
173	10.24	0.18	-16.72	0.47	7.01	0.12	20.34	0.52	0.01
174	-63.41	7.64	-27.50	5.03	-5.79	0.50	16.80	9.16	0.01
175	-72.16	10.98	-44.13	7.12	3.38	4.59	37.57	13.87	0.01
176	-164.73	49.43	-62.06	24.75	-8.85	3.73	61.73	55.41	0.08
177	-88.83	2.05	-47.53	1.38	9.97	0.47	27.52	2.52	0.01
178	-30.90	1.10	-3.60	0.75	-7.63	0.83	21.15	1.56	0.01
179	-201.46	105.49	-123.68	31.19	-0.77	3.61	176.46	110.07	2.28
180	-111.00	1.05	-22.32	3.52	-11.73	0.04	30.50	3.67	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
181	-31.77	2.49	-6.45	1.21	-8.63	0.08	12.96	2.77	0.01
182	70.21	1.15	-42.18	1.84	-5.00	0.10	32.03	2.17	0.01
183	-72.45	19.41	-49.86	6.68	-14.72	2.86	33.29	20.73	0.01
184	71.81	10.44	10.61	14.64	-28.30	10.61	48.15	20.88	0.05
185	69.16	1.26	-35.22	1.52	-9.99	0.26	15.48	1.99	0.01
186	-79.21	0.59	-32.81	0.21	-72.77	0.91	80.80	1.11	8.95
187	-58.63	2.48	-20.67	1.21	-5.40	0.48	20.70	2.80	0.01
188	35.34	10.71	-20.38	4.57	10.26	0.48	18.04	11.65	0.01
189	48.37	0.20	-0.83	0.16	-3.46	0.04	31.33	0.26	0.01
190	10.84	7.80	-21.87	0.84	-7.54	0.26	24.72	7.85	0.01
191	-18.03	5.95	-18.60	2.57	-11.57	0.70	5.74	6.52	0.01
192	-69.44	37.19	-44.80	22.87	-27.43	15.17	65.07	46.22	0.05
193	-18.11	9.45	-8.22	3.66	-4.77	3.37	9.02	10.68	0.01
194	-64.93	5.33	-7.64	4.76	-6.92	0.89	15.91	7.20	0.01
195	-48.11	0.83	-24.54	0.27	-21.68	1.33	32.93	1.59	0.01
196	12.73	0.22	-47.32	0.17	10.27	0.36	36.60	0.45	0.02
197	-32.49	1.27	-20.57	3.00	-3.80	0.96	9.04	3.40	0.01
198	38.16	0.36	-15.45	0.50	-7.26	0.10	21.97	0.63	0.01
199	50.54	0.28	-13.17	0.24	-11.74	0.21	8.44	0.42	0.01
200	2.67	0.04	-4.69	0.06	-4.58	0.06	7.31	0.09	0.01
201	9.96	0.17	8.67	0.23	-0.24	0.04	22.35	0.29	0.01
202	12.97	1.72	-5.43	0.38	-8.39	0.46	20.60	1.82	0.01
203	7.93	0.62	-1.55	0.15	-2.49	0.26	21.79	0.69	0.01
204	10.03	1.52	-4.42	0.26	-5.41	0.45	21.45	1.61	0.01
205	-10.85	1.24	-27.92	0.58	-9.03	0.18	24.25	1.38	0.01
206	50.15	1.43	-29.35	0.22	-30.29	0.45	63.10	1.51	0.03
207	55.83	0.59	-38.64	0.53	-9.89	0.10	31.84	0.80	0.01
208	-16.27	0.04	-21.85	0.21	-17.27	0.18	13.63	0.28	0.01
209	-1.98	0.04	-16.07	0.14	-8.43	0.08	13.78	0.17	0.01
210	-11.21	0.42	-18.57	0.11	-7.94	0.08	3.89	0.44	0.01
211	-41.44	0.58	-18.48	0.22	-10.09	0.12	18.33	0.63	0.01
212	-1.81	0.31	-26.54	0.28	-18.05	0.20	20.49	0.47	0.01
213	-38.98	1.15	-9.29	0.59	-7.17	0.10	14.06	1.30	0.01
214	-52.68	0.10	-30.63	0.07	-13.27	0.09	21.12	0.15	0.01
215	-46.04	0.67	-3.48	1.15	-4.95	0.07	10.83	1.33	0.01
216	50.72	0.12	-6.80	0.06	-10.23	0.03	27.95	0.14	0.01
217	-16.83	0.24	-12.71	0.17	-10.27	0.11	14.16	0.31	0.01
218	33.62	0.24	-20.44	0.47	-8.35	0.10	14.46	0.54	0.01
219	86.67	0.45	-9.14	0.14	-16.67	0.09	49.78	0.48	0.01
220	-26.42	0.15	-19.45	0.20	-3.54	0.06	32.88	0.26	0.01
221	19.76	2.07	-35.55	0.42	-7.92	0.24	28.06	2.13	0.01
222	-64.09	0.14	-16.22	0.04	-3.49	0.03	50.46	0.15	0.01
223	-0.68	0.24	-31.25	0.19	0.34	0.04	21.41	0.31	0.01
224	-41.19	0.19	-10.78	0.08	2.57	0.09	25.28	0.22	0.01
225	42.12	0.92	-28.64	1.91	-2.63	0.15	20.72	2.13	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
226	65.24	0.72	-24.64	1.19	-9.28	0.09	7.17	1.39	0.01
227	-14.67	3.26	-14.91	1.91	-19.28	0.64	27.57	3.83	0.01
228	13.49	2.19	-28.65	3.72	-9.08	0.29	22.34	4.32	0.01
229	-45.12	1.04	-25.39	0.72	-14.07	0.22	11.03	1.29	0.01
230	63.27	0.31	-21.58	0.35	-13.15	0.07	41.29	0.47	0.01
231	-19.64	0.15	-31.19	0.25	-26.25	0.19	28.23	0.35	0.01
232	-13.89	4.38	-31.94	0.54	-8.66	0.47	11.68	4.43	0.01
233	-11.98	3.78	-11.73	0.48	-9.06	0.16	9.19	3.82	0.01
234	18.65	0.28	-7.15	0.05	-42.21	0.44	45.07	0.52	0.05
235	-59.28	0.08	-4.49	0.09	-7.37	0.02	17.70	0.12	0.01
236	-50.43	0.71	-28.57	0.30	-12.18	0.13	45.76	0.78	0.01
237	-8.13	0.86	-20.96	0.09	24.24	1.34	31.23	1.59	0.02
238	-32.43	0.25	-27.07	0.15	5.31	0.05	17.20	0.30	0.01
239	-28.81	0.43	-0.89	0.28	-7.95	0.09	16.79	0.52	0.01
240	-61.19	0.53	-34.89	1.26	-0.58	0.13	24.58	1.37	0.01
241	22.95	2.64	-17.63	1.94	-9.42	0.44	15.03	3.31	0.01
242	2.09	0.22	-28.32	0.13	-12.36	0.04	14.35	0.25	0.01
243	26.95	3.88	-28.66	0.77	-11.13	0.16	28.62	3.96	0.01
244	10.19	2.06	-16.47	0.21	-11.49	0.07	16.44	2.07	0.01
245	5.32	0.33	-19.35	0.12	-5.41	0.08	4.31	0.36	0.01
246	-49.36	4.75	-16.59	2.36	-11.92	0.20	23.69	5.31	0.01
247	-45.64	1.02	-15.54	0.80	-10.85	0.09	5.92	1.30	0.01
248	0.37	0.24	-10.20	0.25	-17.20	0.10	38.00	0.36	0.01
249	-51.12	0.81	-41.31	0.80	-3.01	0.06	32.58	1.14	0.01
250	-41.74	0.39	-18.83	0.69	-16.82	0.10	10.87	0.80	0.01
251	-27.87	1.20	-30.12	1.63	-6.48	0.40	16.77	2.06	0.01
252	-42.95	0.69	-24.97	1.87	-6.38	0.11	13.87	1.99	0.01
253	-45.32	0.24	-30.03	4.54	-15.38	0.29	19.05	4.55	0.01
254	1.96	1.10	-19.38	1.56	-11.60	0.06	16.79	1.91	0.01
255	-33.66	2.47	-13.95	3.20	-8.73	0.26	17.91	4.05	0.01
256	-48.69	0.73	-6.95	0.87	-9.79	0.07	5.06	1.14	0.01
257	-46.68	0.35	-15.71	0.32	0.48	0.02	11.65	0.48	0.01
258	-61.66	0.75	-0.01	0.61	-4.82	0.05	23.30	0.97	0.01
259	-59.41	2.56	-7.46	1.58	-6.67	0.14	21.85	3.01	0.01
260	-47.20	0.27	-8.31	0.17	-3.75	0.02	11.14	0.32	0.01
261	-28.66	0.10	3.21	0.05	-24.85	0.06	23.62	0.13	0.01
262	-26.73	0.52	-7.37	0.24	-8.80	0.02	3.15	0.57	0.01
263	-4.12	3.50	-0.13	0.27	-16.16	0.12	15.08	3.51	0.01
264	15.62	0.58	-3.75	0.09	-7.23	0.05	20.35	0.59	0.01
265	59.83	0.41	-25.91	1.25	-7.89	0.05	22.72	1.32	0.01
266	42.47	0.09	-10.21	0.11	-20.49	0.04	28.32	0.15	0.01
267	6.94	0.03	-12.59	0.45	-3.71	0.03	21.97	0.45	0.01
268	20.11	0.07	-18.88	0.42	-0.60	0.02	18.42	0.43	0.01
269	-9.63	0.03	-20.54	0.12	-4.22	0.02	34.50	0.13	0.01
270	53.19	3.49	-46.24	3.82	-7.14	0.56	45.83	5.20	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
271	-8.16	2.26	-17.87	0.43	-10.28	0.13	10.38	2.31	0.01
272	18.77	1.12	-42.07	1.82	-17.05	0.22	35.74	2.15	0.01
273	-7.24	0.06	-12.73	0.26	-8.84	0.05	33.53	0.27	0.01
274	63.43	1.60	-27.39	4.49	-6.70	0.22	26.88	4.77	0.01
275	8.82	0.16	-25.34	0.12	-14.83	0.05	14.98	0.21	0.01
276	-59.98	1.55	17.25	4.02	-14.66	0.08	32.48	4.31	0.01
277	-8.43	1.87	-22.34	0.17	-7.40	0.11	14.42	1.88	0.01
278	-0.92	0.05	-17.47	0.18	8.22	0.05	32.66	0.19	0.01
279	38.97	0.35	-22.96	1.09	-2.96	0.19	14.95	1.16	0.01
280	42.34	2.32	-29.13	4.38	-3.69	0.92	18.25	5.04	0.01
281	-32.22	1.30	-29.38	0.98	-6.34	0.14	13.67	1.63	0.01
282	20.24	0.41	-20.79	0.69	-9.88	0.16	19.68	0.81	0.01
283	26.52	3.82	-24.08	4.18	-12.18	0.76	9.67	5.72	0.01
284	-27.65	2.44	-21.18	0.48	-7.92	0.18	11.99	2.49	0.01
285	5.50	0.77	-23.26	0.42	-12.87	0.14	9.99	0.89	0.01
286	3.89	0.18	-29.81	0.17	-1.52	0.03	13.99	0.25	0.01
287	-18.30	0.83	-30.66	0.78	4.22	0.16	34.04	1.15	0.01
288	48.41	1.57	-51.18	2.88	4.03	0.53	38.68	3.33	0.02
289	50.82	0.24	-23.99	0.59	-11.86	0.11	24.79	0.65	0.01
290	-14.29	3.22	-15.56	0.67	0.79	0.22	14.81	3.29	0.01
291	-8.34	1.77	-8.70	0.20	1.12	0.16	13.97	1.79	0.01
292	-20.78	2.32	-22.53	0.45	-8.78	0.05	20.43	2.36	0.01
293	-34.93	2.28	-16.89	0.48	-4.98	0.18	17.44	2.34	0.01
294	-2.71	0.78	-47.97	6.37	0.92	0.52	64.32	6.44	0.03
295	-18.10	0.76	-31.00	3.26	-5.75	0.04	27.77	3.35	0.01
296	17.16	0.41	-24.98	0.45	-14.91	0.17	31.52	0.64	0.01
297	-5.49	2.94	-22.66	1.78	-7.80	0.11	36.12	3.44	0.01
298	-25.14	0.12	-29.94	0.08	-20.95	0.09	21.71	0.17	0.01
299	-55.32	0.42	-41.63	2.18	-9.92	0.11	28.69	2.22	0.01
300	-80.70	1.14	-27.42	3.81	-17.62	0.13	22.24	3.98	0.01
301	-84.81	0.20	-18.18	0.12	-36.93	0.11	34.29	0.26	0.02
302	-11.68	0.13	-28.79	0.31	-2.56	0.04	22.07	0.33	0.01
303	-11.27	0.50	-25.52	0.27	-8.20	0.12	10.50	0.58	0.01
304	74.38	0.76	-21.39	0.76	-6.01	0.11	45.05	1.08	0.01
305	55.13	0.39	-39.11	0.36	-7.37	0.18	18.78	0.56	0.01
306	22.96	0.61	-10.15	0.28	-6.14	0.14	13.80	0.68	0.01
307	-17.49	0.33	-30.51	0.26	-3.54	0.06	11.35	0.43	0.01
308	-34.50	0.19	-33.73	0.25	-17.56	0.18	23.45	0.36	0.01
309	-33.65	0.22	-14.58	0.09	-9.83	0.09	15.63	0.25	0.01
310	-35.27	0.30	-22.76	0.18	-3.73	0.10	7.40	0.36	0.01
311	-8.95	0.11	-36.44	0.35	-19.43	0.23	28.57	0.43	0.01
312	-15.61	0.39	-39.43	0.69	-12.95	0.31	27.43	0.85	0.01
313	-47.38	0.83	-26.70	0.35	-14.03	0.15	19.46	0.91	0.01
314	-12.44	0.92	-44.83	0.67	-1.24	0.07	26.81	1.14	0.01
315	35.29	0.32	-29.46	0.37	-5.65	0.08	27.91	0.50	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U	hata	V	hata	W	hata	S_{LSR}	hata	TD/D
	(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		
316	38.82	0.11	-33.08	0.11	-5.91	0.05	15.20	0.16	0.01
317	-94.06	0.54	-20.88	1.03	-8.83	0.05	21.82	1.17	0.01
318	-26.63	0.21	-23.95	0.51	-9.67	0.27	11.18	0.62	0.01
319	-28.44	0.37	-22.15	0.53	-4.45	0.17	27.72	0.67	0.01
320	-21.63	0.08	-19.85	0.21	-1.19	0.05	18.41	0.23	0.01
321	-93.50	0.20	-22.72	0.27	4.68	0.07	50.26	0.34	0.01
322	-18.31	0.11	-31.71	0.13	-6.41	0.06	29.12	0.18	0.01
323	-56.94	0.39	-26.73	0.42	-9.26	0.05	8.48	0.58	0.01
324	-68.41	0.33	-20.66	0.26	10.72	0.07	19.43	0.42	0.01
325	46.29	0.39	-29.71	0.52	-7.75	0.08	11.78	0.65	0.01
326	-71.89	0.25	-23.24	0.25	-10.17	0.05	25.73	0.35	0.01
327	-56.63	0.30	-32.48	0.28	-2.08	0.03	29.33	0.41	0.01
328	-42.39	0.11	-20.12	0.08	-9.60	0.03	20.44	0.14	0.01
329	6.86	0.95	-7.03	0.09	-6.14	0.05	20.44	0.95	0.01
330	19.28	0.21	-18.60	0.13	-14.03	0.08	19.67	0.26	0.01
331	-3.89	0.37	-2.38	0.15	-1.07	0.03	16.86	0.40	0.01
332	58.96	0.16	-15.50	0.06	9.23	0.03	16.52	0.17	0.01
333	33.53	0.04	-30.87	0.04	-10.11	0.03	12.82	0.07	0.01
334	-53.69	0.33	-11.84	0.25	-12.48	0.09	20.38	0.43	0.01
335	-30.60	0.42	-29.50	0.19	2.13	0.03	33.45	0.46	0.01
336	-448.79	16.68	-65.64	2.26	-47.72	1.78	128.32	16.93	3.12
337	-20.25	7.93	-18.15	0.95	-12.60	0.13	19.56	7.98	0.01
338	-21.99	1.18	-17.41	0.55	5.34	0.13	17.58	1.31	0.01
339	-61.94	0.30	-35.11	0.19	-12.69	0.06	25.11	0.36	0.01
340	-84.15	0.43	-36.63	0.40	-9.41	0.05	50.77	0.59	0.02
341	82.71	11.92	-85.67	13.45	-2.11	2.53	79.92	18.15	0.36
342	6.04	0.66	-27.20	0.30	-14.04	0.23	22.26	0.76	0.01
343	53.68	0.88	-37.99	0.49	-6.73	0.22	23.38	1.03	0.01
344	43.89	0.16	-36.76	0.16	-7.97	0.16	20.11	0.27	0.01
345	32.67	0.14	-36.11	0.13	-10.27	0.15	17.58	0.25	0.01
346	-59.42	0.25	-62.44	0.24	-14.99	0.33	42.56	0.48	0.02
347	14.94	0.15	-3.35	0.16	-28.91	0.51	32.96	0.55	0.02
348	27.80	0.80	-1.39	0.51	-3.09	0.13	20.19	0.95	0.01
349	77.62	1.19	-43.23	0.77	3.05	0.19	34.02	1.42	0.01
350	76.41	1.49	-40.00	0.35	-9.86	0.19	28.03	1.54	0.01
351	22.71	0.55	-30.79	0.35	-10.54	0.14	15.61	0.67	0.01
352	-67.14	0.40	-26.52	0.25	-4.49	0.55	35.46	0.72	0.01
353	-104.44	1.15	-76.72	0.47	-1.89	1.90	59.23	2.27	0.07
354	8.23	1.00	-13.29	0.20	-14.65	0.23	16.16	1.04	0.01
355	-27.63	0.34	-34.65	0.29	-8.03	0.13	19.21	0.47	0.01
356	-13.12	0.36	-36.90	0.63	-2.67	0.11	16.92	0.73	0.01
357	-0.54	0.23	-31.51	0.33	-0.87	0.09	34.09	0.41	0.01
358	-14.05	1.51	-29.66	0.62	6.89	0.16	22.93	1.64	0.01
359	-124.62	26.81	-36.17	5.49	-17.91	4.00	34.14	27.66	0.01
360	-96.81	10.53	-56.36	1.99	-14.60	2.64	47.29	11.04	0.02

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
361	-87.73	11.40	-42.93	5.96	-4.04	1.05	30.50	12.91	0.01
362	-51.38	3.83	-42.15	1.96	-1.67	0.25	30.75	4.31	0.01
363	14.57	1.47	-43.20	1.41	-10.98	0.50	21.28	2.10	0.01
364	29.83	0.23	-5.03	0.22	1.04	0.20	20.31	0.38	0.01
365	-23.89	0.55	-4.79	0.88	30.04	2.19	67.61	2.42	0.17
366	-81.64	0.62	-49.77	1.65	-2.73	0.97	23.31	2.01	0.01
367	---	---	---	---	---	---	---	---	---
368	-42.22	1.00	-2.00	1.41	17.42	1.63	49.44	2.37	0.04
369	-34.62	0.00	-25.23	0.00	-5.78	0.00	35.37	0.00	0.01
370	-68.82	0.00	-43.79	0.00	-5.44	0.00	30.49	0.00	0.01
371	-40.57	0.78	-5.76	0.85	-20.84	1.17	42.39	1.64	0.02
372	-73.73	0.36	-23.65	0.43	-5.56	0.37	13.81	0.67	0.01
373	66.17	0.68	-40.32	0.59	1.46	0.24	21.14	0.93	0.01
374	37.23	0.00	-31.51	0.00	-5.19	0.00	38.56	0.00	0.01
375	5.14	0.51	-40.42	0.46	12.17	0.16	28.09	0.71	0.01
376	-10.79	1.21	-30.06	0.52	-7.41	0.16	12.25	1.33	0.01
377	-7.87	0.06	-9.02	0.81	6.14	0.70	20.44	1.08	0.01
378	-19.90	0.92	2.86	0.62	1.40	0.31	50.08	1.15	0.02
379	---	---	---	---	---	---	---	---	---
380	-22.94	0.00	-49.12	0.00	5.00	0.00	71.10	0.00	0.07
381	44.33	1.50	-46.44	0.14	-10.51	0.43	40.41	1.57	0.01
382	-15.19	0.36	-41.99	2.11	-18.75	0.98	22.05	2.35	0.01
383	-34.20	0.27	-43.72	0.60	-14.64	0.60	38.40	0.89	0.01
384	-27.78	0.02	-17.76	0.48	3.84	0.20	21.89	0.52	0.01
385	-18.80	3.95	-26.08	9.53	-32.54	11.79	29.05	15.67	0.02
386	-78.61	0.20	-44.29	0.21	-1.90	0.26	27.15	0.39	0.01
387	-80.77	0.19	-48.13	0.17	-3.71	0.08	27.38	0.27	0.01
388	-42.67	0.79	-17.68	0.71	-1.91	0.31	59.69	1.11	0.02
389	-5.91	0.39	-29.82	0.84	-6.59	0.25	34.64	0.96	0.01
390	73.45	0.28	-48.44	0.41	-9.73	0.56	25.06	0.75	0.01
391	-7.58	0.32	-13.23	0.60	3.92	0.32	20.87	0.75	0.01
392	70.40	0.30	-49.49	0.56	5.15	1.41	23.83	1.54	0.01
393	-7.10	0.13	-15.19	0.41	9.75	0.30	43.67	0.52	0.01
394	13.37	1.04	-20.34	0.73	-6.47	0.30	2.35	1.30	0.01
395	-41.51	0.22	-14.93	0.33	-21.67	0.35	49.47	0.53	0.02
396	-26.29	0.48	-30.00	0.62	-8.35	0.27	29.63	0.83	0.01
397	-56.02	0.18	-34.08	0.13	2.81	0.13	14.16	0.26	0.01
398	-41.30	0.35	-19.72	0.12	-6.92	0.13	21.64	0.39	0.01
399	-69.78	1.56	-26.18	0.42	-5.26	0.17	25.71	1.62	0.01
400	110.11	0.73	-56.88	0.07	0.13	0.05	54.63	0.74	0.03
401	88.55	0.50	-40.68	0.12	-7.52	0.09	30.46	0.52	0.01
402	36.58	0.27	-28.48	0.09	-8.48	0.14	42.72	0.32	0.01
403	-19.44	1.28	-12.14	1.16	-3.60	0.30	60.19	1.76	0.02
404	-90.69	2.71	-29.84	1.20	-3.04	0.15	24.15	2.97	0.01
405	-79.12	0.45	-22.34	0.23	-7.09	0.07	13.95	0.51	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
406	-86.64	0.82	-39.15	0.53	-12.15	0.13	31.17	0.98	0.01
407	-101.39	0.86	-43.52	1.29	-6.31	0.07	39.50	1.55	0.01
408	52.72	1.03	-17.04	1.14	-17.82	0.51	25.62	1.62	0.01
409	4.83	0.19	-26.04	0.94	6.52	0.62	14.14	1.14	0.01
410	-1.84	0.48	-31.88	1.05	-5.04	0.24	9.99	1.18	0.01
411	-54.11	0.26	-28.39	0.38	2.97	0.25	13.76	0.52	0.01
412	-32.14	1.04	-21.67	0.56	-19.69	0.84	17.41	1.44	0.01
413	-9.46	1.27	-23.93	0.96	-4.38	0.27	17.48	1.61	0.01
414	-47.96	0.78	-15.06	1.60	7.80	0.96	39.04	2.03	0.01
415	-109.55	12.54	-41.79	9.67	-4.83	3.16	88.16	16.15	0.05
416	39.47	1.43	-23.11	1.42	-8.80	0.77	9.29	2.16	0.01
417	-119.63	12.42	-31.16	7.67	-3.61	0.92	38.37	14.62	0.01
418	86.05	11.85	2.35	5.02	-10.41	1.75	24.57	12.99	0.01
419	2.40	1.14	-30.57	0.61	-9.25	0.17	17.98	1.31	0.01
420	-14.10	0.37	-21.33	0.48	-1.35	0.09	34.57	0.62	0.01
421	3.55	0.30	-18.93	0.28	-11.02	0.20	18.79	0.46	0.01
422	-10.78	1.07	-5.63	0.33	0.42	0.23	23.78	1.14	0.01
423	-41.88	0.08	-26.35	0.38	-1.23	0.21	27.81	0.44	0.01
424	-7.36	0.53	-22.83	0.32	-17.13	0.27	14.08	0.68	0.01
425	-39.40	1.30	-19.22	0.50	-1.68	0.26	8.96	1.42	0.01
426	-68.87	0.56	-13.29	0.83	9.45	0.25	21.57	1.03	0.01
427	-31.86	0.31	-29.90	0.34	-2.61	0.36	40.92	0.58	0.01
428	47.33	1.04	-37.55	1.98	-0.67	0.05	39.43	2.24	0.01
429	52.67	1.50	-18.51	1.54	-12.17	2.33	9.76	3.17	0.01
430	15.27	2.36	-25.32	1.30	-5.45	0.19	23.16	2.70	0.01
431	-20.66	1.23	-33.92	1.12	-10.72	0.66	13.49	1.79	0.01
432	-53.61	1.27	-30.31	0.62	3.49	0.45	19.65	1.48	0.01
433	-73.87	0.52	-29.05	0.34	-0.10	0.51	20.20	0.81	0.01
434	-17.84	0.14	-21.56	0.46	-17.98	0.38	33.49	0.62	0.01
435	-84.46	0.11	-68.30	0.21	-8.30	0.19	54.76	0.30	0.03
436	50.61	0.91	-22.72	0.89	-9.88	0.25	16.78	1.29	0.01
437	65.71	2.04	-28.92	0.33	-6.91	0.24	16.78	2.08	0.01
438	25.04	2.39	-24.99	1.52	-28.09	2.53	22.97	3.80	0.01
439	-5.36	0.27	-29.63	0.62	-2.37	0.14	7.79	0.69	0.01
440	-33.14	0.17	-23.46	0.48	-0.25	0.25	6.48	0.57	0.01
441	0.28	0.03	-29.11	0.52	-29.71	0.56	27.09	0.77	0.01
442	60.39	2.28	-79.12	0.17	3.70	0.28	66.86	2.30	0.20
443	50.43	1.27	-25.85	3.83	1.32	0.10	16.77	4.03	0.01
444	-0.55	5.12	-55.17	2.65	-12.49	1.10	35.93	5.87	0.01
445	29.16	0.15	-9.78	0.05	-17.76	0.08	29.22	0.18	0.01
446	-54.04	0.00	-29.33	0.00	-17.96	0.00	44.93	0.00	0.01
447	3.20	0.04	-8.98	0.24	-0.19	0.24	17.19	0.34	0.01
448	66.04	2.10	-34.81	1.18	-1.57	0.08	28.52	2.41	0.01
449	-37.57	0.22	-24.60	0.17	-7.22	0.13	5.26	0.31	0.01
450	-15.25	1.42	-14.36	0.47	-9.15	0.20	31.87	1.51	0.01

EK-5 Devam

Sıra	U (km sn^{-1})	hata	V (km sn^{-1})	hata	W (km sn^{-1})	hata	S_{LSR} (km sn^{-1})	hata	TD/D
451	-19.15	2.43	-24.62	1.45	-1.83	0.78	38.49	2.93	0.01
452	-8.49	0.05	-23.03	1.31	-10.19	0.59	5.22	1.44	0.01
453	74.74	1.93	-44.45	3.19	-10.83	0.12	34.25	3.73	0.01
454	-70.38	4.14	-23.01	8.74	-11.16	0.15	14.13	9.68	0.01
455	72.93	2.58	-46.50	4.44	-10.46	0.12	36.20	5.14	0.01
456	35.69	0.17	-21.89	0.08	-11.82	0.15	7.67	0.24	0.01
457	20.67	1.63	-6.24	1.37	-8.78	0.14	21.21	2.14	0.01
458	45.08	2.22	-36.60	3.61	1.34	0.11	24.61	4.24	0.01
459	-118.84	1.76	-30.79	3.57	1.45	0.13	21.84	3.98	0.01
460	-67.82	0.30	-16.17	0.23	1.10	0.02	18.20	0.38	0.01
461	---	---	---	---	---	---	---	---	
462	-37.19	0.80	-8.56	3.66	-9.01	0.14	6.07	3.75	0.01
463	-73.00	0.70	-13.68	4.65	-15.66	0.26	14.44	4.71	0.01
464	-63.18	0.42	-31.85	0.97	-13.29	0.10	20.90	1.06	0.01
465	-49.78	0.19	-19.84	0.29	-15.51	0.06	16.14	0.35	0.01
466	-72.57	0.54	-26.67	3.79	-11.09	0.10	14.30	3.83	0.01
467	-87.80	0.59	-30.89	0.90	-12.30	0.11	26.02	1.08	0.01
468	-65.02	3.44	-10.24	1.55	-9.01	0.54	6.28	3.81	0.01
469	7.99	0.84	-21.29	3.49	-17.40	3.29	15.43	4.87	0.01
470	33.85	2.07	-25.58	2.37	-8.41	0.95	14.52	3.28	0.01
471	-54.98	2.38	-40.52	1.23	-16.21	2.39	26.96	3.59	0.01
472	11.85	0.51	-45.74	0.74	10.87	0.65	35.53	1.11	0.02
473	20.80	0.01	-32.22	0.30	-11.67	0.13	29.91	0.33	0.01
474	-51.05	0.36	-25.61	0.22	-27.18	0.42	36.93	0.59	0.01
475	-51.95	0.20	-25.89	0.11	-26.64	0.26	37.65	0.34	0.01
476	-51.12	0.20	-25.43	0.10	-26.04	0.28	36.61	0.35	0.01
477	-34.99	4.66	-35.06	4.12	-24.44	2.70	35.23	6.78	0.01
478	-67.37	3.93	-17.88	3.31	-15.72	1.00	32.12	5.23	0.01
479	33.61	0.37	-20.26	0.41	-2.36	0.26	8.15	0.61	0.01
480	-10.72	9.38	-59.08	6.37	-17.96	6.24	45.92	12.94	0.02
481	-70.88	0.98	-21.63	0.99	-10.43	0.06	24.81	1.40	0.01
482	-72.64	2.50	-25.60	2.07	-5.27	0.10	24.46	3.24	0.01
483	-83.18	2.11	-32.32	1.76	-11.76	0.12	35.76	2.75	0.01
484	-78.99	2.97	-31.11	1.64	-5.46	0.08	45.81	3.40	0.01
485	64.38	0.72	-39.69	1.15	-4.33	0.14	21.76	1.36	0.01
486	-86.24	2.46	-27.40	3.09	-5.46	0.15	26.09	3.95	0.01
487	-25.35	1.50	-53.58	0.65	-43.44	1.70	67.32	2.36	0.26
488	-82.99	3.25	1.64	1.77	-25.83	1.20	24.48	3.89	0.01
489	13.17	0.05	-17.70	0.04	-10.36	0.20	36.74	0.21	0.01
490	-15.24	0.11	-13.52	0.18	-11.43	0.03	17.57	0.21	0.01
491	-32.21	0.10	-19.93	0.10	-15.53	0.01	33.42	0.14	0.01
492	-15.04	2.02	-23.33	1.47	-8.40	0.45	11.64	2.54	0.01
493	-26.65	1.51	-24.41	1.34	-4.06	0.05	8.74	2.02	0.01
494	19.81	5.79	-20.71	3.16	-21.48	3.35	18.11	7.40	0.01
495	-62.95	2.06	-52.05	3.57	-1.20	0.02	48.11	4.12	0.02

EK-5 Devam

Sıra	U	hata	V	hata	W	hata	S_{LSR}	hata	TD/D
	(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		(km sn^{-1})		
496	-23.65	0.57	-43.92	2.08	-5.03	0.03	31.26	2.16	0.01
497	2.10	4.50	3.28	3.23	-19.91	3.45	34.51	6.52	0.01
498	-39.04	0.22	-37.27	1.89	-6.22	0.04	24.44	1.90	0.01
499	18.84	6.58	0.68	2.31	-28.22	0.50	43.98	7.00	0.02
500	-38.38	0.36	-10.53	2.75	-9.93	0.05	12.63	2.77	0.01
501	65.75	1.00	-23.67	2.31	-8.89	0.05	15.87	2.51	0.01
502	7.02	2.65	-19.64	2.44	-10.40	0.26	6.14	3.61	0.01
503	156.79	6.82	-83.46	4.19	-6.91	0.32	82.35	8.01	1.23
504	-43.69	2.67	4.49	1.91	2.18	0.34	26.53	3.30	0.01

Tablo EK.6: Açık kümelerin Galaksi merkezine göre hesaplanmış altı farklı uzaklıkları ve Galaktik yörünge parametreleri.

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
1	King 01	10.35	8.14	0.08	0.12	8.99	9.24	9.13	9.09
2	King 02	13.66	8.47	0.59	0.23	12.49	11.07	10.48	13.40
3	King 05	10.34	9.03	0.15	0.07	9.85	9.69	9.64	10.34
4	King 07	12.35	9.83	0.11	0.11	11.38	11.09	10.96	11.52
5	King 08	12.90	11.22	0.30	0.07	12.66	12.06	11.99	11.26
6	King 12	10.58	8.87	0.03	0.09	9.64	9.73	9.66	10.31
7	King 15	10.68	9.16	0.07	0.08	10.11	9.92	9.87	9.24
8	NGC 1664	9.64	8.10	0.13	0.09	9.23	8.87	8.81	9.60
9	NGC 6939	9.53	8.46	0.45	0.06	8.34	8.99	8.91	9.49
10	Berkeley 09	10.17	9.70	0.32	0.02	9.75	9.93	9.90	10.15
11	Berkeley 17	14.72	8.70	1.44	0.26	11.12	11.71	10.85	12.48
12	Berkeley 18	15.77	13.19	1.08	0.09	13.22	14.48	14.27	15.67
13	Berkeley 19	15.77	13.53	0.76	0.08	13.57	14.65	14.51	13.83
14	Berkeley 20	16.60	13.45	2.72	0.11	15.97	15.03	14.46	14.26
15	Berkeley 21	15.86	12.91	0.31	0.10	14.88	14.39	14.24	13.64
16	Berkeley 25	15.26	11.09	1.31	0.16	14.26	13.17	12.74	13.07
17	Berkeley 29	23.14	13.96	2.22	0.25	21.70	18.55	17.36	23.10
18	Berkeley 31	15.20	11.77	0.71	0.13	14.84	13.49	13.24	14.45
19	Berkeley 39	11.94	8.52	1.28	0.17	11.49	10.23	9.79	11.08
20	Berkeley 53	10.59	8.41	0.31	0.11	8.71	9.50	9.37	10.29
21	Berkeley 67	10.44	9.20	0.30	0.06	9.81	9.82	9.77	9.79
22	Berkeley 70	12.98	10.14	0.35	0.12	12.76	11.56	11.39	12.65
23	Berkeley 71	11.47	10.27	0.09	0.06	10.87	10.87	10.84	10.42
24	Berkeley 73	15.74	13.05	1.29	0.09	13.60	14.39	14.14	13.50
25	Berkeley 98	11.43	9.03	1.93	0.12	9.52	10.23	9.73	11.41
26	Czernik 12	10.56	9.61	0.30	0.05	9.41	10.09	10.05	10.35
27	Czernik 18	9.65	8.62	0.25	0.06	9.15	9.13	9.09	8.88
28	Czernik 20	13.12	10.16	0.12	0.13	11.18	11.64	11.48	12.46
29	Czernik 21	13.78	9.91	1.04	0.16	11.78	11.85	11.45	13.77
30	Czernik 23	12.12	11.34	0.22	0.03	11.82	11.73	11.71	11.96
31	Czernik 30	14.09	10.83	0.56	0.13	13.61	12.46	12.23	12.58
32	IC 1369	9.68	7.39	0.00	0.13	8.54	8.53	8.40	7.42
33	IC 0166	14.68	11.88	0.71	0.11	11.68	13.28	13.09	14.17
34	Melotte 66	13.08	9.09	1.41	0.18	9.82	11.08	10.57	13.05
35	Melotte 71	11.67	9.51	0.31	0.10	9.50	10.59	10.47	11.39
36	NGC 1245	10.58	9.55	0.40	0.05	10.36	10.06	10.00	10.42
37	NGC 1817	11.79	8.58	0.43	0.16	9.57	10.18	9.93	9.07
38	NGC 1857	11.24	10.82	0.10	0.02	10.71	11.03	11.02	10.82
39	NGC 188	9.85	9.00	0.85	0.05	9.03	9.42	9.28	9.08
40	NGC 1907	9.88	9.46	0.15	0.02	9.67	9.67	9.66	9.88
41	NGC 1912	9.24	8.63	0.04	0.03	8.98	8.93	8.92	9.00
42	NGC 2099	9.58	7.78	0.10	0.10	9.37	8.68	8.59	7.99
43	NGC 2112	12.33	9.18	0.29	0.15	9.03	10.76	10.54	12.01
44	NGC 2158	12.42	10.97	0.41	0.06	12.18	11.70	11.63	12.23
45	NGC 2168	9.81	8.45	0.16	0.07	8.79	9.13	9.08	8.46
46	NGC 2194	12.16	10.03	0.12	0.10	11.08	11.09	11.00	10.15

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
47	NGC 2204	12.54	10.55	1.30	0.09	11.20	11.55	11.28	10.90
48	NGC 2243	15.71	10.27	1.63	0.21	10.24	12.99	12.29	15.60
49	NGC 2251	9.56	8.00	0.03	0.09	9.30	8.78	8.72	8.64
50	NGC 2304	12.13	10.45	0.66	0.07	11.86	11.29	11.17	11.15
51	NGC 2324	12.85	11.22	0.30	0.07	11.71	12.04	11.97	11.27
52	NGC 2354	9.09	8.65	0.18	0.02	8.76	8.87	8.85	8.70
53	NGC 2355	12.89	9.83	0.58	0.13	9.72	11.36	11.13	11.09
54	NGC 2360	9.90	8.92	0.38	0.05	8.73	9.41	9.35	9.58
55	NGC 2420	11.58	8.33	1.00	0.16	10.35	9.95	9.59	10.67
56	NGC 2423	9.25	7.69	0.08	0.09	8.59	8.47	8.40	7.93
57	NGC 2425	12.05	8.79	0.60	0.16	10.46	10.42	10.14	9.90
58	NGC 2447	9.72	8.76	0.08	0.05	8.55	9.24	9.21	9.69
59	NGC 2477	10.45	7.54	0.30	0.16	8.48	9.00	8.77	9.70
60	NGC 2479	9.14	8.69	0.25	0.03	8.93	8.91	8.89	8.94
61	NGC 2506	14.47	10.02	0.98	0.18	10.46	12.24	11.79	10.57
62	IC 2714	8.51	7.79	0.09	0.04	7.59	8.15	8.13	8.07
63	NGC 2141	13.16	11.86	0.49	0.05	12.37	12.51	12.44	13.15
64	NGC 5822	8.12	7.15	0.08	0.06	7.37	7.63	7.60	7.37
65	Pismis 15	8.40	6.54	0.13	0.12	8.19	7.47	7.36	6.94
66	Pismis 18	7.19	7.10	0.06	0.01	6.91	7.15	7.14	7.10
67	NGC 1605	11.15	9.74	0.06	0.07	10.90	10.45	10.40	11.10
68	Collinder 69	9.00	8.40	0.06	0.03	8.37	8.70	8.69	8.49
69	Collinder 256	8.84	8.13	0.15	0.04	8.01	8.49	8.46	8.26
70	Collinder 140	8.87	8.38	0.07	0.03	8.17	8.63	8.62	8.64
71	Collinder 197	8.42	7.99	0.04	0.03	8.20	8.20	8.20	8.42
72	Collinder 350	8.09	7.75	0.18	0.02	7.69	7.92	7.90	7.93
73	Collinder 359	7.84	7.15	0.16	0.05	7.55	7.49	7.47	7.80
74	Cl Gulliver 10	8.38	7.93	0.05	0.03	8.16	8.16	8.15	8.38
75	Cl Gulliver 9	8.27	7.74	0.05	0.03	8.06	8.01	8.00	8.22
76	Cl Gulliver 20	7.77	7.15	0.18	0.04	7.55	7.46	7.44	7.75
77	Collinder 394	7.74	6.79	0.10	0.07	7.29	7.27	7.23	7.73
78	Collinder 463	9.73	8.74	0.18	0.05	8.55	9.24	9.20	8.98
79	Cl Gulliver 6	8.96	8.57	0.12	0.02	8.39	8.76	8.75	8.57
80	Cl Gulliver 28	7.84	7.07	0.18	0.05	7.63	7.46	7.43	7.83
81	NGC 7063	8.32	7.98	0.09	0.02	7.95	8.15	8.14	8.31
82	NGC 2184	9.03	8.72	0.09	0.02	8.51	8.88	8.87	8.81
83	NGC 6997	10.88	8.10	0.03	0.15	7.98	9.49	9.31	8.28
84	NGC 7243	13.22	8.34	0.16	0.23	8.18	10.78	10.29	10.96
85	NGC 1901	9.00	8.17	0.26	0.05	7.95	8.58	8.55	9.00
86	NGC 6281	8.79	6.23	0.11	0.17	7.49	7.51	7.31	8.17
87	Ferrero 11	11.39	8.20	0.18	0.16	8.72	9.80	9.56	8.57
88	NGC 752	8.52	7.13	0.17	0.09	8.31	7.82	7.76	7.13
89	NGC 1582	9.62	9.12	0.16	0.03	8.94	9.37	9.36	9.42
90	NGC 1662	9.96	8.38	0.16	0.09	8.38	9.17	9.10	9.27
91	NGC 1980	8.81	8.52	0.12	0.02	8.32	8.66	8.66	8.52
92	NGC 3532	10.25	8.05	0.13	0.12	7.85	9.15	9.03	8.21

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
93	NGC 6633	10.37	7.73	0.15	0.15	7.69	9.05	8.87	8.95
94	NGC 6991	13.22	8.03	0.21	0.24	7.99	10.63	10.05	12.85
95	NGC 7058	9.69	8.15	0.03	0.09	8.03	8.92	8.86	9.05
96	Harvard 10	7.69	7.17	0.15	0.03	7.41	7.43	7.42	7.64
97	Lynga 2	8.30	7.43	0.02	0.06	7.36	7.87	7.85	8.12
98	NGC 1758	9.60	8.24	0.24	0.08	8.88	8.92	8.86	9.41
99	NGC 2301	11.17	8.40	0.05	0.14	8.76	9.79	9.61	8.47
100	NGC 2516	10.79	8.19	0.27	0.14	7.98	9.49	9.32	8.59
101	NGC 2548	12.05	8.41	0.29	0.18	8.51	10.23	9.93	12.04
102	Ruprecht 145	8.40	7.63	0.28	0.05	7.43	8.02	7.98	7.99
103	COIN-Gaia 25	9.40	8.90	0.02	0.03	8.81	9.15	9.14	9.38
104	NGC 2627	10.63	8.58	0.28	0.11	8.65	9.61	9.49	10.63
105	NGC 3960	11.41	7.58	0.36	0.20	7.37	9.49	9.12	10.43
106	NGC 7142	16.84	8.80	0.89	0.31	8.78	12.82	11.64	10.10
107	NGC 6791	9.49	5.83	1.10	0.24	7.72	7.66	7.08	8.83
108	NGC 6866	10.20	8.06	0.22	0.12	7.87	9.13	9.01	8.45
109	NGC 7062	8.45	7.96	0.11	0.03	8.23	8.20	8.19	8.45
110	NGC 7245	9.66	7.09	0.08	0.15	9.04	8.38	8.20	8.78
111	NGC 7789	9.23	7.59	0.17	0.10	9.02	8.41	8.33	8.81
112	Ruprecht 1	10.46	8.52	0.24	0.10	9.10	9.49	9.39	10.09
113	Ruprecht 170	7.01	6.18	0.07	0.06	6.09	6.59	6.57	6.88
114	Ruprecht 171	8.03	6.73	0.10	0.09	6.52	7.38	7.32	7.80
115	Ruprecht 174	9.29	8.02	0.11	0.07	7.83	8.66	8.61	8.94
116	Trumpler 5	11.83	10.33	0.10	0.07	10.42	11.08	11.04	10.40
117	Trumpler 20	7.39	6.97	0.16	0.03	6.86	7.18	7.16	6.97
118	Trumpler 32	8.01	6.73	0.23	0.09	6.55	7.37	7.31	7.93
119	Saurer 1	8.41	7.79	0.15	0.04	8.01	8.10	8.08	8.34
120	CL VDBH 211	6.46	5.71	0.04	0.06	5.79	6.08	6.06	5.81
121	SAI 16	11.68	10.77	0.11	0.04	10.91	11.22	11.20	10.77
122	NGC 6705	6.91	5.73	0.08	0.09	6.27	6.32	6.27	6.32
123	NGC 6583	7.03	6.21	0.09	0.06	6.01	6.62	6.60	6.38
124	NGC 6253	6.85	5.33	0.22	0.12	6.56	6.09	5.99	6.84
125	NGC 6192	7.33	6.54	0.18	0.06	6.62	6.94	6.90	7.17
126	NGC 4815	7.17	6.66	0.11	0.04	6.76	6.92	6.91	6.77
127	NGC 4349	7.49	6.95	0.05	0.04	7.26	7.22	7.21	6.96
128	NGC 4337	7.73	6.58	0.27	0.08	7.14	7.15	7.09	7.59
129	Waterloo 1	11.88	10.77	0.16	0.05	11.61	11.33	11.30	11.88
130	[FSR2007] 0306	9.08	8.08	0.05	0.06	8.70	8.58	8.55	8.11
131	[FSR2007] 0336	9.68	9.06	0.08	0.03	8.87	9.37	9.36	9.62
132	[FSR2007] 0494	10.98	8.24	0.13	0.14	10.19	9.61	9.43	9.60
133	[FSR2007] 0496	8.81	7.87	0.06	0.06	8.54	8.34	8.32	8.61
134	[FSR2007] 0667	9.57	8.91	0.06	0.04	8.96	9.24	9.22	8.95
135	[FSR2007] 0716	13.60	10.65	0.45	0.12	11.35	12.12	11.94	12.03
136	[FSR2007] 0883	11.18	10.44	0.13	0.03	10.86	10.81	10.80	10.44
137	[FSR2007] 0941	13.64	12.09	0.62	0.06	11.91	12.86	12.77	12.71
138	[FSR2007] 1063	10.62	8.86	0.16	0.09	10.25	9.74	9.66	9.04

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
139	VVVCL006	7.53	5.97	0.02	0.12	7.22	6.75	6.67	7.51
140	[FSR2007]0951	10.76	9.40	0.16	0.07	9.58	10.08	10.03	9.40
141	NGC 6802	7.60	6.54	0.06	0.08	7.05	7.07	7.04	6.58
142	NGC 1027	12.62	8.97	0.27	0.17	8.80	10.79	10.51	10.16
143	Ruprecht 148	12.43	11.58	0.15	0.04	11.41	12.01	11.99	11.77
144	Teutsch 1	13.64	12.34	0.26	0.05	12.54	12.99	12.95	12.41
145	Ferrero 1	7.33	6.80	0.11	0.04	7.12	7.06	7.05	7.07
146	Pozzo 1	8.26	8.22	0.07	0.00	8.05	8.24	8.24	8.25
147	Alessi 6	7.81	6.76	0.09	0.07	7.42	7.29	7.25	6.84
148	Alessi 43	8.14	7.13	0.12	0.07	8.18	7.63	7.60	8.12
149	Alessi Teutsch 5	8.77	8.40	0.09	0.02	8.26	8.59	8.58	8.57
150	Alessi Teutsch 8	8.71	7.79	0.13	0.06	7.59	8.25	8.23	7.82
151	IC 1396	8.60	7.94	0.09	0.04	8.19	8.27	8.26	8.46
152	IC 2395	8.71	8.02	0.03	0.04	8.07	8.36	8.35	8.47
153	IC 4651	7.66	6.93	0.15	0.05	7.13	7.29	7.27	6.93
154	IC 4665	7.92	7.41	0.13	0.03	7.71	7.67	7.65	7.73
155	IC 4725	7.92	6.88	0.04	0.07	7.36	7.40	7.37	6.88
156	IC 4756	8.31	7.74	0.07	0.04	7.62	8.03	8.02	8.02
157	Roslund 5	8.17	7.53	0.03	0.04	7.84	7.85	7.84	7.91
158	Roslund 6	8.76	8.04	0.03	0.04	7.94	8.40	8.39	8.76
159	RSG 5	8.85	8.13	0.07	0.04	7.96	8.49	8.48	8.37
160	RSG 7	8.39	8.14	0.02	0.02	8.16	8.27	8.27	8.27
161	RSG 8	8.81	8.23	0.03	0.03	8.17	8.52	8.51	8.24
162	[FSR2007] 0494	10.89	10.00	0.12	0.04	10.19	10.45	10.43	10.65
163	[FSR2007] 1113	14.31	11.38	0.61	0.11	11.41	12.84	12.65	11.52
164	ASCC 10	10.03	8.60	0.21	0.08	8.58	9.31	9.25	9.10
165	ASCC 11	9.41	7.73	0.13	0.10	8.70	8.57	8.49	8.32
166	ASCC 16	9.30	7.47	0.15	0.11	8.32	8.39	8.29	8.11
167	ASCC 19	8.92	7.67	0.13	0.08	8.31	8.30	8.25	8.31
168	ASCC 21	8.93	8.38	0.09	0.03	8.33	8.65	8.64	8.47
169	NGC 129	10.68	9.19	0.06	0.08	8.98	9.94	9.89	10.52
170	NGC 1333	8.73	7.69	0.13	0.06	8.26	8.21	8.18	8.62
171	NGC 136	11.99	10.88	0.08	0.05	10.96	11.43	11.41	10.94
172	UBC 143	10.19	7.91	0.24	0.13	7.89	9.05	8.91	9.91
173	UBC 199	9.80	8.69	0.38	0.06	9.03	9.24	9.18	9.80
174	UBC 212	11.19	9.64	0.08	0.07	10.35	10.41	10.36	10.81
175	UBC 623	11.04	8.23	0.87	0.15	10.14	9.64	9.34	10.89
176	[FSR2007] 1595	7.96	7.61	0.05	0.02	7.46	7.78	7.78	7.75
177	[FSR2007] 1083	13.61	10.47	1.00	0.13	12.33	12.04	11.75	12.86
178	[FSR2007] 0942	13.91	11.54	0.21	0.09	11.33	12.72	12.62	12.91
179	ESO 092 05	15.15	11.37	1.88	0.14	12.64	13.26	12.76	11.81
180	NGC 3293	8.92	7.75	0.06	0.07	7.72	8.33	8.29	7.78
181	Collinder 106	10.62	9.54	0.03	0.05	9.35	10.08	10.06	9.54
182	[FSR2007] 498	10.41	8.04	0.04	0.13	9.50	9.23	9.09	10.24
183	NGC 2234	14.40	10.25	0.40	0.17	13.12	12.32	12.00	14.39
184	[FSR2007] 660	19.76	11.76	0.81	0.25	11.89	15.76	14.82	17.00

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
185	[FSR2007] 542	11.37	9.73	0.08	0.08	10.43	10.55	10.49	10.97
186	Chupina1	11.29	8.66	2.80	0.13	9.44	9.98	9.15	8.73
187	NGC 2202	15.87	14.00	0.55	0.06	13.86	14.93	14.85	14.00
188	[FSR2007] 0687	13.59	11.97	0.50	0.06	12.07	12.78	12.69	12.44
189	NGC 6811	9.93	7.79	0.29	0.12	7.87	8.86	8.72	9.49
190	[FSR2007] 852	11.82	9.92	0.01	0.09	10.73	10.87	10.80	11.68
191	NGC 2264	8.99	8.64	0.08	0.02	8.78	8.82	8.81	8.99
192	L1641S	9.45	6.11	0.37	0.21	8.43	7.78	7.42	7.83
193	Briceno1	8.98	8.51	0.10	0.03	8.32	8.74	8.73	8.51
194	Lynga1	7.59	7.07	0.01	0.04	6.87	7.33	7.32	7.14
195	M67	9.35	7.81	0.60	0.09	8.62	8.58	8.44	8.88
196	NGC 7762	8.67	6.36	0.30	0.15	8.45	7.51	7.33	7.28
197	NGC3680	8.03	7.41	0.34	0.04	7.77	7.72	7.67	7.42
198	Coin Gaia 2	9.80	8.29	0.13	0.08	8.67	9.04	8.98	9.06
199	Coin Gaia 6	11.86	10.22	0.18	0.07	10.12	11.04	10.98	11.23
200	Alessi 44	8.24	7.73	0.11	0.03	7.52	7.98	7.97	8.20
201	Alessi 62	9.59	7.85	0.16	0.10	7.65	8.72	8.63	7.99
202	ASCC 23	9.97	8.50	0.19	0.08	8.58	9.23	9.17	9.69
203	NGC 1647	10.14	8.52	0.17	0.09	8.53	9.33	9.26	10.08
204	NGC 1750	10.13	8.58	0.12	0.08	8.66	9.36	9.29	9.50
205	NGC 2186	10.74	9.10	0.24	0.08	10.18	9.92	9.85	10.31
206	NGC 2281	10.45	6.93	0.52	0.20	8.74	8.69	8.32	8.76
207	Biurakan 2	8.02	6.54	0.07	0.10	7.66	7.28	7.21	8.00
208	COIN-Gaia 22	10.08	9.55	0.26	0.03	9.81	9.82	9.79	9.55
209	COIN-Gaia 26	10.17	9.21	0.22	0.05	9.45	9.69	9.66	9.31
210	COIN-Gaia 27	9.19	8.75	0.12	0.02	8.92	8.97	8.96	9.10
211	COIN-Gaia 28	10.30	9.18	0.05	0.06	9.52	9.74	9.71	9.22
212	COIN-Gaia 41	10.24	8.88	0.20	0.07	9.78	9.56	9.51	9.47
213	Collinder 107	10.64	9.55	0.00	0.05	9.46	10.10	10.07	9.86
214	Collinder 115	10.30	8.75	0.10	0.08	9.77	9.52	9.47	9.25
215	Collinder 258	8.38	7.65	0.07	0.05	7.44	8.02	8.00	8.13
216	Collinder 421	9.47	7.74	0.09	0.10	7.87	8.60	8.52	8.20
217	Dolidze 16	10.04	9.35	0.08	0.04	9.32	9.69	9.68	9.42
218	[FSR2007] 0241	8.35	7.70	0.31	0.04	7.95	8.02	7.98	8.08
219	[FSR2007] 0278	11.01	7.69	0.32	0.18	8.12	9.35	9.07	10.94
220	[FSR2007] 0728	10.83	9.01	0.23	0.09	9.79	9.92	9.83	9.01
221	[FSR2007] 0771	10.16	7.93	0.14	0.12	9.58	9.04	8.92	7.97
222	[FSR2007] 0866	11.27	8.20	0.20	0.16	9.27	9.73	9.51	8.22
223	[FSR2007] 0905	9.90	8.24	0.24	0.09	9.50	9.07	8.98	9.44
224	[FSR2007] 0923	11.08	9.48	0.18	0.08	9.66	10.28	10.22	10.89
225	Cl Gulliver 18	7.75	6.83	0.11	0.06	7.47	7.29	7.26	7.43
226	Cl Gulliver 24	10.79	9.69	0.06	0.05	9.77	10.24	10.21	9.75
227	Cl Gulliver 25	10.05	8.80	0.30	0.07	9.17	9.43	9.37	9.57
228	Cl Gulliver 37	7.64	6.39	0.12	0.09	7.35	7.01	6.96	7.25
229	Cl Gulliver 47	10.08	9.34	0.24	0.04	9.76	9.71	9.69	10.07
230	Cl Gulliver 51	10.94	8.09	0.13	0.15	9.06	9.51	9.32	8.67

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
231	Cl Gulliver 54	9.52	8.06	0.33	0.08	9.22	8.79	8.71	8.55
232	Cl Gulliver 56	10.30	8.98	0.24	0.07	10.09	9.64	9.59	10.16
233	Cl Gulliver 8	9.68	9.26	0.03	0.02	9.09	9.47	9.46	9.26
234	IC 1805	11.73	8.93	2.35	0.14	9.08	10.33	9.67	9.74
235	IC 2488	9.21	8.08	0.09	0.07	7.93	8.64	8.61	8.29
236	Koposov 36	11.12	8.28	0.09	0.15	9.87	9.70	9.51	11.01
237	LP 2139	8.86	8.68	1.23	0.01	8.60	8.77	8.51	8.68
238	LP 2198	9.30	8.31	0.26	0.06	9.05	8.81	8.76	8.89
239	LP 658	11.08	9.48	0.21	0.08	9.27	10.28	10.21	10.22
240	Melotte 101	7.77	6.57	0.20	0.08	7.56	7.17	7.11	6.79
241	NGC 1502	9.60	8.51	0.17	0.06	8.86	9.06	9.02	9.25
242	NGC 1513	9.54	8.48	0.08	0.06	9.33	9.01	8.98	9.06
243	NGC 1778	10.55	8.40	0.08	0.11	9.67	9.48	9.37	8.58
244	NGC 1960	9.95	8.82	0.08	0.06	9.17	9.38	9.35	9.81
245	NGC 2126	9.59	9.07	0.33	0.03	9.23	9.33	9.30	9.59
246	NGC 2244	10.40	8.96	0.08	0.07	9.35	9.68	9.63	9.31
247	NGC 2311	10.59	10.09	0.06	0.02	9.89	10.34	10.33	10.17
248	NGC 2318	10.59	8.32	0.20	0.12	9.01	9.45	9.32	8.35
249	NGC 2353	9.26	7.06	0.07	0.13	8.86	8.16	8.03	8.15
250	NGC 2482	8.93	8.73	0.16	0.01	8.72	8.83	8.82	8.78
251	NGC 2539	9.08	7.80	0.28	0.08	8.83	8.44	8.38	8.91
252	NGC 2567	9.05	8.19	0.11	0.05	8.76	8.62	8.60	8.38
253	NGC 2670	8.42	7.31	0.13	0.07	8.20	7.87	7.83	7.34
254	NGC 381	9.11	8.35	0.06	0.04	8.72	8.73	8.71	8.40
255	NGC 5138	7.71	6.43	0.15	0.09	6.98	7.07	7.01	7.52
256	NGC 5281	7.68	7.14	0.03	0.04	7.02	7.41	7.40	7.60
257	NGC 5316	7.34	7.14	0.09	0.01	7.14	7.24	7.24	7.34
258	NGC 5823	7.83	6.84	0.11	0.07	6.66	7.33	7.30	7.63
259	NGC 6031	6.88	6.42	0.04	0.03	6.29	6.65	6.65	6.85
260	NGC 6067	6.67	6.52	0.07	0.01	6.32	6.60	6.60	6.53
261	NGC 6134	8.17	7.20	0.22	0.06	6.99	7.68	7.64	7.86
262	NGC 6167	7.10	6.83	0.03	0.02	6.70	6.97	6.96	6.83
263	NGC 6383	7.79	7.02	0.10	0.05	6.88	7.40	7.38	7.15
264	NGC 6531	7.70	6.68	0.01	0.07	6.77	7.19	7.16	7.23
265	NGC 6871	8.15	7.29	0.09	0.06	7.65	7.72	7.70	7.98
266	NGC 6940	8.88	7.52	0.23	0.08	7.71	8.20	8.14	8.76
267	NGC 7082	8.92	7.83	0.07	0.07	8.14	8.38	8.34	8.43
268	NGC 7086	8.76	7.95	0.10	0.05	8.30	8.36	8.34	8.51
269	NGC 7209	8.98	7.23	0.15	0.11	8.20	8.11	8.02	8.02
270	NGC 744	9.81	6.78	0.13	0.18	8.96	8.29	8.04	7.34
271	Pismis 27	10.44	9.74	0.07	0.03	9.90	10.09	10.08	10.17
272	Roslund 3	7.50	5.64	0.17	0.14	7.26	6.57	6.45	5.80
273	Roslund 7	8.89	7.19	0.08	0.11	7.87	8.04	7.96	7.93
274	Teutsch 8	8.22	7.15	0.11	0.07	7.62	7.69	7.65	7.93
275	Tombaugh 5	9.66	8.91	0.19	0.04	9.44	9.28	9.26	9.65
276	Trumpler 18	10.65	7.80	0.11	0.15	7.59	9.22	9.02	9.50

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
277	Trumpler 26	6.66	5.84	0.09	0.07	6.44	6.25	6.23	5.88
278	UBC 141	8.58	7.12	0.26	0.09	7.84	7.85	7.77	7.30
279	UBC 169	8.94	8.01	0.20	0.05	8.42	8.48	8.44	8.02
280	UBC 182	9.38	8.10	0.28	0.07	8.85	8.74	8.68	9.28
281	UBC 216	9.18	8.03	0.08	0.07	8.96	8.60	8.57	8.23
282	UBC 374	8.25	7.25	0.06	0.06	7.80	7.75	7.72	7.28
283	UBC 417	9.69	9.24	0.25	0.02	9.45	9.46	9.44	9.48
284	UBC 437	10.54	9.76	0.02	0.04	10.07	10.15	10.14	9.78
285	UBC 53	9.64	9.07	0.13	0.03	9.43	9.36	9.34	9.49
286	UBC 54	9.22	8.00	0.09	0.07	9.00	8.61	8.57	8.07
287	UBC 57	10.43	8.49	0.31	0.10	9.85	9.46	9.35	8.55
288	UBC 596	9.41	6.85	0.32	0.16	8.98	8.13	7.92	6.86
289	UBC 6	9.35	7.87	0.19	0.09	8.48	8.61	8.54	8.26
290	UBC 61	9.79	9.20	0.15	0.03	9.27	9.50	9.48	9.61
291	UBC 614	11.07	10.12	0.19	0.05	9.91	10.60	10.57	10.97
292	UBC 63	10.03	8.87	0.04	0.06	9.51	9.45	9.42	8.89
293	UBC 77	10.45	9.40	0.10	0.05	9.65	9.92	9.90	9.40
294	vdBergh 85	8.73	5.25	0.21	0.25	7.98	6.99	6.59	8.42
295	vdBergh 92	8.24	6.48	0.04	0.12	7.82	7.36	7.26	8.19
296	Berkeley 44	7.44	5.83	0.19	0.12	6.86	6.63	6.53	7.27
297	Berkeley 79	6.67	4.95	0.06	0.15	6.01	5.81	5.70	6.10
298	Collinder 110	10.23	8.99	0.26	0.06	9.95	9.61	9.56	9.82
299	Collinder 205	8.45	6.71	0.05	0.11	8.24	7.58	7.49	8.44
300	Collinder 220	7.99	7.55	0.13	0.03	7.75	7.77	7.76	7.56
301	Collinder 261	7.51	7.14	0.49	0.03	6.96	7.32	7.25	7.48
302	Collinder 74	11.10	9.57	0.49	0.07	10.58	10.33	10.24	10.84
303	Czernik 19	10.70	9.95	0.35	0.04	10.43	10.32	10.28	10.49
304	Czernik 38	7.11	5.86	0.14	0.10	6.23	6.49	6.43	6.67
305	Czernik 6	10.83	9.22	0.09	0.08	10.33	10.02	9.97	10.83
306	[FSR2007] 0683	12.86	11.18	0.52	0.07	11.00	12.02	11.93	12.25
307	[FSR2007] 0850	10.44	9.23	0.09	0.06	10.22	9.84	9.80	9.52
308	[FSR2007] 0893	10.57	8.84	0.22	0.09	10.18	9.71	9.62	10.12
309	[FSR2007] 0904	11.06	10.02	0.05	0.05	10.09	10.54	10.52	10.08
310	[FSR2007] 0935	11.18	10.48	0.26	0.03	10.70	10.83	10.80	10.59
311	[FSR2007] 0953	11.11	9.01	0.25	0.10	10.70	10.06	9.95	10.93
312	[FSR2007] 0979	11.07	8.83	0.12	0.11	10.73	9.95	9.84	11.02
313	[FSR2007] 0985	10.66	9.27	0.23	0.07	10.04	9.97	9.91	9.28
314	Cl Gulliver 26	11.10	8.56	0.12	0.13	10.85	9.83	9.68	11.06
315	Cl Gulliver 31	8.16	6.79	0.16	0.09	7.73	7.47	7.41	8.06
316	IC 1848	10.23	8.78	0.07	0.08	9.77	9.50	9.45	10.15
317	IC 2581	8.51	7.83	0.03	0.04	7.76	8.17	8.16	7.85
318	Kharchenko 1	10.82	10.00	0.13	0.04	10.43	10.41	10.39	10.01
319	Koposov 10	12.03	10.30	0.24	0.08	11.01	11.16	11.09	11.56
320	Koposov 12	11.11	10.11	0.32	0.05	10.42	10.61	10.57	10.55
321	LP 930	12.61	8.84	0.26	0.18	10.02	10.73	10.43	9.60
322	NGC 2286	10.48	8.57	0.07	0.10	9.98	9.52	9.44	8.95

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
323	NGC 2345	10.24	9.74	0.09	0.02	9.99	9.99	9.98	9.76
324	NGC 2660	8.98	8.55	0.30	0.02	8.52	8.76	8.73	8.60
325	NGC 457	10.23	9.46	0.19	0.04	9.86	9.84	9.82	10.21
326	NGC 5617	6.89	6.38	0.03	0.04	6.63	6.64	6.63	6.86
327	NGC 6005	6.49	5.44	0.11	0.09	6.28	5.97	5.92	5.53
328	NGC 6259	6.05	5.48	0.05	0.05	5.83	5.76	5.75	5.92
329	NGC 6404	6.22	5.34	0.04	0.08	5.57	5.78	5.75	5.67
330	NGC 6603	5.60	5.11	0.07	0.05	5.37	5.35	5.34	5.44
331	NGC 6649	7.00	6.13	0.06	0.07	6.20	6.57	6.54	6.89
332	NGC 6819	8.60	7.83	0.52	0.05	7.70	8.22	8.13	8.30
333	NGC 884	9.98	8.86	0.12	0.06	9.65	9.42	9.39	9.98
334	Ruprecht 119	6.48	6.22	0.07	0.02	6.15	6.35	6.34	6.26
335	Ruprecht 134	6.20	4.94	0.10	0.11	5.88	5.57	5.50	5.93
336	Ruprecht 82	18.55	13.90	0.96	0.19	8.00	6.45	12.56	12.56
337	Stock 8	10.81	9.82	0.10	0.05	10.10	10.32	10.29	10.16
338	Teutsch 84	5.97	5.24	0.11	0.06	5.65	5.61	5.58	5.97
339	Trumpler 14	7.87	6.60	0.07	0.09	7.64	7.23	7.18	6.71
340	Trumpler 23	6.45	5.09	0.02	0.12	6.00	5.77	5.70	5.49
341	UBC 188	10.83	5.45	0.33	0.33	9.72	8.14	7.32	10.77
342	UBC 200	11.25	9.61	0.64	0.08	10.54	10.43	10.30	10.17
343	UBC 395	9.31	7.81	0.08	0.09	8.91	8.56	8.50	7.96
344	UBC 419	10.19	8.43	0.06	0.09	9.69	9.31	9.23	8.48
345	UBC 421	10.19	8.75	0.08	0.08	9.92	9.47	9.42	10.09
346	UBC 445	10.62	7.15	0.20	0.20	10.34	8.89	8.58	9.27
347	UBC 49	12.49	10.40	0.62	0.09	10.24	11.45	11.30	12.36
348	UBC 52	12.94	10.45	0.14	0.11	10.30	11.69	11.57	10.48
349	UBC 586	8.46	7.33	0.47	0.07	8.10	7.90	7.80	8.46
350	UBC 587	8.49	7.69	0.05	0.05	8.25	8.09	8.07	8.48
351	UBC 59	10.82	9.21	0.35	0.08	10.27	10.01	9.93	10.07
352	UBC 616	12.67	9.74	0.77	0.13	10.90	11.20	10.95	11.23
353	UBC 629	12.12	7.29	1.06	0.25	11.01	9.71	9.03	11.76
354	UBC 68	11.42	10.15	0.37	0.06	10.23	10.78	10.72	10.29
355	UBC 73	10.51	8.80	0.26	0.09	10.19	9.65	9.57	9.36
356	UBC 74	10.82	9.03	0.23	0.09	10.58	9.93	9.84	9.21
357	UBC 82	10.91	8.58	0.14	0.12	10.18	9.75	9.62	10.51
358	UBC 90	11.16	9.76	0.33	0.07	10.76	10.46	10.40	10.79
359	Pismis 02	11.01	8.81	0.27	0.11	9.29	9.91	9.78	9.82
360	Pismis 07	9.90	8.06	0.21	0.10	9.71	8.98	8.88	9.64
361	Pismis 13	8.55	7.28	0.05	0.08	8.32	7.91	7.87	8.30
362	Pismis 14	8.22	6.37	0.08	0.13	7.99	7.29	7.19	8.05
363	Cl Berkeley 12	12.31	10.14	0.15	0.10	12.09	11.22	11.12	11.17
364	Cl Berkeley 13	13.97	11.33	0.52	0.10	11.18	12.65	12.49	11.33
365	Cl Berkeley 14	16.47	11.86	1.55	0.16	12.41	14.17	13.66	11.88
366	Cl Berkeley 22	15.58	11.38	0.97	0.16	13.98	13.48	13.10	13.76
367	Cl Berkeley 23	---	---	---	---	13.37	---	---	---
368	Cl Berkeley 24	16.25	12.31	0.97	0.14	12.30	14.28	13.96	16.25

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
369	Cl Berkeley 30	12.87	11.41	0.27	0.06	12.01	12.14	12.09	12.66
370	Cl Berkeley 33	10.21	7.90	0.16	0.13	12.39	9.05	8.92	10.19
371	Cl Berkeley 34	14.86	11.82	0.43	0.11	12.82	13.34	13.16	11.99
372	Cl Berkeley 37	13.65	12.27	0.58	0.05	12.18	12.96	12.88	12.42
373	Cl Berkeley 5	11.29	9.45	0.19	0.09	13.68	16.78	16.88	19.81
374	Cl Berkeley 66	12.36	11.63	0.06	0.03	12.00	11.99	11.98	11.70
375	Cl Berkeley 68	11.19	9.24	0.46	0.10	10.98	10.21	10.09	9.39
376	Cl Berkeley 69	11.45	10.35	0.08	0.05	11.20	10.90	10.87	10.41
377	Cl Berkeley 72	12.27	10.81	0.31	0.06	13.33	11.54	11.48	11.84
378	Cl Berkeley 75	12.89	9.20	0.62	0.17	13.74	11.04	12.70	12.30
379	Cl Berkeley 78	---	---	---	---	11.52	---	---	---
380	Cl Berkeley 81	6.62	3.76	0.17	0.28	7.78	5.19	4.83	4.03
381	Cl Berkeley 91	8.72	6.74	0.06	0.13	9.87	7.73	9.61	9.95
382	Cl Czernik 24	11.57	9.36	0.28	0.11	11.34	10.46	10.34	11.14
383	Cl Czernik 27	12.53	10.10	0.52	0.11	12.20	11.32	11.16	12.53
384	[D2005c] DC8	11.99	10.70	0.43	0.06	10.93	11.34	11.28	11.66
385	[FSR2007] 0826	14.31	13.49	0.89	0.03	13.59	13.90	13.80	13.75
386	[FSR2007] 1025	12.95	9.80	0.28	0.14	11.82	11.38	11.17	12.15
387	Cl Haffner 10	11.00	8.91	0.11	0.11	10.60	9.95	9.85	8.93
388	Cl Haffner 4	13.71	10.70	0.32	0.12	11.62	12.20	12.03	12.23
389	Juchert 20	11.52	9.66	0.16	0.09	10.90	10.59	10.51	11.49
390	Juchert 9	13.48	9.98	0.35	0.15	12.03	11.73	11.48	12.84
391	[KGZ2008] 63	13.35	11.82	0.37	0.06	11.78	12.58	12.52	12.83
392	NGC 1193	14.61	11.35	1.37	0.13	13.16	12.98	12.63	12.30
393	NGC 1798	14.28	11.92	0.72	0.09	12.29	13.10	12.94	14.26
394	NGC 1883	11.30	10.74	0.34	0.03	10.75	11.02	10.99	10.89
395	NGC 1893	14.72	11.16	0.41	0.14	12.08	12.94	12.70	12.05
396	NGC 2192	12.50	10.52	0.76	0.09	11.67	11.51	11.35	12.19
397	NGC 2262	11.47	10.17	0.24	0.06	11.08	10.82	10.77	11.15
398	NGC 2266	12.42	10.70	0.65	0.07	11.12	11.56	11.44	11.53
399	NGC 3105	8.74	7.30	0.05	0.09	8.06	8.02	10.02	10.33
400	NGC 7044	9.49	7.08	0.25	0.15	8.41	8.28	8.11	9.32
401	NGC 7128	9.77	8.15	0.05	0.09	8.90	8.96	8.90	9.55
402	NGC 7423	10.29	8.56	0.11	0.09	9.55	9.43	9.35	10.24
403	Cl Ruprecht 4	13.69	10.07	0.39	0.15	11.16	11.88	11.62	10.86
404	Cl Ruprecht 85	8.80	7.70	0.07	0.07	8.18	8.25	8.22	7.73
405	Cl Ruprecht 96	7.77	6.88	0.01	0.06	7.21	7.33	7.30	6.89
406	Cl Ruprecht 97	7.39	6.31	0.05	0.08	7.16	6.85	6.81	6.48
407	SAI 116	7.47	6.44	0.01	0.07	7.22	6.96	6.92	6.52
408	SAI 14	12.34	10.96	0.23	0.06	10.76	11.65	11.60	12.32
409	Skiff J0507+30.8	13.82	13.16	0.70	0.02	13.23	13.49	13.42	13.28
410	Teutsch 10	11.58	10.20	0.05	0.06	11.27	10.89	10.85	10.77
411	Teutsch 11	13.18	11.50	0.27	0.07	12.19	12.34	12.27	13.17
412	Teutsch 12	12.42	12.11	0.31	0.01	11.92	12.27	12.25	12.40
413	Teutsch 2	12.20	11.41	0.35	0.03	11.69	11.80	11.77	12.20
414	Teutsch 51	15.81	12.30	0.49	0.13	12.93	14.05	13.83	12.37

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
415	Cl Tombaugh 2	16.92	15.12	1.13	0.06	14.96	16.02	15.87	15.47
416	Cl Tombaugh 4	10.69	10.30	0.09	0.02	10.23	10.49	10.49	10.44
417	Cl Trumpler 20	7.39	6.97	0.16	0.03	6.86	7.18	7.16	6.97
418	UBC 176	15.24	10.32	0.25	0.19	10.13	12.78	12.36	10.37
419	UBC 427	10.55	9.33	0.14	0.06	10.30	9.94	9.90	9.86
420	UBC 428	11.67	9.88	0.18	0.08	10.66	10.77	10.70	10.39
421	UBC 430	12.22	11.59	0.16	0.03	11.50	11.91	11.89	11.62
422	UBC 433	15.18	12.62	0.24	0.09	12.41	13.90	13.79	13.86
423	UBC 434	14.03	11.66	0.34	0.09	12.64	12.84	12.73	12.92
424	UBC 436	11.27	10.49	0.36	0.04	10.80	10.88	10.84	11.26
425	UBC 438	12.32	11.42	0.13	0.04	11.42	11.87	11.85	11.58
426	UBC 440	13.54	11.01	1.04	0.10	11.06	12.28	12.04	11.93
427	UBC 442	12.24	10.26	0.29	0.09	11.46	11.25	11.16	11.65
428	UBC 595	10.55	9.23	0.12	0.07	10.24	9.89	9.85	10.51
429	UBC 607	13.72	11.64	0.54	0.08	11.65	12.68	12.56	12.33
430	UBC 609	11.66	11.04	0.17	0.03	11.29	11.35	11.34	11.46
431	UBC 615	11.23	9.88	0.89	0.06	10.95	10.56	10.40	9.90
432	UBC 619	11.18	9.62	0.75	0.07	10.47	10.40	10.25	10.04
433	UBC 622	12.83	10.47	0.90	0.10	11.29	11.65	11.44	10.83
434	Cl Berkeley 14A	11.66	9.94	0.24	0.08	10.69	10.80	10.73	11.36
435	Cl Berkeley 32	12.14	7.31	0.31	0.25	11.18	9.73	9.18	12.05
436	Cl Berkeley 43	6.65	6.01	0.03	0.05	6.32	6.33	6.31	6.60
437	[DB2001] Cl 22	8.32	8.04	0.04	0.02	8.11	8.18	8.18	8.04
438	[FSR2007] 0686	10.97	9.86	0.46	0.05	10.34	10.41	10.35	10.95
439	[FSR2007] 0811	11.11	10.15	0.52	0.05	10.88	10.63	10.56	11.09
440	[FSR2007] 0975	10.94	10.61	0.25	0.02	10.70	10.78	10.76	10.69
441	Cl Gulliver 22	10.11	8.83	0.45	0.07	9.77	9.47	9.39	9.60
442	IC 5146	8.99	5.47	0.32	0.24	8.75	7.23	6.82	8.89
443	Kronberger 57	7.96	7.50	0.11	0.03	7.74	7.73	7.72	7.90
444	NGC 1579	10.30	7.13	0.33	0.18	10.08	8.71	8.43	7.95
445	Patchick 3	11.24	9.09	0.25	0.11	9.45	10.17	10.06	10.86
446	sigma Orionis	9.24	6.93	0.19	0.14	8.34	8.09	7.93	7.46
447	Teutsch 52	13.12	11.52	0.25	0.06	11.32	12.32	12.26	13.03
448	Teutsch 7	7.31	6.54	0.06	0.06	7.09	6.92	6.90	7.17
449	UBC 203	11.30	10.58	0.16	0.03	10.89	10.94	10.92	10.93
450	UBC 431	12.70	10.86	0.04	0.08	11.19	11.78	11.72	11.49
451	UBC 610	11.63	9.50	0.87	0.10	10.53	10.56	10.36	9.69
452	UPK 369	10.27	9.77	0.05	0.03	10.06	10.02	10.01	10.17
453	King 14	10.62	8.07	0.08	0.14	9.63	9.35	9.19	10.09
454	Stock 14	7.59	7.08	0.05	0.03	7.30	7.34	7.33	7.59
455	Stock 20	10.43	7.82	0.06	0.14	9.53	9.13	8.96	10.19
456	Stock 21	9.44	8.94	0.15	0.03	9.06	9.19	9.18	9.01
457	Stock 23	9.79	8.32	0.05	0.08	8.44	9.06	9.00	9.33
458	Stock 24	10.08	8.97	0.15	0.06	9.87	9.53	9.49	9.00
459	Pismis 1	12.03	10.51	0.19	0.07	10.32	11.27	11.22	10.88
460	Pismis 3	9.33	8.44	0.13	0.05	8.49	8.88	8.86	9.09

EK-6 Devam

Sıra	Küme	R_{apo} (kpc)	R_{peri} (kpc)	Z_{max} (kpc)	e_p	R_{gc} (kpc)	R_m (kpc)	$R_{guiding}$ (kpc)	R_{teo} (kpc)
461	Pismis 4	---	---	---	---	8.11	---	---	---
462	Pismis 5	9.00	8.46	0.05	0.03	8.27	8.73	8.72	8.50
463	Pismis 6	9.37	8.55	0.15	0.05	8.41	8.96	8.94	8.56
464	Pismis 8	8.58	7.52	0.10	0.07	8.32	8.05	8.02	8.04
465	Pismis 9	8.91	8.12	0.12	0.05	8.43	8.51	8.49	8.89
466	Pismis 11	8.49	8.06	0.05	0.03	8.28	8.28	8.27	8.49
467	Pismis 12	8.91	7.87	0.17	0.06	8.36	8.39	8.35	8.13
468	NGC 3766	8.11	7.57	0.03	0.03	7.40	7.84	7.83	7.84
469	King 17	12.78	12.38	0.25	0.02	12.19	12.58	12.56	12.60
470	Berkeley 6	10.13	9.79	0.03	0.02	9.92	9.96	9.95	9.95
471	NGC 2509	9.77	8.11	0.33	0.09	9.56	8.94	8.85	8.33
472	NGC 7762	8.66	6.45	0.30	0.15	8.45	7.55	7.38	6.79
473	KGZ36	10.64	8.34	0.08	0.12	9.87	9.49	9.36	8.59
474	Chupina 3	9.48	7.87	0.74	0.09	8.70	8.67	8.50	8.78
475	Chupina 4	9.52	7.84	0.75	0.10	8.71	8.68	8.50	8.58
476	Chupina 5	9.48	7.85	0.72	0.09	8.69	8.67	8.49	9.29
477	Dolidze-Dzim 4	10.05	7.96	0.32	0.12	11.78	9.01	8.87	9.08
478	Pismis10	9.16	7.68	0.14	0.09	8.15	8.42	8.36	8.34
479	NGC 7429	10.23	9.31	0.10	0.05	8.82	9.77	9.75	9.95
480	NGC 1663	9.73	6.43	0.99	0.20	9.72	8.08	7.62	7.34
481	Pismis 19	6.94	6.47	0.03	0.03	6.66	6.71	6.70	6.91
482	Pismis 20	6.28	5.72	0.05	0.05	6.06	6.00	5.99	6.07
483	Pismis 21	6.23	5.53	0.09	0.06	6.02	5.88	5.86	6.12
484	Pismis 22	6.38	5.22	0.02	0.10	5.94	5.80	5.75	5.42
485	Stock 18	10.25	8.78	0.15	0.08	9.74	9.51	9.46	10.12
486	Stock 16	6.95	6.58	0.03	0.03	6.75	6.77	6.76	6.92
487	Stock 13	7.99	5.03	0.56	0.23	7.53	6.51	6.13	7.85
488	Stock 15	9.15	7.34	0.32	0.11	7.16	8.24	8.13	8.76
489	Stock 3	10.82	9.16	0.06	0.08	9.75	9.99	9.93	9.39
490	Stock 1	8.32	7.55	0.07	0.05	7.80	7.94	7.92	8.15
491	Stock 2	9.07	7.43	0.12	0.10	8.28	8.25	8.18	8.82
492	NGC2215	9.11	8.18	0.15	0.05	8.80	8.64	8.62	9.10
493	NGC2323	9.03	8.25	0.05	0.05	8.82	8.64	8.62	8.40
494	NGC2437	9.98	9.00	0.85	0.05	9.28	9.49	9.34	9.52
495	NGC2447	9.06	6.15	0.09	0.19	8.56	7.60	7.35	6.16
496	NGC2579	8.54	6.32	0.04	0.15	8.30	7.43	7.28	8.07
497	NGC2682	11.24	8.66	0.78	0.13	8.77	9.95	9.70	10.94
498	NGC2925	8.17	6.54	0.01	0.11	7.96	7.35	7.27	8.10
499	NGC6250	8.73	6.62	0.28	0.14	7.03	7.67	7.52	8.28
500	Trumpler10	8.74	8.20	0.05	0.03	8.11	8.47	8.46	8.20
501	NGC7654	10.37	8.90	0.05	0.08	9.20	9.63	9.58	9.98
502	Trumpler2	8.82	8.31	0.05	0.03	8.56	8.57	8.56	8.76
503	Teutsch7	7.50	7.36	0.05	0.01	7.34	7.43	7.43	7.47
504	NGC6025	8.79	7.37	0.16	0.09	7.23	8.08	8.01	7.44

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Seliz KOÇ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokunun.
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
Mezuniyet Yılı	2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Makale ve Bildiriler

Koç, S., Yontan, T., Bilir, S. ve diğ., 2022, A Photometric and Astrometric Study of the Open Clusters NGC 1664 and NGC 6939, *The Astronomical Journal*, 163, 4.

Yontan, T., Çakmak, H., Bilir, S. ve diğ., 2022, A Study of the NGC 1193 and NGC 1798 Open Clusters Using CCD UBV Photometric and Gaia EDR3 Data, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 58, 3.

Koç, S., Yontan, T., Astrophysical Parameters of the Open Cluster Berkeley 6, 2023, *Bitlis Eren University Journal of Science*, 12, 2.

Yontan, T., Koç, S., Astrophysical Parameters of the Open Cluster NGC 2509, 2023, *Sakarya University Journal of Science*, 10, 4.

Çınar, D. C., Taşdemir, S., Koç, S. ve diğ., 2024, SED Analysis of the Old Open Cluster NGC 188, *Physics and Astronomy Reports*, 2, 1.

Çakmak, H., Yontan, T., Bilir, S. ve diğ., 2024, Photometric and Kinematic Studies of Open Clusters Ruprecht 1 and Ruprecht 171, *Astronomische Nachrichten*, 345, 8.

Bildiriler

Koç, S., Bilir, S., Yontan, T., 2023, NGC 1664 ve NGC 6939 Açık Kümelerinin Fotometrik ve Astrometrik İncelenmesi, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 4, 3.