

Kataklismik Değişenlerin Gaia EDR3 Verilerinden Galaktik Model Parametreleri ve Uzay Yoğunluklarının Tayini

Remziye Canbay¹  , Selçuk Bilir² , Aykut Özdönmez³ , Tansel Ak² 

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, 34116, Beyazıt, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119, Beyazıt, İstanbul, Türkiye

³ Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye

Accepted: November 13, 2022. Revised: November 11, 2022. Received: October 21, 2022.

Özet

Bu çalışmada, Güneş civarındaki kataklismik değişenlerin (KD) *Gaia* trigonometrik paralakslarındaki yanlışlıkları gideren [Bailer-Jones ve diğ. \(2021\)](#)'nin uzaklıkları kullanılarak Galaktik model parametreleri, ısıtma gücü fonksiyonları ve uzay dağılımları belirlenmiştir. G görünen parlaklıklarına getirilen sınırlamalar neticesinde sistemlerin tamlık uzaklıkları belirlenmiş ve 1,806 KD'den oluşan bir örneğe ulaşılmıştır. KD'lerin yoğunluk profilleri oluşturularak her bir KD profiline \exp ve sech^2 fonksiyonları fit edilmiş, uzay yoğunlukları ve yükseklik ölçekleri hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen uzay yoğunlukları [Pala ve diğ. \(2020\)](#)'nin gözlemsel sonuçları ile [Li ve diğ. \(1994\)](#)'nin manyetik frenleme modelini kullanan [Belloni ve diğ. \(2020\)](#)'nin çalışmalarındaki sonuçlarıyla uyumludur. KD'ler için hesaplanan ısıtma gücü fonksiyonunun 400 katının Güneş civarındaki beyaz cücelerin ısıtma gücü fonksiyonuyla uyumlu olduğu görülmüştür.

Abstract

The spatial distribution, Galactic model parameters and luminosity function of cataclysmic variables (CVs) are established using trigonometric parallaxes of *Gaia* EDR3 re-estimated by [Bailer-Jones ve diğ. \(2021\)](#). The data sample of 1,831 CVs in this study is claimed to be reliable as the distances are based on trigonometric parallaxes and the *Gaia* EDR3 photometric completeness limits were taken into account when the sample was created. Space densities and scale heights were calculated by fitting the \exp and sech^2 functions to the density profiles of CVs. The scale heights calculated for CVs increases towards shorter orbital periods. The space densities obtained in the study are in very good agreement with those observationally obtained by [Pala ve diğ. \(2020\)](#) and those predicted by the simulations of [Belloni ve diğ. \(2020\)](#), who used the reduced magnetic braking model of [Li ve diğ. \(1994\)](#). The comparisons of the luminosity function of white dwarfs with the luminosity function of all CVs in this study show that 400 times the luminosity function of CVs fits very well to the luminosity function of white dwarfs.

Anahtar Kelimeler: Kataklismik Değişenler – Güneş Civarı – Galaktik Model Parametreleri

1 Giriş

Baş bileşeni bir beyaz cüce ve yoldaş bileşeni geç tayf türünden bir ankol yıldızı olan kataklismik değişenler, Roche lobunu doldurmuş küçük kütleli ankol yıldızından baş bileşene doğru hareket eden madde baş yıldızın etrafında bir yığılma diski oluşturur. Akan maddenin diske çarptığı yerde parlak bir nokta oluşur. Manyetik KD'lerdeki beyaz cüceler, ikincil bileşenden madde aktarmak için disk yerine yığılma sütunlarına sahiptirler ([Warner 1995; Hellier 2001; Knigge 2011; Knigge ve diğ. 2011](#)).

KD'leri oluşturan iki bileşenin mutlak parlaklıklarının sönük olması sistemlerin Güneş'e olan uzaklıklarının belirlenmesine sınırlama getirmektedir. Bu da KD'lerin Güneş civarındaki uzay dağılımları ve yoğunluklarının belirlenmesine engel teşkil etmektedir. *Gaia* uydusunun, sönük yıldızları $G=22$ limit parlaklığına kadar fotometrik ve astrometrik olarak gözleylebilmesi, Güneş'ten 500 pc'lik uzaklığa kadar beyaz cüce ve geç tayf türündeki ankol yıldız uzaklıklarının ölçülmesine fırsat vermiştir. *Gaia* uydusu verilerindeki artış ve bu verilerin astronomlara açık olması KD'lerin uzay dağılımları, uzay yoğunlukları ve ısıtma gücü fonksiyonlarının tayin edilmesi için

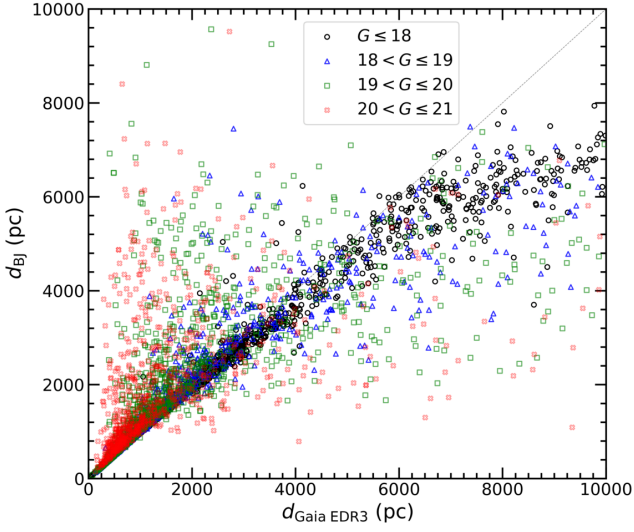
önemli bir fırsattır. Bu motivasyon KD'lerin uzay dağılımları ve Galaktik model parametrelerinin belirlenmesine ve buradan dinamik evrimlerinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

2 Veri

Literatürde KD olarak sınıflanan sistemler [Ritter ve Kolb \(2003\)](#), [Downes ve diğ. \(2001\)](#) ve *VSX* (the international variable star index) üzerinden derlenmiştir. Aynı zamanda literatürde yazarlar tarafından yakın zamanda çalışılan sistemler de kataloğa eklenmiştir ([Szkody ve diğ. 2018; Bernardini ve diğ. 2019; Kato 2019; Yu ve diğ. 2019; Belloni ve diğ. 2020; Kato ve diğ. 2020; Schwöpe ve diğ. 2020](#)). Sistemlerin ekvatorial $(\alpha, \delta)_{J2000}$ ve Galaktik koordinatları (l, b) *SIMBAD*'tan alınmıştır. Katalogtaki KD'lerin *Gaia* parlaklıkları (G, G_{BP}, G_{RP}) ve trigonometrik paralaksları $(\bar{\omega})$ *Gaia* erken üçüncü veri sürümü (*Gaia* EDR3, [Gaia işbirliği 2021a](#)) kataloğundan alınmıştır. KD'lerin yörünge dönemleri için (P_{orb}) [Ritter ve Kolb \(2003\)](#) ve [Downes ve diğ. \(2001\)](#) katalogları referans alınmış, sistemlerin detaylı parametrelerine literatürdeki çalışmalardan ulaşılmıştır. Katalogda trigonometrik paralaksları bilinmeyen veya paralaks değerleri negatif olan sistemler istatistik dışı bırakılmış ve 4,993 KD'ye ulaşılmıştır.

Bir bileşeni beyaz cüce, diğer bileşeni Roche lobunu

* rmzycnby@gmail.com



Şekil 1. Dört farklı G görünen parlaklık aralığına ayrılan 4,993 KD'nin *Gaia* EDR3 (*Gaia işbirliği 2021a*) trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan uzaklıklarla *Bailer-Jones ve diğ. (2021)*'nin verdiği uzaklıkların karşılaştırması. Kesikli çizgi bire-bir çizgisini göstermektedir.

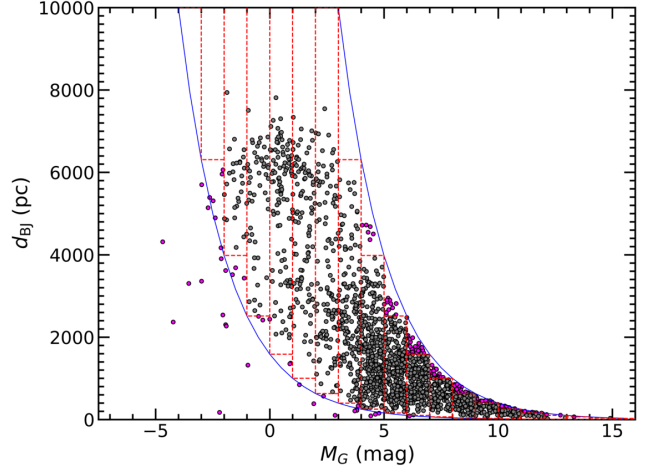
doldurmuş bir kırmızı cüce olan klasik KD'ler için yörünge dönemi alt limiti *McAllister ve diğ. (2019)* tarafından 0.0553 gün olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan KD kataloğunda çift beyaz cüceleri istatistik dışı bırakabilmek için yörünge dönemi bilinen KD'ler $0.0553 < P_{\text{orb}} < 0.5$ gün aralığından seçilmiştir (*McAllister ve diğ. 2019; Hellier 2001*). KD'lerin uzaklıkları için *Gaia* EDR3 (*Gaia işbirliği 2021a*) kataloğunda verilen trigonometrik paralaks verileri yerine, *Gaia* trigonometrik paralaks ve hatalarını dikkate alan *Bailer-Jones ve diğ. (2021)*'nin Bayes istatistiğine dayanarak hesapladığı uzaklıklar kullanılmıştır. Katalogdaki KD'lerin *Gaia* EDR3 veri tabanındaki trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan uzaklıklarıyla *Bailer-Jones ve diğ. (2021)*'den alınan uzaklıklar dört farklı G görünen parlaklık aralığına göre incelenmiştir. Şekil 1'den de görüleceği gibi $G \leq 18$ kadir olan KD'lerin diğer üç sönük görünen parlaklık aralıklarındaki KD'lere göre daha uyumlu bir uzaklık dağılımı gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışmada daha duyarlı bir KD örneği üzerinde çalışabilmek için limit görünen parlaklık $G=18$ kadir seçilmiş ve böylece katalogdaki KD sayısı 1,849'a inmiştir.

Çalışmada KD'lerin uzaklıklarındaki yanlışlıkların dikkate alınmasıyla uzay dağılımları oluşturulmuş ve örneğin tamlığı incelenmiştir. KD örneğinin tamlık sınırlarını belirlemek için yıldızlararası sönükleşmeleri *Wang ve Chen (2019)*'in

$$A_V = 1.1 \times A_G = 3.1 \times E(B-V) = 2.1 \times E(G_{\text{BP}} - G_{\text{RP}}) \quad (1)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Burada A_V ve A_G , V ve G parlaklıklarındaki sönükleşmeyi, $E(B-V)$ ve $E(G_{\text{BP}} - G_{\text{RP}})$, $(B-V)$ ve $(G_{\text{BP}} - G_{\text{RP}})$ 'deki renk artıklarını ifade etmektedir. Katalogdaki her KD'in A_V sönükleşme değeri Galaktik toz haritalarının *MWDUST* koduyla analizi sonucu hesaplanmıştır (*Bovy ve diğ. 2016*). KD'lerin M_G mutlak parlaklıkları, iyi bilinen uzaklık bağıntısı,

$$G_0 - M_G = 5 \times \log(d_{\text{BJ}}) - 5 \quad (2)$$



Şekil 2. KD'lerin G görünen parlaklık sınırlarına göre kalibre edilen mutlak parlaklık - uzaklık diyagramı. Kırmızı kesikli çizgiler birim mutlak parlaklık aralıklarının tamlığını, mavi eğriler ise parlak ($G_0=11$) ve sönük ($G_0=18$) G görünen parlaklık sınırlarını göstermektedir.

kullanılarak hesaplanmıştır. Bağlantıda kullanılan d_{BJ} *Bailer-Jones ve diğ. (2021)*'den alınan sistem uzaklığını göstermektedir. KD'lerin parlak ve sönük G görünen parlaklıklarına göre kalibre edilen mutlak parlaklık-uzaklık ilişkisi Şekil 2'de gösterilmiştir. Aynı şekil üzerinde birim mutlak parlaklık ($\Delta M_G=1$ kadir) aralığındaki tamlık sınırı oluşturulmuştur. Tamlık sınırları içinde ve dışında kalan sistemler, sırasıyla, gri ve mor daire sembolleriyle gösterilmiştir. Tamlık sınırı analizleri sonucunda istatistiğe katılan KD'lerin sayısı 1,806 olmuştur.

3 Galaktik Model Parametreleri

Birim hacim ve birim mutlak parlaklık aralığındaki yıldızların uzay yoğunluk profillerinin oluşturulması incelenen nesnelere Güneş civarındaki yoğunlukları, uzunluk ve yükseklik ölçekleri gibi Galaktik model parametrelerinin hesaplanmasını sağlar. Derin gökyüzü araştırmalarına dayalı çalışmalardan ince disk popülasyonunun uzunluk ölçeğinin 2.6 kpc'den daha küçük olduğu bilinmektedir (*Bilir ve diğ. 2006; Juric ve diğ. 2008*).

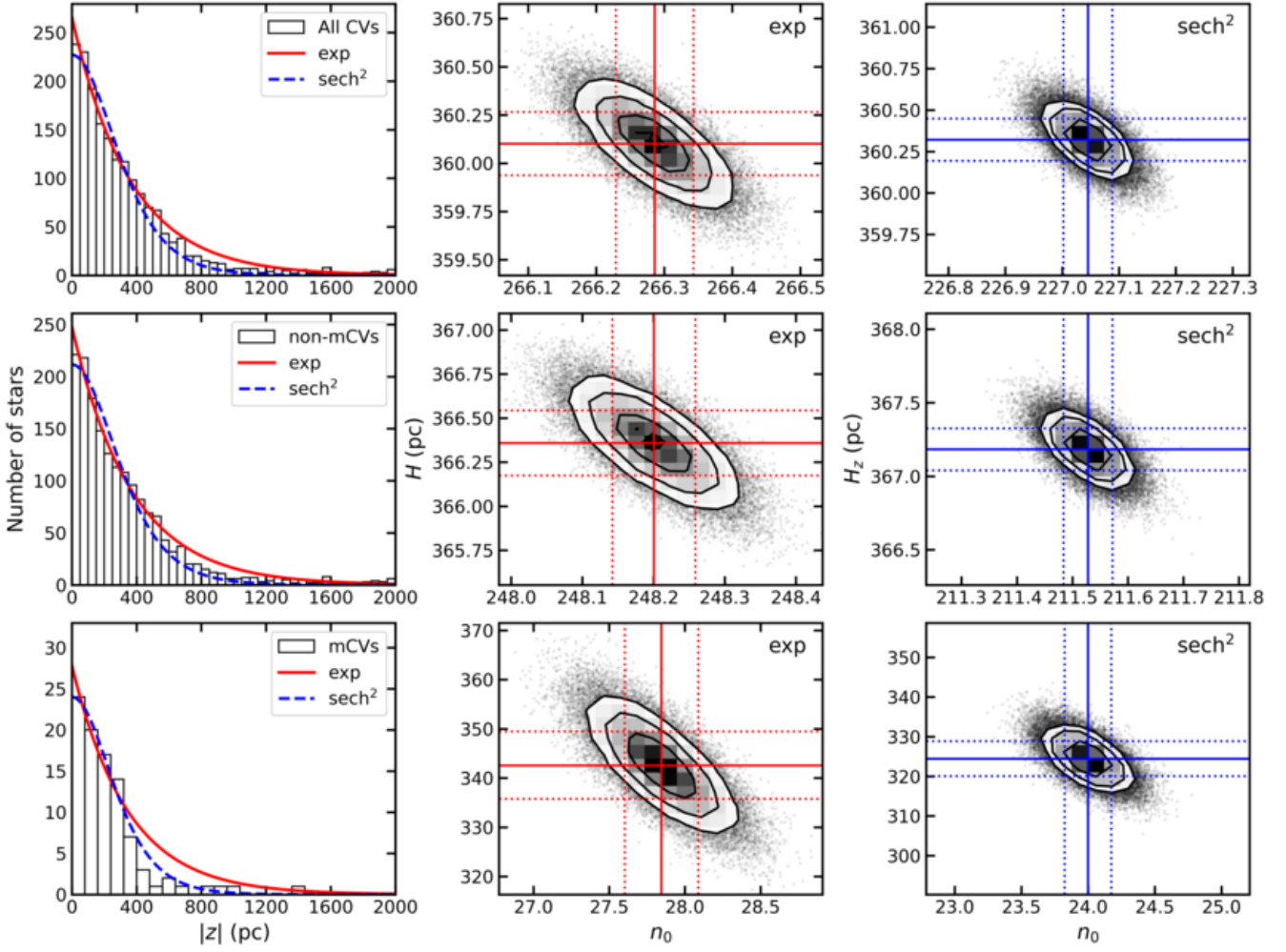
KD'lerin Galaktik model parametrelerinin hesaplanmasında sistemlerin Galaktik düzlemde dik doğrultudaki uzaklık aralıkları için oluşturulan z -histogramları kullanılmıştır. Çalışmada Galaktik model parametreleri üstel (exp) bir fonksiyon ile elde edilmiş olsa da *Bilir ve diğ. (2006)* geç tayf türündeki yıldızların yoğunluk profillerinin sekanthiperbolik (sech^2) fonksiyon ile daha uyumlu sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Galaktik düzlemde z uzaklığında bulunan yıldızların sayısı hem üstel

$$n(z) = n_0 \times \exp\left(-\frac{|z|}{H}\right) \quad (3)$$

hem de sekanthiperbolik (sech^2)

$$n(z) = n_0 \times \text{sech}^2\left(-\frac{|z|}{H_z}\right) \quad (4)$$

fonksiyonları kullanılarak modellenmiştir. Burada z Galaktik



Şekil 3. KD'lerin z -histogramı. Üst satır tüm KD örneğini, ortadaki satır non-mKD'leri ve alt satırda mKD'lerin z -histogramlarını temsil etmektedir.

düzlemden dik uzaklık, n_0 Güneş civarındaki ($z=0$ pc) yıldız sayısı, H ve H_z , sırasıyla, exp ve sech^2 fonksiyonlar için yükseklik ölçeğidir. Galaktik düzlemden dik uzaklık

$$z = z_0 + d \times \sin(b) \quad (5)$$

bağıntısıyla verilir. Burada z_0 Güneş'in Galaktik düzlemden yüksekliği (27 pc, Juric ve diğ. 2008), b yıldızın Galaktik enlemi ve d yıldızın uzaklığıdır. H üstel ve H_z sekanthiperbolik fonksiyonlara ait yükseklik ölçekleri arasında

$$H = 1.08504 \times H_z \quad (6)$$

bağıntısı bulunmaktadır (Bilir ve diğ. 2006). KD örneği Markov Chain Monte Carlo yöntemiyle kabaca 128 başlangıç koşulu için 15,000 adımla sınanmış ve gözlem-model karşılaştırılmasında en küçük ki-kare (χ^2_{\min}) değerine sahip modelin parametreleri ve hataları tayin edilerek KD ve KD alt örneklerinin Galaktik model parametreleri olarak kabul edilmiştir (Şekil 3, Çizelge 1).

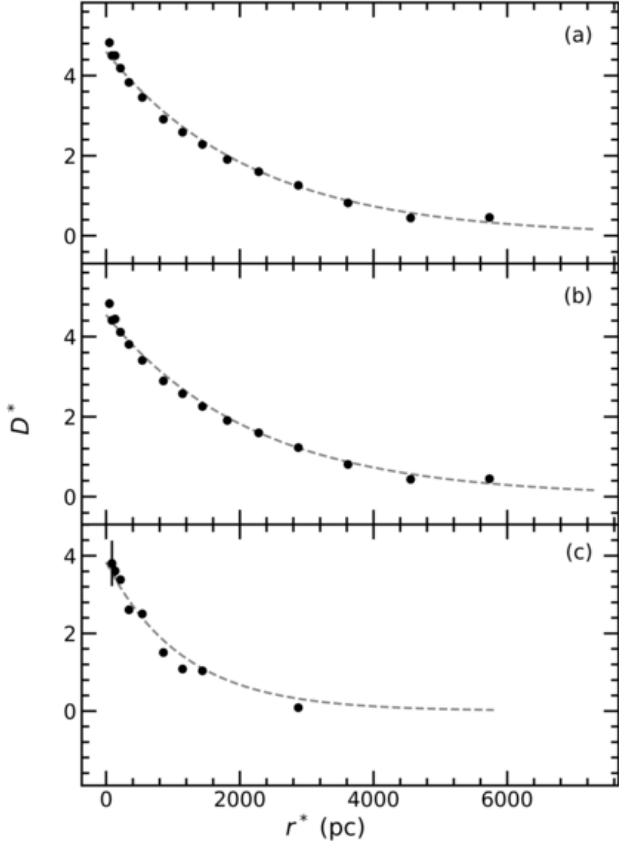
4 Uzaklık Yoğunluğu

İncelenen bir gök cisminin Güneş civarındaki uzay yoğunluğu, teorik evrim modellerine dayanan popülasyon sentez çalışmaları

Çizelge 1. Tüm KD'ler, non-mKD (manyetik olmayan KD) ve mKD (manyetik KD) örnekleri için hesaplanmış Galaktik model parametreleri. N gruptaki sistem sayısını, n_0 Güneş civarındaki yıldızların sayısını ve H yükseklik ölçeğini ifade etmektedir.

Grup	N	Fonksiyon	n_0	H (pc)
Tüm KD	1,806	exp	266.29 ± 0.06	360.10 ± 0.16
		sech^2	227.05 ± 0.04	390.96 ± 0.14
non-mKD	1,707	exp	248.20 ± 0.06	366.36 ± 0.18
		sech^2	211.53 ± 0.04	398.40 ± 0.15
mKD	99	exp	27.84 ± 0.24	342.56 ± 6.76
		sech^2	24.00 ± 0.18	352.03 ± 4.74

için önemli bir parametredir. Bir grup yıldızın uzay yoğunluğu, Güneş'ten uzaklıklara bağlı şekilde oluşturulan küresel dilimlerdeki yıldız sayılarının bu dilimlerin hacimlerine oranıyla, $D = N / \Delta V_{i,i+1}$, hesaplanır (Bilir ve diğ. 2006). Burada D uzay yoğunluğunu, N ise Güneş'ten ardışık d_i ve d_{i+1} uzaklıklarıyla tanımlanan kısmi küresel hacim $\Delta V_{i,i+1}$ 'deki yıldızların sayısını



Şekil 4. KD grupları için hesaplanan uzay yoğunluk profilleri ve bu profillere yapılan eksponansiyel fitler: Paneller yukarıdan aşağıya doğru tüm KD (a), non-mKD (b) ve mKD (c) için hazırlanmıştır.

Çizelge 2. KD'lerin alt gruplara göre logaritmik ve yerel uzay yoğunluğu. N alt gruptaki yıldız sayısı, D_0 yerel uzay yoğunluğu ve D^* logaritmik uzay yoğunluğudur.

Grup	N	D^*	$D_0 (\times 10^{-6} \text{ pc}^{-3})$
Tüm KD	1,806	4.70 ± 0.06	$5.01^{+0.74}_{-0.64}$
non-mKD	1,707	4.64 ± 0.07	$4.37^{+0.76}_{-0.65}$
mKD	99	4.18 ± 0.13	$1.51^{+0.53}_{-0.39}$

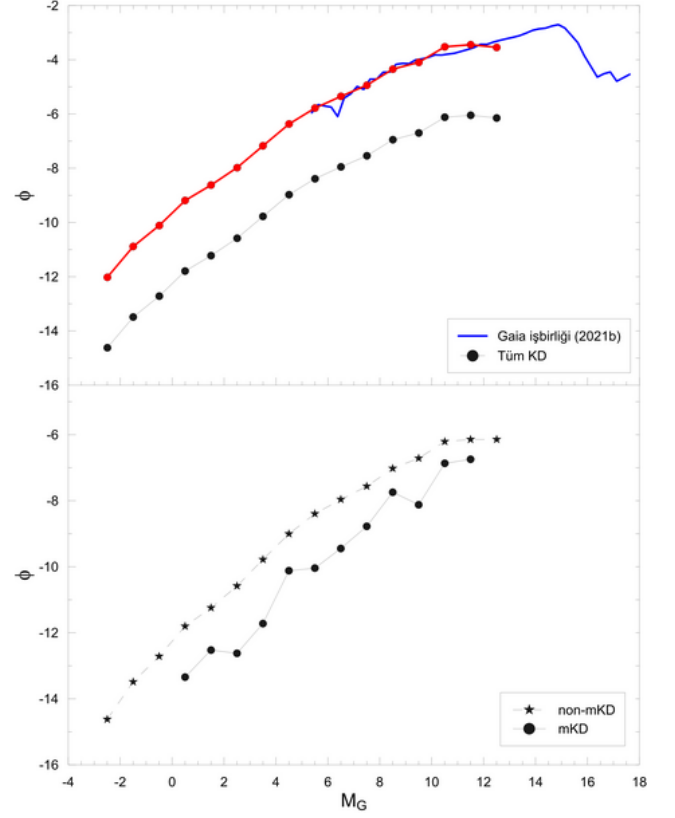
ifade etmektedir. Literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırmak için

$$D^* = \log D + 10 \quad (7)$$

olarak tanımlanan logaritmik uzay yoğunluğu tercih edilir. Güneş civarındaki tüm KD'lerin, non-mKD ve mKD'lerin logaritmik yoğunluk fonksiyonları Şekil 4'te gösterilmiştir. Burada

$$r^* = \left[\frac{d_i^3 + d_{i+1}^3}{2} \right]^{1/3} \quad (8)$$

ilgililenen kısmi küresel hacmin ağırlık merkezini ifade etmektedir. Yerel uzay yoğunluğu D_0 , $r^*=0$ pc için hesaplanan uzay yoğunluğudur. Güneş civarındaki KD gruplarının yerel uzay yoğunlukları Çizelge 2'de listelenmiştir.



Şekil 5. Örnekteki mKD ve non-mKD'ler (alt panel) ile tüm KD'ler ve tek beyaz cücelerin (üst panel) ısıtma gücü fonksiyonu. Kırmızı çizgi tüm KD'lerin ısıtma gücü fonksiyonununun 400 katını, mavi çizgi ise *Gaia işbirliği (2021b)*'den alınan beyaz cücelerin logaritmik ısıtma gücü fonksiyonunu temsil eder.

5 ısıtma Gücü Fonksiyonu

ısıtma gücü fonksiyonu birim mutlak parlaklık aralığındaki nesnelerin Güneş civarındaki uzay yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır (Karaali ve diğ. 2014; Ak ve diğ. 2007). Çalışmada tüm KD'ler ve alt grupları için logaritmik ısıtma gücü fonksiyonu (ϕ) hesaplanmıştır. Manyetik ve manyetik olmayan KD'lerin ısıtma gücü fonksiyonları Şekil 5'in alt panelinde gösterilmektedir. Örnekteki tüm KD'ler ve non-mKD'ler için hemen hemen benzer ısıtma gücü fonksiyonları elde edilmiştir. Şekil 5'ten görülebileceği gibi mKD'ler, non-mKD'ler için tahmin edilenden daha düşük bir ısıtma gücü fonksiyonuna ve daha dar mutlak parlaklık aralığına sahiptir. Tüm KD örneği için ısıtma gücü fonksiyonu Şekil 5'in üst panelinde gösterilmiştir. Aynı zamanda bu panelde tek beyaz cücelerin *Gaia* EDR3 kataloğundan (*Gaia işbirliği 2021b*) hesaplanmış ısıtma gücü fonksiyonu da yer almaktadır. Çalışmadaki KD örneğinin beyaz cüceler için elde edilmiş ısıtma gücü fonksiyonunun eğimine benzer olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada KD'ler için elde edilen ısıtma gücü fonksiyonunun 400 katınının tek beyaz cüceler için hesaplanan ısıtma gücüyle oldukça uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu uyum beyaz cüce ısıtma gücü fonksiyonunun parlak mutlak kadirlerdeki eksikliğini tamamlamaktadır.

6 Tartışma ve Sonuç

Çalışmada KD'lerin Galaktik model parametreleri ve ışıma gücü fonksiyonlarının belirlenmesinde *Gaia* EDR3 trigonometrik paralakslarına getirilen düzeltmeler ile yeniden hesaplanan [Bailer-Jones ve diğ. \(2021\)](#)'nin uzaklıkları kullanılmıştır. Fotometrik verileri yıldızlararası ortamın neden olduğu sönükleşme etkisinden arındırmak için 3-boyutlu kızarma haritaları kullanılmıştır. Duyarlı bir örnek oluşturabilmek için KD'lerin görünen parlaklığına $11 < G_0 < 18$ kadir sınırı getirilmiş ve 1,806 KD'ye ulaşılmıştır. Örnekteki tüm KD, non-mKD ve mKD'ler için üstel (exp) yoğunluk kanunuyla hesaplanan yükseklik ölçekleri, sırasıyla, 360.10 ± 0.16 , 366.36 ± 0.18 ve 342.56 ± 6.76 pc'dir. Bu bulgu KD'lerin ortalama 360 pc'lik bir yükseklik ölçeğine sahip olduğunu göstermekte olup, literatürdeki gözlemsel çalışmalardan hesaplanmış yükseklik ölçeklerinden oldukça büyüktür ([Patterson 1984](#); [van Paradijs ve diğ. 1996](#); [Ak ve diğ. 2008](#); [Özdönmez ve diğ. 2015](#)). KD'lerin uzay yoğunluğu tüm KD, non-mKD ve mKD'ler için, sırasıyla, $5.01^{+0.74}_{-0.64} \times 10^{-6}$, $4.37^{+0.76}_{-0.65} \times 10^{-6}$ ve $1.51^{+0.53}_{-0.39} \times 10^{-6}$ pc⁻³'dir. KD'lerin güncel uzay yoğunlukları *Gaia* DR2 veritabanından seçilen örnek ile [Pala ve diğ. \(2020\)](#) tarafından gerçekleştirilmiştir. Güneş civarında 150 pc içinde 42 KD belirleyen [Pala ve diğ. \(2020\)](#), örneğini tüm KD ve mKD olarak sınıflayarak uzay yoğunluklarını, sırasıyla, $4.8^{+0.6}_{-0.9} \times 10^{-6}$ ve $1.2^{+0.4}_{-0.5} \times 10^{-6}$ pc⁻³ olarak vermektedir. [Li ve diğ. \(1994\)](#) manyetik frenleme modelini kullanan [Belloni ve diğ. \(2020\)](#) tüm KD ve mKD'ler için uzay yoğunluklarını, sırasıyla, $4.5^{+4.5}_{-2.3} \times 10^{-6}$ ve $1.5^{+1.5}_{-0.8} \times 10^{-6}$ pc⁻³ olarak hesaplamıştır. Literatürde verilen sonuçlar, bu çalışmada tamlik sınırları için belirlenen 1,806 KD'den hesaplanan uzay yoğunluk değerleriyle uyumludur.

Bu çalışmada KD'ler için hesaplanan ışıma gücü fonksiyonu [Özdönmez ve diğ. \(2015\)](#) ile uyumludur. *Gaia* EDR3 ([Gaia işbirliği 2021a](#)) astrometrik verilerden hesaplanan tek beyaz cücelerin ışıma gücü fonksiyonunun, bu çalışmada KD'ler için hesaplanan ile benzer eğimde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca KD'lerin ışıma gücü fonksiyonunun 400 katı dikkate alındığında, sonucun tek beyaz cücelerinkine çok yaklaştığı ve parlak mutlak kadirlerde devamı niteliğinde olduğu görülmüştür. Ancak, KD'lerdeki beyaz cücelerin kütlesi sistemin evrimi sırasında monoton bir artış göstermediğinden ve baş bileşenin toplam radyasyonuna katkısı morötesi bölgede daha baskın olacağından ([Gänsicke 2000](#); [Pala ve diğ. 2022](#)) yoldaş bileşenin evrimine dair fikir vermeyecektir.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Biriminin (BAP) FBA-2019-33768 ve TÜBİTAK'ın 119F072 numaralı projeleri tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Ak, S., Bilir, S., Karaali, S., Buser, R., 2007, AN, 328, 169
 Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Eker, Z., 2008, NewA, 13, 133
 Bailer-Jones, C.A.L., Rybizki, J., Fouesneau, M., Demleitner, M., Andrae, R., 2021, AJ, 161, 147
 Belloni, D., Schreiber, M.R., Pala, A.F., Gänsicke, B.T., Zorotovic, M., Rodrigues, C.V., 2020, MNRAS, 491, 5717
 Bernardini, F., de Martino, D., Mukai, K., Falanga, M., Masetti, N., 2019, MNRAS, 489, 1044
 Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Hamzaoğlu, E., 2006, NewA 12, 234

- Bovy, J., Rix, H.-W., Green, G.M., Schlafly, E.F., Finkbeiner, D.P., 2016, ApJ, 818, 130
 Downes, R.A., Webbink, R.F., Shara, M.M., Ritter, H., Kolb, U., Duerbeck, H.W., 2001, PASP, 113, 764
 Gaia işbirliği, Brown, A.G.A., Vallenari, A., Prusti, T. ve diğ., 2018, A&A, 616, 1
 Gaia işbirliği, Brown, A.G.A., Vallenari, A., Prusti, T. ve diğ., 2021a, A&A, 649, 1
 Gaia işbirliği, Smart, R.L., Sarro, L.M., Rybizki, J. ve diğ., 2021b, A&A, 649, 6
 Gänsicke, B.T., 2000, RvMA, 13, 151
 Hellier, C., 2001, Cataclysmic Variable Stars, How and why they vary. Springer-Praxis Books in Astronomy and Space Sciences
 Jurić, M., Ivezić, Z., Brooks, A. ve diğ., 2008, ApJ 673, 864
 Karaali, S., Bilir, S., Hamzaoğlu, E., 2004, MNRAS, 355, 307
 Kato, T., 2019, PASJ, 71, 20
 Kato, T., Isogai, K., Wakamatsu, Y. ve diğ., 2020, PASJ, 72, 14
 Knigge, C., 2011, Evolution of compact binaries. ASP Conference Proceedings, 447, Linda Schmidtbreick, Matthias R. Schreiber, ve Claus Tappert (eds.), 3
 Knigge, C., Baraffe, I., Patterson, J., 2011, ApJS, 194, 28
 Li, J.K., Wu, K.W., Wickramasinghe, D.T., 1994, MNRAS, 268, 61L
 McAllister, M., Littlefair, S.P., Parsons, S.G. ve diğ., 2019, MNRAS, 486, 5535
 Özdönmez, A., Ak, T., Bilir, S., 2015, NewA, 34, 234
 Pala, A.F., Gänsicke, B.T., Breedt, E. ve diğ., 2020, MNRAS, 494, 3799
 Pala, A.F., Gänsicke, B.T., Belloni, D. ve diğ., 2022, MNRAS, 510, 6110
 Patterson, J., 1984, ApJS, 54, 443
 Ritter, H., Kolb, U., 2003, A&A, 404, 301
 Schwöpe, A.D., Worpel, H., Webb, N.A., Koliopanos, F., Guillot, S., 2020, A&A, 637, 35
 Szkody, P., Everett, M.E., Dai, Z., Serna-Grey, D., 2018, AJ, 155, 28
 van Paradijs, J., Augusteijn, T., Stehle, R., 1996, A&A, 31, 93
 Wang, S., Chen, X., 2019, ApJ, 877, 116
 Warner, B., 1995, Cataclysmic Variable Stars. Cambridge University Press, Cambridge. (Online ISBN 9780511586491)
 Yu, Z., Thorstensen, J.R., Rappaport, S. ve diğ., 2019, MNRAS, 489, 1023

Access:

M23-0305: [Turkish J.A&A](#) — Vol.4, Issue 3.