

eROSITA ile Keşfedilen Katakliksmik Değişen Yıldızlar

Samet Ok¹  

¹ Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzak Bilimler Bölümü, 35100 İzmir, Türkiye

Accepted: April 14, 2025. Revised: April 14, 2025. Received: January 30, 2025.

Özet

Katakliksmik değişen yıldızlar bileşenlerinden biri ana kol yıldızı ve diğeri de beyaz cüce olan aktif madde aktarımı gösteren yumuşak X-ışın kaynaklarıdır. ROSAT gibi X-ışın tarama programları sayesinde farklı zaman aralıklarında gerçekleştirilen gözlemlerle bu kaynakların keşfinde ve dolayısıyla sayılarında büyük artış olmuştur. Benzer şekilde 2019 yılında uzaya fırlatılan SRG/eROSITA uydusu ile 0.2–2.4 keV aralığında gerçekleştirilen yumuşak X-ışın gözlemlerinin daha sönük CV'lerin keşfine katkı sağladığı ve daha önceden tespit edilememiş CV'leri ortaya çıkardığı görülmüştür. *Gaia*, TESS, ZTF, CRTS, ATLAS gibi farklı tarama programlarının ve sonrasında gerçekleştirilen tayf gözlemleri ile sistemlerin alt türlerinin belirlenmesi mümkün olmuştur. Bu çalışma kapsamında, şu ana kadar eROSITA tarama programı ile tespit edilmiş yeni CV'lerin tür ve dağılımlarının sunulması amaçlanmıştır.

Abstract

Cataclysmic variable stars are soft X-ray sources that show active mass accretion from a main-sequence star into a white dwarf as a compact object. X-ray survey programs such as ROSAT have led to a significant increase in the discovery of these sources, and hence their number, through observations at different time intervals. Similarly, soft X-ray observations in the 0.2–2.4 keV range with the SRG/eROSITA satellite launched in 2019 have contributed to discovering fainter CVs and revealed previously undetected CVs. The subtypes of these systems were ascertainable by several sky surveys, including *Gaia*, TESS, ZTF, CRTS, ATLAS and subsequent spectral observations. Here we present the types and distributions of the new CVs detected by the eROSITA sky survey.

Anahtar Kelimeler: stars:binaries:close – stars: cataclysmic variables – X-rays:binaries

1 Giriş

Katakliksmik değişen yıldızlar (CV'ler) bileşenlerinden biri anakol yıldızı (genellikle donör yıldız ya da yoldaş yıldız) diğeri de beyaz cüce (genellikle birincil yıldız) olan ve Roche lobu taşması yoluyla aktif madde aktarımı gösteren, etkileşen çift yıldızlardır (Warner 1995). Sistemler genel olarak manyetik ve manyetik olmayan olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Manyetik olmayan ya da manyetik alanı çok zayıf olan sistemlerde manyetik alan şiddeti yoldaş yıldızdan gelen maddeyi yönlendirememektedir ve madde beyaz cüce çevresinde bir disk oluşturmaktadır. Bu sistemlerde, madde diskte meydana gelen ısısal kararsızlıklara bağlı olarak beyaz cücenin ekvator düzlemi doğrultusunda beyaz cüce yüzeyine yığılır. Sınır katmanı olarak adlandırılan alanda, X-ışında, özellikle sert X-ışın bölgesinde yoğun bir ışıma sergiler (Balman & Revnivtsev 2012; Mukai 2017). Madde aktarım oranı olarak bakıldığında manyetik olmayan sistemler, manyetik olan katakliksmik değişenlere göre en yüksek madde aktarımına sahiptirler ($\dot{M} \approx 10^{-10} - 10^{-9} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$). Özellikle sistemlere ait eş zamanlı gözlemlerden elde edilen F_x/F_{opt} oranı, türleri sınıflamak için aktif olarak kullanılmaktadır (Schwope ve diğ. 2024).

Manyetik alanı 1 MG'den (kuvvetli manyetik alan) büyük olan sistemler, manyetik türü katakliksmik değişen yıldızlar olarak literatürde tanımlanır. Bu sistemlerde manyetik alan şiddeti yoldaş yıldızdan gelen sıcak plazmayı beyaz cücenin manyetik kutuplarına yönlendirecek kadar kuvvetlidir. Bu sınıf kendi içerisinde "Polar" ve "Intermediate Polar" (IP)

olarak isimlendirilen 2 alt gruba ayrılmaktadır. Manyetik alan şiddeti $B > 10$ MG olan sistemler polar olarak isimlendirilirken manyetik alan kuvveti bundan küçük olanlara intermediate polar ismi verilmektedir. Bu sistemlerde manyetik alanın bozucu etkisinden dolayı bir disk yapısı gözlenmezken daha düşük manyetik alana sahip IP'lerin bazılarında disk benzeri bir yapı görülebilir (Kuulkers ve diğ. 2010). Sistemler arasındaki bir diğer önemli fark ise beyaz cüce spini ile yörünge dönemi arasındaki ilişkidir. Özellikle polarlarda manyetik alanın uyguladığı tork kuvvetinden dolayı sistemlerin büyük bir kısmı senkronize ($P_{\text{spin}} = P_{\text{yörünge}}$) bir davranış gösterir. Bu sistemlerde madde aktarım süreçlerini incelemek ve aktarım bölgesinin zamana bağlı ya da aktarım oranına bağlı değişimini incelemek için oldukça steril bir ortam sunarlar. IP'lerde ise $P_{\text{spin}} \neq P_{\text{yörünge}}$ durumu söz konusudur ve ilgili yörünge dönemine modüle biçimde X-ışın ve optik dalgaboylarında beyaz cüce spini ile alakalı atım benzeri davranışlar gösterirler. IP'lerin dönem analizi uygulanan ışık eğrilerinde, spin ile alakalı ek frekanslar sergilemelerinden dolayı polarlardan ayrışır. Spin dönemleri yörünge döneminin %1–10 katı aralığında değişebilir (de Martino ve diğ. 2020). Aktarılan maddenin beyaz cüce atmosferinin üst kısımlarında şok üretmesi sonucu X-ışın üretimi gerçekleşmektedir (Lamb & Masters 1979).

Katakliksmik değişen yıldızların tümü yıldız evriminin son basamağında yer almaktadır. Özellikle yörünge dönemleri büyük bir kısmının 70 dk ile 6 saat aralığında değişim göstermektedir. Bu sistemler özellikle gecelik gözlemler için ideal adaylardır, ancak sönük doğaları gereği tespit edilmeleri zor olabilir. Manyetik sistemler, özellikle madde aktarım miktarının arttığı yüksek durum olarak isimlendirilen evrede daha görünür hale

* samet.ok@gmail.com

gelirler. Manyetik olmayan sistemler optik bölgede manyetik olanlara göre daha parlak olsa da varolan gözlem aletleri tarafından tespit edilmeleri zor olabilir. Belirli aralıklarla sergiledikleri patlamalar sayesinde tarama programlarınca tespit edilebilirler. Sönük yapıları gereği tespit edilmiş CV'lerin büyük bir kısmının uzaklık dağılımı $d < 2$ kpc içerisinde (Canbay ve diğ. 2023).

Yıldız evriminin son basamağında bulunan bu sistemler, genel olarak tarama programları ile keşfedilmiştir. Her CV doğal yumuşak X-ışını (0.2-2.5 keV) yayıcısıdır. Kromosferik aktif yıldızlardan sonra gökada içerisinde yumuşak X-ışın üretiminden başlıca onların sorumlu oldukları düşünülmektedir (Maoz & Grindlay 1995). Literatürdeki bilinen ilk popülasyon artışları ROSAT (Röntgensatellit) uydusunun sistematik X-ışın taraması sayesinde olmuştur (Verbunt ve diğ. 1997; Schwöpe ve diğ. 2002). CV'leri, özellikle çift yıldızlar içerisinde yer alan beyaz cüce bileşenli çift sistemlerini oluşturan ana grubun bir parçası olarak kabul etmek mümkündür. Uzun dönemli simbiyotik sistemler ve çok kısa dönemli AM CVn sistemlerinin arasında yer alan CV'ler bu grup içerisindeki en yüksek popülasyona sahip sistemlerdir (≈ 5000 adet, Ritter & Kolb 2003). Popülasyon içerisindeki manyetik CV'lerin oranı ise %10-12 aralığında değişmektedir. CV'ler içerisinde özellikle manyetik alanın varlığı ve nasıl oluştuğu ya da yüksek manyetik alana sahip CV'lerin evrimsel süreçte diğerlerinden nasıl ayrıştığı güncel sorunlardan biridir (Schreiber ve diğ. 2021). Madde aktarımı gösteren beyaz cücelerin sadece 1000'de 15'i kuvvetli manyetizmaya sahiptir (Liebert ve diğ. 2005).

Günümüzde CV'ler için yapılan en önemli sistematik çalışmalardan bir tanesi SRG uydusu üzerinde bulunan eROSITA (Predehl ve diğ. 2021) aygıtının kullanıldığı çalışmadır. Etkin enerji aralığı 0.2-10 keV aralığında bulunan teleskop, CV'lerin tespiti için en uygun enerji aralığına sahiptir. Tarama programı sayesinde 6 ay ara ile gerçekleştirdiği tüm gökyüzü taraması, X-ışın üreten kaynakların tespitini ve fotometrik değişkenlik bilgisini sunar. Özellikle dönem-dönem yüksek değişkenlik gösteren CV'leri tespit etmek için uygundur. X-ışın verisi tek başına sistemlerin doğasını anlamak için yeterli bilgi sunmamaktadır. Özellikle diğer dalgaboylarında gerçekleştirilecek fotometrik ve tayfsal çalışmaların yardımıyla sistemin hangi türe ait olduğu yüksek hassasiyet ile belirlenebilir.

Bu çalışmada eROSITA ile tespit edilip tanımlanan ve keşfedilmesinde eROSITA'nın öncülük ettiği CV'lerin genel keşif yönteminden bahsedilmiş ve bulunan sistemlerin türleri sunulmuştur. Verilen kaynaklar Alman paydaşlarının ($360^\circ > l > 180^\circ$ gökada boylam aralığı, batı gökada yarıküresi) verilerini içermekte olup ağırlıklı olarak Güney yarı kürede bulunan kaynakları ifade etmektedir. eROSITA'nın tespit ettiği fakat henüz türü ve doğası belirlenmemiş aday kaynaklar buraya dahil edilmemiştir. Güncel tarama programları olan *Gaia*, TESS, ZTF, CRTS, ATLAS gibi programlardan gelen verinin ışığında birçok yeni kaynağın optik ve diğer dalgaboylarındaki uzantıları tespit edilmiştir. Kısa ve uzun dönemli değişimlerine bakarak sınıflamaları yapılmıştır. Tayf gözlemleri ile desteklenen bu çalışmalar sistemin hangi türe ait olduğunu ortaya koymaktadır.

2 Gözlemler

2.1 eROSITA Gözlemleri

SRG (Sunyaev ve diğ. 2021) uydusu 2019 yılında Kazakistan'ın Baykonur Uzay Üssünden fırlatılan, Rus-Alman ortak yapımı

olan bir X-ışın teleskobudur. Üzerinde bulunan eROSITA aygıtı 7 adet paralel X-ışın kamerası içermektedir ve 1 derecelik görüş açısına sahiptir.

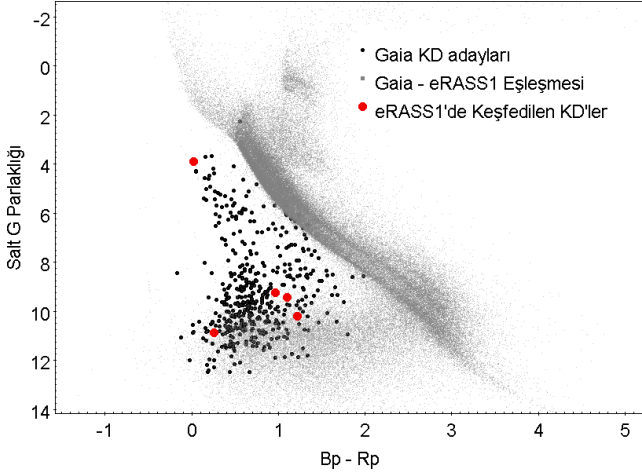
eRASS olarak adlandırılan tüm gökyüzü tarama programı 6 ay ara ile gerçekleşmektedir. Dünya'nın L2 noktasında kendi eksenini etrafındaki hareketi sonucu tarama sürecini gerçekleştiren eROSITA, dönüşleri (1 dönüş/tur = 4 saat) sırasında kaynak görüş alanını terkedinceye kadar X-ışın fotonlarını toplamaktadır. Son aşamada tarama boyunca elde edilen X-ışın sayımları birleştirilerek sistemin X-ışın tayfı ve fotometrik gözlem verisi oluşturulmaktadır.

İlk gökyüzü taramasına (eRASS1) ait veriler (DR1), 31 Ocak 2021 tarihinde açık hale gelmiştir. eROSITA'nın parlaklık limiti $f_x \approx 10^{-14}$ erg cm² s⁻¹ (0.2-2.4 keV) civarındadır. Özellikle CV'lerin aktif enerji salınımı yaptıkları aralık göz önüne alındığında ($L_x \approx 10^{29} - 10^{32}$ erg s⁻¹) eROSITA'nın 300 pc den 9000 pc'e kadar uzanan bir yarıçap içerisindeki alanı tarayıp yeni CV'ler tespit etmesi mümkündür. 2019'dan itibaren toplamda 8 gökyüzü taraması yapması planlanan eROSITA'nın her bir taramada gökyüzü kutup ve ekvator bölgelerinde toplamda 20ks veri toplaması beklenmektedir. Taramalar içerisinde kaynak başına yaklaşık ~ 250 s gözlem süresine sahip olacağı öngörülmüştür. Tüm gökyüzü taramaları başarılı bir şekilde tamamlanırsa gökyüzündeki her bir kaynağın yaklaşık 2000 sn X-ışın gözleminin yapılabileceği belirlenmiştir (Schwöpe 2012). Bunun yanında gökyüzü tarama programına başlamadan önce gerçekleştirdiği kalibrasyon gözlemleri ve gökada düzleminde gerçekleştirdiği 50 günlük kısa tarama programı (eFEDS, Liu ve diğ. 2022), ilk olarak doğrudan keşfedilen kaynaklara katkı sunmuştur. Bu taramada alanında sadece bilinen CV'lerin haricinde 3 yeni CV keşfedilmiştir (Schwöpe ve diğ. 2024).

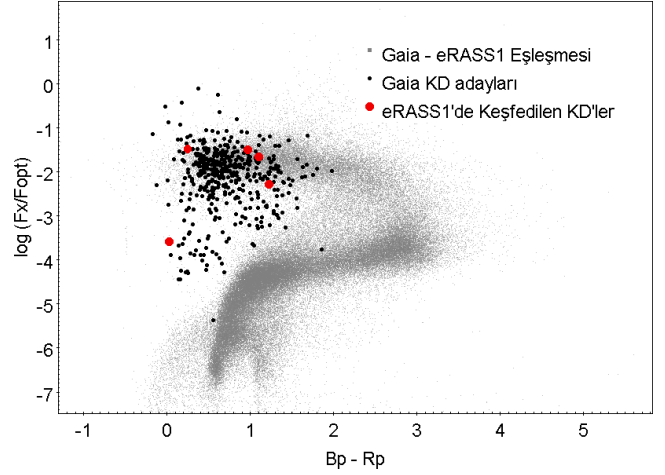
eROSITA'nın tamamlanmış 4 tarama programından ve X-ışın akısına dayanarak ilk elde ettiği sonuçlardan tespit edilen keşifleri Çizelge 1'de verilmektedir. İlgili sistemlerin X-ışın gözlem ve enerji seviyelerine dayanarak bir CV olabileceği nitelendirilmiş ve sonraki bölümlerde bahsedilen tarama programlarının yardımıyla ya da proje gözlemleri ile kaynağın sınıflaması yapılmıştır. Tür dağılımına bakıldığında genel popülasyon ile benzer (manyetik ve manyetik olmayan) bir dağılıma sahip olduğu söylenebilir. İlk gözlemler en parlak kaynakları içerdiğinden gözlemsel olarak bir seçim etkisinden bahsetmek mümkündür fakat daha sönük cisimler için ilerleyen aşamada gerçekleştirilecek takip tarama gözlemleri ile veri sayısında büyük bir artış olması beklenmektedir. Başarılı bir şekilde tamamlanmış 8 gökyüzü taraması sonrasında eROSITA'nın yaklaşık 10000 yeni yumuşak X-ışın çifti (büyük oranda beyaz cüce bileşenli) tespit etmesi beklenmektedir (Merloni ve diğ. 2012).

2.2 Gaia Gözlemleri

Sistemlere ait en hassas ve güncel uzaklık bilgisi *Gaia* uzay teleskobu tarafından 3. veri setinin (DR3) yayınlanmasıyla olmuştur (Bailer-Jones ve diğ. 2021). 1.8 milyar kaynağa ait fotometrik ve tayfsal veriyi içeren bu veri setinin içerisinde 5 yıl süren uzun zamana yayılmış fotometrik gözlemlerin sunduğu değişkenlik bilgisi de sunulmaktadır. Bu veri seti ile, fotometrik değişim, renk, parlaklık ve uzaklığa göre filtrelenmiş 24 alt grup oluşturulmuştur (Rimoldini ve diğ. 2023). Bu kataloglardan biri CV'lerin verilerini içermektedir. CV'ler ve adayları olarak isimlendirebileceğimiz bu katalog içerisinde 7306 kaynak, CV olarak belirtilmektedir. Özellikle sistemlerin madde



Şekil 1. eRASS1 ve *Gaia* DR3 ile eşleşen verilere ait renk-parlaklık diyagramı. Gri noktalar tüm eşleşen X-ışın kaynaklarını, siyah noktalar ise *Gaia* DR3 CV kataloğuyla eRASS1 kataloğunun kesiştiği verileri göstermektedir. Kırmızı noktalar ise Çizelge 1'deki verilerle eşleşen CV'leri göstermektedir.



Şekil 2. eRASS1 ve *Gaia* DR3 ile eşleşen verilere ait f_X/f_{opt} -renk diyagramı. Gri noktalar tüm eşleşen X-ışın kaynaklarını, siyah noktalar ise *Gaia* DR3 CV kataloğuyla eRASS1 kataloğunun kesiştiği verileri göstermektedir. Kırmızı noktalar ise Çizelge 1'deki verilerle eşleşen CV'leri göstermektedir.

aktarım oranı, ışınlam ve salt parlaklık gibi temel parametrelerin hesaplanmasında uzaklık en önemli parametrelerden biridir. CV'lerin uzay yoğunluğunun belirlenmesi ve bireysel olarak çalışılan sistemlerin temel parametrelerinin oluşturulmasında başat role sahiptir. Diğer X-ışın teleskopları ve eROSITA'nın verilerinin bir arada ele alındığı durumlarda uzak ve sönük yeni CV'lerin keşfedilmesi mümkün olmuştur (Ok ve diğ. 2024). *Gaia* gözlemlerinin şüphesiz en büyük faydalarından biri uzaklık ile birlikte renk ve parlaklık verisini bir arada sunmasıdır. Bu sayede sistemlerin renk-parlaklık diyagramları ve eRASS1'la elde edilmiş X-ışın akılarına bakılarak, aday sistemlerin hızlıca belirlenmesi sağlanabilir ve takip gözlemleri gerçekleştirilebilir. Şekil 1 ve 2'de sırasıyla eRASS1 ve *Gaia* DR3 verileriyle eşleşen sistemlere ait renk-parlaklık ve optik/X-ışın akı oranı-renk grafikleri verilmektedir. Grafiklerde ek olarak, *Gaia*'nın sunduğu CV kataloğuyla eROSITA'nın tespit ettiği kaynaklar da belirtilmiştir. Bu grafiklerdeki eksen aralıkları (siyah noktalı verilerin bulunduğu aralık) baz alınarak, özellikle takip gözlemlerinde aday kaynaklara ait örnek uzayını daraltmak mümkündür.

2.3 TESS Gözlemleri

TESS uydusu, zaman tabanlı astronomik gözlemler için çok hassas ışık eğrileri sağlamaktadır (Ricker ve diğ. 2014). Uydu 4 adet kameraya sahiptir ve $24 \times 96^\circ$ 'lik bir gökyüzü alanını sistematik olarak gözlemlemektedir. Bu süreç yaklaşık 27 günlük dönemleri kapsar ve bunlara sektör adı verilir. Her bir pikseli yaklaşık 21 yay saniye alanı gören TESS, her ne kadar açısal çözünürlüğü düşük olsa da oldukça sönük olan CV'lerin gözlemlerini gerçekleştirebilmiştir. Özellikle eROSITA ile keşfedilen CV'lerde, 18 ve hatta 19 kadire varan parlaklıklara sahip CV'lerin kısa dönemli ışık değişimlerini tespit etmekte ve X-ışın ile uyumlu (fotometrik dönem, aktarım geometrisi vb.) sonuçlar verebilmektedir (bkz. Ok ve diğ. 2023, 2024).

2.4 Tanısal Tayf Gözlemleri

CV'ler her ne kadar kısa dönemli aktif çift yıldızlar olsa da sadece optik fotometri ya da kısa dönemli X-ışın verisine

bakarak kaynağın esas türü hakkında birşey söylemek mümkün değildir. Uzun dönemli ışık değişimleri dahil olmak üzere CV'ler çoğunlukla aktif gökada çekirdeklerinin sergilediği değişimlere benzer davranışlar sergileyebilirler. X-ışında 0.2-10 keV aralığına uzanan bir tümsek ya da plato benzeri bir X-ışın tayfı ya da uzun dönemli fotometrik gözlemlerde anlık parlaklık değişimleri aktif gökada çekirdek gözlemleri ile benzerdir. Ayrıca sistemin manyetik mi yoksa manyetik olmayan bir sistem mi olabileceğini söyleyebilecek en önemli yöntem, sistemin optik bölgede alınmış tayfidir. Özellikle H α (4861 Å) ve H β (4861 Å) salma çizgilerinin varlığı ve bunların oranı sistemin manyetik olup olmadığının doğrudan bir belirticidir (Szkody ve diğ. 2002; Breedt ve diğ. 2014). Bu kapsamda eROSITA ile keşfedilen kaynakların tayf gözlemlerinin büyük kısmı güney yarı kürede yer alan Sutherland Gözlemevi'nde gerçekleştirilmiştir. Gözlemevinde bulunan 11 metrelik SALT (Buckley ve diğ. 2006) teleskobu görsel parlaklığı 23 kadire erişen sönük kaynakların düşük çözünürlüklü tanısal tayf gözlemlerini gerçekleştirmek için uygundur.

2.5 Uzun Dönemli Fotometrik Değişim

CV'ler oldukça karakteristik bir uzun dönemli değişime sahiptir. Manyetik olmayan sistemlerde patlamalar sistemin türünü ve davranışını ortaya koyan kanıtlar sunsa da manyetik sistemlerde durum biraz daha farklıdır. Bileşenlerdeki sıcaklık ve boyut farkından dolayı tutulma gösteren sistemlerin uzun dönemli ışık eğrilerinde 5-6 kadire varan değişimler gözlemlenebilir. Fakat tipik bir CV için 1-1.5 kadire varan değişimler olağan kabul edilir. Bu değişim farklı madde aktarım miktarlarına bağlı olarak farklı parlaklık seviyelerinde seyredebilir. Bu alandaki en belirgin örneklerden biri 100 yılı aşkın gözlemi bulunan manyetik polar türü olan AM her sistemidir (Kalomeni 2012). Manyetik olmayan sistemlerde patlama mekanizmaları, standart kurama göre disk kararsızlığı (Hameury 2020) gibi süreçler aracılığıyla diskin beyaz cüceye boşalması sonucu oluşurken, manyetik sistemlerde bu ani değişimlerin analok yıldızında meydana gelen aktivite kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Kafka & Honeycutt 2005). Sonuç olarak uzun dönemli

Çizelge 1. 2021-2024 yılları arasında doğrudan eROSITA ile keşfedilmiş CV'leri içeren veri seti. İlgili kaynaklara eROSITA'nın dolaylı olarak ya da aday olarak belirlediği sistemler dahil edilmemiştir. Kaynaklara ait konum ve fotometrik veriler *Gaia* DR3 verisinden elde edilmiştir. Kaynak: (1): Grotova ve diğ. (2021), (2): Schwöpe ve diğ. (2022a), (3): Greiner ve diğ. (2023), (4): Ok ve diğ. (2023), (5): Maitra ve diğ. (2024).

RA	DEC	G (mag)	Bp-Rp	Tür	Kaynak
257.282	-37.511	20.8508	2.60273	Nova	(1)
95.917	-26.964	12.4362	0.02342	Nova Benzeri	(2)
292.388	-56.062	17.3312	1.09797	Polar	(2)
80.065	-65.741	15.8664	-0.201	AM CVn	(3)
119.576	-61.341	19.7271	0.94211	Polar	(4)
288.057	-44.179	17.0939	1.22099	AM CVn	(2)
92.162	-70.672	20.6859	0.27559	AM CVn	(5)
231.906	-20.885	19.0773	0.96868	Polar	(4)
130.765	-1.816	17.7948	1.25211	Nova Benzeri	(2)
131.671	2.306	18.0302	1.16529	Cüce vNova	(2)
133.962	-1.908	20.7786	0.48498	Cüce vNova	(2)

ışık değişimlerinin karakteristik davranışları CV adaylarını belirlemekte kullanılabilir.

3 Sonuç

eROSITA/DE ile ilk defa tespit edilip keşfi gerçekleştirilen CV'lere ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. Kaynakların derlenmesinde eROSITA'nın veri tabanından yararlanılmıştır. Özellikle *Gaia* DR3 ve eROSITA'dan elde edilen renk-parlaklık ve X-ışın akısı-renk grafikleri ilk teşhis için oldukça önemli veri sağlamaktadır. Bu veri setlerinde manyetik ve manyetik olmayan CV'lerin bir karışımını görmekteyiz. Sistemlerin tespit edilmesinde ilk olarak nereye odaklanılması gerektiği konusunda önemli bir veri sağlamaktadır. eROSITA tarama programlarından elde edilecek X-ışındaki değişime ve bu değişimin derecesine bakılarak, kaynakları gökada çekirdeklerinden veya normal X-ışın çiftlerinden ayırmak mümkün olabilir. Her ne kadar X-ışında ve diğer dalgaboylarında olabildiğince fazla fotometrik veriye sahip olsak da sistemin doğasına dair son söz söylemek için kaynağın optik tayfına sahip olmalıyız. Şu ana kadar keşfedilmiş olan tüm CV'lerin sınıflamasında tayf gözlemlerinin önemi büyüktür. Bundan sonraki aşamada aday sistemler için gerçekleştirilecek sistematik tayfsal gözlemlerle (Sloan Digital Sky Survey gibi) CV popülasyonunda büyük bir artış yaşanması beklenmektedir. Bu yolla sistemlerin hem bireysel çalışmalarına hem de sentetik yıldız popülasyonu modellerinin (Howell ve diğ. 2001) geliştirilmesine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Yıldız evriminin son basamağında olan bu sistemler birçok açık probleme sahiptir. Evrim basamaklarında eksik olan parçalar, yeni CV'lerin çalışılmasıyla doldurulabilir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2219 Yurtdışı Doktora Sonrası Araştırma Programı kapsamında desteklenmiştir. Yardımlarından ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Bu çalışmanın yapılması sırasında değerli tecrübelerini paylaştan Leibniz Astrofizik Enstitüsü (Potsdam/Almanya) X-ışın grubu lideri Sayın Dr. Axel Schwöpe'a ve X-ışın grubuna teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

Bailer-Jones C. A. L., Rybizki J., Fouesneau M., Demleitner M.,

- Andrae R., 2021, VizieR Online Data Catalog, p. I/352, [ADS](#)
 Balman Ş., Revnivtsev M., 2012, [A&A](#), 546, A112
 Breedt E., ve diğ., 2014, [MNRAS](#), 443, 3174
 Buckley D. A. H., Swart G. P., Meiring J. G., 2006, in Stepp L. M., ed., Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series Vol. 6267, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series. p. 62670Z, [doi:10.1117/12.673750](#)
 Canbay R., Bilir S., Özdoğan A., Ak T., 2023, [Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics](#), 4, 372
 Greiner J., ve diğ., 2023, [Nature](#), 615, 605
 Grotova I., ve diğ., 2021, The Astronomer's Telegram, 14927, 1, [ADS](#)
 Hameury J. M., 2020, [Advances in Space Research](#), 66, 1004
 Howell S. B., Nelson L. A., Rappaport S., 2001, [ApJ](#), 550, 897
 Kafka S., Honeycutt R. K., 2005, [AJ](#), 130, 742
 Kalomeni B., 2012, [MNRAS](#), 422, 1601
 Kuulkers E., Norton A., Schwöpe A., Warner B., 2010, in , Compact Stellar X-ray Sources. Cambridge University Press, p. 421
 Lamb D. Q., Masters A. R., 1979, [ApJ](#), 234, L117
 Liebert J., Bergeron P., Holberg J. B., 2005, [ApJS](#), 156, 47
 Liu A., ve diğ., 2022, [A&A](#), 661, A2
 Maitra C., ve diğ., 2024, [A&A](#), 683, A21
 Maoz E., Grindlay J. E., 1995, [ApJ](#), 444, 183
 Merloni A., ve diğ., 2012, preprint, ([arXiv:1209.3114](#))
 Mukai K., 2017, [PASP](#), 129, 062001
 Ok S., Lamer G., Schwöpe A., Buckley D. A. H., Brink J., Kurpas J., Tubin D., Traulsen I., 2023, [A&A](#), 672, A188
 Ok S., Schwöpe A., Buckley D. A. H., Brink J., 2024, [A&A](#), 686, A175
 Predehl P., ve diğ., 2021, [A&A](#), 647, A1
 Ricker G. R., ve diğ., 2014, in Oschmann Jacobus M. J., Clampin M., Fazio G. G., MacEwen H. A., eds, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series Vol. 9143, Space Telescopes and Instrumentation 2014: Optical, Infrared, and Millimeter Wave. p. 914320 ([arXiv:1406.0151](#)), [doi:10.1117/12.2063489](#)
 Rimoldini L., ve diğ., 2023, [A&A](#), 674, A14
 Ritter H., Kolb U., 2003, [A&A](#), 404, 301
 Schreiber M. R., Belloni D., Gänsicke B. T., Parsons S. G., Zorotovic M., 2021, [Nature Astronomy](#), 5, 648
 Schwöpe A., 2012, [Mem. Soc. Astron. Italiana](#), 83, 844
 Schwöpe A. D., Brunner H., Buckley D., Greiner J., Heyden K. v. d., Neizvestny S., Potter S., Schwarz R., 2002, [A&A](#), 396, 895
 Schwöpe A., ve diğ., 2022a, [A&A](#), 661, A42
 Schwöpe A., Buckley D. A. H., Malyali A., Potter S., König O., Arcodia R., Gromadzki M., Rau A., 2022b, [A&A](#), 661, A43
 Schwöpe A., Marsh T. R., Standke A., Pelisoli I., Potter S., Buckley D., Munday J., Dhillon V., 2023, [A&A](#), 674, L9
 Schwöpe A., ve diğ., 2024, [A&A](#), 686, A110
 Sunyaev R., ve diğ., 2021, [A&A](#), 656, A132
 Szkody P., ve diğ., 2002, [AJ](#), 123, 430
 Verbunt F., Bunk W. H., Ritter H., Pfeiffermann E., 1997, [A&A](#), 327, 602, [ADS](#)
 Warner B., 1995, Cataclysmic Variable Stars. Cambridge Astrophysics, Cambridge University Press
 de Martino D., Bernardini F., Mukai K., Falanga M., Masetti N., 2020, [Advances in Space Research](#), 66, 1209

Access:

M25-0365: [Turkish J.A&A — Vol.6, Issue 3.](#)