

# Aşırı-Parlak X-ışını Kaynaklarının Özellikleri ve Çoklu-dalgaboyu Gözlemleri

Aysun Akyüz<sup>1,2</sup>★

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü, Adana

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER), Adana

## Özet

Aşırı-parlak X-ışın kaynakları (AXK, Ultraluminous X-ray sources), X-ışın çiftlerinin bir alt sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Galaksimizde henüz gözlenemeyen AXK'lar, diğer galaksilerin merkez bölgesi dışında ve ışıma gücü çok yüksek ( $L_x > 10^{39}$  erg s<sup>-1</sup>) kütlesi  $\sim 10M_\odot$  nokta-kaynaklar olarak algılanmaktadır. Bu sunumda, AXK'ların genel özellikleri, fiziksel doğasının anlaşılması için yapılan çoklu dalga boyu (X-ışın, optik, kızıl-öte) gözlemleri ve sonuçları özetlenecektir. Çalışmalarımız kapsamında seçilen bazı AXK'ların zamansal, tayfsal analizleri, belirlenen optik karşılıkları incelenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** X-rays: binaries, Sıkı Nesnelar

## 1 Giriş

Aşırı-parlak X-ışın kaynakları (AXK), galaksilerin merkez bölgelerinin dışında bulunan galaksi-ötesi nokta kaynaklardır. Bu kaynakların X-ışın ışıma güçleri  $10 M_\odot$  kütleli bir kara delik için,  $L_x > 10^{39}$  erg s<sup>-1</sup> değerinde olup Eddington limitini ( $1.3 \times 10^{38}$  M/M<sub>⊙</sub>) aşmaktadır. AXK'lar yüksek X-ışın ışıma güçlerinden dolayı 'normal' X-ışın çiftleri ( $L_x \leq 10^{38}$  erg s<sup>-1</sup>) ve Aktif Galaktik Çekirdekler arasında yeni bir sınıf olarak tanımlanmaktadır (Colbert ve Mushotzky 1999).

İlk kez Einstein gözlemevi (1978-1982) ile özellikle yıldız oluşumlarının yoğun olduğu galaksilerde, merkez bölgesi dışında  $L_x > 10^{39}$  erg s<sup>-1</sup> ışıma gücüne sahip az sayıda kaynak belirlendi (Fabbiano ve Trinchieri 1987). Bu kaynakların yıldız-kütleli Galaktik Kara Delik (KD)'lerden, X-ışın patlamaları yada genç süpernovalar gibi geçici kaynaklardan farklı bir sınıf olabileceği belirlenemedi. Sonraki yıllarda, daha iyi tayfsal ve açısız çözünürlüğe sahip ROSAT (1990-1999) ve ASCA (1993-2001) uydularından elde edilen X-ışın verileriyle yapılan çalışmalar, merkez dışında belirlenen bu parlak kaynakların tipik yıldız kütleli KD'lerin sahip oldukları ışıma değeri olan Eddington limitinin çok üzerinde olduğunu ve ayrıca bu kaynakların süpernova olamayacağını gösterdi (Colbert ve Mushotzky 1999). 1999 yılında uzaya gönderilen ve halen görevini sürdürmekte olan XMM-Newton ve Chandra uydularının önceki uydulara kıyasla sahip olduğu çok daha iyi çözünürlükleri ve diğer teknik özellikleri sayesinde AXK'ların araştırmalarında önemli gelişmeler sağlandı. Suzaku, Swift ve NuStar uyduları yararlanılarak bu kaynakların tayfsal, zamansal özelliklerinin modellenmesi ayrıca diğer dalgaboylarında elde edilen veriler yardımıyla yapılarının anlaşılması astrofizikte güncel problemlerden biridir.

Doğası ve ışıma mekanizması henüz tam olarak bilinemeyen X-ışın çiftleri olan AXK'ların yüksek ışıma güçlerini açıklamak için farklı modeller önerilmektedir. Bu modeller arasında popüler olanlar; i) standart akresyon (yığılma) diski ile orta-kütleli ( $10^2 - 10^4$ ) M<sub>⊙</sub> KD'ler içermesi (Colbert ve Mushotzky 1999; Miller ve Colbert 2004), ii) yıldız kütleli KD üzerine düşen maddenin oluşturduğu izotropik olmayan ışımanın

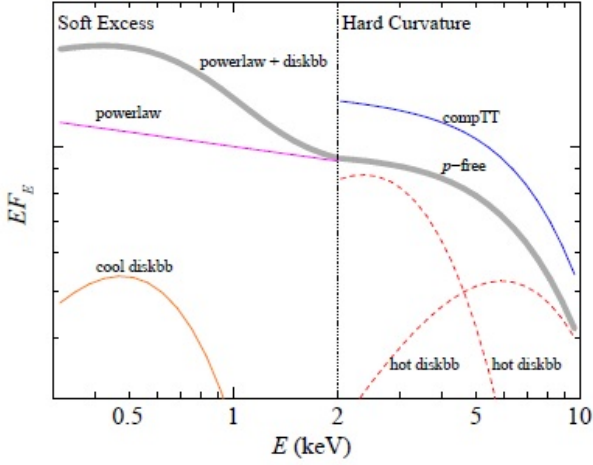
jetler formunda hüzmelenmesi (King ve ark. 2001; Fabrika ve Mescheryakov 2001), veya iii) kütle yığılma oranının yeteri kadar yüksek olmasıyla diskten Eddington limitini aşan (super Eddington) ışımanın ortaya çıkmasıdır (Begelman 2002; Poutanen ve ark. 2007).

AXK'ların tanımlanmasında sıkça kullanılan orta-kütleli KD'ler, yıldız kütleli ve süper-kütleli yıldızsal KD'ler arasında bir sınıf olarak tanımlanmaktadır. Yıldız kütleli kara delikler, ata yıldız ve metalliliğe bağlı olarak, "normal kütleli" ( $M \leq 20M_\odot$ ) ve "kütleli" ( $20M_\odot \leq M \leq 100M_\odot$ ) yıldızsal KD'ler olarak farklı tiplere ayrılmaktadır. Ayrıca "normal kütleli" KD'ler bir süpernova patlaması sonucu oluşabilirken "kütleli" KD'ler herhangi bir patlama olmaksızın doğrudan çekirdek çökmesi sonucu oluşmuş olabilir (Fryer 1999). Orta-kütleli KD'ler ( $M \sim 10^2 - 10^4$ ) M<sub>⊙</sub>) için önerilen modeller; Evrenin erken dönemlerinde oluşan metalce zayıf populasyon III yıldızlar, genç ve yoğun yıldız kümelerinin merkez bölgesinde dinamik sürtünme sonucu oluşabilecek büyük kütleli yıldızlar veya büyük galaksilerin halolarında uydu galaksileri ile aralarındaki gelgit etkileri sonucu bu uydu galaksilerin sadece 'çekirdek' bölgelerinin kalması, olarak özetlenebilir (Feng ve Soria 2011).

Önerilen modeller üzerinde tartışmalar devam ederken, XMM-Newton ve Chandra X-ışın uyduları verileri ile yoğun olarak çalışılan M82 galaksisinde bulunan iki AXK (X-1 ve X-2)'nin NuStar gözlemleri sonucu X-2 kaynağı ile eşleşen ve ortalama periyodu 1.37 s olan ve yaklaşık 2.5 günlük yörüngesel periyoda sahip bir nötron yıldızı (!) olduğunu bildiren bir çalışma sunuldu (Bachetti ve ark. 2014). Bu durum böylesi yüksek ışımanın nasıl oluyor da  $\sim 1.4M_\odot$  kütleli bir nötron yıldızı içeren çift sistem ve önceki hesaplardan belirlenen  $M \geq 5.2M_\odot$  ve  $R \geq 7R_\odot$  değerinde donor yıldızdan kaynaklanabildiği konusunda tartışmaları başlattı (Eksi ve ark. 2014).

AXK'ların bir kısmının KD içeren çift yıldız sistemi olduğu varsayımı sürdürülerek, bu tip çift yıldız sistemlerinin Galaktik X-ışın çiftleri (XRB) gibi sınıflandırılması ve hangi tip galaksilerde bulunabileceği konusu yapılan çalışmalar arasındadır. Galaktik XRB genel olarak yüksek-kütleli ve düşük kütleli X-ışın çiftleri (HMXB ve LMXB) olarak sınıflandırılmaktadır. HMXB'ler kütleli  $\geq 10M_\odot$  O ve B tip eş (donor) yıldızına sahip ve genellikle spiral ve düzensiz galaksilerin yıldız oluşum bölgelerinde bulunmaktadır. Oysa LMXB'ler geç-tip (A dan geç)

★ aakyuz@cu.edu.tr



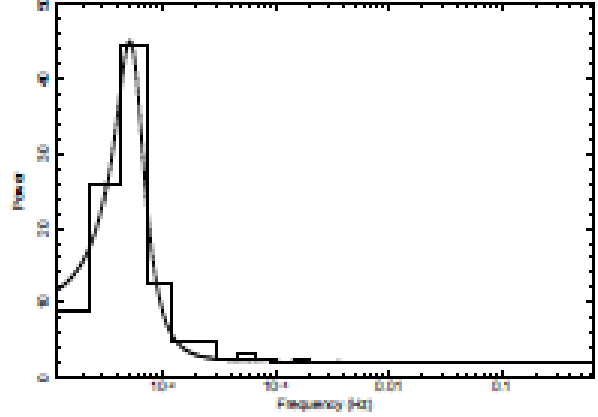
**Şekil 1.** 0.3-10 keV enerji aralığında tipik bir AXK spektrumu (kalın gri), < 2 keV düşük enerjilerde artış ve > 2 keV tümsek yapı gözlemlenir.

kütle kaybeden yıldızlardan ( $\leq 1M_{\odot}$ ) oluşmakta olup genellikle küresel kümelerde (çoğunlukla eliptik galaksilerde) gözlenmektedir.

Yapılan gözlemler AXK'ların her tip galakside (eliptik, spiral/düzensiz) bulunabildiğini, eliptik galaksilerde gözlenen AXK'ların 2/3'nün daha düşük ışımaya gücüne sahip olduğunu ( $L_x \leq 2 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ ) buna karşın spiral galaksilerde gözlenen AXK'ların 1/3'nün ( $L_x \geq 4 - 5 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ ) değerine ve küçük bir kısmında  $\geq 10^{40} \text{ erg s}^{-1}$  değerinde ışımaya yaptığını göstermektedir (Swartz ve ark. 2004; Walton ve ark. 2011). Ayrıca eliptik galaksilerde AXK'ların oluşum oranlarının ( $\sim 10^{11}M_{\odot}$  kütleli 1 AXK olarak belirlenen küçük kütleli sarmal ve düzensiz galaksilerde bu oranın daha düşük ( $\sim 10^{8.5}M_{\odot} \approx 1 \text{ AXK}$ ) yada bu tip galaksiler AXK'ların oluşumunda daha etkin olabildikleri belirtilmektedir (Walton ve ark. 2011). Bu farklılığı açıklamak için öneriler: i) Küçük kütleli galaksilerde birim kütle başına yıldız oluşum oranı daha yüksek bu yüzden buralarda AXK oluşumu daha etkindir yada ii) Küçük kütleli galaksiler daha yüksek metal bolluğuna sahip bu durum kütleli O yıldızlarının çökmesiyle daha büyük kütleli KD lerin oluşumuna yol açabilir (Zampieri ve Roberts 2009). Öte yandan Prestwich ve ark. (2010), çarpışan galaksileri, NGC 922 ve Cartwheel (ESO 350-40), inceleyen çalışmasında metal bolluğunun AXK oluşumunu önemli ölçüde etkilemediğini ileri sürmektedir: NGC 922 galaksisinde yıldız oluşum oranı  $8M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$  metal bolluğu ise  $0.75 Z_{\odot}$  oysa Cartwheel galaksisinde yıldız oluşum oranı  $18M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$  metal bolluğu ise  $0.3 Z_{\odot}$ . Öte yandan çarpışan yada güçlü etkileşen galaksilerde çok sayıda AXK gözlenmekte bu durum yüksek yıldız oluşum oranına bağlanmaktadır. Örneğin; Antenna galaksi, NGC 4038/NGC 4039 (Zezas ve ark. 2002), NGC 7714/15 (Smith ve ark. 2005), NGC 2207/IC2163 (Mineo ve ark. 2014).

### 1.1 Karadeliklerin spektral özellikleri

Bir KD bileşenine sahip olduğu varsayılan AXK'ları bilinen Galaktik XRB'nin spektral özellikleri ile karşılaştırmak, bu kaynakların doğasını daha iyi anlamak için önemlidir. Genel olarak XRB'ler farklı spektral durumlar (states) ve durum



**Şekil 2.** NGC 4736 X-2 kaynağının Chandra verilerinden elde edilen güç-yoğunluğu spektrumu (PDS).

geçişleri gösterebilir. Bu durumlar belirgin olarak ısısal (thermal), sert (hard) ve dik güç-yasası (steep power-law, SPL) olarak tanımlanır (Remillard & McClintock 2006). Isısal durumda sistemin disk ışıması baskındır ve bu ışımaya karacisim spektrumu ile karakterize edilir ( $kT \approx 1 \text{ keV}$ ). Sert durum (hard state) ise ısısal-olmayan ışımaya baskın yada power-law (güç-yasası)'nın baskın olduğu durum olarak tanımlanmaktadır. Işıma, Compton mekanizması ile koronodan yada sinkoron-yayan jetten kaynaklanabilir. Spektrumun foton indeksi,  $1.4 < \Gamma < 2.1$  değerleri arasında değişen spektrumlar ile karakterize edilir. SPL durumu ise foton indeksi  $\Gamma > 2.4$  ile daha yumuşak (soft) bir spektrumu temsil etmektedir.

Yapılan gözlemlere dayanılarak, AXK'nın enerji spektrumu 0.3-10 keV enerji aralığında iki gruba ayrılabilir (Şekil 1). 2 keV'un altında düşük enerjilerde artış (soft excess); soğuk ısısal bir bileşen ve power-law (sert bileşenin uzantısı) ile iki bileşenli model (termal(diskblackbody, diskbb) + power-law) ile modellenilebilir. > 2 keV durumunda ise gözlenen tümsek yapı (konveks shape) ince disk model (p-free, slim disk) veya sıcak, kalın Comptonizasyon modeline uydurulabilir (Feng ve Soria 2011).

Yakın galaksilerde gözlenen AXK'ların kütlelerinin belirlenmesinde, X-ışın spektral modellerinden ve kaynakların Galaktik XRB'lere benzerliğinden yararlanır. Üstte de belirtildiği gibi genel olarak tanımlanan spektral model; ısısal bileşen + power-law ile verilir. Pik sıcaklığı ve ısısal bileşenin ışımaya gücü X-ışın yayan iç-disk bölgesinin boyutunun bir göstergesi olup bu durumda sistemdeki KD kütlesi ile ilişkilendirilir. Standart disk-karacisim (disk-blackbody) yaklaşımı (Makishima ve ark. 1986, 2000),  $L_{disk} \equiv 4\pi\sigma T_{in}^4 r_{in}^2$ ,  $R_{in} = R_{ISCO} \equiv 6\alpha GM/c^2$ , bu kaynakların KD içeren çift yıldızlar olduğu görüşüne önemli destek sağlamaktadır. Burada  $L_{disk}$  bolometrik disk ışımaya gücü (luminosite),  $T_{in}$ , X-ışın spektral fitinden direk olarak elde edilen pik sıcaklığı,  $r_{in}$  diskbb yaklaşımı ile spektral modelden elde edilen görünür iç yarıçap,  $R_{in}$  en içteki kararlı dairesel yörünge ( $R_{ISCO}$ ) ile uyumlu olduğu varsayılan doğru iç-disk yarıçapı,  $\alpha$ , KD spinine bağlı bir faktör (Schwarzschild KD için  $\alpha = 1$ , Kerr KD için  $\alpha = 1/6$ ) olarak tanımlanmaktadır.

Işıma gücü oldukça yüksek bazı AXK'lar (NGC 5408 X-1, Ho II X-1 vb) için modelin öngördüğü disk sıcaklığı (0.1-0.4 keV), yıldız kütleli KD sahip olduğu yağılma diskinin sıcaklığından  $\sim (5 - 10)$  kat daha düşük olmaktadır (Miller

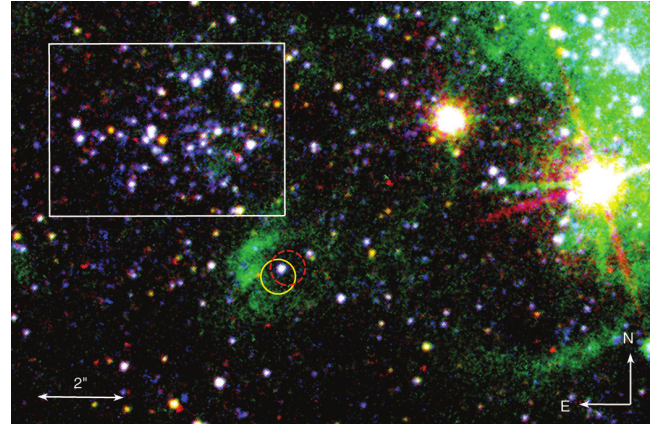
ve ark. 2004, 2013). Bu düşük sıcaklık teorik olarak, orta-kütleli bir KD ( $\approx 1000M_{\odot}$ ) etrafında standart-tip bir yığılma diski (Shakura ve Sunyaev 1973) tarafından oluşturulabilir, böylece düşük sıcaklık ve yüksek ışınma gücü orta-kütleli KD üzerine yığılmadan ortaya çıkabilir. Çünkü standart yığılma disk sıcaklığı, KD kütlesi ile ters orantılıdır,  $M \approx T_{in}^{-2}L^{1/2}$ . Sonuçta Eddington-altı (sub-Eddington) yığılma oranı ( $< 0.1L_{Edd}$ ) ile düşük/sert (low/hard) durumunda galaktik KD çiftleri ile benzerlik kurulabilir.

Bununla beraber, AXK'ların yığılma diskinin düşük sıcaklığı her zaman doğru kütle değerinin belirlenmesine izin vermediği belirtilmektedir. Süperkritik (veya süper-Eddington) yığılmanın gözlenen yüksek enerjili oluşturabileceği ve hesaplamalar orta-kütleli KD yerine yıldız kütleli KD'ler üzerine bu yığılmanın gerçekleşebileceği öngörmektedir (Poutanen ve ark. 2007; Kajava ve Poutanen 2009). Bu durumda gözlenen yüksek ışınma, coronadaki saçılmalar sonucu yada maddenin dış akışı ile gizlenebilen disk yüzeyinden fakat en içteki kararlı yörüngeden çok daha uzaktan gelebilir. Bu durumda ısıl olarak ışınma yapan disk bölgesinin karakteristik yarıçapı KD kütlesini belirlemede kullanmak hatalı olabilir (Gladstone ve ark. 2009).

## 1.2 AXK'ların zamanlama (timing) özellikleri

AXK'ların spektral özellikleri ile birlikte zamanlama özelliklerinin araştırmaları, tıkkı (compact) cismin kütlesi ve sistemin disk yapısı hakkında bilgi vermektedir. Gözlenen AXK'lar genellikle kısa (dakikalar) yada uzun-dönem (günler - aylar) zaman aralığında güçlü X-ışın değişkenliği göstermesi tıkkı cismin varlığını onaylamaktadır (Strohmayer ve ark. 2007; Grise ve ark. 2010). AXK'lar Galaktik KD çiftleri gibi değişkenlik gösteren ve değişkenlik göstermeyen yada çok zayıf X-ışın değişkenliği gösteren kaynaklar olmak üzere farklı gruplarda toplanabilir. Örneğin, galaksi NGC4395'in *XMM-Newton* gözlemlerinden en uzun poz süresine sahip olan verilerinin analizi ile belirlenen 5 nokta kaynak ve bu X-ışın kaynaklarının kısa-dönem zamansal değişimi, sabit bir sayı oranına göre genlikteki değişimlerinin incelenmesi, yada bir başka ifadeyle kısa-dönem ışık eğrisi ve uzun-dönem zamansal değişimi yaptığımız bir çalışmada (Akyüz ve ark. 2013) verilmektedir. Belirlenen kaynakların spektral ve zamansal özelliklerinin ayrıntılı analizleri ile kanakların olası doğası belirlenmiştir: bir AXK (XMM-2), bir süpernova kalıntısı (XMM-5), iki XRB (XMM-6 ve XMM-10) ve bir süpersoft kaynak (XMM-23).

Öte yandan XRB'lerde tıkkı cisim etrafındaki disk yapısı hakkında bilgi sağlayan yarı-periyodik salınımlar (QPO, Quasi-Periodic Oscillations) az sayıda AXK'da gözlenmiştir. M82 galaksisinde AXK X-1, QPO belirlenen ilk kaynaktır (Strohmayer ve Mushotzky 2003). 30 ks *XMM-Newton* gözlemi kullanılarak elde edilen kaynağın güç-kaynak spektrumu (PDS, Power Density Spectrum) 54 mHz frekansta 2-10 keV enerji aralığında (rms genliği 8.5%) belirgin bir QPO piki gözlenmiştir. Aynı çalışmada RXTE arşiv verileri kullanılarak aynı AXK için 107 mHz QPO tanımlandığı belirtilmiştir. Schwarzschild geometrisine dayanılarak AXK X-1 çift sisteminde olası KD için kütle değeri  $< 1.87 \times 10^4 M_{\odot}$  olarak hesaplanmıştır. Aynı kaynağın son NuStar gözlemleri ile bir pulsar olduğunun keşfi (Bachetti ve ark. 2014) yapılan bu çalışmaların yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir! Yakın galaksi NGC 6946'da belirlenen AXK X-1'nin 8.5 mHz merkez frekans ile olası QPO özelliği gösterilmektedir (Rao ve ark. 2010). X-1 kaynağının 1-10 keV enerji aralığında hesaplanan toplam rms genliği 59% ve QPO frekansı ile orantılanarak hesaplanan KD kütlesi  $\sim 10^3 M_{\odot}$  olarak ver-



Şekil 3. NGC 5408 X-1'in HST/WFC3 kompozit görüntüsü (mavi-F225W, yeşil-F502N, kırmızı-F845M). Parlak nokta kaynağını çevreleyen daireler kaynağın VLA (sarı daire) ve ATCA (çizgili yeşil). Üstte gösterilen beyaz kutu ( $5.5 \times 4.0$  açısanıyesi) yakındaki yıldız kümesini göstermektedir (Grise ve ark. 2012).

ilmektedir. Figure 2'de LINER galaksi NGC 4736' da bir AXK X-2'nin arşiv *Chandra* verileri kullanılarak elde edilen PDS'i verilmektedir (Avdan ve ark. 2014). *Chandra* ile  $0.73^{+0.16}_{-0.14}$  mHz *XMM-Newton* ile  $0.53^{+0.09}_{-0.35}$  mHz olarak belirlenen QPO piki belkide hata sınırları içinde aynı salınımı gösterdiği ve bu değer şimdye kadar elde edilmiş en düşük QPO'yu tanımladığı belirtilmektedir. Ayrıca X-2 çift sisteminde olası KD için, belirlenen QPO frekans değerini kullanılarak  $(2 - 400) \times 10^2 M_{\odot}$ , Eddington ışınma gücü ve *diskbb* modeli kullanılarak  $(10 - 80) M_{\odot}$  aralığında kütle değeri hesaplanmıştır.

## 2 AXK'ların optik gözlemleri

Optik bölgede yer-tabanlı ve Hubble Uzay Teleskopu (*HST*) ile yapılan gözlemler sonucu AXK'ların X-ışın koordinatları ile uyumlu dolayısıyla 'optik eşlenik' olarak tanımlanan kaynaklar belirlenmektedir (Figure 3). Diğer gök cisimlerinde olduğu gibi AXK'ların çoklu-dalgaboyu gözlemleri, kaynak doğasının ve çevresinin daha iyi anlaşılmasında oldukça önemlidir. AXK'ların optik eşleniğinden gelen ışınım; eş (donor) yıldızdan veya yığılma diskinin dış kısmından veya her ikisinden gelebilir. *Chandra*'nın 0.6 açısanıyesi ve *HST*'nin (0.2-0.4) açısanıyesi olan çok iyi açılal çözünürlükleri sayesinde, şimdye kadar bir düzineden fazla AXK'nin optik bileşeni belirlendi (Gladstone 2013). Bunlar arasında çok çalışanlardan bazıları: M81 X-6 (Liu ve ark. 2002); NGC 1313 X-2 (Zampieri ve ark. 2004), Holmberg II (Kaaret ve ark. 2004), IC 342 X-2 (Feng ve Kaaret 2008), NGC 5408-X1 (Grise ve ark. 2012). AXK'ların fotometrik ve spektral verilerinin analizi sistemde eş yıldızın spektral tipi, yaşı, metal bolluğu, kütlesinin ve yerel çevresinin fiziksel durumu hakkında belirgin tanımlamalara olanak vermektedir (Abolmasov ve ark. 2007; Motch ve ark. 2014). AXK'ların optik eşlenikleri çok sönük olduğundan ( $\sim 22-24$  kadir) büyük teleskoplar ( $> 4m$  olup genellikle  $> 8m$  sınıfı) kullanılmaktadır. Elde edilen yüksek kaliteli spektral veriler ve özellikle belirgin yayınım çizgileri (*HeII* $\lambda$ 4686, *H $\alpha$*  ve *H $\beta$*  vb.) optik eşlenikten gelen ışınımın diskten yada donor yıldızdan geldiği konusunda önemli bilgiler sağlanmaktadır. Bu konuda yapılan önemli çalışmalardan biri: NGC 7793 de bulunan AXK P13 kaynağının ayrıntı X-ışın, UV ve optik spektrofotometrik gözlemlerinden elde edilmekte-

dir. B91a donor yıldızının X-ışın ısıtmasından kaynaklanan optik ve UV değişimlerinin modellenmesi ile ilk kez sistemin  $< 15M_{\odot}$  KD kütlesinde olabileceği ve kaynağın düşük enerjilerdeki termal yayını ve spektral eğriliğinin yıldız-kütleli KD üzerine süperkritik yığılma modelini desteklediği bildirilmiştir (Motch ve ark. 2014).

### 3 Sonuç

Yapılan çalışmalar, AXK'ların homojen bir sınıftan oluşmadığını göstermektedir. Çoklu -dalgaboyu gözlemleri yıldız- kütleli KD'ler üzerine süper-Eddington yığılma modeli ile  $10^{30} - 10^{40}$  erg  $s^{-1}$  mertebesinde gözlenen ışımının açıklanabileceği, öte yandan orta-kütleli KD içeren sistemlerinde uyumlu sonuçlar verdiği bazı durumların olduğunun gözardı edilemeyeceğini göstermektedir. Yeni jenerasyon X-ışın, optik teleskoplar ve düşük frekansta radyo gözlemleri AXK kaynaklarının gizeminin çözülmesinde çok önemli olacağı bilinmektedir.

Bizde; S.Balman (ODTU), Nazım Aksaker (Ç.Ü) , Ş.Avdan (Ç.Ü) ve H.Avdan (Ç.Ü) oluşan çalışma grubumuzla yakın galaksilerde bulunan AXK'ların X-ışın, optik ve kızıl-öte arşiv verileri yardımıyla daha ayrıntılı analizler yaparak belirlenmiş yada yeni belirlenebilecek kaynakların yapısını araştırıyoruz (Akyüz ve ark. 2013; Avdan ve ark. 2014, 2015).

### Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) tarafından 113F039 no'lu proje ile desteklenmektedir.

### Kaynaklar

Abolmasov, P., Fabrika, S., Sholukhova, O., Afanasiev, V.: Spectroscopy of optical counterparts of ultraluminous X-ray sources. *Astrophysical Bulletin*. **62** (2007) 36–51

Akyüz, A., Kayacı, Ş., Avdan, H., Özel, M.E., Sonbaş, E., Balman, Ş.: XMM-Newton Observations of uminous Sources in Nearby Galaxies NGC 4395, NGC 4736, and NGC 4258. *Astronomical Journal*. **146** (2013) 67–86

Avdan, H., Avdan, Ş., Akyüz, A., Balman, Ş.: A search for periodicities from a ULX in the LINER galaxy NGC 4736. *Astrophysics and Space Science*. **352** (2014) 123–128

Avdan, Ş., Vinokurov, A., Fabrika, S., Atapın, K., Avdan, H., Akyüz, A., Sholukhova, O., Aksaker, N., Valeev, A.: Optical Counterparts of two ULXs in NGC 5474 and NGC 3627 (M66). Submitted to MNRAS. (2015)

Bachetti, M. ve ark.: An ultraluminous X-ray source powered by an accreting neutron star. *Nature*. **514** (2014) 202–204

Begelman, M.C.: Super-Eddington Fluxes from Thin Accretion Disks?. *Astrophysical Journal*. **568** (2002) 97–100

Colbert, E.J.M., Mushotzky, R.F.: The Nature of Accreting Black Holes in Nearby Galaxy Nuclei. *Astrophysical Journal*. **519** (1999) 89–107

Ekşi, K.Y., Güngör, C., Türkoğlu, M.M.: What does a measurement of mass and/or radius of a neutron star constrain: Equation of state or gravity?. *Physical Review D*. **89** (2014)

Fabbiano, G., Trinchieri, G.: X-ray observations of spiral galaxies. II –Images and spectral parameters of 13 galaxies. *Astrophysical Journal*. **315** (1987) 46–67

Fabrika, S., Mescheryakov, A.: Face-on SS 433 stars as a possible new type of extragalactic X-ray sources. *IAUS*. **205** (2001) 268

Feng, H., Kaaret, P.: Optical Counterpart of the Ultraluminous X-Ray Source IC 342 X-1. *Astrophysical Journal*. **675** (2013) 1067–1075

Feng, H., Soria, R.: Ultraluminous X-ray sources in the Chandra and XMM-Newton era. *New Astronomy Reviews*. **55** (2013) 166–183

Fryer, C.L.: Mass Limits For Black Hole Formation. *Astrophysical Journal*. **522** (1999) 413–418

Gladstone, J.C., Roberts, T.P., Done, C.: The Ultraluminous State. *MNRAS*. **397** (2009) 1836–1851

Gladstone, J.C. ve ark.: Optical Counterparts of the Nearest Ultraluminous X-Ray Sources. *Astrophysical Journal Supp*. **206** (2013) 14–52

Grise, F., Kaaret, P., Feng, H., Kajava, J.J.E., Farrell, S.A.: X-ray Spectral State is not Correlated with Luminosity in Holmberg II X-1. *Astrophysical Journal Letters*. **724** (2010) 148–152

Grise, F. ve ark.: Optical Emission of the Ultraluminous X-Ray Source NGC 5408 X-1: Donor Star or Irradiated Accretion Disk?. *Astrophysical Journal Letters*. **745** (2012) 123–135

Kaaret, P., Ward, M.J., Zezas, A.: High-resolution imaging of the Hell  $\lambda 4686$  emission line nebula associated with the ultraluminous X-ray source in Holmberg II. *MNRAS*. **351** (2004) 83–88

Kajava, J.J.E., Poutanen, J.: Spectral Variability of Ultraluminous X-ray Sources. *MNRAS*. **398** (2009) 1450–1460

King, A.R., Davies, M.B., Ward, M.J., Fabbiano, G., Elvis, M.: Ultraluminous X-Ray Sources in External Galaxies. *Astrophysical Journal*. **552** (2001) 109–112

Liu, J.J., Bregman, J.N., Seitzer, P.: The Optical Counterpart of an Ultraluminous X-Ray Object in M81. *Astrophysical Journal*. **580** (2002) 31–34

Makishima, K. ve ark.: Simultaneous X-ray and optical observations of GX 339-4 in an X-ray high state. *Astrophysical Journal*. **308** (1986) 635–643

Makishima, K. ve ark.: The Nature of Ultraluminous Compact X-Ray Sources in Nearby Spiral Galaxies. *Astrophysical Journal*. **535** (2000) 632–643

Miller, M.C., Colbert, E.J.M.: Intermediate-Mass Black Holes. *International Journal of Modern Physics*. **13** (2004) 1–64

Miller, M.J., Fabian, A.C., Miller, M.C.: Revealing a Cool Accretion Disk in the Ultraluminous X-Ray Source M81 X-9 (Holmberg IX X-1): Evidence for an Intermediate-Mass Black Hole. *Astrophysical Journal*. **607** (2004) 931–938

Miller, J.M. ve ark.: Revisiting Putative Cool Accretion Disks in Ultraluminous X-Ray Sources. *Astrophysical Journal Letters*. **776** (2013) 36–41

Mineo, S. ve ark.: A Comprehensive X-Ray and Multiwavelength Study of the Colliding Galaxy Pair NGC 2207/IC 2163. *Astrophysical Journal*. **797** (2014) 91–115

Motch, C., Pakull, M.W., Soria, R., Grise, F., Pietrzynski, G.: A mass of less than 15 solar masses for the black hole in an ultraluminous X-ray source. *Nature*. **514** (2014) 198–201

Poutanen, J., Lipunova, G., Fabrika, S., Butkevich, A.G., Abolmasov, P.: Supercritically accreting stellar mass black holes as ultraluminous X-ray sources. *MNRAS*. **377** (2007) 1187–1194

Prestwich, A.H. ve ark.: Ultra-Luminous X-ray Sources in the Collisional Ring Galaxy NGC 922. *AAS Meeting*. **36** (2010) 1132

Rao, F., Feng, H., Kaaret, P.: Detection of Strong Short-term Variability in NGC 6946 X-1. *Astrophysical Journal*. **722** (2010) 620–624

Remillar, R.A., McClintock, J.E.: X-Ray Properties of Black-Hole Binaries. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*. **44** (2006) 49–92

Shakura, N.I., Sunyaev, R.A.: Black Holes in Binary Systems. Observational Appearance. *Astronomy & Astrophysics*. **24** (1973) 337–355

Smith, B.J., Struck, C., Nowak, M.A.: Chandra X-Ray Imaging of the Interacting Starburst Galaxy System NGC 7714/7715: Tidal Ultraluminous X-Ray Sources, Emergent Wind, and Resolved H II Regions. *Astronomical Journal*. **129** (2005) 1350–1368

Strohmayer, T.E., Mushotzky, R.F.: Discovery of X-ray Quasi-Periodic Oscillations from an Ultraluminous X-ray Source in M82: Evidence Against Beaming. *Astrophysical Journal*. **586** (2003) 61–64

Strohmayer, T.E. ve ark.: Quasi-Periodic Variability in NGC 5408

- X-1. *Astrophysical Journal*. **660** (2007) 580–586
- Swartz, D.A., Ghosh, K.K., Tennant, A.F., Wu, K.: The Ultraluminous X-Ray Source Population from the Chandra Archive of Galaxies. *Astrophysical Journal Supp.* **154** (2004) 519–539
- Walton, D.J., Roberts, T.P., Mateos, S., Heard, V.: 2XMM ultraluminous X-ray source candidates in nearby galaxies. *MNRAS*. **416** (2011) 1844–1861
- Zampieri, L. ve ark.: Optical counterpart of the ultraluminous X-ray source NGC 1313 X-2. *Nuclear Physics B Proceeding Supp.* **132** (2004) 387–391
- Zampieri, L., Roberts, T.P.: Low-metallicity natal environments and black hole masses in ultraluminous X-ray sources. *MNRAS*. **400** (2009) 677–686
- Zezas, A., Fabbiano, G., Rots, A.H., Murray, S.S.: Chandra Observations of 'The Antennae' Galaxies (NGC 4038/4039). III. X-Ray Properties and Multiwavelength Associations of the X-Ray Source Population. *Astrophysical Journal*. **577** (2002) 710–725

**Erişim:**

O51-0930: [UAK-2015 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).