

## AB DRA, BC UMA VE YY DRA CÜCE NOVALARININ X-IŞIN UYDU VERİLERİNİN ANALİZİ

Işıl ERDEVE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul  
isilerdeve@yahoo.com

**Özet:** Bu çalışmada, sakin evrede ROSAT uydusu ile gözlenmiş, AB Dra, BC UMa ve YY Dra cüce novalarının x-ışın tayfsal analizleri sunulmaktadır. X-ışın tayfları, AB Dra'nın Raymond-Smith modeliyle uyumlu olduğunu, BC UMa ve YY Dra'nın ise ısısal bremsstrahlung modeliyle iyi bir şekilde tanımlandığını göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Cüce Novalar, Veri Analizi, X-Işınları

**Abstract:** In this work, we present a spectral analysis of X-ray data of three dwarf novae AB Dra, BC UMa and YY Dra that were obtained with ROSAT during the quiescent state. The X-ray spectra indicate that AB Dra can be fitted by a Raymond-Smith model, BC UMa and YY Dra are well described by a thermal bremsstrahlung model.

**Key words:** Dwarf Novae, Data Analysis, X-Rays.

### 1. Giriş

Kataklizmik değişen, genellikle beyaz cüce olan dejenere bir başyıldız ile buna kütle aktaran ve genellikle ana kol yıldızı olan bir yoldaş yıldızdan oluşan yarı ayırık bir çift sistemdir (Hellier, 2001). Kataklizmik değişenlerin bir alt sınıfı olan cüce novalar uzun dönemli görsel ışık eğrilerine göre SU UMa, U Gem ve Z Cam olmak üzere üç alt sınıfa ayrılırlar. U Gem tipi cüce novalar, parlaklığında bir günde 3–5 kadir kadar bir artış ve yaklaşık 10 günlük zaman ölçeğinde bir azalış gösterirler (Charles ve Seward 1995). SU UMa yıldızları, her 10 – 30 günde veya daha uzun aralıklarla meydana gelen  $2^m - 6^m$  genlikli normal patlamalara ek olarak her 10 – 15 patlamada bir meydana gelen, normal patlamalardan  $0.5^m - 1^m$  daha yüksek genlikli süper patlamalar gösterirler (Charles ve Seward 1995). Z Cam yıldızlarının patlamaları 10 – 30 gün veya daha uzun aralıklarla meydana gelirler. Bu tip cüce novalar, patlama tepesinden iniş aşamasına geçildiğinde, toplam genliğin 2/3'ünde bazen aylar süren duraksamalar gösterirler. Sistemin duraksama boyunca parlaklık değişimi ya durur ya da 1 kadirde küçük genlikli parlaklık değişimleri gösterir. Duraksamanın sonunda ise sistem sakin

evreye kadar sönükleşmeye devam eder (Charles ve Seward 1995).

Cüce novaların iki bileşenli değişen bir x-ışın tayfı olduğu bulunmuştur. Sadece optik patlama süresince belirgin olan yumuşak bileşen  $kT < 50$  eV'lik bir kara cisim sıcaklığına sahiptir. Sakin optik evreye uygun yüksek sıcaklıklar ile sert bileşen  $kT = 1 - 20$  keV'lik ısısal bremsstrahlung sıcaklığına sahiptir (Cordova ve diğ., 1981).

Sakin evredeki cüce novalarda diskteki yığılma hızı düşüktür ( $\dot{M} \leq 10^{16} \text{ g s}^{-1}$ ) ve disk önemli bir x-ışın emisyonuna katkıda bulunmak için çok soğuktur (Perna ve diğ., 2003). Ama düşük  $\dot{M}$ 'lı sistemlerde sert x-ışınları baskındır. Düşük yığılma hızlarında sınır tabakanın yoğunluğu ve optik derinliği düşüktür ve kendini yeterince soğutamaz. Böylece enerjisini uzaklara yayınlamaya yüksek sıcaklıklara ( $\sim 10^8$  K) ulaşır (Patterson ve Raymond, 1985). Bu cisimlerden gelen x-ışınlarında 1 – 20 keV'lik ısısal bremsstrahlung hâkim olmalıdır (Cordova ve diğ., 1981).

Yüksek yığılma hızlarında sınır tabaka optik olarak kalın olmaya başlar ve enerjisinin çoğunu  $10^5$  K civarındaki sıcaklıklarda yayınlar (Patterson ve Raymond, 1985). Bir cüce nova patlaması sırasında sert x-ışınları başlangıçta yükselir

Poster tam metni için: Işıl ERDEVE  
e-mektup: isilerdeve@yahoo.com

(genellikle optik patlamasının başlamasından 1 gün sonra kadar olan bir gecikme ile başlar) fakat sonra patlamasının sonuna kadar bastırılır. Patlamasının sonunda tekrar yükselir. Diğer taraftan yumuşak x-ışın akıları cüce nova patlamaları sırasında oldukça zenginleşir, fakat yine optik patlamaya göre bir miktar gecikme ile olur (Kuulkers ve diğ., 2003). Cüce nova patlamaları için yapılan çeşitli modeller optik ve morötesi akısındaki azalmanın, yığılma diskinin

soğumasından kaynaklandığı konusunda birleşirler (Wheatley ve diğ., 1996).

Bu nedenle optik patlamasının sonu, beyaz cüceyi saran disk bölgesinin sakin duruma dönüşü şeklinde tanımlanır. Böylece bu geçişin hemen sonrasında x-ışın akısındaki çıkış, sert x-ışınların emisyonunun yığılma diskiyle beyaz cüce arasındaki sınır tabaka tarafından kontrol edildiğini ve muhtemelen buradan kaynaklandığını gösterir (Wheatley ve diğ., 1996).

**Tablo 1.** Çalışılan yıldız verilerinin özellikleri.

Kaynak	Sağ Açıklık (2000)	Dik Açıklık (2000)	İlk Gözlem	Son Gözlem	Toplam Gözlem Süresi (s)	Sayım oranı (sayı/s)	Sınıf
AB Dra	19 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 04.80 <sup>s</sup>	+77° 44' 24.0"	06.04.1992	14.04.1992	7997	0.915	Z Cam
BC UMa	11 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 24.00 <sup>s</sup>	+49° 31' 12.0"	01.12.1992	02.12.1992	6586	1.269	SU UMa
YY Dra	11 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 38.40 <sup>s</sup>	+71° 41' 24.0"	29.12.1991	29.12.1991	4186	0.5329	U Gem

## 2. Gözlemler

Bu çalışmada HEASARC veri arşivinden ROSAT (0.1 – 2.4 keV) (Petre, 2004) uydusu verileri alınarak AB Dra, BC UMa ve YY Dra yıldızlarının x-ışın tayflarına karacisim, ısısal bremsstrahlung, Raymond – Smith ve güç kanunu modelleri uygulanmıştır. X-ışın alıcısı olarak kullanılan konuma duyarlı orantılı sayaç PSPC 0.1 – 2.5 keV enerji aralığındaki fotonlara duyarlıdır. Veri indirgemedede MIDAS-EXSAS paket programları kullanılmıştır.

AB Dra yıldızı, Z Cam türü bir cüce novadır. İkincil bileşeni bir kırmızı cücedir. Her 13.4 günde bir patlama geçirir. Bu patlamalar sırasında sistemin parlaklığı 12<sup>m</sup> – 15.5<sup>m</sup> arasında değişir ve yörünge periyodu  $P_{yörünge} = 3.65$  saattir (Voloshina ve Shugarov, 1989). Bu çalışmada, AB Dra'nın sakin evre verisi kullanılmıştır.

BC UMa yıldızı, SU UMa türü bir cüce novadır. Bu cüce novalar normal patlamaya ek olarak daha uzun süreli ve daha fazla genlikli süper patlamalar gösterirler. BC UMa'nın süper patlamaları çok uzun bir tekrarlanma periyoduna sahiptir (süper maksimumlar arası ~ 1000 gün). Sistemin parlaklığı 11.8<sup>m</sup> – 18.4<sup>m</sup> arasında değişir ve yörünge periyodu  $P_{yörünge} = 1.5$  saattir (Patterson ve diğ., 2003). Bu çalışmada, BC UMa'nın sakin evre verisi kullanılmıştır.

YY Dra, yıldızı U Gem türü bir cüce novadır. M4 tipi bileşen yıldızına sahiptir. 5<sup>m</sup> civarında parlayarak 4 gün içinde sakin evreye dönen düzensiz küçük cüce nova patlamaları geçirir. Patlamaların tekrarlanma zamanı 870 gündür. Yörünge periyodu  $P_{yörünge} = 3.96$  saattir (Szkody ve diğ., 2002). Bu

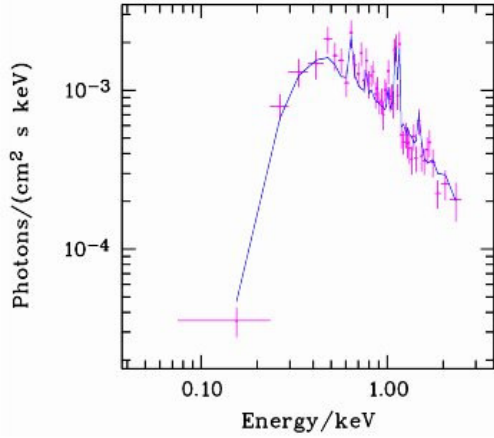
çalışmada, YY Dra'nın sakin evre verisi kullanılmıştır.

Çalışılan yıldızların gözlemlerine ait bilgiler Tablo 1'de verilmektedir.

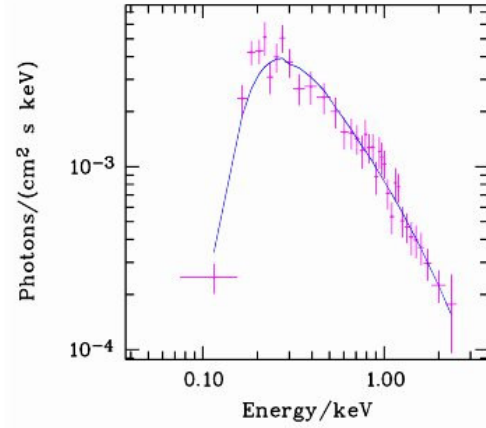
Modeller ile gözlemler arasındaki istatistik uyumluluk  $\chi^2$  istatistiğine göre belirlenmiştir.

## 3. Sonuç

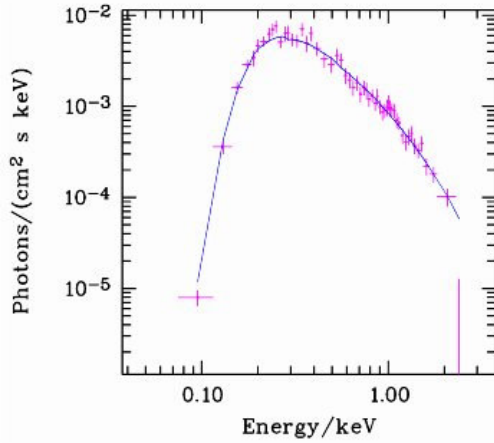
AB Dra yıldızı için değerlendirilen modeller içinde 1.1228  $\chi^2$  değeri ile Raymond – Smith modelinin ve 0.8772  $\chi^2$  değeri ile karacisim modelinin uygun sonucu veren modeller olduğu görülmüştür (Tablo 2). Ancak AAVSO'dan alınan verilere göre AB Dra'nın tayfın alındığı zamanda patlamaya çıkış ve patlamadan iniş evresinde olduğu da göz önüne alınca ve sınır tabakası modeline göre sakin evrede x-ışınlarının optik ince ve sıcak bir plazmadan yayınlanması beklendiği için Raymond – Smith modelinin daha iyi olduğu düşünülmüştür. Bununla birlikte AB Dra yıldızına uygulanan diğer modeller de uygunluk açısından kabul edilebilir değerler içindedirler. Tablo 2'de AB Dra'nın bütün modellerden elde edilen sonuçları verilmektedir. Şekil 1'de AB Dra yıldızının x-ışın tayfına uygulanan Raymond-Smith modeli görülmektedir. X-ışınlarında çok az çalışılan BC UMa yıldızı için değerlendirilen modeller içinde 0.8729 uyumluluk değeri ile ısısal bremsstrahlung modelinin en uygun sonucu veren model olduğu görülmüştür. BC UMa'nın bütün modellerden elde edilen sonuçları Tablo 3'de verilmektedir. Şekil 2'de BC UMa yıldızının x-ışın tayfına uygulanan ısısal bremsstrahlung modeli görülmektedir.



Şekil 1. AB Dra'nın Raymond-Smith modeline göre uyumluluk analizi.



Şekil 3. YY Dra'nın ısısal bremsstrahlung modeline göre uyumluluk analizi.



Şekil 2. BC UMa'nın ısısal bremsstrahlung modeline göre uyumluluk analizi.

YY Dra yıldızı için değerlendirilen modeller içinde 1.077 uyumluluk değeri ile ısısal bremsstrahlung modelinin en uygun sonucu veren model olduğu görülmüştür. BC UMa'nın bütün modellerden elde edilen sonuçları Tablo 4'de verilmektedir. Şekil 3'de YY Dra yıldızının x-ışın tayfına uygulanan ısısal bremsstrahlung modeli görülmektedir.

Çalışılan yıldızların kaynak doğrultusundaki soğurucu maddenin kolon yoğunlukları,  $10^{20} \text{ cm}^{-2}$  civarında çıkmıştır. Bu da soğurmanın yıldızlararası maddeden kaynaklandığını gösterir (Eracleus ve diğ., 1991).

Manyetik olmayan kataklizmik değişenler için emisyon ölçümüyle  $i$  eğimi arasındaki ters bağıntıyı van Teeseling ve diğ. 1996 yılındaki çalışmalarında ortaya koymuşlardır (van Teeseling ve diğ., 1996). Buna göre, yüksek yörünge eğimine sahip olan yıldızların düşük emisyon ölçümlerinin olması öngörülmektedir. Bu çalışmada eğimi bilinen YY Dra'nın ( $i \sim 45^\circ$ )  $0.859 \times 10^{54} \text{ cm}^{-3}$  olan emisyon ölçümünün beklenenden bir miktar düşük olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, AB Dra yıldızının Raymond - Smith ve BC UMa ve YY Dra yıldızlarının ısısal bremsstrahlung modeli ile iyi bir şekilde tanımlanabilmesi, yıldızların gözlem sırasında sakin evrede oldukları da göz önünde bulundurularak, x-ışınlarının sıcak ve optik olarak ince bir sınır tabakadan yayınlanmasını destekler. Sınır tabaka modeline göre sakin evredeki cüce novalardan 1 – 20 keV aralığında sert x-ışınları, patlama evresindeki cüce novalardan  $< 50 \text{ eV}$  yumuşak x-ışınları beklenir (Cordova ve diğ., 1981). Bulunan ısısal bremsstrahlung sıcaklıkları (1 – 2.5 keV), bu varsayım ile uyum içerisinde.

#### 4. Kaynaklar

- Charles, P. A., Seward, F. D., 1995, *Exploring The X-Ray Universe*, Cambridge University Press, 0 521 26182 1.
- Cordova, F.A. ve diğ., 1981, MNRAS, 196, 1 – 12.
- Eracleus, M., ve diğ., 1991, Apj., 382, 290 – 300
- Hellier, C., 2001, *Cataclysmic Variable Stars – How And Why They Vary*, Springer/Praxis, New York, 1-85233-211-5.
- Kuulkers, ve diğ., 2003, *X-Rays From Cataclysmic Variables* [Online], <http://www.arxiv.org/pdf/astro-ph/0302351>
- Patterson, J., Raymond, J.C., 1985, Apj., 292, 535 – 549.

I. Erdeve : AB Dra, BC Uma ve YY Dra Cüce Novalarının X-Işın Uydu verilerinin analizi

Patterson, J., ve diğ., 2003, PASP, 115, 1308 – 1329

Perna, R., ve diğ., 2003, Apj., 598, 545-552.

Petre, R., 2004, *The Rosat Mission* [Online], <http://guinan.gsfc.nasa.gov/docs/rosat/roskof.html>

Szkody, P., ve diğ., 2002, Aj., 123, 413 – 419.

van Teeseling, A., ve diğ., 1996, A&A, 315, 467 – 474.

Voloshina, I.B., Shugarov, S. Y., 1989, Pisma V.

Astronomicheskii Zhurnal V., 15, 723 – 731.

Wheatley, P.J., ve diğ., 1996, A&A, 307, 137 – 148.

**Tablo 2.** AB Dra'nın tayfsal analiz sonuçları.

Model	$\chi^2/\nu$	$N_H (\times 10^{21})$ H.atom / cm <sup>2</sup> <sup>a</sup>	kT (keV) <sup>a</sup>	Akı ( $\times 10^{-12}$ ) erg/cm <sup>2</sup> /s <sup>b</sup>	Foton İndeksi <sup>a</sup>	EÖ ( $\times 10^{54}$ ) cm <sup>-3</sup>
Karacisim	0.8772	0.2422 <sup>+0.1222</sup> <sub>-0.0844</sub>	0.3007 <sup>+0.0308</sup> <sub>-0.0284</sub>			
Güç Kanunu	0.8367	0.811 <sup>+0.2444</sup> <sub>-0.1666</sub>		5.443	-1.96 <sup>+0.287</sup> <sub>-0.317</sub>	
Raymond - Smith	1.1228	0.509 <sup>+0.093</sup> <sub>-0.067</sub>	3.5 <sup>+3.500</sup> <sub>-1.357</sub>			4.48
Isısal Bremsstrahlung	0.7717	0.689 <sup>+0.178</sup> <sub>-0.128</sub>	1.771 <sup>+1.315</sup> <sub>-0.571</sub>			

<sup>a</sup> Hata miktarları %95.45 güvenilirlik seviyesinde verilmiştir.

<sup>b</sup> 0.1 – 2.4 keV enerji aralığı alınmıştır.

**Tablo 3.** BC Uma'nın tayfsal analiz sonuçları.

Model	$\chi^2/\nu$	$N_H (\times 10^{21})$ H.atom / cm <sup>2</sup> <sup>a</sup>	kT (keV) <sup>a</sup>	Akı ( $\times 10^{-12}$ ) erg/cm <sup>2</sup> /s <sup>b</sup>	Foton İndeksi <sup>a</sup>	EÖ ( $\times 10^{54}$ ) cm <sup>-3</sup>
Karacisim	2.965	0.0002 <sup>+0.0136</sup> <sub>---</sub>	0.1911 <sup>+0.0093</sup> <sub>-0.0097</sub>			
Güç Kanunu	0.7923	0.282 <sup>+0.072</sup> <sub>-0.067</sub>		6.109	-2.40 <sup>+0.243</sup> <sub>-0.264</sub>	
Raymond - Smith	3.24	0.043 <sup>+0.014</sup> <sub>-0.012</sub>	3.42 <sup>+1.78</sup> <sub>-1.06</sub>			2.24
Isısal Bremsstrahlung	0.8729	0.161 <sup>+0.040</sup> <sub>-0.035</sub>	0.911 <sup>+0.275</sup> <sub>---</sub>			

<sup>a</sup> Hata miktarları %95.45 güvenilirlik seviyesinde verilmiştir.

<sup>b</sup> 0.1 – 2.4 keV enerji aralığı alınmıştır.

**Tablo 4.** YY Dra'nın tayfsal analiz sonuçları

Model	$\chi^2/\nu$	$N_H (\times 10^{21})$ H.atom / cm <sup>2</sup> <sup>a</sup>	kT (keV) <sup>a</sup>	Akı ( $\times 10^{-12}$ ) erg/cm <sup>2</sup> /s <sup>b</sup>	Foton İndeksi <sup>a</sup>	EÖ ( $\times 10^{54}$ ) cm <sup>-3</sup>
Karacisim	2.930	0.0002 <sup>+0.0104</sup> <sub>---</sub>	0.2231 <sup>+0.0188</sup> <sub>-0.0150</sub>			
Güç Kanunu	1.103	0.176 <sup>+0.088</sup> <sub>-0.074</sub>		3.644	-1.73 <sup>+0.288</sup> <sub>-0.320</sub>	
Raymond - Smith	1.37	0.076 <sup>+0.025</sup> <sub>-0.017</sub>	5 <sup>+15</sup> <sub>-2.43</sub>			0.859
Isısal Bremsstrahlung	1.077	0.129 <sup>+0.052</sup> <sub>-0.048</sub>	2.25 <sup>+3.500</sup> <sub>-0.833</sub>			

<sup>a</sup> Hata miktarları %95.45 güvenilirlik seviyesinde verilmiştir. <sup>b</sup> 0.1 – 2.4 keV enerji aralığı alınmıştır.