



## ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

### BAZI CÜCE NOVALARIN YUMUŞAK X-IŞINI BÖLGESİNDEKİ DAĞILIMI

Metin ALTAN<sup>1</sup>, Gülnur İKİS GÜN<sup>2</sup>

#### ÖZ

Dünya atmosferinin fiziksel özelliğinden dolayı yıldızlardan gelen elektromanyetik dalganın sadece küçük bir bölümü dünya yüzeyinde kurulan algılayıcı sistemlerle analiz edilebilmektedir. Yüksek enerjili fotonların algılanabilmesi için dünya yörüngesine yerleştirilen uydulardan yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, 4 adet Z Cam, 17 adet SU UMa ve 6 adet U Gem tipi Cüce Novanın ROSAT X-ışını uydusunu verilerinin analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu sistemlerden gelen fotonların, ROSAT uydusunun algılayıcılarının kanal aralıklarına dağılımı ortaya çıkarılmış ve yıldızların sertlik oranları elde edilerek yumuşak ve sert X-ışını bölgelerindeki yerleri tanımlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sertlik oranı, X-ışını, ROSAT, Cüce nova

#### DISTRIBUTION OF SOME DWARF NOVAE ON SOFT X-RAY REGION

#### ABSTRACT

Because of the physical properties of the Earth's atmosphere, only a little part of electromagnetic radiation of stars can be analyzed by using detector systems on Earth. Satellites which were located on the orbits around the Earth are used to collect high energy photons. ROSAT X-ray satellite data of 4 Z Cam, 17 SU UMa and 6 U Gem Dwarf Novae was analyzed in this study. As results of the analysis, the distribution of photons from the systems on the channels of the sensors of ROSAT was determined, the hardness ratio of photons was obtained and the locations of soft and hard X-ray regions were determined.

**Key Words:** Hardness ratio, X-ray, ROSAT, Dwarf novae

<sup>1</sup> Anadolu Üniversitesi, Uydü ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, İkieylül Kampüsü, Eskişehir.  
Tel: 0-222-3239129, maltan@anadolu.edu.tr

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale  
Tel :0-286-218 00 18-1845, gulnur\_tr@yahoo.com

## 1. GİRİŞ

Bütün dalgaboylarında dünyamıza kadar ulaşan elektromanyetik dalganın atmosfer tarafından engellenen kesimi, ancak uydu teknolojisinin gelişimine paralel olarak 1970'lerde incelenmeye başlanmıştır. Yüksek enerji astrofiziği çalışmaları, atmosfer gazlarının güçlü soğurma ve engelleme özelliğinden dolayı, 120 km üzerindeki yüksekliklerden yapılmalıdır. Bu nedenle X-ışını astrofiziğindeki tüm gözlemler, dünya atmosferinin üzerindeki platformlarda gerçekleştirilmektedir. En etkin sonuçlar ~500 km yüksekliğinde bir yörüngeye sahip olabilecek uyduların kullanılması ile sağlanmaktadır. Daha yüksek uydu yörüngeleri, dünyanın radyasyon şeridinden olumsuz etkilenmeleri nedeniyle X-ışını astrofiziğinde istenmeyen bir durumdur. Dünya'nın radyasyon şeridindeki yüklü atomik parçacıklar, X-ışını detektörlerinde, yüksek arkafon sinyali ulaşmasına neden olurlar. Radyasyon şeritleri, jeomanyetik enlemlerde düşüktür ve bu yüzden X-ışını astrofizik uyduları için ekvatorial yörüngeler tercih edilir. Bu nedenle sonda roketleri kutuplardan uzakta fırlatılır. Genellikle, roket ve uydu platformlarında orantılı sayaç algılayıcıları ile yapılan X-ışını çalışmaları 0.2-20 keV enerji seviyeleri arasında gerçekleştirilir. Yıldızlardan gelen fotonların uydu algılayıcılarının farklı enerji aralıklarına karşılık gelen kanallarında toplanması sağlanarak, yüksek enerji astrofiziği çalışmalarında önemli analizlerin yapılması gerçekleştirilebilmektedir.

X-ışını astrofiziğinin gözlem bölgesi, 102–105eV'luk enerjilere (10–0.01nm dalga boylarına) karşılık gelen bölgelerdir. 10 nm yumuşak, 0.01 nm ise sert X-ışını bölgeleridir. Yıldızlardan gelen fotonların enerji değerleri incelenerek, kaynağın fiziksel özellikleri hakkında yorum yapılabilecek bilgilere ulaşılabilir (Longair, 1992). Bu bilgilerden birtanesi de gelen enerjinin dalgaboyunun niteliğidir. Bu enerji değerlerine göre sınıflandırma ile X-ışını spektrumunun neresinde olduğu belirlenebilir.

Bu çalışmada; bazı Cüce Novaların X-ışını verilerinin indirgenmesi yapılarak X-ışını spektrumunda hangi aralıklarda olduğu ve genel dağılımdaki konumları incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.1 Uydu Verileri

Analizi yapılan cüce novaların uydu verileri, ROSAT (ROntgen SATellite) Uydusu tarafından alınmış, analizlerde kullanılmak üzere ROSAT arşivinden internet yardımı ile temin edilmiştir (<http://1>). 1 Haziran 1990 tarihinde fırlatılan ROSAT uydusunun eğim açısı 53°'dir. 575 km yükseklikte dairesel yörüngede dönecek veri toplayan ROSAT, 2 çeşit teleskopa sahiptir;

X-ışını teleskobu, 0.1-2.4 keV enerji aralığına duyarlıdır.

XUV teleskobu; 20-200 eV enerji aralığına duyarlıdır.

ROSAT projesi, Amerika ve İngiltere'nin katkıları ile Alman projesi olarak gerçekleştirilmiştir. ROSAT Uydusuna ait teleskoplardan biri XRT'dir (X-Ray Telescope-X ışın teleskobu) ve Fourfold nested Wolter 1 tip ayna (80 cm yarıçaplı) ve 3 odaksal düzlem detektör içerir. Bunlardan ikisi 20 yaysaniye pozisyonel çözünürlüklü PSPC (Position sensitive proportional counter- Pozisyona duyarlı orantılı sayaç algılayıcısı) dir ve ortalama enerji çözünürlüğü 0.1-2.4 keV enerji aralığı olarak verilir. Bu detektörler 2 derece görüntü alanına sahiptirler. Üçüncü detektör, HRI (High Resolution Imager-Yüksek çözünürlüklü görüntüleyici) kanal düzlem detektörü, birkaç yaysaniyelik çözünürlüğe sahiptir. XUV teleskobu veya WFC (Wide Field Camera- Geniş alan kamerası) odak düzleminde 2 kanal düzlem detektörü bulduran Wolter 1 tipi teleskoptur. Pozisyonel çözünürlüğü 5 derece, geniş görüntü alanı merkezinde 1 yaysaniyedir. 4 dalgaboyu bandında tanımlanan filtreler, 20-200 eV (60-600Å) enerji aralığında spektral bilgi elde etmek için kullanılır.

X-ışını ve XUV aynalarının odaksal düzlemindeki detektörler, her bir foton ayırımını kaydederler. PSPC cihazı, detektör koordinatlarındaki foton etkileşiminin 2 boyutlu pozisyonunu, varış zamanını ve enerjisinin ölçüm değeri olarak etkileşimin puls yüksekliğini değerlendirir. Her etkileşimin verisi farklı alt sistemlerden gelen esnek bilgiler ile birlikte uydu üzerinde bulunan sisteme kaydedilir. Orantılı sayaç algılayıcıları, 0.2-25 keV enerji seviyelerinde çalışan X-ışını teleskoplarının çoğunluğunda kullanılır. Orantılı sayaç algılayıcısının tepkisi kesikli pulslar içerdiğinden, algılanan her X-ışını için, bu tepki genelde sayma oranı olarak adlandırılır. Birincil fotoelektronlar tarafından üretilen iyon çiftlerinin sayısı, fotoelektronların enerjisiyle orantılı olduğundan, çıkış pulsunun büyüklüğü, birincil fotoelektron veya gelen X-ışını tarafından oluşan fotoelektronun enerjisiyle orantılıdır (EXSAS User Guide, 1994).

### 2.2 Sertlik Oranı (Hardness Ratio) Belirleme

ROSAT Uydusunun kanal aralıkları A(11-41/0.1-0.5keV) ve B(52-201/0.52-2.01keV) enerji değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Düşük enerji değerlerinin daha ayrıntılı irdelenmesi için B kanal aralığı C(52-90/0.6-1.1keV) ve D(91-201/0.9-2keV) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Böylece tüm yıldızlar için gelen fotonlar, sahip oldukları enerji değerlerine göre ait oldukları kanal sınıfında toplanır.

X-ışını kaynaklarının sertlik oranları, kaynağın fiziksel karakterini yansıtan önemli bir özelliktir. Sertlik oranının temel prensibi, incelenen X-ışını kaynağına ait yüksek enerjili fotonların duyarlı olduğu kanal aralıklarındaki sayımın, düşük enerjili fotonlara duyarlı kanal aralıklarındaki sayıya oranıdır. Oranın büyük olması kaynağın sert X-ışını, oranın küçük olması ise kaynağın yumuşak X-ışını özelliğinde olduğunu gösterir (EXSAS User Guide, 1994).

X-ışını kaynağından uydunun algılayıcısına gelen fotonların enerji değerine göre ROSAT Uydusunun kanal aralıklarında ayrılarak yönlendirilir ve bu enerji değerleri Tablo 1'de verilmiştir. ROSAT uydusunun duyarlı olduğu enerji değeri aralığı 256 parçaya bölünmüştür. Kaynaktan gelen fotonlar sahip oldukları enerjilere göre bu kanallarda toplanırlar. Küçük numaralara sahip kanallar düşük enerjili, büyük numaralara sahip kanallar ise yüksek enerjili fotonların toplandığı kanal aralıklarıdır. Yüksek numaralı kanallarda toplanan fotonların sayısının düşük numaralı kanallarda toplanan fotonların sayısına oranladığımızda, söz konusu kaynağın sertlik oranı değerine ulaşırız. Düşük enerji aralığını daha detaylı irdelemek amacı ile küçük kanal aralığını C ve D olarak iki guruba ayırabiliriz (Tablo 1).

Tablo 1. Sertlik oranı kanal ve enerji aralıkları

A (11-41)	B (52-201)	C (52-90)	D (91-201)
0.1-0.5 keV	0.52-2.01 keV	0.6-1.1 keV	0.9-2.4 keV

Sertlik oranı belirleme aşamasında standart algoritma hr1 ve hr2 olarak verilmiştir (Denklem 1 ve 2). Düşük enerji aralıklarının irdelenmesi için hr3 ve hr4 algoritmaları kullanılmaktadır (Denklem 3 ve 4).

$$hr1 = \frac{(52 - 201) - (11 - 41)}{(52 - 201) + (11 - 41)} \quad (1)$$

$$hr2 = \frac{(91 - 201) - (52 - 90)}{(91 - 201) + (52 - 90)} \quad (2)$$

$$hr3 = \frac{(11 - 41)}{(91 - 201)} \quad (3)$$

$$hr4 = \frac{(52 - 90)}{(91 - 201)} \quad (4)$$

### 2.3 Kataklistik Değişen Yıldızlar (Coşkun Değişenler)

Kataklistik değişen yıldız olarak nitelendirilen Novalar, patlamalar sırasında kütlesi dağılmayan veya kendi içine çökmeyen çift yıldızlardır. Zamana karşı

enerji değerlerinin değişimlerinden elde edilen ışık eğrilerinin karakteristik özelliklerine göre novalar, tekrarlayan novalar, çüce novalar ve nova benzeri yıldızlar olmak üzere sınıflara ayrılırlar. Bu çalışma kapsamında incelenen Çüce novalar ise U Gem, Z Cam ve SU UMa olmak üzere üç değişik alt sınıfta karakteristik özellikler gösterirler.

Çüce Novalarda patlamalar sık, küçük ve kısa sürelidir. Patlamaların tekrarlama zamanı 10-500 gün arasında değişir. Patlama genlikleri 2m-6m ve bu patlamalarda yayınlanan enerji 1038-1039erg'dir.

#### 2.3.1 U Geminorum (U Gem)

30-500 gün aralıklı normal patlamalar gösterirler. Patlamalar arasında geçen süreler bir kaç patlama için hemen hemen aynı (yarı-periyodik) olmasına rağmen, parlaklık daha sonra genellikle 2-6 kadir civarına ulaşır.

#### 2.3.2 Z Camelopardalis (Z Cam)

Duraksama Z Cam yıldızlarının genel özelliğidir. Yıldız bu aşamalarda patlama sonrası sakin evreye inerken, düşüş aniden kesilerek uzun süre aynı seviyede kaldıktan sonra sakin evreye iner. Z Cam yıldızlarındaki patlamalar da yarı-periyodik olarak her 10-30 gün aralığındaki sürelerde meydana gelir. Duraksamalarda yıldızdaki parlaklık değişimleri durur veya parlaklık 1 kadirde daha az olan küçük bir genlik ile değişir. Duraksamalar, yıldız bir patlamadan sönükleşmeye geçtiği zaman, genellikle maksimumdan inişin 1/3'ü kadar bir parlaklık değişimi olduğunda meydana gelirler. Duraksama süreleri ise birkaç haftadan birkaç yıla kadar değişir. Genellikle bir duraksama sonunda yıldız, sakin düzeye kadar sönükleşmeye devam eder.

#### 2.3.3 SU Ursae Majoris (SU UMa)

SU UMa yıldızları, düzenli aralıklarla tekrarlanan "Normal ve Süper Patlama" özellikleri gösterir. 1-3 gün süreli normal patlamalar her 10-30 günde bir; süper patlamalar ise her 10-15 normal patlamada bir meydana gelirler. Süper patlamalar, normal patlamalardan 0.5-1 kadir daha parlak ve periyodiktirler. Her bir periyot 3-30 çevrim sürer ve bir periyottan diğerine değişim ani olur. Ayrıca bu yıldızlarda süper hörgüçler de görülür. Süper hörgüçler bir süper patlama başlangıcından 2-3 gün sonra görülen parlaklık artışları olup, periyodiktirler ve periyotları, sistemin yörünge periyodundan %1-3 daha uzundur. Süper hörgüçlerin genlikleri, başka bir parlaklık artışı olan hörgüçlerin genliğinden %25-40 daha fazladır (hörgüçler 0.2-0.3 kadir dir). Süper hörgüçler bir süper patlama boyunca devam ederler; yıldız sönükleşmeye ve süper patlama bitmeye başlarken, süper hörgüçlerin parlaklığı azalır ve sonra tamamen gözden kaybolurlar (Saygıç, 1992).

### 3. BULGULAR

Bu çalışmada EXSAS programının algoritmaları uygulanarak, sahip oldukları enerjilere göre fotonlar sınıflandırılmış ve elde edilen bu dağılıma sertlik oranı

algoritmaları uygulanarak yıldızların X-ışını spektrumundaki konumu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. ROSAT uydusunun kanal aralıklarında toplanan foton sayıları ve sertlik oranları

	A	B	C	D	Hr1	hr2	hr3	hr4
<b>Z Cam alt grubuna ait Cüce Novalar</b>								
<b>AB Dra</b>	14	274	99	175	0.902778	0.277372	0.565714	0.08
<b>V426 Oph</b>	16	794	159	635	0.960494	0.599496	0.250394	0.025197
<b>WW Cet</b>	136	471	165	306	0.551895	0.299363	0.539216	0.444444
<b>EM Cyg</b>	7	80	56	24	0.83908	-0.4	2.333333	0.291667
<b>SU UMa alt grubuna ait Cüce Novalar</b>								
<b>BZ Uma</b>	221	297	107	190	0.146718	0.279461	0.563158	1.163158
<b>CU Vel</b>	78	142	46	96	0.290909	0.352113	0.479167	0.8125
<b>CY Uma</b>	127	138	58	80	0.041509	0.15942	0.725	1.5875
<b>OY Car</b>	0	27	10	17	1	0.259259	0.588235	0
<b>SS Umi</b>	31	175	54	121	0.699029	0.382857	0.446281	0.256198
<b>SU Uma</b>	158	618	247	371	0.592784	0.200647	0.665768	0.425876
<b>SW Uma</b>	436	483	193	290	0.051143	0.200828	0.665517	1.503448
<b>T Leo</b>	567	932	350	582	0.243496	0.248927	0.601375	0.974227
<b>TY PsA</b>	113	291	105	186	0.440594	0.278351	0.564516	0.607527
<b>WX Hyi</b>	178	505	201	304	0.47877	0.20396	0.661184	0.585526
<b>WZ Sge</b>	219	299	103	196	0.15444	0.311037	0.52551	1.117347
<b>YZ Cnc</b>	162	297	103	194	0.294118	0.306397	0.530928	0.835052
<b>CI Uma</b>	0	5	0	5	1	1	0	-0.6
<b>DV Uma</b>	0	3	2	2	1	0	1	-0.5
<b>HT Cas</b>	0	8	3	5	1	0.25	0.6	-0.2
<b>HV Vir</b>	0	1	1	0	1	-1	0	0
<b>V1159 Ori</b>	0	7	2	5	1	0.428571	0.4	0
<b>U Gem alt grubuna ait Cüce Novalar</b>								
<b>CW Mon</b>	0	2	0	2	1	1	0	0
<b>GK Per</b>	0	5	0	5	1	1	0	0
<b>IP Peg</b>	10	20	9	11	0.333333	0.1	0.818182	0.909091
<b>V2051 Oph</b>	3	20	4	16	0.73913	0.6	0.25	0.1875
<b>RU Peg</b>	37	272	103	169	0.760518	0.242647	0.609467	0.218935
<b>X Leo</b>	160	202	103	99	0.116022	-0.0198	1.040404	1.616162

ROSAT uydusunun kanal aralıkları, belirli enerji değerlerini temsil etmektedir. Yıldızlardan gelen fotonlar sahip oldukları enerjilere göre bu aralıklarda yer bularak toplanmaktadır. Algılayıcıların toplayabildiği fotonların toplam enerjileri ve bu enerjilerin toplayabildiği tüm fotonlara oranla yüzdesi belirlenerek enerji aralığının hangi kısmında daha fazla foton toplandığı belirlenmiştir (Tablo 3).

Bu yüzdeler, kanallarda toplanan tüm fotonların enerjilerinin dağılımını gösterdiğinden, %1'e doğru yumuşak, %100'e doğru ise sert X-ışını bölgesini temsil etmektedir. Toplanan foton yüzdelerini A, C ve D kanallarına böldüğümüz

de, yıldızlar ~ %60'dan fazla değer alan kanalın karakteristiğini gösterirler. Yıldızın sertlik oranı sınıfı,

dağılım yüzdesi A kanalına doğru ise yumuşak, D kanalına doğru ise sert X-ışını bölgesinde konumlanır (Altan, 2002).

### 4. SONUÇ VE YORUMLAR

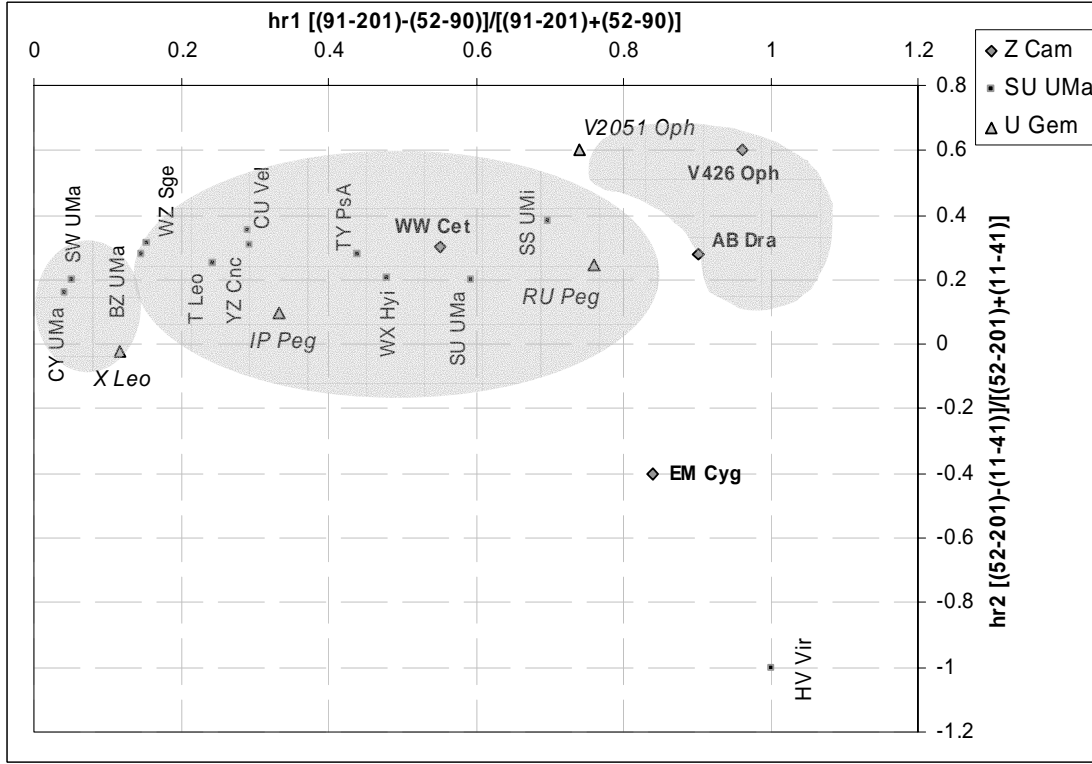
Sertlik oranı analizi, incelenen yıldızların yumuşak veya sert X-ışını kaynağı sınıflamasındaki yerini belirlemektedir. ROSAT uydusunun enerji aralığı, spektrumun yumuşak X-ışını bölgesine duyarlı olduğundan, incelediğimiz yıldızların ancak birbirlerine kıyasla sert ve yumuşak X-ışını kaynağı sıralamasını yapabiliriz. Bu çerçevede analizlerimizi değerlendirdiğimizde, sertlik oranı değerlerine göre yumuşaktan serte doğru bir sıralama yapmak mümkündür (Şekil 1).

A kanalında hiç foton toplanmayan OY Car, CI UMa, DV UMa, HT Cas, V1159 Ori, CW Mon, GK Per yıldızları ROSAT'ın duyarlılık sınırından daha yüksek enerjilerde foton yayabildiklerinden sert X-ışını kaynağı olarak sınıflandırılabilirler. AB Dra, V426 Oph, V2051 Oph yıldızları fotonların toplamı-

nın %60'dan fazlasını D kanalında toplayabildiğinden diğer yıldızlara göre biraz daha sert X-ışını kaynaklarıdır.

Tablo 3. Kanal aralıklarında toplanan fotonların toplam enerji ve yüzde değerleri

	A	C	D	toplam foton	toplam enerji	A	C	D
	keV	keV	keV	tane	keV	%	%	%
<b>Z Cam alt grubuna ait Cüce Novalar</b>								
<b>AB Dra</b>	7	108,9	420	288	535,9	4,861111	<b>34,375</b>	<b>60,76389</b>
<b>V426 Oph</b>	8	174,9	1524	810	1706,9	1,975309	19,62963	<b>78,39506</b>
<b>WW Cet</b>	68	181,5	734,4	607	983,9	22,40527	27,18287	<b>50,41186</b>
<b>EM Cyg</b>	3,5	61,6	57,6	87	122,7	8,045977	<b>64,36782</b>	27,58621
<b>SU UMa alt grubuna ait Cüce Novalar</b>								
<b>BZ Uma</b>	110,5	117,7	456	518	684,2	<b>42,66409</b>	20,65637	<b>36,67954</b>
<b>CU Vel</b>	39	50,6	230,4	220	320	<b>35,45455</b>	20,90909	<b>43,63636</b>
<b>CY Uma</b>	63,5	63,8	192	265	319,3	<b>47,92453</b>	21,88679	30,18868
<b>OY Car</b>	0	11	40,8	27	51,8	0	<b>37,03704</b>	<b>62,96296</b>
<b>SS Umi</b>	15,5	59,4	290,4	206	365,3	15,04854	26,21359	<b>58,73786</b>
<b>SU Uma</b>	79	271,7	890,4	776	1241,1	20,36082	31,8299	<b>47,80928</b>
<b>SW Uma</b>	218	212,3	696	919	1126,3	<b>47,44287</b>	21,00109	31,55604
<b>T Leo</b>	283,5	385	1396,8	1499	2065,3	<b>37,82522</b>	23,3489	<b>38,82588</b>
<b>TY PsA</b>	56,5	115,5	446,4	404	618,4	27,9703	25,9901	<b>46,0396</b>
<b>WX Hyi</b>	89	221,1	729,6	683	1039,7	26,06149	29,42899	<b>44,50952</b>
<b>WZ Sge</b>	109,5	113,3	470,4	518	693,2	<b>42,27799</b>	19,88417	<b>37,83784</b>
<b>YZ Cnc</b>	81	113,3	465,6	459	659,9	<b>35,29412</b>	22,44009	<b>42,2658</b>
<b>CI Uma</b>	0	0	12	5	12	0	0	<b>100</b>
<b>DV Uma</b>	0	2,2	4,8	4	7	0	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>HT Cas</b>	0	3,3	12	8	15,3	0	<b>37,5</b>	<b>62,5</b>
<b>HV Vir</b>	0	1,1	0	1	1,1	0	<b>100</b>	0
<b>V1159 Ori</b>	0	2,2	12	7	14,2	0	28,57143	<b>71,42857</b>
<b>U Gem alt grubuna ait Cüce Novalar</b>								
<b>CW Mon</b>	0	0	4,8	2	4,8	0	0	<b>100</b>
<b>GK Per</b>	0	0	12	5	12	0	0	<b>100</b>
<b>IP Peg</b>	5	9,9	26,4	30	41,3	<b>33,33333</b>	30	<b>36,66667</b>
<b>V2051 Oph</b>	1,5	4,4	38,4	23	44,3	13,04348	17,3913	<b>69,56522</b>
<b>RU Peg</b>	18,5	113,3	405,6	309	537,4	11,97411	<b>33,33333</b>	<b>54,69256</b>
<b>X Leo</b>	80	113,3	237,6	362	430,9	<b>44,1989</b>	28,45304	27,34807



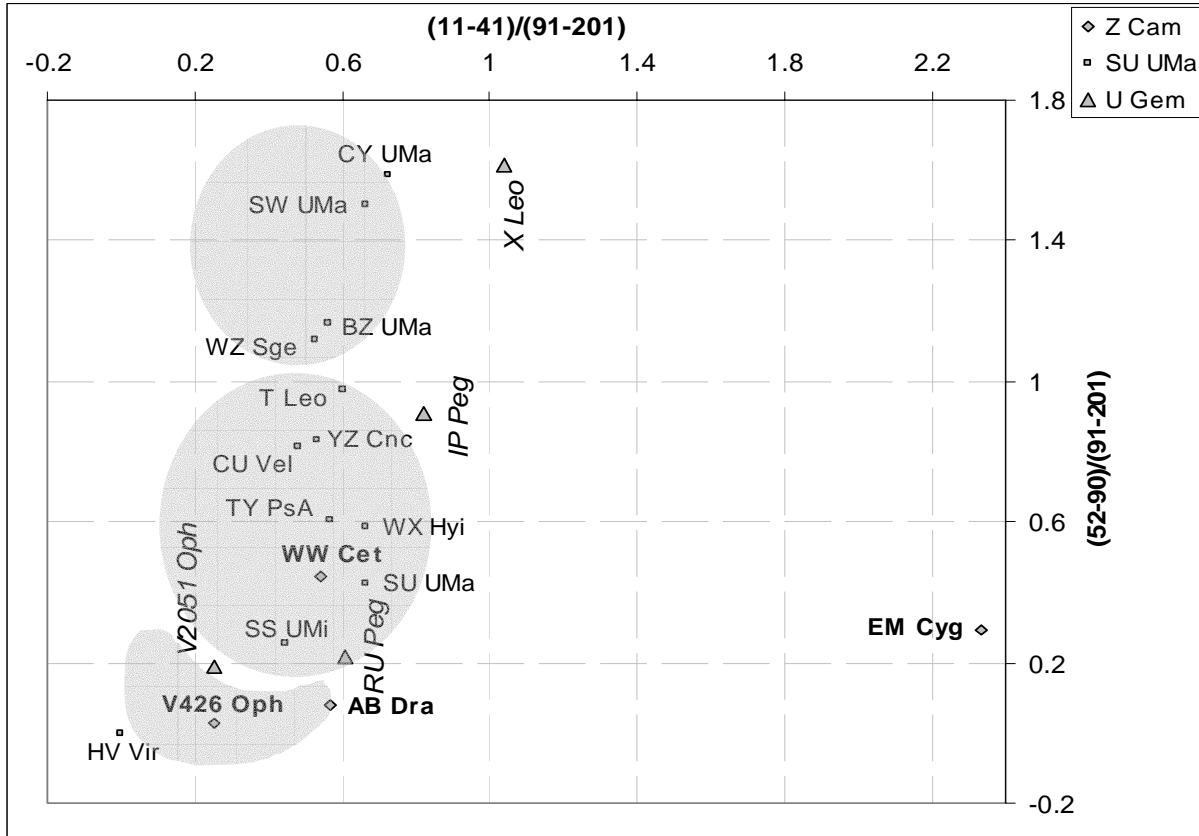
Şekil 1. Yıldızların hr1 ve hr2 sertlik oranı dağılımları

Hr2 oranı negatif olan yıldızlar daha yumuşak X-ışını kaynaklarıdır. EM Cyg ve HV Vir, C aralığında yüzde değeri 60'dan fazla olduğundan ROSAT kanallarının ortasında yer alır. X Leo ise A kanalında %60'dan fazla foton topladığı için çok daha yumuşak X-ışını kaynağı olarak sınıflandırılır.

OY Car, CI UMa, DV UMa, HT Cas, HV Vir, V1159 Ori, CW Mon, GK Per Cüce Novaların A(11-41/0.1-0.5keV) aralığında foton toplayamaması, kaynakların diğerlerine göre çok daha sert X-ışını bölgesinde olduğunu göstermektedir. ROSAT uydusunun özellikle yumuşak X-ışını bölgesinde veri topladığı gözönünde tutulursa, bu yıldızlardan az foton toplaması ve toplanan fotonların D(91-201/0.9-2.4keV) aralığına yakın olması doğal bir sonuçtur (Tablo 2, Şekil 2).

Yüksek enerjilere duyarlı kaynakların irdelendiği dikey eksen göz önünde bulundurularak, pozitif değerlere sahip yıldızların negatiflere kıyasla çok daha sert X-ışını kaynakları olduğu görülmektedir. Yukarıdan aşağıya doğru sertlik oranı azalmaktadır. Düşük enerjili kaynakların irdelendiği yatay eksen dikkate alındığında ise büyük değerlere gidildikçe diğerlerine kıyasla daha sert X-ışını kaynakları görülmektedir (Şekil 1). Gösterimdeki karmaşıklığı gidermek için diğerlerine oranla çok daha sert X-ışını kaynağı olarak değerlendirdiğimiz yıldızlar grafiklerde gösterilmemiştir.

Chandra ve XMM uydu verileri çok daha hassas ve çözünürlüğü yüksek olduğundan, toplanan fotonların analizleri daha sağlıklı sonuç verecektir. Bu nedenle çalışma konusu olan yıldızların Chandra ve XMM uydu verileri ile analiz edilmesi yararlı olacaktır.



Şekil 2. Yıldızların düşük enerji değerlerine göre sertlik oranı dağılımları

## KAYNAKLAR

Altan, M., (2002), Cüce Novaların X-ışını Uydu Verilerinin Analizi, Doktora Tezi, Danışman: Prof. Dr. Muhsin ZOR, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

EXSAS User Guide (1994), Extended X-Ray Scientific Analysis System to Evaluate Data from the Astronomical X-Ray Satellite ROSAT, MPE.

http:1. <http://wave.xray.mpe.mpg.de/rosat>

Longair, M. S., (1992), High Energy Astrophysics, Vol:1, Cambridge University Press, ISBN 0 521 383749.

Sayaç, T., (1992), VW HYDRI Kataklişik Değişen Yıldızın Optik ve Morötesi Tayfsal Analizi, Doktora Tezi, Danışman: Doç. Dr. M. Türker ÖZKAN, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



**Metin Altan**, 1970 Eskişehir doğumlu olup, Lisans Anadolu Üniversitesi Fizik Bölümü, Yüksek Lisans Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ve Doktora derecesini Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden aldı. Çalışma alanı Yüksek Enerji Astrofizikidir. Anadolu Üniversitesi Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü'nde Yard. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.



**Gülnur İkis Gün**, 1968 İstanbul doğumlu olup, lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünde; yüksek lisans eğitimini Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünde; doktora çalışmasını ise Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümünde tamamlamıştır. Çalışma alanı Yüksek Enerji Astrofizikidir. Halen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümünde Yard. Doç. Dr. görev yapmaktadır.