

**CHANDRA VE XMM-NEWTON UYDU VERİSİ
ANALİZLERİ İLE KATAKLİSMİK DEĞİŞEN
YILDIZLARDAKİ YIĞILMA DİSKİ YAPISAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ömer AYYILDIZ

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Ocak - 2012

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ömer AYYILDIZ'ın “Chandra ve XMM-Newton Uydu verisi Analizleri ile Katakлизмik Değişen Yıldızlardaki Yığılma Diski Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı **Fizik** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 16.12.2011 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı

İmza

Üye : Yard. Doç. Dr. Metin ALTAN

.....

Üye : Prof. Dr. Muhsin ZOR

.....

Üye : Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

.....

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CHANDRA VE XMM-NEWTON UYDU VERİSİ ANALİZLERİ İLE KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLARDAKİ YIĞILMA DİSKİ YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ömer AYYILDIZ

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı**

Danışman: Yard. Doç. Dr. Metin ALTAN

2011, 103 sayfa

Bu çalışmada, novaların farklı evrelerindeki 39 uydu gözleminin x-ışını akıları kıyaslanarak, fiziksel özelliklerindeki benzerlik ve farklılıklar değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, XMM-Newton ve Chandra uydularının, aynı x-ışını kaynaklarına yönelik yaptıkları gözlemlerin verileri analiz edilmiştir. Ritter'in KatakliSMİK Değişenler Kataloğu (Ritter H., Kolb U. 2011) referans alınmış ve iki uydu için tüm sistemlerin ortak gözlemleri taranmıştır.

Katalog taraması sonucu, iki uydu tarafından da gözlenmiş olan, farklı evrelerdeki; SS Cyg, U Gem, AB Dra, V426 Oph, OY Car, QZ Vir, SU Uma, AM Her, BY Cam, EX Hya, V4743 Sgr ve GK Per isimli x-ışını kaynaklarının, çalışmanın hedeflerine uygun olduğuna karar verilmiştir. Analizler sürecinde, belirlenen bu 12 sistemin, iki uydudan toplam 39 gözlemi ele alınmıştır.

X-ışını kaynaklarının akı grafikleri elde edilirken, XMM-Newton uydusu için BIRD, Chandra uydusu için TGCat katalogları kullanılmıştır. Ele alınan farklı evrelerdeki uydu gözlemlerinin x-ışını akıları, aynı ölçekte birleştirilerek, içinde bulundukları evrelerin davranışları kıyaslanmıştır.

Çalışma sonucunda, incelenen türler arasında, diğer türlerden farklı olarak, cüce novaların x-ışını akılarının, sakin, patlama ve geçiş evrelerinde ortak davranışlarının olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: XMM-Newton, Chandra, nova, sakinlik evresi, patlama evresi

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DETERMINING THE CATAclySMIC VARIABLES STARS ACCRETION DISK STRUCTURAL FEATURES WITH CHANDRA AND XMM-NEWTON SATELLITES' DATA ANALYSIS

Ömer AYYILDIZ

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Physics Program**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Metin ALTAN

2011, 103 pages

In this study, the similarities and the differences of the physical properties of novae are evaluated by comparing x-ray fluxes of 39 satellite observations gained from different stages of novae.

Observation data of XMM-Newton and Chandra satellites which are made with the same x-ray sources are analyzed. Ritter's Catalog of Cataclysmic Variables (Ritter H., Kolb U. 2011) is taken as a reference and the shared observations of all systems for the two satellites are scanned.

As a result of catalog scanning, x-ray sources called SS Cyg, U Gem, AB Dra, V426 Oph, OY Car, QZ Vir, SU Uma, AM Her, BY Cam, EX Hya, V4743 Sgr and GK Per which are in different stages and observed by the two satellites, are decided to be suitable for the purposes of this study. 39 observations of these 12 systems in total from the two satellites are taken into consideration throughout the analysis.

In obtaining the flux graphics of x-ray sources, BIRD catalog for XMM-Newton satellite, TGCat catalog for Chandra satellite are used. x-ray fluxes

of satellite observations in different stages are combined in the same scale in order to compare the behavior of the stages they are in.

As a result of this study, among the types investigated, x-ray fluxes of dwarf novas, being different from other types, are determined to have common behaviors in the stages of quiescence, outburst and transition.

Keywords: XMM-Newton, Chandra, nova, quiescence phase, outburst phase

TEŞEKKÜR

Duyguları anlatmak için bu bir kaç satır ne kadar yetersiz de olsa çalışma boyunca desteklerini benden hiç esirgememiş, maddi ve manevi hep yanımda olmuş, paylaştığı tecrübelerle yolumu aydınlatmış, bilgi ve hayal gücünün nasıl daha verimli kullanılacağını göstermiş olan Sayın Yard. Doç. Dr. Metin ALTAN hocama teşekkürü bir borç bilirim...

Ayrıca x-ışınları astronomisinde gerek veri analizleri gerekse teorik konularda, yardımlarını esirgemeyen, sorularımı cevapsız bırakmayan Tolga GÜVER hocama da teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜRLER	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK ARKA PLAN	3
2.1. Katakлизмik Değişenlerin Sınıflandırılması	3
2.1.1. Klasik Novalar	3
2.1.2. Tekrarlayan Novalar	4
2.1.3. Nova Benzeri Değişenler	4
2.1.3.1. Kutupsal Değişenler	5
2.1.3.2. Yarı-kutupsal Değişenler	5
2.1.4. Cüce Novalar	6
2.2. Tayf	8
2.3. Periyot	9
2.4. Sınır Tabakası	10
2.4.1. Sınır Tabakasının Sıcaklığı	11
2.5. Maddenin Disk ile Etkileşimi	12
2.5.1. Kütle Aktarımı, Sıcak Leke ve Yığılma Diski	13
2.6. Nova ve Cüce Nova Patlamalarının Nedenleri ve Modelleri	19
2.6.1. Disk Kararsızlığı Modeli	19
2.6.2. Madde Transfer Kararsızlığı Modeli	21
2.7. X-ışını Yayılım Mekanizmaları	22

2.7.1. Bremsstrahlung- Frenleme Işıması	22
2.7.2. Karacisim Işıması	23
2.7.3. Sekrotron Işıması	24
2.7.4. Ters Compton Saçılması	26
2.8. Cüce Novaların X-ışın Özellikleri	28
3. YÖNTEM VE TEKNİK	32
3.1. Kullanılan Uydular	32
3.1.1. Chandra X-ışın Gözlemevi	32
3.1.2. XMM-Newton Uydusu	33
3.2. Verilerin Elde Edilmesi	35
3.3. Veriler	37
4. İNCELENEN YILDIZLAR	40
4.1. SS CYGNI (SS Cyg)	40
4.2. U GEMINORUM (U Gem)	47
4.3. AB DRACONIS (AB Dra)	52
4.4. V426 OPHIUCHI (V426 Oph)	56
4.5. OY CARINAE (OY Car)	60
4.6. QZ VIRGINIS (QZ Vir)	64
4.7. SU URSAE MAJORIS (SU Uma)	67
4.8. AM HERCULIS (AM Her)	72
4.9. BY CAMELOPARDALIS (BY CAM)	76
4.10. EX HYDRAE (EX Hya)	81
4.11. V4743 SAGITTARII (V4743 Sgr)	90
4.12. GK PERSEI (GK Per)	93
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	97
KAYNAKLAR	102

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1.	300 günlük zaman aralığında cüce novaların alt türlerinin ışık eğrileri	7
2.2.	Diskteki materyalin yörüngesel hızı, sınır tabakasındaki hız ile beyaz cücenin çok daha küçük yüzey hızının çakışması	10
2.3.	Yüksek yığılma oranlarında, sınır tabakasının sınır görüntüsü	11
2.4.	Bir çift yıldızın etrafındaki potansiyel kuyular	16
2.5.	Korolis kuvveti etkisi ile L1 noktasından ayrılmakta olan maddenin izlediği yol	17
2.6.	Sınırlı çevrim aktivitesinin oluşması için şartların bir eğri ile gösterilmesi	20
2.7.	Bremsstrahlung ışıması	22
2.8.	Sekrotron ışıması	25
2.9.	Ters Compton saçılması	26
2.10.	Sıcaklığa göre emisyon ölçümünün dağılımı	29
2.11.	Bir patlama süresince SS Cygni'nin optik, yumuşak x-ışını ve sert x-ışını şiddeti	30
3.1.	Chandra uydusunun şematik görünümü	32
3.2.	XMM-Newton uydusunun teleskop modülünün şematik bir gösterimi	34
3.3.	Chandra TGCat akı çizimi içi kullanılan değerler	36
3.4.	XMM-Newton BIRD akı çizimi içi kullanılan değerler	37
4.1.	2451781 tarihindeki Chandra uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	41
4.2.	2451800 tarihindeki Chandra uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	42
4.3.	2451802 tarihindeki Chandra uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	42
4.4.	2452066 tarihindeki XMM uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	43

4.5.	SS Cyg sisteminin 111310201 ve 646 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	45
4.6.	SS Cyg sisteminin 648 ve 2307 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	46
4.7.	2451878 tarihindeki Chandra uydusuna ait U Gem sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	48
4.8.	2452635 tarihindeki Chandra uydusuna ait U Gem sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	49
4.9.	2452378 tarihindeki XMM uydusuna ait U Gem sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	49
4.10.	U Gem sisteminin 647, 3767 ve 110070401 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısının grafiği	51
4.11.	2452388 tarihindeki XMM uydusuna ait AB Dra sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	53
4.12.	2452428 tarihindeki XMM uydusuna ait AB Dra sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	54
4.13.	2452554 tarihindeki XMM uydusuna ait AB Dra sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	54
4.14.	AB Dra sisteminin 111970201, 111971401 ve 111971601 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	55
4.15.	2452425 tarihindeki Chandra uydusuna ait V426 Oph sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	57
4.16.	2453799 tarihindeki XMM uydusuna ait V426 Oph sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	58
4.17.	V426 Oph sisteminin 2671 ve 306290101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	59
4.18.	2451725 tarihindeki XMM uydusuna ait OY Car sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	61
4.19.	2451764 tarihindeki XMM uydusuna ait OY Car sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	62
4.20.	OY Car sisteminin 099020301, 128320301 ve 128320401 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	63

4.21.	2452427 tarihindeki XMM uydusuna ait QZ Vir sisteminin, “1200” günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	65
4.22.	QZ Vir sisteminin 111971501 ve 111970701 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	66
4.23.	2452377 tarihindeki Chandra uydusuna ait SU Uma sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	68
4.24.	2452378 tarihindeki Chandra uydusuna ait SU Uma sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	69
4.25.	2452400 tarihindeki XMM uydusuna ait SU Uma sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	69
4.26.	SU Uma sisteminin 3478, 2680 ve 111970801 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	71
4.27.	2452867 tarihindeki Chandra uydusuna ait AM Her sisteminin, 360 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	73
4.28.	2453571 tarihindeki XMM uydusuna ait AM Her sisteminin, 360 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	74
4.29.	AM Her sisteminin 3769 ve 305240101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	75
4.30.	2452888 tarihindeki XMM uydusuna ait BY Cam sisteminin, 800 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	77
4.31.	2452905 tarihindeki XMM uydusuna ait BY Cam sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	77
4.32.	BY Cam sisteminin 148590401, 148590501, 148590701 ve 148590801 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	78
4.33.	BY Cam sisteminin 148590201 ve 148590301 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	79
4.34.	BY Cam sisteminin 148590401, 148590701 ve 148590901 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	80
4.35.	2451683 tarihindeki Chandra uydusuna ait EX Hya sisteminin, 730 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	82

4.36.	2454238 tarihindeki Chandra uydusuna ait EX Hya sisteminin, 730 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	83
4.37.	2451727 tarihindeki XMM uydusuna ait EX Hya sisteminin, 730 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	83
4.38.	EX Hya sisteminin 1706 ve 7449 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	87
4.39.	EX Hya sisteminin 7452 ve 7450 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	88
4.40.	EX Hya sisteminin 7451 ve 111020101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	89
4.41.	2453280 tarihindeki XMM uydusuna ait V4743 Oph sisteminin, 1600 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	91
4.42.	2453824 tarihindeki XMM uydusuna ait V4743 Oph sisteminin, 2800 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	91
4.43.	V4743 Sgr sisteminin 204690101 ve 304720101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	92
4.44.	2452361 tarihindeki Chandra uydusuna ait GK Per sisteminin, 2400 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	94
4.45.	2452361 tarihindeki Chandra uydusuna ait GK Per sisteminin, 180 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi	94
4.46.	GK Per sisteminin 3454 ve 3455 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği	96
5.1.	Bazı cüce novaların sakin evredeki x-ışın akıları	98
5.2.	Bazı cüce novaların patlama evresindeki x-ışın akıları	99
5.3.	Farklı evrelerdeki sert x-ışınları ve yumuşak x-ışınları akıları	100
5.4.	Farklı evrelerdeki sert x-ışınları ve yumuşak x-ışınları akıları	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1.	çalışmada incelenen elementlere ait dalga boyu ve enerji değerleri	38
3.2.	İncelenen sistemlere ait gözlem bilgileri	39
4.1.	SS Cyg sisteminin genel özellikleri	40
4.2.	SS Cyg sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri	40
4.3.	646 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	43
4.4.	648 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	44
4.5.	2307 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	44
4.6.	U Gem sisteminin genel özellikleri	47
4.7.	U Gem sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri	47
4.8.	647 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	50
4.9.	3767 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	50
4.10.	AB Dra sisteminin genel özellikleri	52
4.11.	AB Dra sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri	52
4.12.	V426 Oph sisteminin genel özellikleri	56
4.13.	V426 Oph sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri	56
4.14.	2671 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	58
4.15.	OY Car sisteminin genel özellikleri	60
4.16.	OY Car sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri	60
4.17.	QZ Vir sisteminin genel özellikleri	64
4.18.	QZ Vir sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri	64
4.19.	SU Uma sisteminin genel özellikleri	67
4.20.	SU Uma sisteminin, Chandra ve XMM- Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri	67

4.21.	3478 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	70
4.22.	2680 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	70
4.23.	AM Her sisteminin genel özellikleri	72
4.24.	AM Her sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri	72
4.25.	3769 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	74
4.26.	BY Cam sisteminin genel özellikleri	76
4.27.	BY Cam sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri	76
4.28.	EX Hya sisteminin genel özellikleri	81
4.29.	EX Hya sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri	81
4.30.	1706 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	84
4.31.	7449 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	84
4.32.	7452 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	85
4.33.	7450 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	85
4.34.	7451 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	86
4.35.	V4743 Sgr sisteminin genel özellikleri	90
4.36.	V4743 Sgr sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri	90
4.37.	GK Per sisteminin genel özellikleri	93
4.38.	GK Per sisteminin, Chandra uydusu gözlemlerine ait bilgileri	93
4.39.	3454 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	95
4.40.	3455 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri	95

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ra	: Sağ açıklık (right ascension)
dec	: Dik açıklık (declination)
<i>i</i>	: Eğim (inclination)
mag1	: En yüksek parlaklık değeri
mag2	: Tutulma ve yarı tutulmalardaki en yüksek parlaklık değeri
mag3	: Patlama evresindeki en yüksek parlaklık değeri
E(P)	: Patlama evresi
E(S)	: Sakin evre
AM	: AM Her türü manyetik kataklismik değişen
UG	: U Gem türü cüce nova
CN	: Cüce nova
SU	: SU Uma türü cüce nova
ZC	: Z Cam türü cüce nova
NB	: Nova benzeri
AS	: Manyetize beyaz cüceye sahip AM alt türü
YK	: Yarı-Kutupsal Değişenler (intermediate Polar)
HN	: Hızlı nova
BIRD	: A Browsing Interface for RGS Data
TGCat	: The Chandra Grating-Data Archive and Catalog
AAVSO	: The American Association of Variable Star Observers
HETG	: Chandra High Energy Transmission Grating
LETG	: Low Energy Transmission Grating
HRMA	: High Resolution Mirror Assembly
ACIS	: AXAF CCD Imaging Spectrometer
HEASARC	: Yüksek Enerji Astrofiziği Bilim Arşivi Araştırma Merkezi (High Energy Astrophysics Science Archive Research Center)
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency)

1. GİRİŞ

20. yüzyılın ikinci yarısında x-ışını astronomisi bilim insanları için büyük bir araştırma konusu oldu. Bu alanda ciddi bulgular, gelişmeler sağlandı. Teknolojinin de gelişmesiyle x-ışını alanında yapılan çalışmalar ve bulgular büyük bir ivme kazanarak bilimde yerini aldı. Bugün elimizde çok fazla imkan var, ancak eldeki imkanların çokluğu yüzyılların bilgi birikimini tam anlamı ile verimli kullanabilmemize yetmiyor.

Görsel bölgede yapılan astronomi çalışmaları neredeyse insanlık tarihi kadar eskidir. Bu kadar zaman içinde biriken bilgi birikimi ve deneyimi x-ışını astronomisinin geçmişi ile karşılaştırıldığında iki çalışma alanı arasında ne kadar büyük bir fark olduğu görülebilir. Günümüzde bir yıldızın görsel bölge ile ilgili bir verisi arandığında, yada yapılan gözlemlerin sayısına bakıldığında, o yıldızın yıllar mertebesinde neredeyse kesintisiz bir ışık eğrisi elde edilebilir. Fakat x-ışınlarında maalesef bu imkana sahip değiliz. Gözlemlerdeki teknik zorluklar bunun en önemli nedenidir. X-ışınlarını algılayabilmemiz için cihazlarımızın atmosferin dışında olması gerekir. Bu da maliyet anlamında büyük bir yatırım anlamına gelir ve dolaylı olarak x-ışınlarını algılayabilecek uydu sistemlerinin sayısı da bir hayli az olur. Uyduların sayısındaki azlık, x-ışını yayımı yapan yıldızların gözlemlerinin çok az sayıda yapılabilmesi anlamına gelir.

Bir yıldızın x-ışını gözlemi sayısı, farklı uyduların gözlemleri de hesaba katıldığında, bir elin parmaklarını geçmemektedir. Durum böyle olunca elde edilen x-ışını verileri bilim camiası açısından çok değerlidir.

X-ışını astronomisi açısından kataklismik değişen yıldızlar, yapıları gereği, en öne çıkan astrofizik konuları arasındadır. Sistemlerdeki kütle aktarımları, çift yıldız olmaları, manyetik alan yapıları gibi özellikleri laboratuvar ortamında elde edemeyeceğimiz fiziksel yapıları oluşturur ve bize bilimsel anlamda büyük imkanlar sunar. Verilerdeki yetersizlik nedeni ile bu sistemlerin yapılarını ayrıntıları ile çözümlmek ve ortaya koymak da bir hayli zor olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında farklı türdeki sistemleri tek tek incelenmek yerine, aynı türdeki sistemler ele alınıp, diğer sistemlerle aralarındaki farklılıkların

karşılaştırılabileceği üzerinde durulmuştur. Böylece aynı türden sistemlerin x-ışını grafiklerinin tek çatı altında toplanarak daha detaylı bir inceleme yapılabileceği öngörülmüştür.

X-ışını uydu verisi analizlerini içeren çalışmalar, genellikle çift yıldızların sahip oldukları x-ışını mekanizmaları üzerinde durmaktadır. Bu anlamda çok değerli çalışmalar yapılmış olmakla birlikte literatürde genel kabul görmüş kuramsal bilgileri doğrulayan gözlemsel veri analizi ve yorumlama çalışmaları sınırlı sayıda kalmaktadır. Bu çalışmada, literatürde yer alan “sistemlerin patlama evresinde sert x-ışınlarının yoğunlukları görsel bölge ile ters orantılı iken yumuşak x-ışınları doğru orantılıdır ifadesi üzerinde de yoğunlaşmış, patlama, sakinlik ve geçiş evrelerindeki farklı sistemlerin davranışının nasıl olduğu, element bolluklarının bu evrelerden nasıl etkilendiği, sistemlerin manyetik yapılarının durumu nasıl etkilendiği incelenmiştir.

Sistemlerin inceleme sürecinde cüce novalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunun en büyük nedeni çalışma kapsamında bulunan Chandra ve XMM-Newton uydularının kataklismik değişen yıldızlarda, ortak olarak gözlemledikleri türün, ağırlıklı cüce novalar olmasıdır. Buna karar verirken Ritter ve Kolb’un [18] oluşturmuş olduğu “Kataklismik Değişen Yıldızlar Kataloğu” referans alınmıştır. Kataloğun 2011 yılındaki en güncel hali Eylül ayında yayımlanmıştır. Katalogda alt türler de dahil olmak üzere 34 tür sistemden toplam 1383 kataklismik değişen yıldız bulunmaktadır. Bu yıldızların her biri, XMM-Newton ve Chandra uydularının veri tabanında taranmış, hangi yıldızın hangi uyduda kaç gözlem verisi olduğu belirlenmiştir. Hedefimiz iki uydudan da veri alarak sistemlerin davranışını daha iyi analiz etmek olduğundan, bahsedilen 34 tür sistemden en kayda değer türün cüce novalar olduğu kararına varılmıştır. Cüce novalar incelenirken, sistemlerin ışık eğrilerinin karşılaştırılabilmesi açısından farklı bir türe daha ihtiyaç duyulmuştur. Manyetik özellikler gösteren en iyi örnekleri içeren AM Her tipi sistemler ve yarı manyetik sistemler de bu aşamada çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Manyetik özellikteki sistemler her ne kadar az veriye sahip olsalar da cüce novaların x-ışını akıları ile karşılaştırma yapılabilecek kadar elimizde veri mevcut oldu.

2. TEORİK ARKA PLAN

2.1. Katakлизмik Değişenlerin Sınıflandırılması

Genel olarak katakлизмik değişenlerin her birinin farklı bir karakteristik patlama yapısı vardır. Bir çoğunda, beyaz cüce etrafında termonükleer bir süreç meydana getirecek kadar kütle biriktiğinde patlama meydana gelir. Onun için her türün kendine özgü bir davranışı vardır [1].

İlk zamanlar süpernovaların, novaların, tekrarlayan novaların ve cüce novaların aynı fiziksel yapıda oldukları düşünülüyordu. En belirgin ortak özellikleri patlama ile birlikte gelen parlaklık artışıydı. Bu parlaklık artışı, süpernovada en fazla cüce novada ise en azdı. Işık eğrisine bakılarak tespit edilen parlaklık artışı böylece bu tip yıldızları ayırmada kullanılan bir kriter oldu. Bugün biliniyor ki, süpernovalar bir yıldızın çöküşü ya da patlaması ile oluşan ölümdür. Böyle bir olay yıldızı tamamen parçalamaktadır. Cüce novalarda meydana gelen olaylar ise sistemi parçalamamaktadır. Novalar ve Cüce Novalar arasındaki farklılık ise, tekrarlayan novaların keşfi ile tespit edilmiştir [2].

Katakлизмik değişenler oldukça karmaşık sınıflandırma şemalarının gelişimine yol açmıştır, bunlar çoğunlukla gözlemsel özelliklere dayanmaktadır. Gözlem tekniklerinin ilerlemesi ve teknik bilginin gelişimi ile sınıflandırma değişikliğe uğramaktadır. Günümüzde katakлизмik değişenleri sınıflandırma işlemi patlama biçimleri, patlama peryotları, manyetik gücü ve farklı tayfsal özellikleri baz alınarak yapılmaktadır. Buna göre bugün kullanılan sınıflandırma sistemi, katakлизмik değişenleri dört büyük sınıfa ayırmaktadır: Klasik novalar, cüce novalar, tekrarlayan novalar, nova nenzeri değişenler [3].

2.1.1. Klasik Novalar

Klasik Novalarda, patlama sırasında, normal parlaklığından maksimum parlaklığa geçerken altı kadirden 19 kadire kadar parlaklık artışı olabilmektedir. Patlamadan sonra ışık eğrilerinde on günden başlayıp yüzlerce güne kadar sürebilen yavaş bir inişleri vardır. Patlamaları, beyaz cücenin yüzeyi üzerindeki hidrojen-zengin maddenin termonükleer yanma süreci yoluyla olmaktadır. Patlamadan sonra, dışarı atılan maddenin genişleyen kabuğu tayfsal çalışmalarla

tespit edilmektedir. Bu klasik nova patlamalarını cüce nova patlamalarından ayırdetmeye yardım etmektedir [2].

Klasik novaların gözlenen bir patlaması olur (tekrar patlama olması için gereken zaman çok uzundur. Bununla ilgili şüphelenilen süre ise 10 000 yıl mertebesindedir). Patlama sırasında novalardan salınan enerji 10^{44} erg'i aşar. Kütlesi 10^{-5} - 10^{-4} $M_{\odot}$ olan bir kabuk, 1000 km/s mertebesindeki hızlarla fırlatılır. Genellikle kısa periyotlu çift yıldız sistemleridirler. Novalar, beyaz cüce ve soğuk bir yıldızdan (G ya da K tayf türü) oluşan sistemlerdir. Soğuk yıldız, Roche lobunu aşar. Roche lobundan taşan madde beyaz cüce etrafında bir yığılma diski oluşturur. Sonunda hidrojen zengin madde birincil yıldızın (beyaz cüce) yüzeyine yığılır ve beyaz cücenin sıcak ve yoğun dış yüzeyinde birdenbire meydana gelen hidrojen yanması ile patlama oluşur [2].

2.1.2. Tekrarlayan Novalar

Klasik novalara benzerler ve birden fazla patlama gösterirler. Bir kaç on yılda bir patlarlar. Klasik Novalardaki gibi, patlama sırasında kabuk yüksek hızlarda dışarı atılır. Patlamalarını tekrarlamaları nedeniyle “tekrarlayan novalar” olarak anılmaktadırlar. Patlama sırasında parlaklıkları 7-9 kadir kadar artabilir ve patlama sırasında yayınlanan enerji 10^{43} - 10^{44} erg. arasındadır. Maksimuma yükseliş genellikle 24 saat gibi çok kısa bir sürede olur. İniş ise birkaç ay sürebilir. Bu yıldızlarda her bir patlamaya ait ışık eğrileri yaklaşık aynıdır [4].

2.1.3. Nova Benzeri Değişenler

Kısa periyotludurlar. Işık eğrilerinin tipik özellikleri veya ışığın tayf özellikleri, novalara benzediği için nova benzeri değişenler olarak sınıflandırılırlar. Bu sistemler, novaya benzeyen patlamalar göstermesi yanı sıra, hiç bir patlama gözlenmeyen cisimleri de kapsar. Nova benzeri değişenlerin minimum parlaklıkta iken tayfı novalara benzer. Bir çoğu emisyon-çizgi tayfına sahiptir. Bu sistemlerin alt grubu olan UX UMa yıldızları ayrıca geniş soğurma çizgileri de gösterirler [4].

Bu tür sistemlerde beyaz cücenin manyetik alanı 10^6 G veya daha düşük ise bir yığılma diski oluşur. Nova benzeri değişenlerin geniş bir alt grubu da manyetik kataklismik değişenlerdir. Bu sistemlerde, beyaz cücenin güçlü manyetik alanı ($>10^6$ G) yığılma diskini kısmen ya da tamamen dağıtır ve böylece yığılma akışı, manyetik alan çizgilerini takip ederek yığılma sütunları şeklinde beyaz cücenin kutuplarına gider. Manyetik kataklismik değişenler iki alt gruba ayrılır. Kutupsal ve yarı kutupsal değişenler [4].

2.1.3.1. Kutupsal Değişenler

Bu tür sistemlere AM Her sistemleri ya da “Kutupsallar (polars)” denir. Yoldaş yıldızın Roche lobunu doldurması sonucu birilcil yıldız olan cüce novaya madde aktarımı olur ancak cüce novanın güçlü manyetik alanı yığılma diski oluşumunu engeller. Bunun yerine aktarılan madde manyetik alanın etkisiyle beyaz cücenin kutuplarına yönlendirilir. Kutuplardaki çarpışma sert x-ışını kaynağı şeklinde bir şok dalgası oluşturur. Kutupsalların genellikle yumuşak x-ışınları, sert x-ışınlarına göre daha baskındırlar. Güçlü bir manyetik alan, beyaz cücenin ve görel olarak yoldaş yıldızının peryotlarını yönlendirir, böylece sistemin yörünge ve dönme dönemleri karakteristik olarak belirleyici olur [5]. Kutupsallar denmesinin nedeni kuvvetli manyetik alandan ($>1.10^7$ Gauss) dolayı, bu sistemlerden gelen ışınının kutuplaşmış olmasıdır [4].

2.1.3.2. Yarı-kutupsal Değişenler

AM Her türü sistemlerden manyetik olarak daha zayıf ve sistemi oluşturan yıldızların aralarındaki uzaklık daha fazladır. DQ Her yıldızları olarak bilinirler. Kısmi olarak yığılma diski oluşturabilirler. Yinede manyetik alan aktarılan maddeyi kontrol edebilecek kadar güçlüdür. Manyetik alanın daha zayıf olması ve bileşenler arasındaki mesafeden dolayı kutupsallarda görülen, yörünge ve dönme peryodu bu sistemlerde görülmeyebilir [5]. Manyetik alanları $>1.10^6$ Gauss mertebesinde [4].

2.1.4. Cüce Novalar

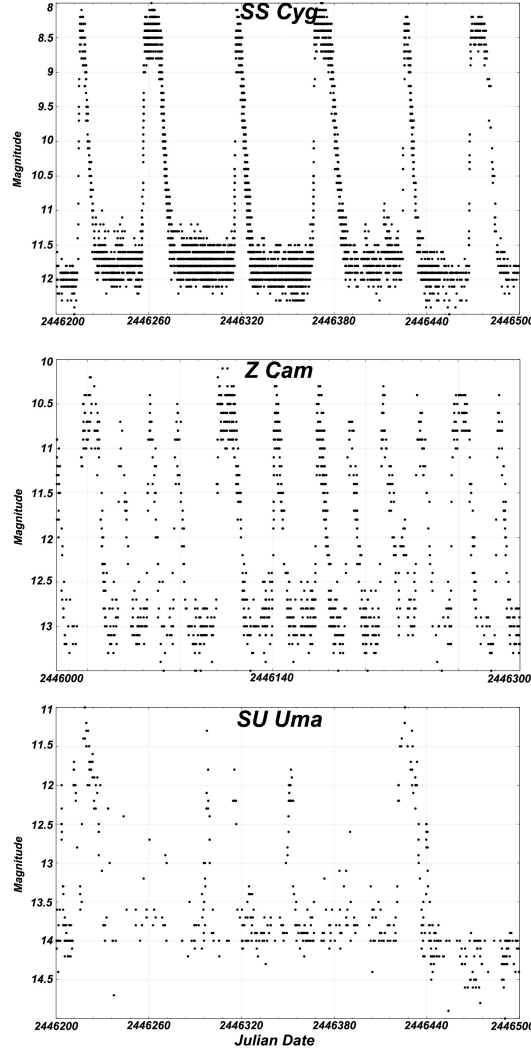
Cüce Novalar (DN), genel özellikleri açısından sık, küçük ve kısa süren patlamalara sahiptir. Patlama genlikleri 2^m-6^m ve bu patlamalarda yayımlanan enerji $10^{38}-10^{39}$ erg ve patlamaların tekrarlanma zamanı 10-500 gün arasında değişir. Cüce novalar, ışık eğrileri temel alınarak üç alt sınıfa ayrılırlar [6].

U GEMINORUM (U Gem); Yalnızca normal patlamalar gösteren U Gem yıldızları, 30-500 gün veya daha uzun aralıklı normal patlamalar gösterirler. Patlamalar quasi-periyodik (patlamalar arasında geçen süreler, bir kaç patlama için hemen hemen aynı) olmasına rağmen, daha sonra belirgin biçimde olup, genellikle 2-6 kadirdir [6].

Z CAMELOPARDALIS (Z Cam); Patlama sonrası sakin evreye inerken, düşüşün aniden kesilerek uzun süre aynı seviyede kaldıktan sonra sakin evreye inmesi (Duraksama), Z Cam yıldızlarının genel özelliğidir. Z Cam yıldızlarındaki patlamalar da quasi-periyodik olarak her 10-30 gün veya daha uzun sürede bir meydana gelir. Işık eğrilerinde tesadüfi aralıklarla duraksamalar olur. Bu duraksamalarda yıldızdaki parlaklık değişimleri durur veya parlaklık 1 kadirden daha az olan küçük bir genlik ile değişir. Duraksamalar, yıldız 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 duraksamanın sonunda yıldız, sakin düzeye kadar sönükleşmeye devam eder [6].

SU URSAE MAJORIS (SU UMa); Düzenli aralıklarla tekrarlanan "Normal ve Süper Patlama" özellikleri sergileyen SU Uma yıldızları, iki farklı tipte patlama aktivitesi gösterirler. 1-3 gün süreli normal patlamalar, her 10-30 gün veya daha uzun sürede bir, süper patlamalar ise daha seyrek olarak, her 10-15 normal patlamada bir meydana gelirler. Süper patlamalar, normal patlamalardan 0.5-1 kadir daha parlak ve periyodiktirler ve her yıldız iki veya daha çok süper patlama periyoduna sahiptir. 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 kadirdir). Süper hörgüçler bir süper patlama boyunca devam ederler. Yıldız sönükleşmeye ve süper patlama bitmeye başlarken, süper hörgüçlerin parlaklığı azalır ve sonra tamamen gözden kaybolurlar [6].



Şekil 2.1. 300 günlük zaman aralığında cüce novaların alt türlerinin ışık eğrileri [7]

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. 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. 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 sistem sakini evreye kadar sönükleşmeye devam eder [8].

2.2. Tayf

Elektromanyetik tayfin farklı aralıkları, bir kataklismik cismin farklı bölgeleri hakkında bilgi verir. X-ışını gözlemlerinde yığılma diski ile beyaz cüce arasında etkileşmelerin olduğu sıcak bölgeler hakkında fikir edinilmektedir. Morötesi ışınımın önemli kısmı yığılma diskinden yayımlanır. Optik aralık, diskin dış-soğuk kısımları hakkında, nova zarfının “fotosferi” hakkında ve ikincil yıldız üzerine bilgi verir. Kırmızı ötesi süreklilik yine ikincil bileşen üzerine ve muhtemelen var olan toz zarfı ile iyonize gaz hakkında bilgi sağlar. Radyo ışınımı, dıştaki iyonize gaz ve varsa jetler sebebi ile meydana gelir [8].

Cüce novalarda, patlama evresinde iki farklı davranış tespit edilmiştir. İlkinde morötesi ve optik akı yaklaşık olarak aynı anda yükselmeye başlar ve bu yükselme davranışı bir arada devam eder. İkincisinde ise, morötesi akıda optik akıya göre birkaç saatlik belirgin bir gecikme vardır. Bu durumda morötesi akı yükselmeye devam ederken optik akı maksimuma ulaşır. Morötesi ve optik akının aynı anda yükselmesine çok az durumda rastlanmakla birlikte, çoğunlukla cüce novalarda görülür. Bir patlamadan sonra iniş daima tüm dalgaboylarında aynı anda gerçekleşir [8].

Yapılan gözlemler şu varsayım altında açıklanabilir; Morötesi gecikmesi durumunda patlama dış diskte, yani beyaz cüceden uzakta başlar, akının optik ve morötesi dalgaboylarında eş zamanlı olarak yükselmesi durumunda ise patlama iç diskte başlar. Patlama diskin dış kısımlarında başlarsa bu kısımların soğuk olması nedeni ile ışınım ilk olarak optik dalgaboylarında görülür. Patlama beyaz cüceye

doğru ilerleyince morötesi dalgalıboylarında da ışınlm görölmeye başlar. Diğer taraftan eğer patlama diskin iç kısımlarında yani beyaz cüceye yakın bölgelerde başlarsa, her iki dalgalıboyu aralığı da aynı anda etkilenir [8].

Optik bölgede cüce novaların sakin durum tayflarına emisyon çizgileri hakimdir ve bu çizgiler yığılma diski, sıcak leke ve sistemin gaz akımı bölgelerinden kaynaklanırlar. H ve HeI çizgileri değışmeyen bir durumdadır. HeII ve CaII çizgileri de çoğunlukla kuvvetlidir. Cüce nova tayflarında zayıf çizgilerin belirlenmesi, geniş olmaları sebebi ile güçtür. Bir cüce nova tayfındaki emisyon çizgileri patlama boyunca absorpsiyona döner. HeII $\lambda 4686\text{\AA}$ çizgisi patlama sırasında bazen emisyon halinde görülür ve geniş H absorpsiyon çizgilerinin merkezlerinde dar emisyon korları da oluşur. Parlaklık sakin seviyeye düşerken tayf da sakin durum karakterine döner [8].

2.3. Periyot

Kataklismik değışenlerin yörünge periyotları konusunda bazı dikkate değer özellikler vardır. Tüm kataklismik değışenler 80 dakikanın üzerinde ve 15 saatten kısa yörünge periyotlarına sahiptirler. Alt sınıflar dikkate alınmadığı takdirde novaların, cüce novaların ve nova benzeri yıldızların aynı yörünge periyotlarına sahip oldukları söylenebilir. Sistemlerin çoğunluğu 1, 3 ve 5 saat arasındaki yörünge periyotlarına sahip olmalarına rağmen, bu yoğunlaşmanın içinde kabaca 2 ve 3 saat arasında belirgin bir boşluk göze çarpmaktadır. Periyot boşluğu adı verilen bu bölgeye karşılık gelen yörünge periyotlarına sahip çok az sayıda sistem vardır. Periyotların alt sınıflara göre dağılımı hakkında da bazı genellemeler yapılabilir. Tüm U Gem ve Z Cam tipi cüce novalar 3 saatten daha büyük periyotlara sahiptirler; tüm SU Uma tipi cüce novalar için 2 saatten daha az yörünge periyotları belirlenmiştir [6].

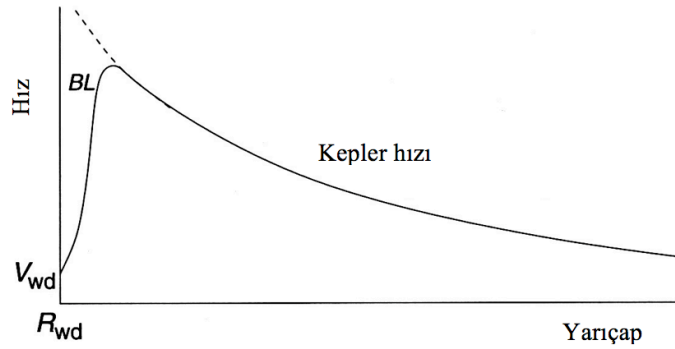
Periyot boşluğu çeşitli nedenlerle meydana gelebilir. Kataklismik değışenler bu bölgedeki periyotlarda oluşmuyor ve evrimleşmiyor olabilirler veya yörünge periyotları öylesine hızlı değışir ve periyot boşluğu öylesine hızlı geçer ki, sistemi bu durumda iken belirleme olasılığımız çok düşer, ya da bazen

sistemde kütle transferi durur. Böylece sistem bir kataklismik çift olarak tespit edilmesini sağlayan karakteristikleri gösteremez [6].

Kataklismik değişenler kısa periyotlu sistemlerden oluşurlar. Kısa periyotlar 80^m civarında son bulur. Bu değerden daha kısa periyotlarda yer alan sistemler, dejenere helyum bileşenlerine sahiptir. Uzun periyotların bitimi ise 13^h civarındadır. Bundan büyük periyotlu sistemlerin bileşenleri beyaz cüce veya nötron yıldızlarıdır [6].

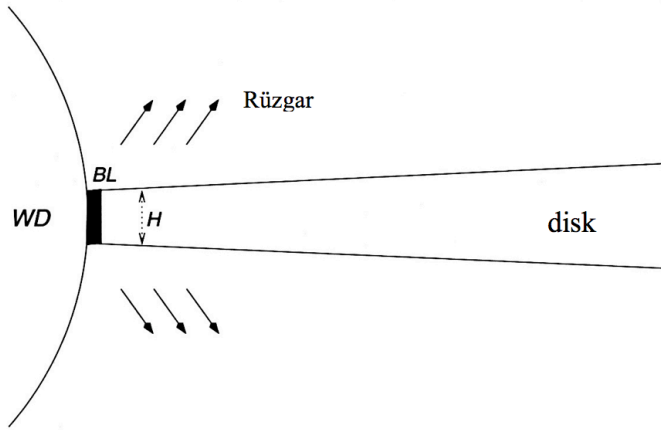
2.4. Sınır Tabakası

Beyaz cücenin yüzeyindeki Keplerian hızı $\sim 3000 \text{ km s}^{-1}$ dir, fakat beyaz cüce özellikle sadece $\sim 300 \text{ km s}^{-1}$ yüzey hızıyla çok yavaş olarak döner. Yığılan maddeler, sınır tabakası olarak bilinen geçiş bölgesinde beyaz cücenin hızına kadar yavaşlamalıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Diskteki materyalin yörüngesel hızı, sınır tabakasındaki hız ile beyaz cücenin çok daha küçük yüzey hızının çakışması (BL; sınır tabakası, WD; beyaz cüce)

Yavaşlayan maddenin kinetik enerjisi ısıya dönüşür ve yayılarak uzaklaşır; sıcak sınır tabakası, bu mekanizma ile, toplam ısımanın yarısını yayabilir [8].



Şekil 2.3. Yüksek yığılma oranlarında, sınır tabakasının sınır görüntüsü

Disk in yüksekliği (H), sadece $\sim 0.01 R_{wd}$ 'dir ve sınır tabakasının radial uzantısı küçüktür. Beyaz cücenin etrafındaki bu küçük şerit, sistemin toplam luminositesinin yarısı kadar yayılabilir. Bir rüzgar dış akışı, sınır tabakası ve/veya iç diskten ışıma ile gerçekleşir (Şekil 2.3). Yüksek yığılma oranında, sınır tabakası, ortaya çıkan radyasyonu engellemek için yeterince madde içerir, bu olay tabakayı optik olarak kalın yapar. Tüm katmanlar, kabaca bu disk in en ısınan kısmından 6 kat fazla ısıda, ~ 200.000 K karakteristik sıcaklıkta "kara cisim" ışımasını yayana kadar ısınır [1].

2.4.1. Sınır Tabakasının Sıcaklığı

Bir M beyaz cüce kütlesinden, r uzaklıkta açığa çıkan kütleçekim potansiyel enerji $U \sim GMm/r$ ile verilir, Keplerian hız $v = \sqrt{GM/r}$ ve kinetik enerji $1/2mv^2 \sim GMm/2r$ veya $1/2U$ şeklindedir [9].

Optik olarak ince kılıftaki madde beyaz cüce yüzeyi ile çarpışır ve enerji ısıya dönüşür. Bir gaz taneciğinin enerji eşitliğinde, $3/2 kT$, kinetik enerji ile sınır tabakası sıcaklığını verir

$$kT = \frac{GMm_p}{GR_{wd}} \quad (2.1)$$

burada, m_p : protonun yarı kütlesi olarak ortalama tanecik kütlesi (sıcak plazma yaklaşık olarak eşit sayıdaki elektron ve protonları içerir). Tipik bir beyaz cüce

için kütle ve yarıçap ($0.7 M_{\odot}$ ve 8×10^6 m) sıcaklık $\sim 2 \times 10^8$ K veya enerji eşdeğeri olarak ~ 20 keV'dir [9].

Optik olarak kalın kılıf içinde, sınır tabakasının her tarafı termal olduktan sonra kara cisim ışımasında olduğu gibi benzer enerji ortaya çıkar. Sınır tabakası beyaz cüce yanındaki disk kalınlığına eşit yükseklikte (H) beyaz cücenin etrafında bir şerit olarak düşünülebilir. Böylece, yayılma alanı $\sim 2\pi RH$ 'dır ve ortaya çıkan potansiyel enerji oranı kara cisim ışımasına eşittir.

$$2\pi RH\sigma T^4 = \frac{GM\dot{m}}{2R_{wd}} \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte $\dot{m}$ yığılma oranıdır. Tipik değerler için; $H \sim 0.01R$, $\dot{m} \sim 10^{14}$ kgs⁻¹ ve sıcaklık ~ 200.000 K veya enerji eş değeri ~ 20 eV'dir.

Böylece optik olarak ince koşullarda düşük yığılma oranları, daha az emisyon oluştururken, optik olarak kalın koşullarda yüksek yığılma oranlarındaki sınır tabakası, UV ve yumuşak x-ışını çok daha fazla yayar, fakat bu yayılma zor gerçekleşen bir x-ışınmasıdır [8].

2.5. Maddenin Disk ile Etkileşimi

Sürdürülmekte olan çalışmalarda, disk-madde akışı çarpışma doğası, hem gözlemsel olarak hem de bilgisayarda etkileşim modellemesiyle araştırılmaktadır. Yörüngesel hörgüç ve emisyon-çizgisi parlak noktayı tanımlar. Bu kapsamda, akışın kinetik enerjisinin çoğunun darbe sırasında dağılır. Fakat detaylar disk sınırlarının yüksekliği gibi bazı belirsiz parametrelere bağlıdır [8].

Gözlemsel olarak, biliyoruz ki, maddenin bir kısmı düzlemin dışına, yukarıya doğru fırlatılabilir. Bu, yörüngesel dönemin ~ 0.8 'e düştüğü/çukurlaştığı yüksek eğimli sistemlerin x-ışını ışık eğrilerinden çıkar. Bu fazda, madde akışı-disk sıçrama bölgesi beyaz cücenin önündedir ve düzlemin dışına sıçratılan madde beyaz cüceden ve sınır tabakasından enerjik x-ışını emisyonu absorbe edebilir [8].

Bazı göstergelere göre, madde akışının tamamı diskin sınırlarındaki etkileşim tarafından sonlanmaz. Disk üzerinden olan akışkan maddenin $\sim 10\%$ 'u, işlemde $\sim 30\%$ yavaşlamaya neden olduğu sanal ortamda yapılan benzetim

çalışmalarında ortaya koyulmuştur. Fakat beyaz cücenin çok yakınındaki diske yeniden çarpıncaya kadar, kabaca serbest düşüş yörüngesinin devamı için yönetilir (modellemedeki yaklaşıma bağlı olarak tamamlanmasına rağmen, bunlar belirsizdir). Yeni çarpışma ile fırlatılan madde anormal fazlarda etkinliğin düşmesine neden olur [8].

2.5.1. Kütle Aktarımı, Sıcak Leke ve Yığılma Diski

Kütle Oranı; Beyaz cücenin ve kütle kaybeden bileşeninin kütleleri arasındaki oran M_1/M_2 ; novalar, cüce novalar ve nova-benzeri yıldızlar için 1-6 arasındadır. Uzun periyotlu birkaç sistemde 1'den biraz daha az kütle oranları (bileşen yıldız daha kütleli) bulunmuş olmasına rağmen, klasik nova olmayan bu sistemlerin sayısının az olması nedeni ile bu durumun bir anlam ifade edip etmediği açık değildir. Daha uzun periyotlu sistemlerin daha kütleli ikincil bileşenlere sahip olması gereklidir. Bunun bir sonucu olarak, M_1/M_2 oranının periyot ile ters orantılı olması beklenir [6].

Kataklismik değişen yıldızların baş yıldızları, kütleleri $1.44 M_{\odot}$ 'lik Chandrasekhar kütle limitinin altında kalan, beyaz cücelerdir. Bileşen yıldızları ise, dev bileşenli birkaç yıldız dışında, alt cüce yıldızlardan oluşmuştur [6].

Normal bir ayırık çift yıldız sistemi için kütleler, yarıçaplar ve eğim açısı, radyal hız eğrilerinden ve ışık eğrilerinden elde edilebilir. Kataklismik değişenler için de Roche modelinin gözönüne alınmadığı zamanlar bu metod uygulanmıştır. Ancak çok daha doğru sonuçlar Roche geometrisinin uygulanması ile elde edilebilmiştir. Kendi Roche hacmini doldurmuş ve küresel kabul edilen bir bileşen yıldız için Pacynski'nin hesaplamalarına göre;

$$R_2/a = 0.38 + 0.20 \log q \quad 0.3 < q < 20 \quad (2.3)$$

$$R_2/a = 0.462 (q/(1+q))^{1/3} \quad 0 < q < 0.8 \quad (2.4)$$

yazılabilir. Burada $q=M_2/M_1$ olup, M_1 , baş yıldızın, M_2 bileşen yıldızın kütlesidir.

Daha sonra Warner, kataklismik çiftler için daha iyi bir sonuç veren aşağıdaki bağıntıyı ortaya koymuştur;

$$R_2/R_\odot = 0.959 M_2/M_\odot \quad (2.5)$$

Bu Keplerin 3. kanunu ile birleştirilerek;

$$M_2/M_\odot = 3.18 \cdot 10^{-5} P(s) \quad (2.6)$$

periyotla (saniye biriminde), bileşen yıldız kütlesi arasındaki bağıntı elde edilir [6].

Bileşen yıldızların tayfı, yalnızca uzun periyotlu kataklismik değişen sistemlerde alınabilir. Bunun dışında elde edilen tayflar genellikle sistemin diğer bölgelerine ve bileşenine ait emisyon tayflarıdır. Bu durumda Roche geometrisinin yardımı ile sistemlere ilişkin parametreler, dolayısıyla kütleler elde edilebilir. 1973'de Warner, yığılma diskinden yayınlanan emisyon çizgilerinden elde edilen radyal hız eğrisinin genliği ile Roche lobunun çapına eşit olarak yayılmış bu yığılma diskine ilişkin $v(r_d)$ değerinin yalnızca kütle oranının bir fonksiyonu olduğunu ortaya koymuştur. Yani;

$$K_1/v(r_d) \sin i = f^2(q)^q / (1+q)^2 \quad (2.7)$$

burada

$$f(q) = 0.500 - 0.227 \log q \quad 0.1 < q < 10 \quad (2.8)$$

ve f , L_1 iç Lagrange noktası ile beyaz cüce merkezi arasındaki uzaklık, $v(r_d)$, diskten ölçülen hızdır. Warner tarafından elde edilen bir başka bağıntı;

$$R_2/R_2^{1/2} = \left(\frac{G}{4\pi}\right)^{1/3} \left(\frac{1+q}{q}\right)^{1/3} P^{1/3} (0.38 + 0.20 \log q) \quad (2.9)$$

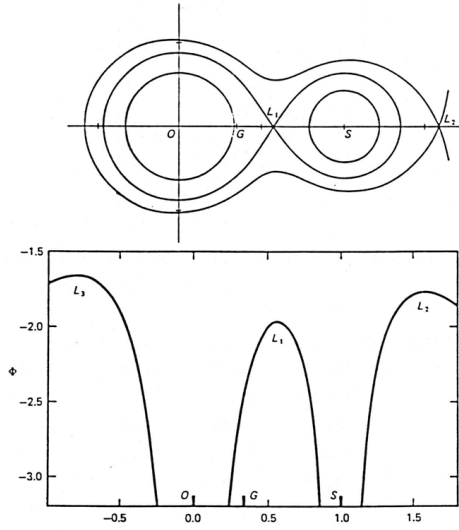
bu ($0.1 < q < 1$) aralığında sağlanır. Bu bağıntının yukarıdaki birinci bağıntı ile kombinasyonu sonucu, emisyon çizgilerinden elde edilen radyal hızlarla

kataklismik değişen yıldızlar için kütleler belirlenebilir. Bu metodun zorluğu, $(v(r_d) \sin i)$ 'nin ölçülmesidir. Çünkü çizgi profillerinin hangi kısmının, diskteki bu varsayıma dayanan denge yarıçapından yayınlandığını anlayabilmek zordur. 1976'da Warner, emisyon çizgi profillerinin yarı genişliği ile bu değeri bir tutturmuştur. Fakat fiziksel ilişki yeterince açık değildir. Bu çalışmalara paralel olarak, 1981'de Schoembs ve Vogt, çizgilerin en uzak kanatlarından ölçüm yapmayı teklif ettiler. Buranın ışınımı beyaz cüceye en yakın bölgelerde üretilmektedir. Bu metod ile elde edilen sonuçlar daha güvenilir sonuçlardır [6].

Kataklismik değişen yıldızlardaki beyaz cücelerin ortalama kütlesi $0.90 \pm 0.06 M_{\odot}$ iken, tek olarak bulunan beyaz cücelerin ortalama kütlesi $0.62 \pm 0.08 M_{\odot}$ 'dir. Yakın çift yıldızların sınıflandırılmasında ve çift yıldız geometrisinde "Roche Modeli" temel alınır. Bu modelde yıldızların kütle ve yarıçapları dikkate alınır. Ayrıca, bu model çift yıldız evrimi ile de ilişkilidir. Çünkü bir yıldız ancak Roche lobunu doldurduğunda kararsız hale gelip madde atmaya başlamaktadır [6].

Roche modelinin uygulanmasında güçlük çekilen yakın çift yıldızlar için alternatif modeller ortaya konulmakla beraber, kataklismik değişen yıldızların anlaşılmasında esas olarak bu model kullanılmaktadır. Modelin varsayımları şunlardır;

- a) Yakın çift yıldızların bileşenlerinden kütle kaybeden yıldız hidrostatik dengede iken, kaybedilen bu kütleyi alan bileşen de ısısal denge halindedir.
- b) Sistemlerin bileşenlerinde merkezi yoğunlaşma çok fazladır.
- c) Yıldızlarda büyük kütleli konvektif hareketler ve radyal titreşimler yoktur.
- d) Yörüngeler daireseldir.
- e) Dönme eksenleri yörünge düzlemine diktir.
- f) Yıldızların kendi dönme dönemleri ile yörünge dönemi eş-zamanlıdır.



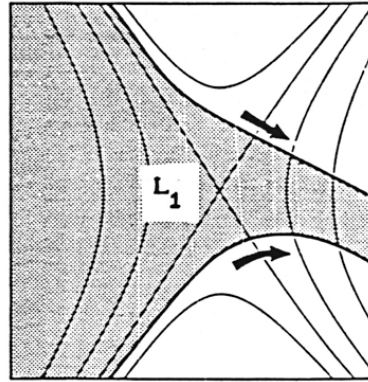
Şekil 2.4. Bir çift yıldızın etrafındaki potansiyel kuyular

Kataklismik değişen yıldızlarda bileşen yıldızın Roche lobunu doldurmasının bir sonucu olarak baş yıldıza doğru bir madde akışı olmaktadır. Beyaz cücenin yeterli manyetik alana sahip olmaması durumunda bu madde baş yıldızın oldukça küçük boyutundan dolayı doğrudan doğruya onun yüzeyine çarpmadan, korunan açısal momentumla beraber baş yıldızın Roche lobu içerisinde bir yörünge çizerek (Kepler Yörüngeleri), tekrar gelmeye devam eden madde ile buluşur. Böylece beyaz cüce etrafında bir halka oluşur. Vizkozite çekim, kuvvetleri bu halkayı hem beyaz cüce yüzeyine doğru hem de Roche yüzeyinin sınırlarına doğru yayararak bir "Yığılma Diski" oluşturur. Bu oluşum, Roche modeli yardımıyla şöyle açıklanabilir [8]:

Roche potansiyeli Φ , iki yıldızın arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi, iki yıldız etrafında derin potansiyel kuyuları vardır ve L_1 noktasında potansiyel maksimumdur. Bileşen yıldızın yüzey potansiyeli L_1 noktasındaki potansiyele erişirse, bu noktadan diğer yıldızın potansiyel kuyusuna doğru (Roche lobuna) madde akışı başlar. Bu maddenin akışı;

$$M \cong (\rho C_s W^2) \Big|_{L_1} \cong \rho C_s^3 |L_1| / \Omega \quad (2.10)$$

şeklinde verilir. Burada $\Omega^2 = G(M_1 + M_2)/a^3$, sistemin açısal hızı $= \Omega^2$, Roche lobundan gelen madde akımının kalınlığı $= C_s$, yoğunluğu $= \rho$ olup L_1 civarındaki değerlerdir. Bu akım korigolis kuvvetinin etkisi ile bir miktar eğilir (Şekil 2.5) Baş yıldızın Roche lobuna giren madde aynı zamanda bir açısal momentuma da sahip olduğu için doğrudan baş yıldıza düşmeyip, kepleryan yörüngeler çizerek onun etrafında bir halka oluşturur [8].



Şekil 2.5. Korigolis kuvveti etkisi ile L_1 noktasından ayrılmakta olan maddenin izlediği yol

Baş yıldız etrafında diferansiyel olarak dönen bu halkanın bir kısmı baş yıldıza doğru hareket ederken, bir kısmı da dışa doğru saçılarak bir disk oluşturur. Böyle bir diskin ışıınım gücü;

$$L_{disk} \cong L_{sabit} \cong \frac{GM_W \dot{M}}{2R_W} \cong 10^{33} \text{ erg/s} \quad (2.11)$$

olarak, Güneşin ışıınım gücünün 1/4'ü oranında çıkar. Burada $R_W = 6 \times 10^8 \text{ cm}$, $\dot{M} \cong 10^{-16} \text{ g/s}$ veya $1.6 \times 10^{-10} M_\odot \text{ yıl}^{-1}$ olarak kabul edilmiştir. Buradan giderek diskin dış ve iç kenarındaki sıcaklıklar da bulunabilir. Stefan kanununda;

$$(2\pi R_d^2)(\sigma T_{dış}^4) \cong \frac{GM_W \dot{M}}{2R_d} \quad (2.12)$$

olup burada R_d diskin dış yarıçapı olmak üzere, $\sigma = 5.67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$, $M_W = 1 M_\odot$, $R_d = 4 \times 10^{10} \text{ cm}$ ve $\dot{M} = 10^{-16} \text{ gr s}^{-1}$ alınırsa; $T_{dış} = 2 \times 10^3 \text{ K}$ bulunur. İç

kısımda ise $R_w=6 \times 10^8$ cm alınır; $T_{iç}=5 \times 10^4$ K elde edilir.

Yığılma diskleri normal şartlarda bu şekilde tanımlanırken, sistemlerin sakin veya patlama evrelerine göre kararlı veya kararsız, optikçe kalın veya optikçe ince diskler olarak da tanımlanırlar. Bileşen yıldızdan sürekli olarak gelmeye devam eden maddenin bu diskin dış bölgelerine çarpması sonucu, "Sıcak Leke" veya "Parlak Leke" denilen bir başka bölge daha oluşur. Çarpışma kinetik enerjisinin yayınladığı ışınlam ışık eğrilerinde bir kadirde daha az parlaklıklarda ve yörünge periyodu ile uyumlu olarak gözlenebilir [8].

Yığılma diski içerisindeki madde beyaz cüceye yaklaştığı zaman, büyük miktarlarda gravitasyonel enerji açığa çıkar. Bu enerjinin yarısı -Virial Teoremi'ne uygun olarak-, disk maddesinin içinde kinetik enerjiye dönüşürken diğer yarısı da ışınlam enerjisine çevrilir. Bu da diskin ışınlam gücü oldukça yüksek bir bölge haline gelmesine yol açar. Beyaz cüce Kepleryan hızla dönmez, böylece disk alanının en iç kısmı ile beyaz cüce yüzeyi arasındaki bölgede disk maddesi beyaz cücenin hızını frenler ve bunun sonucunda ilave bir ışınlam enerjisi serbest kalarak bir "Sınır Tabakası" biçimlenir. Buradan alınan ışınlam ise en az baş yıldızın kadar güçlüdür [8].

Bileşen yıldızdan gelen madde akımı, yığılma diski ve parlak leke, kataklizmik çiftlerin baş ve bileşen yıldızları ile beraber beş ışınlam bölgesinden üçünü oluştururlar [8].

Baş yıldızın yeterince kuvvetli manyetik alana sahip olması durumunda, bileşen yıldızdan gelen madde akımı manyetik alan kuvvet çizgilerini takip ederek baş yıldızın manyetik kutuplarında madde sütunları oluşturur. Bu durumda yığılma diski yerine yığılma sütunlarından söz edilir. Manyetik alanın daha az olması durumunda, yığılma diskinin iç kısımlarındaki madde, sütunlar oluşturur.

Fotometrik olarak, tutulma gösteren sistemlerde yığılma diski, parlak leke ve beyaz cüce ışık eğrilerinde gözlenebilir [8].

Tayfsal olarak da yığılma diskinin tayfı sürekli bir tayf ve emisyon çizgileri ile karakterize edilirken, madde akışı ve parlak leke, emisyon çizgileri ile karakterize edilir [8].

2.6. Nova ve Cüce Nova Patlamalarının Nedenleri ve Modelleri

Patlamalar; novalar, tekrarlayan novalar ve cüce novalarda görülür. Patlamaların nedenleri nova ve tekrarlayan novalar için aynı olmakla beraber cüce novalarda farklıdır. Nova patlamalarının ana fikri, beyaz cüce yüzeyinde oluşan termonükleer süreçlere dayandırılmıştır. Bütün yıldızların %95'i hayatlarının sonunda bir beyaz cüce olurlar. Yani bir beyaz cüce, hidrojen ve helyumu yakarak dejenere hale gelmiş karbon, azot ve oksijen açısından zengin bir yıldız kalıntısıdır. Kütle transferinin bir sonucu olarak soğuk bileşenden transfer edilen madde beyaz cüce yüzeyi etrafında birikerek bir hidrojen kabuk oluşturur. Devam eden madde transferi sonucunda yoğunluk artarak gaz dejenere olmaya başlar. Yoğunluk ve sıcaklık yeterince arttığı zaman hidrojenin yakıldığı termonükleer reaksiyonlar başlar. Beyaz cüce içerisindeki karbon, azot ve oksijence zengin ortam, bu yanmada katalizör rolü oynar. Böylece bir yanma sonucu oluşan patlamada atılan madde miktarı, $10^{-5} - 10^{-4} M_{\odot}$ civarındadır [10].

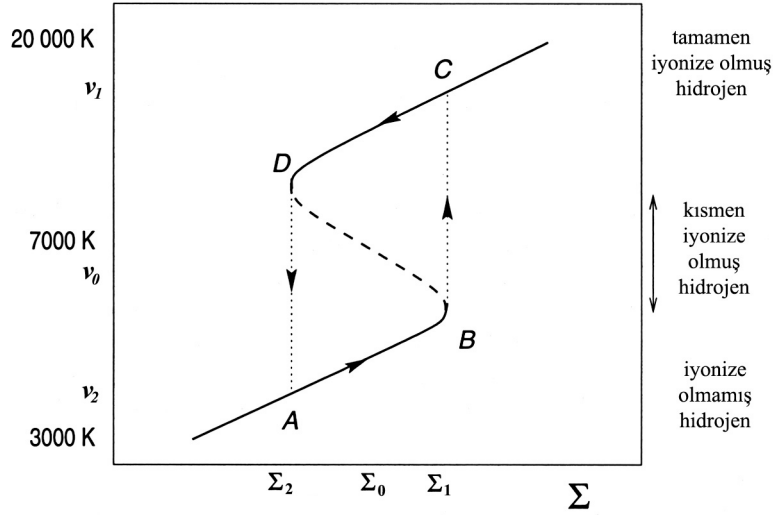
Nova patlamalarına ilişkin pek çok model değişik kütleler ($0.5-1.25 M_{\odot}$), beyaz cüce ışıyım güçleri, madde transfer miktarları ($10^{-5}-10^{-11} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$), ve CNO elementleri tarafından zenginleştirilmiş maddenin değişik değerleri kullanılarak yapılmıştır. Tayfsal olarak gözlenen bir nova patlaması sırasında bu elementler güneşteki bolluklarına göre 10-100 kat daha fazla gözlenmiştir [10].

Cüce novaların patlamaları sırasında tayfsal davranışlarına bakıldığında görsel bölgede çizgilerin maviye kaymadığı, klasik ve tekrarlayan novalara benzemediği görülür. Cüce novalarda patlamadan sorumlu olan kısım disktr. Mümkün iki patlama mekanizması teklif edilmiştir. "Disk Kararsızlığı Modeli" ve "Kütle Transfer Kararsızlığı Modeli"[10].

2.6.1. Disk Kararsızlığı Modeli

Cüce nova patlamaları, bileşen yıldızdan gelen ve diskin dış kısımlarında biriken maddenin artması ve diskin kendi içindeki bazı kararsızlıkların tetiklenmesinden oluşmaktadır. Buna paralel olarak bu kararsızlıkların viskozite değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Uygun fizik şartlar altında, diskin

durumu viskozitenin iki kararlı denge değeri arasında değişebilir. Çünkü viskozite ν , disk vasıtasıyla transfer edilen maddenin yeterliliğinden sorumludur. Bu da önemli değişikliklerin yüzey yoğunluğunda (Σ) olduğunu gösterir. Kararlı bir disk için şart $d\nu/d\Sigma \geq 0$ olmalıdır. Eğer Şekil 2.6'daki eğriye benzer bir şart varsa, yüzey yoğunluğu kararlı bir değerde kalmaz ve sonuç sınırlı bir çevrim davranışdır. Şekilde, viskozitenin varsayılan denge değeri ν_0 'dır. Kararlı hali belirleyen viskozite (ν_0, Σ_0), yüzey yoğunluğunun ulaşılabilir değerine karşılık gelmez. Patlama aktivitesini yönlendiren diskteki şartlar, (ν_1, Σ_1) ve (ν_2, Σ_2) denge değerleri arasında gidip gelecektir [6].



Şekil 2.6. Sınırlı çevrim aktivitesinin oluşması için şartların bir eğri ile gösterilmesi

Görüldüğü gibi, düşük yüzey yoğunluğu, Σ_1 değerine kadar artar. Σ_1 'deki daha fazla artış viskozitede bir sıçramayı gösterir. Viskozite ν_1 olduğu zaman (bu sınırlı çevrim oluşması şartıdır) bu değer ν_0 'dan yüksektir. Daha fazla madde diskteki bu belirli bölgenin dışına transfer edilerek doyar ve böylece yüzey yoğunluğu Σ_2 değerine kadar azalır. Bundan sonraki artış viskozitedeki diğer bir sıçramayı belirler. Bu anda ν_2 , denge değeri ν_0 'dan daha düşüktür. Bunun bir sonucu olarak yüzey yoğunluğu yeniden artar ve çevrim devam eder [8].

Yığılma disklerinde yüksek miktardaki kütlenin belirli bir alanda bulunması yüksek sıcaklık gerektirir. Cüce novalardaki yarı düzenli parlaklık değişimleri, eğer bu sınırlı çevrim aktivitesi bütün diske veya en azından büyük

bir kısmına maledilirse anlaşılabilir. Eğer, diske kütle girişi devamlı ise, bu yüzey yoğunluğunu yeterince yüksek tutar. Kütle girişi ve çıkışı arasında bir viskozite dengesi oluşur ve patlama olmaz. Diskin konvektif halden radyatif hale değişimi, sınırlı çevrim aktivitesi için fiziksel bir zemin sağlamaya adaydır. Pek çok araştırmacı grubu yığılma diskinin davranışlarını incelerken, hidrojenin iyonizasyonunun disk kararsızlığını yönlendirecek mekanizma olduğunu ve böylece cüce nova patlamalarının oluştuğunu ileri sürmüşlerdir [8].

2.6.2. Madde Transfer Kararsızlığı Modeli

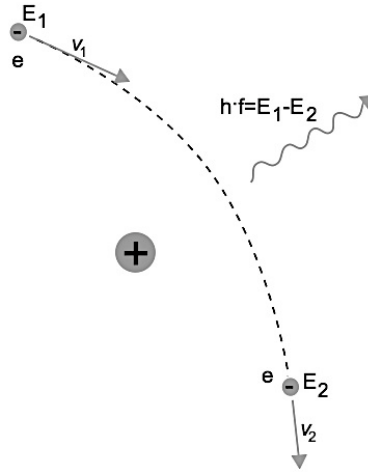
Bazı araştırmaların sonucunda, bileşen yıldızın atmosferindeki kararsızlıkların, geçici olarak diske transfer edilen kütle miktarında artışa neden olacağı ve bunun sonucunda da patlamaların oluşacağı ileri sürülmüştür. Bu teorinin temeli Roche lobu tarafından sınırlanmış dinamik denge halindeki bir yıldızda dayanır. Tek bir yıldız düşünüldüğünde, yüzeyinden maddenin kaçabilmesi için, bu yıldızın çekim gücünün yenilmesi gerekir. Oysa Roche lobu durumunda maddeyi yalnızca kritik Roche yüzeyinin üzerine kadar çıkarmak yeterlidir ki, bu daha az enerji gerektirir. Soğuk bir yıldızın sınırlanmış atmosferinde mümkün iki kararsızlık önemlidir: Zarftaki konveksiyon ve gravitasyonel yığılmanın sıfır olduğu L_1 noktası civarındaki iyonizasyon bölgeleri. Kütle transfer kararsızlığının genel fikri bileşen yıldızın atmosferinde L_1 civarında kararsızlığın oluşması, beyaz cücenin Roche lobuna doğru madde transferi ve bunun bir patlamaya neden olması ve aynı zamanda atmosferinde bir boşalma olmasına dayanır. Kararsızlık tarafından sağlanan enerji yeterli miktardaki maddeyi komşu Roche lobuna taşıyamadığı zaman bu olay sona erer. Bu süreçten dolayı yıldız termal dengenin dışına çıktığından büzülür ve Roche yüzeyinden ayrılır. Bu esnada onun sakin evresi başlamış olup kütle transferi ancak düşük seviyedeki yıldız rüzgarları mertebesinde devam eder. Daha sonra yıldız derin tabakalarından, kaybolan enerjisini kazanmaya başlar, yeniden termal dengeye gelir ve genişleyerek bir sonraki kararsızlığı oluşturmaya hazırlanır. Bu sürecin periyodu yani, hesaplanmış patlama periyotları (kararsız atmosferlerin dinlenme zamanları) 10-200 gün, maksimum patlama sırasında kütle transfer

miktarları 3.1×10^{-9} - $3.1 \times 10^{-11} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ ve genlikleri birkaç kadir civarındadır [6].

2.7. X-ışını Yayılım Mekanizmaları

2.7.1. Bremsstrahlung- Frenleme Işıması

Bremsstrahlung ışıması, yüksek hızlı elektronlarla atom çekirdeğinin etkileşmesiyle ortaya çıkar. Yüksek hızlı elektron çekirdeğin yanından geçerken, Coulomb kuvvetinin etkisiyle yolundan sapabilir ve bu durumda enerji kaybeder. Kaybedilen bu enerji boşluğa elektromanyetik alan tarafından yayılır. De Broglie dalga modeline göre; elektron kendini eşlik eden elektromanyetik dalga ile çekirdeğin çevresinden geçer ve aniden saçılarak farklı bir yönde ivmelenir. Bu olaylar sonucunda enerjisinin bir kısmını ya da tamamını kaybeder ve bu enerji elektromanyetik radyasyon olarak boşluğa yayılır. Bu şekilde, elektron bremsstrahlung etkileşmesine uğrayıp, enerjisini kısmen ya da tamamen yitirir [11].



Şekil 2.7. Bremsstrahlung ışıması

Bremsstrahlung, birçok Galaktik x-ışını kaynağının yayılım mekanizmasıdır. Genellikle, 20 - 200×10^6 K sıcaklıklarında gerçekleşir. Birim hacimdeki bir gazdan yayınlanan tayf ve ışıınım şöyle verilir:

$$B_\nu = 6.2 \times 10^{-39} g \left(\frac{-h\nu}{kT} \right) \frac{1}{\sqrt{T}} n_e^2 \quad (2.13)$$

burada B_ν , $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Hz}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$ cinsinden ışınlım, g ise Gaunt faktörü olarak bilinen ve frekansın yavaşça değişen bir fonksiyonu olup, birim değere yakın bir sayı, h , CGS sisteminde Planck sabiti, k yine aynı sistemde Boltzmann sabiti, T gaz sıcaklığının Kelvin cinsinden değeri ve n_e de cm^{-3} cinsinden gazın elektron yoğunluğudur. Şayet radyasyon V hacimli bir bölgeden geliyorsa, yayınlanan toplam enerji şöyle olur

$$L_\nu = 4\pi \times 6.2 \times 10^{-39} g \exp \left(\frac{-h\nu}{kT} \right) \frac{1}{\sqrt{T}} \int n_e^2 dV \text{ erg s}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \quad (2.14)$$

burada $h\nu$ nin birimi $\text{erg} \cdot \text{s}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$ dir. $\int n_e^2 dV$ ise yayınım ölçüsü olarak bilinen bir büyüklüktür. Yayınlanan tayf üzerinden integre edilerek toplam ışınlım için şu değer elde edilir:

$$L_\nu = 1.64 \times 10^{-27} g \sqrt{T} \int n_e^2 dV \text{ erg s}^{-1} \quad (2.15)$$

burada L nin birimi erg s^{-1} dir. Termal bremsstrahlung, foton enerjileri $h\nu$ nün kT den daha büyük olduğu değerler için eksponensiyel olarak azalan bir tayf, fakat $h\nu$ nün kT den çok daha küçük olduğu değerler için hemen, hemen sabit kalan bir tayf hasıl eder. Bir kara cisim tayfı da yüksek enerjilerde benzer biçimde davranır fakat kT den küçük enerjilerde ν^2 kanununa göre kesilme gösterir [11].

2.7.2. Karacisim Işıması

Optiksel olarak kalın olan sıcak bir cisim bir kara cisim radyasyonu yayınlar. Çünkü optik kalın bir cisim için tayf, salmadan olduğu gibi emilmeden de etkilenir. Burada şunu söylemek mümkün: kendi radyasyonunu emecek kadar optikçe kalın olan bir bremsstrahlung kaynağından kara cisim tayfı gözlemlemek söz konusu olmaktadır. Sıcak bir nötron yıldızı böylece bir kara cisim tayfına da

sahip olabilecektir. Kara cisim radyasyonunun tayfsal formu, yayımlayıcının T sıcaklığına bağlıdır sadece. Planck kanuna göre tayf,

$$\pi B_\nu = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2 \left\{ \exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \right\}} \quad (2.16)$$

burada πB_ν , birim frekans genişliğinde, birim zamanda ve birim alandaki enerji, ν yayınlanan fotonun frekansı ve c de ışık hızıdır. Birim zamanda, birim alan başına yayınlanan toplam enerji ise,

$$\pi B = \sigma T^4 \quad (2.17)$$

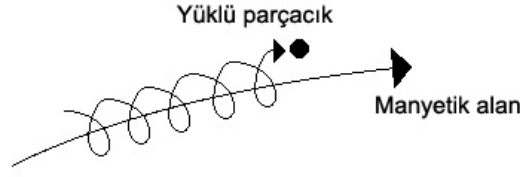
olup, σ ile Stefan sabiti gösterilmiştir. Maksimum yayınının olduğu noktadaki foton frekansı ise şu formülle verilir :

$$\nu \approx 10^{11} T \quad (2.18)$$

Evrendeki her cisim ya da parçacık, enerjisine ya da diğer değişle ısısına bağlı olarak belirli frekansta elektromanyetik ışıma salar. Cismin ya da parçacığın ısısına bağlı olarak salınan elektromanyetik ışımanın frekansı sıfırdan - kuramsal olarak- sonsuza kadar olabilir. Cismin ya da parçacığın ısısı arttıkça salınan ışığın frekansı da artar, dolayısıyla dalga boyu kısalır [11].

2.7.3. Sekrotron Işınması

Yüklü parçacıkların manyetik alan içerisinde daire çizen yollarla ışıma yapmasıyla oluşur ve bu magnetic alan içerisinde hareket eden elektronlar, nerdeyse ışık hızı c'ye yakın hızdaki hızlarla hareket ederler.



Şekil 2.8. Sekrotron ışıması

Bu ışıma, supernova kalıntıların ve radyo galaksilerinin belirlenmesinde kullanılır. Ayrıca, Crab Nebula (Yengeç Bulutsusu) da bu ışımayı yapmaktadır. Bu ışımların gerçekleşmesi için elektronların çok yüksek enerjilere sahip olması gerekir. Crab Nebula için, elektronlar 10^8-10^9 eV enerjileri arasında radyo yayılımı yaparlar. Başlıca iki gözlemsel özellik tanımlanır.

1. radyasyon lineer polarizedir

2. radyasyon tayfı $I(\nu) = k \nu^{-\alpha}$ biçiminde power law ile belirtilir.

Radyasyon polarizedir çünkü elektronlar sadece manyetik alanla doğru açı yaptıklarında ivmelenirler ve dolayısıyla da polarize olmuş radyasyonun elektrik alan vektörü elektronun ivmelenme yönündedir. Tayfın power law olması ise kozmik ışınların enerji tayfının yine power law tabiatlı olmasından dolayıdır. Bunu şöyle açıklamak mümkündür: Enerjiler E ile $E + dE$ arasında olan elektron sayısı $N(E) dE$ olsun, bunun power law a bağlılığı ise:

$N(E) = N_0 E^{-m}$ şeklindedir. Burada m bir sabittir, E enerjisindeki elektronlar γ ile tanımlanan bir Lorentz faktörüne sahiptir ve bu da şu şekilde bağlantılıdır:

$$E \approx \gamma m_0 c^2 \quad (2.19)$$

E enerjili bir elektronun sekrotron radyasyonundan dolayı kaybedeceği enerji zamana bağlı olarak;

$$-\frac{dE}{dt} = bE^2 B_{dik}^2 \quad (2.20)$$

b bir sabittir. Frekansları ν ile $\nu + d\nu$ olan fotonlar, enerjileri E ve $E + dE$ olan elektronlarca hasıl olacak ve ışınlamaları ise, $I(\nu) d\nu = (-dE/dt) N(E) dE$ olur, burada $\nu = a E^2 B_{dik}$ hasıl olan fotonların frekansıdır. Dolayısıyla,

$$I(\nu)d\nu = K_1 E^2 B_{dik}^2 E^{-m} dE \quad (2.21)$$

elde ederiz.

$$d\nu = 2a B_{dik} E dE \quad (2.22)$$

elde edilir ve yerine koyduğumuzda,

$$I(\nu)d\nu = K_{11} E B_{dik} E^{-m} d\nu \quad (2.23)$$

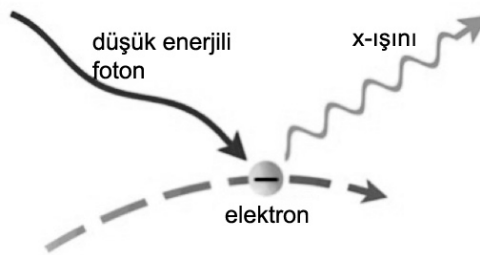
ve

$$I(\nu)d\nu = K_{111} B_{dik} (\nu/B_{dik})^{(1-m)/2} d\nu = K_{111} B_{dik}^{(m+1)/2} \nu^{(1-m)/2} d\nu \quad (2.24)$$

veya $I(\nu)d\nu \propto \nu^{-\alpha}$ olur ki, $\alpha = (1-m)/2$ ile verilen tayfsal indistir [11].

2.7.4. Ters Compton Saçılması

Relativistik elektronların düşük enerjili fotonlara çarparak ışıma oluşturmasıyla meydana gelir. Bu işlemde elektronlar enerji kaybeder ve kaybedilen enerji fotona aktarılır.



Şekil 2.9. Ters Compton saçılması

Düşük enerji fotonunun frekansı ν_{dik} ve hasıl olan fotonun frekansı ν' ise bu iki büyüklük birbirine şöyle bağlıdır :

$$\nu' \simeq \gamma^2 \nu_{dik} \quad (2.25)$$

Burada γ , yüksek mertebeden relativistik bir elektron için

$$\gamma = \sqrt{\frac{1-\beta^2}{c^2}} \quad (2.26)$$

denklemini farklı açılarda çarpışma olduğu düşünülerek elde edilmiş ortalama bir sonuçtur. Elektron enerjisinin yüksek enerjili foton enerjisine dönüşme hızı ise düşük enerji fotonlarının enerji yoğunluğu olan ω 'ya bağlı olup, şöyle ifade edilir :

$$-\frac{dE}{dt} \propto \gamma^2 \cdot \omega \quad (2.27)$$

X-ışınlarının üretimi söz konusu olduğunda başlıca iki düşük enerji foton kaynağı düşünülebilir. Frekansı $\nu = 6 \times 10^{14}$ Hz olan yıldız fotonlarının $\gamma = 35$ (1.5×10^7 ev) lik elektronlarla etkileşmesi sonucunda 4 keV'lik ya da başka bir deyişle 10^{18} Hz'lik x-ışınları üretilir. Frekansı 5×10^{10} Hz olan mikrodalga zemin fotonlarının $\gamma = 5000$ ($E=2.5 \times 10^9$ ev) luk elektronlarla etkileşmesi de aynı değerde (yani 4 keV'lik) x-ışınları Ters Compton işleminden beklenen x-ışını tayfı power-law olup, tayfsal indisi elektron enerji tayfının tayfsal indisine bağlıdır [11].

2.8. Cüce Novaların X-ışın Özellikleri

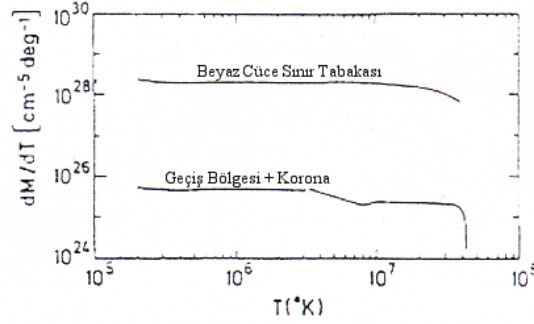
Bir kaçı dışında tüm cüce novalar $\approx 10^{-11}$ erg cm⁻² s⁻¹ düzeyindeki x-ışın akılarında ışıyım yaparlar. Bu akı ışıma gücüne çevrilirse $L_x \approx 10^{29} - 10^{32}$ erg s⁻¹ değerine karşılık gelir. Cüce novalar arasında x-ışın akısının optik veya UV akısına oranı (F_x / F_{opt}) SU UMa yıldızlarında $F_x / F_{opt} \cong 0.1$, U Gem yıldızlar ve Z Cam yıldızlarında $F_x / F_{opt} \cong 0.01$ 'dir ve temel olarak optik akısındaki değişimlerden kaynaklanan bir düşüş görülür. Yüksek $\dot{M}$ 'ye sahip kataklismik değişenlerin düşük F_x / F_{opt} oranı gösterdiği ve artan $P_{yör}$ ile azalan F_x / F_{opt} oranı gösterdiği bulunmuştur. Bu bağıntıya göre: UV akısı, artan $P_{yör}$ 'nin çok kuvvetli bir fonksiyonudur ve bu da muhtemelen $\dot{M}$ ile ilişkilidir. Yüksek bir $\dot{M}$ diskin daha fazla UV akısı fakat daha az bir x-ışın akısının yayınlamasına neden olur. Çünkü yüksek $\dot{M}$ da Compton saçılmasını sağlayan optik derinlik artar ve sert x-ışınları gizlenirken beyaz cüce yumuşak bir x-ışın yayınlayıcısı olmaya başlar. Düşük $\dot{M}$ 'li sistemlerin ise, yüksek $\dot{M}$ 'li sistemlere göre daha yüksek F_x / F_{opt} akılarıyla ışıyım yaptıkları görülmektedir [12].

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 bir ısısal bremsstrahlung sıcaklığına sahiptir [13].

Sakin evrede cüce novalarda diskteki yığılma hızı düşüktür ($\dot{M} \leq 10^{16}$ g s⁻¹) ve disk önemli bir x-ışın emisyonuna katkıda bulunmak için çok soğuktur. Ama düşük $\dot{M}$ 'li sistemlerde sert x-ışınları çok kuvvetlidir. Bu sistemler kuvvetli $H\beta$ emisyon çizgileri ve daha büyük F_x / F_{opt} oranı gösterirler. Düşük yığılma hızlarında sınır tabakanın yoğunluğu ve optik derinliği düşüktür ve kendini yeterince soğutamaz [13].

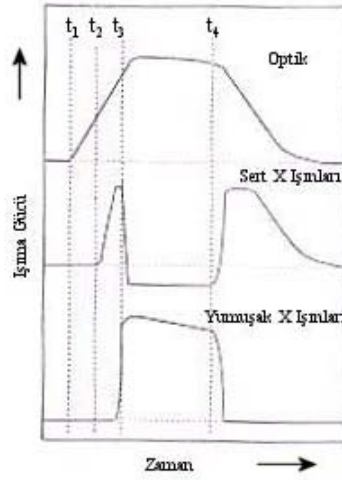
Böylece enerjisini uzaklara yayınlayarak yüksek sıcaklıklara ($\sim 10^8$ K) ulaşır. Bu cisimlerden gelen x-ışınlarında $1 - 20$ keV'lik ısısal bremsstrahlung hakim olmalıdır. Standart yığılma teorisine göre, yığılan maddeden gelen çekimsel enerji, diskten ve sınır tabakadan kabaca eşit olarak ortaya çıkmalıdır. X-ışın gözlemleri, x-ışın ışıma gücünün gerçekte teorik olarak beklenenden daha düşük olduğunu göstermektedir. Bir açıklama şöyledir: Altta yatan soğuk yığılma

diskinin üzerinde şekillenen sıcak bir korona, beyaz cücenin etrafındaki iç disk buharlaşmasına yol açar. Korona yoluyla kütle kaybı $10^{-11} M_{\odot}/\text{yıl}$ mertebesinde dir. X-ışınları başlıca, beyaz cücenin etrafındaki yoğun ısısal sınır tabakadan ve kısmen de disk üzerindeki koronadan kaynaklanır (Şekil 2.10) [13].



Şekil 2.10. Sıcaklığa göre emisyon ölçümünün dağılımı

Kütle transfer hızının bir fonksiyonu olarak x-ışını yayınlayan gazın özellikleri hakkındaki bilgi cüce novaların patlama dönemlerindeki gözlemlerinden sağlanır. Yüksek yığılma hızlarında sınır tabaka optik olarak kalın olmaya başlar ve enerjisinin çoğunu 10^5 K civarındaki sıcaklıklarda yayınlar. Bir cüce nova patlaması sırasında sert x-ışınları başlangıçta yükselir (genellikle optik patlamanın başlamasından 1 gün sonraya kadar olan bir gecikme ile başlar) fakat sonra patlamanın sonuna kadar bastırılır. Patlamanın sonunda tekrar yükselir. (Benzer şekilde yüksek $\dot{M}$ 'ya (ve böylece yüksek yığılma ışıma gücü) sahip nova benzeri kataklizmik değişenlerin düşük L_x , x-ışın ışıma güçleri, vardır.) Diğer taraftan yumuşak x-ışın akıları cüce nova patlamaları sırasında oldukça zenginleşir, fakat yine optik patlamaya göre bir miktar gecikme ile olur. (Şekil 2.11). Cüce nova patlamaları için yapılan çeşitli modeller optik ve morötesi akısındaki azalmanın, disk dış kenarında başlayan ve beyaz cüceye yakın iç kenarında biten, bir yığılma disk soğumasından kaynaklandığı konusunda birleşirler. Bu nedenle optik patlamanın 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 [13].



Şekil 2.11. Bir patlama süresince SS Cygni'nin optik, yumuşak x-ışını (< 0.5 keV) ve sert x-ışını (> 1 keV) şiddeti

X-ışın tayfsal eğrilerinden çıkarılan hidrojenin soğurma kolon yoğunlukları genellikle $10^{20} - 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ aralığında bulunmuştur. Düşük kolon yoğunluğu yıldızın uç morötesi (EUV; extreme ultraviolet) ve yumuşak x-ışın bölgesinde daha iyi çalışılmasına olanak verir.

0.5 - 2.5 keV aralığı içindeki x-ışın tayfsal akı dağılımı çoğu kataklismik değişen için oldukça benzer görülmektedir. Bununla beraber sistemlerin her biri dönemden döneme, hem ışıma gücünde hem de sıcaklıkta önemli değişiklikler gösterebilirler. Manyetik olmayan kataklismik değişenlerin x-ışın tayfları genellikle 1-5 keV aralığında (bremsstrahlung) sıcaklıklar gösterirler. Sakin evredeki cüce novalar sert x-ışın kaynakları olup, (bremsstrahlung) sıcaklıkları birkaç keV ile yaklaşık 10 keV aralığında değişir. X-ışın tayflarından geçirilen eğrilerdeki sistematik fazlalıklar x-ışın emisyonlarının tek sıcaklığı içeren modellerle iyi uyuşmadığını göstermektedir, bunun yerine düşük ve yüksek $\dot{M}$ 'li kataklismik değişenler belli bir sıcaklık aralığında tanımlanmalıdır. Ayrıca Richman daha büyük küleli beyaz cücesi olan kataklismik değişenlerin, daha yumuşak tayflara sahip olduğunu göstermiştir [14].

$EM = \int n_e^2 dV$ şeklinde tanımlanan emisyon ölçümü (burada n_e elektron yoğunluğu ve V ışınımın salındığı hacimdir) $\dot{M}$ 'nin kuvvetli bir fonksiyonu değildir. Ancak bu büyüklük yüksek eğimli (i) kataklismik değişenler için azalır.

Bu, $i < 70^\circ$ olan kataklismik değişenler için, x-ışın kaynağının diskin dış kısımlarındaki madde tarafından ya da ikincil bileşen tarafından örtülmesinden kaynaklanamaz. EM ve i arasındaki bu ters bağıntı, x-ışınlarının optik olarak ince, oldukça büyük bir hacimden yayınlandığı modellerle uyuşmaz. Diğer taraftan eğer x-ışınları diskin iç kısmından ortaya çıkarsa ve optikçe ince x-ışın kaynağının yükseklik ölçeği diskin kalınlığından çok daha büyük değilse, emisyon ölçümü i eğimi ile ters orantılı olabilir. Yapılan çalışmalar sonucunda yüksek eğimli sistemlerde x-ışın akısının çoğunun yığılma diski tarafından soğurulduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum da yörünge eğimi, i , ile gözlenen x-ışın akısı arasında bir ters bağıntı verir [14].

Sonuç olarak, manyetik olmayan sistemlerde x-ışın emisyonunun en olası kaynağı sınır tabakasıdır. Bu sistemlerde sınır tabaka emisyonu, soğuyan bir plazmanın şok ısıtılmasından kaynaklanmalıdır ve beyaz cücenin yüzeyine inmeden önce yoğunlaşmalıdır. İleride yüksek kaliteli x-ışın tayfları ile manyetik olmayan kataklismik değişenlerde genişlemiş çizgiler, sıcak soğurucular ve foto iyonize plazma emisyonları tespit edilmeye başlanabilir [13].

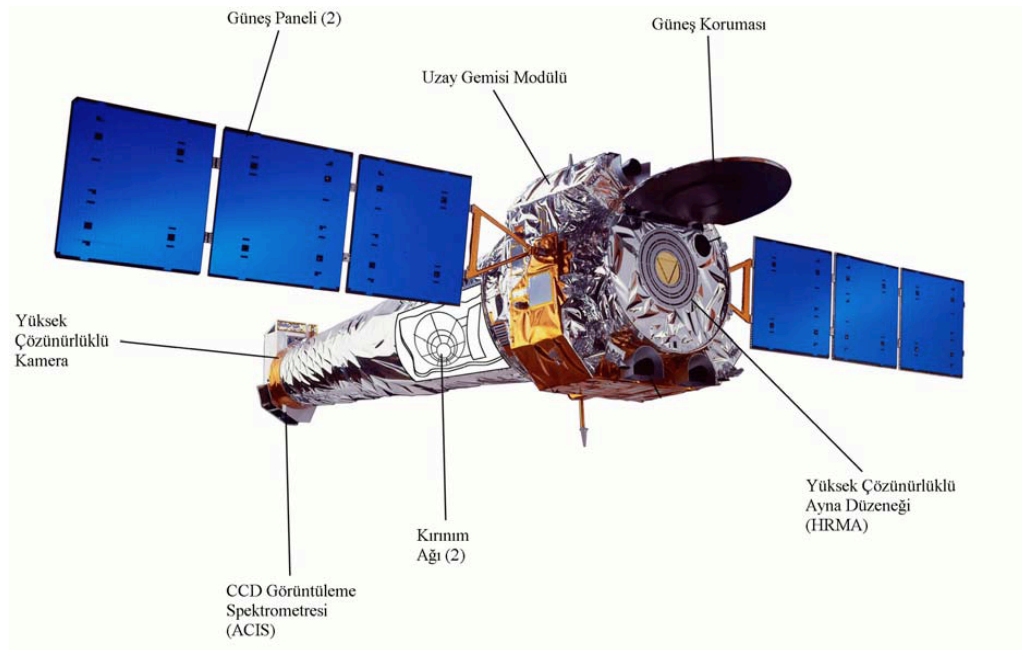
3. YÖNTEM VE TEKNİK

3.1. Kullanılan Uydular

Çalışmada iki adet x-ışını uydusunun veri tabanından faydalanılmıştır. NASA ve ESA tarafından 1999 yılında fırlatılmış olan uydular günümüzde verisi en çok kullanılan uydulardandır. Donanımsal özelliklerinin birbirine benzer olmasından dolayı çalışma kapsamında bu iki uydunun verilerinin kullanılması uygun görülmüştür.

3.1.1. Chandra X-ışın Gözlemevi

Chandra X-ışını Gözlemevi, NASA tarafından 23 Temmuz 1999 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. Chandra, NASA'nın 4 büyük uydu gözlemevi projesinin x-ışını gözlem uydusudur. Uydu, kendinden önceki X-ışını teleskoplarından uzaysal ve spektral çözünürlük bakımından bir kaç mertebe daha kaliteli olmak üzere tasarlanmıştır. Yüksek Çözünürlüklü Ayna Düzenegi (HRMA) sayesinde nokta saçılma fonksiyonu 0.5 yay saniyesi olan görüntüler elde etmek mümkündür.



Şekil 3.1. Chandra uydusunun şematik görünümü

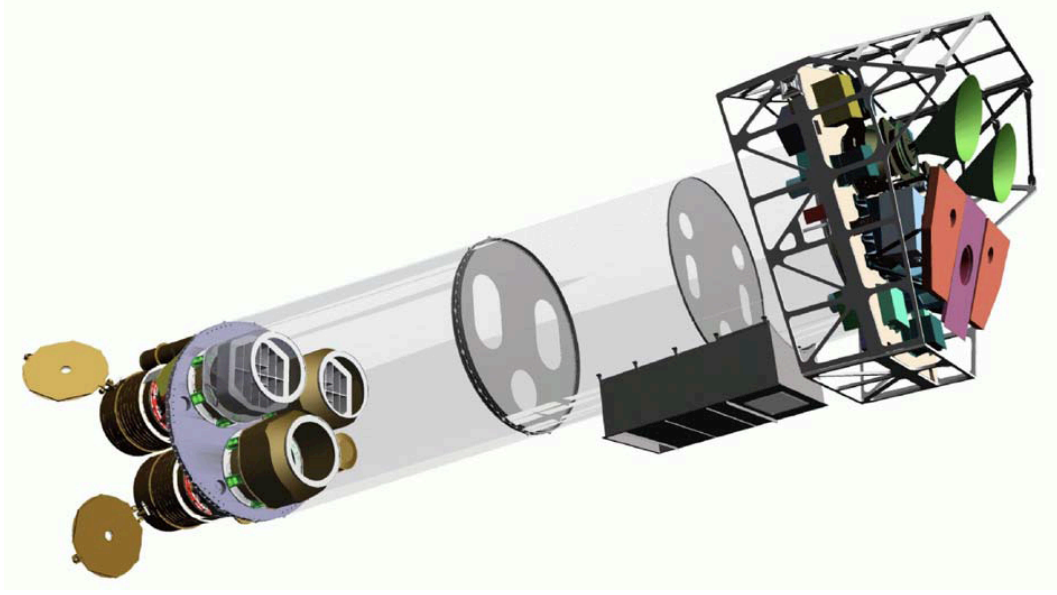
Uydu üzerindeki her iki kırınım ağı kendi enerji aralıklarında (0.1–10.0

keV) önceki detektörlerden (ROSAT uydusu gibi) yaklaşık 500 kat daha yüksek spektral çözünürlüklü ($\sim 0.012 \text{ \AA}$) x-ışını tayfları elde etmeye imkan tanır [15, 16].

Chandra uydusu üzerindeki ana gözlem aracı *Advanced CCD Imaging Spectrometer* (ACIS) dedektörüdür. Detektörün en önemli avantajlarından biri, yüksek uzaysal çözünürlüklü ($\sim 0''.5$) görüntüler ile orta spektral çözünürlüklü ($E/\Delta E \sim 20-50$) spektrumların eş zamanlı olarak alınabilmesidir. Detektör *Yüksek Enerji Kırınım Ağı* (High Energy Transmission 23 Grating, HETG) ile eş zamanlı olarak da kullanılabilir. Bu durumda kırınım ağında dalga boylarına ayrılan fotonlar, detektör üzerinde farklı piksellerce algılanarak, kaynaklara ait yüksek çözünürlüklü spektrumlar oluşturulur. ACIS önden aydınlatmalı 8 ve arkadan aydınlatmalı 2 x-ışını CCD'sinden oluşur. Bu CCD'ler poz-sürelili (*Timed Exposure*) ve sürekli okuma (*Continuous Clocking*, CC) modu olarak iki farklı modda çalıştırılabilirler. Poz-sürelili modda; 0.2–10 saniye poz süreleri arasında bir seçim yapılabilir. Tüm CCD'lerin kullanılması durumunda normal bir poz süresi 3.2 saniyedir. Sürekli okuma modunda ise, zamansal çözünürlüğü arttırmak için CCD'ler üzerinde 1 piksel kalınlığında 1024 piksel boyunda bir şerit boyunca gelen fotonlar okunur. Böylece gözlemin zamansal çözünürlüğü 3 milisaniyeye kadar düşürülebilir. Chandra X-ışını gözlemevi hakkında ayrıntılı bilgi web adresinden alınabilir [15, 16].

3.1.2. XMM-Newton Uydusu

Kamera ve ayna sistemleri şematik olarak Şekil 3.2' Sağ üstte (yeşil ile) EPIC-MOS, mor ile EPIC-pn ve bordo renk ile RGS CCD'leri gösterilmiştir. Sol altta ise ayna sistemleri görülmektedir. XMM-Newton uydusu 10 Aralık 1999 yılında Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından uzaya fırlatılmıştır. Uydu üzerinde her biri eş zamanlı çalışabilen 4 detektör bulunmaktadır. *European Photon Imaging Camera* (EPIC), *MOS* ve *pn* isimli iki farklı türde CCD'ye sahiptir. Bu iki detektör orta çözünürlükte ($E/\Delta E \sim 20-50$) spektrum elde edebilmek, x-ışını fotometresi ve görüntüleme amacıyla eş zamanlı olarak kullanılabilir. EPIC'e ek olarak *Reflection Grating Spectrometer* (RGS) yüksek çözünürlüklü X-ışın spektrumları elde etmek için tasarlanmış bir kırınım ağı spektrometredir.



Şekil 3.2. XMM-Newton uydusunun teleskop modülünün şematik bir gösterimi

XMM-Newton uydusu üzerinde *Optical Monitor* (OM) isimli bir de morötesi/optik detektör bulunmaktadır. Bu 2 metre odak uzunluklu, 30 cm çaplı teleskop sayesinde, eş zamanlı optik ve x-ışını gözlemleri yapılabilmektedir. EPIC-pn, uydu üzerindeki en büyük foton toplama alanına sahip detektördür. Yüksek foton toplama kabiliyeti sayesinde XMM-Newton uydusu, Sinyal/Gürültü oranı çok yüksek x-ışını spektrumları elde etmek için ideal bir araçtır [15, 17].

EPIC-pn detektörleri çeşitli modlarda çalıştırılabilirler. Zamansal çözünürlüğü en düşük mod (73ms) olan *Full frame modu*'nda CCD'ler üzerindeki tüm pikseller okunur. Küçük pencere (Small Window) modunda ise sadece tam odaktaki CCD'nin bir kısmı okunur. AXP ve YGY gibi nokta kaynaklar için bu mod sıkça kullanılır çünkü, aynı zamanda yüksek zamansal çözünürlükte (6 ms) gözlemler elde edilmiş olur. En yüksek zaman çözünürlüklü mod olan *Timing mode*'da (zamanlama modu) ise Chandra'dakine benzer olarak tek bir piksel boyutunda bir piksel kolonu yüksek zaman çözünürlüğünde okunur (0.03 ms). XMM-Newton uydusu ile ilgili detaylı bilgi, uydunun resmi internet sitesinden elde edilebilir [15, 17].

3.2. Verilerin Elde Edilmesi

Çalışma da XMM-Newton ve Chandra x-ışını uydularının gözlem verileri kullanılmıştır. Sistemlerin belirlenmesi için HEASARC'tan elde edilen Ritter ve Kolb'un düzenlemiş olduğu Katakлизмik Değişenler Kataloğu [18] referans alınmıştır. Katalog içerik olarak katakлизмik değişenlerin alt türleri de dahil olmak üzere toplam 34 tür sistem bulunmaktadır. Katalog, Eylül 2011 tarihi itibari ile toplam 1383 katakлизмik değişen içermektedir. Çalışmada incelenen 12 yıldız, kataloğun kademeli olarak elenmesinden oluşturulmuştur.

Sistemlerin elenme sürecinde, önce tüm yıldızlar Chandra uydusu gözlem veri tabanında [19] ve XMM-Newton uydusu gözlem veri tabanında [20], hem koordinatları hemde isimleri ile ayrı ayrı taranmıştır. Bu farklı iki taramanın nedeni; bazen sistem koordinatta görünmeyip isim olarak yada tam tersi şeklinde karşımıza çıkabilmektedir. Bu kaybı önlemek amacı ile her iki yönden tarama yapılmıştır. Yıldızların taranmasının ardından, her sistemin hangi uyduda kaç gözlemi bulunduğu, bu gözlemlerin tarihleri ve gözlem numaraları tespit edilmiştir. Belirlenen gözlem tarihlerinin her biri, ayrıca Julian tarihine çevirilmiştir. İlk elemelerde, her iki uyduda da verisi bulunmayan sistemler katalogdan elenmiş, geriye kalan sistemler ikinci elemeye tabi tutulmuştur. İkinci eleme de herhangi bir uyduda sadece bir adet verisi olan sistemler de katalogdan kaldırılmıştır. Bunun nedeni, sistemin tek veri ile patlama, durulma veya geçiş dönemlerindeki davranışların incelenemeyecek olmasındandır.

Sistemlerin birden fazla gözleminin olması koşulunda, uyduların farklı olması aranmamış, bir sistem tek bir uydu ile birden fazla gözleme sahipse katalogdan elenmemiştir. Elemelerden sonra, geriye cüce nova, nova, nova benzeri, hızlı nova, yavaş nova, tekrarlayan nova ve süper yumuşak x-ışını kaynağı türlerinden toplam 79 sistem kalmıştır. Kalan sistemler arasından en fazla ortak gözleme sahip türlerin 13 adet cüce nova, 28 adet nova benzeri ve 6 adet hızlı nova olduğu görülmüştür. Ortak gözlemlere dayanarak, eldeki 79 yıldızdan 32 tanesi daha elenmiş, geriye 47 sistem kalmıştır.

Eleme sürecini oluşturan en önemli kısım, son eleme aşamasıdır diyebiliriz. Bu basamakta Chandra ve XMM uydularına ait gözlemlerden, TGCat [21] ve BIRD [22] veri tabanlarında kayıtlı olmayan gözlemler bu çalışma için

oluşturulan veri tabanından çıkarılmıştır. Ayrıca akıların karşılaştırılabilir olmaları için, geriye kalan yıldızlardan Chandra'nın sadece HETG gözlemi olanlar kullanılabilir. Bunun nedeni, BIRD ve TGCat için ortak birimin $\text{Photons.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{\AA}^{-1}$ olmasıdır. Chandranın LETG gözlemlerinde bu birimi kullanabilmemiz teknik açıdan mümkün olamamaktadır. Son eleme ile 13 cüce novadan 7 tanesi, 28 nova benzeri sistemden 3 tanesi ve 6 hızlı novadan da 2 tanesi seçilmiştir.

Gözlemlere ait önceden belirlenmiş julian tarihleri kullanılarak, her sistemin gözlem tarihlerindeki ışık eğrileri, AAVSO [23] veri tabanından edinilmiş ve yıldızın o tarihte hangi evrede olduğu belirlenmiştir. Oluşturulan ışık eğrileri, yıldızların bilgilerine eklenmiştir. Sistemin evre durumu belirlendikten sonra gözlemlere ait x-ışını akıları, XMM-Newton uydusu için BIRD, Chandra uydusu için TGCAT aracılığı ile elde edilmiştir.

TGCat aracı ile akı grafiği çıkarılırken çizim kontrol aracında kullanılan değerler Şekil 3.4. de gösterilmektedir.

Şekil 3.3. Chandra TGCat akı çizimi için kullanılan değerler

Her iki akı çizim aracının da uygun olabilmesi için, grafikler lineer olarak çizdirilmiştir. BIRD için grafiklerin daha okunabilir olması amacı ile *Smooth* değeri 4 olarak girilmiştir. XMM-Newton uydusu gözlem verilerinde kullanılan akı çizim aracı BIRD için kullanılan değerler Şekil 3.5’de verilmiştir.

xmin		xmax		xlog	☐	Wavelength	☒	Smooth	4	Pixels Bin		S2N Bin	
ymin		ymax		ylog	☐	Error bars	☐	NH		Y type	Photons	Replot	Print

Şekil 3.4. XMM-Newton BIRD akı çizimi içi kullanılan değerler

İncelenen 12 yıldızın 16 Chandra ve 23 XMM-Newton gözlemlerinin BIRD ve TGCat araçları ile elde edilen eş değer grafikleri, grafik tasarım programı photoshop ile birleştirilmiş ve tüm gözlemler bir araya toplanmıştır. X-ışın akı grafikleri, yatay eksen dalga boyu, dikey eksen Photons.cm⁻².s⁻¹.Å⁻¹ olacak şekilde hazırlanmış, lineer photoshop dosyasında toplanmıştır. Bu işlem sırasında eksene uymayan grafikler lineer olarak büyütülüp yada küçültülerek eksene uyması sağlanmıştır. Dikey olarak kullanılan eksen, 10⁻³ ve 10⁻⁴ mertebelerinde olmak üzere iki tanedir. Am Her, EX Hya, GK Per yıldızları 10⁻³ mertebesinde hazırlanan eksene, diğer geri kalan 9 yıldız da 10⁻⁴ mertebesinde hazırlanan eksene yerleştirilmiştir.

3.3. Veriler

X-ışını akı grafiklerindeki pik değerleri K. Mukai ve arkadaşlarının 2003 yılındaki çalışmasından “Two Types of X-Ray Spectra in Cataclysmic Variables” isimli makalesi referans alınmıştır [24]. Elementlere ait dalga boyu ve enerji değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu değerler TGCat aracında bulunmakta, fakat BIRD’de bulunmamaktadır. Bu nedenle elementlere ait yoğunluklar XMM gözlem verilerinde bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. çalışmada incelenen elementlere ait dalga boyu ve enerji değerleri

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)
Fe XXV	1.85	6.66
S XVI	4.75	2.62
S XV	5.07	2.45
Si XIV	6.17	2.00
Si XIII	6.70	1.86
Mg XII	8.40	1.47
Mg XI	9.25	1.35
Ne X	12.15	1.02
Ne IX	13.60	0.90
Fe XVII	15.02	0.82
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77
O VII / Fe XVII	17.075	0.72
O VIII	18.97	0.65
O VII	21.85	0.56
N VII	24.78	0.50

Çalışmada kullanılan grafikler x-ışınlarının dalga boyları şeklinde olsa da, fikir vermesi ve karşılaştırılma yapılabilmesi açısından, Çizelge 3.1.'de dalga boylarına karşılık gelen enerji değerleri de verilmiştir [25].

Çalışmada ele alınan sistemlerin Chandra ve XMM-Newton uydularına ait gözlem numarası, gözlem tarihi ve gözlem süresi Çizelge 3.2'de yer almaktadır. Çalışmanın bu aşamasında 12 sistemden, 16 adet Chandra gözlemi ve 23 adet XMM-Newton gözlemi olmak üzere toplam 39 gözlem incelenmiştir. Bu gözlemlerden 5 tanesinin patlama evresinde, 14 tanesinin sakin evrede, 9 tane sakin evreden patlama evresine geçişte ve 9 tanesinin de patlama evresinden sakin evreye geçişte olduğu belirlenmiştir. Gözlemlerden 2 tanesinin evresi veri yetersizliği nedeni belirlenememiştir. XMM Newton uydu gözlemi sayısı daha çok gibi görünse de, incelenen 12 yıldızın, Chandra'ya ait gözlemlerin toplam gözlem süresi 293.426 saat iken, XMM-Newton gözlemlerinin toplam gözlem süresi 137.4773 saattir.

Çizelge 3.2.'de incelenen 12 sistemin 39 gözlem verisinin iki uydu için gözlem numaraları, gözlem tarihi ve gözlem süreleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. İncelenen sistemlere ait gözlem bilgileri

İsim	Chandra gözlem numarası	Gözlem Tarihi (gün/ay/yıl)	Gözlem Süresi (saat)	XMM gözlem numarası	Gözlem Tarihi (gün/ay/yıl)	Gözlem Süresi (saat)
SS Cyg	646	24.08.2000	13.151	111310201	05.06.2001	4.05
	648	14.09.2000	16.542	-	-	-
	2307	12.09.2000	10.159	-	-	-
U Gem	647	29.11.2000	26.402	110070401	13.04.2002	6.491
	3767	26.12.2002	17.051	-	-	-
AB Dra	-	-	-	111970201	23.04.2002	-
	-	-	-	111971401	02.06.2002	-
	-	-	-	111971601	06.10.2002	-
V426 Oph	2671	30.05.2002	12.485	306290101	04.03.2006	10.416
OY Car	-	-	-	099020301	29.06.2000	19.736
	-	-	-	128320301	07.08.2000	6.642
	-	-	-	128320401	07.08.2000	0.926
QZ Vir	-	-	-	111971501	01.06.2002	2.295
	-	-	-	111970701	01.06.2002	3.7073
SU Uma	2680	13.04.2002	13.585	111970801	05.05.2002	4.135
	3478	12.04.2002	6.518	-	-	-
AM Her	3769	15.08.2003	7.173	305240101	19.07.2005	2.944
BY Cam	-	-	-	148590201	30.08.2003	6.944
	-	-	-	148590301	31.08.2003	3.333
	-	-	-	148590401	01.09.2003	3.888
	-	-	-	148590501	02.09.2003	5.555
	-	-	-	148590701	04.09.2003	4.388
	-	-	-	148590801	05.09.2003	4.638
	-	-	-	148590901	13.10.2003	3.333
EX Hya	1706	18.05.2000	16.43	111020101	01.07.2000	17.764
	7449	13.05.2007	35.706	-	-	-
	7450	18.05.2007	44.531	-	-	-
	7451	21.05.2007	41.833	-	-	-
	7452	17.05.2007	13.638	-	-	-
V4743 Sgr	-	-	-	204690101	01.10.2004	6.527
	-	-	-	304720101	29.03.2006	9.861
GK Per	3454	27.03.2002	8.773	-	-	-
	3455	09.04.2002	9.449	-	-	-

4. İNCELENEN YILDIZLAR

4.1. SS CYGNI (SS Cyg)

Ritter ve Kolb'un oluşturduğu kataklismik değişenler kataloğunda, cüce novaların U Gem sınıfında yer alan sistem, çalışmada ele alınan yıldızlar arasında da en yüksek yörünge peryoduna sahip üçüncü ve parlaklık olarak da 1. sıradadır. Çizelge 4.1'de sistemin genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. SS Cyg sisteminin genel özellikleri [18]

ra	325.6779
dec	43.5861
Tür1	CN
Tür2	UG
Tür3	-
Spectral Tür	K4-5/5
Yörünge Peryodu (saat)	6.60312
Mag1	11.2
Mag2	12.1
Mag3	8.2
<i>i</i> (deg)	51
Tutulma	-
m1 ($M_{\odot}$)	0.81
m2 ($M_{\odot}$)	0.55
Kütleler Oranı	1.50

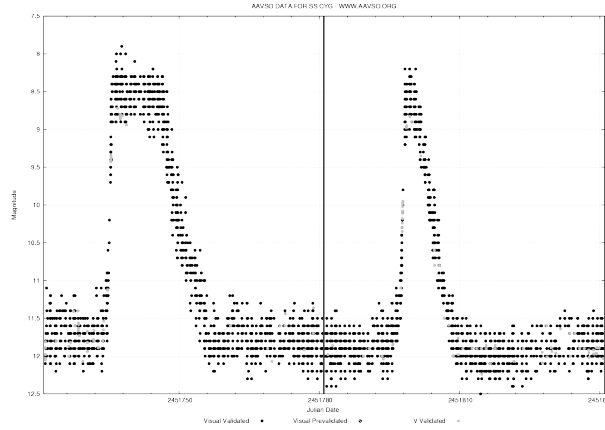
Chandra ve XMM-Newton uydularının gözlem veri tabanlarında yıldıza ait 4 gözlem belirlenmiştir. Gözlemlerden XMM-Newton uydusuna ait gözlem süresi diğerlerine göre çok daha kısadır. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.2.'den görülebilir.

Çizelge 4.2. SS Cyg sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	646	13.151	24.08.2000	2451781	E(S)
Chandra	2307	10.159	12.09.2000	2451800	E(P)
Chandra	648	16.542	14.09.2000	2451802	E(P) - E(S)
XMM	111310201	4.05	05.06.2001	2452066	E(S)

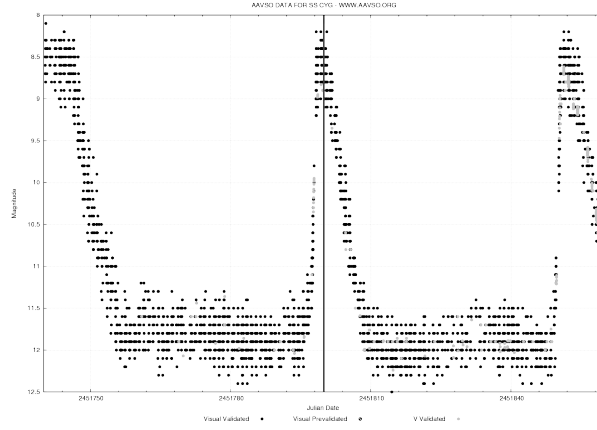
Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur. Sistemin patlama evresi yaklaşık 60 gün civarında olduğundan, ışık eğrileri oluşturulurken, yapılan sorgulama gözlem tarihinden 60 gün öncesini ve 60 gün sonrasını kapsamaktadır.

24.08.2000 tarihinde Chandra uydusu ile yapılmış olan 646 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisi Şekil 4.1’de görülmektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu görülmektedir ve Çizelge 4.2.’ye eklenmiştir.



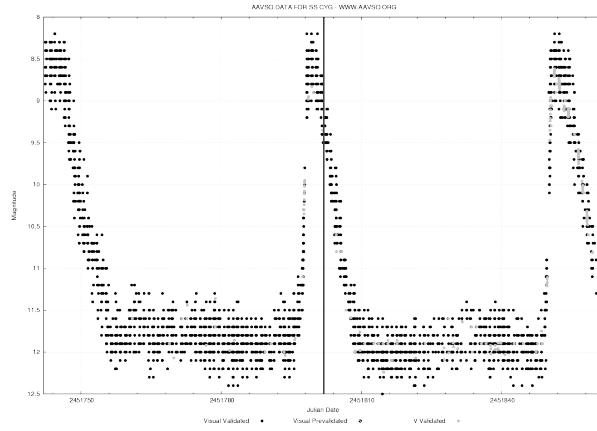
Şekil 4.1. 2451781 tarihindeki Chandra uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.2., Chandra uydusu ile 12.09.2000 tarihinde yapılmış olan 2307 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlama evresinde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.2. ye eklenmiştir.



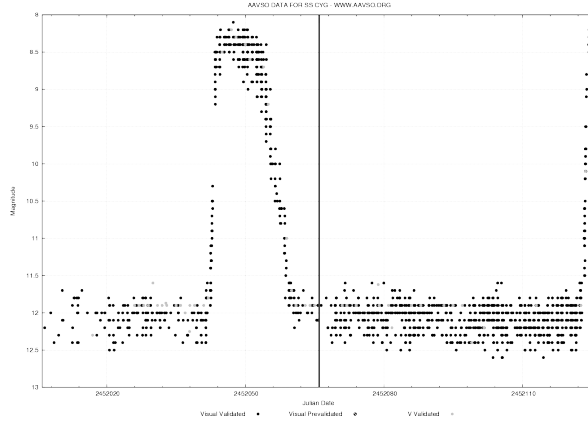
Şekil 4.2. 2451800 tarihindeki Chandra uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.3., Chandra uydusu ile 14.09.2000 tarihinde yapılmış olan 648 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlama evresinden sakin evreye geçişte olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.2.'ye eklenmiştir.



Şekil 4.3. 2451802 tarihindeki Chandra uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

05.06.2001 tarihinde XMM Newton uydusu ile yapılmış olan 111310201 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisi Şekil 4.4'te verilmiştir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.2.'ye eklenmiştir.



Şekil 4.4. 2452066 tarihindeki XMM uydusuna ait SS Cyg sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Çizelge 4.2. deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve spektrum verileri TGCat'den alınmıştır. Çizelge 4.3., Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5.'te belirlenen gözlemlere ait spektrum değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.3. 646 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.5525e-2	7.4316e-4	7.9346e-12
S XVI	4.75	2.62	2.2919e-2	4.0642e-4	1.6973e-12
S XV	5.07	2.45	2.9213e-2	5.5021e-4	2.1505e-12
Si XIV	6.17	2.00	8.4915e-2	5.8829e-4	1.8912e-12
Si XIII	6.70	1.86	1.0067e-1	6.5046e-4	1.9284e-12
Mg XII	8.40	1.47	4.6830e-2	3.3742e-4	7.9675e-13
Mg XI	9.25	1.35	8.3267e-2	7.5820e-4	1.6275e-12
Ne X	12.15	1.02	1.9940e-2	3.9768e-4	6.5022e-13
Ne IX	13.60	0.90	2.9403e-2	1.0157e-3	1.4840e-12
Fe XVII	15.02	0.82	8.0267e-3	3.3806e-4	4.4749e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	5.2596e-3	2.9357e-4	3.6429e-13
O VII /Fe XVII	17.075	0.72	5.0484e-3	3.7503e-4	4.3630e-13
O VIII	18.97	0.65	6.2102e-3	8.3632e-4	8.7538e-13
O VII	21.85	0.56	4.8583e-3	1.3557e-3	1.2336e-12
N VII	24.78	0.50	9.7166e-4	2.7521e-4	2.2038e-13

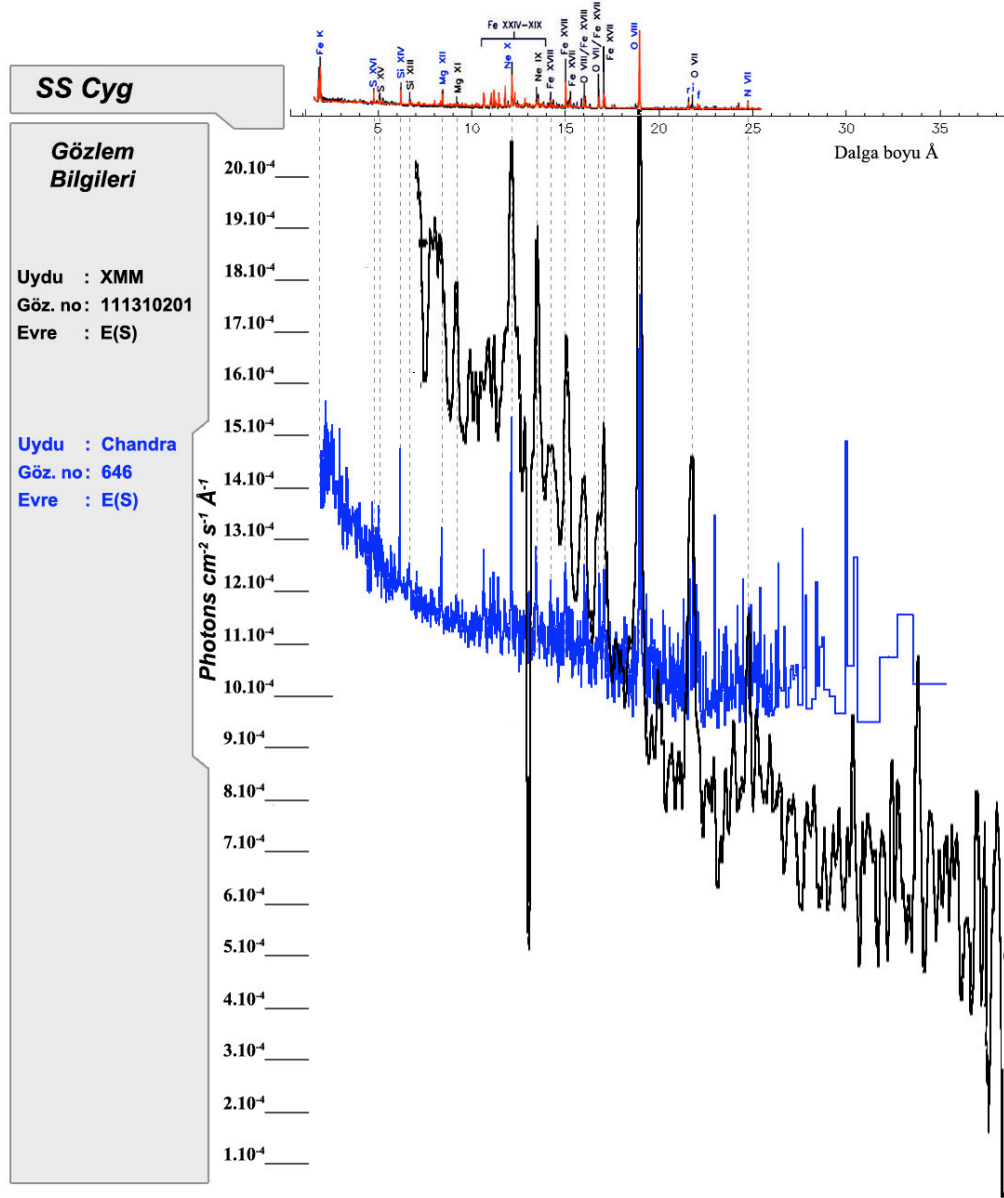
Çizelge 4.4. 648 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	7.2400e-3	3.4655e-4	3.7013e-12
S XVI	4.75	2.62	6.5681e-3	1.1898e-4	4.9675e-13
S XV	5.07	2.45	9.4742e-3	1.7960e-4	7.0273e-13
Si XIV	6.17	2.00	3.0657e-2	2.1207e-4	6.8154e-13
Si XIII	6.70	1.86	3.7645e-2	2.5083e-4	7.4468e-13
Mg XII	8.40	1.47	1.5303e-2	1.0195e-4	2.4083e-13
Mg XI	9.25	1.35	2.8574e-2	2.6760e-4	5.7506e-13
Ne X	12.15	1.02	7.2736e-3	1.4606e-4	2.3872e-13
Ne IX	13.60	0.90	1.5051e-2	5.1922e-4	7.6005e-13
Fe XVII	15.02	0.82	4.6699e-3	1.8615e-4	2.4642e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	2.4021e-3	1.3611e-4	1.6896e-13
O VII /Fe XVII	17.075	0.72	3.3428e-3	2.4762e-4	2.8804e-13
O VIII	18.97	0.65	4.1492e-3	5.3799e-4	5.6320e-13
O VII	21.85	0.56	5.3922e-3	1.4883e-3	1.3594e-12
N VII	24.78	0.50	4.3675e-4	1.2683e-4	1.0154e-13

Çizelge 4.5. 2307 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

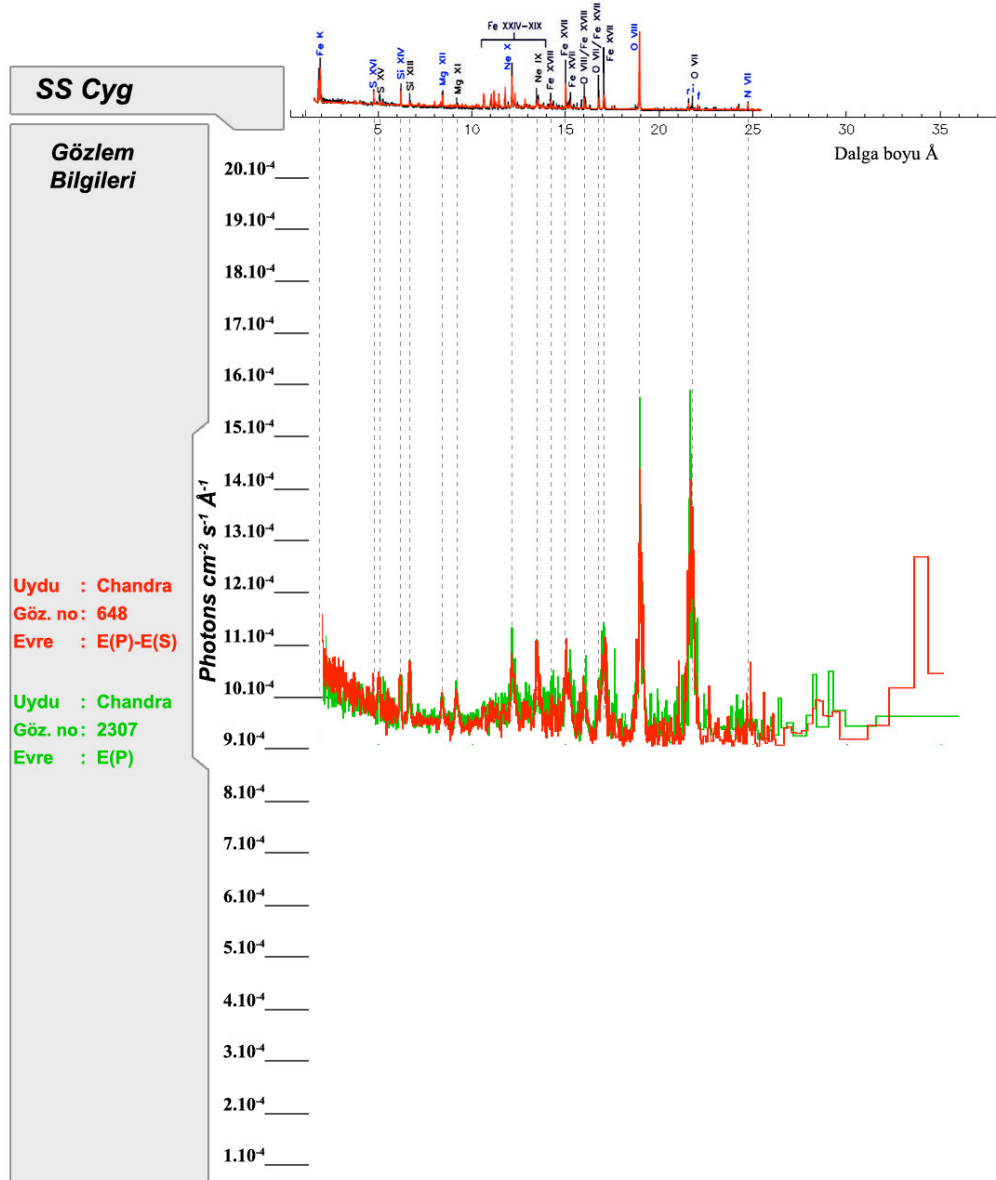
Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	5.1954e-3	2.4706e-4	2.6356e-12
S XVI	4.75	2.62	5.3048e-3	9.6112e-5	4.0133e-13
S XV	5.07	2.45	7.9845e-3	1.5152e-4	5.9264e-13
Si XIV	6.17	2.00	2.5239e-2	1.7486e-4	5.6225e-13
Si XIII	6.70	1.86	3.7899e-2	2.5121e-4	7.4547e-13
Mg XII	8.40	1.47	1.5121e-2	1.0064e-4	2.3769e-13
Mg XI	9.25	1.35	2.7043e-2	2.5329e-4	5.4437e-13
Ne X	12.15	1.02	7.7384e-3	1.5524e-4	2.5383e-13
Ne IX	13.60	0.90	1.3645e-2	4.7083e-4	6.8913e-13
Fe XVII	15.02	0.82	4.3477e-3	1.7333e-4	2.2947e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	2.8438e-3	1.6136e-4	2.0024e-13
O VII /Fe XVII	17.075	0.72	3.5000e-3	2.5880e-4	3.0110e-13
O VIII	18.97	0.65	4.7305e-3	6.1322e-4	6.4182e-13
O VII	21.85	0.56	6.2345e-3	1.7166e-3	1.5681e-12
N VII	24.78	0.50	2.7344e-4	7.8775e-5	6.3118e-14

SS Cyg'nin sakin evre dönemlerinde alınmış gözlem verisinin analizi sonucunda sistemin sakin evresindeki sert x-ışınlarının daha baskın olduğu ortaya koyulmuştur. (Şekil 4.5.) Diğer cüce nova sistemlerinin sakin evrelerinde de ortak olarak gözlenen eğim, SS Cyg'de de bulunmaktadır. Spektrumda, elementlerin temel durumdaki yoğunluklarının kendi iyonlarından daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. SS Cyg sisteminin 111310201 ve 646 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

Sistemin patlama evresinde alınan gözlem verilerini gösteren Şekil 4.6., x-ışını akı değerlerinin orantılı bir hal aldığını göstermektedir. Bu orantı sağlanırken, genel değerin arttığı görülmekte olup bunun yanı sıra elementler ve elementlerin iyonları arasındaki akı farkınında dengelendiği belirlenmiştir. Sert x-ışınlarındaki eğim az da olsa bu evrede de görülmekte.



Şekil 4.6. SS Cyg sisteminin 648 ve 2307 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.2. U GEMINORUM (U Gem)

Cüce novaların U Gem grubunda yer alan sistem, incelenen yıldızlar arasında yüksek i değerine sahip olan 3 sistemden birisidir. Bundan dolayı, tutulma göstermektedir. Sistem U Gem türünde bir cüce nova olsa da, Tür3 ile SU Uma sınıfını da yansıtmaktadır. Çizelge 4.6.'da sistemin genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.6. U Gem sisteminin genel özellikleri [18]

ra	118.7721
dec	22.0017
Tür1	CN
Tür2	UG
Tür3	SU
Spectral Tür	M6/5
Yörünge Peryodu (saat)	4.245744
Mag1	13.9
Mag2	15.5
Mag3	8.6
i (deg)	69.7
Tutulma	1
m1 ($M_{\odot}$)	1.2
m2 ($M_{\odot}$)	0.42
Kütleler Oranı	2.86

Chandra ve XMM-Newton uydularının gözlem veri tabanlarında yıldıza ait 3 gözlem belirlenmiştir. Gözlemlerden XMM-Newton uydusuna ait gözlem süresi diğerlerine göre çok daha kısadır. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin Julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

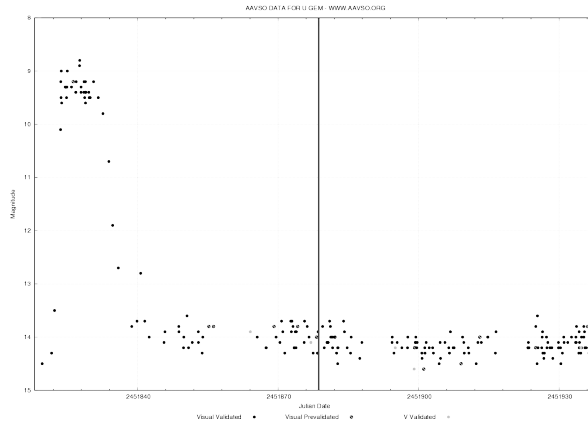
Çizelge 4.7. U Gem sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	647	26.402	29.11.2000	2451878	E(S)
Chandra	3767	17.051	26.12.2002	2452635	E(P)
XMM	110070401	6.491	13.04.2002	2452378	E(S)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere, AAVSO veri tabanından bu tarihlerden önce ve sonraki zamanlara ait ışık eğrileri oluşturulmuştur.

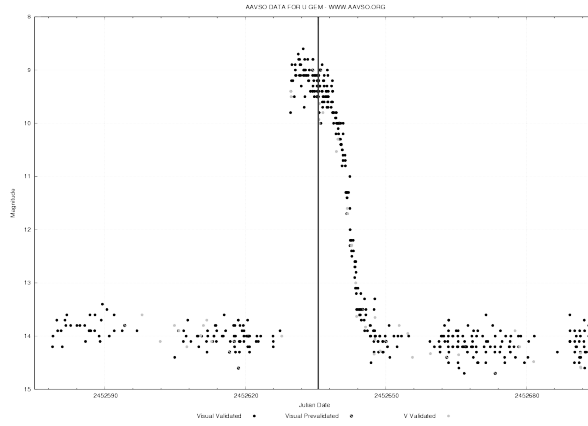
SS Cyg’de olduğu gibi, sistemin patlama evresi yaklaşık 60 gün civarında olduğundan, oluşturulan ışık eğrileri gözlem tarihinden 60 gün önce ve 60 gün sonraki zaman aralığını kapsamaktadır.

29.11.2000 tarihinde Chandra uydusu ile yapılmış olan 647 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisi Şekil 4.7.’de gösterilmektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu tespit edilmiş ve Çizelge 4.7.’ye eklenmiştir.



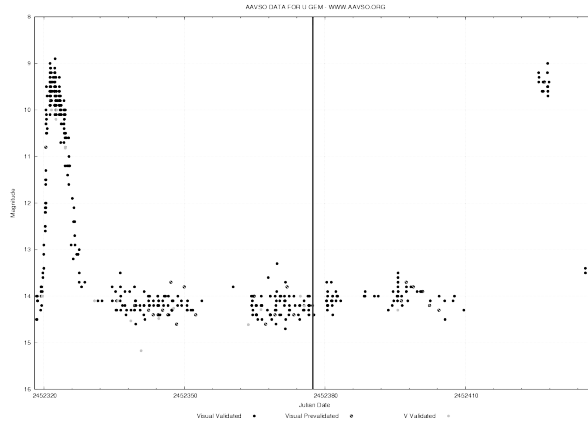
Şekil 4.7. 2451878 tarihindeki Chandra uydusuna ait U Gem sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.8., Chandra uydusu ile 26.12.2002 tarihinde yapılmış olan 3767 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlama evresinde olduğu ortaya koyulmuş ve Çizelge 4.7.’ye eklenmiştir.



Şekil 4.8. 2452635 tarihindeki Chandra uydusuna ait U Gem sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışıık eğrisi [23]

Şekil 4.9. XMM-Newton uydusu ile 13.04.2002 tarihinde yapılmış olan 110070401 nolu gözlemlerde, sistemin görsel bölgedeki ışıık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işıık eğrisi incelendiğinde, sistemin yakın evrede olduğu görülmektedir ve çizelge 4.7.'ye eklenmiştir.



Şekil 4.9. 2452378 tarihindeki XMM uydusuna ait U Gem sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışıık eğrisi [23]

Çizelge 4.7'deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve spektrum verileri TGCat'den alınmıştır. Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9., belirlenen gözlemlere ait spektrum değerleri yer almaktadır.

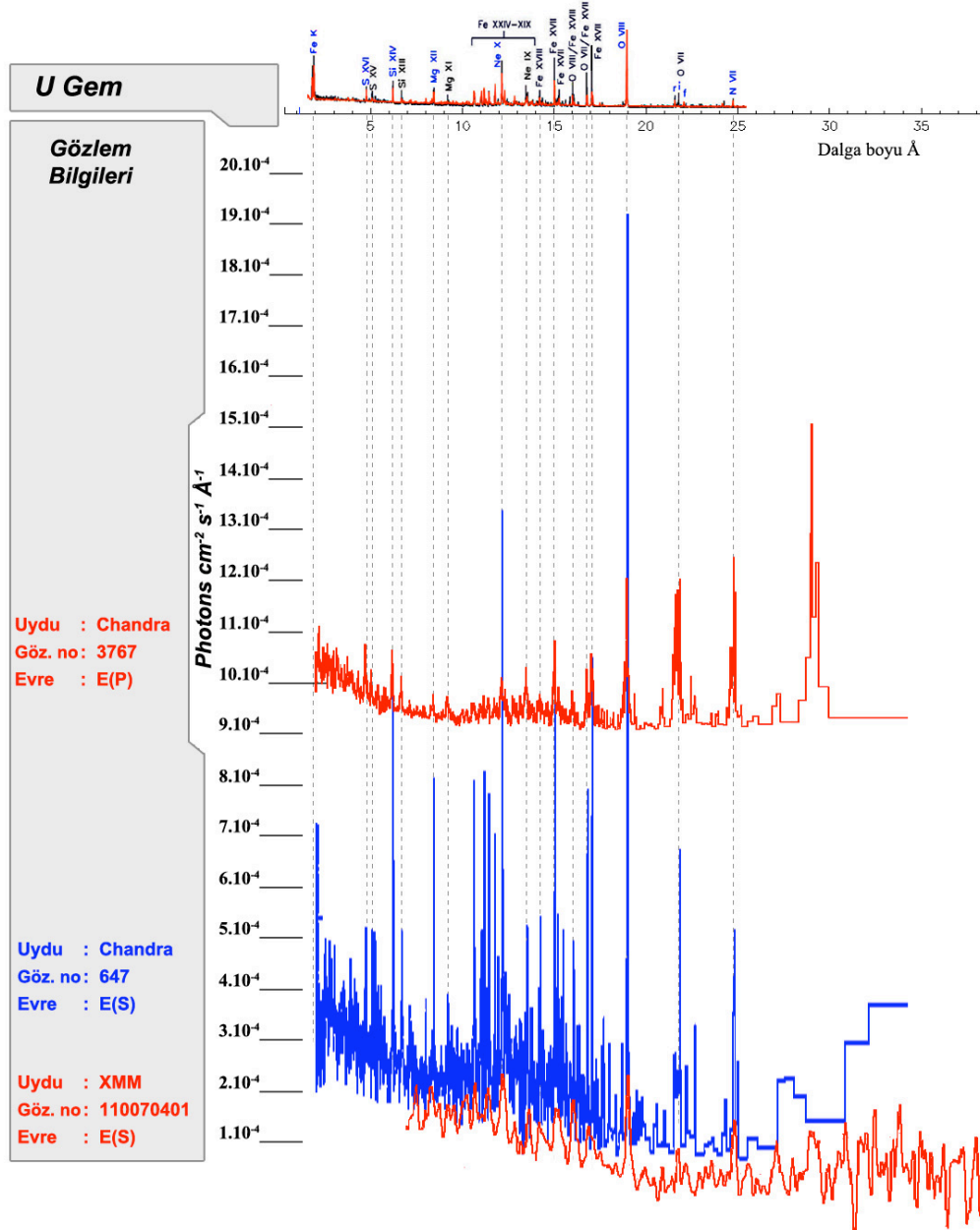
Çizelge 4.8. 647 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.7486e-3	8.3200e-5	8.8733e-13
S XVI	4.75	2.62	1.8540e-3	3.5899e-5	1.5008e-13
S XV	5.07	2.45	2.3175e-3	4.3042e-5	1.6851e-13
Si XIV	6.17	2.00	8.3218e-3	5.9767e-5	1.9211e-13
Si XIII	6.70	1.86	8.9011e-3	5.8331e-5	1.7303e-13
Mg XII	8.40	1.47	6.2887e-3	3.8675e-5	9.1268e-14
Mg XI	9.25	1.35	6.3203e-3	6.8565e-5	1.4720e-13
Ne X	12.15	1.02	2.6651e-3	5.5171e-5	9.0208e-14
Ne IX	13.60	0.90	2.9390e-3	1.0561e-4	1.5439e-13
Fe XVII	15.02	0.82	1.0955e-3	4.8895e-5	6.4687e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	5.0563e-4	2.7388e-5	3.3984e-14
O VII /Fe XVII	17.075	0.72	6.4257e-4	5.0362e-5	5.8619e-14
O VIII	18.97	0.65	6.2150e-4	8.5155e-5	8.9143e-14
O VII	21.85	0.56	3.5815e-4	1.0839e-4	9.8615e-14
N VII	24.78	0.50	1.7907e-4	5.4157e-5	4.3413e-14

Çizelge 4.9. 3767 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	7.5596e-3	3.6290e-4	3.8783e-12
S XVI	4.75	2.62	5.6697e-3	1.0936e-4	4.5668e-13
S XV	5.07	2.45	7.8203e-3	1.4661e-4	5.7328e-13
Si XIV	6.17	2.00	2.2337e-2	1.6099e-4	5.1736e-13
Si XIII	6.70	1.86	2.4031e-2	1.6040e-4	4.7595e-13
Mg XII	8.40	1.47	9.8079e-3	6.2459e-5	1.4749e-13
Mg XI	9.25	1.35	1.2170e-2	1.3842e-4	2.9738e-13
Ne X	12.15	1.02	3.7798e-3	8.5969e-5	1.4054e-13
Ne IX	13.60	0.90	6.9731e-3	2.7795e-4	4.0680e-13
Fe XVII	15.02	0.82	2.5742e-3	1.3185e-4	1.7449e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	1.0590e-3	6.7973e-5	8.4372e-14
O VII /Fe XVII	17.075	0.72	1.7758e-3	1.7139e-4	1.9929e-13
O VIII	18.97	0.65	1.7433e-3	2.9592e-4	3.0967e-13
O VII	21.85	0.56	2.0365e-3	7.9912e-4	7.2958e-13
N VII	24.78	0.50	6.0282e-4	2.5358e-4	2.0320e-13

Şekil 4.10'daki 647 ve 110070401 sahin evrelerine ait x-ışını akısı grafiklerinde ortak olarak gözlenen sert x-ışınlarındaki eğim, burada da görülmekte. Spektrumdaki elementlerin yoğunlukları, kendi iyonlarına göre daha baskındır. Bu durum, patlama evresinde alınan 3767 nolu gözlem verisinde farklı bir hal, almış toplam akı artarken elementlerin ve iyonlarının yoğunluklarının da dengelendiği belirlenmiştir.



Şekil 4.10. U Gem sisteminin 647, 3767 ve 110070401 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısının grafiği [21, 22]

4.3. AB DRACONIS (AB Dra)

Cüce novaların Z Cam grubunda yer alan bir sistem olan AB Dra, incelenen sistemler arasında, gözlem süresi ve gözlem sayısı bakımından düşük verilere sahiptir. Çizelge 4.10.'da sistemin genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.10. AB Dra sisteminin genel özellikleri [18]

ra	297.2771
dec	77.74
Tür1	CN
Tür2	ZC
Tür3	-
Spectral Tür	-
Orbital Peryodu (saat)	3.648
Mag1	14.5
Mag2	14.9
Mag3	12.3
<i>i</i> (deg)	-
Tutulma	-
m1 ($M_{\odot}$)	-
m2 ($M_{\odot}$)	-
Kütleler Oranı	-

Sistemin XMM-Newton uydusundan 3 adet gözlemi olduğu belirlenmiştir. Bulunan gözlemler gözlem süresi bakımından düşüktür fakat tarih aralıkları ve sistemin gözlem zamanlarındaki durumları bakımından önemli verilerdir. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

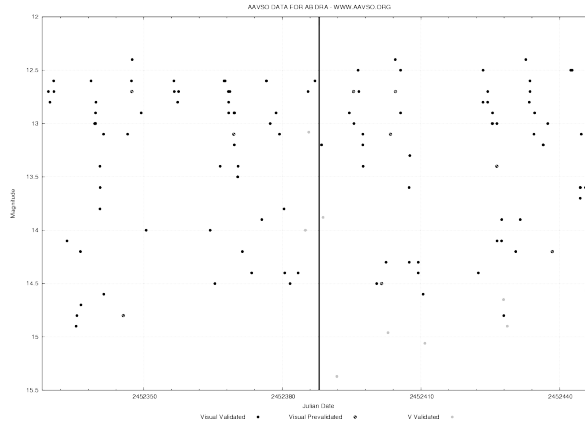
Çizelge 4.11. AB Dra sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
XMM	111970201	3.188	23.04.2002	2452388	E(P)
XMM	111971401	3.105	02.06.2002	2452428	E(S)
XMM	111971601	3.611	06.10.2002	2452554	E(S) - E(P)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere, AAVSO veri tabanından bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur.

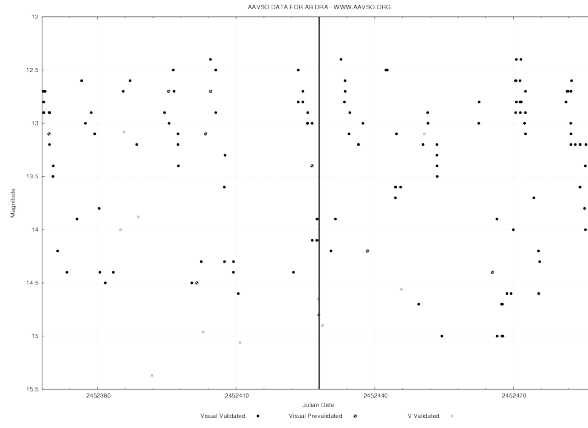
Sistemin patlama evresinin farkedilebilmesi açısından, oluşturulan ışık eğrileri, gözlem tarihinden 60 gün önce ve 60 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.11., XMM-Newton uydusu ile 23.04.2002 tarihinde yapılmış olan 111970201 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden, sistemin patlama evresinde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.11.'e eklenmiştir.



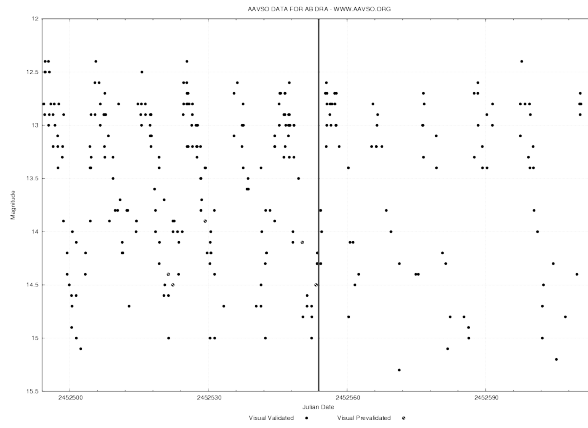
Şekil 4.11. 2452388 tarihinde XMM uydusuna ait AB Dra sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

02.06.2002 tarihinde XMM-Newton uydusu ile yapılmış olan 111971401 nolu gözlemde, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisi Şekil 4.12'de gösterilmektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu tespit edilmiş ve Çizelge 4.11'e eklenmiştir.



Şekil 4.12. 2452428 tarihinde XMM uydusuna ait AB Dra sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

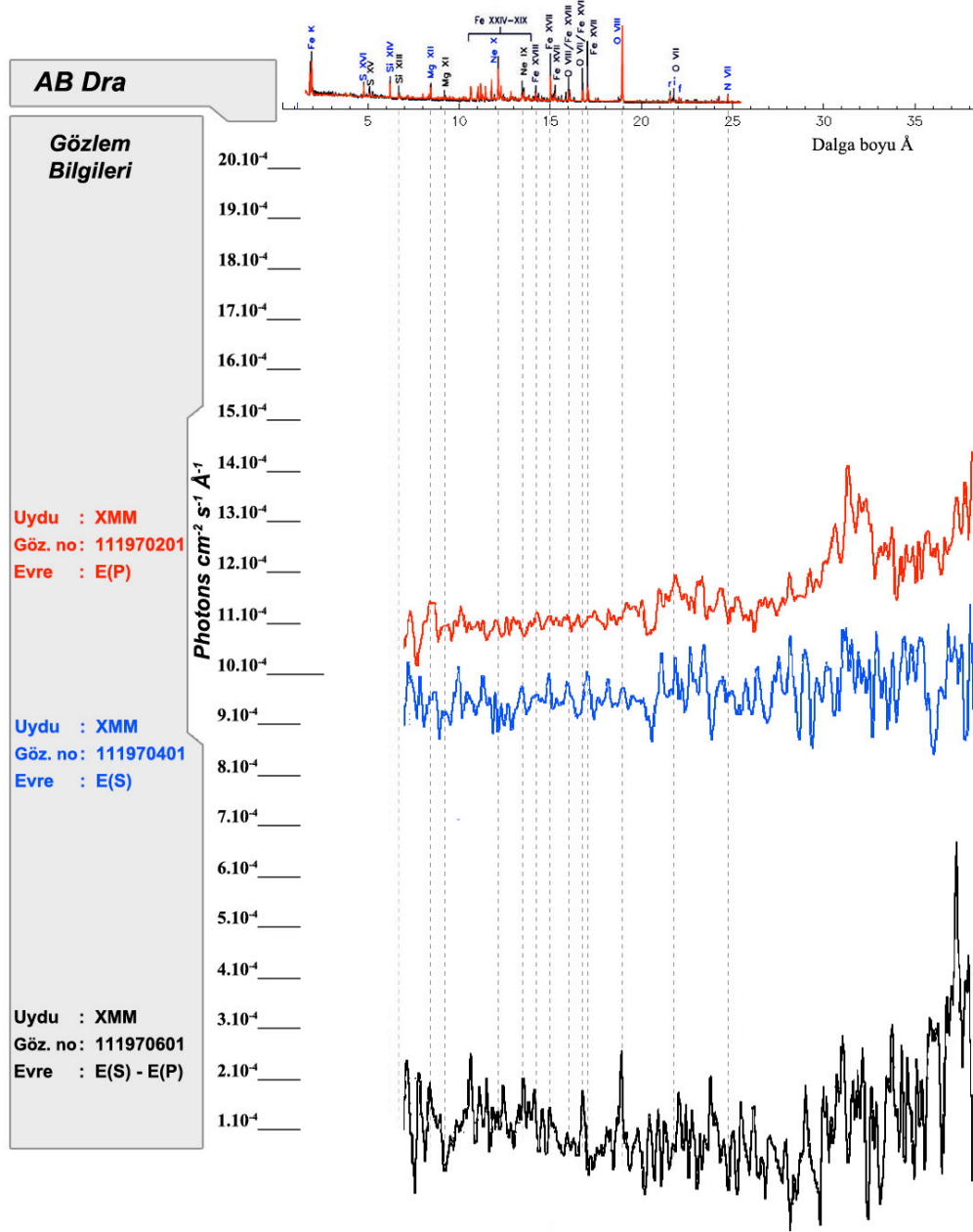
Şekil 4.13, XMM-Newton uydusu ile 06.10.2002 tarihinde yapılmış olan 111971601 nolu gözlemdaki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evreden, patlamaya geçiş evresinde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.11.'e eklenmiştir.



Şekil 4.13. 2452554 tarihinde XMM uydusuna ait AB Dra sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

AB Dra sistemine ait her üç gözlemin de yer aldığı Şekil. 4.14.'te akıllar eğim olarak birbirlerine benzerken, akı yoğunluğu olarak kademeli şekilde birbirlerinden ayrılmaktalar. Sistemin bir cüce nova olduğu göz önüne alınırsa,

eğim ve iyon yoğunluklarından yola çıkılarak, bu gözlemlerde de sistemin patlama evrelerinde olduğunu söyleyebiliriz. Sistemin hızlı evre değişimi elementlerdeki piklerin düzenini de etkilemektedir.



Şekil 4.14. AB Dra sisteminin 111970201, 111971401 ve 111971601 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.4. V426 OPHIUCHI (V426 Oph)

Cüce novaların Z Cam grubunda yer alan bir sistem olan V426 Oph. İncelenen sistemler içinde Tür3 bakımından intermediate polar (IP) özelliğinde olan 2 sistemden birisidir. Çizelge 4.12.'de sistemin genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.12. V426 Oph sisteminin genel özellikleri [18]

ra	271.9654
dec	5.8636
Tür1	CN
Tür2	ZC
Tür3	YK
Spectral Tür	K5/5
Orbital Period (saat)	6.8472
Mag1	13.5
Mag2	-
Mag3	11
<i>i</i> (deg)	59
Tutulma	-
m1 (M_☉)	0.9
m2 (M_☉)	0.7
Kütleler Oranı	1.29

Sistemin Chandra ve XMM-Newton uydularından elde edilen birer tane gözlem verisi bulunmaktadır. Gözlemlerin sakin evre ve sakin evreden patlamaya geçiş evrelerinin olması, bu çalışmanın hedefleri açısından önemlidir. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin Julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.13.'de verilmiştir.

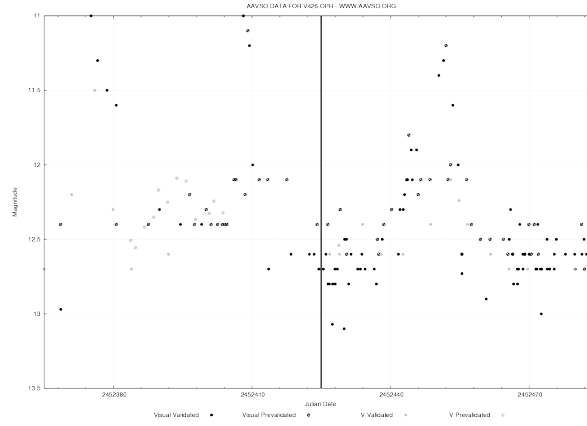
Çizelge 4.13. V426 Oph sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	2671	12.485	30.05.2002	2452425	E(S)
XMM	306290101	10.416	04.03.2006	2453799	E(S)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek amacıyla AAVSO veri tabanından yararlanılarak bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur.

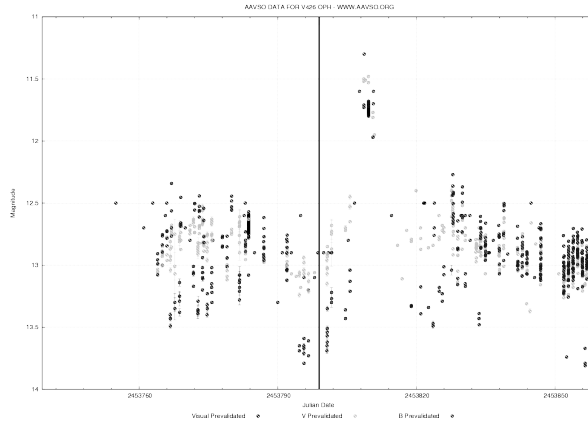
Sistemin patlama evresinin farkedilebilmesi açısından oluşturulan ışık eğrileri, gözlem tarihinden 60 gün önce ve 60 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.15., Chandra uydusu ile 30.05.2002 tarihinde yapılmış olan 2671 nolu gözlemden, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.13.'e eklenmiştir.



Şekil 4.15. 2452425 tarihindeki Chandra uydusuna ait V426 Oph sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.16., XMM-Newton uydusu ile 04.3.2006 tarihinde yapılmış olan, 306290101 nolu gözlemden, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.13.'e eklenmiştir.



Şekil 4.16. 2453799 tarihindeki XMM uydusuna ait V426 Oph sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

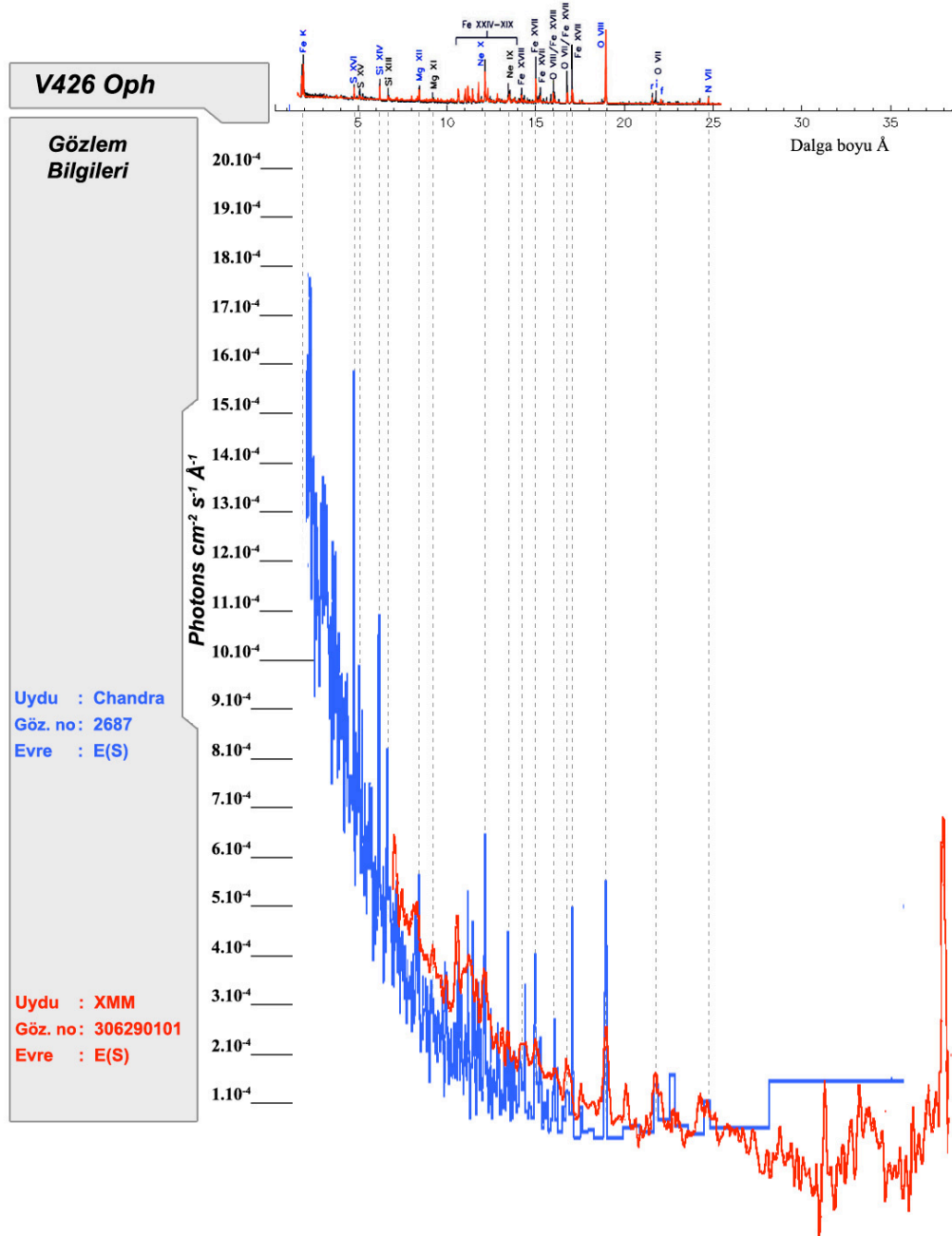
Çizelge 4.12.’deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve spektrum verileri TGCat’den alınmıştır. Çizelge 4.14.’de 2671 nolu Chandra gözlemine ait spektrum değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.14. 2671 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	6.1210e-3	3.0852e-4	3.2987e-12
S XVI	4.75	2.62	5.7399e-3	9.9666e-5	4.1684e-13
S XV	5.07	2.45	6.0314e-3	1.1616e-4	4.5409e-13
Si XIV	6.17	2.00	1.7175e-2	1.2031e-4	3.8673e-13
Si XIII	6.70	1.86	1.8677e-2	1.2492e-4	3.7058e-13
Mg XII	8.40	1.47	4.8879e-3	4.7891e-5	1.1308e-13
Mg XI	9.25	1.35	8.9910e-3	8.1485e-5	1.7491e-13
Ne X	12.15	1.02	1.3901e-3	3.1133e-5	5.0934e-14
Ne IX	13.60	0.90	1.7040e-3	6.6417e-5	9.7092e-14
Fe XVII	15.02	0.82	3.5874e-4	2.4318e-5	3.2218e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	2.2422e-4	1.4937e-5	1.8518e-14
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	4.0358e-4	3.6855e-5	4.2887e-14
O VIII	18.97	0.65	2.9148e-4	5.1234e-5	5.3649e-14
O VII	21.85	0.56	2.0179e-4	7.4431e-5	6.7684e-14
N VII	24.78	0.50	2.2421e-5	8.4912e-6	6.7972e-15

Sistemin sakin evre içerisinde iken alınan iki veride, yumuşak x-ışınlarındaki yoğunluğun oluşturduğu eğim, dikkat çekmektedir (Şekil 4.17.). Ayrıca elementlerin iyonlarına oranla, akı değerlerinin baskın olduğu

belirlenmiştir. 306290101 nolu gözlem, sakin evreden, patlama evresine geçişte iken yapılmış, sert x-ışınlarında artış ve yumuşak x-ışınlarındaki tedirgenme (Grafiğin bu bölümünde düz çizgi halinde gitmeyip, düzensiz yapı göstermesi) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.17. V426 Oph sisteminin 2671 ve 306290101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.5. OY CARINAE (OY Car)

Ritter ve Kolb'un oluşturduğu kataklismik değişenler kataloğunda cüce novaların SU Uma sınıfında yer alan sistem, çalışma kapsamında ele alınan yıldızlar arasında da en yüksek kütle oranına sahiptir. Yüksek i değerinden dolayı sistemde 2 tutulma görülmektedir. Bu da ele alınan grafiklerde değerlendirme ve yorum aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken bir etkidir.

Çizelge 4.15. OY Car sisteminin genel özellikleri [18]

ra	151.5933
dec	-70.2347
Tür1	CN
Tür2	SU
Tür 3	-
Spectral Tür	-
Orbital Peryodu (saat)	1.514904
Mag1	16.7
Mag2	18
Mag3	12.4
i (deg)	83.3
Tutulma	2
m1 ($M_{\odot}$)	0.64
m2 ($M_{\odot}$)	0.086
Kütleler Oranı	9.80

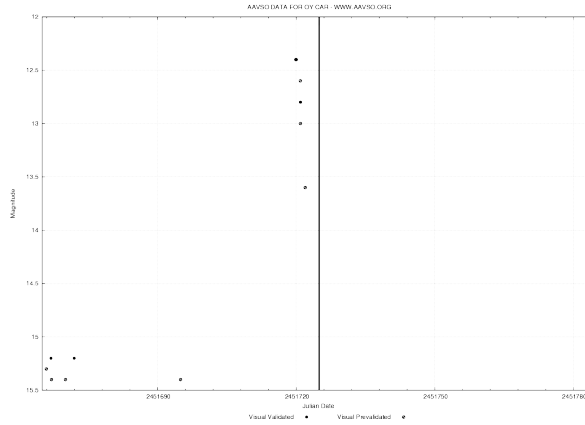
XMM-Newton uydusunun yaptığı gözlemlerden oluşan veri tabanında 3 gözlemi bulunan OY Car sisteminin 128320301 ve 128320401 nolu gözlemleri aynı tarihte alındığından, karşılaştırma aşamasında sistemin veri sayısı 2'ye inmektedir. Elde edilen grafiklerin farklılıklarından dolayı, her 3 gözlem de değerlendirmeye alınmıştır. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin Julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.16.' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. OY Car sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
XMM	099020301	19.736	29.06.2000	2451725	E(P) - E(S)
XMM	128320301	6.642	07.08.2000	2451764	?
XMM	128320401	0.926	07.08.2000	2451764	?

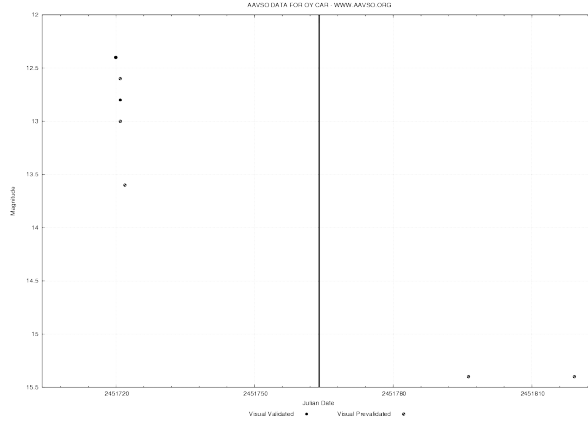
Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından yararlanılarak bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur. Sistemin evrelerinin görülebilmesi açısından, ışık eğrileri gözlem tarihinden 60 gün önce ve 60 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.18., XMM-Newton uydusu ile 29.06.2000 tarihinde yapılmış olan 099020301 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlama evresinden, sakin evreye geçmekte olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.16.'ya eklenmiştir.



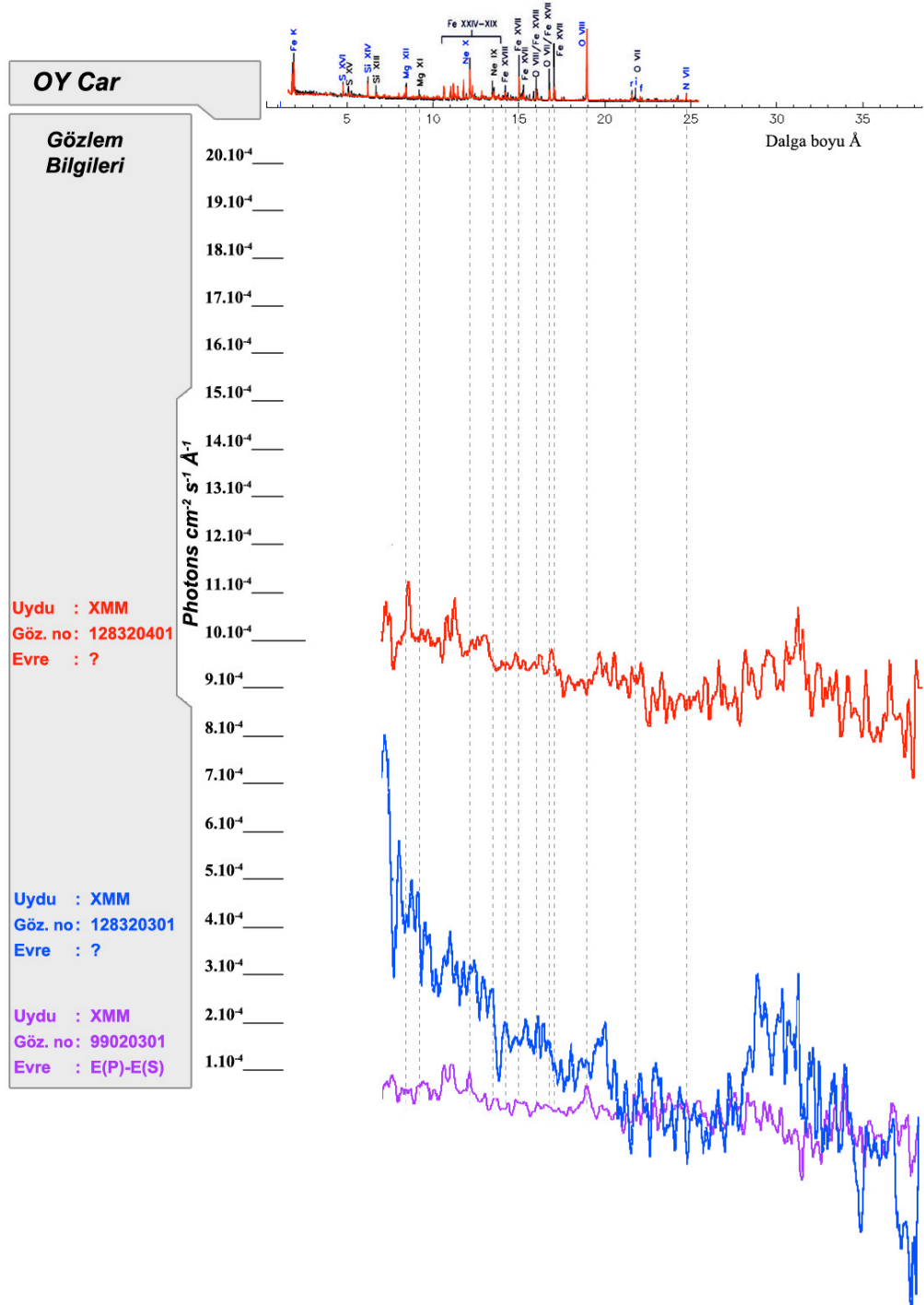
Şekil 4.18. 2451725 tarihindeki XMM uydusuna ait OY Car sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

07.08.2000 tarihinde XMM-Newton uydusu ile yapılmış olan 128320301 ve 128320401 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisi Şekil 4.19.'da görülmektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin evre durumu belirlenememiş ve Çizelge 4.16.'da işaretlenmiştir.



Şekil 4.19. 2451764 tarihindeki XMM uydusuna ait OY Car sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

SU Uma türündeki OY Car sistemine ait x-ışını akılarını gösteren Şekil 4.20., 128320301 ve 128320401 numaralı gözlemler açısından önemlidir. Aynı tarihte alınan bu iki gözlem verisinin birbirinden akı yoğunluğu değerleri açısından çok farklı olduğu ortaya koyulmuştur. AAVSO veri abanından elde edilen ışık eğrisinden, sistemin evresi belirlenememektedir. Ancak x-ışını akısından, 128320301 nolu gözlemde sistemin sakin evrede, 128320401 nolu gözlemde de patlama evresinde olduğu tahmin edilmektedir. 99020301 nolu gözlemdeki grafiğin eğimine ve element yoğunluklarına bakıldığında da sistemin patlama evresinde olduğu tahmin edilmektedir. Normalde cüce novalardaki patlama evresindeki akı değerinin, sakin evrelerine göre artış göstermesi beklenmektedir. Bu noktada 99020301 nolu gözlem için toplam yoğunluğun düşük çıkmasının nedeninin patlamalar arasındaki çeşitlilikten geldiği sonucuna varılmıştır. Bir patlama, daha uzun zamanda, daha fazla foton yoğunluğuna sahip olabilirken, bir diğeri çok kısa zaman aralığında, düşük foton yoğunluğu ile gerçekleşebilmektedir.



4.6. QZ VIRGINIS (QZ Vir)

Cüce novaların SU Uma sınıfında yer alan sistem, Tür3 olarak ta intermediate polar sınıfındadır. Ele alınan sistemler içinde en düşük yörünge peryoduna sahip ve toplam kütle bakımından en düşük değere sahiptir.

Çizelge 4.17. QZ Vir sisteminin genel özellikleri [18]

ra	174.6125
dec	3.3689
Tür1	CN
Tür2	SU
Tür3	YK
Spectral Tür	-
Orbital Period (saat)	1.41168
Mag1	15.2
Mag2	15.9
Mag3	11
<i>i</i> (deg)	65
Tutulma	-
m1 ($M_{\odot}$)	0.16
m2 ($M_{\odot}$)	0.11
Kütleler Oranı	1.40

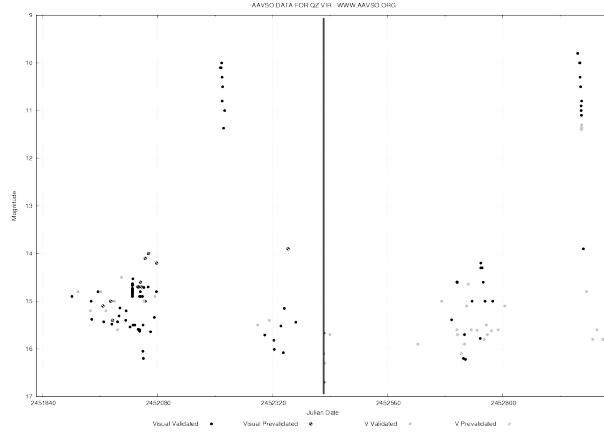
QZ Vir sisteminin XMM-Newton uydusunun gözlem verilerini içeren veri tabanında, aynı günde iki gözlem verisi bulunmaktadır. Sistem yakın zaman aralıklarıyla yaklaşık sürelerde gözlemlenmesine rağmen, elde edilen grafiklerin farklılıkları değerlendirme açısından önemlidir. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. QZ Vir sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
XMM	111971501	2.295	01.06.2002	2452427	E(S)
XMM	111970701	3.707	01.06.2002	2452427	E(S)

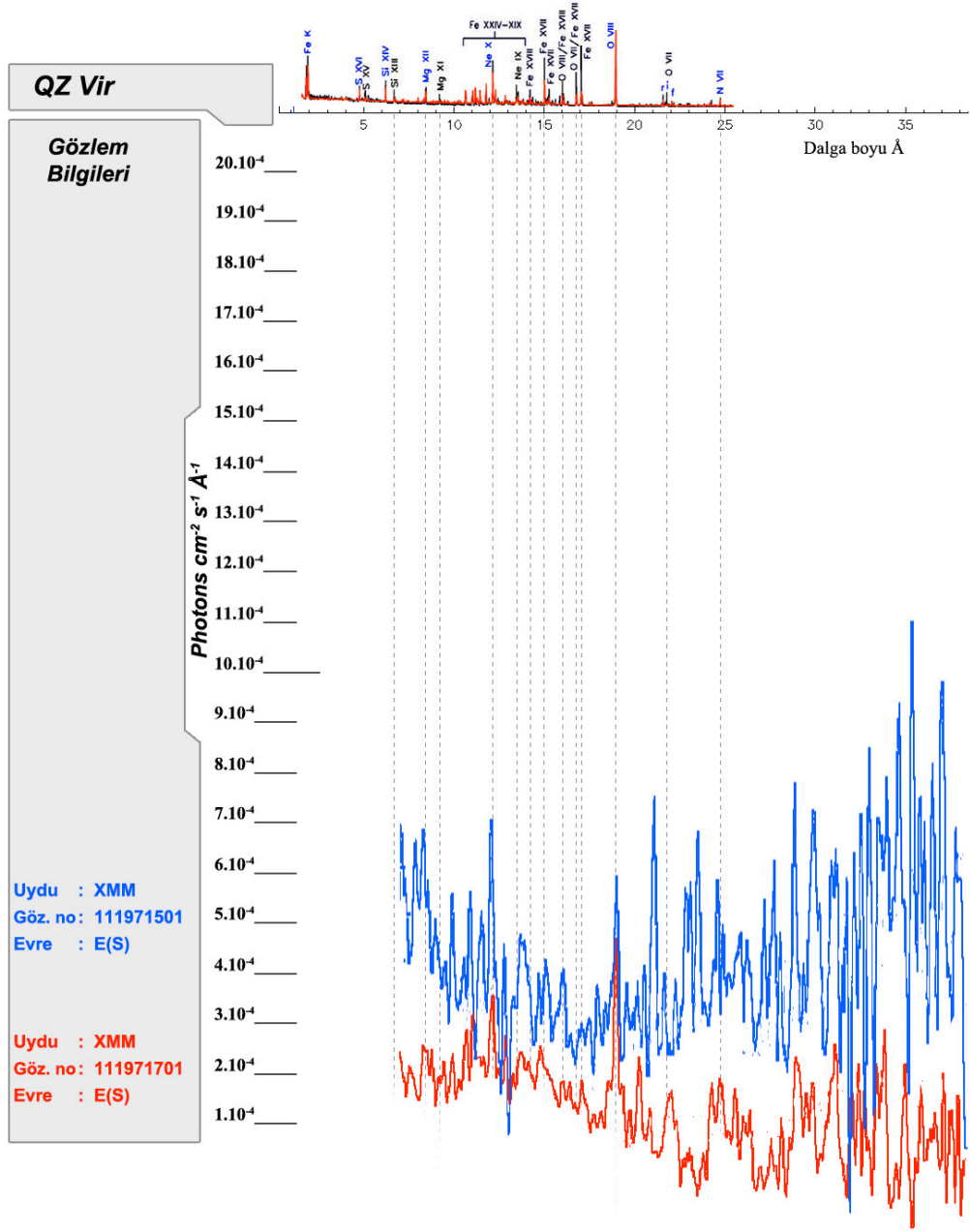
Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından yararlanılarak bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur. Sistemin patlama evresi U Gem ve Z Cam türündeki yıldızlara göre uzun olduğundan ışık eğrileri gözlem tarihinden 600 gün önce ve 600 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.21., XMM-Newton uydusu ile 01.06.2002 tarihinde yapılmış olan 111971501 ve 111971701 nolu gözlemlerde, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden, sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.18'e eklenmiştir.



Şekil 4.21. 2452427 tarihinde XMM uydusuna ait QZ Vir sisteminin, “1200” günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Diğer cüce novaların sakin evrelerinin sert x-ışınlarındaki eğimi özellikle 111970701 nolu gözlemde kısmi olarak görülmektedir. Bu noktada yumuşak x-ışınlarındaki tedirginlik ve akı değerlerinin yüksekliği dikkat çekici bir şekilde grafikte yer almaktadır. Sistemin cüce nova olmasının yanında, IP türünden bir sistem olması da göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.22. QZ Vir sisteminin 111971501 ve 111970701 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.7. SU URSAE MAJORIS (SU Uma)

SU türünün baş yıldızı olan SU Uma'nın patlama peryodu, diğer SU türlerinde olduğu gibi kısa zamanlıdır. Sistemin parlaklık değeri düşük olmakla birlikte elde ettiğimiz genel bilgileri de sınırlıdır.

Çizelge 4.19. SU Uma sisteminin genel özellikleri [18]

ra	123.1175
dec	62.6064
Tür1	CN
Tür2	SU
Tür3	-
Spectral Tür	-
Yörünge Peryodu (saat)	1.8324
Mag1	14.2
Mag2	15.7
Mag3	11.9
<i>i</i> (deg)	-
Tutulma	-
m1 ($M_{\odot}$)	-
m2 ($M_{\odot}$)	-
Kütleler Oranı	-

Chandra ve XMM-Newton uydularına ait gözlemlerin veri tabanlarından SU Uma sistemine ait toplam 3 gözlem belirlenmiştir. Bu gözlemler farklı evrelere denk geldiğinden, karşılaştırma bakımından uygun gözlemlerdir. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

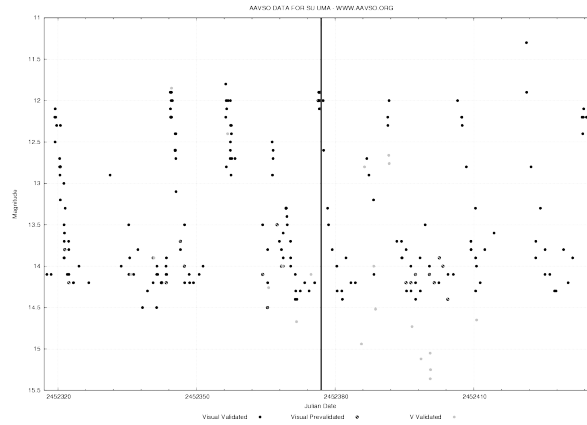
Çizelge 4.20. SU Uma sisteminin, Chandra ve XMM- Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	3478	6.518	12.04.2002	2452377	E(P)
Chandra	2680	13.585	13.04.2002	2452378	E(P)
XMM	111970801	4.135	05.05.2002	2452400	E(S)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere, AAVSO veri tabanından bu tarihlerden önce ve sonraki tarihleri içeren ışık eğrileri oluşturulmuştur.

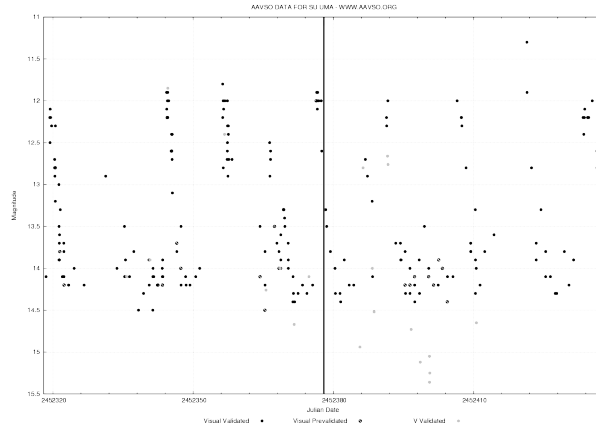
Sistemin patlama evresinin farkedilebilmesi açısından oluşturulan ışık eğrileri gözlem tarihinden 60 gün öncesi ve 60 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.23., Chandra uydusu ile 12.04.2002 tarihinde yapılmış olan 3478 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi, gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlama evresinde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.20.'ye eklenmiştir.



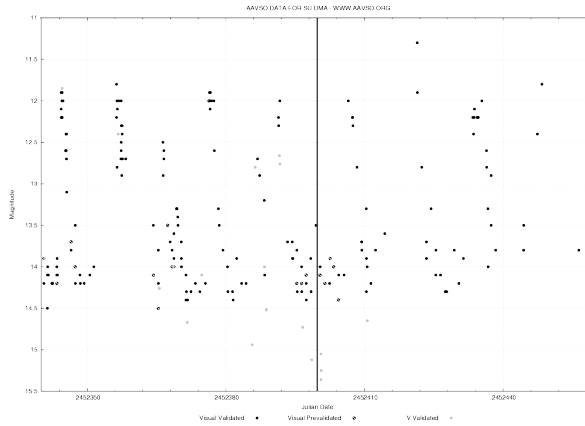
Şekil 4.23. 2452377 tarihinde Chandra uydusuna ait SU Uma sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

13.04.2002 tarihinde Chandra uydusu ile yapılmış olan 2680 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisi Şekil 4.24.'te verilmiştir. Otadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlama evresinde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.20.'ye eklenmiştir.



Şekil 4.24. 2452378 tarihinde Chandra uydusuna ait SU Uma sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.25. XMM-Newton uydusu ile 05.05.2002 tarihinde yapılmış olan 111970801 nolu gözlemden, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.20.'ye eklenmiştir.



Şekil 4.25. 2452400 tarihinde XMM uydusuna ait SU Uma sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Çizelge 4.20.'deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve gözlemlere ait spektrum verileri TGCat'den alınmıştır. Çizelge 4.21. ve Çizelge 4.22'de, 3478 ve 2680 nolu Chandra gözlemlerine ait spektrum değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.21. 3478 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

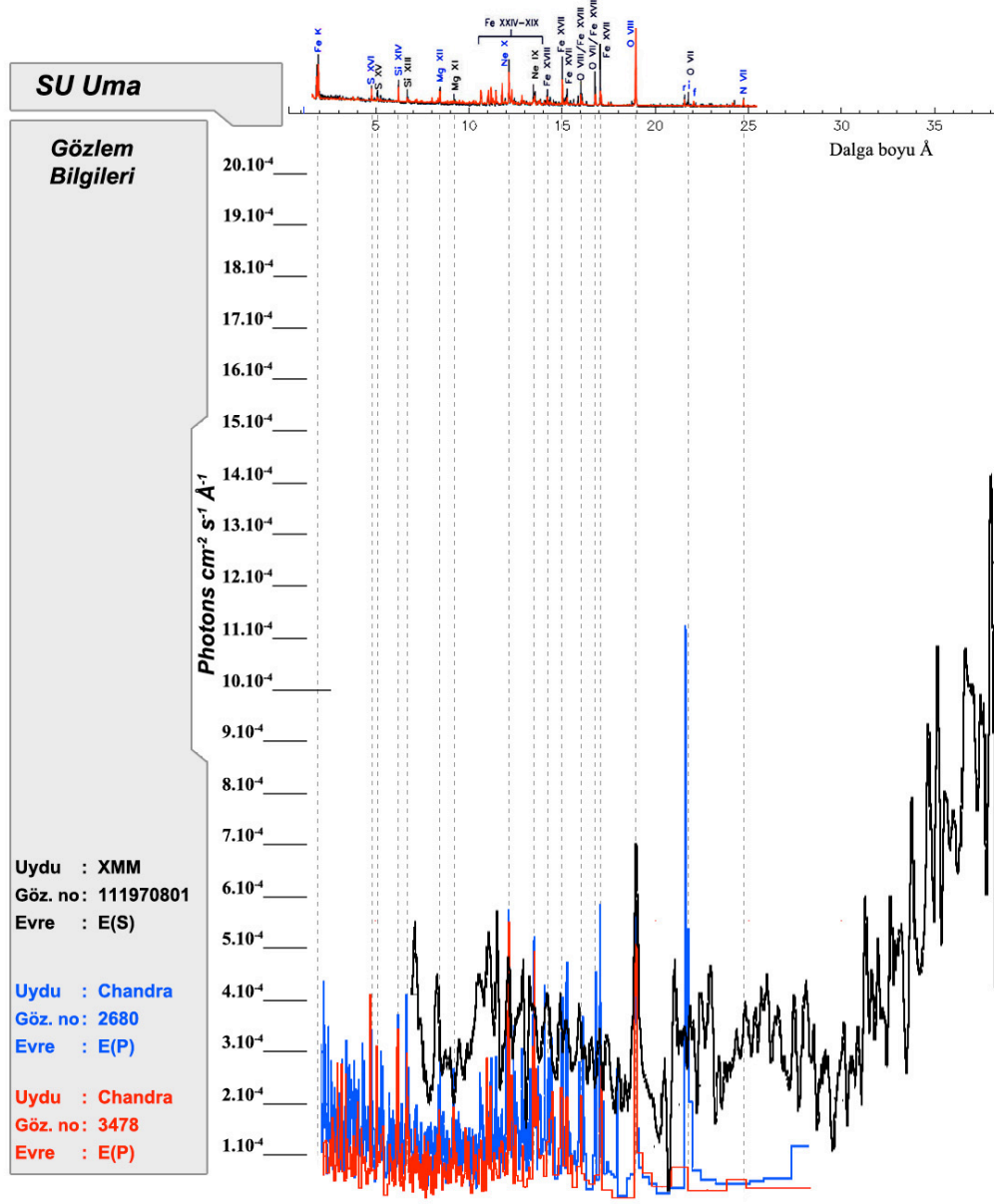
Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	7.2470e-4	3.5846e-5	3.8241e-13
S XVI	4.75	2.62	8.0996e-4	1.4069e-5	5.8778e-14
S XV	5.07	2.45	8.5259e-4	1.6184e-5	6.3230e-14
Si XIV	6.17	2.00	3.4103e-3	2.3636e-5	7.5959e-14
Si XIII	6.70	1.86	4.6892e-3	3.2238e-5	9.5738e-14
Mg XII	8.40	1.47	1.4494e-3	1.3598e-5	3.2102e-14
Mg XI	9.25	1.35	3.7940e-3	3.3662e-5	7.2355e-14
Ne X	12.15	1.02	1.1936e-3	2.6064e-5	4.2614e-14
Ne IX	13.60	0.90	1.7478e-3	6.8088e-5	9.9440e-14
Fe XVII	15.02	0.82	4.2629e-4	2.7347e-5	3.6202e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	2.9841e-4	1.9581e-5	2.4297e-14
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	4.6892e-4	4.2797e-5	4.9729e-14
O VIII	18.97	0.65	3.8366e-4	6.5820e-5	6.8929e-14
O VII	21.85	0.56	1.2789e-4	4.5901e-5	4.2050e-14
N VII	24.78	0.50	8.5259e-5	3.3866e-5	2.7110e-14

Çizelge 4.22. 2680 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	7.7706e-4	3.9040e-5	4.1818e-13
S XVI	4.75	2.62	1.2678e-3	2.1860e-5	9.1461e-14
S XV	5.07	2.45	1.3905e-3	2.6521e-5	1.0374e-13
Si XIV	6.17	2.00	4.8873e-3	3.3846e-5	1.0869e-13
Si XIII	6.70	1.86	6.8095e-3	4.6021e-5	1.3661e-13
Mg XII	8.40	1.47	2.1880e-3	2.1124e-5	4.9857e-14
Mg XI	9.25	1.35	4.9895e-3	4.4565e-5	9.5806e-14
Ne X	12.15	1.02	1.4314e-3	3.1880e-5	5.2133e-14
Ne IX	13.60	0.90	2.3516e-3	9.0620e-5	1.3262e-13
Fe XVII	15.02	0.82	5.5212e-4	3.6444e-5	4.8229e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	2.2494e-4	1.4798e-5	1.8365e-14
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	5.5212e-4	5.0053e-5	5.8249e-14
O VIII	18.97	0.65	3.4763e-4	6.0945e-5	6.3786e-14
O VII	21.85	0.56	4.9077e-4	1.7922e-4	1.6347e-13
N VII	24.78	0.50	2.0445e-5	7.9943e-6	6.4254e-15

SU Uma türünün baş yıldızı olan sistemin 3478 ve 2680 nolu patlama evrelerinde alınan veriler, cüce novaların patlama evrelerindeki x-ışını akı

grafikleri ile benzerlik göstermektedir. 2680 nolu gözlemin akı değerlerinin ve sert x-ışınlarındaki eğimin 3478 nolu gözlemden fazla olması 3478 nolu gözlemin sakin evreye daha yakın zamanda gözlenmiş olabileceği tahmin edilmektedir. Sakin evrede yapılmış olan 111970801 nolu gözlemde yumuşak x-ışınlarındaki akı değerlerinin daha yüksek olduğu görülmekte.



Şekil 4.26. SU Uma sisteminin 3478, 2680 ve 111970801 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.8. AM HERCULIS (AM Her)

Kataklismik değişen yıldızların nova benzeri yıldızlar sınıfında yer alan sistem, manyetik özelliği ile yığılma diskleri arasındaki ilişkiyi karşılaştırabilmek adına, çalışmada belirleyici bir yere sahiptir. Sistem çalışmada incelenen sistemler arasında ışıma gücü bakımından 2. sıradadır.

Çizelge 4.23. AM Her sisteminin genel özellikleri [18]

ra	274.0554
dec	49.8678
Tür1	NB
Tür2	AM
Tür3	AS
Spectral Tür	M4/5
Yörünge Peryodu (saat)	3.09424
Mag1	12
Mag2	13.5
Mag3	14.5
<i>i</i> (deg)	50
Tutulma	-
m1 (M_☉)	0.76
m2 (M_☉)	-
Kütleler Oranı	-

Chandra ve XMM-Newton gözlem veri tabanlarından AM Her sistemine ait 2 uydu gözlemi belirlenmiştir. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin Julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.24.'de verilmiştir.

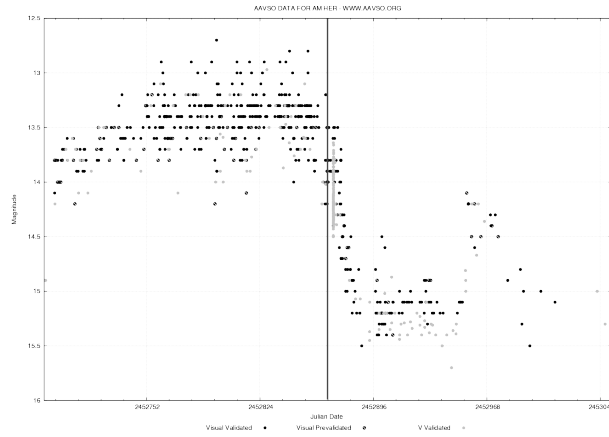
Çizelge 4.24. AM Her sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	3769	7.173	15.8.2003	2452867	E(P) - E(S)
XMM	305240101	2.944	19.7.2005	2453571	E(S) - E(P)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur.

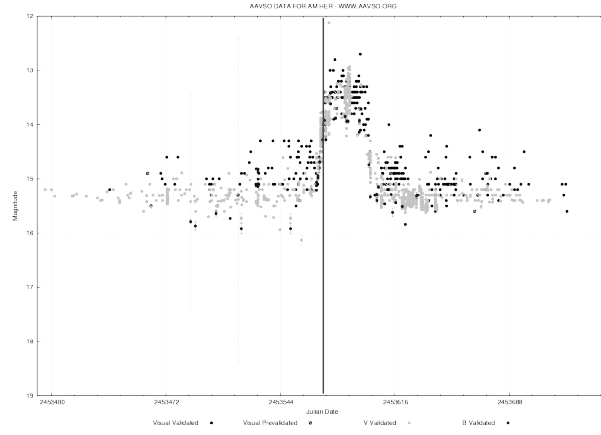
Sistemin patlama evresinin farkedilebilmesi açısından oluşturulan ışık eğrileri gözlem tarihinden 180 gün öncesi ve 180 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.27. Chandra uydusu ile 15.08.2003 tarihinde yapılmış olan 3769 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlamadan sakın evreye, geçiş döneminde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.24.'e eklenmiştir.



Şekil 4.27. 2452867 tarihindeki Chandra uydusuna ait AM Her sisteminin, 360 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.28. XMM-Newton uydusu ile 19.07.2005 tarihinde yapılmış olan 305240101 nolu gözlemde, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakın evreden, patlamaya geçiş evresine olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.24.'e eklenmiştir.



Şekil 4.28. 2453571 tarihindeki XMM uydusuna ait AM Her sisteminin, 360 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Çizelge 4.24.'deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve gözlemlere ait spektrum verileri TGCat'den alınmıştır. Çizelge 4.25.'te 3769 nolu Chandra gözlemine ait spektrum değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.25. 3769 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	7.4961e-3	3.6463e-4	3.8944e-12
S XVI	4.75	2.62	5.5920e-3	1.1338e-4	4.7369e-13
S XV	5.07	2.45	7.2663e-3	1.3714e-4	5.3586e-13
Si XIV	6.17	2.00	2.0037e-2	1.4332e-4	4.6067e-13
Si XIII	6.70	1.86	2.3024e-2	1.5005e-4	4.4470e-13
Mg XII	8.40	1.47	1.0856e-2	6.8090e-5	1.6073e-13
Mg XI	9.25	1.35	1.4795e-2	1.5081e-4	3.2361e-13
Ne X	12.15	1.02	3.7644e-3	8.6978e-5	1.4224e-13
Ne IX	13.60	0.90	5.2308e-3	2.2036e-4	3.2193e-13
Fe XVII	15.02	0.82	8.5357e-4	4.7443e-5	6.2806e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	7.9885e-4	5.2474e-5	6.5119e-14
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	7.8791e-4	7.9262e-5	9.2181e-14
O VIII	18.97	0.65	1.1490e-3	1.9398e-4	2.0309e-13
O VII	21.85	0.56	2.2543e-3	9.2542e-4	8.4419e-13
N VII	24.78	0.50	1.6415e-4	7.2488e-5	5.8062e-14

AM Her



75

4.9. BY CAMELOPARDALIS (BY CAM)

Manyetik kataklismik değişen yıldızlar sınıfında olan BY Cam, çalışmada ele alınan 2 manyetik sistemden birisidir. Gözlem verisi sayısının çok ve yakın tarihli olması sistemin yapısını incelememiz açısından sağlıklı yorumlar yapabilmemizi sağlamaktadır.

Çizelge 4.26. BY Cam sisteminin genel özellikleri [18]

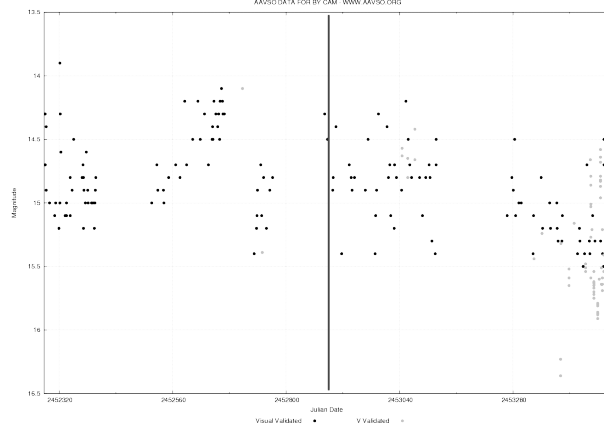
ra	85.7037
dec	60.8589
Tür1	NB
Tür2	AM
Tür3	AS
Spectral Tür	-
Yörünge Peryodu (saat)	3.35407
Mag1	14
Mag2	16
Mag3	17.5
i (deg)	40
Tutulma	-
m1 (M_☉)	0.8
m2 (M_☉)	-
Kütleler Oranı	-

Sistemin Chandra uydusuna ait gözlem verisi bulunmamakla beraber XMM-Newton uydusuna ait yakın zamanlı toplam 7 adet gözlem verisi bulunmaktadır. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.27.'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. BY Cam sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

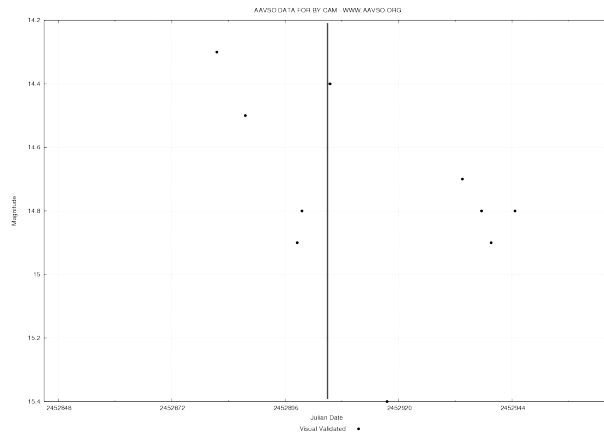
Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
XMM	148590201	6.944	30.08.2003	2452882	E(S)
XMM	148590301	3.333	31.08.2003	2452883	E(S)
XMM	148590401	3.888	01.09.2003	2452884	E(S) - E(P)
XMM	148590501	5.555	02.09.2003	2452885	E(S) - E(P)
XMM	148590701	4.388	04.09.2003	2452887	E(S) - E(P)
XMM	148590801	4.638	05.09.2003	2452888	E(S) - E(P)
XMM	148590901	3.333	13.10.2003	2452926	E(S) - E(P)

Şekil 4.30., XMM-Newton uydusu ile 30.08.2003 ile 13.10.2033 tarihlerinde yapılmış olan 7 adet gözlemede, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Sistemin patlama peryodunun anlaşılabilmesi için 800 günlük bir aralık seçilmiştir.



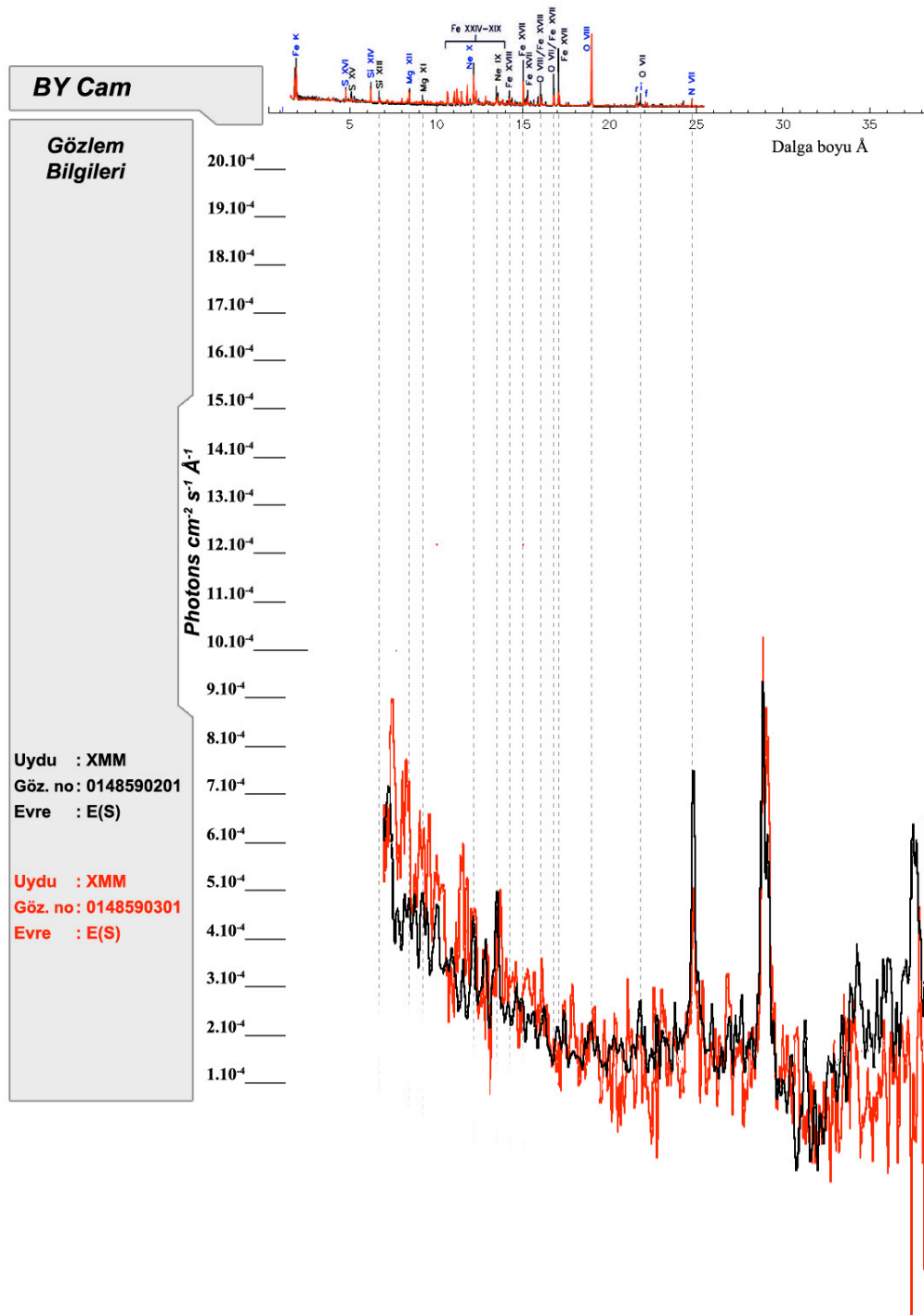
Şekil 4.30. 2452888 tarihindeki XMM uydusuna ait BY Cam sisteminin, 800 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Geniş zaman ölçeğinde sistemin evreleri anlaşılamadığından tüm gözlemlerin orta zaman aralığı olan 2452905 tarihi hedef alınarak, bu tarihten 60 gün önce ve 60 gün sonrası olmak üzere 120 günlük bir zaman aralığındaki ışık eğrisi daha oluşturulmuştur (Şekil 4.31). Çıkan grafiklere dayanılarak sistemin evreleri Çizelge 4.27.'ye eklenmiştir.



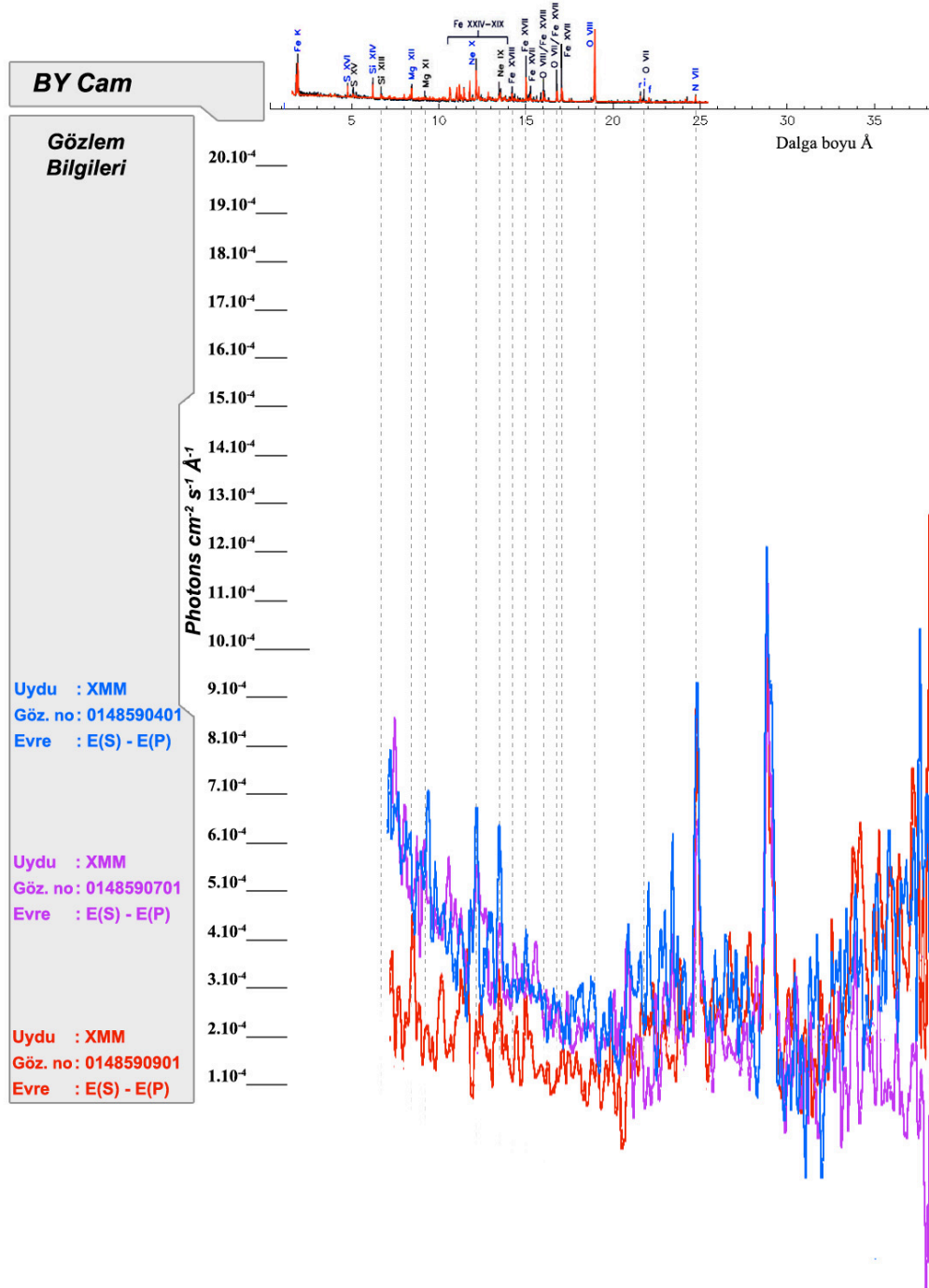
Şekil 4.31. 2452905 tarihindeki XMM uydusuna ait BY Cam sisteminin, 120 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Manyetik türden olan sistemin Şekil 4.32. ve Şekil 4.33.'deki dalgalanma şeklinde tanımlayabileceğimiz davranışı dikkat çekmekte. Önceki gün sert x-ışını akısı yüksek iken sonraki gün düşmekte yada tam tersi şeklinde gerçekleşmektedir.



Şekil 4.33. BY Cam sisteminin 148590201 ve 148590301 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

Sistemin son gözleminin patlama evresine doğru gittikçe, sert x-ışınlarındaki eğimin azaldığı, yumuşak x-ışınlarındaki değerlerin de genel olarak arttığı gözlenmekte. 0148590901 gözleminde diğer manyetik sistemlere benzer olarak OVII'nin akı değeri OVIII'e göre daha yüksektir. Bu benzer olarak NeX ve NeIX'da da görülmektedir.



Şekil 4.34. BY Cam sisteminin 148590401, 148590701ve 148590901 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.10. EX HYDRAE (EX Hya)

Kataklismik değişen yıldızların nova benzeri sınıfında yer alan sistem yarı manyetik (IP) özelliği ile de incelenen yıldızlar arasındaki 3 sistemden birisidir.

Çizelge 4.28. EX Hya sisteminin genel özellikleri [18]

ra	193.1017
dec	-29.2492
Tür1	NB
Tür2	YK
Tür3	-
Spectral Tür	M5-6/5
Yörünge Peryodu (saat)	1.63761
Mag1	12
Mag2	14
Mag3	9
<i>i</i> (deg)	77.8
Tutulma	1
m1 ($M_{\odot}$)	0.79
m2 ($M_{\odot}$)	0.108
Kütleler Oranı	7.3

Chandra ve XMM-Newton gözlem veri tabanlarında yapılan taramalarda, sistemin Chandra uydusunda 5 adet XMM-Newton uydusunda 1 adet olmak üzere toplam 6 gözlem verisi bulunmaktadır. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin Julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.29.'da verilmiştir.

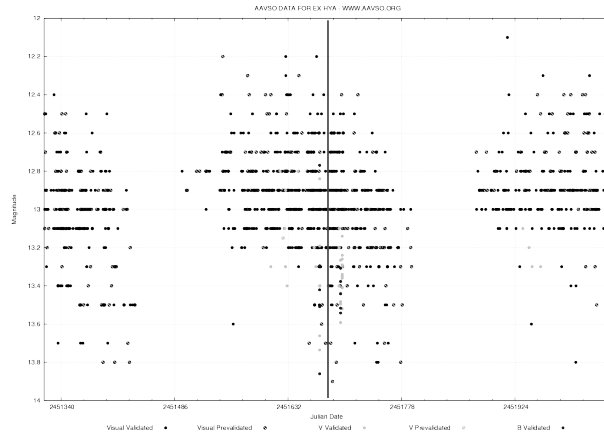
Çizelge 4.29. EX Hya sisteminin, Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	1706	16.43	18.05.2000	2451683	E(P) - E(S)
Chandra	7449	35.706	13.05.2007	2454234	E(P) - E(S)
Chandra	7452	13.638	17.05.2007	2454238	E(P) - E(S)
Chandra	7450	44.531	18.05.2007	2454239	E(P) - E(S)
Chandra	7451	41.833	21.05.2007	2454242	E(P) - E(S)
XMM	111020101	17.764	01.07.2000	2451727	E(P) - E(S)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur.

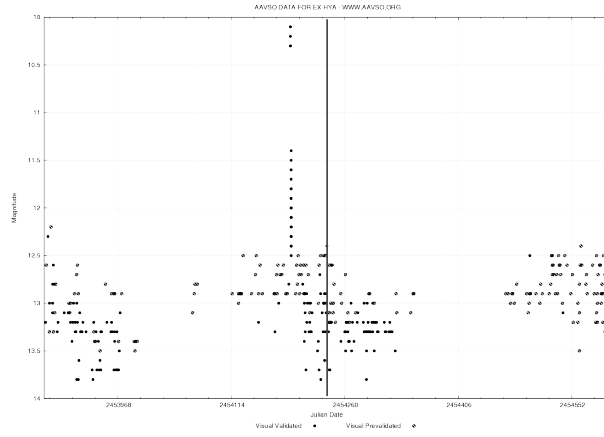
Sistemin patlama evresinin farkedilebilmesi açısından oluşturulan ışık eğrileri gözlem tarihinden 365 gün önce ve 365 gün sonrasını kapsamaktadır.

Şekil 4.35., Chandra uydusu ile 18.05.2000 tarihinde yapılmış olan 1706 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlamadan sakın evreye geçiş döneminde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.29.'a eklenmiştir.



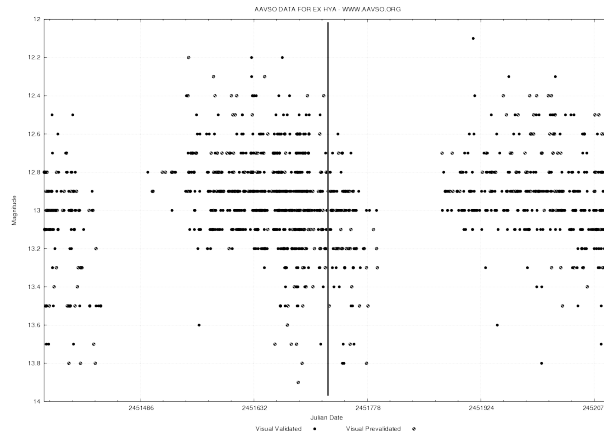
Şekil 4.35. 2451683 tarihindeki Chandra uydusuna ait EX Hya sisteminin, 730 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.36., Chandra uydusu ile 13.05.2007 ve 21.05.2007 tarihleri arasında yapılmış olan 7449, 7452, 7450, 7451 nolu gözlemlerde, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlamadan sakın evreye geçiş döneminde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.29.'a eklenmiştir.



Şekil 4.36. 2454238 tarihindeki Chandra uydusuna ait EX Hya sisteminin, 730 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.37., XMM-Newton uydusu ile 01.07.2000 tarihinde yapılmış olan 111020101 nolu gözlemde, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin patlamadan sakin evreye geçiş döneminde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.29.'a eklenmiştir.



Şekil 4.37. 2451727 tarihindeki XMM uydusuna ait EX Hya sisteminin, 730 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Çizelge 4.29.'deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve spektrum verileri TGCat'den alınmıştır. Çizelge 4.30., Çizelge 4.31., Çizelge 4.32., Çizelge 4.33. ve Çizelge 4.34.'de belirlenen gözlemlere ait spektrum değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.30. 1706 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.4591e-2	6.9959e-4	7.4745e-12
S XVI	4.75	2.62	1.7060e-2	3.0403e-4	1.2716e-12
S XV	5.07	2.45	2.0932e-2	4.0664e-4	1.5904e-12
Si XIV	6.17	2.00	7.2381e-2	5.0655e-4	1.6279e-12
Si XIII	6.70	1.86	8.1782e-2	5.3878e-4	1.5988e-12
Mg XII	8.40	1.47	5.4375e-2	3.2203e-4	5.6787e-6
Mg XI	9.25	1.35	6.0850e-2	5.8220e-4	1.2506e-12
Ne X	12.15	1.02	3.0062e-2	5.9044e-4	9.6588e-13
Ne IX	13.60	0.90	3.4999e-2	1.1756e-3	1.7199e-12
Fe XVII	15.02	0.82	1.4473e-2	5.7377e-4	7.5914e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	6.6447e-3	3.5729e-4	4.4328e-13
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	9.6035e-3	6.6222e-4	7.7096e-13
O VIII	18.97	0.65	9.5021e-3	1.1481e-3	1.2018e-12
O VII	21.85	0.56	3.5337e-3	9.0103e-4	8.2142e-13
N VII	24.78	0.50	8.1156e-4	2.0543e-4	1.6462e-13

Çizelge 4.31. 7449 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.4074e-2	6.7355e-4	7.1999e-12
S XVI	4.75	2.62	1.9387e-2	3.5393e-4	1.4799e-12
S XV	5.07	2.45	2.2810e-2	4.4154e-4	1.7273e-12
Si XIV	6.17	2.00	7.2297e-2	5.1833e-4	1.6660e-12
Si XIII	6.70	1.86	8.4799e-2	5.6474e-4	1.6751e-12
Mg XII	8.40	1.47	5.4225e-2	3.3351e-4	7.8728e-13
Mg XI	9.25	1.35	5.1144e-2	5.9249e-4	1.2725e-12
Ne X	12.15	1.02	2.5416e-2	5.9666e-4	9.7608e-13
Ne IX	13.60	0.90	2.7307e-2	1.1179e-3	1.6353e-12
Fe XVII	15.02	0.82	1.0370e-2	5.9847e-4	7.9196e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	4.8079e-3	3.6087e-4	4.4777e-13
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	6.3405e-3	7.0436e-4	8.2011e-13
O VIII	18.97	0.65	6.1460e-3	1.2439e-3	1.3023e-12
O VII	21.85	0.56	2.1550e-3	1.1313e-3	1.0308e-12
N VII	24.78	0.50	4.3567e-4	2.5945e-4	2.0789e-13

Çizelge 4.32. 7452 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.3890e-2	6.6312e-4	7.0852e-12
S XVI	4.75	2.62	1.9429e-2	3.5449e-4	1.4821e-12
S XV	5.07	2.45	2.1682e-2	4.1856e-4	1.6376e-12
Si XIV	6.17	2.00	7.1971e-2	5.1486e-4	1.6542e-12
Si XIII	6.70	1.86	8.3877e-2	5.5860e-4	1.6573e-12
Mg XII	8.40	1.47	5.4258e-2	3.3367e-4	7.8760e-13
Mg XI	9.25	1.35	4.9772e-2	5.8362e-4	1.2536e-12
Ne X	12.15	1.02	2.4803e-2	5.8181e-4	9.5176e-13
Ne IX	13.60	0.90	2.8834e-2	1.1778e-3	1.7231e-12
Fe XVII	15.02	0.82	1.0107e-2	5.9024e-4	7.8101e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	4.7954e-3	3.5946e-4	4.4601e-13
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	5.9528e-3	6.6530e-4	7.7442e-13
O VIII	18.97	0.65	6.1389e-3	1.2317e-3	1.2898e-12
O VII	21.85	0.56	1.7982e-3	9.2500e-4	8.4439e-13
N VII	24.78	0.50	5.3740e-4	3.2063e-4	2.5687e-13

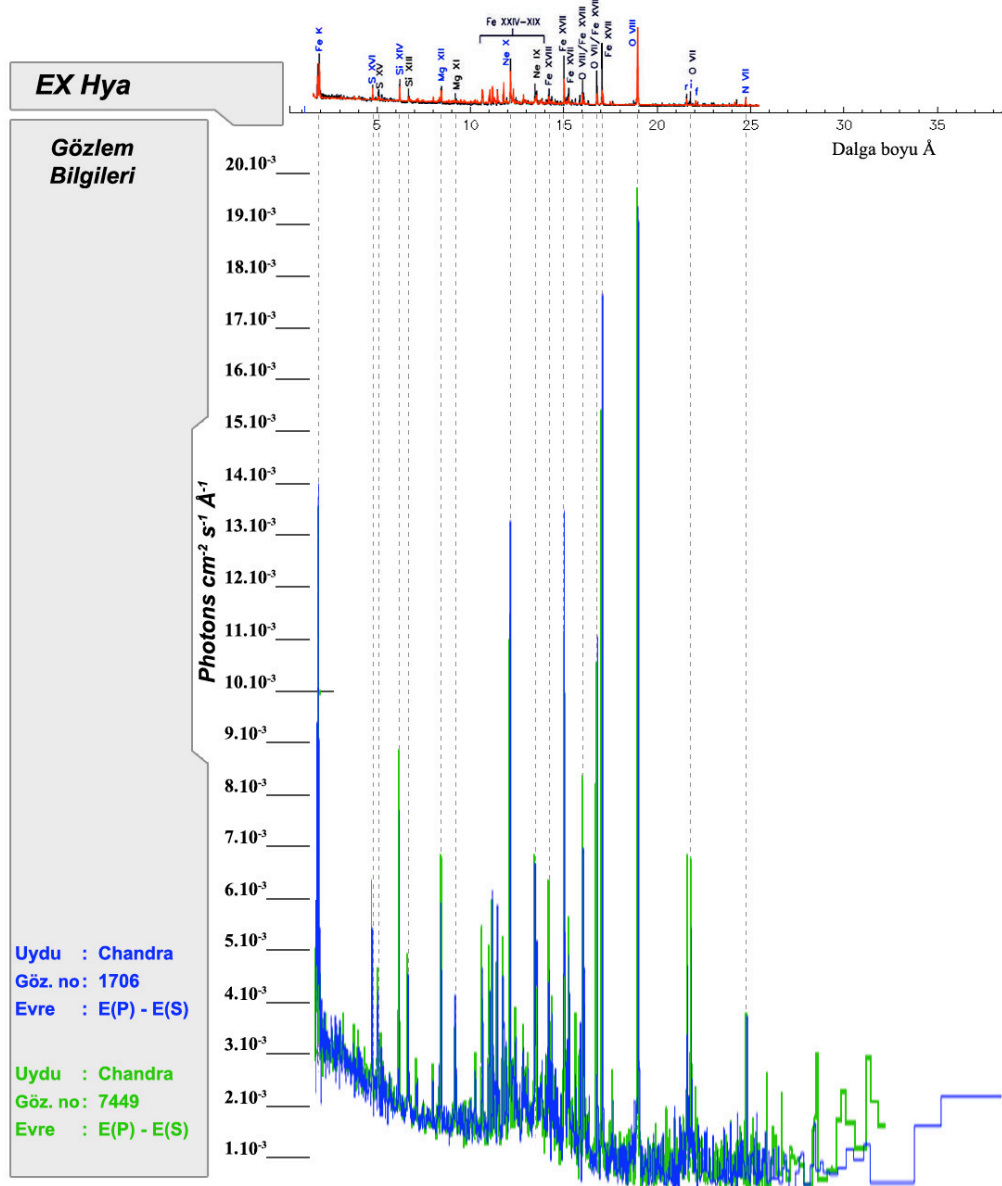
Çizelge 4.33. 7450 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.3710e-2	6.5365e-4	6.9822e-12
S XVI	4.75	2.62	1.8226e-2	3.3216e-4	1.3891e-12
S XV	5.07	2.45	2.2018e-2	4.2528e-4	1.6632e-12
Si XIV	6.17	2.00	7.1131e-2	5.0854e-4	1.6342e-12
Si XIII	6.70	1.86	8.1075e-2	5.4033e-4	1.6030e-12
Mg XII	8.40	1.47	5.2574e-2	3.2329e-4	7.6314e-13
Mg XI	9.25	1.35	4.8964e-2	5.7690e-4	1.2395e-12
Ne X	12.15	1.02	2.4647e-2	5.7681e-4	9.4360e-13
Ne IX	13.60	0.90	2.7252e-2	1.1113e-3	1.6255e-12
Fe XVII	15.02	0.82	1.0312e-2	6.0386e-4	7.9904e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	4.6846e-3	3.4997e-4	4.3424e-13
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	6.4960e-3	7.2221e-4	8.4083e-13
O VIII	18.97	0.65	6.4460e-3	1.2932e-3	1.3540e-12
O VII	21.85	0.56	2.1487e-3	1.1187e-3	1.0197e-12
N VII	24.78	0.50	4.8096e-4	2.8687e-4	2.2986e-13

Çizelge 4.34. 7451 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

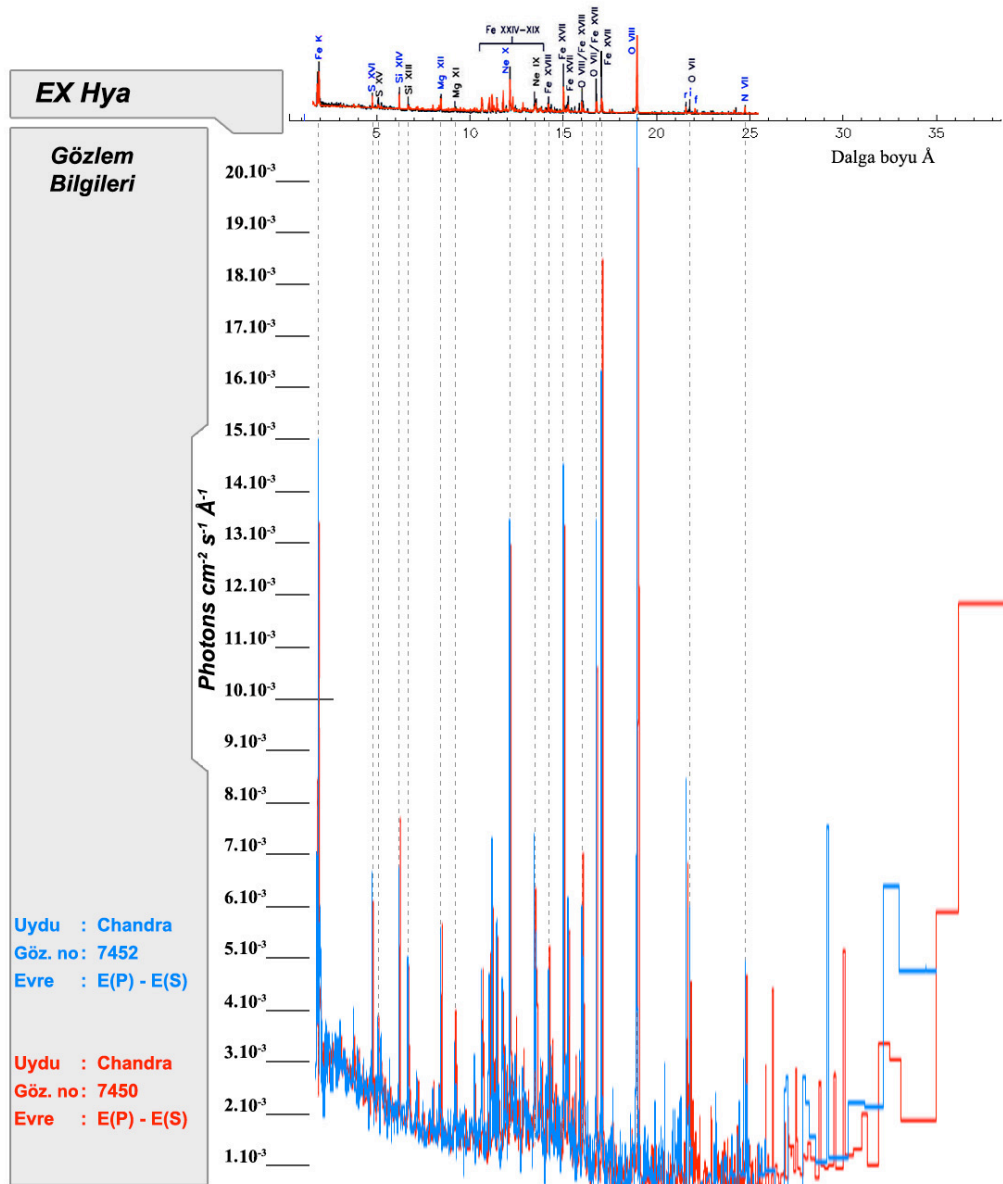
Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	1.4543e-2	6.9516e-4	7.4290e-12
S XVI	4.75	2.62	1.8958e-2	3.4545e-4	1.4443e-12
S XV	5.07	2.45	2.1827e-2	4.2150e-4	1.6490e-12
Si XIV	6.17	2.00	7.2201e-2	5.1685e-4	1.6612e-12
Si XIII	6.70	1.86	8.4439e-2	5.6450e-4	1.6748e-12
Mg XII	8.40	1.47	5.4259e-2	3.3365e-4	7.8759e-13
Mg XI	9.25	1.35	4.9431e-2	5.8101e-4	1.2478e-12
Ne X	12.15	1.02	2.5360e-2	5.9368e-4	9.7121e-13
Ne IX	13.60	0.90	2.7764e-2	1.1337e-3	1.6584e-12
Fe XVII	15.02	0.82	1.0180e-2	5.9546e-4	7.8795e-13
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	4.7014e-3	3.5106e-4	4.3562e-13
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	6.4478e-3	7.1765e-4	8.3544e-13
O VIII	18.97	0.65	6.6006e-3	1.3261e-3	1.3884e-12
O VII	21.85	0.56	2.1050e-3	1.0959e-3	9.9893e-13
N VII	24.78	0.50	5.2459e-4	3.1300e-4	2.5080e-13

Sistemin 1706 ve 7449 numaralı gözlemlerinde elementler ve onların iyonlarına ait değerlerin, cüce novalara benzer olduğu görülmekte. Elementlere ait akı değerleri, kendi iyonlarına ait akı değerlerinden yüksektir. Sakin evreye yakın veya içindeki evrelerde olan sistemlerdeki sert x-ışını akısındaki eğim burada da gözlenmektedir ancak cüce novaların x-ışını akı grafiklerinden farklı olarak Ne bölgesinde akı değerlerinin kısmi olarak yüksek değer aldığı görülmektedir.

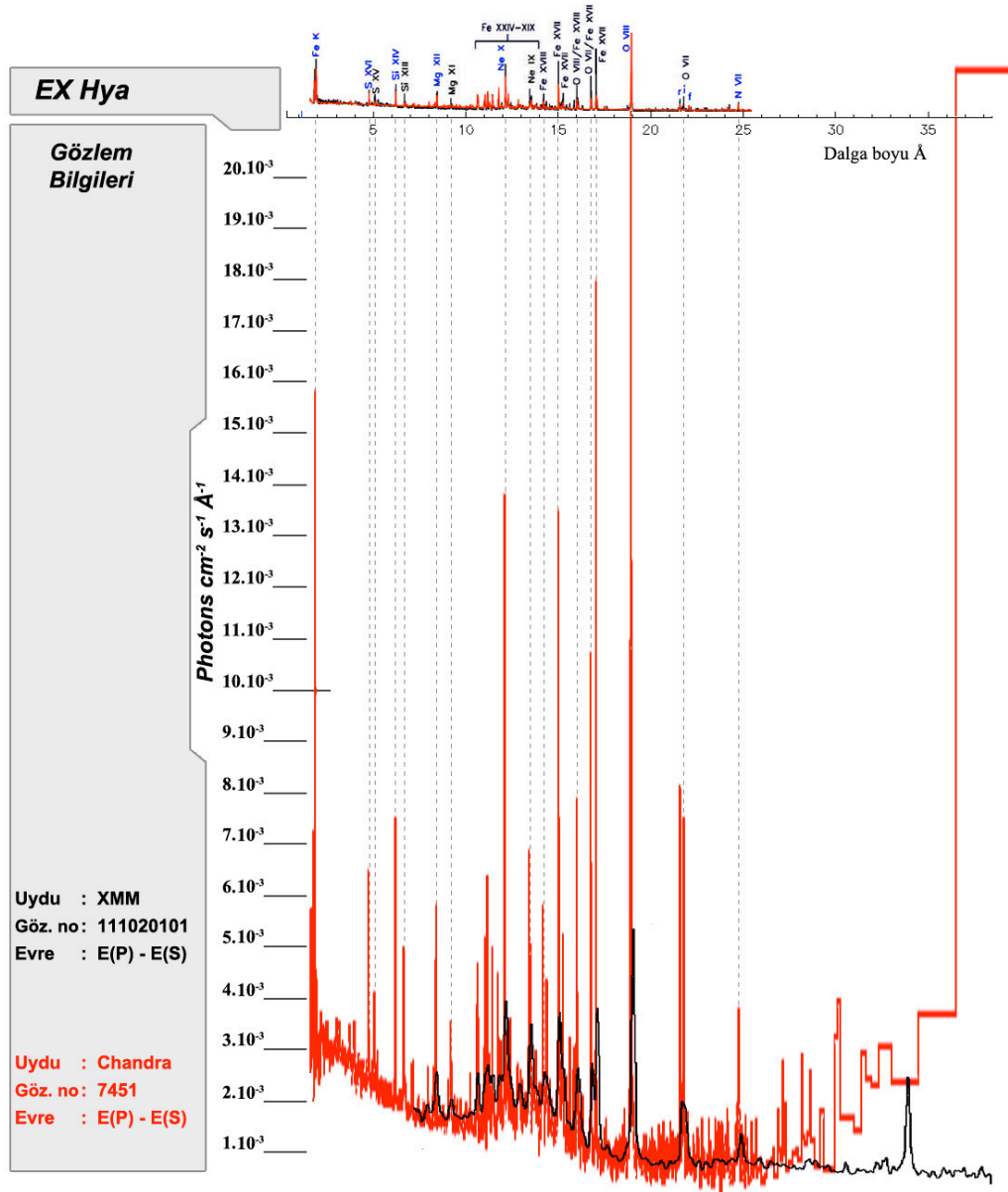


Şekil 4.38. EX Hya sisteminin 1706 ve 7449 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

Element ve iyonların akı değerleri 7452 ve 7450 numaralı gözlemlerde de aynı olmakla birlikte hem grafiklerden hem de gözlemlerin spektrum değerlerine ait çizelgelerden, elementlerin foton akı değerlerinin genel olarak arttığını görmekteyiz.



Kısa zaman aralığında ard arda yapılan gözlem bilgilerinden, sistemin patlama evresinden uzaklaştıkça, elementlere ait akı değerlerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 4.40. EX Hya sisteminin 7451 ve 111020101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.11. V4743 SAGITTARII (V4743 Sgr)

İncelenen yıldızlar arasında iki hızlı novadan (Na) birisi olan sistem, parlaklık bakımından en düşük değere sahiptir. Sistemin belirlenen özellikleri çok az olmakla birlikte yapılan gözlem sayısı 2 tanedir.

Çizelge 4.35. V4743 Sgr sisteminin genel özellikleri [18]

ra	285.2887
dec	-22.0017
Tür1	HN
Tür2	-
Tür3	-
Spectral Tür	-
Yörünge Peryodu (saat)	6.7176
Mag1	16.8
Mag2	-
Mag3	-
<i>i</i> (deg)	-
Tutulma	-
m1 ($M_{\odot}$)	-
m2 ($M_{\odot}$)	-
Kütleler Oranı	-

V4743 Sgr sisteminin XMM-Newton ve Chandra veri tabanlarında yapılan taramalarda XMM-Newton uydusuna ait 2 gözlem tespit edilmiştir. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.36.'da verilmiştir.

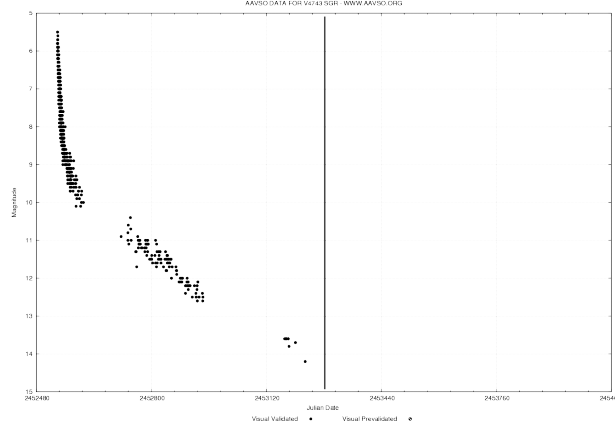
Çizelge 4.36. V4743 Sgr sisteminin, XMM-Newton uydusu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
XMM	204690101	6.527	01.10.2004	2453280	E(S)
XMM	304720101	9.861	29.03.2006	2453824	E(S)

Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından, bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur.

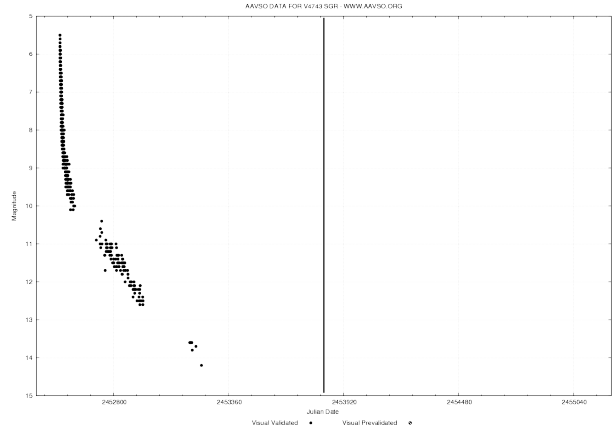
Şekil 4.41., XMM uydusu ile 01.10.2004 tarihinde yapılmış olan 204690101 nolu gözlemdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini

göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.36.'ya eklenmiştir.



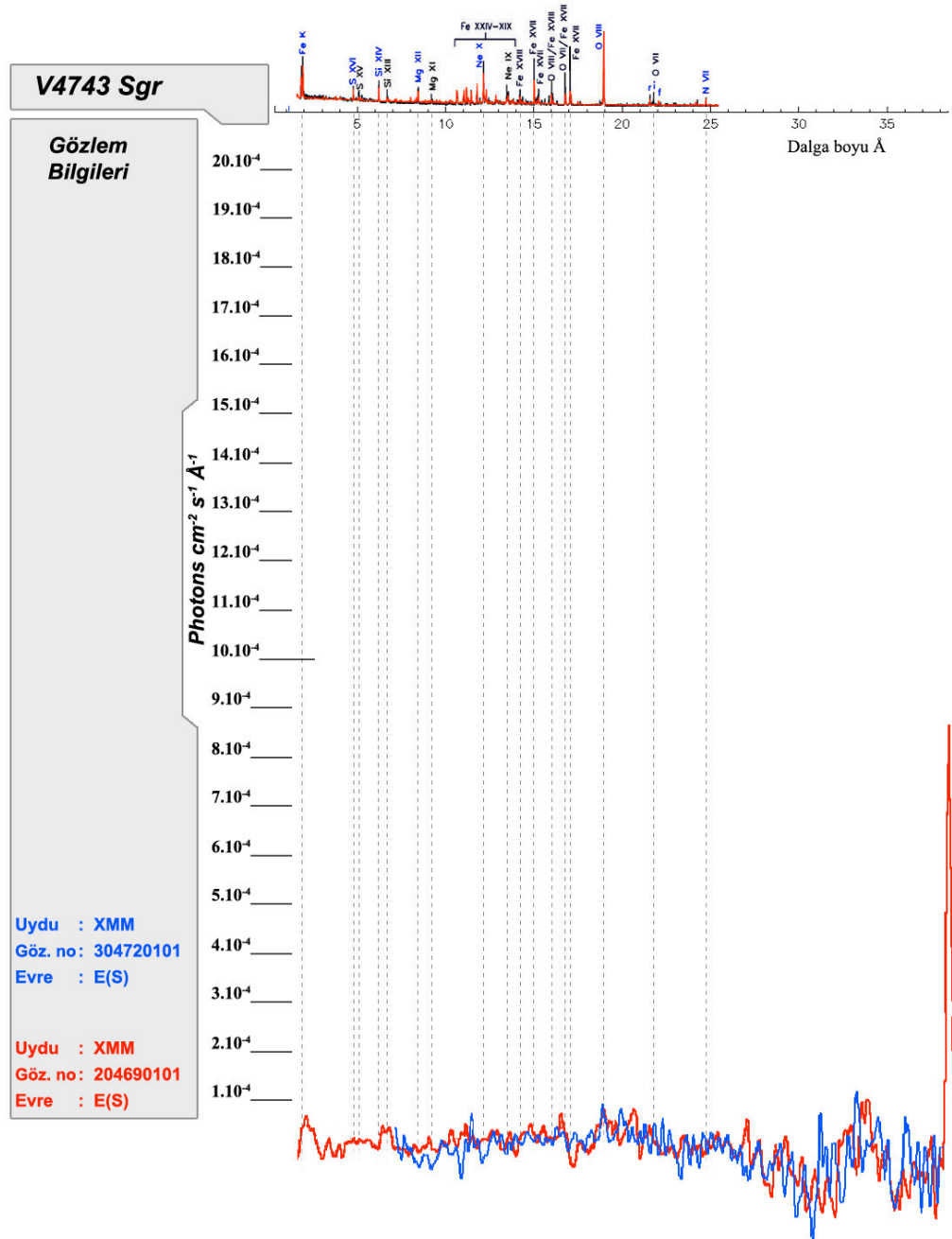
Şekil 4.41. 2453280 tarihindeki XMM uydusuna ait V4743 Oph sisteminin, 1600 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Şekil 4.42., XMM uydusu ile 29.03.2006 tarihinde yapılmış olan 304720101 nolu gözlemden, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evrede olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.36'ya eklenmiştir.



Şekil 4.42. 2453824 tarihindeki XMM uydusuna ait V4743 Oph sisteminin, 2800 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Sakin evrede 2 gözlemi olan sistem cüce novalardan farklı olarak, sakin evrede sert x-ışını bölgesindeki eğim burada görülmemekte. Sistemin sakin evresindeki grafiğin, cüce novaların patlama evrelerindeki grafiğe benzediği görülmekte.



Şekil 4.43. V4743 Sgr sisteminin 204690101 ve 304720101 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

4.12. GK PERSEI (GK Per)

Kataklismik değişen yıldızların hızlı nova türünde olan sistem yörünge peryodu olarak incelenen yıldızlar arasında en yüksek değere sahiptir.

Çizelge 4.37. GK Per sisteminin genel özellikleri [18]

ra	52.8
dec	43.9044
Tür1	HN
Tür2	CN
Tür3	-
Spectral Tür	K1/4
Yörünge Peryodu(saat)	47.92327
Mag1	12.8
Mag2	13.7
Mag3	0.2
<i>i</i> (deg)	73
Tutulma	-
m1 ($M_{\odot}$)	0.87
m2 ($M_{\odot}$)	0.48
Kütleler Oranı	2.1

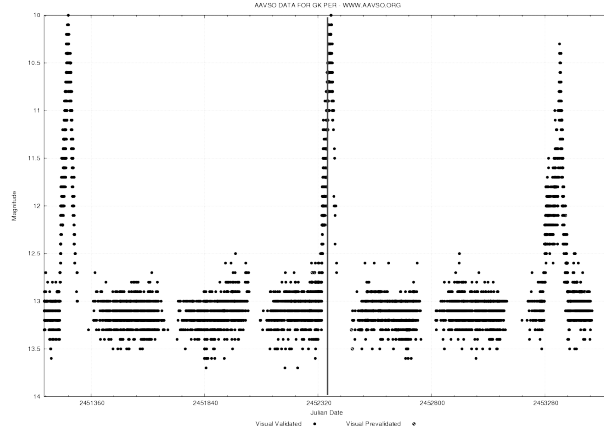
Sistemin Chandra uydusuna ait, birbirine yakın tarihlerde alınmış 2 gözlemi vardır. Gözlemlere ait gözlem numarası, gözlem süresi, gözlem tarihi, gözlemin julian tarihi ve sistemin içinde bulunduğu evre Çizelge 4.38.'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. GK Per sisteminin, Chandra uydusu gözlemlerine ait bilgileri [19, 20]

Uydu İsmi	Gözlem numarası	Gözlem Süresi (Saat)	Gözlem tarihi (Gün / Ay / Yıl)	Julian Tarihi	Evre E(S) / E(P)
Chandra	3454	8.773	27.03.2002	2452361	E(S) - E(P)
Chandra	3455	9.449	09.04.2002	2452374	E(S) - E(P)

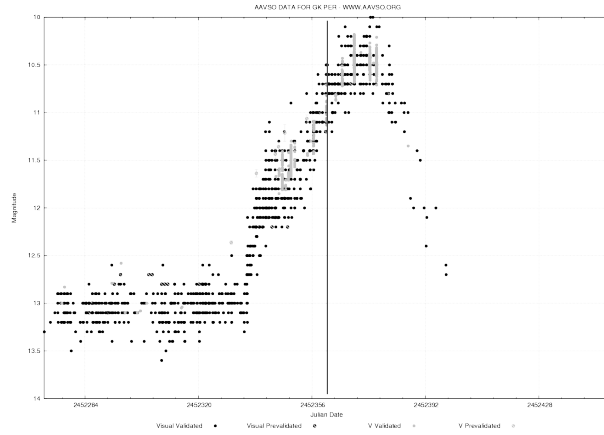
Gözlem tarihleri julian tarihine çevirilmiş ve sistemin bu tarihlerde hangi durumda olduğunu belirlemek üzere AAVSO veri tabanından, bu tarihlerden önce ve sonraki ışık eğrileri oluşturulmuştur.

Şekil 4.44., Chandra uydusu ile 27.03.2002 ve 09.04.2002 tarihlerinde yapılmış olan 3454 ve 3455 nolu gözlemlerdeki, sistemin görsel bölgedeki ışık eğrisini göstermektedir. Ortadaki dikey çizgi gözlem tarihini belirtmektedir. Işık eğrisinden sistemin sakin evreden patlama evresine geçiş döneminde olduğu belirlenmiş ve Çizelge 4.38’e eklenmiştir.



Şekil 4.44. 2452361 tarihindeki Chandra uydusuna ait GK Per sisteminin, 2400 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Sistemin evresinin daha net belli olması açısından gözlem zamanından 90 gün önce ve 90 gün sonra olmak üzere bir ışık eğrisi daha oluşturulmuştur. (Şekil 4.45.)



Şekil 4.45. 2452361 tarihindeki Chandra uydusuna ait GK Per sisteminin, 180 günlük zaman aralığını içeren ışık eğrisi [23]

Çizelge 4.38.'deki Chandra uydusuna ait gözlemler belirlenmiş ve spektrum verileri TGCat'den alınmıştır. Çizelge 4.39. ve Çizelge 4.40.'da belirlenen gözlemlere ait spektrum değerleri yer almaktadır.

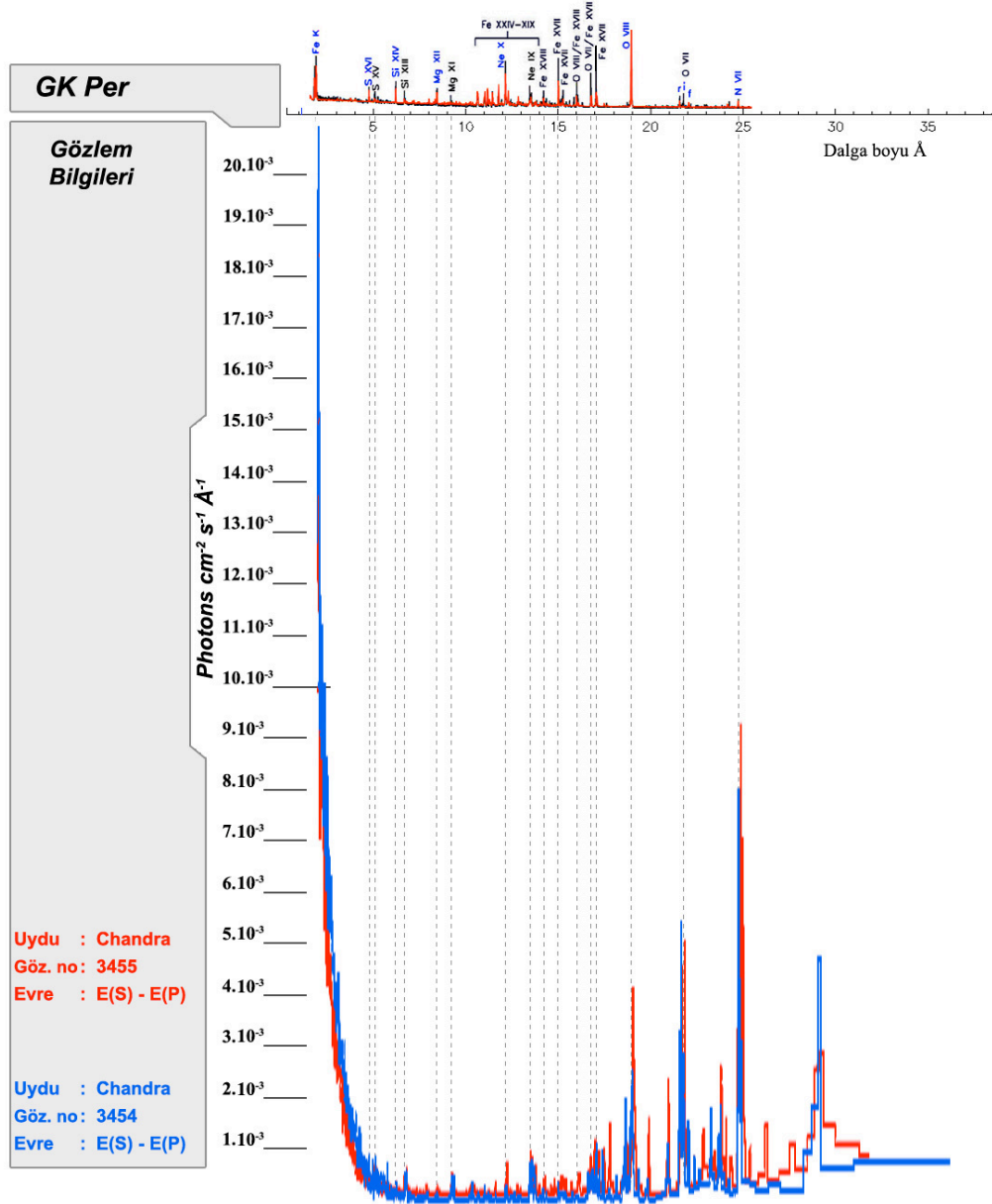
Çizelge 4.39. 3454 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	3.2011e-2	1.5647e-3	1.6724e-11
S XVI	4.75	2.62	2.5647e-3	5.1897e-5	2.1679e-13
S XV	5.07	2.45	3.8945e-3	7.2944e-5	2.8540e-13
Si XIV	6.17	2.00	5.1294e-3	3.6486e-5	1.1722e-13
Si XIII	6.70	1.86	9.9105e-3	6.6233e-5	1.9645e-13
Mg XII	8.40	1.47	2.2164e-3	1.3708e-5	3.2371e-14
Mg XI	9.25	1.35	7.4724e-3	7.2624e-5	1.5622e-13
Ne X	12.15	1.02	1.0132e-3	2.2549e-5	3.6880e-14
Ne IX	13.60	0.90	3.1663e-3	1.2526e-4	1.8334e-13
Fe XVII	15.02	0.82	6.6491e-4	3.4285e-5	4.5409e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	3.1663e-4	1.9409e-5	2.4100e-14
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	8.5489e-4	7.8696e-5	9.1576e-14
O VIII	18.97	0.65	1.7731e-3	2.7650e-4	2.8936e-13
O VII	21.85	0.56	2.2481e-3	8.2037e-4	7.4890e-13
N VII	24.78	0.50	1.5831e-3	6.1401e-4	4.9176e-13

Çizelge 4.40. 3455 numaralı Chandra gözleminin spektrum değerleri [25]

Element	Dalga boyu (Å)	Enerji (keV)	Sayım Oranı counts/s	Foton Akısı Photons/cm ² /s	Enerji akısı ergs/cm ² /s
Fe XXV	1.85	6.66	2.9115e-2	1.4140e-3	1.5103e-11
S XVI	4.75	2.62	1.7404e-3	3.5246e-5	1.4719e-13
S XV	5.07	2.45	2.9498e-3	5.5348e-5	2.1640e-13
Si XIV	6.17	2.00	3.1268e-3	2.2322e-5	7.1773e-14
Si XIII	6.70	1.86	9.4690e-3	6.3878e-5	1.8961e-13
Mg XII	8.40	1.47	2.1239e-3	1.3137e-5	3.1034e-14
Mg XI	9.25	1.35	6.7846e-3	6.6940e-5	1.4398e-13
Ne X	12.15	1.02	1.3274e-3	2.9636e-5	4.8424e-14
Ne IX	13.60	0.90	3.8053e-3	1.4854e-4	2.1751e-13
Fe XVII	15.02	0.82	5.3097e-4	2.7853e-5	3.6889e-14
O VIII / Fe XVIII	16.02	0.77	5.0147e-4	3.0898e-5	3.8321e-14
O VII / Fe XVII	17.075	0.72	9.1445e-4	8.4450e-5	9.8185e-14
O VIII	18.97	0.65	2.4189e-3	3.8131e-4	3.9894e-13
O VII	21.85	0.56	2.5074e-3	9.0237e-4	8.2499e-13
N VII	24.78	0.50	2.0944e-3	8.1906e-4	6.5580e-13

Bir Na türü olan sistem aynı zamanda cüce nova türündedir. Bu durum sistemin x-ışını akısı grafiğinde de görülmektedir. Evre sakinlikten patlama evresinin uç noktasına doğru ilerledikçe sert x-ışınlarındaki akı düşerken, yumuşak x-ışınlarındaki akı yükselmekte. Sistem manyetik olmamasına rağmen patlama evresindeki bu kısa aralıkta iyonların akı değerleri kendi elementlerinden fazla olduğu görülmekte.



Şekil 4.46. GK Per sisteminin 3454 ve 3455 numaralı uydu gözlemlerinin üst üste bindirilmiş x-ışını akısı grafiği [21, 22]

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, 7 cüce nova ile birlikte 5 farklı sistemin de incelenmesi, fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması ve yapısal farklılıkların irdelenmesi açısından önemli bir odaklanma noktası olmuştur.

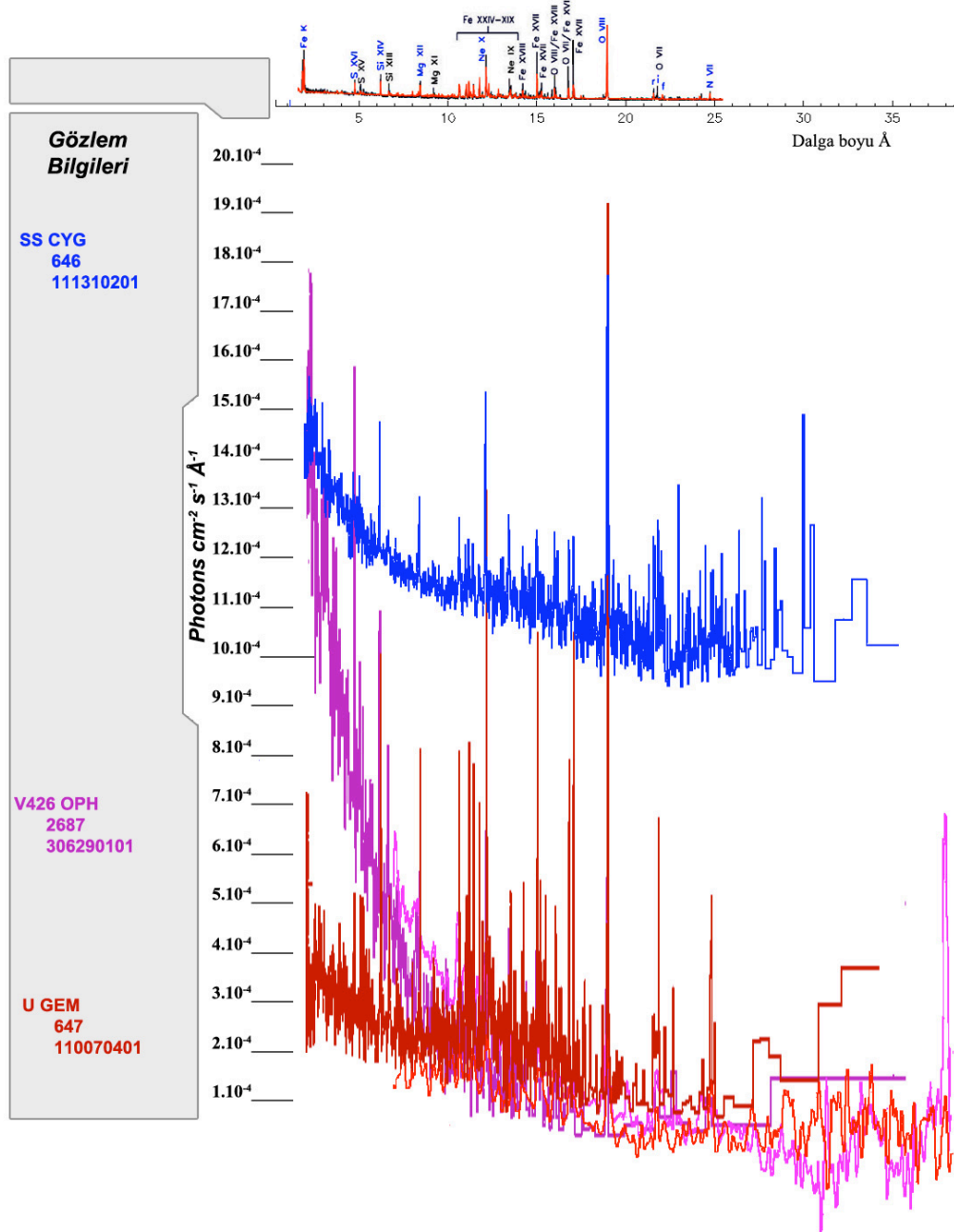
Cüce nova türündeki sistemlerin dışında kalan 5 yıldızın veri sayısının az olmasından dolayı, bunları kendileri arasında kıyaslamamız mümkün olmamıştır. Fakat cüce novalarla olan karşılıklı evrelerindeki x-ışını akılarındaki farklılıklar, bu sistemlerin cüce novalardan farklı bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Literatürdeki kuramsal öngörülere paralel gerçekleştirilen gözlemsel verilerin analizi ve modellemesi sonucunda, sistemin patlama evresinde yer alan yumuşak x-ışınlarının, görsel bölgedekine benzer olarak artması sürecinde sert x-ışınlarının düştüğü ortaya koyulmuştur (Şekil 2.11). Bahsedilen artma ve azalma sert x-ışınları ve yumuşak x-ışınları arasındaki orandır. Sistemlerin patlama evrelerinde x-ışınlarında, genel olarak artma ve azalma da mevcuttur.

Bu durum SS Cyg, U Gem, AB Dra, V426 Oph, Oy Car, Qz Vir ve SU Uma olmak üzere, tüm cüce novalarda gözlemlenmiştir. Ayrıca bu prensip hızlı novalardan, alt sınıf olarak cüce nova özelliği gösteren, GK Per için de geçerlidir. Şekil 2.11, patlama evresindeki görsel, yumuşak x-ışınlarının ve sert x-ışınlarının davranışları açısından yorum yapılmasına imkan verse de, sakin evredeki davranışı hakkında bir bilgi vermemektedir.

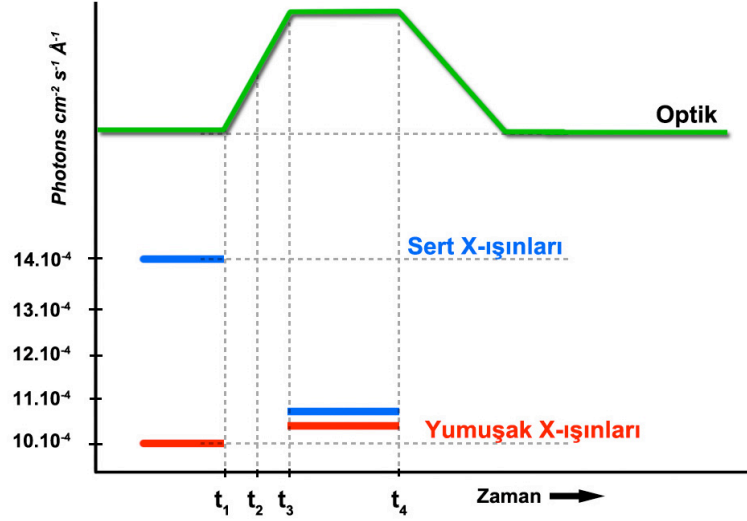
Çalışma sürecinde yapılan analiz ve yorumlar, sakin evrenin fiziksel özelliklerini inceleme açısından kapsamlı bir platform oluşturmuştur. Uydu verisi analizlerinden elde edilen grafiklerin eğimlerinin incelenmesi ile, cüce novaların sakin evrelerinde sert x-ışınlarının, yumuşak x-ışınlarına oranla daha yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada incelenen bazı cüce novalara ait sakin evredeki x-ışını akıları Şekil 5.1’de verilmiştir.

Sakin evredeki x-ışını akıları, 1.10^{-4} - 4.10^{-4} ve 10.10^{-4} - 14.10^{-4} Photons.cm⁻².s⁻¹.Å⁻¹ olmak üzere, iki farklı aralıkta yoğunlaşmaktadır. Bu aşamada, grafiklerde patlama evresine doğru gittikçe x-ışını akısındaki eğimin azalmakta, sert x-ışınlarının akısının, yumuşak x-ışınlarına oranla düşmekte olduğu ve değerlerin belirli bir noktada orantılı hale geldiği ortaya koyulmuştur.



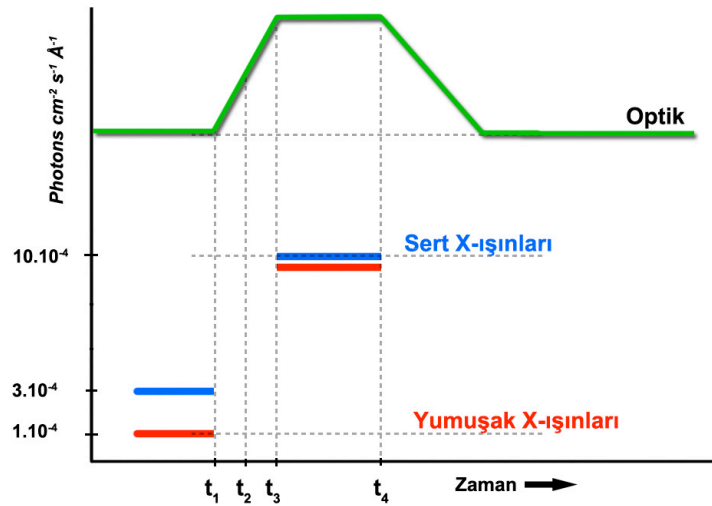
Şekil 5.1. Bazı cüce novaların sakın evredeki x-ışını akıları

Patlama ve sakin evreleri genel olarak ele aldığımızda, incelenen cüce novaların x-ışını akılarının iki tür davranış sergiledikleri görülmektedir. Sistemin sakin evreden patlama evresine geçiş aşamasında, sert x-ışınlarında azalma olurken, yumuşak x-ışınlarında hafif bir artış gözlenmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Farklı evrelerdeki sert x-ışınları ve yumuşak x-ışınları akıları

Sistemlerin farklı evrelerdeki x-ışını akılarının bir başka davranışı da Şekil 5.4.'teki gibi olduğu görülmüştür. Burada patlama evresinde orantısal olarak yumuşak x-ışınlarının sert x-ışınlarına göre akılarının daha fazla arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.4. Farklı evrelerdeki sert x-ışınları ve yumuşak x-ışınları akıları

Cüce novalarda gözlenen bir başka ortak özellik, tepe yapan element değerleridir. Analizler sonucunda daha yüksek mertebeden iyonlaşmış tüm elementlerin akı değerlerinin, aynı elementin düşük seviyeden iyonlaşmış elementinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İncelenen 5 manyetik yapıli sistemde bu bahsedilen durumun geçerli olmadığı görülmüştür.

Manyetik yapıya sahip sistemlerin yumuşak x-ışınlarının akı değerlerinde kayda değer şekilde farklılık gözlenmiştir. Özellikle yarı kutupsal (YK) sistemlerin yumuşak x-ışınları bölgesinde düzensiz çizgiler belirlenmiştir. Bu düzensizliklerin, kutupsal sistemlerde ve cüce novalarda çok daha az olduğu görülmüştür. Yarı kutupsal sistemlerin x-ışını yayılımında, hem sıcaklığa bağlı mekanizmalar, hem de manyetik alana bağlı mekanizmalar etkin olabileceğinden, yumuşak x-ışını akı değerlerindeki düzensizliğin de bu özellikten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Cüce novalarda elementlerin yüksek seviyeli iyolarının akı değerleri, hem patlama hem de sakin evrelerinde, düşük seviyeli iyonların akı değerlerinden fazla olmaktadır. Ancak kutupsal yapıya sahip sistemlerde, durumun bu şekilde olmadığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında AM Her ve BY Cam olmak üzere iki farklı nitelikte manyetik sistem ele alınmıştır. AM Her sisteminin spektrum değerlerinde OVII, OVIII'e göre daha yüksek, BY Cam sisteminin spektrum değerlerinde OVII, OVIII'e göre ve NeIX, NeX'a göre daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum cüce novalar ve yarı kutupsal sistemler üzerine yaptığımız analizlerde görülmemiştir.

Kutupsal sistemlerdeki ortak gözlemlerin azlığından dolayı, bu sistemleri kendi içlerinde inceleme olanağımız olmadı. Bunu gerçekleştirmek için, taranan XMM-Newton ve Chandra verilerinin yanında, Suzaku uydusuna ait verilerin taranmasının, bu konuda kayda değer getiri sağlayacağı görüşündeyiz. Ayrıca gözlem verisinin artışı, cüce novaların yanı sıra kutupsal ve yarı kutupsal sistemlerinde kendi içlerinde değerlendirilmelerine zemin hazırlayacaktır. Bu çalışmanın devamı olarak, mevcut uydulara gözlem zamanı talebi ile proje verilerek, konu ile ilgili uydu verilerinin sayısının artırılması, yapılacak analiz ve modellemelerin sonuçlarının, bu çalışmanın sonuçları ile birlikte değerlendirilmesini önermekteyiz.

KAYNAKLAR

- [1] Şen, M.İ., *XMM-Newton ile VW Hyi'nin x-ışın analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çanakkale, 2008.
- [2] Pandel, D., *X-ray observations of cataclysmic variable stars with the XMM-Newton Space Observatory*, PhD Dissertation, University of California, Santa Barbara, USA, 2004
- [3] Warner, B., *Cataclysmic Variable Stars*, Cambridge University Press, 523, 1995.
- [4] Aliş, S., *Interacting Binary Stars, Kataklişmik Değişenler, Gözlemsel Bir Genel Bakış*, 2002.
- [5] Education and Public Outreach Activities at the HEASARC, Introduction to Cataclysmic Variables (CVs),
<http://heasarc.nasa.gov/docs/objects/cvs/cvstext.html#polars>
- [6] Saygaç, A.T., *VW Hydri Kataklişmik Değişen Yıldızın Optik ve Morötesi Tayfsal Analizi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1992.
- [7] AAVSO (The American Association of Variable Star Observers),
<http://www.aavso.org/>
- [8] Altan, M., *Cüce Novaların X-ışın Uydu Verilerinin Analizi*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Eskişehir, 2002
- [9] Hellier, C., *Cataclysmic Variable Stars, How and Why They Vary*, Springer, UK, 2001.
- [10] Webbink, R.F., *White Dwarf and Degenerate Variables Stars*, Univ of Rochester, New York, Amerika, 426, 1972.
- [11] Adams, D. J., *Cosmic X-ray Astronomy*, University of Leicester, 1980.
- [12] Richman, H.R., *X-Ray Spectra Of Cataclysmic Variables From ROSAT*, The Astrophysical Journal, 462, 404 – 427, 1996.
- [13] Erdeve, I., *Bazı Cüce Novaların X-ışın Uydu Verilerinin Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, 2004

- [14] Kuulkers, E., Norton A., Schwope, A., Warner B., *X-Rays From Cataclysmic Variables*, 2003
- [15] Güver, T., *Magnetarların X-ışın Spektrumları: Modeller ve Uygulamalar*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
- [16] Chandra X-ray Observatory official web page, <http://chandra.harvard.edu>
- [17] X-ray Multi-Mirror Mission official web page, <http://xmm.esac.esa.int/>
- [18] Ritter, H., Kolb, U., *Cataclysmic Binaries Catalog (7th Edition, Rev. 7.16)*, <http://heasarc.nasa.gov/W3Browse/all/rittercv.html>, 2011
- [19] Search and Retrieval from the *Chandra* Data Archive (ChaSer), <http://cda.harvard.edu/chaser/>
- [20] X-ray Multi-Mirror Mission (XMM-NEWTON) Science Archive (XSA) <http://xmm.esac.esa.int/xsa/index.shtml>
- [21] Transmission Grating Catalog and Archive (TGCat) <http://tgcate.mit.edu/>
- [22] Browsing Interface for RGS Data (BIRD) <http://xmm.esac.esa.int/BiRD/>
- [23] (AAVSO Light Curve Generator) <http://www.aavso.org/data/lcg>
- [24] K. Mukai ve ark., *Two Types of X-Ray Spectra in Cataclysmic Variables*, The Astrophysical Journal, 586, L77-L80, 2003.
- [25] Transmission Grating Catalog and Archive (TGCat), quick search-Star-Spectral Properties Table, <http://tgcate.mit.edu/>