ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI ZENGİN GALAKSİ KÜMELERİNİN X-IŞIN GÖZLEMLERİNDEN YARARLANARAK KÜME DİNAMİĞİNİN İNCELENMESİ

Elifnur ÖZEL

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2015

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Elifnur ÖZEL tarafından hazırlanan **"Bazı Zengin Galaksi Kümelerinin X-Işın Gözlemlerinden Yararlanarak Küme Dinamiğinin İncelenmesi"** adlı tez çalışması 07/01/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI
Ankara Üniversitesi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Sıtkı Çağdaş İNAM
Başkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

22/01/2015

Elifnur ÖZEL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI ZENGİN GALAKSİ KÜMELERİNİN X-IŞIN GÖZLEMLERİNDEN YARARLANARAK KÜME DİNAMİĞİNİN İNCELENMESİ

Elifnur ÖZEL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

Bu çalışmada, A1991 ve A2142 galaksi kümeleri ile literatürde ilgili çalışması yer almayan 4 adet galaksi kümesinin (A1576, A2552, A2009, A2657) XMM-Newton ve Chandra uydularından alınan verilere dayalı olarak sıcaklık ve element bolluk profilleri incelenmiştir. Bu kümelerden A2142, A1576 ve A2657 dışında kalanları, dengeye ulaşmış (relax olmuş) bir kümeden beklenen sıcaklık dağılımları ve soğuma eğrisi profilleri sergilemektedirler. Kümeler ayrıca, soğuk cepheler ve kaviteler bakımından da incelenmiştir. A1991 dışındaki kümelerde kavitelerle ilgili doğrudan bir kanıta rastlanmamıştır. Bu kümedeki kuzey ve güney kavitelerinin sıcaklıkları sırasıyla (2.09 ± 0.10) keV ve (1.75 ± 0.10) keV olarak belirlenmiştir. O, Mg, Si, S, Ni element bolluklarının Fe elementine oranı, küme içerisindeki gazın SNII tür patlamalarla şekillendiğine işaret etmektedir.

Ocak 2015, 149 sayfa

Anahtar Kelimeler: Galaksi kümeleri, X-ışın gözlemleri, soğuma eğrisi ve bolluk profili, soğuk cepheler

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

STUDYING THE DYNAMICS OF SOME RICH GALAXY CLUSTERS BASED ON X-RAY OBSERVATIONS

Elifnur ÖZEL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

In this study, radial temperature and elemental abundance profiles of several galaxy clusters have been investigated by using data obtained from the archives of XMM-Newton and Chandra X-ray telescopes. In addition to A1991 and A2142, 4 galaxy clusters (A1576, A2552, A2009, A2657) for which no relevant studies are found in the literature have been examined. All of these clusters, except for A2142, A1576 and A2657, have shown temperature and cooling flow profiles as expected from a relaxed cluster. It has also been studied whether there are cold fronts or cavities do exist. There is no direct evidence found for the presence of cavities except for A1991 in which temperatures of the cavities have been determined to be (2.09 ± 0.10) keV and (1.75 ± 0.10) keV for northern and southern cavities, respectively. The ratio of abundances of O, Mg, Si, S, Ni to that of Fe indicates that intra-cluster gas involved in the cluster is formed by SNII type explosions.

January 2015, 149 pages

Key Words: Clusters of galaxies, X-ray observations, cooling profile and abundance profile, cold fronts

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında sonsuz bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR'e (Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı) en derin saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca bana sonsuz destek ve katkıda bulunmuş olan öğretim üyelerimiz Prof. Dr. Selim O. SELAM'a ve Doç. Dr. Hakan V. ŞENAVCI'ya, veri analizi konusundaki bilgileriyle destek veren Doç. Dr. Murat HÜDAVERDİ'ye (Yıldız Teknik Üniversitesi), Dr. Ebru AKTEKİN (Akdeniz Üniversitesi) ve öğrencisi Turgay ÇAĞLAR'a (Yıldız Teknik Üniversitesi), ayrıca manevi olarak her daim yanımda bulunan nişanlım Onur KİRİŞ ile aziz dostum Doğan T. KÖSEOĞLU'na, çalışmalarım sırasında bana anlayış gösteren tüm gözlemci arkadaşlarıma ve Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi çalışanlarına en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu araştırmada, NASA/GSFC bünyesindeki Astrofizik Bilim Bölümü ve Smithsonian Astrofizik Gözlemevi'nin Yüksek Enerji Astrofiziği Bölümü'ne ait bir servis olan, Yüksek Enerji Astrofiziği Bilim Arşivi Araştırma Merkezi (HEASARC) tarafından sağlanan veriler ve/veya yazılımlar kullanılmıştır.

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "Bazı Zengin Galaksi Kümelerinin X-Işın Gözlemlerinden Yararlanarak Küme Dinamiğinin İncelenmesi (14L0430003)" konulu proje ile desteklenmektedir.

Elifnur ÖZEL
Ankara, Ocak 2015

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI i
ETİK ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
TEŞEKKÜR v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ xi
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER 3
2.1 Evrendeki Maddenin Dağılımı 3
2.2 Galaksi Kümelerinin Genel Özellikleri 3
2.3 Küme İçi Ortamın (ICM) Genel Özellikleri 6
2.4 ICM'nin Tayfsal Özellikleri 7
2.5 Sıcaklık Dağılımı ve Soğuma Akımı 9
2.6 Kütle Tayini 13
2.7 Soğuk Cepheler 14
2.8 Kaviteler 15
3. MATERYAL VE YÖNTEM 17
3.1 Materyal 17
3.2 Yöntem 18
3.2.1 Verilerin analize hazırlanması 18
3.2.2 Tayf eldesi ve analizi 22
3.2.3 Yüzey parlaklık profilleri ve kaviteler 32
4. BULGULAR 34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ 39
KAYNAKLAR 47
EKLER 51
EK 1 Veriler, Model Sonuçları ve Tespit Edilen Nokta Kaynaklar 52
EK 2 XMM-Newton "Science Analysis System (SAS)" ile Temel Veri İndirgeme Prosedürü 106
EK 3 "Chandra Interactive Analysis of Observations (CIAO)" ile Temel Veri İndirgeme Prosedürü 141
ÖZGEÇMİŞ 149

SİMGELER DİZİNİ

a	Galaksi kümesinin çekirdek yarıçapı
α	Sağ açıklık
β	β-modeli indeksi
δ	Dik açıklık
G	Evrensel çekim sabiti
k	Boltzmann sabiti
L	Astrofiziksel objenin ışınımgücü
M	Astrofiziksel objenin kütlesi
μ	Ortalama molekül ağırlığı
m_H	H atomunun kütlesi
n_e	Elektron yoğunluğu
n_H	H kolon yoğunluğu
P	Gaz basıncı
ρ	Gaz yoğunluğu
ρ_0	Galaksi kümesinin merkezi yoğunluğu
S	Gözlenen yüzey parlaklığı
σ	Standart sapma
σ_0	Küme merkezindeki izdüşüm yoğunluk
T	Termodinamik sıcaklık derecesi
x_0	Ortalama değer
z	Kırmızıya kayma
°	Yay derecesi
’	Yay dakikası
”	Yay saniyesi

Kısaltmalar

A1576	Abell 1576
A1991	Abell 1991
A2009	Abell 2009
A2142	Abell 2142
A2552	Abell 2552
A2657	Abell 2657
ACIS	AXAF CCD Imaging Spectrometer
APEC	Astrophysical Plasma Emission Code (Plazma salma modeli)
ARF	Ancillary Region File
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AXAF	Advanced X-Ray Astronomy Facility
BCG	Brightest Cluster Galaxy (Kümenin en parlak galaksisi)
CCD	Charge-Coupled Device
CCF	Current Calibration File
CIAO	Chandra Interactive Analysis of Observations
E	Eliptik tür galaksi

EPIC	European Photon Imaging Camera
ESA	European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı)
FITS	Flexible Image Transport System
GTI	Good Time Interval
GUI	Graphical User Interface
HEASARC	High Energy Astrophysics Science Archive Research Center
HEASoft	High Energy Astrophysics Software
HETGS	High Energy Transmission Grating Spectrometer
HRC	High Resolution Camera
HTML	Hyper Text Markup Language
ICM	Intra-Cluster Medium (Küme İçi Ortam)
ID	Identification (Tanımlama)
LETGS	Low Energy Transmission Grating Spectrometer
MEKAL	Mewe-Kaastra-Liedahl ısısal plazma modeli
MOS	Metal Oxide Semi-conductor
ObsID	Observation Identification (Gözlem Numarası)
ODF	Observation Data File
OM	Optical Monitor
PDF	Portable Document Format
PHA	Pulse Height Analyser
PI	Pulse-Invariant
PN	p-n dedektör
PNG	Portable Network Graphics
PPS	Pipeline Processing System
px	Piksel
QPB	Quiescent Particle Background (Sakin Arkaplan Parçacık Işınımı)
RGS	Reflecting Grating Spectrometer
RMF	Response Matrix File / Redistribution Matrix File
S0	Merceğimsi tür galaksi
SAS	Science Analysis System
SDF	Slew Data File
SN(I/II)	Süpernova (tür I/II)
SPF	Soft Proton Flare
UTC	Coordinated Universal Time
UV	Ultraviyole
XMM-Newton	X-ray Multi-Mirror Mission Telescope
XMM-SSC	XMM-Newton Science Survey Center
XSA	X-ray Science Archive

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Virgo kümesi ve üyelerinin ROSAT X-ışın teleskobuna ait örnek görüntüsü (renkler ters çevrilmiştir) 5

Şekil 2.2 A2142 kümesinin merkez bölgesi ve civarının XMM-Newton uydusuna ait EPIC (altta MOS1-2, üstte PN) aygıtlarından elde edilmiş örnek tayfı 8

Şekil 2.3 Coma kümesine ait yüzey parlaklık profili ve bunu temsil eden en iyi β-modeli fiti (Briel vd. 1992) 11

Şekil 2.4 A2029 kümesinin radyal sıcaklık profilinde izlenen soğuma akımı (Vikhlinin vd. 2006) 12

Şekil 2.5.a. Perseus kümesinin unsharp masking tekniği ile ortaya çıkarılmış kavite yapısı (Fabian vd. 2006), b. Bu kavitelerin üzerine eklenmiş 1.4 GHz VLA radyo bölge konturları (Fabian vd. 2001) 16

Şekil 3.1 ACIS-S3 kamerası üzerinde A1991 kümesi için tespit edilen nokta kaynaklar ve konumları..... 20

Şekil 3.2 EPIC MOS 1 kamerası üzerinde Abell 1991 kümesi için tespit edilen nokta kaynaklar ve konumları (renkler ters çevrilmiştir) 21

Şekil 3.3 EPIC MOS1 kamerası üzerinde Abell 1991 kümesi için seçilen dairesel dilimler 23

Şekil 3.4 Chandra ACIS-S ve ACIS-I dizilerinin temel yerleşim planları ve CCD'lerin özellikleri 24

Şekil 3.5 Abell 2142'nin 0.2-10 keV aralığındaki örnek yüzey parlaklık görüntüsü a. Şekilde de gösterilen iki bölgede gözlenen süreksizlikler, b. Kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgelerini içeren Chandra uydusu görüntüsü ve analizde seçilen bu doğrultulardaki eliptik halka parçaları, c. Her iki uydu için analizde kullanılan elips dilimler 27

Şekil 3.6 İncelenen Abell kümelerinin ds9 içerisinde sls ile renklendirilmiş ve smooth edilmiş, EPIC aygıtlarına (MOS1-2) ait örnek görüntüleri (görünürlüğü artırmak için renk ve kontrast değiştirilmiştir) 29

Şekil 3.7 Bir MOS kamerasının görüş alanında, A1991 kümesinin X-ışın (kontur) ve optik (ESO DSSI/II) görüntülerinin birleştirilmesi ile elde edilmiş kombine görüntüsü 31

Şekil 3.8 A1991 kümesinin XMM-Newton (MOS1) X-ışın (mavi), ESO DSSI/II optik (yeşil), POSS/UKSTU kırmızıöte (kırmızı) görüntüleri kullanılarak oluşturulmuş kombine görüntüsü üzerine bindirilmiş radyo (VLA) konturları 32

Şekil 4.1 Seçilen Abell kümelerinin XMM-Newton (kırmızı) ve Chandra (siyah) uydularına ait tayf verisinden elde edilen sıcaklık profilleri .. 34

Şekil 4.2 İlgili Abell kümeleri için oluşturulan yüzey parlaklık profilleri ve "fark"larla (alt paneller) birlikte üzerlerine uygulanmış β –modelleri (sürekli eğriler) 36

Şekil 4.3 A1991 kümesinin Chandra ACIS-S dedektörü ile alınmış olan, 0.5-3.0 keV enerji aralığındaki görüntüsüne "eliptik 2-D beta modeli" uygulanmasıyla görüntülenen kaviteler (kuzey N, güney S olmak üzere) ve üzerine bindirilmiş olan VLA FIRST radyo bölge konturları ……... 37

Şekil 4.4 Diğer Abell kümelerinin Chandra ACIS-S dedektörü ile alınan, 0.5-3.0 keV enerji aralığındaki görüntülerine, "eliptik 2-D beta modeli" uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ve üzerine bindirilmiş olan radyo (VLA FIRST) bölge konturları ……... 38

Şekil 5.1.a. A1991'in Vikhlinin vd. (2005), b. Pratt ve Arnaud (2005), c. Pandge vd. (2013) tarafından verilen, d. Bu çalışmada elde edilen soğuma eğrileri 39

Şekil 5.2 Markevitch vd. (2000) tarafından A2142 kümesinde gözlenenen soğuk cephelere ait a. Sıcaklık profilleri, b. Yüzey parlaklık profilleri 40

Şekil 5.3 İncelenen Abell kümelerine ait, `apec` (kırmızı) ve `mekal` (siyah) modellerinin sonucunda elde edilmiş ağır element bolluklarının Güneş'teki ağır element bolluğuna oranlarının, kümenin merkezinden olan uzaklığa bağlı olarak değişimi, (sürekli çizgiler en iyi doğrusal fitleri temsil etmektedir) 42

Şekil 5.4 A1991 kümesinin a. Analizlerimizdeki $Z/Z_{\odot}$ cinsinden bolluk profili, b.Vikhlinin vd. (2005) tarafından verilmiş olan bolluk profili 43

Şekil 5.5 İncelenen Abell kümelerinin küme içi ağır element bolluklarının ortalamasının Fe elementine göre bollukları 44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Abell (1958) galaksi kümesi sınıfları 6
Çizelge 3.1 Analizde kullanılan verilerin arşiv bilgileri 17
Çizelge 3.2 XMM - Newton ve Chandra X-ışını teleskoplarının temel teknik özellikleri 18
Çizelge 3.3 XMM-Newton ışık eğrilerinden çıkarılan istatistikler 19
Çizelge 3.4 Chandra ışık eğrilerinden çıkarılan istatistikler 22
Çizelge 3.5 Kümelerin tayf analizlerinde sıklıkla karşılan elementlere ait salma çizgileri ve bu çizgilere karşılık gelen enerjilerin eV biriminde karşılıkları 30
Çizelge 4.1 İncelenen Abell kümelerinin yüzey parlaklık profilleri üzerine yapılan β-modeli fitinden elde edilen sonuçlar 35

1. GİRİŞ

Evren, mikro boyuttan makro boyuta uzanan hiyerarşik bir yapılar zinciridir. Aynı şekilde maddenin dağılımı da bu hiyerarşiyi izlemektedir; yıldızlar, galaksiler, galaksi grupları, galaksi kümeleri ve süperkümeler şeklinde bir düzene sahiptir. Daha büyük ölçekli yapılar, daha küçük olanların bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Büyük ölçekli yapının oluşumu, özellikleri ve evrimi ile ilgili fiziğin anlaşılmasında kullanılan en temel alanlardan birisi de X-ışını gözlemleridir. Galaksi kümeleri ise süperkümelerden sonra evrende bilinen en büyük ölçekli yapılardır.

Son bir kaç on yıllık süre içerisinde teknolojinin hızla ilerlemesiyle birlikte, X-ışını astronomisinde de önemli gelişmeler yaşanmıştır. Yüksek tayfsal ve zamansal ayırma gücüne sahip X-ışını teleskoplarının geliştirilmesiyle (XMM-Newton, Chandra, Suzaku vb.), evrenin barındırdığı kozmolojik sırlar da yavaş yavaş açıklığa kavuşmaya başlamıştır.

Günümüzde, X-ışını gözlemlerine dayalı olarak incelenen en popüler konulardan birisi de galaksi kümeleridir. Bunlar, evrendeki en büyük kütleli, kütleçekimsel olarak birbirine bağlı ve dinamik olarak çoğu dengeye ulaşmış sistemlerdir. Galaksi kümelerinin incelenmesi, X-ışını astronomisi ve kozmolojiye dair yürütülen çalışmalar ele alındığında, son 20 yıldır önem kazanmaya başlamıştır. Optik bölgedeki gözlemleri, onların başlangıçta dinamik olarak birbirine bağlı galaksiler topluluğu olduğu izlenimini vermiş olsa da, X-ışını teleskoplarından gelen veriler bu yapıların arasını dolduran bir ortamın (ICM: Intra-Cluster Medium) var olduğunu ispat etmiştir. Yani kümelerdeki galaksiler arası ortam boş değildir. Kümeler hakkındaki bilgimizin bir kısmı da bu ortamı oluşturan yüksek sıcaklıktaki gazın yaymakta olduğu X-ışınlarından gelmektedir. Bu bilgiler ışığında, kümelerin dinamik ve termal yapısı, kimyasal komposizyonu, küme popülasyonuna ilişkin istatistikler ve oluşum geçmişi hakkında fikir edinilebilmektedir. Galaksi kümeleri, zamanla dinamik dengeye ulaştıkları bir “denge durumu” (relax olma) sergilerler. Bu kümeler büyük ölçekli kozmik yapının anahtar parçası

olduklarından, evrenin evrimiyle sıkı bir ilişki içerisindedirler. Bundan dolayı, evrenin yapısını anlamada ve kozmolojik modelleri test etmede kullanılabilirler.

Galaksi kümeleri, barındırdıkları üç temel bileşenden dolayı önemlidirler: Karanlık madde, küme içi sıcak gaz ve galaksiler. Bir galaksi kümesi; kütlece yaklaşık %85 karanlık madde, %12 sıcak gaz ve %3 oranında da galaksi ve yıldızlardan oluşmaktadır.

Galaksi kümelerinin ilk örnekleri fotoğraf plaklarında görülmüştür ve ilk kez Wolf (1906) tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. Kümelerden X-ışını yayını, ilk defa Byram vd. (1966) tarafından keşfedilmiştir. Bundan birkaç yıl sonra da Gursky vd. (1971) ve Fritz vd. (1971) tarafından, Coma Berenices ve Perseus takımyıldızlarında yakın ve büyük kütleli galaksi kümeleri bulunmuştur. Literatüre bakıldığında, bu konudaki araştırmalar son derece zengindir. Forman ve Jones (1982)'un kümelerin X-ışını bölgesindeki yüzey parlaklık dağılımlarının kümenin evrim durumuyla ilişkisi hakkında eleştirileri bulunmaktadır. Galaksi kümelerinin X-ışını çalışmalarında en detaylı giriş, Sarazin (1986, 1988) tarafından yapılmıştır. Bunu takiben kümelerin X-ışınlarındaki durumu hakkında yapılan sonraki incelemeler şöyle özetlenebilir: kümelerdeki soğuma akımları Fabian (1994), galaksi gruplarının X-ışını özellikleri Mulchaey (2000), kümelerin kütleçekimsel etkileşimleri Feretti vd. (2002), küme evrimi Rosati vd. (2002) ile Voit (2005), X-ışını kümelerinin kozmolojik modellerin testi için kullanılması Schuecker (2005) tarafından çalışılmıştır.

Bu çalışmada, Abell kümelerinden seçilen 6 adet galaksi kümesinin (A1991, A2142, A1576, A2552, A2009, A2657) XMM-Newton ve Chandra uydu gözlemlerinden faydalanılarak X-ışını özellikleri, küme içi gazın sıcaklık gradiyenti, kimyasal bileşim özellikleri ve radyal hız profili bakımından incelenmiştir. Galaksi kümelerinin ve küme içi ortamın özellikleri ile bu konuda yapılan diğer çalışmalar bölüm 2'de verilmiştir. Kullanılan materyal ve analiz yöntemleri bölüm 3'te detaylı şekilde açıklanmıştır. Son olarak bölüm 4 ve bölüm 5'te elde edilen bulgular tartışılarak, daha önceki bulgularla karşılaştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Evrendeki Maddenin Dağılımı

Evrenin düzenine bakıldığında maddenin tekdüze dağılmadığı görülür. Yapılan gözlemler ve geliştirilen modeller, kozmolojik ölçekte maddenin "flament" adı verilen ağsı yapılar ve bunların arasına giren büyük boşluklar şeklinde bir yapı meydana getirdiğini ortaya çıkarmıştır. Buradan yola çıkılarak, galaksilerin de rastgele bir dağılıma sahip olmadığı ve flamentleri takip ettikleri söylenebilir. Galaksiler, kütleçekimsel olarak birbirlerine bağlanmaya ve topluluklar halinde bir araya gelmeye meyillidirler. Galaksiler öncelikle, "grup" adı verilen küçük topluluklar halini alırlar. Bu gruplar da birbirleriyle kütleçekimsel olarak etkileşerek daha büyük ölçekli yapılar olan "galaksi kümeleri"ni oluştururlar. Bu kümeler, yukarıda bahsedilen flamentlerin kesişim yerlerine denk gelmektedir. Bu noktalar aynı zamanda, maddenin yoğun bulunduğu yerlerdir. Galaksiler kümenin kütle merkezi etrafında yörüngeye oturmuşlardır.

2.2 Galaksi Kümelerinin Genel Özellikleri

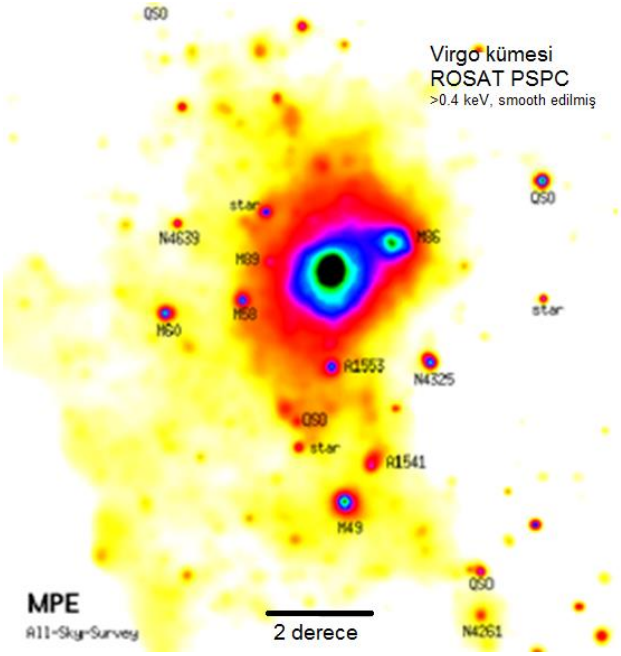
Bir kümenin sınırı kabaca, gökyüzü düzleminde arka plandaki galaksilerin sayı yoğunluğunun, kümenin dış eteklerindeki galaksilerin sayı yoğunluğuna çok yakın olduğu yer olarak tanımlanabilir. Çapları 10 Mpc'e kadar ulaşabilmektedir. Yaklaşık 1-2 Mpc'lik yarıçapa sahip bir alanda, onlarca ve yüzlerce parlak galaksinin yanı sıra, binlerce de sönük galaksi barındırmaktadırlar. Kümelerdeki galaksilerin yüksek ışınımgüçlü olanlarının sayısı, sönüklere nazaran daha azdır. Kümelerin kütleleri ve X-ışını ışınım güçleri için tipik değerler sırasıyla $M_{Virial} \approx 3x10^{14\text{-}15}$ $M\odot$ ve $L_x \approx 10^{43\text{-}45}$ erg s^{-1} aralığındadır.

Kümeler öncelikle, içerdikleri galaksi sayısına göre gruplandırılabilir. Bu yüzden, onları kabaca fakir ve zengin olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Bunlardan fakir olanları bir kaç yüz veya biraz daha az sayıda galaksiye sahiptir. Buna karşılık zengin olanlarında binlercesi yer alabilir. Buna ek olarak, "kümenin en parlak galaksileri" (BCG: Brightest

Cluster Galaxies) olarak adlandırılan, ışınımgücü bakımından baskın üye/üyeler içerirler. BCG'ler çoğunlukla eliptik galaksileridir. BCG'ler, genellikle zengin ve yoğun olan galaksi kümelerinde bulunan ve "cD galaksileri" olarak adlandırılan (Matthews vd. 1964) büyük kütleli, eliptik galaksilerdir. Kısaltmalardan "c", galaksinin kümenin merkezinde bulunduğu ve "D" ışınımsal olarak baskın üye olduğu anlamına gelmektedir (Morgan ve Lesh 1965, Bautz ve Morgan 1970). Bununla birlikte, fakir kümelerin de cD galaksilerine sahip olabileceği belirtilmiştir (Morgan vd. 1975, Albert vd. 1977).

Küme içindeki galaksilerin hız dispersiyonları fakir kümeler için 800 km s^{-1} civarında iken, zengin kümelerde 1500 km s^{-1} yi bulmaktadır. Kütleçekimsel potansiyelin büyük olması, galaksilerin daha hızlı hareket etmelerine ve merkezdeki gaz kütlesinin ve yoğunluğunun daha fazla olmasına yol açar.

Galaksi kümeleri ayrıca morfolojilerine bakılarak da düzenli (evrimleşmiş) ve düzensiz (erken) olmak üzere iki gruba ayrılır (Abell 1965, 1975). Düzenli kümeler, dış taraflardan merkeze doğru yoğunlaşan ve merkezde en şiddetli değerine ulaşan bir yüzey parlaklık dağılımı gösterir. Ayrıca galaksilerin dağılımı da bu yüzey parlaklık profiline paraleldir. Merkezlerinde tek bir baskın BCG bulunur. Şekilleri ise küresel simetriye çok yakındır. Genellikle tamamı "erken tür galaksiler" olarak adlandırılan E (eliptik) ve S0 (merceğimsi) galaksilerden (Hubble 1926) meydana gelir. Erken tür galaksilerin prototipi Virgo kümesidir, bu kümenin merkezinde dev bir eliptik olan M87 (şekil 2.1) vardır. Bu tür kümelerde çoğunlukla soğuma akımı (cooling flow) görülür (örn. A1991, Pandge vd. 2013).



Şekil 2.1 Virgo kümesi ve üyelerinin ROSAT X-ışın teleskobuna ait örnek görüntüsü (renkler ters çevrilmiştir)

Düzensiz kümelerde, yüzey parlaklık dağılımı düzensizdir; kümenin içerisinde bir kaç baskın BCG gözlenir. Dolayısıyla parlaklık dağılım profillerinde birden fazla parlaklık maksimumu göze çarpar. Küme içindeki galaksiler de bu baskın noktalar etrafında alt küme tarzı yapılar oluşturmuşlardır. Bununla birlikte, şekilleri de küresel simetriden son derece uzaktır. Bu türe, Coma kümesi örnek gösterilebilir. Her tipten galaksiyi barındırabilirler. Bu tür çoğunlukla soğuma akımı göstermez. Boyutları düzenli kümelerle yaklaşık aynı olmasına rağmen, kütleleri onların yalnızca %10-30'u civarındadır. Genel olarak düzenli kümeler, düzensizlere göre daha yüksek ışınımgücüne ve sıcaklıklara sahiptirler. Fakat nadiren bazı düzensiz kümelerde de, diğer kümelerle olan etkileşme süreçlerine yorulabilecek yüksek sıcaklıklar gözlenebilir. Böyle durumlarda çarpışma bölgesindeki gaz, şok dalgaları tarafından ısıtılmaktadır.

Galaksi kümelerine ilişkin en kapsamlı ve en çok atıf alan iki katalog Abell (1958) ve Zwicky (1961-1968) tarafından hazırlanmış kataloglardır. Abell, küme üyelerinin sayısına göre (N) galaksi kümelerini zenginlik sınıfı (R) adı verilen gruplara ayırmıştır (çizelge 2.1**)**. Bu kataloğun 1958 yılına ait orijinalinde sadece kuzey yarımküre

kaynakları bulunmasına karşılık, Abell vd. (1989), güney yarım küredeki kaynakları da kapsayacak biçimde kataloğu genişletmişlerdir.

Çizelge 2.1 Abell (1958) galaksi kümesi sınıfları

Zenginlik sınıfı (R)	Üye sayısı (N)
0	30-49
1	50-79
2	80-129
3	130-199
4	200-299
5	≥ 300

2.3 Küme İçi Ortamın (ICM) Genel Özellikleri

Galaksi kümeleri konusunda X-ışını gözlemleriyle yapılan en büyük keşif, hiç şüphesiz küme içi ortamın (ICM) varlığıdır. 1970 yılında UHURU uydusunun fırlatılmasıyla, büyük kütleli galaksi kümelerinden gelen X-ışını yayını farkedilmiştir. Bu durum ilk kez Coma kümesinde gözlenmiştir. Burada, tüm galaksilerin yaymakta olduğu toplam X-ışınının beklenenden fazla çıkması, akıllara X-ışını yayan ilave bir bileşenin var olabileceği düşüncesini getirmiştir. Daha sonraları, Perseus kümesinde demire ait Fe K salma çizgisi keşfedilmiştir (Mitchell vd. 1976). Bu da sıcaklığı 10^8 K olan ısısal bir X-ışını salma mekanizmasının varlığını göstermiştir. Daha sonra fırlatılan Einstein ve ROSAT uyduları ile birlikte, daha düşük kütleli kümelerden de X-ışınları yayını tespit edilmiştir.

Kümelerden gelen X-ışını yaygın yapıda olup küme üyelerinden kaynaklanmaz. Ayrıca bu ışınım, gözlemlerin yapıldığı zaman ölçeğinde, örneğin X-ışını astronomisinin doğuşundan günümüze kadarki zaman aralığında, değişim göstermemiştir. Nitekim bu ışınımın kaynağı yaygın bölge ise bir değişimin olması da beklenmemektedir.

ICM, yaklaşık $10^{7\text{-}8}$ K mertebesinde sıcaklıklara sahip, yüksek dereceden iyonize olmuş gazdan meydana gelmiştir. Bundan dolayı yaptığı ışınım X-ışını bölgesine düşer. Temel

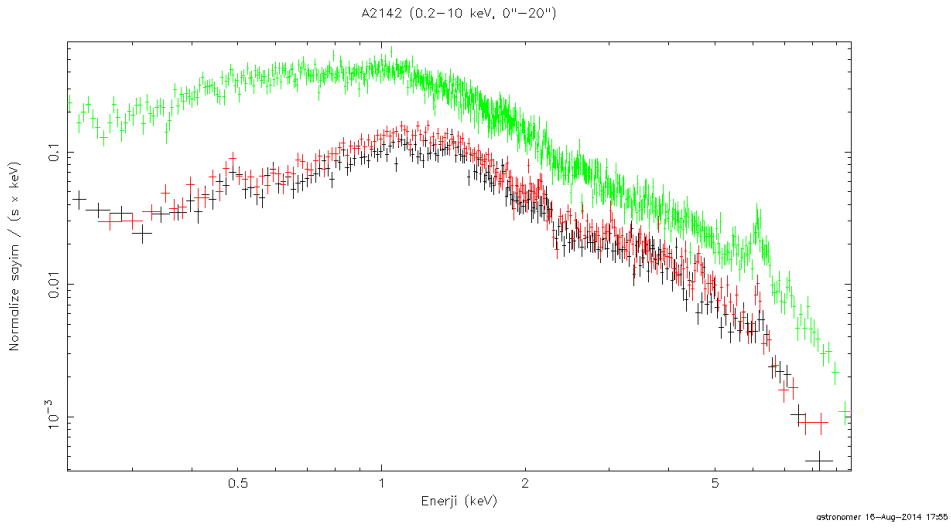
ışınım mekanizması, bir tür serbest-serbest geçiş mekanizması olan 'ısısal bremsstrahlung'dur. Bu sıcaklıklarda gaz neredeyse tamamen iyonize durumda olduğundan, ortamda bol miktarda serbest elektron ve iyonlar bulunur. Ortamdaki elektron yoğunluğu $n_e \approx 10^{-4}$-10^{-5} cm^{-3} mertebesindedir. X-ışınımının tayfsal özelliklerinden, küme içerisindeki gazın sıcaklığı ve kimyasal bileşimi hakkında fikir edinilebilmektedir. Küme içerisindeki gaz her ne kadar büyük boyutlara sahip olsa da, oldukça incedir; dolayısıyla yaptığı ışınım kaynağın kendisi tarafından soğurulmaz.

Bunlara ilaveten, ortamda sadece yüksek sıcaklıklı ısısal plazma yoktur, manyetik alanlar ve kümeler arası uzayı dolduran rölativistik parçacıklar da vardır. ICM, kümenin şeklini de belirlediğinden X-ışını görüntüleri, kümenin yapısı hakkında bilgi sağlar. Gazın kütlesi, kümenin optik bölgede belirlenen toplam kütlesinden daha büyüktür.

2.4 ICM'nin Tayfsal Özellikleri

ICM içerisindeki gazın tayfı, temel olarak ısısal bremsstrahlung ve çizgi salması olarak iki bileşenden meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra, rekombinasyon salmasından ve H veya He gibi iyonların salmasından ileri gelen sürekliliğin de küçük bir katkısı vardır. Isısal bremsstrahlung, tayfta kabaca bir süreklilik bileşeni olarak kendisini gösterir. Sıcaklığın $T \geq 3x10^7$ K olduğu yüksek sıcaklıklarda, ısısal bremsstrahlung baskın salma mekanizmasıdır. Buna karşılık, daha düşük sıcaklıklarda, X-ışını salması baskın olarak çizgilerden ileri gelir. Bir çok kümede gözlenen baskın çizgi özelliği hiç şüphesiz 6.7 keV civarında bulunan Fe K_α çizgi kompleksidir. Bu çizgi aslında, Fe^{+24} ve Fe^{+25} iyonlarından gelen kuvvetli ve Ni iyonlarından gelen zayıf çizgilerin bir karışımıdır. Fe K çizgi kompleksine ek olarak, tayfta çok sayıda daha düşük enerjilere ait çizgiler de bulunmaktadır. Bunların arasında Fe ve Ni'in L kabuğu çizgilerinin yanı sıra, Fe'den daha hafif olan C, N, O, Mg, Si, S, Ar ve Ca gibi elementlerin de K kabuğu çizgileri vardır. Bu çizgiler, $T \leq 10^7$ K mertebesindeki sıcaklıklarda çok baskın hale gelirler. Şekil 2.2'de A2142 kümesinin merkez bölgesi ve civarından alınan örnek bir X-ışını tayfı görülmektedir. Şekilden, kümenin soğuk çekirdeği dışındaki bölgeden gelen

yaklaşık 6 keV civarındaki Fe K çizgileri ve soğuk çekirdekten gelen daha düşük enerjili çizgilerin üzerine bindiği ısısal bremmstrahlung'a ait süreklilik görülmektedir.



Şekil 2.2 A2142 kümesinin merkez bölgesi ve civarının XMM-Newton uydusuna ait EPIC (altta MOS1-2, üstte PN) aygıtlarından elde edilmiş örnek tayfı

Gazın kökeni tam olarak belli olmamakla birlikte, bu gazın metal bakımından zenginleştirilmesi süreci, kümenin ilk oluşum zamanlarında meydana gelmiş olamaz. Bir miktar gaz büyük kütleli yıldızlar tarafından işlenerek süpernova patlamaları ile küme içi ortama salınmış olmalıdır. Ayrıca kümenin oluşumu esnasında da bir miktar gaz genç galaksilerden koparılmış olabilir. Bilindiği gibi süpernova patlamaları ağır elementler üreten en temel süreçtir. Bu elementler, galaksiler arası rüzgarlar ve süpernovanın patlamasından ileri gelen basınç etkisiyle ICM'ye yayılmaktadır. Metal bolluğu, galaksi kümelerinin kimyasal evrimiyle ilgili önemli bilgiler vermektedir. Bu metal bollukları, X-ışını tayflarından ölçülebilir. Böylelikle belirlenecek Fe bolluğu, kümede oluşmuş süpernovaların (SN: Süpernova) türünü belirleme imkanını sunar (Tip I veya Tip II). Fe bakımından fakir kümelerde metal bollukları Tip II süpernovalar yoluyla üretilmektedir. Eğer Fe bolluğu, Si bolluğundan çok daha fazla ise bu durum Tip Ia süpernovalarının baskın olduğuna işaret etmektedir (Nomoto vd. 1984, Dupke ve White 2000).

Dupke ve White (2000), Güneş bolluğuna göre SNI türü için:

$$\begin{aligned} &O \approx Mg \approx 0.035Fe \\ &Ne \approx 0.006Fe \\ &Si \approx S \approx Ar \approx Ca \approx 0.5Fe \\ &Ni \approx 4.8Fe \end{aligned} \tag{2.1}$$

SNII türü için:

$$\begin{aligned} &O \approx Mg \approx Si \approx 3.7Fe \\ &Ne \approx S \approx 2.5Fe \\ &Ar \approx Ca \approx Ni \approx 1.7Fe \end{aligned} \tag{2.2}$$

bolluk oranlarının açığa çıktığını belirtmişlerdir. Bu bolluk oranları galaksilerin oluşturduğu SN'ların türünü belirlemede kullanılabilir. Tip Ia patlamaları sonunda en fazla Ni ve Fe meydana gelirken, SNII, Ia ve Ib tiplerinde O, Mg, Si ve S daha fazla açığa çıkar (Dupke ve Arnaud 2001, Fabian 1994, Gastaldello ve Molendi 2004). Ayrıca, ilk çalışmalar sırasında sıcak gazla ilgili önemli bir ipucu bulunmuştur: Eğer bu gaz Büyük Patlama'dan kalmış olsaydı, sadece hidrojen ve helyumdan meydana gelmelidir. Ancak, Fe bolluğunun neredeyse (hidrojene nazaran) Güneş'teki bolluğunun yarısı olduğunun bulunması, bu gazın yıldızlar tarafından oluşturulduğunun ve sonradan çeşitli nedenlerle galaksilerden ayrılarak ICM'ye saçıldığının bir kanıtıdır.

2.5 Sıcaklık Dağılımı ve Soğuma Akımı

XMM-Newton ve Chandra uyduları gibi enerji ve açısal çözünürlüğü yüksek X-ışını uydularından önce, gaz sıcaklığının küme içindeki konuma olan bağlılığına ilişkin detaylı çalışmalar yapmak pek mümkün olmamıştır. Bu nedenle, kümelerden yayınlanan X-ışınlarının modellenmesi için, sıcaklığın küme boyunca sabit olduğunu varsayan tek sıcaklıklı fitler ve β-modeli (King 1966) kullanılmaktaydı. β-modeli, sistemi, kendi kütleçekimi altında şekillenmiş eşsıcaklıklı bir küre olarak kabul

etmektedir. Kümelerin çekimsel potansiyelini modellemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Genişlemenin ısısal basıncı, maddenin kütlesinden kaynaklı içeriye yönelmiş çökme hareketini dengelemektedir. Yani modelde gazın, hidrostatik dengede olduğu varsayılmaktadır. Maddenin ve dolayısıyla potansiyelin dağılımını bütünüyle karakterize eden iki parametre: merkezi yoğunluk ρ_0 ve çekirdek yarıçapı a olarak ifade edilir. Çekirdek yarıçapı, kümenin izdüşüm yoğunluğu σ'nın, merkezindeki izdüşüm yoğunluk değeri σ_0'ın yarısına eşit olduğu uzaklık olarak tanımlanır[1]. Kütle yoğunluğu ρ'nun küme merkezinden olan uzaklığına (r) bağımlılığı King (1966) tarafından hesaplanmıştır. Merkez bölgesinde

$$\rho = \rho_0 \left[1 + \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]^{\frac{-3}{2}} \tag{2.3}$$

ve gözlenen iki boyutlu izdüşüm yoğunluk profili;

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 + \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]^{-1} \tag{2.4}$$

olarak verilmiştir. Burada σ_0 küme merkezindeki izdüşüm yoğunluğudur. X-ışını yayan gaz yüzer, ancak potansiyele önemli bir katkıda bulunmaz. X-ışını salması, gaz yoğunluğunun karesi ile orantılıdır. Bu durum kümenin en yoğun kısmına (genellikle merkez bölgesi) karşılık gelir. Dolayısıyla gözlenen yüzey parlaklığı

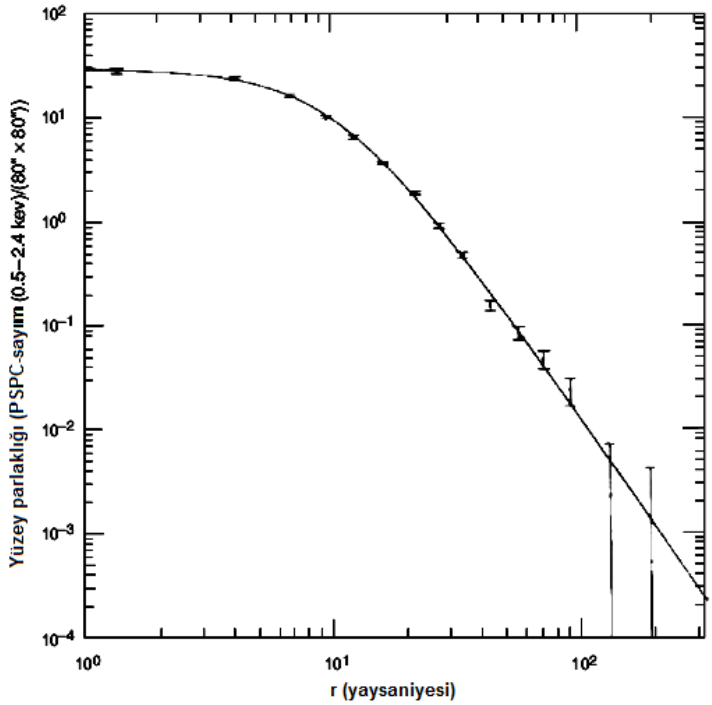
$$S = S_0 \left[1 + \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]^{\frac{-(3\beta+1)}{2}} \tag{2.5}$$

[1] http://ned.ipac.caltech.edu/level5/March02/Sarazin/Sarazin2_7.html

biçiminde ifade edilebilir, burada S gözlenen yüzey parlaklığı, β, kümedeki galaksilerin öz (specific) enerjisinin, kümedeki sıcak gazın öz enerjisine oranıdır:

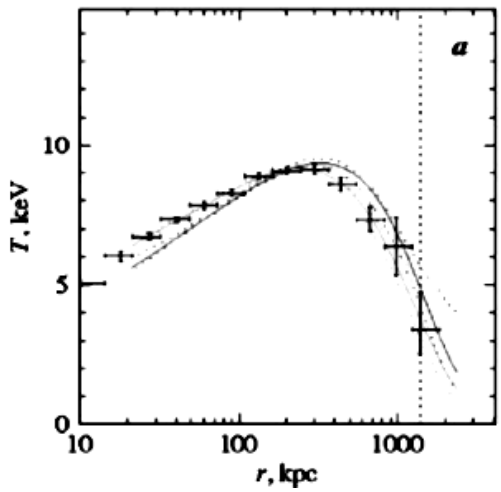
$$\beta = \frac{\mu m_p \sigma^2}{kT_{gaz}} \tag{2.6}$$

Burada μ ortalama molekül ağırlığı, σ^2 tek boyutlu hız dispersiyonu, m_p proton kütlesi, k Boltzmann sabiti ve T_{gaz} küme içi gazın sıcaklığıdır. Galaksi kümelerindeki gazın X-ışını salıcılığı sıcaklığa çok az bağımlı olduğundan, "gaz yoğunluk profili" – küme içerisindeki sıcaklık değişse bile – yüzey parlaklık profilinden elde edilebilir. Çoğu küme için β, 0.5-1 aralığındadır. Bu durum, yarıçap artarken gaz yoğunluğunun karanlık maddenin yoğunluğuna nazaran daha yavaş bir şekilde azaldığına işarettir. r = a olduğu çekirdek yarıçapında, X-ışını yüzey parlaklığı genellikle merkezdeki değerinin %10-30'una düşer. Şekil 2.3, Coma kümesinin ROSAT PSPC dedektörü tarafından elde edilen yüzey parlaklığı verisine yapılmış en iyi fiti göstermektedir (Briel vd. 1992).



Şekil 2.3 Coma kümesine ait yüzey parlaklık profili ve bunu temsil eden en iyi β-modeli fiti (Briel vd. 1992)

XMM-Newton ve Chandra uydularına ait gözlemler, çoğu durumda küme içerisinde tek bir sıcaklığın olduğu varsayımı ile örtüşmeyen belirgin sıcaklık gradiyentleri olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yani küme içi gaz çoğunlukla eşsıcaklıklı değildir. Bununla birlikte, en azından merkezin dış kısımlara göre daha yoğun ve sıcak olması gerektiği, bundan dolayı merkezden dışarıya sıcaklığın düzgün bir şekilde azalması gerektiği düşünülebilir. Ancak durum böyle değildir. Çünkü merkezdeki daha sıcak ve yoğunluğu düşük olan gaz, X-ışını yayarak iç enerjisini kaybeder. Dolayısıyla soğur, yoğunlaşır ve basıncı düşer. Kendisini çevreleyen ve basıncı yüksek sıcak gaz tarafından da bir miktar sıkıştırılır. Bu şartlar altında gaz, küme potansiyeli içerisinde iyice batar. Işınım oranı yoğunluğun karesine göre değiştiğinden yoğunluktaki artış, daha da hızlı bir şekilde enerji yayınlanmasına neden olur. Yani gaz gittikçe ışınım yapıp soğuyacak şekilde bir döngüye girer. Bu döngü, ortam yoğunluğunun yıldızların oluşmasını sağlayacak kadar yüksek olduğu ve sıcaklığın bu oluşuma yol açabilecek kadar düştüğü bir evreye dek sürecektir. Bundan ötürü dengeye ulaşmış kümeler, genellikle soğuk çekirdeklere, sıcak orta bölgelere ve bu noktadan sonra dışarıya doğru azalan bir sıcaklık gradyentine sahiptirler. Üstelik bir çok kümede, kümelerin merkezindeki büyük galaksiyi çevreleyen güçlü ve yumuşak bir salmadan ötürü, modellerde düşük sıcaklıklı ilave bir tayf bileşenine daha ihtiyaç duyulmuştur. Merkezden dışarıya doğru olan bu sıcaklık profili "soğuma akımı" (cooling flow) olarak bilinmektedir (şekil 2.4).



Şekil 2.4 A2029 kümesinin radyal sıcaklık profilinde izlenen soğuma akımı (Vikhlinin vd. 2006)

2.6 Kütle Tayini

Kütle tayininde, küme içerisindeki gazın hidrostatik dengede olduğu varsayılır. Bu durumda, gazın basıncından ileri gelen kuvvet ile kütleçekim kuvveti dengededir:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM(r)}{r^2}\rho \tag{2.7}$$

Burada M(r), r yarıçapı içerisinde kalan toplam kütleyi, P gaz basıncını, ρ gazın yoğunluğu ve G evrensel çekim sabitini temsil etmektedir. İdeal gaz denklemi

$$P = \left(\frac{\rho}{\mu m_H}\right)kT \tag{2.8}$$

ile verilir. Burada T küme içi gazın sıcaklığını, μ ortalama molekül ağırlığı (iyonize plazma için ~0.6), m_H hidrojen atomunun kütlesi ve k Boltzmann sabitidir. (2.8) denkleminin r yarıçapına göre türevi alınır ve (2.7) denklemine eşitlenirse,

$$\frac{dP}{dr} = \left(\frac{k}{\mu m_H}\right)\left(T\frac{d\rho}{dr} + \rho\frac{dT}{dr}\right) = -\left(\frac{GM(r)}{r^2}\right)\rho \tag{2.9}$$

elde edilir. Gazın eşsıcaklıklı olduğu kabulü altında (2.9) denkleminin orta tarafı T ve ρ ile çarpılıp bölünür ve her iki tarafı da *r* ile çarpılarak gerekli düzenlemeler yapılırsa,

$$\frac{d\ln T}{d\ln r} = 0 \tag{2.10}$$

alınıp:

$$M(r) = -\left(\frac{kT}{G\mu m_H}\right)\left(\frac{d\ln\rho}{d\ln r}\right)r \qquad (2.11)$$

elde edilir. (2.11) eşitliği, galaksi kümelerinin X-ışını çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. Çünkü M(r) kütlesini ρ_g ve T 'nin radyal profillerine bağlar. Böylelikle, kümedeki gazın kütlesi dolayısıyla yoğunluğu, r yarıçapının bir fonksiyonu olarak verilebilmektedir.

2.7 Soğuk Cepheler

Galaksi kümelerinin Chandra X-ışını teleskobuyla yapılan yüksek ayırma güçlü gözlemleri, ICM'nin bir takım ilginç ve beklenmedik özelliklerini de açığa çıkarmıştır. Bir çok kümenin gaz sıcaklık ve yoğunluk profillerinde keskin, yay şekilli ve kenar benzeri yapılar olduğu bulunmuştur (Ascasibar ve Markevitch 2006). Soğuk cepheler (cold fronts) olarak adlandırılan bu yapılar kendilerini yüksek çözünürlüklü X-ışını görüntülerinde belirgin parlaklık süreksizlikleri olarak göstermekte ve farklı entropilere sahip gaz bölgelerinin birbirine değdiği keskin sınırlar olarak tanımlanmaktadırlar. Galaksi kümeleri, kütleçekimsel olarak içeriye düşme ve daha küçük yapıların kaynaşmasıyla gittikçe büyümektedirler. Bu kaynaşmalar (merger) esnasında, oldukça büyük miktarlarda kinetik enerji açığa çıkmaktadır (10^{63} – 10^{64} erg) ve bu enerji, şok ısıtmalar şeklinde ICM'nin içerisine yayılarak, küme içerisindeki gazın sıcaklık ve entropisinde bölgesel farklılıklar yaratmaktadır (Markevitch vd. 2000).

Bununla birlikte kaynaşma halindeki kümelerde, soğuk cephelerin ilk örneklerine (A2142 ve A3667) rastlanmıştır. (Markevitch vd. 2000, Vikhlinin vd. 2001). 90'ların başında, ROSAT ve ASCA uydularından elde edilen veriler istenilen hassasiyette parlaklık profilleri bulmaya elverişli olmadığından, bu yapılar başta şok cepheleri zannedilmiştir. Bu bölgelerin şok cepheleri olması durumunda, cephenin iç kısmında kalan daha yoğun bölgenin sıcaklığının, dışında kalan daha az yoğunluktaki bölgeye nazaran daha fazla olması gerekmektedir (Markevitch ve Vikhlinin 2007). Fakat sonradan Chandra uydusu görüntülerinden yüksek çözünürlüklü profiller elde

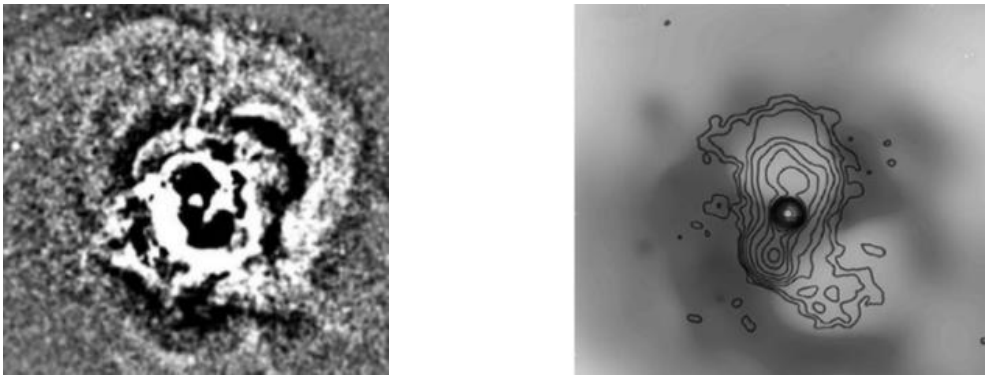
edilmesiyle birlikte, gözlenen süreksizliklerin şok cephelerinden kaynaklanmadığı anlaşılmıştır.

Soğuk cepheler, iki kümenin kaynaştığı dengeye ulaşmamış sistemlerin yanı sıra, dengeye ulaşmış kümelerde de bulunabilir (Rossetti vd. 2013). Bu yapıların incelenmesi, kümenin evrim aşaması, küme geometrisi ve kaynaşmanın hızı hakkında bilgiler içermektedir. Ayrıca, soğuma akımlarının, türbülans hareketlerinin ve termal iletimin bozulması gibi ICM'de gerçekleşen fiziksel süreçlere de ışık tutmaktadırlar.

2.8 Kaviteler

Galaksi kümelerinin son 15 yılda ortaya çıkan morfolojik özelliklerinden birisi de kavitelerdir (kovuklar). Bunlar küme merkezindeki baskın galaksinin her iki yanından ICM içine uzanan kabarcıklardır ve kırmızıya kayması küçük olan sistemlerde görülürler[2]. Çapları birkaç kpc'ten onlarca kpc'e kadar uzanabilmekte ve entalpileri bulundukları sistemin X-ışını ve radyo ışınım gücüne bağlı olarak 10^{55} – 10^{60} erg arasında değişmektedir. Bîrzan vd. (2004) tarafından yapılan çalışmaya göre, merkezdeki baskın galaksi radyo kaynaklarına da ev sahipliği yapmaktadır. Blandford ve Rees (1974) ise, merkezi kaynaktan çıkan jetler ICM'ye düzenli aralıklarla enerji salmaktadır ve böylelikle merkez galaksinin her iki yanında şişimler biçiminde, daha yoğun, çevresindeki ICM ile basınç dengesine gelene dek yüzerek genişleyen kabarcıklar ortaya çıkar. Sonuç olarak kaviteler, genellikle kabarcık ya da radyo şişimleriyle (loblar) alakalıdır. Bu lobların içleri rölativistik parçacıklarla doludur. Bu durum, kendini radyo bölge görüntülerinde gösterir. Örnek olarak, şekil 2.5.a'da Perseus kümesinin unsharp masking tekniği ile ortaya çıkartılan yapısı görülmektedir ve merkezdeki parlak çekirdeğin (AGN: Active Galactic Nuclei) iki zıt tarafında kalan boşluklar kavitelerdir (Fabian vd. 2006). Kümenin Chandra ACIS gözlemlerinden oluşturulmuş bir X-ışını görüntüsü ve üzerine eklenmiş 1.4 GHz VLA radyo bölge konturları ise şekil 2.5.b'de yer almaktadır (Fabian vd. 2001). Radyo konturları kuzey-güney kaviteleri ile çakışmaktadır.

[2] http://www.ast.cam.ac.uk/research/x-ray.astrophysics/clusters.galaxies



(a) (b)

Şekil 2.5.a. Perseus kümesinin unsharp masking tekniği ile ortaya çıkarılmış kavite yapısı (Fabian vd. 2006), b. Bu kavitelerin üzerine eklenmiş 1.4 GHz VLA radyo bölge konturları (Fabian vd. 2001)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada 6 adet galaksi kümesinin XMM-Newton ve Chandra X-ışın teleskopları ile elde edilmiş verisi analiz edilmiştir. Seçilen kümelere ait en uzun poz süresine sahip gözlemler her iki teleskop için tespit edilerek, HEASARC Veri Arşivi'nden alınmıştır[3]. Kullanılan verilerin özeti, çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Analizde kullanılan verilerin arşiv bilgileri

Kaynak adı	XMM-Newton			Chandra		
	Gözlem No	Gözlem süresi [s]	Kullanıma açılış tarihi	Gözlem No	Gözlem süresi [s]	Kullanıma açılış tarihi
A1991	0145020101	42037	13.03.2004	3193	38810	18.12.2003
A2142	0674560201	59440	01.08.2012	5005	45150	14.04.2006
A1576	0402250101	21332	27.11.2007	15127	29870	02.01.2014
A2552	0693010201	37634	25.06.2013	11730	22960	07.08.2010
A2009	0693011001	25918	31.01.2014	10438	20150	08.12.2008
A2657	0300210601	32312	13.07.2006	4941	16360	19.05.2005

İndirgeme esnasında kalibrasyon dosyalarının güncel tutulması gerektiğinden, en güncel kalibrasyon dosyaları indirilmiştir. XMM-Newton verilerinin analizinde `SAS` ve Chandra verilerinin analizinde `CIAO` adlı yazılıma gereksinim duyulmaktadır. A1991'in analizinde `SAS v13.0` ve `CIAO v4.5`, diğer kümelerde ise `SAS v13.5` ve `CIAO v4.6` kullanılmıştır. XMM-Newton ve Chandra uydularının teknik özelliklerinin özeti çizelge 3.2'de sunulmuştur.

[3] HEASARC Veri Arşivi'ne http://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/W3Browse/w3browse.pl adresinden erişilebilir. Veri paketlerinin içeriği ve türlerine ilişkin detaylı bilgi, EK 2 içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 3.2 XMM-Newton ve Chandra X-ışını teleskoplarının temel teknik özellikleri

Parametre	XMM-Newton[4]	Chandra[5]
Türü	X-ışın tüpü: Wolter-I OM: Ritchey-Chretién	Wolter-I
Aygıtlar	EPIC aygıtları (MOS1, MOS2, PN), RGS1-2 tayfçekerleri, OM optik monitör	ACIS dizileri (S, I), HRC, HETG, LETG
Gözlem aralığı	EPIC: 0.1-15 keV RGS: 0.4-2.5 keV OM: 1700-5500 Å	ACIS: 0.2-10 keV HRC: 0.1-10 keV HETG: 0.4-10 keV LETG: 0.09-3 keV
Çap	X-ışın tüpü: 0.7 m, OM: 0.3 m	1.2 m
Odak uzunluğu	X-ışın tüpü: 7.5 m, OM: 3.8 m	10 m
CCD özellikleri	MOS1-2: 7 adet 600x600 px önden aydınlatmalı (1 px = 1″.1, 40 μm) PN: 12 adet 200x600 px arkadan aydınlatmalı (1 px = 4″.1, 150 μm)	ACIS-I: 4 adet önden aydınlatmalı ACIS-S: 4 adet önden, 2 adet arkadan aydınlatmalı 1024x1024 (1 px = 0.49″, 23.9 μm)
Görüş alanı	EPIC: ~30′ çaplı dairesel alan	ACIS-I: 16.9′ x 16.9′ ACIS-S:8.3′x50.6′

3.2 Yöntem

3.2.1 Verilerin analize hazırlanması

Analizde her bir küme için genel olarak aşağıdaki yöntemler izlenmiştir[6]:

- XMM-Newton olay listelerindeki SPF kirlenmesinin belirlenmesi: SPF (soft proton flares / yumuşak proton flareleri) kirlenmesinin varlığını tespit ederek bunu verilerden ayıklamak için, SAS içerisindeki `evselect` taskının ışık eğrisi oluşturma işlevi kullanılmış ve XMM-Newton ham olay listelerinden her bir aygıt için ayrı ayrı

[4, 5] XMM-Newton için http://xmm.esac.esa.int/external/xmm_user_support/documentation/technical/ ve Chandra için http://cxc.cfa.harvard.edu/cal/ adreslerinden detaylı teknik bilgi edinilebilir.

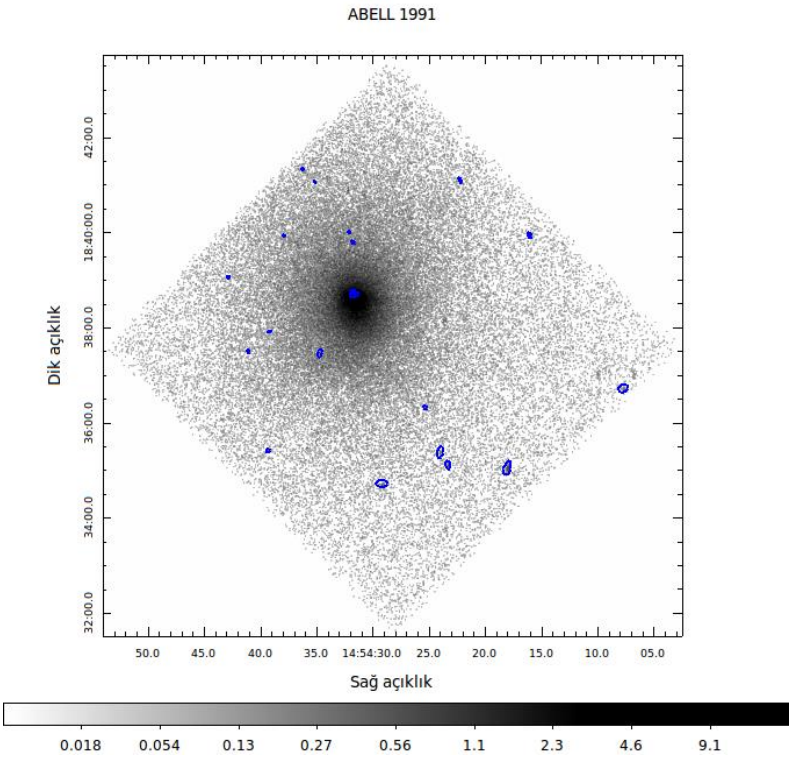
[6] XMM-Newton ve Chandra uyduları için izlenebilecek temel indirgeme ve analiz prosedürünün detayları EK 2 içerisinde yer almaktadır.

ışık eğrisi oluşturulmuştur. Işık eğrilerinde 100 sayım / s değerini geçen kısımlar, kesinlikle belirgin SPF'ye atfedilmektedir. Bu nedenle, her bir aygıt için ışık eğrilerine ait veriler `fv` editörü üzerinden metin dosyalarına aktarılmış, sonrasında bir yaygın sayfa programı vasıtasıyla (örneğin MS Excel) verilerdeki 100 sayım / s değerini geçen noktalar ayıklanmıştır. Son olarak, her bir aygıt için bu verilerin ortalaması (x_0) ve standart sapması (σ) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buradan elde edilen $x_0 \pm \sigma$ değerleri, GTI (good time interval) filtresi oluşturmak için gerekli sayım üst sınırını temsil etmektedir (çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 XMM-Newton ışık eğrilerinden çıkarılan istatistikler

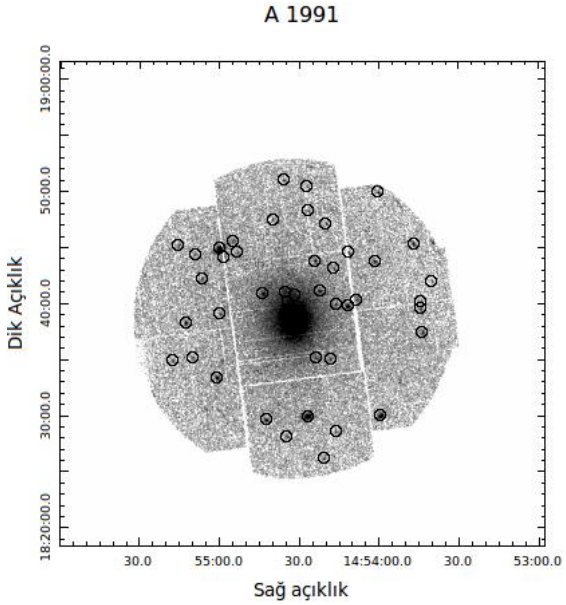
Küme adı	**MOS1**		**MOS2**		**PN**	
	$x_0 \pm \sigma$	x_{max}	$x_0 \pm \sigma$	x_{max}	$x_0 \pm \sigma$	x_{max}
A1991	7.08 ± 3.81	10.89	6.99 ± 3.79	10.78	32.03 ± 20.08	52.11
A2142	11.94 ± 2.28	14.23	12.24 ± 2.27	14.51	48.24 ± 5.60	53.84
A1576	25.08 ± 25.17	50.25	25.59 ± 24.46	50.06	32.37 ± 18.06	50.44
A2552	6.79 ± 13.80	20.59	7.10 ± 13.59	20.70	-	-
A2009	6.52 ± 2.41	8.93	7.10 ± 2.06	9.16	63.55 ± 17.48	81.03
A2657	20.07 ± 15.25	35.33	21.41 ± 16.21	37.62	35.52 ± 17.04	52.57

- Kirletici nokta kaynakların tespit edilmesi: XMM-Newton olay listelerini filtrelemede kullanılacak nokta kaynaklar, Chandra'nın ayırma gücünün XMM-Newton'a göre daha yüksek olması ve bundan dolayı nokta kaynakların daha belirgin olması nedeniyle Chandra verilerinden elde edilmiştir. `CIAO` içerisindeki `wavdetect` taskı kullanılarak tespit edilen kaynakların listesi EK 1'te yer almaktadır. `ds9` içerisinde ACIS-S dizisinde tespit edilen nokta kaynakların bir örneği, şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 ACIS-S3 kamerası üzerinde A1991 kümesi için tespit edilen nokta kaynaklar ve konumları

Benzer şekilde, XMM-Newton verileri üzerinde bulunan nokta kaynakların tespiti için, verilerin GTI filtresi yardımıyla belirgin SPF etkilerinden arındırılmış olması gerekir. Bunun amacı, yanıltıcı sahte kaynaklardan büyük ölçüde kurtulmaktır. `SAS` içerisindeki `tabgtigen` taskı yardımıyla, çizelge 3.3'de verilen sayım üst sınırları (x_{max}) dikkate alınarak her bir aygıt için GTI filtreleri oluşturulmuştur. Olay listesi filtreleme kriterinde ise MOS1-MOS2 için 0.2-10 keV ve PN için 0.3-10 keV enerji aralığı dikkate alınmıştır. Ardından, filtrelenmiş bu olay listeleri için `SAS` içerisindeki `edetect_chain` taskı kullanılarak XMM-Newton verisindeki nokta kaynaklar tespit edilmiştir. Tespit edilen kaynakların `ds9` içerisindeki örnek bir görüntüsü, şekil 3.2'de yer almaktadır.



Şekil 3.2 EPIC MOS 1 kamerası üzerinde Abell 1991 kümesi için tespit edilen nokta kaynaklar ve konumları (renkler ters çevrilmiştir)

- XMM-Newton verisine ait tayflarının elde edileceği filtrelenmiş olay listelerinin oluşturulması: Bir önceki adımda elde edilen GTI filtreleri, Chandra uydusundan tespit edilen nokta kaynakların aygıtların fiziksel koordinatlarına uyarlanmış listesi, 0.2-10 keV enerji aralığı, `PATTERN` ve `FLAG` kriterleri dikkate alınarak, hem belirgin SPF etkisinden temizlenmiş hem de nokta kaynaklardan arındırılmış olay listeleri oluşturulmuştur. Bunun için `evselect` taskının olay listesi filtreleme işlevi kullanılmıştır. Eğer tespit edilen kaynaklar arasında merkez bölgesine düşen var ise, merkezin tayfını alabilmek için bunlar filtreleme kriterine katılmamıştır. Bunun haricinde A2657 içerisinde, tayf alınacak bölgede bozucu etkilere sebep olduğu düşünülen belirgin iki adet nokta kaynağın yarıçapları (α_X = 23^{sa} 45^{dk} 06.273^{s}, δ_X = +9° 12′ 33″.39 ve α_X = 23^{sa} 44^{dk} 49.597^{s}, δ_X = +9° 11′ 41″.33), kendilerini çevreleyen bölgelerden tahmini olarak ayrıldıktan sonra ve kaynaklar çembersel bölgeler içerisine alınarak, filtreleme kriterinde ham veriden elenmişlerdir. Tüm bu işlemler sonucunda, tayf çıkarmaya hazır, filtrelenmiş nihai olay listeleri elde edilmiştir.

- Chandra verisine ait tayfların elde edileceği filtrelenmiş olay listesinin oluşturulması: Önceki adımlarda belirlenen Chandra ACIS dizisinin görüş alanı üzerindeki nokta kaynakların listesi ve 0.3-10 keV enerji aralığı kullanılarak, ham olay

listesi birincil filtrelemeden geçirilmiştir.Bunun için, CIAO içerisindeki dmcopy taskının olay listesi filtreleme biçimi kullanılmıştır. Ardından, GTI filtresi oluşturmak üzere, dmextract taskı kullanılarak bir ışık eğrisi oluşturulmuştur. Bu ışık eğrilerinde 100 sayım / s değerini geçen noktaya rastlanılmadığından, doğrudan doğruya ışık eğrisindeki noktaların ortalamaları ve standart sapmaları dmstat taskı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değerler ve belirgin SPF etkisini arındırmaya yarayan GTI filtresinde kullanılacak olan sayım üst sınırları, çizelge 3.4'te yer almaktadır.

Çizelge 3.4 Chandra ışık eğrilerinden çıkarılan istatistikler

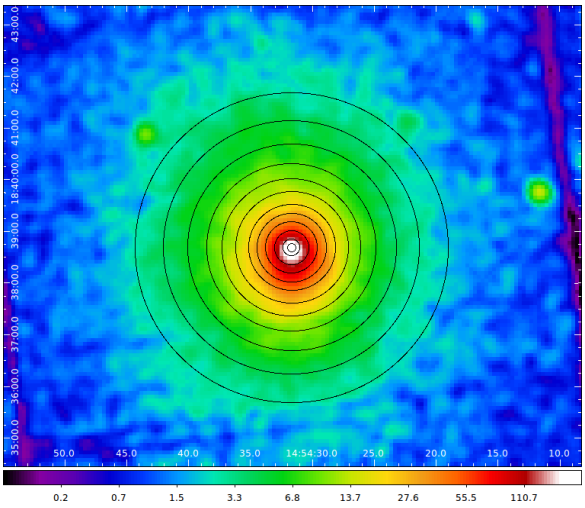
Küme adı	**Kullanılan aygıt**	$x_0 \pm \sigma$	x_{max}
A1991	ACIS-S	3.05 ± 1.34	4.39
A2142	ACIS-I	9.16 ± 2.74	11.90
A1576	ACIS-I	1.93 ± 1.13	3.06
A2552	ACIS-I	2.74 ± 1.22	3.96
A2009	ACIS-I	2.49 ± 1.65	4.14
A2657	ACIS-I	3.72 ± 1.83	5.55

GTI filtresi oluştururken, dmgti taskı kullanılmış ve sayım üst sınırları dikkate alınmıştır. Oluşturulan GTI filtresi, tekrar dmcopy taskı kullanılarak birincil filtrelenmiş olay listelerine uygulanarak belirgin SPF etkisinden arındırma sağlanmıştır. Böylelikle tayf çıkarmaya uygun olarak filtrelenmiş nihai olay listeleri elde edilmiştir.

3.2.2 Tayf eldesi ve analizi

İlgilenilen kaynaklarda, Chandra ACIS-S / I dizisi ve XMM-Newton'un EPIC aygıtlarının tamamından elde edilen foton istatistiği karşılaştırıldığında, Chandra tayfları daha az yoğundur. Bunun nedenleri arasında, poz süresinin XMM-Newton gözlemlerine nazaran daha kısa olması, kümenin zenginlik sınıfı ve uzaklığı gösterilebilir. Bu durum, tayflardan elde edilen sonuçların güvenilirlik derecesini de etkilemektedir. Dolayısıyla her bir kümenin Chandra uydusuna ait verisinden, tatmin edici foton yoğunluğuna sahip tayf alanları oluşturulmaya çalışılmıştır.

Tayf bölgelerinin belirlenmesinde kümenin incelenmek istenen yapısal özellikleri belirleyicidir. İlgili alanlardan istenen duyarlılıkta tayflar oluşturulabilir. Galaksi kümelerinin incelenmesinde merkezden dışarıya doğru, foton sayısındaki azalmanın etkilerine dikkat edilerek, dış eteklerine doğru eş merkezli halkalar dikkate alınabilir. Örnek bir seçim, şekil 3.3'te gösterilmiştir.



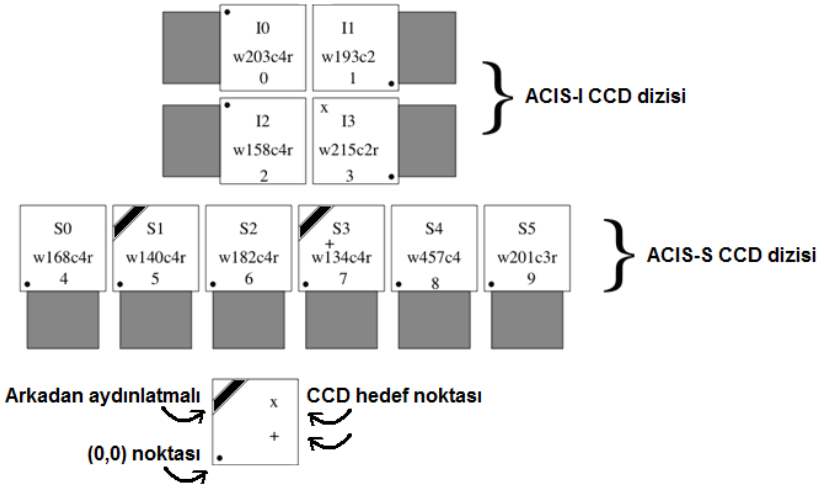
Şekil 3.3 EPIC MOS1 kamerası üzerinde Abell 1991 kümesi için seçilen dairesel dilimler

Alınan tayfların nerede arkaplana ulaşmaya başladığını farketmek gereklidir; saçılmaları toplamak üzere gruplama çok artırılırsa tayfın detaylarını kaybetme riski vardır. Bu durum sonuçların hassasiyetini etkiler. Çember kalınlıklarının belirlenmesinde, incelenmek istenen dilimin içerisinde kalan foton istatistiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Amaca uygun biçimde değişik seçim yöntemleri uygulanabilir. Unutulmamalıdır ki, yeterince yoğun foton sayımlarının olmadığı gözlemlerde, çok sayıda ve az yoğunluklu tayflar oluşturmak, sıcaklık gradiyentindeki ayrıntılar ve element bollukları gibi sonuçların duyarlılığını, az bölmek ise tayflardan elde edilecek parametrelerin gradiyentlerindeki detayların görülmesine engel olacaktır. Aynı tayf bölgesi üzerinde hem sıcaklık hem bolluk incelemesi yapılacaksa, bölgelerin dikkatle belirlenmesi işleminde hassas davranılmalıdır.

Arkaplan seçimi için, incelenen kaynağın görüntülendiği CCD'nin önden veya arkadan aydınlatmalı özelliğine göre, gözlem esnasında aktif olan uygun bir CCD kullanılmıştır; şekil 3.4'ten görüleceği gibi, eğer gözlem ACIS-I dizisi ile gerçekleştirilmişse, görüş alanında CCD numarası (`ccd_id`) 4, 6, 8 ve 9 olan ACIS-S CCD'lerinden arkaplan alınabilir. Benzer şekilde, gözlem ACIS-S dizisi ile gerçekleştirilmişse, yine ACIS-S dizisinden `ccd_id` = 5 olan CCD arkaplan seçimi için kullanılabilir. Ayrıca, dizilerin odak noktaları, ACIS-I için `ccd_id` = 3 ve ACIS-S için `ccd_id` = 7 üzerine düşmektedir.

Arkaplan seçimine uygun CCD üzerinde 1′ yarıçapında çember biçiminde bir alan kullanılmıştır. `specextract` taskı yardımıyla kaynak ve arkaplan tayf dosyaları ve karşılık gelen `RMF` (Tepki Matrisi Dosyası) ile `ARF` (Yardımcı Tepki Dosyası) oluşturulmuştur.



Şekil 3.4 Chandra ACIS-S ve ACIS-I dizilerinin temel yerleşim planları ve CCD'lerin özellikleri[7]

XMM-Newton uydusu için tayfların oluşturulmasında, Chandra için belirlenen alanlar esas alınmıştır. `ds9` yardımı ile EPIC aygıtlarının görüş alanlarına incelenecek bölgelerin sınırlarını aktarmak suretiyle, XMM-Newton uydusunda ilgili bölgeler de

[7] http://cxc.harvard.edu/proposer/POG/html/images/acis_flight_focal_plane.png adresinden alıntıdır.

belirlenmiş olmaktadır. Tayf ve arkaplan bölgelerinin tüm aygıtların görüş alanında kalacak şekilde ve CCD yerleşimlerine uygun olmasına dikkat edilmiştir. Arkaplan bölgesinin seçiminde, seçim kolaylığına göre, 0.5′ veya 1′ yarıçapında çember biçiminde alanlar kullanılmıştır. Arkaplan bölgesine nokta kaynak düşmemesi önemlidir. `evselect` taskının tayf oluşturma işlevi yardımıyla, ilgilenilen her bir bölgeye ait bir tayf oluşturulmuş ve `backscale` taskı ile de bölgenin alanı hesaplanmıştır. Bu işlemler, seçilen arkaplan bölgesi için de tekrarlanmıştır. Ardından, `rmfgen` ve `arfgen` taskları yardımıyla kaynak ve arkaplan tayf dosyasına karşılık gelen `RMF` ile `ARF` dosyaları oluşturulmuştur.

Abell 1991: Abell Richness Class-1 (bkz. çizelge 2.1) olarak sınıflandırılmış bir galaksi kümesidir. Bootes takımyıldızında bulunur. Koordinatları $\alpha_{opt} = 14^{sa}\ 54^{dk}\ 31.5^{s}$ ve $\delta_{opt} = +18°\ 38′\ 32″$ dir ve merkezinde NGC 5778 olarak bilinen bir cD galaksisi bulunmaktadır (Pandge vd. 2013). B ve V bandındaki parlaklıkları sırasıyla 15.4 ve 13.3 kadir, kırmızıya kayma miktarı z =0.0587'dir (Struble ve Rood, 1999). Küme doğrultusundaki galaksimizden kaynaklanan hidrojen kolon yoğunluğu $n_H = 2.48 \times 10^{20}$ parçacık / cm^2 olarak belirlenmiştir (Dickey ve Lockman 1990). Kümenin Chandra görüntülerinden elde edilmiş X-ışın merkezine karşılık gelen koordinatları $\alpha_X = 14^{sa}\ 54^{dk}\ 31.629^{s}$, $\delta_X = +18°\ 38′\ 40″.76$ olarak bulunmuştur.

A1991 kümesine ait elde edilen sonuçlar, Pandge vd. (2013) tarafından A1991 kümesinin Chandra ACIS-S dedektörü ile yapılan gözlemlerle karşılaştırılmak istendiğinden, ilgili kümenin bölge seçimi buna uygun olarak yapılmıştır. Ancak XMM-Newton gözleminde kümenin dış kısımlarına doğru yeterli foton istatistiğinin sağlanamaması nedeniyle, merkezden itibaren 50″ sonrasındaki halka bölgelerinin yarıçapları farklı belirlenmiştir. Bu kümede, Chandra verisi üzerinden yapılan inceleme, XMM-Newton'dan tayin edilen bölgelere göre yapılmıştır.

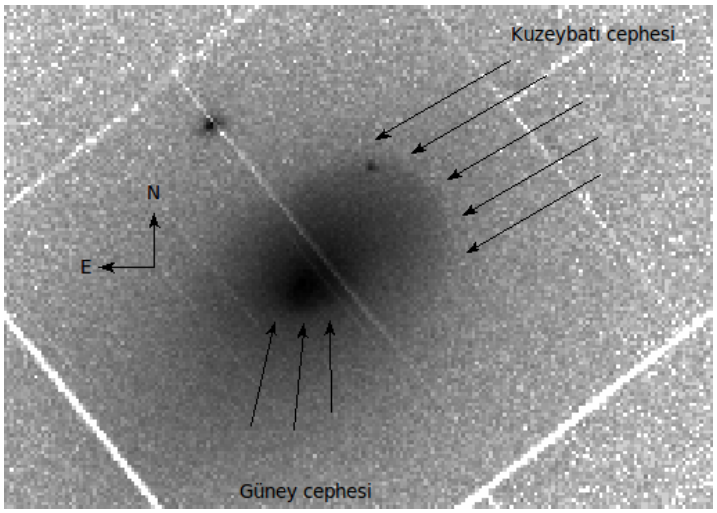
Abell 2142: Abell Richness Class-2 olarak sınıflandırılmış bir galaksi kümesidir. Corona Borealis takımyıldızında bulunur. Koordinatları (ESO-DSS I/II)[8] $\alpha_{opt} = 15^{sa}\ 58^{dk}$

[8] ds9 yazılımı içerisindeki görüntü arşivinden alınmıştır (http://ds9.si.edu/site/Home.html).

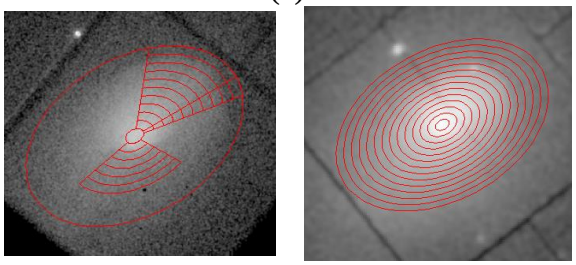
19.99^{s} ve δ_{opt} = +27° 14′ 00″.3 tür. Kırmızıya kayma miktarı z = 0.0909 'dur. B ve V bandındaki parlaklıkları sırasıyla 16.0 ve 14.3 kadirdir. $n_H = 4.25 \times 10^{20}$ parçacık / cm^2 olarak belirlenmiştir (Dickey ve Lockman 1990). Bu küme, soğuk cephelerin ilk keşfedildiği küme olma özelliğini taşımaktadır. Markevitch vd. (2000) tarafından yapılan çalışmaya göre, kümede halen kaynaşma aşamasında olan iki baskın merkezi galaksi bulunmaktadır. Bunların koordinatları, birincil galaksi için $\alpha_X = 15^{sa}\ 58^{dk}\ 20.066^{s}$, δ_X = +27° 14′ 01″.70 ve ikincil galaksi için $\alpha_X = 15^{sa}\ 58^{dk}\ 13.375^{s}$, δ_X = +27° 14′ 54″.59 dir. Kümenin Chandra görüntüsüne bakıldığında parlaklık süreksizlikleri göze çarpmaktadır. Bunlardan ilki ve en belirgin olanı, kümenin kuzeybatısında ve merkezden yaklaşık 3′ uzaklıkta, ikincisi ise güneyinde ve merkezden yaklaşık 1′ uzaklıktadır (şekil 3.5.a). Rossetti vd. (2013), XMM-Newton'un geniş görüşünden faydalanarak, kümedeki soğuk cephelere dair daha derin bir araştırma yapmış ve güneydoğu yönünde, merkezden yaklaşık 10′ uzaklıkta bir soğuk cephe daha keşfetmişlerdir. Ayrıca, üçüncü cephe keşfedilmeden önce Owers vd. (2011) bu yönde bir artık ışınım olduğununa dikkat çekmiştir. Dolayısıyla sonuçları bu bulguyu destekler niteliktedir.

A2142 kümesi incelenirken bu yapısal özelliği göz önüne alınarak; Chandra uydusu gözlemlerinde kuzeydoğu ve güney yönündeki cepheler yönünde kümenin X-ışın görüntüsündeki şekline uyum sağlayacak eliptik halka parçaları (elliptic-sector) seçilmiş ve bu şekilde sıcaklık ve bolluk değişimi incelenmiştir (şekil 3.5.b). Ancak, bölgeleri tanımlamada kullanılan eliptik halka parçaları SAS yazılımına tanıtılamadığıdan, XMM-Newton gözlemi üzerinde uygulanamamıştır. Bunun yerine, her iki teleskop verisinin de karşılaştırılabileceği sonuçlar elde etmek için, kümenin şekil 3.5.a'da verilen biçimine ve süreksizliklere dikkat edilerek, her iki uydu verisinde aynı uzay parçasına karşılık gelen eş merkezli elips halkalar seçilmiştir (şekil 3.5.c). Bölgelerin maksimuma ulaştığı yer, Chandra uydusunda ACIS-I `ccd_id`=3'ün içerisinde kalmaktadır. Ayrıca Rossetti vd. (2013) tarafından rapor edilen güneydoğu yönlü cephe ACIS-I görüş alanına girmemektedir. Bu sebeple, Chandra uydusundan ayrı olarak, her ne kadar şok bölgesi civarı incelenemese de, XMM-Newton uydusunun gözleminde bahsi geçen eş merkezli elips halkalar mümkün olduğunca dışarı doğru devam

ettirilmiştir. Böylece görüş alanındaki veriden olabildiğince çok yararlanılmaya çalışılmıştır.



(a)



(b) (c)

Şekil 3.5 Abell 2142'nin 0.2-10 keV aralığındaki örnek yüzey parlaklık görüntüsü

a. Şekilde de gösterilen iki bölgede gözlenen süreksizlikler
b. Kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgelerini içeren Chandra uydusu görüntüsü ve analizde seçilen bu doğrultulardaki eliptik halka parçaları
c. Her iki uydu için analizde kullanılan elips dilimler

Abell 1576: Abell Richness Class-3 olarak sınıflandırılmış bir galaksi kümesidir. ESO-DSS I/II[9] koordinatları α_{opt} = 12^{sa} 36^{dk} 59.50^{s}, δ_{opt} = +63° 11′ 17″.9 olarak verilmiştir. XMM-Newton ve Chandra X-ışın teleskopları tarafından gözlenmiş ancak literatürde ilgili çalışması bulunmayan kümelerdendir. Kırmızıya kayma değeri z = 0.279 olarak listelenmiştir. Kümenin B bandı parlaklığı 18 kadirdir. n_H = 1.70 x 10^{20} parçacık / cm^2 olarak belirlenmiştir (Dickey ve Lockman 1990).

[9] ds9 yazılımı içerisindeki görüntü arşivinden alınmıştır (http://ds9.si.edu/site/Home.html).

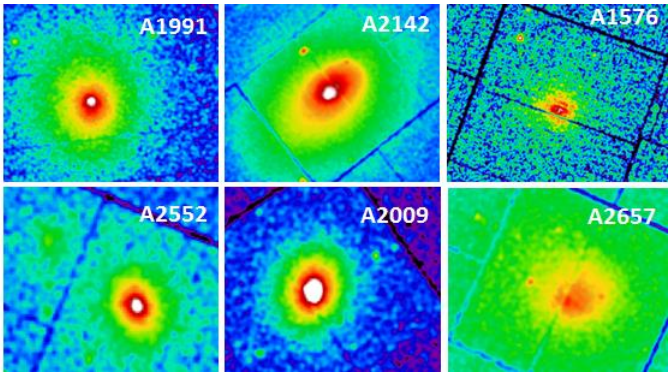
Abell 2552: Abell Richness Class-2 olarak sınıflandırılmış bir galaksi kümesidir. ESO-DSS I/II[10] koordinatları α_{opt} = 23^{sa} 11^{dk} 33.10^{s}, δ_{opt} =+03° 38′ 36″.9 olarak verilmiştir. XMM-Newton ve Chandra X-ışın teleskopları tarafından gözlenmiş ancak literatürde ilgili çalışması bulunmayan kümelerdendir. Kırmızıya kayma değeri z = 0.133 olarak listelenmiştir. Kümenin B bandı parlaklığı 18 kadirdir. n_H = 5.13 x 10^{20} parçacık / cm^2 olarak belirlenmiştir (Dickey ve Lockman 1990). Analizlerde kullanılan XMM-Newton gözleminde yalnızca MOS1 ve MOS2 dedektörlerinden alınan veri bulunmaktadır.

Abell 2009: Abell Richness Class-1 olarak sınıflandırılmış bir galaksi kümesidir. ESO-DSS I/II[11] koordinatları α_{opt} =15^{sa} 00^{dk} 15.19^{s}, δ_{opt} = +21° 22′ 09″.0 olarak verilmiştir. XMM-Newton ve Chandra X-ışın teleskopları tarafından gözlenmiş ancak literatürde ilgili çalışması bulunmayan kümelerdendir. Kırmızıya kayma değeri z = 0.1532 olarak listelenmiştir. Kümenin B bandı parlaklığı 17.2 kadirdir. n_H = 3.22 x 10^{20} parçacık / cm^2 olarak belirlenmiştir (Dickey ve Lockman 1990).

Abell 2657: Abell Richness Class-1 olarak sınıflandırılmış bir galaksi kümesidir. ESO-DSS I/II[12] koordinatları α_{opt} = 23^{sa} 44^{dk} 50.99^{s}, δ_{opt} = +09° 08′ 39″.9 olarak verilmiştir. XMM-Newton ve Chandra X-ışın teleskopları tarafından gözlenmiş ancak literatürde ilgili çalışması bulunmayan kümelerdendir. Kırmızıya kayma değeri z = 0.0402 olarak listelenmiştir. n_H = 5.86 x 10^{20} parçacık / cm^2 olarak belirlenmiştir (Dickey ve Lockman 1990).

İncelenen Abell kümelerinin XMM-Newton gözlemlerinden 0.2-10 keV enerji aralığında elde edilen örnek birer görüntüsü şekil 3.6'da yer almaktadır.

[10,11, 12] ds9 yazılımı içerisindeki görüntü arşivinden alınmıştır (http://ds9.si.edu/site/Home.html



Şekil 3.6 İncelenen Abell kümelerinin ds9 içerisinde sls ile renklendirilmiş ve smooth edilmiş, EPIC aygıtlarına (MOS1-2) ait örnek görüntüleri (görünürlüğü artırmak için renk ve kontrast değiştirilmiştir)

Bu kümelerin XMM-Newton ve Chandra uydularının gözlemlerinden elde edilen her bir tayfın modellenmesi için, `XSpec`[13] v12.8 tayfsal analiz ve modelleme paketi içerisindeki ısısal sıcaklıklı plazma modellerinden `apec` (Astrofiziksel Plazma Salma Kodu) (Smith vd. 2001) ve `mekal` (Mewe- Kaastra-Liedahl ısısal plazma modeli) (Kaastra 1992) kullanılmıştır. `apec` modeli yüksek çözünürlüklü tayfları, `mekal` modeli ise daha düşük çözünürlüklü olan tayfları iyi temsil etmektedir. Plazma enerjisi (kT), Güneş bolluğu cinsinden ağır element bolluğu ve kırmızıya kayma (z) parametreleri `apec` tarafından kullanılırken, `mekal` bunlara ilaveten cm^{-3} biriminde kolon yoğunluğunu (n_H) da kullanmaktadır. Ancak analizlerde bu parametre öntanımlı haliyle sabit bırakılmıştır. Tayfların yeterli foton istatistiğine sahip olduğu durumlarda, `vapec` ve `vmekal` modelleri ile de elementer bolluklar Güneş bollukları cinsinden ayrı ayrı da hesaplanabilmektedir. Analizlerde baskın olarak karşılaşılan türler O, Mg, Si, S, Fe ve Ni elementleridir. Bu elementlerin belli başlı çizgileri, atomdaki birinci (K) ve ikinci (L) temel enerji seviyelerine daha yüksek enerji seviyelerinden (2-1 seviye geçişi α, 3-1 seviye geçişi β, 4-1 seviye geçişi γ, vb.) yapılan geçişler ise çizelge 3.5'te listelenmiştir.

[13] `Xspec` kullanımına ilişkin genel bilgi ve örnekler EK 2 içerisinde yer almaktadır.

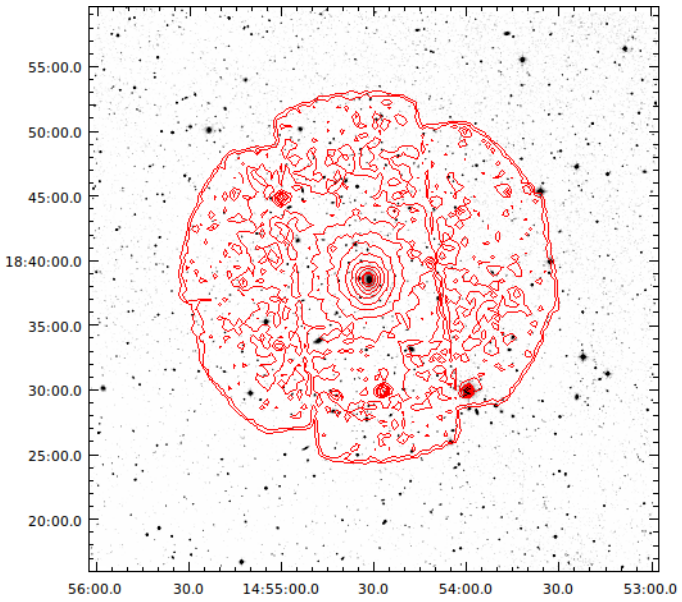
Çizelge 3.5 Kümelerin tayf analizlerinde sıklıkla karşılan elementlere ait salma çizgileri ve bu çizgilere karşılık gelen enerjilerin eV biriminde karşılıkları

Element	$K\alpha_1$	$K\alpha_2$	$K\beta_1$	$L\alpha_1$	$L\alpha_2$	$K\beta_2$
^{8}O	524.90	-	-	-	-	-
^{12}Mg	1253.60	1253.60	1302.20	-	-	-
^{14}Si	1739.98	1739.38	1835.94	-	-	-
^{16}S	2307.84	2306.64	2464.04	-	-	-
^{26}Fe	6403.84	6390.84	7057.98	705.0	705.0	718.5
^{28}Ni	7478.15	7460.89	8264.66	851.5	851.5	868.8

1: tek çizgi, 2: çift çizgi oluşumu

Ayrıca, modellemede hangi ısısal plazma modeli kullanılırsa kullanılsın ana model bileşenine ilaveten, fotoelektrik soğurmanın katkısı da göz önünde bulundurulmuş ve n_H kolon yoğunluğunu kullanan `phabs` bileşeni de eklenmiştir. Bu parametre, modelleme esnasında sabitlenmiştir. Fotoelektrik soğurmanın katkısı, tayfın düşük enerjili kısmında belirgindir.

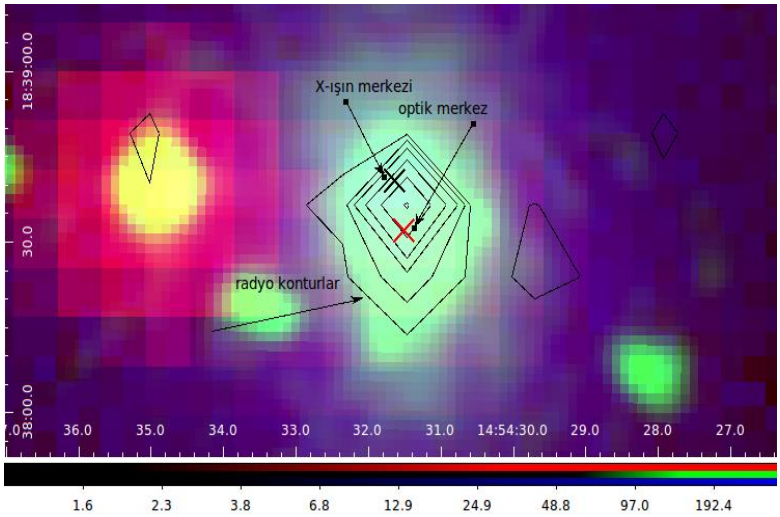
Kümeleri incelerken onların yalnız X-ışınlarında değil, diğer enerjilerdeki görüntülerinin de nasıl olduğunu görmek ve bunları birbiriyle karşılaştırmak faydalı olabilir. Örnek olarak A1991 kümesinin X-ışını konturları ve `ds9` içerisindeki görüntü arşivinden elde edilen optik bölge (ESO-DSSI/II) görüntüleri birbirine eklenerek kombine bir görüntü oluşturulmuştur (şekil 3.7).



Şekil 3.7 Bir MOS kamerasının görüş alanında, A1991 kümesinin X-ışın (kontur) ve optik (ESO DSSI/II) görüntülerinin birleştirilmesi ile elde edilmiş kombine görüntüsü

X-ışını yayan cisimlerin X-ışın merkezleri ile optik merkezleri arasında fark vardır. Bu amaçla, örnek olarak A1991'in yalnızca merkez bölgesi dikkate alınarak, optik ve X-ışını görüntülerinin merkezleri arasındaki fark şekil 3.8'de gösterilmiştir. Bu farkın gökyüzündeki izdüşüm değerinin (X-ışını merkezi ile kümenin optik merkezindeki NGC 5778 galaksisi arasındaki mesafe) 8″.76 olduğu hesaplanmıştır. Küme için boyut ölçeği 1.101 kpc / yaysaniyesi olarak bilindiğinden[14], bu ayrıklık 9.64 kpc'lik uzaklığa karşılık gelmektedir.

[14] http://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html adresinden edinilebilir.



Şekil 3.8 A1991 kümesinin XMM-Newton (MOS1) X-ışın (mavi), ESO DSSI/II optik (yeşil), POSS/UKSTU kırmızıöte (kırmızı) görüntüleri kullanılarak oluşturulmuş kombine görüntüsü üzerine bindirilmiş radyo (VLA) konturları

3.2.3 Yüzey parlaklık profilleri ve kaviteler

Kümelerin çekirdek yarıçapını bulmak için, `CIAO` yazılımı içerisinde yüzey parlaklık profilleri (gradyentleri) oluşturulmuştur[15]. Bunun için, elde edilen X-ışını merkez koordinatları esas alınarak, kümenin dedektör üzerindeki görüntüsüne ait yayılım alanı, eş merkezli dilimlere ayrılmaktadır. Bu dilimlerin her birinin içerisinde kalan foton sayıları, ilgili dilimin alanına bölündüğü takdirde, yüzey parlaklığı sayım / yaysaniyesi^2 biriminden elde edilmektedir. Her bir dilimin küme merkezinden yaysaniyesi biriminde olan uzaklığına karşılık dilim parlaklığının bulunduğu grafikler, yüzey parlaklık profili olarak adlandırılmaktadır. Bu profillere fit yapmak için `Sherpa`[16] analiz ve modelleme paketi içerisinde bulunan `beta1d` modeli uygulanmıştır[17]. Modelleme için kullanılacak başlangıç parametreleri `guess()` komutuyla atanmıştır. Modelleme sonucunca elde edilen parametreler, çekirdek yarıçapının (core radius) yaysaniyesi cinsinden değeri (`r0`), β-modelinde yer alan kuvvet yasası indeksi (`beta`) ve modelin `x = xpos`

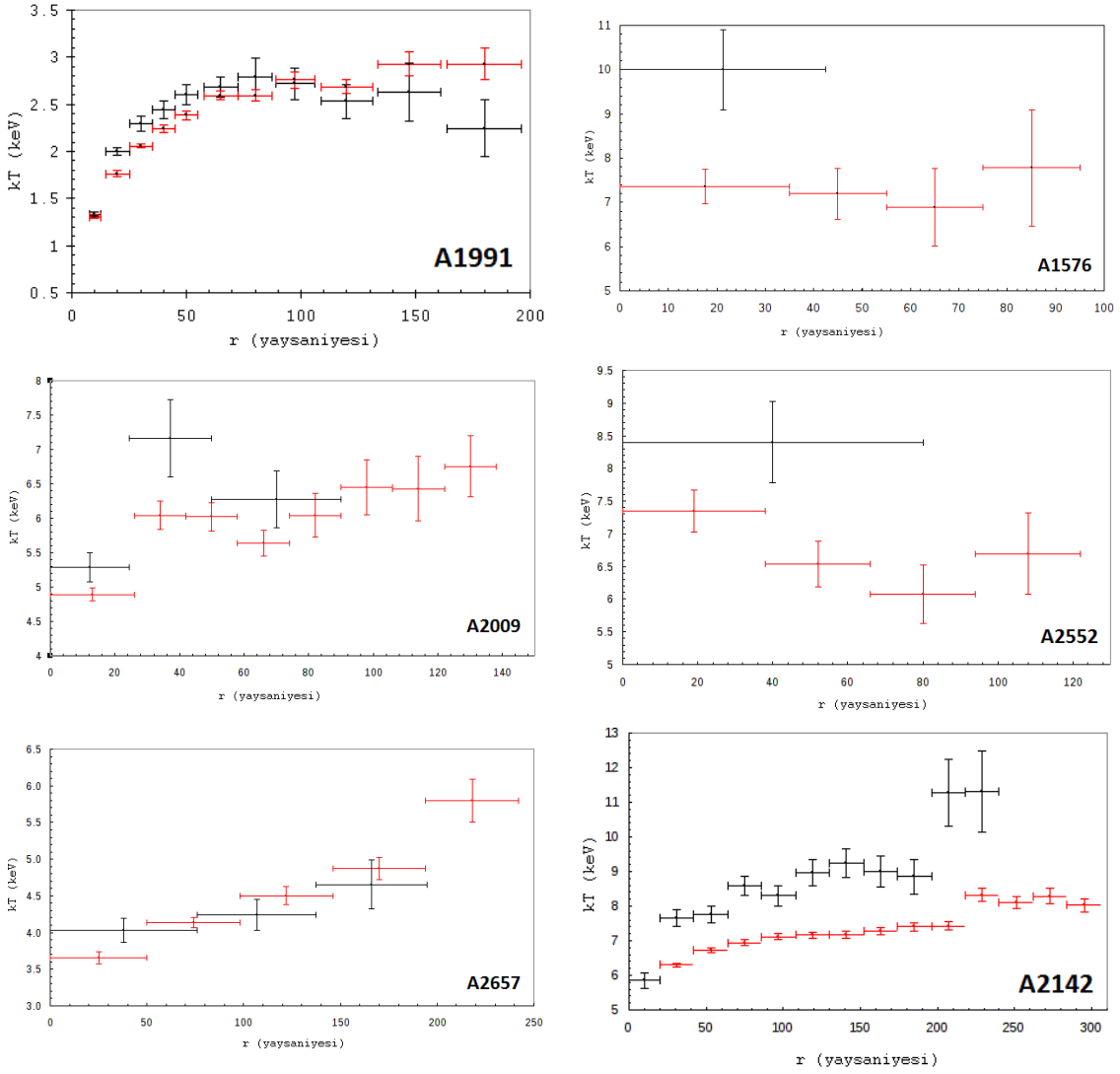
[15] Yöntemin detayları EK 3 içerisinde sunulmuştur.
[16] http://cxc.harvard.edu/sherpa4.4/
[17] Sherpa ile yüzey parlaklık profili oluştururken `chi2gehrels` istatistiksel metodunun kullanıldığından emin olunmalıdır (Gehrels 1986).

noktasındaki genliğidir (`ampl`). Bu parametreler serbest bırakılmış, seçime bağlı olan eğrinin orijinden olan yatay uzaklık (offset) parametresi (`xpos`) ise sabitlenmiştir.

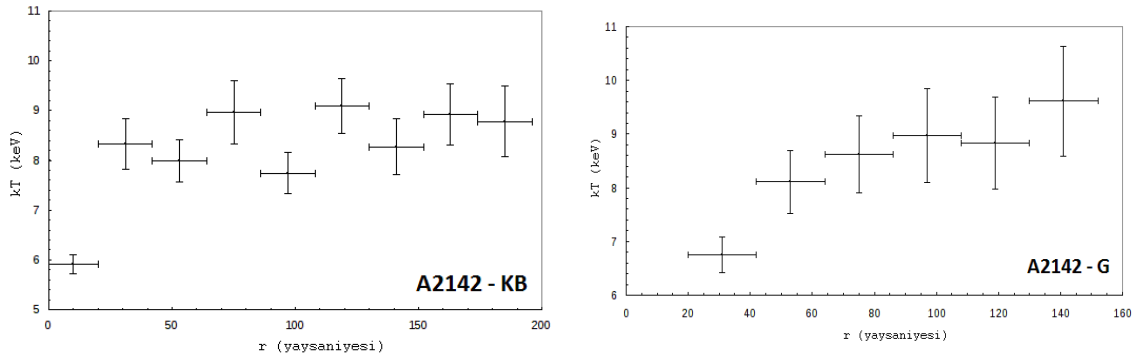
Küme içerisinde bulunma olasılığı olan kavitelerin görüntülenmesi amacıyla, kümelerin 0.5-3.0 keV enerji aralığındaki görüntüsü oluşturularak, üzerine "eliptik 2-D beta modeli" uygulanmıştır (örn. Pandge vd. 2013). Bunun için, `CIAO` içerisinde bulunan `Sherpa` analiz ve modelleme paketine ait `beta2d` modeli kullanılmıştır. Modelin parametreleri için başlangıç değerleri, `guess()` komutuyla belirlenmiştir. Ayrıca görüntü içerisindeki sakin arkaplanı da hesaba katmak amacıyla, `const2d` modeli kullanılarak sabit bir arkaplan bileşeni de eklenmiştir. Ardından bu parametre de `guess()` ile belirlenmiştir. Modelleme süresince tüm parametreler serbest bırakılmıştır. Hesaplama sonucu elde edilen modelin orijinal görüntüden çıkartılması ile kalan artık görüntü, kaviteleri ortaya çıkarmıştır.

4. BULGULAR

XMM-Newton ve Chandra uydularına ait seçilen küme gözlemleri, uzaysal olarak dairesel dilimlere ayrılmış ve her bir dilimden elde edilen tayfları en iyi temsil eden modeller fit edilmiştir (sonuçların tümü EK 1 içerisinde sunulmaktadır). Yapılan tayfsal modelleme sonucunda kümenin gösterdiği yaygın X-ışınımının, merkezden dışarıya doğru sahip olduğu değişimler incelenmiştir. Değişimi incelenen iki önemli parametre sıcaklık (kT) ve kimyasal element bolluğudur. Bu yolla oluşturulan kümelerin sıcaklık profilleri şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Seçilen Abell kümelerinin XMM-Newton (kırmızı) ve Chandra (siyah) uydularına ait tayf verisinden elde edilen sıcaklık profilleri



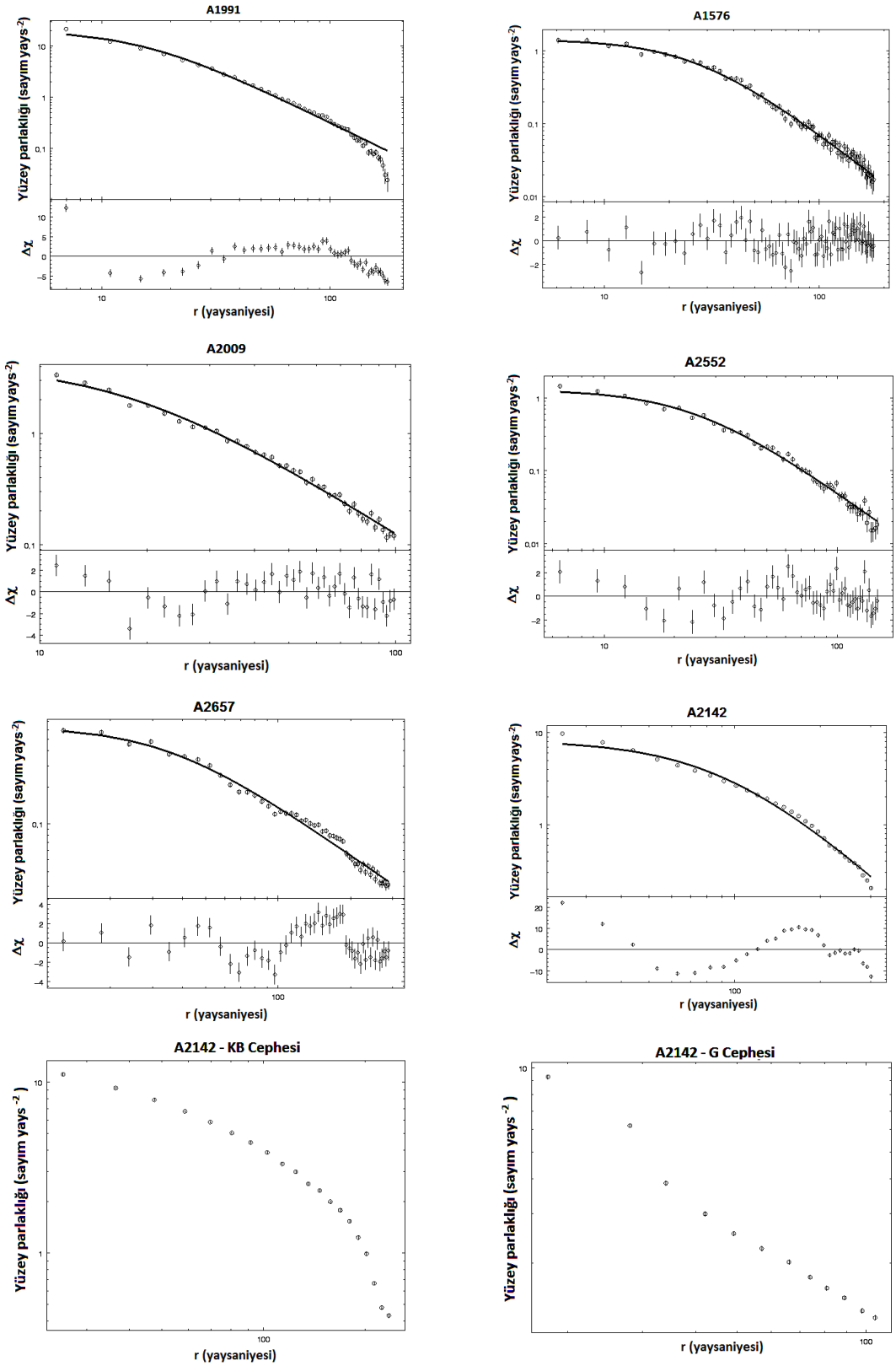
Şekil 4.1 Seçilen Abell kümelerinin XMM-Newton (kırmızı) ve Chandra (siyah) uydularına ait tayf verisinden elde edilen sıcaklık profilleri (devam)

Benzer şekilde kümenin sahip olduğu yaygın X-ışınımına ait yüzey parlaklık profilleri de, merkez bölgeden dışarıya doğru oluşturulabilir. Bunun için ilk yapılması gereken adım, sakin arkaplan parçacık ışınımının (QPB) çok doğru bir şekilde modellenerek (ESAS[18]) görüntüden çıkarılması sürecidir. QPB çıkarılmadan, ilgili dairesel alanlardaki toplam akının yüzey alanına bölünmesi suretiyle, kümenin yüzey parlaklıkları elde edilmiştir (şekil 4.2). Bu profillerin fiziksel olarak yorumlanmasında kullanılan en uygun model β-modelidir (King 1966). Önceki bölümlerde detayları verilmiş olan β-modelinin ürettiği sonuç parametreleri çizelge 4.1'de sunulmaktadır. Yüzey parlaklık dağılımı üzerine uygulanacak β–modeli üzerinden bulunacak parametreler sadece tüm küme dikkate alındığında anlamlı olacağından, A2142 kümesinin kuzeybatı ve güney yönlü soğuk cephelerinin parlaklık süreksizliklerinin üzerine bu model uygulanmamıştır

Çizelge 4.1 İncelenen Abell kümelerinin yüzey parlaklık profilleri üzerine yapılan β-modeli fitinden elde edilen sonuçlar

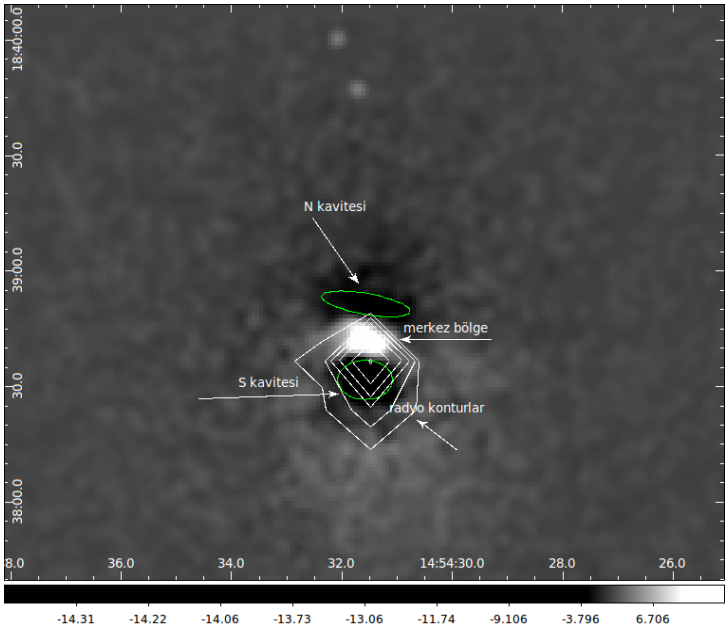
Küme adı	r0 (")	beta	ampl
A1991	15.043	0.532	20.760
A2142	93.003	0.634	8.303
A1576	27.193	0.545	1.437
A2552	24.762	0.550	1.302
A2009	17.783	0.502	4.168
A2657	35.106	0.400	0.638

[18] ESAS kullanımı için http://xmm2.esac.esa.int/external/xmm_sw_cal/background/epic_esas.shtml adresi ziyaret edilebilir. Bu çalışmada ESAS analizi uygulanmamıştır.



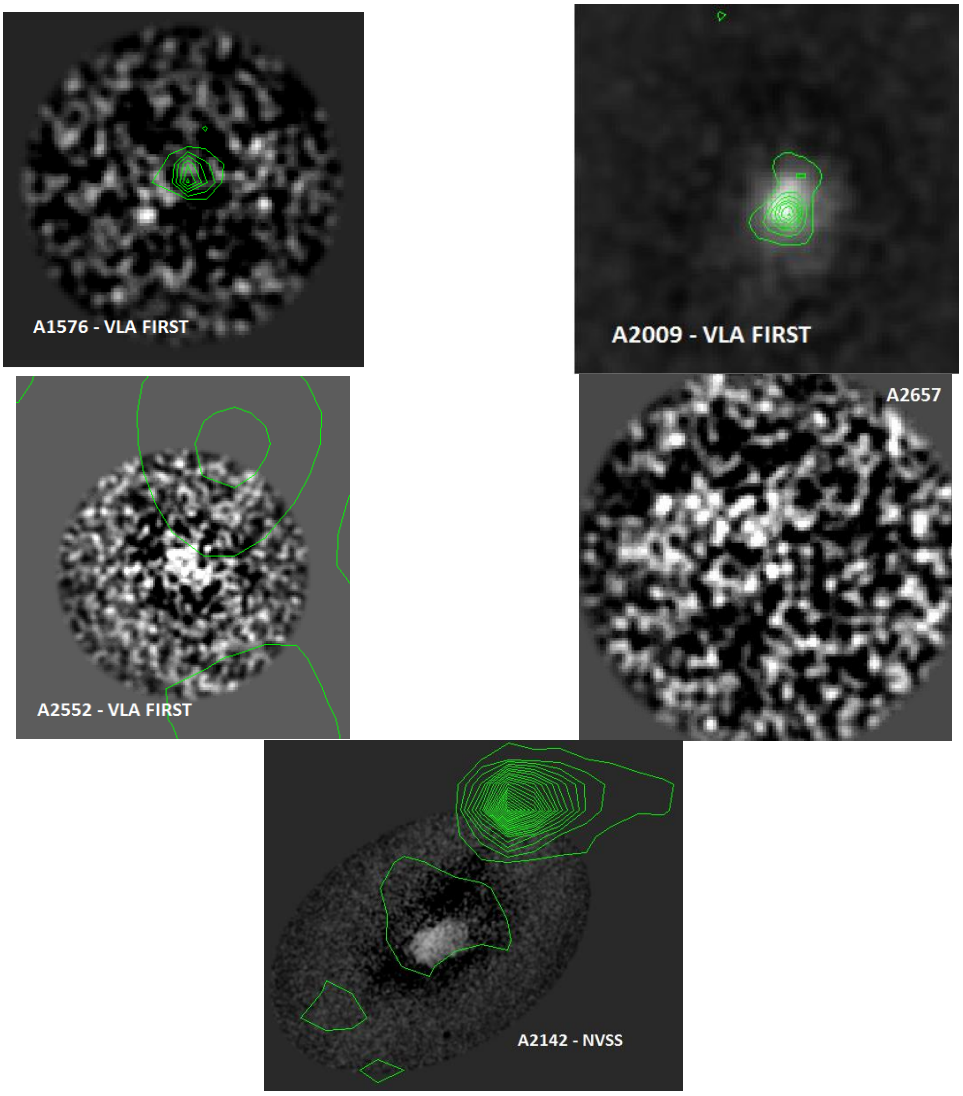
Şekil 4.2 İlgili Abell kümeleri için oluşturulan yüzey parlaklık profilleri ve "fark"larla (alt paneller) birlikte üzerlerine uygulanmış β –modelleri (sürekli eğriler)

İncelenen kümeler arasında kavitelerin görüntülenmesinde en belirgin ve bilinen örnek A1991'dir. VLA FIRST (Very Large Array Faint Images of the Radio Sky at Twenty-Centimeters) gözlemlerinden[19] elde edilen radyo bölge konturları, `ds9` yardımıyla, "eliptik 2-D beta modeli" uygulanmış olan X-ışın görüntüsünün üzerine eklenmiştir (şekil 4.3). Daha sonra benzer görüntüleme işlemleri diğer kümelere de uygulanmıştır. Bu görüntüler üzerine uygulanan 2-D beta modeli sonucunda (A1991 hariç), sadece A2142'de kuzey-batı ve güney yönlerindeki şok dalgaları ile çakışan bölgelere karşılık gelen yerlerde kavite belirtileri görülmüş, diğerler kümelerde herhangi bir kavite belirtisi görülememiştir. A2142'deki kavite yapılarının A1991'dekinin tersine, VLA FIRST radio konturları ile çakışmadığı görülmektedir (bkz. şekil 4.4).



Şekil 4.3 A1991 kümesinin Chandra ACIS-S dedektörü ile alınmış olan, 0.5-3.0 keV enerji aralığındaki görüntüsüne "eliptik 2-D beta modeli" uygulanmasıyla görüntülenen kaviteler (kuzey N, güney S olmak üzere) ve üzerine bindirilmiş olan VLA FIRST radyo bölge konturları

[19] ds9 yazılımı içerisindeki görüntü arşivinden alınmıştır (http://ds9.si.edu/site/Home.html)

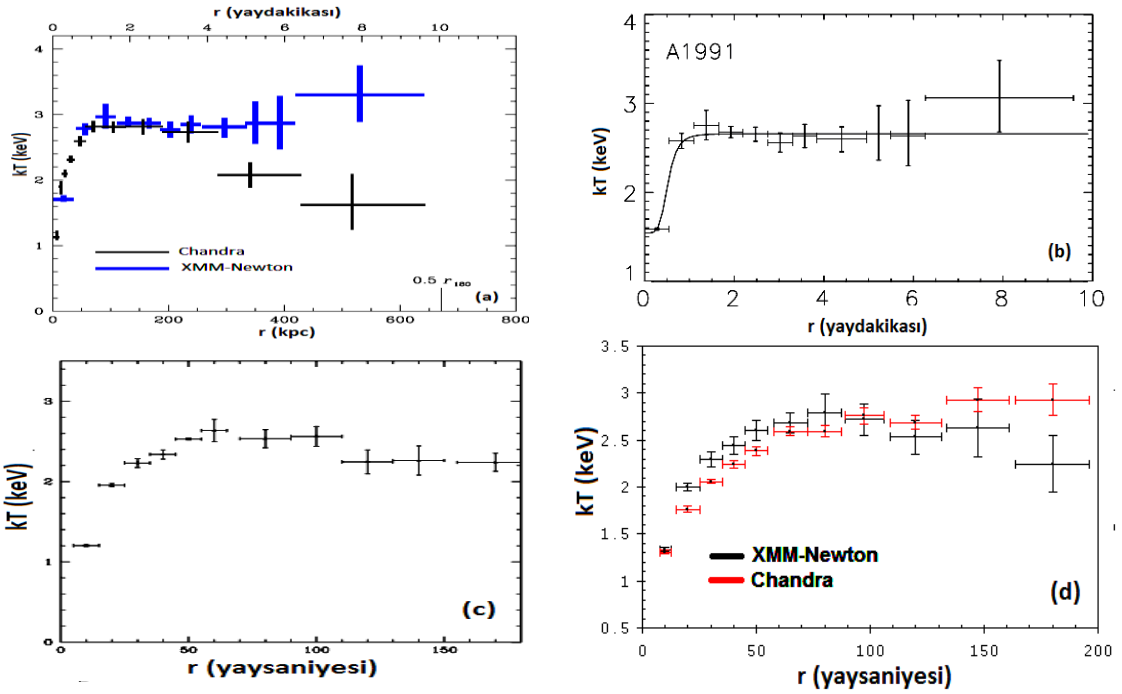


Şekil 4.4 Diğer Abell kümelerinin Chandra ACIS-S dedektörü ile alınan, 0.5-3.0 keV enerji aralığındaki görüntülerine, "eliptik 2-D beta modeli" uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ve üzerine bindirilmiş olan radyo (VLA FIRST[20]) bölge konturları

[20] ds9 yazılımı içerisindeki görüntü arşivinden alınmıştır (http://ds9.si.edu/site/Home.html)

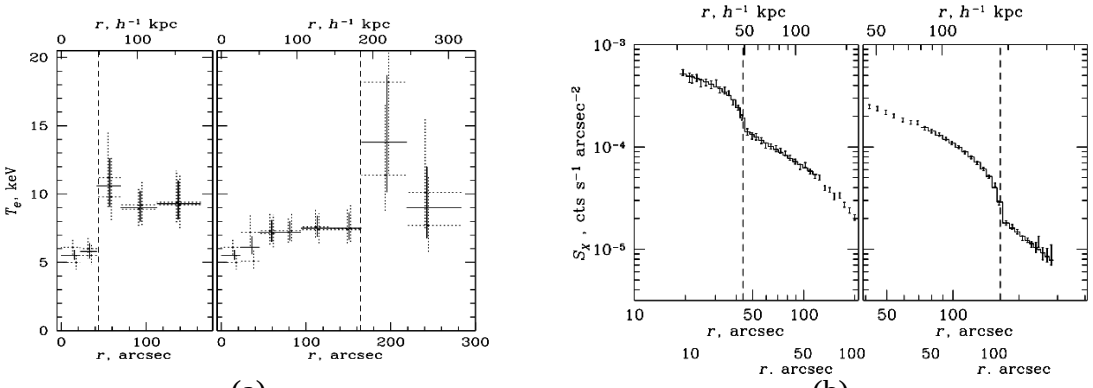
5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Küme içi radyal sıcaklık değişimi: A1991'in hem XMM-Newton hem de Chandra uydularının gözlemlerine dayalı olarak elde edilen sıcaklık profillerinde, belirgin bir soğuma eğrisi gözlenmektedir. Bu nedenle, kümenin dengeye ulaşmış olduğu doğrulanmış olmaktadır. Eğrilerin ~4′ civarında birbirinden ayrılmaya başladıkları görülmektedir. Bu ayrılma, Vikhlinin vd. (2005) tarafından da tespit edilmiş ve bunun iki uydunun yumuşak arkaplan modellemeleri arasındaki farktan ileri geldiği belirtilmiştir. Bu çalışmada iki eğri arasındaki ayrıklığın ~110″ civarından başladığı bulunmuştur. Bu durumun Vikhlinin vd. (2005)'in belirtmiş olduğu aygıt farklılığının yanı sıra, çalışmalarda seçilmiş olan dilim genişlikleriyle de ilgili olabileceği düşünülmektedir. Daha sonra, Pratt ve Arnaud (2005) XMM-Newton uydusu verilerine ve Pandge vd. (2013) Chandra uydusu verilerine dayalı olarak, aynı kümenin sıcaklık profillerini tekrar elde etmişlerdir. Şekil 5.1'de literatürden alınan A1991'e ait soğuma eğrileri ve bu çalışmada elde edilen eğri birlikte gösterilmektedir. Eğrilerden, bu kümenin dinamik bakımdan dengeye ulaşmış bir sistem olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1.a. A1991'in Vikhlinin vd. (2005), b. Pratt ve Arnaud (2005), c. Pandge vd. (2013) tarafından verilen, d. Bu çalışmada elde edilen soğuma eğrileri

A2142 henüz kaynaşma aşamasında olduğundan dinamik dengeye ulaşmamıştır. Dolayısıyla kümenin sıcaklık profilinin soğuma eğrisi vermesi beklenmemektedir. Markevitch vd. (2000) tarafından A2142 kümesinin sıcaklık ve yüzey parlaklık profillerinde güney cephesinde 40″-50″ ve kuzeybatı cephesinde 160″-170″ uzaklıklarda ani atlamalar tespit edilmiştir (şekil 5.2). Kendi sıcaklık profili analizlerimizde böylesi bir atlamaya 200″ uzaklıktan sonra, rastlanmaktadır (bkz. şekil 4.1). Analizlerimizde elde edilen yüzey parlaklık profillerine bakıldığında ise sadece ~110″ uzaklıktan sonra bir atlama olduğu görülmektedir. Bu durumun, analizlerimizde uzay dilimlerinin uygun seçilememiş olması ya da arkaplan tayfının iyi modellenememiş olmasından (özellikle yüzey parlaklık profili için önemlidir) kaynaklandığı düşünülmektedir.



(a) (b)

Şekil 5.2 Markevitch vd. (2000) tarafından A2142 kümesinde gözlenenen soğuk cephelere ait

a. Sıcaklık profilleri
b. Yüzey parlaklık profilleri

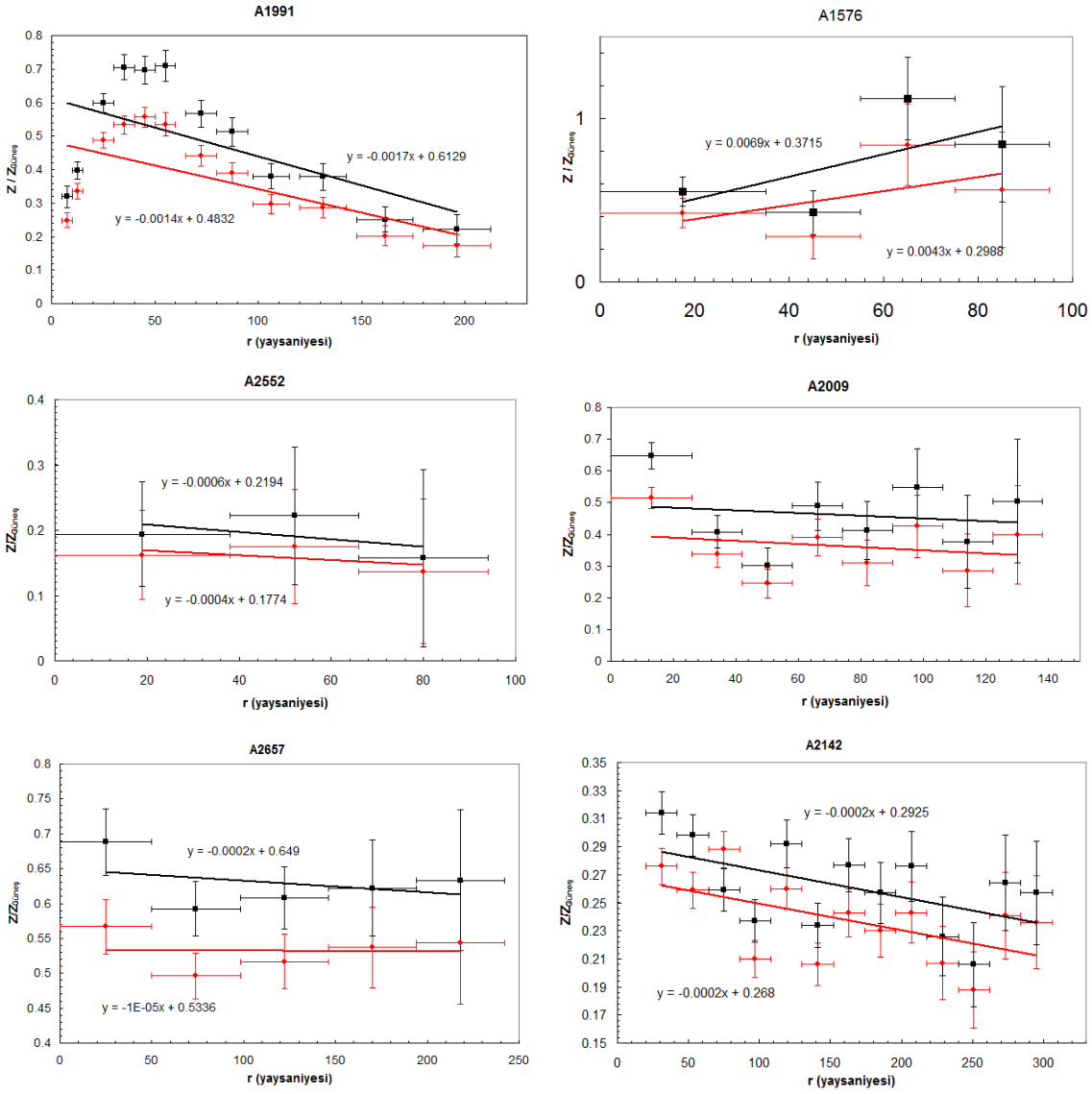
A1576, A2552, A2009 ve A2657 kümelerinin Chandra uydusu gözlemlerinde yüksek foton istatistiği sağlanamadığından, sıcaklık eğrilerinde yeterli nokta üretilememiştir. Ancak bu kümelerin XMM-Newton gözlemlerine dayalı olarak sıcaklık profilleri elde edilebilmiştir (bkz. şekil 4.1). A1576 kümesinin sıcaklık profilinin merkezden itibaren, hemen hemen hiç değişmediğini söylemek mümkündür. Yaklaşık 35″ civarında başlayan sıcaklık azalmasının da gerçekçi olduğunu söylemek, geniş hata barları nedeniyle zordur. Dolayısıyla A1576'nın sıcaklık profiliyle ilgili açık bir yorum yapılamaz. A2552'de ise küme merkezinden 80″ uzaklığa kadar kT'nin 7.5 keV'den 6.0

keV'e düştüğü, sonrasında ise 110″ civarında 6.5 keV'e yükseldiği görülmektedir. Bu iki küme için soğuma sürecinin henüz başlamamış veya yeni başlamış olduğu, dolayısıyla dengeye gelme evresinin sonlarına yaklaştıkları düşünülebilir.

Sıcaklık profillerinde merkezden dışarıya doğru görülen sürekli artış nedeniyle, A2009 ve A2657 kümelerinde merkezi soğumanın başlamış olduğu gözlenmektedir, Dolayısıyla bu kümelerin dengeye geldikleri söylenebilir. Bununla birlikte A2009'da ~60″ civarındaki sıcaklık düşüşü ve sonrasında tekrar yükselmesi ilginçtir; eğer bu küme tam denge durumunda olsaydı, 60″ civarından sonra başlayan sıcaklık düşüşünün, dışarıya doğru devam etmesi beklenmeliydi. Bu durumun bir soğuk cepheden kaynaklanabilme olasılığı göz önüne alınarak ilgili kümenin yüzey parlaklık profili incelendiğinde (bkz. şekil 4.2), beklentinin aksine herhangi bir belirgin parlaklık süreksizliği görülmemektedir. A2657 kümesinin soğuma eğrisi herhangi bir süreksizlik göstermezken, merkezden dışarıya doğru sıcaklığın ~3.5 keV'den ~6.0 keV'e (220″ de) yükseldiği görülmektedir. Yüzey parlaklık eğrisinde farklar panelinde görülen küçük genlikli salınımın nedeni (benzer durum A1991 ve A2142'de de görülmektedir) izah edilememiştir. Bunlar, yeterince iyi ayıklanamamış nokta kaynaklardan ya da sakin arkaplanın iyi modellenememiş olmasından ileri gelebilir. Daha uzun poz süreli gözlemler, sıcaklık profillerinin detaylandırılmasına ve bu sorunun kaynağının bulunmasına yardımcı olacaktır.

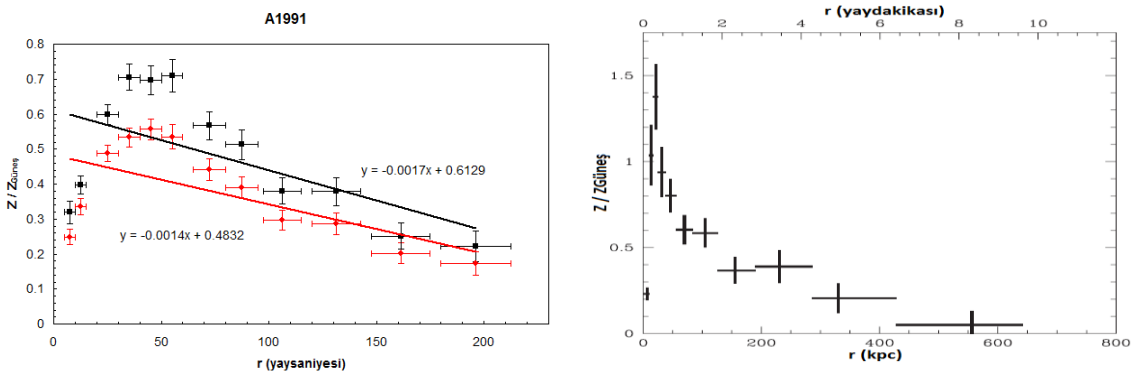
Küme içi radyal element bolluğu değişimi: X-ışın tayflarında yaklaşık 6.67 keV civarında gözlenen He benzeri Fe K çizgisine göre diğer ağır element bolluklarının, kümenin merkezinden dışarıya doğru azalması, cD türü bir kümeye işaret eder (Gök ve Aktekin 2012). Analizlerimizde A1576 haricindeki diğer kümelerin `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modelleri ile elde edilen radyal bolluk profilleri ([Z / $Z_{\odot}$]), cD türü kümelerde beklendiği gibi, küme dışına doğru azalma göstermektedir (bkz. Şekil 5.3). Buna göre, A1576 haricindeki diğer kümelerin cD türü küme olduğu savunulabilir. Bununla birlikte, A1576 ve -her ne kadar cD türü kümelerde beklenen bolluk gradiyentini sergilese de- A2552'nin yetersiz foton istatistiğine sahip verisinden elde edilen düşük çözünürlüklü bolluk gradiyentleri, bu kümelerin türü hakkında gerçekçi yorum yapabilmeyi güçleştirmektedir. Grafiklerin elde edildiği bolluk verilerine dair

sayısal değer, EK 2'de sunulmuştur. Ayrıca, ağır element bolluklarının Fe bolluğuna göre oranlarına bakıldığında (ayrıca bkz. bölüm 2.4'deki açıklamalar) ICM ortamının, O, Mg, Si, S bolluk oranlarına göre, SN II türü patlamalar ile, sadece Ni bolluğuna bakıldığında ise SN I türü patlamalar ile oluştuğuna işaret etmektedir.



Şekil 5.3 İncelenen Abell kümelerine ait, `apec` (kırmızı) ve `mekal` (siyah) modellerinin sonucunda elde edilmiş ağır element bolluklarının Güneş'teki ağır element bolluğuna oranlarının, kümenin merkezinden olan uzaklığa bağlı olarak değişimi, (sürekli çizgiler en iyi doğrusal fitleri temsil etmektedir)

Analizlerimizde A1991 kümesinin $Z/Z_{\odot}$ bolluk gradiyenti, Vikhlinin vd. (2005) ile uyumludur (şekil 5.4). Çalışmamızda 200" sınırları içerisinde çalışıldığından, Vikhlinin vd. (2005)'in vermiş olduğu bolluk gradiyentine göre daha detaylı bir profile erişmek mümkün olmuştur. Bolluk değerlerinin analizimizde daha yüksek çıkması, tayflardan arındırılan kirletici etkilerin yeterince iyi ayıklanamamış olması ve dolayısıyla modellerin verimiz için daha farklı sonuçlar üretmesinden kaynaklanmaktadır.

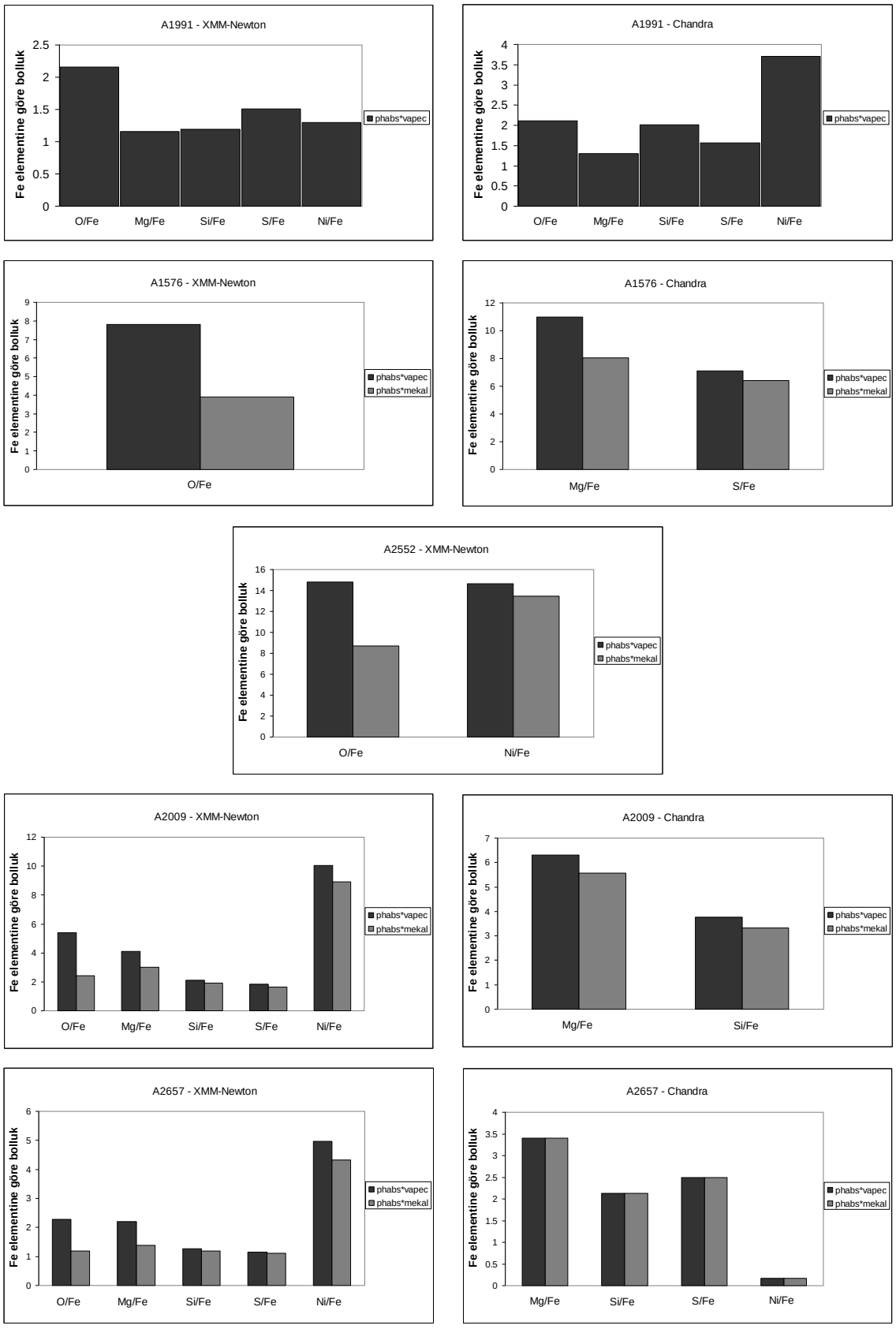


(a) (b)

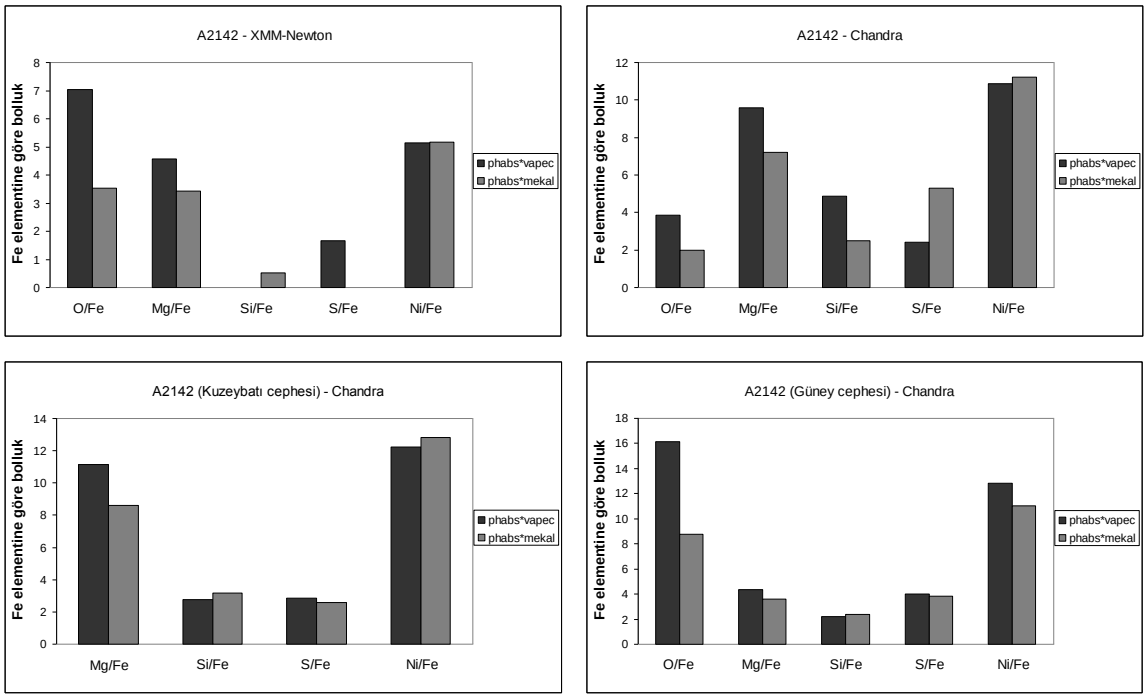
Şekil 5.4 A1991 kümesinin

a. Analizlerimizdeki $Z/Z_{\odot}$ cinsinden bolluk profili
b.Vikhlinin vd. (2005) tarafından verilmiş olan bolluk profili

İncelenen kümelerde ağır elementlerin Fe elementine göre bollukları uygulanan modele göre değişken bir yapı sergilemektedir (şekil 5.5). Bununla beraber kümelerde seçilen tüm halkalardan elde edilen ortalama oransal bolluk ([/Fe]) değerleri dikkate alındığında, Ni elementi hariç, diğer elementlere ait bolluklarının, SNII türü patlamaları desteklediği söylenebilir. Ancak Ni bolluğu dikkate alındığında, ICM'yi şekillendirmede SNI türü patlamaların da katkısı olduğu önerilebilir. EK 2 içerisinde detayları verilen bollukların değişken bir yapı sergilemesi ve hata barlarının büyük olması, yeterli foton istatistiğine sahip gözlemlerin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, özellikle 6.67 keV civarındaki Fe-Ni kompleksinin çözünürlüğünü etkilemekte ve Ni bolluğunun doğru şekilde belirlenmesini güçleştirmektedir.



Şekil 5.5 İncelenen Abell kümelerinin küme içi ağır element bolluklarının ortalamasının Fe elementine göre bollukları



Şekil 5.5 İncelenen Abell kümelerinin küme içi ağır element bolluklarının ortalamasının Fe elementine göre bollukları (devam)

Kaviteler: Kaviteler küme içerisindeki dinamik dengesizliğin / etkileşimin bir göstergesi olarak oluşmaktadır. Dong vd. (2010) ve daha sonra Pandge (2013), A1991 kümesinin merkezindeki 15″ yarıçapa sahip alan içerisinde, biri merkezin kuzeyinde diğeri de güneyinde olmak üzere iki adet "kavite"nin varlığını bildirmişlerdir. Analizlerimizde de bu yapılar gözlenmiştir (bkz. şekil 4.3). Sıcaklıklıkları ise `phabs*apec` modeli uygulanarak, kuzey kavitesi için 2.09 ± 0.10 keV, güney kavitesi için 1.75 ± 0.10 keV bulunmuştur. Pandge vd. (2013) ise bu değerleri sırasıyla 1.77 (+0.19, -0.12) keV ve 1.53 (+0.05, -0.06) keV bulmuşlardır. Modelde kolon yoğunluğu galaktik değere sabitlenmiştir. Aradaki yaklaşık ~0.2 keV'lik sıcaklık farkının, arkaplan tayfının ilgili çalışmada ayrıca modellenmesiyle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Analizimizde, A2142'de kuzey-batı ve güney yönlerinde, kavitelere benzer boşluklar olduğu gözlemlenmiştir (bkz. şekil 4.4). Ancak, analizimizde radyo konturları bu kavitelerle çakışmamaktadır. Karşılaşılan bu durumun, bu türden dengeye ulaşmamış kümelerde farklı dinamik süreçlerin etkisinden dolayı ileri gelebileceği

düşünülmektedir. Diğer kümelerde ise uygulanan eliptik 2-D beta modeli kavite benzeri yapılar göstermemiştir.

KAYNAKLAR

Abell, G. O. 1958. The Distribution of Rich Clusters of Galaxies. PhD. Thesis. California Institute of Technology, California.

Abell, G. O. 1965. Clustering of Galaxies. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 3, p. 1.

Abell, G. O. 1975. Galaxies and the Universe. Edited by A. Sandage, M. Sandage, and J. Kristian, p. 601, University of Chicago Press, Chicago.

Abell, G. O., Corwin, H. G. Jr. and Olowin, R. P. (1989). A catalog of rich clusters of galaxies. The Astrophysical Journal Supplement Series, Vol. 70, pp. 1-138.

Albert, C. E., White, R. A. and Morgan, W. W. 1977. cD Galaxies in Poor Clusters. II. The Astrophysical Journal, Vol. 211, pp. 309-310.

Ascasibar, Y. and Markevitch, M. 2006. The Origin of Cold Fronts in the Cores of Relaxed Galaxy Clusters. The Astrophysical Journal, Vol. 650, issue 1, pp.102-127.

Bautz, L. P. and Morgan, W. W. 1970. On the Classification of the Forms of Clusters of Galaxies. The Astrophysical Journal, Vol. 162, p. L149.

Bîrzan, L., Rafferty, D. A., McNamara, B. R., Wise, M. W. and Nulsen, P. E. J. 2004. A Systematic Study of Radio-induced X-Ray Cavities in Clusters, Groups, and Galaxies. The Astrophysical Journal, Vol. 607, issue 2, pp. 800-809.

Blandford, R. D. and Rees, M. J. 1974. A 'twin-exhaust' model for double radio sources. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 169, pp. 395-415.

Briel, U. G., Henry, J. P. and Boehringer, H. 1992. Observation of the Coma Cluster of Galaxies with ROSAT During the All-Sky Survey. Astronomy and Astrophysics, Vol. 259, no. 2, pp. L31-L34.

Byram, E. T., Chubb, T. A. and Friedman, H. 1966. Cosmic X-Ray Sources-Galactic and Extragalactic. The Astronomical Journal, Vol. 71, p. 379.

Dickey, J. M. and Lockman, F. J. 1990. H I in the Galaxy. Annual Review of Astronomy and Astrophysics. Palo Alto, CA, Annual Reviews, Inc., Vol. 28 (A91-28201 10-90), pp. 215-261.

Dong, R., Rasmussen, J. and Mulchaey, J. S. 2010. A Systematic Search for X-ray Cavities in the Hot Gas of Galaxy Groups. The Astrophysical Journal, Vol 712, issue 2, pp.883-900.

Dupke, R. A. and Arnaud, K. A. 2001. Central Elemental Abundance Ratios in the Perseus Cluster: Resonant Scattering or SN IA Enrichment?. The Astrophysical Journal, Vol. 548, issue 1, pp. 141-149.

Dupke, R. A. and White, R. E. 2000. Metallicity Gradients in the Intracluster Gas of Abell 496. The Astrophysical Journal, Vol. 537, issue 1, pp. 123-133.

Fabian, A. C. 1994. Cooling Flows in Clusters of Galaxies. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 32, pp. 277-318.

Fabian, A. C., Sanders, J. S., Ettori, S., Taylor, G. B., Allen, S. W., Crawford, C. S., Iwasawa, K., Johnstone, R. M. and Ogle, P. M. 2001. Chandra Imaging of the Complex X-ray Core of the Perseus Cluster. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol 318, Issue 4, pp. L65-L68.

Fabian, A. C., Sanders, J. S., Taylor, G. B., Allen, S. W., Crawford, C. S., Johnstone, R. M. and Iwasawa, K. 2006. A very deep Chandra observation of the Perseus cluster: shocks, ripples and conduction. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 366, issue 2, pp. 417-428.

Feretti, L., Gioia, I. M. and Giovannini, G. 2002. Merging Processes in Galaxy Clusters. Edited by L. Feretti, I. M. Gioia and G. Giovannini, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 272. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Forman, W. and Jones, C. 1982. X-Ray Imaging Observations of Clusters of Galaxies. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 20, pp. 547-585.

Fritz, G., Davidsen, A., Meekins, J. F. and Friedman, H. 1971. Discovery of an X-Ray Source in Perseus. The Astrophysical Journal, Vol. 164, p. L81.

Gastaldello, F. and Molendi, S. 2004. Ni Abundance in the Core of the Perseus Cluster: An Answer to the Significance of Resonant Scattering. The Astrophysical Journal, Vol. 600, issue 2, pp. 670-680.

Gehrels, N. 1986. Confidence limits for small numbers of events in astrophysical data. Astrophysical Journal, Part 1 (ISSN 0004-637X), Vol. 303, pp. 336-346.

Gök, F. ve Aktekin, E. 2012. A1831 Galaksi Kümesinin Suzaku Uydusu X-Işını Verileri Kullanılarak Element Bolluklarının Belirlenmesi. 27 Ağustos - 1 Eylül 2012 Malatya XVIII. Ulusal Astronomi ve Uzay Bilimleri Kongresi - VII. Ulusal Astronomi ve Uzay Bilimleri Öğrenci Kongresi, kongre bildirisi.

Gursky, H., Kellogg, E., Murray, S., Leong, C., Tananbaum, H. and Giacconi, R. 1971. A Strong X-Ray Source in the Coma Cluster Observed by UHURU. The Astrophysical Journal, Vol. 167, p. L81.

Hubble, E. P. 1926. Extra-galactic Nebulae. Contributions from the Mount Wilson Observatory / Carnegie Institution of Washington, Vol. 324, pp. 1-49.

Kaastra, J. S. 1992. An X-Ray Spectral Code for Optically Thin Plasmas. Internal SRON-Leiden Report, updated version 2.0.

King, I. R. 1966. The structure of Star Clusters. III. Some Simple Dynamical Models. The Astronomical Journal, Vol. 71, pp. 64.

Markevitch, M., Ponman, T. J., Nulsen, P. E. J., Bautz, M. W., Burke, D. J., David, L. P., Davis, D., Donnelly, R. H., Forman, W. R., Jones, C., Kaastra, J., Kellogg, E., Kim, D.-W., Kolodziejczak, J., Mazzotta, P., Pagliaro, A., Patel, S., Van Speybroeck, L., Vikhlinin, A., Vrtilek, J., Wise, M. and Zhao, P. 2000. Chandra Observation of Abell 2142: Survival of Dense Subcluster Cores in a Merger. The Astrophysical Journal, Vol 541, pp.542-549.

Markevitch, M. and Vikhlinin, A. 2007. Shocks and cold fronts in galaxy clusters. Physics Reports, Vol. 443, issue 1, pp.1-53.

Matthews, T. A., Morgan, W. W. and Schmidt, M. 1964. A Discussion of Galaxies Indentified with Radio Sources. The Astrophysical Journal, Vol. 140, p. 35.

Mitchell, R. J., Culhane, J. L., Davison, P. J. N. and Ives, J. C. 1976. Ariel 5 Observations of the X-Ray Spectrum of the Perseus Cluster. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 175, pp. 29P-34P.

Morgan, W. W., Kayser, S. and White, R. A. 1975. cD Galaxies in Poor Clusters. The Astrophysical Journal, Vol. 199, pp. 545-548.

Morgan, W. W. and Lesh, J. R. 1965. The Supergiant Galaxies. The Astrophysical Journal, Vol. 142, pp. 1364.

Mulchaey, J. S. 2000. X-Ray Properties of Groups of Galaxies. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 38, pp. 289-335.

Nomoto, K., Thielemann, F. -K. and Wheeler, J. C. 1984. Explosive Nucleosynthesis and Type I Supernovae. The Astrophysical Journal, Part 2 - Letters to the Editor, Vol. 279, pp. L23-L26.

Owers, M. S., Nulsen, P. E. J. and Couch, W. J. 2011. Minor Merger-induced Cold Fronts in Abell 2142 and RXJ1720.1+2638. The Astrophysical Journal, Vol 741, issue 2, paper no. 122, p. 22.

Pandge, M. B., Vagshette, N. D., Sonkamble, S. S. and Patil, M. K. 2013. Investigation of X-ray cavities in the cooling flow system Abell 1991. Astrophysics and Space Science, Vol. 345, issue 1, pp. 183-193.

Pratt, G. W. and Arnaud, M. 2005. XMM-Newton observations of three poor clusters: Similarity in dark matter and entropy profiles down to low mass. Astronomy and Astrophysics, Vol. 429, pp.791-806.

Rosati, P., Borgani, S. and Colin, N. 2002. The Evolution of X-Ray Clusters of Galaxies. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 40, pp. 539-577.

Rossetti, M., Eckert, D., De Grandi, S., Gastaldello, F., Ghizzardi, S., Roediger, E., and Molendi, S. 2013. Abell 2142 at large scales: An extreme case for sloshing?. Astronomy and Astrophysics, Vol. 556, id. A44, p.16.

Sarazin, C. L. 1986. X-Ray Emission From Clusters of Galaxies. Reviews of Modern Physics, Vol. 58, issue 1, pp. 1-115.

Sarazin,C.L. 1988. X-ray Emission From Clusters of Galaxies. http://ned. ipac.caltech. edu/level5/March02/Sarazin/frames.html. İnternet sitesi. (Erişim tarihi: 18.08.2004).

Schuecker, P. 2005. New Cosmology with Clusters of Galaxies.Reviews in Modern Astronomy, Vol. 18, pp. 76-105

Smith, R. K., Brickhouse, N. S., Liedahl, D. A. and Raymond, J. C. 2001. Collisional Plasma Models with APEC/APED: Emission-Line Diagnostics of Hydrogen-like and Helium-like Ions. ApJ, Vol. 556, p. L91

Struble, M. F. and Rood H. J. 1999. A Compilation of Redshifts and Velocity Dispersions for ACO Clusters. The Astrophysical Journal Supplement Series, Vol. 125, issue 1, pp. 35-71.

Vikhlinin, A., Markevitch, M. and Murray, S. S. 2001. A Moving Cold Front in the Intergalactic Medium of A3667. The Astrophysical Journal, Vol. 551, issue 1, pp.160-171.

Vikhlinin, A., Markevitch, M., Murray, S. S., Jones, C., Forman and W., Van Speybroeck, L. 2005. Chandra Temperature Profiles for a Sample of Nearby Relaxed Galaxy Clusters. The Astrophysical Journal, Vol. 628, issue 2, pp.655-672.

Vikhlinin, A., Kravtsov, A., Forman, W., Jones, C., Markevitch, M., Murray, S. S. and Van Speybroeck, L. 2006. Chandra Sample of Nearby Relaxed Galaxy Clusters: Mass, Gas Fraction, and Mass-Temperature Relation. The Astrophysical Journal, Vol 640, issue 2, pp. 691-709.

Voit, G. M. 2005. Tracing cosmic evolution with clusters of galaxies. Reviews of Modern Physics, Vol. 77, issue 1, pp. 207-258.

Wolf, M. 1906. Über einen Nebelfleck-Haufen im Perseus. Astronomische Nachrichten, Vol. 170, p.211.

Zwicky, F., Herzog, E., Wild, P., Karpowicz and M., Kowal, C. T. 1961-1968. Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies, Vol. 1-6.

EKLER

EK 1 Veriler, Model Sonuçları ve Tespit Edilen Nokta Kaynaklar

EK 2 XMM-Newton "Science Analysis System" (SAS) Yazılımı ile Temel Veri İndirgeme Prosedürü

EK 3 "Chandra Interactive Analysis of Observations" (CIAO) Yazılımı ile Temel Veri İndirgeme Prosedürü

EK 1 Veriler, Model Sonuçları ve Tespit Edilen Nokta Kaynaklar

Çizelge 1 Abell 1991 kümesinde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-5″)*	1.27 ± 0.03	-	0.75 ± 0.21	0.64 ± 0.11	0.87 ± 0.26	0.35 ± 0.07	0.95 ± 0.74	1.129
2 (5″-10″)*	1.30 ± 0.01	-	0.75 ± 0.14	0.89 ± 0.08	1.01 ± 0.16	0.30 ± 0.04	1.85 ± 0.46	1.430
3 (10″-20″)	1.76 ± 0.03	0.29 ± 0.13	0.32 ± 0.12	0.55 ± 0.07	0.47 ± 0.09	0.49 ± 0.03	0.39 ± 0.21	1.245
4 (20″-30″)	2.05 ± 0.02	0.39 ± 0.13	0.23 ± 0.14	0.56 ± 0.07	0.62 ± 0.11	0.55 ± 0.03	0.31 ± 0.27	1.198
5 (30″-40″)	2.24 ± 0.04	0.42 ± 0.16	0.47 ± 0.17	0.56 ± 0.09	0.44 ± 0.13	0.56 ± 0.03	0.63 ± 0.34	1.025
6 (40″-50″)	2.38 ± 0.04	0.55 ± 0.19	0.75 ± 0.22	0.64 ± 0.12	0.73 ± 0.16	0.05 ± 0.04	-	1.066
7 (50″-65″)	2.59 ± 0.04	0.79 ± 0.21	0.52 ± 0.22	0.42 ± 0.11	0.59 ± 0.16	0.49 ± 0.04	1.08 ± 0.46	1.014
8 (65″-80″)	2.59 ± 0.05	0.93 ± 0.23	0.66 ± 0.24	0.65 ± 0.13	0.51 ± 0.18	0.46 ± 0.04	-	1.135
9 (80″-97.5″)	2.75 ± 0.08	1.32 ± 0.27	0.43 ± 0.27	0.47 ± 0.14	0.52 ± 0.20	0.37 ± 0.04	-	1.055
10 (97.5″-120″)	2.68 ± 0.07	1.11 ± 0.28	0.33 ± 0.25	0.45 ± 0.13	0.27 ± 0.19	0.35 ± 0.04	0.95 ± 0.54	1.112
11 (120″-147.5″)	2.93 ± 0.12	1.49 ± 0.33	-	0.22 ± 0.16	0.40 ± 0.22	0.30 ± 0.04	-	1.232
12 (147.5″-180″)	2.92 ± 0.16	2.82 ± 0.56	0.61 ± 0.38	-	0.94 ± 0.36	0.36 ± 0.06	-	1.410

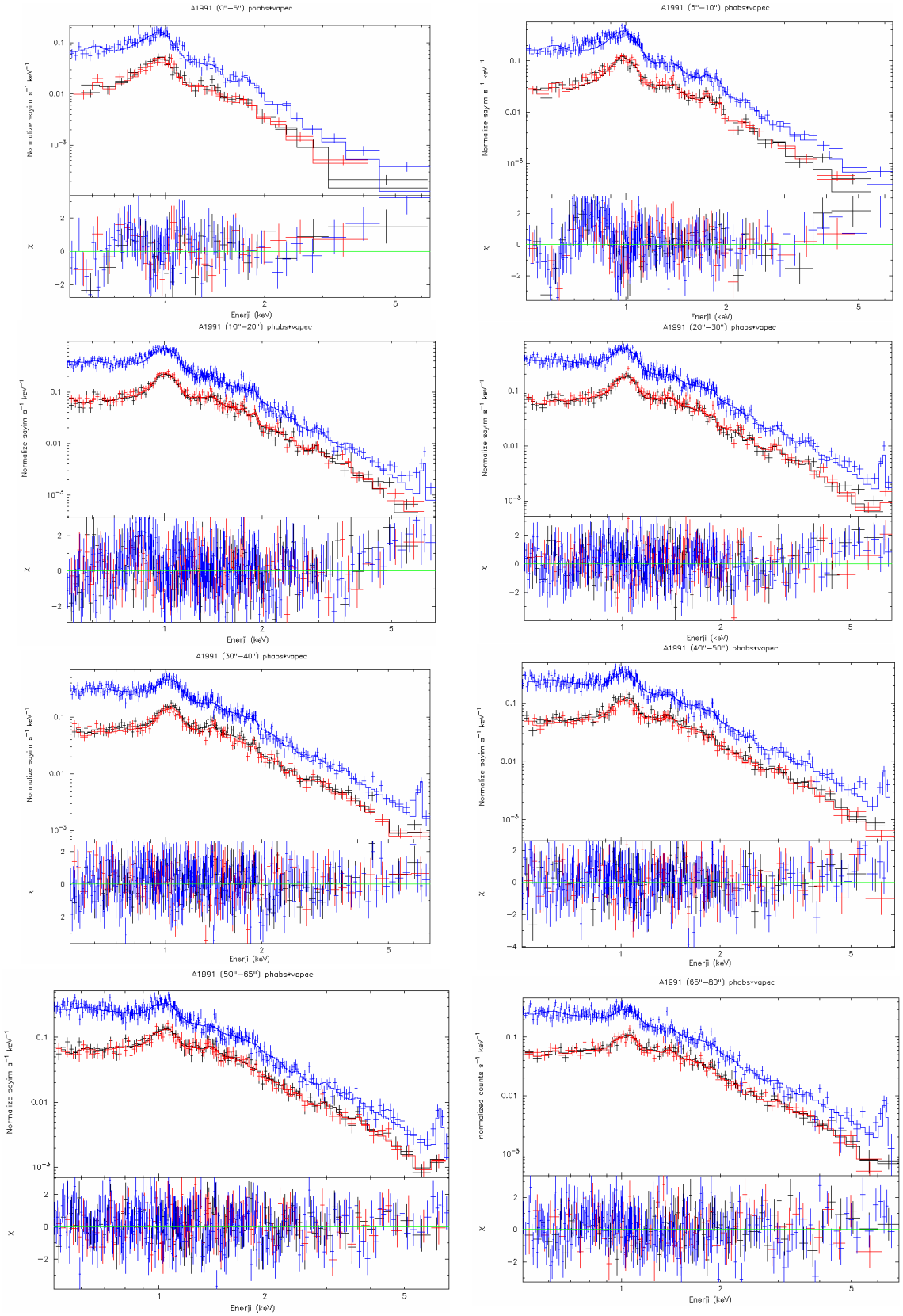
* `apec` modeli uygulanmıştır

Çizelge 1 (devam) Abell 1991 kümesinde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

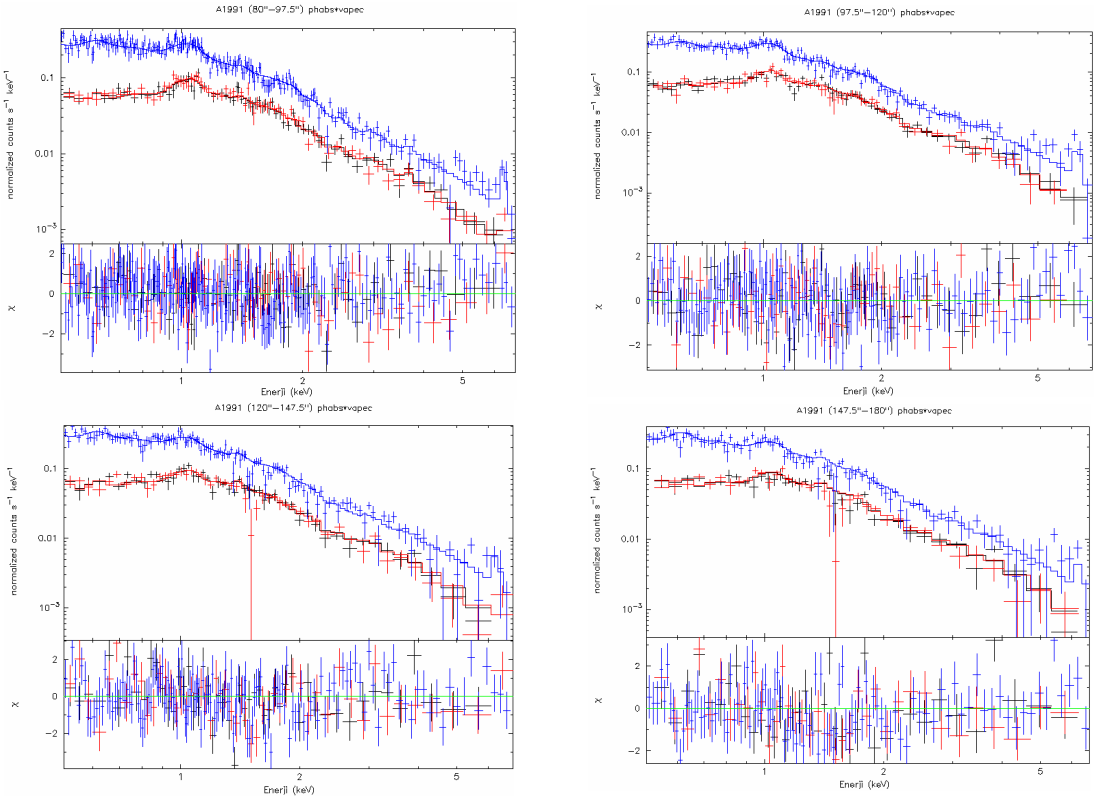
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*vapec) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-5″) – 1. bileşen	1.87 ± 0.36	-	-	-	-	-	-	1.422
1 (0″-5″) – 2. bileşen	0.96 ± 0.02	-	-	-	-	-	-	1.422
2 (5″-10″)	1.33 ± 0.01	-	0.85 ± 0.27	1.15 ± 0.15	1.22 ± 0.28	0.46 ± 0.06	1.95 ± 0.79	1.475
3 (10″-20″)	2.00 ± 0.04	0.38 ± 0.25	0.60 ± 0.27	1.13 ± 0.17	0.85 ± 0.22	0.74 ± 0.07	0.87 ± 0.52	1.183
4 (20″-30″)	2.29 ± 0.07	-	0.42 ± 0.34	1.10 ± 0.19	1.23 ± 0.28	0.80 ± 0.06	1.41 ± 0.64	1.187
5 (30″-40″)	2.44 ± 0.09	-	0.67 ± 0.39	1.23 ± 0.22	1.12 ± 0.32	0.66 ± 0.07	-	1.068
6 (40″-50″)	2.60 ± 0.10	-	-	1.31 ± 0.28	0.52 ± 0.37	0.71 ± 0.08	-	1.043
7 (50″-65″)	2.68 ± 0.10	-	1.10 ± 0.45	0.82 ± 0.24	0.70 ± 0.38	0.48 ± 0.07	1.56 ± 0.86	1.238
8 (65″-80″)	2.79 ± 0.20	2.02 ± 0.70	-	1.49 ± 0.38	0.90 ± 0.53	0.55 ± 0.11	2.37 ± 1.27	1.505
9 (80″-97.5″)	2.72 ± 0.16	0.99 ± 0.56	-	0.90 ± 0.33	0.76 ± 0.52	0.45 ± 0.10	1.99 ± 1.14	1.422
10 (97.5″-120″)	2.53 ± 0.17	-	-	0.78 ± 0.30	-	0.29 ± 0.07	2.01 ± 0.92	1.492
11 (120″-147.5″)	2.63 ± 0.21	-	-	-	-	-	-	1.488
12 (147.5″-180″)	2.24 ± 0.30	-	-	-	-	-	-	1.681

Çizelge 2 Abell 1991 kümesinde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

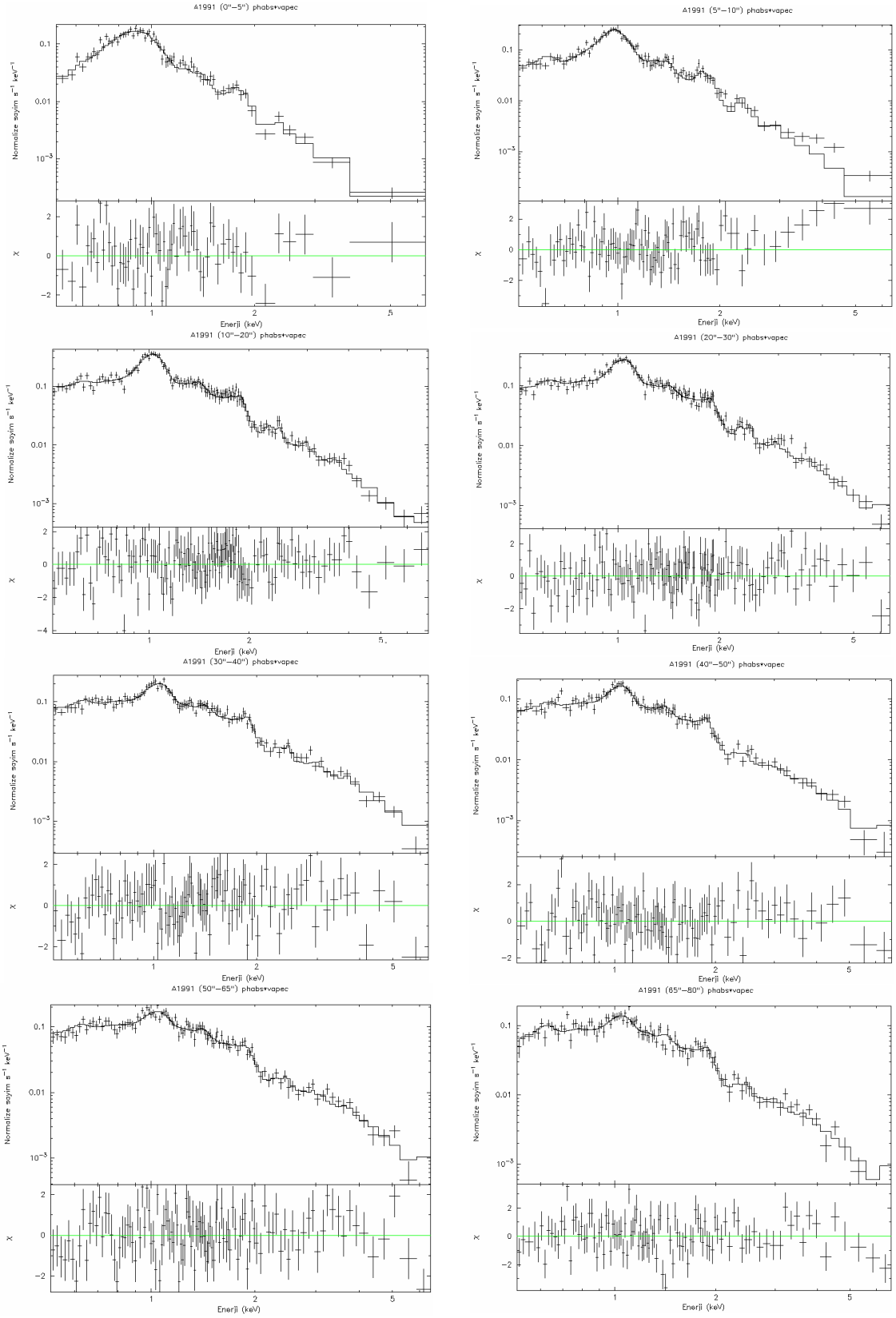
Parametre / Tayf No (XMM-Newton)	Gruplama (phabs*vapec)	O/Fe	Mg/Fe	Si/Fe	S/Fe	Ni/Fe
1 (0″-5″)	25	-	2.112444	1.816709	2.446251	2.671075
2 (5″-10″)	25	-	2.295847	2.719870	3.087230	5.630279
3 (10″-20″)	25	0.583342	0.643583	1.113853	0.949516	0.783846
4 (20″-30″)	30	0.716052	0.429964	1.016198	1.127515	0.575858
5 (30″-40″)	30	0.740893	0.828498	0.996977	0.788991	1.109598
6 (40″-50″)	30	0.986219	1.343856	1.137630	1.296141	-
7 (50″-65″)	30	1.594993	1.054467	0.852055	1.187481	2.184052
8 (65″-80″)	35	2.035978	1.450604	1.420403	1.110553	-
9 (80″-97.5″)	40	3.520585	1.141086	1.254345	1.400053	-
10 (97.5″-120″)	60	3.111436	0.942519	1.283791	0.757539	2.656448
11 (120″-147.5″)	70	4.865302	-	0.741566	1.318773	-
12 (147.5″-180″)	100	7.724968	1.669332	-	2.591306	-
Parametre / Tayf No (Chandra)	**Gruplama (phabs*vapec)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-5″)	25	-	-	-	-	-
2 (5″-10″)	25	-	1.844958	2.503094	2.654199	4.247131
3 (10″-20″)	25	0.515500	0.809019	1.527548	1.145280	1.178674
4 (20″-30″)	25	-	0.530754	1.368088	1.522100	1.749181
5 (30″-40″)	35	-	1.008073	1.847453	1.675297	
6 (40″-50″)	35	-	-	1.845296	0.741389	
7 (50″-65″)	35	-	2.287222	1.712655	1.450177	3.227665
8 (65″-80″)	35	3.621947	-	2.663950	1.621321	4.240070
9 (80″-97.5″)	40	2.194231	-	1.996503	1.680422	4.403647
10 (97.5″-120″)	75	-	-	2.699720	-	6.892125
11 (120″-147.5″)	150	-	-	-	-	-
12 (147.5″-180″)	200	-	-	-	-	-



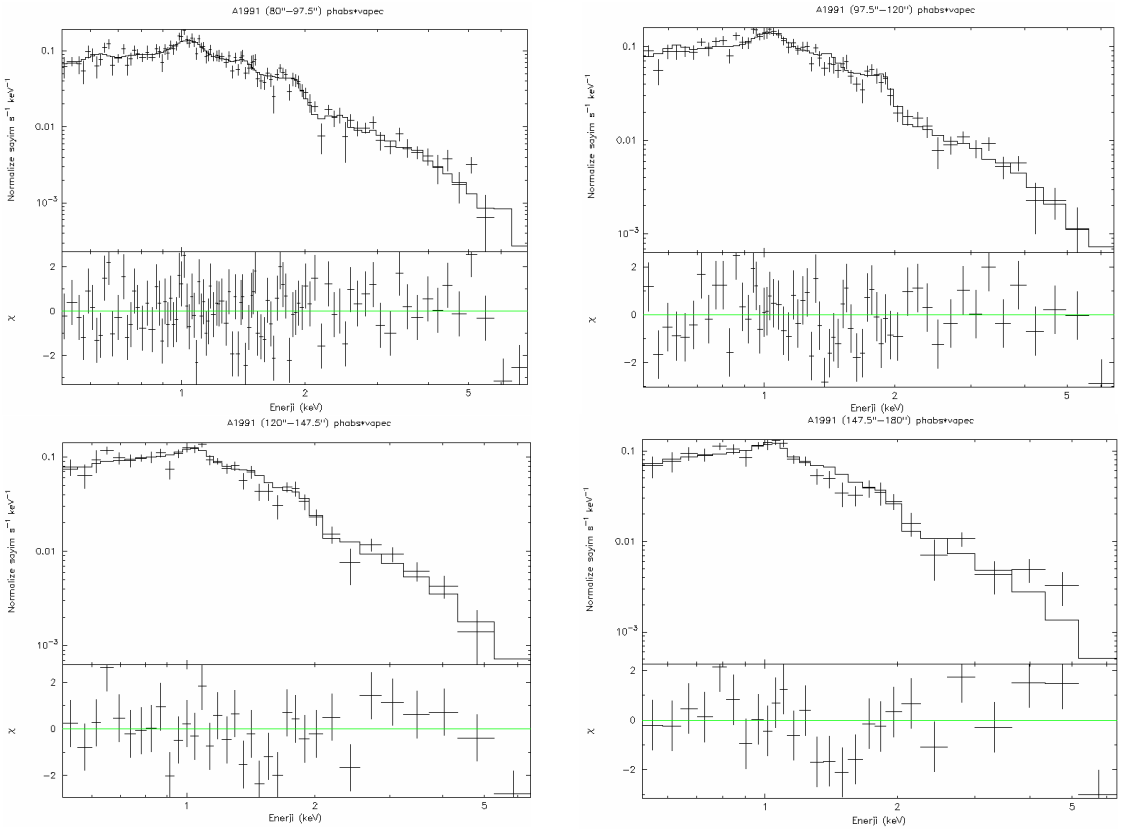
Şekil 1 A1991 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 1 (devam) A1991 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 2 A1991 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 2 (devam) A1991 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller

Çizelge 3 A1991 kümesinin Chandra gözleminden tespit edilen nokta kaynaklar

Kaynak No	Sağ açıklık (α_{2000})	Dik açıklık (δ_{2000})
1	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 39.281^{s}$	+18°35′24.53″
2	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 34.649^{s}$	+18°37′26.82″
3	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 41.024^{s}$	+18°37′29.25″
4	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 39.156^{s}$	+18°37′54.36″
5	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 31.750^{s}$	+18°38′40.57″
6	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 31.388^{s}$	+18°38′41.41″
7	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 31.714^{s}$	+18°38′44.80″
8	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 42.806^{s}$	+18°39′02.91″
9	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 31.716^{s}$	+18°39′47.51″
10	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 37.844^{s}$	+18°39′55.47″
11	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 15.951^{s}$	+18°39′55.44″
12	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 16.010^{s}$	+18°39′57.75″
13	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 32.070^{s}$	+18°40′00.20″
14	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 32.223^{s}$	+18°40′53.42″
15	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 35.106^{s}$	+18°41′03.35″
16	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 22.153^{s}$	+18°41′04.95″
17	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 29.150^{s}$	+18°34′42.91″
18	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 18.003^{s}$	+18°35′02.45″
19	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 23.278^{s}$	+18°35′06.06″
20	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 23.968^{s}$	+18°35′22.39″
21	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 25.291^{s}$	+18°36′18.81″
22	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 07.674^{s}$	+18°36′42.64″
23	$14^{sa}\ 54^{dk}\ 36.199^{s}$	+18°41′18.73″

Çizelge 4 Abell 1576 kümesinde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

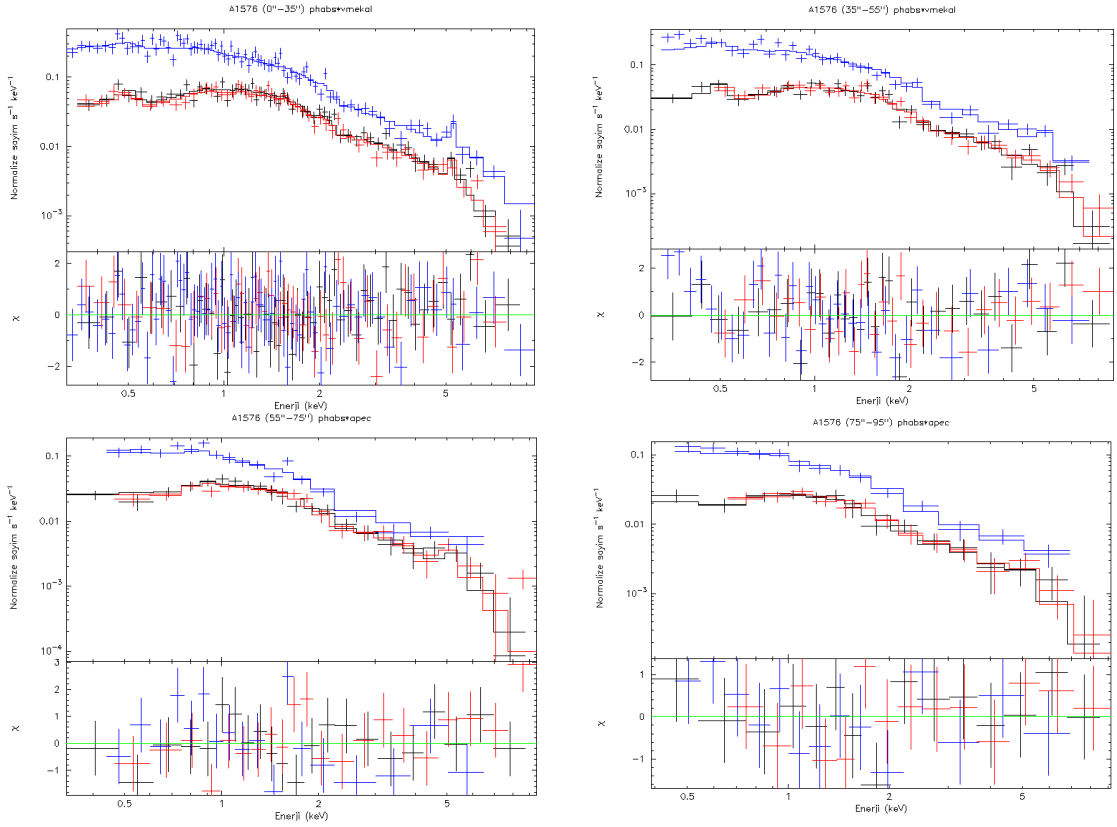
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-35″)	7.37 ± 0.46	0.422 ± 0.090	0.965	7.30± 0.37	0.552 ± 0.121	0.975
2 (35″-55″)	6.99 ± 0.71	0.279 ± 0.135	1.302	6.96 ± 0.56	0.425 ± 0.186	1.290
3 (55″-75″)	6.89 ± 0.87	0.839 ± 0.252	1.003	6.82 ± 0.69	1.122 ± 0.351	1.020
4 (75″-95″)	7.78 ± 1.31	0.565 ± 0.372	0.552	7.60 ± 1.24	0.843 ± 0.516	0.535
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-42.5″)	9.99 ± 0.90	0.442 ± 0.120	0.860	9.79 ± 1.10	0.546 ± 0.149	0.857

Çizelge 5 Abell 1576 kümesinde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

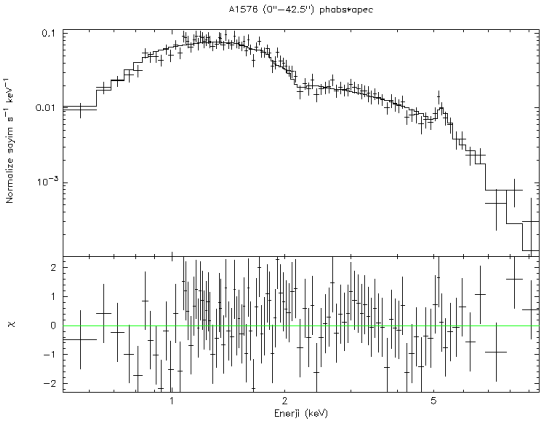
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-35″)	7.38 ± 0.47	2.402 ±1.127	-	-	-	0.504 ± 0.105	-	0.972
2 (35″-55″)	7.18 ± 0.71	4.722 ± 1.908	-	-	-	0.455 ± 0.180	-	1.279
3 (55″-75″)	6.77 ± 0.51	-	-	-	-	0.893 ± 0.228	-	1.006
4 (75″-95″)	7.77 ± 1.25	7.791 ± 5.541	-	-	-	0.934 ± 0.544	-	0.491
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-35″)	7.35 ± 0.38	1.451 ± 0.695	-	-	-	0.602 ± 0.127	-	0.980
2 (35″-55″)	7.19 ± 0.57	2.870 ± 1.099	-	-	-	0.549 ± 0.219	-	1.269
3 (55″-75″)	6.80 ± 0.67	-	-	-	-	1.215 ± 0.309	-	1.013
4 (75″-95″)	7.84 ± 1.69	4.269 ± 2.816	-	-	-	1.056 ± 0.594	-	0.496
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-42.5″)	5.42 ± 3.18	-	5.42 ± 3.18	-	3.508 ± 1.729	0.493 ± 0.49	-	0.825
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-42.5″)	9.88 ± 1.16	-	4.772 ± 2.791	-	3.805 ± 1.827	0.593 ± 0.158	-	0.828

Çizelge 6 Abell 1576 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (phabs*vapec)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-35″)	30	4.764	-	-	-	-
2 (35″-55″)	45	10.364	-	-	-	-
3 (55″-75″)	60	-	-	-	-	-
4 (75″-95″)	75	8.340	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (phabs*vapec)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-42.5″)	30	-	10.995	-	7.115	-
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (phabs*vmekal)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-35″)	30	2.411	-	-	-	-
2 (35″-55″)	45	5.224	-	-	-	-
3 (55″-75″)	60	-	-	-	-	-
4 (75″-95″)	75	4.041	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (phabs*vmekal)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-42.5″)	30	-	8.039	-	6.410	-



Şekil 3 A1576 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden model fitleri



Şekil 4 A1576 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden model fitleri

Çizelge 7 A1576 kümesinin Chandra gözleminden tespit edilen nokta kaynaklar

Kaynak No	Sağ açıklık (α_{2000})	Dik açıklık (δ_{2000})
1	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 10.208^{s}$	+63°10′10.51″
2	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 16.450^{s}$	+63°10′16.85″
3	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 50.510^{s}$	+63°11′23.50″
4	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 45.478^{s}$	+63°11′25.26″
5	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 04.667^{s}$	+63°11′44.60″
6	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 56.284^{s}$	+63°11′49.16″
7	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 57.196^{s}$	+63°12′13.14″
8	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 10.047^{s}$	+63°12′44.66″
9	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 28.765^{s}$	+63°13′04.13″
10	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 27.455^{s}$	+63°13′16.89″
11	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 13.368^{s}$	+63°14′37.39″
12	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 38.234^{s}$	+63°14′42.71″
13	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 16.192^{s}$	+63°15′00.22″
14	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 20.163^{s}$	+63°15′47.54″
15	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 51.883^{s}$	+63°16′11.92″
16	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 08.703^{s}$	+63°16′18.39″
17	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 45.527^{s}$	+63°17′29.83″
18	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 15.357^{s}$	+63°17′37.13″
19	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 00.610^{s}$	+63°17′45.26″
20	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 03.473^{s}$	+63°06′41.69″
24	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 23.863^{s}$	+63°07′19.15″
25	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 41.552^{s}$	+63°07′32.77″
26	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 45.374^{s}$	+63°08′20.24″
27	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 21.299^{s}$	+63°08′32.39″
28	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 23.642^{s}$	+63°09′11.34″
29	$12^{sa}\ 38^{dk}\ 11.595^{s}$	+63°09′36.48″
30	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 28.554^{s}$	+63°10′27.54″
31	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 46.027^{s}$	+63°12′38.99″
32	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 46.252^{s}$	+63°14′24.59″
33	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 20.393^{s}$	+63°14′40.15″
34	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 51.077^{s}$	+63°16′04.66″
35	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 31.874^{s}$	+63°16′13.06″
36	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 20.629^{s}$	+63°16′26.16″
37	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 10.160^{s}$	+63°19′31.43″
38	$12^{sa}\ 36^{dk}\ 29.929^{s}$	+63°20′58.28″
39	$12^{sa}\ 37^{dk}\ 11.864^{s}$	+63°21′38.08″

Çizelge 8 Abell 2552 kümesine uygulanan `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

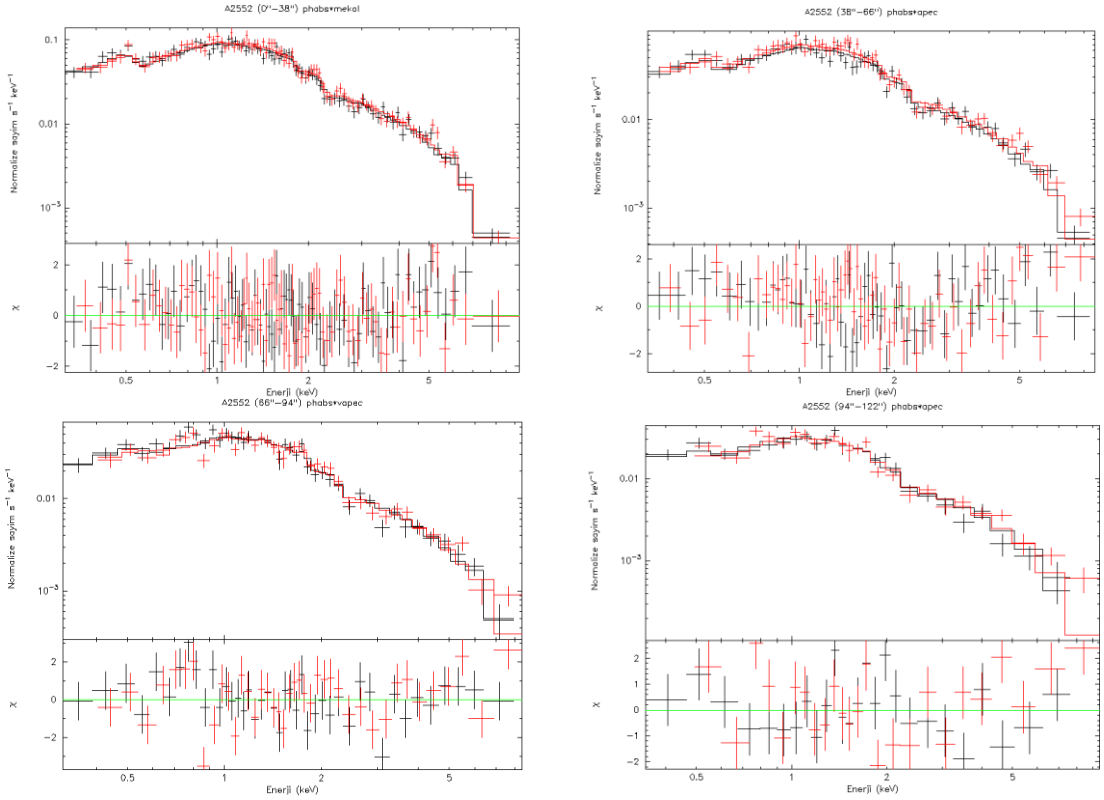
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-38″)	7.35 ± 0.39	0.162 ± 0.068	0.965	7.34 ± 0.32	0.194 ± 0.080	0.975
2 (38″-66″)	6.53 ± 0.34	0.175 ± 0.087	1.343	6.55 ± 0.40	0.222 ± 0.105	1.353
3 (66″-94″)	6.23 ± 0.45	0.139 ± 0.111	1.449	6.26 ± 0.53	0.157 ± 0.136	1.450
4 (94″-122″)	6.69 ± 0.62	0.207 ± 0.219	1.506	6.64 ± 0.75	0.256 ± 0.267	1.517
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-80″)	8.40 ± 0.62	0.128 ± 0.114	1.283	8.41 ± 0.74	0.152 ± 0.129	1.294

Çizelge 9 Abell 2552 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

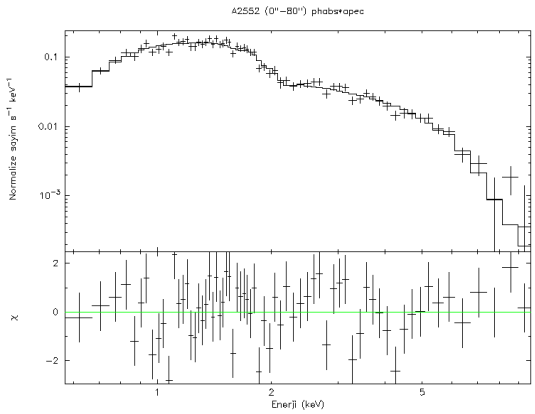
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*vapec) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-38″)	7.14 ± 0.40	2.665 ±1.263	-	-	-	0.244 ± 0.082	3.578 ± 3.002	1.044
2 (38″-66″)	6.45 ± 0.33	3.934 ± 1.699	-	-	-	0.296 ± 0.111	-	1.398
3 (66″-94″)	6.07 ± 0.44	5.582 ± 2.291	-	-	-	0.249 ± 0.153	-	1.402
4 (94″-122″)	6.56 ± 0.59	4.954 ± 3.693	-	-	-	0.391 ± 0.295	-	1.528
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*vmekal) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-38″)	7.30 ± 0.32	1.559 ± 0.724	-	-	-	0.265 ± 0.091	3.566 ± 2.663	1.048
2 (38″-66″)	6.58 ± 0.41	2.475 ± 0.994	-	-	-	0.306 ± 0.125	-	1.387
3 (66″-94″)	6.29 ± 0.55	2.878 ± 1.224	-	-	-	0.226 ± 0.168	-	1.454
4 (94″-122″)	6.66 ± 0.76	3.262 ± 2.124	-	-	-	0.401 ± 0.333	-	1.532
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*vapec) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-80″)	8.25 ± 0.63	-	-	-	-	0.148 ± 0.122	-	1.291
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*vmekal) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-80″)	8.35 ± 0.75	-	-	-	-	0.172 ± 0.139	-	1.305

Çizelge 10 Abell 2552 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (`phabs*vapec`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-38″)	45	10.914	-	-	-	14.651
2 (38″-66″)	50	13.266	-	-	-	-
3 (66″-94″)	55	22.412	-	-	-	-
4 (94″-122″)	70	12.648	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (`phabs*vapec`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-80″)	75	-	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (`phabs*vmekal`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-38″)	45	5.878	-	-	-	13.438
2 (38″-66″)	50	8.085	-	-	-	-
3 (66″-94″)	55	12.687	-	-	-	-
4 (94″-122″)	70	8.117	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (`phabs*vmekal`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-80″)	75	-	-	-	-	-



Şekil 5 A2552 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 6 A2552 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller

Çizelge 11 A2552 kümesinin Chandra gözleminden tespit edilen nokta kaynaklar

Kaynak No	Sağ açıklık (α_{2000})	Dik açıklık (δ_{2000})
1	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 41.595^{s}$	$+3^{o}\ 35'46.20''$
2	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 41.326^{s}$	$+3^{o}\ 36'01.12''$
3	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 26.014^{s}$	$+3^{o}\ 37'12.14''$
4	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 16.834^{s}$	$+3^{o}\ 37'23.75''$
5	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 30.840^{s}$	$+3^{o}\ 38'02.11''$
6	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 26.270^{s}$	$+3^{o}\ 38'51.79''$
7	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 48.653^{s}$	$+3^{o}\ 38'56.58''$
8	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 24.274^{s}$	$+3^{o}\ 39'03.86''$
9	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 19.922^{s}$	$+3^{o}\ 39'06.44''$
10	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 32.513^{s}$	$+3^{o}\ 39'27.49''$
11	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 19.326^{s}$	$+3^{o}\ 40'24.80''$
12	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 12.963^{s}$	$+3^{o}\ 41'07.55''$
13	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 45.458^{s}$	$+3^{o}\ 42'01.26''$
14	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 26.815^{s}$	$+3^{o}\ 42'17.45''$
15	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 49.964^{s}$	$+3^{o}\ 44'19.02''$
16	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 19.866^{s}$	$+3^{o}\ 44'34.59''$
17	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 33.150^{s}$	$+3^{o}\ 31'34.82''$
18	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 39.548^{s}$	$+3^{o}\ 33'22.82''$
19	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 17.469^{s}$	$+3^{o}\ 34'53.75''$
20	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 56.796^{s}$	$+3^{o}\ 35'12.75''$
21	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 46.734^{s}$	$+3^{o}\ 36'43.31''$
22	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 21.899^{s}$	$+3^{o}\ 37'12.98''$
23	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 58.351^{s}$	$+3^{o}\ 37'47.60''$
24	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 55.191^{s}$	$+3^{o}\ 37'48.52''$
25	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 48.786^{s}$	$+3^{o}\ 37'50.01''$
26	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 58.068^{s}$	$+3^{o}\ 38'08.07''$
27	$23^{sa}\ 12^{dk}\ 21.194^{s}$	$+3^{o}\ 39'05.33''$
28	$23^{sa}\ 10^{dk}\ 59.580^{s}$	$+3^{o}\ 41'36.56''$
29	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 50.611^{s}$	$+3^{o}\ 41'39.16''$
30	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 44.567^{s}$	$+3^{o}\ 41'54.73''$
31	$23^{sa}\ 10^{dk}\ 54.721^{s}$	$+3^{o}\ 42'55.20''$
32	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 38.444^{s}$	$+3^{o}\ 43'11.71''$
33	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 41.657^{s}$	$+3^{o}\ 43'24.49''$
34	$23^{sa}\ 11^{dk}\ 22.301^{s}$	$+3^{o}\ 46'59.44''$

Çizelge 12 Abell 2009 kümesine uygulanan `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*apec`) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (`phabs*mekal`) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-26″)	4.93 ± 0.08	0.515 ± 0.033	1.015	4.89 ± 0.09	0.648 ± 0.042	1.038
2 (26″-42″)	6.06 ± 0.16	0.338 ± 0.041	0.997	6.04 ± 0.20	0.408 ± 0.051	1.008
3 (42″-58″)	6.01 ± 0.20	0.246 ± 0.046	1.049	5.93 ± 0.18	0.301 ± 0.057	1.054
4 (58″-74″)	5.78 ± 0.22	0.390 ± 0.059	0.857	5.71 ± 0.18	0.489 ± 0.076	0.864
5 (74″-90″)	6.40 ± 0.26	0.310 ± 0.073	1.118	6.28 ± 0.31	0.412 ± 0.091	1.101
6 (90″-106″)	6.60 ± 0.30	0.425 ± 0.097	0.986	6.52 ± 0.37	0.548 ± 0.122	0.978
7 (106″-122″)	6.47 ± 0.37	0.286 ± 0.115	0.981	6.44 ± 0.45	0.376 ± 0.146	0.984
8 (122″-138″)	6.75 ± 0.44	0.398 ± 0.155	0.927	6.71 ± 0.55	0.505 ± 0.194	0.915
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (`phabs*apec`) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (`phabs*mekal`) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-25″)	5.34 ± 0.21	0.437 ± 0.082	0.995	5.34 ± 0.24	0.535 ± 0.104	1.008
2 (25″-50″)	7.25 ± 0.53	0.361 ± 0.098	1.173	7.28 ± 0.43	0.419 ± 0.117	1.178
3 (50″-90″)	6.27 ± 0.41	0.224 ± 0.110	0.859	6.13 ± 0.49	0.266 ± 0.134	0.849

Çizelge 13 Abell 2009 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

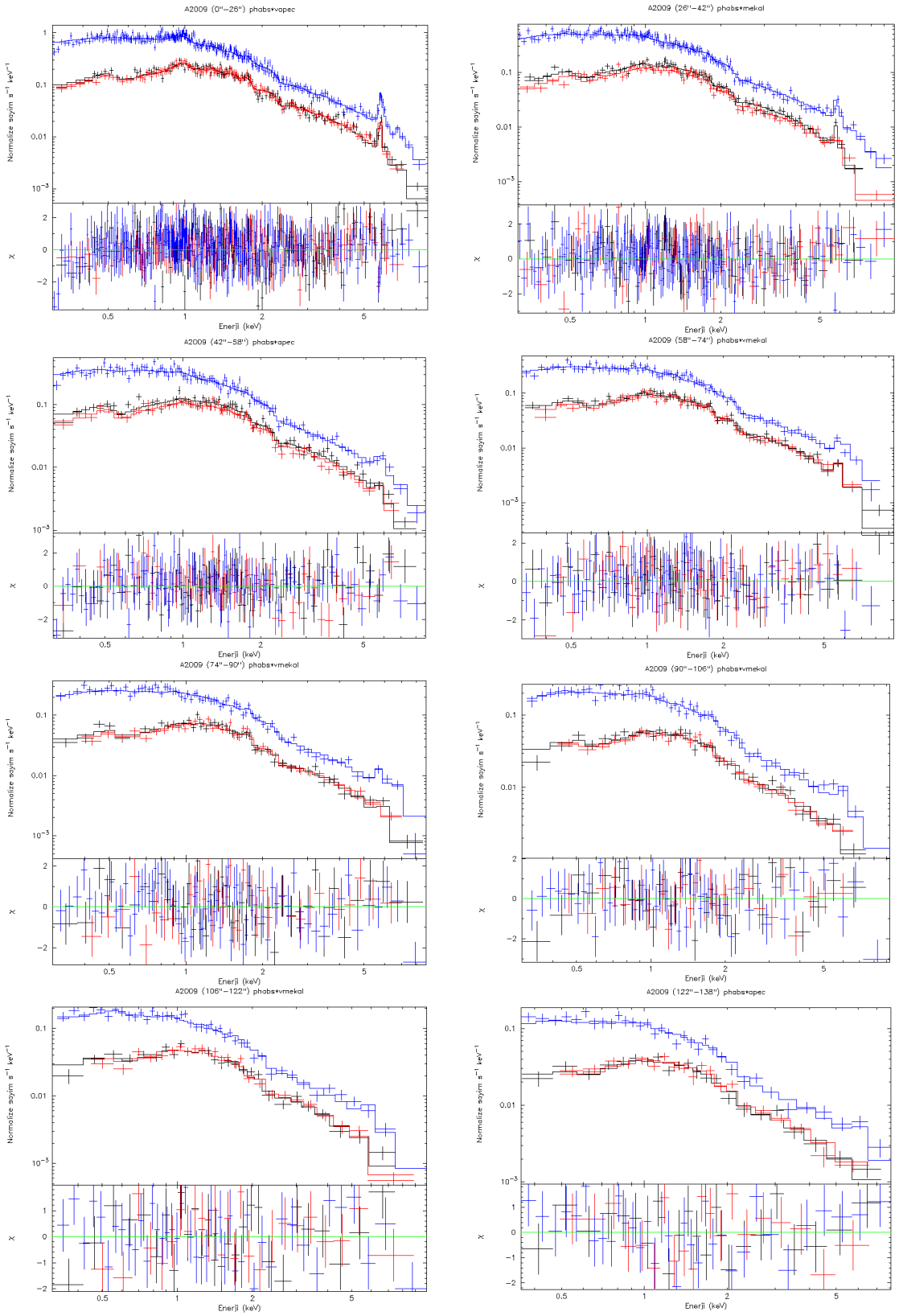
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-26″)	4.89 ± 0.08	0.846 ± 0.380	0.810 ± 0.374	0.497 ± 0.180	0.533 ± 0.287	0.533 ± 0.037	1.769 ± 0.800	1.012
2 (26″-42″)	5.91 ± 0.16	2.220 ± 0.682	1.733 ± 0.678	-	-	0.419 ± 0.050	4.243 ± 1.410	1.014
3 (42″-58″)	5.89 ± 0.21	2.034 ± 0.750	1.671 ± 0.737	-	-	0.316 ± 0.054	1.846 ± 1.669	1.095
4 (58″-74″)	5.64 ± 0.22	1.873 ± 0.815	2.444 ± 0.846	-	-	0.477 ± 0.070	3.902 ± 1.978	0.865
5 (74″-90″)	6.14 ± 0.25	1.407 ± 0.953	1.376 ± 0.976	1.195 ± 0.491	-	0.329 ± 0.083	7.473 ± 2.489	1.093
6 (90″-106″)	6.49 ± 0.31	1.796 ± 1.222	-	0.829 ± 0.594	1.262 ± 1.146	0.478 ± 0.111	-	1.002
7 (106″-122″)	6.35 ± 0.36	4.306 ± 1.927	1.943 ± 1.647	-	-	0.453 ± 0.153	-	0.988
8 (122″-138″)	6.66 ± 0.42	5.059 ± 2.488	-	-	-	0.601 ± 0.208	-	0.904
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-26″)	4.86 ± 0.10	0.629 ± 0.256	0.583 ± 0.382	0.572 ± 0.198	0.574 ± 0.324	0.647 ± 0.043	2.259 ± 0.841	1.034
2 (26″-42″)	5.86 ± 0.14	1.200 ± 0.403	1.423 ± 0.636	-	-	0.468 ± 0.055	4.318 ± 1.336	1.023
3 (42″-58″)	5.85 ± 0.17	1.054 ± 0.448	1.409 ± 0.695	-	-	0.355 ± 0.062	2.214 ± 1.601	1.104
4 (58″-74″)	5.63 ± 0.18	1.027 ± 0.495	2.104 ± 0.799	-	-	0.552 ± 0.082	4.094 ± 1.902	0.872
5 (74″-90″)	6.04 ± 0.32	0.845 ± 0.577	1.188 ± 0.927	1.355 ± 0.502	-	0.416 ± 0.097	7.573 ± 2.359	1.066
6 (90″-106″)	6.45 ± 0.39	1.027 ± 0.723	-	0.957 ± 0.597	1.374 ± 1.199	0.574 ± 0.128	-	1.000
7 (106″-122″)	6.43 ± 0.46	2.432 ± 1.048	1.751 ± 1.466	-	-	0.495 ± 0.169	-	0.997
8 (122″-138″)	6.69 ± 0.55	-	-	-	-	0.563 ± 0.194	-	0.925

Çizelge 13 (devam) Abell 2009 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

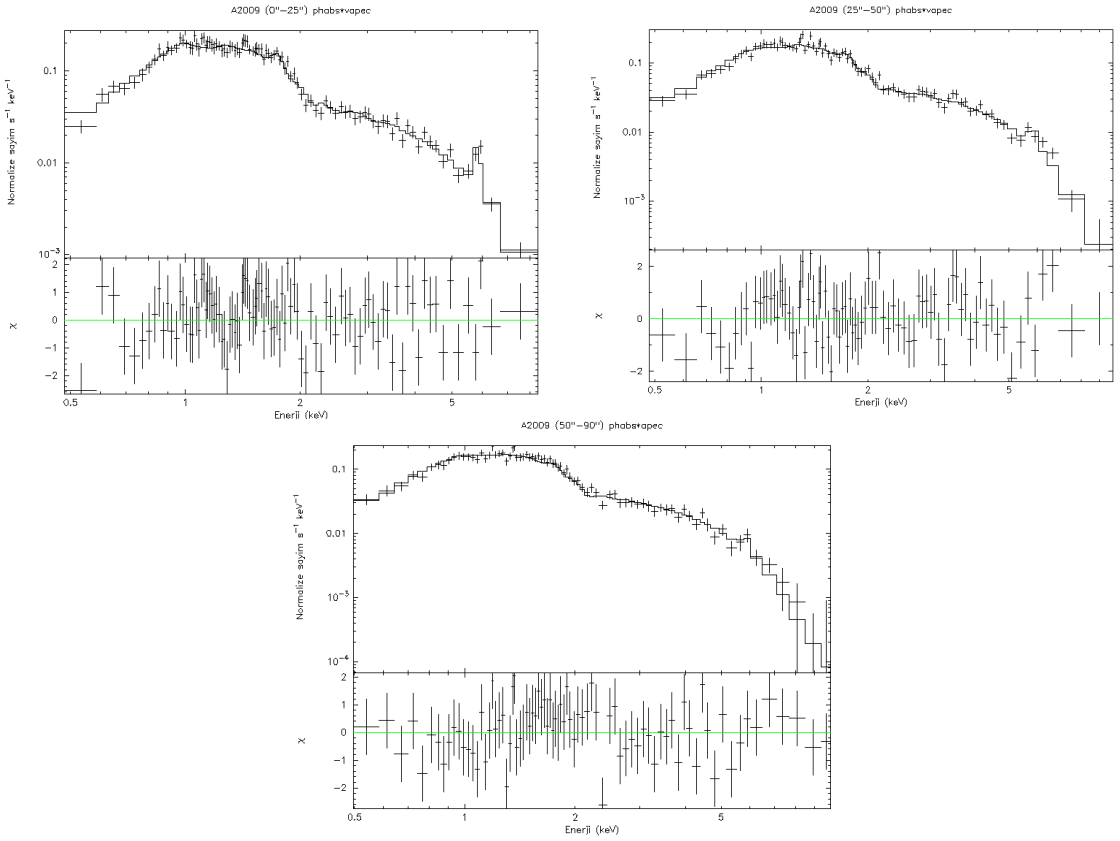
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-25″)	5.28 ± 0.21	-	-	1.576 ± 0.521	-	0.504 ± 0.085	-	1.000
2 (25″-50″)	7.16 ± 0.55	-	2.378 ± 1.649	1.070 ± 0.745	-	0.377 ± 0.102	-	1.154
3 (50″-90″)	6.12 ± 0.42	-	-	1.362 ± 0.612	-	0.255 ± 0.117	-	0.850
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-25″)	5.28 ± 0.24	-	-	1.804 ± 0.561	-	0.611 ± 0.106	-	1.006
2 (25″-50″)	7.27 ± 0.44	-	2.420 ± 1.562	1.067 ± 0.770	-	0.434 ± 0.122	-	1.176
3 (50″-90″)	6.03 ± 0.50	-	-	1.366 ± 0.640	-	0.300 ± 0.143	-	0.853

Çizelge 14 Abell 2009 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (`phabs*vapec`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-26″)	40	1.588	1.519	0.933	1.001	3.320
2 (26″-42″)	45	5.296	4.135	-	-	10.122
3 (42″-58″)	50	6.427	5.279	-	-	5.835
4 (58″-74″)	55	3.926	5.121	-	-	8.178
5 (74″-90″)	60	4.274	4.179	3.630	-	22.687
6 (90″-106″)	65	3.753	-	1.732	2.638	-
7 (106″-122″)	70	9.502	4.288	-	-	-
8 (122″-138″)	75	8.414	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (`phabs*vapec`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-25″)	40	-	-	3.121	-	-
2 (25″-50″)	45	-	6.306	2.838	-	-
3 (50″-90″)	50	-	-	5.322	-	-
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (`phabs*vmekal`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-26″)	40	0.971	0.901	0.884	0.887	3.489
2 (26″-42″)	45	2.563	3.037	-	-	9.217
3 (42″-58″)	50	2.962	3.959	-	-	6.222
4 (58″-74″)	55	1.860	3.810	-	-	7.415
5 (74″-90″)	60	2.029	2.853	3.253	-	18.181
6 (90″-106″)	65	1.788	-	1.665	2.392	-
7 (106″-122″)	70	4.911	3.536	-	-	-
8 (122″-138″)	75	-	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (`phabs*vmekal`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-25″)	40	-	-	2.950	-	-
2 (25″-50″)	45	-	5.569	2.455	-	-
3 (50″-90″)	50	-	-	4.552	-	-



Şekil 7 A2009 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 8 A2009 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller

Çizelge 15 A2009 kümesinin Chandra gözleminden tespit edilen nokta kaynaklar

Kaynak No	Sağ açıklık (α_{2000})	Dik açıklık (δ_{2000})
1	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 37.218^{s}$	+21°19′18.18″
2	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 27.132^{s}$	+21°19′41.76″
3	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 43.118^{s}$	+21°19′56.97″
4	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 22.899^{s}$	+21°20′34.86″
5	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 24.688^{s}$	+21°20′41.11″
6	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 16.639^{s}$	+21°21′35.14″
7	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 37.743^{s}$	+21°22′09.48″
8	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 08.629^{s}$	+21°22′52.13″
9	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 05.002^{s}$	+21°24′08.93″
10	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 38.892^{s}$	+21°24′15.95″
11	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 35.253^{s}$	+21°24′34.00″
12	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 20.298^{s}$	+21°24′44.30″
13	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 33.755^{s}$	+21°24′51.17″
14	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 24.101^{s}$	+21°25′33.70″
15	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 46.317^{s}$	+21°25′50.64″
16	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 29.354^{s}$	+21°26′11.71″
17	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 32.193^{s}$	+21°26′31.20″
18	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 19.413^{s}$	+21°28′27.72″
19	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 46.322^{s}$	+21°29′20.00″
20	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 33.842^{s}$	+21°16′23.82″
21	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 20.842^{s}$	+21°16′34.51″
22	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 20.145^{s}$	+21°16′34.75″
23	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 34.667^{s}$	+21°18′25.24″
24	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 31.920^{s}$	+21°18′45.38″
25	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 09.891^{s}$	+21°19′08.19″
26	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 54.779^{s}$	+21°20′49.22″
27	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 42.724^{s}$	+21°22′14.92″
28	$14^{sa}\ 59^{dk}\ 48.760^{s}$	+21°23′08.93″
29	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 41.023^{s}$	+21°24′18.89″
30	$15^{sa}\ 01^{dk}\ 08.739^{s}$	+21°24′31.24″
31	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 00.500^{s}$	+21°24′38.42″
32	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 29.956^{s}$	+21°25′25.75″
33	$14^{sa}\ 59^{dk}\ 59.004^{s}$	+21°25′48.52″
34	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 18.936^{s}$	+21°27′50.22″
35	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 26.857^{s}$	+21°28′09.94″
36	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 25.705^{s}$	+21°29′34.00″
37	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 35.618^{s}$	+21°30′27.75″
38	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 34.146^{s}$	+21°30′41.92″
39	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 38.556^{s}$	+21°30′42.53″
40	$15^{sa}\ 00^{dk}\ 44.778^{s}$	+21°32′06.03″

Çizelge 16 Abell 2657 kümesine uygulanan `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

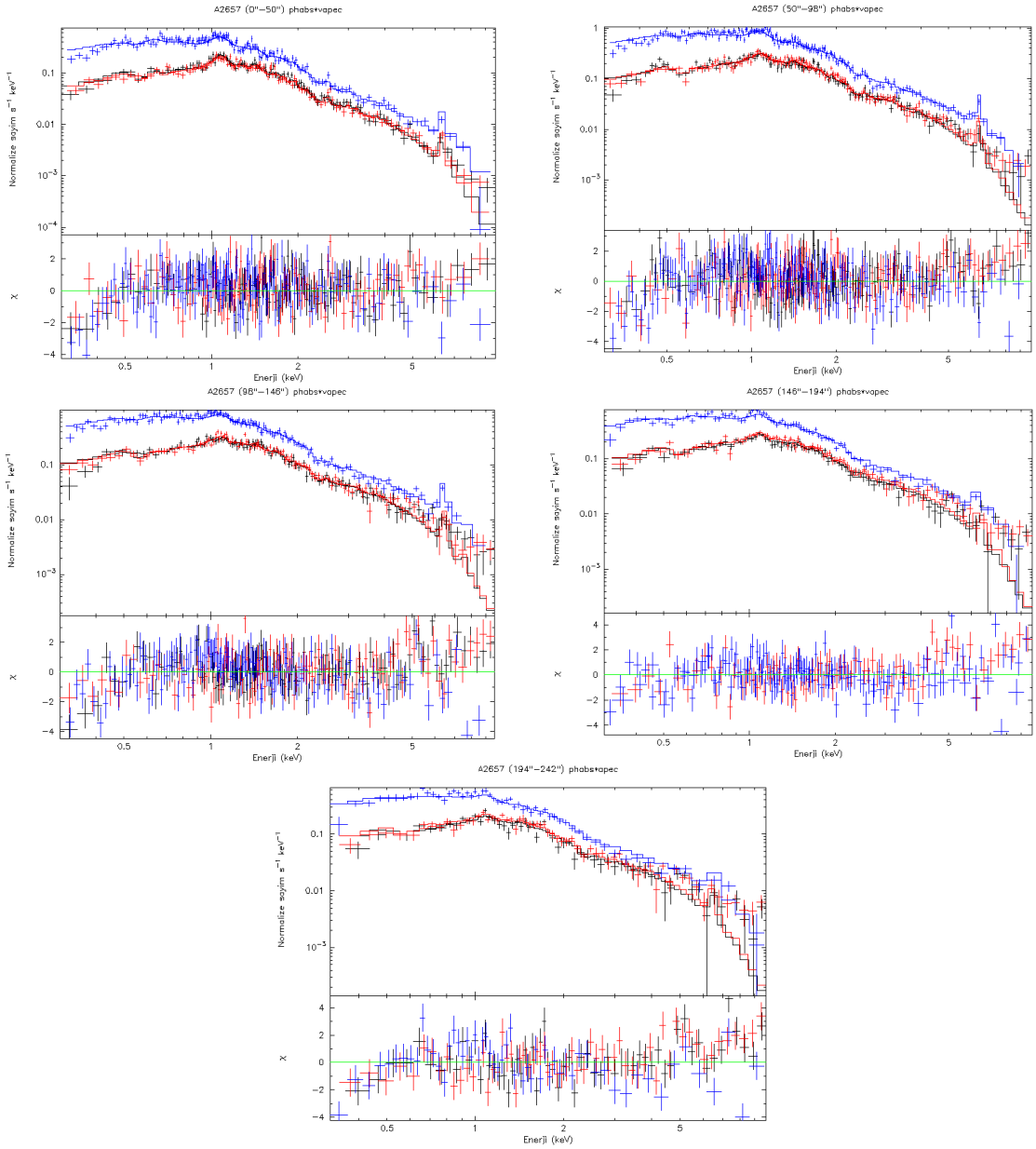
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**χ^2/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**χ^2/d.o.f.**
1 (0″-50″)	3.71 ± 0.07	0.567 ± 0.039	1.280	3.63 ± 0.06	0.688 ± 0.048	1.280
2 (50″-98″)	4.18 ± 0.06	0.496 ± 0.033	1.444	4.16 ± 0.07	0.592 ± 0.039	1.445
3 (98″-146″)	4.54 ± 0.11	0.517 ± 0.039	1.510	4.44 ± 0.08	0.608 ± 0.045	1.524
4 (146″-194″)	4.91 ± 0.14	0.537 ± 0.058	1.569	4.84 ± 0.17	0.622 ± 0.069	1.608
5 (194″-242″)	5.80 ± 0.29	0.544 ± 0.088	1.897	5.66 ± 0.232	0.633 ± 0.101	1.902
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**χ^2/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**χ^2/d.o.f.**
1 (0″-76″)	4.11 ± 0.15	0.592 ± 0.102	1.117	4.06 ± 0.17	0.712 ± 0.121	1.114
2 (76″-138″)	4.31 ± 0.22	0.498 ± 0.128	1.048	4.31 ± 0.22	0.579 ± 0.154	1.065
3 (138″-195″)	4.65 ± 0.33	0.668 ± 0.178	1.168	4.55 ± 0.25	0.785 ± 0.215	1.192

Çizelge 17 Abell 2657 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

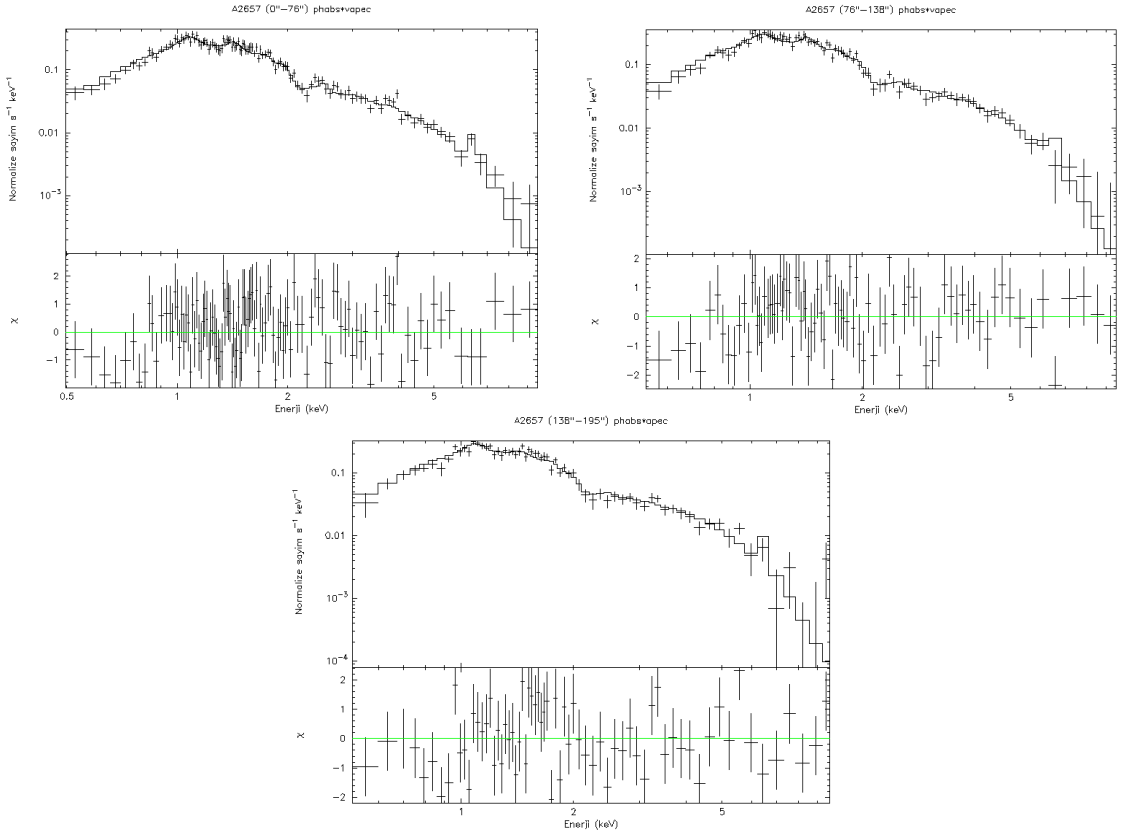
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*vapec) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-50″)	3.65 ± 0.07	1.515 ± 0.366	1.538 ± 0.375	0.893 ± 0.196	1.078 ± 0.266	0.624 ± 0.049	3.804 ± 0.882	1.226
2 (50″-98″)	4.13 ± 0.07	0.914 ± 0.286	1.029 ± 0.322	0.840 ± 0.178	0.508 ± 0.235	0.509 ± 0.037	0.936 ± 0.766	1.430
3 (98″-146″)	4.50 ± 0.12	1.023 ± 0.353	1.184 ± 0.400	0.492 ± 0.213	0.415 ± 0.286	0.553 ± 0.044	3.880 ± 1.060	1.486
4 (146″-194″)	4.87 ± 0.15	1.298 ± 0.492	-	0.690 ± 0.306	-	0.618 ± 0.068	3.052 ± 1.473	1.603
5 (194″-242″)	5.74 ± 0.30	2.112 ± 0.836	-	-	-	0.650 ± 0.104	-	1.906
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (phabs*vmekal) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-50″)	3.60 ± 0.06	0.964 ± 0.220	1.090 ± 0.343	0.968 ± 0.197	1.132 ± 0.273	0.723 ± 0.053	3.974 ± 0.908	1.257
2 (50″-98″)	4.14 ± 0.08	0.547 ± 0.172	0.745 ± 0.296	0.885 ± 0.178	0.545 ± 0.243	0.538 ± 0.041	1.032 ± 0.780	1.447
3 (98″-146″)	4.42 ± 0.09	0.623 ± 0.204	0.845 ± 0.354	0.546 ± 0.205	0.520 ± 0.287	0.627 ± 0.048	3.883 ± 0.994	1.507
4 (146″-194″)	4.82 ± 0.17	0.723 ± 0.281	-	0.706 ± 0.296	-	0.696 ± 0.074	2.665 ± 1.384	1.650
5 (194″-242″)	5.66 ± 0.23	1.136 ± 0.438	-	-	-	0.701 ± 0.105	-	1.923
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*vapec) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-76″)	4.02 ± 0.16	-	2.538 ± 0.847	1.526 ± 0.484	1.625 ± 0.635	0.649 ± 0.107	0.107 ± 1.941	1.062
2 (76″-138″)	4.24 ± 0.29	-	2.580 ± 0.972	1.524 ± 0.557	-	0.585 ± 0.136	-	1.020
3 (138″-195″)	4.65 ± 0.35	-	1.446 ± 1.095	1.116 ± 0.678	-	0.765 ± 0.180	-	1.215
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*vmekal) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-76″)	3.98 ± 0.18	-	2.116 ± 0.794	1.715 ± 0.501	1.953 ± 0.664	0.792 ± 0.126	3.365 ± 2.090	1.077
2 (76″-138″)	4.29 ± 0.23	-	2.207 ± 0.904	1.586 ± 0.570	-	0.692 ± 0.161	-	1.066
3 (138″-195″)	4.56 ± 0.25	-	-	1.264 ± 0.670	-	0.899 ± 0.207	-	1.217

Çizelge 18 Abell 2657 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (`phabs*vapec`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-50″)	50	2.426	2.462	1.429	1.726	6.089
2 (50″-98″)	70	1.794	2.021	1.650	0.998	1.838
3 (98″-146″)	100	1.849	2.140	0.888	0.750	7.010
4 (146″-194″)	150	2.098	-	1.115	-	4.932
5 (194″-242″)	200	3.247	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (`phabs*vapec`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-76″)	40	-	3.905	2.348	2.500	0.165
2 (76″-138″)	55	-	4.405	2.603	-	-
3 (138″-195″)	70	-	1.888	1.458	-	-
Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**Gruplama (`phabs*vmekal`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-50″)	50	1.332	1.507	1.339	1.565	5.494
2 (50″-98″)	70	0.937	1.276	1.517	0.935	1.768
3 (98″-146″)	100	0.993	1.348	0.870	0.829	6.192
4 (146″-194″)	150	1.038	-	1.013	-	3.824
5 (194″-242″)	200	1.619	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**Gruplama (`phabs*vmekal`)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-76″)	40	-	3.905	2.348	2.500	0.165
2 (76″-138″)	55	-	4.405	2.603	-	-
3 (138″-195″)	70	-	1.888	1.458	-	-



Şekil 9 A2657 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 10 A2657 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller

Çizelge 19 A2657 kümesinin Chandra gözleminden tespit edilen nokta kaynaklar

Kaynak No	Sağ açıklık (α_{2000})	Dik açıklık (δ_{2000})
1	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 46.349^{s}$	+9°05′38.28″
2	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 39.474^{s}$	+9°08′37.78″
3	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 09.277^{s}$	+9°10′39.73″
4	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 47.354^{s}$	+9°11′07.82″
5	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 54.955^{s}$	+9°11′12.02″
6	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 03.764^{s}$	+9°11′34.68″
7	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 49.844^{s}$	+9°11′40.97″
9	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 06.427^{s}$	+9°12′32.75″
10	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 09.263^{s}$	+9°15′08.92″
11	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 55.054^{s}$	+9°15′13.16″
12	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 59.814^{s}$	+9°15′33.36″
13	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 08.956^{s}$	+9°15′51.39″
14	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 18.833^{s}$	+9°16′19.88″
15	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 46.985^{s}$	+9°18′23.41″
16	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 31.030^{s}$	+9°09′05.63″
17	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 18.883^{s}$	+9°10′52.05″
18	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 13.086^{s}$	+9°12′06.08″
19	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 32.639^{s}$	+9°12′31.41″
20	$23^{sa}\ 43^{dk}\ 37.170^{s}$	+9°13′04.26″
21	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 27.388^{s}$	+9°13′45.17″
22	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 13.377^{s}$	+9°13′57.87″
23	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 26.935^{s}$	+9°14′10.46″
24	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 17.265^{s}$	+9°15′50.19″
25	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 19.514^{s}$	+9°16′01.45″
26	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 13.602^{s}$	+9°16′32.64″
27	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 12.330^{s}$	+9°18′16.34″
28	$23^{sa}\ 44^{dk}\ 50.679^{s}$	+9°19′17.23″
29	$23^{sa}\ 45^{dk}\ 09.066^{s}$	+9°20′40.24″

Çizelge 20 Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*apec`) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (`phabs*mekal`) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-20″)	*	*	*	*	*	*
2 (20″-42″)	6.29 ± 0.05	0.276 ± 0.013	1.111	6.30 ± 0.06	0.314 ± 0.015	1.119
3 (42″-64″)	6.65 ± 0.05	0.259 ± 0.013	1.109	6.73 ± 0.06	0.298 ± 0.015	1.105
4 (64″-86″)	6.93 ± 0.08	0.288 ± 0.013	1.150	6.97 ± 0.07	0.259 ± 0.015	1.150
5 (86″-108″)	7.10 ± 0.08	0.210 ± 0.013	1.135	7.12 ± 0.07	0.237 ± 0.015	1.137
6 (108″-130″)	7.15 ± 0.09	0.260 ± 0.015	1.153	7.15 ± 0.07	0.292 ± 0.017	1.154
7 (130″-152″)	7.17 ± 0.09	0.206 ± 0.015	1.230	7.15 ± 0.08	0.234 ± 0.016	1.229
8 (152″-174″)	7.28 ± 0.10	0.243 ± 0.017	1.143	7.24 ± 0.08	0.277 ± 0.019	1.141
9 (174″-196″)	7.40 ± 0.12	0.230 ± 0.019	1.196	7.34 ± 0.10	0.257 ± 0.022	1.197
10 (196″-218″)	7.49 ± 0.13	0.243 ± 0.022	1.157	7.42 ± 0.11	0.276 ± 0.025	1.155
11 (218″-240″)	8.24 ± 0.15	0.207 ± 0.026	1.178	8.32 ± 0.18	0.226 ± 0.028	1.181
12 (240″-262″)	8.10 ± 0.16	0.188 ± 0.027	1.175	8.17 ± 0.19	0.206 ± 0.030	1.180
13 (262″-284″)	8.18 ± 0.17	0.241 ± 0.031	1.063	8.29 ± 0.21	0.264 ± 0.034	1.062
14 (284″-306″)	8.03 ± 0.18	0.236 ± 0.033	1.222	8.09 ± 0.22	0.257 ± 0.037	1.224

Çizelge 20 (devam) Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-20″)	5.95 ± 0.22	0.373 ± 0.061	1.078	5.86 ± 0.18	0.420 ± 0.070	1.100
2 (20″-42″)	7.75 ± 0.23	0.330 ± 0.046	0.976	7.69 ± 0.28	0.355 ± 0.050	0.981
3 (42″-64″)	7.86 ± 0.22	0.373 ± 0.047	1.182	7.84 ± 0.27	0.401 ± 0.051	1.191
4 (64″-86″)	8.51 ± 0.23	0.325 ± 0.049	0.986	8.58 ± 0.28	0.348 ±0.054	1.000
5 (86″-108″)	8.25 ± 0.23	0.323 ± 0.049	0.969	8.30 ± 0.28	0.340 ± 0.054	0.986
6 (108″-130″)	8.96 ± 0.38	0.403 ± 0.058	1.163	8.98 ± 0.30	0.423 ± 0.063	1.174
7 (130″-152″)	9.24 ± 0.40	0.279 ± 0.060	1.187	9.28 ± 0.32	0.282 ± 0.065	1.204
8 (152″-174″)	9.20 ± 0.43	0.340 ± 0.067	1.078	9.20 ± 0.34	0.346 ± 0.072	1.093
9 (174″-196″)	8.65 ± 0.39	0.491 ± 0.080	1.060	8.78 ± 0.37	0.509 ± 0.087	1.075
10 (196″-218″)	11.27 ± 0.97	0.246 ± 0.101	1.165	11.37 ± 0.69	0.230 ± 0.106	1.168
11 (218″-240″)	11.29 ± 1.14	0.290 ± 0.135	0.995	11.47 ± 0.80	0.282 ± 0.145	1.169
12 (240″-262″)	-	-	-	-	-	-
13 (262″-284″)	-	-	-	-	-	-
14 (284″-306″)	-	-	-	-	-	-

* Xspec Error: No variable parameters for fit

Çizelge 21 Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-20″)	*	*	*	*	*	*	*	*
2 (20″-42″)	6.19 ± 0.05	1.810 ± 0.237	1.138 ± 0.249	-	-	0.335 ± 0.015	2.050 ± 0.392	1.179
3 (42″-64″)	6.54 ± 0.05	2.613 ± 0.269	1.261 ± 0.273	-	-	0.321 ± 0.016	2.114 ± 0.400	1.129
4 (64″-86″)	6.78 ± 0.06	1.954 ± 0.263	1.198 ± 0.278	-	-	0.279 ± 0.016	1.259 ± 0.394	1.218
5 (86″-108″)	6.96 ± 0.09	1.604 ± 0.259	0.907 ± 0.281	-	-	0.249 ± 0.015	1.617 ± 0.410	1.205
6 (108″-130″)	7.00 ± 0.09	1.972 ± 0.285	1.001 ± 0.299	-	-	0.312 ± 0.017	1.617 ± 0.431	1.208
7 (130″-152″)	7.04 ± 0.10	2.100 ± 0.302	1.434 ± 0.322	-	-	0.253 ± 0.017	1.428 ± 0.459	1.290
8 (152″-174″)	7.15 ± 0.11	2.089 ± 0.334	0.879 ± 0.344	-	-	0.293 ± 0.020	1.165 ± 0.515	1.187
9 (174″-196″)	7.27 ± 0.12	2.289 ± 0.392	1.331 ± 0.402	-	-	0.281 ± 0.023	1.499 ± 0.613	1.234
10 (196″-218″)	7.37 ± 0.14	2.603 ± 0.455	1.566 ± 0.463	-	-	0.297 ± 0.027	0.863 ± 0.689	1.170
11 (218″-240″)	8.13 ± 0.15	0.893 ± 0.453	1.691 ± 0.524	-	0.378 ± 0.228	0.226 ± 0.028	-	1.193
12 (240″-262″)	8.02 ± 0.17	2.210 ± 0.541	1.410 ± 0.571	-	-	0.239 ± 0.032	1.198 ± 0.932	1.220
13 (262″-284″)	8.08 ± 0.18	1.436 ± 0.528	-	-	-	0.284 ± 0.035	1.390 ± 1.033	1.100
14 (284″-306″)	7.94 ± 0.19	2.298 ± 0.609	-	-	-	0.300 ± 0.039	-	1.275

Çizelge 21 (devam) Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (XMM-Newton)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-20″)	*	*	*	*	*	*	*	*
2 (20″-42″)	6.24 ± 0.07	0.969 ± 0.133	0.820 ± 0.261	-	-	0.355 ± 0.016	2.072 ± 0.362	1.179
3 (42″-64″)	6.66 ± 0.07	-	0.899 ± 0.227	-	-	0.326 ± 0.016	2.042 ± 0.356	1.130
4 (64″-86″)	6.93 ± 0.07	1.055 ± 0.142	0.952 ± 0.240	-	-	0.293 ± 0.017	1.489 ± 0.365	1.211
5 (86″-108″)	7.07 ± 0.07	0.859 ± 0.140	0.747 ± 0.242	-	-	0.266 ± 0.016	1.760 ± 0.380	1.197
6 (108″-130″)	7.10 ± 0.07	1.067 ± 0.151	0.789 ± 0.255	-	-	0.329 ± 0.018	1.745 ± 0.396	1.205
7 (130″-152″)	7.12 ± 0.08	1.077 ± 0.158	1.140 ± 0.270	-	-	0.266 ± 0.018	1.506 ± 0.417	1.283
8 (152″-174″)	7.21 ± 0.09	1.128 ± 0.176	0.685 ± 0.291	-	-	0.310 ± 0.021	1.343 ± 0.465	1.178
9 (174″-196″)	7.32 ± 0.10	1.168 ± 0.203	1.069 ± 0.337	-	-	0.289 ± 0.024	1.655 ± 0.549	1.233
10 (196″-218″)	7.41 ± 0.11	1.390 ± 0.235	1.265 ± 0.385	-	-	0.305 ± 0.028	1.132 ± 0.609	1.166
11 (218″-240″)	8.27 ± 0.18	0.521 ± 0.243	1.366 ± 0.438	0.517 ± 0.240	-	0.240 ± 0.030	0.770 ± 0.707	1.198
12 (240″-262″)	8.19 ± 0.20	1.114 ± 0.275	1.030 ± 0.465	-	-	0.239 ± 0.033	1.297 ± 0.809	1.223
13 (262″-284″)	8.26 ± 0.21	0.716 ± 0.278	-	-	-	0.296 ± 0.037	1.490 ± 0.914	1.097
14 (284″-306″)	8.13 ± 0.23	1.221 ± 0.316	-	-	-	0.304 ± 0.041	-	1.277

Çizelge 21 (devam) Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre Tayf No (Chandra)	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-20″)	5.85 ± 0.22	-	2.924 ± 0.874	0.654 ± 0.347	-	0.436 ± 0.066	5.749 ± 2.199	1.044
2 (20″-42″)	7.65 ±0.24	-	2.428 ± 0.775	-	0.877 ± 0.544	0.374 ± 0.049	3.009 ± 1.532	0.991
3 (42″-64″)	7.74 ± 0.24	1.587 ± 0.160	3.725 ± 0.883	1.208 ± 0.345	1.075 ± 0.568	0.412 ± 0.057	2.998 ± 1.615	1.129
4 (64″-86″)	8.45 ± 0.23	-	2.040 ± 0.858	0.517 ± 0.348	-	0.362 ± 0.052	-	1.006
5 (86″-108″)	8.18 ± 0.24	-	2.185 ± 0.828	-	-	0.382 ± 0.053	2.765 ± 1.778	1.017
6 (108″-130″)	8.75 ± 0.40	-	1.457 ± 0.975	-	1.397 ± 0.718	0.449 ±0.060	4.417 ± 2.143	1.192
7 (130″-152″)	9.29 ± 0.42	-	3.347 ± 1.111	-	-	0.346 ± 0.066	-	1.227
8 (152″-174″)	9.00 ± 0.45	-	3.001 ± 1.203	-	1.041 ± 0.833	0.385 ± 0.071	7.580 ± 3.097	1.066
9 (174″-196″)	8.84 ± 0.49	-	5.767 ± 1.436	-	0.753 ± 0.530	0.572 ± 0.087	-	1.008
10 (196″-218″)	11.19 ± 1.00	-	2.391 ± 1.526	0.905 ± 0.646	-	0.261 ± 0.109	-	1.175
11 (218″-240″)	11.30 ± 1.18	-	11.665 ± 3.155	5.500 ± 1.893	-	0.366 ± 0.159	-	1.157
12 (240″-262″)	-	-	-	-	-	-	-	-
13 (262″-284″)	-	-	-	-	-	-	-	-
14 (284″-306″)	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 21 (devam) Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (Chandra)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-20″)	5.79 ± 0.18	-	2.569 ± 0.812	0.853 ± 0.403	-	0.491 ± 0.075	6.702 ± 2.167	1.067
2 (20″-42″)	7.65 ± 0.28	-	2.043 ± 0.664	-	0.855 ± 0.555	0.401 ± 0.053	3.461 ± 1.412	1.000
3 (42″-64″)	7.82 ± 0.28	0.847 ± 0.616	3.012 ± 0.706	1.365 ± 0.368	1.017 ± 0.561	0.427 ± 0.056	3.325 ± 1.434	1.151
4 (64″-86″)	8.57 ± 0.28	-	1.661 ± 0.706	0.681 ± 0.379	-	0.389 ± 0.057	-	1.032
5 (86″-108″)	8.28 ± 0.29	-	1.764 ± 0.690	-	-	0.404 ± 0.057	3.431 ± 1.626	1.039
6 (108″-130″)	8.87 ± 0.30	-	0.961 ± 0.784	-	1.341 ± 0.701	0.477 ± 0.064	4.773 ± 1.902	1.205
7 (130″-152″)	9.35 ± 0.33	-	2.636 ± 0.884	-	-	0.353 ± 0.070	-	1.258
8 (152″-174″)	9.15 ± 0.34	-	2.292 ± 0.958	-	-	0.402 ± 0.076	7.623 ± 2.717	1.089
9 (174″-196″)	8.93 ± 0.37	-	4.573 ± 1.125	0.979 ± 0.565	-	0.601 ± 0.093	-	1.048
10 (196″-218″)	11.39 ± 0.70	-	1.506 ± 1.135	1.038 ± 0.638	-	0.250 ± 0.115	-	1.193
11 (218″-240″)	11.56 ± 0.85	-	8.548 ± 2.155	-	4.826 ± 1.730	0.347 ± 0.165	-	1.031
12 (240″-262″)	-	-	-	-	-	-	-	-
13 (262″-284″)	-	-	-	-	-	-	-	-
14 (284″-306″)	-	-	-	-	-	-	-	-

* Xspec Error: No variable parameters for fit

Çizelge 22 Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

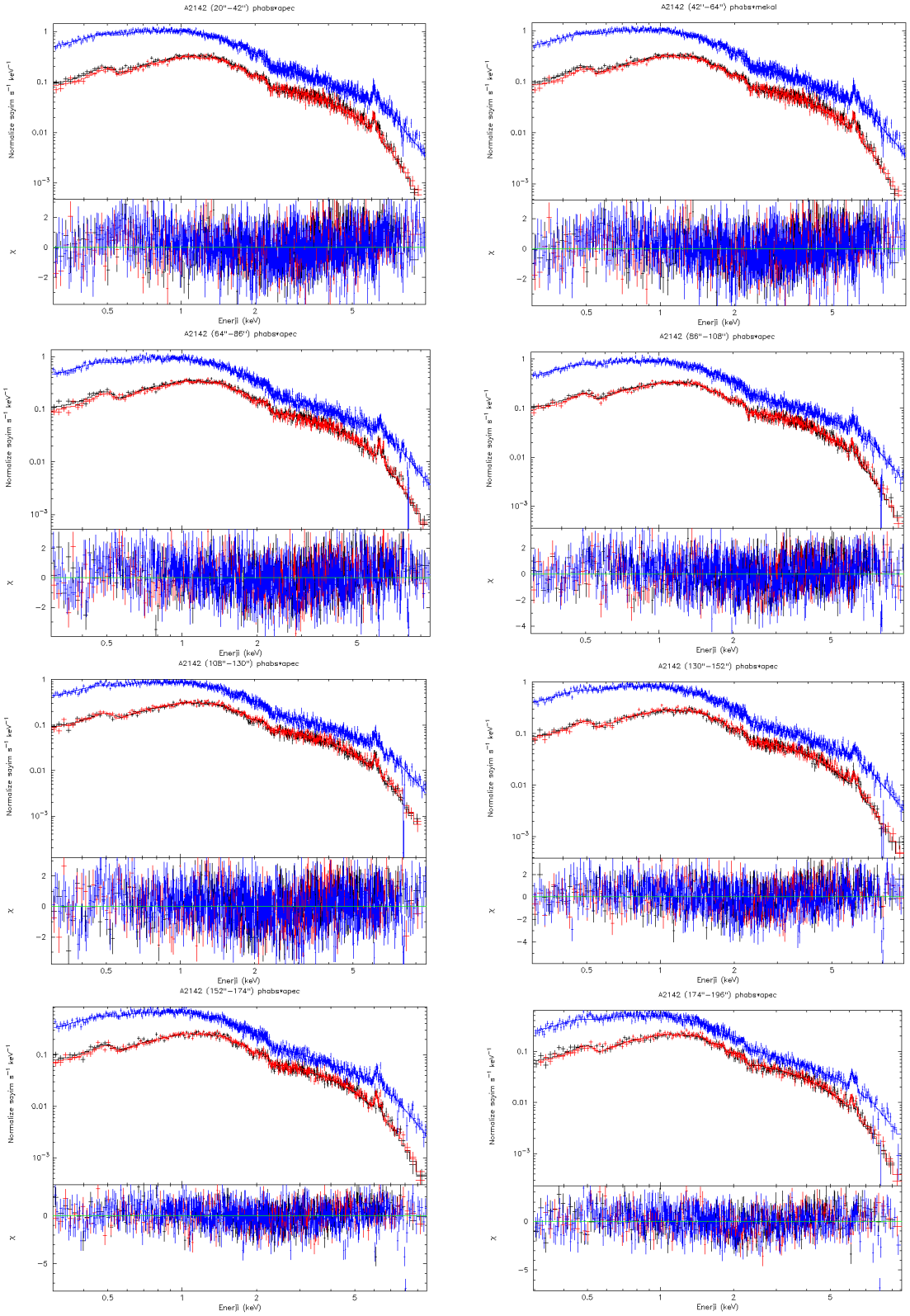
Parametre / Tayf No (XMM-Newton)	Gruplama (`phabs*vapec`)	O/Fe	Mg/Fe	Si/Fe	S/Fe	Ni/Fe
1 (0″-20″)	30	-	-	-	-	-
2 (20″-42″)	30	5.397	3.393	-	-	6.115324
3 (42″-64″)	30	8.116	3.919	-	-	6.567274
4 (64″-86″)	35	7.000	4.293	-	-	4.509855
5 (86″-108″)	35	6.418	3.630	-	-	6.471862
6 (108″-130″)	35	6.311	3.205	-	-	5.177122
7 (130″-152″)	40	8.280	5.653	-	-	5.631483
8 (152″-174″)	40	7.128	2.999	-	-	3.976003
9 (174″-196″)	45	8.127	4.727	-	-	5.322912
10 (196″-218″)	50	8.737	5.258	-	-	2.899723
11 (218″-240″)	50	3.939	7.453	-	1.669186	-
12 (240″-262″)	55	9.246	5.898	-	-	5.01263
13 (262″-284″)	55	5.047	-	-	-	4.886441
14 (284″-306″)	80	7.648	-	-	-	-

Çizelge 22 (devam) Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının elementine göre bollukları

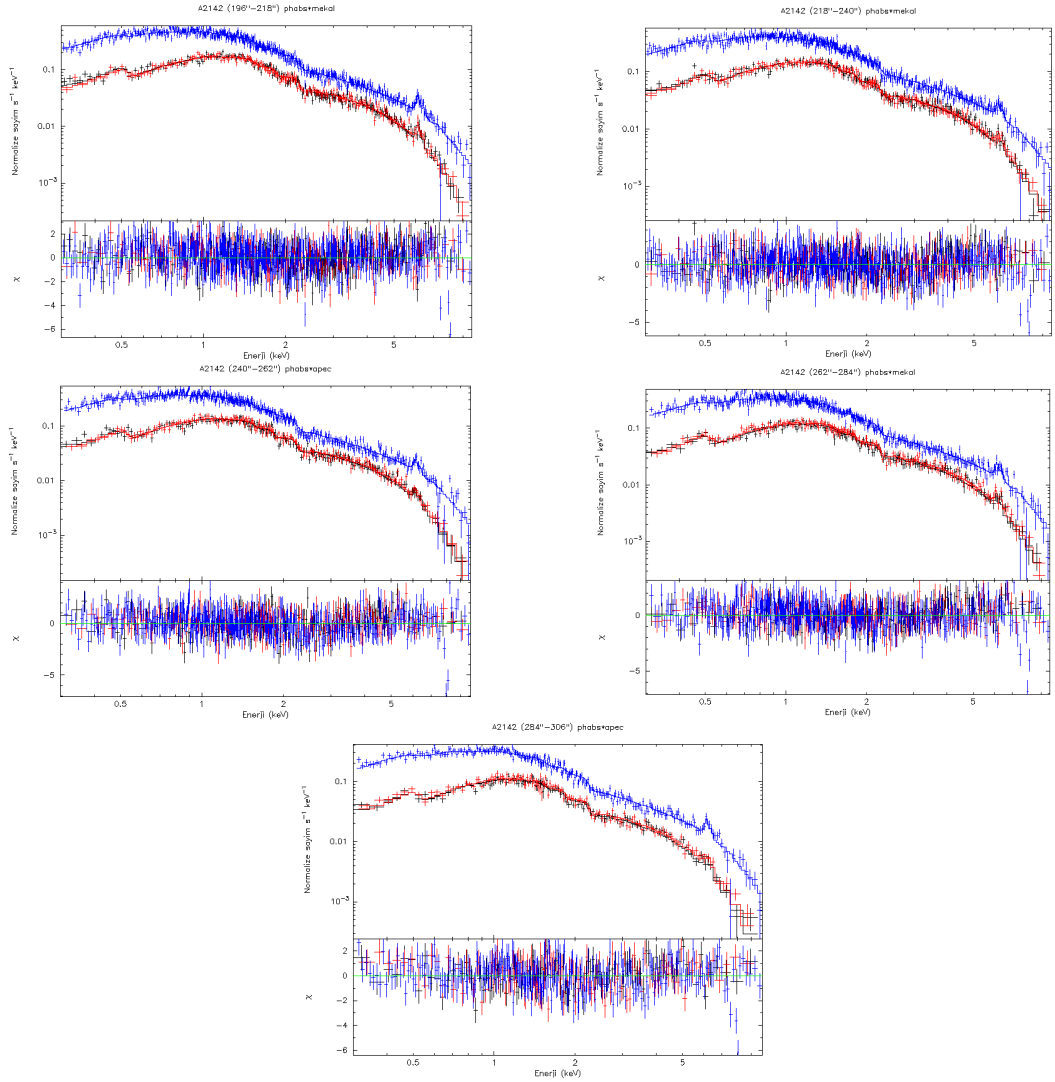
Parametre / Tayf No (Chandra)	Gruplama (`phabs*vapec`)	O/Fe	Mg/Fe	Si/Fe	S/Fe	Ni/Fe
1 (0″-20″)	35	-	6.694209	1.497668	-	13.15949
2 (20″-42″)	35	-	6.485617	-	2.344444	8.035699
3 (42″-64″)	35	3.846465	9.029804	2.928742	2.607193	7.268448
4 (64″-86″)	40	-	5.630004	1.426612	-	-
5 (86″-108″)	45	-	5.713176	-	-	7.229652
6 (108″-130″)	50	-	3.240785	-	3.108089	9.825089
7 (130″-152″)	55	-	9.665885	-	-	-
8 (152″-174″)	60	-	7.794403	-	2.704426	19.68377
9 (174″-196″)	65	-	10.07601	-	1.317213	-
10 (196″-218″)	70	-	9.139584	3.462236	-	-
11 (218″-240″)	75	-	31.81832	15.01664	-	-
12 (240″-262″)	-	-	-	-	-	-
13 (262″-284″)	-	-	-	-	-	-
14 (284″-306″)	-	-	-	-	-	-
Parametre / Tayf No (XMM-Newton)	**Gruplama (phabs*vmekal)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (0″-20″)	30	-	-	-	-	-
2 (20″-42″)	30	2.730813	2.309858	-	-	5.835739
3 (42″-64″)	30	-	2.755594	-	-	6.256444
4 (64″-86″)	35	3.597633	3.247774	-	-	5.076925
5 (86″-108″)	35	3.225342	2.805369	-	-	6.607618
6 (108″-130″)	35	3.236716	2.394242	-	-	5.291201
7 (130″-152″)	40	4.049515	4.288297	-	-	5.663969
8 (152″-174″)	40	3.639225	2.210604	-	-	4.33339
9 (174″-196″)	45	4.033113	3.691767	-	-	5.715815
10 (196″-218″)	50	4.556103	4.14511	-	-	3.711155
11 (218″-240″)	50	2.169855	5.690393	0.517182	-	3.206652
12 (240″-262″)	55	4.643975	4.295221	-	-	5.407532
13 (262″-284″)	55	2.413286	-	-	-	5.019987
14 (284″-306″)	80	4.018265	-	-	-	-

Çizelge 22 (devam) Abell 2142 kümesine uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının elementine göre bollukları

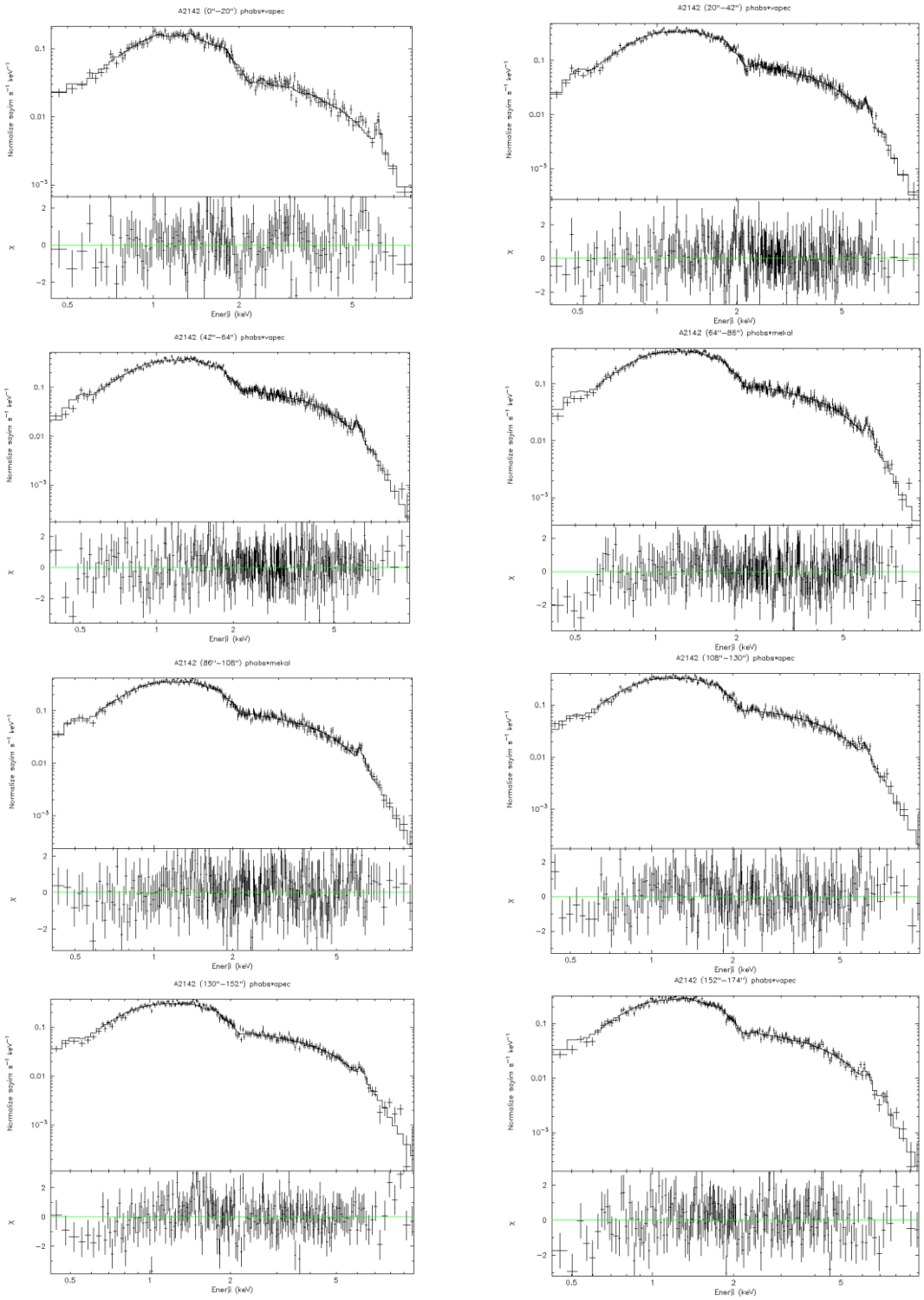
Parametre / Tayf No (Chandra)	Gruplama (phabs*vmekal)	O/Fe	Mg/Fe	Si/Fe	S/Fe	Ni/Fe
1 (0″-20″)	35	-	5.223346	1.73461	-	13.62739
2 (20″-42″)	35	-	5.092307	-	2.132725	8.626026
3 (42″-64″)	35	1.983102	7.04774	3.194708	2.381326	7.78129
4 (64″-86″)	40	-	4.265682	1.749976	-	-
5 (86″-108″)	45	-	4.357992	-	-	8.476488
6 (108″-130″)	50	-	2.015045	-	2.811644	10.0057
7 (130″-152″)	55	-	7.458622	-	-	-
8 (152″-174″)	60	-	5.688707	-	-	18.91963
9 (174″-196″)	65	-	7.599154	1.626761	-	-
10 (196″-218″)	70	-	6.00353	4.136572	-	-
11 (218″-240″)	75	-	24.57568	-	13.874	-
12 (240″-262″)	-	-	-	-	-	-
13 (262″-284″)	-	-	-	-	-	-
14 (284″-306″)	-	-	-	-	-	-



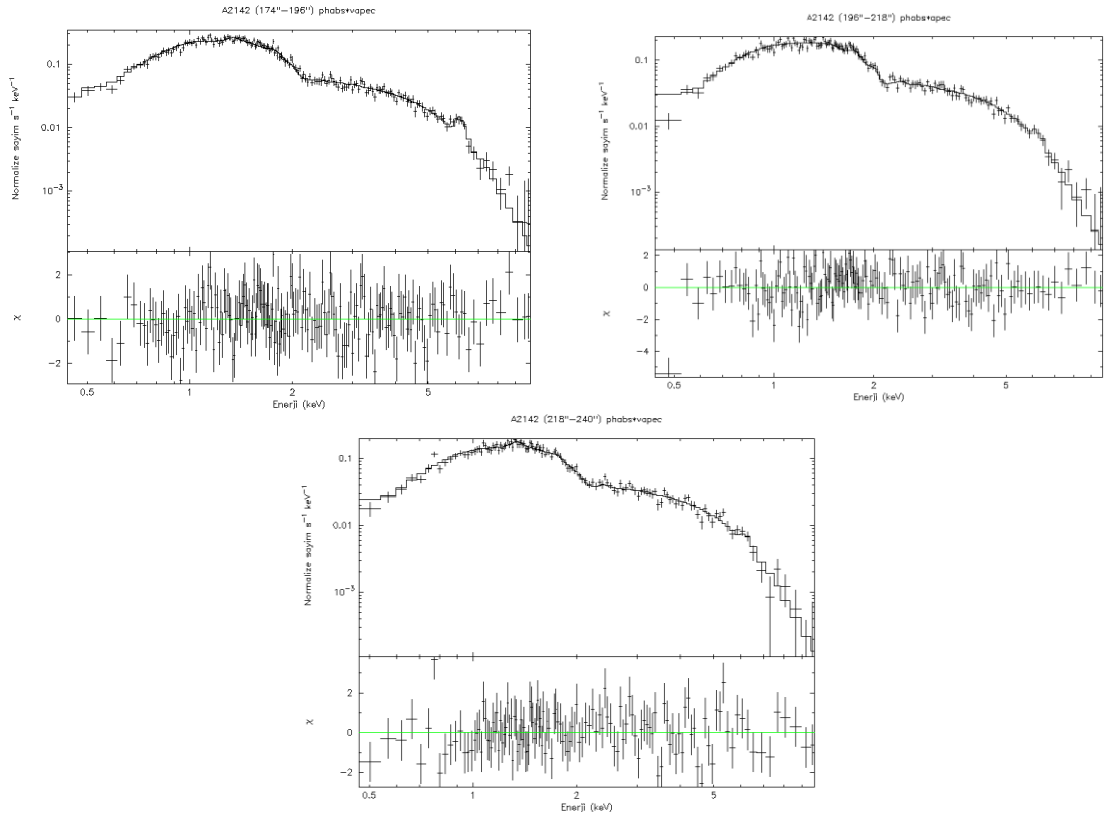
Şekil 11 A2142 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 11 (devam) A2142 kümesinde seçilen dilimlerin XMM-Newton uydusuna ait gözlemlerden (üstte PN, altta MOS1-2) elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 12 A2142 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 12 (devam) A2142 kümesinde seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller

Çizelge 23 Abell 2142 kümesindeki kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgeleri yönünde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*apec` ve `phabs*mekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (Chandra - Kuzeybatı)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (0″-20″)	6.01 ± 0.22	0.367 ± 0.060	0.979	5.90 ± 0.19	0.411 ± 0.069	0.998
2 (20″-42″)	8.36 ± 0.49	0.262 ± 0.098	0.851	8.39 ± 0.59	0.290 ± 0.106	0.848
3 (42″-64″)	7.95 ± 0.40	0.493 ± 0.102	1.151	7.90 ± 0.49	0.537 ± 0.111	1.152
4 (64″-86″)	8.96 ± 0.64	0.430 ± 0.101	1.040	9.10 ± 0.50	0.443 ± 0.110	1.056
5 (86″-108″)	7.79 ± 0.41	0.372 ± 0.089	0.968	7.83 ± 0.50	0.390 ± 0.098	0.978
6 (108″-130″)	9.15 ± 0.68	0.361 ± 0.104	0.914	9.05 ± 0.54	0.386 ± 0.112	0.912
7 (130″-152″)	8.23 ± 0.45	0.395 ± 0.105	0.905	8.30 ± 0.55	0.404 ± 0.114	0.923
8 (152″-174″)	8.82 ± 0.76	0.231 ± 0.106	1.107	8.91 ± 0.61	0.228 ± 0.114	1.111
9 (174″-196″)	8.52 ± 0.56	0.305 ± 0.130	1.200	8.54 ± 0.69	0.303 ± 0.136	1.205
10 (196″-218″)	15.64 ± 2.33	0.320 ± 0.303	1.877	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra-Güney)**	**kT (phabs*apec) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**	**kT (phabs*mekal) (keV)**	**$z_{bağıl}$**	**$\chi 2$/d.o.f.**
1 (~0″-15″)	6.74 ± 0.32	0.315 ± 0.087	0.745	6.83 ± 0.39	0.354 ± 0.098	0.745
2 (~15″-30″)	8.63 ± 0.68	0.446 ± 0.134	1.088	8.90 ± 0.68	0.476 ± 0.148	1.087
3 (~30″-45″)	8.56 ± 0.66	0.390 ± 0.131	0.968	8.65 ± 0.71	0.411 ± 0.143	0.984
4 (~45″-60″)	8.96 ± 0.87	0.277 ± 0.130	1.125	-	-	-
5 (~60″-75″)	8.83 ± 0.86	0.655 ± 0.177	1.031	8.83 ± 0.67	0.676 ± 0.189	1.039
6 (~75″-90″)	9.65 ± 0.92	0.225 ± 0.148	0.979	9.65 ± 1.07	0.239 ± 0.158	0.985

Çizelge 23 (devam) Abell 2142 kümesindeki kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgeleri yönünde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

Parametre / **Tayf No (Chandra-Kuzeybatı)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-20″)	5.90 ± 0.22	-	2.983 ± 0.883	0.612 ± 0.349	-	0.428 ± 0.065	5.243 ± 2.156	0.951
2 (20″-42″)	8.33 ± 0.50	-	2.882 ± 1.745	-	-	0.297 ± 0.105	-	0.855
3 (42″-64″)	7.98 ± 0.42	-	5.802 ± 1.729	1.327 ± 0.654	1.471 ± 1.126	0.547 ± 0.110	-	1.093
4 (64″-86″)	8.94 ± 0.65	-	1.871 ± 1.671	-	-	0.494 ± 0.105	-	1.070
5 (86″-108″)	7.74 ± 0.41	-	-	-	-	0.465 ± 0.093	-	1.026
6 (108″-130″)	9.14 ± 0.70	-	3.307 ± 1.906	-	-	0.406 ± 0.111	-	0.917
7 (130″-152″)	8.15 ± 0.46	-	-	-	1.390 ± 1.198	0.464 ± 0.108	-	0.944
8 (152″-174″)	8.96 ± 0.79	-	5.576 ± 2.287	-	-	0.292 ± 0.119	-	1.099
9 (174″-196″)	8.63 ± 0.73	-	6.997 ± 2.723	1.543 ± 0.990	-	0.352 ± 0.146	-	1.138
10 (196″-218″)	15.48 ± 2.34	-	-	-	-	0.344 ± 0.313	-	1.881
Parametre / **Tayf No (Chandra-Güney)**	**kT (`phabs*vapec`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (~0″-15″)	6.56 ± 0.32	-	1.427 ± 1.232	-	1.405 ± 0.924	0.349 ± 0.092	4.487 ± 3.399	0.738
2 (~15″-30″)	8.10 ± 0.58	10.661 ± 6.865	3.070 ± 3.058	1.588 ± 1.271	2.634 ± 2.185	0.661 ± 0.248	-	1.071
3 (~30″-45″)	8.48 ± 0.58	-	-	0.833 ± 0.783	-	0.416 ± 0.134	-	0.981
4 (~45″-60″)	8.84 ± 0.88	-	-	-	-	0.312 ± 0.136	-	1.142
5 (~60″-75″)	8.83 ± 0.86	-	-	-	-	0.733 ± 0.175	-	1.045
6 (~75″-90″)	9.55 ± 0.92	-	-	-	-	0.270 ± 0.157	-	1.004

Çizelge 23 (devam) Abell 2142 kümesindeki kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgeleri yönünde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen sonuçlar

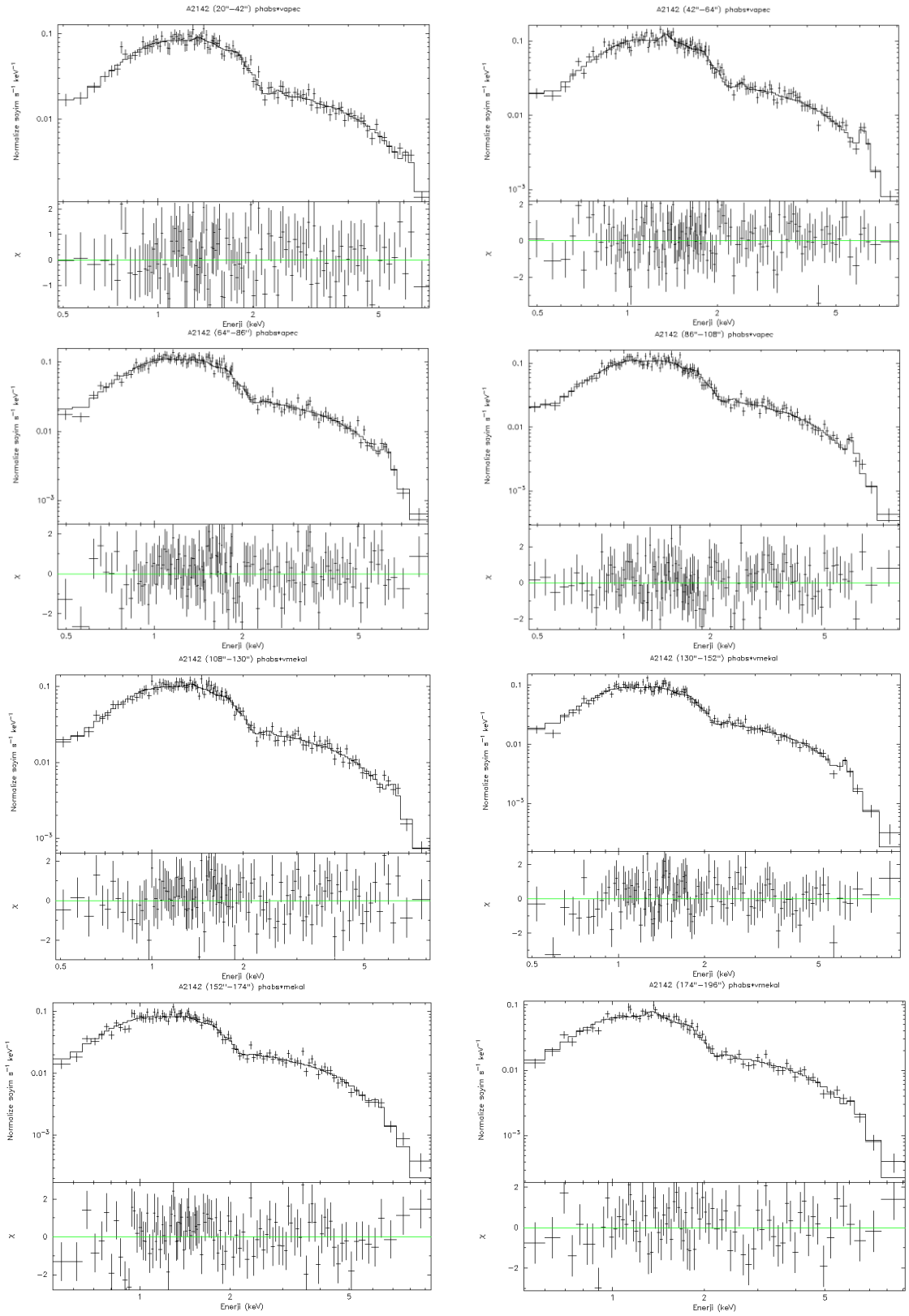
Parametre / **Tayf No (Chandra-Kuzeybatı)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (0″-20″)	5.83 ± 0.18	-	2.621 ± 0.818	0.799 ± 0.405	-	0.480 ± 0.07	6.161 ± 2.111	0.971
2 (20″-42″)	8.41 ± 0.60	-	2.499 ± 1.439	-	-	0.323 ± 0.114	-	0.854
3 (42″-64″)	7.97 ± 0.51	-	5.034 ± 1.423	1.565 ± 0.717	1.452 ± 1.126	0.596 ± 0.118	-	1.104
4 (64″-86″)	9.10 ± 0.50	-	1.448 ± 1.363	-	-	0.517 ± 0.113	-	1.091
5 (86″-108″)	7.80 ± 0.50	-	-	-	-	0.487 ± 0.102	-	1.031
6 (108″-130″)	9.08 ± 0.55	-	2.303 ± 1.487	-	-	0.432 ± 0.117	-	0.926
7 (130″-152″)	8.27 ± 0.55	-	-	-	1.344 ± 1.212	0.493 ± 0.119	-	0.973
8 (152″-174″)	9.08 ± 0.62	-	4.308 ± 1.797	-	-	0.296 ± 0.127	-	1.126
9 (174″-196″)	8.78 ± 0.71	-	5.814 ± 1.138	1.875 ± 1.064	-	0.362 ± 0.158	-	1.155
10 (196″-218″)	-	-	-	-	-	-	-	-
Parametre / **Tayf No (Chandra-Güney)**	**kT (`phabs*vmekal`) (keV)**	**[O/H]$_{bağıl}$**	**[Mg/H] $_{bağıl}$**	**[Si/H] $_{bağıl}$**	**[S/H] $_{bağıl}$**	**[Fe/H] $_{bağıl}$**	**[Ni/H] $_{bağıl}$**	**χ2/d.o.f.**
1 (~0″-15″)	6.69 ± 0.40	-	1.375 ± 1.133	-	1.475 ± 0.977	0.382 ± 0.104	4.224 ± 3.207	0.741
2 (~15″-30″)	8.64 ± 0.70	4.902 ± 2.624	-	1.383 ± 1.111	2.104 ± 1.803	0.558 ± 0.185	-	1.071
3 (~30″-45″)	8.62 ± 0.71	-	-	1.003 ± 0.854	-	0.444 ± 0.148	-	1.004
4 (~45″-60″)	8.96 ± 0.69	-	-	-	-	0.346 ± 0.149	-	1.149
5 (~60″-75″)	8.85 ± 0.66	-	-	-	-	0.784 ± 0.188	-	1.056
6 (~75″-90″)	9.61 ± 1.02	-	-	-	-	0.270 ± 0.169	-	1.001

Çizelge 24 Abell 2142 kümesindeki kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgeleri yönünde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

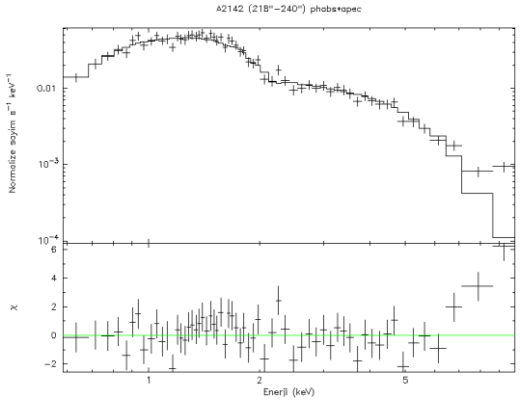
Parametre / Tayf No (Chandra-Kuzeybatı)	Gruplama (phabs*vapec)	O/Fe	Mg/Fe	Si/Fe	S/Fe	Ni/Fe
1 (0″-20″)	30	-	6.955154	1.428398	-	12.2254
2 (20″-42″)	40	-	9.694791	-	-	-
3 (42″-64″)	40	-	10.59274	2.423907	2.685489	-
4 (64″-86″)	40	-	3.780024	-	-	-
5 (86″-108″)	40	-	-	-	-	-
6 (108″-130″)	45	-	8.136556	-	-	-
7 (130″-152″)	45	-	-	-	2.994956	-
8 (152″-174″)	45	-	19.0451	-	-	-
9 (174″-196″)	50	-	19.8268	4.374497	-	-
10 (196″-218″)	50	-	-	-	-	-
Parametre / Tayf No (Chandra-Güney)	**Gruplama (phabs*vapec)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (~0″-15″)	40	-	4.081318	-	4.018733	12.83052
2 (~15″-30″)	40	16.12415	4.644152	2.402757	3.984228	-
3 (~30″-45″)	40	-	-	2.002553	-	-
4 (~45″-60″)	45	-	-	-	-	-
5 (~60″-75″)	45	-	-	-	-	-
6 (~75″-90″)	45	-	-	-	-	-

Çizelge 24 (devam) Abell 2142 kümesindeki kuzeybatı ve güney yönlü şok bölgeleri yönünde seçilen dilimlere uygulanan `phabs*vapec` ve `phabs*vmekal` modellerinden elde edilen element bolluklarının Fe elementine göre bollukları

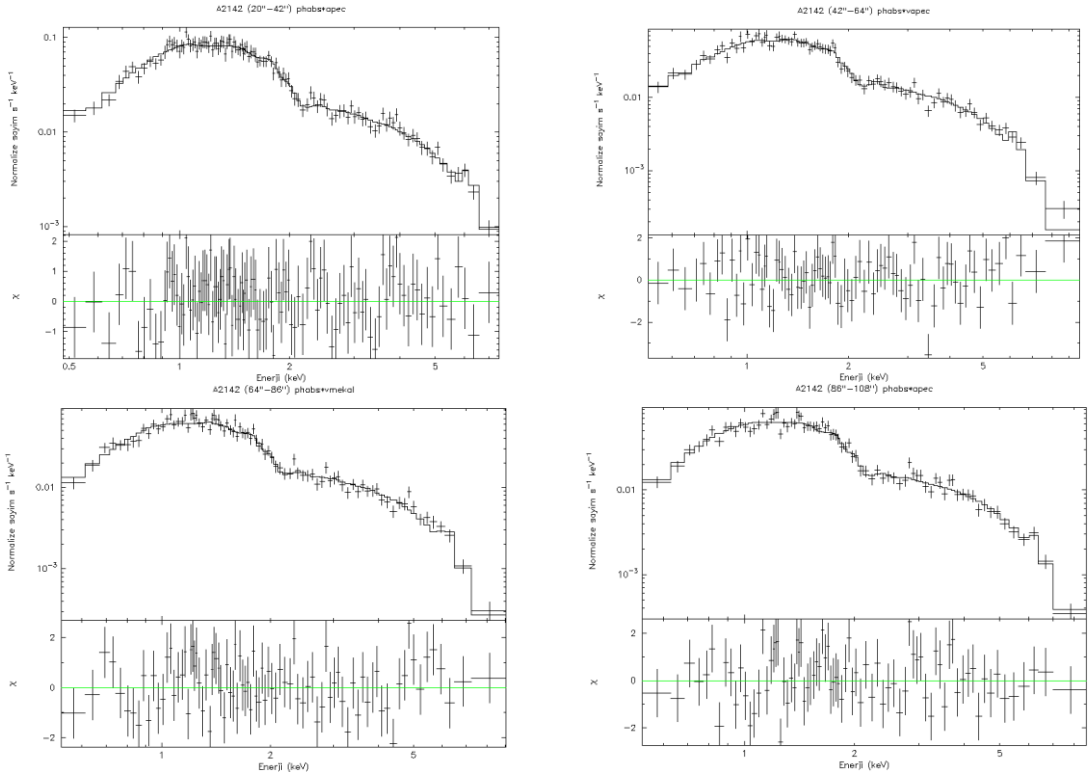
Parametre / Tayf No (Chandra-Kuzeybatı)	Gruplama (phabs*vmekal)	O/Fe	Mg/Fe	Si/Fe	S/Fe	Ni/Fe
1 (0″-20″)	30	-	5.453356	1.663798	-	12.81632
2 (20″-42″)	40	-	7.738139	-	-	-
3 (42″-64″)	40	-	8.436555	2.623092	2.434044	-
4 (64″-86″)	40	-	2.79946	-	-	-
5 (86″-108″)	40	-	-	-	-	-
6 (108″-130″)	45	-	5.328756	-	-	-
7 (130″-152″)	45	-	-	-		-
8 (152″-174″)	45	-	14.52038	-	2.725233	-
9 (174″-196″)	50	-	16.01751	-	-	-
10 (196″-218″)	50	-	-	5.167131	-	-
Parametre / Tayf No (Chandra-Güney)	**Gruplama (phabs*vmekal)**	**O/Fe**	**Mg/Fe**	**Si/Fe**	**S/Fe**	**Ni/Fe**
1 (~0″-15″)	40	-	3.600649	-	3.861439	11.05808
2 (~15″-30″)	40	8.776611	-	2.477068	3.768126	-
3 (~30″-45″)	40	-	-	2.257872	-	-
4 (~45″-60″)	45	-	-	-	-	-
5 (~60″-75″)	45	-	-	-	-	-
6 (~75″-90″)	45	-	-	-	-	-



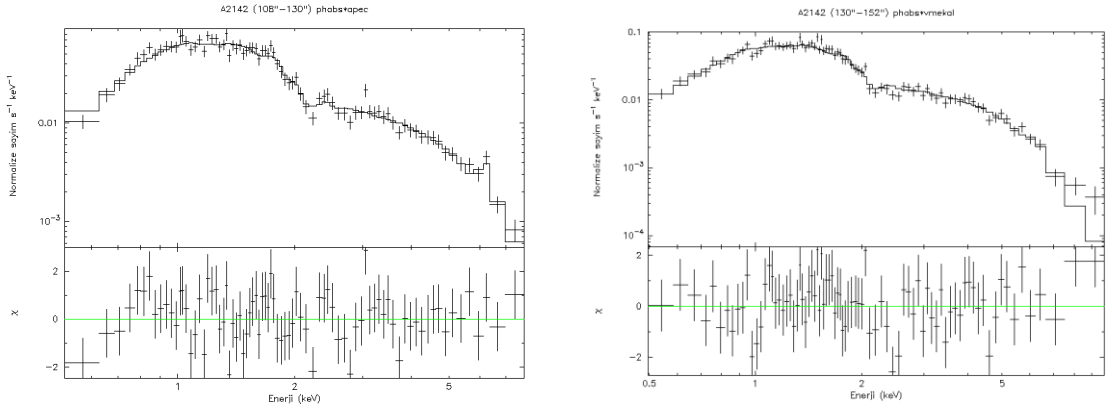
Şekil 13 A2142 kümesinde kuzeybatı yönlü seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 13 (devam) A2142 kümesinde kuzeybatı yönlü seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 14 A2142 kümesinde güney yönlü seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller



Şekil 14 (devam) A2142 kümesinde güney yönlü seçilen dilimlerin Chandra uydusuna ait gözlemlerden elde edilen tayfları ve en iyi temsil eden kuramsal modeller

Çizelge 25 A2142 kümesinin Chandra gözleminden tespit edilen nokta kaynaklar

Kaynak No	Sağ açıklık (α_{2000})	Dik açıklık (δ_{2000})
1	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 12.920^{s}$	+27°08′37.40″
2	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 19.101^{s}$	+27°11′57.18″
3	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 12.682^{s}$	+27°12′03.06″
4	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 14.283^{s}$	+27°16′20.46″
5	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 57.325^{s}$	+27°16′53.87″
6	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 29.335^{s}$	+27°17′15.14″
7	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 14.534^{s}$	+27°17′25.70″
8	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 00.259^{s}$	+27°18′03.00″
9	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 51.808^{s}$	+27°18′05.15″
10	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 10.515^{s}$	+27°18′38.82″
11	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 29.946^{s}$	+27°18′57.19″
12	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 08.312^{s}$	+27°19′02.91″
13	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 10.190^{s}$	+27°19′03.74″
14	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 11.861^{s}$	+27°19′28.94″
15	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 56.755^{s}$	+27°19′51.08″
16	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 11.625^{s}$	+27°20′08.80″
17	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 06.018^{s}$	+27°20′18.51″
18	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 12.248^{s}$	+27°20′44.05″
19	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 50.292^{s}$	+27°20′58.62″
20	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 17.692^{s}$	+27°23′58.15″
21	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 19.365^{s}$	+27°16′31.29″
22	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 48.070^{s}$	+27°18′43.44″
23	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 42.960^{s}$	+27°18′53.99″
24	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 43.139^{s}$	+27°18′58.19″
25	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 59.541^{s}$	+27°19′05.23″
26	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 59.858^{s}$	+27°19′08.00″
27	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 20.865^{s}$	+27°20′02.72″
28	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 30.590^{s}$	+27°20′14.07″
29	$15^{sa}\ 57^{dk}\ 57.517^{s}$	+27°20′56.03″
30	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 24.697^{s}$	+27°21′00.65″
31	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 07.411^{s}$	+27°21′05.43″
32	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 19.105^{s}$	+27°24′39.08″
33	$15^{sa}\ 58^{dk}\ 15.653^{s}$	+27°26′03.81″

EK 2 XMM-Newton Science Analysis System (SAS) Yazılımı ile Temel Veri İndirgeme Prosedürü

XMM-Newton Verileri: XMM-Newton Science Archive (XSA)[21], XMM-Newton verilerinin deposudur. Bir kullanıcı arayüzü (GUI), kullanıcının veri arşivini taramasına, bilimsel ürünlere göz atmasına ve verilerden kendisine uygun olanları seçerek bunları almasına izin verir. XSA′da bulunan en temel üç veri türü şunlardır:

- ODF/SDF (Observation Data File / Slew Data File) verileri
- PPS (Pipeline Processing System) ürünleri
- CCF (Current Calibration File) dosyaları

Veriler, Science Analysis System (SAS) adı verilen ve yalnızca XMM-Newton uydusu için özel olarak geliştirilmiş bir yazılımla indirgenir.

ODF/SDF verileri: XMM-Newton′ın ham veri dosyalarıdır. Bu dosyaların büyük çoğunluğu FITS formatındadır. ASCII formatındaki bir özet dosyası, kullanıcıya gözlemle ilgili bazı genel bilgileri (hedef bölge, amaç, veri kalite kayıtları) sağlar. ODF verileri, uydunun hedefi olan cisimden gelen bilgileri belirlenmiş bir poz süresi dahilinde kayıt altına almasıyla oluşur. SDF verileri ise, uydunun hedef değiştirirken yakaladığı verilerden oluşur. Bu ham verilerin üzerinde çalışılmadan önce kalibre edilmeleri gerekir. Aksi halde doğrudan bilimsel çalışmalar için kullanılamazlar.

ODF verileri kullanıcıya ″aaaa_bbbbbbccdd_eefggghhiii.jjj″ şeklindeki formatlarda ulaşır. Burada aaaa uydunun yörüngesindeki devir sayısı, bbbbbb görev numarası, cc görevdeki hedefin kimlik numarası (ID number), dd hedefin kaçıncı kez gözlendiği, ee dedektör (M1 – MOS1, M2 – MOS2, PN – pn, OM – OM, R1 – RGS1, R2 – RGS2, SC – mekik), f gözlemin planlı (S) plansız (U) veya genel amaçlı (X) oluşu, ggg poz numarası, hh CCD numarası veya OM filtre tekerleğindeki filtrelerin sıra numarası, iii

[21] http://xmm.esac.esa.int/xsa/

mekiğin veya tüm dedektörlerin kendilerine has veri belirteci **(**çizelge 1**)** ve jjj verinin formatıdır (FIT – FITS, ASC – ASCII).

Çizelge 1 ODF verisi belirteçleri[22]

Data ID	Contents
	EPIC files
IME	Event list for individual CCDs, imaging mode
RIE	Event list for individual CCDs, reduced imaging mode
CTE	Event list for individual CCDs, compressed timing mode
TIE	Event list for individual CCDs, timing mode
BUE	Event list for individual CCDs, burst mode
AUX	Auxiliary file
CCX	Counting cycle report (auxiliary file)
HBH	HBR buffer size, non-periodic housekeeping
HCH	HBR configuration, non-periodic housekeeping
HTH	HBR threshold values, non-periodic housekeeping
PEH	Periodic housekeeping
PTH	Bright pixel table, non-periodic housekeeping
DLI	Discarded lines data
PAH	Additional periodic housekeeping
PMH	Main periodic housekeeping
	RGS files
AUX	on-board processing statistics
SPE	raw event list for one CCD
DII	diagnostic images
D1H	CCD readout settings
D2H	CCD readout settings
PFH	housekeeping data
ODX	pixel offset data
	XMM files
ATS	spacecraft attitude history
	OM files
IMI	imaging file
THX	tracking history file
WDX	window data auxiliary file
NPH	non-periodic housekeeping file
PEH	periodic housekeeping file
PAX	field acquisition data
RFX	priority reference frame data
PFX	priority fast mode data
FAE	event list (if fast mode was used)

PPS ürünleri: XMM SSC (XMM Science Survey Center), ESA adına XMM-Newton gözlemlerinin indirgenmesi için bir dizi-işleme sisteminin (pipeline processing system) kullanıldığı rutin bir görev yürütmektedir. Amaç, veri setlerinin bilimsel kalitesini doğrulamak ve potansiyel işleme sorunlarını tanımlamaktır. Bu görevde tüm aygıtlara ait veriler, SAS yazılımının parçaları kullanılarak indirgenir.

[22] http://xmm.esac.esa.int/external/xmm_user_support/documentation/index.shtml adresinden alıntıdır.

Dizi-işleme sistemi modül adı verilen ana işlem parçalarından oluşur ve bu modüllerin her birinde bir veya birden fazla SAS komutu çalışır[23]. SAS analiz yazılımıyla ham veriler üzerinde çalışan bir kullanıcı da aslında kendisine özel bir dizi-işlem yaratmış olur ve ODF verilerini işlemek suretiyle PPS ürünlerinden bazılarını elde eder. Şu anda yürütülmekte olan bir dizi-işlem sistemi vardır ancak sisteminin yapısında veya işlevinde önemli bir değişiklik meydana geldiğinde, yeni bir dizi-işlem başlatılır. Bunlardan her biri yeni bir etiketle, konfigürasyonla ve sürüm notuyla tanımlanır.

Dizi-işlem sonucunda ortaya çıkan ürünler, bilimsel analizde de kullanılmaya hazır yararlı dosyalardan oluşan bir karışımdır (olay listeleri, kaynak listeleri, çok-bantlı görüntüler, arkaplanın çıkarılmış olduğu tayf ve yeterince parlak nokta kaynaklar için ışık eğrileri gibi) ve kullanıcının veri hakkında genel bir fikir edinmesini de sağlar. SSC, ESA′dan ham verileri haftada yaklaşık 15 kez alır, dizi-işlem sistemi yoluyla yarı sürekli bir disiplinle işler ve XSA yoluyla kullanıma açar. Bu işlemler genellikle 2 hafta mertebesinde bir zaman aralığını kapsar.

Bir PPS ürünü, kullanıcıya ″Paaaaaabbccddefffgggggghiii.jjj″ şeklindeki formatlarda ulaşır. Burada aaaaaabbcc gözlem numarası, dd dedektör (M1 – MOS1, M2 – MOS2, PN – pn, OM – OM, R1 – RGS1, R2 – RGS2), e gözlemin planlı (S) plansız (U) veya genel amaçlı (X) oluşu, fff poz numarası, ggggg her bir dedektör için veri belirteci, h EPIC verisi için pozun alındığı, bant RGS verisi için tayfsal mertebe ve OM için filtre açıklığının numarası, iii kaynak numarası (heksadesimal) ve jjj verinin formatıdır (ASC – ASCII, ASZ – ″gzip″lenmiş ASCII, FTZ – ″gzip″lenmiş FITS, HTM – HTML, PDF, PNG, TAR). Bir PPS ürününün veri gruplarının tanımlamaları çizelge 2'de sunulmuştur.

[23] Yürütülmekte olan en güncel dizi-işlem modüllerin içeriklerini görmek için, http://xmmssc-www.star.le.ac.uk/public/pipeline/doc/13_prod8.4_20120118.095500/modules/

Çizelge 2 PPS ürünü veri gruplarının tanımı[24]

Group ID	Contents
	PP files
PPSDAT	Contains the Calibration Index File (CIF) used in the pipeline processing (*CALIND*), PPS information, and the attitude history time series (*ATTTSR*) in gzipped FITS or ASCII format.
PPSGRA	Contains the OM tracking history plots, PPS, EPIC, OM, RGS observation, and PPS run summaries. **NOTE: CHECK THESE OUT**
PPSMSG	ASCII file containing pipeline processing report
	EPIC files
CRSCOR	Contains PDF files of POSS II finding charts, HTML files of cross correlations with the SIMBAD data base, FITS tables for the detected sources
EANCIL	Contains the exposure maps in a variety of energy bands and the source-detection sensitivity maps for the EPIC instruments. The sensitivities are in units of counts s^{-1} corrected for vignetting and corresponding to a likelihood specified in the FITS header. The files are gzipped with a .FTZ extension.
EEVLIS	Contains calibrated photon event files for the EPIC detectors. If the files are sufficiently large they may be separated into two tar files. The files are gzipped fits files with a .FTZ extension.
ESKYIM	This group contains the event images in a variety of energy bands. The fits files are gzipped with a .FTZ extension, the full images also come as PNG images.
ESRLIS	Contains EPIC observation source lists. There is an HTML page of the merged source list and gzipped fits tables of source lists from the different instruments and source detection tasks.
	OM files
OIMAGE	Contains OM sky images in gzipped FITS format.
OMSLIS	Contains OM observation source lists in gzipped FITS format.
OMSRTS	Contains OM star tracking time series in gzipped FITS format.
	RGS files
REVLIS	Contains the RGS source and event lists in gzipped FITS format
REXPIM	Contains the RGS exposure maps in gzipped FITS format
RIMAGE	Contains the RGS images (both energy dispersion and cross dispersion) in gzipped FITS and PNG formats
RSPECT	Contains the RGS source and background spectra in gzipped FITS and PDF formats

[24] http://xmm.esac.esa.int/external/xmm_user_support/documentation/index.shtml adresinden alıntıdır.

XMM-Newton arşivlerinden elde edilebilecek türlü veri gruplarının özellikleri çizelge 3 içerisinde sunulmuştur.

Çizelge 3 PPS ürünlerinin veri grupları ve özellikleri[25]

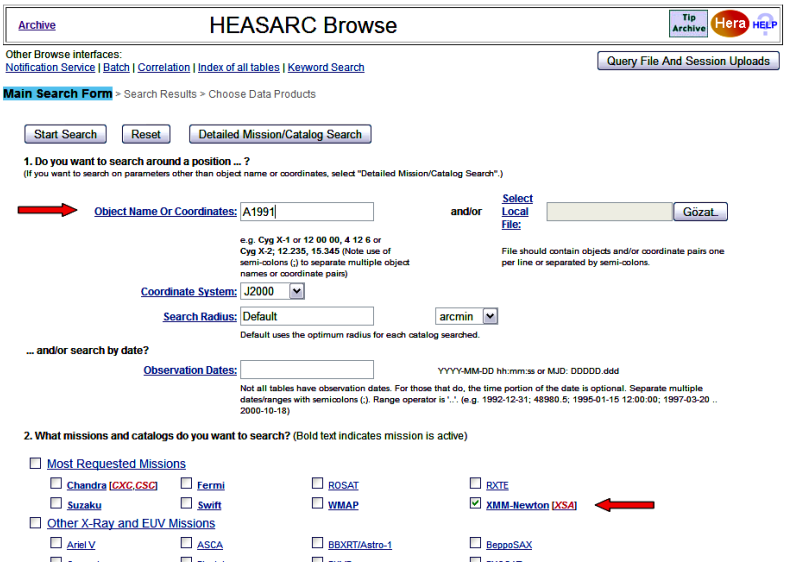
Group ID	File ID	Contents	File Type	View With
		EPIC files		
CRSCOR	FCHART	Finding chart	PDF	*Acrobat Reader*
	ROSIMG	ROSAT image of region	PDF	*Acrobat Reader*
	SNNNNN[1]	Source cross-correlation results	Zipped FITS	*fv*
	DNNNNN[1]	Catalog descriptions	PDF	*Acrobat Reader*
	FNNNNN[1]	FOV cross-correlation result	Zipped FITS	*fv*
ESKYIM	IMAGE_8	Sky image 0.2 - 12.0 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	IMAGE_1	Sky image 0.2 - 0.5 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	IMAGE_2	Sky image 0.5 - 2.0 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	IMAGE_3	Sky image 2.0 - 4.5 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	IMAGE_4	Sky image 4.5 - 7.5 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	IMAGE_5	Sky image 7.5 - 12.0 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
EANCIL	EXPMAP_8	Exposure map 0.2 - 12.0 keV	Zipped FITS, PNG	*ds9, Ximage, fv*, web browser
	EXPMAP_1	Exposure map 0.2 - 0.5 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	EXPMAP_2	Exposure map 0.5 - 2.0 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	EXPMAP_3	Exposure map 2.0 - 4.5 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	EXPMAP_4	Exposure map 4.5 - 7.5 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
	EXPMAP_5	Exposure map 7.5 - 12.0 keV	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
EEVLIS[2]	MIEVLI	MOS imaging mode event list	Zipped FITS	*zmmselect, fv, Xselect*
	PIEVLI	PN imaging mode event list	Zipped FITS	*zmmselect, fv, Xselect*
	TIEVLI	PN, MOS timing mode event list	Zipped FITS	*zmmselect, fv, Xselect*
ESRLIS	EBLSLI	Box-local detect source list	Zipped FITS	*fv*
	EBMSLI	Box-map detect source list	Zipped FITS	*fv*
	EMSRLI	Max-like detect source list	Zipped FITS	*fv*
	OBSMLI	Summary source list	Zipped FITS, HTML	*fv*, web browser
		RGS files		
REVLIS	SRCLI_	RGS Source Lists	Zipped FITS	*fv*
	EVENLI	RGS Event lists	Zipped FITS	*zmmselect, fv*
REXPIM	EXPMAP	RGS Exposure Maps	Zipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
RSPECT	SRSPEC1	1st Order Source Spectra	Zipped FITS	*Xspec, fv*
	SRSPEC2	1st Order Source Spectra	Zipped FITS	*Xspec, fv*
	BGSPEC1	1st Order Source Spectra	Zipped FITS	*Xspec, fv*
	BGSPEC2	1st Order Source Spectra	Zipped FITS	*Xspec, fv*
	SRSPEC	Spectra Plots	PDF format	*Acrobat Reader*
RIMAGE	ORDIMG	Images, disp. vs. X-disp	Zipped FITS, PNG	*ds9, Ximage, fv*, web browser
	IMAGE_	Images, disp. vs. PI	Zipped FITS, PNG	*ds9, Ximage, fv*, web browser
		OM files		
OIMAGE	SIMAGE	OM Sky Image	Gzipped FITS	*ds9, Ximage, fv*
OMSLIS	SWSRLI	OM Source Lists	Zipped FITS	*fv*
OMSRTS	TSTRTS	Tracing Star Time Series	Zipped FITS	*fv*

[1] NNNNN - Alphanumeric ID
[2] Files for only those modes which were active will be included

CCF dosyaları: XMM-Newton kalibrasyon verisinin tamamı, CCF dosyaları içerisinde toplanmıştır. Her bir CCF dosyasının (sürekli artan) düzenleme numarası ve geçerlilik tarihi özgündür. Analiz esnasında, kullanıcı bu dosyaların bilgisinin içerdiği bir kalibrasyon indeks dosyası (CIF) oluşturmak zorundadır.

[25] http://xmm.esac.esa.int/external/xmm_user_support/documentation/index.shtml adresinden alıntıdır.

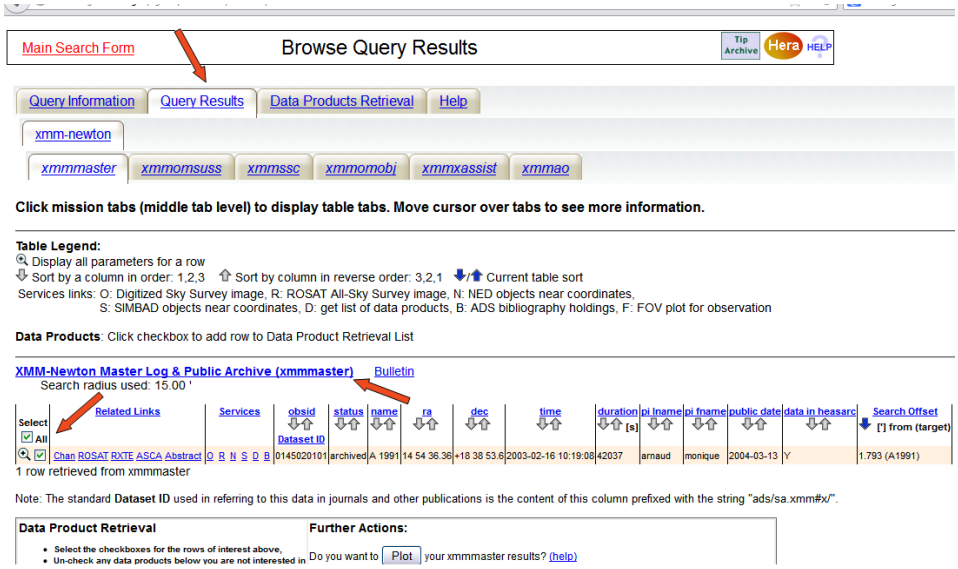
Veriler ve Güncel Kalibrasyon Dosyalarının Edinilmesi, Analize Uygun Hale Getirilmesi: Verileri indirmek için, HEASARC Data Archive′den[26] yararlanılır. Burada, bir kısmı üçüncü şahıslara açık halde, bir çok X-ışın uydusuna ve kaynaklarına ait veriler bulunur. HEASARC veri arşivi, XMM-Newton verilerini almak için XSA′ya (X-Ray Science Archive) bağlanır. Kullanıcı, XSA′ya bir arayüz üzerinden de erişebilir. HEASARC veri arşivinde, sorgulama formunun üzerinde, ilgilenilen kaynağın adı yazılır ve XMM-Newton verileri indirileceğinden, ilgili kutucuk işaretlenir ve arama yapılır (şekil 1).



Şekil 1 HEASARC Browse veri tarama formu

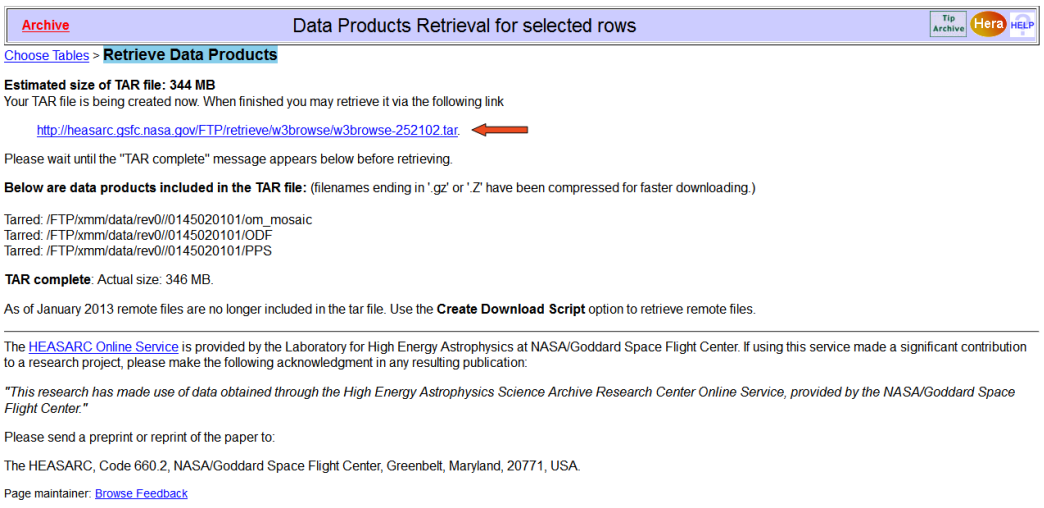
Tarama sonucunda, ″Query Results″ sekmesinde görüntülenen satır, bir gözlem setini ifade eder. Bu gözlem setinin başındaki kutucuk işaretlenerek indirilmek istenen veri seçilir (bkz. şekil 2).

[26] HEASARC Data Archive'e, http://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/W3Browse/w3browse.pl adresinden erişim sağlanabilir.



Şekil 2 Veri seçim formu

Ardından, üst taraftaki″Data Products Retrieval″ sekmesine geçilerek, ″Retrieve″ butonuna basılır ve gözlem setinin indirilmesi için geçici bir indirme linki oluşturulması sağlanır (şekil 3). Sayfanın yüklenmesi tamamlandığında, linke tıklanarak veri indirme işlemi başlatılır. Veri seti uygun bir dosya yoluna kaydedilir.



Şekil 3 Veri indirme ekranı

İndirme işlemi tamamlandıktan sonra, verinin bulunduğu klasöre gidilir:

```
# cd /verinin_bulunduğu_dosya_yolu
```

Veri paketi, tar arşivi biçiminde sıkıştırılmıştır. Arşivi içinde bulunulan klasöre açmak için:

```
# sudo tar –xvf veri_paketinin_adı.tar
# ls
```

Arşiv açıldığında oluşan klasör görüntülenmektedir. Bu klasöre girilir, klasörün içeriğine bakmakta fayda vardır. Burada ODF, om_mosaic ve PPS adında üç adet klasör bulunmalıdır:

```
# cd oluşan_klasörün_adı
# ls
```

ODF klasörüne girilerek, buradaki gunzip arşivi biçiminde sıkıştırılmış ham veri dosyalarını açmak gerekir:

```
# cd ODF/
# ls
# sudo gunzip *.gz
```

Ardından, aynı işlem om_mosaic klasörüne gidilerek tekrarlanmalıdır:

```
# cd ..
# cd om_mosaic/
# ls
# sudo gunzip *.gz
```

Veritabanlarından indirilen ham veriler, üzerilerindeki fazlalık etkilerden arındırılmadıkları sürece, bilimsel çalışma için doğrudan kullanılamazlar. Bu yüzden onları kalibre etmek gereklidir. Güncel kalibrasyon dosyalarını (.CCF dosyaları) elde etmek için, belirlenen bir dosya yoluna, kalibrasyon dosyalarının konulacağı ″ccf″ isimli bir klasör açılır (ismi farklı şekilde de verilebilir).

```
# sudo mkdir /CCFlerin_indirileceği_dosya_yolu/ccf
```

Ardından, aşağıdaki komut yardımıyla, .CCF dosyalarının internet üzerinden indirilmesi sağlanır:

```
# sudo rsync –v –a –delete –delete-after –force
     include='*.CCF'–exclude='*/'
     xmm.esac.esa.int::XMM_CCF
     /CCF_dosyalarının_konulacağı_dosyanın_yolu/ccf/
```

SAS'a Genel Bakış ve İlgili İşletim Sistemi Ayarları: Yazılım genel olarak iki ana parçadan oluşur:

- ODF/SDF dosyalarına kalibrasyonları uygulayan, kalibre edilmiş ve filtrelenmiş olay listeleri oluşturan (X-ışın kameraları için), kaynak listeleri, zaman serileri ve düz alan görüntüsüne bölünmüş, kalibre edilmiş OM gökyüzü görüntüleri üreten indirgeme dizi-işlemleri (reduction pipelines)
- Tayf, ışık eğrisi, (pseudo-) görüntülerin elde edilmesi ve doğru aygıt tepki matrisinin (instrument response matrix) ile kaynak listelerinin oluşturulmasını sağlayan bir takım manipülasyon araçları.

SAS yazılımını kullanmayı bilmenin yanında, diğer analiz paketlerini de kullanmak gereklidir, çünkü bu araçlar yazılımın kendisi tarafından içerilmemektedir. Örneğin, FITS manipülasyonu için FTOOLS, timing ve tayfsal analiz için XANADU, imaj

dosyasını görüntülemek ve analizine yardımcı olmak için SAOIMAGE, SAOTING, DS9 gibi ek yazılımlar kullanılmalıdır.

SAS yazılımının yetenekleri şu şekilde özetlenebilir:

- XMM-Newton verisinin indirgenmesi,
- Eldeki XMM-Newton kalibrasyon dosyalarının oluşturulması, saklanması ve güncellenmesi, bunlardan kalibrasyon indeks dosyasının oluşturulması,
- Verileri isteğe uygun kriterlere göre filtreleme imkanı,
- X-ışın kamerası verileri üzerinden tayfsal analiz gerçekleştirmek için tepki matrisi oluşturma (aygıta ait tayfsal transfer fonksiyonları),
- EPIC poz haritaları (exposure maps) üretme,
- EPIC aygıtlarının görüş alanındaki ilgili kaynağı etkileyen yığılmanın (pile-up) miktarını belirleme.

Eğer aşağıdaki işlemlerden biri / birkaçı amaçlanıyorsa, SAS kullanılması gereklidir:

- ODF verilerinin içeriği görüntülenmesi,
- XMM-Newton veri dosyaları manipüle edilmesi,
- Kalibrasyon dosyaları görselleştirilmesi,
- Good Time Interval (GTI) dosyaları yaratılması,
- EPIC olay listeleri kaynaştırılması,
- EPIC görüş alanında kaynak tespiti (source detection) yapılması,
- Farklı aygıtlara ve / veya pozlara ait mozaik imaj dosyaları oluşturulması,
- Barisentrik düzeltmeler yapılması.

Eğer kalibre edilmiş bilimsel ürünler üzerinde timing veya tayfsal analiz yapılacaksa, SAS kullanılamaz. Bunun yerine XANADU yazılımı altındaki paketlerin kullanılması gerekir.

SAS yazılımını bilgisayarına kurmuş bir kullanıcı, programın kendisine kullanım kolaylığı sağlaması bakımından, kullandığı işletim sisteminin kabuk başlangıç dosyasına (shell start-up file) aşağıdaki komutları eklemelidir. Bu dosya, her kullanıcının evdizininde gizli dosya halinde bulunur. Kullanıcı, evdizinine arayüz yardımıyla erişerek, ″Ctrl + h″ kısayolu yardımıyla gizli dosyaları görüntüleyebilir. Gizli dosyalar arasındaki ″.bashrc″ isimli dosya, kabuk başlangıç dosyasıdır. İçeriği bir text editörü yardımıyla görüntülenebilir ve içine şu satırlar eklenmelidir:

```
SAS_DIR=/SAS_kurulum_klasörü/
export SAS_DIR
alias autosetsas="source $SAS_DIR/setsas.sh"
autosetsas
clear
```

Şayet bu işlem yapılmazsa, kullanıcı terminale her girişinde SAS yazılımını aşağıdaki komutla tanıtmak zorunda kalacaktır:

```
# . /SAS_kurulum_klasörünün_yolu/setsas.sh (sh/bash/ksh
     için)
# source /SAS_kurulum_klasörünün_yolu/setsas.csh (csh/tcsh
     için)
```

Ayrıca, ds9 adlı görüntüleme yazılımına da, terminaldeki her konumdan erişim sağlayabilmek adına, bu programı /usr/local/bin yolu altına taşımak gerekir. Kullanıcı taşıma işlemini arayüz vasıtasıyla yapabilir. Tüm bunlara ek olarak, kullanıcı bash yerine csh (C-Shell) kullanarak da çalışılabilir (buradan itibaren csh komutları üzerinden anlatım yapılacaktır):

```
# csh (C-Shell'e geçmek için)
# exit (C-Shell'den çıkmak için)
```

Nadiren de olsa, kullanıcı bir takım hatalarla karşılaşabilir. Bunlardan biri, ilerleyen bölümlerde anlatılacak olan Xspec modelleme paketiyle ilgilidir. Eğer verilerin

görüntüleneceği pencerede karakterlerin görüntülenmesinde sorunla karşılaşılmışsa, aşağıdaki komutu kabuk başlangıç dosyasının içine eklemek yeterli olacaktır:

```
#  setenv PGPLOT_FONT $HEADAS/lib/grfont.dat (csh/tcsh
       için)
#  export PGPLOT_FONT=$HEADAS/lib/grfont.dat (sh/bash/ksh
       için)
```

SAS Ortam Değişkenlerini Tanımlama: SAS yazılımının veriler üzerinde çalışabilmesi için, ortam değişkenleri adı verilen bazı bilgilerin yazılıma sağlanması gerekir. Tanımlanması gereken ilk iki bilgi, ham verilerin (ODF) ve .CCF dosyalarının nerede bulunduğudur:

```
# setenv SAS_ODF /ODF_klasörünün_bulunduğu_dosya_yolu/ODF/
# setenv SAS_CCFPATH
     /CCF_klasörünün_bulunduğu_dosya_yolu/ccf/
```

SAS, bunları kullanarak *SUM.SAS isimli bir özet dosyası ve ccf.cif isimli bir kalibrasyon indeks dosyası (CIF) oluşturacaktır. Öncelikle ODF klasörünün içerisine gidilerek, cifbuild adlı SAS komutu ile verilen gözlem zamanına uygun kalibrasyon indeks dosyasının oluşturulması sağlanır:

```
# cd /ODF_klasörünün_bulunduğu_dosya_yolu/ODF/
# cifbuild
# ls
```

Eğer son komutla birlikte ccf.cif dosyasının oluştuğu görülmüş ise, tüm CCF dosyalarına ait önemli bilgilerin karışımı niteliğinde olan bu dosya, ortam değişkeni olarak SAS′a tanıtılabilir.

```
# setenv SAS_CCF /ccfcif_dosyasının_yeri/ccf.cif
```

Bunun ardından, odfingest adlı SAS komutu ile özet dosyasının oluşturulması sağlanır. ccf.cif dosyası oluşturulmadan, özet dosyasının oluşturulması mümkün değildir. Özet dosyası, ODF verisi hakkında önemli bilgiler içerir (örn. dosyaların yeri, isimleri). SAS bundan sonraki işlemlerde, ODF verisine erişimi doğrudan bu özet dosyası üzerinden yapar:

```
# odfingest
# ls
```

Eğer son komutla birlikte *SUM.SAS dosyasının oluştuğu görülmüş ise, bu dosya da ortam değişkeni olarak SAS′a tanıtılabilir:

```
#  setenv SAS_ODF
     /ODF_klasörünün_bulunduğu_dosya_yolu/ODF/
```

Ortam değişkenleri tanımlanırken herhangi bir aşamada, kullanıcı bunların doğru olarak tanımlanıp tanımlanmadığını kontrol etme ihtiyacı hissedebilir. Bu amaçla aşağıdaki komut kullanılabilir:

```
# env | grep SAS
```

Listelenen bilgiler arasında, kullanıcının tanımlamalarına ilaveten, yazılımın ihtiyaç duyduğu diğer bilgiler de bulunmaktadır (SAS başlangıç dosyasının yeri, öntanımlı görüntüleme yazılımı, öntanımlı uyarı seviyeleri vs.).

Ham Veriyi Bilimsel Analize Hazır Hale Getirme (Kalibrasyon): Kalibrasyon dosyalarının (CCF) içeriğinde önemli değişiklikler meydana geldiğinde veya daha üst bir SAS versiyonu yayınlandığında, kalibrasyon veritabanındaki CCF dosyaları güncellenir. Kullanıcıların, ellerindeki CCF dosyalarını güncel tutmaya çalışmaları tavsiye edilir. Böylece, ham veri üzerinde yapılan işlemlerin kendilerine bilimsel açıdan daha sağlıklı sonuçlar getirmesi mümkün olur.

İstenirse, bilimsel çalışmalarında PPS verileri de kullanılabilir. Ancak, PPS verileri güncel olmayan kalibrasyon dosyalarıyla hazırlanmış olabilir. Bu sebepten ötürü, buradan elde edilecek bilgilerin bilimsel açıdan doğruluk payı, güncel kalibrasyon dosyalarının kullanılmasıyla elde edilecek bilgiye nazaran daha düşük olur. Sonuç olarak, bu verilerin sadece ilgilenilen kaynağa ilişkin genel fikir edinmek amaçlı kullanılması daha uygundur.

SAS, ham verileri kalibre etmek ve bunlardan ″olay listesi (event list)″ yaratmak için, *SUM.SAS özet dosyası ve ccf.cif kalibrasyon indeks dosyasını dikkate alır. Olay listelerinin içerisinde, dedektörler tarafından algılanan olaylar kayıtlı bulunur (şekil 4). Bir olay listesinin yapısı kabaca, olayın zamanı, konumu, enerjisi ve türünün yer aldığı tablolar olarak tanımlanabilir.

File Edit Tools

Select / All / Invert	TIME D s Modify	RAWX I PIXELS Modify	RAWY I PIXELS Modify	DETX I pixel Modify	DETY I pixel Modify	X J pixel Modify	Y J pixel Modify	PHA I CHAN Modify	PI I CHAN Modify	FLAG J Modify	PATTERN B Modify	CCDNR B Modify
1	1.617780551489E+08	315	267	329	-738	25515	24121	92	296	0	3	1
2	1.617780542143E+08	314	279	293	-465	25240	24123	284	954	0	0	1
3	1.617780539406E+08	315	282	311	-411	25189	24098	64	202	0	0	1
4	1.617780541424E+08	307	283	134	-394	25150	24272	706	2306	0	0	1
5	1.617780547217E+08	300	294	-3	-135	24876	24375	291	955	0	0	1
6	1.617780542163E+08	173	295	-2799	-128	24520	27149	1577	5164	0	0	1
7	1.617780549732E+08	346	295	1004	-126	24992	23375	141	455	0	0	1
8	1.617780535680E+08	315	296	321	-103	24884	24050	111	358	0	0	1
9	1.617780550459E+08	559	298	5697	-63	25514	18711	44	189	0	0	1
10	1.617780547217E+08	527	323	4976	496	24870	19356	398	1310	0	0	1
11	1.617780581841E+08	475	49	3838	-5533	30710	21237	515	1675	256	0	1
12	1.617780572670E+08	228	76	-1594	-4941	29446	26553	246	798	0	0	1
13	1.617780585989E+08	315	319	323	407	24378	23984	529	1735	0	0	1

Şekil 4 Kalibre edilmiş bir olay listesinin yapısı

EPIC MOS dedektörlerinin ″görüntüleme modu (imaging mode)″nda, olay listelerinde bulunan ana başlıklar 12 tanedir, olayın zamanı (TIME), (RAWX, RAWY), olayın odak düzlemindeki konumu (DETX, DETY), olayın gökyüzü koordinatları cinsinden konumu (X,Y), PHA aygıtının kaydettiği kanal (PHA), pulstan bağımsız kanal (PI), (FLAG), desen (PATTERN) ve CCD numarasıdır (CCDNR). EPIC MOS dedektörlerinin ″zamanlama modu (timing mode)″nda, olay listelerinde yer alan ana başlıklar ise sadece 7 tanedir, konumsal koordinatlar (RAWY, DETX, DETY X, Y) bu modun olay listesinde bulunmaz. Sadece tek bir eksen (RAWX) konumsal koordinatları içerirken, diğer eksen de olayın dedektöre varış zamanını ölçer.

EPIC pn dedektörünün görüntüleme modunda, olay listelerinde bulunan ana başlıklar 14 tanedir, yukarıdakilere ek olarak (″PAT ID″) ve (″PAT SEQ″) kolonları bulunur. EPIC pn dedektörünün zamanlama modunda, olay listelerinde yer alan ana başlıklar ise sadece 9 tanedir, konumsal koordinatlar (DETX, DETY, X, Y) bu modun olay listesinde bulunmaz. Sadece tek bir eksen (RAWX) konumsal koordinatları içerirken, diğer eksen de olayın dedektöre varış zamanını ölçer.

`emchain` (MOS dedektörleri için) ve `epchain` (pn dedektörü için) komutları, kalibre edilmiş olay listeleri oluşturur. Böylece ham veriler, üzerinde bilimsel çalışma yapmaya uygun hale gelmiş olurlar. Ayrıca ham verilerde bulunan görüntü numarası (frame number), ham koordinatlar (RAW[XY]), enerji kanalı (PHA) bilgileri bu listelerde sırasıyla zaman (UTC), gökyüzü koordinatları ([X,Y]) ve enerji (PI) bilgilerine dönüştürülür.

Kalibre edilmiş olay listelerini elde etmek için, tercihen ham verilere yakın olan bir dosya yoluna, ″EVLI″ adında bir klasör açılır ve bu klasör içerisine girilir:

```
# mkdir /olay_dosyalarının_oluşturulacağı_dosya_yolu/EVLI
# cd /EVLI_klasörünün_bulunduğu_dosya_yolu/EVLI
```

Bu işlemin ardından, sırasıyla aşağıdaki komutlar verilir ve işlemlerin bitmesi beklenir:

```
# emchain
# epchain
# ls
```

Böylece son komutla birlikte terminal ekranında görülebileceği gibi, yanında bir takım ek dosyalarla birlikte kalibre edilmiş olay dosyaları oluşur:

```
PnnnnnnnnM1SeeeMIEVLI0000.FIT      (MOS1 dedektörü)
PnnnnnnnnM2SeeeMIEVLI0000.FIT      (MOS2 dedektörü)
PnnnnnnnnPNSeeePIEVLI0000.FIT      (pn dedektörü)
```

Bu olay dosyalarının içeriği, fv kullanılarak görüntülenebilir:

```
# fv olay_dosyasının_adı.FIT
```

Kalibre edilmiş olay dosyaları oluşturmak için, emproc ve epproc komutları da kullanılabilir. Bu komutların olay listelerini özelleştirmek için kendilerine ait bir takım alt parametreleri vardır (örneğin tek bir pozu, tek bir aygıtı ya da tek bir CCDyi seçmek için). Ancak, kullanıcı ile etkileşmeden ham veri üzerinde gereken dizi işlemleri (pipeline processes) en basit ve öz haliyle gerçekleştirdiği için `emchain` ve `epchain` komutlarını kullanmak daha iyi bir seçim olacaktır.

Olay listelerine ilişkin yararlı bir özellik, aynı hedefi veya ona çok yakın bir yönü gören iki ayrı pozlamaya ait olay listesini (hatta farklı aygıtlar ve gözlemler olsalar bile) kaynaştırılabilmesidir.

Işık eğrisi elde etmek ve görüntülemek: Işık eğrisi elde etmek için gerekli olan parametrelerin nasıl kullanıldığı aşağıdaki örnekle anlaşılabilir:

```
ÖRNEK:    evselect table=PnnnnnnnnM1SeeeMIEVLI0000.FIT
     withrateset=yes rateset=mos1_lightcurve_deneme.fits
     maketimecolumn=yes timecolumn=TIME timebinsize=100
     makeratecolumn=yes

ÖRNEK:    evselect table=PnnnnnnnnM2SeeeMIEVLI0000.FIT
     withrateset=yes rateset=mos2_lightcurve_deneme.fits
     maketimecolumn=yes timecolumn=TIME timebinsize=200
     makeratecolumn=no

ÖRNEK:    evselect table=PnnnnnnnnPNSeeePIEVLI0000.FIT
     withrateset=yes rateset=pn_lightcurve_deneme.fits
     maketimecolumn=yes timecolumn=TIME timebinsize=300
```

```
maketimecolumn=no expression='#XMMEA_EP && PI in
[2000:10000]&&(PATTERN==0)'
```

Yukarıdaki örneklerde:

table: Üzerinde işlem yapılacak kalibre edilmiş olay dosyasının adını belirtir.
withrateset: Bir ışık eğrisi oluşturulacağını belirtir.
rateset: Filtreleme sonucunda çıkacak ışık eğrisi dosyasının adını belirtir.
maketimecolumn: Bir zaman ekseni oluşturulacağını belirtir.
timecolumn: Zaman ekseninin etiketini belirtir.
timebinsize: Zaman ekseni için veri gruplama değerini saniye cinsinden belirtir.
makeratecolumn: Bir sayım oranı (count rate) ekseni oluşturur. ″no″ olarak alınırsa, sayım (count) ekseni oluşturur.
expression: Işık eğrisinin esas filtrelemesi için kullanılacak ifadeyi belirtir. Bu parametre kullanıldığında, ifadenin yukarıdaki örneklerde olduğu gibi belirtilmesine dikkat edilmelidir (görüntü oluşturmada kullanılan ifade yapısından bir miktar farklıdır).

Oluşturulan bir ışık eğrisini grafik kullanıcı arayüzünde incelemek için, `dsplot` adlı görüntüleme yazılımı veya HEASoft yazılımı altındaki XImage paketi kullanılır:

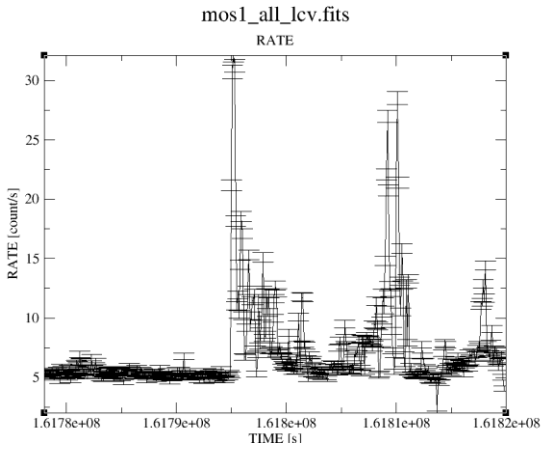
```
# dsplot table=oluşturulan_ışık_eğrisinin_adı.fits x=TIME
    y=RATE
```

Yukarıdaki komutta:

table: Görüntülenecek ışık eğrisinin adını belirtir.
x/y: Görüntülenecek ışık eğrisinin yatay / dikey eksenlerine hangi niceliğin yerleştirileceğini belirtir. Kullanıcı, eksenlerdeki niceliklerin yerini değiştirebilir. ″RATE.ERROR″ olarak alınırsa, hata barları da görüntülenir.

```
# ximage
   > read/fits oluşturulan_ışık_eğrisinin_adı.fits
   > disp
   > exit
```

Yukarıdaki komutta, ilk komut *XImage'*ı çalıştırır. İkinci komut ışık eğrisine ait dosyayı seçer. Üçüncü komut eğriyi görüntüler (şekil 5). Son komut *XImage'*dan çıkarak terminal komut satırına geri döner.



Şekil 5 Örnek bir ışık eğrisi

Kalibre Edilmiş Olay Listeleri Üzerinde Temizleme ve Filtreleme: İlgilenilen kaynağın özelliklerine ve çalışmanın amacına göre, kullanıcı kendi kriterleri doğrultusunda olay listelerinden parçalar alabilir, bunları görüntü (gökyüzü koordinatları – enerji), ışık eğrisi (zaman – sayım oranı) ve tayfa (enerji – sayım oranı) dönüştürebilir.

Kullanıcı, ″EVLI″ klasörü altına oluşturacağı ″MOS1″, ″MOS2″ ve ″PN″ klasörlerinin altına ilgili olay dosyasını taşımak suretiyle, terminalde çalışma kolaylığı sağlayabilir:

```
# cd /EVLI_klasörünün_yeri/EVLI/
# sudo mkdir MOS1 MOS2 PN
# sudo mv PnnnnnnnnM1SeeeMIEVLI0000.FIT /MOS1
# sudo mv PnnnnnnnnM2SeeeMIEVLI0000.FIT /MOS2
```

```
# sudo mv PnnnnnnnPNSeeePIEVLI0000.FIT /PN
```

Filtreleme işlemleri için, çok işlevli olan `evselect` komutu kullanılır. Standart filtreleme işlemleri, filtreleme sonucu oluşturulacak ürünün türü baz alınarak yapılır, yalnızca uygun işleve sahip parametreleri kullanmak suretiyle gerek görüntü ve ışık eğrisi, gerekse tayf elde edilebilir ve bunların genel karakteristikleri ayarlanabilir.

Filtreleme işleminde dikkate alınması gereken ilk durum, verideki SPF kirlenmesini ayıklamaktır. Bunun için bir ışık eğrisi oluşturulur. Sayımların ~100 sayım /s değerini geçtiği yerlerde bu kirlenmeden söz edilir. Bu etkilerden kurtulmak için GTI filtreleri oluşturmak gereklidir. GTI filtreleri ihtiyaca göre gerek belli bir zaman aralığındaki verilerin, gerekse istenilen aralıktaki sayım oranlarının ayıklanmasını sağlar. GTI filtresi, `tabgtigen` komutuyla oluşturulur. Kullanıcı `TIME` veya `RATE` ifadelerini kullanarak, isterse belli zaman parçalarını, isterse belli sayım oranlarını gözlemden kesip alabilir.

```
# tabgtigen table=ışık_eğrisinin_adı.fits
     gtiset=oluşturulacak_gti_filtresinin_adı.fits
     timecolumn=TIME
     expression='(TIME<=kesilmek_istenen_zaman_limiti)'

# tabgtigen table=ışık_eğrisinin_adı.fits
     gtiset=oluşturulacak_gti_filtresinin_adı.fits
     timecolumn=TIME
     expression='(RATE<=kesilmek_istenen_sayım_limiti)'
```

Kesilmek istenen sayım oranı limitini belirlemenin yolu, `fv` editörü ile ışık eğrisinin içeriğindeki sayım oranlarını görüntüleyerek, bir metin dosyasına liste şeklinde aktarmak ve bu sayım oranlarının ortalamasını ve standart sapmasını hesaplamaktır. Böylelikle sayım oranı ve standart sapma toplanarak, kesim oranının üst limiti

belirlenmiş olur, alt limite ise gerek yoktur. Tüm bu işlemler sonucunda bir GTI filtresi oluşur.

İkinci filtreleme ise, `evselect` komutunun olay listesi filtreleme işlevi ve kullanıcıdan talep ettiği ″ifadeler (expression)″ doğrultusunda gerçekleştirilir. İfadede yer alan bazı seçenekler vardır. Bu seçenekler, istek doğrultusunda birbirlerine ″`&&`″ ifadesi kullanılarak bağlanabilir. Her türlü filtreleme kriterinin kullanılması zorunlu da değildir. ″`FLAG==0`″ seçeneği, sıcak veya kötü piksellerin yerlerini programa hatırlatan ve analizde bunları dikkate almamasını sağlayan bir kriterdir, böylelikle daha sıkı şekilde filtreleme yapılır, ciddi bir tayf analizi yaparken kriter muhakkak kullanılmalıdır. ″`PATTERN <= 0_ile_12_arası_bir değer`″ seçeneği, bir olay için CCD üzerinde tetiklenen piksellerin sayısı ve tetikleme sonucu oluşan desenle ilgilidir, `PATTERN==0` tek piksellik, `PATTERN<=4` çift piksellik, `PATTERN<=12` üçlü ve dörtlü piksellik olaylar için kullanılır. MOS1 ve MOS2 için bu parametre daima ″`PATTERN<=12`″ ve PN için ″`PATTERN<=4`″ olarak alınır. ″`PI in [`alt_enerji_limiti:üst_enerji_limiti`]`″ seçeneği, olay listesine ait hangi enerji aralığının kesilip alınacağını belirtir. Alt ve üst enerji limitlerine, isteğe uygun enerji değerleri eV cinsinden yazılır, maksimum genişletilebilecek sınır değerler olarak MOS dedektörleri için 200-12000 eV ve pn dedektörü için 200-15000 eV arasında olmalıdır. XMM-Newton′un çalışma aralığı 100-15000 eV olmasına karşın, bu değerlerin çalışma aralığı alt sınırından biraz uzak tutulmasında yarar görülmüştür, düşük enerjili gürültüye sebep olan bazı olaylardan bu sayede bir miktar kaçınılabilir. Genel bir bakış olarak, yumuşak (500-2000 eV), sert (2000-12000 eV) ve tüm (300-12000 eV) bantlarda örnek filtrelemeler yapılabilir. Son olarak ″`#XMMEA_EM` (MOS dedektörleri için)″ veya ″`#XMMEA_EP`″ (pn dedektörleri için) seçeneği bir şarta bağlıdır, eğer kalibre edilmiş olay listeleri oluşturulurken `emchain` ve `epchain` komutları kullanıldıysa, ifadede bu seçeneğe yer verilmez. Kullanıcı ayrıca istek doğrultusunda sadece istediği uzay parçalarına ait veriyi kullanmak veya bu bölgeleri atmak isteyebilir. Bu durumda, tayf oluşturma başlığı altında anlatılan ″`((X,Y) IN ..`″ veya ″`(!(X,Y) IN ..`″ kalıplarının kullanılması gerekir (″!″ sembolü, ilgili bölgenin dikkate alınmamasını

sağlar). Tüm bunlar birleştirildiğinde, filtreleme kriterinin son hali aşağıdaki gibi olacaktır:

```
# evselect table=PnnnnnnnnM1SeeeMIEVLI0000.FIT
     withfilteredset=yes expression='(PATTERN<=12)&&(PI in
     [200:10000])&&(FLAG==0)&&((X,Y) IN
     ..)&&GTI(oluşturulan_gti_filtresinin_adı.fits)'
     filteredset=oluşturulacak_filtrelenmiş_olay_list.fits
     filtertype=expression keepfilteroutput=yes
     updateexposure=yes filterexposure=yes
```

veya

```
# evselect table=PnnnnnnnnM1SeeeMIEVLI0000.FIT
     withfilteredset=yes expression='(PATTERN<=12)&&(PI in
     [200:10000])&&(FLAG==0)&&(!(X,Y) IN
     ..)&&GTI(oluşturulan_gti_filtresinin_adı.fits)'
     filteredset=oluşturulacak_filtrelenmiş_olay_list.fits
     filtertype=expression keepfilteroutput=yes
     updateexposure=yes filterexposure=yes
```

Görüntü dosyası elde etmek ve görüntülemek: Görüntü dosyası elde etmek için gerekli olan parametrelerin nasıl kullanıldığı aşağıdaki örneklerden anlaşılabilir:

```
ÖRNEK: evselect table=filtrelenmiş_olay_listesi.fits
     withimageset=yes imageset=mos1_image_deneme.fits
     xcolumn=X ycolumn=Y ximagesize=600 yimagesize=600
     imagebinning=imageSize
```

```
ÖRNEK:    evselect table= filtrelenmiş_olay_listesi.fits
     withimageset=yes imageset=mos2_image_deneme.fits
     xcolumn=X ycolumn=Y ximagesize=600 yimagesize=600
     imagebinning=binSize ximagebinsize=100
```

```
yimagebinsize=100 filtertype=expression
expression='(FLAG==0)&&(PI in [500:2000])'
```

ÖRNEK:
```
evselect table= filtrelenmiş_olay_listesi.fits
withimageset=yes imageset=pn_image_deneme.fits
xcolumn=Y ycolumn=X ximagesize=700 yimagesize=1000
imagebinning=binSize ximagebinsize=500
yimagebinsize=500 filtertype=expression
expression='(FLAG==0)&&(PATTERN<=12)&&(PI in
[7000:12000])'
```

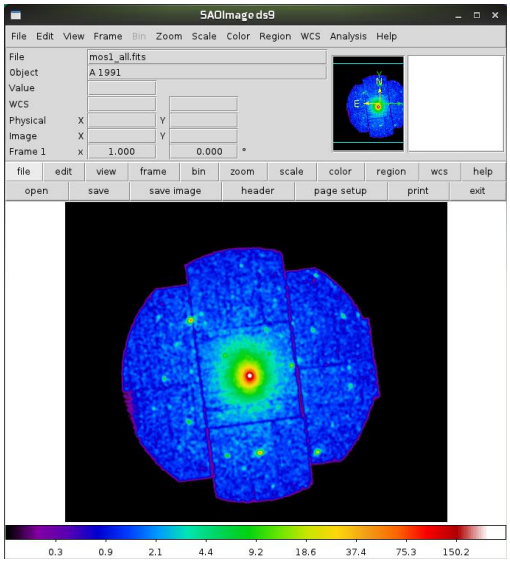
Yukarıdaki örneklerde:

table: Üzerinde işlem yapılacak filtrelenmiş olay dosyasının adını belirtir.
withimageset: Bir görüntü dosyası oluşturulacağını belirtir.
imageset: Filtreleme sonucunda çıkacak görüntü dosyasının adını belirtir.
xcolumn/ycolumn: Görüntünün yatay/dikey eksende hangi koordinatların yerleştirileceğini belirtir. Eksenler ters yerleştirilebilir.
ximagesize/yimagesize: Görüntünün yatay/dikey eksenlerdeki boyutunu piksel cinsinden belirtir. Tüm görüş alanının ne kadarının görüntüleneceğine dair ayarlama yapmayı sağlar, büyütme veya veri gruplama kavramlarıyla karıştırılmamalıdır.
imagebinning: Görüntünün veri gruplama değerini belirtir, ″imageSize″ olarak alınırsa veri gruplama değeri 1′dir. ″binSize″ olarak alınırsa veri gruplama değeri için ″ximagebinsize/yimagebinsize″ alt parametrelerinde belirtilen değerler esas alınır.
filtertype: Görüntünün esas filtrelemesi için bir ifade kullanılacağını belirtir. Bu parametre kullanıldığında ″expression″ alt parametresi kullanılarak, esas filtreleme ifadesi daha önce anlatılan kurala uygun şekilde belirtilmelidir.

Oluşturulan bir görüntüyü grafik kullanıcı arayüzünde incelemek için, ds9 adlı görüntüleme yazılımı kullanılır (bkz. şekil 6):

```
# ds9 oluşturulan_görüntünün_adı.fits
```

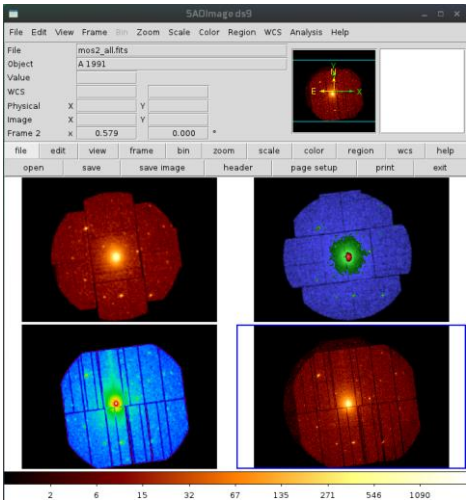
ds9 içerisinde, görüntünün daha rahat görülebilmesi için ″Scale″ menüsünden ″log″, ″Color″ menüsünden ″sls″ ve ″Analysis″ menüsünden ″Smooth″ seçilebilir. Kullanıcı, keyfi olarak bu seçenekleri değiştirebilir.



Şekil 6 `ds9` penceresinden örnek bir görüntü dosyası

Görüntü üzerinde değişiklikler/seçimler yapabilmek için, fare kullanımı gerekir. Sol fare tuşu ile görüntünün üzerine tıklandığında, bir çember oluşur. Bu çember, bilimsel analiz esnasında çemberin içindeki bölgeye ilişkin bilgilerin elde edilmesinde yardımcı olur. Ortasına bir kere tıklandığında aktif hale gelir ve sol fare tuşuyla sürüklenip görüntü üzerinde taşınabilir. Ortasına çift tıklanarak özellikleri görüntülenebilir veya değiştirilebilir (örn. renk, boyut, koordinatlar, koordinat türü). Çember aktif iken klavye kısayolları vasıtasıyla, örneğin ″Ctrl + C″ ile kopyalabilir, ″Ctrl + V″ ile yapıştırılabilir, ″Del″ ile silinebilir. Orta fare tuşu, görüntünün uzaklaştırıp yakınlaştırılmasına yardımcı olur, imleç görüntünün herhangi bir yerine getirilerek o bölgeye uzaklaştırma/yakınlaştırma yapılabilir. Farenin sağ tuşu basılı tutularak yatay veya dikey eksende hareket ettirildiğinde pencerenin alt ekseninde yer alan ölçek baz alınarak enerji dağılımının uygun renklerle görüntülenmesi sağlanır.

Aynı anda bir çok görüntü dosyası `ds9` içerisinde görüntülenebilir (şekil 7). Böylece görüntü üzerinde karşılaştırlamalar yapmak ve eşzamanlı olarak çalışmak kolaylaşır. Aynı pencerede çok sayıda görüntü dosyasını görüntüleyebilmek için, `ds9` penceresindeki ″Frame″ menüsünden ″New Frame″ seçeneği tıklanır. İstenildiği kadar çerçeve açıldıktan sonra bunları görebilmek için ″Frame″ menüsünden ″Tile Frames″ seçeneği tıklanır. Her bir çerçeveye tıklanıp aktif hale getirilerek ″File″ menüsünden ″Open″ tıklanır ve görüntüler açılır.[27]



Şekil 7 `ds9` penceresinde çok-çerçeveli görüntüleme

Her bir EPIC aygıtı için aynı kriterlerle filtrelenerek oluşturulmuş görüntüler, ″mosaic″ görüntüler oluşturmak üzere birleştirilebilir (şekil 8). Mosaic görüntülerde, her bir aygıta ait görüntüler uygun projeksiyon yöntemiyle yazılımsal olarak düzeltilip, üst üste bindirilerek ve kaynaştırılır. Bu yöntem, sönük kaynakların tespitinde kolaylık sağlar.

Mosaic görüntü oluşturmak için emosaic komutu kullanılır. Birleştirilecek görüntüler aynı klasöre konulduktan sonra:

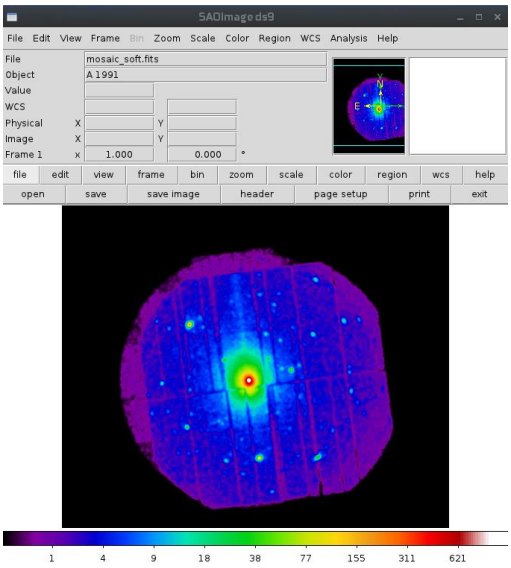
```
# emosaic imagesets='mos1_görüntü.fits mos2_görüntü.fits
     pn_görüntü.fits'mosaicedset=mosaic_görüntü.fits
```

Yukarıdaki komutta:

[27] ds9 kullanımı hakkındaki detaylı bilgi, http://cxc.harvard.edu/ciao/threads/ds9/ adresinden edinilebilir.

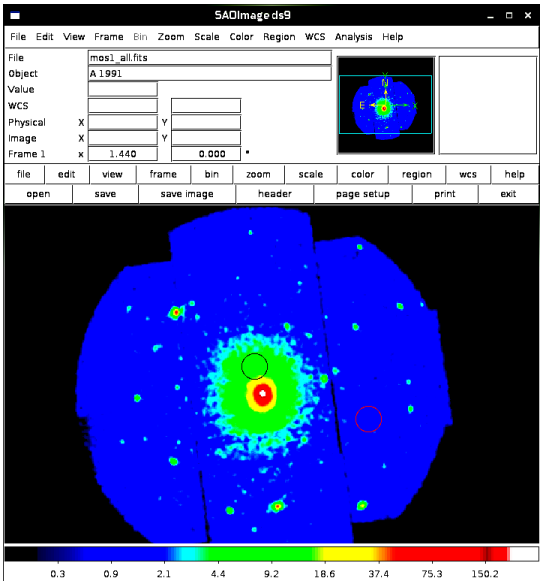
imagesetes: Mosaic görüntü oluşturmak üzere işleme alınan dosyaların adını belirtir.

mosaicedset: Oluşturulacak mosaic görüntünün adını belirtir.



Şekil 8 EPIC kameralarının filtrelenmiş görüntülerinden oluşan bir mosaic görüntü dosyası

Tayf elde etmek ve analize hazırlamak: Tayf elde etmek için, öncelikle ds9 görüntüleme yazılımı vasıtasıyla ilgilenilen bölgenin sınırları belirlenmelidir (şekil 9). Amaca uygun biçimde filtrelenmiş bir görüntü, `ds9` ile açılır. Daha sonra görüntü üzerinde iki adet çember alınır. Çemberlerden biri ilgilenilen ″kaynak (source)″, diğeri de ″arkaplan (background)″ özelliklerini almayı sağlar. Çemberlerin yarıçapı yaklaşık 30″ olarak alınabilir. Ayrıca, iki çemberin rengi birbirinden farklı seçilirse, daha sonraki kullanımda kaynak ve arkaplanı ayırt etmek kolaylaşır. Arkaplan çemberinin yakın çevresinde kaynak olmamasına ve görüntünün kenarlarına çok yakın yerlerden alınmamasına özen gösterilmelidir.



Şekil 9 `ds9` penceresinde kaynak (yeşil alan üzerinde) ve arkaplan (mavi alan üzerinde) bölgelerinin belirlenmesi

Bölgeler belirlendikten sonra, ds9 ana penceresinde bulunan ″Region″ menüsünden, ″List Regions″ seçilir. Açılan pencerede, görüntü üzerinde alınmış çemberlerin fiziksel koordinatları ve renk bilgisi yer almaktadır. ″File″ menüsünden ″Save..″ seçeneği ile bu koordinat listesi daha sonra kullanılmak üzere uygun bir dosya yoluna kaydedilir.
Koordinat listesini terminal üzerinden görüntülemek için:

```
# more koordinat_dosyasının_adı.txt
```

Tayf oluşturma işleminin 4 ana basamağı vardır: hem kaynak hem de arkaplan bölgesi için olay listesinden ham tayf verisinin alınması (`evselect`), kaynak ve arkaplan bölgelerinin alanlarının hesaplanması (`backscale`), dedektör tepki matrisinin (dedector response matrix / redistribution matrix) hesaplanması (`rmfgen`), etkin alanın hesaplanması (`arfgen`).

Birinci adımda, `evselect` komutu kullanılarak olay listesinden ham tayf verileri alınır. Bu işlem, aşağıdaki örneklerde görülen kalıplara uygun olarak gerçekleştirilmelidir:

ÖRNEK:

```
evselect table= filtrelenmiş_olay_listesi.fits
spectrumset=mos1_sourcespec.pispectralbinsize=15
withspecranges=true specchannelmin=0
specchannelmax=11999 withspectrumset=yes
energycolumn=PI filtertype=expression
expression='(FLAG==0)&&(PATTERN <= 12)&&(PI in
[200:12000])&&((X,Y) IN
circle(22167.675,31190.691,1200))'
```

ÖRNEK:

```
evselect table= filtrelenmiş_olay_listesi.fits
spectrumset=pn_backgroundspec.pi
spectralbinsize=5 withspecranges=true
specchannelmin=0 specchannelmax=20479
withspectrumset=yes energycolumn=PI
filtertype=expression
expression='(FLAG==0)&&(PATTERN <= 4)&&(PI in
[600:10000])&&((X,Y) IN
circle(19517.879,29065.691,1200))'
```

Yukarıdaki örneklerde:

table: Üzerinde işlem yapılacak filtrelenmiş olay dosyasının adını belirtir.

withspectrumset: Bir tayf oluşturulacağını belirtir.

spectrumset: Filtreleme sonucunda çıkacak tayf dosyasının adını belirtir.

spectralbinsize: Enerji için veri gruplama değerini eV cinsinden belirtir. Değeri MOS dedektörleri için 15, pn dedektörü için 5 alınmalıdır.

withspecranges: Belli bir tayfsal aralığın alınacağını belirtir. Değeri ″true″ olarak alınır.

specchannelmin/specchannelmax: Tayfsal aralığın minimum/maksimum değerini belirtir. MOS dedektörleri için maksimum değer ″11999″, pn dedektörü için ″20479″ alınmalıdır.

filtertype: Tayfın esas filtrelemesi için bir ifade kullanılacağını belirtir. Bu parametre kullanıldığında ″expression″ alt parametresi kullanılarak, esas filtreleme ifadesi daha önce anlatılan kurala uygun şekilde belirtilmelidir.
(X,Y) IN circle(x_koordinatları,y_koordinatları,yarıçap): Filtrelenmiş görüntü üzerinde alınan çemberin merkez koordinatları ve yapıçapını belirtir. Yarıçap birimi 0″.05 olarak alınır ve sabittir (örneğin 60 yaysaniyelik bir alanı belirtmek için yarıçap hanesine 1200 yazılması gerekir, 60″/0″.05 = 1200). Filtrelenmiş görüntülerin üzerinden elde edilen kaynak ve arkaplan koordinat bilgileri, yukarıdaki tayf filtreleme komutunda uygun yerlere yazılmalı, koordinatları birbirine karıştırılmamalıdır.

İkinci adımda[28], backscale komutu ile kaynak ve arkaplan bölgelerinin alanları hesaplanır, ayrıca kötü piksellerin (bad pixel) konumları da olay listesinden çıkartılır.

```
# backscale spectrumset=oluşturulan_tayf_dosyasının_adı.pi
     badpixlocation= filtrelenmiş_olay_listesi.fits
```

EPIC verilerinin tayfsal analizi, HEASoft XANADU[29] yazılımının altındaki ″Xspec″ paketiyle yapılır ve bu paketin kalibre edilmiş verilere ek olarak bazı özel dosyaların oluşturulmasına ihtiyacı vardır. Xspec tarafından kullanılan tayfsal modelleme tekniği, EPIC tarafından gözlenen tayfı simüle etmek için dedektör tepkisinin karakterize edilmesine ihtiyaç duyar. Bu amaçla oluşturulan dosyalar, tepki matrisi dosyası (response matrix file/ redistribution matrix) ve yardımcı bölge dosyasıdır (ancillary region file).

Üçüncü adımda[30], rmfgen komutu ile dedektör tepki matrisi oluşturulur:

```
# rmfgen spectrumset=oluşturulan_tayf_dosyasının_adı.pi
     rmfset=oluşturulacak_rmf_dosyasının_adı.rmf
```

[28] Bu adımdan itibaren, kullanıcının bilgisayarında internet bağlantısı mevcut olmalıdır. Çünkü kalibrasyon dosyaları program tarafından kalibrasyon veritabanına bağlanarak kontrol edilmektedir.
[29] http://heasarc.nasa.gov/lheasoft/
[30] Birinci ve ikinci adımlar, hem kaynak hem de arkaplan bölgeleri için ayrı ayrı tekrarlanır. Üçüncü ve dördüncü adımlar yalnızca kaynak dosyalarını kullanır.

Dördüncü adımda, arfgen komutu ile yardımcı bölge dosyası oluşturulur.

```
# arfgen arfset=oluşturulan_arf_dosyasının_adı.arf
     spectrumset=oluşturulan_tayf_dosyasının_adı.pi
     extendedsource=yes withrmfset=yes
     rmfset=oluşturulacak_rmf_dosyasının_adı.rmf
     withbadpixcorr=yes badpixlocation=
     filtrelenmiş_olay_listesi.fits modelootcorr=yes
```

Yukarıdaki komutta dikkat edilmesi gereken iki husus, MOS dedektörleri için `modelootcorr` parametresinin ″yes″, pn dedektörü için ″no″ alınması gerektiğidir. İlgilenilen kaynak nokta kaynak değilse, ″extendedsource″ parametresi ″no″ olarak alınmalıdır.

Nokta Kaynakların Tespit Edilmesi: Bunun için, SPF etkilerinden arındırılmış ve 200-12000 eV enerji aralığında filtrelenmiş olay listesi kullanılır. Filtrelemenin diğer kriterleri, ilgili başlık altında anlatıldığı gibi gerçekleştirilir. İşleme başlamak için öncelikle:

```
# atthkgen atthkset=attitude.fits timestep=1
```

komutu verilir. Ardından attitude.fits adlı bir dosyanın oluştuğu görülecektir. Sonra, MOS1 ve MOS2 için ayrı ayrı 200-500, 500-1000, 1000-2000, 2000-4500 ve 4500-12000 eV aralıklarında ve PN için 300-500, 500-1000, 1000-2000, 2000-4500 ve 4500-12000 eV aralıklarında görüntüler oluşturulmalıdır. MOS1 ve MOS2 için:

```
# evselect table=filtrelenmiş_olay_listesi.fits
     imagebinning=binSize
     imageset=oluşturulacak_görüntünün_adı.fits
     withimageset=yes xcolumn=X ycolumn=Y ximagebinsize=40
```

```
      yimagebinsize=40 expression='(PI in
      [..])&&(PATTERN<=12)&&(FLAG==0)'

# evselect table=filtrelenmiş_olay_listesi.fits
      imagebinning=binSize
      imageset=oluşturulacak_görüntünün_adı.fits
      withimageset=yes xcolumn=X ycolumn=Y ximagebinsize=80
      yimagebinsize=80 expression='(PI in
      [..])&&(PATTERN<=4)&&(FLAG==0)'
```

Kaynak tespit işlemine başlanması için gerekli komutlar, her bir dedektör için ayrı ayrı aşağıdaki gibidir. Görüntülerin enerjilerine göre artan sırada verilmeleri gerektiği unutulmamalıdır:

```
#   edetect_chain imagesets='mos1_görüntü1.fits
      mos1_görüntü2.fits mos1_görüntü3.fits
      mos1_görüntü4.fits mos1_görüntü5.fits'
      eventsets=mos1_filtrelenmiş_olay_listesi.fits
      attitudeset=attitude.fits pimin='200 500 1000 2000
      4500' pimax='500 1000 2000 4500 12000' ecf='1.772
      1.977 0.745 0.277 0.030'
      eboxl_list=mos1_eboxlist_l.fits
      eboxm_list=mos1_eboxlist_m.fits esp_nsplinenodes=16
      eml_list=mos1_emllist.fits esen_mlmin=15

#   edetect_chain imagesets=' mos2_görüntü1.fits
      mos2_görüntü2.fits mos2_görüntü3.fits
      mos2_görüntü4.fits mos2_görüntü5.fits'
      eventsets=mos2_filtrelenmiş_olay_listesi.fits
      attitudeset=attitude.fits pimin='200 500 1000 2000
      4500' pimax='500 1000 2000 4500 12000' ecf=0.094
      1.620 0.706 0.273 0.030'
      eboxl_list=mos2_eboxlist_l.fits
```

```
     eboxm_list=mos2_eboxlist_m.fits esp_nsplinenodes=16
     eml_list=mos2_emllist.fits esen_mlmin=15

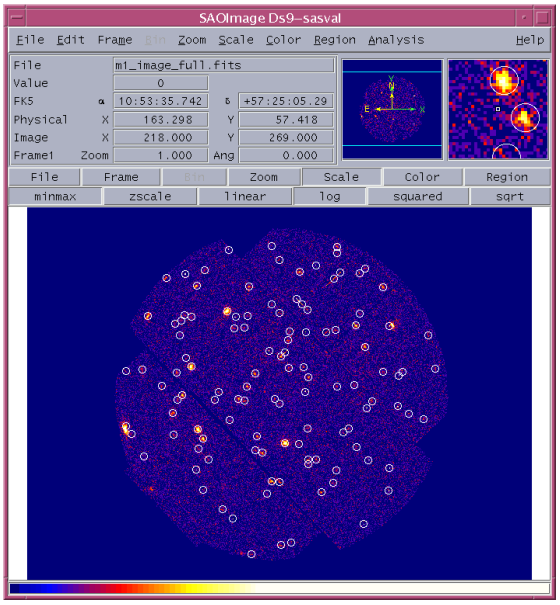
#   edetect_chain imagesets='pn_görüntü1.fits
     pn_görüntü2.fits pn_görüntü3.fits pn_görüntü4.fits
     pn_görüntü5.fits'
     eventsets=pn_filtrelenmiş_olay_listesi.fits
     attitudeset=attitude.fits pimin='300 500 1000 2000
     4500' pimax='500 1000 2000 4500 12000' ecf='8.970
     6.596 1.953 0.941 0.240'
     eboxl_list=pn_eboxlist_l.fits
     eboxm_list=pn_eboxlist_m.fits esp_nsplinenodes=16
     eml_list=pn_emllist.fits esen_mlmin=15
```

Komutların işlenme hızı, işlemci hızına göre değişik sürelerde (15 dakika – 4 saat arası) tamamlanmaktadır. İstenilen dedektörlerin kaynak tespit işlemleri bittikten sonra, nokta kaynakları görüntülemek için, MOS1 ve MOS2 için 200-12000 ve PN için 300-10000 eV aralığında görüntüler oluşturulur. Bu görüntüler, aşağıdaki komutta yerine yazılır, örnek olarak MOS1 kullanılmıştır:

```
# srcdisplay boxlistset=mos1_emllist.fits
     imageset=mos1_tüm_bant_görüntü.fits sourceradius=0.01
```

Bu işlemden sonra**,** şekil 10′da gösterildiği gibi bir `ds9` penceresi otomatik olarak açılacak ve kaynakların yerleri görüntülenecektir. Bu kaynakları kaydetmek için, ″Regions > Save Regions..″ yolu izlenmelidir.[31]

[31] XMM-Newton ve SAS ile ilgili her türlü dökümantasyon için http://xmm.esac.esa.int/ adresine başvurulabilir.



Şekil 10 Örnek bir nokta kaynak tespiti

Verinin gruplanması ve birleştirilmesi: Elde edilen tayf, istatistik amaçlar doğrultusunda gruplanmalıdır (bin). `FTOOLS` yazılımı altındaki `grppha` komutu, kaynak tayfını farklı kriterler doğrultusunda gruplamanın yanısıra bunu `RMF`, `ARF` dosyaları ve arkaplan tayfıyla birleştirerek `XSpec` ile tayf analizine uygun hale getirir. Gruplama işlemi, her grup başına düşecek minimum sayım değeri baz alınarak yapılır.

`grppha` çalıştırıldığında, kullanıcıdan veri girdisi bekler:

```
# grppha
> Please enter PHA filename[]
     oluşturulan_kaynak_tayfı_dosyası.pi
> Please enter output filename[]
     oluşturulacak_tayf_dosyası.grp
>GRPPHA[] group min gruplanmak_istenen_sayım_miktarı
>GRPPHA[] chkey BACKFILE
     oluşturulan_arkaplan_tayfı_dosyası.pi
>GRPPHA[] chkey RESPFILE
     oluşturulan_tepki_matrisi_dosyası.rmf
```

```
>GRPPHA[] chkey ANCRFILE
     oluşturulan_yardımcı_bölge_dosyası.arf
>GRPPHA[] exit
```

Bu işlemle birlikte, XSpec analizine uygun hale getirilmiş ″.grp″ uzantılı bir tayf dosyası oluşturulur. Her aygıtın dosyaları kendi içinde birleştirilmelidir.

Verinin tayfsal analizi: XSpec, HEASOFT yazılımın bir parçası olan XANADU paketinin bir işlevidir. X-ışın tayflarının analizi ve modellenmesi için kullanılır. Kendine has komut satırı ve komutları vardır ve bunlar 6 ana gruba ayrılır (kontrol, veri, fit, model, grafik ve ayar komutları). En sık kullanılanlardan bazıları, ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır. Aşağıdaki komut ile XSpec komut satırına geçmek mümkündür:

```
# xspec
```

help: XSpec ile ilgili yardım dökümanına erişmeyi sağlar.
show: XSpec genel ayarları, tayf verisi ve yapılan modele ilişkin genel bilgileri görüntüler.
version: Xspec versiyon bilgisini görüntüler.
exit: XSpec′ten çıkarak terminal komut satırına döner.
data: Üzerinde çalışılacak tayf dosyasını seçer.
data tayf_dosyasının_adı.grp (tayf dosyasını seçer)
data none (tayf dosyasını bırakır)
ignore: Tayf üzerinde kanal, enerji ve dalgaboyu aralıklarında istenilen aralığın ihmal edilmesini sağlar. Eğer enerji aralığı üzerinden ihmal yapılacaksa, enerjiler ondalıklı sayı şeklinde girilmelidir. Eğer kanal üzerinden ihmal yapılcaksa, tam sayılar şeklinde giriş yapılmalıdır. Aralık belirtirken, sayılar arasına ″–″ işareti konulmalıdır. Aynı satırda iki aralık aralarına virgül konularak işleme alınabilir. Bir aralığın sınırları dışında kalan tüm yerleri ihmal etmek için ″**″ kullanılabilir. ″ignore bad″ komutu, kullanılmayan kanalları elimine eder.

`notice: ignore` komutunun yaptığı işin tersini gerçekleştirir, verilen aralıkların dikkate alınmasını sağlar.

`fit:` Tayf verisinin üzerine modeli fit eder.

`model: XSpec`'teki mevcut modellerin görüntülenmesini ve seçilmesini sağlar. Sık kullanılan iki model kategorisi vardır: Toplamsal (additive) ve çarpımsal (multiplicative). Birkaç farklı model matematiksel yazım ile birleştirilebilir, örneğin kuvvet yasası `powerlaw` (additive) ve ısısal plazma modeli `mekal` (additive) birleştirilip, hepsinin üzerine etkiyecek şekilde fotoelektrik soğurma `phabs` (multiplicative) eklenebilir, `"phabs(powerlaw+meka)".`

`model`[32] (modelleri görüntüler)

`model model_adı_veya_uygun_matematiksel_yazım` (model seçer)

`model none` (modelleri bırakır)

`hardcopy:` Görüntüleme aygıtının yarattığı görseli kaydeder.

`hardcopy /kaydedilecek_dosyanın_yolu/dosyanın_adı.ps`

`plot:` Tayf verisinin y - ekseninde hangi parametreye / parametrelere karşı çizileceğini belirtir. Tek komutta birden fazla çizim parametre belirtilebilir.

`plot data` (sadece tayf verisini çizer)

`plot ldata` (sadece logaritmik tayf verisini çizer)

`plot counts` (sayım değerine göre çizer)

`plot model` (sadece modeli çizer)

`plot delchi` (artıkları çizer)

`setplot:` Tayf verisinin x - ekseninde hangi parametreye göre çizileceğini ve çizimlerin hangi kriterlere göre gerçekleştirileceğini belirtir.

`setplot channel` (Tayf verisini kanal bilgisine göre çizer)

`setplot energy` (Tayf verisini enerji bilgisine göre çizer)

`setplot wave` (Tayf verisini dalgaboyu bilgisine göre çizer)

`setplot device` (veya `cpd`) `/görüntüleme_aygıtı_adı` (Görüntüleme aygıtını ayarlar)

[32] XSpec modellerinin çeşitleri ve detayları için http://heasarc.gsfc.nasa.gov/xanadu/xspec/manual/Models.html adresinden faydalanılabilir.

`setplot ylog/xlog ON/OFF` (x - ya da y - ekseninin logaritmik çizilip çizilmeyeceğini belirtir)

Komutların anlaşılması bakımından, 0.3 – 10 keV enerji aralığındaki tayfına `apec` modeli uygulanacaktır. Modelin uygulanmasında fotoelektrik soğurma da göz önünde bulundurulmalıdır.

```
# xspec
XSPEC12> data 1:1 spectrum_mos1.grp
XSPEC12> data 2:2 spectrum_mos2.grp
XSPEC12> data 3:3 spectrum_pn.grp
XSPEC12> setplot device /xw
XSPEC12> setplot xlog OFF
XSPEC12> setplot energy
XSPEC12> ignore 1:1 **-0.3,10.0-**
XSPEC12> ignore 2:2 **-0.3,10.0-**
XSPEC12> ignore 3:3 **-0.3,10.0-**
XSPEC12> ignore bad
XSPEC12> plot ldata
XSPEC12> model phabs*apec
1:data group 1::phabs:nH>0.0425
2:data group 1::apec:kT>
3:data group 1::apec:Abundanc>
4:data group 1::apec:Redshift>0.0909
5:data group 1::apec:norm>
6:data group 2::phabs:nH>
7:data group 2::apec:kT>
8:data group 2::apec:Abundanc>
9:data group 2::apec:Redshift>
10:data group 2::apec:norm>
11:data group 3::phabs:nH>
12:data group 3::apec:kT>
13:data group 3::apec:Abundanc>
```

```
14:data group 3::apec:Redshift>
15:data group 3::apec:norm>
```

Her bir aygıt için (MOS1, MOS2 ve PN) modelin tanımlandığına dikkat edilmelidir. Sadece ilk aygıtın parametreleri sorulduğunda girilir, diğer parametreler geçilir. Program geri kalan aygıtların parametrelerini ilk aygıtınkine eşitler. Ancak her bir aygıtın normalizasyon değeri farklı olacağından, önce normalizasyon parametrelerini (5, 10 ve 15) birbirinden bağımsız hale getirmek gerekir.

```
XSPEC12> newpar 5 1
XSPEC12> newpar 10 1
XSPEC12> newpar 15 1
```

Kırmızıya kayma değeri (4) ve n_H parametresi (Dickey ve Lockman 1990) (10^{22} birim kabul edilerek girilmelidir) (1) özel durumlar haricinde sabit alınır. Bolluk (3) ise serbest bırakılır.

```
XSPEC12> freeze  1
XSPEC12> freeze 4
XSPEC12> thaw 3
XSPEC12> fit
XSPEC12> plot ldata delchi
```

Fitin uygunluğu, χ^2 / d.o.f oranının 1'e yakın olmasıyla ilgilidir. Bu oran 1'e ne kadar yakın ise, model veriyi o kadar iyi temsil etmektedir.[33]

[33] XSpec kullanım kılavuzuna http://heasarc.gsfc.nasa.gov/xanadu/xspec/manual/manual.html adresinden erişilebilir.

EK 3 Chandra Interactive Analysis of Observations (CIAO) Yazılımı ile Temel Veri İndirgeme Prosedürü

CIAO, Chandra X-ışın teleskobunun verilerini analiz etmek üzere özel geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu dokümanda, hızlı indirgeme adımları anlatılmıştır. CIAO sisteme kurulduktan sonra, terminal satırından tek komutla başlatmak için, aşağıdaki satırlar ″.bashrc″ dosyasının içine eklenmelidir:

```
# alias ciao="source /soft/ciao-4.6/bin/ciao.bash"
```

Bu sayede, terminal satırına ″ciao″ yazıldığında program başlayacaktır. Eğer aynı terminal içerisinde CIAO yeniden başlatılmak isteniyorsa:

```
# ciao –o
```

komutu verilir.

Verilerin hazırlanması için, indirilen veri arşivi açılır. Veri arşivinden ilgili gözlemin numarasıyla isimlendirilmiş (ObsID) bir klasör yer almaktadır. Bu klasörün içerisine girilerek

```
# chandra_repro mode=h
```

komutu verilir. İşlem bittiğinde, ″repro″ isimli bir klasör oluşacaktır. İçerisinde ″acisf05005_repro_evt2.fits″ adlı ham veri dosyası bulunmaktadır.

Nokta kaynak tespiti: Nokta kaynaklar, ham veri üzerinden bulunur. Bunun için,

```
# fluximage ham_veri_dosyasının_adı.fits binsize=1
     bands=broad outroot=çıktı_ismi
```

```
# mkpsfmap çıktı_ismi_broad_thresh.img
     outfile=çıktı_ismi_psfmap.fits energy=1.4967
     ecf=0.393
# punlearn wavdetect
# pset wavdetect infile=çıktı_ismi_broad_thresh.img
# pset wavdetect psffile=çıktı_ismi_psfmap.fits
# pset wavdetect expfile=çıktı_ismi_thresh.expmap
# pset wavdetect outfile=çıktı_ismi _expmap_src.fits
# pset wavdetect scellfile=çıktı_ismi _expmap_scell.fits
# pset wavdetect imagefile=çıktı_ismi _expmap_imgfile.fits
# pset wavdetect defnbkgfile=çıktı_ismi _expmap_nbgd.fits
# pset wavdetect regfile=çıktı_ismi _expmap_src.reg
# wavdetect
```

Programın sorduğu sorular ″Enter″ tuşuyla geçilir. Bu işlem sonucunda tespit edilen nokta kaynaklar ″çıktı_ismi_expmap_src.reg″ dosyasında bulunur. Bunlar görüntülenmek istenirse:

```
# ds9 çıktı_ismi_broad_thresh.img
```

`ds9` içerisinde ″Regions > Load regions..″ yolu izlenir ve .reg dosyası yüklenir.

Veriyi filtreleme: Ham veri dosyası, arka arkaya bir kaç kere filtrelemeden geçirilebilir:

```
# punlearn dmcopy
# dmcopy "ham_veri_dosyası.fits[energy=300:10000]"
     filtrelenmiş_liste_adı.fits opt=all clobber=yes
# dmcopy "filtrelenmiş_liste_adı.fits[exclude
     sky=region(çıktı_ismi_expmap_src.reg)]"
     ikincil_filterelenmiş_liste_adı.fits opt=all
     clobber=yes
```

Bu iki komutta, sırasıyla 300-10000 eV aralığında filtrelenmiş, sonra nokta kaynaklar ham veriden çıkarılmıştır. Sonraki adım GTI filtrelemesidir. Bu sebeple, önce bir ışık eğrisi oluşturulmalıdır:

```
# punlearn dmextract
# pset dmextract
     infile="ikincil_filterelenmiş_liste_adı.fits [bin
     time=::3.24104]"
# pset dmextract outfile=ışık_eğrisi_adı.fits
# pset dmextract opt=ltc1
# dmextract
```

Oluşturulan ışık eğrisi istenirse, dsplot ile görüntülenebilir:

```
# dsplot table=ışık_eğrisi_adı.fits x=TIME y=RATE
```

Buradan, belirgin SPF etkilerini arındırmak için bir istatistik yapılır:

```
# dmstat "ışık_eğrisi_adı.fits[cols count_rate]"
```

Alınan ekran çıktısından, verinin ortalaması ve standart sapmasının toplamı (üst limit) daha sonra kullanılmak üzere not edilir. GTI filtresini oluşturmak için:

```
# punlearn dmgti
# pset dmgti infile=ışık_eğrisi_adı.fits
# pset dmgti outfile=oluşturulacak_gti_filtresi_adı.fits
# pset dmgti userlimit="count_rate<=üst_limit"
# dmgti
```

Son olarak, en son filtrelenmiş olay listesine GTI filtresi uygulanır ve etkilerden büyük ölçüde arındırılmış nihai bir olay listesi elde edilir.

```
# dmcopy
     "ikincil_filterelenmiş_liste_adı.fits[@oluşturulan_gt
     i_filtresinin_adı.fits]"
     filtrelenmiş_son_olay_listesi.fits opt=all
     clobber=yes
```

Görüntü ve tayf oluşturma: Görüntü oluşturmak için, `dmcopy` taskı kullanılır:

```
# dmcopy
     "filtrelenmiş_son_olay_listesi.fits[EVENTS][energy=30
     0:10000][bin x=::2,y=::2][IMAGE]"
     oluşturulacak_görüntünün_adı.fits opt=all clobber=yes
```

Tayf oluşturmak için, `ds9` içerisinde ilgilenilen tayf bölgesi belirlenir ve ″Regions>Save Regions..″ yolu izlenerek görüntü .reg dosyası olarak kaydedilir. Tayflardan arkaplan etkisini arındırmak için, bir de arkaplan bölgesi belirleyip kaydetmek gerekir. Arkaplan bölgesi, hangi Chandra dizisinin kullanıldığına göre değişir. Arkadan aydınlatmalı olan CCD′ler için yine arkadan aydınlatmalı, önden aydınlatmalı CCD′ler için yine önden aydınlatmalı bir CCD seçilmelidir. Arkaplan bölgesinin kaydedileceği dosyanın içinde kaynak tayfı olmamalıdır. Bu nedenle önce görüntü üzerindeki kaynak tayfı bölgesi kaldırılmalı, sonra arkaplan bölgesi kaydedilmelidir. Kaydetme işleminin seçenekleri yine kaynak bölgesinde olduğu gibidir. Tayfın işleme alınması için terminalde aşağıdaki komutların verilmesi yeterlidir:

```
# punlearn specextract
# pset specextract
     infile="filtrelenmiş_son_olay_listesi.fits[sky=region
     (kaynak.reg)]"
# pset specextract outroot=oluşturulacak_tayfın_adı
```

```
# pset specextract
     bkgfile="filtrelenmiş_son_olay_listesi.fits[sky=regio
     n(arkaplan.reg)]"
```

Tayfların işlenmesi `XSpec` ile yapılabilir. İzlenecek yol, EK 2 içinde anlatıldığı gibidir.

Radyal yüzey parlaklık profili oluşturma ve 1-D Beta modeli uygulama[34]*:* İlgilenilen kaynağın, merkez bölgesinden dışına doğru yüzey parlaklık değişimini incelemeye ihtiyaç duyulabilir. Bu durumda, kaynağın görüntüsü `ds9`'da açılır ve üzerinde merkez bölgesini referans alacak şekilde istenilen mesafeye kadar eş kalınlıklı halka bölgeleri oluşturulur, bunlar uygun formatta kaydedilir.

Benzer şekilde, tıpkı tayf oluşturma işleminde olduğu gibi, arkaplan bölgesinin alındığı CCD'nin üzerinde de bir arkaplan halkası belirlenerek ayrıca kaydedilir. Sırasıyla aşağıdaki komutlar verilir:

```
# punlearn dmextract
# pset dmextract
     infile="filtrelenmiş_son_olay_listesi.fits[bin
     sky=@kaynak_halka.reg]"
# pset dmextract outfile=kaynak_adı_rprofile.fits
# pset dmextract
     bkg="filtrelenmiş_son_olay_listesi.fits[bin
     sky=@arkaplan_halka.reg]"
# pset dmextract opt=generic
# dmextract
# punlearn dmtcalc
# pset dmtcalc infile=kaynak_adı_rprofile.fits
# pset dmtcalc outfile=kaynak_adı_rprofile_rmid.fits
# pset dmtcalc expression="rmid=0.5*(cel_r[0]+cel_r[1])"
# dmtcalc
```

[34] http://cxc.harvard.edu/ciao/threads/radial_profile/

Son aşama olarak Sherpa[35]'da bu profil çizdirilir ve fit yapılır:

```
# sherpa
      sherpa>load_data(1,"kaynak_adı_rprofile_rmid.fits",3,
      ["RMID","SUR_BRI","SUR_BRI_ERR"])
      (veriyi yükler)
sherpa>set_source("beta1d.src")
      ("src" takma adı ile kaynağa eliptik 1-D beta modelini uygular)
sherpa>guess()
      (başlangıç parametrelerini tahmin eder)
sherpa>show_model()
      (model parametrelerini gösterir)
sherpa>freeze(src.xpos)
      ("src" takma adlı modelin "xpos" değişkenini dondurur,serbest bırakmak için
      "thaw" kullanılabilir)
sherpa>show_model()
      (uygulanan modeli gösterir)
sherpa>fit()
      (belirlenen modeli veriye uygular)
sherpa>plot_fit()
      (model ile birlikte veriyi çizdirir)
sherpa>log_scale(XY_AXIS)
      (logaritmik ölçekte X ve Y eksenlerini düzenler, lineer ölçek için
"linear_scale"  kullanılabilir)
```

2-D Beta modeli ile kaviteleri inceleme[36]: Yumuşak bantta bir görüntü dosyası oluştulduktan sonra Sherpa içerisinde açılır:

```
sherpa> load image("goruntu.fits")
```
(görüntü yüklenir)

[35] http://cxc.harvard.edu/sherpa4.4/
[36] http://cxc.harvard.edu/sherpa/threads/spatial/

```
sherpa> image_data()
```
(görüntü açılır)

```
sherpa> set_coord("physical")
```
(fiziksel koordinatlar)

```
sherpa> set_stat("cash")
```
(istatistik yöntem)

```
sherpa> set_method("simplex")
```
(fit metodu)

İncelenmek istenilen merkez bölgesi kırpılarak alınmalıdır. Görüntü açma komutuyla `ds9` içerisindeki görüntü açılır ve çembersel bir bölge ile istenilen kısım seçilerek .reg uzantılı dosya halinde `CIAO`'ya özel bir şekilde fiziksel koordinatlarda kaydedilir. Bu dosya bir filtre olarak kullanılacaktır:

```
sherpa> notice_2d("filtre_dosyası.reg")
```

Kontrol amaçlı tekrar `image_data()` komutu verilebilir. Verinin üzerine `"g1"` adlı bir 2-boyutlu gauss fiti yapılır ve başlangıç değerleri tahmin edilir:

```
sherpa> set_source(gauss2d.g1)
sherpa> guess()
```

Ardından `"bgnd"` adlı bir sabit değer arkaplan bileşeni eklenir. Örnekte 0.2 olarak alınmıştır, `guess()` ile de tahmin edilebilir.

```
sherpa> set_source(g1+const2d.bgnd)
sherpa> bgnd.c0=0.2
```
veya `guess(bgnd)`

`theta` ve `ellip` bileşenleri serbest bırakılır:

```
sherpa> thaw(g1.theta)
sherpa> thaw(g1.ellip)
```

Model ve parametreler son kez kontrol edildikten sonra fit yapılabilir. Yapılan fitten kalan artıklar kavitelerin ortaya çıktığı görüntülerdir. `ds9` içerisinde "Scale"

menüsünden ″log″ ve ″Analysis″ menüsünden ″Smooth″ seçilip kontrast değiştirilirse, eğer varsa kaviteler ortaya çıkmaktadır.

```
sherpa> show_model()
sherpa> fit()
sherpa> image_resid()
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elifnur ÖZEL
Doğum Yeri : Ankara
Doğum Tarihi: 09.07.1990
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise	: Ankara Aydınlıkevler İnönü Lisesi (2007)
Lisans	: Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (2011)
Yüksek Lisans	: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (Şubat 2012 - Ocak 2015)