

Doğası Belirlenemeyen Egret Gama Işın Kaynaklarının Karakteristiği

Aysun AKYÜZ¹, M. Emin ÖZEL²

¹Çukurova Üniversitesi, Fen -Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, ADANA

²Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-KOCAELİ

e-mail: aakyuz@pamuk.cu.edu.tr

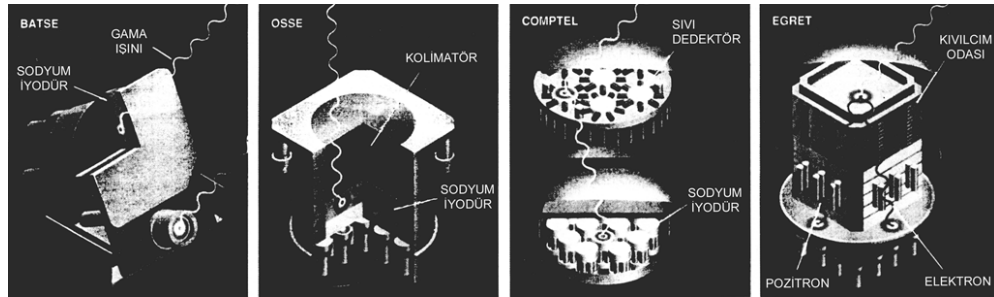
ÖZET: Yüksek enerjili (>100) MeV gama ışın kaynaklarını algılayan EGRET teleskopu dünya çevresinde yakın bir yörüngede dolanan Compton Gama Işın Gözlemevi üzerinde bulunmaktadır. Nisan 1991-Ekim 1995 tarihleri arasındaki verilerle oluşturulan 3. EGRET Gama Işın Kaynakları (GIK) kataloğu 1. ve 2. ERGET katalogundan çok daha fazla nokta kaynak içermektedir. Bunların bir bölümü bilinen gök cisimleri olarak belirlenmiş olmakla birlikte, yarıdan fazlası (170 tanesi) “doğası belirlenemeyen kaynaklar” sınıfını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, galaktik düzlemde veya ona yakın enlemlerde ($|b| < 10^\circ$) ve daha yüksek enlemlerde ($|b| > 10^\circ$) bulunan bu sınıf kaynakların genel karakteristik özelliklerinin tanımlanması ve böylelikle doğasının belirlenmesi yolunda katkılarda bulunulması amaçlanmaktadır.

1. Giriş

Yüksek enerjili gama ışınlarını elektron/pozitron çiftlerine çevirerek algılayan Enerjetik Gama Işın Deneyi Teleskopu (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope, EGRET) Compton Gama Işını Gözlemevi, (Compton Gamma Ray Observatory, CGRO) üzerindeki dört algılayıcıdan biridir. 5 Nisan 1991 tarihinde uzaya gönderilen CGRO, elektromagnetik ışınımın en yüksek enerji bölümü olan gama ışınları hakkında geniş kapsamlı gözlemler yapmak üzere planlanmıştır. Gözlemevi dünya yüzeyinden yaklaşık 400 km. yükseklikten, bütün gökyüzünü gama ışınları bölgesinde sürekli taramakta ve sekiz yılı aşkın süredir gözlemlerini sürdürmektedir.

Görünür ışıktan farklı olarak, gama ışınları

yanıtlanamaz ve odaklanamaz; bu nedenle klasik teleskopların ayna, çanak veya mercekleri gama ışınları için kullanılamaz. CGRO gözlemevi üzerinde bulunan farklı enerji bandlarında etkin dört teleskop Şekil 1’de verilmektedir. Bu teleskopların işleyişi doğrudan doğruya yüksek enerjili parçacık fiziğinden alınmış teknolojilere dayanmaktadır. Örneği (OSSE / Oriented Scintillation Spectrometer Experiment / Yönlendirilmiş Parıltı Spektrometresi Deneyi) görece düşük enerjili (100 keV-10 MeV) fotonlardan oluşan gama ışını patlamaları ve güneş parlamaları gibi kısa süre olguları inceler. Patlama ve Geçici Kaynak Deneyi (BATSE / Burst and Transient Source Experiment), 20 KeV-30 MeV enerji aralığında fotonlar yayan çeşitli gök cisimlerinin gama ışını spektrumunu ölçmek için planlanmıştır.3. algılayıcı olan Compton



Şekil 1. Gama ışın dedektörleri, çoğunlukla, gama ışınına maruz kaldığında bir ışık flaşı veren sodyum iyodür kristalleri içerir; ışığa duyarlı foto çoğaltıcı tüpler bu ışığı yakalar ve gama ışınlarının varlığını bir sinyalle haber verir. COMPTON’un BATSE aygıtı gökyüzünün her tarafından gelen gama ışınlarını toplayan sekiz dedektörden oluşur. OSSE aygıtı, gökyüzünün yalnızca küçük bir parçasının görülmesini sağlayan bir tungsten kolimasyonör (yalnızca o yönden gelenleri seçici aygıt) ile yön daraltıcı sodyum iyodür kalkanı içerir. COMPTON aygıtı gama ışınlarını kayıt için iki dedektör takımı kullanır. Gelen gama ışını üstteki sıvı dedektörde bir elektron açığa çıkarır ve sonra alt kattaki sodyum iyodür bloğu içine dalarak emilir. Her iki dedektörde de, gama ışınları, kaydedilebilir bir ışık flaşı oluşturur. EGRET aygıtında, çok yüksek enerjili gama ışınları, elektron ve pozitron çiftleri yaratır. Bu parçacıklar seri elektriklenmiş bir pozisyon belirleyici teller ağı olan kıvılcım odalarında kısa devreler oluşturarak kaydedilirler ve daha sonra kalan enerjilerini sodyum iyodür kristallerine boşaltırlar.

Görüntüleme Teleskopu (COMPTEL, Imaging Compton Telescope) (1-30 MeV), gama ışınları yayan kaynakların görüntülerini oluşturur ve spektrumlarını belirler. Bu çalışmada ele alınan EGRET ise gama ışınlarının en yüksek (30 MeV-20 GeV) fotonlarını kaydeder. Bu deneylerin her birinde kullanılan algılama teknolojisi değişiktir. (Bu konuda daha fazla bilgi için bkz. Fichtel & Trombka (1997))

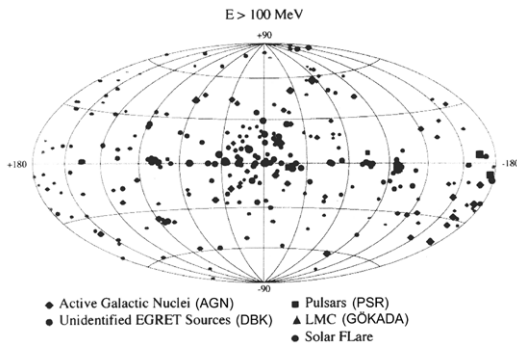
CGRO üzerindeki teleskopların verdiği bilgilerle gama ışın astronomisinde çok önemli gelişmeler yaşanmış ve halen de yaşanmaktadır. Bunlar arasında,

- Gama ışınlarında tüm-uzay taraması ile ilk kez elde edilen tüm gökyüzü haritası (all-sky survey) (COMPTEL ve EGRET)
- Yeni Gama Işın Atarcaları (EGRET, COMPTEL)
- Fazla sayıda Aktif Gökadalar (AGN) sınıfı (EGRET,COMPTEL)
- Yüksek sayıda yeni Gama Işın Patlamaları (BATSE, EGRET, COMPTEL)
- Gama ışın çizgi spektroskopisi alanında önemli olan çok sayıda nükleer etkileşme ve nükleosentez çizgilerinin algılanması (OSSE, EGRET, COMPTEL)
- Fazla sayıda doğası belirlenemeyen yeni tür gama ışın kaynakları (EGRET)

sayılabilir.

2. EGRET Teleskopu

EGRET, yüksek enerjili gama ışınlarını algılamak için diğer aygıtlardan farklı bir teknoloji ve mekanizma kullanır. EGRET kıvılcım odacıkları olarak bilinen, çok sayıda elektrikli, ince metal ağ tabakalarından oluşan bir yapıya sahiptir. Uzaydan gelen gama ışınları, odacıklar arasına yerleştirilmiş ince tungsten plakalara çarparak e^-/e^+ çiftine dönüşürler. Bu çiftler, yükleri nedeni ile teller arasındaki gazı iyonize ederler ve teller arasında kısa devrelere



Şekil 2. 3.EGRET kataloğundaki kaynakların galaktik dağılımı

neden olurlar. Bu sırada oluşan kıvılcımlar elektron ve pozitronun teleskop içinde izlediği yolu gösterir ve gama ışın kaynağının konumunu ve enerjisini belirlemede bu izlerden yararlanılır. Aygıtın tabanında bulunan sodyum iyodür dedektörü elektron ve pozitronları toplar, enerjilerini belirlemede gereklidir (EGRET teleskopu hakkında daha fazla bilgi için bkz. Hughes ve ark. (1980) ve Kanbach ve ark (1988)).

3. EGRET Kataloğu ve Veri Analizi

Şimdiye kadar literatürde EGRET verileri ile belirlenen ($E > 100$ MeV) nokta gama ışın kaynaklarını içeren üç katalog yayınlanmıştır. 1.EGRET katalogu Nisan 1991-Kasım 1992 dönemi, 2.EGRET katalogu Nisan 1991-Eylül 1993 dönemi, 3.EGRET katalogu Nisan 1991-Ekim 1995 dönemi verileriyle oluşturulmuştur. 3.EGRET (3EG) kataloğundaki kaynakların özeti istatistiksel olarak Tablo 1.'de verilmektedir. Kaynakların tüm uzaydaki dağılımları, galaktik koordinatlarda Şekil 2'de gösterilmektedir.

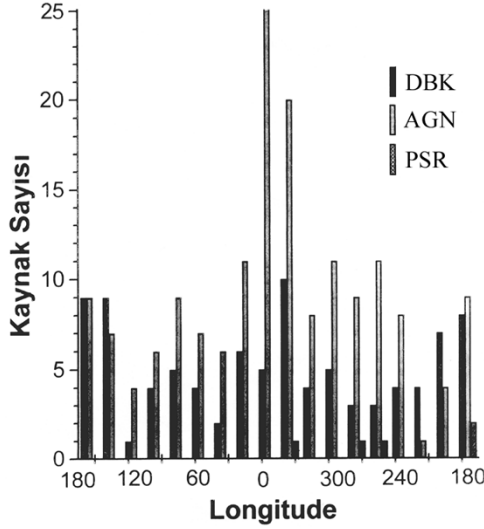
Tablo 1. III. EGRET kataloğundaki kaynakların özeti

Kaynak Tipi	Kaynak Sayısı	Bilgi
Doğası belirlenemeyen kaynaklar (DBK)	170	75 adedi $ b < 10^\circ$ 95 adedi $ b > 10^\circ$
Aktif Gökadalar (AGN)	93	66 adedi yüksek güvenilirlikle 27 adedi düşük güvenilirlikle eşleşmiş durumdadır
Atarcalar (PSR)	5	Crab, Vela, Geminga, PSR 1706-44, PSR 1055-52
Güneş Parlaması	1	11 Haziran 1991 deki parlaması
Normal Gökada	1	Büyük Macellan Bulutsusu
Radyo Gökada	1	Cen A
Toplam Kaynak Sayısı	271	

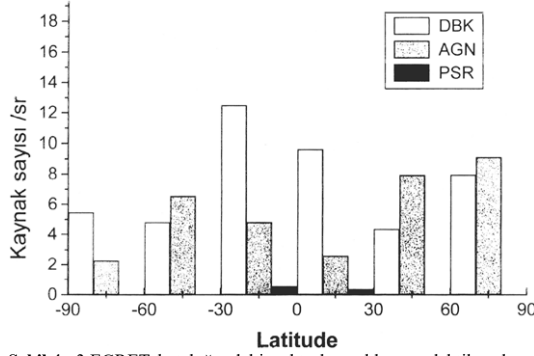
II. EGRET kataloğunda ise 129 kaynak vardı. Bunlar; 51 AGN, 72 DBK, 5 PSR, 1 Gökada (LMC) ve 1 Güneş parlaması olarak katalogta yer almaktaydı.

3EG katalogundaki yüksek enerjili gama ışın kaynaklarının yaklaşık %62'si doğası belirlenemeyen kaynaklar (DBK) olarak tanımlanmaktadır. Şimdiye kadar bu kaynaklardan hiçbirisi diğer dalga boylarında bilinen astronomik cisimlerle tam olarak özdeşleştirilememiş yada eşleştirilememiştir. EGRET verileriyle ortaya çıkarılan gizemli konulardan biri olarak bu sorun çözüm beklemektedir. EGRET'in diğer önemli başarılarından biri ise sayıları 50'yi aşan Aktif Galaksiler sınıfında Blazarlar ve BL Lac cisimleri olarak adlandırılan yüksek enerjili kaynakları algılamış olmasıdır.

Bu çalışmada DBK'nın galaktik enlem ve boylamlardaki dağılımlarına bakılarak ve Aktif gökadalar sınıfındaki gök cisimlerinin dağılımları



Şekil 3. 3.EGRET kataloğundaki nokta kaynakların galaktik boylama göre dağılımları



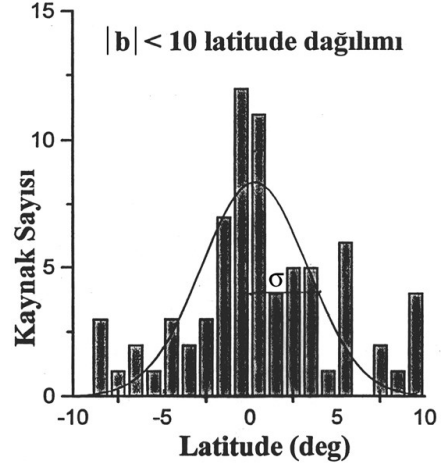
Şekil 4. 3.EGRET kataloğundaki nokta kaynakların galaktik enleme göre dağılımları

ile karşılaştırarak onların yeni bir gama ışın kaynak grubu olarak karakteristik özelliklerinin tanımlanması amaçlanmıştır.

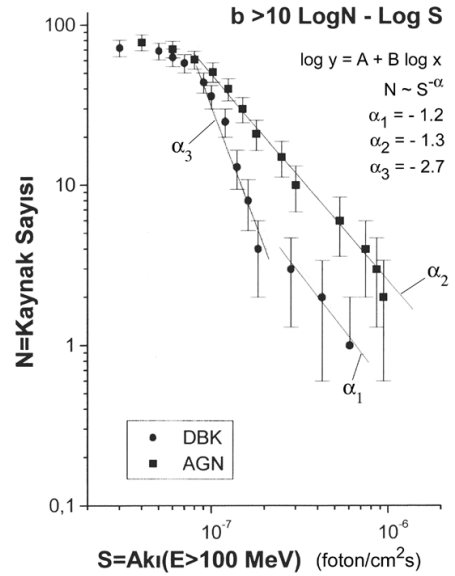
3EG kataloğundaki nokta kaynakların galaktik boylama göre dağılımları Şekil 3'de verilmektedir. Görüldüğü gibi kaynakların galaktik boylamda dağılımları homojen değildir. Samanyolu merkezi yönünde ise DBK'larda görülür bir artış vardır. Şekil 4'de, yine aynı kaynakların galaktik enlem dağılımları gösterilmektedir. Farklı gama ışın kaynaklarının dağılımlarını kıyaslayabilmek için y eksenini katı açı ile normalize edilmiştir. Bu şekilde Galaktik düzlemdeki DBK'ların fazlalığı dikkate değerdir.

Şekil 5'de ise 75 tane DBK'nın 10° lık aralıklarda ($|b| < 10^\circ$) galaktik enlemedeki dağılımı verilmektedir. Bu dağılım kaynakların uzaklıkları hakkında tahmini değerler hesaplayabilmek için kullanılabilir.

Diğer taraftan bu dağılımda $|b| < 2^\circ$ aralığında görülen tepe noktası bölgesi, bu kaynakların galaktik kökenli olabileceği varsayımını güçlendirmektedir. Şekildeki normal (Gaussian)



Şekil 5. 75 tane DBK'nın 10° lık aralıklarla ($|b| < 10^\circ$) galaktik enleme göre dağılımı.



Şekil 6. Yüksek enlemlerde ($|b| > 10^\circ$) DBK ve AGN'lerin logN-logS dağılımları.

dağılımda 1σ genişliği yaklaşık 3.1° dir. Galaktik düzlem üzerinde kaynakların dikey dağılımından da minimum ölçek yüksekliği (minimum scale height) 40 pc olursa kaynakların tipik olarak bizden ortalama uzaklığının 700 pc'den daha az olmayacağı gibi bir alt limit uzaklık değeri hesaplanabilir. Tek tek DBK'nın uzaklıkları bilinmediğinden kaynakların gama ışın ışınma gücü L_γ (luminosity) hesaplamak mümkün değildir. Bununla beraber, bulunan uzaklık değeri kullanılarak, ışınma gücü için bir alt limit değeri, $L_\gamma = 4\pi D^2 \langle E \rangle F$ bağıntısıyla $\sim 50 \cdot 10^{33}$ erg/s olarak hesaplanabilir. Burada, ortalama akı $F = 6 \cdot 10^{-7}$ foton/cm² s, ve ortalama foton enerjisi $\langle E \rangle = 100$ MeV alınmıştır. Bu tahmini uzaklık ve ışınma gücü değerleri daha çok galaktik populasyonlar için uygun rakamlardır. O nedenle $|b| < 2^\circ$

kaynaklarının galaktik kökenli olduğu varsayımı yinelenabilir.

Şekil 6' da yüksek enlemlerde ($|b| > 10^\circ$) DBK ve AGN'lerin $\log N$ - $\log S$ dağılımları elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır. AGN'lerin akılarının ortalama DBK'lardan daha yüksek olduğu görülmektedir. AGN'lerin $\log N$ - $\log S$ dağılımları $N \sim S^{-1.3}$ formunda görülmesine karşın DBK iki grupta dağılım göstermektedir; düşük akı değerleri ($S < 2 \times 10^{-7}$) $N \sim S^{-2.7}$ ve yüksek akı değerleri ise $N \sim S^{-1.2}$ formundadır. Bilindiği gibi teorik olarak aynı tür ışımaya güçleri aynı olan kaynaklar için $\log N$ - $\log S$ çizimi, uzayda tekdüze (uniform) dağılımlar için $S^{-3/2}$ değerini vermektedir. (Özel & Thompson 1996). Bu durumda yüksek akı değerlerine sahip DBK'ların büyük bölümünün veya hepsinin AGN'ler gibi ekstragalaktik kökenli, düşük akılı DBK'ların ise galaktik kökenli olma olasılıkları yüksektir.

4. Sonuçlar

3EG katalogunda bulunan toplam 170 DBK'nın 75'i düşük enlemlerde ($|b| < 10^\circ$) ve 96'sı yüksek enlemlerde ($|b| > 10^\circ$) olup bu kaynakların bilinen diğer kaynaklarla tam olarak eşleştirilmesi henüz yapılamamıştır.

Nokta kaynakların $\log N$ - $\log S$ dağılımı yüksek enlemlerdeki DBK'lardan yüksek akıya sahip olanlar daha çok samanyolu dışı kaynaklar olabileceğini gösteriyor. Bunlar EGRET tarafından şimdiye kadar gözlenemeyen tipte AGN'ler olabilir. Düşük akılıların ise önemli bir miktar galaktik katkı içermeleri mümkündür.

Düşük enlemlerde DBK'nın tahmin edilen ışımaya gücü değeri EGRET tarafından gözlenen pulsarların (Geminga hariç) ışımaya gücü değerleri aralığındadır ($0.2 \cdot 10^{34} - 4 \cdot 10^{34}$ erg/s). Bu durumda genç pulsarlar DBK'lar için iyi birer aday olabilirler. Şekil 3'de görülen Samanyolu merkezi yönündeki görelî artış da bunların önemli bir kısmının samanyolu içi kaynak olduğuna işaret etmektedir. Yapılan diğer çalışmalar ise OB yıldızlarının ve süpernova kalıntılarının DBK'ların bilinen kaynaklarla özdeşleştirilmesinde olası adaylar olduklarına işaret etmektedir (Esposito ve ark. 1996, Mukherjee ve ark. 1995, Özel & Thompson 1996, Kaaret & Cottam 1996).

CGRO'nin gözlemleri devam ettikçe sonraki kataloglarda daha fazla sayıda DBK yer alacaktır. Belki de DBK'larının belirlenmesinde 2005 yılında uzaya gönderilecek olan yüksek enerjili yeni gama ışın teleskopu GLAST, belirleyici olacaktır.

Kaynaklar

- Esposito J.A. ve ark., 1996, *ApJ*, **461**, 820
Fichtel, Trombka, 1997, *NASA Ref. Pub.*, "Gamma-Ray Astrophysics"
Hartman R.C., 1999, *ApJS*, (baskıda)
Hughes E.B., ve ark., 1980, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-27**, 364
Kaaret P., Cottam J., 1996, *ApJ*, **462**, L35
Kanbach G., ve ark., 1996, *A&AS*, **120**, 461
Kanbach G., 1988, *SpSciRev*, **49**, 69
Mukherjee R., et al., 1995, *ApJ*, **441**, L61
Özel M.E., Thompson D.J., 1996, *ApJ*, **463**, 105