

## GIP/SN İLİŞKİSİNİN BUGÜNKÜ SINIRLARI

ÖNAL, Ö. , SAYGAÇ, A. T.

*İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,  
34119-Üniversite, İstanbul*

[nacegzo\\_2003@yahoo.com](mailto:nacegzo_2003@yahoo.com) , [saygac@istanbul.edu.tr](mailto:saygac@istanbul.edu.tr)

### Özet

Gama-ışın patlamalarının (GIP'ların) çok büyük kütleli ( $M_{MS} \geq 20M_{\odot}$ ) yıldızların felaketli sonları ile ilişkisinin kanıtlanmasından (2003) bu yana geçen 5 yıllık bir süre geçmiştir. Bu süreçte gözlenen başka cisimlerin katılımıyla bu ilişkinin yapısında meydana gelen değişimler literatürden taranan 10 adaylık bir cisim grubunun optik ve gama-ışın özellikleri incelenerek incelenmiştir. Bu çerçevede yapılan analizlerde iki gerçek hesaba katılmıştır: (i) GIP'ların sadece süpernovalarla (SN'lerle) değil aynı zamanda X-ışın parlamaları ile ilişkisinin bulunması; (ii) SN bileşenlerinin sadece geniş tayfsal çizgiler ortaya koyan bir Tip Ic SN'inin yanı sıra klasik bir Tip Ic SN'i olarak da keşfedilmiş olması. Böylece GIP/SN ilişkisi GIP-XRF/SN Tip Ic (geniş çizgili ve klasik) olarak geniş bir kapsama sahip bir ilişki olarak bulunmuştur. Ayrıca SN'lerle bağlantılı GIP'ların sadece klasik GIP'lar olamayacakları sonucuna varılmıştır. Bu ilişkilerin analizlerinden GIP/SN'lerin GIP bileşenlerini temsil eden en önemli parametrenin Li (2006)'da bulunan sonucu destekleyerek maksimumdaki tayfsal gama-ışın enerjisi olduğu ve SN bileşenini temsil eden en iyi parametrenin ise SN'in maksimum yaptığı durumdaki mutlak bolometrik parlaklık değeri ile sentezlenen radyoaktif nikel kütlesi olduğu bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler** – *gama-ışın patlamaları, süpernovalar, X-ışın parlamaları.*

## ***Abstract***

It has been for five years from the official confirmation between gamma-ray bursts (GRBs) and catastrophic deaths of massive stars ( $M_{MS} \geq 20M_{\odot}$ ).

This relation was expanded by the observations of various objects since then. Here is the examination of the 10 GRB/SN candidates on the basis of optical and gamma-ray properties of these objects. Within this framework we've taken into account two facts: (i) There is a connection between X-ray Flares (XRFs) and GRBs; (ii) There are GRBs which have a connection with normal Type Ic SN and broad-lined Type Ic Supernova. Thus, GIP/SNe relation turn out to be a wider relation than it is expected as GRB-XRF/SNe Type Ic (broad lined and classical). We also concluded that SN related GRBs were not only classical GRBs. From the analysis of these relations we support the results of Li (2006) which tells the most important gamma-ray property for GRB/SN candidates are peak spectral gamma-ray energy of GRBs and the most important optical-ray properties for GRB/SN candidates are peak bolometric brightness and synthesized radioactive nickel mass.

***Keywords*** – *gamma-ray bursts, supernovae, X-ray flares.*

## **1. Adayların Seçimi ve Özellikleri**

Literatür taraması sonucu GIP/SN ilişkisinin olabileceği belirlenen 56 cisim seçilmiştir. Bu cisimlerin aralarında bulunan geçerliliği, kırmızıya kaymaların bilinmesi ve gözlemlerin yeterliliği kriterlerine bakılarak çalışmaya uyumlulukları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda 39 GIP/SN çiftinin 1. ve 2. kritere uyum sağlamadıkları görülmüş ve bu cisimler elenmiştir. Geriye kalan 17 cismin tamamının GIP/SN ilişkileri geçerli ve kırmızıya kaymaları bilinmektedir. Bu 17 cisimlik aday grubunun çalışma dahiline katılabilmesi için gözlemsel parametrelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Gözlemsel parametreler arasında en önemli olan maksimumdaki tayfsal gama-ışın enerjisidir ( $E_{\gamma,peak}$ ). Listede yer alan 17 adaydan sadece 7 tanesinin bu parametresi bilinmemektedir. Bu sebepten aday listesinin son şekli 10 GIP/SN olarak belirlenmiştir. Aday listesi 3 gruba ayrılmıştır. Birinci grupta GIP/SN ilişkisi optik bölgede alınan tayfların GIP'in tetiklenmesini takip eden bir hafta ya da 10 gün içerisinde bir Tip Ic süpernovasına ait yapılar ortaya koyarak doğrudan GIP/SN ilişkisi bulunan adaylar yer almıştır. Bunlar; GRB 980425/SN

1998bw, GRB 030329/SN2003dh, GRB 031203/SN 2003lw, GRB 060218/SN 2006aj'tir. İkinci grupta GIP/SN ilişkisi dolaylı olarak geç zaman ışık eğrilerinde gözlenen kırmızı çıkıntılardan itibaren kanıtlanan cisimler yer almıştır. Bunlar; GRB 050525A/SN 2005nc, GRB 021211/SN 2002lt, GRB 011121/SN 2001ke. Üçüncü grupta yer alan cisimlerin her biri GIP/SN ilişkisinin genişletilebilirliğinin test edilmesi, ya da olası ilişkinin olası sapmış adaylarını temsil eden adaylardan oluşmuştur. Bu gruptaki adaylar; XRF 020903, GRB 060614, XRO 080109/SN 2008D. Burada XRF 020903 bir X-ışın parlamasıdır ve bir SN ile ilişkili bulunan ilk X-ışın parlamasıdır. GRB 060614'ün yerel evrende meydana gelen ve görece sönük bir GIP olması dolayısıyla olası SN bileşeni çok sönük kadirler kadar SN avcıları tarafından incelenmişse de uygun bir bileşen bulunamamıştır. Bu patlamanın olası SN bileşeninin maksimum mutlak kadirinin -12 kadir olabileceğine dair üst limitler eklenmiştir. XRO 080109 bir X-ışın patlaması olarak belirlenmiştir. Bu patlama aynı zamanda normal bir Tip Ic SN'i ile ilişkili bulunmuştur (SN 2008D).

## 2. Optik ve Gama-Işın Özelliklerinin Analizi

Yapılan literatür taramasının sonucunda elde edilen 10 cisimlik aday grubuna ait şu gama-ışın özellikleri bulunmuştur: GIP bileşeninin maksimumdaki tayfsal gama-ışın enerjisi ( $E_{\gamma,peak}$ ), izotropik eşdeğer gama-ışın enerjisi ( $E_{\gamma,iso}$ ) ve izotropik ışıma gücü ( $L_{\gamma,iso}$ ). Adaylara ait optik ışın özellikleri ise şunlardır: SN bileşeninin maksimumdaki mutlak bolometrik parlaklığı ( $M_{SN,peak}$ ), görsel mutlak parlaklığı ( $M_V$ ) ve patlama esnasında üretilen radyoaktif nikel kütleleri ( $M_{Ni}$ ). Her üç gama-ışın parametresi, diğer üç optik-ışın parametresi ile eşleştirilmiş ve GIP/SN ikililerinin dağılımlarına bakılarak olası eğilimler incelenmiştir. Kuvvetli olabileceği düşünülen eğilimlerden fitler geçirilerek, doğrusal fit denklemleri elde edilmiştir. Buradan elde edilen bulguları üç açıdan yorumlayabiliriz: i) GIP bileşenine ait  $E_{\gamma,peak}$  ve  $E_{\gamma,iso}$ 'nun, SN bileşenine ait  $M_{Ni}$  ve  $M_{SN,peak}$  ile değişimlerine bakıldığında bir takım eğilimler görülmüş ve bunlardan doğrusal fitler geçirilmiştir. Elde edilen üç dağılımda kullanılan GIP/SN sayısı 7 ile 10 arasında değişmektedir. Az sayıdaki cismin optik ve

gama-ışın özellikleri arasında bulunan eğilimlerin gerçeklikleri zamanla aday sayısının artması ile değişebilir (Bkz. Şekil 1a, 1b, 1c). ii)  $L_{\gamma,iso}$ 'nun SN bileşenine ait 3 optik-ışın parametresi karşısındaki davranışı tipik olmuştur. Her üç grafikte de cisimlerin iki gruba ayrıldıkları görülmektedir. Daha yüksek  $L_{\gamma,iso}$  değerindeki GIP/SN'lerin GIP bileşenleri klasik GIP'lar kategorisinde yer alırken, daha düşük  $L_{\gamma,iso}$  değerindekiler alt-enerjili GIP'lardandır. Bu alt-enerjili GIP'ların meydana geldikleri jetin yapısında rölativistik bileşenin yanı sıra bu enerji azalmasına sebep olabilen trans-rölativistik ( $\Gamma > 1$ ) bir dış akışın da önemli miktarda bulunabileceği düşünülmektedir (Bkz. Şekil 2a, 2b, 2c). iii) GIP bileşenine ait  $E_{\gamma,peak}$  ve  $E_{\gamma,iso}$ 'nun, SN'in maksimumdaki görsel mutlak kadiri arasındaki ilişkilere bakıldığında dar bir mutlak kadir aralığında ( $-18^m.75$  ile  $-19^m.8$ ) kümelendikleri görülmektedir (Bkz. Şekil 3a,3b). GRB 060614 ve XRO 080109 bu kümelenmeden sapmalar göstermişlerdir. GRB 060614'ün SN bileşeninin olmamasından dolayı olası SN adayının tahmini görsel mutlak parlaklığı  $13^m.0$ 'tür ve aralığın dışında kalmaktadır. SN 2008D'nin diğer GIP/SN ikililerindeki SN bileşenleri gibi sıra dışı emisyon çizgileri değil de klasik bir Tip Ic SN'i olması görsel mutlak parlaklığının  $\sim 16^m.7$  olmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla XRO 080109'un gerçek doğasına bağlı olarak şu iki sonuca ulaşılabilir: Eğer XRO 080109, düşük enerjili bir XRF ise (XRF'lerin görüm doğrultusuna göre bir miktar açı ile gözlenen GIP'lar oldukları bilinmektedir), bu durumda GIP/SN adaylarının dar bir parlaklık aralığında kümelenmedikleri, bunun yerine artan bir dağılım gösterdikleri söylenebilir. Eğer XRO 080109 gözlenen başka bir tür X-ışın kaynağı ise bu durumda GIP/SN ilişkisinin dışında kalır.

### 3. Tartışma ve Sonuç

Bulunan ilişkilerin gerçek olup olmadığı daha fazla GIP/SN ilişkisi olan cisimlerin gözlenmesi ile açıklığa kavuşacaktır. Yapılan çalışmada bulunan en önemli parametre gama-ışınları için maksimumdaki tayfsal enerji ve optik-ışınlar için ise mutlak bolometrik kadirdir. Bu iki parametre GIP ve SN bileşenleri için doğrudan gözlemsel olarak belirlenen özelliklerdir. Kullanılan diğer gama ve optik-ışın parametreleri, sırasıyla, izotropik gama-ışın enerjisi ve radyoaktif nikel kütesidir.  $E_{\gamma,iso}$ , hesaplamalar

yoluyla elde edilirken,  $M_{Ni}$ , SN ışık eğrisinin teorik modellemeleri üzerinden belirlenen bir özelliktir. Dolayısıyla bu özelliklerle ilişkili bulgular daha problemlidir olabilir. Gama-ışınlarındaki izotropik ışınım gücü, GIP/SN ikililerinin neden ayrıldığına işaret eden transrölativistik bileşenin oranlarının belirlenmesinde kullanılabilir. Ayrıca dar bir parlaklık aralığında yer alan görsel mutlak parlaklıklar GIP/SN ikililerinin belki uzun vadede kozmolojik uzaklıkların belirlenebilmesi için başka bir yöntem olabilir.

GRB 060614'ün aslında bu ilişkiyi göstermemiş olabileceği yer aldığı bütün grafiklerdeki sapmış konumuna bakılarak görülmektedir. XRO 080109 ise klasik GRB bileşenli, alt-enerjili GRB bileşenli ve XRF bileşenli SN ilişkilerinin daha düşük enerjilere uzanan bir kolu olabilir. Bu durumda bu cismin tam olarak GIP/SN ilişkisinin bir uzantısı mı, yoksa başka türlü bir olaylar zincirinin bir parçası mı bilinmemektedir.

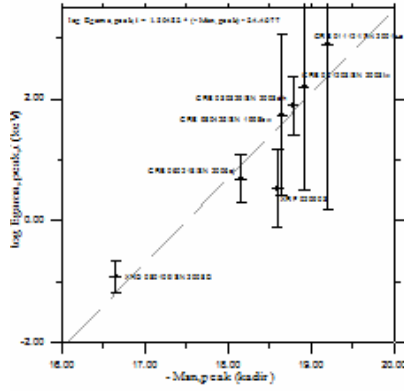
Hata barlarının büyüklüğü, aday sayısının az olması en önemli kısıtlamalar arasında yer almaktadır. Bütün çalışma için bu durum geçerlidir.

*Literatür taramasından elde edilen en önemli sonuç, eğer bütün bu cisimlerin GIP/SN ilişkileri kesin ise, GIP/SN ilişkisinin daha geniş bir açılıma sahip olabileceğine işaret etmektedir: "GIP-XRF/SN Tip Ic (normal ya da geniş çizgili)".*

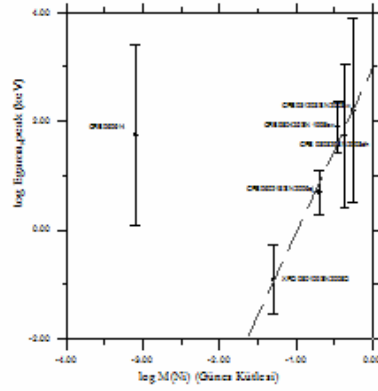
## **Kaynaklar**

Önal, Ö., Saygıç, A. T., Yüksek Lisans Tezi, "Süpernovalarla İlişkili Gama-Işın Patlamalarının Gama ve Optik-Işın Özellikleri Arasındaki İlişkiler", 2008, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü.

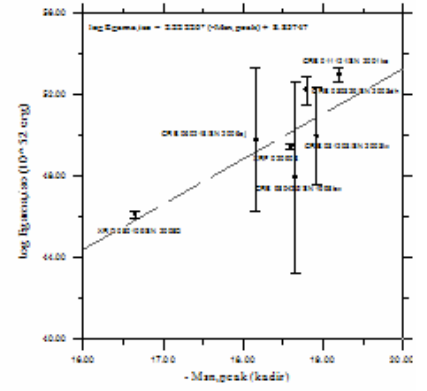
Della Vale ve diğ., 2006, "An Enigmatic Long-lasting  $\gamma$ -ray burst not Accompanied by a Bright Supernova", Nature, 444, 7122, 1050-1052.



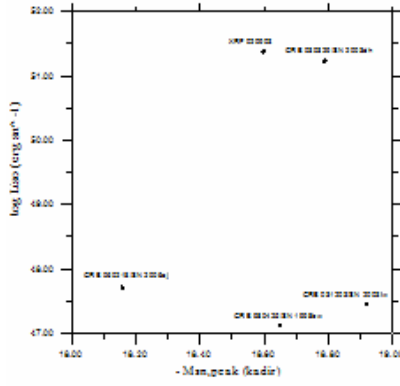
Şekil 1a:  $M_{m,peak} - \log E_{peak}$  ilişkisi. Spearman korelasyon katsayısı 0.80 olarak bulunmuştur.



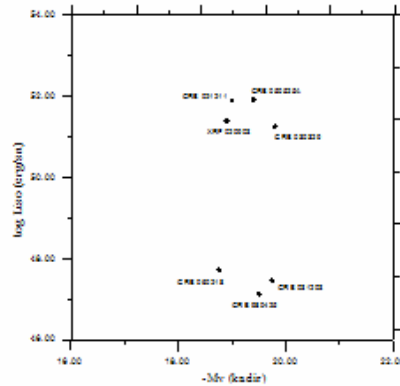
Şekil 1b:  $\log M_{Si} - \log E_{V,peak}$  ilişkisi. Spearman korelasyon katsayısı 0.99 bulunmuştur.



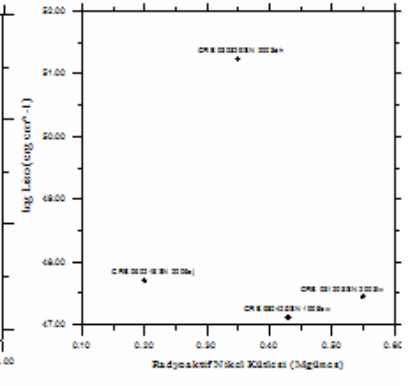
Şekil 1c:  $M_{Si,peak} - \log E_{iso}$  ilişkisi. Spearman korelasyon katsayısı 0.92 olarak bulunmuştur.



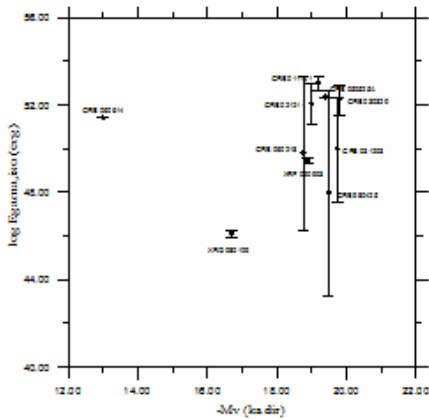
Şekil 2a:  $M_{Si,peak} - \log L_{iso}$  ilişkisi.



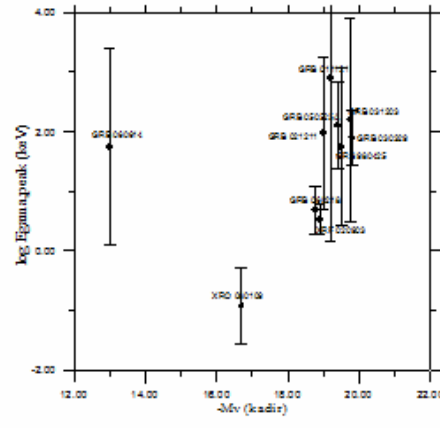
Şekil 2b:  $M_V - \log L_{iso}$  ilişkisi.



Şekil 2c:  $M_{Si} - \log L_{iso}$  ilişkisi.



Şekil 3a:  $M_V - \log E_{iso}$  ilişkisi.



Şekil 3b:  $M_V - \log E_{m,peak}$  ilişkisi