

TUG RTT150 Teleskopu ile Yakın Sarmal Galaksilerde Süpernova kalıntılarının Araştırılması

Aysun Akyüz¹, M.Uğur Gözükeleş¹, Şölen Balman², Dipen Bhattacharya³, Nuri Emrahoğlu⁴, Mehmet E. Özel⁵,

¹Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat. Fakültesi, Fizik Bölümü, 01330, Adana
aakyuz@cu.edu.tr,

²Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü., 06531, Ankara
solen@astro.physics.metu.edu.tr

³IGPP, University of California Riverside, Riverside, CA 92521-0412 USA,
dipen@tigre.ucr.edu

⁴Çukurova Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Sınıf Öğ. Bölümü, 01330, Adana,
nuremrah@cu.edu.tr

⁵Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ,Fen-Edebiyat. Fakültesi, Fizik Bölümü, 17100, Çanakkale
m.e.ozel@comu.edu.tr

Özet: Gökadamızda süpernova kalıntılarının sistematik olarak çalışılması yıldızlararası ortamda değişen soğurma ve kalıntılarının iyi belirlenemeyen uzaklıkları nedeniyle kolay olmamaktadır. Bu problemler diğer gökadalarda daha azdır. Süpernovaların evriminin çalışılmasında, bilinmeyen mesafelerin ve soğurma etkilerinin minimize edilebildiği diğer gökadalarda bulunan süpernova kalıntı örnekleri, Gökadamızda bulunan süpernova kalıntı örneklerine yeğlenmektedir. Bu çalışmada iki yakın sarmal gökada (M33 ve M101) onlarda bulunan süpernova kalıntılarını belirlemek için gözlemlendi. Gözlemlerimiz ve süpernova kalıntı adaylarının görüntüleri, pozisyonları, çapları ve çizgi oranları tanımlandı. Bu gökadalarda belirlenen adaylar önceki çalışmalarla karşılaştırıldı. Optik görüntüler Türkiye Ulusal Gözlemevinde bulunan 1.5m teleskop ve CCD kullanılarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Süpernova Kalıntıları, Yasak Çizgi oranı, Sarmal Galaksiler.

Abstract: The systematic study of supernova remnants in our Galaxy is plagued by highly varying absorption of the interstellar medium and uncertain distances. This problems are far less in other galaxies. Samples of significant numbers of supernova remnants in external galaxies are preferred over Galactic samples for supernova remnant evolution studies, since the effects of unknown relative distances and absorption can be minimized. In this work, two nearby spiral galaxies (M33 and M101) were observed in order to identify supernova remnants in them. Here we described our observations and positions, diameters, line ratios and images of the supernova remnant candidates. The candidates were compared with previous surveys of the galaxies. The optical images were obtained using Turkish National Observatory 1.5m telescope with the CCD detector.

Key words: Supernova Remnants, Forbidden Line Ratio, Spiral Galaxies.

1. Giriş

Süpernova kalıntıları (SNK), yıldız evriminin son aşaması olan süpernova patlamalarından geriye kalan atıklardır. Süpernova patlamaları ile yıldızlararası ortama aktarılan büyük miktarlarda termal ve kinetik enerjinin bu ortama ve galaktik yapıya etkisini anlatan teorilerde süpernova kalıntılarının rolü oldukça önemlidir. SNK'nın

çalışılması, süpernovaları oluşturan ana yıldızları ve patlamaların oluşum oranlarının tahmininin yanı sıra, yıldızlararası ortamın madde bolluğu ve yoğunluğunun anlaşılmasında oldukça önemlidir. Ayrıca çok sayıda süpernova kalıntısının çalışılmasıyla bu gök cisimlerinin evrimleri konusunda daha fazla bilgi edinilmektedir (Matonick, D. ve Fesen, R., 1997). Galaksi düzlemimizde bulunan yoğun gaz ve tozun sönmükleştirme etkisi, Galaksimiz içindeki SNK'nın özellikle optik, morötesi ve x – ışın dalgaboylarında gözlenmesini engelleyen önemli bir faktördür. Galaktik SNK'nın uzaklıklarının belirlenmesindeki

Bildiri tam metni için : Aysun AKYÜZ
e-mektup: aakyuz@cu.edu.tr

zorluklarda onların çalışılmasında önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Oysa ki Galaksi-ötesi SNK'nın çalışılmasında bu sorunlar büyük oranda ortadan kalkmaktadır. Öncelikle, Galaksi – ötesi SNK'nın uzaklıkları o galaksinin bizden olan uzaklığı ile aynı alınmaktadır. Gözlenen süpernova SNK'nın uzaklığının bilinmesiyle çapları hesaplanmaktadır. Her bir süpernova kalıntısının pozisyonu, o galaksinin herhangi bir kısmının (Galaktik düzlemimiz gibi) belirgin bir ardalardan etkisi olmadan tanımlanmaktadır. Kalıntıların pozisyonlarının belirlenmesi ve iyonize hidrojen (HII) bölgelerinin ve sarmal kollara göre rölatif dağılımlarıyla karşılaştırılmasından SNK'nın olası ataları ve supernova tipleri araştırılmaktadır. Galaksi-ötesi SNK'nı belirleme çalışmaları yaklaşık elli yıldır devam etmektedir. Bu SNK'nı optik bölgede tanımlamak için SII/H α kriteri ilk olarak Mathewson ve Clarke (1973) tarafından kullanılmış ve bu yöntem ile SNK'nın optik bölgede belirlenmesine öncülük etmişlerdir. Tablo 1. de bazı yakın galaksilerde SNK'nın optik bölgede araştırılmasının sonuçları sunulmuştur.

Tablo 1. Galaksi-ötesi SNK'nın optik bölgede araştırılması sonuçları

Galaksi	Uzaklık (Mpc)	SNK Sayısı	Referans
KMB	0,055	32	Westerlund ve Mathewson, 1996; Mathewson ve Clarke, 1972, 1973a,b; Mathewson, 1983,84,85
BMB	0,063	11	Mathewson ve Clarke, 1972, 1973a; Mathewson, 1983,1984; Chu ve Kennicutt, 1988a; D'Odorico ve ark., 1980
NGC 2403	3,2	35	Matonick ve ark. 1997
M31	0,69	221	Rubin, 1972; Kumar, 1976; D'Odorico ve ark. 1980; Blair ve ark., 1981; Braun ve Walterbos, 1993; Magnier ve ark., 1995
M33	0,84	98	D'Odorico, 1980; Blair ve Krishner, 1985; Smith, 1991, 1993; Gordon ve ark. 1998,1999
M101	5,4	93	Chu ve Kennicutt, 1986; Skillman, 1985; Yang, 1994;
NGC 6946	5,5	27	Blair ve Fesen, 1994; Schlegel, 1994a,b; Van Dyk 1994

2. SNK'nın Belirlenmesi

Tipik bir süpernova kalıntısının ($\sim 10^4$ yıl yaşında), yaklaşık küresel olan şok dalgaları 100 km/s hız ile yıldızlararası ortamdan genişleyerek ilerler. Süpernova kalıntısında bulunan yüklü parçacıkların hareketleri düzensiz elektromanyetik alanlar oluşturur ve oluşan bu düzensiz alanlar yıldızlararası ortamda bulunan iyonlarla etkileşimlere neden olurlar. Şok dalgaları, yoğun

yıldızlararası bulut yada bulutsularla karşılaşarak düşük yoğunluklu yıldızlararası ortama doğru saçılırlar (yıldızlararası bulutlar için yoğunluk $\sim 10 \text{ cm}^{-3}$ ve yıldızlararası ortam için yoğunluk 0.1 cm^{-3}). Şok dalgaları bulutsulardaki gazı ısıtır ve iyonize ederler. Şok dalgaları geçtikten sonra bulutsulardaki gaz ışıma yaparak enerjisini verir ve soğumaya başlar. Yoğun bulutlar daha fazla güçlü ışıma yapacağından daha çabuk soğur. Soğuyan, uzun bir bölge şokların ardından oluşur ($\sim 0.05-0.1 \text{ pc}$). Yinede hala bu bölgede kısmen iyonize olmuş ve ısıtılmış gaz bulunur. Soğuyan bu bölgede H^+ lar H^0 larla tekrar birleşirler. Bu birleşmenin ardından Balmer yayılım çizgileri ($\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$ vs..) üretilir. Ayrıca O^+ ile O^0 ve S^{++} ile S^{+} larla birleşir. Sonuç olarak bu soğuyan bölgede görece olarak daha fazla miktarda O^0 ve S^+ ve H^+ ile çok sayıda uyarılmış elektron bulunur. Bu bölgedeki elektronların sıcaklığı $\sim 10 \text{ 000 } ^0\text{K}$ 'dir. Bu sıcaklıktaki elektronlar çarpışmalarla S^{++} yı uyarır. Çarpışmalarla uyarılan S^+ iyonları daha sonra güçlü [SII] $\lambda\lambda 6716, 6731$ ışınımalarını yayımlarlar Elektronlar $10000 ^0\text{K}$ sıcaklığından dolayı bu yayılım için gerekli olan $\sim 1.85 \text{ eV}$ luk enerjiye sahiptirler (Blair ve Krishner, 1985).

HII bölgeleri ve gezegenimsi bulutsu gibi diğer yayılım nebulaları SNK'dan farklı şekilde ışıma yaparlar. Hidrojen bulutlarına gömülü yıldızlardan oluşan tipik bir HII bölgesi merkezdeki sıcak yıldız veya yıldızlardan yayımlanan morötesi fotonlarının akısıyla uyarılmış ve iyonize olmuştur. Bulutsu boyunca hidrojen rekombinasyonu ile çok miktarda $\text{H}\alpha$ foton akısı oluşur. Bununla beraber merkez yıldızların güçlü fotoiyonizasyon akısından dolayı HII bölgesinde oksijenin ve sülfürün çoğu yüksek iyonizasyon (O^+ , O^{++} , S^{++}) durumda tutulur. Bundan dolayı HII bölgelerinde yasak çizgiler zayıftır ve tipik olarak SII/H $\alpha \approx 0.1-0.3$ oranına sahiptirler (Braun ve Walterbos 1993). Bu yüzden optik bölgede gözlenen belirgin yayılım bulutsuları için SII/H $\alpha \geq 0.4-0.5$ oran değeri olası SNK adayları olarak tanımlanmaktadır.

Optikte SNK belirgin yayılım çizgi kaynakları olarak algılanmalarına rağmen, kalıntıların algılanmasındaki en büyük sorun onların galakside yayılım yapan diğer cisimler ile karıştırılmasıdır. Bu cisimler; Süper Kabuk, Süper Kabarcık, yayılım çizgi yıldızlar (O-B türü ve Wolf-Rayet yıldızları) olarak verilebilir. Uygulanan değişik gözlemsel kriterlerle SNK, farklı yayılım çizgi kaynaklarından ayırt edilmektedir (Magnier ve ark. 1995)

3. Galaksi Seçimleri

SNK' nı tanımlamak için gözlenmesi planlanan galaksilerin seçiminde temel kriterlerden birincisi; galaksilerin eğim açısı (inclination angle) 0° veya düşük yani önden görünümlü (face-on) olmasıdır. (Ayrıca, gözlemlerimizin TUG' da yapılması planlandığından, gözlenmesi planlanan galaksilerin deklinasyon (iniklik) açıları $>20^\circ$ olarak belirlenmiştir.) İkincisi; parlak yayılım bölgelerinin bulunduğu yakın sarmal galaksilerin seçilmesidir. Galaksilerin sarmal kollarında madde yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde SNK' nın sayısının fazla olduğu düşünülmektedir. Çünkü; bilinen yıldız oluşum bölgeleri (HII bölgeleri, moleküler bulutlar ve sarmal kollar) ile SNK' nın dağılımlarının karşılaştırılması SNK' nı oluşturan ataları hakkında bilgi sağladığı düşünülmektedir. (Matonick, ve Fesen, 1997). Bununla beraber yüzey parlaklığı düşük olan SNK' nı yakın galaksilerde belirlemek uzak galaksilerde belirlemekten daha kolay olduğundan uzaklıkları $\leq 8\text{Mpc}$ olan galaksiler seçilmektedir.

4. Gözlemler ve Veri indirgeme İşlemleri

Tubitak Ulusal Gözlemevi (TUG)' da M 33 ve M101 galaksisinde bulunan SNK' nı belirlemek için 3-4 Eylül 2002 ve 4-5 Haziran 2004 tarihlerinde gözlemler yapıldı. Bu gözlemlerde RTT150 cm teleskop ile CCD ve girişim filtreleri kullanıldı. Girişim filtrelerinin karakteristik özellikleri Tablo 2 de, Galaksilerin konumları ve görüntülenme süreleri Tablo 3 verilmektedir.

Tablo2. Girişim filtrelerinin karakteristik özelliği

Filtreler	λ Dalga boyu $^{\circ}A$	FWHM
[S II]	6728	54
H α	6563	80
H α sürekli (H α c)	6446	123
S II sürekli [S II]c	6964	350

Alınan veriler, LINUX işletim sistemi altında çalışan ESO-MIDAS (Münih Identification Data Analysis Program) paket programı kullanılarak analiz edildi.

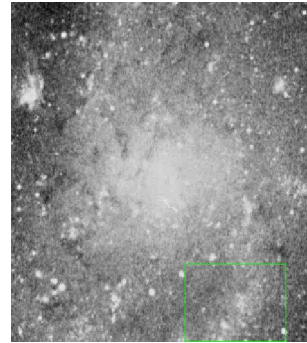
Tablo 3. Seçilen Galaksiler ve gözlem süreleri

Alan	RA,DEC J2000	Uzaklık Mpc	Gözlem Süreleri (sn) [SII] H α [SII]c H α c
M33	1:33:59,4 30:34:37.57	0,840	600 600 600 600
M101	14:03:12 54:20:56	5,4	1200 1200 1200 1200

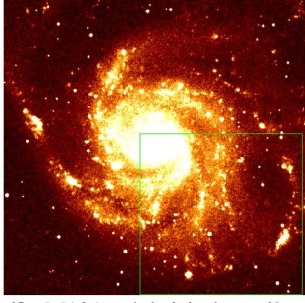
CCD görüntülerimiz $9.1' \times 9.1'$ büyüklüğünde alanı kaplamaktadır. M33 galaksisinin geniş açısal alanından dolayı teleskop görüş alanı içinde galaksinin tamamını görüntülemek mümkün olmadı. Bu çalışmada yalnızca güney bölgesinde bulunan süpernova kalıntıları incelendi (Şekil 1a). M101 galaksisi içinde benzer nedenden dolayı Şekil 1b 'de gösterildiği gibi kutu içine alınan alan gözlemlendi. Şekil 2a ve 2b de M33' ün seçilen bölge için H α ve H α c görüntüleri, Şekil 3a ve 3b de [SII] ve [SII]c görüntüleri verilmektedir.

Veri analizlerimiz için gerekli DARK (kara görüntü) ve BIAS (sıfır seviyesi), herbir filtre için eşit poz sürelerinde FLAT FILED (düz alan) görüntüleri de aynı tarihlerde alınarak bunlarla standart görüntü ön indirgeme işlemleri yapıldı. Ön ve arka fonda bulunan yıldız ışığı etkilerinden kurtulmak için ön indirgeme işlemlerinden sonra H ve [SII] görüntülerinden bunlara ait sürekli görüntüler çıkarıldı. Şekil 4a ve 4b de sürekli görüntülerinden çıkarılmış H α ve [SII] görüntüleri verilmektedir.

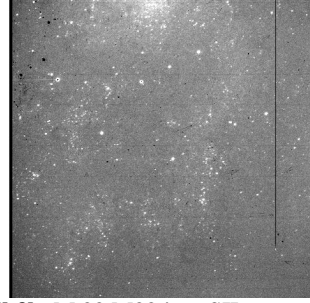
Ön ve arka fon yıldızlardan kısmen temizlenmiş görüntülerinin fotometre analizi için DAOPHOT programı uygulanır. Bu MIDAS programında bulunan bir alt programdır. Bu uygulamadan sonra [SII]/H α oranı alınarak SNK' nın pozisyonunu belirleyeceğimiz görüntü oluşur. Oluşan bu görüntünün yasak çizgi oran değeri [SII]/H α > 0.45 olduğu yerler (kaynak bölgesi ile ardalan bölgesi arasında $\sim 2\sigma$ güvenilirlik değerinin sağlandığı yerler) süpernova kalıntı adayları olarak belirlenir. Belirlenen adayların yapıya uygun bir Gaussian eğrisinin FWHM (yarı yükseklikteki tam genişlik) den ölçülen değeri kalıntı çapı olarak belirlenmiştir. M33 ün seçilen bölgesinde bulunan SNK adaylarının pozisyonları H α görüntüsü üzerinde Şekil 5 de verilmektedir. SNK' nın koordinatları, [SII]/H α oran değerleri ve çapları , Gordon ve ark. (1998)' nın sonuçları ile birlikte Tablo 4 de sunulmuştur.



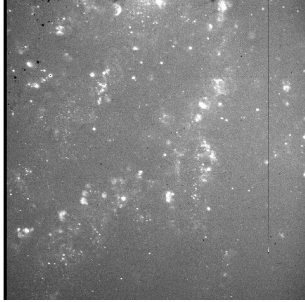
Şekil 1a. M 33 galaksisinde seçilen bölge



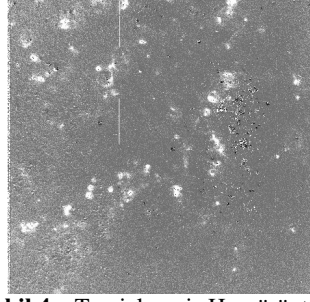
Şekil 1b. M101 galaksisinde seçilen bölge



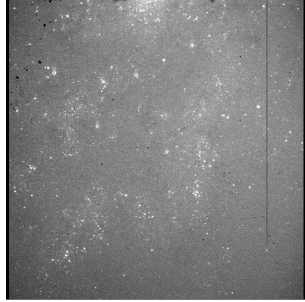
Şekil 3b. M 33 M33 'ün SIIc görüntüsü



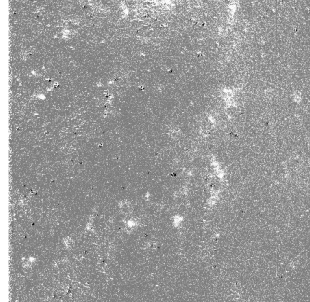
Şekil 2a. M 33' ün H α görüntüsü



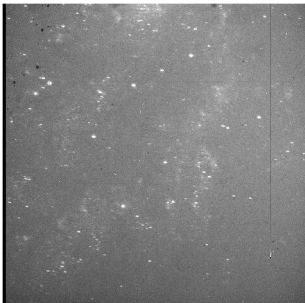
Şekil 4a. Temizlenmiş H α görüntüsü



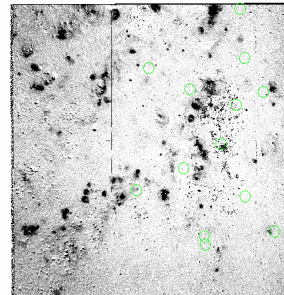
Şekil 2b. M33' ün H α c görüntüsü



Şekil 4b. Temizlenmiş SII görüntüsü



Şekil 3a. M33 'ün SII görüntüsü



Şekil 5. H α görüntüsünde SNK'nın pozisyonları

Tablo 4 : M33’ de seçilen bölgede belirlenen SNK

RA,DEC ^a J2000	SII/H α ^b	D ^b (pc)	SII/H α ^b	D ^b (pc)
1:33:41.2 30:32:28	0.56	29	0.71	45
1:33:48.6 30:33:05.6	0.99	36	0.46	40
1:33:49.9 30:35:29.1	1.01	30	0.34	38
1:33:51.6 30:30:43.9	0.86	35	0.24	40
1:33:51.6 30:30:59.1	1.13	49	0.23	60
1:33:54.5 30:33:47.7	0.76	40	0.21	45
1:33:57 30:34:58.7	1.42	21	0.22	30
1:33:58 30:37:55.1	1.16	17	0.21	30
1:33:58.8 30:33:34	0.91	29	0.36	40
1:34:07.3 30:36:21.4	0.94	108	0.47	140

^a Belirlenen SNK’ nın koordinatları

^b Gordon ve ark. belirlediği oran ve çap değerleri

^c Bu çalışmada belirlenen oran ve çap değerleri

5. SONUÇ

Bu çalışmada seçilen iki yakın sarmal galakside (M33 ve M101) SNK optik bölgede gözlenmesi amaçlanmıştır. Yukarıda M33 galaksisinin TUG’ analiz sonuçları sunulmuştur. M101 galaksisinden, RTT150 cm teleskoptaki teknik arıza nedeni ile istenilen gözlem zamanında veri alınamamıştır. Telafi için verilen zaman, dolunay zamanına karşılık geldiğinden alınan görüntülerde gökyüzü parlaklık değerinin çok yüksek olması, zaten oldukça sönük yüzey parlaklıklarına sahip SNK’ nı belirlememize olanak vermemiştir.

M33 de alınan verilerin analizi ile elde ettiğimiz sonuçlar, Gordon ve ark. (1998) verdiği sonuçlar ile karşılaştırıldığında belirleyebildiğimiz kalıntı sayısı sadece üç tane dir. Bu da ancak kalıntı çaplarının daha büyük değerlerde alınması ile mümkün olmuştur. Sonuçlarımızın istenilen düzeyde olamamasının nedeni, gözlem zamanının kısıtlığından dolayı her bir filtre için alınan poz

süresinin kısıtlılığıdır (600s). Gordon ve ark. çalışmasında verilen süre 3600s dir.

Yakın galaksilerde bulunan SNK’ nı optik bölgede araştırılması devam eden bir projedir. Yeterli poz süresi ile yapılacak gözlemler ve belirlenen adayların spektroskopik gözlemleri ile elde edilecek yasak çizgi oran değerlerinin SII/H α optik bölgede bulunan oran değerleri ile karşılaştırılarak kalibre edilmesi planlanan çalışma programı içindedir.

6. KAYNAKLAR

- Blair, W. P. ve ark. 1981. ApJ V.247, P. 879
 Blair, W. P. ve Kirshner, R. P. 1985. ApJ vol. 289, 1985, p. 582-597
 Blair, W. P. ve Fesen, R. A. 1994. ApJ vol. 424, no. 2, p. L103-L106
 Braun, R. ve Walterbos, R., 1993. A&ASS 98,327-364
 Chu, You – Hua ve Kennicutt, R. C., 1988a. ApJ. vol. 96, p. 1874-1883.
 Chu, You – Hua ve Kennicutt, R. C., 1986. ApJ vol. 311, p. 85-97.
 D’odorico ve ark. 1980 A&AS...40...67D
 Gordon, S., ve ark., 1998. ApJS 117:89-133
 Gordon, S., ve ark., 1999. ApJS 120:247-264
 Kumar, S. 1976. AA vol. 28, p. 579-591.
 Magnier, E.,Prints, S. and et all., 1995. A&AS 114,215-245
 Mathewson, D. ve Clarke, N.,1973.ApJ, 180:725-738
 Mathewson,D. ve Clarke,N., 1972ApJ...178L.105M
 Mathewson, D., 1984. ApJS, 55, 189
 Matonick, D. ve Fesen, R., 1997. ApJS 112:49-107
 Magnier, E.,Prints, S. ve ark., 1995. A&AS 114, 215-245
 Rubin 1972ApJ...177...31R
 Schlegel, E. M., 1994a. ApJ, 424, L99
 Schlegel, E. M., 1994b. ApJ, 434, 523
 Skillman, E. D., 1985. ApJ vol. 290, p. 449-461.
 Smith, R. C., ve ark., 1991. ApJ. 375. 652
 Smith, R. C., ve ark.,1993. ApJ, 407,564
 Van Dyk, S. D., ve ark., 1994. ApJ. 425, L 77
 Westerlund, B. E., ve Mathewson, D. S., 1966. MNRAS. 131, 371
 Yang, Wei – Hong ApJ vol. 425, no. 2, p. 439-441