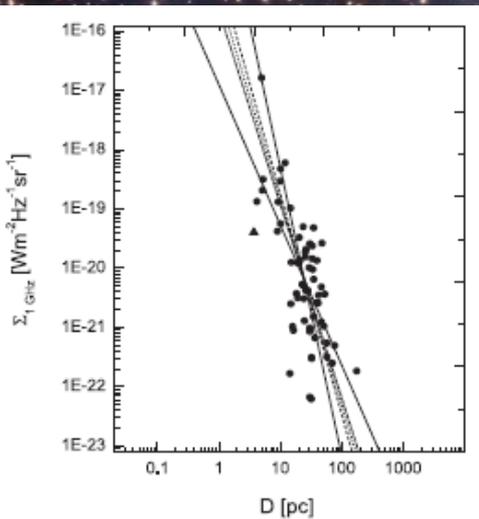
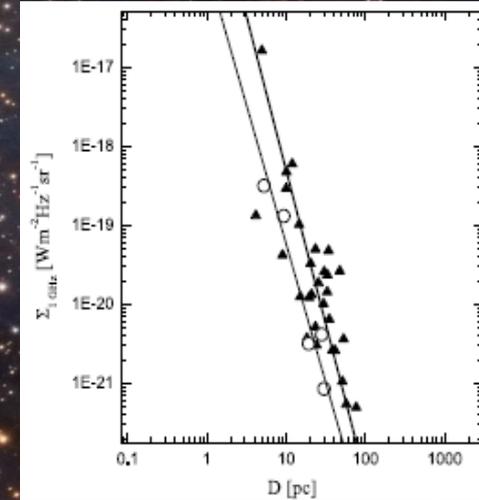


Süpernova Kalıntıları ve HII Bölgeleri İçin İstatistiksel Çalışma, Bazı Yakın Galaksilerin Optik ve X-ışın Gözlemleri



Dr. Ümit Deniz GÖKER, Boğaziçi Üniversitesi
6 Eylül 2016, TAD Kongresi



* Büyük kütleli yıldızların evrimleri sonucunda oluşan süpernova patlamaları sırasında yıldız materyalinin büyük bir kısmı ya da tümü, şok dalgaları yoluyla 30.000 km/sn'den daha büyük hızlarla yıldızlararası ortama yayılırlar.

* Bu şok dalgası, genişlemiş gaz ve toz yapısını yıldızdan uzaklaştıracaktır «Süpernova Kalıntısı (SNRs)»



* Galaksi kümesinin yaşı, kimyasal kompozisyonu, galaksinin oluşum hikayesi ve ortamda oluşan manyetik alanın yapısı hakkında bilgi sahibi olabiliriz.

* **Şok dalgası + SNRs**: Şok dalga karakteristiği, parçacıklar arasındaki çarpışmaların fiziği, gazın ısıtılması için gereken ortamın özellikleri, soğurma ve salma çizgilerinin ve elementlerin yapısı.

* **Prof. Dr. Nihal Ercan, Prof. Dr. Dejan Urošević, Assoc. Prof. Bojan Arbutina, Dr. Milica Vucetić, Dr. Marko Pavlović, Dr. Alexandra Ćiprijanović (Belgrade University, Department of Astronomy)**

- * Bu konuşma,
- (1) Galaktik SNRs için istatistik çalışma yapılarak « Σ -D» ilişkisinin hesaplanmasını,
 - (2) IC 342 Galaksisinin TUG ve Rozhen Gözlemevleri Optik Gözlemlerini,
 - (3) IC 342 galaksinin X-ışın Gözlemini, içermektedir.



THE RADIO SURFACE-BRIGHTNESS-TO-DIAMETER RELATION FOR GALACTIC SUPERNOVA REMNANTS: SAMPLE SELECTION AND ROBUST ANALYSIS WITH VARIOUS FITTING OFFSETS

M. PAVLOVIĆ¹, D. UROŠEVIĆ^{1,2}, B. VUKOTIĆ³, B. ARBUTINA¹, AND Ü. D. GÖKER⁴

¹ Department of Astronomy, Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia; marko@math.rs

² Isaac Newton Institute of Chile, Yugoslavia Branch

³ Astronomical Observatory, Volgina 7, 11060 Belgrade 38, Serbia

⁴ Physics Department, Boğaziçi University, Bebek 34342, Istanbul, Turkey

Received 2012 June 12; accepted 2012 October 16; published 2012 December 20

ABSTRACT

In this paper, we present new empirical radio surface-brightness-to-diameter (Σ - D) relations for supernova remnants (SNRs) in our Galaxy. We also present new theoretical derivations of the Σ - D relation based on equipartition or on a constant ratio between cosmic rays and magnetic field energy. A new calibration sample of 60 Galactic SNRs with independently determined distances is created. Instead of (standard) vertical regression, used in previous papers, different fitting procedures are applied to the calibration sample in the $\log \Sigma$ - $\log D$ plane. Non-standard regressions are used to satisfy the requirement that values of parameters obtained from the fitting of Σ - D and D - Σ relations should be invariant within estimated uncertainties. We impose symmetry between Σ - D and D - Σ due to the existence of large scatter in both D and Σ . Using four fitting methods that treat Σ and D symmetrically, different Σ - D slopes β are obtained for the calibration sample. Monte Carlo simulations verify that the slopes of the empirical Σ - D relation should be determined by using orthogonal regression because of its good performance in data sets with severe scatter. The slope derived here ($\beta = 4.8$) is significantly steeper than those derived in previous studies. This new slope is closer to the updated theoretically predicted surface-brightness-diameter slope in the radio range of the Sedov phase. We also analyze the empirical Σ - D relations for SNRs in a dense environment of molecular clouds and for SNRs evolving in the lower-density interstellar medium. Applying new empirical relations to estimate distances of Galactic SNRs results in a dramatically changed distance scale.

Key words: ISM: supernova remnants – methods: analytical – methods: statistical – radio continuum: ISM

* İstatistiksel çalışma için, 274 tane SNRs kalıntısı ve buna ilave 15 yeni SNRs içeren iki farklı katalog ve bu yapıların içerisinde yer alan pulsarlar ile ilgili bir katalog da incelenmiştir. Bu kataloglardan ilki, Green (2009); Guseinov *et al.* (2003; 2004) ve pulsarların yapısı ile ilgili ATNF (2011) katalogudur. (Çözümlenmeler Monte-Carlo simülasyonu ile yapılmıştır).

* Bulduğumuz kaynaklardan, «95» tanesinin fiziksel parametreleri tam olarak belirlenebilmiştir. Bu kaynaklardan, «60» tanesinin Balmer çizgileri bakımından zengin (Balmer-dominated) veya Oksijence zengin (O-rich) olmalarına göre sınıflanmışlardır.

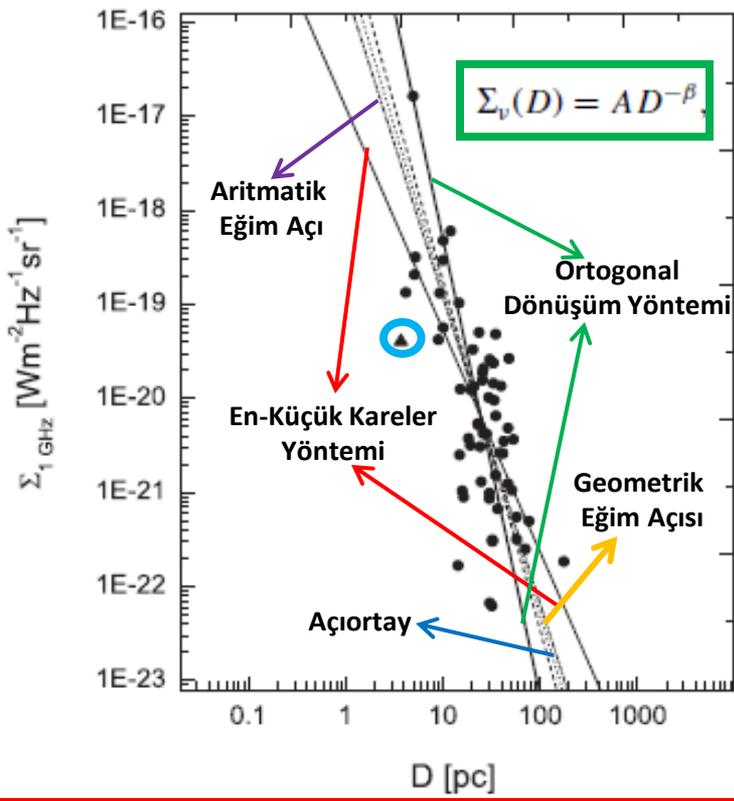
* Sırasıyla; (1) Green (2009) kataloğunda verilen 274 tane SNRs'nın her birine ait fiziksel özellikleri (uzaklık, süpernova genişleme çapı, ışınım gücü, kalıntıdan gelen akı miktarı, tayfsal indeks, açısal yarıçap ve yüzey parlaklığı) derledik.

(2) Guseinov et al. (2003; 2004) makaleleri ve Pavlović (2011) master tezinden 15 tane ek kaynak bulunmuştur. Elimizdeki toplam «289» kaynağın hepsi radyo bölgesinde ölçülen değerlere göre elde edilmiş kaynaklardır.

(3) Sadece kabuk (shell) ve karma (composite) içeren kaynaklar alınmıştır. Merkezde yoğunlaşmış (filled-centered) kaynakları dışarı da bıraktık. Böylece, elimizde toplam 186 tane SNRs kalmıştır. Kabuk ve karma yapıya sahip olan SNRs'nın patladıktan sonraki esas temel yapıyı oluşturmaları ve burada oluşan değişimleri daha kolay çözümleyebilmemizi sağlamalarıdır. Bu SNRs'ından ise sadece 95 tanesinin fiziksel parametreleri kesin olarak bilinmektedir. Böylece, SNRs'nın yüzey parlaklık-süpernova genişleme çapı (Σ -D)'nin istatistiksel değişimini hesapladık.

(4) Balmer-çizgileri bakımında zengin ya da oksijence-zengin olduğu kesin bilinen 60 tane SNRs'nın istatistiksel analizini farklı bir Σ -D diyagramına yerleştirdik. Balmer-çizgileri bakımından zengin SNRs'lar, Tip Ia süpernovalarının patlaması sonucu oluşmuşlardır. Oksijence-zengin SNRs'lar ise Tip Ib süpernova patlamalarının bir sonucudur.

(5) Bağımsız olarak ölçülmüş uzaklıklardan, galaktik SNRs için yeni bir kalibrasyon örneği oluşturuldu.



(7) $\log \Sigma - \log D$ çizimlerini yapmak için literatürdeki farklı fit analiz yöntemleri ile kendi analiz yöntemimiz karşılaştırılmıştır. Σ ve D simetrik özelliklerini kullanarak, Σ - D eğrilerini elde ettik ve burada farklı β değerlerini kullandık. Böylece, Galaktik SNRs uzaklıkları için yeni değerler bulduk.

(8) Literatürdeki «Vertical (Standard) Regression» yöntemi yerine, farklı bir fit yöntemi uygulamayı tercih ettik. Bu çalışmada asıl önemli olan Σ - D ve D - Σ arasındaki simetriyi yakalamaktır.

(9) Σ ve D değerlerini simetrik alan fit etme yöntemlerini kullanarak farklı Σ - D eğimlerinin β (eğim açısı değerleri) hesaplamasını yaptık.

(10) Süpernova kalıntıları için ν frekansındaki radyo yüzey parlaklığının süpernova kalıntısının çapı arasındaki ilişki: $\Sigma_\nu(D) = AD^{-\beta}$, burada A , süpernova patlama enerjisi, dışarı atılan maddenin kütlesi, yıldızlararası ortamın yoğunluğu, manyetik alan şiddeti vs. gibi süpernova patlamasının ve yıldızlararası ortamın özelliklerine bağlıdır; β ise kuramsal çözümlerden elde edilmiş bir sabittir ve tüm bu belirtilen özelliklerden bağımsızdır.

(11) Σ - D ilişkisi büyük çoğunlukla kabuk-türü (bazı durumlarda, saf kabuk radyo morfolojisi ve merkezsel-parlak salma gösteren birleşik türde) süpernovalara uygulanabilir. Bu ilişki, SNRs radyo evrimini anlatmaktadır. (İlk teorik Σ - D ilişkisi ve SNRs uzaklık hesabı: Shklovsky (1960))

(11) Süpernova patlamalarının (ya da evrimleştiği yıldızların) temel özelliklerine ve genişledikleri yıldızlararası ortama büyük oranda bağlı olduklarından dolayı, evrim adımları kalıntıdan kalıntıya geçecektir.

** (12) $\beta = 4.8$ değeri için elde edilen eğri, önceki literatürde bulunan eğriden önemli ölçüde daha dik olmaktadır ve bu da SNRs'ın Sedov evresi için elde edilen kuramsal modellerle uyum gösterir.

(13) Önceki makalelere göre iki katı daha çok oksijence-zengin ortama ait kaynağı ortogonal dönüşüm yöntemiyle analiz ettiğimizden, $\beta = 3.9$ değeri için elde edilen eğri, önceki literatürde bulunan eğriden önemli ölçüde daha dik olmaktadır. Bu sonuçlar, içerisinde çok fazla sayıda çok küçük ve çok parlak süpernova kalıntısı içeren **M82 extra-galaktik kaynağı** için de ışık tutacaktır.

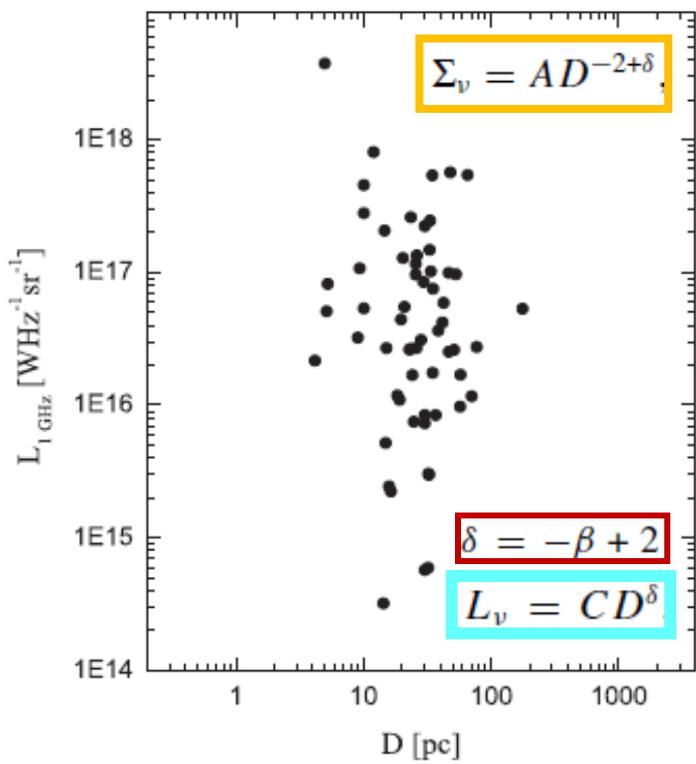
(14) Balmer-dominated kaynaklardan sadece 5 tanesi çözüm yapmamıza yardımcı olmuşlardır. $\beta = 3.5$ değeri için elde edilen eğri ile paralellik göstermektedir.

(15) **Σ -D metodunun iki özel kullanım alanı vardır:**

(1) Boyutların (ve buradan da uzaklıkların) hesaplanmasıdır.

(2) Modelleri ve teorileri karşılaştırarak yüzey parlaklığı ve boyut arasında bir bağıntı bulmaktır. Ölçüm değeri verilmiş Σ yüzey parlaklığı, D tahmini değerinin ölçümünde kullanılır. Bu durumda da log D'den doğacak sapmaları en aza indirmek için «**EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİ**» kullanılmıştır.

Urošević (2010) ve ark. tarafından önerilen «**ORTHOGONAL REGRESSION FITTING**» yöntemi klasik dikey ilişkisine karşılık, farklı β değerleri için gözlemsel Σ -D ilişkisini elde etmek için kullanılmıştır. Bu çalışmamızda «**6 FARKLI LINEAR REGRESSION YÖNTEMİ**» kullanılmıştır.



(16) Bu makalede, doğrusal boyut üzerinde radyo dalgaboyundaki ışınım gücünün (L-D) olası bağımlılığı da hesaplandı. L-D bağımlılığı esasen, radyo ışınım gücünün, doğrusal çapa olan bağılılığıdır.

(17) Elde ettiğimiz sonuçlardan biri, serbest genişleme sonrası ve erken Sedov evresi arasında yeni bir alt-evre bulunduğunu gördük ve bu evre için gereken eğim değeri ise $\beta = 5.75$ 'dir. Sedov evresinde görece yaşlı SNRs için elde ettiğimiz teorik eğim $\beta = 4.25$ 'dir, literatürde bu sonuç Berezhko ve Völk (2004) ile uyum göstermektedir.

(18) $\beta = 5.75$ değeri, galaksimizdeki SNRs'nın uzaklıklarını bulmak için kullanılmıştır. Elimizdeki kalibrasyon kaynaklarının sayısının 60 tane olduğunu düşünürsek, bu değer çok önemli bir sonuca işaret etmektedir. Bu 60 kaynağın her birinin farklı patlama enerjileri vardır, herbiri farklı ortamda evrimleşmişlerdir ve her biri SNR evriminin farklı evresinde bulunmaktadır. Elde ettiğimiz bu değeri, galaktik SNR için ortalama bir evrim basamağı öne sürerken kullanabiliriz:

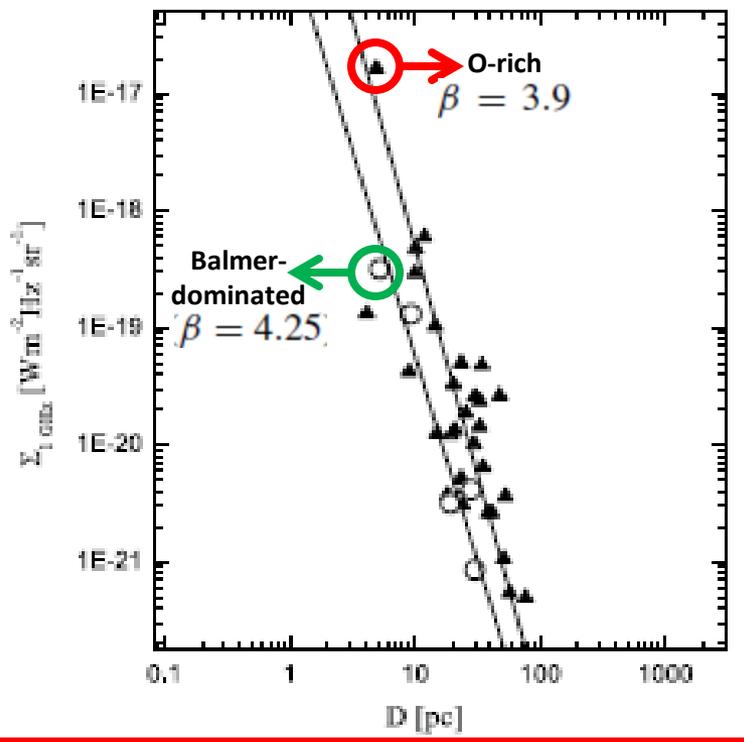


$$\Sigma_{1\text{GHz}} = 3.25_{-2.91}^{+27.94} \times 10^{-14} D^{-4.8 \pm 0.7} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

$$\Sigma_v \propto L_v D^{-2}$$

$$\Sigma_v = AD^{-2+\delta}$$

$$\Sigma_{1\text{GHz}} \propto D^{-4.8 \pm 0.7}$$



(19) Σ -D ilişkisi genç ya da yaşlı süpernova evrimlerinin yapılması için çok iyi bir metoddur. Bu metod, enerji korunum evresinin de iyi açıklanmasını sağlamaktadır. Böylece, bu türden SNRs'nın uzaklıkları tahmin edilebilir.

(20) Galaktik SNRs'nın tahmini uzaklıklarına, bu yeni deneysel ilişkileri uyguladığımızda, uzaklık ölçeklerinin çok belirgin bir şekilde değiştiği görülmektedir.

(21) Yüzey parlaklığının, ISM yoğunluğuna bağlılığı hesaplanmıştır: $\Sigma \propto \rho_0^\eta \propto n_H^\eta$, ρ_0 ortalama yoğunluk ve n_H hidrojen sayı yoğunluğudur. Bu eşitlik, büyük miktarda ISM yoğunluğu ile kuşatılma, SNRs'den gelen çok büyük sinkrotron ışınımına sebep olmaktadır. Bu da büyük yüzey parlaklığı demektir.

O-zengin 28 Galaktik SNRs, mesafeler biliniyor, moleküler bulutlarla etkileşiyorlar (yoğun ISM'de evrim) ve önceki grafikten elde edilen Balmer-baskın Galaktik SNRs: Orthogonal Regression uygulandı.

$$\Sigma_{1\text{GHz}} = 3.89^{+12.81}_{-2.98} \times 10^{-15} D^{-3.9 \pm 0.4} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \text{ sr}^{-1} \text{ (O-rich)}$$

$$\Sigma_{1\text{GHz}} = 1.89^{+4.08}_{-1.29} \times 10^{-16} D^{-3.5 \pm 0.5} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \text{ sr}^{-1} \text{ (Balmer-dominated)}$$

**OPTICAL OBSERVATIONS OF THE NEARBY GALAXY IC342 WITH
NARROW BAND [SII] AND H α FILTERS. II – DETECTION OF 16
OPTICALLY-IDENTIFIED SUPERNOVA REMNANT CANDIDATES***

**M. M. Vučetić¹, A. Čiprijanović¹, M. Z. Pavlović¹, T. G. Pannuti², N. Petrov³,
Ü. D. Göker⁴ and E. N. Ercan⁴**

¹*Department of Astronomy, Faculty of Mathematics, University of Belgrade,
Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia
E-mail: mandjelic@math.rs*

²*Department of Earth and Space Sciences, Space Science Center, Morehead
State University, 235 Martindale Drive, Morehead, KY 40351, USA*

³*National Astronomical Observatory Rozhen, Institute of Astronomy, Bulgarian
Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Shosse Blvd, BG-1784 Sofia, Bulgaria*

⁴*Department of Physics, Boğaziçi University, North Campus,
KB Building Floor 3-4, 34342, Istanbul, Turkey*

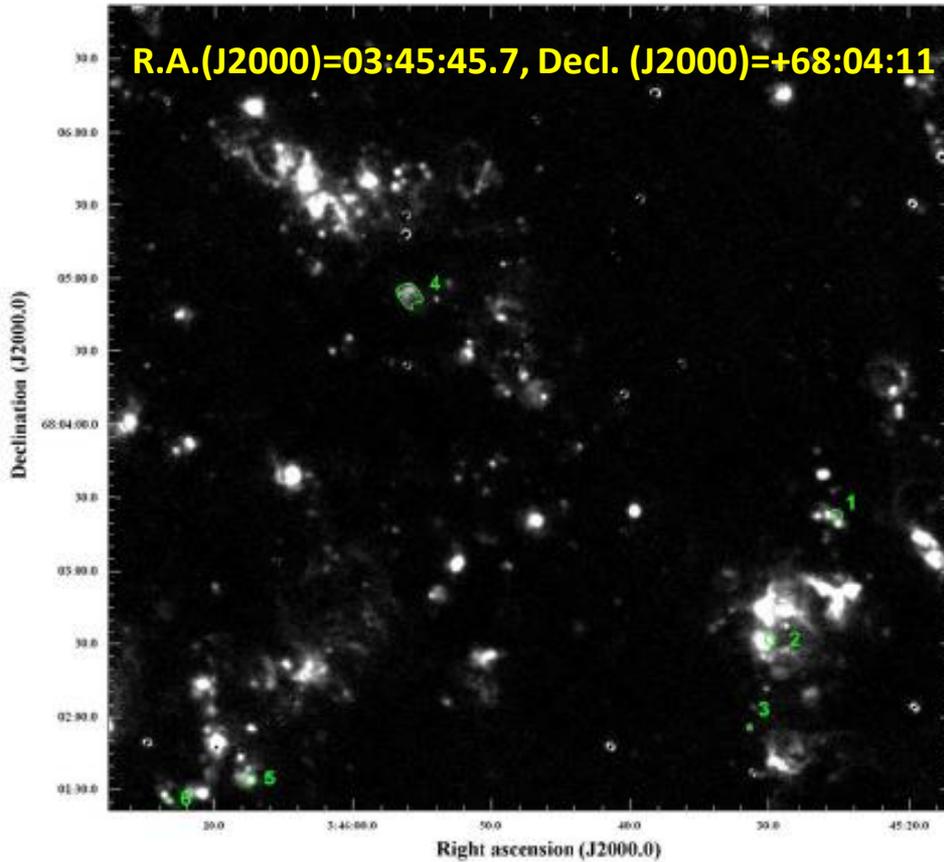
(Received: September 11, 2015; Accepted: October 28, 2015)

SUMMARY: We present the detection of 16 optical supernova remnant (SNR) candidates in the nearby spiral galaxy IC342. The candidates were detected by applying the [SII]/H α ratio criterion on observations made with the 2 m RCC telescope at Rozhen National Astronomical Observatory in Bulgaria. In this paper, we report the coordinates, diameters, H α and [SII] fluxes for 16 SNRs detected in two fields of view in the IC342 galaxy. Also, we estimate the contamination of total H α flux from SNRs in the observed portion of IC342 to be 1.4%. This would represent the fractional error when the star formation rate (SFR) for this galaxy is derived from the total galaxy's H α emission.

Key words. ISM: supernova remnants – Galaxies: individual: IC342

**IC 342: H α (656.3 nm), H α -continuum, [SII] (671.7 nm, 673.1 nm) ve [SII]-continuum
filtrelerinde Optik CCD Gözlemleri**

R.A.(J2000)=03:45:45.7, Decl. (J2000)=+68:04:11



* Yakın bir spiral galaksidir, geniş bir açısal çap. 16 optik SNRs adayları bulunmuştur.

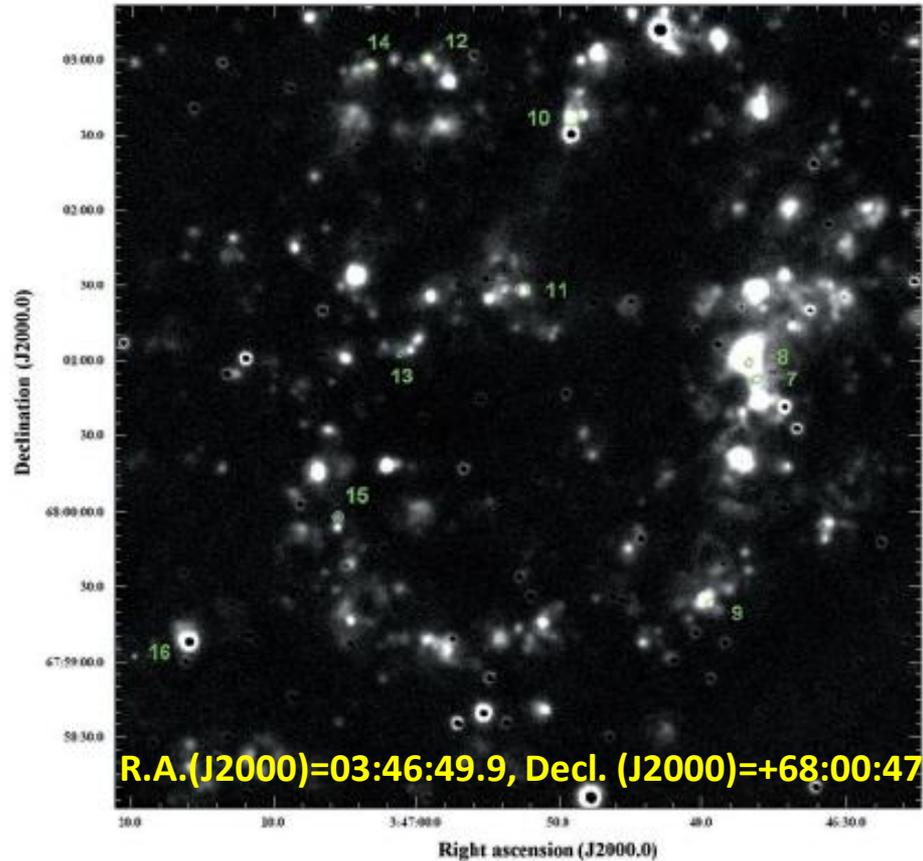
* [SII]/H α oranı uygulanmıştır.

* Toplam H α akısında, bulanıklaşma oranı %1.4 olarak bulunmuştur. Bu da Galaksinin toplam H α salması ölçümlerinden, Galaksi yıldız oluşum oranının da çok küçük bir hatadır.

* Galaktik disk tarafından büyük oranda gizlenmiş durumdadır.

* Uzaklık olarak 3.3 Mpc (Saha et al., 2002) : Cepheid distance.

* IC 342 X-1: Işınım gücü çok yüksek olan, X-ışın kaynağı. «Tooth» bulutsusu tarafından kuşatılmış.



R.A.(J2000)=03:46:49.9, Decl. (J2000)=+68:00:47

Table 1. Data for IC342 taken from NED¹.

Right ascension (J2000)	03h46m48s.5
Declination (J2000)	+68°05'47"
Redshift	0.000103
Velocity	31 km s ⁻¹
Distance ²	3.3 Mpc
Angular size	21.4' × 20.9'
Magnitude	9.1 mag (B)
Gal. extinction ³	2.024 mag (B)

¹<http://ned.ipac.caltech.edu/>

²Saha et al. (2002)

³Schlafly and Finkbeiner (2011)

* Tooth Nebula: (1) SNR (ULX yoğun bir cismin oluşumunun sonucu şeklinde ortaya çıkar); (2) X-ışınında iyonlaşmış kabarcık (ULX'den gelen güçlü dışarı atılan madde):

* X-ışın ışınım gücü: 10⁴⁰ erg/sec

* Toplam akı yoğunluğu (radyo): ≈ 2 mJy at 5 GHz

* Size: 280 pc x 130 pc

* Her bir filtreden üç görüntü aldık; toplam poz süresi her bir filtre için 2700 sec.

* Seeing: 1".5 – 2".75

* Data indirgeme: IRAF ve IRIS programları kullanıldı.

* Standard yıldız: Feige 34 (Massey et al., 1988).

* SNRs ölçümü için bütünleştirilmiş [NII] (λ6548, 6583)/Hα = 1.07 oranını kullandık (Tooth nebula için ölçülen değer, Roberts et al. (2003)).

* Sigma-clipping yöntemi her bir filtre için uygulandı; arka alan görüntüleri çıkartıldı; akı kalibrasyonu, standard yıldızla göre yapıldı.

Table 2. Data for IC342 SNR candidates.

Object No.	Right ascension α_{J2000}	Declination δ_{J2000}	H α flux ^a [erg s ⁻¹ cm ⁻²] $\times 10^{-15}$	[S II] flux ^a [erg s ⁻¹ cm ⁻²] $\times 10^{-15}$	[S II]/H α ratio	Major axis ^b ["]	Minor axis ^b ["]	Comment ^c
1	03:45:25.0	+68:03:23	12.3	7.6	0.62	5.1	3.6	near H II regions 8 and 10
2	03:45:29.6	+68:02:32	37.1	15.0	0.40	4.6	3.6	in large H II region 23
3	03:45:31.0	+68:01:57	3.7	4.3	1.16	3.1	2.6	isolated
4	03:45:55.9	+68:04:56	43.5	48.8	1.12	10.3	7.5	Tooth nebula
5	03:46:06.9	+68:01:35	19.7	10.9	0.55	4.1	3.6	near H II region 83
6	03:46:12.7	+68:01:27	5.4	2.6	0.49	3.0	2.2	near H II region 96
7	03:46:33.3	+68:00:45	17.7	8.5	0.48	4.4	2.9	in H II region complex 118; H α flux is over-estimated
8	03:46:34.1	+68:00:52	62.1	27.3	0.44	3.3	2.5	in H II region complex 118; H α flux is over-estimated
9	03:46:37.0	+67:59:17	17.4	7.3	0.42	3.3	2.5	in H II region 28
10	03:46:46.7	+68:02:30	65.6	25.1	0.38	6.1	6.1	near H II regions 41 and 44
11	03:46:49.9	+68:01:21	30.2	14.5	0.48	5.1	5.1	near H II region 52
12	03:46:56.7	+68:02:53	23.4	11.0	0.47	4.1	4.1	near H II regions 57 and 63
13	03:46:58.1	+68:00:56	1.9	1.1	0.61	3.3	1.8	in H II region 64
14	03:47:00.8	+68:02:50	16.7	8.7	0.52	4.6	3.6	near H II region 75
15	03:47:03.0	+67:59:50	10.1	12.6	1.25	4.1	4.1	near H II region 82
16	03:47:17.1	+67:58:55	0.4	0.7	1.59	<1.5	<1.5	isolated

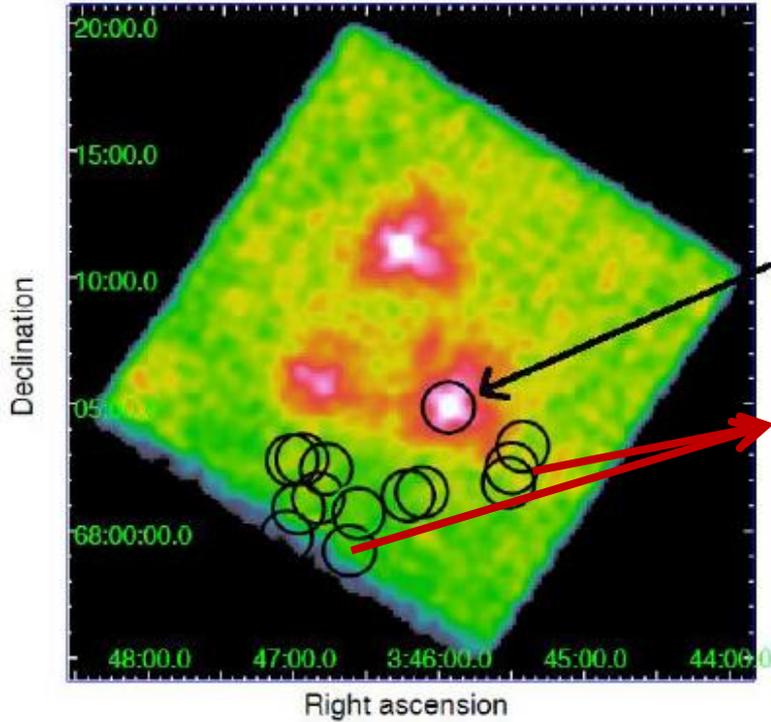
^a[N II] contamination and reddening corrected (Schlafly and Finkbeiner 2011).

^bFrom ellipse fitting. One arcsec corresponds to 16 pc for an assumed distance to IC342 of 3.3 Mpc.

^cH II regions numbers refer to the numbers from Paper I.

- * Sadece 3 cisim izole haldedir, diğ er 13 tanesi HII bölgelerinin içerisinde ya da yakınındadır.
- * 2, 7, 8, 13 cisimleri HII bölgesi içerisinde bulduklarından fazla akı değ eri hesabı mümkündür
- * Akı-kalibrasyon görüntüsü için: [SII]-0.4H α görüntüsü kullanılmıştır.
- * Objeler sıfır düzeyinin üstündedir (sürekli görüntüde salma yoktur) : SNRs adaylarıdır.
- * Şekillerde işaretli kaynaklar, [SII] görüntüsünün geri-zemin alanının üzerindeki 2.5 σ salma çıkartılmıştır. Görüntüler SAO Image DS9 ile görüntülenmiştir.

IC 342 Suzaku



«Apec Model»

X-ışın Kaynağının
Bulunduğu Bölge

Yuvarlak içine
alınmış tüm
kaynaklar
sönük X-ışın
kaynaklarıdır.

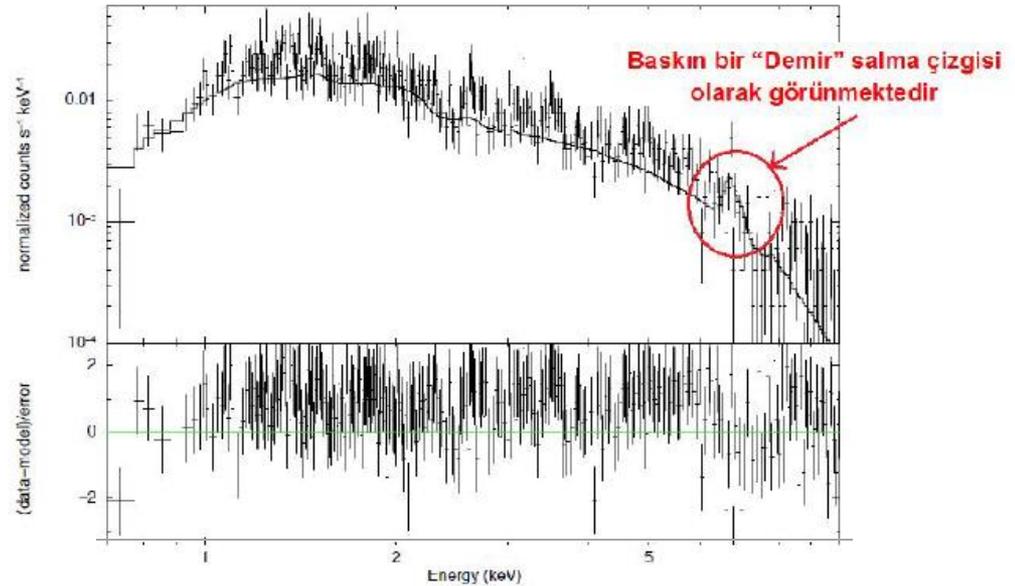
* Optik gözlemlerden farklı olarak, bu galaksinin X-ışın gözleminden sadece bir tane X-ışın kaynağı yakalayabildik (Siyah ok işaretli).

* Suzaku uydusu (XIS CALDB 20120902 kalibrasyon dosyaları) analizi yapılmıştır.

* Galaksiye ait (optik gözlem) koordinatlara karşılık, galaksinin (X-ışın) koordinatlarına göre bulunna kaynağın Suzaku XIS görüntüsüdür.

IC 342 Galaksisi, yüksek soğurmaya uğramış, düşük enerjiye sahip bir galaksidir. Yukarıda, bu galaksinin de içinde bulunduğu bölgenin X-ışın koordinatları verilmektedir. Kırmızı, parlak ve yuvarlak içine alınmış bölge olar SNR adayı kaynağı göstermektedir.

SNR kaynağına ait enerji dağılım eğrisine baktığımızda, burada özellikle 6.5-8 keV arasında artan bir salma çizgisinin varlığı gözükür; bu da «Demir» çizgisine karşılık gelmektedir.



7E5EKKUR
EDERMM

