

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI SÜPERNOVA KALINTILARININ IŞIKÖLÇÜM VE TAYFÖLÇÜM  
ANALİZİ**

**AYTAP SEZER**

**DOKTORA TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI**

**2007**

**BAZI SÜPERNOVA KALINTILARININ IŞIKÖLÇÜM VE TAYFÖLÇÜM  
ANALİZİ**

**AYTAP SEZER**

**DOKTORA TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI**

Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından  
2004.03.0121.013 no'lu doktora tez projesi kapsamında desteklenmiştir.

**2007**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI SÜPERNOVA KALINTILARININ İŞIKÖLÇÜM VE TAYFÖLÇÜM  
ANALİZİ

AYTAP SEZER

DOKTORA TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez ~~09/08/2007~~ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

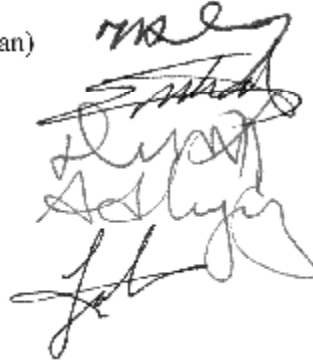
Prof.Dr. Zeki ASLAN (danışman)

Prof.Dr. Nihal ERCAN

Prof.Dr. Dursun KOÇER

Prof.Dr. Aysun AKYÜZ

Yrd.Doç.Dr. Fatma GÖK



## ÖZET

### BAZI SÜPERNOVA KALINTILARININ IŞIKÖLÇÜM VE TAYFÖLÇÜM ANALİZİ

AYTAP SEZER

**Doktora Tezi, Fizik Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof.Dr. Zeki ASLAN**

**Ağustos 2007, 70 Sayfa**

Bu çalışmada Galaksimizde bulunan bazı Süpernova kalıntılarının (SNK) optik gözlemleri yapılmıştır. Işıkölçüm (fotometri) ve tayfölcümünden (spektroskopi) oluşan bu optik gözlemler ile şok dalgasının hızı, ortamdaki elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, şok öncesi bulut yoğunluğu gibi yıldızlararası ortamın ve kalıntının bazı özellikleri belirlenmiştir. Şimdiye dek literatürde optik gözlemine rastlanmayan G59.5+0.1 ve G84.9+0.5 kalıntılarının ilk optik çalışması ile G67.7+1.8 kalıntısının ikinci optik çalışması yapılmıştır. SNK'lerin yasak çizgi dalgaboylarındaki ışınım yeğinlikleri belirlenmiş ve bu değerler kuramsal değerlerle karşılaştırılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Süpernova Kalıntısı, Işıkölçüm ve Tayfölcüm, Yasak Çizgiler

**Jüri:** Prof.Dr. Zeki ASLAN (danışman)

Prof.Dr. Nihal ERCAN

Prof.Dr. Dursun KOÇER

Prof.Dr. Aysun AKYÜZ

Yrd.Doç.Dr. Fatma GÖK

## **ABSTRACT**

# **PHOTOMETRY AND SPECTROMETRY ANALYSIS OF SOME SUPERNOVA REMNANTS**

**AYTAP SEZER**

**Ph.D. In Physics**

**Adviser: Prof.Dr.Zeki ASLAN**

**August 2007, 70 pages**

In this work, optical observations of some galactic supernova remnants (SNRs) have been made. By means of these optical observations which constitutes photometry and spectra, some properties of the interstellar medium and remnants themselves such as velocity of shock waves, electron density of the medium, electron temperature and the preshock cloud density are obtained. The first optical observations of supernova remnants G59.5+0.1, G84.9+0.5 and second optical observation of the supernova remnant G67.7+1.8 have been performed. Radiation intensity of forbidden lines from SNRs has been obtained and compared with the theoretical models.

**KEY WORDS:** Supernova Remnants, Photometry and Spectroscopy, Forbidden Lines

**COMMITTEE:** Prof.Dr. Zeki ASLAN (adviser)

Prof.Dr. Nihal ERCAN

Prof.Dr. Dursun KOÇER

Prof.Dr. Aysun AKYÜZ

Asst.Prof.Dr. Fatma GÖK

## ÖNSÖZ

SNK'ler serbest elektron yoğunluğunun göreceli olarak az olduğu yerlerdir. Bu özellikleri ile yasak çizgi geçişlerinin oluşmasına imkan sağlarlar. Yeryüzünde oluşmayan bu çizgilerin incelenmesi, atom fiziği için son derece önemlidir ve SNK'ler bu geçişlerin incelenmesi için bir laboratuvar görünümündedir.

SNK'lerin büyük bir çoğunluğu radyo bölgesinde gözlenmiştir. Optik bölgede yapılan gözlemler ise azdır. SNK'lerin optik gözlemi, yıldızlararası ortamın ve SNK'lerin birçok fiziksel özelliği hakkında bilgi verir.

Bu çalışmada bazı galaktik SNK'lerin ışıkölçüm ve tayfölçüm gözlemleri yapılmış ve SNK'lerin yasak çizgi oluşum kuramları ile ilgisi araştırılmıştır.

Bu çalışmanın konu seçiminde ve gözlem planının hazırlanması aşamasında yardım ve desteklerini gördüğüm danışmanım Sayın Prof. Dr. Zeki ASLAN'a, gözlem verilerinin alınması, indirgenmesi ve değerlendirilmesi konularında sorularına cevap veren Sayın Prof. Dr. Fotis MAVROMATAKIS'e (Girit Üniversitesi), ışıkölçüm konusundaki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Aysun AKYÜZ'e (Çukurova Üniversitesi), tayfölçüm konusundaki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Ilfan BIKMAEV'e (Kazan Devlet Üniversitesi), veri indirgeme konusundaki yardımları için Arş.Grv. Ebru AKTEKİN'e ve yapmış olduğum gözlemlerde veri sağlama konusundaki yardımlarından dolayı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Bu doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 2004.03.0121.013 no'lu doktora tez projesi kapsamında desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	5
2.1. Süpernova Kalıntıları.....	5
2.2. Yasak Çizgi Oluşumu.....	8
2.3. Süpernova Kalıntılarının Optik Özellikleri.....	15
2.4. Kuramsal Modellerin Verdiği Salma Çizgi Oranları.....	16
2.5. Tayfölcümünden Elde Edilecek Parametreler için Kullanılan Bağlıntılar...	20
3. GÖZLEMLER VE YÖNTEM.....	25
3.1. Işıkölcümü Gözlemleri .....	30
3.2. Tayfölcümü Gözlemleri.....	32
3.3. Gözlemleri Yapılan SNK'ler.....	33
3.3.1. G67.7+1.8'in ışıkölcüm ve tayfölcüm gözlemleri.....	33
3.3.2. G59.5+0.1'in ışıkölcüm ve tayfölcüm gözlemleri.....	38
3.3.3. G84.9+0.5'in ışıkölcüm ve tayfölcüm gözlemleri.....	41
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	45
5. SONUÇ.....	61
6. KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ	

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

$A_v$	Yıldızlararası soğurma
$F$	Işınım akısı
$Fe$	Demir
$H\alpha$	Hidrojen alfa
$H\beta$	Hidrojen beta
$M_\odot$	Güneş kütlesi
$N$	Azot
$N_c$	Kritik elektron yoğunluğu
$n_c$	Şok öncesi bulut yoğunluğu
$N_e, n_e$	Elektron yoğunluğu
$O$	Oksijen
$pc$	Parsek (1 AB'ni 1" altında gören yıldızın uzaklığı, $1pc=3,086 \times 10^{16}m$ )
$S$	Kükürt
$T$	Sıcaklık
$T_e$	Elektron sıcaklığı
$V_s$	Şok dalgasının hızı
$\text{Å}$	Angström
$\alpha$	Sağ açıklık
$\delta$	Dik açıklık
$\theta$	Açısal boyut
$\lambda$	Dalgaboyu



### **Kısaltmalar**

CCD	Charge Coupled Device (Yük Bağlanmış Cihaz)
FWHM	Full Width at Half Maximum (Yarı Yükseklikteki Tam Genişlik)
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility (Görüntü İndirgeme ve Analiz Programları)
PSR	Pulsar
SN	Süpernova
SNK	Süpernova Kalıntısı
TFOSC	TUG Faint Object Spectrograph and Camera (TUG Sönük Nesne Tayfölçer ve Kamerası)
TUG	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. I.tür ve II.tür SN'lerin ışık eğrileri. Bu şekilde, dikey eksen parlaklığı göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi I.tür SN'ler kısa bir sürede maksimum parlaklığa ulaşırlar. Bu parlaklık değerinde bir hafta kaldıktan sonra, hızla sönmeye başlarlar. II.tür SN'lerde ise parlaklık artışı I.türe göre daha azdır. Ancak bu parlaklıklarını daha uzun süre korurlar (Priyalnik 2000).....	5
Şekil 2.2. Yıldız özeğinde oluşan çekirdek tepkimelerinin şematik gösterimi (Priyalnik 2000).....	6
Şekil 2.3. [OIII] ve [SII] için enerji seviyeleri arasındaki yasak geçişler. Bir bulutsuda, elektron 4959 Å ve 5007 Å dalgaboyuna sahip bir foton halinde enerjisini yayınlarken temel seviyeye düşmeden önce, uyarılmış yarıkararlı seviyede yaklaşık 100 s kalır (sıradan uyarılmış bir seviyede bir elektronun kaldığından $10^{10}$ kat daha uzun). Bu çizgilerin nasıl oluştuğu 1927 yılında anlaşılmıştır (Osterbrock 1989).....	14
Şekil 2.4. Şok dalgasının, şok önü ve şok arkası olarak adlandırılan iki farklı bölgesi .....	16
Şekil 2.5. Osterbrock (1989) tarafından kuramsal olarak elde edilen [SII] $\lambda$ 6716/ $\lambda$ 6731 oranı ile elektron yoğunluğu arasındaki ilişki ( $T=10^4$ K).....	21
Şekil 2.6. Osterbrock (1989) tarafından kuramsal olarak elde edilen $J(\lambda 4959+\lambda 5007)$ $\lambda$ 4363 ile elektron sıcaklığı arasındaki ilişki ( $N_e \rightarrow 0$ ).....	22
Şekil 3.1. TFOSC'un RTT150 teleskobunun odak düzlemine takılı görünümü (Aslan vd 2004).....	25
Şekil 3.2. Maksimum yarı yükseklikteki tam genişlik (FWHM).....	28
Şekil 3.3. He ve Ne lamba tayflarının tayf çizgileri (Parmaksızoğlu vd 2006).....	29
Şekil 3.4.a. TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G67.7+1.8'in $H\alpha$ , $H\alpha$ süreklilik, $H\alpha$ - $H\alpha$ süreklilik, [SII], [SII] süreklilik ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri (negatif olarak).....	34
Şekil 3.4.b. TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G67.7+1.8'in süreklilik görüntüleri çıkarılmış [SII]/ $H\alpha$ görüntüsü (negatif).....	36
Şekil 3.5.a. TUG'da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen	

G67.7+1.8'in tayfı ( $\alpha=19^h 54^m 16^s$ , $\delta=31^0 31' 50''$ ).....	37
Şekil 3.5.b. TUG'da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen G67.7+1.8'in tayfı ( $\alpha=19^h 54^m 20^s$ , $\delta=31^0 32' 14''$ ).....	37
Şekil 3.6.a. TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G59.5+0.1'in H $\alpha$ , H $\alpha$ süreklilik, H $\alpha$ -H $\alpha$ süreklilik, [SII], [SII] süreklilik ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri (negatif).....	38
Şekil 3.6.b. TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G59.5+0.1'in süreklilik görüntüleri çıkarılmış [SII]/H $\alpha$ görüntüsü (negatif).....	39
Şekil 3.7.a. TUG'da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen G59.5+0.1'in tayfı ( $\alpha=19^h 42^m 33^s$ , $\delta=23^0 36' 18''$ ).....	40
Şekil 3.7.b. TUG'da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen G59.5+0.1'in tayfı ( $\alpha=19^h 42^m 25^s$ , $\delta=23^0 32' 25''$ ).....	41
Şekil 3.8.a. TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G84.9+0.5'in H $\alpha$ , H $\alpha$ süreklilik, H $\alpha$ -H $\alpha$ süreklilik, [SII], [SII] süreklilik ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri (negatif).....	42
Şekil 3.8.b. TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G84.9+0.5'in süreklilik çıkarılmış [SII]/H $\alpha$ görüntüsü (negatif) .....	43
Şekil 3.9.a. TUG'da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen G84.9+0.5'in tayfı ( $\alpha=20^h 50^m 16^s$ , $\delta=44^0 55' 03''$ ).....	44
Şekil 3.9.b. TUG'da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen G84.9+0.5'in tayfı ( $\alpha=20^h 50^m 23^s$ , $\delta=44^0 53' 00''$ ).....	44
Şekil 4.1. TUG'da RTT150 teleskobu ile 300 s poz süresi verilerek elde edilen 12 SNK'nin H $\alpha$ süzgeci ile alınmış görüntüleri (Bu görüntüler pozitif görüntülerdir, parlak olan yerler optik ışımayı gösterir. Siyah olan yerler ise ışımının olmadığı karanlık bölgeleri gösterir. Bu görüntülerin pozitif verilmesindeki amaç; gözlem yaparken bu bölgelerin ilk olarak nasıl göründüğünü göstermektir) .....	46
Şekil 4.2. G59.5+0.1'in J(2000)'e göre koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$ görüntüsü (Bu görüntü negatif olarak verilmiştir. Görüntüde koyu olan yerler ışımının fazla olduğu, parlak yerler ise kalıntının çevresini göstermektedir) .....	48

Şekil 4.3. G84.9+0.5'in J(2000)'e göre koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$ görüntüsü (Bu görüntü negatif bir görüntüdür. Koyu olan yerler ışımanın fazla olduğu yerlerdir).....	50
Şekil 4.4. G59.5+0.1'in 327 MHz ve 4850 MHz'de alınmış radyo haritası (Taylor vd 1992).....	52
Şekil 4.5. G84.9+0.5'in 327 MHz ve 4850 MHz'de alınmış radyo haritası (Taylor vd 1992).....	53
Şekil 4.6. G67.7+1.8'nin J(2000)'ne göre koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$ görüntüsü (Bu görüntü negatif olarak verilmiştir. Koyu olan yerler ışımanın fazla olduğu yerleri gösterir. Dolayısıyla siyah olan yerler kalıntıya aittir. Kalıntının yay kabuk (arc shell) şeklinde bir morfolojiye sahip olduğu açıkça görülmektedir).....	54
Şekil 4.7. Sol tarafta G67.7+1.8'in optik bölgede H $\alpha$ + [NII] süzgeci ile 300 s poz süresi verilerek alınmış görüntüsü (Mavromatakis vd 2001) ve sağ tarafta aynı kalıntının TUG'da yapılan ışıkölçümü sonucu 300 s poz süresinde elde edilmiş [SII]/ H $\alpha$ görüntüsü.....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı seviyeler için $T=10\ 000\ K$ için hesaplanan $N_c$ değerleri (Osterbrock 1989).....	11
Çizelge 2.2. Bazı çizgilerin geçiş durumları (Osterbrock 1989).....	15
Çizelge 2.3. Bazı iyonların iyonizasyon özellikleri (Osterbrock 1989).....	17
Çizelge 3.1. Gözlemler için seçilen SNK'ler .....	27
Çizelge 3.2. Kullanılan girişim süzgeçlerinin özellikleri.....	28
Çizelge 3.3. Akı ayarlamasında kullanılan standart yıldızların temel nicelikleri.....	30
Çizelge 3.4. TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan G59.5+0.1'in ışıkölçüm gözlemine ait bilgiler.....	31
Çizelge 3.5. TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan G67.7+1.8'in ışıkölçüm gözlemine ait bilgiler.....	31
Çizelge 3.6. TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan G84.9+0.5'in ışıkölçüm gözlemine ait bilgiler.....	31
Çizelge 3.7. TUG'da TFOSC kullanılarak tayfölçümü yapılan SNK'ler.....	32
Çizelge 4.1. 9 SNK'nin bulunduğu bölgeye ait bazı değerler.....	47
Çizelge 4.2. G59.5+0.1'in seçilen bazı bölgelerinin koordinatları, hesaplanan $[SII]/H\alpha$ değerleri ve parantez içinde hata payları.....	49
Çizelge 4.3. G84.9+0.5'in seçilen bazı bölgelerinin koordinatları, hesaplanan $[SII]/H\alpha$ değerleri ve parantez içinde hata payları.....	51
Çizelge 4.4. G67.7+1.8'in seçilen bazı bölgelerinin koordinatları, hesaplanan $[SII]/H\alpha$ değerleri ve parantez içinde hata payları.....	55
Çizelge 4.5.a. G59.5+0.1'in seçilen 1. ve 2. bölgesi için tayfölçümünden elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler.....	57
Çizelge 4.5.b. G67.7+1.8'in seçilen 1. ve 2. bölgesi için tayfölçümünden elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler.....	58
Çizelge 4.5.c. G84.9+0.5'in seçilen 1. ve 2. bölgesi için tayfölçümünden elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler.....	59
Çizelge 4.6. Tayfölçümü ile elde edilen değerlerin modeller ile karşılaştırılması.....	65

## 1. GİRİŞ

Büyük kütleli (anakoldaki kütlesi  $\sim 8M_{\odot}$ 'den büyük) yıldızların evrimlerinin, süpernova (SN) patlaması ile son bulduğu düşünülür (Woosley ve Weaver 1986, Woosley ve Janka 2005). Bu patlama sonrası yıldızlararası ortama yayılan gaz, ortamda bulunan gazı da süpürerek genişler. Genişleyen bu gaz, süpernova kalıntısı olarak bilinmektedir. SN patlaması sonucu yıldızlararası ortama yayılan gazın genişleme hızı, ortamdaki ses dalgasının hızından fazla olur ve genişleyen bu gaza şok dalgası denir. Oluşan şok dalgası yıldızlararası ortamda ilerler. Yıldızlararası ortamda bulunan Hidrojen gazı genellikle soğuk ve seyrek. Gazın çoğu, temel enerji durumunda yani nötrdür. Çünkü, gazın içindeki çarpışmalar ile uyarılmalar çok azdır. SN patlaması sonucu oluşan şok dalgaları gazın uyarılmasına ve iyonize olmasına neden olur. Genişleyen şok dalgası (kabuk), yıldızlararası gazı sıkıştırır ve ısıtır. Bu nedenle şok dalgasının önündeki bu bölgelerde (shock front) sıcaklık milyon derece mertebesinde olur. Şok dalgasının arkasındaki bölge (shock behind) ise daha soğuktur. Bu bölgede sıcaklık  $\sim 10^4$  K mertebesindedir (Osterbrock 1989). Bir gazın sıcaklığı arttıkça atomları iyonize edebilecek kadar (ışınım ya da çarpışma yolu ile) enerji ortaya çıkar. Kabuk öyle sıcaktır ki, sadece Hidrojen iyonize olmakla kalmaz, ayrıca Oksijen de beşinci dereceden iyonizasyona uğrar. Kabuk, yıldızlararası ortamda yayıldıkça, önündeki gazı süpürerek ilerler. Böylece şok dalgasının geçtiği yerlerdeki gaz seyrelir. Bu süreç boyunca şok dalgası ile etkileşen yıldızlararası ortamdaki soğuk bulutlar dağılarak bozulurlar. Bu büyüklükte genişleyen kabuklar, yıldızlararası gazın büyük bir bölümünün evriminde etkilidir (Özdemir vd 2005).

SNK'ler, yıldızlararası ortamdaki HII bölgeleri, moleküler bulutsular gibi nesnelere etkileşerek ortamdaki madde yoğunluğunun değişmesine neden olurlar. Bu özelliklerinden dolayı SNK'ler galaksi ortamındaki en önemli nesnelere arasında yer almaktadırlar. Bu ortamın parametrelerini belirlemek, söz konusu fiziksel süreçleri anlamak açısından önemlidir.

SNK'ler radyo, X-ışını ve optik bölgelerde yapılan gözlemlerle belirlenmiştir. Bu bantlardaki ışınım farklı fiziksel süreçler sonucu oluştuğu için, her bir ışınım

SNK'lerin farklı bölgelerinden gelmektedir. SNK'ler ısısal olmayan sinkrotron ışınması nedeniyle radyo bölgesinde ışınma verirler. Şok dalgasının önünde gazın sıcaklığı milyon derece mertebesinde olduğu için bu bölgeler X-ışınması yaparlar. Şok dalgasının arka kısmında ise sıcaklık düşük olduğu için bu bölgeler optik ışınma verir. Günümüzde Galaksimizin üyesi olduğu bilinen ve radyo bölgesinde gözlenmiş 265 tane SNK vardır (Green 2006). Bunların bir kısmı X-ışını bölgesinde de gözlenmiştir. Optik bölgede yapılan gözlemler ise çok azdır ancak optik gözlemlerden elde edilecek bilgiler önemlidir. Bu bilgiler SNK'nin kimyasal bolluğu, SN patlama türü, şok dalgasının hızı, ortamdaki elektron yoğunluğu, şok öncesi bulut yoğunluğu gibi yıldızlararası ortamın ve kalıntının bazı özellikleridir (Dopita 1979). Optik bölgede yapılan gözlemlerin sayısının az olmasının nedeni şöyle açıklanmaktadır: SNK'leri oluşturan yıldızlar, O ve erken B türünden yıldızlar olduklarından, SNK'lerin çoğu galaksi düzlemine yakın yerlerde bulunurlar ve galaksi düzleminden uzaklıkları çoğunlukla 100 pc'yi aşmamaktadır. Galaksi düzleminde gaz ve toz fazladır, düzlemden uzaklaştıkça maddenin yoğunluğu hızla azalmaktadır. SNK'lerin çoğunun böyle bir ortamda bulunması optik gözlemlerin yapılmasını zorlaştırır. Bu zorluk nedeniyle SNK'lerin optik gözlemi yapılırken, uzun poz sürelerinin verilmesi ve darbant (narrow band) süzgeçlerin kullanılması tercih edilmektedir (Osterbrock 1989).

Kimyasal bolluk SN patlamasının I. tür ya da II. tür olduğunu belirler. O, Ne, Mg ve Si gibi elementlerin bolluğunun, Fe elementinin bolluğundan fazla olması SNK'nin II.tür SN patlaması sonucu oluştuğunu gösterir. Az olması ise Ia türü olduğunu gösterir. Ayrıca kimyasal bolluk, çekirdek sentezi modellerinde kullanılarak SNK'yi oluşturan yıldızın yaklaşık kütlesi hakkında bilgi verir (Bamba vd 2000).

SNK'nin genişleme hızı, patlama enerjisinin yanısıra, bulunduğu ortamın yoğunluğuna da bağlıdır. Bu nedenle SNK'nin bulunduğu ortamdaki elektron yoğunluğu, şok öncesi bulut yoğunluğu ve şok dalgasının hızı gibi parametrelerin belirlenmesi önemlidir. Bu konuda teorik modeller bulunmaktadır. Gözlem sonuçları ile bu modellerin karşılaştırılması modellerin denetlenmesi ve geliştirilmesi bakımından önemlidir.

SNK'lerin bulunduğu ortamdaki serbest elektron yoğunluğu, yasak çizgilerin (forbidden lines) oluşumu için gerekli olan koşulu sağlayacak kadar azdır. Son yıllarda gözlem tekniğindeki gelişmeler bu konudaki çalışmaların sayısının artmasını sağlamış ve SNK'lerdeki yasak çizgi oluşum süreçlerinin gözlemsel olarak incelenmesi mümkün olmuştur (Mavromatakis vd 2002a, 2002b, Boumis vd 2002, Mavromatakis 2003a, 2003b, Boumis vd 2005, Mavromatakis vd 2007).

Bu çalışmada; galaksimizde bulunan bazı SNK'lerin (G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2, G57.2+0.8, G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5) ışıkölçüm ve tayfölcümlerinin yapılması amaçlanmıştır.

Işıkölçümündeki amaç; SNK'lerin optikte nasıl görüldüğünü (morfolojilerini) incelemek ve [SII]/H $\alpha$  oranlarını bularak, kalıntının bulunduğu bölgede HII bölgesi olup olmadığını belirlemektir. Bu, SNK'den gelen optik ışımının SNK'ye ait olup olmadığı, HII bölgesinin katkısının olup olmadığı konusunda bilgi verir. Gözlemlerden elde edilen [SII]/H $\alpha$  oranının, kuramsal değerlerle karşılaştırılması da amaçlanmıştır.

Tayfölcümündeki amaç ise; elde edilecek tayf çizgilerinin (H $\alpha$ , H $\beta$ , [OIII] $\lambda$ 4363,  $\lambda$ 4959,  $\lambda$ 5007 ve [SII] $\lambda$ 6716,  $\lambda$ 6731) akı değerlerini, ilgili bağıntılarda kullanarak, SNK'nin ve bulunduğu ortamın bazı parametrelerini (elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, şok dalgasının hızı, şok öncesi bulut yoğunluğu gibi) belirlemek ve gözlemsel olarak elde edilen bu değerleri, modellerin verdiği değerlerle karşılaştırmaktır. Elde edilen tayflardaki yasak çizgilerin şiddet oranları ile kuramsal değerlerin karşılaştırılması da amaçlanmıştır. Bu kuramların ayrıntıları Bölüm 2.4'de verilmiştir.

Yasak çizgiler ancak çarpışma olasılığının az olduğu düşük gaz yoğunluğuna sahip bölgelerde oluşabilir. SNK'ler de diğer bulutsular gibi ortamdaki elektron yoğunluğunun az olduğu bölgelerdir. Bu nedenle yasak çizgilerin deneysel olarak incelenmesinde SNK'lerin önemli bir yeri vardır. Yasak geçişler elektrik dipol geçiş kurallarına uymazlar ve bu nedenle *elektrik dipole yasak geçişler* olarak



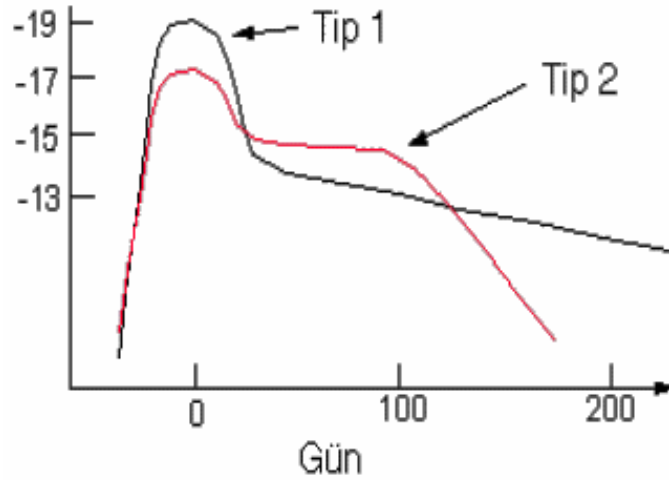
isimlendirilirler. Ancak kullanım kolaylığı nedeniyle yasak geçişler olarak anılmaktadırlar. Bu geçişlerin oluşma koşulları Bölüm 2.2’de açıklanmıştır.

Atom ve iyonların gösteriminde kullanılan köşeli parantezler [ ], çizginin yasak olduğunu göstermektedir. Element kısaltmalarının yanına yazılan Roma rakamı ise, astrofizikte iyonlaşma için kullanılır. I yüksüz, II bir kez iyonlaşmış, III iki kez iyonlaşmış gibi. Örneğin;  $S^+$  bir kez iyonlaşmış Kükürt’tür ve SII olarak gösterilebilir. Bu çalışmada Roma rakamı ile gösterim tercih edilmiştir.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Süpernova Kalıntıları

SNK'ler SN patlaması sonucu oluşurlar. Yıldız evriminin son aşaması olan bu patlamada, çok büyük bir enerji aniden açığa çıkar. Bu patlama kabaca I. ve II. tür olmak üzere ikiye ayrılır. I. tür ve II. tür SN'ler tayflarında ve ışık eğrilerinde sahip oldukları özellikler bakımından farklılıklar gösterirler. I.tür SN'lerin tayflarında ağır element çizgileri baskın iken, II.tür SN'lerin tayfında H çizgisi baskındır (Woosley ve Weaver 1986, Langer ve Woosley 1996, Woosley ve Janka 2005, Nadyozhin ve Imshennik 2005). I.tür ve II.tür SN'lerin ışık eğrileri Şekil 2.1'de verilmiştir.



**Şekil 2.1.** I.tür ve II.tür SN'lerin ışık eğrileri. Bu şekilde, dikey eksen parlaklığı göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi I.tür SN'ler kısa bir sürede maksimum parlaklığa ulaşırlar. Bu parlaklık değerinde bir hafta kaldıktan sonra, hızla sönmeğe başlarlar. II.tür SN'lerde ise parlaklık artışı I.türe göre daha azdır. Ancak bu parlaklıklarını daha uzun süre korurlar (Priyalnik 2000)

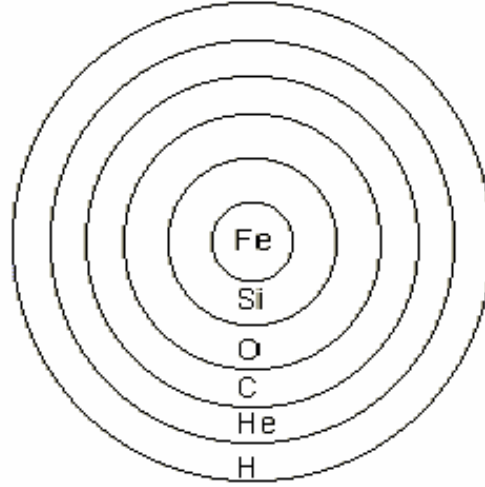
I.tür SN patlaması kendi arasında Ia, Ib ve Ic olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Ia türü SN'lerin tayfında H çizgisine hiç rastlanmazken, Ib ve Ic türü SN'lerin tayfında H çizgisi az da olsa görülür. I.tür SN'ler hem eliptik hem de spiral galaksilerde bulunurlar.

II.tür SN patlaması da ışık eğrilerine göre II-P ve II-L olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. II-P türü SN'ler ışık eğrilerinde maksimum parlaklıktan sonra bir düzlük

(plateau) gösterirken, II-L türü SN'ler lineerlik gösterirler (Barbon vd 1979). II.tür SN'lerin tayflarında güçlü H çizgileri görülür (Branch vd 1981). Büyük kütleli yıldızlardan oluştukları için eliptik galaksilerde bulunmazlar ve sarmal galaksilerde özellikle de sarmal galaksilerin kollarında bulunurlar (Maza ve van den Bergh 1976).

I.tür SN'lerin %80'ini Ia türü SN'ler oluşturmaktadır. Ia türü SN patlaması, bileşenlerinden biri beyaz cüce olan (beyaz cücenin kütlesi Chandrasekhar limit kütlesine ( $1,46 M_{\odot}$ ) yakındır) çift yıldız sisteminde oluşmaktadır. Diğer bileşen beyaz cüce üzerine madde atarsa, beyaz cücenin kütlesi Chandrasekhar limit kütlesini aşar. Çökme sonucu SN patlaması oluşur (Woosley ve Janka 2005).

II. tür SN patlaması ise, büyük kütleli tek bir yıldızın evriminin son aşamasında oluşur. Yıldızın özeğinde Hidrojen yanmasıyla başlayan çekirdek tepkimeleri, özekte demir oluşumuna kadar devam eder. Yıldız özeğinde oluşan çekirdek tepkimeleri şematik olarak Şekil 2.2'de verilmiştir (Bu şekil bir soğan kabuğuna benzetilmektedir).



**Şekil 2.2.** Yıldız özeğinde oluşan çekirdek tepkimelerinin şematik gösterimi (Prialnik 2000)

Bu aşamadan sonra özekte nükleer yanma olmadığı için demir özeği büzülür, elektronlar yozlaşır. Yozlaşmış özeğin kütlesi  $1,4 M_{\odot}$ 'ni (Chandrasekhar limit kütlesini) geçtiğinde dejenere elektron basıncı kendi kütle çekimine karşı koyamaz ve özek hızla büzülür. Bundan sonra iki tür kararsızlık başlar. 1.) Ağır çekirdekler tarafından

elektronların yakalanması yıldız özeğini ana basınç kaynağından yoksun bırakır. Basınç sağlayan elektronlardır, elektronlar azalmıştır. Bu, çökmeyi hızlandırır. 2.) Gazın büyük oranda yozlaşmasından (yozlaşmış gaz basıncı sıcaklığa duyarlı değildir) sıcaklık artışı engellenemez (Prialnik 2000).

Sıcaklık zamanla çok fazla olunca, Demir çekirdeği, ışınlı bozunabilmek için gerekli sıcaklığı bulur.



Bu tepkime endotermik bir tepkimedir ve nükleon başına  $\sim 2$  MeV enerji alır. Enerji yitimi o denli şiddetli olur ki, çökmeyi neredeyse serbest düşmeye çevirir. Devam eden büzülme sonucu sıcaklık yeniden artar. Basınç da artar ama çökmeyi durduracak kadar yeterli değildir. Büzülme, fotonların Helyum çekirdeklerini protonlara ve nötronlara parçalamalarına kadar sürer. Bu tepkime, daha büyük bir enerji soğurmasına gerek duyduğu için (nükleon başına  $\sim 6$  MeV) özek daha fazla büzülür. Yoğunluk, serbest elektronların, sertbest protonları yakalayıp nötronlara dönüşmesi için yeterli düzeye ulaşır (Prialnik 2000).



Bu süreç yalnızca enerji soğurmakla kalmaz, aynı zamanda ortamdaki parçacık sayısını da azaltır. Böylece basınç düşer ve özek büzülmesi sürer. Son olarak nötron gazı yozlaşır. Bu olay yaklaşık  $10^{15} \text{ g/cm}^3$  bir yoğunlukta gerçekleşir ve çökmeyi durduracak basıncı sağlar. Böylece  $\sim 40$  km çapında nötron özeği oluşur. Yıldız dış katmanlarını patlama şeklinde dışarı atmıştır (Prialnik 2000, Woosley ve Janka 2005).

SN patlaması yıldızlararası ortamda olduğundan, bu patlama ile yıldızlararası ortama atılan gaz, ortamda bulunan gazı süpürür ve bu iki gaz birleşerek, SNK'nin kütesinin artmasına neden olur. Patlama sırasında yıldızlararası ortama atılan gazın kinetik enerjisi çoğu zaman  $10^{50}$ - $10^{51}$  erg'dir. Atılan gaz, kinetik enerjisinin bir kısmını süpürdüğü gaza verir. Yaklaşık 1 pc genişlediği zaman, süpürülen gazın kütesi yaklaşık  $1 M_{\odot}$ 'dir. Bu genişleyen gaza *süpernova kalıntısı* denir (Lyne ve Smith 1998).

SNK'nin kabuk kısmında gazın sıcaklığı milyon dereceden fazladır. Bu nedenle SNK'ler X-ışını kaynağıdır. Kalıntı, ortalama 2-5 pc kadar genişlediği zaman, hızı yaklaşık birkaç bin km/s'den fazla olur. Bu yarıçapa ulaşma zamanı SN'nin ilk kinetik enerjisine ve yıldızlararası ortamın yoğunluğuna bağlıdır. Böyle bir genişleme için birkaç yüzyılla bin yıl arasında zaman geçmesi gerekir. SNK'lerin yaşı  $10^5$  yılı aşmamaktadır (Woosley ve Janka 2005).

SNK'nin yaşı arttıkça kütlesi artar, birkaç bin Güneş kütlesine ulaşır. Hızı birkaç yüz km/s'ye kadar azalır. Sıcaklık, doğrudan şok dalgasının hızına bağlı olduğundan, azalır ama her zaman milyon dereceye yakın kalır (Lyne ve Smith 1998).

I.tür SN patladığı zaman yıldızlararası ortama atılan kütle  $1M_{\odot}$ 'den daha azdır ve gazın başlangıçtaki (SN gözlemlendiği zaman ki) hızı 15 000-20 000 km/s kadar olabilir. II. tür SN'de ise  $2-3M_{\odot}$ 'ne kadar kütle atılabilir ve gazın hızı ortalama 5 000-10 000 km/s'ye yakındır (Priyalnik 2000).

SNK'ler morfolojileri bakımından S (shell), C (combine) ve F (filled center) olmak üzere 3 çeşittir. Işımasının büyük bir kısmı kabuktan gelen kalıntılar kabuk (S) tipidir. SNK'nin içinde pulsar varsa ve ışın pulsardan geliyorsa F tipidir. Eğer ışın her ikisinden de geliyorsa C tipidir (Bhattacharya 1990, Lyne ve Smith 1998). Galaksimizde bulunan 265 SNK'den 210'u S tipi, 30'u C tipi, 9'u F tipi ve 15 tanesinin ise tipi belirsizdir. Örneğin Kepler S tipi, Vela C tipi, Crab ise F tipi SNK'lerdir (Green 2006).

## 2.2. Yasak Çizgi Oluşumu

**Elektrik dipol geçişler.** Bir atomda enerji seviyeleri arasındaki en olası geçişler elektrik dipol geçişleridir. Bu geçişler, atomun elektrik alan tarafından uyarılması sonucu bir dipol gibi davrandığı geçişlerdir. Elektrik dipol geçişler  $10^{-8}$  s gibi bir zamanda oluşur (Aygün ve Zengin 1992).

Bir atomun enerji düzeyindeki geçişler seçim kuralları ile sınırlandırılmıştır. Bu kuralları korunum yasaları belirler. Seçim kuralları, bir geçişte kuantum sayılarının nasıl değişmesi gerektiğini söyler. Elektrik dipol geçişler ancak farklı pariteli seviyeler arasında olabilir. Pariteyi belirleyen, yörüngesel açısal momentum kuantum sayısı olan  $\lambda$ 'dir ( $\lambda=0, 1, 2, 3, \dots, n-1$ ). Atomlarda elektrik dipol geçişlerin olabilmesi için, ilgili iki seviyenin yörüngesel açısal momentum kuantum sayısı farkı

$$\Delta\lambda=\lambda-\lambda'=\pm 1, \pm 3, \dots(\text{teksayı}) \quad (2.2.1)$$

olmalıdır (Aygün ve Zengin 1992).

$$\Delta\lambda=\pm 1 \quad (2.2.2)$$

ifadesi elektrik dipol seçim kuralı olarak bilinmektedir. Yasak geçişler bu kurala uymazlar.

***Yarıkararlı seviyeler ve yasak geçişler.*** Elektrik dipol geçişlerden daha uzun süre gerektiren geçişler de vardır. Ancak bu geçişlerin olasılıkları çok daha düşüktür. Atomun, bu uzun süre (saniyeler, dakikalar ya da saatler) gerektiren seviyeleri *yarıkararlı (metastable) seviyeler* olarak bilinmektedir. Bu seviyelerden olan geçişler elektrik dipol geçiş kurallarına uymazlar ve yasak geçiş olarak anılırlar. Bu geçişler ile oluşan çizgilere ise yasak çizgiler denilmektedir. Bir elektron yarıkararlı bir seviyede saniyeler hatta saatler kadar uzun bir süre kalabilir (Osterbrock 1989, Aygün ve Zengin 1992, Frank vd 2002).

Yarıkararlı bir seviyede bulunan atom ya da elektron, temel enerji seviyesine geçerken elektrik dipol kurallarına uygun bir geçiş yapmayabilir. Atom, yarıkararlı enerji seviyesinden, temel enerji seviyesine iki farklı yolla geçiş yapabilir (Frank vd 2002);

1.) Atom bir foton yayınlamadan önce, enerjisini bir çarpışma yaparak kaybedebilir. Yani, bir foton salarak geçiş yapmaktansa, bir elektronla çarpışarak enerjisini bu yolla

harcar. Enerjisini, çarpışma yaptığı yüzeye ya da oradan söktüğü elektrona aktarır ve geçiş olduğu halde herhangi bir foton salınımı olmaz. Bu durumda foton salınımı olmadığı için herhangi bir ışıma tespit edilemez. Böyle geçişlere, *çarpışma yolu ile ters uyarılma* denir. Bu durumda ışımasız bir geçiş gerçekleşir.

2.) Atom yarıkararlı bir seviyede uzun bir süre kaldıktan sonra ( $10^{-8}$  s'den daha fazla), bir foton yayınlarak temel seviyeye geçiş yapar. Böyle geçişlere *ışınım yolu ile ters uyarılma* denir.

Çarpışmaların baskın olmaması için ortamdaki serbest elektron yoğunluğunun az olması gerekir. SNK'ler, ortamın serbest elektron yoğunluğunun az olduğu yerlerdir ve bu özelliklerinden dolayı ışımali yasak geçişler oluşur ve yasak çizgiler tespit edilebilir (Osterbrock 1989).

Bu çizgilerin laboratuvarlarda üretilmesi zordur, bir laboratuvar kaynağında bu çizgiler görülemez. Çünkü en iyi laboratuvar koşullarındaki vakum ortamında bile yoğunluk, bir bulutsudaki yoğunluktan çok daha fazladır. Yasak geçişlerin olasılıkları o kadar küçüktür ki, normal koşullarda geçiş meydana gelmez. Çünkü çarpışmalar, geçişten önce, atomu enerji durumunu değiştirmeye zorlar. Yoğunluğun düşük olması, yarıkararlı durumlardan temel seviyeye kendiliğinden geçişlerin meydana gelmesine yetecek kadar bir sürenin geçmesine olanak sağlar. Bu nedenle yasak geçişler, yalnız çarpışma olasılığının az olduğu seyrek ortamlarda olasıdır. SNK'ler, Dünya üzerinde elde edilmesi zor olan bir laboratuvar ortamı sağlar (Osterbrock 1989).

***Ortamın kritik elektron yoğunluğu.*** SNK'ler ve bulutsular gibi, serbest elektron yoğunluğunun görece olarak az olduğu yerlerde yasak geçişler olur. Ortamın serbest elektron yoğunluğu ( $N_e$ ), ortamın kritik elektron yoğunluğunu ( $N_c$ ) geçerse, çarpışmalar baskın olacağı için yasak geçişli ışıma görece olarak baskılanacaktır (Yasak ışımali geçiş vardır ama azdır). Çünkü uyarılmış olan bağlı bir elektron, enerjisini, yasaklanmış bir ışınımsal geçiş yapmaktansa, serbest bir elektronla yaptığı çarpışma ile kaybeder. SNK'lerde  $N_e=10^2-10^4 \text{ cm}^{-3}$ 'dir. Tipik yasaklanmış çizgiler için  $N_c=10^4-10^7 \text{ cm}^{-3}$ 'dir.

$N_e = N_c$  durumunda ise ışınımsal yasak geçiş oranı ile çarpışma yolu ile ters uyarılma oranı eşit olur (Frank vd 2002).

Kritik elektron yoğunluğu

$$N_c = \frac{A_{10}}{q_{10}} \quad (2.2.3)$$

şeklindedir. Burada  $A_{10}$ , uyarılmış bir enerji seviyesinden temel enerji seviyesine ışınımsal geçiş olasılığı,  $q_{10}$  ise çarpışmalarla geçiş olasılığıdır (Osterbrock 1989). Bazı seviyeler için hesaplanmış kritik elektron yoğunluğu ( $N_c$ ) değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir (Osterbrock 1989).

**Çizelge 2.1.** Bazı seviyeler için  $T=10\ 000\ K$  için hesaplanan  $N_c$  değerleri (Osterbrock 1989)

İyon	Seviye	$N_c\ (cm^{-3})$	İyon	Seviye	$N_c\ (cm^{-3})$
C II	$^2P_{3/2}$	$8,5 \times 10^1$	O III	$^1D_2$	$7,0 \times 10^5$
			O III	$^3P_2$	$3,8 \times 10^3$
C III	$^3P_2$	$5,4 \times 10^5$	O III	$^3P_1$	$1,7 \times 10^3$
N II	$^1D_2$	$8,6 \times 10^4$	Ne II	$^2P_{1/2}$	$6,6 \times 10^5$
N II	$^3P_2$	$3,1 \times 10^2$			
N II	$^3P_1$	$1,8 \times 10^2$	Ne III	$^1D_2$	$7,9 \times 10^6$
			Ne III	$^3P_0$	$2,0 \times 10^4$
N III	$^2P_{3/2}$	$3,2 \times 10^3$	Ne III	$^3P_1$	$1,8 \times 10^5$
N IV	$^3P_2$	$1,4 \times 10^6$	Ne V	$^1D_2$	$1,6 \times 10^7$
			Ne V	$^3P_2$	$3,8 \times 10^5$
O II	$^2D_{3/2}$	$1,6 \times 10^4$	Ne V	$^3P_1$	$1,8 \times 10^5$
O II	$^2D_{5/2}$	$3,1 \times 10^2$			

Temel enerji seviyesinde bulunan bir iyon bir üst enerji seviyesine serbest bir elektronla serbest bir çarpışma yaparak uyarılabilir. Birim zamanda birim hacimdeki uyarılma hızı (oranı)

$$N_0 N_e q_{01}(T) \quad (2.2.4)$$



dir. Burada  $N_0$  birim hacimdeki iyon yoğunluğu ve  $N_e$  ise birim hacimdeki elektron yoğunluğudur.  $q_{01}$  çarpışmalarla geçiş olasılığıdır ve

$$q_{01}(T) = \int_{c=(1/2)mv}^{\infty} v \sigma_{01}(v) f(v) dv \quad (2.2.5)$$

ile verilir.  $\sigma_{01}$  uyarılmanın etki kesiti ve  $f(v)$  Maxwell dağılım fonksiyonudur. Uyarılmış enerji seviyesindeki iyonlar ise, temel enerji seviyesine bir foton salarak ya da çarpışmalar yolu ile geçerler. Foton salarak yapılan geçişin hızı (oranı)  $N_1 A_{10}$ 'dir. Burada  $A_{10}$  ışınımsal geçiş olasılığıdır. Çarpışmalarla ters uyarılmanın hızı ise  $N_1 N_e q_{10}(T)$ 'dir. Bulutsularda kararlı durumda; temel seviyeden üst seviyeye olan geçişlerin oranı, uyarılmış seviyeden temel seviyeye geçişlerin oranına eşit olmalıdır. Bu eşitlik yazılırsa

$$N_0 N_e q_{01}(T) = N_1 A_{10} + N_1 N_e q_{10}(T) \quad (2.2.6)$$

$$N_0 N_e q_{01}(T) = N_1 [A_{10} + N_e q_{10}(T)] \quad (2.2.7)$$

Buradan  $\frac{N_1}{N_0}$  oranı aşağıdaki adımlarla bulunur.

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{N_e q_{01}(T)}{A_{10} + N_e q_{10}(T)} \quad (2.2.8)$$

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{q_{01}(T)}{q_{10}(T)} \left[ \frac{N_e}{\frac{A_{10}}{q_{10}(T)} + N_e} \right] \quad (2.2.9)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{q_{01}(T) N_e}{q_{10}(T) N_e} \left[ \frac{1}{\frac{A_{10}}{q_{10}(T) N_e} + 1} \right] \quad (2.2.10)$$

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{q_{01}(T)}{q_{10}(T)} \left[ 1 + \frac{A_{10}}{N_e q_{10}(T)} \right]^{-1} \quad (2.2.11)$$

ifadesi elde edilir. Yüksek yoğunluklarda ( $N_e \rightarrow \infty$ ), köşeli parantez içindeki ifade 1 olur. Böylece

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{q_{01}(T)}{q_{10}(T)} \quad (2.2.12)$$

olur. Bunun fiziksel anlamı şudur; yüksek yoğunluklarda, çarpışmalarla uyarılma ve çarpışmalarla ters uyarılma baskındır.

Şimdi (2.2.11) ifadesi tekrar yazılır ve düşük yoğunluk durumunda incelenirse ( $N_e \rightarrow 0$ )

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{q_{01}(T)}{q_{10}(T)} \left[ 1 + \frac{A_{10}}{N_e q_{10}(T)} \right]^{-1}$$

köşeli parantez içindeki  $A_{10}/N_e q_{10}(T)$  teriminin yanındaki 1 ihmal edilerek

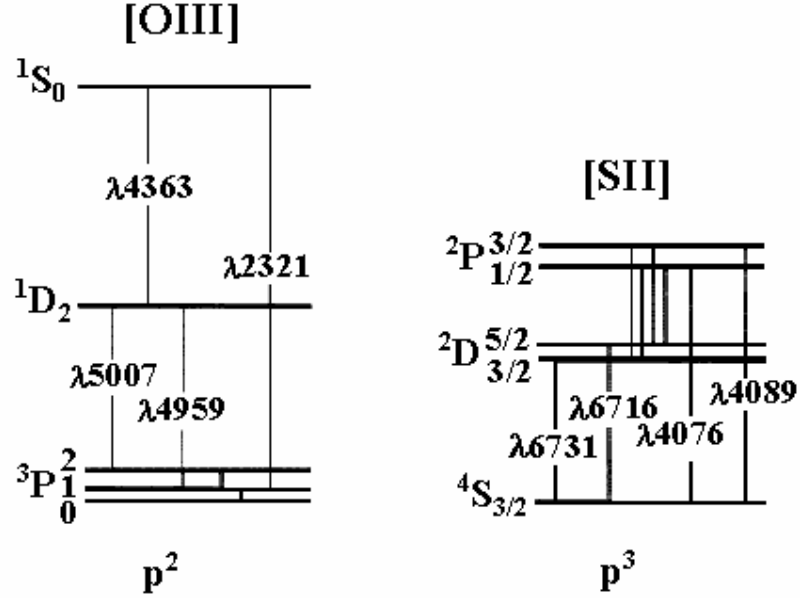
$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{q_{01}(T)}{q_{10}(T)} \frac{N_e q_{10}(T)}{A_{10}} \quad (2.2.13)$$

ifadesi elde edilir. Buradan da

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{N_e q_{01}(T)}{A_{10}} \quad (2.2.14)$$

sonucuna ulaşılır. Bunun fiziksel anlamı ise şudur; düşük yoğunluklarda, uyarılmış enerji seviyesinden temel seviyeye geçişler çarpışmalarla değil ışınımsal yolla olur (Osterbrock 1989).

SNK'lerde en çok görülen yasak çizgiler [OIII] $\lambda$ 4363,  $\lambda$ 4959,  $\lambda$ 5007 ve [SII] $\lambda$ 6716,  $\lambda$ 6731'dir. [OIII] ve [SII] için enerji seviyeleri arasındaki geçişler Şekil 2.3'de verilmiştir (Osterbrock 1989).



**Şekil 2.3.** [OIII] ve [SII] için enerji seviyeleri arasındaki yasak geçişler. Bir bulutsuda, elektron 4959 Å ve 5007 Å dalgaboyuna sahip bir foton halinde enerjisini yayınlayarak temel seviyeye düşmeden önce, uyarılmış yarıkararlı seviyede yaklaşık 100 s kalır (sıradan uyarılmış bir seviyede bir elektronun kaldığından  $10^{10}$  kat daha uzun). Bu çizgilerin nasıl oluştuğu 1927 yılında anlaşılmıştır (Osterbrock 1989)

SNK'lerde olması beklenen bazı çizgiler ve hangi geçişler sonucu oluştuğunu Çizelge 2.2'te verilmiştir (Osterbrock 1989).

**Çizelge 2.2.** Bazı çizgilerin geçiş durumları (Osterbrock 1989)

İyon	Dalgaboyu (Å)	Geçiş	Geçiş türü
[OIII]	4363	$2p^2\ ^1D_2 - 2p^2\ ^1S_0$	yasak
[OIII]	4959	$2p^2\ ^3P_1 - 2p^2\ ^1D_2$	yasak
[OIII]	5007	$2p^2\ ^3P_2 - 2p^2\ ^1D_2$	yasak
[SII]	6716	$2p^3\ ^4S - 2p^3\ ^2D_{3/2}$	yasak
[SII]	6731	$2p^3\ ^4S - 2p^3\ ^2D_{3/2}$	yasak
H $\alpha$	6563	2-3	izinli
H $\beta$	4861	2-4	izinli
[NII]	6548	$2p^2\ ^3P_1 - 2p^2\ ^1D_2$	yasak
[NII]	6584	$2p^2\ ^3P_2 - 2p^2\ ^1D_2$	yasak

Bu çizelgede kullanılan S, P, D harfleri atomik spektroskopide seviyelerin gösterimidir. Bu harflerin sol üst köşesindeki sayı çok katlılığı (spektroskopide oluşan çizgi sayısı), sağ alt köşesindeki sayı ise toplam açısız kuantum sayısını göstermektedir.

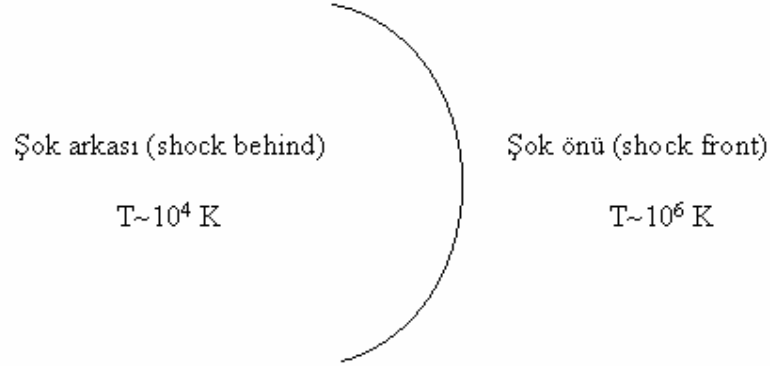
### 2.3. Süpernova Kalıntılarının Optik Özellikleri

SNK'ler yayınladıkları ısısal olmayan sinkrotron ışınması (ultrarelativistik elektronların manyetik alanda frenlenmesi sonucu oluşan ışınma) nedeniyle, radyo kaynaklarıdır ve çoğu radyo bölgesinde gözlenmiştir. Radyo bölgesinde yapılan hassas ölçümlerle açısız boyut, akı yoğunluğu ve uzaklık gibi SNK'nin bazı fiziksel parametreleri belirlenebilmektedir (Green 2006).

SN patlaması sonucu oluşan şok dalgası yıldızlararası ortamı ısıtır, gaz milyon derecelere kadar ısınır. Şok dalgasının önünde gazın sıcaklığı milyon dereceden fazladır. Zamanla şok dalgasının hızı azaldıkça sıcaklık da azalır (sıcaklık doğrudan şok dalgasının hızına bağlıdır) ama bu bölgelerde her zaman milyon dereceye yakın kalır. Böylece SNK'ler X-ışınması yaparlar. X-ışını bölgesinde yapılan gözlemlerle ise sıcaklık, akı yoğunluğu gibi özellikler belirlenmektedir (Osterbrock 1989).

Şok dalgasının arkasında ise sıcaklık daha düşüktür ve bu bölgeler optik ışımaya yaparlar. Şok dalgası sonrasında soğuyan bu bölgeler daha yoğundur. Bu özelliklerinden dolayı optik bölgede görülürler (Osterbrock 1989).

Şok dalgasının önündeki ve arkasındaki bölge şematik olarak Şekil 2.4’de verilmiştir.



**Şekil 2.4.** Şok dalgasının, şok önü ve şok arkası olarak adlandırılan iki farklı bölgesi

SNK’lerin optik gözlemleri; SNK’nin kimyasal bolluğu, SN patlama türü, şok dalgasının hızı, ortamdaki elektron yoğunluğu, şok öncesi bulut yoğunluğu gibi yıldızlararası ortamın ve kalıntının bazı özellikleri hakkında bilgi verir (Mavromatakis vd 2001). Ayrıntılar Bölüm 2.4 ve 2.5’te verilmiştir. Bu özelliklerin belirlenmesinde kullanılacak yasak geçişlere karşılık gelen dalga boylarının optik bölgede olması, bu bölgedeki gözlemlerin önemini arttırmaktadır (Osterbrock 1989, Frank vd 2002).

#### **2.4. Kuramsal Modellerin Verdiği Salma Çizgi Oranları**

SNK’lerin optik bölgedeki tayf gözlemlerinden H $\alpha$ , H $\beta$ , [OIII] $\lambda$ 4363,  $\lambda$ 4959,  $\lambda$ 5007, [SII] $\lambda$ 6716,  $\lambda$ 6731 ve [NII] $\lambda$ 6548,  $\lambda$ 6584 salma çizgileri görülür. Bu çizgilerin yeşinliği, oluştukları bölgenin sıcaklığına bağlıdır. Düşük iyonizasyon çizgileri, düşük sıcaklığa sahip bölgelerde oluşurken, [OIII] gibi yüksek iyonizasyon çizgileri daha yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde oluşur (Hester 1987). [OIII] salma çizgisi, H $\alpha$ , [NII] ve [SII] salma çizgilerine göre daha yüksek sıcaklıklarda oluştuğundan şok dalgasına

daha yakın yerlerde üretildiği düşünülmektedir. Bu nedenle de şok dalgasının hızı bulunurken bu çizgi kullanılmaktadır. Diğer çizgilerin şok dalgasından uzakta yani daha soğuk yerlerde oluştuğu düşünülmektedir. Bu çizgilerin oluşum koşullarındaki farklılıklar ışıkölçüm gözlemlerinde de kendisini gösterir. Örneğin SNK'lerin [OIII] süzgeci ile alınan görüntüsündeki morfolojisi ile H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntüsündeki morfolojisi karşılaştırıldığında çok farklı olduğu görülür (Cox 1972). Bu nedenle SNK'lerin değişik süzgeçler kullanılarak morfolojilerinin incelenmesi önemlidir. Bazı iyonların iyonizasyon özellikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Bazı iyonların iyonizasyon özellikleri (Osterbrock 1989)

iyon	İyonizasyon potansiyelleri (eV)	İyonizasyon durumu
NII	14,5	düşük
OII	13,6	düşük
SII	10,4	düşük
SIII	23,4	orta
ArIII	27,6	orta
OIII	35,1	yüksek
NeIII	41,1	yüksek

**[SII]/H $\alpha$  oranı.** Bu oran yasak geçişler sonucu oluşan [SII]  $\lambda$ 6716Å,  $\lambda$ 6731Å çizgilerinin şiddetinin izinli geçiş sonucu oluşan H $\alpha$  çizgisi şiddetine oranıdır. SNK'ler O ve erken B türünden sıcak yıldızların evrimi sonucu oluşurlar. Bu sıcak yıldızlar buldukları ortamdaki Hidrojen gazını iyonlaştırırlar. Bu bölgeler *HII bölgeleri* olarak bilinmektedir. Bu nedenle HII bölgeleri ile SNK'ler aynı yerlerde ve çoğu zaman birbirlerine çok yakın bulunurlar. Bunları birbirinden ayırtetmek için literatürde [SII]/H $\alpha$  oranı önemli bir kriterdir (Mathewson ve Clarke 1973). Aynı kriter yakın galaksilerde SNK adayları arama çalışmalarında da kullanılmaktadır (Matonick vd 1997).

[SII]/H $\alpha$  oranı HII bölgeleri ve gezegenimsi bulutsular için 0,1-0,3, SNK'ler için 0,4'den büyüktür (Smith vd 1993). Teorik modeller ise SNK'ler için bu oranın 0,5-1 olması gerektiğini öngörmektedir (Raymond 1979, Shull ve McKee 1979).

Şok dalgasının arkasındaki soğuk bölgede SII iyonları çarpışmalarla uyarılırlar. Böylece güçlü [SII] salması yaparlar. Bu durumda

$$\frac{[SII]}{H\alpha} \geq 0,4 - 0,5 \quad (2.4.1)$$

olur. HII bölgelerinde ise güçlü fotoiyonizasyon (ışınımsal iyonlaşma) akısından dolayı, Kükürt atomlarının büyük bir kısmı SIII durumundadır. Böylece

$$\frac{[SII]}{H\alpha} \approx 0,1 - 0,3 \quad (2.4.2)$$

olur (Osterbrock 1989). Tezde bu oran hesaplanmış, ve kuramsal değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu orana göre, SNK'nin HII bölgesi ile etkileşmesinin olup olmadığı tartışılmıştır. Ayrıca bu oran hem ışıkölçümünden hem de tayfölçümünden elde edildiği için, bu iki değer karşılaştırılması da yapılmıştır.

**[SII] 16716/16731 oranı.** Bu oran yasak geçişler sonucu oluşan [SII]'nin 6716Å ve 6731Å çizgilerinin şiddet oranıdır. [SII]'nin bu iki çizgisi çift çizgi olarak bilinmektedir. Bu çizgiler  $^2D_{5/2}$  ve  $^2D_{3/2}$  geçişlerine karşılık gelmektedir. Bu çizgilerin şiddet oranları kuramsal olarak şöyle incelenmektedir; bir atomda 1, 2 ve 3 numaralı enerji seviyeleri örnek olarak alınır, bu seviyeler arasında olan geçişler sonucu oluşan çizgilerin şiddeti "j" ile gösterilir. Bu durumda

$$\frac{j_{32}}{j_{21}} = \frac{N_3}{N_2} \frac{h\nu_{32}A_{32}}{h\nu_{21}A_{21}} \quad (2.4.3)$$

ifadesi yazılabilir. Burada N elektron sayısı yoğunluğu, A ise belirtilen seviyeler arasındaki geçiş olasılıklarıdır (Einstein katsayıları). Boltzmann formülüne göre

$$\frac{N_3}{N_2} = \frac{g_3}{g_2} e^{-(E_3-E_2)/kT} \quad (2.4.4)$$

dir. Burada g istatistiksel ağırlık çarpanıdır. Bu ifade (2.4.3) ifadesinde yazılırsa

$$\frac{j_{32}}{j_{21}} = \frac{A_{32} g_3 n_{32}}{A_{21} g_2 n_{21}} e^{-(E_3-E_2)/kT} \quad (2.4.5)$$

elde edilir (Frank vd 2002).  $E_3-E_2 \rightarrow 0$  durumunda (az yoğunlukta)

$$\frac{j_{31}}{j_{21}} = \frac{g_3}{g_2} \quad (2.4.6)$$

olur. [SII]  $\lambda 6716, 6731$  çizgileri  $^2D_{5/2}$  ve  $^2D_{3/2}$  geçişlerine karşılık geldiklerinden

$$\frac{j(I 6716)}{j(I 6731)} = \frac{(2J+1)_{J=5/2}}{(2J+1)_{J=3/2}} = 1,5 \quad (2.4.7)$$

olur. Bu durumda elektron yoğunluğu azdır.  $E_3-E_2 \sim 0$  durumunda ise (çarpışmalar ile ışımaz geçiş önemli, yoğunluk fazladır)

$$\frac{j_{31}}{j_{21}} = \frac{g_3 A_{31}}{g_2 A_{21}} = 0,35 \quad (2.4.8)$$

olur (Frank vd 2002). Tezde, bu oran SNK'ler için hesaplanmıştır ve elde edilen gözlemsel değerler yukarıda anılan kuramsal değerler karşılaştırılmıştır.

**[OIII]/H $\beta$  oranı.** Bu oran yasak geçiş sonucu oluşan [OIII]'ün  $5007\text{\AA}$  çizgi şiddetinin izimli geçiş sonucu oluşan H $\beta$   $4861\text{\AA}$  çizgi şiddetine oranıdır. Bu orana bakılarak şok



dalgasının hızı belirlenmektedir (Cox ve Raymond 1985, Hartigan vd 1987, Raymond vd 1988).

## 2.5. Tayfölcümünden Elde Edilecek Parametreler için Kullanılan Bağlımlar

SNK'nin bulunduğu ortamın elektron yoğunluğu ve ortamın elektron sıcaklığı sırasıyla  $j(\lambda_{6716}/\lambda_{6731})$  ve  $j(\lambda_{4959}+\lambda_{5007})/\lambda_{4363}$  oranları kullanılarak belirlenebilir (Osterbrock 1989).

Osterbrock (1989) tarafından verilen

$$\frac{j_{(I_{6716})}}{j_{(I_{6731})}} = 1,49 \frac{1+3,77x}{1+12,8x} \quad (2.4.9)$$

ifadesinde sol taraftaki oran, gözlemlerden elde edilen [SII] çizgisi kullanılarak elde edilmektedir. Burada kullanılan “j” harfi çizginin yeğinliğidir ve bu çizginin dalgaboyu Angström olarak parantez içinde verilmiştir. Buradan hesaplanan x parametresi

$$\frac{j_{(I_{4959+I_{5007})}}}{j_{(I_{4363})}} = \frac{7,73e^{3,29/t}}{1+4,510^{-2}x} \quad (2.4.10)$$

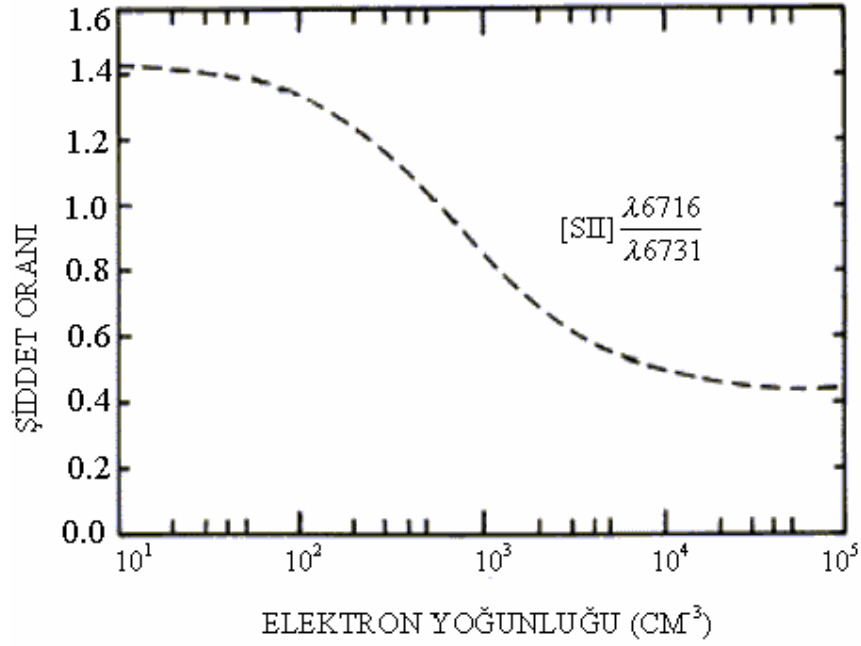
ifadesinde yerine konulduğunda t parametresi elde edilir. Bu ifadenin sol tarafında yer alan oran [OIII] 4363Å, 4959Å ve 5007Å çizgileri kullanılarak gözlemlerden elde edilmektedir. Buradan elde edilen t değeri

$$t = T_e / 10^4 \quad (2.4.11)$$

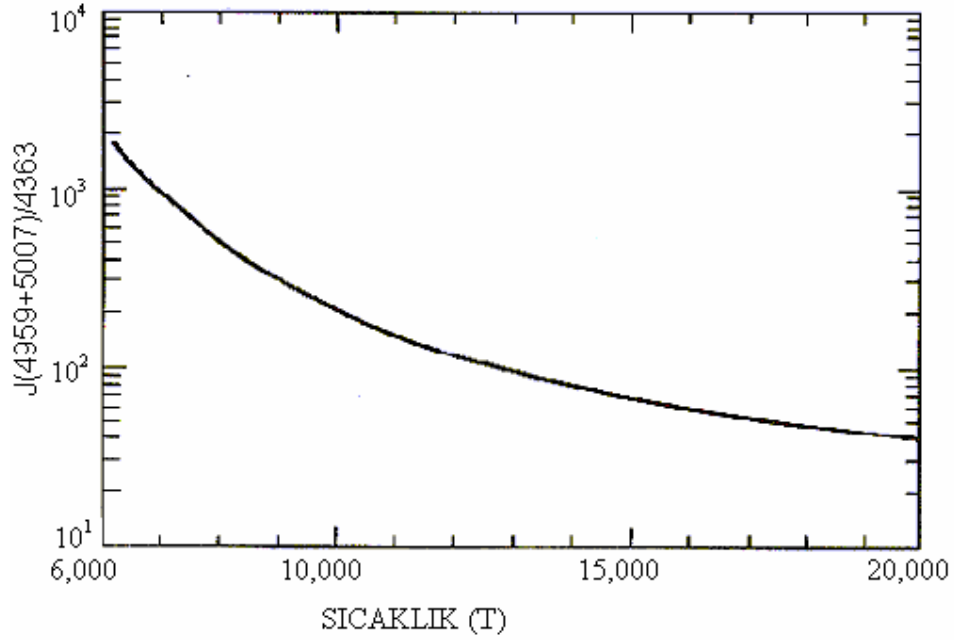
ifadesinde yazılırsa, elektron sıcaklığı ( $T_e$ ) belirlenebilir.  $T_e$  ve x değerleri aşağıdaki ifadede yerine konulursa

$$x = 10^{-2} N_e T_e^{-1/2} \quad (2.4.12)$$

bağıntısından elektron yoğunluğu ( $N_e$ ) belirlenebilir (Osterbrock 1989, Frank vd 2002). Osterbrock (1989) tarafından [SII]  $\lambda 6716/\lambda 6731$  oranı ile elektron yoğunluğu arasındaki ilişki  $T=10^4$  K için elde edilmiş ve Şekil 2.5’de verilmiştir. Yine Osterbrock (1989) tarafından  $J(\lambda 4959+\lambda 5007)/\lambda 4363$  oranı ile elektron sıcaklığı arasındaki ilişki  $N_e \rightarrow 0$  durumu için elde edilmiş ve Şekil 2.6’da verilmiştir.



**Şekil 2.5.** Osterbrock (1989) tarafından kuramsal olarak elde edilen [SII]  $\lambda 6716/\lambda 6731$  oranı ile elektron yoğunluğu arasındaki ilişki ( $T=10^4$  K)



**Şekil 2.6.** Osterbrock (1989) tarafından kuramsal olarak elde edilen  $J(\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  ile elektron sıcaklığı arasındaki ilişki ( $N_e \rightarrow 0$ )

Bu grafikten görüldüğü gibi  $J(\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  oranı küçüldükçe sıcaklık artar. Bu oranın büyük olması  $4363 \text{ \AA}$  çizgisinin küçük olmasına bağlıdır. SNK tayflarında bu çizgi genelde küçüktür (Osterbrock 1989).

Şok dalgasının hızı ise  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  çizgisi (bu orandaki  $[\text{OIII}]$  çizgisi  $5007 \text{ \AA}$  çizgisidir) kullanılarak belirlenmektedir (Cox ve Raymond 1985, Hartigan vd 1987, Raymond vd 1988). Bu oranın yüksek çıkması şok dalgasının hızının büyük olduğunu gösterir. Örneğin Raymond vd (1988) tarafından verilen şok modeline göre  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  oranı 1'den küçük ise şok dalgasının hızı yaklaşık olarak  $80 \text{ km/s}$ 'dir. Bu oranın 8'den büyük çıkması ise şok dalgasının hızının yaklaşık  $100 \text{ km/s}$  olduğunu göstermektedir.

Elektron yoğunluğu ve şok dalgasının hızı belirlendikten sonra şok öncesi bulut yoğunluğu ( $n_c$ )

$$n_{[\text{SII}]} = 45 n_c \left( \frac{v_s}{100} \right)^2 \text{ cm}^{-3} \quad (2.4.13)$$

ifadesinden elde edilebilir. Burada  $n_{[SII]}$ , [SII] çizgisi kullanılarak elde edilen elektron yoğunluğudur (Fesen ve Kirshner 1980).

Şok dalgasının enerjisi ise

$$E=2 \times 10^{46} n_c \left( \frac{v_s}{100} \right)^2 r_s^3 \text{ erg} \quad (2.4.14)$$

ifadesi ile verilmektedir. Burada  $r_s$ , şok dalgasının yarıçapıdır (McKee ve Cowie 1975). Bu yarıçap değeri SNK'nin uzaklığı kullanılarak şöyle hesaplanmaktadır:

Herhangibir yaygın nesne için uzaklık ( $d$ ) ile çap ( $D$ ) arasındaki bağıntı

$$d=D \sin\theta \quad (2.4.15)$$

ifadesi ile verilmektedir. Küçük açılarda bu ifade

$$d=D \theta \quad (2.4.16)$$

olarak yazılabilir. Uzaklık parsek (pc) olarak,  $\theta$  ise radyan olarak yazılırsa buradan çap ve yarıçap ( $r_s$ ) pc olarak bulunabilir.

Gözlemlerden elde edilen  $H\alpha/H\beta$  oranından  $c$  parametresi belirlenerek

$$c=1/0,331 \log[(H\alpha/H\beta)/3] \quad (2.4.17)$$

buradan ortamın renk artışı

$$E(B-V)=0,664c \quad (2.4.18)$$

elde edilebilir (Kaler 1976, Aller 1984). Renk artığı kullanılarak, nötr Hidrojen sütun yoğunluğu

$$N(\text{HI})=5,4(\pm 0,1)\times 10^{21}E(\text{B-V}) \quad (2.4.19)$$

bulunabilir (Predehl ve Schmitt 1995). Ayrıca yine renk artığı kullanılarak verilen doğrultudaki yıldızlararası ortamın soğurması

$$A_v=3,1x E(\text{B-V}) \quad (2.4.20)$$

belirlenebilir (Kaler 1976).

### 3. GÖZLEMLER VE YÖNTEM

Işıkölçüm ve tayfölçüm gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki (TUG) (Bakırlitepe, Antalya) 1,5 m ayna çaplı teleskobun Cassegrain odağına takılı TUG Sönük Nesne Tayfölçer ve Kamerası (TFOSC) ile yapılmıştır. TFOSC'un doğrudan görüntüleme (ışıkölçüm) ve tayf olmak üzere iki çalışma modu vardır. Bir durumdan diğerine 20-30 saniye içinde geçebilmektedir. TFOSC'a ait CCD447, 2048x2048 (15 $\mu$ m x 15  $\mu$ m) piksele sahiptir ve 13,5 açı dakikası x 13,5 açı dakikası ölçülerinde bir alanı görüntüleyebilmektedir. Tayfölçüm gözlemlerinde TFOSC'un tayf modu kullanılmıştır. Doğrudan görüntüleme ve düşük / orta çözünürlüklü tayfölçüm yapabilen TFOSC'un görünümü Şekil 3.1'de yer almaktadır.



**Şekil 3.1.** TFOSC'un RTT150 teleskobunun odak düzlemine takılı görünümü (Aslan vd 2004)

Gözlemler için G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2, G57.2+0.8, G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5 kalıntıları seçilmiştir. Bu seçimde özellikle literatürde optik gözlemi hiç olmayan kalıntılar yeğlenmiş, karşılaştırma amacıyla optik gözlemi yapılmış kalıntılara da yer verilmiştir. Bu biçimde belirlenen kalıntılar arasından koordinatları gözlemevinin (TUG) yerine uygun olanlar seçilmiştir. SNK'ler yaygın nesne olduklarından değişik büyüklüklere sahiptirler. Green (2006) kataloğuna göre  $\theta=1'.2 \times 1'.2$  ile G1.9+0.3 kalıntısı açısal büyüklüğü en küçük,  $\theta=310' \times 240'$  ile G65.3+5.7 kalıntısı açısal büyüklüğü en büyük olan kalıntıdır. Büyük kalıntıların ışıkölçümleri mozaik yöntemiyle (bu yöntem

SNK'nin parça parça gözlenip, sonra bu parçaların birleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır) yapılabilir. Ancak bu yöntem, çok zaman alacağı için tercih edilmemiş, bu nedenle TFOSC CCD447'nin görüş alanı (13,5 açı dakikası x 13,5 açı dakikası) ile bir kerede gözlenebilecek SNK'ler tercih edilmiştir. Ancak SNK'ler radyo gözlemleri ile belirlendikleri için bilinen açısal büyüklükleri radyo bölgesine ait bilgidir. Bu açısal büyüklükler optikte aynı olmayabilir (Bu çalışmada yapılan ışıkölçüm gözlemlerinde de bu farklılık görülmüştür). Aday SNK'ler seçilirken tercih edilen bir özellik de SNK'nin kabuk (S) tipi olmasıdır. Bu çalışmada yalnızca SNK ile ilgilenildiği için (SNK içinde pulsarın olması durumu ve bu pulsarın incelenmesi, tez konusunun dışındadır) C ya da F tipi SNK'ler tercih edilmemiştir. Gözlem için seçilen SNK'lere ait bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu kalıntılar Green Kataloğu'ndan (2006) seçilmiştir. Koordinatları ve açısal büyüklükleri bu kataloğdan alınmıştır (bu bilgiler radyo bölgesinde elde edilmiştir). Uzaklıklar ise Guseinov vd (2003)'den alınmıştır.

**Çizelge 3.1.** Gözlem için seçilen SNK'ler

SNK	Koordinatlar J(2000)	Açısal büyüklük ( $\theta$ ) (açı dakikası)	d(kpc)
G27.4+0.0	$\alpha=18^h 41^m 19^s$ $\delta=-04^0 56'$	4x4	6,5
G28.6-0.1	$\alpha=18^h 43^m 55^s$ $\delta=-03^0 53'$	13x9	11,5
G29.6+0.1	$\alpha=18^h 44^m 52^s$ $\delta=-02^0 57'$	5x5	11
G31.9+0.0	$\alpha=18^h 49^m 25^s$ $\delta=-00^0 55'$	7x5	8,5
G33.6+0.1	$\alpha=18^h 52^m 48^s$ $\delta=00^0 41'$	10x10	7
G39.2-0.3	$\alpha=19^h 04^m 08^s$ $\delta=05^0 28'$	8x6	7,7
G41.1-0.3	$\alpha=19^h 07^m 34^s$ $\delta=07^0 08'$	4,5x2,5	6,4
G43.3-0.2	$\alpha=19^h 11^m 08^s$ $\delta=09^0 06'$	4x3	9
G57.2+0.8	$\alpha=19^h 34^m 59^s$ $\delta=21^0 57'$	12?x12?	11,7
G59.5+0.1	$\alpha=19^h 42^m 33^s$ $\delta=23^0 35'$	5x5	11
G67.7+1.8	$\alpha=19^h 54^m 32^s$ $\delta=31^0 29'$	9x9	14
G84.9+0.5	$\alpha=20^h 50^m 30^s$ $\delta=44^0 53'$	6x6	10

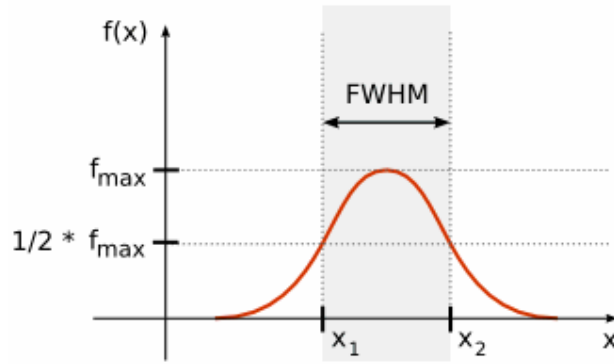
SNK'lerin ışıkölçüm gözlemleri darbant süzgeçleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada ışıkölçüm gözlemleri H $\alpha$ , [SII] ve bunların süreklilik süzgeçleri kullanılarak yapılmıştır. Işıkölçümünde SNK'lerin morfolojilerini belirlemek için başka süzgeçler de kullanılmaktadır (örneğin [OIII] ve [NII] süzgeçleri gibi). Değişik süzgeçlerin kullanılması kalıntıların morfolojilerinin nasıl değiştiğini görme imkanı sağlar (Mavromatakis vd 2002a, 2002b, Boumis vd 2002). Kullanılan süzgeçlerin özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Her bir süzgeç ile görüntü alınmış, bu görüntüden o dalgaboyuna yakın olan *süreklilik süzgeci* ile alınan görüntü çıkarılmıştır. Süreklilik görüntülerinin asıl görüntülerden çıkarılmasının amacı, galaksideki yaygın yıldız ışığını mümkün olduğu kadar elimine etmek ve ön-alandaki (foreground) yıldızları görüntüden kaldırmaktır (Matonick vd 1997).



**Çizelge 3.2.** Kullanılan girişim süzgeçlerinin özellikleri

Süzgeç	$\lambda$ (Å)	FWHM (Å)
H $\alpha$	6563	88
H $\alpha$ süreklilik	6446	130
[SII]	6728	70
[SII] süreklilik	6964	300

Bu çizelgede görüldüğü gibi H $\alpha$  ve [SII] darbant süzgeçlerdir ve FWHM değerleri küçüktür. Süreklilik süzgeçlerinin FWHM değerleri daha geniştir. FWHM, maksimum yüksekliğin yarısındaki tam genişliktir ve Şekil 3.2’te şematik olarak gösterilmiştir.

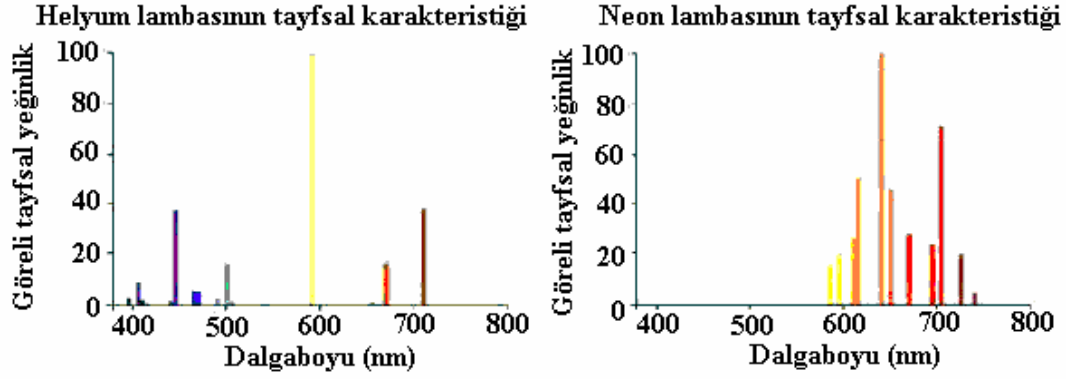


**Şekil 3.2.** Maksimum yarı yükseklikteki tam genişlik (FWHM)

Işıkkölçüm gözlemlerinde optik ışınması belirlenen üç kalıntının (G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5) tayföçümleri de yapıldı. H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntü üzerinde, yıldızlardan uzak ve ışınmanın net olarak görüldüğü ikişer bölge seçilerek, yarık (longslit) ile tayf alındı. Bu gözlemlerde genişliği 134  $\mu\text{m}$  (3.48'') olan yarık kullanıldı. Bu yarık TFOSC'a ait, en geniş yarıktır ve tercih edilmesinin nedeni SNK'lerin yaygın nesne olmalarıdır. Grism olarak dalgaboyu aralığı 3870Å-6805Å olan 7 no'lu grism tercih edildi. Bu grism'in tercih edilmesinin sebebi ilgilenilen çizgilerin bu dalgaboyu aralığında olmasıdır.

Işıkölçüm ve tayfölçüm verileri IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) yazılımı ile indirgenmiştir. Herikisinde de ön indirgemeler benzer yöntemle düz alan (flat), karanlık (dark), sıfır (bias) düzeltmesi kullanılarak yapılmıştır. Tayfölçümünde dalgaboyu ve akı ayarlaması (kalibrasyonu) yapılmıştır.

Dalgaboyu ayarlaması lambda tayfları kullanılarak yapılmaktadır. Kullanılacak lambalar seçilirken, lambanın ilgilenilen dalgaboyu aralığında çok sayıda salma çizgisine sahip olmasına dikkat edilmektedir. Bu çalışmada ilgilenilen dalgaboyu aralığı yaklaşık olarak 4300Å-6800Å'dır (4363Å'da [OIII] çizgisi ve 6731Å'da [SII] çizgisi vardır, ilgilenilen diğer çizgiler bu iki çizginin arasındadır). Bu aralığa uygun oldukları için Helyum (He) ve Neon (Ne) lambda tayfları tercih edilmiştir. He lambası mavi bölgede, Ne lambası ise kırmızı bölgede çizgi içerdiğinden bu iki lambda indirgenme aşamasında toplanarak He-Ne lambda tayfı olarak kullanılmıştır. Bu toplama işlemi IRAF'ta *imarith* paketi ile yapılmıştır. He ve Ne lambda tayflarının tayfsal özellikleri Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. He ve Ne lambda tayflarının tayf çizgileri (Parmaksızoğlu vd 2006)

Akı ayarlaması ise standart yıldızlar gözlenerek yapılmaktadır. Standart yıldızlar olarak, Tayf-ışık (Spektrofotometrik) standart yıldızlar olarak anılan HR5501, HR7596, HR7950, HR8634 ve HR 9087 yıldızları kullanılmıştır (Hamuy vd 1992, Hamuy vd 1994). Bu yıldızlar, dalgaboylarına karşılık *duyarlı akı* değerleri bir çizelgede toplanmış olan yıldızlardır. Bu yıldızların temel nicelikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Akı ayarlamasında kullanılan standart yıldızların temel nicelikleri

İsim	Koordinatlar (J2000)	V	Tayfsal tür
HR 5501	$\alpha=14^h 45^m 30^s$ $\delta=00^0 43' 02''$	5,6	B9.5V
HR 7596	$\alpha=19^h 54^m 44^s$ $\delta=00^0 16' 25''$	5,61	AOIII
HR 7950	$\alpha=20^h 47^m 40^s$ $\delta=-09^0 29' 43''$	3,77	A15V
HR 9087	$\alpha=00^h 01^m 49^s$ $\delta=-03^0 01' 39''$	4,9	B7III
HR 8634	$\alpha=22^h 41^m 27^s$ $\delta=10^0 49' 53''$	3,4	B8V

### 3.1. Işıkkölçüm Gözlemleri

Bu çalışma için seçilen G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2, G57.2+0.8, G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5'in ışıkölçüm gözlemleri öncelikle H $\alpha$  ve H $\alpha$  süreklilik süzgeçleri kullanılarak yapılmıştır. Kuramsal modellere göre  $10^4$  K sıcaklıkta H $\alpha$  salma çizgisinin şiddeti, diğer çizgi şiddetleri ile karşılaştırıldığında daha büyük olmalıdır. SNK'lerde optik ışıma veren bölgelerin sıcaklıkları  $\sim 10^4$  K civarında olduğu için H $\alpha$ 'nın baskın olması beklenmektedir. SNK'lerin belirlenmesinde özellikle H $\alpha$  süzgecinin tercih edilmesinin nedeni budur (SNK tayflarında da çoğunlukla bu çizginin baskın olduğu görülmektedir) (Osterbrock 1989).

Bu süzgeçler kullanılarak TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan ışıkölçümleri sonucunda G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2, G57.2+0.8'den (kullanılan gözlem tekniği ve gözlem koşulları çerçevesinde) optik bir ışıma belirlenememiş, G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5'lerde ise optik ışıma belirlenmiştir. Bu üç SNK için diğer süzgeçler de (Bkz. Çizelge 3.2) kullanılmış ve ışıkölçümleri tamamlanmıştır.

TUG'da yapılan ışıkölçümüne ait bilgiler G59.5+0.1 için Çizelge 3.4'de, G67.7+1.8 için Çizelge 3.5'de, G84.9+0.5 için ise Çizelge 3.6'da verilmiştir

**Çizelge 3.4.** TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan G59.5+0.1'in ışıkölçüm gözlemine ait bilgiler

Süzgeç	$\lambda$ (Å)	FWHM (Å)	Tarih	Görüntü sayısı	Poz süresi (s)
H $\alpha$	6563	88	28-29 Ağustos 2005	5	300
H $\alpha$ süreklilik	6446	130	28-29 Ağustos 2005	5	300
[SII]	6728	70	28-29 Ağustos 2005	5	300
[SII] süreklilik	6964	300	28-29 Ağustos 2005	5	300

**Çizelge 3.5.** TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan G67.7+1.8'in ışıkölçüm gözlemine ait bilgiler

Süzgeç	$\lambda$ (Å)	FWHM (Å)	Tarih	Görüntü sayısı	Poz süresi (s)
H $\alpha$	6563	88	7 Temmuz 2005	5	300
H $\alpha$ süreklilik	6446	130	7 Temmuz 2005	5	300
[SII]	6728	70	7 Temmuz 2005	5	300
[SII] süreklilik	6964	300	7 Temmuz 2005	5	300

**Çizelge 3.6.** TUG'da RTT150 teleskobu ile yapılan G84.9+0.5'in ışıkölçüm gözlemine ait bilgiler

Süzgeç	$\lambda$ (Å)	FWHM (Å)	Tarih	Görüntü sayısı	Poz süresi (s)
H $\alpha$	6563	88	6-7 Temmuz 2005	5	300
H $\alpha$ süreklilik	6446	130	6-7 Temmuz 2005	5	300
[SII]	6728	70	6-7 Temmuz 2005	5	300
[SII] süreklilik	6964	300	6-7 Temmuz 2005	5	300

Işıkölçüm verilerinde ön indirgeme yapılmış, sonra her bir süzgeç ile alınmış görüntüden, o dalgaboyuna yakın olan süreklilik süzgeci ile alınan görüntü çıkarılmıştır. SNK'nin seçilen bazı bölgeleri için [SII]/H $\alpha$  oranı bulunmuştur. Bu oranlar Bölüm 4'de incelenmiştir.

### 3.2. Tayfölçüm Gözlemleri

Bu tezde, ışıkölçümü yapılarak optik ışıması olduğu belirlenen G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5'in tayfölçümü TUG'da TFOSC tayfölçeri kullanılarak yapıldı. Herbir kalıntının farklı iki bölgesine yarık yerleştirilerek tayfı alındı. Her bir kalıntı için tek bir bölge değil de farklı iki bölgenin seçilmesinin amacı, bölgesel farklılıkları incelemek ve sonuçların nasıl değişeceğini görmektir (Daha fazla bölgenin tayfının alınması tercih edilen bir durumdur. Ancak tez süresi kapsamında ancak her bir kalıntı üzerinde iki farklı bölgenin tayfı alınabilmektedir). Bu gözlemler için, poz süreleri ve yarık merkezinin koordinatları Çizelge 3.7'de verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** TUG'da TFOSC kullanılarak tayfölçümü yapılan SNK'ler

SNK	1.Bölge Yarık merkezi (J2000)	2.Bölge Yarık merkezi (J2000)	Poz süresi (s)	Görüntü Sayısı
G 59.5+0.1	$\alpha=19^h 42^m 33^s$ $\delta=23^0 36' 18''$	$\alpha=19^h 42^m 25^s$ $\delta=23^0 32' 25''$	900	3
G67.7+1.8	$\alpha=19^h 54^m 16^s$ $\delta=31^0 31' 50''$	$\alpha=19^h 54^m 20^s$ $\delta=31^0 32' 14''$	900	3
G 84.9+0.5	$\alpha=20^h 50^m 16^s$ $\delta=44^0 55' 03''$	$\alpha=20^h 50^m 23^s$ $\delta=44^0 53' 00''$	900	3

Tayf verilerinde ön indirgeme yapıldıktan sonra dalgaboyu ayarlaması ve akı ayarlaması yapılmıştır. *Noao.twodspec.apextract* altındaki *apall* paketi öncelikle kullanılmış ve istenen tayf dış etkenlerden temizlenerek seçilmiştir. Dalgaboyu ayarlamasında *noao.onedspec* altındaki *identify*, *reidentify*, *hedit* ve *dispcor* paketi

kullanılmıştır. Akı ayarlamasında ise, *noao.onedspec* altındaki *standart*, *sensfunc* paketi ve *noao.twodspec.longslit* altındaki *calibrate* paketi kullanılmıştır (Massey 1997).

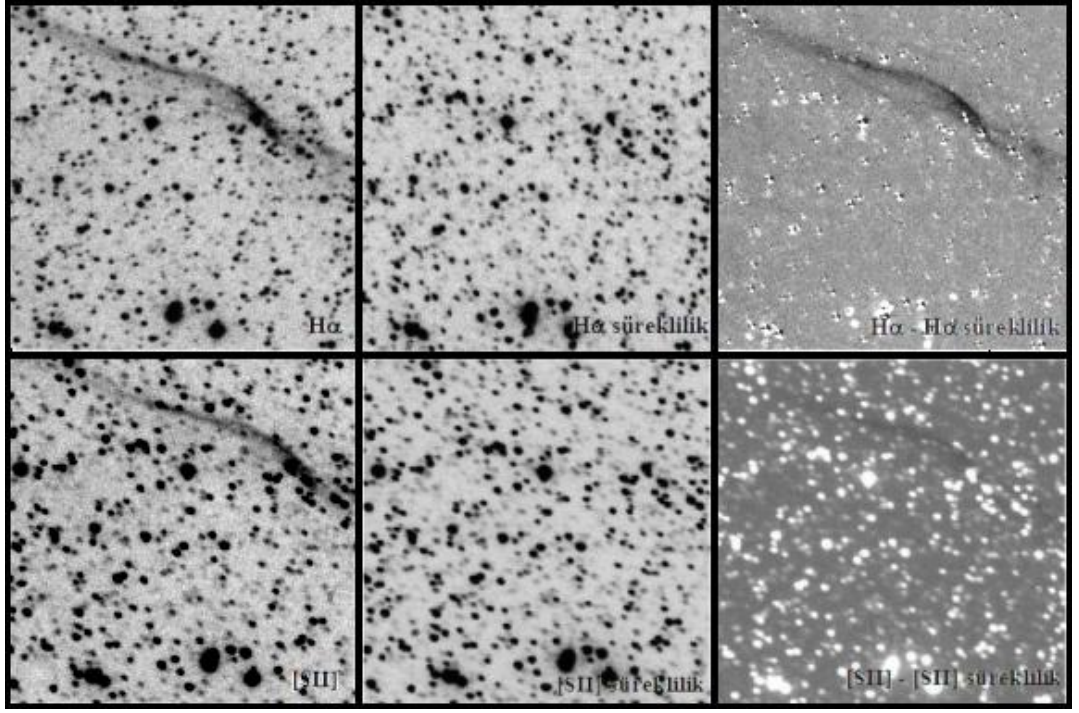
### 3.3. Gözlemleri Yapılan SNK'ler

TUG'da RTT150 teleskobu ile G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2 ve G57.2+0.8'nin ışıkölçüm gözlemleri yapılmış ancak verilen poz süresinde (300 s) optik ışımaları belirlenemediği için tayfölçümleri yapılmamıştır. Aynı poz süresinde ışıkölçümleri yapılan ve optik ışıması belirlenen G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5 kalıntılarının ise tayfölçüm gözlemleri de yapıldı. Bu kalıntılar ve yapılan ışıkölçüm ve tayfölçüm gözlemleri aşağıda ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.

#### 3.3.1. G67.7+1.8'nin ışıkölçüm ve tayfölçüm gözlemi

Radyo bölgesinde WSR teleskobu ile 327 MHz'de Taylor vd (1992) tarafından tespit edilmiştir. S tipi bu kalıntı Lorimer vd (1998) tarafından da radyo bölgesinde gözlenmiştir, ilk optik gözlemleri ise Mavromatakis vd (2001) tarafından yapılmıştır. Kalıntının uzaklığı  $d=14$  kpc olarak belirlenmiştir (Guseinov vd 2003).

Kalıntının  $H\alpha$ ,  $H\alpha$  süreklilik, [SII] ve [SII] süreklilik görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüler kullanılarak  $H\alpha$ - $H\alpha$  süreklilik, ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri elde edilmiştir. Bu çıkarma işlemleri IRAF'ta *imarith* paketi ile yapılmıştır. Bu altı görüntü(negatif olarak) Şekil 3.4.a'da verilmiştir. Bu görüntülerin alınmasındaki amaç [SII]/ $H\alpha$  görüntüsünü elde etmektir.



**Şekil 3.4.a.** TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G67.7+1.8'in  $H\alpha$ ,  $H\alpha$  süreklilik,  $H\alpha$ - $H\alpha$  süreklilik, [SII], [SII] süreklilik ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri (negatif olarak)

***H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntü.*** Bu görüntü 6563 Å dalgaboyundaki (FWHM=88 Å) süzgeç kullanılarak alınmıştır (Bkz. Çizelge 3.2). Galakside  $H\alpha$  ışığı çok yaygındır. Aynı zamanda SNK'ler de bu ışık baskın olduğu için, en iyi  $H\alpha$  süzgecinde görünürler. Bu görüntüde siyah yerler  $H\alpha$ 'nın yoğun olduğu bölgeleri göstermektedir. Bu görüntüde hem yıldızlar hem de SNK görülmektedir.

***H $\alpha$  süreklilik süzgeci ile alınan görüntü.*** Bu görüntü 6446 Å dalgaboyundaki (FWHM=130Å) süzgeç kullanılarak alınmıştır (Bkz. Çizelge 3.2). Süreklilik süzgeçlerinin özelliği, kullanılan asıl süzgecin dalgaboyuna yakın olması ve asıl süzgeçten daha geniş FWHM değerine sahip olmasıdır. Bu nedenle bu süzgeç ile alınan görüntü daha çok ışık toplayacaktır. SNK, bu süzgeç ile alınan görüntüde görülmez.

***H $\alpha$ -H $\alpha$  süreklilik görüntüsü.*** Bu görüntüde yıldızlardan gelen ışık yoktur. SNK net bir şekilde görülmektedir. Süreklilikleri çıkarılmış görüntülerde yıldızların olduğu yerlerin oyuk olması gerekmektedir (Blair ve Long 2004). Bu görüntüde de yıldızların

olduğu yerlerde ışık olmadığı için oyuk (siyah) olmalıdır. Ancak yukarıda belirtildiği gibi bu görüntüler negatif olduğu için yıldızların olduğu yerler beyaz olarak görülmektedir.

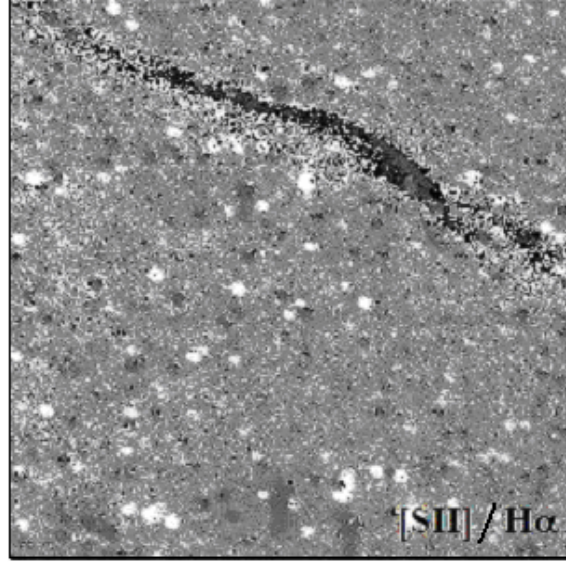
**[SII] süzgeci ile alınan görüntü.** Bu görüntü 6728 Å dalgaboyundaki (FWHM=70 Å) süzgeç kullanılarak alınmıştır (Bkz. Çizelge 3.2). [SII] süzgeci ile alınan görüntü H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntü ile karşılaştırıldığında kalıntının daha sönük olduğu görülmektedir. Böyle olması da beklenen bir sonuçtur. Çünkü teorik modeller SNK'ler için [SII] / H $\alpha$  oranının 0,5-1 aralığında olması gerektiğini öngörmektedir (Raymond 1979, Shull ve McKee 1979). Bu görüntüden de SNK'lerde H $\alpha$ 'nın [SII]'ye göre daha baskın olduğu anlaşılmaktadır.

**[SII] süreklilik süzgeci ile alınan görüntü.** Bu görüntü 6964 Å dalgaboyundaki (FWHM=300 Å) süzgeç kullanılarak alınmıştır (Bkz. Çizelge 3.2). Bu süzgecin kullanım amacı H $\alpha$  süreklilik süzgecinin kullanım amacı ile benzerdir.

**[SII]-[SII] süreklilik görüntüsü.** Bu görüntü de yıldızlardan gelen ışımaya yoktur ve bu bölgeler beyaz olarak görülmektedir.

Elde edilen son iki görüntü yani sürekliliklerini çıkarılmış [SII] ve H $\alpha$  görüntüleri birbirine bölünerek, G67.7+1.8'in [SII]/H $\alpha$  görüntüsü bulunmuştur. Bu bölme işlemi IRAF içinde bulunan *imarit* paketi ile yapılmıştır. Bu paket, [SII] süzgeci ile alınan görüntünün her bir pikselinde bulunan foton sayısını, H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntünün her bir pikselinde bulunan foton sayısına tek tek bölmüştür. G67.7+1.8'in [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (negatif olarak) Şekil 3.4.b'de verilmiştir.

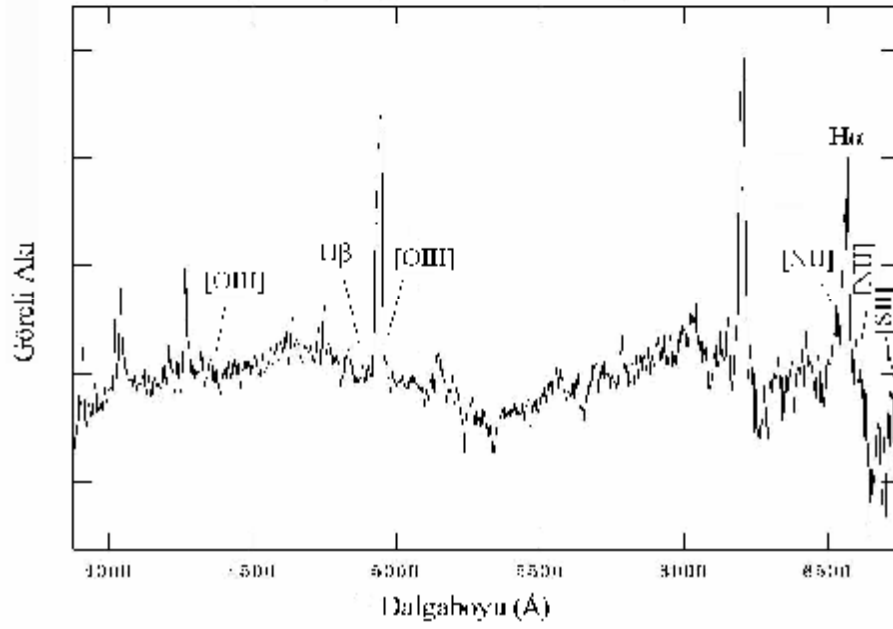




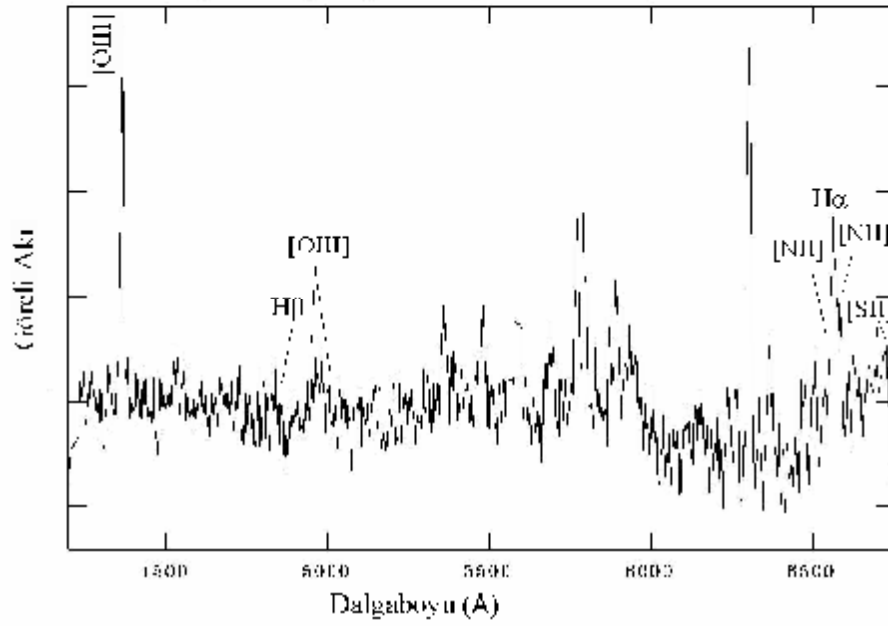
**Şekil 3.4.b.** TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G67.7+1.8'in süreklilik görüntüleri çıkarılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (negatif)

Bu görüntünün elde edilmesindeki amaç, kalıntının seçilen bazı bölgelerinde [SII]/H $\alpha$  oranını bulmak (bu oran tayfölçümünde de bulunmaktadır) ve bu oranı kuramsal değerlerle karşılaştırmaktır. Bu çalışmalara Bölüm 4'te yer verilmiştir.

G67.7+1.8'nin tayfölçümü ise TUG'da TFOSC tayfölçeri kullanılarak, kalıntının  $\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 16^{\text{s}}$ ,  $\delta=31^{\circ} 31' 50''$  ve  $\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 20^{\text{s}}$ ,  $\delta=31^{\circ} 32' 14''$  bölgeleri için yapılmıştır. Ön indirgemenin ardından yapılan dalgaboyu ayarlaması ve akı ayarlaması sonucu elde edilen tayflar Şekil 3.5.a ve Şekil 3.5.b'de verilmiştir.



**Şekil 3.5.a.** TUG'da RTT150 teleskobunu ve TFOSC tayföçerini kullanarak elde edilen G67.7+1.8'in tayfı ( $\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 16^{\text{s}}$ ,  $\delta=31^{\circ} 31' 50''$ )

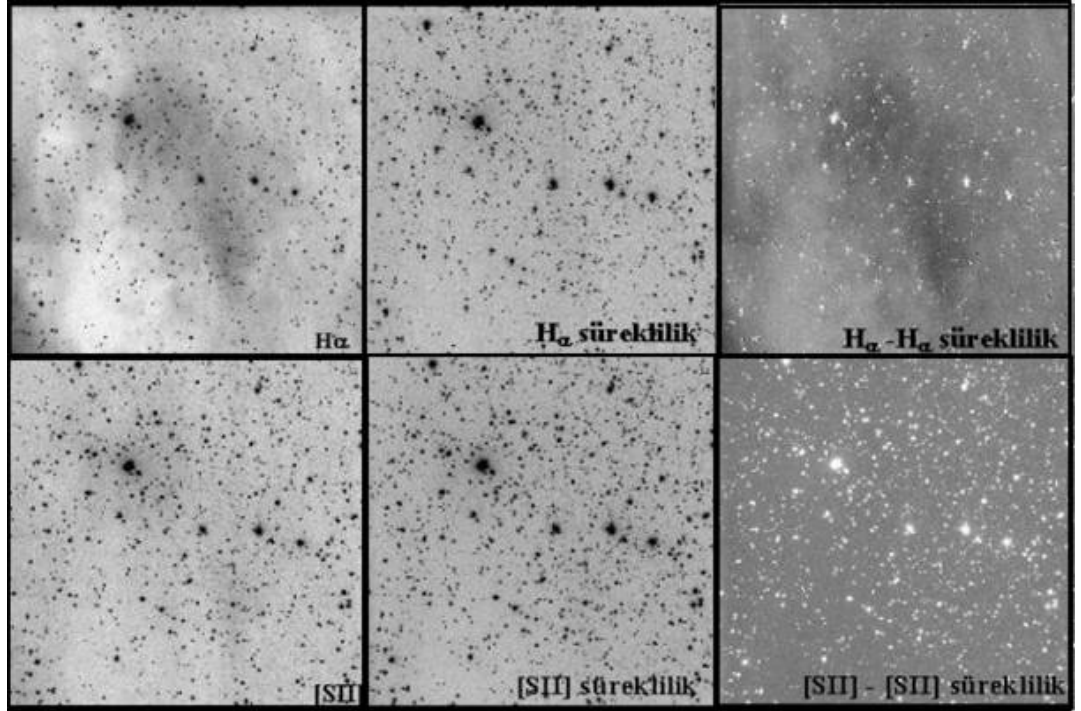


**Şekil 3.5.b.** TUG'da RTT150 teleskobunu ve TFOSC tayföçerini kullanarak elde edilen G67.7+1.8'in tayfı ( $\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 20^{\text{s}}$ ,  $\delta=31^{\circ} 32' 14''$ )

### 3.3.2. G59.5+0.1'in ışıkölçüm ve tayfölçüm gözlemi

Bu kalıntı Taylor vd (1992) tarafından 327 MHz frekansında WSR teleskobu ile yapılan radyo tarama gözlemleri ile tespit edilmiştir. S tipi olan bu kalıntı büyük bir HII bölgesi (G59.53-0.18 ya da S86) ile yanyanadır (Lockman 1989). Ayrıca Green vd (1997) tarafından radyo bölgesinde incelenmiştir. Kalıntının uzaklığı  $d=11$  kpc olarak belirlenmiştir (Guseinov vd 2003). Green kataloğuna (2006) göre kalıntı  $\theta=5' \times 5'$  açısal büyüklüğündedir. Bu kalıntı için literatürde optik bir çalışmaya rastlanmamıştır ve ilk optik gözlemleri bu tez çalışmasında yapılmıştır.

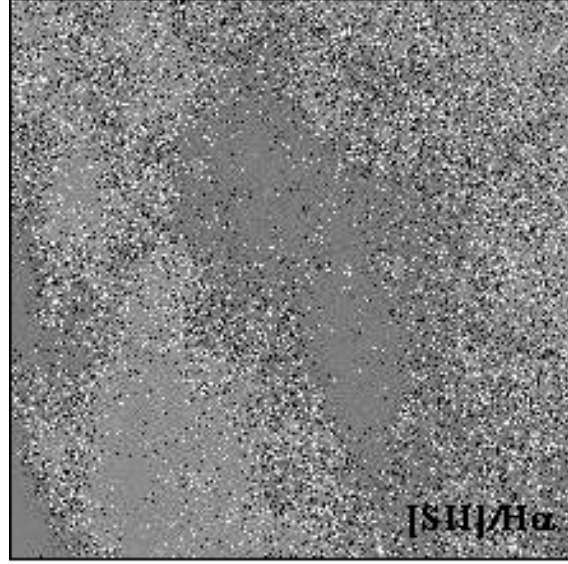
[SII] süzgeci ile alınan bölgenin görüntüsü, [SII] süreklilik süzgeci ile de alınmıştır. Daha sonra bu iki görüntü birbirinden çıkarılarak [SII]-[SII] süreklilik ve aynı yöntemle  $H\alpha$ - $H\alpha$  süreklilik görüntüsü elde edilmiştir. Bu görüntüler (negatif olarak) Şekil 3.6.a'da verilmiştir.



**Şekil 3.6.a.** TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G59.5+0.1'in  $H\alpha$ ,  $H\alpha$  süreklilik,  $H\alpha$ - $H\alpha$  süreklilik, [SII], [SII] süreklilik ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri (negatif)

Şekil 3.6.a'da yer alan 6 görüntü için, G67.7+1.8 kalıntısı için yapılan açıklama geçerlidir.

Kalıntının [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (negatif olarak) ise Şekil 3.6.b'de verilmiştir.

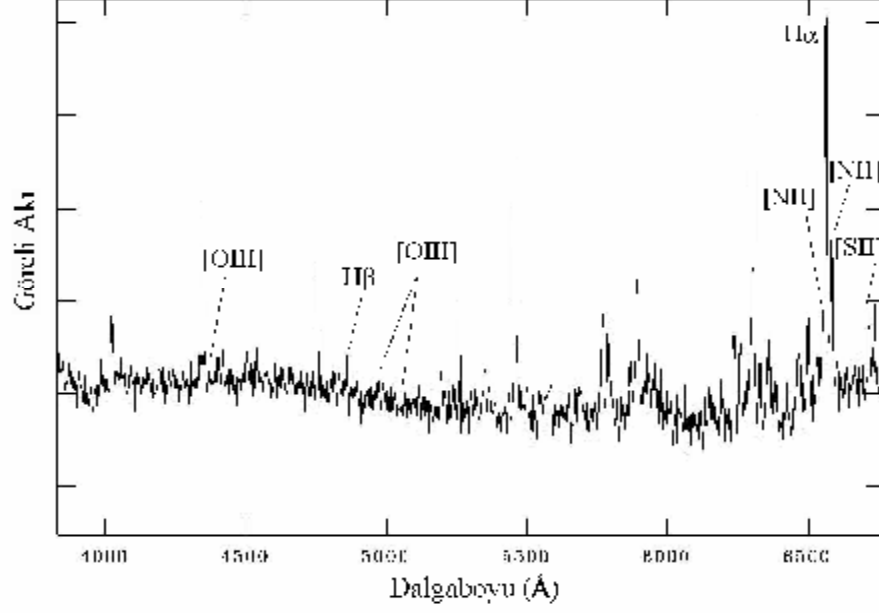


**Şekil 3.6.b.** TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G59.5+0.1'in süreklilik görüntüleri çıkarılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (negatif)

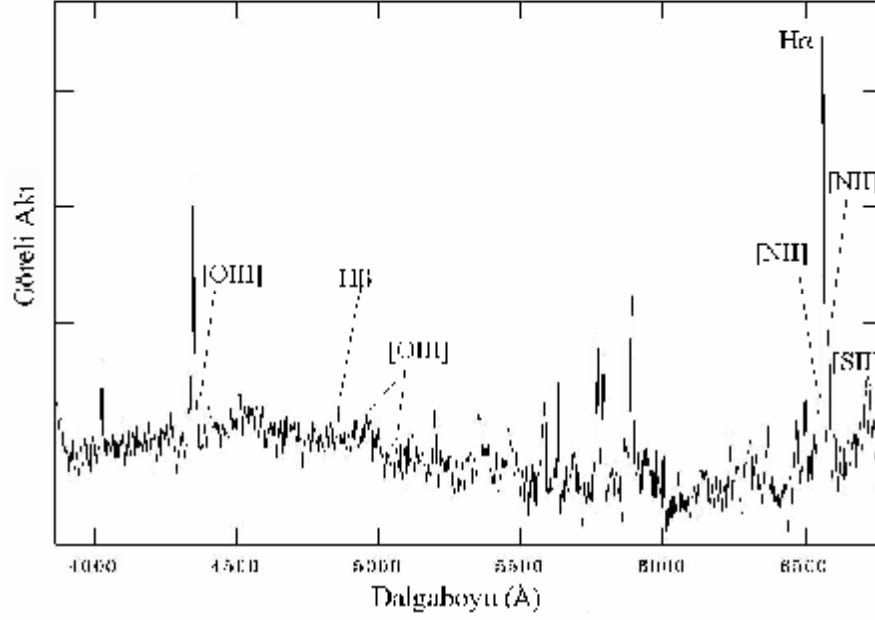
Bu kalıntının merkezi Green (2006) kataloğuna göre,  $\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 33^{\text{s}}$ ,  $\delta=23^{\circ} 35'$ 'dir. Bu koordinatlar merkezlenerek görüntü alınmıştır. Yine Green (2006) kataloğuna göre kalıntı  $\theta=5' \times 5'$  açısal büyüklüğündedir ve CCD447'nin gördüğü alanın  $13'.5 \times 13'.5$  olduğu gözönüne alındığında, kalıntının CCD görüntüsünün tam ortasında olması ve çevresinin de rahatlıkla görülebilmesi beklenmektedir. Ancak kalıntının yukarıda verilen merkez koordinatları ve açısal büyüklüğü radyo bölgesinde yapılan gözlemlerle belirlenmiştir. Bu bilgilerin optik bölgede geçerli olması beklenemez. Çünkü SNK'lerde radyo, X-ışını ve optik ışınlar kalıntının farklı bölgelerinden gelebilir. Şekil 3.6.b'de görüldüğü gibi kalıntı, görüntünün tam merkezinde kalmamış, daha geniş bir alana yayılmıştır.

G59.5+0.1'in TFOSC tayfölçeri kullanılarak  $\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 33^{\text{s}}$ ,  $\delta=23^{\circ} 36' 18''$  ve  $\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 25^{\text{s}}$ ,  $\delta=23^{\circ} 32' 25''$  bölgeleri için tayfı alındı. Ön indirgemenin ardından

yapılan dalgaboyu ayarlaması ve akı ayarlaması sonucu elde edilen tayflar Şekil 3.7.a ve Şekil 3.7.b’de verilmiştir.



**Şekil 3.7.a.** TUG’da RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak elde edilen G59.5+0.1’in tayfı ( $\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 33^{\text{s}}$ ,  $\delta=23^{\circ} 36' 18''$ )

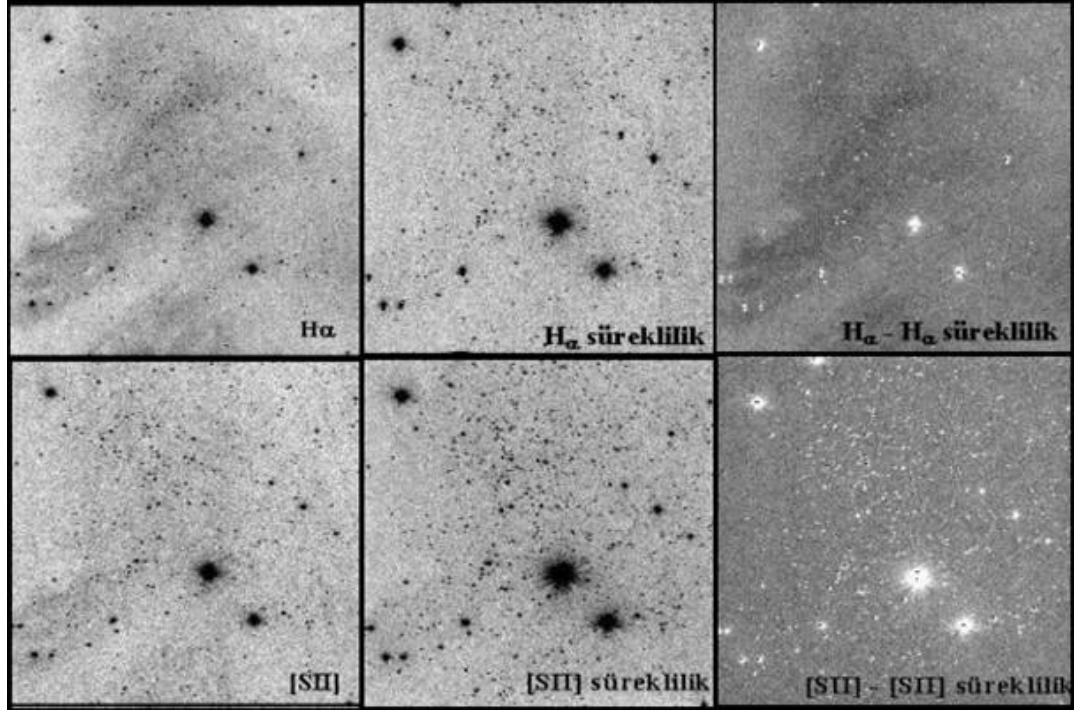


**Şekil 3.7.b.** TUG'da RTT150 teleskobunu ve TFOSC tayföçerini kullanarak elde edilen G59.5+0.1'in tayfı ( $\alpha=19^h 42^m 25^s$ ,  $\delta=23^0 32' 25''$ )

### 3.3.3. G84.9+0.5'in ışıkölçüm ve tayföçüm gözlemi

Bu SNK radyo bölgesinde belirlenmiştir (Taylor vd 1992, Lorimer vd 1998). Kalıntının uzaklığı  $d=10$  kpc olarak verilmektedir (Guseinov vd 2003). Green kataloğuna (2006) göre  $\theta=6' \times 6'$  açısal büyüklüğündedir. Bu kalıntı için literatürde optik bir çalışmaya rastlanmamıştır ve ilk optik gözlemleri bu tez çalışmasında yapılmıştır.

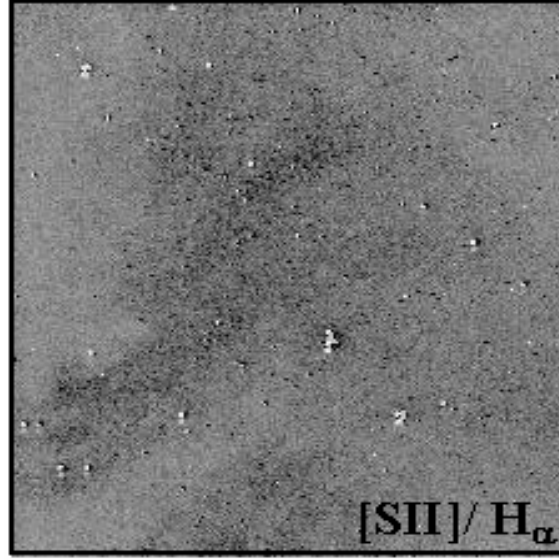
Kalıntının H $\alpha$ , [SII] ve süreklilikleri çıkarılmış görüntüleri (negatif olarak) Şekil 3.8.a'da verilmiştir.



**Şekil 3.8.a.** TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G84.9+0.5'in H $\alpha$ , H $\alpha$  süreklilik, H $\alpha$ -H $\alpha$  süreklilik, [SII], [SII] süreklilik ve [SII]-[SII] süreklilik görüntüleri (negatif)

Şekil 3.8.a'da yer alan 6 görüntü için, G67.7+1.8 kalıntısı için yapılan açıklama geçerlidir.

Kalıntının [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (negatif olarak) Şekil 3.8.b'de verilmiştir.



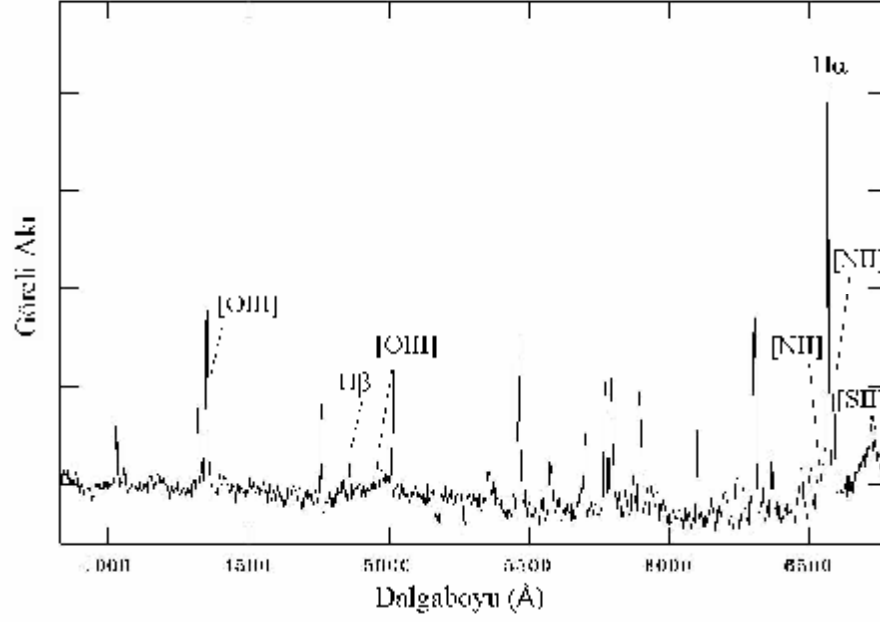
**Şekil 3.8.b.** TUG'da RTT150 ile yapılan ışıkölçümü ile elde edilen G84.9+0.5'in süreklilik çıkarılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (negatif)

Bu kalıntının açısal büyüklüğünün  $\theta=6' \times 6'$  olduğu gözönüne alındığında, kalıntının CCD447 ile alınan görüntünün tam merkezinde olması beklenir. Ancak bu bilgi radyo bölgesindeki gözlemler ile belirlendiği için optik gözlem ile uyuşmamıştır. Kalıntının daha geniş bir alana yayıldığı görülmüştür (G59.5+0.1 kalıntısında olduğu gibi).

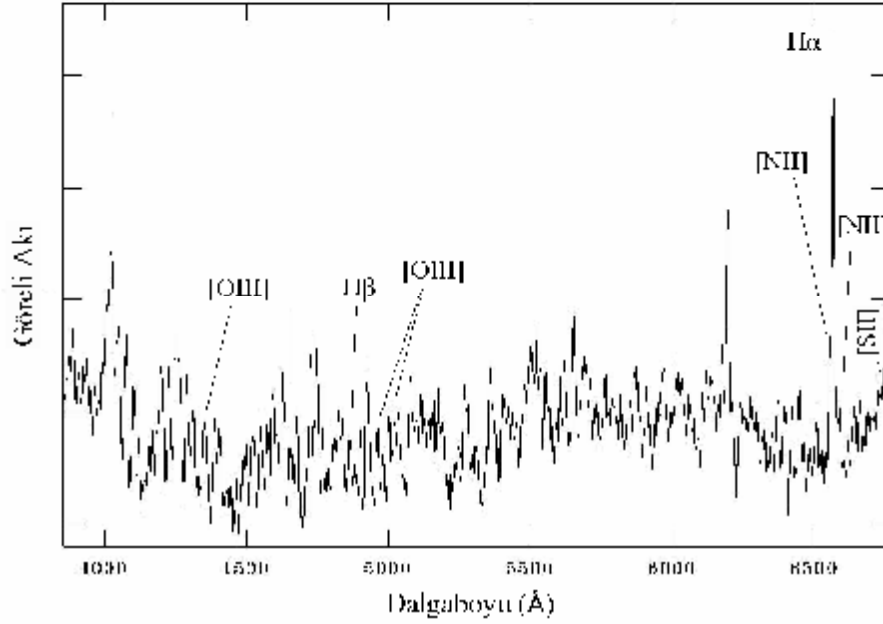
Literatürde SNK'lerin çevrelerinin de incelenerek, tamamının ortaya çıkarıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Mavromatakis vd 2002b). Bu çalışmaların amacı; bir SNK'yi bütün olarak görüntüleyip buradan açısal büyüklüğünü hesaplamaktır. SNK'nin optik bölgede açısal büyüklüğünü bulmak bu çalışmanın amaçlarından biri değildir. Bu nedenle G59.5+0.1 ve G84.9+0.5'in çevresi incelenmemiştir ve açısal büyüklük bulmak gibi bir çalışma yapılmamıştır.

G84.9+0.5'in TFOSC tayfölçeri kullanılarak  $\alpha=20^h 50^m 16^s$ ,  $\delta=44^0 55' 03''$  ve  $\alpha=20^h 50^m 23^s$ ,  $\delta=44^0 53' 00''$  bölgeleri için tayfı alındı. İndirgemelerin ardından elde edilen tayflar Şekil 3.9.a ve Şekil 3.9.b'de verilmiştir.





**Şekil 3.9.a.** TUG'da RTT150 teleskobunu ve TFOSC tayfölgçerini kullanarak elde edilen G84.9+0.5'in tayfı ( $\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 16^{\text{s}}$ ,  $\delta=44^{\circ} 55' 03''$ )

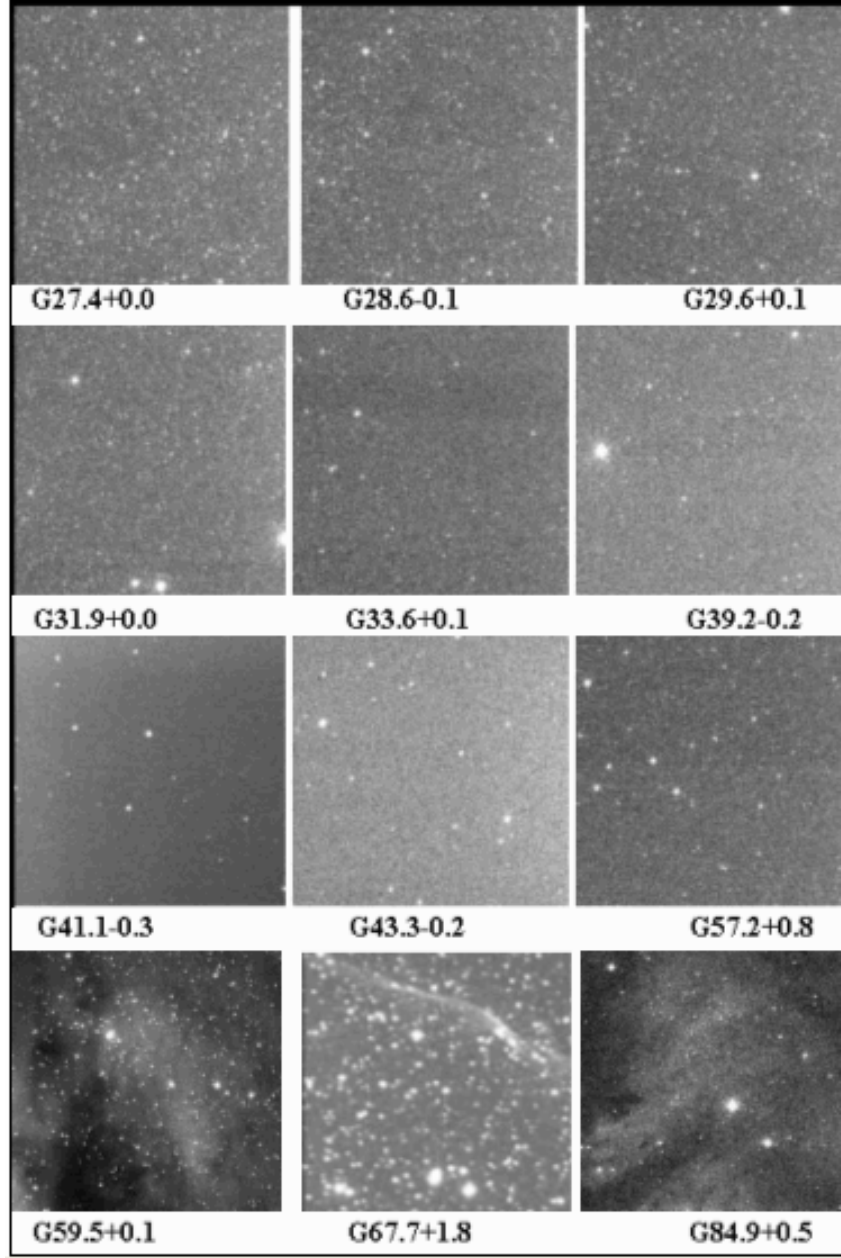


**Şekil 3.9.b.** TUG'da RTT150 teleskobunu ve TFOSC tayfölgçerini kullanarak elde edilen G84.9+0.5'in tayfı ( $\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 23^{\text{s}}$ ,  $\delta=44^{\circ} 53' 00''$ )

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada aday olarak belirlenen 12 SNK'nin TUG'da RTT150 teleskobu kullanılarak yapılan ışıkölçüm gözlemlerinde SNK G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2 ve G57.2+0.8 kalıntıları için (kullanılan gözlem tekniği ve gözlem koşulları çerçevesinde) optik bir ışıma belirlenememiştir.

Optik ışıması belirlenemeyen bu 9 SNK'nin gözlemlerinde H $\alpha$  süzgeci ve H $\alpha$ -süreklilik süzgeçleri kullanılmıştır. Bu kalıntılar için poz süresi 300 s olarak verilmiştir. İlk olarak G27.4+0.0 kalıntısına 300 s poz süresi verilerek bakılmış, bakılan bölgede kalıntıya ait optik bir ışıma görülmediği için, diğer kalıntıların (yukarıda verilen sıra ile) gözlemine geçilmiştir. 300 s poz süresinde kalıntıya ait optik bir ışıma görülemeyen SNK'ler için zaman kısıtlığı nedeniyle daha uzun poz süreleri denenmemiştir ve ileri ki çalışmalara bırakılmıştır. Ancak son 3 kalıntıya (G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5) gelindiğinde bu bölgelerden kalıntıya ait ışıma görülmüştür. Bu 9 kalıntının ve optik ışıması belirlenen diğer 3 kalıntının H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntüleri, birarada Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu görüntüler pozitif görüntülerdir ve beyaz olan yerler (parlak) ışımanın olduğu bölgelerdir.



**Şekil 4.1.** TUG'da RTT150 teleskobunu ile 300 s poz süresi verilerek elde edilen 12 SNK'nin H $\alpha$  süzgeci ile alınmış görüntüleri (Bu görüntüler pozitif görüntülerdir, parlak olan yerler optik ışınımı gösterir. Siyah olan yerler ise ışımının olmadığı karanlık bölgeleri gösterir. Bu görüntülerin pozitif verilmesindeki amaç; gözlem yaparken bu bölgelerin ilk olarak nasıl görüldüğünü göstermektir)

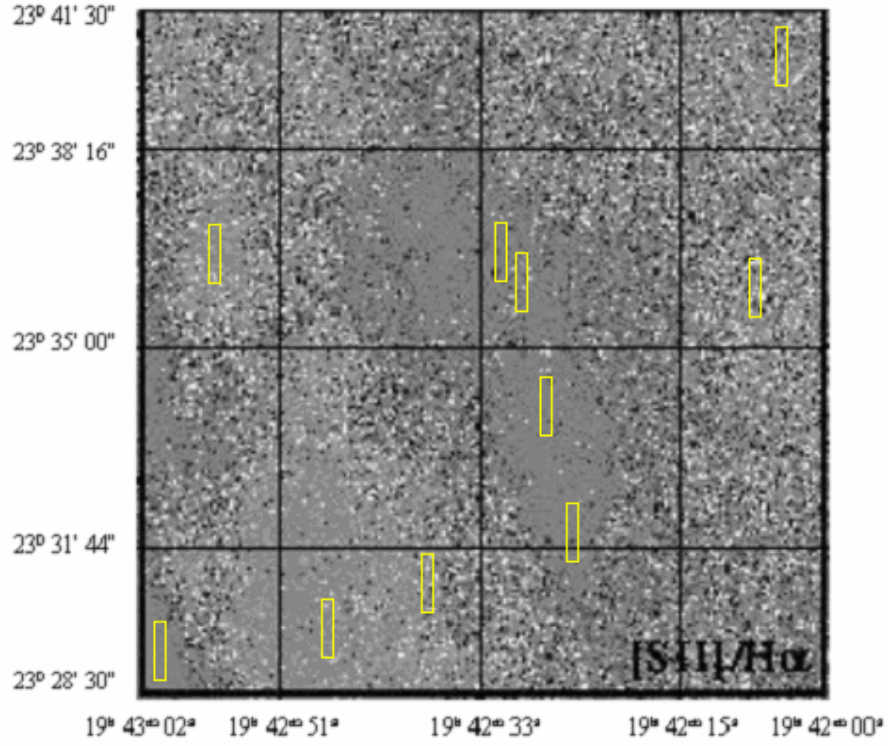
Optik ışınması belirlenemeyen 9 kalıntının bulunduğu bölgeye ait, gök parlaklık değeri ile en sönük ve en parlak yıldızlara ait parlaklık değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** 9 SNK'nin bulunduğu bölgeye ait bazı değerler

SNK	Gök (kadir)	En sönük yıldız (kadir)	En parlak yıldız (kadir)
G27.4+0.0	22,2	18,9	16,4
G28.6-0.1	21,7	17,3	15,7
G29.6+0.1	23,3	17,1	15,2
G31.9+0.0	21,5	17,0	15,8
G33.6+0.1	22,3	18,7	17,6
G39.2-0.2	20,6	17,6	15,6
G41.1-0.3	22,2	17,8	16,5
G43.3-0.2	20,9	18,3	16,7
G57.2+0.8	22,0	18,5	16,9

TUG'da yapılan G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5'in ışıkölçümü gözlemlerinden [SII]/H $\alpha$  oranları bulunmuştur. Bu oran her üç kalıntının, [SII]/H $\alpha$  görüntüsü üzerinde farklı yerler seçilerek hesaplanmıştır. Bu hesaplama işlemi IRAF programındaki *imexam* paketi kullanılarak yapılmıştır.

G59.5+0.1'in koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü Şekil 4.2'de verilmiştir.



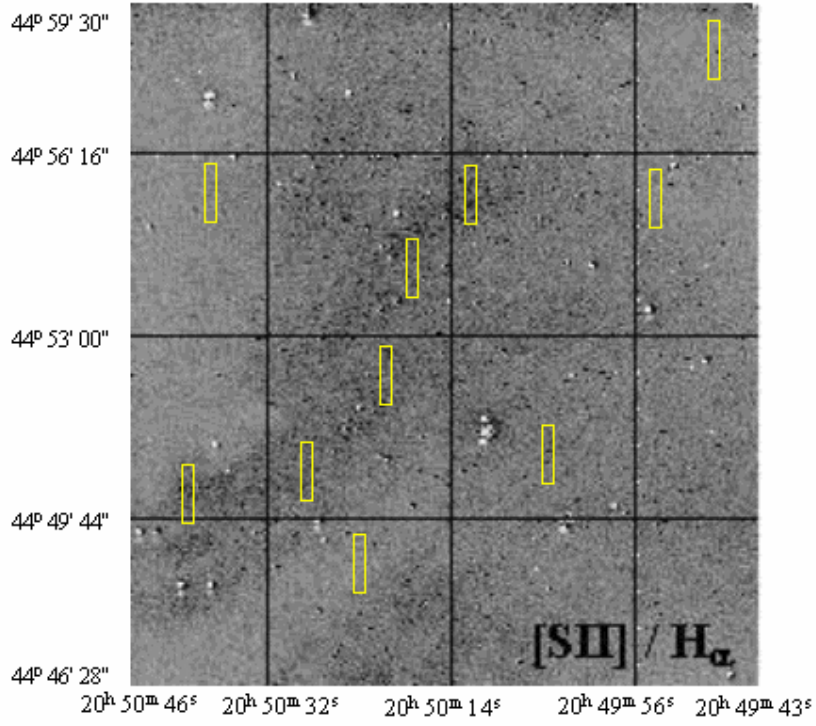
**Şekil 4.2.** G59.5+0.1'in J(2000)'e göre koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (Bu görüntü negatif olarak verilmiştir. Görüntüde koyu olan yerler ışımının fazla olduğu, parlak yerler ise kalıntının çevresini göstermektedir )

Bu görüntü üzerinde seçilen 10 bölge için [SII]/H $\alpha$  oranına bakılmıştır. Bu şekil üzerinde yer alan kutucuklar, [SII]/H $\alpha$  oranının hesaplandığı bölgeleri kabaca işaret etmektedir. Bu bölgelerin koordinatları, hesaplanan [SII]/H $\alpha$  oranları ve parantez içinde hata payları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Koordinatlar sağ açıklık ( $\alpha$ ) değerlerinin büyükten küçüğe sıralanmasına göre verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** G59.5+0.1'in seçilen bazı bölgelerinin koordinatları, hesaplanan [SII]/H $\alpha$  değerleri ve parantez içinde hata payları

Bölge	Koordinat J(2000)	[SII]/H $\alpha$
1	$\alpha=19^{\text{h}} 43^{\text{m}} 01^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 29' 20''$	0,5 ( $\pm 0,1$ )
2	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 57^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 36' 35''$	0,3 ( $\pm 0,2$ )
3	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 48^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 29' 52''$	0,3 ( $\pm 0,1$ )
4	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 38^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 31' 18''$	0,4 ( $\pm 0,1$ )
5	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 31^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 36' 43''$	0,5 ( $\pm 0,1$ )
6	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 30^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 36' 11''$	0,5 ( $\pm 0,2$ )
7	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 28^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 34' 03''$	0,6 ( $\pm 0,2$ )
8	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 25^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 32' 05''$	0,6 ( $\pm 0,1$ )
9	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 08^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 36' 01''$	0,2 ( $\pm 0,1$ )
10	$\alpha=19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 05^{\text{s}}$ $\delta=23^{\circ} 39' 48''$	0,2 ( $\pm 0,2$ )

G84.9+0.5'in koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü Şekil 4.3'te verilmiştir.



**Şekil 4.3.** G84.9+0.5'in J(2000)'e göre koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (Bu görüntü negatif bir görüntüdür. Koyu olan yerler ışımının fazla olduğu yerlerdir)

G84.9+0.5'in bu görüntüsü üzerinde seçilen 10 bölge için [SII]/H $\alpha$  oranı hesaplanmıştır. Seçilen bu 10 bölgenin koordinatları, hesaplanan [SII]/H $\alpha$  oranları ve parantez içinde hata payları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** G84.9+0.5'in seçilen bazı bölgelerinin koordinatları, hesaplanan [SII]/H $\alpha$  değerleri ve parantez içinde hata payları

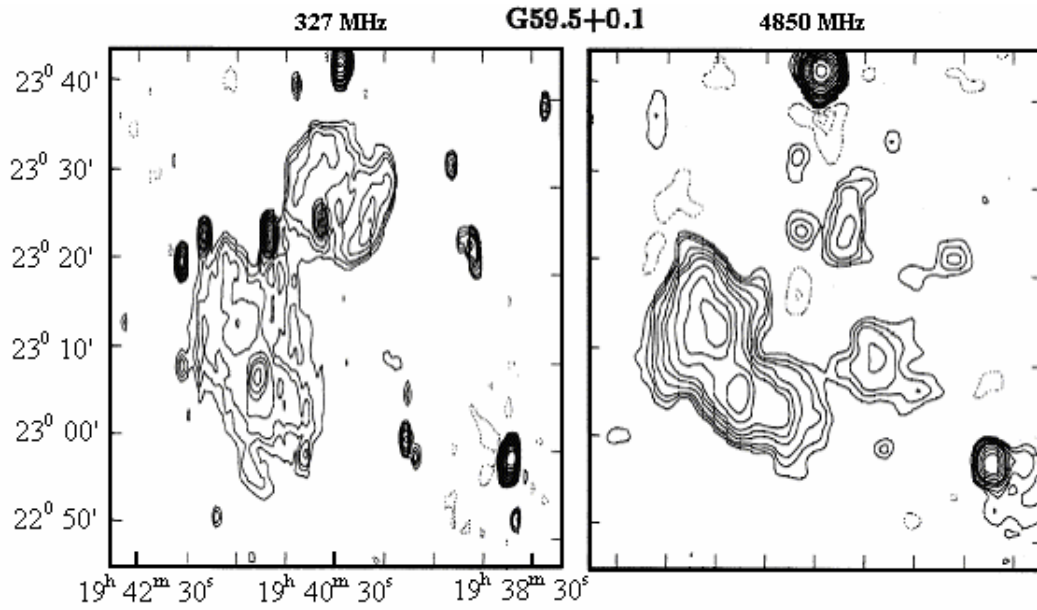
Bölge	Koordinat J(2000)	[SII]/H $\alpha$
1	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 40^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 50' 30''$	0,6 ( $\pm 0,1$ )
2	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 37^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 55' 25''$	0,3 ( $\pm 0,1$ )
3	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 28^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 50' 45''$	0,5 ( $\pm 0,1$ )
4	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 23^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 48' 33''$	0,3 ( $\pm 0,1$ )
5	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 20^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 52' 35''$	0,6 ( $\pm 0,1$ )
6	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 18^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 54' 25''$	0,5 ( $\pm 0,1$ )
7	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 12^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 55' 20''$	0,7 ( $\pm 0,1$ )
8	$\alpha=20^{\text{h}} 50^{\text{m}} 05^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 51' 20''$	0,3 ( $\pm 0,1$ )
9	$\alpha=20^{\text{h}} 49^{\text{m}} 54^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 55' 18''$	0,2 ( $\pm 0,1$ )
10	$\alpha=20^{\text{h}} 49^{\text{m}} 47^{\text{s}}$ $\delta=44^{\circ} 58' 45''$	0,4 ( $\pm 0,1$ )

Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilen [SII]/H $\alpha$  değerlerinin ortalaması alınmıştır. Bu ortalama değerler G59.5+0.1 için ( $\sim 0,41$ ) ve G84.9+0.5 için ( $\sim 0,44$ ) olarak bulunmuştur. Literatüre göre [SII]/H $\alpha$  oranı HII bölgeleri ve gezegenimsi bulutsular için 0,1-0,3, SNK'ler için 0,4'den büyüktür (Smith vd 1993). Teorik modeller SNK'ler için bu oranın 0,5-1 olması gerektiğini öngörmektedir (Raymond 1979, Shull ve McKee 1979). Bu değerler gözönüne alındığında G59.5+0.1 ve G84.9+0.5 kalıntılarının HII bölgeleri ile bir arada olduğu anlaşılmaktadır.

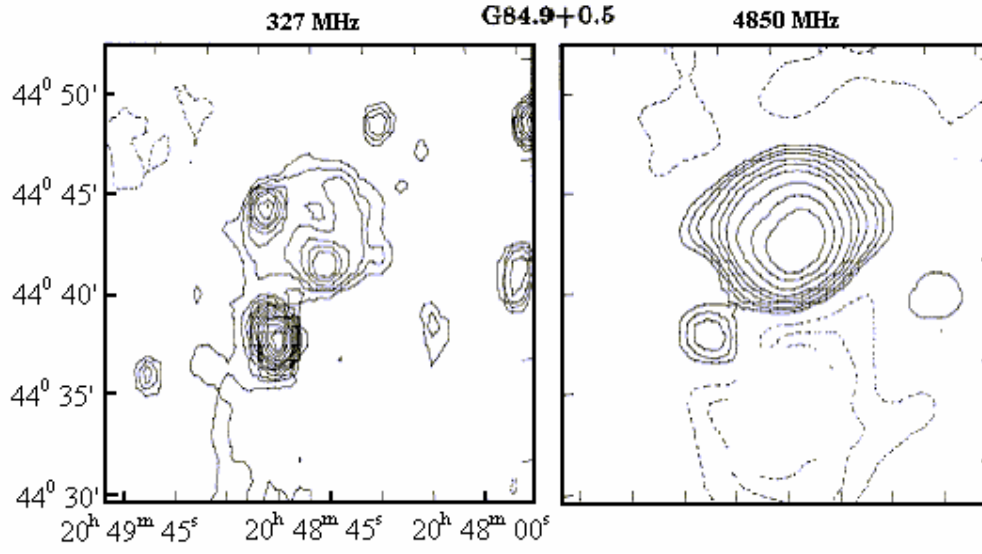


G59.5+0.1'in bulunduğu bölgede bir HII bölgesinin olduğu radyo gözlemleri ile de Lockman (1989) tarafından belirlenmiştir. TUG'da yapılan bu iki kalıntının ışıkölçüm gözlemleri optikteki morfolojileri hakkında da bilgi vermektedir. Her iki kalıntının da dağınık kabuk (diffuse shell) şeklinde bir morfolojiye sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).

Radyo bölgesinde Taylor vd (1992) tarafından incelenen bu iki kalıntı için elde edilen radyo haritaları G59.5+0.1 için Şekil 4.4'de, G84.9+0.5 için ise Şekil 4.5'de verilmiştir. Bu haritalar J(1950) koordinatlarına göre hazırlanmıştır. Radyo bölgesindeki ışımaya ile optik bölgedeki ışımaya karşılaştırıldığında; her iki bölgedeki ışımının da kalıntının farklı bölgelerinden geldiği görülmektedir. Bu da beklenen bir sonuçtur.

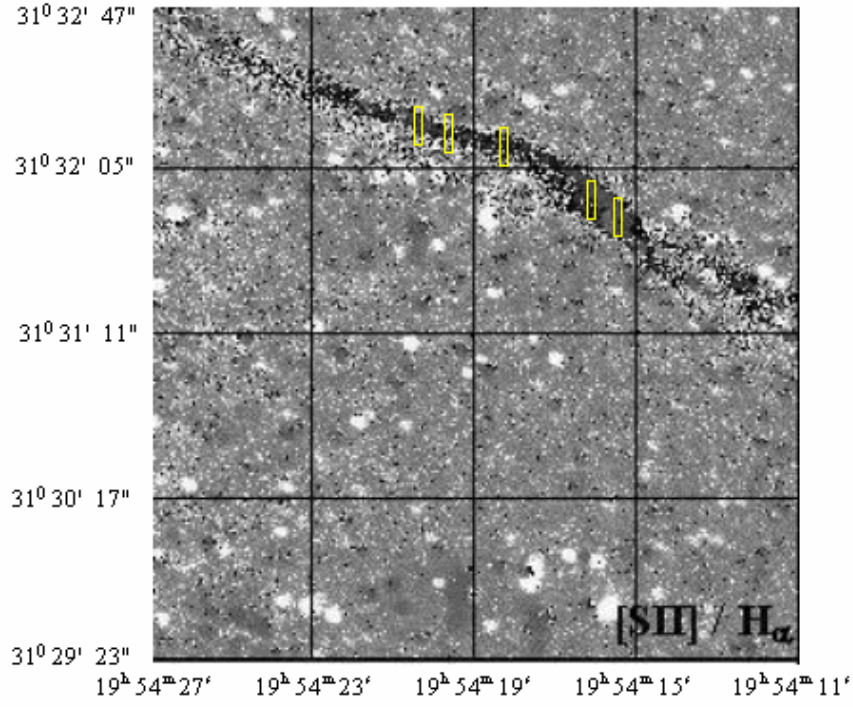


**Şekil 4.4.** G59.5+0.1'in 327 MHz ve 4850 MHz'de alınmış radyo haritası (Taylor vd 1992)



**Şekil 4.5.** G84.9+0.5'in 327 MHz ve 4850 MHz'de alınmış radyo haritası (Taylor vd 1992)

TUG'da yapılan G67.7+1.8'in ışıkölçümü gözlemlerinden elde edilen [SII]/H $\alpha$  görüntüsü üzerinde 5 farklı bölgeye bakıldı. Bu bölgeler için [SII]/H $\alpha$  oranı bulundu. G67.7+1.8'in koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü Şekil 4.6'da verilmiştir.



**Şekil 4.6.** G67.7+1.8'in J(2000)'ne göre koordinatlandırılmış [SII]/H $\alpha$  görüntüsü (Bu görüntü negatif olarak verilmiştir. Koyu olan yerler ışımının fazla olduğu yerleri gösterir. Dolayısıyla siyah olan yerler kalıntıya aittir. Kalıntının yay kabuk (arc shell) şeklinde bir morfolojiye sahip olduğu açıkça görülmektedir)

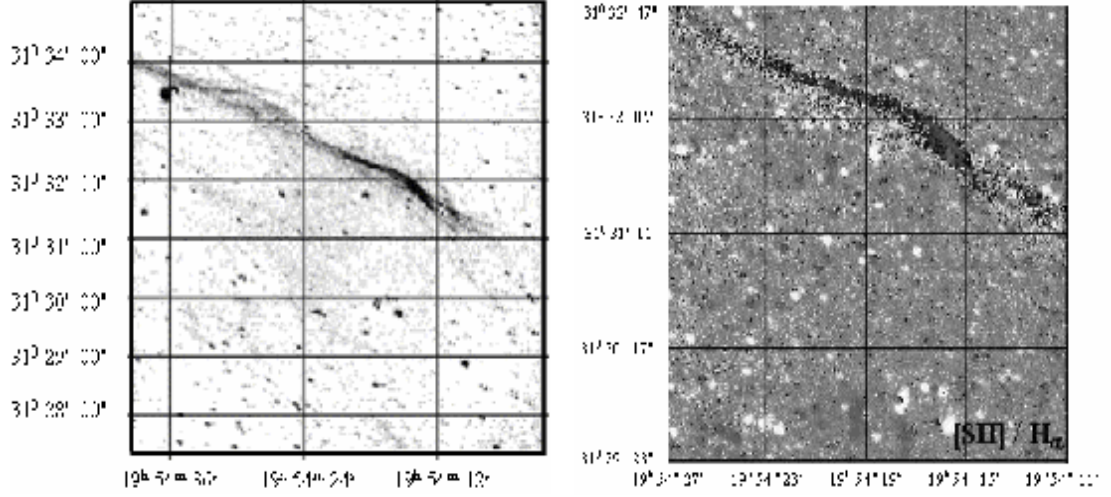
Seçilen herbir bölgenin koordinatları, hesaplanan [SII]/H $\alpha$  değerleri ve parantez içinde hata payları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** G67.7+1.8'in seçilen bazı bölgelerinin koordinatları, hesaplanan [SII]/H $\alpha$  değerleri ve parantez içinde hata payları

Bölge	Koordinatlar J(2000)	[SII]/H $\alpha$
1	$\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 20^{\text{s}}.25$ $\delta=31^{\circ} 32' 15''$	0,6 ( $\pm 0,1$ )
2	$\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 19^{\text{s}}.40$ $\delta=31^{\circ} 32' 13''$	0,7 ( $\pm 0,1$ )
3	$\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 18^{\text{s}}.20$ $\delta=31^{\circ} 32' 11''$	0,7 ( $\pm 0,2$ )
4	$\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 16^{\text{s}}.20$ $\delta=31^{\circ} 31' 55''$	0,7 ( $\pm 0,2$ )
5	$\alpha=19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 15^{\text{s}}.40$ $\delta=31^{\circ} 31' 40''$	0,8 ( $\pm 0,1$ )

Bu çizelgedeki oranlar incelendiğinde, [SII]/H $\alpha$  oranının ortalama 0,7 değerinde olduğu görülmüştür. Teorik modeller SNK'ler için bu oranın 0,5-1 olması gerektiğini öngörmektedir (Raymond 1979, Shull ve McKee 1979). Bu çalışmada elde edilen 0,7 değeri bu aralıktadır. Bu nedenle ışımanın sadece SNK'ye ait olduğu düşünülmektedir. G67.7+1.8'in bulunduğu bölgede HII bölgesinin olduğu yönünde literatürde herhangi bir bilgi de yoktur. TUG'da yapılan bu kalıntının ışıkölçümünden kalıntının yay kabuk (arc shell) şeklinde bir morfolojiye sahip olduğu görülmüştür (Bkz. Şekil 4.6).

G59.5+0.1 ve G84.9+0.5'in ışıkölçüm gözlemlerini, bu kalıntılar için daha önce yapılmış optik bir çalışma literatürde olmadığı için karşılaştırma imkanı yoktur. Ancak G67.7+1.8 için optik bölgede (hem ışıkölçümü hem de tayfölçümü) daha önce yapılmış bir çalışma literatürde yer almaktadır (Mavromatakis vd 2001). 1.3 m'lik teleskop kullanılarak Mavromatakis vd (2001) tarafından yapılan ışıkölçümü ile elde edilen görüntü ve bu tez çalışmasında 1.5 m'lik teleskop ile TUG'da elde edilen görüntü yanyana Şekil 4.7'de verilmiştir.



**Şekil 4.7.** Sol tarafta G67.7+1.8'in optik bölgede H $\alpha$ + [NII] süzgeci ile 300 s poz süresi verilerek alınmış görüntüsü (Mavromatakis vd 2001) ve sağ tarafta aynı kalıntının TUG'da yapılan ışıkölçümü sonucu 300 s poz süresinde elde edilmiş [SII]/ H $\alpha$  görüntüsü

Şekil 4.7'de karşılaştırma yapmak amacıyla yanyana verilmiş iki görüntü incelendiğinde herikisinde de kalıntının yay şeklinde bir morfolojiye sahip olduğu görülmektedir.

Buraya kadar ışıkölçüm gözlemlerinden elde edilen bulgular anlatılmıştır. Tayfölçümünden elde edilen bulgular ise şunlardır:

TUG'da TFOSC kullanılarak yapılan tayfölçüm gözlemlerinden her bir kalıntı için farklı bölgelerden alınan ikişer tayf elde edilmiştir. Bu tayflarda çizgi tanısı yapılmış ve çizgilerin akı değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama işlemi, çizgilere Gauss fit edilerek yapılmıştır. Akı değerleri H $\alpha$  çizgisine göre normalize edilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan H $\alpha$ , H $\beta$ , [OIII], [SII] çizgilerinin akı değerleri, (2.4.9)-(2.4.20) ifadelerinde kullanılarak SNK'lerin ve buldukları ortamın bazı parametreleri hesaplanmıştır.

G59.5+0.1'in tayfı alınan 1. ve 2. bölgesi için elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler Çizelge 4.5.a'da verilmiştir.

**Çizelge 4.5.a.** G59.5+0.1'in seçilen 1. ve 2. bölgesi için tayfölçümünden elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler

G59.5+0.1		
Çizgi (Å)	Akı	
	F(H $\alpha$ )=100	
	1.Bölge	2.Bölge
[OIII] $\lambda$ 4363	2	2
H $\beta$ $\lambda$ 4861	14	8
[OIII] $\lambda$ 4959	13	14
[OIII] $\lambda$ 5007	12	13
[NII] $\lambda$ 6548	23	21
H $\alpha$ $\lambda$ 6563	100	100
[NII] $\lambda$ 6584	47	34
[SII] $\lambda$ 6716	25	23
[SII] $\lambda$ 6731	21	22
[SII]/ H $\alpha$	0,46	0,45
[SII] $\lambda$ 6716/6731	1,19	1,04
T <sub>e</sub> (K)	68 000	59 000
N <sub>e</sub> (cm <sup>-3</sup> )	814	1420
V <sub>s</sub> (km/s)	80	80-100
n <sub>e</sub> (cm <sup>-3</sup> )	28	39
E (erg)	1,9x10 <sup>50</sup>	3,3x10 <sup>50</sup>
E(B-V) (kadir)	0,76	1,24
A <sub>v</sub> (kadir)	2,36	3,84
N(HI) (cm <sup>-2</sup> )	0,4x10 <sup>22</sup>	0,7x10 <sup>22</sup>

Aynı bilgiler, G67.7+1.8 için Çizelge 4.5.b'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5.b.** G67.7+1.8'in seçilen 1. ve 2. bölgesi için tayfölçümünden elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler

G67.7+1.8		
Çizgi (Å)	Akı	
	F(H $\alpha$ )=100	
	1.Bölge	2.Bölge
[OIII] $\lambda$ 4363	2	175
H $\beta$ $\lambda$ 4861	13	23
[OIII] $\lambda$ 4959	38	42
[OIII] $\lambda$ 5007	12	35
[NII] $\lambda$ 6548	55	49
H $\alpha$ $\lambda$ 6563	100	100
[NII] $\lambda$ 6584	50	68
[SII] $\lambda$ 6716	43	37
[SII] $\lambda$ 6731	37	34
[SII]/ H $\alpha$	0,80	0,71
[SII] $\lambda$ 6716/6731	1,16	1,09
T <sub>e</sub> (K)	28 000	-
N <sub>e</sub> (cm <sup>-3</sup> )	597	-
V <sub>s</sub> (km/s)	80	80-100
n <sub>c</sub> (cm <sup>-3</sup> )	21	-
E (erg)	16,3x10 <sup>50</sup>	-
E(B-V) (kadir)	0,82	0,32
A <sub>v</sub> (kadir)	2,54	0,99
N(HI) (cm <sup>-2</sup> )	0,4x10 <sup>22</sup>	0,2x10 <sup>22</sup>

Bu bilgiler G84.9+0.5 için ise Çizelge 4.5.c'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5.c.** G84.9+0.5'in seçilen 1. ve 2. bölgesi için tayfölçümünden elde edilen çizgiler, bu çizgilerin akı değerleri ve hesaplanan parametreler

G84.9+0.5		
Çizgi (Å)	Akı	
	F(H $\alpha$ )=100	
	1.Bölge	2.Bölge
[OIII] $\lambda$ 4363	2	2
H $\beta$ $\lambda$ 4861	7	11
[OIII] $\lambda$ 4959	8	23
[OIII] $\lambda$ 5007	18	27
[NII] $\lambda$ 6548	10	12
H $\alpha$ $\lambda$ 6563	100	100
[NII] $\lambda$ 6584	28	21
[SII] $\lambda$ 6716	21	22
[SII] $\lambda$ 6731	17	19
[SII]/ H $\alpha$	0,38	0,41
[SII] $\lambda$ 6716/6731	1,24	1,16
T <sub>e</sub> (K)	63 000	28 000
N <sub>e</sub> (cm <sup>-3</sup> )	612	600
V <sub>s</sub> (km/s)	80-100	80-100
n <sub>c</sub> (cm <sup>-3</sup> )	17	16
E (erg)	1,9x10 <sup>50</sup>	1,9x10 <sup>50</sup>
E(B-V) (kadir)	1,36	0,96
A <sub>v</sub> (kadir)	4,22	2,98
N(HI) (cm <sup>-2</sup> )	0,7x10 <sup>22</sup>	0,5x10 <sup>22</sup>

G59.5+0.1 ve G84.9+0.5'in optik bölgede tayfölçüm gözlemine literatürde şimdiye dek rastlanmamıştır. G67.7+1.8'in ise optik bölgede tayfölçümü Mavromatakis vd (2001) tarafından yapılmış ve bu kalıntı için [SII]/H $\alpha$ =1,2( $\pm$ 0,1), [SII] $\lambda$ 6716/6731=1,28( $\pm$ 0,08), N<sub>e</sub>~142 cm<sup>-3</sup>, V<sub>s</sub>=70 km/s, E(B-V)=1,7( $\pm$ 0,3) değerleri verilmiştir. Bu nedenle tayfölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasının yalnızca G67.7+1.8



için yapılabileği düşünülmektedir. Ancak Mavromatakis vd (2001) bu çalışmalarında kalıntının tayfına yer vermemişlerdir ve kalıntının neresinden tayf alındığını (yarık merkezinin koordinatları) belirtmeyerek sadece sonuçları vermişlerdir. Bu nedenle sonuçların birebir karşılaştırılması yapılamamaktadır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada galaksimizde bulunan bazı SNK'lerin ışıkölçüm ve tayfölcümü yapılmıştır. Aday olarak belirlenen SNK G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2, G57.2+0.8, G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5'in ışıkölçümü TUG'da RTT150 teleskobu kullanılarak yapılmıştır. G59.5+0.1, G67.7+1.8 ve G84.9+0.5'in ayrıca tayfölcümleri de yapılmıştır. Bu tezde G59.5+0.1 ve G84.9+0.5'in ilk optik çalışması ve G67.7+1.8'in ikinci optik çalışması yapılmıştır.

G27.4+0.0, G28.6-0.1, G29.6+0.1, G31.9+0.0, G33.6+0.1, G39.2-0.2, G41.1-0.3, G43.3-0.2 ve G57.2+0.8 kalıntıları için 300 s'lik poz süreleri verilerek alınan görüntülerde, kalıntıya ait optik bir ışıma belirlenememiştir. SNK'lere ait optik gözlemler literatürde çok azdır ve optik gözlemler önemlidir. Bu nedenle bu kalıntıların çok daha uzun poz süreleri verilerek gözlenmesi yararlı olabilir. Bu uzun poz süreleri, TUG teleskoplarından gözlem zamanı isteminin fazla olması nedeniyle bu çalışma süresi içine sığdırılmadığından denenmemiştir. Eğer daha uzun poz sürelerinde optik ışıma belirlenirse, bu kalıntılar için *optikte sönük kalıntılar* denilebilir. Bu kalıntılar için H $\alpha$  süzgeci ile alınan görüntüler ve bu kalıntıların buldukları bölgeye ait, tez çalışmasında saptanan bazı gözlemsel değerler sunulmuştur (Bkz. Şekil 4.1, Çizelge 4.1). Bu bilgiler, bu konuda yapılacak çalışmalar için önemli olacaktır. Bu kapsamda ilk adım atılmış ve "Galaktik, Kabuk Süpernova Kalıntıların Çok Bant Analizleri" isimli bir proje TÜBİTAK'a sunulmuştur. Bu proje hazırlanırken, tez çalışmasında elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Boğaziçi Üniversitesi ile ortak yapılacak olan bu çalışmada bu bilgilerin kullanılması yararlı olacaktır.

12 SNK'nin uzaklıkları incelendiğinde (Bkz. Çizelge 3.1), optik ışıması belirlenen ve belirlenemeyen SNK'lerin uzaklıkları arasında bir ilişki görülmemektedir. Bu SNK'ler, parantez içinde kpc olarak verilen uzaklıklarının büyüklüğüne göre şöyle sıralanmaktadır; G67.7+1.8(14), G57.2+0.8(11,7), G28.6-0.1(11,5), G59.9+0.1(11), G29.6+0.1(11), G84.9+0.5(10), G43.3-0.2(9), G31.9+0.0(8,5), G39.2-0.2(7,7), G33.6+0.1(7), G27.4+0.0 (6,5) ve G41.1-0.3(6,4). Bu kalıntılardan en uzakta olanı

G67.7+1.8'dir. Buna rağmen bu kalıntının optik ışıması net bir şekilde görülmektedir (Bkz. Şekil 4.1).

TUG'da ışıkölçümü yapılan ve optik ışıması belirlenen 3 kalıntıdan G59.5+0.1 ve G84.9+0.5'in HII bölgeleri ile iç içe olduğu belirlenmiştir. Bu durumda kalıntının şeklini ve sınırlarını kesin olarak belirlemek mümkün değildir. Bu kalıntıların, optik, X-ışını ve radyo bölgesindeki verileri birlikte değerlendirilmelidir. Bu iki kalıntının X-ışını verileri arşivlerde bulunmaktadır ve böyle bir çalışma başlatılmıştır. SNK'ler O ve erken B türünden yıldızların evrimi sonucu oluştuklarından, HII bölgeleri ile aynı ortamda olmaları doğaldır. Bu kalıntıların farklı bölgelerine bakılarak [SII]/H $\alpha$  oranları incelenmiş (G59.5+0.1 için 0,41, G67.7+1.8 için 0,70 ve G84.9+0.5 için 0,44), bu değerler kuramsal değerlerle karşılaştırılmıştır ve sonuçların kuramsal değerlerle tutarlı olduğu görülmüştür.

Işıkölçümü gözlemlerinden elde edilen [SII]/H $\alpha$  oranlarının 0,5-1 arasında olması bu bölgelerde şok dalgasının etkisiyle, çarpışmalar sonucu iyonlaşmanın baskın olduğunu gösterir (G67.7+1.8). Bu oranın 0,5'ten düşük çıkması ise ışıınımla iyonlaşmanın baskın olduğunu gösterir (G59.5+0.1 ve G84.9+0.5). Işınımsal iyonlaşmanın baskın olması HII bölgelerini işaret etmektedir.

Bu çalışmanın ışıkölçümünde yalnızca H $\alpha$  ve [SII] süzgeçleri kullanılmıştır. Başka süzgeçler de ([OIII] ve [NII] gibi) kullanılarak SNK'lerin morfolojileri incelenebilir. TUG'da bu süzgeçler olmadığı için H $\alpha$  ve [SII] süzgeçlerinden başka süzgeçlerle SNK'lerin morfolojilerinin incelenmesi yönünde bir çalışma amaçlanmamıştır.

Işıkölçümleri ile optik ışıması olduğu belirlenen, 3 kalıntının RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfölçeri kullanılarak tayfölçümleri de yapılmıştır. SNK tayflarında yıldız tayflarından farklı olarak salma çizgilerinin baskın olması beklenmektedir. Bu çalışmada elde edilen tayflarda, beklenen salma çizgileri net olarak görülmüştür ([OIII]  $\lambda$ 4363, H $\beta$   $\lambda$ 4861, [OIII]  $\lambda$ 4959, [OIII]  $\lambda$ 5007, [NII]  $\lambda$ 6548, H $\alpha$   $\lambda$ 6563, [NII]  $\lambda$ 6584, [SII]  $\lambda$ 6716, [SII]  $\lambda$ 6731). Her bir salma çizgisinin akı değeri belirlenmiştir. Bu akı değerleri kullanılarak [SII]/H $\alpha$ , [SII] $\lambda$ 6716/ $\lambda$ 6731, [OIII] ( $\lambda$ 4959+ $\lambda$ 5007/ $\lambda$ 4363),

[OIII]  $\lambda 5007/H\beta$  ve  $H\alpha/H\beta$  oranları hesaplanmıştır. Bu oranlardan bazıları kuramsal modellerle karşılaştırma yapmak, bazıları ise amaçlanan parametrelerin hesaplanması için kullanılmıştır.

[SII]/ $H\alpha$  oranı, dikkat edilecek olursa, hem ışıkölçümünden hem de tayfölçümünden elde edilmektedir. Işıkölçümünden bulunan ortalama [SII]/ $H\alpha$  değerleri (G59.5+0.1 için 0,41, G67.7+1.8 için 0,70 ve G84.9+0.5 için 0,44) ile tayfölçümünde elde edilen ortalama [SII]/ $H\alpha$  değerleri (G59.5+0.1 için 0,46, G67.7+1.8 için 0,76 ve G84.9+0.5 için 0,40) beklenildiği gibi yaklaşık aynı çıkmıştır. Tayfölçümünden elde edilen oranlar da ışıkölçümünün işaret ettiği gibi G59.5+0.1 ve G84.9+0.5 kalıntılarının HII bölgesi ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

[SII] $\lambda 6716/6731$  oranı Frank vd (2002)'ye göre 0,35-1,5 aralığında olmalıdır. Elektron yoğunluğunun az olduğu yerlerde bu oran 1,5 (Bkz. 2.4.7 ifadesi) iken, elektron yoğunluğunun az olduğu yerde 0,35'dir (Bkz. 2.4.8 ifadesi). SNK'lerde elektron yoğunluğu az olduğundan [SII] $\lambda 6716/6731$  oranı 1,5'e yakın olmalıdır (Frank vd 2002). Bu çalışmada tayfölçümünden elde edilen [SII] $\lambda 6716/6731$  oranları G59.5+0.1 için 1,19 ve 1,04, G67.7+1.8 için 1,16 ve 1,09, G84.9+0.1 için 1,24 ve 1,16'dır. Bu da SNK'lerdeki elektron yoğunluğunun az olduğunu göstermektedir. [SII] $\lambda 6716/6731$  oranı kullanılarak elde edilen elektron yoğunluğu G59.5+0.1 için  $814 \text{ cm}^{-3}$  ve  $1420 \text{ cm}^{-3}$ , G67.7+1.8 için  $597 \text{ cm}^{-3}$ , G84.9+0.1 için  $612 \text{ cm}^{-3}$  ve  $600 \text{ cm}^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Kuramsal modellere göre SNK'lerdeki serbest elektron yoğunluğu  $10^2-10^4 \text{ cm}^{-3}$  aralığında olmalıdır (Osterbrock 1989). Yasak geçişlerin oluşması için bu değer  $10^4 \text{ cm}^{-3}$ 'ten az olması gerekir. İncelenen 3 kalıntıda da serbest elektron yoğunluğu  $10^4 \text{ cm}^{-3}$ 'ten küçük çıktığı için, bu kalıntının tayflarında yasak çizgilerin görülmesi beklenmektedir. Yasak çizgilerin en bilinenleri [OIII]  $\lambda 4363$ ,  $\lambda 4959$ ,  $\lambda 5007$ , [SII]  $\lambda 6716$ ,  $\lambda 6731$ , [NII]  $\lambda 6548$ ,  $\lambda 6584$ 'dür ve yapılan tayf gözlemlerinde bu çizgiler görülmüştür. Yasak çizgilerin SNK tayflarında görülmesi, yasak geçişlerin oluşma koşullarının SNK'lerde var olduğunu göstermektedir.

$[\text{OIII}](\lambda 4959 + \lambda 5007 / \lambda 4363)$  oranı yardımı ile elektron sıcaklığı belirlenmiştir. SNK'lerin optik ışına veren bölgelerinde (şok dalgasının arkasında kalan bölgelerde) bu değer  $10^4$  K basamağındadır.

$[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  oranından şok dalgasının hızı bulunurken yararlanılmıştır. Şok dalgası ilerlerken önündeki maddeyi süpürür ve ısıtır. Buralarda güçlü iyonlaşma bölgeleri oluşur. Arkasında kalan bölge ise zamanla soğur. Soğumanın sonucu olarak yeniden birleşme (recombination) meydana gelir.  $[\text{OIII}]$  çizgisinin güçlü olması iyonlaşmanın fazla olduğunu gösterir. Buradan da sıcaklığın ve şok dalgasının hızının fazla olduğu sonucu (örneğin kuramsal modellere göre eğer bu oran 35'ten büyük ise şok dalgasının hızı yaklaşık 120 km/s olarak tahmin edilir) çıkarılır. Bu çizginin zayıf olması ise soğumanın ve yeniden birleşmenin varlığına işaretir. Bu durumda şok dalgasının hızının az olması beklenir (Cox ve Raymond 1985, Hartigan vd 1987, Raymond vd 1988). Raymond (1979) tarafından verilen modele göre SNK'lerde şok dalgasının hızı  $50 \text{ km/s} \leq V_s \leq 200 \text{ km/s}$  ve şok öncesi bulut yoğunluğu  $n_e = 1-300 \text{ cm}^{-3}$  aralığındadır. Bu çalışmada elde edilen şok dalgasının hız değerleri ve şok öncesi bulut yoğunluğu değerleri bu modelin verdiği aralıktadır.

Yukarıda tek tek açıklanan bu oranlar ve Bölüm 2.5'te verilen ifadeler kullanılarak SN patlaması öncesi ve sonrası bazı fiziksel parametreler belirlenmiştir. Bunlar elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, şok öncesi bulut yoğunluğu, şok dalgasının hızı, ortamın renk artışı, yıldızlararası soğurma ve nötr hidrojen sütun yoğunluğu gibi önemli fiziksel parametrelerdir.

Tayfölcümünden elde edilen bu sonuçlar, modellerin öngördüğü değerlerle karşılaştırılmış ve Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu karşılaştırma yapılırken, SNK tayflarının 1. ve 2. bölgeleri için alınan değerlerin ortalaması göz önüne alınmıştır.

**Çizelge 4.6.** Tayfölçümü ile elde edilen değerlerin modeller ile karşılaştırılması

Parametreler	Gözlemsel Değerler			Model Değerler	Kaynak
	G59.5+0.1	G67.7+1.8	G84.9+0.5		
[SII] $\lambda$ 6716/6731	1,12	1,13	1,20	0,35-1,5	Frank vd 2002
$T_e$ (K)	63 500	28 000	45 500	$\sim 10^4$	Osterbrock 1989
$N_e$ (cm <sup>-3</sup> )	1117	597	606	$10^2$ - $10^4$	Osterbrock 1989
$V_s$ (km/s)	85	85	90	50-200	Raymond 1979
$n_e$ (cm <sup>-3</sup> )	34	21	17	1-300	Raymond 1979
E (erg)	$2,6 \times 10^{50}$	$16,3 \times 10^{50}$	$1,9 \times 10^{50}$	$10^{49}$ - $10^{52}$	Osterbrock 1989

Bu çizelgede, gözlemlerle elde edilen değerlerin, modellerin öngördüğü değerlerle uyum içinde olduğu görülmektedir.

Literatürde, SNK tayfları incelendiğinde, kalıntıların çoğunda H $\alpha$  salma çizgisinin baskın olduğu, yalnızca çok azında [OIII] çizgisinin baskın olduğu görülmektedir (Fesen vd 1997, Boumis vd 2002). Bu çalışmada elde edilen tayflarda da benzer durum görülmektedir. Dikkat edilirse aynı kalıntı da bile bu durum söz konusudur. G67.7+1.8'in 1.bölgesine ait tayfta H $\alpha$  çizgisi baskın iken, 2. bölgesine ait tayfta [OIII] 4363Å çizgisinin baskın olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 3.5.a ve Şekil 3.5.b). Bu kalıntının 2. bölgesine ait tayfta bu çizginin çok büyük çıkması nedeniyle elektron sıcaklığı, elektron yoğunluğu gibi bazı parametreler hesaplanamamıştır. G59.5+0.1 kalıntısının 1. ve 2. bölgesindeki tayflarda ise H $\alpha$  çizgisinin baskın olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 3.7.a ve Şekil 3.7.b). Aynı durum G84.9+0.5 kalıntısında da görülmektedir (Bkz. Şekil 3.9.a ve Şekil 3.9.b). Bunun nedeni SNK'lerin genişlediği ortamın homojen olmamasıdır. Dolayısıyla SNK'nin farklı bölgelerinde farklı süreçler işlemektedir. Bunun sonuçlarından biri de sıcaklığın değişik bölgelerde çok

farklılaşmasıdır. Bu nedenle bazı bölgelerde düşük iyonizasyon çizgileri oluşurken bazı bölgelerde yüksek iyonizasyon çizgileri baskın olur (Bkz. Çizelge 2.3).

SNK'lerin patlama enerjileri  $10^{49}$ - $10^{52}$  erg aralığındadır (Osterbrock 1989). Bu çalışmada elde edilen enerji değerleri bu aralıkta çıkmıştır. SNK'lerin patlama enerjileri birbirinden 1 merteye az ya da fazla olabilmektedir (Örneğin Crab için bu değer  $10^{49}$  erg iken, Cas A için  $10^{51}$  erg'in üzerindedir).

Bu çalışmada elde edilen önemli parametrelerden biri de nötr Hidrojen sütun yoğunluğudur. Her üç kalıntı için elde edilen N(HI) değerleri, SNK'lerin uzaklıklarının belirlenmesi için kullanılan önemli bir parametredir. Eğer kalıntının bulunduğu yönde bir yıldız öbeği varsa ve bu öbeğin ve kalıntının N(HI) değerleri biliniyorsa bu değerler karşılaştırılarak, kalıntının öbekten daha uzakta ya da daha yakında olduğu söylenebilir (Guseinov vd 2003). Böylece SNK'ler için önemli bir fiziksel parametre olan uzaklık tayini yapılabilir. Bu tez çalışmasında elde edilen N(HI) değerleri, bu yönde yapılacak çalışmalarda kullanılabilir.

O, Ne, Mg, Si ve Fe gibi elementler ancak çok genç kalıntıların tayflarında görülmektedir. Bu elementlerin bolluğuna göre SN patlamasının I.tür ya da II. tür olduğu belirlenmektedir (Bamba vd 2000). Bu çalışmada elde edilen tayflarda O, Ne, Mg, Si ve Fe çizgilerine rastlanmamıştır. Bu da gözlenen kalıntıların çok genç olmadığını göstermektedir (Dopita vd 1984, Park vd 2004).

SNK'ler son yıllarda, gözlenen pulsar (PSR) sayısının ve türünün artması nedeniyle daha çok önem kazanmıştır (Manchester vd 2005). Bu tez çalışmasında elde edilen parametreler SNK, PSR, SNK-PSR ilişkisi, yıldızlararası ortam ve yıldız evrimi çalışan araştırmacıların yararlandıkları önemli parametrelerdir. Örneğin; SNK-PSR bağlantısı araştırılırken, SNK'lerin genişledikleri ortamın elektron yoğunluğu (Ne), SN patlama enerjisi (E) ve şok dalgasının hızı ( $V_s$ ) gibi birçok fiziksel özelliği incelenmektedir. Kataloglarda optik gözlem verisi çok azdır (Green 2006). Bu çalışma ile yapılan optik gözlemler, bu boşluğun doldurulmasına katkıda bulunacaktır.

SNK'lerin optik bölgedeki gözlemleri Türkiye'de ilk kez bu çalışma ile başlatılmıştır. İncelenen 12 SNK'nin 3 tanesinden iyi sonuçlar elde edilmesi, 1.5 m'lik TUG teleskopları ile SNK'lerin gözlenebileceği konusunda bir işaret olmuştur. Ayrıca TFOSC'un yeni çalışmaya başladığı 2005 yılında alınmış 300 s'lik SNK tayflarında, beklenen çizgilerin net bir şekilde çıkması "sönük nesnelere" olarak bilinen SNK'lerin TFOSC ile gözlenebileceği sonucunu ortaya koymuştur.



## 6. KAYNAKLAR

- ALLER, L.H. 1984. Physics of thermal gaseous nebulae, D.Reidel Publishing Company, University of Queensland Press, Australia, 350 pp.
- ASLAN, Z., KIZILOĞLU, Ü., BIKMAEV, I., KESKİN, V., SELAM, S., KHAMITOV, I., KOÇAK, M., ÖZİŞİK, T., TUNCA, Z. 2004. TUG'da Son Gelişmeler, Ed. F.F.ÖZEREN ve İ. KÜÇÜK, XIV. Ulusal Astronomi Kongresi, Kayseri, 213-216.
- AYGÜN, E. ve ZENGİN, D.M. 1992. Atom ve Molekül Fiziği, Ankara Üniversitesi, Ankara, 259 ss.
- BAMBA, A., KOYAMA, K. and TOMIDA, H. 2000. Discovery of Non-Thermal X-Rays from the Shell of RCW 86. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 52: 1157-1163.
- BARBON, R., CIATTI, F. and ROSINO, L. 1979. Photometric properties of type II supernovae. *Astronomy and Astrophysics*, 72: 287-292.
- BHATTACHARYA, D. 1990. On the morphology of supernova remnants with pulsars. *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 11: 125-140.
- BLAIR, W.P. and LONG, K.S. 2004. An Optical Survey of Supernova Remnants in M83. *Astrophysical Journal Supplement*, 155: 101-121.
- BOUMIS, P., MAVROMATAKIS, F. and PALEOLOGOU, E.V. 2002. First optical light from the supernova remnant G 17.4-2.3. *Astronomy & Astrophysics*, 385: 1042-1048.
- BOUMIS, P., MAVROMATAKIS, F. XILOURIS, E. M., ALIKAKOS, J., EDMAN, M. P., GOUDIS, C. D. 2005. Deep optical observations of the supernova remnants G 126.2+1.6, G 59.8+1.2 and G 54.4-0.3. *Astronomy & Astrophysics*, 443: 175-183.
- BRANCH, D., FALK, S. W., UOMOTO, A. K., WILLS, B. J., MCCALL, M. L., RYBSKI, P. 1981. The type II supernova 1979c in M100 and the distance to the Virgo cluster. *Astrophysical Journal*, 244: 780-804.
- COX, D.P. 1972. Theoretical Structure and Spectrum of a Shock Wave in the Interstellar Medium: the Cygnus Loop. *Astrophysical Journal*, 178: 143-158.
- COX, D.P. and RAYMOND, J.C. 1985. Preionization-dependent families of radiative shock waves. *Astrophysical Journal*, 298: 651-659.
- DOPITA, M.A. 1979. Optical emission from shocks. V - The Magellanic Cloud supernova remnants. *Astrophysical Journal Supplement*, 40: 455-474.
- DOPITA, M.A., BINETTE, L., D'ODORICO, S. and BENVENUTI, P. 1984. Radiative shock wave theory. I. Chemical Abundance Diagnostics and Galactic Abundance Gradients. *Astrophysical Journal*, 276: 653-666.
- FESEN, R. A. and KIRSHNER, R. P. 1980. Spectrophotometry of the supernova remnant IC 443. *Astrophysical Journal*, 242: 1023-1040.
- FESEN, R. A., WINKLER, F., RATHORE, Y., DOWNES, R. A., WALLECE, D. 1997. Optical Imaging and Spectroscopy of the Galactic Supernova Remnants CTB 1 (G116.9+0.2), G116.5+1.1 and G114.3+0.3. *Astronomical Journal*, 113: 767-779.
- FRANK, J., KING, A. and RAINE, D. 2002. Accretion Power in Astrophysics, Cambridge University Press, Cambridge, 384 pp.

- GREEN, A.J., FRAIL, D.A., GOSS, W.M. and OTRUPCEK, R. 1997. Continuation of a survey of OH (1720 MHz) Maser Emission Towards Supernova Remnants. *Astronomical Journal*, 114: 2058-2067.
- GREEN, D.A., 2006. A Catalogue of galactic Supernova Remnants (2006 April). [Http://www.mrao.cam.ac.uk/surveys/snrs](http://www.mrao.cam.ac.uk/surveys/snrs).
- GUSEINOV, O.H., ANKAY, A. SEZER, A. and TAGIEVA, S.O. 2003. The relation between the surface brightness and the diameter for galactic supernova remnants. *Astronomical and Astrophysics Transactions*, 22: 273-300.
- HAMUY, M., WALKER, A.R., SUNTZEFF, N.B., GIGOUX, P., HEATHCOTE, R. and PHILLIPS, M.M. 1992. Southern Spectrophotometric Standards I, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 104: 533-552.
- HAMUY, M., SUNTZEFF, N.B., HEATHCOTE, R., WALKER, A.R., GIGOUX, P., and PHILLIPS, M.M. 1994. Southern Spectrophotometric Standards II, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 106: 566-589.
- HARTIGAN, P., RAYMOND, J., HARTMANN, L. 1987. Radiative bow shock models of Herbig-Haro objects. *Astrophysical Journal*, 316: 323-348.
- HESTER, J.J. 1987. A sheet description of the emission from middle-aged supernova remnants. *Astrophysical Journal*, 314: 187-202.
- KALER, J.B. 1976. A catalog of relative emission line intensities observed in planetary and diffuse nebulae. *Astrophysical Journal Supplement*, 31: 517-688.
- LANGER, N. and WOOSLEY, S. E. 1996. Supernovae and Their Progenitors. *ASP Conference Series*, 98: 220-231.
- LOCKMAN, F.J. 1989. A survey of radio H II regions in the northern sky. *Astrophysical Journal Supplement*, 71: 469-479.
- LORIMER, D.R., LYNE, A.G. and CAMILO, F. 1998. A search for pulsars in supernova remnants. *Astronomy & Astrophysics*, 331: 1002-1010.
- LYNE, G.A. and SMITH, G.F. 1998. Pulsar Astronomy, Cambridge University Press, Cambridge, 261 pp.
- MANCHESTER, R.N., HOBBS, G.B., TEOH, A. and HOBBS, M. 2005. The Australia Telescope National Facility Pulsar Catalogue. *Astronomical Journal*, 129: 1993-2006.
- MASSEY, P. 1997. A User's Guide to CCD Reductions with IRAF. [Http://iraf.noao.edu](http://iraf.noao.edu).
- MATHEWSON, D.S. and CLARKE, J.N. 1973. Supernova remnants in the Large Magellanic cloud. *Astrophysical Journal*, 180: 725-738.
- MATONICK, D.M., FESEN, R.A., BLAIR, W.P. and LONG, K.S. 1997. An Optical Search for Supernova Remnants in NGC 2403. *Astrophysical Journal Supplement*, 113: 333-352.
- MAVROMATAKIS, F., PAPAMASTORAKIS, J., VENTURA, J., BECKER, W., PALEOLOGOU, E. V. and SCHAUDEL, D. 2001. The supernova remnants G 67.7+1.8, G 31.5-0.6 and G 49.2-0.7. *Astronomy & Astrophysics*, 370: 265-272.
- MAVROMATAKIS, F., BOUMIS, P. and PALEOLOGOU, E.V. 2002a. Optical observations of the supernova remnant G 69.4+1.2. *Astronomy & Astrophysics*, 387: 635-641.
- MAVROMATAKIS, F., BOUMIS, P. and PALEOLOGOU, E. V. 2002b. Imaging and spectroscopy of the faint remnant G 114.3+0.3. *Astronomy & Astrophysics*, 383: 1011-1012.

- MAVROMATAKIS, F. 2003a. Deep optical observations of the supernova remnant G 78.2+2.1. *Astronomy & Astrophysics*, 408: 237-243.
- MAVROMATAKIS, F. 2003b. Optical line emission from the supernova remnant G 73.9+0.9. *Astronomy & Astrophysics*, 398: 153-158.
- MAVROMATAKIS, F., XILOURIS, E.M., BOUMIS, P. 2007. The optical properties of the G89.0+4.7 (HB 21) supernova remnant. *Astronomy & Astrophysics*, 461: 991-997.
- MAZA, J., and van den BERGH, S. 1976. Statistics of extragalactic supernovae. *Astrophysical Journal*, 204: 519-529.
- MCKEE, C. F. and COWIE, L. L. 1975. The interaction between the blast wave of a supernova remnant and interstellar clouds. *Astrophysical Journal*, 195: 715-725.
- NADYOZHIN, D.K. and IMSHENNIK, V.S. 2005. Physics of Supernovae. *International Journal of Modern Physics A*, 20: 6597-6611.
- OSTERBROCK, D.E. 1989. *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*, California University Press, California, 408 pp.
- ÖZDEMİR, S., GÜROL, B. ve DEMİRCAN, O. 2005. *Astronomi ve Astrofizik*, Asil Yayın Dağıtım LTD.ŞTİ., Ankara, 429 ss.
- PARK, S., HUGHES, J.P., SLANE, O.P., BURROWS, D.N., ROMING, P.W.A., NOUSEK, J.A. and GARMIRE, G.P. 2004. Nucleosynthesis in the Oxygen-Rich Supernova Remnant G292.0+1.8 from CHANDRA X-Ray Spectroscopy. *Astrophysical Journal*, 602: L33-L36.
- PARMAKSIZOĞLU, M., ASLAN, Z., BIKMAEV, I., GÜROL, B. 2006. TUG'da TFOSC ile tayf gözlemleri. Ed. H. GÜLSEÇEN, F. LİMBOZ ve A. F. TEKER, XV. Ulusal Astronomi Kongresi ve IV. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 1: 595-603.
- PREDEHL, P. and SCHMITT, J.H.M.M. 1995. X-raying the interstellar medium; ROSAT observations of dust scattering halos. *Astronomy & Astrophysics*, 293: 889-905.
- PRIALNIK, D. 2000. *An Introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge, 153 pp.
- RAYMOND, J.C. 1979. Shock waves in the interstellar medium. *Astrophysical Journal Supplement*, 39: 1-27.
- RAYMOND, J.C., HESTER, J. J., COX, D., BLAIR, W. P., FESEN, R. A., GULL, T. R. 1988. Spatial and spectral interpretation of a bright filament in the Cygnus Loop. *Astrophysical Journal*, 324: 869-892.
- SHULL, J.M. and MCKEE, C.F. 1979. Theoretical models of interstellar shocks. I - Radiative transfer and UV precursors. *Astrophysical Journal*, 227: 131-149.
- SMITH, R.C., KIRSHNER, R.P., BLAIR, W.P., LONG, K.S. and WINKLER, P.F. 1993. Optical emission-line properties of M33 supernova remnants. *Astrophysical Journal*, 407: 564-578.
- TAYLOR, A.R., WALLACE, B.J. and GOSS, W.M. 1992. New Galactic plane supernova remnants. *Astronomical Journal*, 103: 931-942.
- WOOSLEY, S. and WEAVER, T.A. 1986. The Physics of Supernova Explosions. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 24: 205-253.
- WOOSLEY, S. and JANKA, T. 2005. The physics of core-collapse supernovae. *Nature Physics*, 1: 147-154.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Aytap SEZER 1975 yılında Adana’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kars’ta tamamladı. 1993 yılında Akdeniz Üniversitesi Fizik Bölümü’nde başladığı lisans eğitimini 1997 yılında tamamladı.

1997 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans eğitimini 2000 yılında tamamladı. Aynı Anabilim Dalı’nda Ocak 2001 tarihinden bu yana doktora eğitimi görmekte ve araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.