



## Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

### WHAM H $\alpha$ Verileri Kullanılarak NGC 7822 (Sh2-171) HII Bölgesinin İncelenmesi

Muhittin ŞAHAN\*

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 80000, Osmaniye, Türkiye  
Muhittin ŞAHAN, ORCID No: 0000-0001-6716-8463

\*Sorumlu yazar e-posta: muhittinsahan@osmaniye.edu.tr

#### Makale Bilgileri

Geliş: 13.06.2022  
Kabul: 14.11.2022  
Online Nisan 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1129415

#### Anahtar Kelimeler

Fabry-Perot tayfölçeri,  
HII bölgeleri,  
NGC 7822 (Sh2-171)  
Sıcak iyonize ortam,  
Yıldızlararası ortam

**Öz:** Bu çalışmada, Wisconsin H-Alpha Mapper (WHAM) verileri kullanılarak NGC 7822 HII bölgesinin (Sh2-171, W1)  $4^{\circ} \times 4^{\circ}$  lik çevresinden ( $l=116^{\circ}.10 < l < 120^{\circ}.03$ ,  $3^{\circ}.39 < b < 6^{\circ}.79$ )  $1^{\circ}$  görüş alanlı on dokuz tane H $\alpha$  çizgi tayfının genel özellikleri araştırıldı. Elde edilen tayflar, HII bölgesindeki gazın I $_{H\alpha}$  şiddetleri,  $V_{LSR}$  hızları ve FWHM çizgi genişlikleri hakkında detaylı bilgiler vermektedir. H $\alpha$  yayını çizgilerinin I $_{H\alpha}$ ,  $V_{LSR}$  ve FWHM değerleri sırasıyla  $7.63 \pm 0.16 R$  ile  $130.78 \pm 3.8 R$  (ortalama  $37.24 \pm 0.99 R$ ,  $EM=17.08 \pm 0.35 - 292.90 \pm 8.51 cm^{-6} pc$ ),  $-13.78 \pm 0.31 km/s$  ile  $-6.73 \pm 0.39 km/s$  (ortalama  $-10.53 \pm 0.21 km/s$ ) ve  $29.67 \pm 1.16 km/s$  ile  $37.27 \pm 0.21 km/s$  (ortalama  $32.83 \pm 0.66 km/s$ ) arasında değişmektedir.  $V_{LSR}$  ve FWHM değerlerini literatür verileriyle karşılaştırdık ve değerlerin iyi bir uyum içinde olduğunu belirledik. Ayrıca, APER ve SKY kodlarını kullanarak WHAM-SS haritasından elde edilen parlaklık değerlerini VTSS ve SHASSA haritalarının parlaklık değerleri ile karşılaştırdık. WHAM-SS haritasından (ortalama:  $35.02 \pm 0.14 R$ ) elde edilen parlaklık değerlerinin VTSS (ortalama:  $34.21 \pm 0.12 R$ ) ve SHASSA (ortalama:  $36.25 \pm 0.01 R$ ) haritalarından elde edilen değerlere yaklaşık olarak benzer olduğu bulunmuştur.

### Investigation of NGC 7822 (Sh2-171) HII Region Using WHAM H $\alpha$ Data

#### Article Info

Received: 13.06.2022  
Accepted: 14.11.2022  
Online April 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1129415

#### Keywords

Fabry-Perot spectrometer,  
H II regions,  
Interstellar medium,  
NGC 7822 (Sh2-171)  
Warm ionized medium

**Abstract:** In this study, we probe the general properties of nineteen H $\alpha$  emission line spectra with a  $1^{\circ}$  field of view from a  $4^{\circ} \times 4^{\circ}$  region ( $l=116^{\circ}.1 < l < 120^{\circ}.03$ ,  $3^{\circ}.39 < b < 6^{\circ}.79$ ) around NGC 7822 (Sh2-171, W1) HII region using the Wisconsin H-Alpha Mapper (WHAM) data. The spectra provide detailed information about the I $_{H\alpha}$  intensities,  $V_{LSR}$  velocities and FWHM line widths of the gas surrounding the HII region. The values of I $_{H\alpha}$ ,  $V_{LSR}$  and FWHM of the H $\alpha$  emission lines in range from  $7.63 \pm 0.16 R$  to  $130.78 \pm 3.8 R$  (mean  $37.24 \pm 0.99 R$ ,  $EM=17.08 \pm 0.35 - 292.90 \pm 8.51 cm^{-6} pc$ ), from  $-13.78 \pm 0.31 km/s$  to  $-6.73 \pm 0.39 km/s$  (mean  $-10.53 \pm 0.21 km/s$ ) and from  $29.67 \pm 1.16 km/s$  to  $37.27 \pm 0.21 km/s$  (mean  $32.83 \pm 0.66 km/s$ ), respectively. We compared the values of  $V_{LSR}$  and FWHM with the literature data and found that the values are in good agreement. We also compared the intensity obtained from the WHAM-SS map with that of the VTSS and SHASSA maps using APER and SKY codes. The intensities extracted from the WHAM-SS map (mean:  $35.02 \pm 0.14 R$ ) were approximately found to be similar to those from the VTSS (mean:  $34.21 \pm 0.12 R$ ) and SHASSA (mean:  $36.25 \pm 0.01 R$ ) maps.

## 1. Giriş

Samanyolu Galaksisi, merkezinden itibaren yaklaşık 8.5 *kpc*'lik ( $1pc=3.086 \times 10^{13} km$ ) bir disk içinde Güneş ile birlikte yaklaşık yüz milyar yıldız içermektedir. Galaksimizin yıldızlararası ortamı gaz (~%99) ve tozlardan (~%1) oluşmaktadır. Yıldızlararası ortam çoğunlukla hidrojen (H) (sayısal olarak %91), helyum (He) (~%9) ve eser miktarlarda (%0.1) ağır elementlerden (C, Si, Fe gibi) oluşmakta ve bu ortam yıldızların doğumundan ölümüne kadar Galaktik evrim döngüsünde hayati bir rol oynamaktadır (Ferriere, 2001; Haffner ve ark., 2009). Galaktik disk ya da Galaktik orta düzlem boyunca yerleşen yıldızlararası hidrojen, soğuk, karanlık moleküler gaz (H<sub>2</sub>), yayılı durumdaki sıcak nötr, atomik gaz (H<sub>0</sub>) ve iyonize gaz (H<sup>+</sup>) olmak üzere 3 bileşene ayrılmaktadır. Samanyolu Galaksimizin yıldızlararası ortamındaki en büyük bileşen olarak kabul edilen iyonize gaz (H<sup>+</sup>), sıcak ( $10^4 K$ ) ve çok sıcak ( $10^6 K$ ) olmak üzere iki ana bileşene ayrılmıştır (Ferrière, 2001).

O ve B tipi genç ve sıcak yıldızlar tarafından yıldızlararası ortama enjekte edilen yüksek enerjili fotonların büyük bir kısmı bu yıldızların çevresindeki hidrojen gazını iyonlaştırır ve klasik HII bölgeleri (Strömgren küreleri) olarak adlandırılan iyonize olmuş hidrojen bölgelerini oluştururlar (Strömgren, 1939; Reynolds, 1997). Yapılan gözlemler, iyonize gazın büyük çoğunluğunun (>%90) sıcak ve O ve B tipi yıldızlardan oldukça uzakta sıcak ( $T \sim 10^4 K$ ), düşük elektron yoğunluklu ( $n_e \sim 0.01 - 0.1 cm^{-3}$ ) ve tamamı iyonlaşmış bölgelerde bulunduğunu göstermiştir. Klasik HII bölgelerinin dışındaki önemli iyonize gazların varlığı ilk olarak Hoyle & Ellis (1963) tarafından önerilmiştir. WIM (Warm Ionized Medium) ya da DIG (Diffuse Ionized Gas) olarak adlandırılan bu iyonize hidrojen bölgeleri Galaktik orta düzlemde ölçülen  $\sim 1 kpc$  yükseklik ölçeğine sahiptir (Reynolds, 1984, 1989, 1992 ve 1997; Haffner ve ark., 2009). Gazın kaynağının ne olduğu henüz tam olarak bilinmiyor. Gazın fiziksel durumu üzerine yapılan araştırmalar, olası ışıma mekanizmasının anlaşılmasında önemli ipuçları vermektedir. Sıcak iyonize olmuş ortamı ısıtan olası kaynaklar; sıcak yıldızlar, kozmik ışınlar, yıldızlararası türbülanslar, küçük parçacıklardan ortaya çıkan fotoelektrik ışımlarını içermektedir. Son yıllarda yapılan optik yayının çizgi gözlemleri sonucu, WIM ortam sıcaklığının 8000K ile 12000K arasında değiştiği, iyonizasyon kesrinin (H<sup>+</sup>/H) %90'dan daha fazla olduğu, Güneş civarında ve Kahraman (Perseus) Kolunda  $\sim 1 kpc$ 'lik skala yüksekliğine sahip olduğu ve  $0.01 cm^{-3}$  ile  $0.1 cm^{-3}$  arasında tipik yerel elektron yoğunluğuna sahip olduğu görülmüştür (Reynolds ve ark., 1973 ve 1974; Reynolds, 1989; Haffner ve ark., 2009, 2010).

Yıldızlararası ortamın pek çok bileşenin anlaşılmasında önemli aşamalar kaydedilmesine rağmen, bileşenlerin birbirleriyle etkileşimleri ve davranışlarının nasıl olduğu hala tam olarak bilinmemektedir.

Bu çalışmada, sırasıyla, WHAM tayföçeri ve WHAM projesi hakkında kısaca bilgi verildikten sonra, WHAM-SS (WHAM Sky Survey) haritasından seçilen yaklaşık 3°'lik açısal genişliğindeki NGC 7822 (Sh2-171, W1, G118.1+5.0) HII bölgesinin H $\alpha$  tayfları incelenmiş ve bölgenin hızı, yarı genişliği, parlaklığı, Galaktik düzleme uzaklığı, açısal çapı, yarıçapı, Lyman süreklilik akısı, ortalama elektron yoğunluğu gibi bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Sharpless (1959) kataloğunda Sh2-171 olarak adlandırılan HII bölgesi, kuzey yarım kürede bulunan Kral takımyıldızında (Cepheus) yer alan bir yayılım bulutsusudur. Yaklaşık 3°'lik (Sharpless, 1959; Blitz ve ark., 1982) bir açısal genişliğe sahip bulutsu içerisinde Berkeley 59 (Be 59/Cep OB4) genç yıldız kümesi bulundurmakta ve civardaki gaz bu yıldız kümesi ile iyonize edilmektedir (Yang & Fukui, 1992). Küme içerisinde Güneş'in 1 *kpc*'lik çevresinde keşfedilen en sıcak ( $4.5 \times 10^4 K$ ) ve O5.5V spektral tayfa sahip olan BD+66 1673 (V\* V747 Cep) yıldızının ( $l=118^\circ.2$ ,  $b=5^\circ.1$ ; Gaia DR2 528594342521399168, V\* V747 Cep) görünür parlaklığı ve sönümlenme faktörü sırasıyla  $V=10^m.07 \pm 0.04$  ve  $E(B-V)=1^m.30 \pm 0.03$ 'dir (Majaess ve ark., 2008). Berkeley 59'in üyelerinin tayfsal gözlem ve BV fotometrik analizlerinden kümenin yaklaşık 2Myr yaşında,  $d=883 \pm 43 pc$  uzaklıkta ve kızarma değerinin (reddening)  $E(B-V)=1.38 \pm 0.02$  olduğu tespit edilmiştir (MacConnell, 1968; Majaess ve ark., 2008). Bu mesafe aynı zamanda yaklaşık olarak HII bölgesinin uzaklığı olarak kabul edilmektedir. Gahm ve ark. (2022), 20m'lik OSO (Orbiting Solar Observatory) Teleskobu ile 110.201 GHz'de alınan <sup>13</sup>CO (J=1-0) tayfları kullanarak Be59 genç yıldız kümesini çevreleyen Sh2-171 HII bölgesindeki (galaktik koordinatlar  $l^II=118^\circ.2$ ;  $b^II=5^\circ.0$ ) 27 yıldızın kinematikini araştırmışlar ve kümenin radyal hızlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu verilerden, kümeye göre kabuktaki farklı bulut parçalarının genişleme hızlarını belirlemişlerdir. Kümenin merkezinin ortalama LSR (Local Standart of Rest: yerel durağan standart) hızını  $-9.5 km/s$  (heliocentric hızı  $-18.75 km/s$ ) olarak elde etmişlerdir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Samanyolu Gökadasındaki sıcak iyonize olmuş hidrojen bölgelerinin sıcaklığı, elektron yoğunluğu, hızı, parlaklığı gibi bazı fiziksel özelliklerini detaylı olarak araştırmak ve galaktik H $\alpha$  ( $\lambda=6563 \text{ \AA}$ ) haritasını hazırlamak amacıyla Wisconsin Üniversitesi'ndeki araştırmacılar tarafından WHAM (Wisconsin Hydrogen Alpha Mapper) olarak adlandırılan bir Fabry-Perot tayfölçeri geliştirilmiştir. 15 cm çaplı, çift etalonlu WHAM tayfölçeri 200 km/s (4.4  $\text{\AA}$ ) tayf aralığında 12 km/s (0.26  $\text{\AA}$ ) tayfsal ayırma gücüne ( $R\sim 25.000$ ) sahiptir. Tayfölçer, iki düz ayna ve bir tane 0.6 m çaplı ve 8.6 m odak uzaklıklı mercekten oluşan siderostat ile birlikte kullanılmaktadır. 200 km/s' lik tayf aralığında görünür bölgede 4800  $\text{\AA}$  ile 7300  $\text{\AA}$  arasındaki bütün dalga boylarını tarayarak ölçümler yapılabilmektedir.

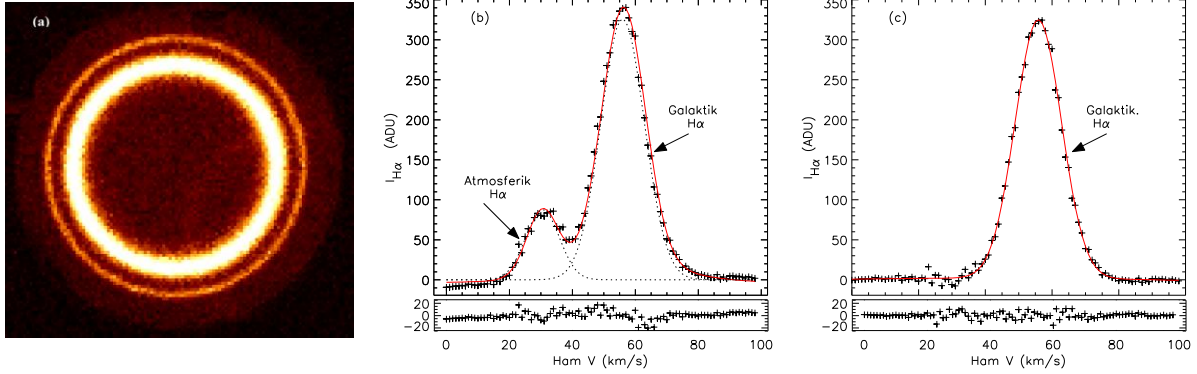
WHAM projesi, iki önemli görevi için tasarlanmıştır. Birinci görevini gerçekleştirmek amacıyla, tayfölçer 1997 yılında Kitt Peak Ulusal Gözlemevi'ne (Arizona, ABD) yerleştirilmiş ve gökadamızın kuzey yarım küresinin ( $\delta > -30^\circ$ )  $1^\circ$  açısal çözünürlükte, 30 s'lik poz süresi ile 37000'den fazla H $\alpha$  tayfını alarak tayf analizlerini tamamlamış ve Gökadamızın kuzey yarım küresinin H $\alpha$  haritasını (WHAM-NSS: Wisconsin Hydrogen Alpha Mapper North Sky Survey) hazırlamıştır. Galaksimizde gözlenen değişik iyonize olmuş hidrojen bölgelerinin sıcaklık ve hızlarının belirlenmesi amacıyla, H $\alpha$ 'dan başka 60 s'lik poz süreleriyle [SII]  $\lambda 6716$ , [NII]  $\lambda 6584$ , [NII]  $\lambda 5755$ , [HeI]  $\lambda 5876$ , [OI]  $\lambda 6300$ , [OIII]  $\lambda 5007$  gibi oldukça zayıf optik yayınım çizgilerini ölçmek için dizayn edilmiştir (Tuftte, 1997; Haffner ve ark., 2003 ve 2009). WHAM tayfölçeri Kitt Peak'te görevini başarıyla tamamladıktan sonra, ikinci önemli görevini tamamlamak üzere 2009 yılında CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory, Cerro Tololo, Şili) gözlemine taşınmış ve kuzey yarım küreden görülemeyen Galaksinin kalan kısmını da ( $\delta < -30^\circ$ ) ölçerek tüm gökyüzü ölçümlerini tamamlamıştır (Haffner ve ark., 2010). Böylece, proje tamamlandığında 12 km/s hız çözünürlüğü ile  $\pm 100 \text{ km/s}$  tayf aralığında tüm gökyüzünü kapsayan yaklaşık 49640 adet tayfı içeren bir kinematik WHAM Sky Survey (WHAM-SS) haritası hazırlanmış (Şekil 2a) ve böylece Galaksimizde bilinmeyen pek çok yapı hakkında bilgi edinilmesini sağlamıştır (Haffner ve ark., 2010).

H $\alpha$  tayflarının parlaklık kalibrasyonu için North American Nebulası'ndan (NAN:  $l=85^\circ.59$ ,  $b=-0^\circ.71$ ;  $\alpha=20^{\text{sa}}57^{\text{dk}}59^{\text{sn}}$ ,  $\delta=+44^\circ34'50''$ ) alınan pozlar kullanılmıştır. NAN nebulasının bu koordinatlarından alınan yüzey parlaklığının şiddeti ( $I_{H\alpha}$ ) H $\alpha$ 'da  $800\pm 50 \text{ R}$ 'dir. Bu değer WHAM için 30 s'lik poz sürelerinde alınan H $\alpha$  tayfında  $1\text{R}\sim 684 \text{ ADU}$  (Arbitrary Data Unit) birimine karşılık gelmektedir. Bu nedenle veriler analiz edilirken ADU biriminde elde edilen H $\alpha$  tayflarını Rayleigh (R) birimine çevirmek için her bir tayf  $30\times 22.8$  değerine bölünmektedir (Haffner ve ark., 2003). Alınan tayfların hız kalibrasyonları için de parlak ve dar yayınım çizgisine sahip olan HII bölgelerinden elde edilen ve bu HII bölgelerinin her birinden gelen yayınım çizgileri, LSR hızla göre aynı hızda olduğu varsayımına dayanmaktadır.

WHAM ile elde edilen 30 s poz süresinde alınan örnek H $\alpha$  verisi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1a'da, ham CCD görüntü verilmiştir. WHAM tayfölçeri ile elde edilen tüm tayflar Galaktik ve atmosferik (geocoronal) tayfların birleşiminden oluşmaktadır. CCD görüntüsündeki ayrık durumda olan daha dıştaki dar ve daha içteki geniş halkalar sırasıyla atmosferik ve Galaktik H $\alpha$  tayflarını temsil etmektedir. Geocoronal Balmer  $\alpha$  çizgisi güneşten gelen Lyman  $\beta$  ( $Ly\beta$ ) ışınımlarıyla dünyanın üst atmosferinde nötr hidrojenin uyarılması sonucu ortaya çıkmaktadır (Haffner ve ark., 2003; Mierkiewicz ve ark., 2006; Nossal ve ark., 2006; Şahan & Haffner, 2016). WHAM tayfölçeri ile gözlem yapılırken, Galaktik ve atmosferik çizgiler arasındaki karışıklıktan dolayı oluşacak hataları en aza indirmek için dünyanın yörüngesel hızının ölçüm yönlerinde LSR'a göre atmosferde yaklaşık  $-28 \text{ km/s}$  ile  $-41 \text{ km/s}$  hızlarına kayık olduğu zamanlarda ölçümlerini yapılmaktadır (Reynolds ve ark., 1990).

Şekil 1a'da verilen ham CCD görüntüsüne halka toplama tekniği (Coakley ve ark., 1996) uygulanarak iki boyutlu tayfa dönüştürülmüştür (Şekil 1b). Şekil 1b'de görüldüğü gibi sol taraftaki daha sönük atmosferik tayf ve sağ taraftaki daha parlak Galaktik tayfın ayrık olduğu açıkça görülmektedir. Tayftaki yatay eksen hız skalasında ( $\text{km/s}$ ) keyfi değerde iken düşey eksen ADU biriminde H $\alpha$  şiddetini ( $I_{H\alpha}$ ) ifade etmektedir. Atmosferik çizginin konumu geocentric (yer merkezli) referans çerçevesine göre sabittir. Atmosferik çizgilerin yarı genişlikleri Galaktik çizgilerin %10'unu geçmemektedir (Haffner ve ark., 1999). Bu tayfa Gauss eğrisi uyumlandırılarak atmosferik ve Galaktik çizgilerin yerleri, şiddetleri ve yarı genişlikleri belirlenir ve sistematik bir yöntem izlenerek her tayftan atmosferik ışınımlar tek tek

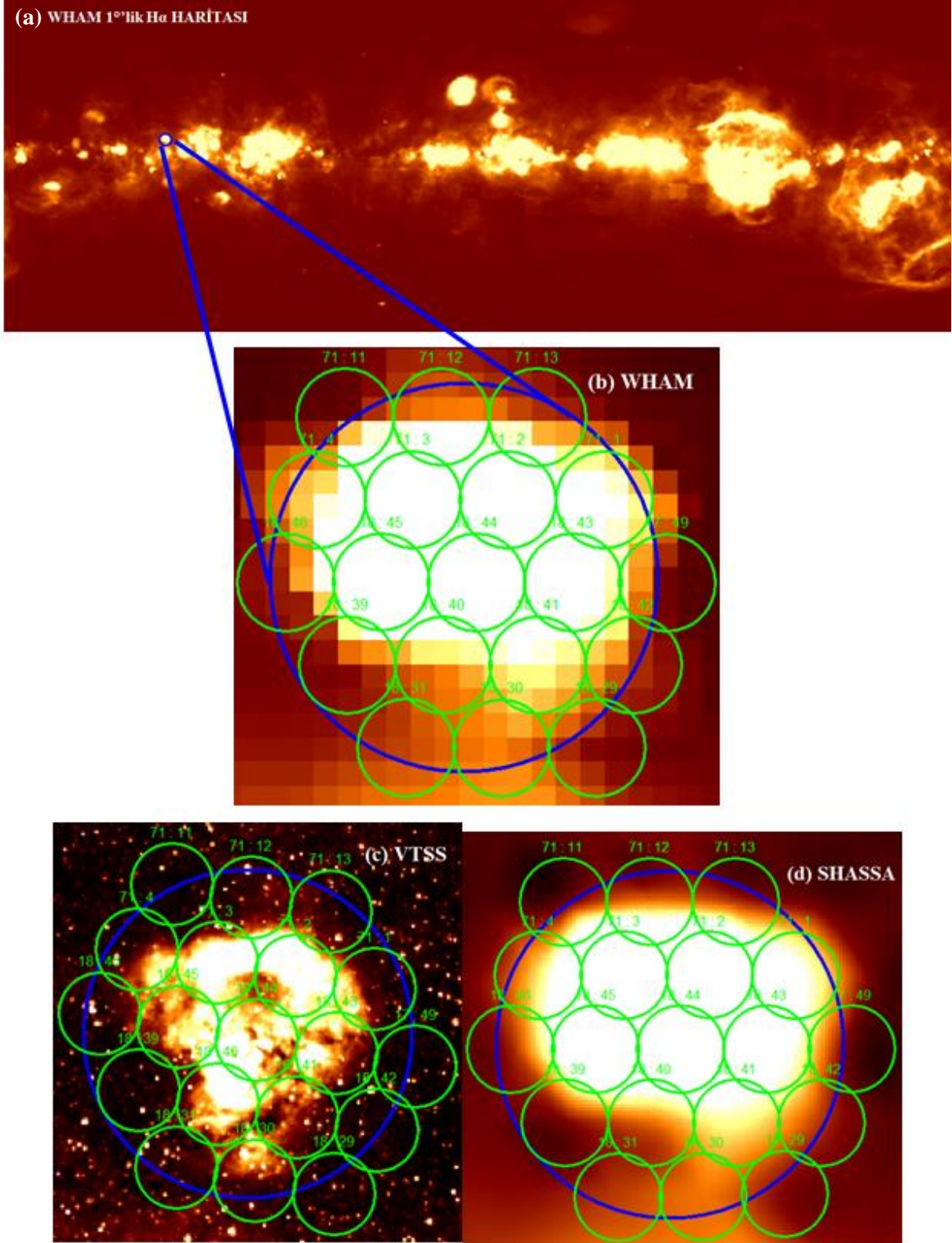
çıkartılır (Haffner ve ark., 2003). Atmosferik çizginin yeri ve şiddeti sırasıyla yaklaşık 30.51 km/s ve 87.64 ADU iken Galaktik çizginin yeri ve şiddeti ise 55.95 km/s ve 326.22 ADU değerindedir. Atmosferik ve Galaktik çizgiler arasındaki fark 25.44 km/s kadardır. Yıldızlararası ortamdan gelen Galaktik H $\alpha$  tayflarını elde etmek için Galaktik tayfları etkileyen atmosferik H $\alpha$  tayflarının toplam tayftan çıkartılması gerekmektedir. Şekil 1b’de görülen atmosferik tayf toplam tayftan çıkartıldıktan sonra elde edilen Galaktik H $\alpha$  ışınım tayfı Şekil 1c’de verilmiştir. Böylece, analizleri yapılan tüm tayflar sadece Galaktik tayflardan oluşmaktadır. Bu tayflar incelenen Galaktik kaynak hakkında detaylı bilgiler içermektedir (Haffner ve ark., 2003).



Şekil 1. a) Örnek WHAM verisi: (a) 1°'lik ham CCD görüntüsü. (b) Halka toplama tekniği kullanılarak elde edilen Galaktik ve atmosferik tayflar, (c) atmosferik çizginin tayftan atılması sonucu ortaya çıkan Galaktik H $\alpha$  ışınım çizgisi.

NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesini çalışmak için WHAM-SS haritasından (wham-ss-DR1-v161116-170912-int-grid.fits) seçilen  $l=116.12^\circ$  ile  $l=120.12^\circ$ ,  $b=+3.02^\circ$  ile  $b=7.02^\circ$  'lik (merkezi  $l=118.12, b=05^\circ.02$ ) Galaktik koordinatlara sahip yaklaşık  $4^\circ \times 4^\circ$  'lik bir bölgedeki toplam 19 adet 1°'lik H $\alpha$  verilerinin analizleri yapılmıştır (Şekil 2a) (Haffner ve ark., 2003, 2009). Yukarıda belirtildiği gibi, WHAM-SS haritası her biri 30 s'lik poz sürelerinde alınan 1°'lik görüş alanlı yaklaşık 49640 H $\alpha$  tayfının birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Haritayı oluşturan tayfların parlaklık değerleri Rayleigh birimindedir (H $\alpha$ 'da ve yaklaşık  $T=8000 K$ 'de  $1 R=10^6/4\pi \text{ foton/cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}=2.4 \times 10^{-7} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ ;  $\sim 2.25 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$ ). Şekil 2a'da verilen WHAM-SS haritası üzerinde NGC 7822 HII bölgesi mavi halka ile gösterilmiştir. Haritadan seçilen HII bölgesinin yaklaşık 4°'lik büyültülmüş alanı Şekil 2b'de verilmiştir. Şekil 2b'de harita üzerinde yaklaşık 4°'lik alanı kapsayan mavi halka içerisinde işaretlenmiş 19 adet farklı koordinatlı yeşil halkalar 1°'lik açısal çapa sahip H $\alpha$  tayflarını göstermektedir. WHAM verileri her birinin genişliği yaklaşık  $7^\circ \times 7^\circ$  olan bloklardan oluşmaktadır. Her blok, "Pointing" olarak adlandırılan yaklaşık 49 adet 1°'lik açısal çaplı tayflar içermektedir. Şekil 2b'de görüldüğü gibi yeşil halkalar üzerinde "Blok" ve "Pointing" numaraları belirtilmiştir. Seçilen Sh2-171 HII bölgesi toplam 3 bloktaki (Blok No: 17, 18 ve 71) tayflardan oluşmaktadır. Buna göre, Blok 17'de 1 adet, Blok 18'de 11 adet ve Blok 71'de ise 7 olmak üzere toplam 19 tane H $\alpha$  verisinden oluşmaktadır.

NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinden elde edilen 1°'lik WHAM verilerinin H $\alpha$  parlaklık değerlerini karşılaştırmak için Rayleigh (R) birimindeki VTSS (The Virginia Tech Spectral-Line Survey) (Dennison ve ark., 1998) (Şekil 2c) ve SHASSA (The Southern H-Alpha Sky Survey Atlas)'den (Gaustad ve ark., 2001) (Şekil 2d) elde edilen haritalar (FITS formatında) kullanılmıştır. NGC 7822 HII bölgesini çevreleyen yaklaşık 4°'lik bir alanı temsil eden VTSS (Şekil 2c) ve SHASSA (Şekil 2d) H $\alpha$  görüntüleri WHAM haritasında işaretlenen bölgelere benzer şekilde 19 tane yeşil halkalar ile temsil edilmişlerdir. SHASSA haritası, Galaksimizin güney yarımküresindeki ( $\delta = +15^\circ$  ila  $-90^\circ$ ) sıcak iyonize yıldızlararası gazdan gelen H $\alpha$  yayınının her biri 0.8' açısal çözünürlüğe sahip olan toplam 542 tane  $13^\circ \times 13^\circ$  (1014x998 pixel) alanlı bölgesinden oluşan geniş alanlı bir haritadır.



Şekil 2. a) Gökadamızın yaklaşık 49640 tayftan oluşan 1°'lik görüş alanlı H $\alpha$  haritası (WHAM-SS). NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin b) WHAM c) VTSS ve d) SHASSA haritaları. Haritalar üzerindeki yeşil halkalar 1°'lik açısal çap olarak işaretlenmiş 19 farklı koordinatın H $\alpha$  tayflarını ve mavi halkalar ise yaklaşık 4°'lik alanı göstermektedir.

Gözlemler, Şili'deki Cerro Tololo Inter-Amerikan Gözlemevi'nde (CTIO) çalışan robotik bir kamerayla alınmıştır (Gaustad ve ark., 2001). Virginia Politeknik Enstitüsü'nde yürütülen VTSS

(Virginia Tech Spectral-Line Survey) projesi, SHASSA projesine benzer kuzey yarımküre ( $\delta > -15^\circ$ ) için hazırlanmış olan ve her biri  $10''$ 'lik geniş görüş alanına sahip görüntülerden oluşmaktadır (Dennison ve ark., 1998). Güney yarım kürenin SHASSA haritası ile kuzey yarımkürenin VTSS haritasının birleştirilerek yaklaşık  $3''$ 'lik çözünürlüklü, tüm gökyüzünü kapsayan bir H $\alpha$  mozaigini oluşturan bir harita hazırlanmıştır. Kuzey ve güney yarım küreleri kapsayan  $1^\circ$ 'lik alanlı WHAM H $\alpha$  haritası SHASSA ve VTSS haritalarına göre daha yüksek hassasiyete ve daha düşük açılal çözünürlüğe sahiptir.

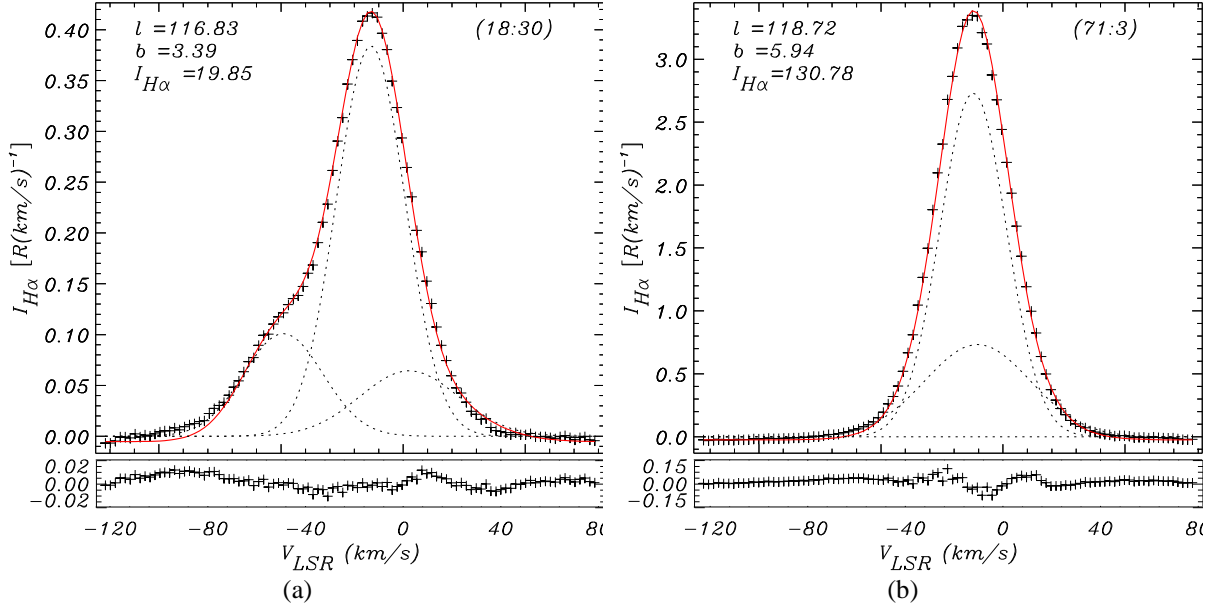
### 3. Bulgular

Bu çalışmada,  $1^\circ$ 'lik görüş alanına sahip WHAM tayf ölçeri ile hazırlanan WHAM-SS haritasından seçilen ve merkezi koordinatları  $l=118^\circ.12$ ,  $b=05^\circ.02$  ( $ra_{2000}=00^{\text{sa}}01^{\text{dk}}08^{\text{sn}}.60$ ,  $\delta_{2000}=+67^\circ25'16''.67$ ) olan NGC 7822 HII bölgesinin civarındaki  $4^\circ \times 4^\circ$ 'lik bir bölgenin H $\alpha$  tayfları incelenmiş ve HII bölgesi hakkında hızı, yarı genişliği, parlaklığı, Galaktik düzleme uzaklığı, açılal çapı, yarıçapı, Lyman süreklilik akısı, ortalama elektron yoğunluğu gibi bazı fiziksel çalışmalar yapılmıştır. Şekil 2b'de NGC 7822 HII bölgesinden işaretlenen 19 tane farklı koordinatta bölgenin tayflarını elde etmek için WHAM projesinin web sayfasından WHAM Kinematic Survey FITS dosyaları “whamssfits.fits” ve “wham-ss-DR1-v161116-170912.fits” alınmıştır (WHAM-SS, 2022). FITS dosyalarında bulunan Galaktik koordinatları (GALLON, GALLAT), VLSR hızları, tayf değerleri (DATA) gibi gerekli tüm veriler IDL'de okutulmuş ve gerekli tayf çalışmaları yapılmıştır (Haffner ve ark., 2003). İki boyutlu tayflardan elde edilen sonuçlar Çizelge 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Çizelge 1'de, birinci ve ikinci sütunda sırasıyla incelenen bölgelerin Galaktik koordinatları ( $l, b$ ) ve bu verilerin bulunduğu “Blok” ve “Pointing” numaraları verilmiştir. Son dört sütunda her bir tayf için sırasıyla tayfların  $km/s$  biriminde tayfların merkezlerini ( $V_{LSR}$ ), FWHM (Full Width Half Maximum) değerleri  $km/s$  biriminde tayfların yarı genişliklerini,  $I_{H\alpha}$  değerleri Rayleigh (R) biriminde tayfların parlaklık değerlerini ve EM değerleri ise  $I_{H\alpha}$  değerlerine bağlı olarak değişen  $cm^{-6}pc$  birimindeki yayınım ölçüsü değerlerini göstermektedir.

Şekil 2 ve Çizelge 1'de verilen NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin iki farklı doğrultusundan alınan sönük ( $l=117^\circ.72$ ,  $b=5^\circ.94$ ) ve parlak ( $l=116^\circ.83$ ,  $b=3^\circ.39$ ) tayfları sırasıyla Şekil 3a ve Şekil 3b'de verilmiştir. Tayflar  $V_{LSR}$  hızlarına ( $km/s$ ) göre şiddet [ $R/(km/s)$ ] olarak çizilmiştir. Tayfların sol üst köşelerinde tayfların koordinatları ve  $I_{H\alpha}$  değerler ve sağ köşelerinde ise Blok” ve “Pointing” numaraları verilmiştir. Şekil 3a'da sönük tayf (Blok&Pointing No=18:30), toplam üç tane tayfın birleşiminden oluşmuştur. Çizgilerin LSR'a göre hızları  $-49.05 \pm 1.38 km/s$ ,  $-13.24 \pm 0.19 km/s$  ve  $2.46 \pm 0.27 km/s$  ve yarı genişlikleri (FWHM)  $38.26 \pm 0.98 km/s$ ,  $33.18 \pm 0.48 km/s$  ve  $47.56 \pm 1.78 km/s$  ve genlikleri ise  $0.10 \pm 0.04 [R/(km/s)]$ ,  $0.38 \pm 0.08 [R/(km/s)]$  ve  $0.06 \pm 0.04 [R/(km/s)]$  olarak elde edilmiştir. Çizelge 1'de verilen  $V_{LSR}$  ve FWHM değerleri sadece merkezdeki en parlak çizgiye ait olan değerlerdir. Bu tayfların toplamı  $I_{H\alpha}$  değerler ve buna bağlı olarak EM değerleri ise Çizelge 1'de de verildiği gibi sırasıyla  $19.85 \pm 0.29 R$  ve  $44.46 \pm 0.64 cm^{-6}pc$  olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, Şekil 3b'da parlak tayf (Blok&Pointing No=71:3), bir tane çok parlak ve bir tane de zayıf olmak üzere iki tane toplam tayfın birleşiminden oluşmuştur. Çizgilerin LSR'a göre hızları  $-12.19 \pm 0.14 km/s$  ve  $-10.40 \pm 0.86 km/s$  ve yarı genişlikleri (FWHM)  $32.10 \pm 0.48 km/s$  ve  $50.94 \pm 0.28 km/s$  ve genlikleri ise  $2.70 \pm 0.29 [R/(km/s)]$  ve  $0.73 \pm 0.23 [R/(km/s)]$  olarak elde edilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi bu tayfların toplam  $I_{H\alpha}$  ve EM değerleri sırasıyla  $130.78 \pm 3.8 R$  ve  $292.90 \pm 8.51 cm^{-6}pc$  olarak hesaplanmıştır.

Şekil 2b'de verilen NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinden elde edilen diğer 17 tane tayf Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 3'de belirtildiği gibi her tayf için sol üst köşelerinde tayfların Galaktik koordinatları ( $l, b$ ) ve  $I_{H\alpha}$  değerler ve sağ köşelerinde ise Blok” ve “Pointing” numaraları verilmiştir. Bu tayfların LSR hızları ( $V_{LSR}$ ), yarı genişlikleri (FWHM), parlaklıkları ( $I_{H\alpha}$ ), emisyon ölçüm değerleri (EM) Çizelge 1'de verilmiştir.

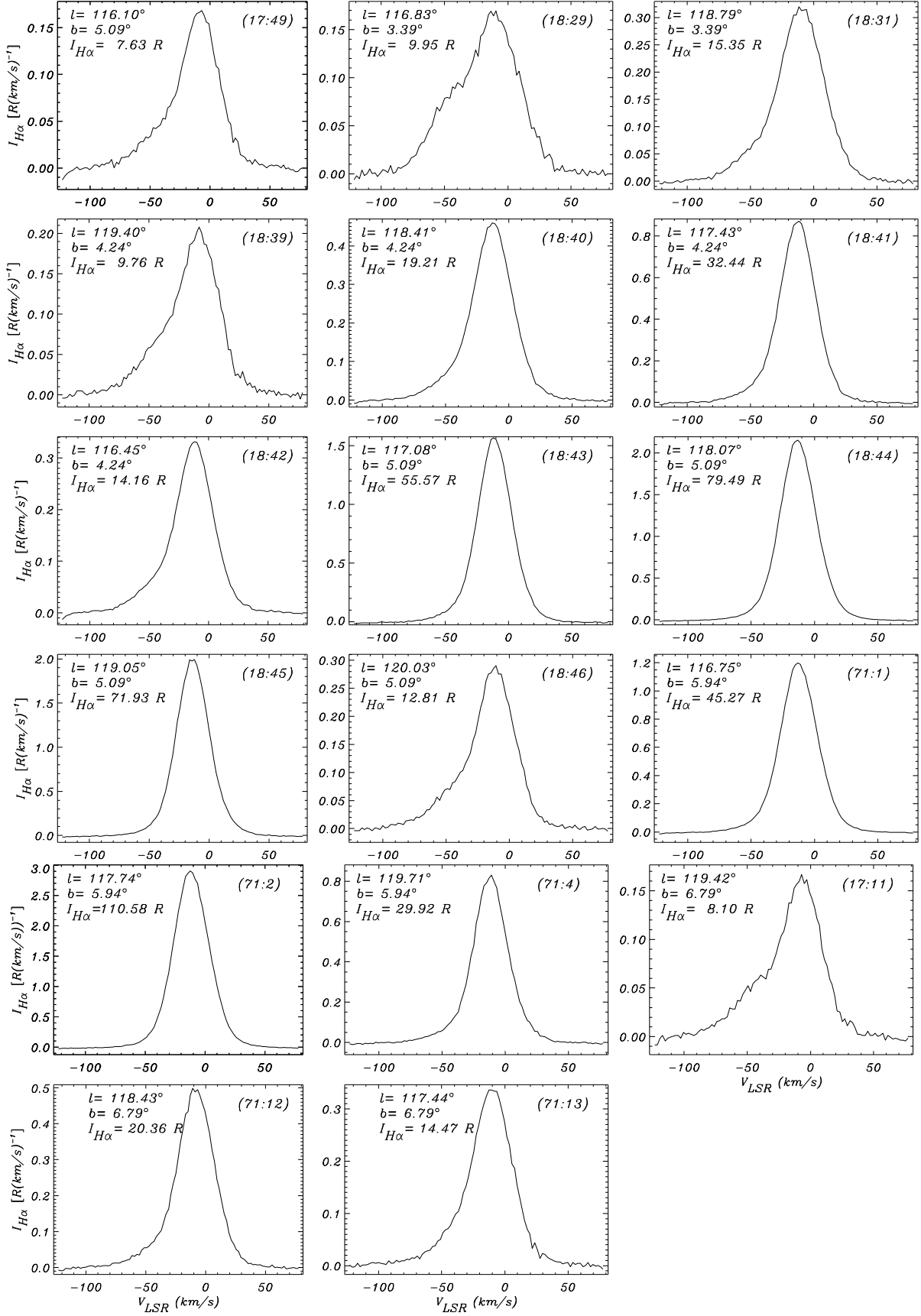
Şekil 2'de verilen WHAM, VTSS ve SHASSA haritalarından görüldüğü gibi) HII bölgesinin merkezi daha parlak dolayısıyla daha sıcak ve merkezden dışa doğru gidildikçe parlaklığın şiddetinin azaldığı açıkça görülmektedir. Buna göre HII bölgesinin merkezindeki en parlak çizgi profillerine sahip olan bölgelerin “71:2” ve “71:3” Blok/Pointing numaralı tayflar olduğu açıkça görülmektedir. Bunun nedeni, HII bölgesinin merkezindeki en parlak ve en sıcak BD+66°1673' (V\* V747 Cep yıldızından kaynaklanmaktadır (Majaess ve ark., 2008).



Şekil 3. NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin iki farklı koordinatındaki H $\alpha$  tayfları. Her bir tayf için artık değerler altta gösterilmiştir. Galaktik koordinatlar ve toplam parlaklık değerleri sol üst köşede ve Blok” ve “Pointing” numaraları ise sağ üst köşede verilmiştir.

Çizelge 1. WHAM ile NGC 7822 (Sh2-171, W1) HII bölgesinden alınan H $\alpha$  tayfları

Koordinat ( $l, b$ ) ( $^{\circ}$ )	Blok: Pointing No	$V_{LSR}$ ( $km/s$ )	FWHM ( $km/s$ )	$I_{H\alpha}$ ( $R$ )	EM ( $cm^{-6}pc$ )
116.10 , 5.09	17: 49	-8.72 $\pm$ 0.18	31.11 $\pm$ 0.64	7.63 $\pm$ 0.16	17.08 $\pm$ 0.35
116.83 , 3.39	18:29	-10.34 $\pm$ 0.05	34.05 $\pm$ 0.16	9.95 $\pm$ 0.05	22.29 $\pm$ 0.11
117.81 , 3.39	18:30	-13.24 $\pm$ 0.19	33.18 $\pm$ 0.48	19.85 $\pm$ 0.29	44.46 $\pm$ 0.64
118.79 , 3.39	18:31	-9.62 $\pm$ 0.05	37.27 $\pm$ 0.21	15.35 $\pm$ 0.09	34.37 $\pm$ 0.2
119.40 , 4.24	18:39	-8.72 $\pm$ 0.05	34.05 $\pm$ 0.21	9.76 $\pm$ 0.06	21.86 $\pm$ 0.14
118.41 , 4.24	18:40	-12.34 $\pm$ 0.66	29.67 $\pm$ 1.6	19.21 $\pm$ 1.03	43.02 $\pm$ 2.32
117.43 , 4.24	18:41	-12.34 $\pm$ 0.17	32.2 $\pm$ 0.44	32.44 $\pm$ 0.44	72.64 $\pm$ 0.99
116.45 , 4.24	18:42	-8.72 $\pm$ 0.06	34.05 $\pm$ 0.23	14.16 $\pm$ 0.09	31.7 $\pm$ 0.21
117.08 , 5.09	18:43	-11.07 $\pm$ 0.19	30.02 $\pm$ 0.52	55.57 $\pm$ 0.96	124.46 $\pm$ 2.16
118.07 , 5.09	18:44	-8.9 $\pm$ 0.37	34.05 $\pm$ 1.41	79.49 $\pm$ 3.28	178.03 $\pm$ 7.35
119.05 , 5.09	18:45	-13.78 $\pm$ 0.31	31.48 $\pm$ 0.71	71.93 $\pm$ 1.63	161.11 $\pm$ 3.65
120.03 , 5.09	18:46	-11.25 $\pm$ 0.07	32.2 $\pm$ 0.19	12.81 $\pm$ 0.08	28.69 $\pm$ 0.17
116.75 , 5.94	71:1	-12.16 $\pm$ 0.12	30.75 $\pm$ 0.31	45.27 $\pm$ 0.45	101.38 $\pm$ 1.01
117.74 , 5.94	71:2	-12.16 $\pm$ 0.31	34.05 $\pm$ 0.86	110.57 $\pm$ 2.8	247.63 $\pm$ 6.27
118.72 , 5.94	71:3	-10.4 $\pm$ 0.3	32.1 $\pm$ 0.93	130.78 $\pm$ 3.8	292.9 $\pm$ 8.51
119.71 , 5.94	71:4	-11.61 $\pm$ 0.18	31.47 $\pm$ 0.49	29.92 $\pm$ 0.46	67 $\pm$ 1.04
119.42 , 6.79	71:11	-6.73 $\pm$ 0.39	34.05 $\pm$ 1.97	8.1 $\pm$ 0.47	18.13 $\pm$ 1.05
118.43 , 6.79	71:12	-8.3 $\pm$ 0.06	34.05 $\pm$ 0.27	20.36 $\pm$ 0.16	45.6 $\pm$ 0.36
117.44 , 6.79	71:13	-9.62 $\pm$ 0.07	34.05 $\pm$ 0.25	14.47 $\pm$ 0.1	32.4 $\pm$ 0.24
Ortalama:		-10.53 $\pm$ 0.21	32.83 $\pm$ 0.66	37.24 $\pm$ 0.99	83.41 $\pm$ 2.21



Şekil 4. NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin merkezinden alınan 17 adet H $\alpha$  çizgi profillerinin LSR hızlarına göre şiddet grafikleri.



Şekil 4 ve Çizelge 1 incelendiğinde  $l=117^{\circ}.74$ ,  $b=5^{\circ}.94$  koordinatına sahip olan “71:2” numaralı çizgi profilinin parlaklığı  $110.57 \pm 2.8 R$  (FWHM= $34.05 \pm 0.86 km/s$ ) ve  $l=118^{\circ}.72$ ,  $b=5^{\circ}.94$  koordinatına sahip olan “71:3” numaralı çizgi profilinin parlaklığı ise  $130.78 \pm 3.8 R$  (FWHM= $32.1 \pm 0.93 km/s$ ) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, merkezi bölgeye yakın olan  $l=118^{\circ}.07$ ,  $b=5^{\circ}.09$  (“18:44” numaralı) ve olan  $l=119^{\circ}.05$ ,  $b=5^{\circ}.09$  (“18:45” numaralı) koordinatlarına sahip olan bölgelerin parlaklıklarının da sırasıyla  $79.49 \pm 3.28 R$  (FWHM= $34.05 \pm 1.41 km/s$ ) ve  $71.93 \pm 1.63 R$  (FWHM= $31.48 \pm 0.71 km/s$ ) olduğu görülmektedir. HII bölgesinin dışına doğru gidildikçe çizgi profillerinin parlaklıklarının düştüğü görülmektedir. Buna göre en sönük çizgi profiline sahip olan üç bölge sırasıyla  $l=116^{\circ}.10$ ,  $b=5^{\circ}.09$  (“17:49” numaralı) Şekil 2b’de ( $7.63 R$ , FWHM= $31.11 \pm 0.16 km/s$ ),  $l=119^{\circ}.40$ ,  $b=4^{\circ}.24$  (“18:39” numaralı) ( $9.76 R$ , FWHM= $34.05 \pm 0.06 km/s$ ),  $l=119^{\circ}.42$ ,  $b=6^{\circ}.79$  (“71:11” numaralı) ( $8.10 R$ , FWHM= $34.05 \pm 0.47 km/s$ ).

Şekil 4 ve Çizelge 1’den NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin  $V_{LSR}$  ve FWHM değerleri sırasıyla  $-13.78 \pm 0.31 km/s$  ile  $-6.73 \pm 0.39 km/s$  (ortalama  $-10.53 \pm 0.21 km/s$ )  $29.67 \pm 1.16 km/s$  ile  $37.27 \pm 0.21 km/s$  (ortalama  $32.83 \pm 0.66 km/s$ ) olduğu ve parlaklık ve yayılım ölçüsü değerleri de sırasıyla  $7.63 \pm 0.16 R$  ile  $130.78 \pm 3.8 R$  (ortalama  $37.24 \pm 0.99 R$ ), ve  $EM=17.08 \pm 0.35 - 292.90 \pm 8.51 cm^{-6} pc$  (ortalama  $83.41 \pm 2.21 cm^{-6} pc$ ) olduğu bulunmuştur.

Fich ve ark. (1990), Sh2-171’in  $V_{LSR}$  hızını ve FWHM değerini sırasıyla  $-12.02 km/s$  ve  $29.08 km/s$  olarak bulmuşlardır. Georgelin & Georgelin (1970),  $V_{LSR}$  hızını  $-10.1 km/s$  olarak vermiştir. Benzer şekilde, Lockman (1989) HII bölgesinin  $V_{LSR}$  hızını ve FWHM değerini de sırasıyla  $-9.1 \pm 1.1 km/s$  ve  $19.8 \pm 2.7 km/s$  olarak vermiştir. Dieter (1967), Galaktik HII bölgelerinden yaptığı ölçümde 1651 MHz’de hidrojenin rekombinasyon (yeniden birleşme) çizgi ölçüm gözlemlerinden elde ettiği sonuçlardan, Sh2-171 HII bölgesi için  $V_{LSR}$  hızını  $-8.7 \pm 1.0 km/s$  güneşe olan uzaklığını  $d=0.76 \pm 0.8 kpc$  olarak belirlemiştir. Downes & Wilson (1974), HII bölgesinin  $V_{LSR}$  hızını ve FWHM değerini sırasıyla  $-19 \pm 3 km/s$  ve  $29 \pm 3 km/s$  olarak bulurken, Pedlar (1980) ise tipik H166 $\alpha$  rekombinasyon çizgisinde bu değerleri sırasıyla  $-9.2 km/s$  ve  $21.9 km/s$  olarak bulmuştur. Gahm ve ark. (2022),  $V_{LSR}$  hızlarını  $-21.5 km/s$  ile  $-12.9 km/s$  (merkezinin ortalama LSR hızını  $-9.5 km/s$ ) arasında değiştiğini bulmuşlardır. Gahm ve ark. (2022) tarafından verilen bu değerlerin Çizelge 1’de verilen hız değerleriyle yaklaşık olarak uyum içinde olduğu görülmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi, Şekil 2b’de verilen Rayleigh birimindeki WHAM-SS H $\alpha$  haritasının parlaklık değerleri yine Rayleigh birimindeki VTSS (Şekil 2c) ve SHASSA (Şekil 2d) haritalarından elde edilen parlaklık değerleriyle karşılaştırılmıştır. Üç haritanın parlaklık değerlerini hesaplamak için IDL’de yazılan APER ve SKY programları kullanılmış ve her üç harita için de açıklık fotometrisi uygulanmıştır (Sahan & Yeğingil, 2017). Haritalar üzerindeki WHAM’in  $1^{\circ}$ ’lik görüş alanına karşılık gelen piksellerin toplamının ortalaması alınmış ve APER kodu kullanılarak  $1^{\circ}$ ’lik alandaki H $\alpha$  yüzey parlaklık değeri hesaplanmış ve her bir bölge için Rayleigh biriminde elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda yaklaşık  $4^{\circ}$  genişliğindeki bölgenin ortalama parlaklık şiddetleri WHAM haritasında  $35.02 \pm 0.14 R$  (toplam  $665.40 \pm 26.46 R$ ), SHASSA haritasında  $36.25 \pm 0.01 R$  (toplam  $688.73 \pm 18.13 R$ ) ve VTSS haritasında  $34.21 \pm 0.2 R$  (toplam  $649.98 \pm 19.44 R$ ) olarak hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda WHAM ile elde edilen sonuçların bu haritalardaki parlaklık değerlerinin yaklaşık olarak benzer olduğunu görülmüştür.

Ayrıca, bu çalışmada NGC 7822 HII bölgesinin Lyman süreklilik akısı ve ortalama elektron yoğunluğu gibi bazı fiziksel parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar, Majaess ve ark. (2008)’dan elde edilen E(B-V) sönmüleme (kızarma) parametresine göre yapılmıştır. Ayrıca, Majaess ve ark. (2008) çalışmasından NGC 7822 HII bölgesinin merkezindeki Berkeley 59 (Be 59/Cep OB4) kümesindeki en parlak ve en sıcak BD+66°1673’ (V\* V747 Cep;  $l=12^{\circ}.53$ ,  $b=5^{\circ}.31$ ) yıldızının tayfsal tipi (O5V) ve uzaklığı da ( $d=883.0 pc$ ) elde edilmiştir. Bu mesafeyi kullanarak Galaktik orta düzlemde ölçülen ölçek yüksekliği

$$|z| (pc) = d \sin(b) \quad (1)$$

eşitliği kullanılarak  $81.72 \pm 10.0 pc$  olarak hesaplanmıştır (Haffner ve ark., 1999). Yıldızın çevresindeki HII bölgesinin  $R_{HII}$  yarıçapı ise

$$R_{HII} (pc) = d \sin(\theta_{HII}) \quad (2)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Yıldızı çevreleyen HII bölgesinin genişliği yaklaşık  $\theta_{HII} \approx 3^\circ$  olarak alınmış ve açısal çapı yaklaşık  $46.21 \pm 3.2 pc$  olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. WHAM, VTSS ve SHASSA H $\alpha$  haritaları kullanılarak NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin parlaklık değerlerinin kıyaslanması

Koordinat ( $l, b$ ) ( $^\circ$ )	I <sub>WHAM</sub> Haritası (R)	I <sub>SHASSA</sub> Haritası (R)	I <sub>VTSS</sub> Haritası (R)
116.10 , 5.09	8.16 $\pm$ 1.65	9.51 $\pm$ 0.27	9.15 $\pm$ 0.75
116.83 , 3.39	10.94 $\pm$ 0.98	10.7 $\pm$ 0.10	10.50 $\pm$ 1.30
117.81 , 3.39	19.99 $\pm$ 0.03	18.48 $\pm$ 0.01	21.59 $\pm$ 1.20
118.79 , 3.39	15.76 $\pm$ 0.54	13.98 $\pm$ 0.09	5.54 $\pm$ 0.80
119.40 , 4.24	27.45 $\pm$ 0.72	14.02 $\pm$ 0.07	25.20 $\pm$ 1.24
118.41 , 4.24	39.34 $\pm$ 1.41	25.49 $\pm$ 0.23	111.53 $\pm$ 1.95
117.43 , 4.24	35.67 $\pm$ 0.14	32.42 $\pm$ 0.29	20.58 $\pm$ 0.45
116.45 , 4.24	11.93 $\pm$ 1.04	13.82 $\pm$ 0.23	13.2 $\pm$ 0.38
117.08 , 5.09	44.05 $\pm$ 0.31	52.98 $\pm$ 0.60	38.43 $\pm$ 0.65
118.07 , 5.09	82.69 $\pm$ 1.65	80.71 $\pm$ 0.59	90.66 $\pm$ 0.21
119.05 , 5.09	83.47 $\pm$ 3.96	71.11 $\pm$ 0.01	50.06 $\pm$ 0.57
120.03 , 5.09	27.64 $\pm$ 1.29	16.35 $\pm$ 0.20	7.05 $\pm$ 0.68
116.75 , 5.94	24.19 $\pm$ 0.75	39.79 $\pm$ 0.27	18.50 $\pm$ 0.76
117.74 , 5.94	64.4 $\pm$ 4.12	94.2 $\pm$ 0.03	84.18 $\pm$ 0.45
118.72 , 5.94	86.71 $\pm$ 6.84	109.76 $\pm$ 0.70	98.30 $\pm$ 0.38
119.71 , 5.94	41.29 $\pm$ 0.03	32.8 $\pm$ 0.64	16.14 $\pm$ 0.47
119.42 , 6.79	12.82 $\pm$ 2.77	11.77 $\pm$ 0.42	12.62 $\pm$ 0.72
118.43 , 6.79	17.72 $\pm$ 2.78	24.04 $\pm$ 0.50	11.10 $\pm$ 0.22
117.44 , 6.79	11.18 $\pm$ 1.84	16.8 $\pm$ 0.22	5.65 $\pm$ 0.18
Ortalama:	35.02 $\pm$ 0.14	36.25 $\pm$ 0.01	34.21 $\pm$ 0.12

H $\alpha$  yayını, iyonlaşmış bölgelerdeki hidrojenin rekombinasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. Pulsar emisyon ölçümleri (EM), gökada orta düzlemi yakınındaki elektron yoğunluğunun doğrudan ölçülmesini sağlamaktadır. WHAM H $\alpha$  projesi, yayınım ölçümüyle (EM) doğrudan orantılı olan H $\alpha$  ışınım şiddetini ölçmektedir. E(B-V) olmadığı durumlarda, optik soğurulmanın/sönümlemenin en az olduğu yüksek enlemlerde gazın emisyon ölçüsü

$$EM (cm^{-6}pc) = \int n_e^2 dl = 2.75T_4^{0.9}I_{H\alpha} \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır (Haffner ve ark., 1998 ve 2003; Şahan & Haffner, 2016). Burada,  $n_e$ , elektron yoğunluğu,  $T_4$ ,  $10^4$  K birimindeki yayılı gazın sıcaklığıdır. Sıcak iyonize gazın (Warm Ionized Medium: WIM) sıcaklığı yaklaşık olarak 8000K ( $T_4=0.8$  K) kadardır (Reynolds, 1985; Haffner ve ark., 1998).  $I_\alpha$ , Rayleigh (R) biriminde H $\alpha$  ışınımının şiddetidir ( $1R=10^6/4\pi$  foton  $cm^{-2}sr^{-1}s^{-1}=2.25 cm^{-6}pc$ ). Yüksek enlemlerde, ( $|b| > 5^\circ$ ),  $I_\alpha \cdot \sin|b| \approx 1R$  olduğundan, gökada diskinde dik bir çizgi boyunca ortalama yayınım ölçüsü yaklaşık olarak  $4.5 cm^{-6}pc$ 'tir. Yüksek enlemlerde  $|b|$  artarken; H $\alpha$  şiddeti  $< I_\alpha \cdot \sin|b| >$  eşitliğine göre azalmaktadır.

Sıcak iyonize gazın (WIM) sıcaklığının yaklaşık 8000 K olduğunu varsayıldığında ve toz sönümlemesi için bir düzeltme faktörü de eklendiğinde Eşitlik 3 için

$$EM (cm^{-6}pc) = 2.25I_{H\alpha}e^{2.2E(B-V)} \quad (4)$$

standart eşitliğe ulaşılır (Reynolds & Odgen, 1982). Daha basit bir yaklaşım için, E(B-V) sönümlemesinin, NGC 7822 HII bölgesinde bulunan BD+66 $^\circ$ 1673 (V\*V747 Cep) yıldızına doğru

ölçülen HII bölgesi boyunca aynı olduğu varsayılmıştır. HII bölgesi için gerekli olan E(B-V) sönmleme değeri NGC 7822 merkezi gölgesindeki Be59 yıldız kümesinde bulunan BD+66°1673 yıldızının ( $l=118^\circ.19$ ,  $b=5^\circ.93$ ) sönmleme değeri  $E(B-V)=1.38$  kullanılmıştır (Majaess ve ark., 2008).  $I_{H\alpha}$  için NGC 7822 HII bölgesinin merkezindeki Be 59 yıldız bölgesinin H $\alpha$  ışınımının parlaklık değeri olan  $I_{H\alpha}=130.78$  R değeri (Çizelge 1) kullanılmıştır (Haffner ve ark., 1999). H $\alpha$  ışınım şiddeti ortamdaki gazın yoğunluğu ile de orantılıdır. Eşitlik 3'den  $I_{H\alpha} \propto EM = \int n_e^2 dl$  ilişkisi vardır. Eşitlik 4'teki exponansiyel terim H $\alpha$  şiddeti için düzeltme faktörünü açıklar. Buna göre  $EM = \sim 294.21 \pm 2.2 \text{ cm}^{-6} pc$  olarak hesaplanmıştır (Haffner ve ark. 1998; Sahan & Haffner, 2016).

Sıcak iyonize gazın (WIM: Warm Ionized Medium) mekanizmasının tam olarak bilinmemesi nedeniyle öncelikle sıcak yıldızlardan gelen iyonlaştırıcı foton parlaklığı (Lyman continuum flux:  $L_c$ ) tarafından iyonlaştırıldığı düşünülmüştür. Galaksimizde bilinen iyonizasyon kaynaklarından sadece O tipi yıldızların, WIM'i oluşturmak için yeterli gücü ürettiği bilinmektedir (Reynolds, 1992). Bu nedenle, NGC 7822 HII bölgesinin merkezindeki Be59 kümesindeki en parlak ve en sıcak olan BD+66°1673 yıldızı tarafından üretilen  $I_{H\alpha}$  şiddet değerleri kullanılarak Lyman süreklilik fotonlarının akısı ( $L_c$ ),

$$L_c (\text{foton } s^{-1}) = \frac{4\pi d^2}{\varepsilon} \int I_{H\alpha} e^{\tau\alpha} d\Omega \quad (5)$$

eşitliği kullanılarak tahmin edilmiştir (Haffner, 2001; Sahan & Haffner, 2016). Burada  $e^{\tau\alpha}$  terimi  $e^{2.2E(B-V)}$  ile tanımlanan sönmleme düzeltme faktörüdür.  $d(pc)$ , NGC 7822 HII bölgesine olan mesafe,  $I_{H\alpha}$  (R),  $d\Omega$  katı açısında yayılan H $\alpha$  ışınım şiddeti,  $\varepsilon$ , Lyman fotonları ile üretilen H $\alpha$  fotonlarının kesridir ve  $T=8000$  K sıcaklığındaki gaz için  $\varepsilon = 0.47$ 'dir (Martin, 1988; Reynolds, 1988; Haffner, 1999 ve 2001). Böylece, Eşitlik 5 tekrar düzenlendiğinde

$$L_c = 2.03 \times 10^{43} d^2 \left( \frac{\Omega_{HII}}{N\Omega_p} \right) \sum_N I_{H\alpha} e^{\tau\alpha} \Omega_p \quad (6)$$

eşitliği elde edilir. Burada  $\Omega_p$ , 1°'lik WHAM ile alınan huzmenin bir tek nokta ile görülen katı açısı  $2.39 \times 10^{-4} \text{ sr}$ 'dir (Haffner, 1999).  $\frac{\Omega_{HII}}{N\Omega_p}$ , HII bölgesi içine düşen WHAM survey gridlerinin üst üste toplamını ve buradaki boşlukları hesaplamak için kullanılan düzeltme faktörüdür.  $N$  ise NGC 7822 HII bölgesini çevreleyen  $3^\circ \times 3^\circ$ 'lik bölgede kullanılan toplam tayf sayısıdır ( $N=11$ ). Bu bölge için  $\Omega_{HII} (\text{sr} \cdot s) = (3^\circ \times 60' \times 60'')^2 \times 2.35 \times 10^{-11} = 8.6 \times 10^{-3}$  olarak elde edilir. Böylece,  $\frac{\Omega_{HII}}{N\Omega_p} = \frac{8.6 \times 10^{-3}}{(11)(2.39 \times 10^{-4})} = 1.04$  olarak bulunmuştur. Tablo 3'de verilen E(B-V) ve  $d$  değerleri de kullanılarak Lyman süreklilik akısı  $L_c = 2.03 \times 10^{43} (883)^2 (1.04) \sum_N I_{H\alpha} (20.82) (2.39 \times 10^{-4})$  ve  $L_c = 8.21 \times 10^{46} \sum_N I_{H\alpha}$  olarak bulunmuştur. Şekil 2b'de verilen 3°'lik HII bölgesindeki her biri 1°'lik H $\alpha$  ışınım şiddetlerine karşılık gelen ve Çizelge 1'de verilen  $3^\circ \times 3^\circ$ 'lik bölgede kullanılan toplam  $N=11$  tane  $I_{H\alpha}$  ışınım şiddetlerinin toplamı ise  $\sum_N I_{H\alpha} = 615.38$  (R) olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, Lyman süreklilik akısı

$$L_c = 5.053 \pm 1.8 \times 10^{48} (\text{foton } s^{-1}) \quad (7)$$

olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç O5V tipi yıldızlar için teorik olarak hesaplanan değerlerle oldukça uyumlu olduğunu görülmüştür (Vacca ve ark., 1996).

Lyman süreklilik akısını kullanarak yayılı olan gazın elektron sıcaklığı hesaplanmıştır. HII bölgesindeki hidrojenin tamamen iyonize olduğunu ve elektron yoğunluğunun da ( $n_e$ ) sabit olduğunu kabul ederek küresel HII bölgesinde rekombinasyon balans eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$L_c = \alpha_B n_e^2 \frac{4\pi}{3} R_{HII}^3 \quad (8)$$

ile veriler. Burada,  $\alpha_B = 3.10 \times 10^{-13} (cm^3 s^{-1})$  yeniden birleşme oranıdır (Osterbrock, 1989) ve  $R_{HII}^3$  parsek ( $pc$ ) birimindedir ( $1 pc=3.086 \times 10^{18} cm$ ). Eşitlik 8'den elektron yoğunluğunu hesaplamak için  $n_e$  elde edilirse,

$$n_e = \left( \frac{1}{\alpha_B \frac{4\pi}{3}} \right) \sqrt{\frac{L_{c48}}{R_{HII}^3}} \quad (9)$$

eşitlikte  $L_{c48}$ ,  $10^{48}$  foton  $s^{-1}$  birimindedir (Haffner, 1999). NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesi için yukarıda hesaplanan  $R_{HII}=46.21 \pm 3.2 pc$  ve  $L_{c48}=50.53 \pm 1.8 \times 10^{48}$  (foton  $s^{-1}$ ) değerlerini Eşitlik 8'de yerlerine yazarak elektron yoğunluğu  $3.66 \pm 0.30 cm^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. NGC 7822 (Sh2-171) ve çevresindeki HII bölgesinin bazı fiziksel özellikleri

Parametre	Sembol	Değer	Referans
Yıldız		BD+66°1673	
Tayf türü		O5V	
Galaktik koordinatlar	( $l, b$ )	( $l=118^\circ.12$ $b=05^\circ.02$ )	
Yaşı	( $Myr$ )	2 <sup>1</sup>	<sup>1</sup> Sharpless (1959), <sup>1</sup> Majaess ve ark. (2008), <sup>1</sup> Panwar ve ark. (2008), <sup>1</sup> Gahm ve ark. (2022)
Sönümle	$E(B-V)$	1.38±0.02 <sup>2</sup>	<sup>2</sup> Majaess ve ark. (2008)
Güneşe uzaklığı	$d(pc)$	883±43 <sup>4</sup> 845 <sup>5</sup> 830±120 <sup>6</sup> 1017±86 <sup>7</sup> 840 <sup>8</sup>	<sup>4</sup> Majaess ve ark. (2008) <sup>5</sup> MacConnell (1968) <sup>6</sup> Rosvick & Majaess, (2013) <sup>7</sup> Gaia (2022) <sup>8</sup> Blitz ve ark. (1982)
Galaktik düzleme uzaklığı	$z (pc)$	81.72±10.0	
HII bölgesinin açılmal çapı	$\theta_{HII} (^\circ)$	3 <sup>9</sup>	<sup>9</sup> Blitz ve ark. (1982) <sup>9</sup> Sharpless (1959)
HII bölgesinin yarıçapı	$R_{HII} (pc)$	46.21±3.2 *	
H $\alpha$ ışınım şiddeti	$I_{H\alpha} (R)$	130.78±2.5 *	
Yayınım ölçümü	$EM (cm^{-6}pc)$	294.21±2.2 *	
Lyman süreklilik akısı	$L_c (foton s^{-1})$	50.53±1.8×10 <sup>48</sup> *	
Ortalama elektron yoğunluğu	$n_e (cm^{-3})$	3.66±0.30*	

\*: Bu çalışmada elde edilen sonuçlar

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada,  $4^\circ \times 4^\circ$  genişliğindeki sıcak iyonize olmuş NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin yapısı ve bazı fiziksel özelliklerinin araştırılması için Haffner ve ark. (2003) tarafından Samanyolu Gökadasının  $1^\circ$  açılmal çözünürlüklü,  $15 cm$  çapa sahip çift etalonlu ve  $12 km/s$  tayfsal ayırma gücüne sahip WHAM (Wisconsin Hydrogen Alpha Mapper) Fabry-Perot tayfölçeri kullanılarak hazırlanan WHAM-SS haritası ve FITS formatındaki “wham-ss-DR1-v161116-170912.fits” (önceki “whamssfts.fits”) WHAM Kinematic Survey verileri kullanılmıştır.

NGC 7822 (Sh2-171) HII bölgesinin merkezi ( $l, b$ )=( $118^\circ.12, 05^\circ.02$ ) koordinatlarını çevreleyen yaklaşık  $4^\circ$  genişliğindeki bölgenin toplam 19 adet  $1^\circ$ 'lik H $\alpha$  tayfları analiz edilmiştir. Toplam seçilen alan  $l=116.1$  ile  $l=120^\circ.03$  ve  $b=3^\circ.39$  ile  $b=6^\circ.79$  Galaktik koordinatları aralığındadır. Elde edilen tayfların hızları ( $V_{LSR}, km/s$ ), yarı genişlikleri (FWHM,  $km/s$ ), ışınım parlaklıkları ( $I_{H\alpha}, R$ ) ve yayınım ölçüleri ( $EM, cm^{-6}pc$ ) tek tek belirlenmiştir (Çizelge 1). Yapılan analizler sonucunda Şekil 4 ve Çizelge 1'de verildiği gibi HII bölgesinin  $V_{LSR}$  hızları  $-13.78 \pm 0.31 km/s$  ile  $-6.73 \pm 0.39 km/s$  (ortalama  $-10.53 \pm 0.21 km/s$ ) aralığında değiştiği görülmüştür. FWHM değerleri ise  $29.67 \pm 1.16 km/s$  ile  $37.27 \pm 0.21 km/s$  (ortalama  $32.83 \pm 0.66 km/s$ ) olduğu görülmüştür. Benzer şekilde HII bölgesinden alınan çizgi

profillerinin parlaklık ve yayılım ölçüsü değerleri de sırasıyla  $7.63 \pm 0.16 R$  ile  $130.78 \pm 3.8 R$  (ortalama  $37.24 \pm 0.99 R$ ), ve  $EM = 17.08 \pm 0.35 - 292.90 \pm 8.51 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$  (ortalama  $83.41 \pm 2.21 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$ ) olduğu bulunmuştur.

NGC 7822 HII bölgesinden elde edilen hız ve yarı genişlik sonuçları literatürden elden edilen Dieter (1967), Lockman (1989) ve Fich ve ark. (1990) gibi bazı çalışmalarla kıyaslanmıştır. WHAM-SS haritasının H $\alpha$  parlaklık değerlerini de karşılaştırmak için IDL'de APER yazılımı kullanılmış ve WHAM-SS haritası ile birlikte VTSS (Dennison ve ark., 1998) ve SHASSA (Gaustad ve ark., 2001) H $\alpha$  haritaların parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda WHAM-SS, VTSS ve SHASSA haritalarının parlaklık değerlerinin ortalamaları sırasıyla  $35.02 \pm 0.14 R$ ,  $36.25 \pm 0.01 R$  ve  $34.21 \pm 0.12 R$  olarak hesaplanmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

Ayrıca, çalışılan bölgenin Lyman süreklilik akısı ve ortalama elektron yoğunluğu gibi bazı parametrelerini belirlemek amacıyla NGC 7822 HII bölgesinin en parlak olan  $3^\circ \times 3^\circ$  genişliğindeki bölgesi seçilmiş ve bu alandaki tayflar kullanılarak bölgesini yapısı hakkında bilgi edinilmiştir. HII bölgesinin merkezinde yer alan Berkeley 59 yıldız kümesinin O5V tayfsal tipe sahip BD+66°1673' yıldızı ( $d = 883.0 \text{ pc}$ ,  $E(B-V) = 1.38$ ) kullanılmıştır (Majaess ve ark., 2008). Buna göre yıldız çevreleyen HII bölgesinin açısal çapı yaklaşık  $46.21 \pm 3.2 \text{ pc}$  ve Galaktik orta düzlemde olan uzaklığı ise yaklaşık  $81.72 \pm 10.0 \text{ pc}$  olarak hesaplanmıştır. I $_{H\alpha}$  parlaklık dağılımı kullanılarak bölgenin Lyman süreklilik akısı ( $L_c$ ) ve ortalama elektron yoğunluğu ( $n_e$ ) ise sırasıyla yaklaşık  $50.53 \pm 1.8 \times 10^{48} \text{ foton s}^{-1}$  ve  $3.66 \pm 0.30 \text{ cm}^{-3}$  olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, Samanyolu gökadasının yıldızlararası ortamlarındaki sıcak iyonize olmuş hidrojen bölgelerinde bulunan gazın mekanizmasının, yapısının ve sıcaklığı, elektron yoğunluğu, hızı, parlaklığı gibi bazı fiziksel özelliklerinin daha detaylı incelenmesi için daha fazla çalışılması gerekmektedir. Bu nedenle, NGC 7822 HII bölgesinin çalışması, Samanyolu Galaksimizin yıldızlararası ortamındaki en büyük bileşen olarak kabul edilen iyonize olmuş hidrojen gazının ( $H^+$ ) kaynağının ne olduğu, olası ışım mekanizmasının anlaşılması, sıcaklığı, elektron yoğunluğu, iyonizasyon kesri ( $H^+/H$ ) gibi bazı fiziksel durumlarının anlaşılmasına ve araştırılmasına ve literatüre önemli katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

## Teşekkür

Bu çalışmada, Wisconsin Üniversitesi Astronomi Bölümü (Madison, ABD) tarafından geliştirilen ve NSF (National Science Foundation) tarafından finanse edilen WHAM (Wisconsin H-Alpha Mapper) tayfölçeri kullanılarak hazırlanmış WHAM-SS (WHAM Sky Survey) (WHAM-SS, 2022) haritasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Ayrıca, elde edilen WHAM H $\alpha$  parlaklık verilerini karşılaştırmak amacıyla VTSS (Virginia Tech Spectral-Line Survey) ve SHASSA (Southern H-Alpha Sky Survey Atlas) H $\alpha$  haritaları kullanılmıştır.

## Kaynakça

- Blitz, L., Fich, M., & Stark, A. A. (1982). Catalog of Co radial velocities toward galactic H II regions. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 49, 183-206. doi:10.1086/190795
- Coakley, M. M., Roesler, F. L., Reynolds, R. J., & Nossal, S. (1996). Fabry-Perot CCD annular summing spectroscopy: Study and implementation for astronomy applications. *Applied Optics*, 35, 33. doi:10.1364/AO.35.006479
- Dennison, B., Simonetti, J. H., & Topasna, G. A. (1998). An imaging survey of northern galactic H $\alpha$  emission with arcminute resolution. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 15(1), 147-148. doi:10.1071/AS98147
- Dieter, N. H. (1967). Observations of the hydrogen recombination line 158 $\alpha$  in galactic H II regions. *Astrophysical Journal*, 150, 435. doi:10.1086/149347
- Downes, D., & Wilson, T. L. (1974). Radio recombination lines in the direction of supernova remnants. *Astronomy and Astrophysics*, 34, 133.
- Ferriere, K. M. (2001). The interstellar environment of our galaxy. *Reviews of Modern Physics*, 73, 1031-1066. doi:10.1103/RevModPhys.73.1031
- Fich, M., Treffers, R. R., & Dahl, G. P. (1990). Fabry-Perot H-alpha observations of galactic H II regions. *Astronomical Journal*, 99(2), 622-637. doi:10.1086/115356

- Gahm, G. F., Wilhelm, M. J. C., Persson, C. M., Djupvik A. A., & Zwart S. F. P. (2022). Expanding shells around young clusters – S 171/Be 59\*. *Astronomy and Astrophysics*, 663, (A111)1-26. doi:10.1051/0004-6361/202142927
- Gaia (2022). The Gaia ESA archive. <https://gea.esac.esa.int/archive/> Erişim tarihi: 17.05.2022.
- Gaustad, J. E., McCullough, P. R., Rosing, W., & Van Buren, D. (2001). A robotic wide-angle H $\alpha$  survey of the southern sky. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific, PASP*, 113, 1326-1348. doi:10.1086/323969
- Georgelin, Y. P., & Georgelin, Y. M., (1970). Radial velocities and distances of galactic H II regions, *Astronomy and Astrophysics*, 6, 349-363.
- Haffner, L. M., Reynolds, R. J., & Tufte, S. L. (1998). Faint large scale H $\alpha$  filaments in the Milky Way. *The Astrophysical Journal*, 501, L83-L87. doi:10.1086/311449
- Haffner, L. M. (1999). *The warm ionized medium: Distribution kinematics and physical conditions*. (PhD), University of Wisconsin, Physics Department, USA.
- Haffner, L. M., Reynolds, R. J., & Tufte, S. L. (1999). WHAM observations of H $\alpha$ , [S II], and [N II] toward the orion and perseus arms: Probing the physical conditions of the warm ionized medium. *The Astrophysical Journal*, 523(1), 223-233. doi:10.1086/307734
- Haffner, L. M. (2001). *The Wisconsin H-alpha mapper northern sky survey*. ASP Conference Series 231, Fourth Tetons Conference: Galactic Structure, Stars and the Interstellar Medium, San Francisco, CA, USA. doi:10.48550/arXiv.astro-ph/0112232
- Haffner, L. M., Reynolds, R. J., Tufte, S. L., Madsen, G. J., Jaehnig, K. P., Percival, J. W. (2003). The Wisconsin H $\alpha$  mapper northern sky survey. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 149(2), 405-422. doi:10.1086/378850
- Haffner, L. M., Dettmar R. J., Beckman, J. E., Wood K., Slavin, J. D., Giammanco, C., Madsen, G. J., Zurita, A., & Reynolds, R. J. (2009). The warm ionized medium in spiral galaxies. *Reviews of Modern Physics*, 81(3), 969-997. doi:10.1103/RevModPhys.81.969
- Haffner, L. M., Reynolds, R. J., Madsen, G. J., Hill, A. S., Barger, K. A., Jaehnig, K. P., Mierkiewicz, E. J., Percival, J. W., & Chopra, N. (2010). *Early results from the Wisconsin H-alpha mapper southern sky survey*. "The Dynamic ISM: A celebration of the Canadian Galactic Plane Survey," ASP Conference Series. doi:10.48550/arXiv.1008.0612
- Hoyle, F., & Ellis, G. R. A. (1963). On the Existence of an Ionized Layer about the Galactic Plane. *Australian Journal of Physics*, 16, 1.
- Lockman, F. J. (1989). A survey of radio H II regions in the northern sky. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 71, 469-479. doi:10.1086/191383
- MacConnell, D J. (1968). Study of the Cepheus IV association. *Astrophysical Journal Supplement*, 16(147), 275-98. doi:10.1086/190175
- Majaess, D. J., Turner, D. G., Lane, D. J., & Moncrieff, K. E. (2008). The exciting star of the Berkeley 59/Cepheus OB4 complex and other chance variable star discoveries. *The Journal of the American Association of Variable Star Observers*, 36(1), 90-109. doi:10.48550/arXiv.0801.3749
- Martin, P. G. (1988). Hydrogenic radiative recombination at low temperature and density. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 66, 125-138. doi:10.1086/191249
- Mierkiewicz, E. J., Roesler, F. L., Nossal, S. M., & Reynolds, R. J. (2006). Geocoronal hydrogen studies using Fabry–Perot interferometers, part 1: Instrumentation, observations, and analysis. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 68(13), 1520-1552. doi:10.1016/j.jastp.2005.08.024
- Nossal, S., Mierkiewicz, E. J., Roesler, F. L., Reynolds, R. J., & Haffner, L. M. (2006). Geocoronal hydrogen studies using Fabry-Perot interferometers, part 2: Long-term observations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 68(13), 1553-1575. doi:10.1016/j.jastp.2005.08.025
- Osterbrock, D. E. (1989). *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*. Mill Valley, CA, USA: University Science Books.
- Panwar, N., Pandey, A. K., Samal, M. R., Battinelli, P., Ogura, K., Ojha, D. K., Chen, W. P., & Singh, H. P. (2008). Young cluster Berkeley 59: properties, evolution, and star formation. *The Astronomical Journal*, 155(1), 44. doi:10.3847/1538-3881/aa9f1b

- Pedlar, A. (1980). Observations of H166-alpha lines from extended low-brightness H II regions. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 192(2), 179-195. doi:10.1093/mnras/192.2.179
- Reynolds, R. J., Roesler, F. L., & Scherb, F. (1973). Low-Intensity Balmer emissions from the interstellar medium and geocorona. *Astrophysical Journal*, 179, 651-657. doi:10.1086/151904
- Reynolds, R. J., Roesler, F. L., & Scherb, F. (1974). The intensity distribution of diffuse galactic H $\alpha$  emission. *The Astrophysical Journal*, 192, L53-L56. doi:10.1086/181589
- Reynolds, R. J., & Ogden, P. M. (1982). HII regions surrounding high galactic latitude O stars. *The Astronomical Journal*, 87(2), 306-312. doi:10.1086/113104
- Reynolds, R. J. (1984). Optical emission line studies and the warm ionized component of the local interstellar medium. *International Astronomical Union Colloquium*, 81, 95-108. doi:10.1017/S0252921100098067
- Reynolds, R. J. (1985). [SII]  $\lambda$ 6716 in the galactic emission-line background. *The Astrophysical Journal*, 294, 256-262. doi:10.1086/163294
- Reynolds, R. J. (1988). [SII]/H $\alpha$  intensity ratios in faint extended HII regions and the origin of the interstellar emission-line background. *The Astrophysical Journal*, 333, 341-352. doi:10.1086/166750
- Reynolds, R. J. (1989). The column density and scale height of free electrons in the galactic disk. *Astrophysical Journal*, 339, L29. doi:10.1086/185412
- Reynolds, R. J., Roesler, F. L., Scherb, F., & Harlander, J. (1990). *Fabry-Perot/CCD multi channel spectrometer for the study of warm ionized interstellar gas and extragalactic clouds*. Proceedings SPIE 1235, Instrumentation in Astronomy VII, Tucson, AZ, USA. doi:10.1117/12.19124
- Reynolds, R. J. (1992). The optical emission-line background and accompanying emissions at ultraviolet, infrared, and millimeter wavelengths. *The Astrophysical Journal*, 392, L35-L38.
- Reynolds, R. J. (1992). The warm ionized medium. *AIP Conference Proceedings*, 278(1), 156-165. doi:10.1063/1.44005
- Reynolds, R. J. (1997). Ionizing the galaxy. *Science*, 277(5331), 1446-1447. doi:10.1126/science.277.5331.1446
- Rosvick, J. M., & Majaess, D. (2013). Star formation near Berkeley 59: Embedded protostars. *The Astronomical Journal*, 146(6), 142. doi:10.1088/0004-6256/146/6/142
- Strömgren, B. M. (1939). The physical state of interstellar hydrogen. *The Astrophysical Journal*, 89, 526-547. doi:10.1086/144074
- Sahan, M., & Haffner, L. M. (2016). The ionization structure of sharpless 2-264: Multiwavelength observations of the  $\lambda$  ori HII region. *The Astronomical Journal*, 151(6), 147. doi:10.3847/0004-6256/151/6/147
- Sahan, M., & Yegingil I. (2017). The eighty six H $\alpha$  spectra from the orion nebula (M42, Sh2-281) with DEFPOS. *Journal of Astrophysics And Astronomy*, 38 (67), 1-13. doi:10.1007/s12036-017-9486-1
- Sharpless, S. (1959). A catalogue of H II regions. *Astrophysical Journal Supplement*, 4, 257-279. doi:10.1086/190049
- Tufte, S. L. (1997). *The WHAM spectrometer: Design, performance characteristics and first results*. (PhD), University of Wisconsin, Physics Department, USA.
- WHAM-SS. (2022). The WHAM Sky Survey. <http://ftp.astro.wisc.edu/wham-site/wham-sky-survey/wham-ss/> Erişim tarihi: 17.05.2022.
- Vacca, W. D., Garmany, C. D., & Shull, J. M. (1996). The Lyman-continuum fluxes and stellar parameters of O and early B-type stars. *The Astrophysical Journal*, 460, 914-931. doi:doi:10.1086/177020
- Yang, J., & Fukui, Y. (1992). A CO study of Sharpless 171 - Evidence for interaction between the H II region and its neighboring molecular cloud. *The Astrophysical Journal*, 386(2), 618-626. doi:10.1086/171043