

DEFPOS Tayfölçeri ve Bazı İyonize Olmuş Kaynakların H α Tayfları

Muhittin ŞAHAN*¹

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 80000, Osmaniye

(Alınış / Received: 02.02.2017, Kabul / Accepted: 07.06.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 08.08.2017)

Anahtar Kelimeler

Fabry-Perot tayfölçerleri,
Etalon,
Veri analizi,
Yıldızlararası ortam,
HII bölgeleri

Özet: Bu çalışma, DEFPOS tayfölçeri, veri indirgeme teknikleri, parlaklık kalibrasyonu ve gökadamızın dört farklı iyonize olmuş bölgesinden (NGC6530, NGC1973, NGC1501, NGC6514) alınan H α (6563Å) tayfları hakkında detaylı bilgi vermektedir. Gözlemlerde 600s ile 3600s arasında değişen uzun poz süreleri kullanılmıştır. Tayflar, kaynakların çizgi genişlikleri, LSR hızları ve parlaklıkları hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu tayflardan, yapıların LSR'a göre hızları ve parlaklıkları sırasıyla, NGC6530 için 11.80 ± 0.2 km/s ve 24409.70 ± 16.8 R, NGC1973 (Sh2-279) için 13.65 ± 0.7 km/s ve 477.87 ± 3.2 R, NGC1501 için -26.26 ± 2.6 km/s ve 255.13 ± 4.5 R ve NGC6514 için 14.43 ± 0.2 km/s ve 1856.71 ± 0.6 R olarak bulunmuştur. Ayrıca, her salma kaynağı için parlaklık değerleri kullanarak salma ölçüleri hesaplanmıştır. Bazı sonuçlar, literatürden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Literatürde düşük açısız genişliğe sahip olan bu tür kaynakların parlaklık ve LSR hızları hakkında yeterli bilgi bulunmadığından, DEFPOS ile elde edilen verilerinin literatüre katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

DEFPOS Interferometer and H α Spectra of Some Ionized Sources

Keywords

Fabry-Perot interferometers,
Etalon,
Data analysis,
Interstellar medium,
HII regions

Abstract: This paper presents in detail about the DEFPOS spectrometer, the data reduction techniques, the intensity calibration, and some results of H α (6563Å) spectra from four different ionized regions (NGC6530, NGC1973, NGC1501, NGC6514). Observations were carried out with long exposure times ranging from 600s to 3600s. Spectra provide information about the line widths, the velocities with respect to the LSR, and intensity of the sources. From these spectra, the LSR velocities, and intensities were found to be 11.80 ± 0.2 km/s and 24409.70 ± 16.8 R for NGC6530, 13.65 ± 0.7 km/s and 477.87 ± 3.2 R for NGC1973 (Sh2-279), -26.26 ± 2.6 km/s and 255.13 ± 4.5 R for NGC1501, and 14.43 ± 0.2 km/s and 1856.71 ± 0.6 R for NGC6514, respectively. For each of the individual emission sources, emission measures were also calculated using intensity values. Some results were compared with the literature data. Since there is no enough information on intensities and LSR velocities of such galactic sources with low angular size in the literature, we think that DEFPOS data will contribute to the literature.

1. Giriş

Gökadaldaki yıldızlar, yıldızlararası ortam (Interstellar Medium) olarak adlandırılan son derece zayıf ve yaygın bir ortam içinde bulunmaktadır. Yıldızlararası ortam, galaktik evrim sürecinde temel rol oynamaktadır. Örneğin, yıldızlar, bu karmaşık ortamdaki maddeyi kullanarak doğarlar, gelişirler ve ölürlere [1,2]. Yıldızlararası ortamın bu gazı yapısı çoğunlukla hidrojen (~%90), helyum (~%10) ve eser miktarda diğer ağır (Si, C, Fe gibi) elementlerden (~%0.1) oluşmaktadır. Sıcaklığı genellikle 10-20K civarında olan soğuk ve yoğun (>10 cm⁻³) bölgeler

moleküler hidrojen (H₂) bölgeleri, sıcaklığı ~100K ile 8000K arasında olan bölgeler nötr atomik (H^o) hidrojen bölgeleri (HI bölgeleri) ve sıcaklığı çok yüksek (>8000K) olan bölgeler de tamamen iyonize olmuş (H⁺) hidrojen bölgeleri (yoğunluğu çok düşük ~0.1 cm⁻³) (HII bölgeleri) olarak adlandırılmaktadır [2-5-7]. Yapılan çalışmalar, HII bölgelerinin gökada içindeki iyonlaşmış hidrojenin büyük kısmından (~%90) sorumlu olduğu ve Gökada diskinin 2 kpc (1pc=3.086×10¹³ km) kalınlıktaki tabakasının %20 sini dolduran sıcak (10⁴K) düşük yoğunluklu (0.1 cm⁻³) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen

bölgelerinden oluştuğunu göstermiştir. O ve B tipi genç yıldızların çevrelerindeki iyonize olmuş HII bölgelerinin dışında bulunan bu iyonize olmuş hidrojen bölgeleri genellikle sıcak iyonize olmuş (Warm Ionized Medium: WIM) ya da yayılı iyonize olmuş gaz (Diffuse Ionized Gas: DIG) olarak adlandırılmaktadır [2, 6-8].

Yıldızlararası ortamdaki HII bölgeleri, gezegenimsi bulutsular ya da süpernova kalıntıları gibi iyonize olmuş gazdan gelen optik salma çizgileri ($H\alpha$ ($\lambda 6563$), [SII] $\lambda 6716$, [NII] $\lambda 6584$, [OIII] $\lambda 5007$ ve [OI] $\lambda 6300$ gibi), bu tür yapıların fiziksel durumlarının belirlenmesinde oldukça önemli bilgi sağlamaktadırlar [2,3]. Yıldızlararası ortamda bulunan bu çok sönük, yaygın ve düşük yoğunluklu gazı gözlemek için tayfsal ayırma gücü yüksek olan Fabry-Perot tayföçerleri kullanılmaktadır [1,5,9,10]. Wisconsin Üniversitesi tarafından geliştirilen WHAM (Wisconsin H-Alpha Mapper) Fabry-Perot tayföçeri kullanılarak Gökadamızdaki sıcak, iyonize olmuş hidrojen bölgelerinin 1° açısız çözünürlükle haritaları çıkartılmıştır [1-3, 8, 9,11]. WHAM tayföçerine benzer şekilde, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG: Bakırlitepe, Antalya, Türkiye: $+36^\circ 51'K$, $+30^\circ 20'D$) DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer: Çift Etalonlu Fabry-Perot Optik Tayföçeri) adı verilen bir tayföçer (Şekil 1) geliştirilerek, 2007 yılından itibaren yıldızlararası ortamdaki HII bölgelerinden, gezegenimsi bulutsulardan, süpernova kalıntılarından, bulutsulardan ve açık yıldız kümelerinden pek çok $H\alpha$ gözlemleri yapılmıştır [12-16].

Bu çalışma, kısaca şu başlıkları içermektedir. Bölüm 2'de Fabry-Perot tayföçerlerinin genel özellikleri, DEFPOS tayföçeri, veri analiz yöntemleri ve tayföçerin kalibrasyonu hakkında detaylı bilgi verilmektedir. Bölüm 3'de gökadamızın dört farklı iyonize kaynağından alınan tayfların fiziksel sonuçları hakkında bilgi verilmekte ve son olarak Bölüm 4'de sonuçlar tartışılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Fabry-Perot Sistemi: DEFPOS

Fabry-Perot tayföçerleri, yıldızlararası ortamın iyonize olmuş ortamlarından (HII bölgeleri, gezegenimsi bulutsular gibi) gelen sönük salma çizgilerinin ($H\alpha$, [SII], [NII], [OIII] ve [OI]) çalışılmasında ve dünya atmosferinin üst tabakalarındaki (geocorona) güneşten gelen Lyman β (L_β) fotonlarını soğurması sonucu iyonize edilen hidrojenin (geocoronal hidrojen) ölçülmesinde kullanılan geniş görüş alanlı optik aletlerdir [1,9,10, 17-19].

Fabry-Perot tayföçerleri, çok düz ($\lambda/200$), paralel ve birer yüzeyleri yansıtma sabiti yüksek ($> \%90$) yarı geçirgen ayna olan, çok katmanlı dielektrik madde ile

kaplı ve etalon olarak adlandırılan iki optik cam plakadan oluşmaktadır. Kırınım ağı (grating) gibi aynı işlevi diğer dispersiyon elamanlarıyla karşılaştırıldığında belirli bir tayfsal ayırma gücünde yaklaşık 200 kat daha fazla verime sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı, Fabry-Perot tayföçeri, yıldızlararası ortamın sönük HII bölgeleri, gezegenimsi bulutsular ya da süpernova kalıntıları gibi kaynakların tayfsal analiz çalışmaları için oldukça uygundur [9-11, 13, 17-20].

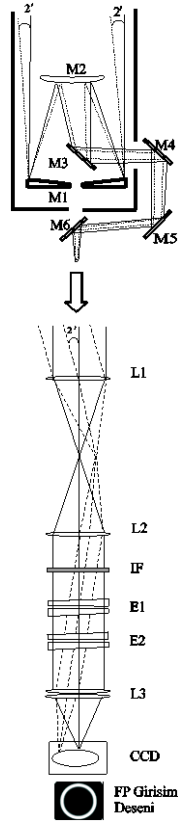
Teleskopun coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayföçeri 4 açılı dakikalık ($4' = \sim 0.064^\circ$) bir görüş alanı ile Samanyolu gökadamız ve diğer gökadalardan $H\alpha$ çizgi ölçümlerini 200 km/s hız aralığında ölçecek şekilde tasarlanmıştır. RTT150 teleskopunun coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayföçerinin ölçeklendirilmemiş basit optik çizimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'den görüleceği gibi gök yüzünden $4'$ ile gelen ışınlar iki tane kesikli ve düz çizgilerle temsil edilmektedir. RTT150 teleskopu coude optik kurgusu ile kullanıldığında $4'$ 'lık dar açıda gelen ışık hüzmesi toplam altı tane ayna (M1-M6) yardımıyla coude odasına yönlendirmektedir. Teleskopun birincil aynasının (M1) çapı 150cm ve coude odağında 7225.7cm ($f/48$) odak uzaklığına sahiptir [13].

Teleskoptan coude odasına yaklaşık $4'$ ile gelen ışığı tayföçere yönlendirmek için teleskopun çıkışına bir adet birincil mercek ($L1: f=430\text{cm}, d \geq 10\text{cm}, f/22$) ve tayföçerin üzerine bir adet ayna (Şekil 1'de gösterilmemiş) yerleştirilmiştir. Tayföçerde yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla ikincil mercek ($L2: f=50\text{cm}, d=6\text{cm}$), parazitli ışıkları yok etmek amacıyla kullanılan dar bantlı ($\sim 15 \text{ \AA}$) $H\alpha$ filtresi, 7.5cm çaplı Fabry-Perot etalonları (E1 ve E2) ve etalonlarda oluşan görüntüyü (girişim deseni) CCD kamerası üzerine odaklayan aynı özelliklere sahip iki adet odaklama merceği ($L3: f_{\text{eff}}=17\text{cm}, d=10\text{cm}$) bulunmaktadır. Odaklama merceği bu girişim desenini CCD kamerası üzerine 1.0 cm^2 'lik alanı kapsayacak şekilde odaklamaktadır [13].

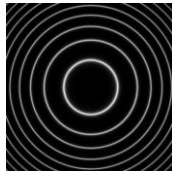
Fabry-Perot etalonları üzerine monokromatik (tek renkli) bir ışık düşürüldüğünde iki etalon yüzeyi arasında Şekil 2'de verildiği gibi azimutal olarak aynı merkezli, merkezden dışa doğru genişlikleri daralan simetrik sonsuz adet girişim saçığı oluşur [12,18]. Bütün girişim saçıklarının kalınlıkları daralmasına rağmen yarıçapları arttığından toplam parlaklık miktarları (pik yüksekliği) aynı olmaktadır. Bu nedenle bir galaktik tayf alınırken bu tayfların her biri kaynak hakkında aynı tayfsal bilgiyi verdiklerinden sadece bir tanesinin kullanılması yeterlidir [21].

DEFPOS sisteminde sırasıyla düşük (E1: $l_1=100\mu\text{m}$) ve yüksek (E2: $l_2=198\mu\text{m}$) çözünürlüklü ayırıcılar kullanılmaktadır [13]. Çift Etalonlu Fabry-Perot tayföçerleri tek etalonlu bir Fabry-Perot ile

karşılaştırıldığında, Şekil 3c'de görüldüğü gibi parazitli ve hayalet ışıkların etalonlardan geçmesini engeller, iki tayf arasındaki mesafe olan tayfin serbest tayf genişliğini (Free Spectral Range: FSR ya da Q) artırır, Airy fonksiyonunun (gauss eğrileri) kanatlarının uç kısımlarında meydana gelen genişlikleri daraltır ve tayf çizgilerindeki yarı genişliği (Full Width at Half Maximum: FWHM: yarı maksimumdaki tam genişlik) daralarak pikin keskinleşmesini sağlar [3,9,10,18]. Etalonlar arasına yerleştirilen ayırıcının kalınlığı (l_1 ve l_2) arttıkça Şekil 2'de görüldüğü gibi Fabry-Perot etalonları arasında aynı merkezli girişim desenleri birbirine yaklaşmakta ve daha fazla girişim deseni oluşmaktadır. Bu girişim desenleri iki boyutta tayflara dönüştürüldüğünde birbirinin aynı simetrik pikler elde edilmektedir.



Şekil 1. RTT150 teleskopunun coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayföçerinin optik yolunu gösteren ölçektirilmemiş çizim.



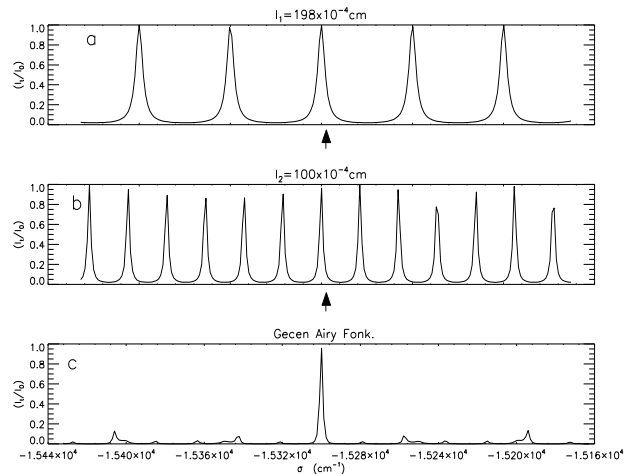
Şekil 2. Tek renkli homojen bir ışık kaynağı ile aydınlatılan Fabry-Perot etalonlarında iç içe geçmiş aynı merkezli halkalar şeklinde oluşan girişim saçakları.

Şekil 3a'da çözünürlüğü düşük ($l_1=100 \times 10^{-4}$ cm) etalonunda oluşan girişim saçakları, Şekil 3b'de çözünürlüğü yüksek ($l_2=198 \times 10^{-4}$ cm) olan etalonunda oluşan girişim saçakları ayrı ayrı gösterilmektedir. Eğer bu iki etalon birlikte kullanılacak olursa (DEFPOS sistemi gibi) düşük çözünürlüklü (Şekil 3a)

ve yüksek çözünürlüklü (Şekil 3b) etalonlarda oluşan girişim saçaklarının sadece çakışan pikleri (oklar ile işaretlenmiş olan pikler) bir girişim deseni oluşturur ve diğer çakışmayan pikler sönerler (Şekil 3c). Fabry-Perot etalonlarının seri olarak kullanılması durumunda etalonlardan sonra ve CCD üzerinde sadece çakışan piklerden oluşan halka şeklindeki bir girişim deseni (Bkz. Şekil 2) ve bu girişim deseninden elde edilen bir tayf (Şekil 3c) meydana gelir. DEFPOS etalonları için teorik olarak H α (6563Å) çizgisi kullanılarak düşük çözünürlüklü (Şekil 3a) ve yüksek (Şekil 3b) çözünürlüklü etalonların dalga sayılarına ($\sigma=1/\lambda$, cm $^{-1}$) göre geçen ışığın şiddetinin gelen ışığın şiddetine oranı (I_t/I_0) olan geçiş fonksiyonları ve bu iki etalon birlikte kullanıldığında geçen net geçiş fonksiyonunun (Şekil 3c) grafikleri Şekil 3'de verilmiştir. İki etalon birlikte kullanıldığında serbest tayf genişliği artar ve parazitli çizgiler yok olur. Şekil 3'de verilen toplam yapıcı girişimler

$$2n_g l \cos\theta = m\lambda \quad (1)$$

eşitliğine göre değişmektedir. Burada n_g etalonlar arasındaki gazın kırılma indisi, l ayırıcılarının kalınlığı (l_1 ve l_2), θ ışığın optik eksene göre etalonlar üzerine gelme açısı, m order number olarak adlandırılan saçakların kaçınıcı mertebeden olduğunu gösteren sayıdır ve λ ($\sigma=1/\lambda$ cm $^{-1}$) ise gelen ışın demetinin dalga boyudur. Denklem 1'de verildiği gibi Fabry-Perot etalonlarında oluşan girişim desenlerinin sayısı etalonlar arasındaki gazın kırılma indisine, etalonlar arasındaki ayırıcın kalınlığına ve ışığın gelme açısına bağlıdır. Örneğin Şekil 3a'daki üçüncü pik ile Şekil 3b'deki yedinci pik (oklar ile gösterilen) üst üste (aynı merkezli) gelmiştir. Denklem 1'de verilen üç değişkenden her hangi ikisi sabit tutulup diğeri değiştirilerek girişim deseninin yarıçapı ve dolayısıyla pikin merkezi değiştirilebilir [1,12,18]. Şekil 3c'de görüldüğü gibi geçen ışığın şiddetinin gelen ışığın şiddetine oranının (I_t/I_0) yaklaşık 1 olması çakışmanın maksimum olduğunu göstermektedir [1,12,18].



Şekil 3. a) yüksek ($l=198 \times 10^{-4}$ cm), b) düşük ($l=100 \times 10^{-4}$ cm) çözünürlüklü etalonların teorik geçiş fonksiyonları ve c) bu iki etalon seri olarak kullanıldığında oluşan geçiş fonksiyonunun pikleri.

Fabry-Perot girişim aletlerinin birkaç önemli karakteristiği etalonları tanımlar. Bunlar, serbest tayf genişliği (FSR ya da Q), piklerin saçak genişliği (FWHM) ve etalon yüzeylerinin yansımaya inceliği (Finesse: F) olarak sıralanabilir. Serbest tayf genişliği Şekil 3a ve Şekil 3b'de görüldüğü gibi ardışık iki pik arasındaki genişliktir. Yarı maksimumdaki tam genişlik, Fabry-Perotlar bir spektrometre olarak kullanıldığında tayföçerin tayfsal ayırma gücünü gösterir. Yansımaya inceliği ise pikler arasındaki mesafeye bağlı olarak piklerin daralmasını tanımlar ve FSR'in FWHM'a oranını gösterir [1,18].

Denklem 1'de etalonlar arasındaki gazın kırılma indisi (n_g) 1 alındığında ve ışık optik eksene paralel ($\theta=0$) geldiğinde ve dalga boyu yerine dalga sayısı ($\sigma=1/\lambda$ cm⁻¹) kullanıldığında dalga sayısı cinsinden serbest tayf genişliği

$$Q_\sigma = 1/2l \quad (2)$$

ile verilir. Denklem 2'den serbest tayf genişliği sadece etalonlar arasındaki ayırıcının kalınlığına bağlıdır. Yani, ayırıcı kalınlığı arttıkça pikler bir birine yaklaşmaktadır (Şekil 3a ve Şekil 3b). Ayrıca, Şekil 3a ve Şekil 3b'de verilen komşu iki pik arasındaki serbest tayf genişliği 2π olarak da ($Q_\sigma=2\pi$) ifade edilebilmektedir. Buna göre, piklerin yarı maksimumdaki genişlikleri ve yansımaya incelikleri sırasıyla Denklem 3 ve Denklem 4'de verilmiştir.

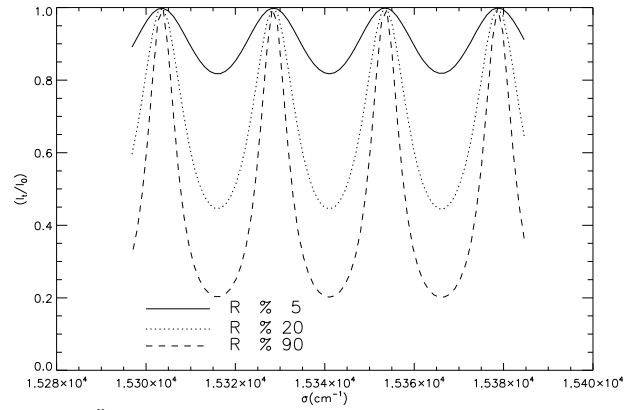
$$FWHM = \frac{2(1-R)}{\sqrt{R}} \quad (3)$$

$$F = \frac{\pi\sqrt{R}}{(1-R)} \quad (4)$$

Burada R (reflectance) etalon yüzeylerinin yüzde (%) olarak yansıtıcılığıdır. Yansıtıcılık arttıkça piklerin genişlikleri daralmakta ve keskin pikler oluşmaktadır. Şekil 4'de etalon yüzeylerinin üç farklı ($R=\%5, \%20, \%90$) yansıtma değerleri için I_t/I_0 geçiş fonksiyonlarının dalga sayısına bağlı olarak elde edilmiş pikleri verilmiştir. DEFPOS sisteminde kullanılan etalonların yarı geçirgen ayna yüzeylerinin yansıtıcılığı H α 'da yaklaşık olarak %92'dir. DEFPOS tayföçerinde kullanılan yüksek çözünürlüklü (E2: $l_2=198\mu\text{m}$) etalonun teorik olarak dalga sayısı cinsinden serbest tayf genişliği 25.25 cm⁻¹ (ya da $\lambda=10.87\text{\AA}$) ve yansımaya inceliği 37.67 'dir. Tayföçerin gözlemsel olarak çözünürlüğü yaklaşık $R\sim 11,000$ civarındadır. Bu çözünürlük tayföçerin çözme limit olan 27.27 kms⁻¹ değerinde yarı genişliğe karşılık gelmektedir. Yani galaktik H α çizgilerinin yarı genişlikleri yaklaşık 27 kms⁻¹ 'den büyük olanları DEFPOS tayföçeri ile ölçülebilmektedir [13].

DEFPOS tayföçerinde görüntü kayıt ortamı olarak 2048×2048 piksele sahip, her pikselin boyutu $13.5 \times 13.5\mu\text{m}$ ve toplam 27.6×27.6 mm aktif görüntü alanına sahip Andor İKON-L CCD görüntüleme

kamerası kullanılmıştır. Görüntüleme kamerası termoelektrik soğutmalı olarak -100°C 'ye kadar soğutulabilmekte ve H α dalga boyunda %90'nın üzerinde kuantum etkinliğine sahip olup okuma gürültüsü $2.9e^{-}$ 'dir [16].



Şekil 4. Üç farklı ($R=\%5, \%20, \%90$) yansıtıcılık değeri için Fabry-Perot geçiş fonksiyonlarının pikleri

2.2. DEFPOS verilerinin analizleri ve kalibrasyonları

DEFPOS ile gökadamızın sönük iyonize olmuş HII bölgelerinden CCD ile alınan verilerin analizinde öncelikle IDL* (The Interactive Data Language) programında yazdığımız kodlar kullanılarak, standart CCD verisi ön indirgeme adımları uygulanmıştır [12-15]. Bu teknik başlıca kara akım çıkarma, düz-alana bölme, bozuk piksel yapılarının temizlenmesi, yüksek enerjili kozmik ışınlar tarafından üretilen sıcak piksellerin atılması ve optik sisteme bağlı olarak yansımalarından ortaya çıkan görüntülerin çıkarılması olarak özetlenebilir. Burada kozmik ışın olarak adlandırdığımız sıcak piksellerin tüm kara akım, düz alan ve galaktik görüntülerden temizlenmesi için her CCD görüntüsündeki piksellerin standart sapması bulunmakta ve standart sapmanın üç katı ve üzerindeki ($\geq 3\sigma$) parlaklığa sahip olan sıcak pikseller kozmik ışın olarak kabul edilmekte ve görüntülerden temizlenmektedir [12-15].

CCD'nin sıcaklığına bağlı olarak her bir pikselin kara akımı farklı olduğundan hem galaktik hem de düz alan görüntülerinde bu farklılıkların arındırılması gerekir. Galaktik kaynaklardan alınan verilerin veri indirgemesinde kullanılmak üzere, her gece galaktik görüntüler için verilen poz süresi kadar poz verilerek kara akım görüntüsü ve homojen olarak aydınlatılmalı yaygın bir ışık kaynağı kullanılarak yeterli poz süresinde düz alan görüntüsü alınmaktadır. Tüm galaktik verilerden ve düz alan görüntülerinden öncelikle kozmik ışınlar ve kara akım görüntüleri çıkartılmakta ve daha sonra düz alan görüntüsüne normalize edilmektedir. Galaktik H α görüntüleri normalize edilmiş düz alan görüntülerine bölünmektedir. Son olarak da etalonlardan ve etalonların bulunduğu basınç odalarının ara yüzeylerindeki camlardan kaynaklanan farklı merkezlere sahip iki yansımış

görüntü de görüntülerden temizlenerek galaktik verilerin CCD ön indirgeme işlemi tamamlanmaktadır [12,13].

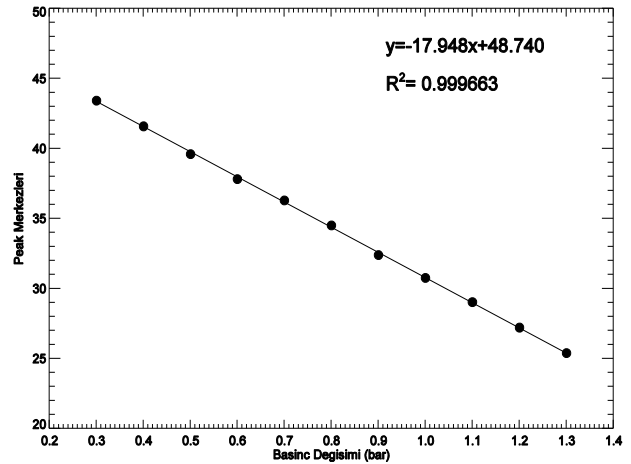
Ön indirgemesi yapılan CCD görüntüleri halka toplama tekniği kullanılarak iki boyutlu tayflara dönüştürülmektedir (Şekil 6). Halka toplama tekniği CCD pikselleri üzerinde eşit alanlı halkaların eşit dalga boyu aralıklarına karşılık gelmesi prensibidir [12, 21]. Elde edilen iki boyutlu H α tayfları ölçülen gazın fiziksel durumları (dağılım, kinematik gibi) bileşenleri hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır [6]. İki boyutlu çizgi profilleri her biri 4 km/s'lik tayfsal çözünürlüklü 50 tane spektral elemente karşılık gelmektedir (Şekil 6) [13-15].

Tayföçerin dalga boyu kalibrasyonu için Hidrojen ve Döteryum lambaları kullanılmıştır. H α ve D α çizgileri arasında yaklaşık 82 km/s'lik (1.78 Å) bir fark vardır. Bu yöntem CCD üzerine düşen eşit alanların eşit dalga boyu aralıklarına sahip olması prensibine dayanmaktadır. DEFPOS gibi düşük ayırma gücüne sahip tayföçerler için bu yöntem oldukça iyi sonuçlar vermektedir [1,18]. Tayföçerin dalga boyu kalibrasyonu 200 km/s tayfsal aralıkta her bir tayfsal element başına 4 km/s (0.087Å) olarak belirlenmiştir [13].

Her gözlem gecesinde hidrojen lambası ile 0.3 bar ile 1.4 bar aralığında değişik basınçlarda ve değişik poz sürelerinde lamba görüntüleri alınmaktadır. Bu görüntüler Fabry-Perot saçaklarının merkezlerinin ve mutlak hız kalibrasyonun belirlenmesinde kullanılmaktadır (Şekil 5). Yani elde edilen galaktik yapıların LSR (Local Standart of Rest) hızına göre hangi hızla hareket ettiği bu şekilde belirlenmektedir. Bu lamba görüntüleri geliştirdiğimiz IDL programlarını kullanılarak iki boyutlu tayflara dönüştürülmektedir. Farklı basınçlarda elde edilen tayfların maksimum piklerinin merkezleri belirlenerek basınca göre pik merkezlerinin grafiği çizilmekte ve noktaları temsil eden en iyi doğru uyumlaması (fit) yapılmaktadır. Örnek olarak, bir gözlem öncesi hidrojen lambası ile 0.3 bar ile 1.3 bar arasında alınan toplam on bir görüntüden elde edilen tayfların pik merkezlerinin basınca göre değişimlerini gösteren grafiği Şekil 5'de verilmiştir (içi dolu çemberler). Bu örnek için elde edilen doğru denklemi ve R² değeri grafiğin sağ üst köşesinde verilmiştir. Elde edilen bu doğru denklemi kullanılarak ilgili gözlem gecesinde elde edilen tayfların merkez değişimleri belirlenmektedir.

DEFPOS ile elde edilen tayfların parlaklık değerleri ADU (Analog to Digital Unit) biriminde ölçülmektedir. ADU biriminde elde edilen tayfların Rayleigh (R*) birimine dönüştürülmesi için parlaklık kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir. Galaktik verilerin parlaklık kalibrasyonları için yüzey parlaklığı uzun süre değişmeyen bulutsu kaynaklardan gelen H α ışınım çizgisi kullanılmaktadır. Bu kalibrasyon için en uygun

kaynak NGC7000 (North American Nebulae: NAN) verilebilir. Standart yıldızlar ve NGC7662 gezegenimsi bulutsusu kullanılarak NGC7000'in 49 açı dakikalık bölgesinin ($\alpha=20^{\text{sa}}57^{\text{dk}}59^{\text{s}}$, $\delta=44^{\circ}34'05''$) H α yüzey parlaklığı Scherb (1981) [22] tarafından hesaplanmış ve parlaklık değeri 850 ± 50 Rayleigh (R) olarak bulunmuştur. Scherb (1981) [22] tarafından bulunan bu değer kara cisim yaklaşımı kullanılarak Nossal (1994) [23] tarafından tekrar kontrol edilmiş ve parlaklık kalibrasyonu bir kez daha doğrulanmıştır. Daha sonra NGC7000'in 49 açı dakikalık bölgesinden ($\alpha=20^{\text{sa}}57^{\text{dk}}04^{\text{s}}$, $\delta=44^{\circ}35'43''$) seçilen 4 açı dakikalık bir bölümü ile Morgenthaler ve ark. (2001) [24] tarafından yapılan parlaklık kalibrasyonu ile yüzey parlaklığı 900R olarak tahmin edilmiştir. Morgenthaler ve ark. (2001) [23] tarafından kalibrasyonu yapılan bu bölgenin yüzey alanı DEFPOS'un görüş alanı (4') ile aynı olduğundan DEFPOS ile alınan galaktik verilerin parlaklık kalibrasyonları için bu bölgeden alınan tayflar kullanılmaktadır. Bu nedenle, her gözlem gecesini Morgenthaler ve ark. (2001) [24] tarafından kullanılan NGC7000'in bu bölgesinden en 2-3 tane H α tayfı alınmaktadır. NGC7000'den alınan tayflarla kalibrasyonların yapılıyor olması aynı zamanda atmosfer koşullarına bağlı olan etkilerin de analizlerde göz önünde bulundurulmasını sağlamaktadır [12-16].



Şekil 5. Hidrojen lambası kullanılarak 0.3 bar ile 1.3 bar arasında değişik basınçlarda elde edilen tayflar için basınca karşılık tayf merkezlerinin değişimi.

3. Bulgular

Bu çalışmada, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) (Antalya/Bakırtepe) bulunan RTT150 teleskopun Coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayföçeri ile Samanyolu gökadamızdaki HII bölgelerinden, gezegenimsi bulutsulardan, bulutsulardan ve açık yıldız kümelerinden H α 'da (6563Å) düşük açısız çözünürlükle tayflar alınmıştır. Tayflardan bir kısmı seçilerek analizleri yapılmış ve incelenen bölgelerin LSR'a göre hızları, yarı genişlikleri ve parlaklıkları hakkında tayfsal bilgiler elde edilmiştir. 7.5cm açıklıklı ve yaklaşık 30km/s tayfsal çözünürlüklü DEFPOS tayföçeri, Bölüm 2.1'de belirttiği gibi 4 açı

dakikalık görüş alanı ile basınç odalarındaki gaz basıncı değiştirilerek (0.3-1.3 bar arasında) 200 km/s hız aralığındaki galaktik iyonize kaynakların H α ışınımını ölçecek şekilde tasarlanmıştır [13].

Seçilen iyonize kaynakların isimleri, ekvatorial koordinat sistemine göre sağ açıklıkları (α) ve dik açıklıkları (δ), tayfsal sınıfları, görünür parlaklıkları, açısal boyutları (açı dakikası), uzaklıkları (kpc) ve alternatif isimleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen galaktik kaynakların yukarıda belirtilen CCD ön indirgeme işlemleri yapıldıktan sonra halka toplama tekniği kullanılarak iki boyutlu tayfları elde edilmiştir (Şekil 6). Elde edilen H α salma çizgi profillerinden LSR hızları (km/s) FWHM (km/s) değerleri, parlaklıkları (R) ve salma ölçüm değerleri hassas olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu fiziksel değerler Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de birinci ve ikinci sütunlarda kaynakların adı ve ölçümlerde kullanılan poz süreleri verilmiştir. Üçüncü ve dördüncü sütunlarda sırasıyla DEFPOS ile elde edilen değerlerin LSR hızları (km/s) ve FWHM (km/s) değerleri 2'de verilen tüm çizgi hızları Güneş'in her zaman LSR'a göre $\alpha=18^{\text{sa}}03^{\text{dk}}44^{\text{s}}.6$, $\delta=+30^{\circ}03'12''.0$ yönündeki 20 km/s'lik hareketi referans alınarak tanımlanmıştır [25,26]. Beşinci ve altıncı sütunlarda ise sırasıyla kaynakların parlaklıkları (R) ve parlaklık değerleri kullanılarak hesaplanan salma ölçüm değerleri (EM) değerleri (cm^{-6}pc) verilmiştir. EM değerleri H α 'da 8000K sıcaklığına sahip ortalama elektron yoğunluklu bir gaz için $2.25 \text{ cm}^{-6}\text{pc}^{\text{lik}}$ salma ölçüğü (EM) değerine karşılık gelmektedir. Yapılan analizlerden elde edilen LSR hızları, FWHM ve parlaklık değerleri için en küçük kareler yöntemi kullanarak hata değerler hesaplanmıştır. DEFPOS ile elde edilen H α çizgi profillerinin FWHM ve LSR'a göre hız değerlerinin bir kısmı literatürde verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Her bir veri için salma ölçüğü (EM) değerleri

$$EM = 2.75T_4^{0.9}I_{H\alpha} (\text{cm}^{-6}\text{pc}) \quad (5)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Burada $I_{H\alpha}$ rayleigh (R) biriminde ölçülen parlaklık değeri (Tablo 2'de beşinci sütun), T ise 10^4 K'deki elektron sıcaklığını göstermektedir. Sıcak iyonize ortamdaki gaz sıcaklığı 6000 - 10000 K arasında değiştiğinden ortalama olarak 8000K sıcaklık değeri referans olarak alınmış ve DEFPOS verileri kullanılmıştır (Tablo 2'de altıncı sütun) [3,6,9,11].

Şekil 6'da verilen tayfların yatay eksenleri elde edilen ışınım çizgilerinin LSR'a göre hızlarını (km/s), düşey eksen ise H α ışınım yoğunluğunu (R/(km/s)) göstermektedir. Grafikteki noktalar analizler sonucunda elde edilen ve her biri 4 km/s tayfsal aralığa karşılık gelen ölçüm değerlerini göstermektedir. Bu noktalardan geçen düz çizgiler ise tayfa uydurulan en uygun gauss eğrisini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar bu gauss eğrisinin özelliklerini göstermektedir. Şekil 6'da

verilen grafiklerin her birinde gösterilen yatay kesikli çizgiler tayfların sıfır seviyelerini, düşey kesikli çizgiler ise LSR hızlarının yerlerini göstermektedir.

Sagittarius takımyıldızında bulunan NGC 6530, Lagoon bulutsusunun (M8) önüne yerleşen ve Atbaşı bulutsusunun 9'.8 doğusunda bulunan son derece genç bir açık yıldız kümesidir. Ortalama parlaklığı 4^m.6, açısal çapı 14' ve uzaklığı 1.33 kpc [27] olan NGC6530 kümesi 1654 yılından önce Hodierna tarafından keşfedilmiştir [27,28]. Fotometrik gözlemler sonucu en parlağı 6^m.9 olan çok sayıda O5-A0 tayf türünden sıcak yıldızlar içermektedir. DEFPOS ile NGC6530'dan $\alpha=18^{\text{sa}}04^{\text{dk}}31^{\text{s}}$ ve $\delta=-24^{\circ}21'30''$ koordinatlarında 600s'lik poz süresinde bir adet tayf alınmıştır (Şekil 6a). Alınan tayfın analizleri sonucunda LSR'a göre hızı 11.80 ± 0.2 km/s ve yarı genişliği 30.30 ± 0.5 km/s olarak ölçülmüştür. Parlaklık ve EM değerleri ise 24409.70 ± 16.8 R ve $54913.1237.8 \text{ cm}^{-6}\text{pc}$ olarak hesaplanmıştır ki bu kaynaklar içinde en parlak olanıdır.

Frederick William Herschel tarafından (1787) keşfedilen (PK144+061) Zürafa takımyıldızı yönünde yaklaşık olarak 1.3kpc uzaklıkta bulunan 0.87×0.87 [29] açısal boyuta ve 14^m.20 değerinde bir görünür parlaklığa sahip bir gezegenimsi bulutsudur [29,30]. Merkezindeki WC4 yıldızı son derece sıcak hidrojen fakir OVI tayf türündeki Beyaz-cüce öncesi (PG1159-035) bir yıldızdır [31]. DEFPOS ile 3600 s'lik poz süresi kullanılarak NGC1501 gezegenimsi bulutsudan ($\alpha=04^{\text{sa}}06^{\text{dk}}59^{\text{s}}$, $\delta=+60^{\circ}55'00''$) alınan H α tayfı Şekil 6b'de ve elde edilen fiziksel sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 6b'de verilen H α profilinden LSR'a göre hız ve yarı genişlik sırasıyla -26.26 ± 2.6 km/s ve 39.64 ± 4.4 km/s olarak bulunmuştur. Parlaklık değeri ve buna bağlı olan EM değeri de sırasıyla 255.13 ± 4.5 R ve $573.95\pm 10.2 \text{ cm}^{-6}\text{pc}$ olarak elde edilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, görünür parlaklığı 14^m.20 olan NGC1501 gezegenimsi bulutsusunun profil altında kalan parlaklık değeri diğerlerine göre oldukça sönüktür.

William Herschel tarafından 1786 tarihinde keşfedilen NGC1973 bulutsusu (Sh2-279) Avcı takımyıldızı yönünde Orion Bulutsusunun yarım derece kuzey-doğusunda bulunan bir yansıma bulutsusudur. 20 açı dakika genişliğinde, görünür parlaklığı 7^m ve yaklaşık 0.5kpc [32] uzaklığına sahip bulutsu B3 tayf türündeki HD 37018 yıldızının ışınımı ile iyonize edilmektedir. Running Man ya da Sharpless 279 (Sh2-279) olarak da adlandırılan karanlık bölgelerin ayırdığı üç NGC nesnesi (NGC 1973, NGC 1975 ve NGC 1977) bulunmaktadır. Bu bulutsular, yakındaki Orion Bulutsusunun genç yıldızların güçlü ışınımı ile aydınlatılır. Sıcak, genç yıldızlardan gelen ışığı yansıtan yıldızlararası tozun, karakteristik mavi rengi hakimdir. Bu bölgeden ($\alpha=05^{\text{sa}}35^{\text{dk}}04^{\text{s}}$, $\delta=-04^{\circ}43'54''$) 3600 s'lik poz süresinde alınan gözlemlere ait tayf Şekil 6c'de verilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 6c H α profilinden Gauss

eğrisinin yarı genişliği $36.14 \pm 2.2 \text{ km/s}$, LSR'a göre hızı $13.65 \pm 0.7 \text{ km/s}$ olarak elde edilmiştir. Yapının parlaklık değeri ve bu parlaklık değerine göre EM değeri sırasıyla $477.87 \pm 3.2 \text{ R}$ ve $1075.04 \pm 7.1 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$ olarak elde edilmiştir. Fich ve ark. (1990) [33] hız değerini $6.9 \pm 0.2 \text{ km/s}$ ve yarı genişlik değerlerini 36.3 olarak ölçmüşlerdir. Ayrıca Blitz ve ark. (1982) [32] yapının hızını $8.0 \pm 1.5 \text{ km/s}$ olarak vermişlerdir.

Galaktik merkez doğrultusunda üç boğumlu ya da Trifid Bulutsusu olarak adlandırılan NGC6514 bulutsusu (M20, RCW147, Gum76) yay takımyıldızında bulunan optik bölgede parlak bir salma (HII bölgesi) bulutsusudur. Sharpless (1959) [34] kataloğunda Sh2-30 olarak kodlanan bu HII bölgesinin içinde yer alan sıcak yıldızlar, çevrelerini saran yoğun gazdaki hidrojeni iyonize ederek fazla miktarda kırmızı renkli $H\alpha$ ışımaya neden olmaktadır. Trifid Bulutsusu 28 açılı dakika genişliğinde olup yaklaşık $1.8 \pm 0.2 \text{ kpc}$ uzaklığa sahiptir. 07.5 tayf türündeki HD164492 çoklu yıldız sisteminin ışığı ile iyonize edilmektedir. HII bölgesini mavi bir yansıma bulutsusu çevrelemektedir [32,35]. Trifid Bulutsusu genellikle Lagoon bulutsusu ile birlikte gökadamızın Sagittarius kolundaki Sgr OB10 yansımasının bir parçası olarak kabul edilmektedir. NGC6514 bulutsusundan DEFPOS ile $\alpha = 18^{\text{sa}}02^{\text{dk}}18^{\text{s}}$, $\delta = -23^{\circ}02'00''$ koordinatlarından 1200 s'lik poz süresinde alınan tayf Şekil 6'de verilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 6'de verilen $H\alpha$ profilinden yarı genişliği ve hızı sırasıyla $36.00 \pm 0.5 \text{ km/s}$ $14.43 \pm 0.2 \text{ km/s}$ olarak bulunmuştur. Ayrıca, parlaklığı ve emisyon (salma) ölçüsü de sırasıyla $1856.71 \pm 0.6 \text{ R}$ ve $4176.94 \pm 1.4 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$ olarak bulunmuştur. Literatürden elde edilen yarı genişlik değerleri Lockman (1989) [36] tarafından $25.9 \pm 2.3 \text{ km/s}$ ve Fich ve ark. (1990) [33] tarafından $23.8 \pm 0.1 \text{ km/solarak}$ verilmiştir. Ayrıca, Lockman (1989) [36] tarafından LSR hızı $3.8 \pm 0.9 \text{ km/s}$ olarak ve Fich ve ark. (1990) [33] tarafından V_{CO} hızı, $11.8 \pm 8 \text{ km/s}$ ve Morales ve ark. (2013) [35] tarafından 21.58 km/solarak verilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, ülkemizde ilk ve tek Fabry-Perot tayföçer olma özelliğine sahip olan ve RTT150 teleskopunun Coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayföçeri hakkında genel bilgiler verilmiştir. DEFPOS ile gökadamızdaki sıcak, iyonize olmuş hidrojen bölgelerinden seçilen NGC6530, NGC1973, NGC1501 ve NGC6514 iyonizasyon kaynaklarından gelen $H\alpha$ ışınım çizgileri ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucu ölçülen kaynakların yarı genişlikleri, LSR'a göre hızları ve çizgi şiddetleri belirlenmiştir. En küçük kareler yöntemi kullanarak elde edilen sonuçlar için hata değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen tayflardan, yapıların LSR'a göre hızları ve parlaklıkları sırasıyla, açık yıldız kümesi olan NGC6530 için $11.80 \pm 0.2 \text{ km/s}$ ve $24409.70 \pm 16.8 \text{ R}$, HII bölgesi olan NGC1973 (Sh2-

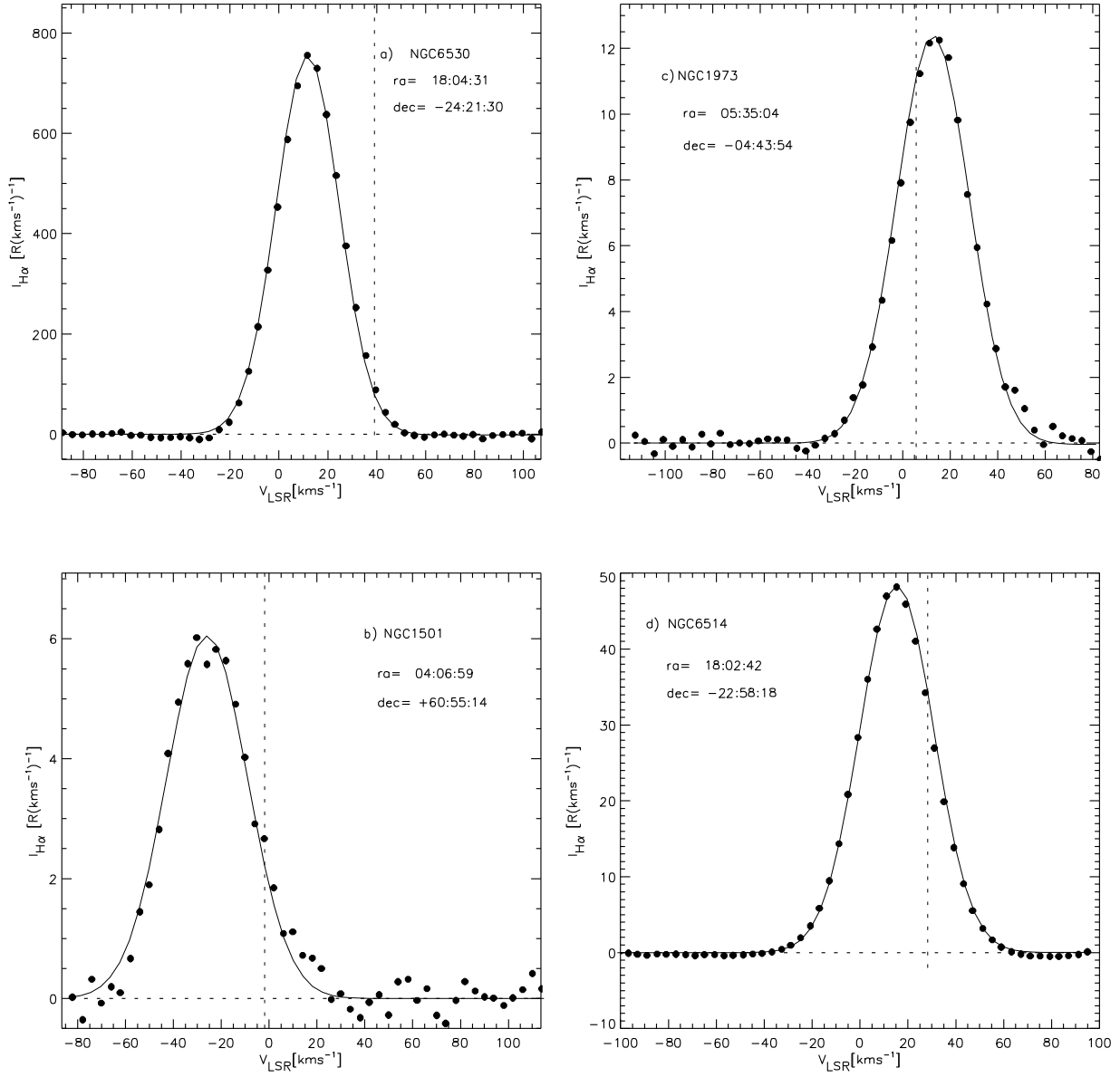
279) için $13.65 \pm 0.7 \text{ km/s}$ ve $477.87 \pm 3.2 \text{ R}$ ve bir gezegenimsi bulutsusu olan NGC1501 için $-26.26 \pm 2.6 \text{ km/s}$ ve $255.13 \pm 4.5 \text{ R}$ ve HII bölgesi olan NGC6514 için $14.43 \pm 0.2 \text{ km/s}$ $1856.71 \pm 0.6 \text{ R}$ olarak bulunmuştur. Parlaklık değerleri kullanılarak her emisyon kaynağı için salma ölçüm değerleri de hesaplanmıştır. Bu değerlerden Orion Bulutsusunun yarım derece kuzey-doğusunda bulunan NGC1973 bulutsusu en düşük parlaklığa ve NGC6530 açık yıldız kümesi ise en yüksek parlaklığa sahip olduğu görülmektedir. DEFPOS ile elde edilen bazı kaynakların sonuçları literatürden elde edilen (özellikle Blitz ve ark. (1982) Fich ve ark. (1990) [32,33]) LSR'a göre hızları ve yarı genişliği (FWHM) değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan FWHM karşılaştırılması sonucunda, NGC1973 için DEFPOS değerlerinin ($36.14 \pm 2.2 \text{ km/s}$) literatür ile ($36.3 \pm 0.3 \text{ km/s}$ [36]) yaklaşık aynı değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Fakat, NGC6514'nin DEFPOS ile elde edilen yarı genişlik değeri ($36.00 \pm 0.5 \text{ km/s}$) ve literatürde iki farklı çalışmadan biri olan $25.9 \pm 2.3 \text{ km/s}$ [32] hız değerlerinden, hata payları da göz önüne alındığında nedeninin tam olarak anlaşılmadığı yaklaşık 7 km/s'lik bir fark göstermektedir. Aynı şekilde, LSR'a göre hızlarının da karşılaştırılmasında NGC6514 kaynağının hızı için literatürde üç farklı sonuç (21.58 km/s [25] $3.8 \pm 0.9 \text{ km/s}$ [32], $11.8 \pm 8 \text{ km/s}$ [36]) verilmiş ve bu sonuçlar da hata değerleri göz önüne alındığında DEFPOS ile elde edilen LSR hızıyla ($14.43 \pm 0.2 \text{ km/s}$) uyumlu olduğu söylenebilir.

Elde edilen tayfların bazı fiziksel özellikleri literatürden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Literatürde 4 açılı dakikalık görüş alanı gibi oldukça düşük açılal çözünürlüklerde incelenen bu tür galaktik kaynakların parlaklık ve LSR hızları hakkında yeterli bilgi bulunmadığından, DEFPOS tayföçeri ile elde edilen hız ve parlaklık değerlerinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle bu tür çalışmaların bilime oldukça önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, DEFPOS ile elde edilen önceki sonuçlar ve bundan sonra yapılacak olan çalışmalardan elde edilecek bilimsel sonuçlar kullanılarak gelecekte bir katalog oluşturulması planlanmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) tarafından *14BRTT150-660* (devamı olan projelerin başvuru numaraları: *736* ve *846*) ve *16ARTT150-943* proje numaraları ile desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Destekleme Programı tarafından *OKÜBAP-2015-PT3-010* proje numarası ile desteklenmiştir.


Şekil 6. Galaktik NGC6530, NGC1973, NGC1501 ve NGC6514 kaynaklarından alınan H α tayfları

Tablo 1. NGC6530, NGC1973, NGC1501 ve NGC6514 kaynaklarının özellikleri

Kaynak	α (sadc)	δ ($^{\circ}$)	İyonizasyon Kaynağı	Sınıfı	Parlaklık (kadir)	Açısal Büyükük ($^{\circ}$)	Uzaklık (kpc)	Alternatif İsmi
NGC6530	18:04:31	-24:21:30	HD164794 HD165052	O5-A0	4.6	60x32 ^[27]	1.8 ^[27] 1.33 ^[28]	OCL 19
NGC1973	05:35:04	-04:43:54	HD 37018	B3	7.0	20 ^[32]	0.5 ^[32]	Sh2-279
NGC1501	04:06:59	+60:55:14	PG1159-035	-	14.2	0.87x0.87 ^[29]	1.3 ^[29,30]	PK 144+06 1
NGC6514	18:02:42	-22:58:18	HD164492	O6	6.3	28 ^[35] 20 ^[32]	2.7 \pm 0.5 ^[35] 1.8 \pm 0.2 ^[32]	Trifid Nebula, M20, Sh2-30,

Tablo 2. NGC6530, NGC1973, NGC1501 ve NGC6514 kaynaklarından alınan tayfların ölçüm sonuçları ve referans değerleri

Kaynak	Poz süresi (s)	VLSR (km/s)	FWHM (km/s)	Parlaklık (R)	EM ($cm^{-6}pc$)	FWHM (km/s)	VLSR (km/s)
NGC6530	600	11.80 \pm 0.2	30.30 \pm 0.5	24409.70 \pm 16.8	54913.12 \pm 37.8	-	-
NGC1973	3600	13.65 \pm 0.7	36.14 \pm 2.2	477.87 \pm 3.2	1075.04 \pm 7.1	36.3 \pm 0.3 ^[36]	6.9 \pm 0.2 ^[36] 8.0 \pm 1.5 ^[25]
NGC1501	3600	26.26 \pm 2.6	39.64 \pm 4.4	255.13 \pm 4.5	573.95 \pm 10.2	-	-
NGC6514	1200	14.43 \pm 0.2	36.00 \pm 0.5	1856.71 \pm 0.6	4176.94 \pm 1.4	25.9 \pm 2.3 ^[32] 23.8 \pm 0.1 ^[36]	21.58 ^[25] 3.8 \pm 0.9 ^[32] 11.8 \pm 8 ^[36]

Kaynakça

- [1] Tufte, S. L., 1997. The WHAM Spectrometer: Design, Performance Characteristics and First Results, PhD Thesis, Physics Department, University of Wisconsin, USA.
- [2] Haffner, L. M., Dettmar R. J., Beckman, J. E., Wood K., Slavin, J. D., Giammanco, C., Madsen, G. J., Zurita, A., and Reynolds, R. J., 2009. The warm ionized medium in spiral galaxies, *Rev. Mod. Phys.* 81, 969-997.
- [3] Haffner, L. M., Reynolds, R. J., Tufte, S. L., Madsen, G. J., Jaehnig, K. P., and Percival, J. W., 2003. The Wisconsin H α Mapper Northern Sky Survey, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 149, 405-422.
- [4] McKee, C. F., Ostriker, J. P., 1977. A theory of the interstellar medium - Three components regulated by supernova explosions in an in homogeneous substrate, *Astrophysical Journal*, Part 1, 218, 148-169.
- [5] Reynolds, R. J., 1984. A measurement of the hydrogen recombination rate in the diffuse interstellar medium, *Astrophysical Journal*, Part 1, 282, 191-196.
- [6] Reynolds, R. J., 1991. Line integrals of n_e and ne^2 at high Galactic latitude, *Astrophysical Journal*, 372, L17-L20.
- [7] Ferriere, K. M., 2001. The Interstellar Environment Of Our Galaxy, *Reviews Of Modern Physics*, 73, 1031 -1066.
- [8] Madsen, G. J., Reynolds, R. J., Haffner, L. M., 2006. A Multi Wavelength Optical Emission Line Survey Of Warm Ionize Gas In The Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 652, 401-425.
- [9] Haffner, L. M., Reynolds, R. J., Tufte, S. L., 1999. WHAM observations of H α , [SII] And [NII] toward the orion and perseus arms: probing the physical conditions of the warm ionized Medium. *The Astrophysical Journal*, 523: 223-233.
- [10] Roesler, F. L., 1974. Fabry-Perot instruments for astronomy, methods of experimental physics. Vol. 12, Academic Press. Inc. Part 12.
- [11] Sahan, M., Haffner, L. M., 2016. The ionization structure of Sharpless 2-264: multi wavelength observations of the λ Ori HII region, *The Astronomical Journal*, 151, 6, 147.
- [12] Şahan, M., 2004. Doktora Tezi, DEFPOS: tasarımı özellikleri ve ilk sonuçları, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.
- [13] Sahan, M., Yeğingil, İ., Aksaker, N., 2009. H α Measurements using DEFPOS/RTT150 telescope: instrumentation and observations, *Research in Astron. Astrophys*, 9, 2, 237-248.
- [14] Sahan, M., 2011. H α observations with DEFPOS, *Astron. Nachr. / AN* 332, 2, 185 - 190.
- [15] Sahan, M., Aksaker, N., Yegingil, İ., 2012. The H α observations of the California Nebula (NGC1499) with DEFPOS, *Astron. Nachr./AN* 333, 2, 153 - 159.
- [16] Sahan, M., Oflaz, F. M., Yegingil, I., and Tel, E., 2015. H α line measurements from ten diffuse galactic sources using the DEFPOS facility, *Astron. Nachr. /AN*336, No. 6, 1 - 10.
- [17] 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, *Instrumentation In Astronomy VII*, ed. D. Crawford Bellingham: SPIE, 610-621.
- [18] Mierkewicz, E. J., 2002. Fabry-Perot observations of the hydrogen geocorona. PhD. Thesis, University of Wisconsin, Physics Department, USA.
- [19] Nossal, S., Roesler, F. L., Coakley, M. M., 1998. Cascade excitation in the geocoronal hydrogen Balmer- α line. *Journal of Geophysical Research*, 103, A1, 381-390.
- [20] Nossal, S., Roesler, F. L., Bishop, J., Reynolds, R. J.; Haffner, M., Tufte, S., Percival, J., Mierkewicz, E. J., 2001. Geocoronal H-alpha intensity measurements using the Wisconsin H-alpha Mapper Fabry-Perot Facility, *Journal of Geophysical Research*, 106, A4, 5605-5616.
- [21] 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, 6479-6493.
- [22] Scherb, F., 1981. Hydrogen production rates from ground-based Fabry-Perot observations of comet Kohoutek. *The Astrophysical Journal*, 243, 644-650.
- [23] Nossal, S., 1994. Fabry-Perot observations of geocoronal hydrogen Balmer- α Emission. PhD Thesis, University Of Wisconsin, Madison, USA.
- [24] Morgenthaler, J. P., Harris, W. M., Scherb, F., Anderson, C. M., Oliverson, R. J., Doane, N. E., Combi, M. R., Marconi M. L., Smyth W. H., 2001. Large-aperture [OI] 6300Å photometry of Comet Hale-Bopp: implications for the photochemistry of OH, *The Astrophysical Journal*, 563, 1, 451-461.
- [25] Mezger, P. G., Höglund, B., 1967. Galactic HII Regions. II. Observations of their hydrogen 109 α recombination-line radiation at the frequency 5009 MHz *Astrophysical Journal*, 147, 490-518.
- [26] Balick, B., Smith, M. G., Gull, T. R., 1980. Macroscopic motions in the Orion nebula,

Astronomical Society of the Pacific, Publications (PASP), 92, 22-31.

- [27] Tothill, N. F. H., Gagné, M., Stecklum, B., Kenworthy, M. A., 2008. The Lagoon Nebula and its Vicinity, Handbook of Star Forming Regions, Volume II: The Southern Sky ASP Monograph Publications, 5. Edited by Bo Reipurth, p.533
- [28] van den Ancker, M. E., The, P. S.; Feinstein, A.; Vazquez, R. A., de Winter, D.; Perez, M. R., 1997. A multi wavelength study of star formation in the very young open cluster NGC 6530 , Astronomy and Astrophysic Supplement series, 123, 63
- [29] Freeman, M., Montez, R., Jr., Kastner, J. H. et al., 2014. The Chandra Planetary Nebula Survey (Chan PlaNS). II. X-Ray Emission from Compact Planetary Nebulae, The Astrophysical Journal, 794, 2, article id. 99, 13pp.
- [30] https://tr.wikipedia.org/wiki/NGC_1501#cite_note-seds-2
- [31] Bond, H. E., C. Robin, Kawaler, S. D., 1993. Asteroseismology of planetary nebula nuclei, Acta Astronomica, 43, 4, 425-430.
- [32] Blitz, L., Fich, M., Stark, A. A., 1982. Catalog of CO radial velocities toward galactic HII regions, Astrophysical Journal Supplement Series, 49, 183-206.
- [33] Fich, M., Dahl, G.P., Treffers, R.R., 1990. Fabry-Perot H-alpha observations of Galactic H II regions, Astronomical Journal, 99, 622-637.
- [34] Sharpless, S., 1959. A Catalogue of H II regions, Astrophysical Journal Supplement, 4, 257-279.
- [35] Morales, E. F. E., Wyrowski, F., Schuller, F., Menten, K. M., 2013. Stellar clusters in the inner Galaxy and their correlation with cold dust emission, Astronomy and Astrophysics, 560, id. A76, 38.
- [36] Lockman, F. J., 1989. A survey of radio H II regions in the northern sky, Astrophysical Journal Supplement Series, 71, 469-479.