

## Seyfert Galaksileri'nin Merkezi Bölgeleri

Uğur İlter<sup>1</sup>, Reynier F.Peletier<sup>2</sup>, Cemal Aydın<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 06100, Ankara  
ilter@astro1.science.ankara.edu.tr, aydin@astro1.science.ankara.edu.tr,

<sup>2</sup>Kapteyn Astronomical Institute, Rijksuniversiteit Groningen, PO Box 800, 9700 AV Groningen  
The Netherlands  
R.F.Peletier@astro.rug.nl

### Özet:

Seyfert galaksilerinin, sıcak ve soğuk toz ile farklı yaşlardaki yıldızları içeren merkezi bölgelerinin doğasını anlamak için optik ve yakın kızılöte ışınım bölgelerinde elde edilmiş görüntülerinden oluşturulan model ile bir çalışma yürütülmüştür. Söz konusu bu çalışmada merkezi bölgedeki ışınım tartışılmış, (R-H), (J-H) ve (H-K) renkleri incelenmiştir. Bu renkler sırasıyla; genç yıldızların oluşumu, toz sönümlenmesi ve sıcak toz salmasının belirteçleri olarak kullanılmıştır. (J-H)-(H-K) renk-renk diyagramı hazırlanarak bazı galaksilerin merkezi bölgelerinin iç kısımlarında, bazılarının merkezi bölgelerinin dış kısımlarında toz sönümlenmesi görülmüştür. Bir galaksi büyük miktarda toz salması gösterirken, bir galaksi hiç göstermemiştir, diğer galaksiler kısmen toz salması göstermiştir. Genç yıldız oluşumlarını belirlemek için (R-H)-(J-H) renk-renk diyagramı kullanılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** gökadarlar: aktif çekirdek – gökadarlar: Seyfertler – gökadarlar: toz içeriği – gökadarlar: yıldız popülasyonları – gökadarlar: galaksi fotometri – fotometri: açıklık – yıldızlar: genç yıldızlar

### Abstract:

For understanding the nature of central regions of Seyfert galaxies consist of hot and cold dust and stars of different ages, a research has been done with a sample, which was obtained from the images of Seyfert galaxies in optical and near infrared. The luminosity of central regions was discussed and colors of (R-H), (J-H) and (H-K) were analyzed. These colors were used as the characteristic of young star formation, to find extinction by dust and to show presence of hot dust emission, respectively. By preparing the (J-H) – (H-K) color-color diagram, we have seen dust emission in the inner central region of some galaxies and in the outer central region of others. One of the galaxies has shown a vast amount of dust emission, some others have shown partially, but one of them hasn't show any. In order to find young star formation, (R-H) – (J-H) color-color diagram has been used.

**Key words:** galaxies: active nuclei – galaxies: Seyferts – galaxies: dust content – galaxies: stellar populations – galaxies: galaxy photometry – photometry: aperture – stars: young stars

### 1. Giriş

Aktif galaktik çekirdekler (AGNs) konusunun temelinde yer alan Seyfert Galaksileri (Seyfert, 1943) genel olarak iki ana sınıfa ayrılmıştır; Seyfert-1 ve Seyfert-2. Seyfert-1 galaksileri geniş emisyon çizgilerine, Seyfert-2 galaksileri ise dar emisyon çizgilerine sahiptirler. Aktif Galaktik Çekirdekler için önerilen ve 'birleşik model' (Antonucci, 1993) adı verilen bir model, Seyfert galaksilerinin iki sınıfı arasındaki gözlenen farklılıkları açıklar. Bu modele göre bu farklılıklar; Seyfert galaksilerinin çekirdek bölgesini saran tozlu bir halka yapının bakış doğrultusu ile oluşan

yönelim etkilerinden kaynaklanmaktadır. Seyfert-1 sınıfında tozlu halkanın ekseni bakış doğrultusuna yakındır, çekirdek bölgesi doğrudan gözlenir ve geniş salma çizgileri alınır. Seyfert-2 sınıfında ise tozlu halka çekirdek bölgesini örter ve doğrudan gözlenmesine izin vermez ve sonuçta dar salma çizgileri alınır. Ayrıca bu iki ana sınıfın arasında tamamen yönelim etkilerinden kaynaklanan ara sınıflar vardır; Seyfert 1.2, 1.5, 1.8 ve 1.9 gibi.

Yakın kızılöte ve optik bölge renk ölçekleri Seyfert galaksilerinin doğasını incelemek için kullanılırlar (Peletier vd. 1999). Yakın kızılöte renkleri genellikle yıldız popülasyonları ve 1000 – 1300 K lik sıcak tozun bileşik etkisini içerirler (Alonso-Herrero vd. 1998). Bu sıcaklıklara ulaşmak için toz, aktif çekirdeğe yakın bir bölgede (Krolik&Begelman 1988; Lawrence 1991) veya

---

Bildiri tam metni için : Uğur İLTER  
e-mektup: ilter@astro1.science.ankara.edu.tr

güçlü yıldız oluşum bölgesinde olmak zorundadır. Son yapılan çalışmalardan anlaşılmıştır ki Seyfert galaksilerin çekirdekleri ayrıca büyük miktarda soğuk tozu da içerirler. Bu çalışmanın amacı olan Seyfert galaksilerinin aktif çekirdeklerinin yakınlarındaki yıldız oluşum bölgeleri ile sıcak ve soğuk toz bölgelerinin saptanması için yakın kırmızıöte verileri ile birlikte yüksek duyarlılıkta elde edilmiş optik fotometre verileri de kullanılmıştır.

## 2. Veriler

Bu çalışmada; Center for Astrophysics (CfA) örnek galaksiler grubundan (Huchra & Burg, 1992) seçilen 11 adet Seyfert galaksisinin (tablo 1), yüksek çözünürlüğe sahip optik ( $R - 0.606 \mu\text{m}$  merkezli) ve yakın kırmızıöte ( $J - 1.1 \mu\text{m}$  merkezli), ( $H - 1.6 \mu\text{m}$  merkezli) ve ( $K - 2.2 \mu\text{m}$  merkezli) bölgelerinde alınmış CCD görüntüleri kullanılmıştır.

**Tablo 1** Kullanılan galaksilerin özellikleri. Sütun isimleri sırasıyla; Galaksi adı, Seyfert türü (Huchra&Burg 1992), sağ açıklık ve dik açıklık (J2000) ve B bandındaki mutlak parlaklık kadir cinsinden (McLeod & Rieke 1995).

Adı	Türü	SA	DA	$M_B$
Mark270	2	13 41 05.759	+67 40 20.32	-17.7
Mark334	1,8	00 03 09.622	+21 57 36.56	-20.1
Mark573	2	01 43 57.802	+02 20 59.65	-19.5
Mark686	2	14 37 22.123	+36 34 04.11	-19.1
Ngc1144	2	02 55 12.196	-00 11 00.81	-19.8
Ngc5252	1,9	13 38 15.963	+04 32 33.29	-19.5
Ngc5674	1,9	14 33 52.243	+05 27 29.65	-21.2
Ngc5929	2	15 26 06.161	+41 40 14.40	-18.1
Ngc7469	1	23 03 15.623	+08 52 26.39	-20.3
Ngc7682	2	23 29 03.928	+03 32 00.00	-19.6
Ugc12138	1,8	22 40 17.048	+08 03 14.09	-20.6

Bu örnek galaksiler grubu birçok farklı dalgaboyunda gözlenmiştir ve AGN'lerin fiziksel özelliklerini çalışmak için çok uygundur (Peletier vd. 1999).

## 2.1 Optik Bölge Gözlemleri

Optik bölge gözlemsel verileri, Hubble Uzay Teleskobu (HUT) üzerinde kurulu bulunan, hem  $V$  hem de  $R$  bandını kapsayan, ortalama merkezi dalgaboyu  $5940 \text{ \AA}$  ve band genişliği  $1500 \text{ \AA}$  olan bir filtre ile plak eşeli  $0''.046$  ve görüş alanı  $37'' \times 37''$  olan "Wide Field Planetary Camera 2 (WFPC2)" CCD algılayıcısı kullanılarak 1993 yılının Aralık ayında elde edilmiştir. Optik bölge

gözlemleriyle ilgili ayrıntılar Malkan vd. (1998) de bulunabilir.

## 2.2 Yakın Kırmızıöte Bölge Gözlemleri

Yakın kırmızıöte bölge gözlemsel verileri, plak eşelleri sırasıyla  $0''.043$ ,  $0''.075$  olan,  $256'' \times 256''$  lik görüş alanına sahip ve band genişlikleri  $2000 \text{ \AA}$  olan filtreler ile HUT üzerinde kurulu bulunan "Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer (NICMOS)" CAM1 ve CAM2 isimli iki adet CCD algılayıcısı ile 1997 yılının Şubat ayında alınmıştır. Bu gözleme ilişkin ayrıntılar Thompson (1995) un çalışmasında yer almaktadır. Yakın kırmızıöte bölgedeki  $K$  ( $2.2 \mu\text{m}$  merkezli) bandı görüntüleri ise  $4.2 \text{ m}$ 'lik William Herschel Teleskobu (WHT) üzerinde kurulu bulunan, plak eşeli  $0''.245$  ve görüş alanı  $256'' \times 256''$  olan WHIRCAM isimli CCD algılayıcısı (Hughes, Roche ve Dhillon 1996) ile  $3.6 \text{ m}$ 'lik Canada-France-Hawaii Teleskobu (CFHT) üzerinde kurulu bulunan, plak eşeli  $0''.242$  ve görüş alanı  $256'' \times 256''$  olan MONICA isimli CCD algılayıcısı (Nadeau vd. 1994) kullanılarak sırasıyla Eylül-1995, Nisan-1996 ve Şubat-1996 tarihlerinde elde edilmişlerdir. Her iki gözlem anında ortalama görüş değeri  $0''.7$  olarak ölçülmüştür.  $K$  bölgesi gözlemleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler Peletier vd. (1999) da bulunabilir.

## 3. Veri Analizi

Yakın kırmızıöte  $J$ ,  $H$ ,  $K$  bandı CCD görüntülerine ve yüksek çözünürlüklü optik  $R$  bandı CCD görüntülerine açıklık fotometrisi uygulanarak, galaksilerin merkezi bölgelerinin içten dışa doğru seçilmiş olan  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$ ,  $5''$  ve  $7''$  lik açıklık bölgelerinin parlaklıkları elde edildi. Bunun için "Image Reduction and Analyses Facilities (IRAF)" veri indirgeme ve analiz programının DIGIPHOT/APPHOT paketi ve bu paketin altında yer alan phot, fitskypars ve photpars taskları kullanıldı. Bu uygulamada ilk olarak, görüntülerdeki arka alan katkısı sıfır olacak biçimde görüntüler üzerinde işlemler yapıldı. Her görüntü için arka alan değeri sıfıra eşitlendikten sonra, açısanıyese birimindeki açıklık bölgeleri, piksel birimine dönüştürüldü ve bunun için CCD'lerin plak eşelleri kullanıldı. Ardından açıklık değerleri APPHOT paketi altındaki photpars taskı içinde ilgili parametreye eklendi. Phot taskı ile her görüntünün seçilen açıklıklarının aletsel parlaklık değerleri elde edildi.

**Tablo 2** Renk değerleri Sütun 1; galaksi adını. Sütun 2; halka şeklindeki bölge açıklığını. Sütun 3-4-5; (J-H), (R-H) ve (H-K) renkleridir.

<i>Ad</i> (1)	<i>A</i> " (2)	<i>(J-H)<sub>HUT</sub></i> (3)	<i>(R-H)<sub>HUT</sub></i> (4)	<i>(H-K)<sub>YER</sub></i> (5)
<i>Mark270</i>	1"	0,838	2,777	0,217
	2"-1"	0,880	2,825	0,236
	3"-2"	0,905	2,755	0,240
	5"-3"	0,942	2,687	0,232
	7"-5"	0,995	2,537	0,222
<i>Mark334</i>	1"	1,155	3,895	1,657
	2"-1"	1,037	3,101	0,731
	3"-2"	1,073	3,092	0,210
	5"-3"	0,994	2,677	0,155
	7"-5"	0,881	2,257	0,233
<i>Mark573</i>	2"-1"	0,870	2,783	0,480
	3"-2"	0,868	2,718	0,371
	5"-3"	0,855	2,521	0,316
	7"-5"	0,828	2,493	0,278
<i>Mark686</i>	1"	0,847	2,851	0,282
	2"-1"	0,868	2,857	0,252
	3"-2"	0,884	2,796	0,241
	5"-3"	0,845	2,506	0,244
	7"-5"	0,763	2,026	0,238
<i>NGC1144</i>	1"	0,941	3,320	0,512
	2"-1"	0,936	3,298	0,337
	3"-2"	0,938	3,288	0,218
	5"-3"	0,882	3,053	0,175
	7"-5"	0,851	3,002	0,178
<i>NGC5252</i>	1"	0,964	3,064	0,667
	2"-1"	0,925	2,996	0,359
	3"-2"	0,949	2,951	0,258
	5"-3"	0,971	2,869	0,225
	7"-5"	0,964	2,762	0,227
<i>NGC5674</i>	1"	1,030	3,370	0,514
	2"-1"	0,941	3,188	0,398
	3"-2"	0,895	3,107	0,324
	5"-3"	0,801	2,877	0,281
	7"-5"	0,640	2,597	0,249
<i>NGC5929</i>	1"	0,940	3,264	0,682
	2"-1"	0,874	2,934	0,337
	3"-2"	0,884	2,986	0,177
	5"-3"	0,838	2,935	0,159
	7"-5"	0,754	2,833	0,210
<i>NGC7469</i>	3"-2"	0,930	3,247	0,423
	5"-3"	0,977	3,296	0,407
	7"-5"	0,995	3,343	0,307
<i>NGC7682</i>	1"	0,850	2,734	0,235
	2"-1"	0,856	2,832	0,246
	3"-2"	0,844	2,944	0,242
	5"-3"	0,803	2,885	0,237
	7"-5"	0,723	2,804	0,230
<i>UGC12138</i>	2"-1"	0,895	2,930	0,636
	3"-2"	0,932	3,074	0,488
	5"-3"	0,890	2,924	0,371
	7"-5"	0,813	2,802	0,310

Yakın kırmızıöte aletsel parlaklıkları Vega kadir sistemi kullanılarak görünür parlaklıklar elde edildi. Aletsel parlaklıkları akı biriminden kadir birimine dönüştürmeyi sağlayan ve NICMOS için hazırlanan internet sayfasından ([www.stsci.edu/hst/nicmos/tools/conversion\\_form.html](http://www.stsci.edu/hst/nicmos/tools/conversion_form.html)) yakın kırmızıöte aletsel parlaklıkların AB kadir sistemine göre görünür parlaklıkları da elde

edildi. Aynı açıklık fotometrisi işlemleri optik R bandı görüntüleri için de uygulandı ve yukarıda verilen açıklıklara karşılık gelen aletsel parlaklık değerleri R bandı için de elde edildi.

Aletsel parlaklıkların görünür parlaklıklara dönüşümü için, WFPC2 filtrelerinin performanslarının incelendiği çalışmadaki (Holtzman vd, 1995) dönüşüm bağıntısı kullanıldı. Her görüntü için yukarıda verilen açıklıklara karşılık gelen görünür parlaklıklar bulunduktan sonra her açıklık alanın parlaklığı kendinden önceki alanın parlaklık değerinden çıkarıldı ve halkasal bölge parlaklıkları elde edildi. Buradaki amaç bir önceki alanın katkısını kaldırmaktır ve en başta belirtilen amaçların gerçekleşmesini sağlayacak özelliklere ulaşmaktır. Son olarak bu parlaklıklar kullanılarak (J-H)<sub>HUT</sub>, (H-K)<sub>YER</sub> ve (R-H)<sub>HUT</sub> renk değerleri elde edildi. Söz konusu renkler tablo 2'de gösterilmektedir.

#### 4. Renk-Renk Diyagramları

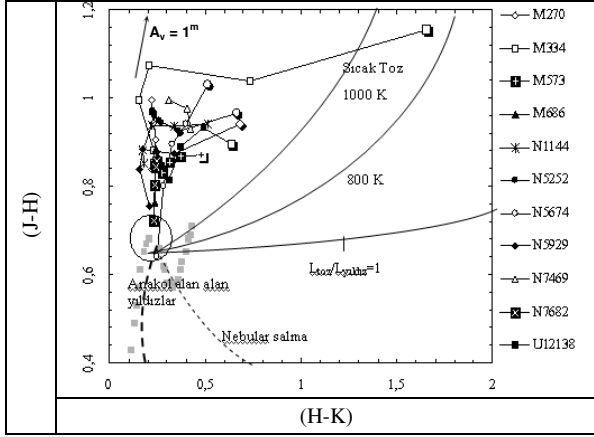
Elde edilen J, H, K ve R kadirleri yardımıyla (J-H) - (H-K) (şekil 1) ve (R-H) - (J-H) (şekil 2) renk-renk yüzey haritaları oluşturuldu. (J-H) rengi toz sönümlemesinin varlığının belirlenmesi, (H-K) rengi sıcak toz salmasının varlığının belirlenmesi ve (R-H) rengi ise genç yıldız oluşumunun belirteci için kullanıldılar.

İncelenen galaksilerdeki toz salmasının ve sönümlemesinin varlığını ve karakterini belirlemek için üç ayrı model sonuçları (J-H) - (H-K) renk-renk diyagramına eklendi. Bu modeller: (1) Seyfert Galaksilerinin JHKL' bölgelerinde yapılmış yüzey fotometri modelini içeren ve ayrıntılı kırmızıöte renk analizinin ve buna bağlı olarak ayrıntılı morfoloji incelemesinin yapıldığı çalışma (Alonso-Herrero vd. 1998). (2) Toz sönümlemesinin belirlenmesi için Rieke & Lebofsky (1985) tarafından yapılan ve galaktik sönümleme yasası olarak adlandırılan çalışma. (3) Gözlenmiş yıldız renkleri ile geçerli yıldız modellerine uygun kara cisimler arasındaki karşılaştırmanın yapıldığı çalışma (Koorneef 1983). Modellerle yapılan karşılaştırma sonucunda, toz nedeniyle hangi bölgelerde ne kadar sönümleme olduğu araştırıldı. Vazdekis vd. (1996) nin oluşturduğu ve yıldız popülasyon sentezi için geliştirilen model sonuçları da (R-H) - (J-H) renk-renk diyagramına eklendi. Böylece incelenen galaksilerin yıldız oluşum bölgelerinin belirlenmesi de olanaklı hale gelmiştir. Vazdekis vd. (1996) tarafından yapılan çalışma, erken tür galaksileri çalışmak için geliştirilen yeni bir yıldız popülasyon sentezi modelini içermektedir. Bu model tek yaş, tek metal bolluğuna göre yıldız popülasyonlarını sentezleyebilir. Yani bir gradient gerektirmeden, seçilen belli bölgelerin metal bolluğuna göre popülasyon tahminini yapmayı sağlamaktadır. Tek bir yaş ve metal bolluğu kabulü

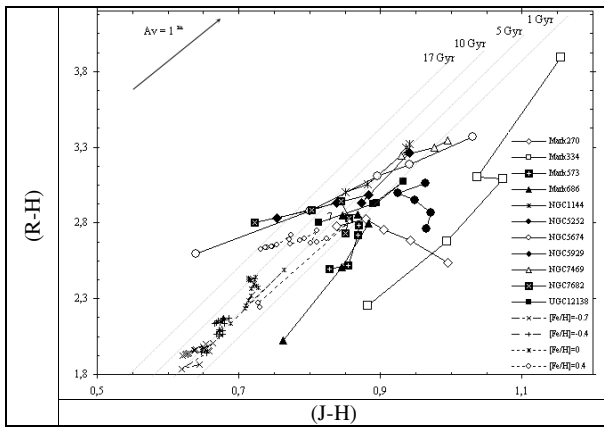
altında model, gerek duyulan izokrona göre yıldızların mevcut dağılımını hesaplar ve kabul edilen bir başlangıç kütle fonksiyonu (IMF) na sahip bu izokronadaki yıldızların ışığını ölçer (Vazdekis vd. 1996). Bu izokronalar Bertelli vd. (1994) çalışmasından sağlanmaktadır.

#### 4.1 Renk-renk diyagramlarının Açıklaması

JHK renk-renk diyagramında (şekil 1) görülen büyük daire normal sarmal galaksilerin merkezi şişkin bölgelerinin ortalama renkleridir;  $J-H=0,68$ ,  $H-K=0,22$  (Alonso-Herrero vd. 1998). Yine, aynı diyagramda görülen içi dolu küçük daireleri ise anakol yıldızlarının ve genç yıldızlarının renkleridir (Koorneef 1983). Aynı bölgede yer alan kesikli çizgi ise nebular salma bileşenini temsil etmektedir (Alonso-Herrero vd. 1996a). Diyagram üzerindeki düz çizgiler 600,



Şekil 1 (J-H) - (H-K) renk renk diyagramı.



Şekil 2 (R-H) - (J-H) renk-renk diyagramı

800 ve 1000 K sıcaklığındaki kara cisim bileşenini ve nebular salma bileşenini temsil etmektedirler. Sol üst köşede ise galaktik soğurma yasasına

(Rieke&Lebofsky 1985) göre hesap edilmiş olan kızarma eğrisi görülmektedir. (R-H) - (J-H) renk-renk diyagramında (şekil 2) gösterilen düz çizgiler, tek yaş, tek metal bolluğuna göre yani galaksilerin belli bölgelerinden seçilmiş bölgelerinin yıldız popülasyonunu yorumlamayı sağlar (Vazdekis vd. 1996).

#### 5. Sonuç

CfA örnek grubundan seçilen 11 adet Seyfert galaksisinin, optik ve yakın kızarıöte bölgelerinde elde edilmiş görüntüleri kullanıldı. IRAF veri indirgeme ve analiz programının, açıklık fotometri paketi ve bu paket içindeki tasklar kullanılarak her bir galaksinin görüntülerinden seçilen açıklıklara göre parlaklıkları ve bu parlaklıklardan da renkleri elde edildi. Elde edilen renkler ile (J-H) - (H-K) ve (R-H) - (H-K) renk-renk diyagramları oluşturuldu. Galaksilerin merkezi bölgelerindeki genç yıldız oluşumu hakkında bilgi edinmek için (R-H) rengi, toza bağlı sönmüleme miktarını belirlemek için (J-H) rengi ve sıcak toz salmasını tespit etmek için de (H-K) rengi kullanıldı.

Diğer araştırma gruplarının yakın kızarıöte bölgede yaptıkları çalışmalar, galaksilerin merkezi bölge renklerinin evrimleşmiş yıldız popülasyonu ve sıcak gaz bileşeninin bir karışımı olduğunu salma ile izah etmektedir (Alonso-Herrero 1998, Hunt vd. 1996). Bu çalışmada; JHK renk diyagramı ile galaksilerin toza bağlı sönmüleme gösterdikleri, bir kısmının ise sıcak tozlardan kaynaklanan salmaya sahip olduklarından bahsetmek mümkündür. Mark334 galaksisi büyük oranda toz sönmülemesi ve büyük miktarda, sıcak tozlardan kaynaklanan salma göstermektedir.

RJH renk diyagramı ile, bazı galaksilerin sahip olduğu sönmülemenin yanında, sıcak ve genç yıldız popülasyonlarından bahsedilebilir. Galaksilerin bir kısmında ise kullanılan izokronlardan yararlanarak hem yaşlı hem de genç ve sıcak yıldız popülasyonlarından bahsedilebilir.

#### 6. Kaynaklar

- Alonso-Herrero,A.,et al., 1996a. Star formation history in a sample of starburst galaxies. MNRAS,278:417-436
- Alonso-Herrero,A.,et al., 1996b. The near infrared continuum of Seyfert 2s-deconvolution into the stellar and non-stellar components. MNRAS,278: 902-918
- Alonso-Herrero,A.,et al., 1998. A near infrared imaging study of Seyfert Galaxies with extended emission-line regions. Astronomical Journal,495: 196-221.
- Anotucci,R., 1993. Review of the unified model of AGNs. ARA&A,3 1,473.

U. İtler vd. : Seyfert Galaksileri'nin Merkezi Bölgeleri

- Holtzman, J.D., Burrows, C.J., Casertano, S., Hester, J., Trauper, J.L., Watson, A.M., Worthey, G., 1995. The photometric performance and calibration of WFPC2. *PASP* 107:1065-1093.
- Huchra, J., Burg, R., 1992. The spatial distribution of AGN: I-The density of Seyfert Galaxies and LINERS. *Astrophysical Journal*, 393: 90-97.
- Hunt, L.K., et al, 1997. The disks of galaxies with Seyfert and Starburst nuclei: I - Near infrared colors and color gradients. *Astrop. Jour. Suppl. Series*, 108:229-260.
- Koornneef, J., 1983. Near infrared photometry. *Astronomy & Astrophysics*, 128:84-93.
- Krolik, J.H., 1999. *Active Galactic Nuclei*. Princeton Üniversitesi Yayınları.
- Nadeau, D., Murphy, D.C., Doyon, R., Rowlands, N., 1999. The Montreal near infrared camera. *PASP* 106:909-914
- Peletier, R.F., et al, 1999. A subarcsecond resolution near infrared study of Seyfert and 'normal' galaxies: I - Imaging data'. *Astrophysical Journal Supplement*, 125,363
- Rieke, G.H., Lebofsky, R.M., 1985. The extinction curve. *Astrophysical Journal*, 288: 618-621.
- Seyfert, C.K., 1943. Nuclear Emission in spiral nebulae. *Astronomical Journal*, 97,28
- Vazdekis, A., Casuso, E., Peletier, R.F., Beckman, J.E., 1996. A new chemo-evolutionary population synthesis model for early-type galaxies I. Theoretical basis. *Astrophysical Journal Supplement*, 106,307-339.