

MISURA DELLA STAR FORMATION RATE NELLE GALASSIE NGC 1569, NGC 2798, NGC 3227

ABSTRACT

Abbiamo osservato le galassie NGC 1569, NGC 2798, NGC 3227 con il telescopio da 1,22 m dell'osservatorio di Asiago, prendendo spettri CCD nel rosso con lo spettrografo B&C . Misurando l'intensità della riga $H\alpha$ sono state ricavate le star formation rates (SFR) usando le formule di Kennicutt (1998 Annual Review of Astronomy and Astrophysics "Star formation in galaxies along the Hubble sequence"). I risultati così ottenuti sono stati discussi e confrontati con quelli ricavati dai dati del satellite IRAS (Infra Red Astronomical Satellite).

OSSERVAZIONI e RIDUZIONI

Durante le notti del 20 e 21 febbraio 2003 abbiamo osservato le galassie NGC 1569, NGC 2798, NGC 3227 col telescopio da 1,22 m dell'Osservatorio di Asiago, stazione del Pennar, in combinazione Cassegrain +B&C + CCD. Dato che il CCD usato era più sensibile nel rosso abbiamo cercato di operare avendo la riga $H\alpha$ al centro dell'intervallo spettrale adoperato.. Dato che le notti erano buone dal punto di vista del seeing la fenditura dello spettrografo è stata posta al minimo possibile di 2 pixel (1pixel=1,1 arcsec) .In questo modo la precisione della misura è migliore ma la luce che passa attraverso la fenditura è minima dunque l'esposizione deve essere più prolungata. Gli spettri, in questa prima fase, sono stati analizzati ad Asiago usando il software IRAF. I dati originali in seguito sono stati ridotti (normalizzati) per eliminare gli errori derivanti dalle imperfezioni del CCD. Prima di passare all'osservazione delle galassie sono stati presi alcuni BIAS e FLATFIELDS. I BIAS sono esposizioni di durata quasi istantanea attraverso le quali si misura il rumore di lettura dello strumento. I FLATFIELDS sono esposizioni con luminosità uniforme per correggere i frames CCD dalla diversità di risposta da pixel a pixel.

Sono stati presi alcuni spettri di una lampada Fe-Ar per la calibrazione in lunghezza d'onda degli spettri delle galassie e delle stelle standard.E' stato quindi calcolato il BIAS medio per sottrarlo al FLAT, che è stato poi normalizzato. Allo spettro di ogni galassia e standard è stato sottratto il BIAS medio. Il risultato è stato diviso per il FLAT normalizzato. Lo spettro è stato calibrato in flusso prendendo i flussi osservati di una stella standard e confrontandoli con lo spettro osservato. Abbiamo preso poi, sul frame bidimensionale, strisce larghe 3 pixel e sommato tra loro le colonne ottenendo così spettri monodimensionali su cui è stato misurato il flusso della riga $H\alpha$ in

$\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ \AA}^{-1}$ (Tab. 1) Abbiamo quindi misurato la lunghezza d'onda del picco di $H\alpha$ per

ricavare dal redshift la distanza delle galassie dalla legge di Hubble $D = \frac{c \cdot z}{H_0}$ (D in Mpc)

usando per H_0 il valore di $75 \text{ Km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$; le distanze sono state anche controllate con quelle trovate in letteratura. Nel caso della NGC 1569, dove abbiamo un redshift negativo, abbiamo usato il valore di 2,2 Mpc trovato in letteratura. Dai flussi abbiamo quindi calcolato la luminosità ad $H\alpha$

$L(H\alpha) = 4\pi \cdot D^2 \cdot f(H\alpha)$ in erg s^{-1} che è stata usata per calcolare le SFR secondo Kennicutt(1998).

Tab. 1

NGC	3227	NGC	1569	
col	flux H α	colonna	flux H α	
	(erg cm ⁻² s ⁻¹ A ⁻¹)			
63	1,228E-14	97	1,18E-14	
66	1,279E-14	100	2,56E-14	
111	7,557E-15	103	3,09E-14	
114	2,248E-14	106	5,71E-14	
117	3,09E-13	109	1,26E-13	
120	3,007E-13	112	3,13E-13	
		115	8,39E-13	
NGC	3226	118	7,49E-13	
col onn a	flux H α	121	3,84E-13	
220	2,61E-14	124	2,38E-13	
		127	1,49E-13	
NGC	2798	130	9,69E-14	
col onn a	flux H α	133	9,39E-14	
120	6,818E-15	136	1,04E-13	
123	2,808E-14	139	1,21E-13	
126	6,375E-14	142	1,38E-13	
129	3,011E-13	145	1,21E-13	
132	2,498E-13	148	6,24E-14	
135	4,422E-14	151	5,01E-14	
138	1,15E-14	154	5,00E-14	
		157	4,83E-14	
		160	5,17E-14	
		163	2,84E-14	
		166	2,61E-14	
		169	3,86E-14	
		172	3,91E-14	
		175	1,85E-14	
		178	1,04E-14	
		181	1,12E-14	
		184	2,19E-14	
		187	1,54E-14	
		190	4,13E-15	

DISCUSSIONE

In una galassia con stelle in formazione la radiazione da esse prodotta eccita e ionizza il gas circostante che è in prevalenza idrogeno(H).Gli elettroni liberi, ricombinandosi con i protoni, riformano atomi di H neutro(eccitati) che si diseccitano quindi “a cascata” fino al livello fondamentale N=1 emettendo tutta una serie di fotoni passando da un livello superiore ad uno inferiore: in particolare il salto quantico dell’H α (passaggio 3-2)è quello che si presenta con maggiore probabilità e quindi la riga H α sarà la più intensa.

Esiste quindi una proporzionalità diretta tra L_{H α} e numero di stelle che nascono ogni anno nella galassia (SFR).Per i nostri calcoli abbiamo utilizzato la formula (Kennicutt 1998)

$$SFR=7,9 \cdot 10^{-42} L(H\alpha) \quad M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$$

Le SFR così calcolate sono riportate in Tab. 2 .

Tab. 2

	Distanza (Mpc)	Flusso (H α) (erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)	Luminosità (H α) (erg s $^{-1}$)	SFR (M $_{\odot}$ yr $^{-1}$)	Σ_{SFR} (M $_{\odot}$ yr $^{-1}$ kpc $^{-2}$)
NGC 1569	2,2	3,841 10 $^{-13}$	2,222 10 38	0,002	7,3
NGC 2798	24	3,011 10 $^{-13}$	2,073 10 40	0,164	5,2
NGC 3227	16	3,090 10 $^{-13}$	9,453 10 39	0,075	5

Ovviamente il discorso precedente parte dall'ipotesi che l'unico meccanismo di "input" energetico del gas sia la formazione stellare. Esistono invece altre possibilità. Ad esempio il nucleo galattico potrebbe ospitare un buco nero supermassiccio che, catturando materia dal mezzo circostante formerebbe una struttura toroidale di materia surriscaldata a milioni di gradi kelvin. Un tale nucleo viene definito attivo (AGN) e sarebbe in grado di ionizzare il gas interstellare, provocando anch'esso un forte flusso ad H α . Questa dovrebbe essere la situazione presente nel nucleo della NGC 1569 che viene classificata come Seyfert 1. La NGC 3227, classificata come Seyfert 1.5, presenta anch'essa un nucleo attivo ma i fenomeni ad esso dovuti potrebbero essere meno intensi. Le SFR ricavate per queste due galassie dovrebbero quindi essere corrette per questi effetti. Una misura più significativa dell'importanza della formazione stellare è quella riferita all'unità di area (calcolata in base alla larghezza della fenditura e della scala) questo perché galassie molto grandi avranno di sicuro soltanto per questo un maggiore tasso di formazione stellare. Abbiamo quindi

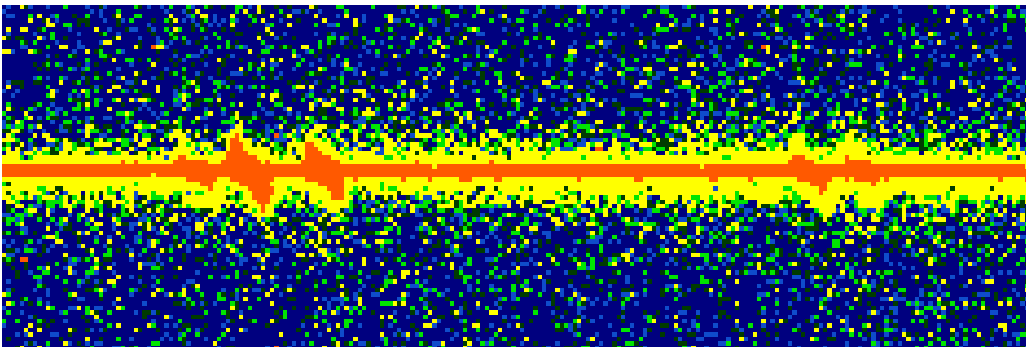
calcolato la $\Sigma_{SFR} = \frac{SFR}{A}$ riportando i dati sempre in tab. 2.

Dai nostri calcoli le SFR non sembrano essere particolarmente elevate mentre le SFR riferite all'unità di area suggeriscono la presenza di discreti processi di formazione stellare, sempre basandoci sui valori tipici riportati in Kennicutt (98).

Una seconda fase di studio e riduzione dati è stata poi svolta a scuola usando il software IRIS, pacchetto applicativo in uso soprattutto in ambienti astronomici non professionisti, di uso più semplice di IRAF ma comunque ben costruito e affidabile. Purtroppo non è stata possibile svolgere un'analisi completa degli spettri studiati ma solo testare alcune tecniche di lavoro.

Nelle figg. 1-2 sono mostrati gli spettri bidimensionali delle galassie da noi studiate.

Fig. 1 Contour ad H alpha NII SII della galassia NGC 2798



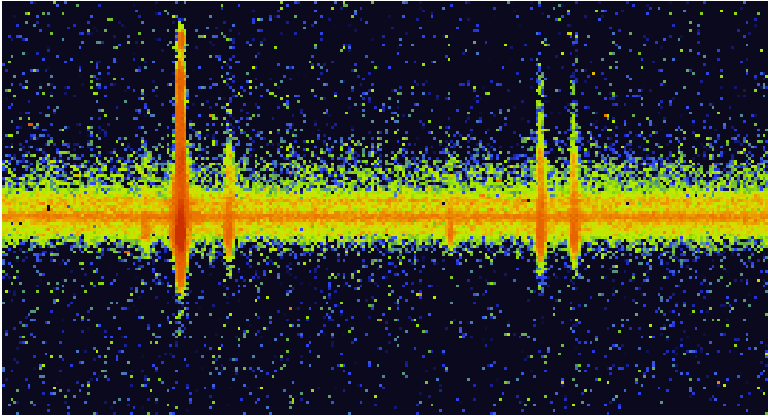


Fig. 2 Contour ad H alpha NII SII della galassia NGC 1569

Si può notare che oltre all'emissione dai nuclei galattici sono presenti anche emissioni da altre zone (le "righe" sono allargate nel senso perpendicolare alla fenditura). Nella NGC 2798 si nota anche che c'è un effetto dovuto alla rotazione del gas attorno al centro della galassia. Utilizzando questi "contour" sono state quindi scelte le colonne che, sul frame 2D, sembrano appartenere al nucleo oppure a zone di emissione estesa extranucleare. Seguendo quindi un'idea del prof. Luigi Vaona del Liceo "Levi" di Verona i frame monodimensionali, esportati in formato ASCII, sono stati letti e disegnati con EXCEL e i risultati sono mostrati nelle figg. 3_8. Riportiamo qui solo gli spettri che mostravano un rapporto segnale-rumore sufficientemente buono.

Fig. 3

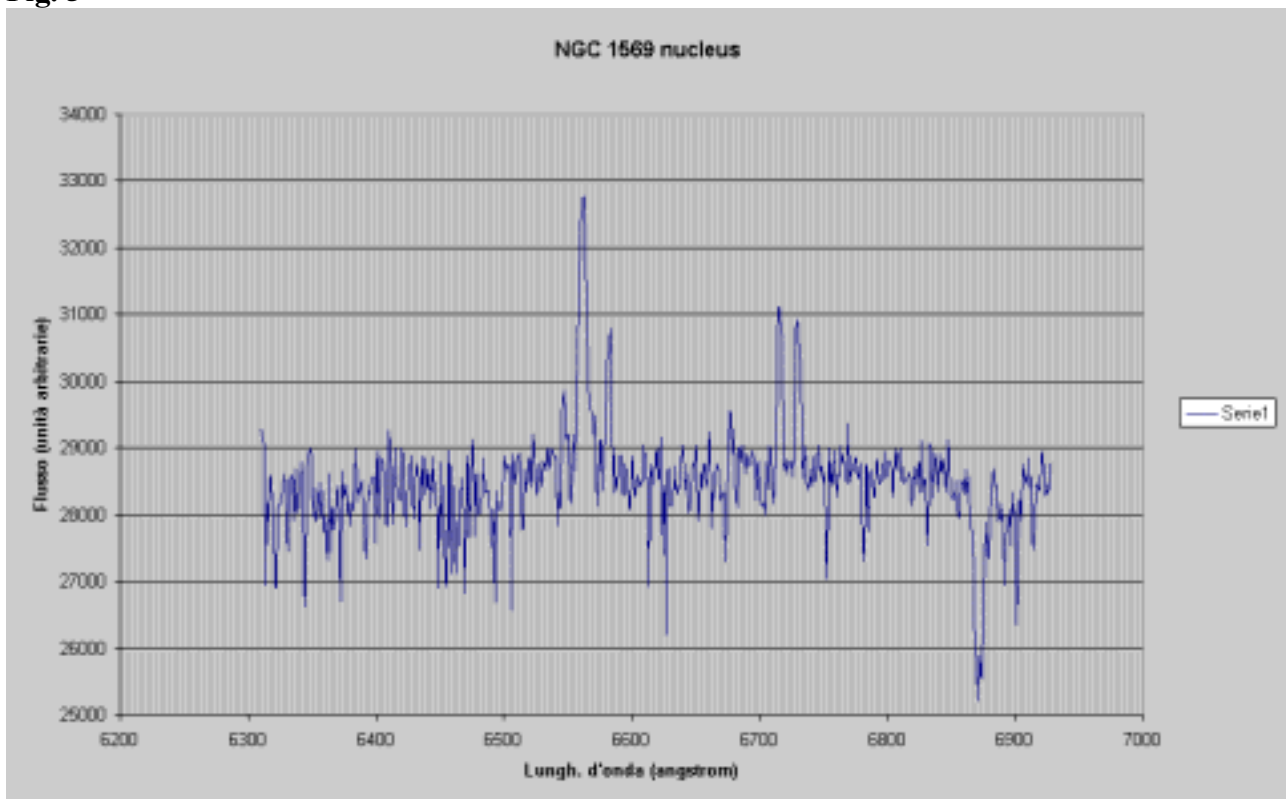


Fig. 4

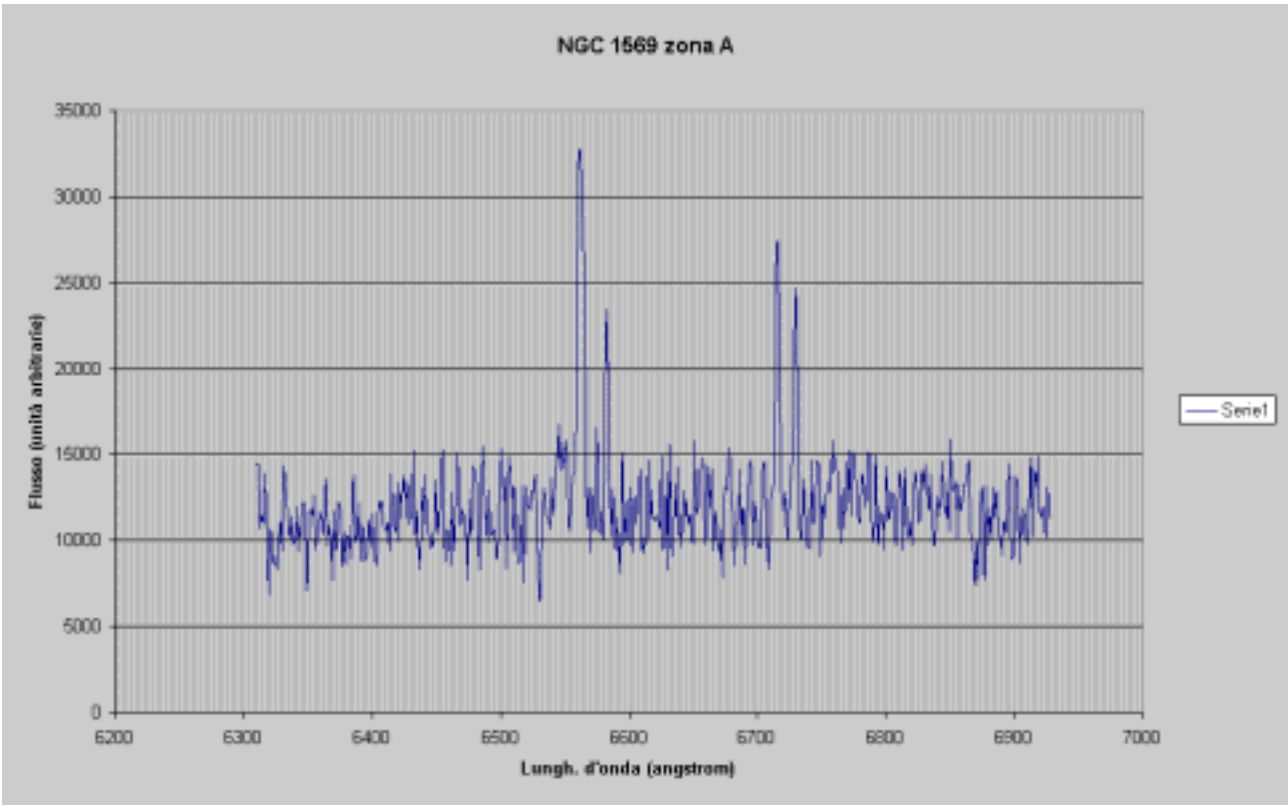


Fig. 5

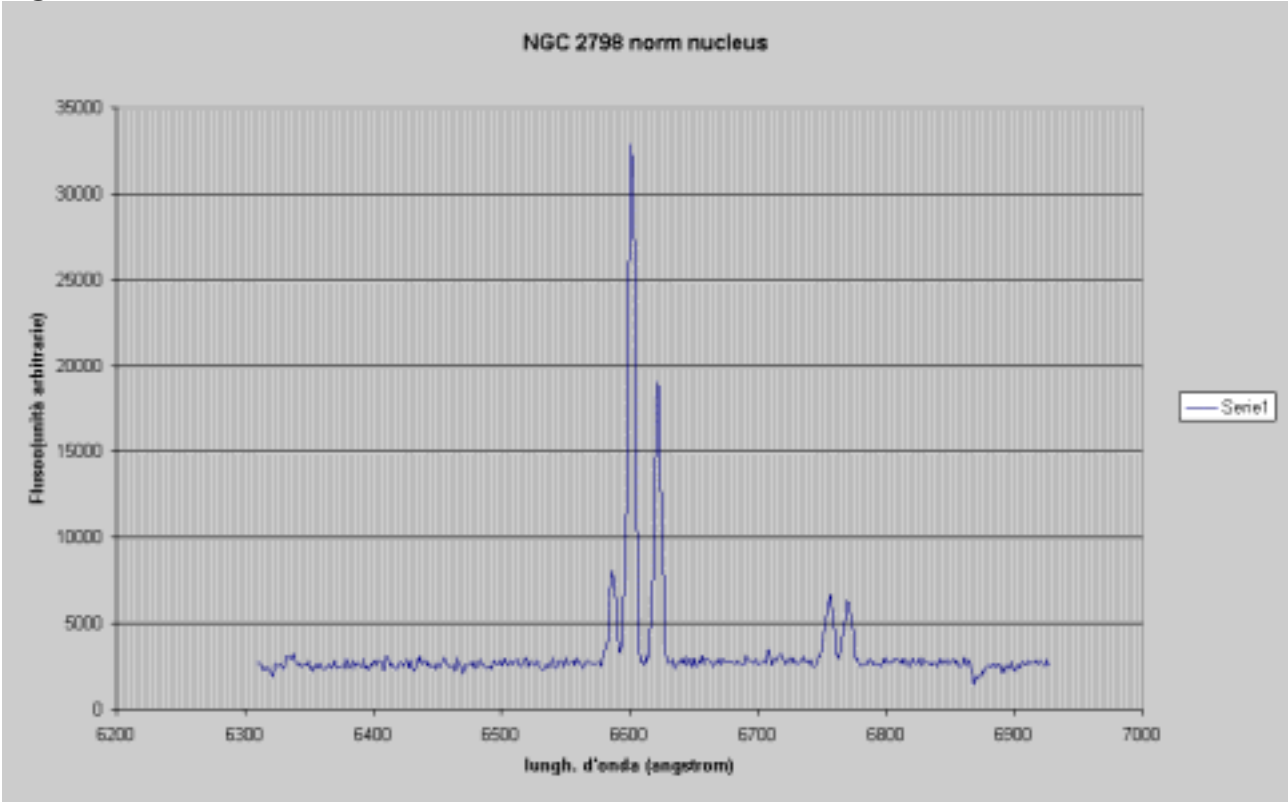


Fig.6

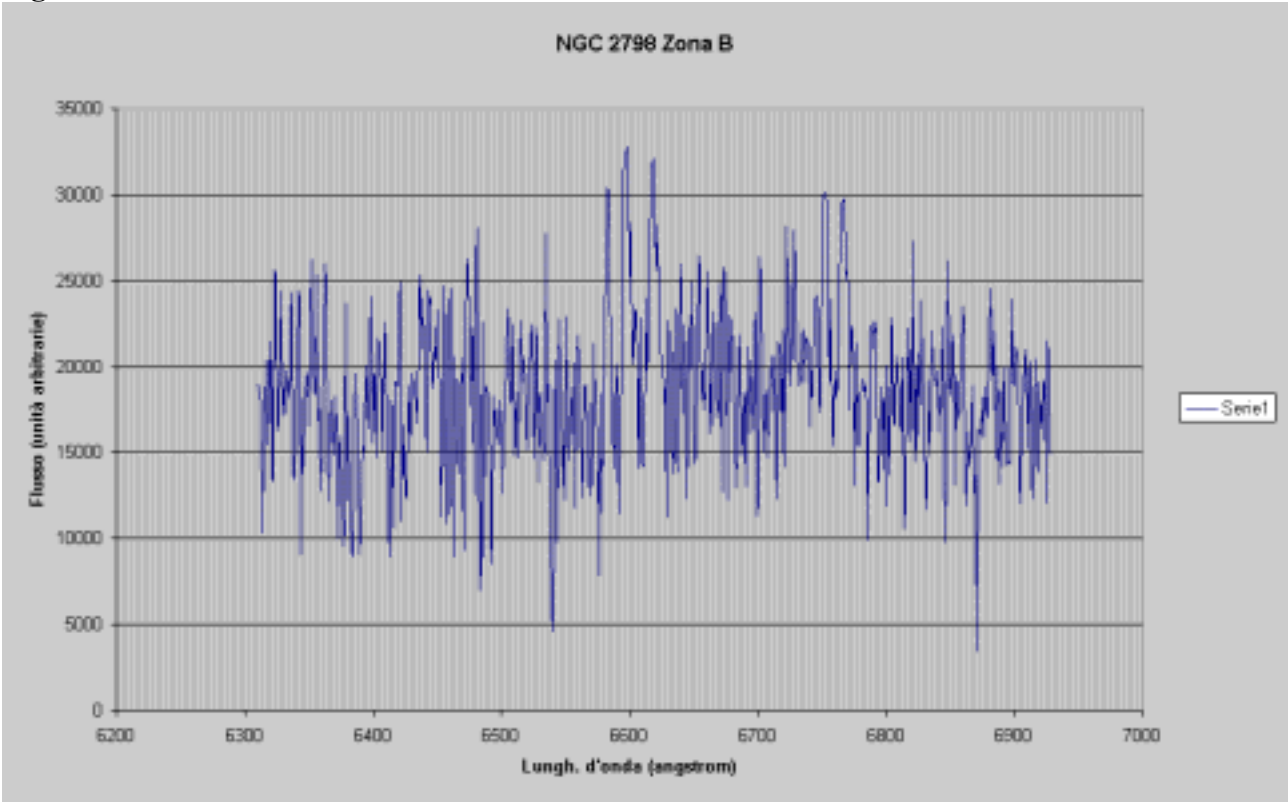


Fig. 7

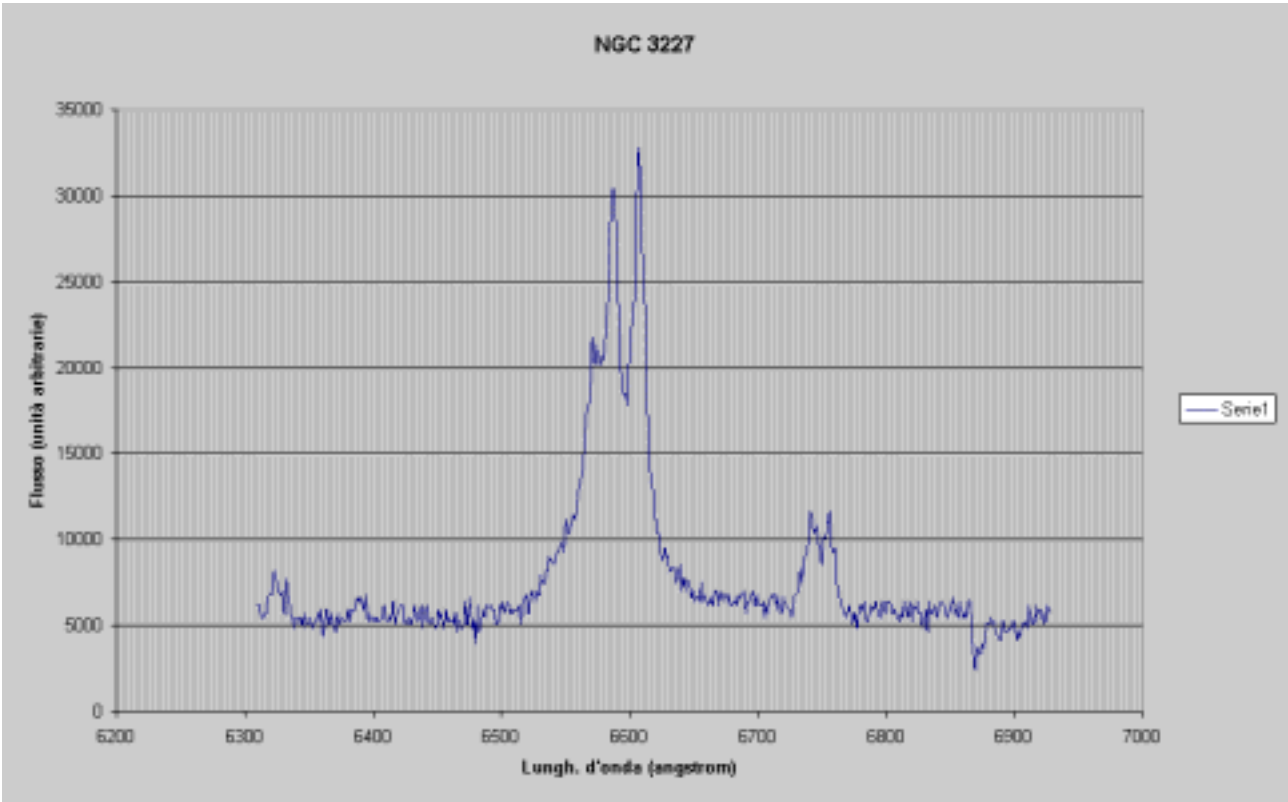
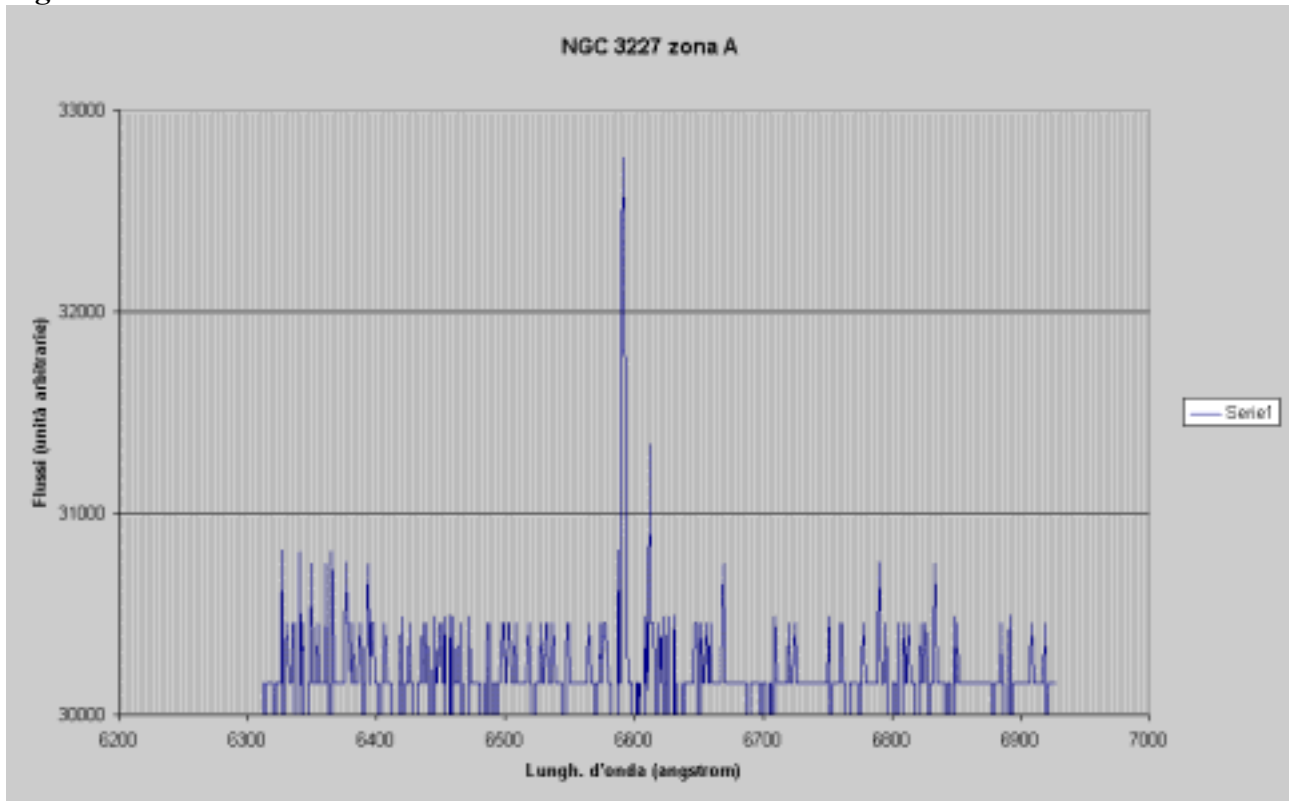


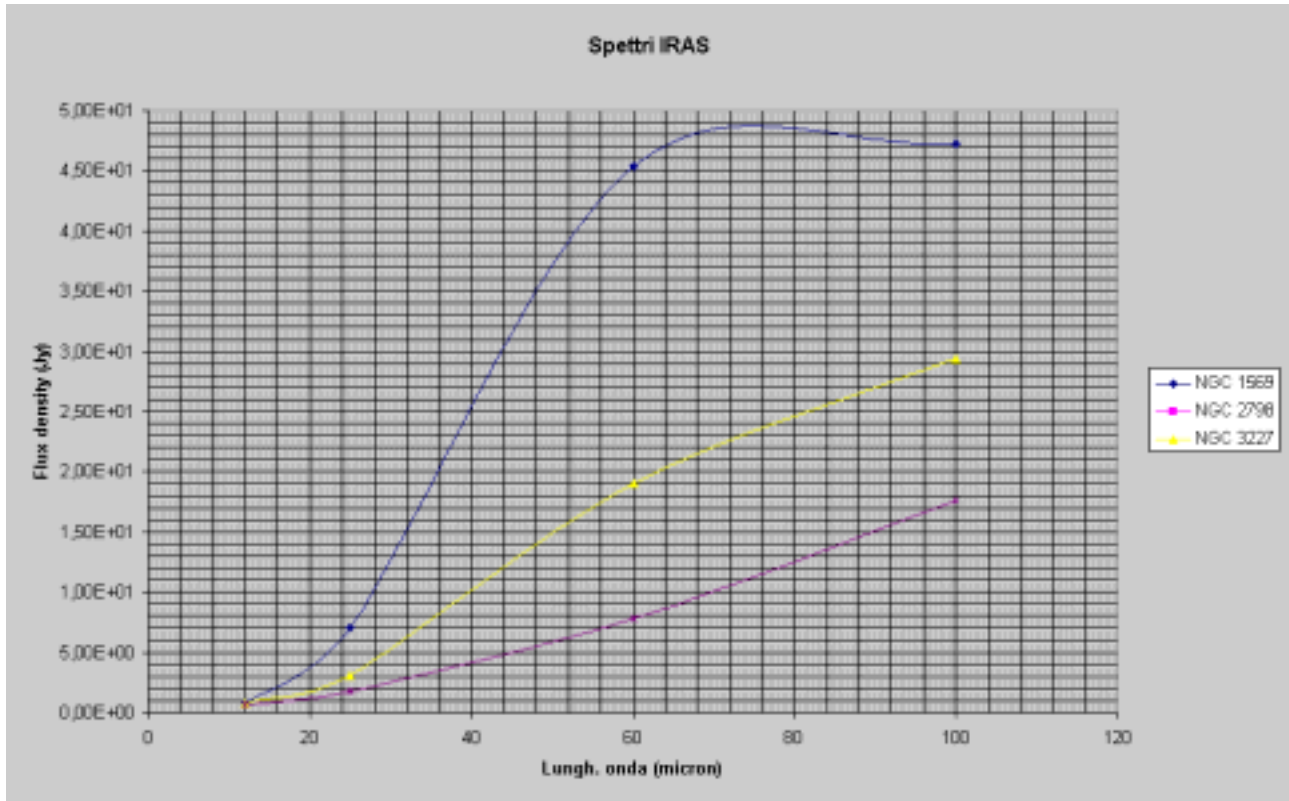
Fig.8

Non essendo stata effettuata qui una calibrazione in flussi non possiamo dare una misura precisa dei flussi delle righe dei vari spettri ma, osservando i dati di tab. 1, possiamo affermare che si tratta comunque di emissioni qualche ordine di grandezza inferiori rispetto a quelle nucleari e, dai tracciati qui presentati, che i rapporti tra le intensità della riga H_{α} con le righe dell' NII e SII sembrano cambiare nel passare dal nucleo alle zone extranucleari. Bisognerebbe però avere dati anche in altre zone spettrali per poter dire qualcosa sullo stato del gas in queste regioni. Concludiamo questa trattazione sulla riduzione e misura degli spettri presi ad Asiago facendo notare che lo spettro della NGC 3227 mostra come la H_{α} sia così estesa da “mescolarsi” con le righe dell' NII (blend). Per ricavare il flusso ad H_{α} abbiamo, in questo caso, usato una procedura IRAF che cerca di separare le 3 righe in questione (deblend) dopodiché abbiamo potuto misurare il flusso della riga che ci interessava.

Per avere maggiori informazioni sulle proprietà della formazione stellare nelle galassie da noi studiate abbiamo ricercato in rete le caratteristiche dell'emissione nell'infrarosso medio-lontano di questi oggetti. Più precisamente ci siamo riferiti ai dati della missione IRAS, un satellite che ha fornito la prima mappatura veramente importante del cielo nell'IR. IRAS disponeva di quattro “finestre” sensibili all'emissione infrarossa dei corpi celesti, centrate alle lunghezze d'onda di 12, 25, 60 e 100 micron. L'emissione IR delle galassie può essere provocata da diversi meccanismi. In sostanza essa è dovuta a polvere che viene surriscaldata da qualche sorgente di energia. In galassie “normali”, dove non vi siano forti fenomeni di formazione stellare la polvere verrà riscaldata dal campo di energia di tutte le stelle della galassia; evidentemente non si potranno avere grosse concentrazioni di flussi energetici (stelle molto distanti l'una dall'altra) e quindi la temperatura della polvere non sarà molto elevata. Alcuni studi danno per le temperature della polvere, in questo caso, valori di qualche decina di gradi kelvin; ricordandoci delle proprietà dell'emissione da corpo nero, usando la legge di Wien, possiamo aspettarci un massimo dell'emissività a lunghezze d'onda elevate (anche dopo i 100 micron, lunghezza d'onda più elevata delle finestre IRAS). In regioni di forte formazione stellare, essendoci una maggior concentrazione spaziale di stelle e avendo a che

fare, in genere, anche con stelle molto calde, dobbiamo aspettarci una temperatura della polvere più elevata e, di conseguenza, uno spostamento del massimo dell'emissione a lunghezze d'onda più corte (tipicamente tra i 50 e i 100 micron). Se poi avessimo a che fare con galassie attive allora la polvere potrebbe essere anche più calda e lo spettro IR della galassia sarebbe "piccato" a lunghezze d'onda ancora più corte. Gli spettri IRAS, interpolati con EXCEL, sono mostrati in Fig. 7.

Fig.9



. Dal loro esame si può notare come la polvere in NGC 3227 e NGC 2798 sembri avere le caratteristiche riscontrabili in galassie normali mentre lo spettro IRAS della NGC 1569 sembra avere un massimo tra i 60 e i 100 micron (dalla figura circa 70 micron, corrispondenti a una temperatura di circa 43-45 °K) suggerendo così la possibile presenza di fenomeni di formazione stellare. La sola forma dello spettro IRAS non basta però a confermare questa ipotesi; al contrario i dati sull'emissione IR sembrano indicare che, in ognuna delle 3 galassie, la formazione stellare avviene a tassi relativamente normali (Kennicutt 1998 riporta che una SFR di circa $20 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ sarebbe tipica di spirali ricche di gas mentre galassie "starburst", vale a dire oggetti dove la formazione stellare avviene in singoli, intensi episodi, arriverebbero anche a $100\text{-}1000 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$). I dati per le nostre galassie sono riportati in tab. 3.

Tab.3

*Dati
IRAS*

	NGC 1569		NGC 2798		NGC 3227	
$\lambda(\mu)$	Flux(Jy)		Flux(Jy)		Flux(Jy)	
12	7,94E-01	+/- 6 %	7,89E-01	+/- 6 %	6,67E-01	+/- 7 %
25	7,09E+00	+/- 4 %	3,08E+00	+/- 6 %	1,76E+00	+/- 6 %
60	4,54E+01	+/- 4 %	1,90E+01	+/- 15 %	7,83E+00	+/- 5 %
100	4,73E+01	+/- 6 %	2,94E+01	+/- 5 %	1,76E+01	+/- 5 %

FIR	2,07E-09	erg cm ⁻² s ⁻¹	9,87E-10	erg cm ⁻² s ⁻¹	4,76E-10	erg cm ⁻² s ⁻¹
d(Mpc)	2,20E+00		2,40E+01		1,60E+01	
LIR	1,13E+42	erg s ⁻¹	6,43E+43	erg s ⁻¹	1,38E+43	erg s ⁻¹
<u>SFR</u>	0,05	M _O yr ⁻¹	2,89	M _O yr ⁻¹	0,62	M _O yr ⁻¹

I flussi misurati (o meglio le densità di flusso) sono dati in Jansky (simbolo Jy 1 Jy=10⁻²⁶ Wm⁻² Hz⁻¹) unità di misura così battezzata in onore dell'astronomo americano Karl Jansky, pioniere nel campo della radioastronomia negli anni 30. I flussi nel lontano-medio IR (FIR) sono stati calcolati secondo la formula $FIR = 1.26 \cdot 10^{-11} (2,58 F_{60} + F_{100}) \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ Dai flussi IR si è poi dedotta la luminosità IR (LIR) moltiplicando per il fattore $4\pi d^2$ essendo d la distanza della galassia. Dalla LIR abbiamo ricavato la SFR secondo l'espressione data da Kennicutt (1998) : $SFR = 4.5 \cdot 10^{-44} LIR \text{ M}_O \text{ yr}^{-1}$ Come si vede i nostri dati non suggeriscono una forte formazione stellare in questi oggetti.