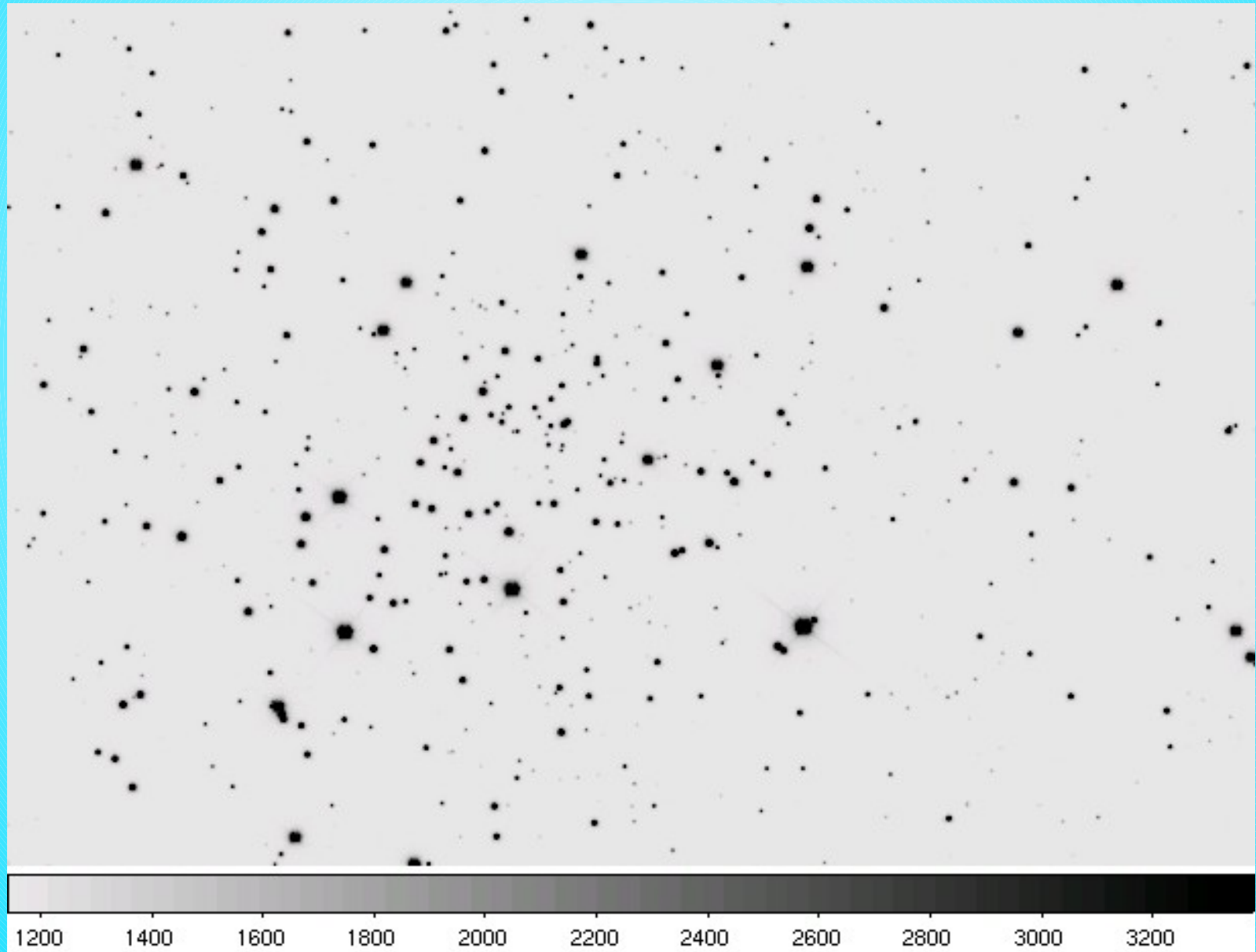
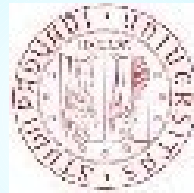


Fotometria dell'ammasso aperto NGC 2420



Francesco Bussola, Marco Faccioli,
Giovanni Frezzato, Giulio Romanelli



LSS G.Galilei, ISIS Calabrese-Levi,
LSS E.Medi

Verona

Lo scopo del lavoro

- Determinazione fotometrica di:

Età

Distanza

Metallicità

Raggi stellari

Cos'è un ammasso aperto

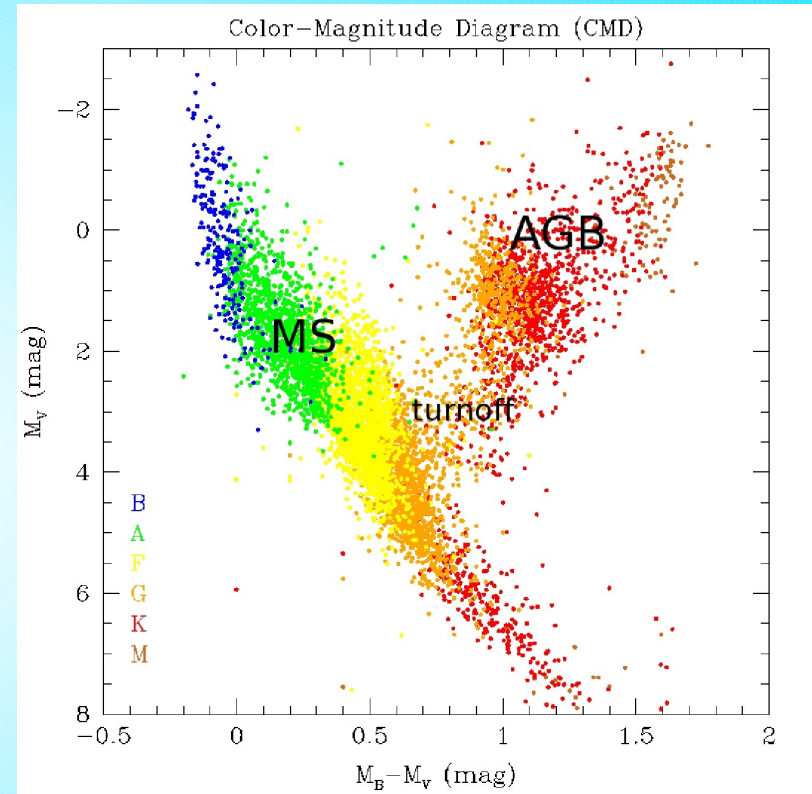
Un ammasso aperto è un raggruppamento di stelle (circa 700 nel caso di NGC 2420), che giace in genere sul piano galattico, tutte circa della stessa età e di popolazione I, senza un ben definito centro apparente.

Poiché il diametro dell'ammasso è molto piccolo rispetto alla sua distanza da Terra, possiamo assumere che le stelle si trovino tutte alla stessa distanza.

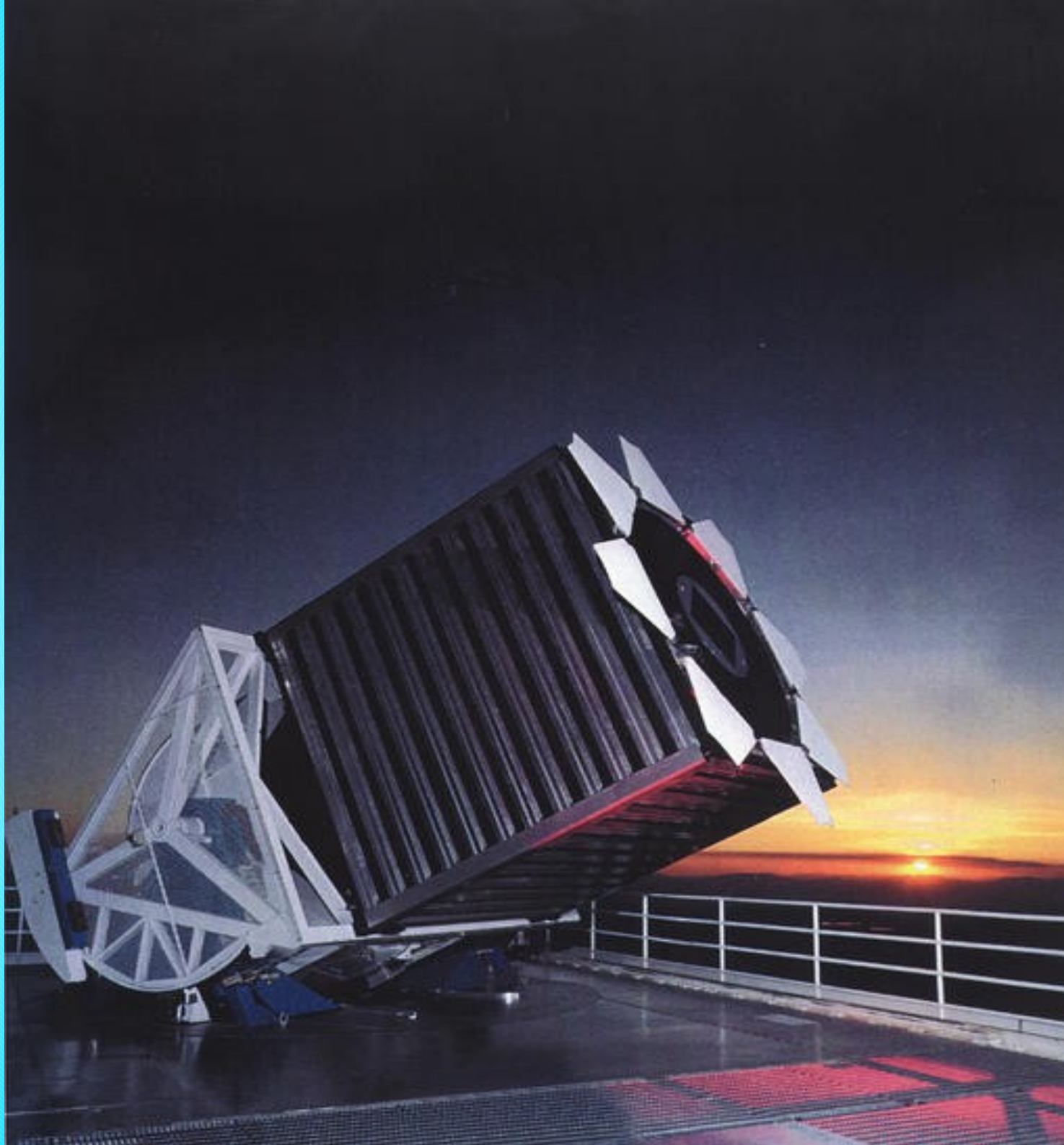
II CMD

E' un diagramma del tipo H-R
con:

- sull'asse x l'indice di colore.
Più esso tende al blu (è piccolo) più le stelle son calde
- sull'asse y una magnitudine scelta



Età e distanza possono essere ricavate utilizzando un
diagramma colore-magnitudine (nel nostro caso B-V
vs V e V-R vs R).



Dati osservativi

I dati sono stati ricavati dall'archivio del telescopio SDSS (Sloan Digital Sky Survey) da 2.5 metri, situato ad Apache Point, New Mexico.

Il tempo di posa e` di circa 53.9 secondi.

Le coordinate di NGC 2420 sono:

$\alpha = 07^{\text{h}}.35^{\text{m}}.5^{\text{s}}$

$\delta = +21^{\circ}41'$

(è nei Gemelli)

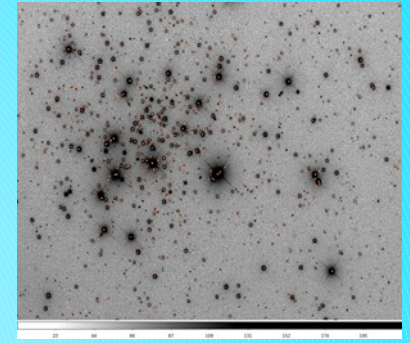
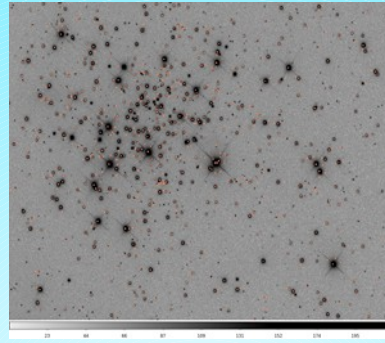
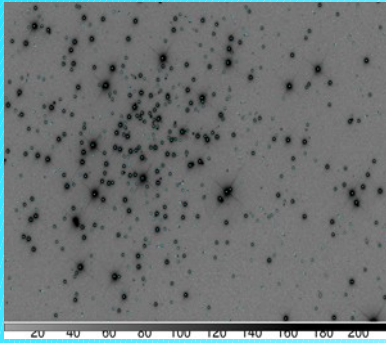
Sono state utilizzate tre immagini, prese coi filtri g , r , i

La tabella in basso mostra la massa d'aria e i coefficienti di assorbimento atmosferico (K), il coefficiente di calibrazione delle magnitudini (M_0) relativi a ciascuna immagine.

Filtro	Massa d'aria	K	M_0
<i>g</i>	1.07	0.14	24.447
<i>r</i>	1.06	0.09	24.071
<i>i</i>	1.06	0.03	23.741

Descrizione del Lavoro

1. Allineamento



- Utilizzando il visualizzatore ds9, abbiamo selezionato un campione di 5 stelle, le stesse in ogni foto, che ci hanno permesso di allineare le immagini.

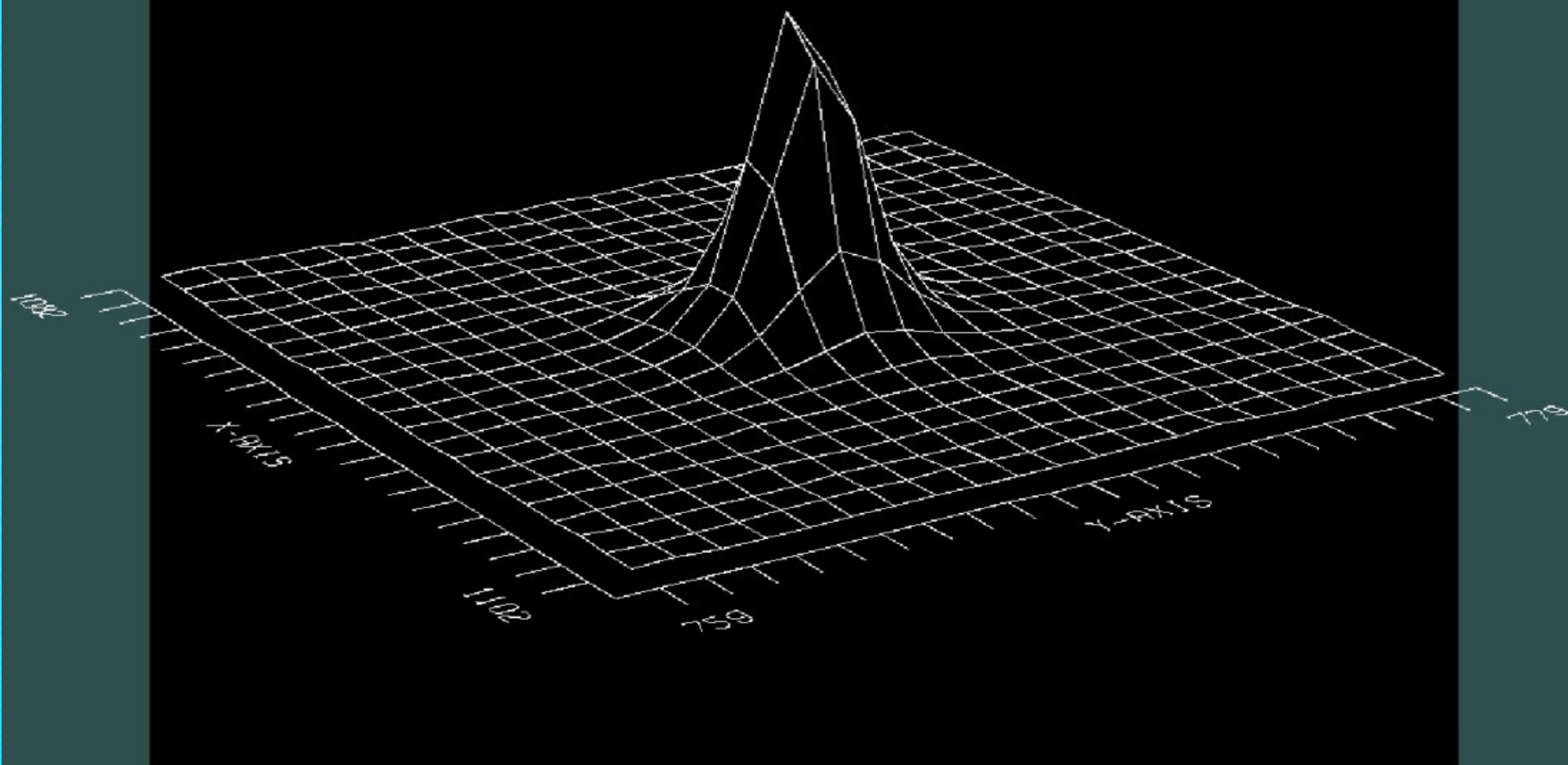
Filtro	Δx (pixels)	Δy (pixels)
<i>g</i>	-1.45	-11.29
<i>r</i>	0.00	0.00
<i>i</i>	1.04	-2.85

2. Selezione delle stelle

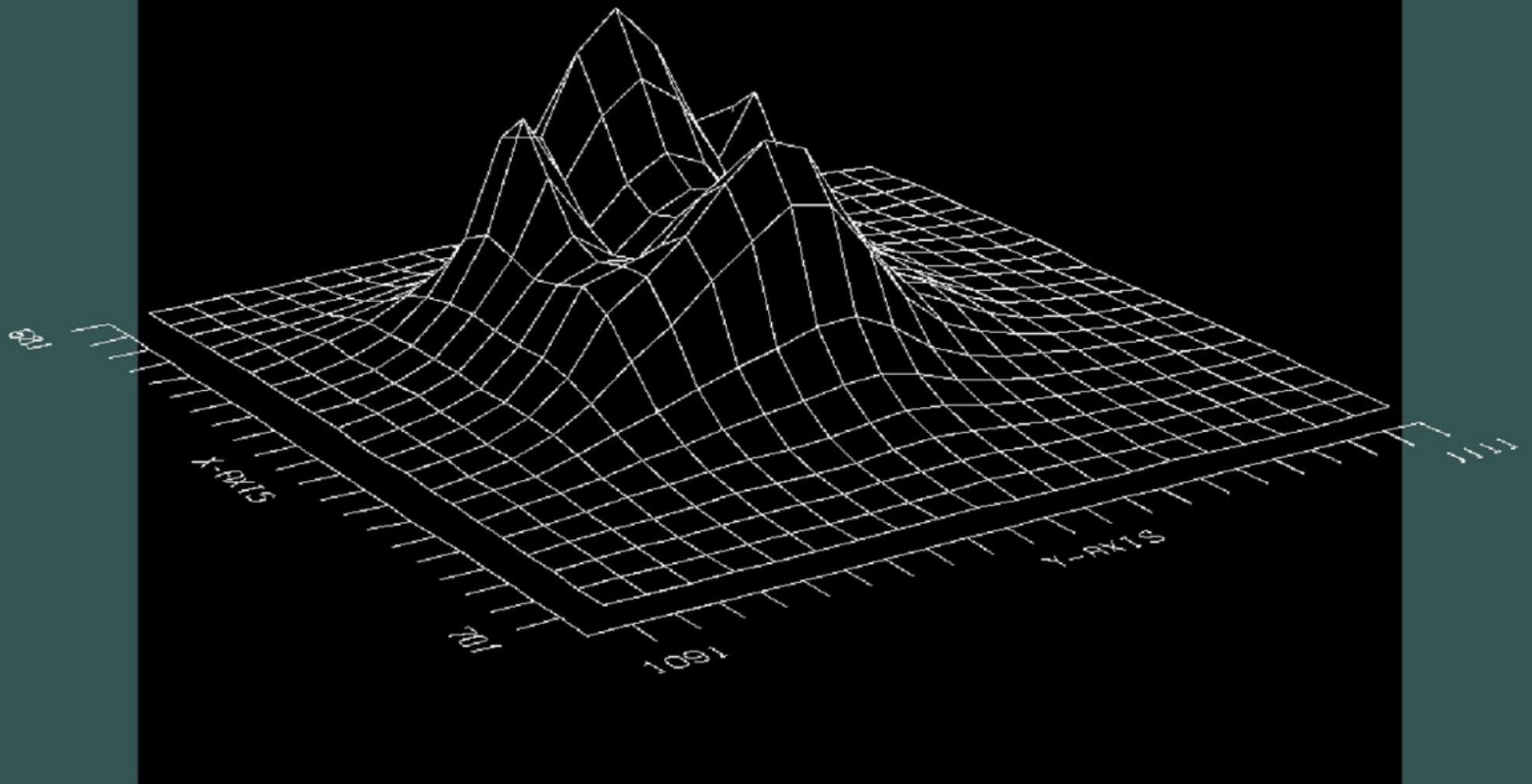
- Manualmente, per ogni immagine, sono state selezionate 15 stelle non sature
- Si sono calcolati, per ogni immagine, i valori medi della FWHM, dell'intensità luminosa minima del cielo, della relativa dispersione σ

Filtro	FWHM	Sky Counts (photons/pixel)	σ
<i>g</i>	3.33	1091.2	2.76
<i>r</i>	2.67	1150.6	5.76
<i>i</i>	2.38	1300.0	5.58

Stella non satura



Stella satura



3. Ricerca delle sorgenti

L'utilizzo del task `DAOFIND` di IRAF ci ha consentito di identificare le stelle di NGC 2420, ricercando le sorgenti che avessero:

- Una FWHM compatibile con quella media
- Un'emissione minima data da:

$$I_{min} = I_{sky} + (\textit{Threshold} * n * \sigma)$$

con $\textit{Threshold}=25$ e $n=6$

4. Catalogazione delle stelle

- Quindi, per ciascuna immagine, sono state registrate le posizioni delle sorgenti compatibili e l'intensità registrata.
- Si è proceduto a una verifica visiva in ds9, marcando le sorgenti compatibili col task TVMARK
- Si sono quindi corretti i parametri Threshold e n
- Con TOPCAT abbiamo incrociato le sorgenti di ogni immagine e abbiamo identificato 738 stelle coincidenti (entro 5 px)

La Fotometria d'apertura



5. Analisi dei dati

- Abbiamo quindi calcolato col task `PHOT` le magnitudini strumentali, partendo dall'emissione di ogni sorgente:

$$M_{instr} = 25 - 2.5 * (I_{star} - N_{px} * I_{sky}) / T_{exp}$$

- Siamo poi passati alle magnitudini calibrate $g_{cal}, r_{cal}, i_{cal}$:

$$g_{cal} = g_0 + g - 25 - k_g * airmass_g$$

$$r_{cal} = r_0 + r - 25 - k_r * airmass_r$$

$$i_{cal} = i_0 + i - 25 - k_i * airmass_i$$

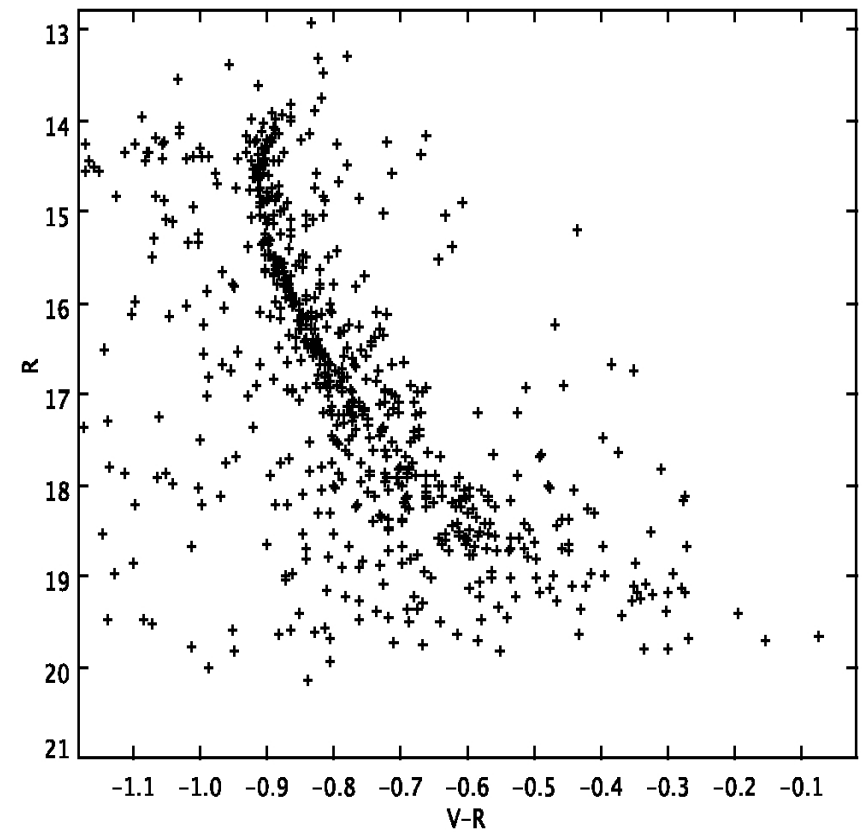
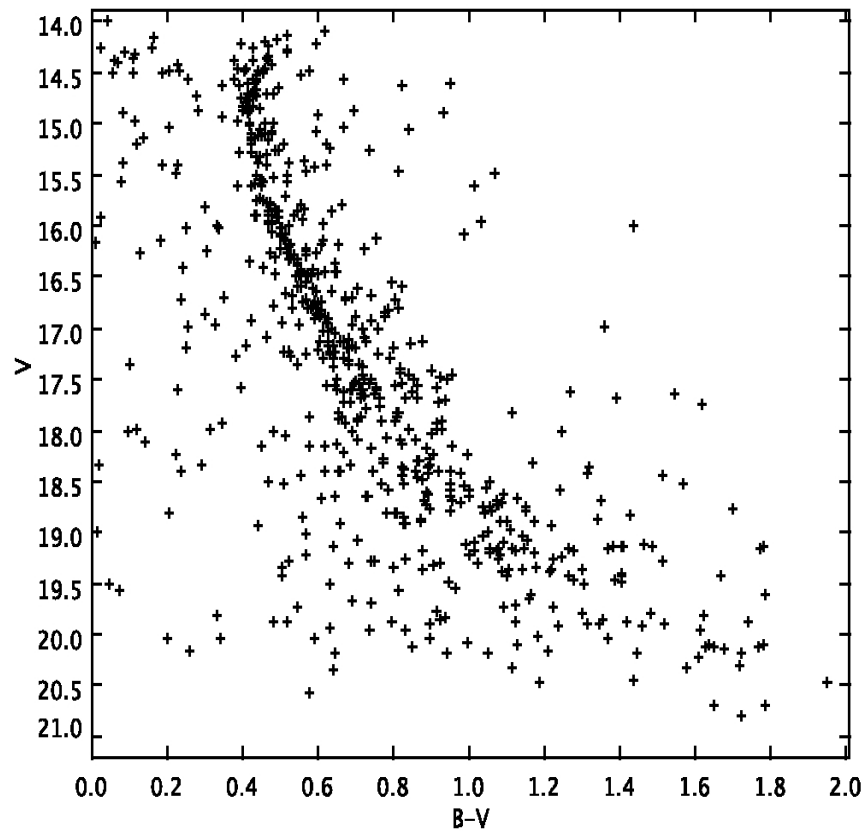
Finalmente, siamo potuti passare alle magnitudini B, V, R del sistema fotometrico di Johnson, che è lo standard in astronomia:

$$B = g_{cal} + 0.349 * (g_{cal} - r_{cal}) + 0.245$$

$$V = g_{cal} - 0.569 * (g_{cal} - r_{cal}) + 0.021$$

$$R = r_{cal} + 0.153 * (r_{cal} - i_{cal}) - 0.117$$

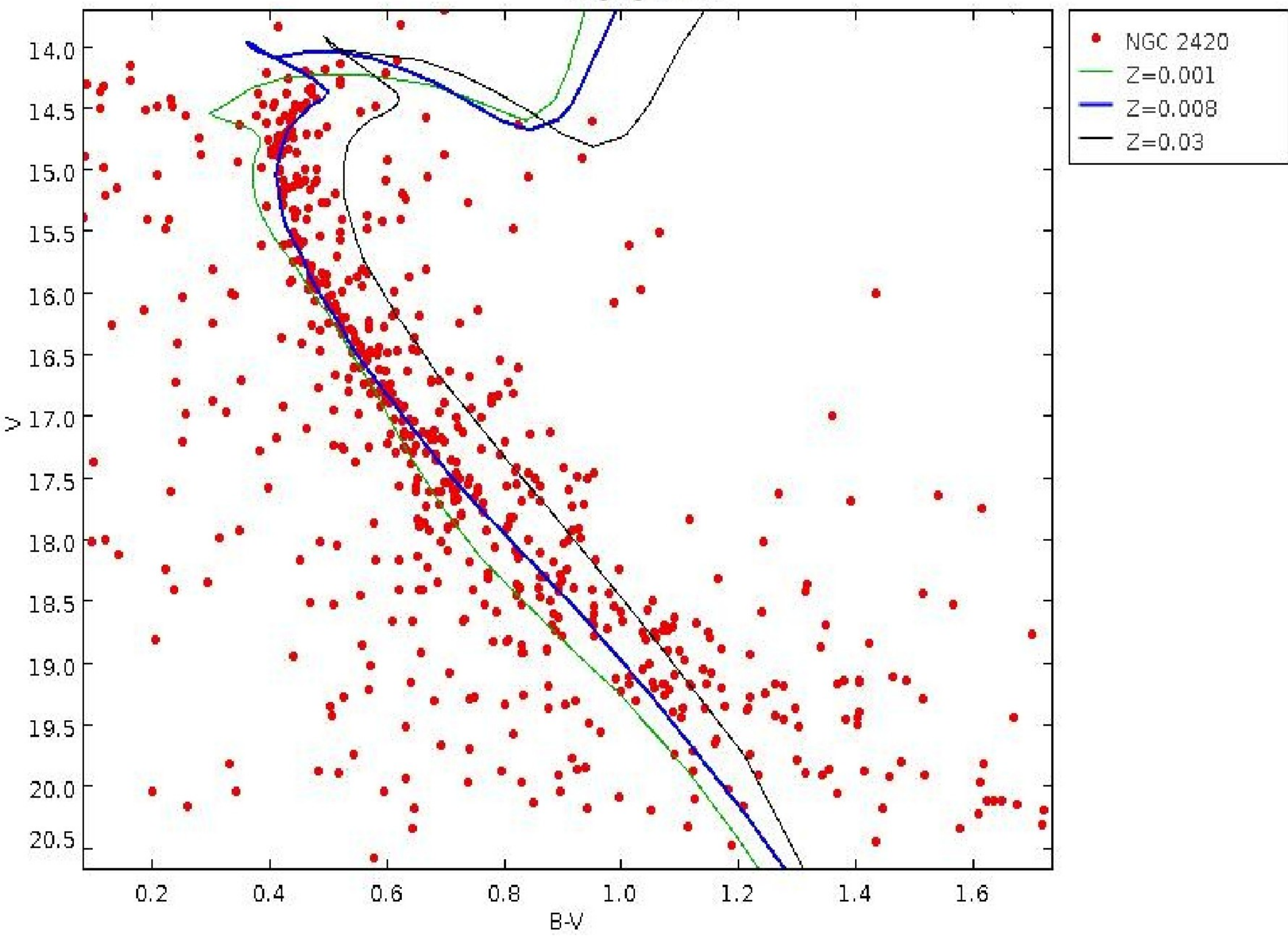
I CMDs



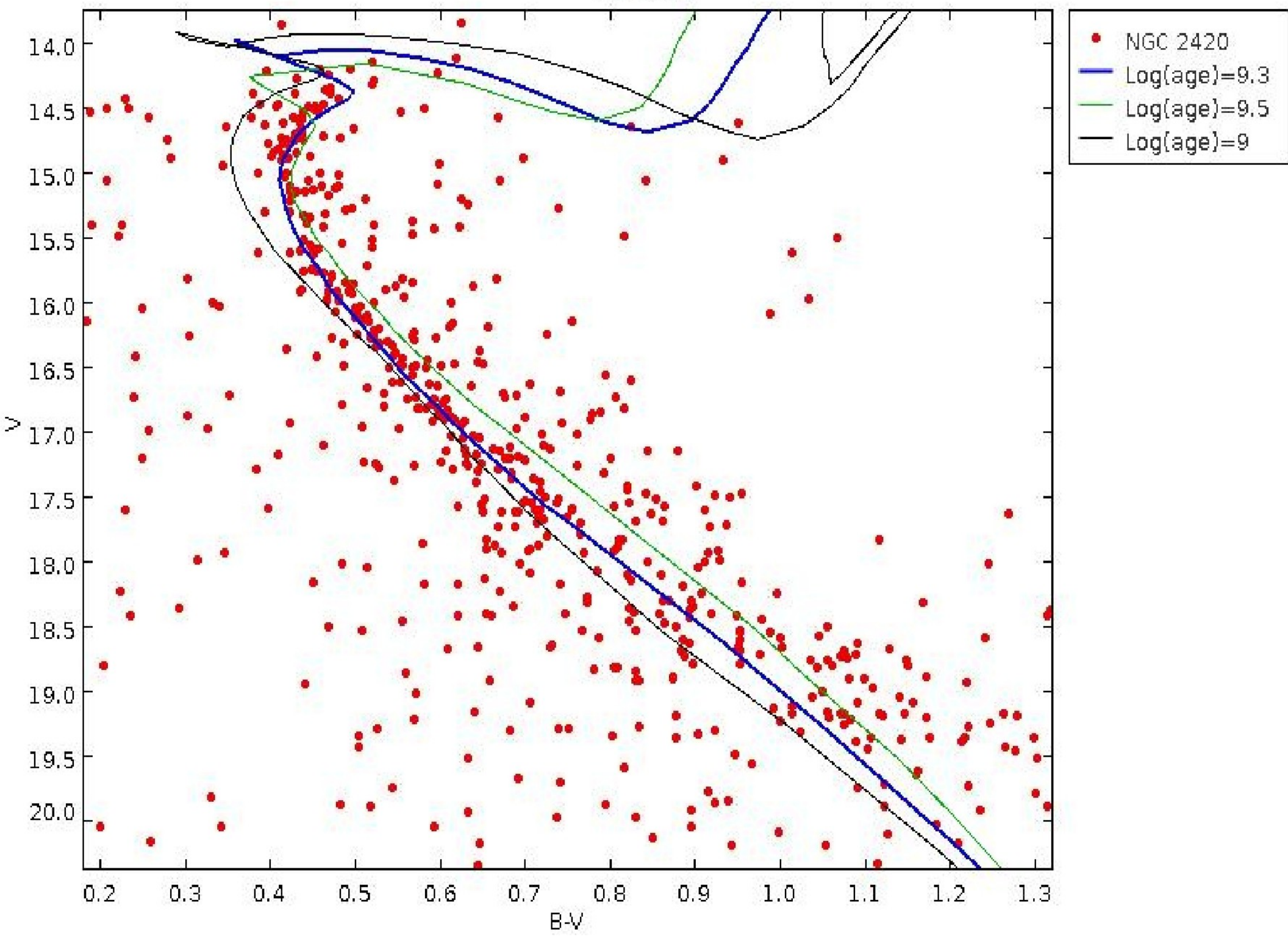
Isocrone

- Sono delle curve, in magnitudini assolute e prive di arrossamento, ottenute da modelli teorici. Esse descrivono le posizioni delle stelle di un ammasso in funzione della loro massa iniziale, della loro metallicità ed età
- Plottate sul CMD, ci permettono di determinare quindi età e metallicità dell'ammasso
- Inoltre permettono di ricavare la distanza dell'ammasso e l'assorbimento interstellare

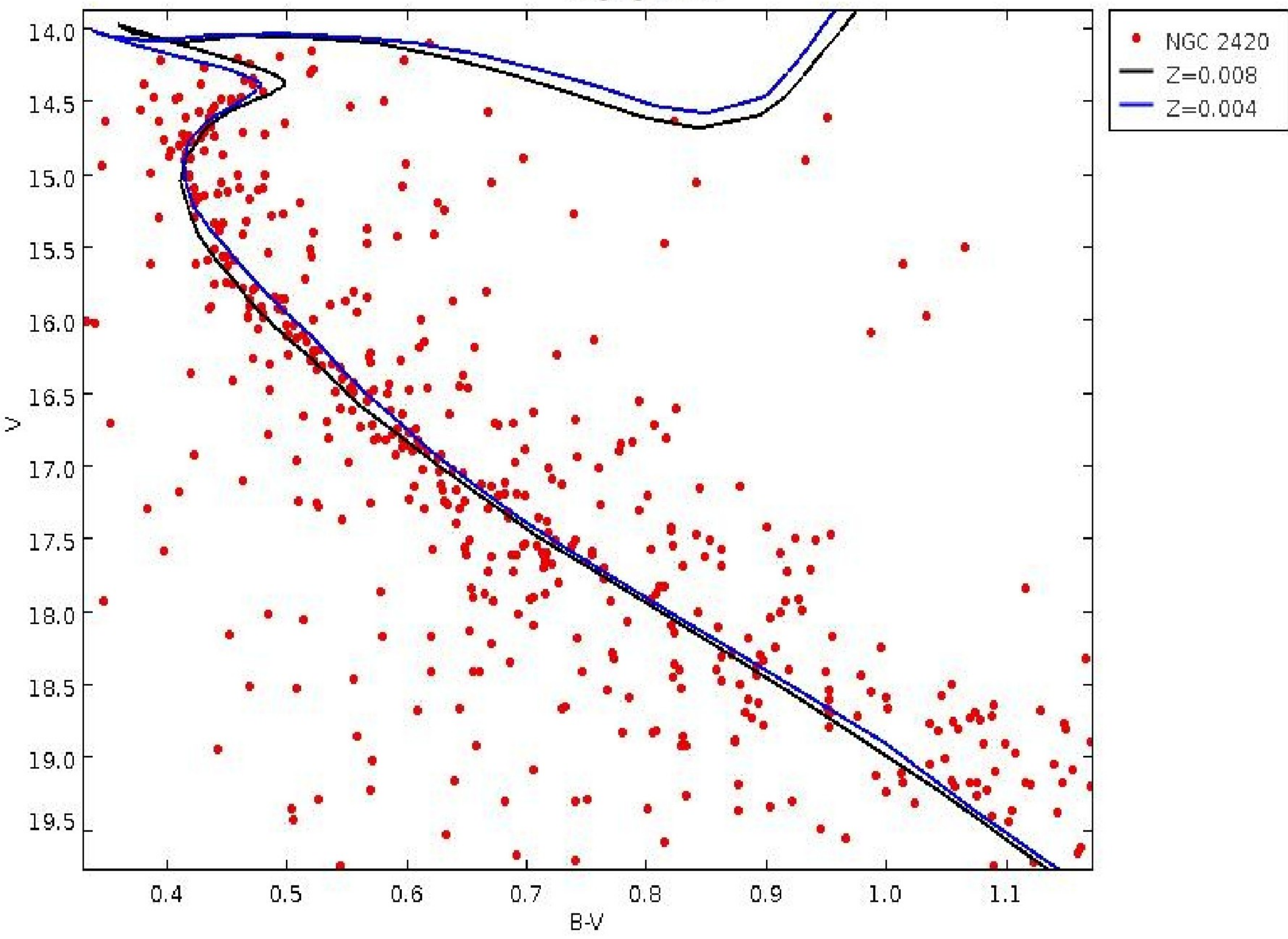
Log(age)=9.3



$Z=0.008$



Log(Age)=9.3



- Assorbimento Interstellare

$$A_v = 3.1 * E_{(B-V)}$$

Dove E è l'eccesso di colore (Δx)

- Distanza

Essendo NGC 2420 in magnitudini apparenti e le isocrone in magnitudini assolute, la differenza tra queste (Δy) sarà chiaramente un Modulo di Distanza (DM)

$$d = 10^{((DM + 5 - A_v)/5)}$$

Primi risultati

Z	DM	Età (Gyr)	E(B-V)
0.004	12.35	2	0.16
0.008	12.28	2	0.07

I raggi

Non disponendo di dati relativi alle temperature delle stelle abbiamo ricavato i raggi lineari partendo dai raggi angolari delle stelle.

Definita la brillantezza superficiale

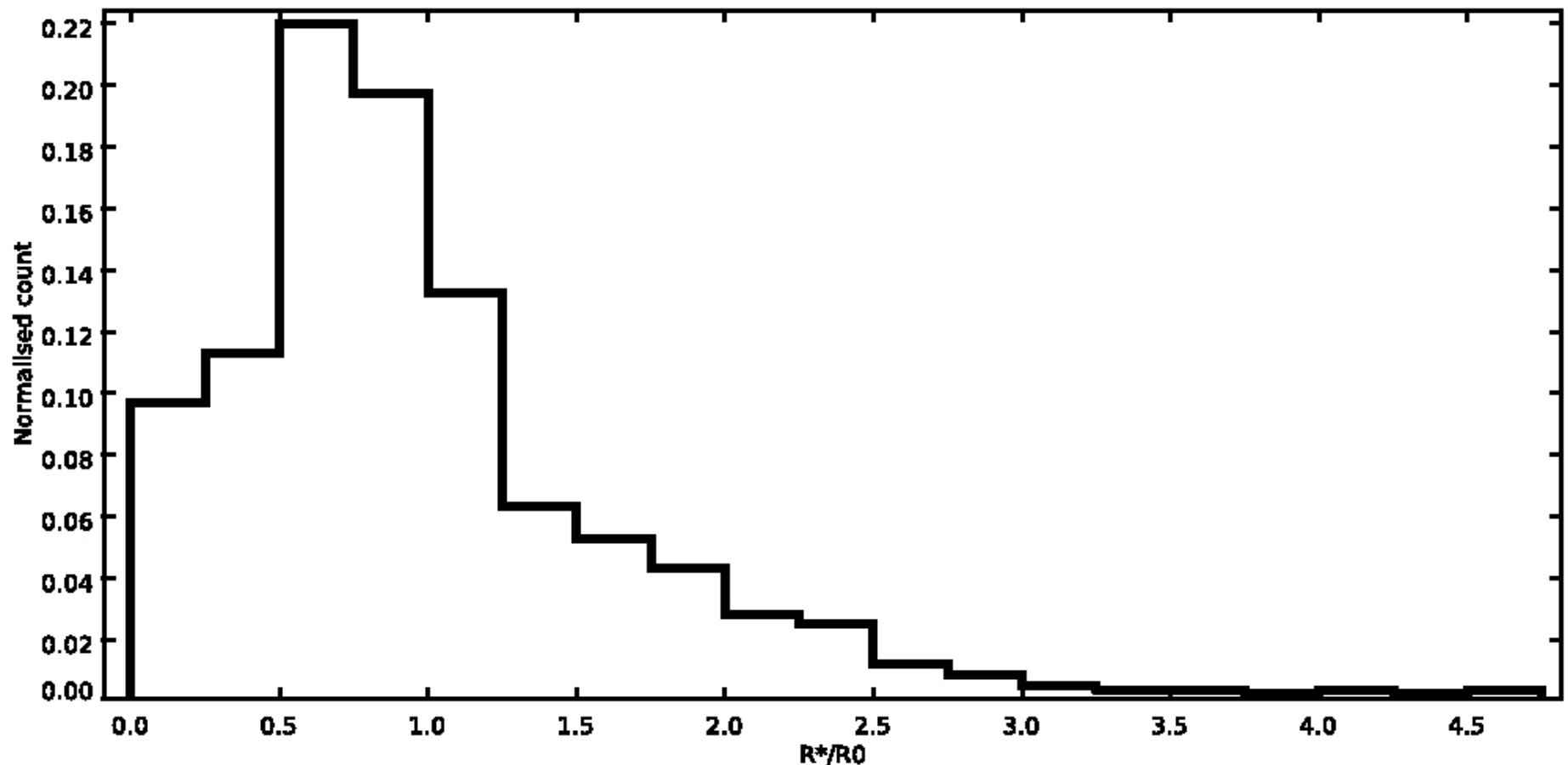
$$P = mag * arcsen^2(\theta)$$

i raggi angolari sono stati così ricavati:

$$\theta_{star} = \theta_{sun} * 10^{(-2 * (P_v + 0.1 * (m - m_{sun})))}$$

I raggi lineari sono invece ricavati dalla formula:

$$R_{star} = R_{sun} * ((\theta_{star} / 206265) * (d / (6.96 * 10^5)))$$

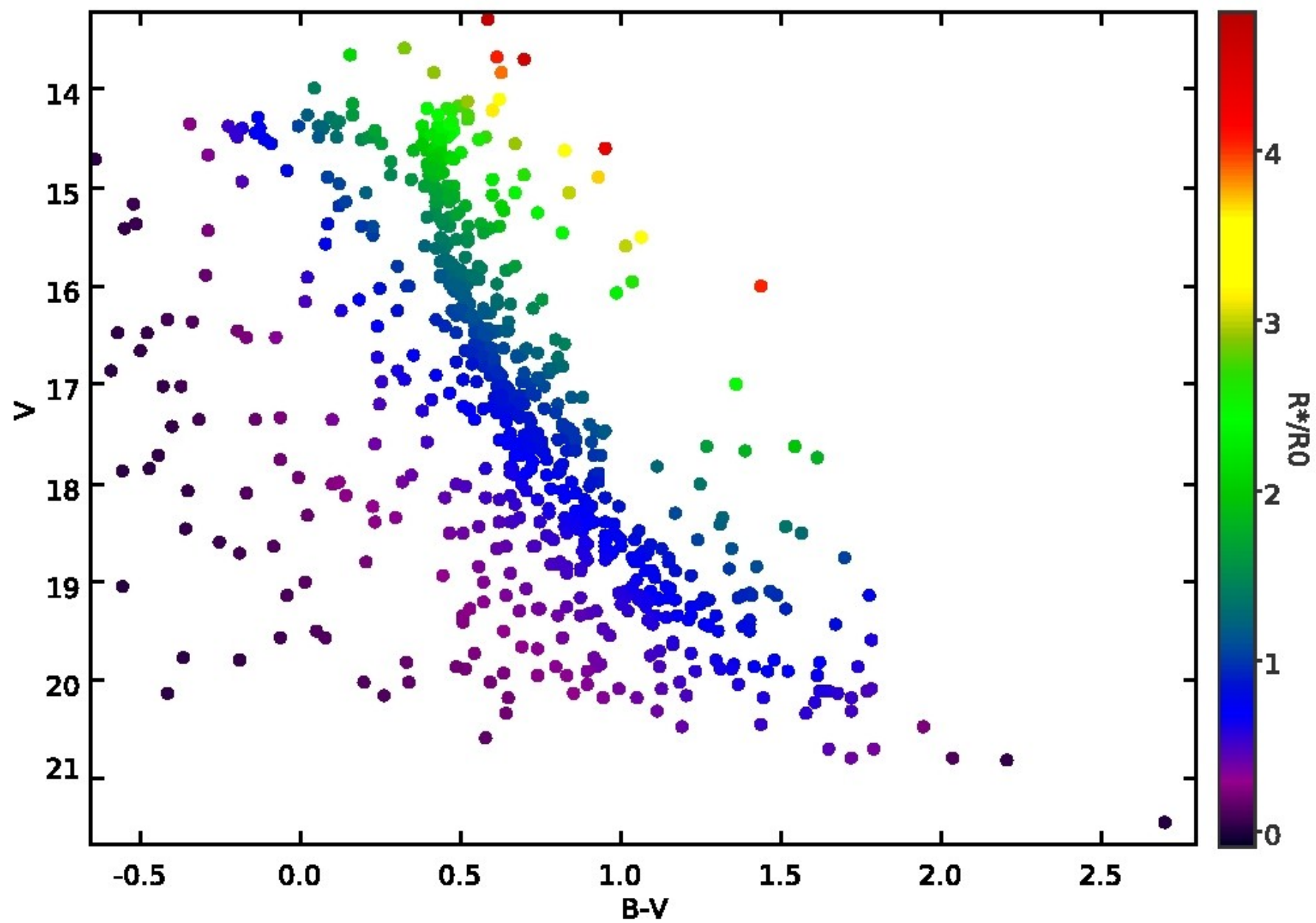


Il punto di Turnoff

E' il punto in cui si trovano le stelle che stanno iniziando a bruciare He.

Esse si espanderanno a temperatura costante, diventando quindi Red Giants e aumentando la loro luminosità.

È importante fare un fit corretto nel punto di turnoff. Al turnoff, abbiamo ottenuto un raggio di circa 3 raggi solari, in perfetto accordo con la teoria.



Risultati

Ricerca	E(B-V)	DM	Età	Z
Questo lavoro	0.16	12.35	2	0.004
Questo lavoro	0.07	12.28	2	0.008
Demarque et al. (1994)	0.05	11.95	2.4	0.006
Prada Moroni et al.(2001)	0.08	12.05	2	0.005
Anthony-Twarog et al. (2006) - 1	0.05	12.15	1.9	0.005
Anthony-Twarog et al. (2006) - 2	0.05	12.15	1.9	0.006

d=2475.5 pc

-

A(v)=0.035

Bibliografia

- 1) Anthony-Twarog, B. J., Delora, T., Cracraft, M., & Twarog, B.A. 2006, AJ,131,461-472
- 2) Ciroi, S., Cracco, V., Frassati, A., 2011, Fotometria,'the Sky as a Laboratory', handouts, 101
- 3) Demarque, P., Sarajedini, A., & Guo ,X.-J., 1994, AJ,426,165-169
- 4) Girardi, L., Greber, E.K., Odenkirchen, M., & Chiosi, C. 2004, apj, 700, 1816
- 5) Leonard, P. J. T., 1988, AJ,95,1
- 6) Prada Moroni, P. G., Castellani, V., Degl'Innocenti, S., Marconi, M., 2001, Mem. S.Alt.,72,4