

Studio di sorgenti X all'interno della Piccola Nube di Magellano con il satellite per astronomia X *XMM-Newton*

Nicoletta Krachmalnicoff

Astrosiesta 6 Aprile 2010



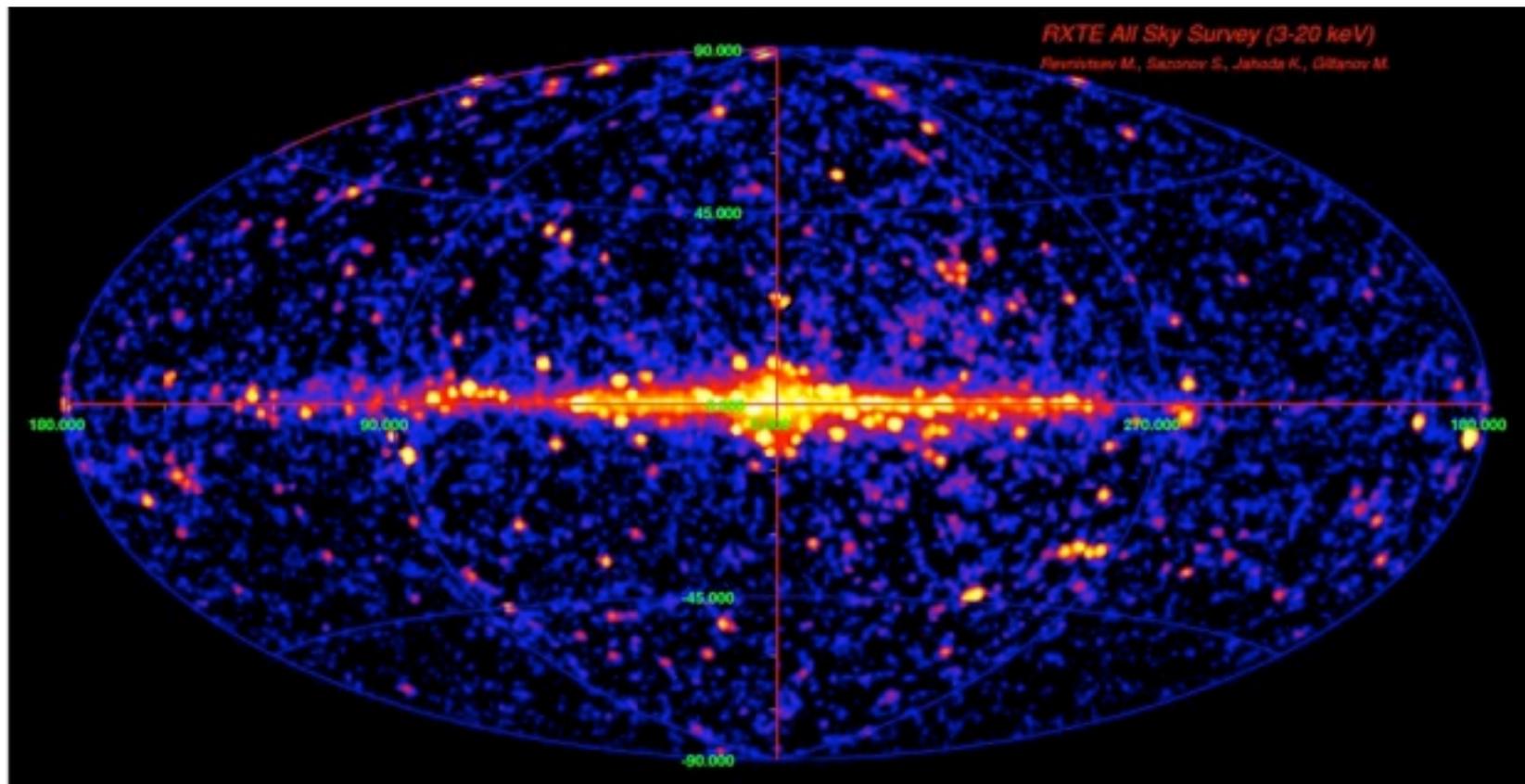
Relatore interno: Prof. P. Pizzochero
Relatore esterno: Dott. S. Mereghetti

Sommario

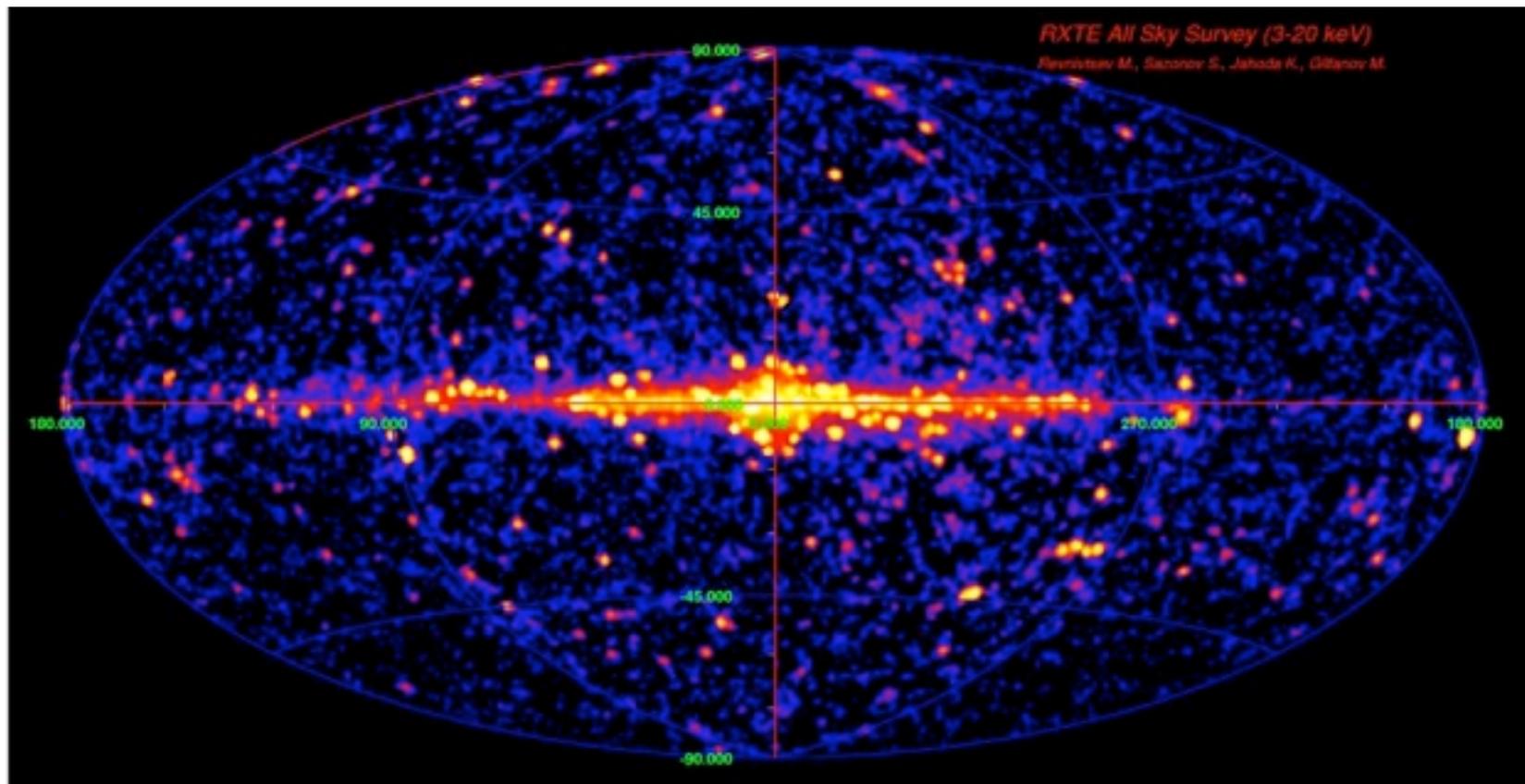
- 1 Introduzione
- 2 Mappatura della SMC con XMM-Newton
- 3 Identificazione sorgenti
- 4 La nebulosa planetaria SMP22
- 5 Conclusioni



Astronomia X



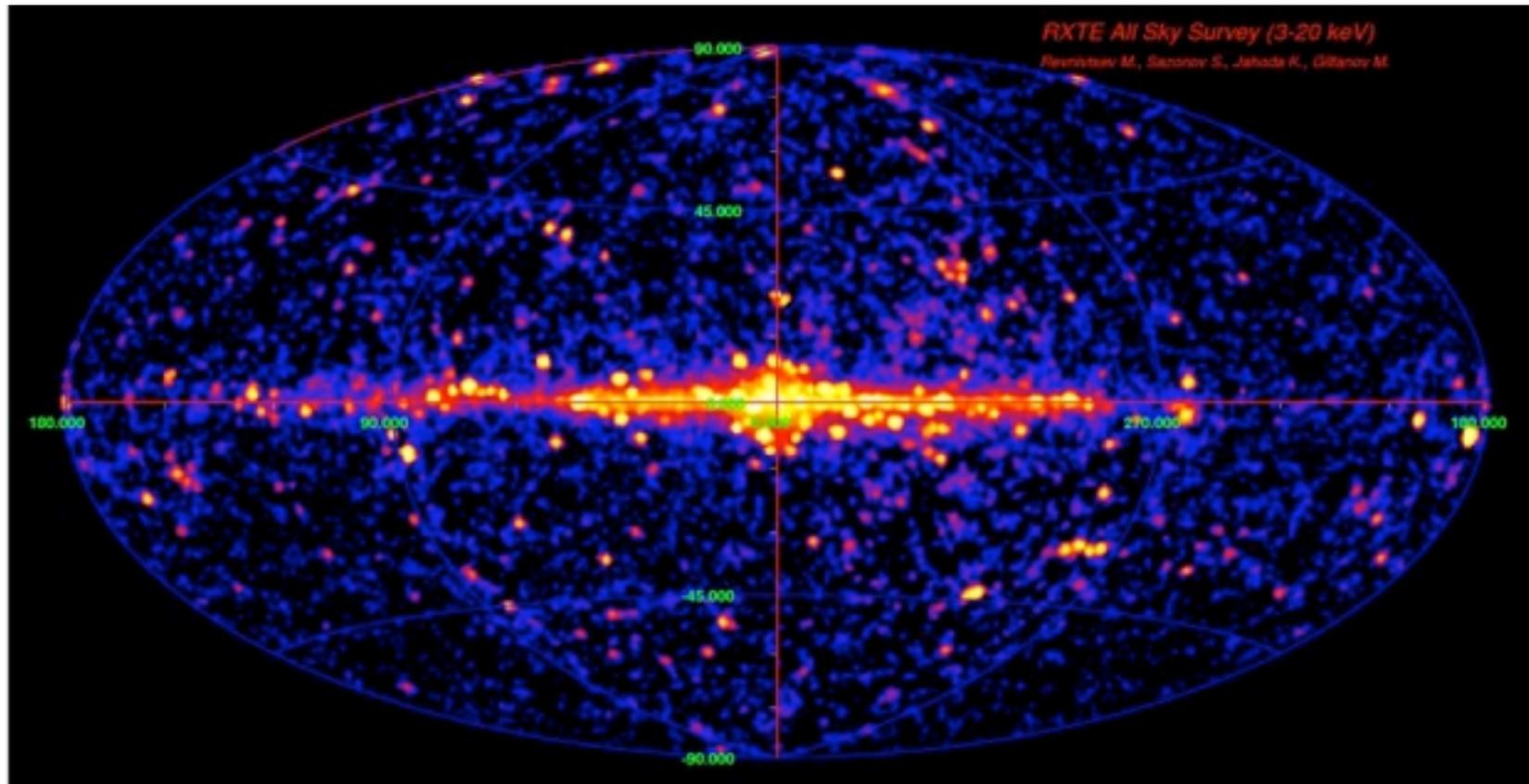
Astronomia X



● sorgenti galattiche:

- binarie X
- resti di supernova
- stelle

Astronomia X



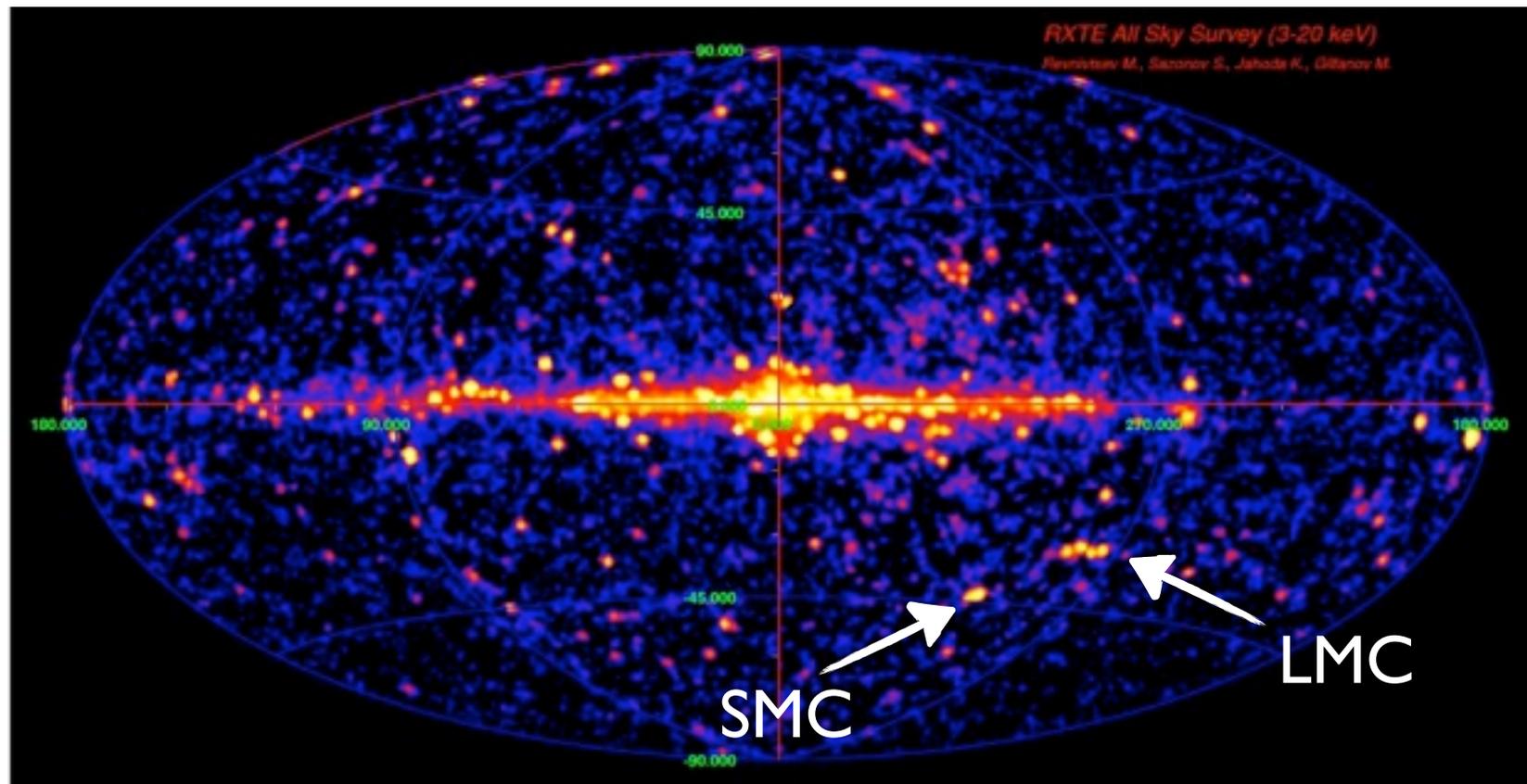
● sorgenti galattiche:

binarie X
resti di supernova
stelle

● sorgenti extra-galattiche:

nuclei galattici attivi (AGN)
ammassi di galassie

Astronomia X



- sorgenti galattiche:

binarie X
resti di supernova
stelle

- sorgenti extra-galattiche:

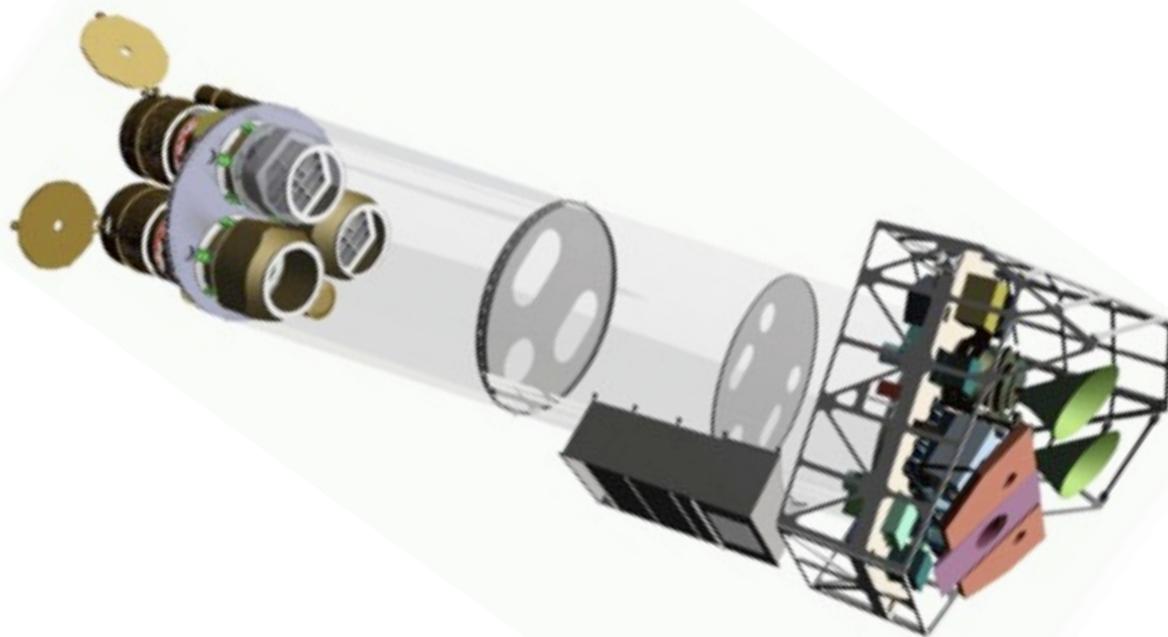
nuclei galattici attivi (AGN)
ammassi di galassie

Il satellite XMM-Newton

- lanciato nel Dicembre 1999 (ESA)
- 3 telescopi X a incidenza radente + telescopio ottico



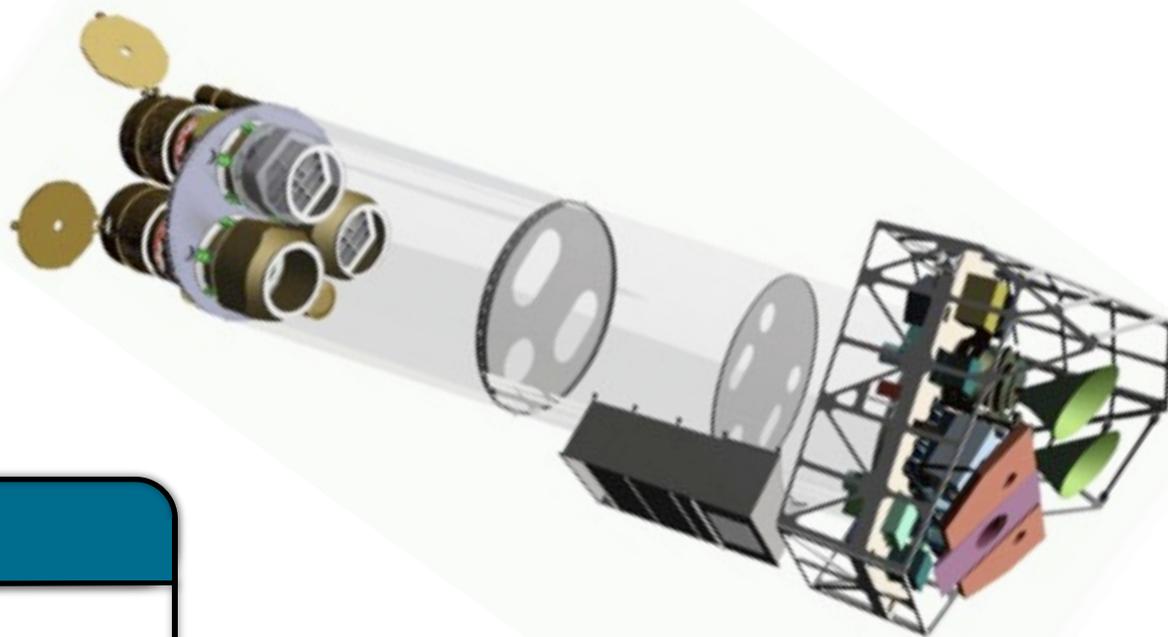
- FOV $\sim 30'$
- grande capacità di raccolta fotoni X



Il satellite XMM-Newton

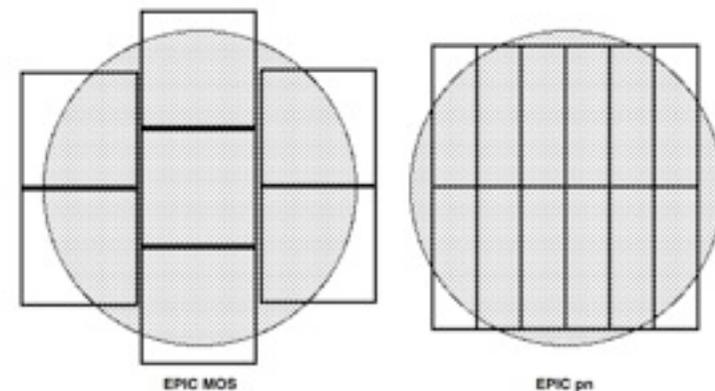
- lanciato nel Dicembre 1999 (ESA)
- 3 telescopi X a incidenza radente + telescopio ottico

- ↓
- FOV $\sim 30'$
 - grande capacità di raccolta fotoni X



EPIC

3 camere a CCD per imaging (MOS e pn)
 banda 0.1-12 keV
 sensibilità $\sim 10^{-14}$ erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$
 risoluzione spettrale ~ 70 eV (1 keV)
 risoluzione temporale max ~ 1.75 ms



Le Nubi di Magellano

LMC



Distanza ~ 50 kpc
Dimensioni $11^\circ \times 9^\circ$
Massa $\sim 5.3 \times 10^9 M_\odot$

SMC



Distanza ~ 60 kpc
Dimensioni $5^\circ \times 3^\circ$
Massa $\sim 2.0 \times 10^9 M_\odot$

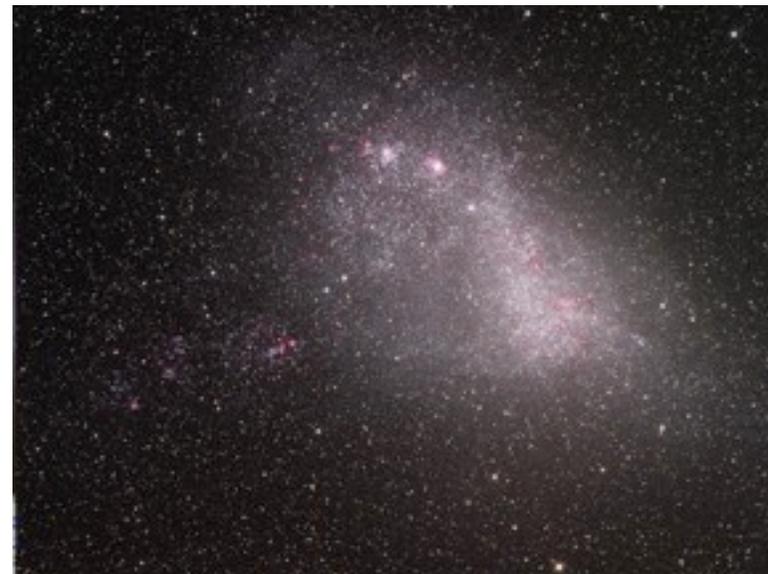
Le Nubi di Magellano

LMC



Distanza ~ 50 kpc
 Dimensioni $11^\circ \times 9^\circ$
 Massa $\sim 5.3 \times 10^9 M_\odot$

SMC



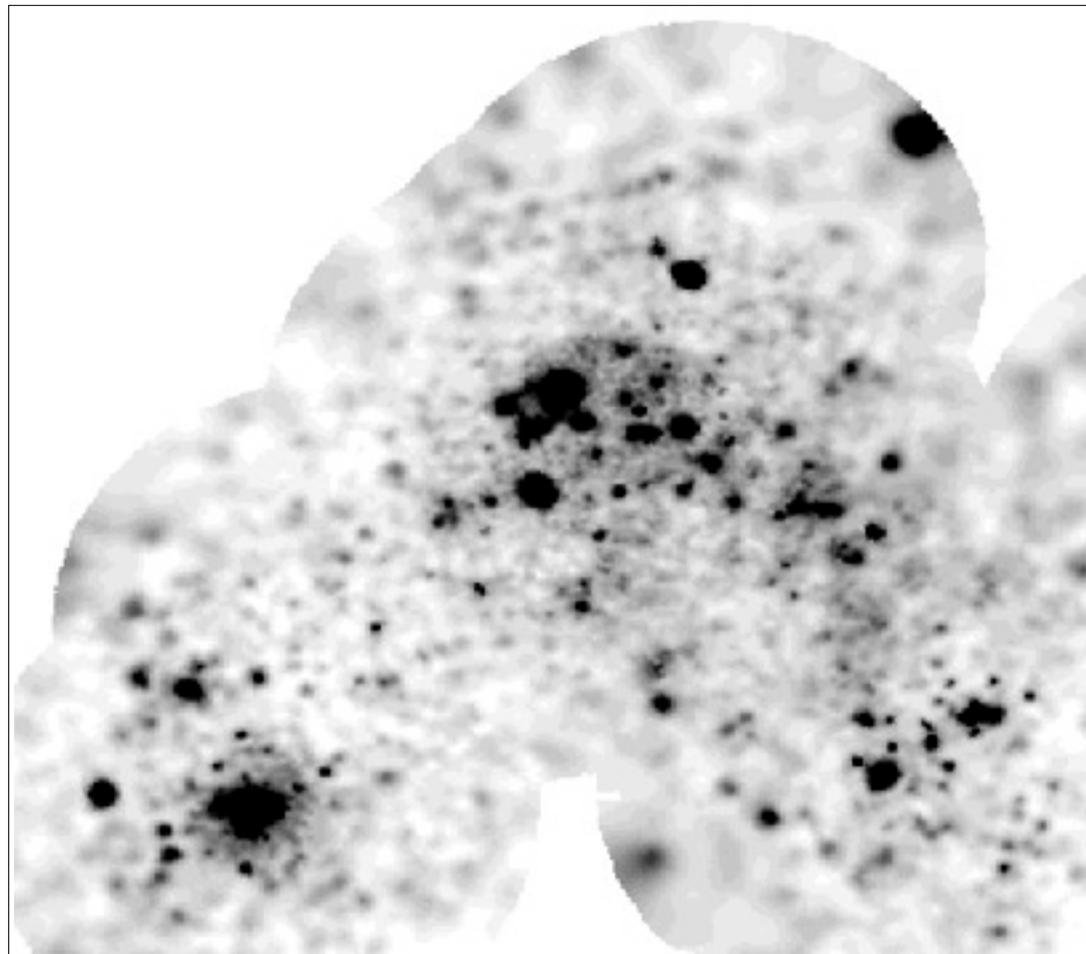
Distanza ~ 60 kpc
 Dimensioni $5^\circ \times 3^\circ$
 Massa $\sim 2.0 \times 10^9 M_\odot$

- studio popolazione di sorgenti tutte alla medesima distanza
- alta latitudine galattica \rightarrow basso assorbimento
- gravitazionalmente interagenti \rightarrow eventi formazione stellare

Osservazioni in banda X della SMC

- Survey completa con ROSAT (1991-1994)
catalogo con 517 sorgenti

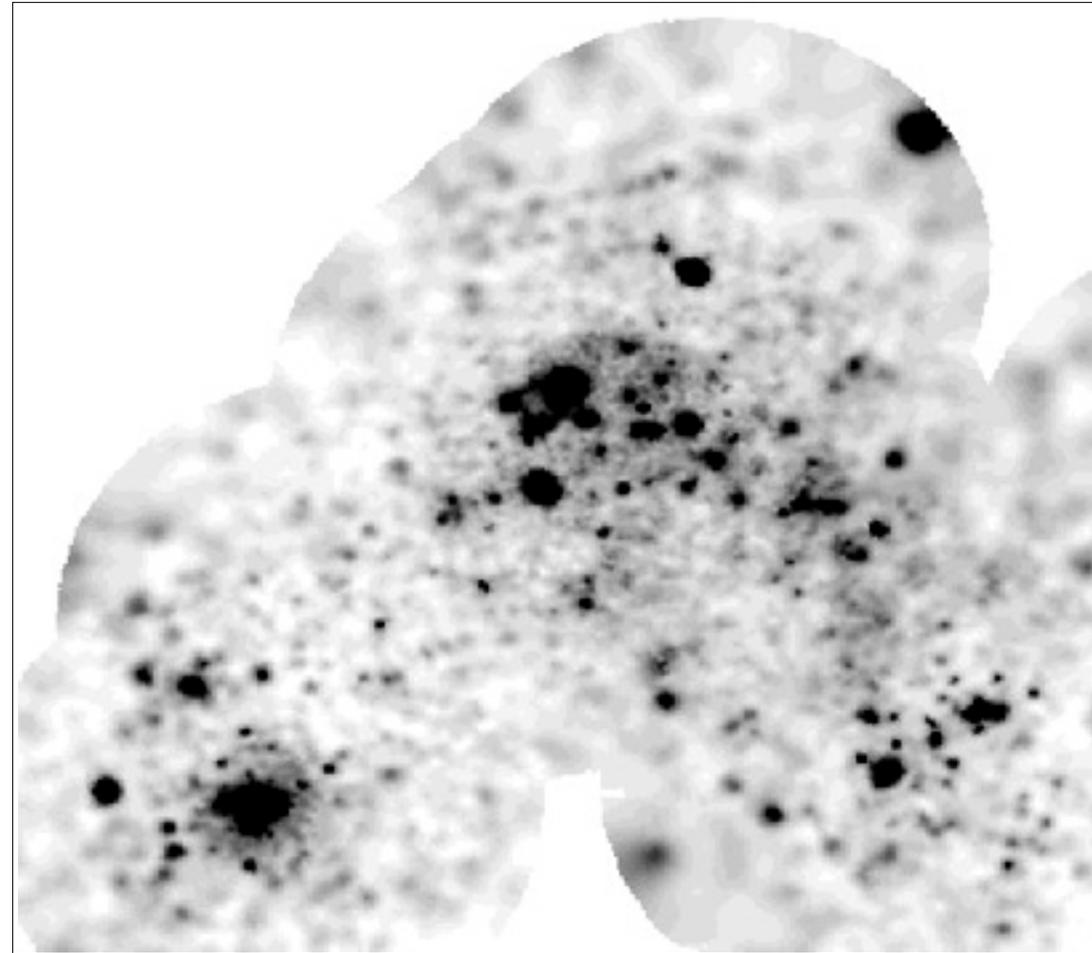
ROSAT PSPC 0.5-2 keV



Osservazioni in banda X della SMC

- Survey completa con ROSAT (1991-1994)
catalogo con 517 sorgenti
- identificati numerosi sistemi binari X

ROSAT PSPC 0.5-2 keV

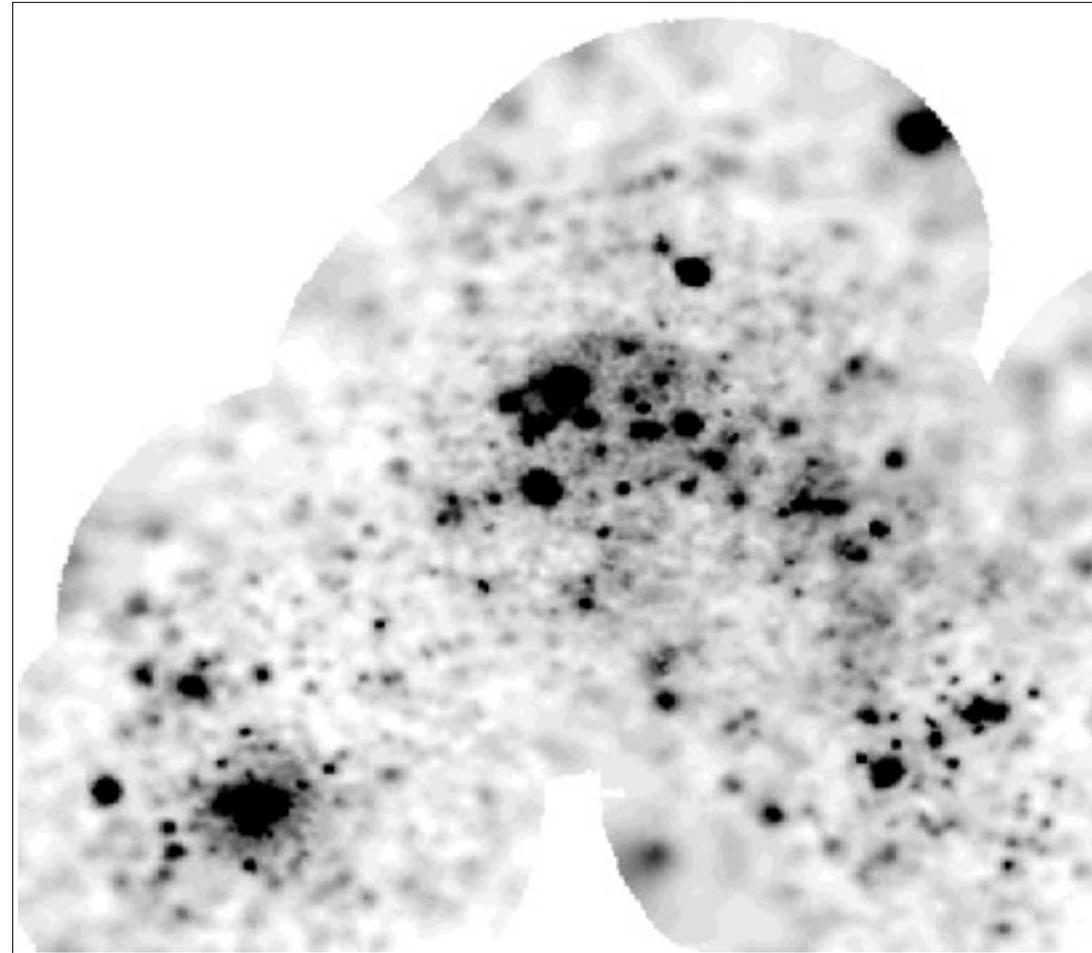


Osservazioni in banda X della SMC

- Survey completa con ROSAT (1991-1994)
catalogo con 517 sorgenti
- identificati numerosi sistemi binari X
- scoperta nuova classe di sorgenti super soft (SSS)



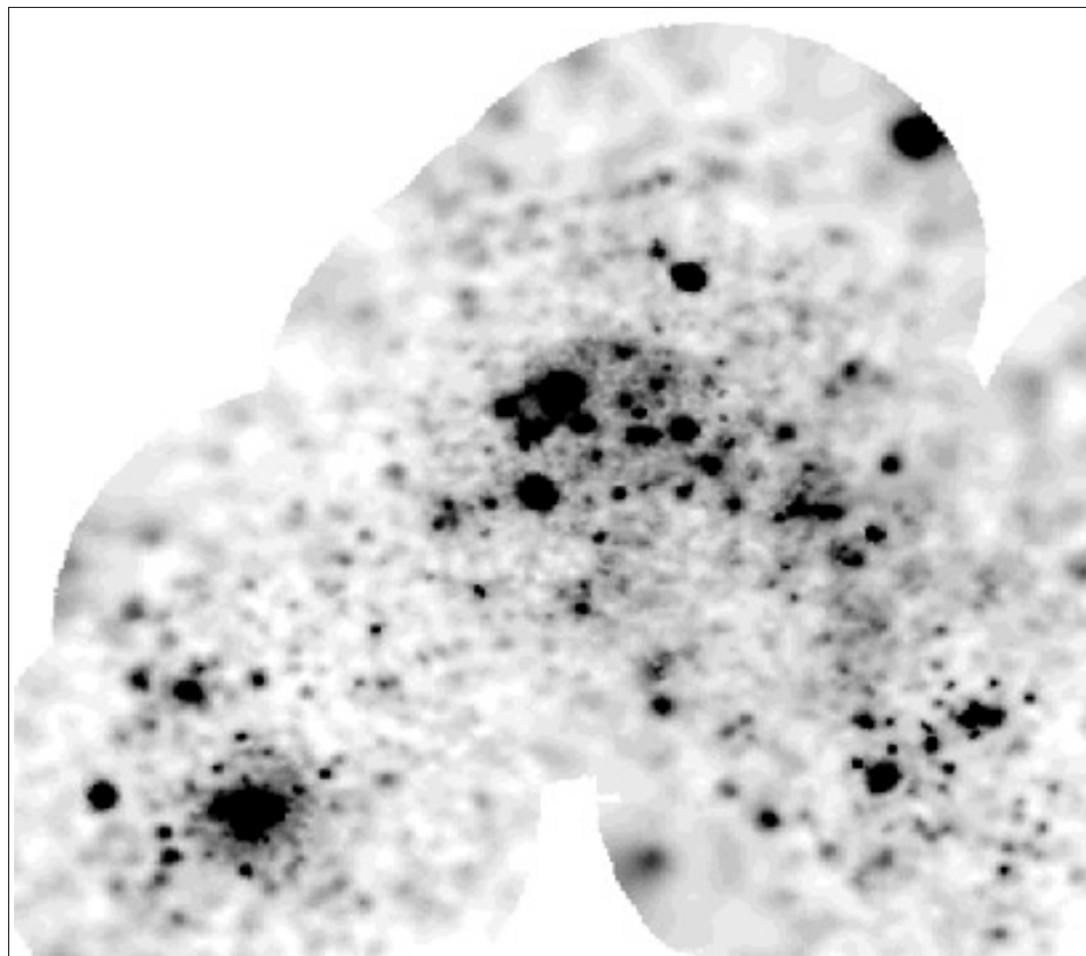
ROSAT PSPC 0.5-2 keV



Osservazioni in banda X della SMC

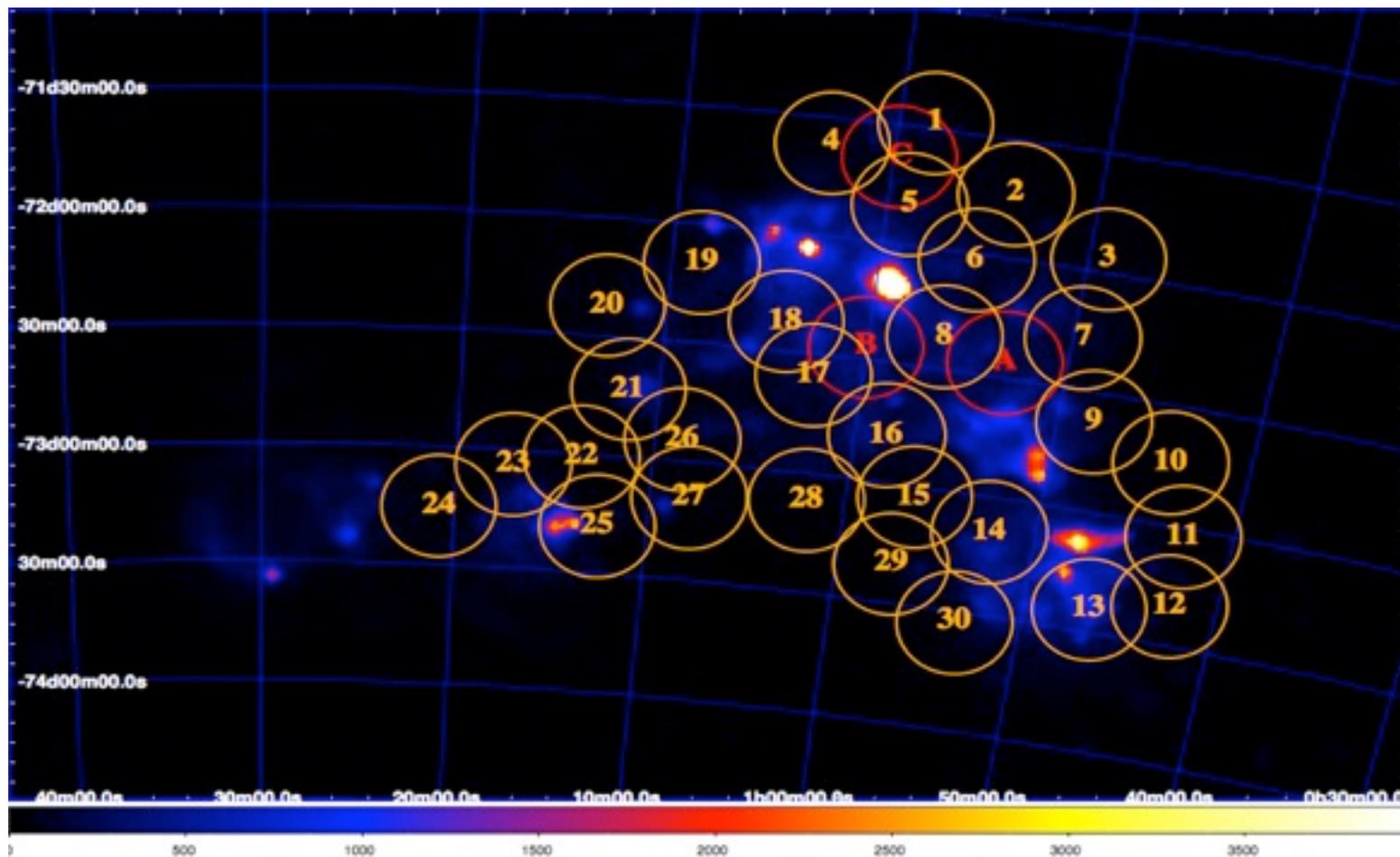
- Survey completa con ROSAT (1991-1994)
catalogo con 517 sorgenti
- identificati numerosi sistemi binari X
- scoperta nuova classe di sorgenti super soft (SSS)

ROSAT PSPC 0.5-2 keV



- XMM-Newton puntamenti dedicati a singole sorgenti

Survey con XMM-Newton

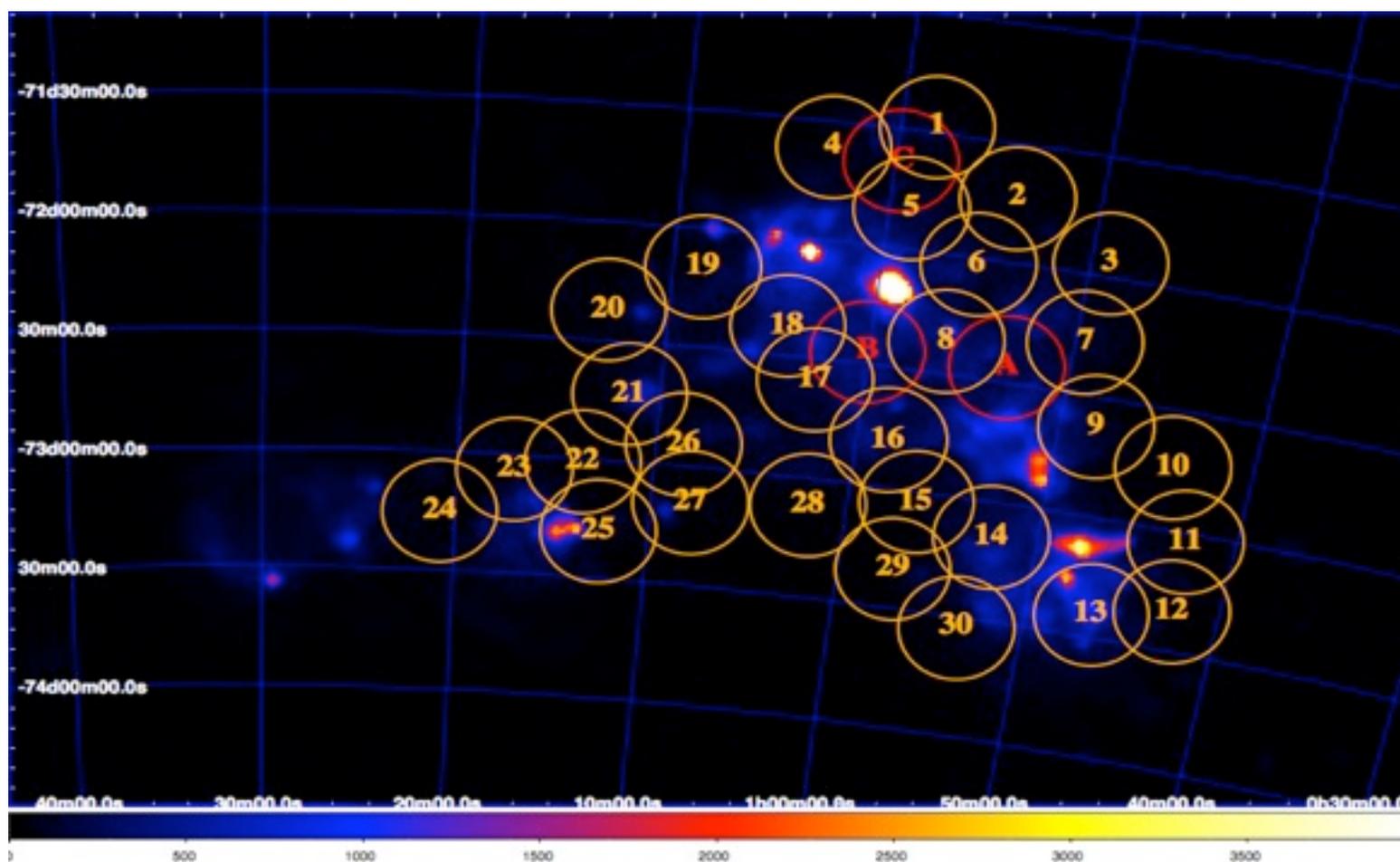


mappatura completa:

30 puntamenti \sim 30 ks

Maggio-Dicembre 2009

Survey con XMM-Newton



mappatura completa:

30 puntamenti \sim 30 ks

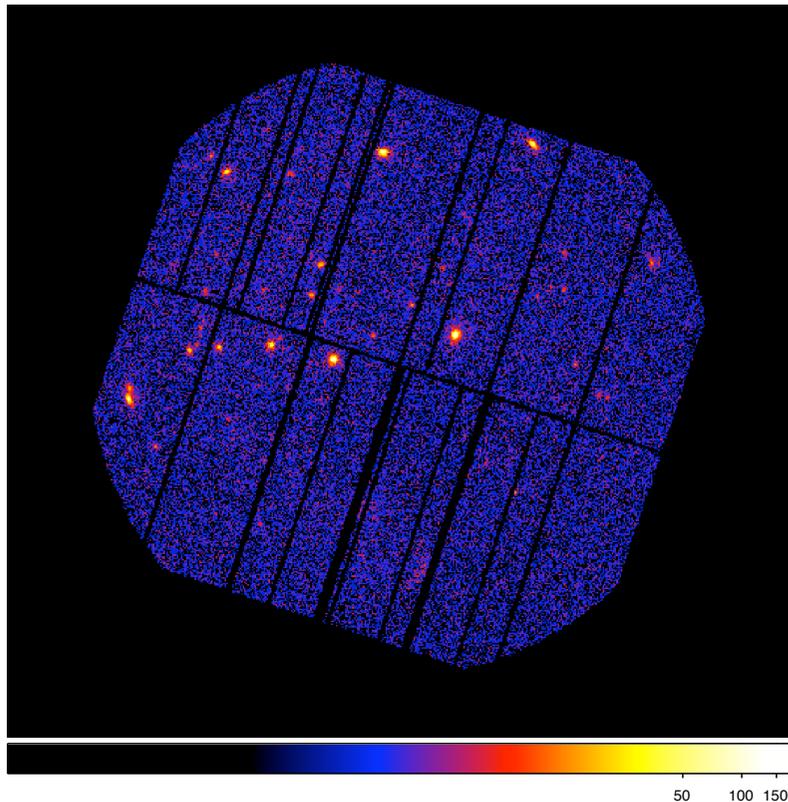
Maggio-Dicembre 2009

In questa tesi analizzati alcuni campi:

- catalogazione
- studio singole sorgenti interessanti

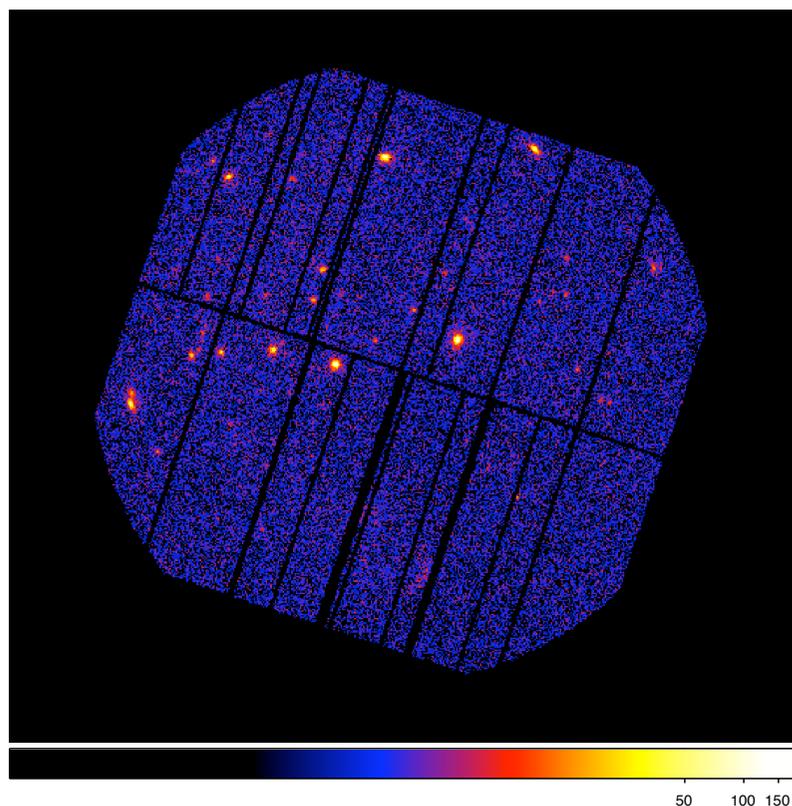
Riduzione e ricerca sorgenti X

- riduzione dati permette di ottenere lista eventi rivelati
- necessario riconoscere quelli dovuti alla presenza di una sorgente



Riduzione e ricerca sorgenti X

- riduzione dati permette di ottenere lista eventi rivelati
- necessario riconoscere quelli dovuti alla presenza di una sorgente

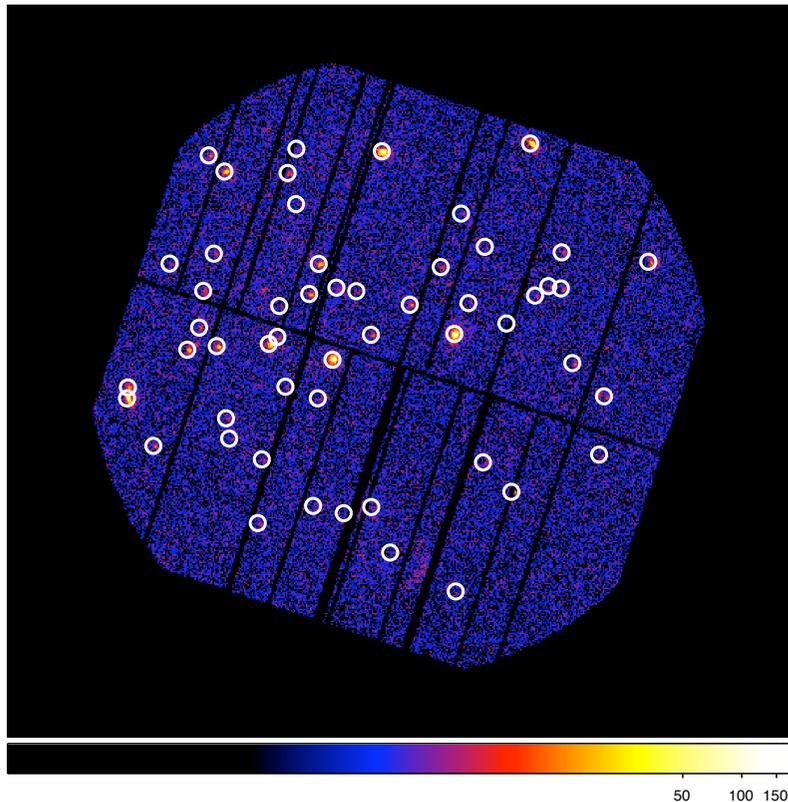


Source detection

- modellizzazione fondo X e strumentale
- individua sorgenti con $L = -\ln p \geq 10$
- 3 bande di energia:
 - Soft 0.2-2.0 keV
 - Media 2.0-4.5 keV
 - Hard 4.5-10 keV

Riduzione e ricerca sorgenti X

- riduzione dati permette di ottenere lista eventi rivelati
- necessario riconoscere quelli dovuti alla presenza di una sorgente



Source detection

- modellizzazione fondo X e strumentale
- individua sorgenti con $L = -\ln p \geq 10$
- 3 bande di energia:

Soft	0.2-2.0 keV
Media	2.0-4.5 keV
Hard	4.5-10 keV

applicata a 5 osservazioni → 239 sorgenti

Candidate controparti ottiche

- per ogni sorgente X ricercata candidata controparte ottica
- utilizzato catalogo specifico della SMC
- note le magnitudini apparenti m_U, m_B, m_V, m_I

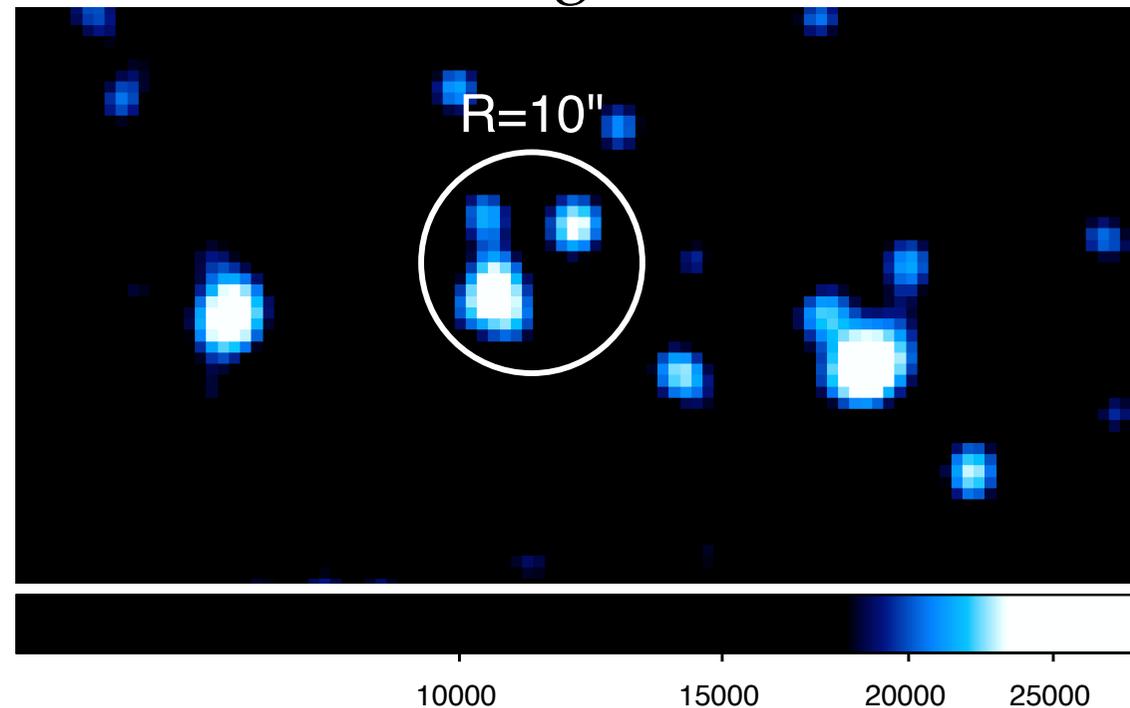
Candidate controparti ottiche

- per ogni sorgente X ricercata candidata controparte ottica
- utilizzato catalogo specifico della SMC
- note le magnitudini apparenti m_U, m_B, m_V, m_I
- posizione X nota con incertezza di qualche arcsec



- possibile coincidenza con più sorgenti ottiche
- scelta controparte più brillante in banda V

immagine ottica



Candidate controparti ottiche

- per ogni sorgente X ricercata candidata controparte ottica
- utilizzato catalogo specifico della SMC
- note le magnitudini apparenti m_U, m_B, m_V, m_I
- posizione X nota con incertezza di qualche arcsec

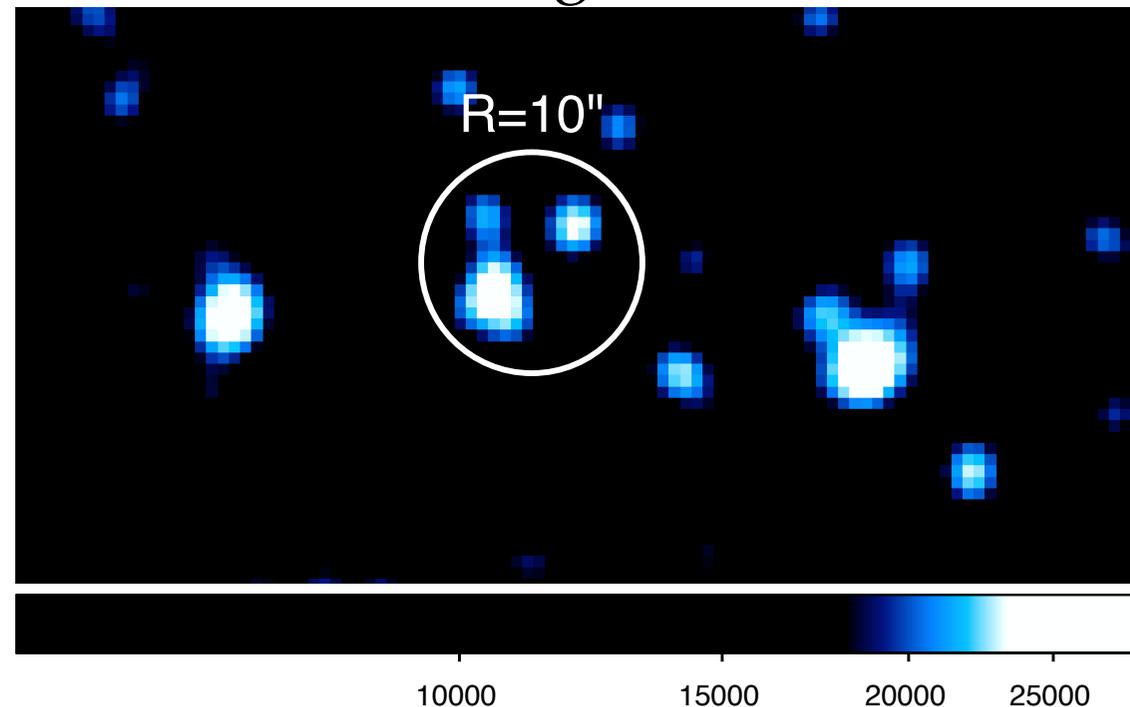


- possibile coincidenza con più sorgenti ottiche
- scelta controparte più brillante in banda V

Identificazione

stelle di foreground
binarie X nella SMC
AGN di background

immagine ottica

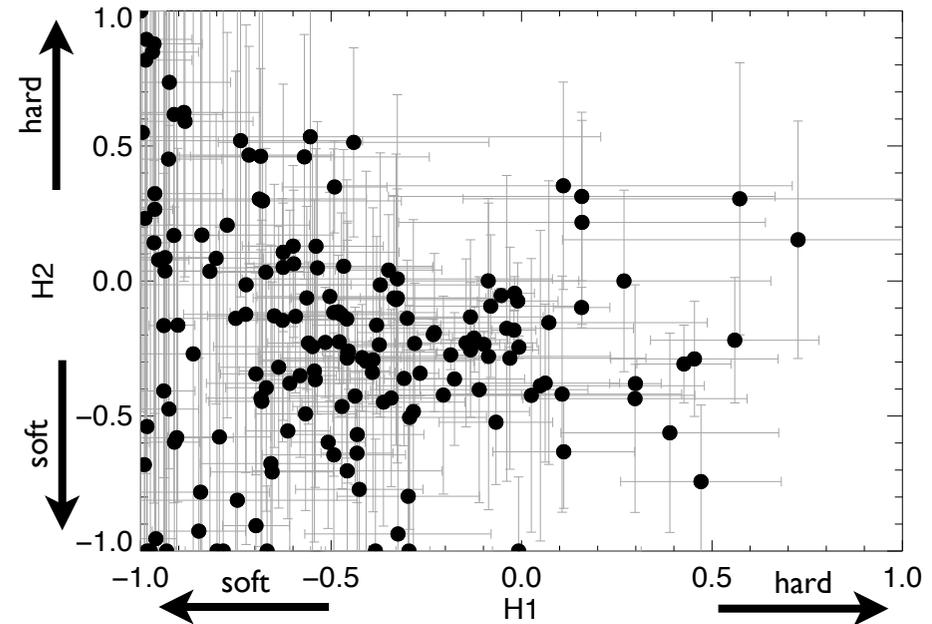


Identificazione astrofisica

- caratteristiche X:

$$\text{HR1} = \frac{cr_M - cr_S}{cr_M + cr_S}$$

$$\text{HR2} = \frac{cr_H - cr_M}{cr_H + cr_M}$$

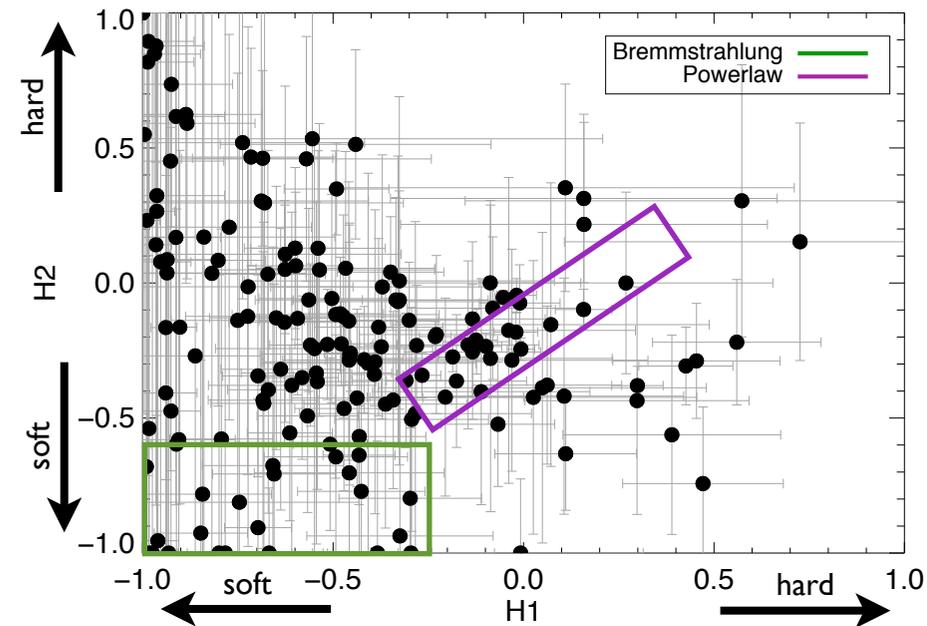


Identificazione astrofisica

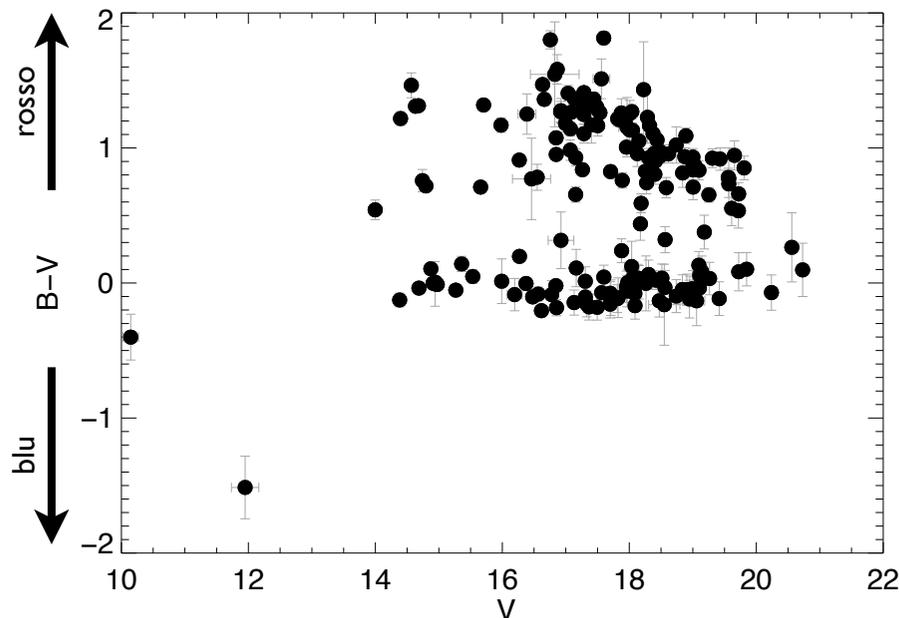
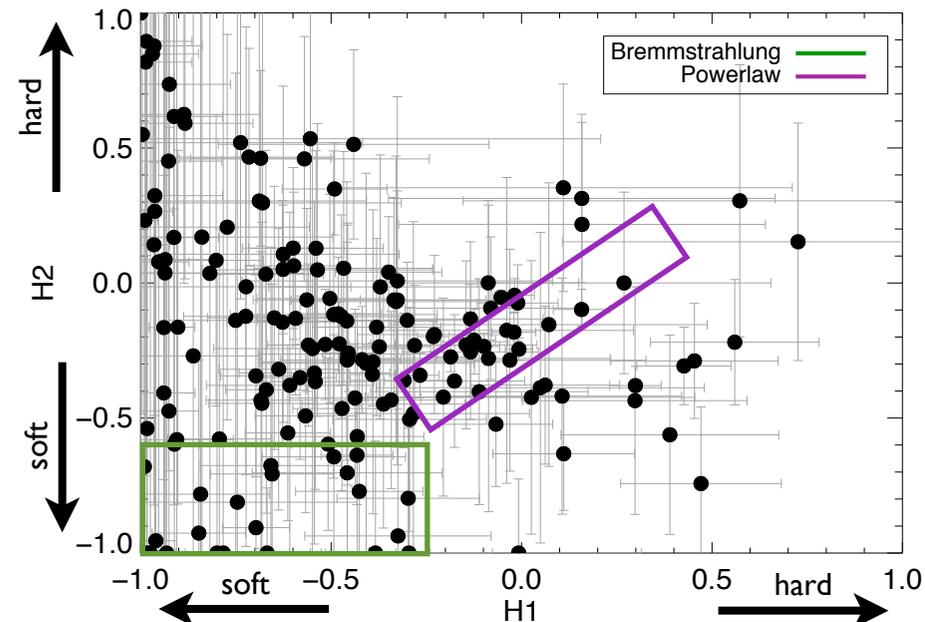
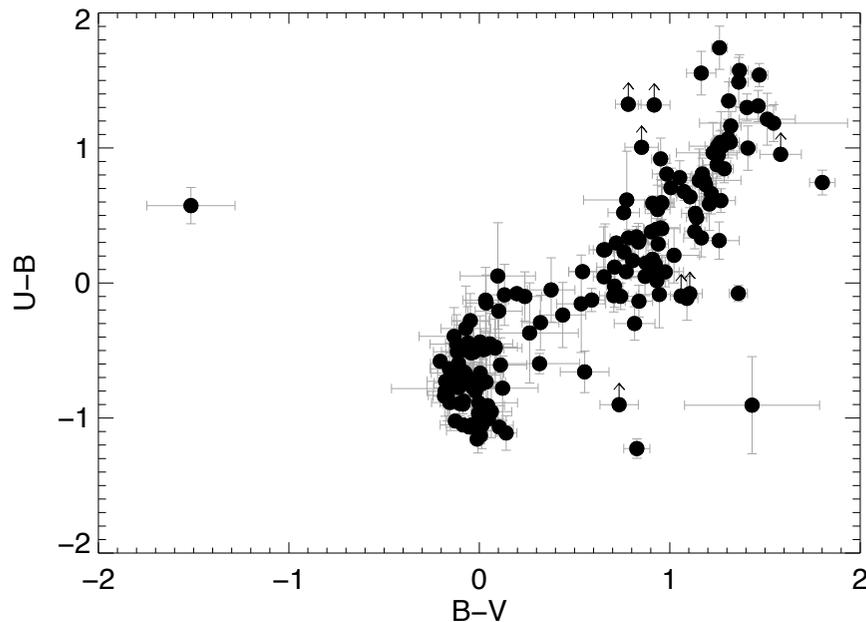
- caratteristiche X:

$$HR1 = \frac{cr_M - cr_S}{cr_M + cr_S}$$

$$HR2 = \frac{cr_H - cr_M}{cr_H + cr_M}$$

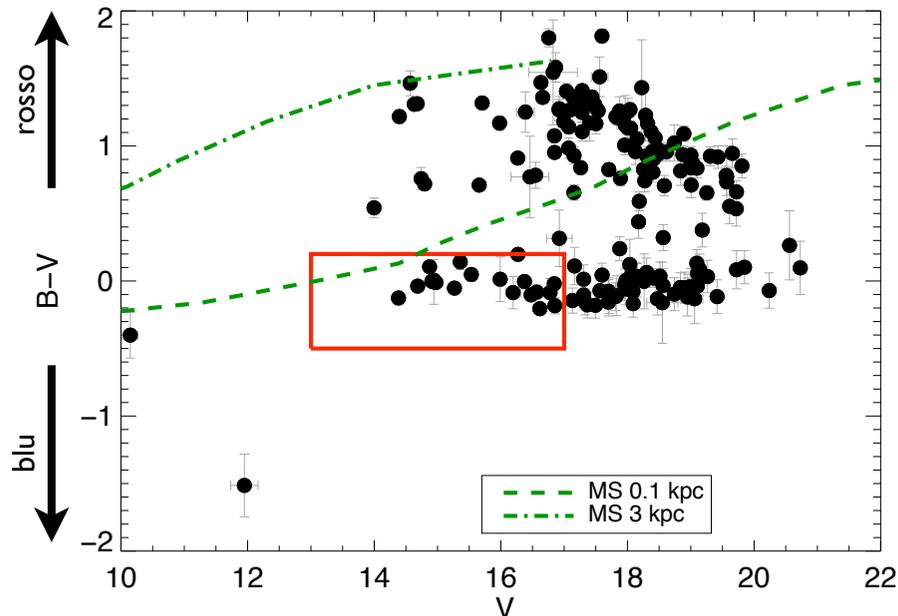
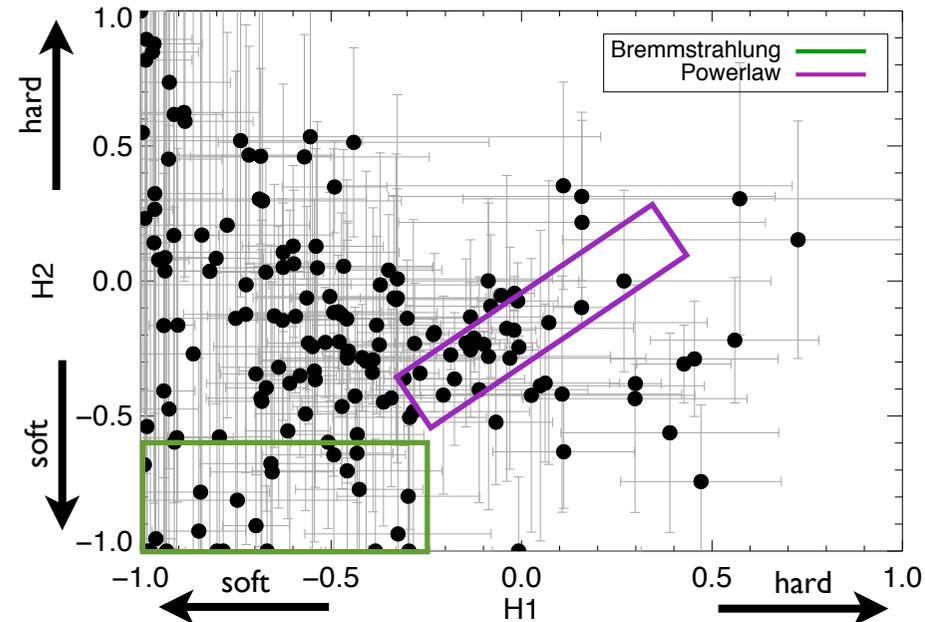
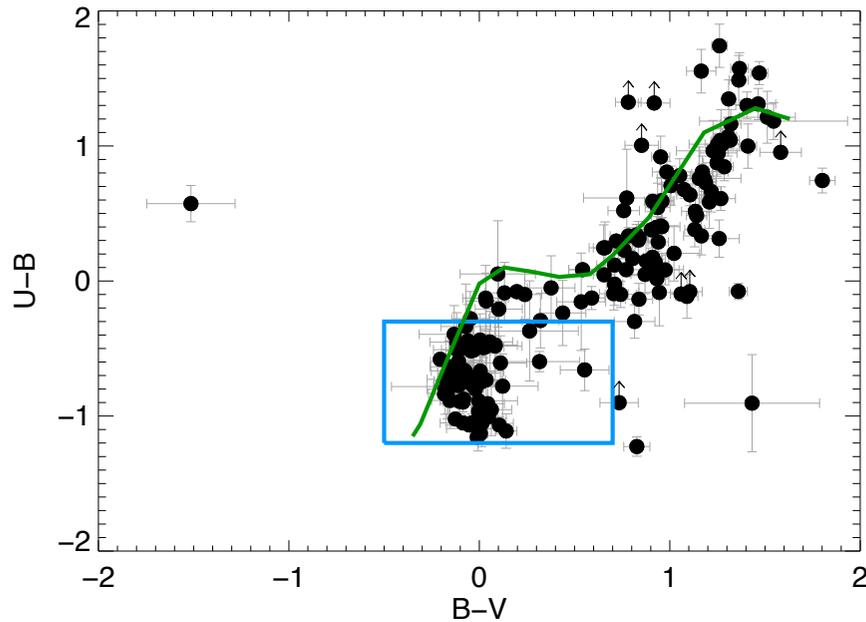


Identificazione astrofisica



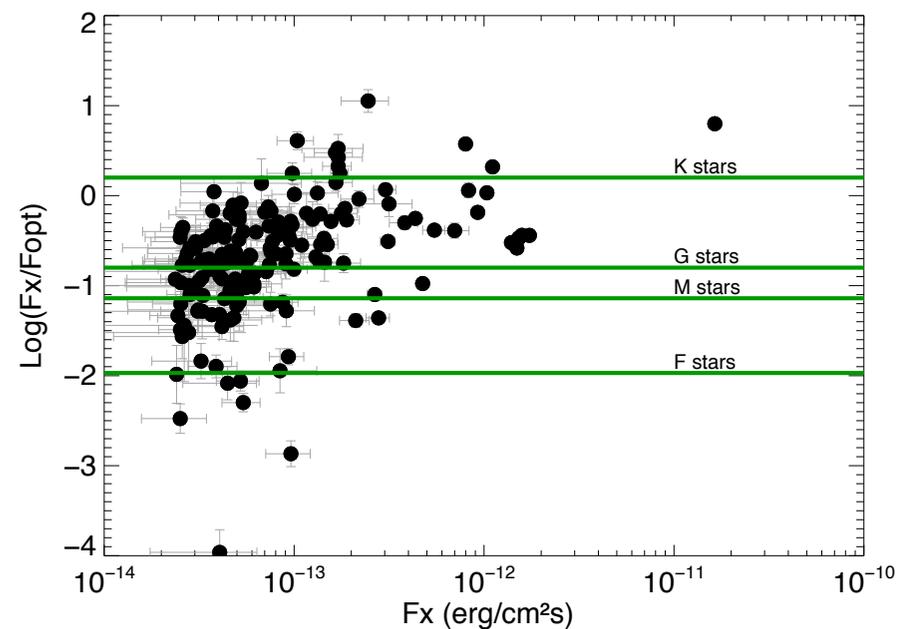
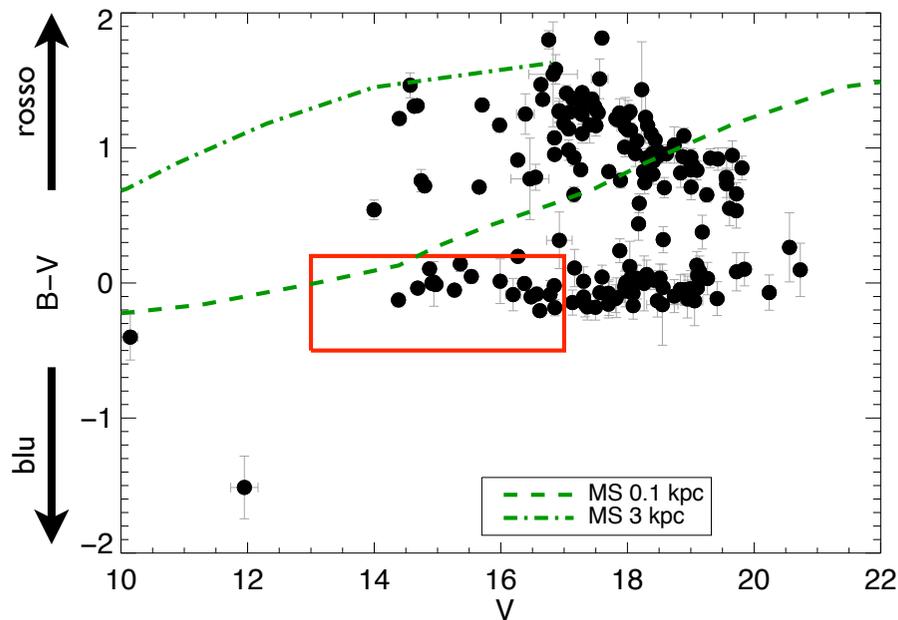
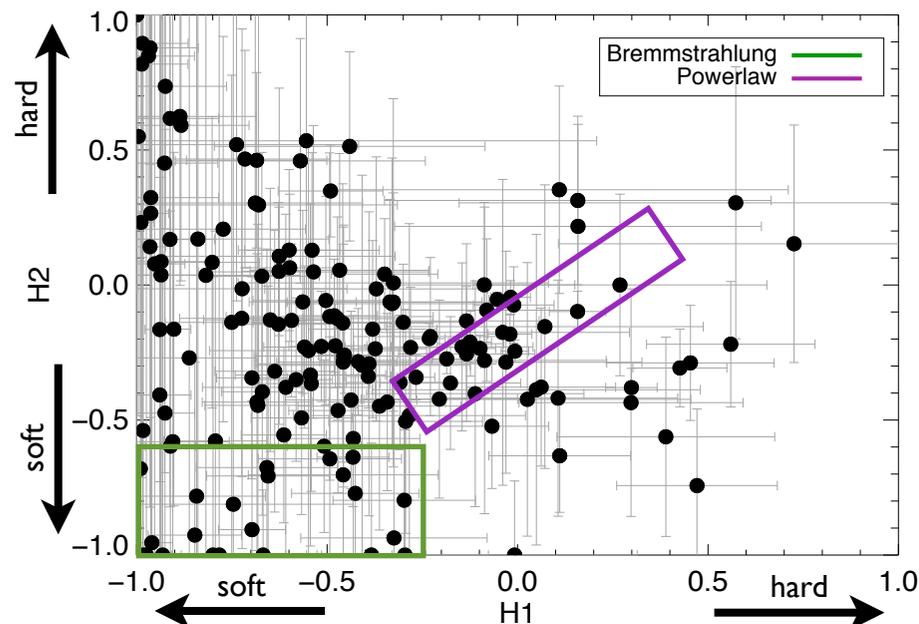
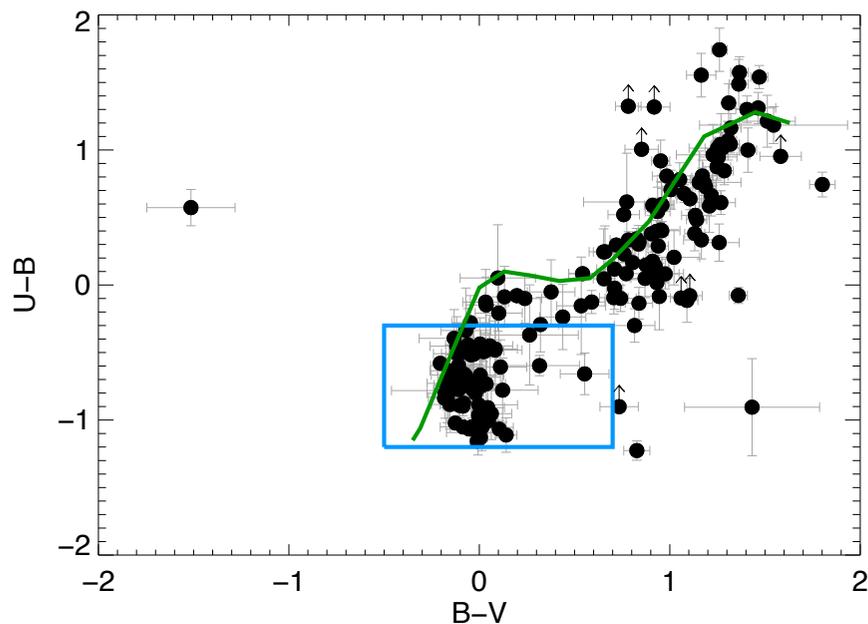
- caratteristiche ottiche:
colori proprietà
indipendente dalla distanza

Identificazione astrofisica

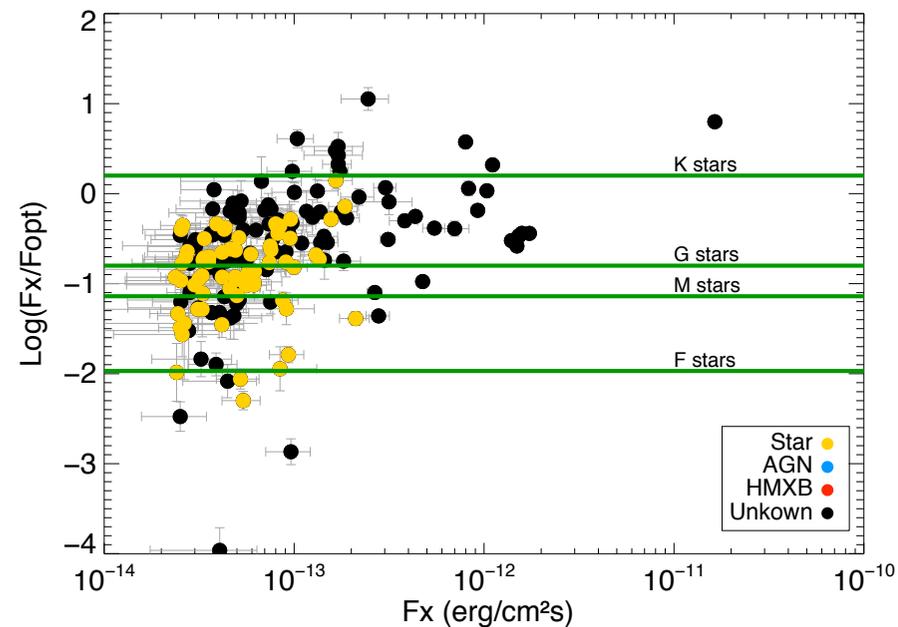
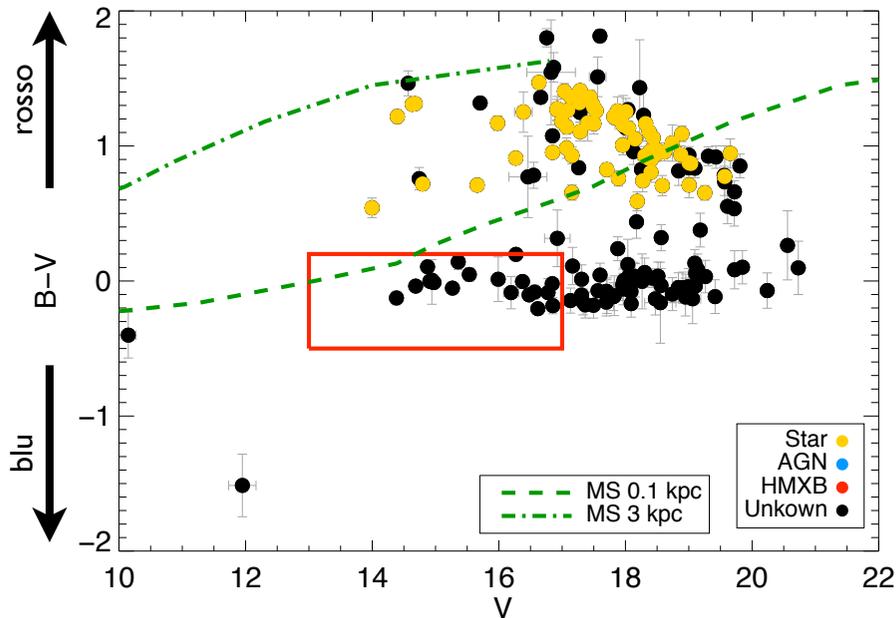
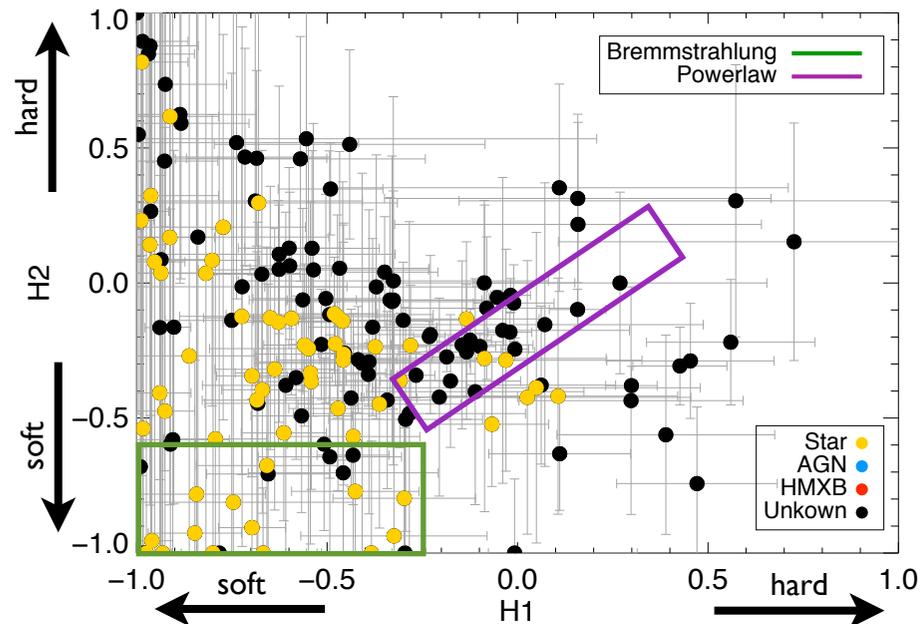
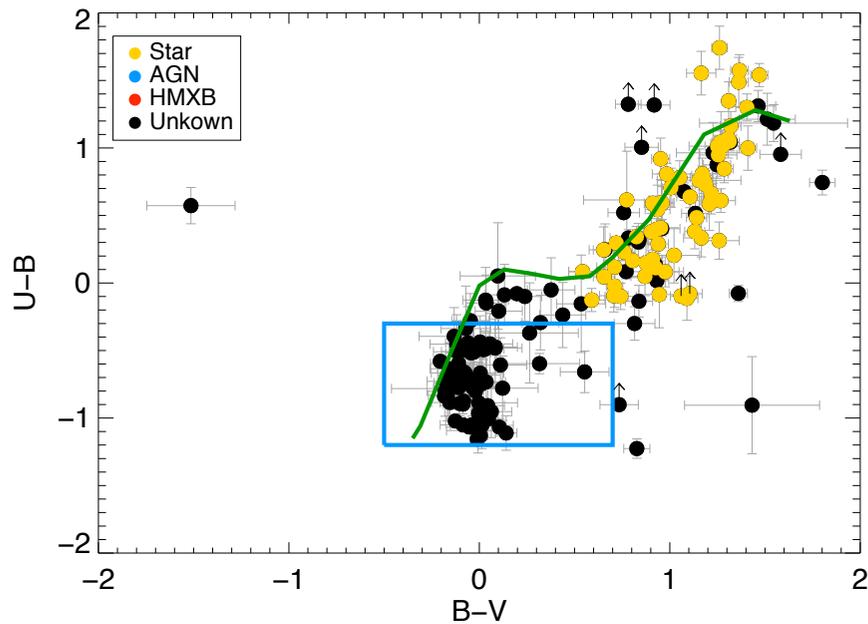


- caratteristiche ottiche:
colori proprietà
indipendente dalla distanza

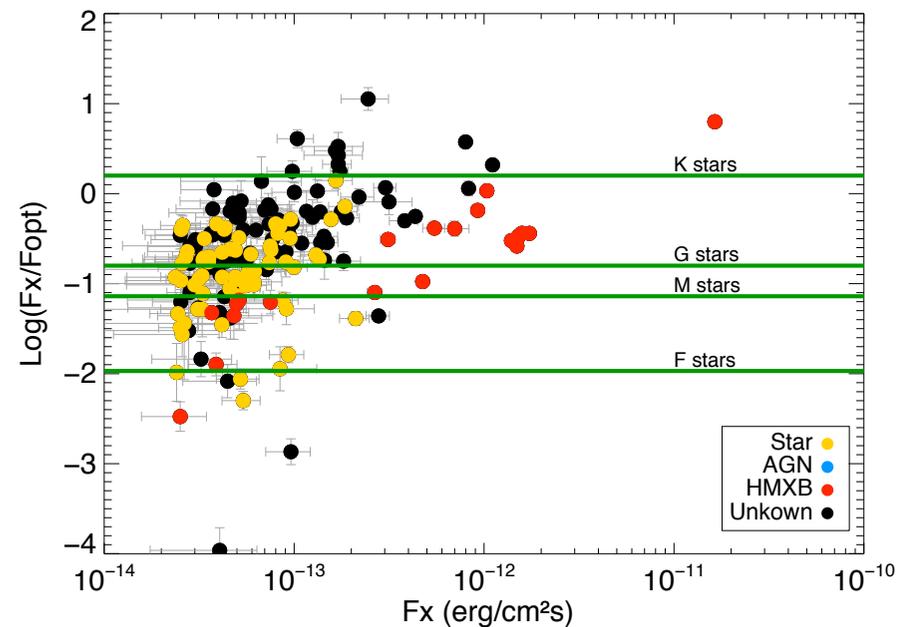
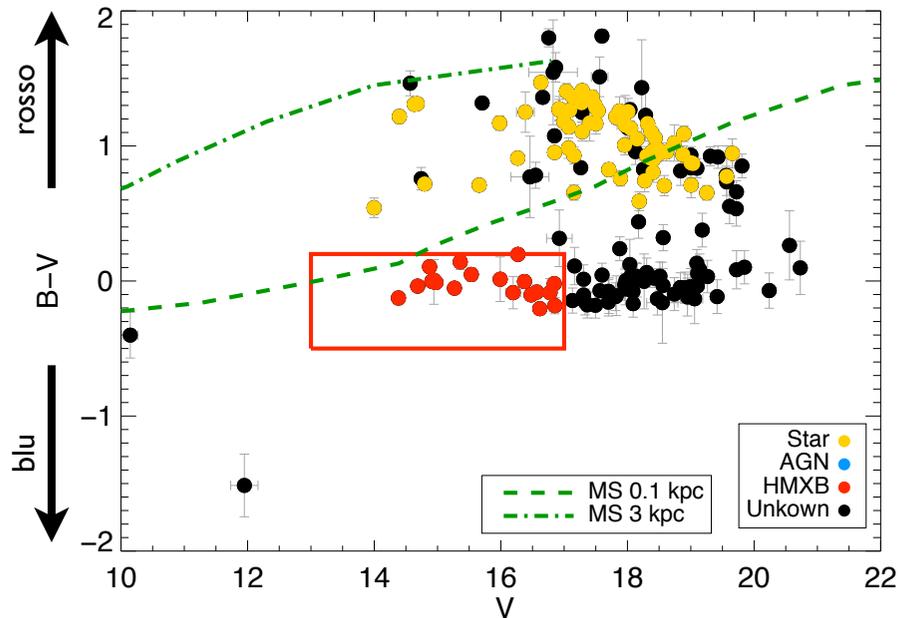
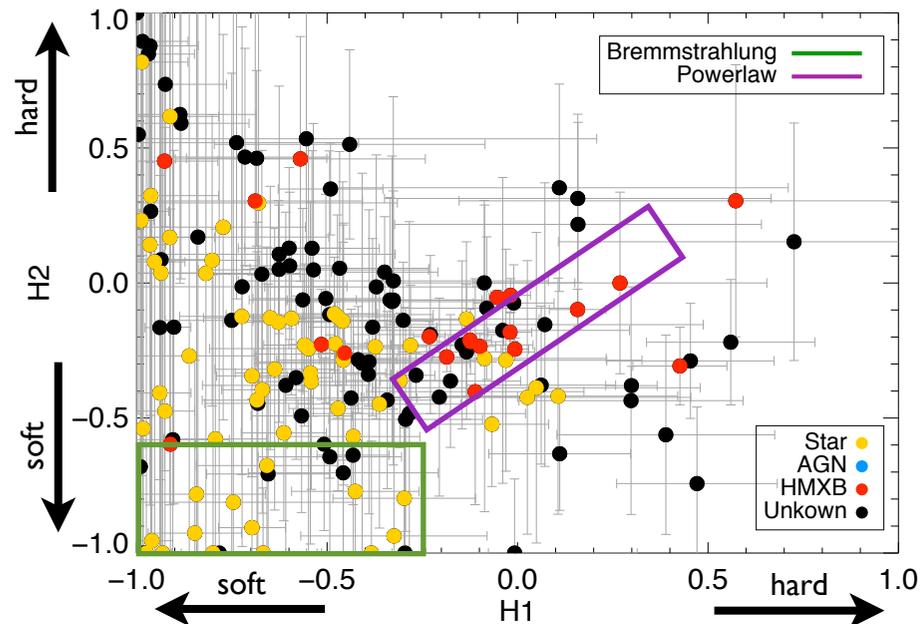
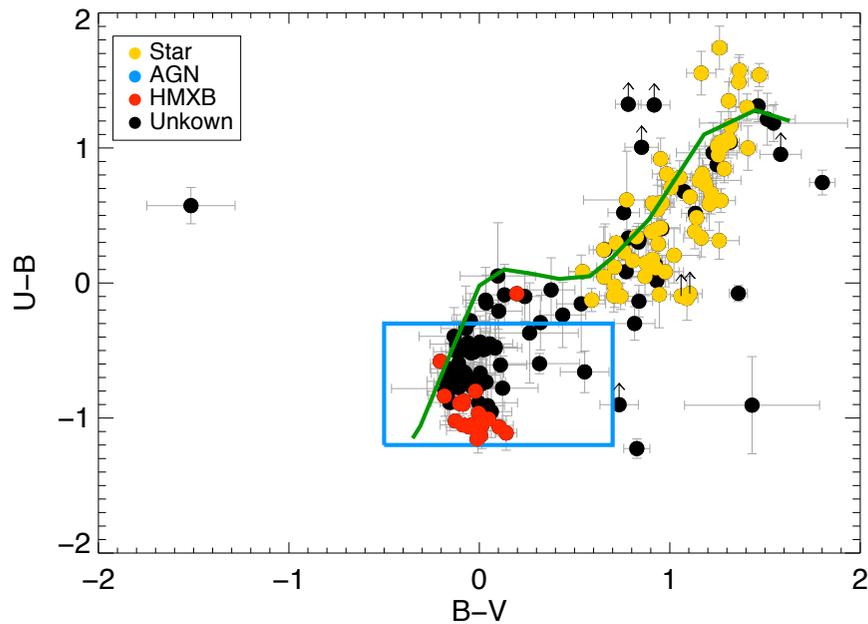
Identificazione astrofisica



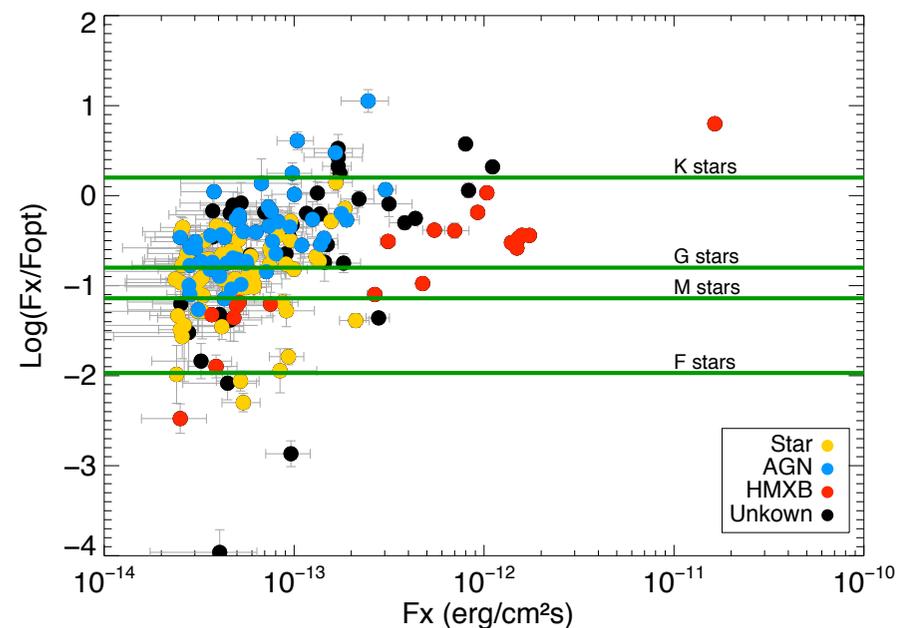
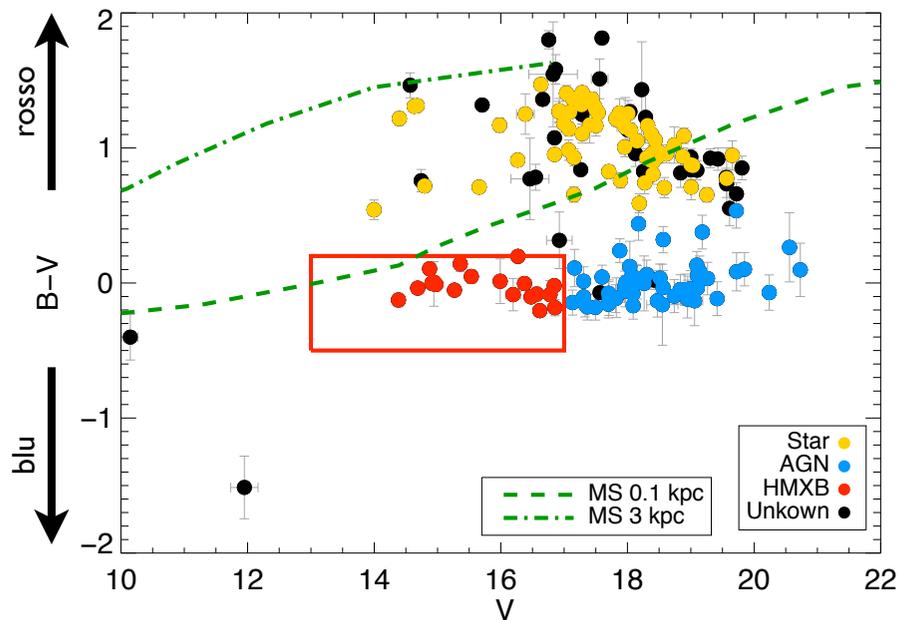
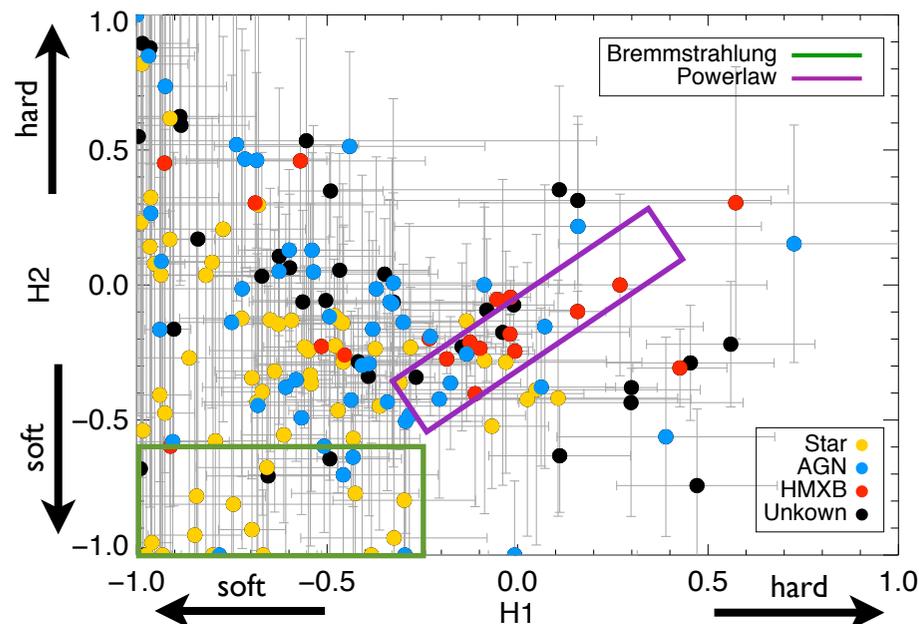
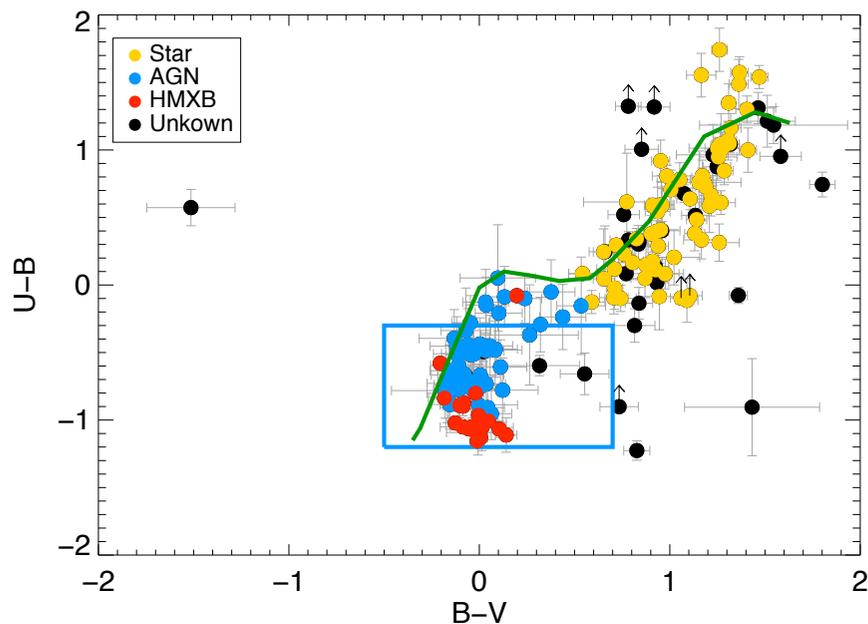
Identificazione astrofisica



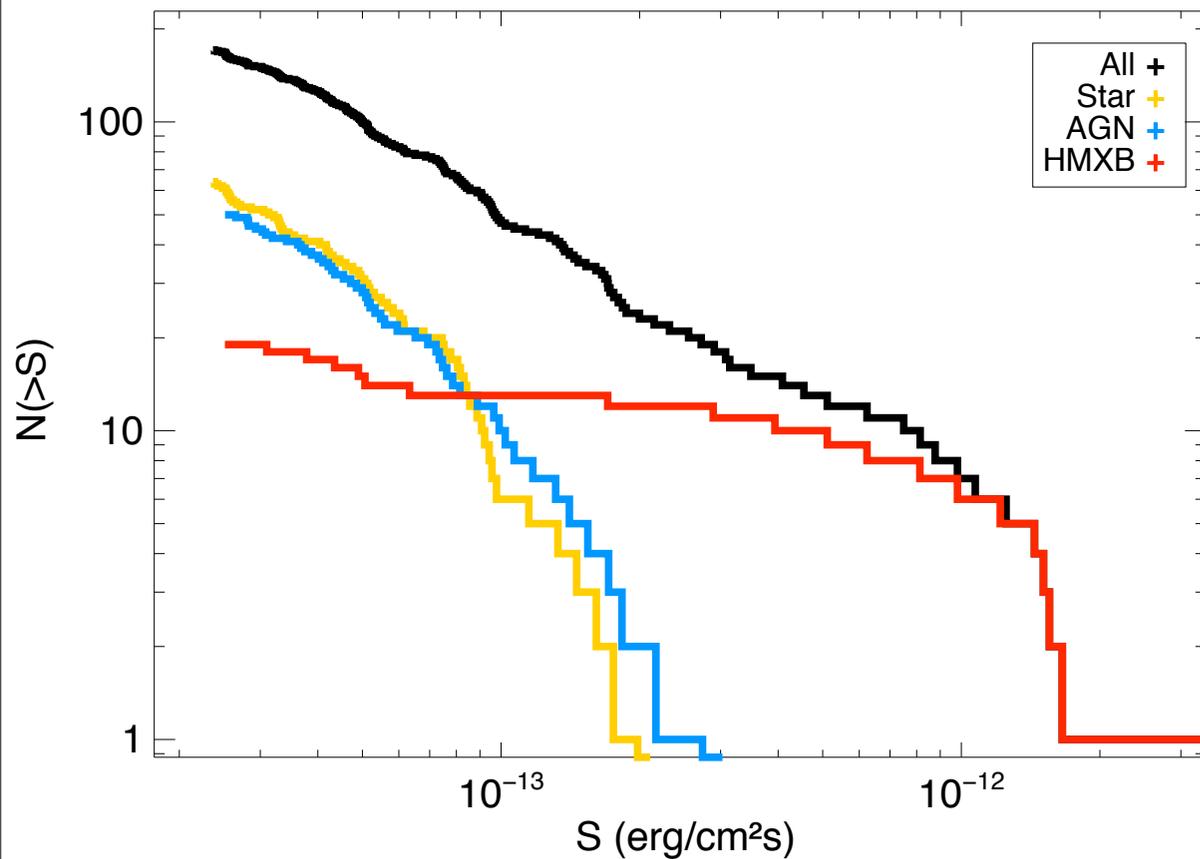
Identificazione astrofisica



Identificazione astrofisica



Risultati



Catalogo

172 sorgenti

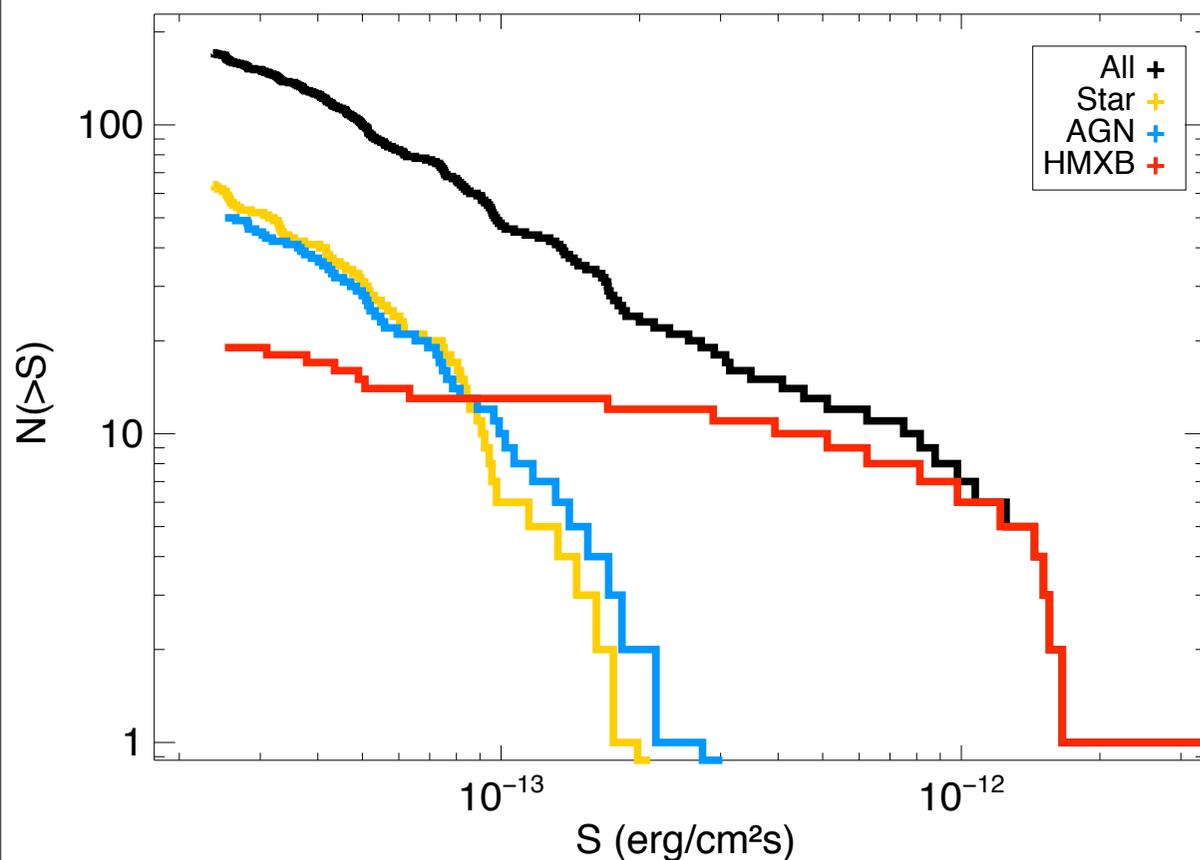
136 identificate

55 stelle

51 AGN

20 binarie X

Risultati



Catalogo

172 sorgenti

136 identificate

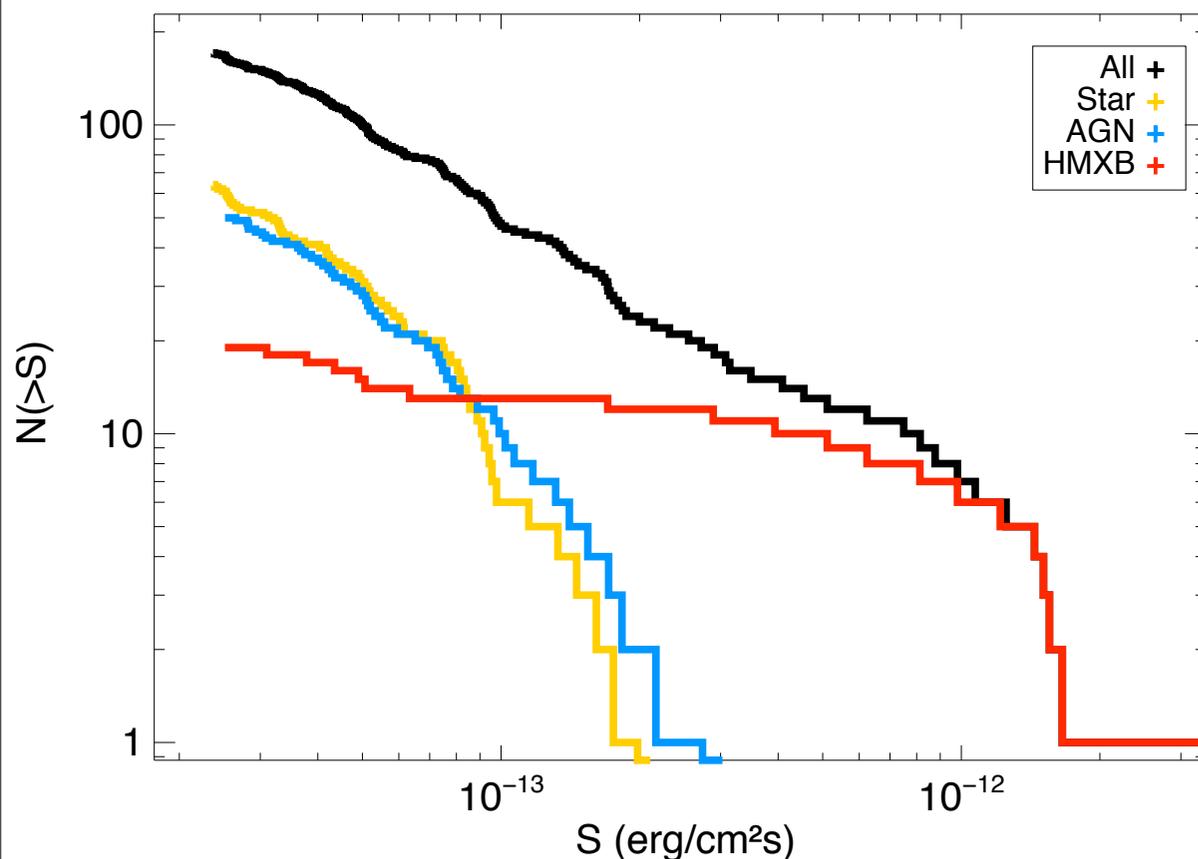
55 stelle

51 AGN

20 binarie X

- identificate tutte le binarie X nella SMC già note:
 - $L_X > 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$
 - rimanenti flusso basso per confermare identificazione

Risultati



- **AGN \sim 50% di quelli attesi:**
 - sorgenti non identificate AGN
 - alcune sorgenti identificate come stelle potrebbero essere AGN

Catalogo

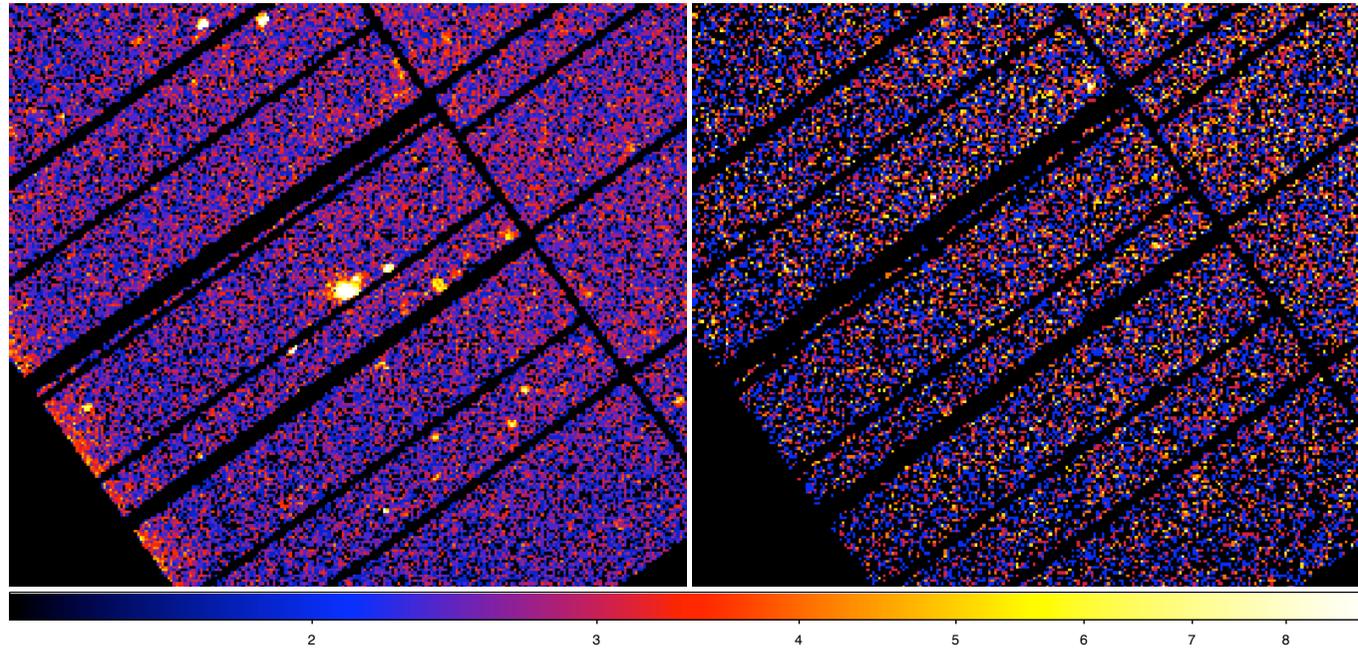
172 sorgenti
 136 identificate
 55 stelle
 51 AGN
 20 binarie X

- identificate tutte le binarie X nella SMC già note:
 - $L_X > 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$
 - rimanenti flusso basso per confermare identificazione

La sorgente X IE0056.8-7154

0.2-2.0 keV

2.0-4.5 keV

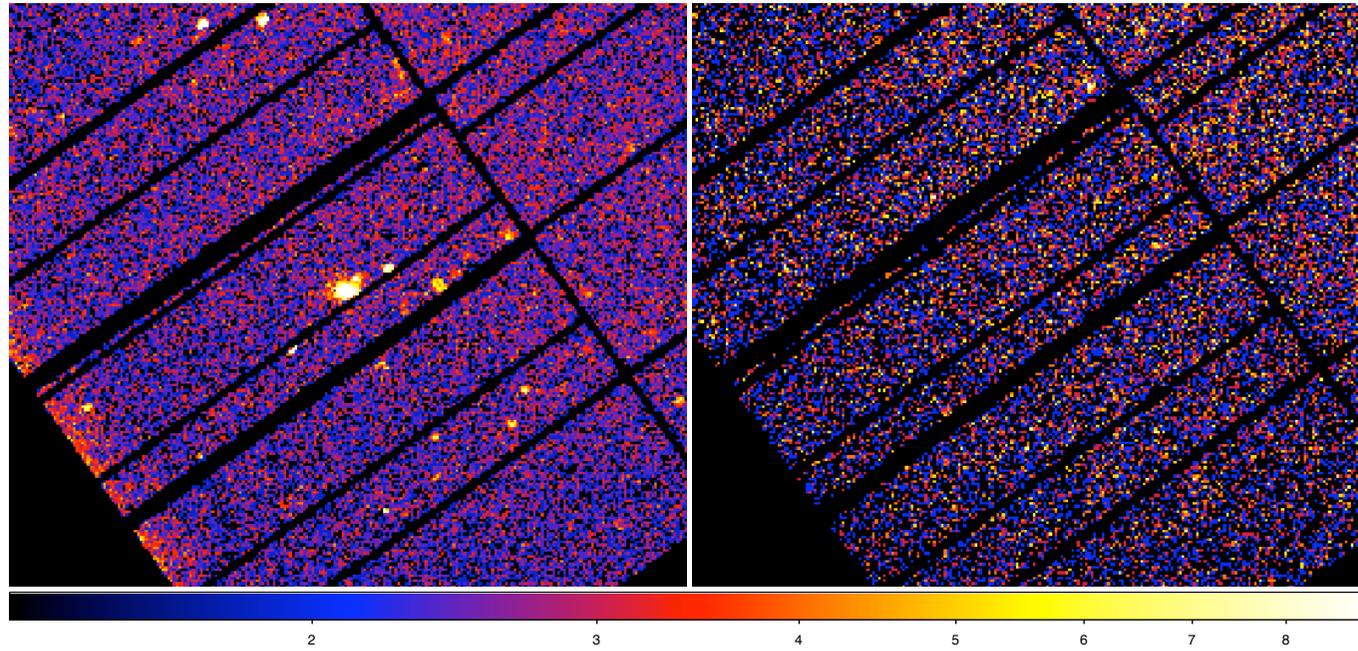


- classificata come sorgente super soft

La sorgente X IE0056.8-7154

0.2-2.0 keV

2.0-4.5 keV

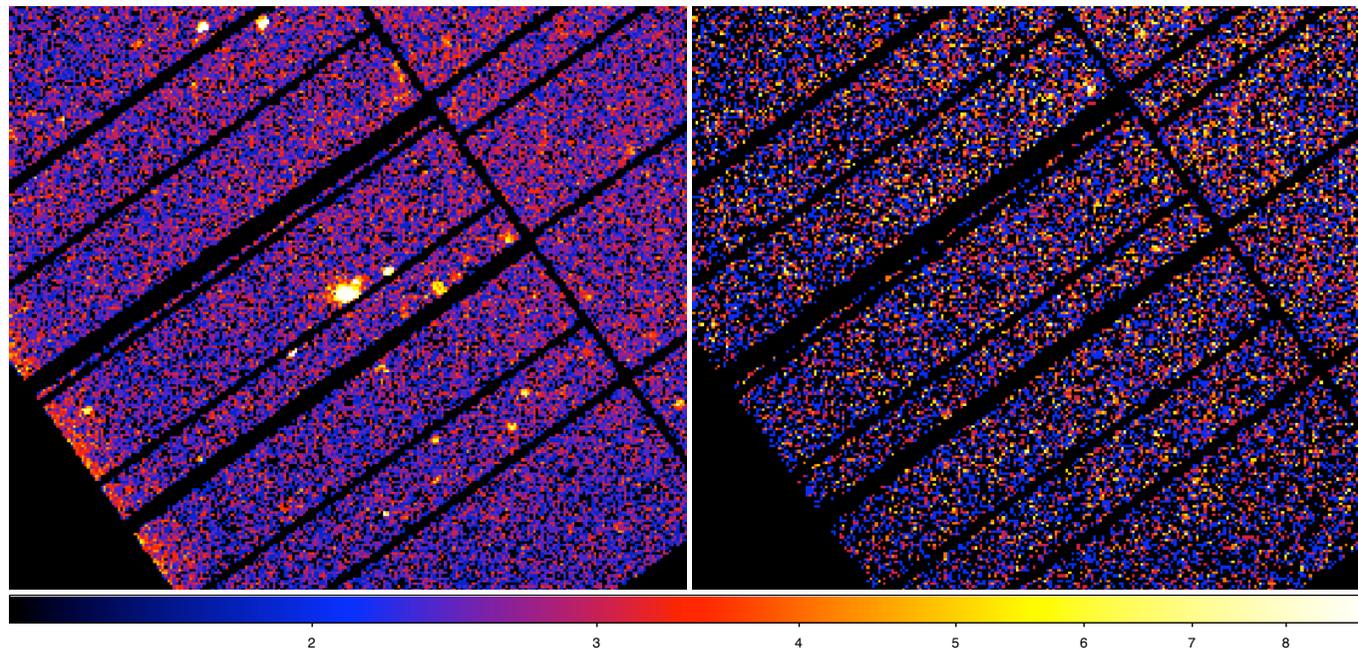


- classificata come sorgente super soft
- osservata con i satelliti Einstein e ROSAT

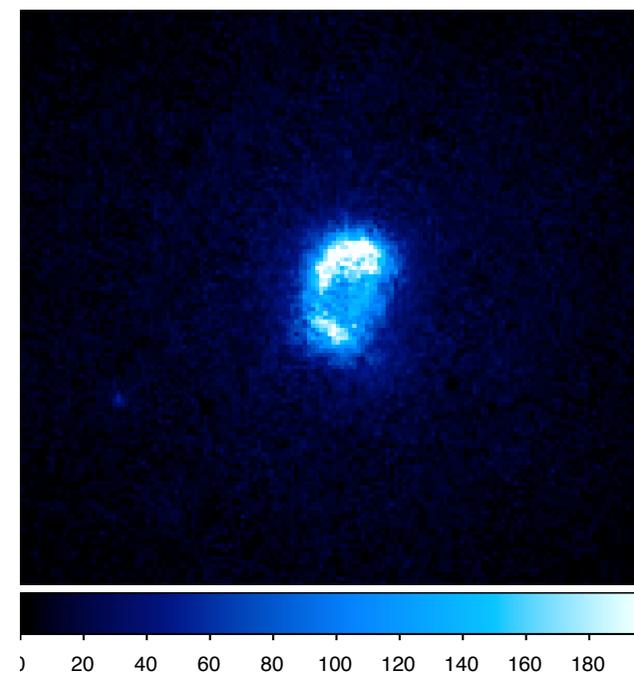
La sorgente X IE0056.8-7154

0.2-2.0 keV

2.0-4.5 keV



Visibile

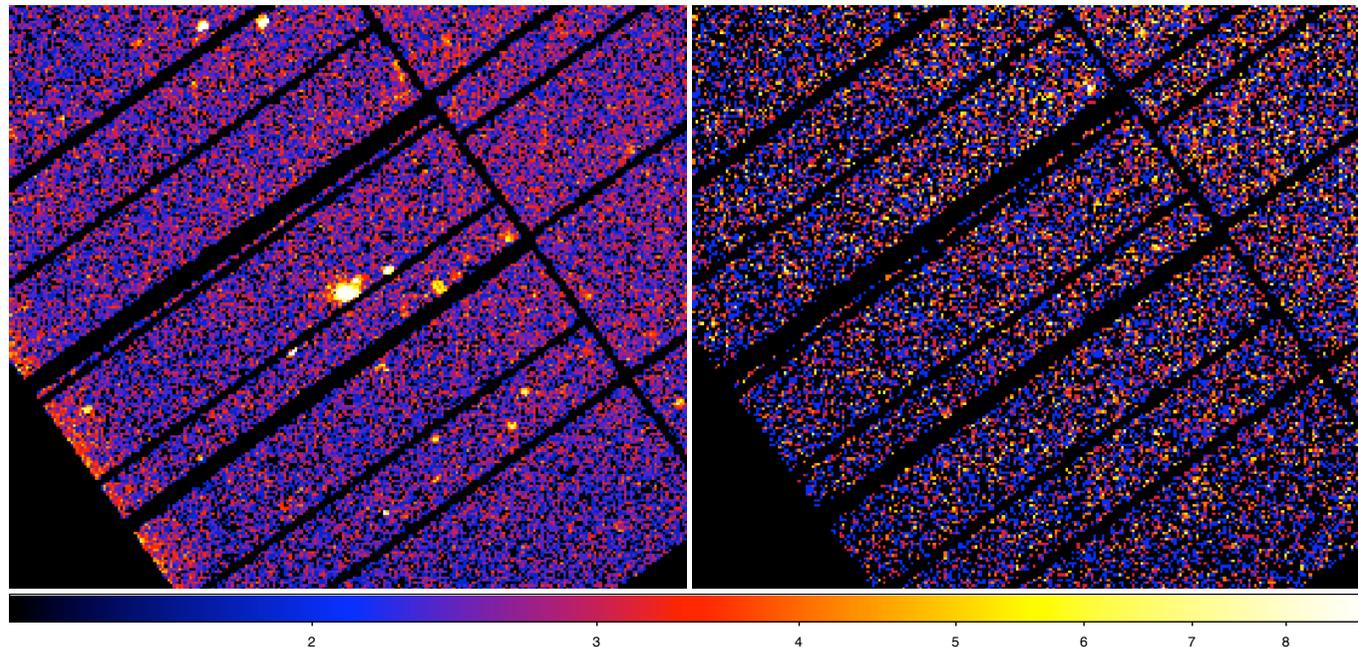


- classificata come sorgente super soft
- osservata con i satelliti Einstein e ROSAT
- identificata con la nebulosa planetaria SMP22

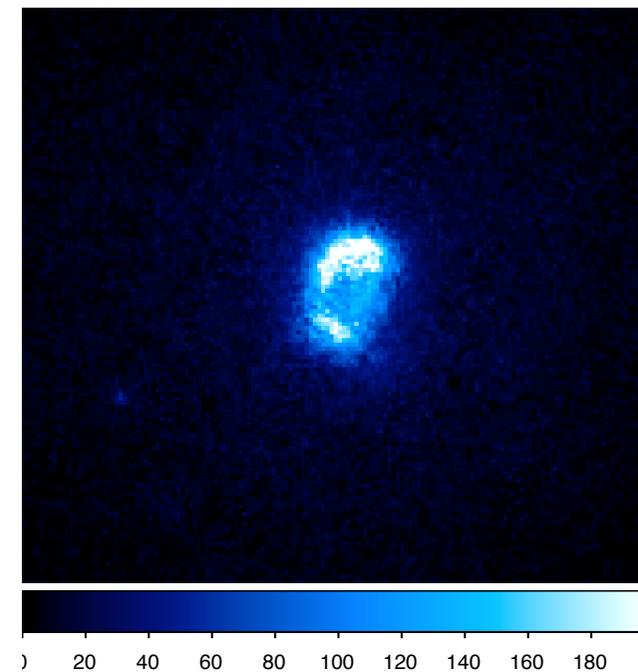
La sorgente X IE0056.8-7154

0.2-2.0 keV

2.0-4.5 keV

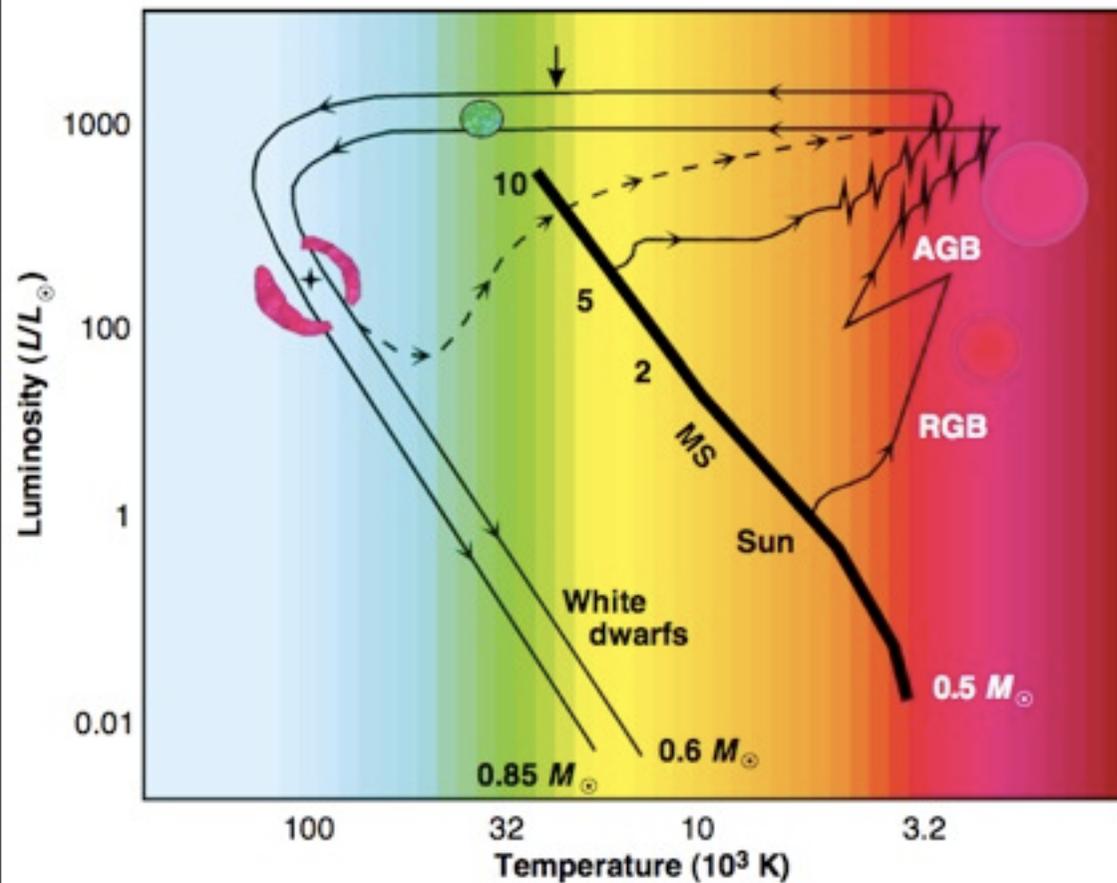


Visibile



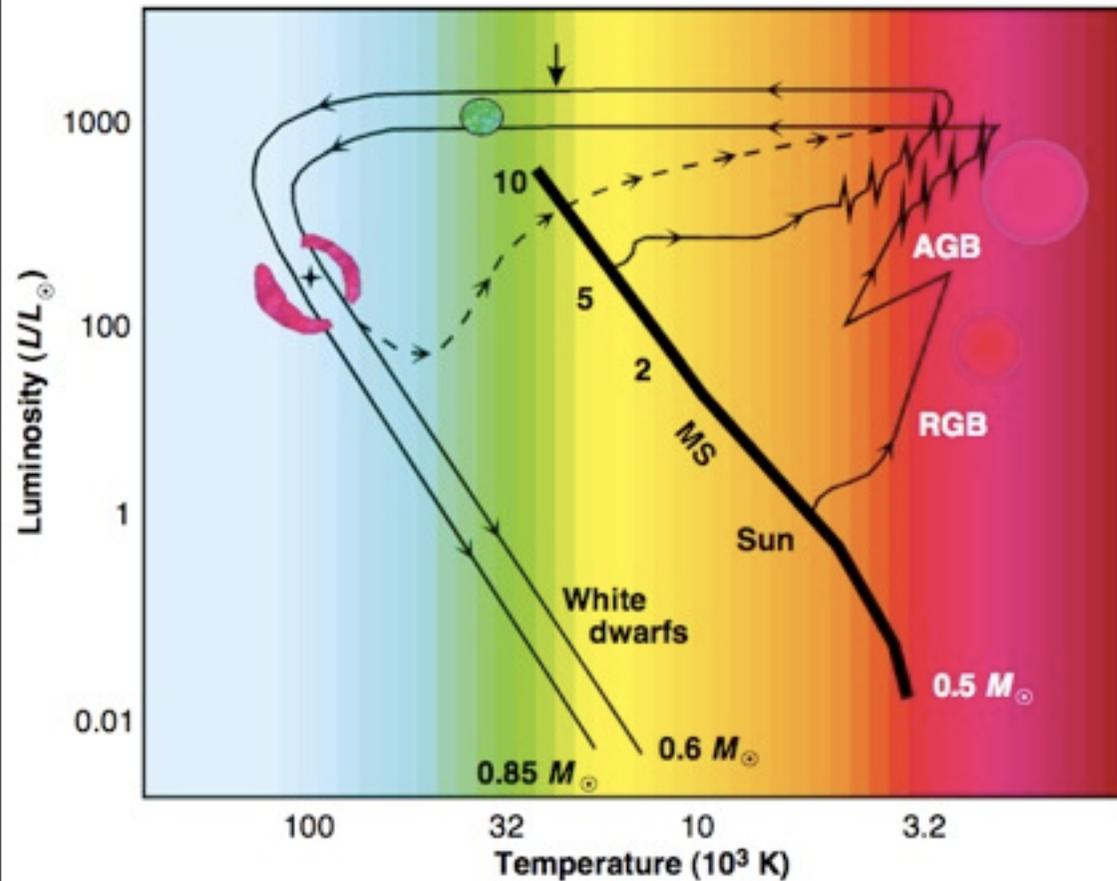
- classificata come sorgente super soft
- osservata con i satelliti Einstein e ROSAT
- identificata con la nebulosa planetaria SMP22
- nessuno studio effettuato con satelliti moderni

Nebulose planetarie (PN)



- evoluzione di stelle con massa intermedia ($1M_{\odot} \leq M \leq 8M_{\odot}$)

Nebulose planetarie (PN)

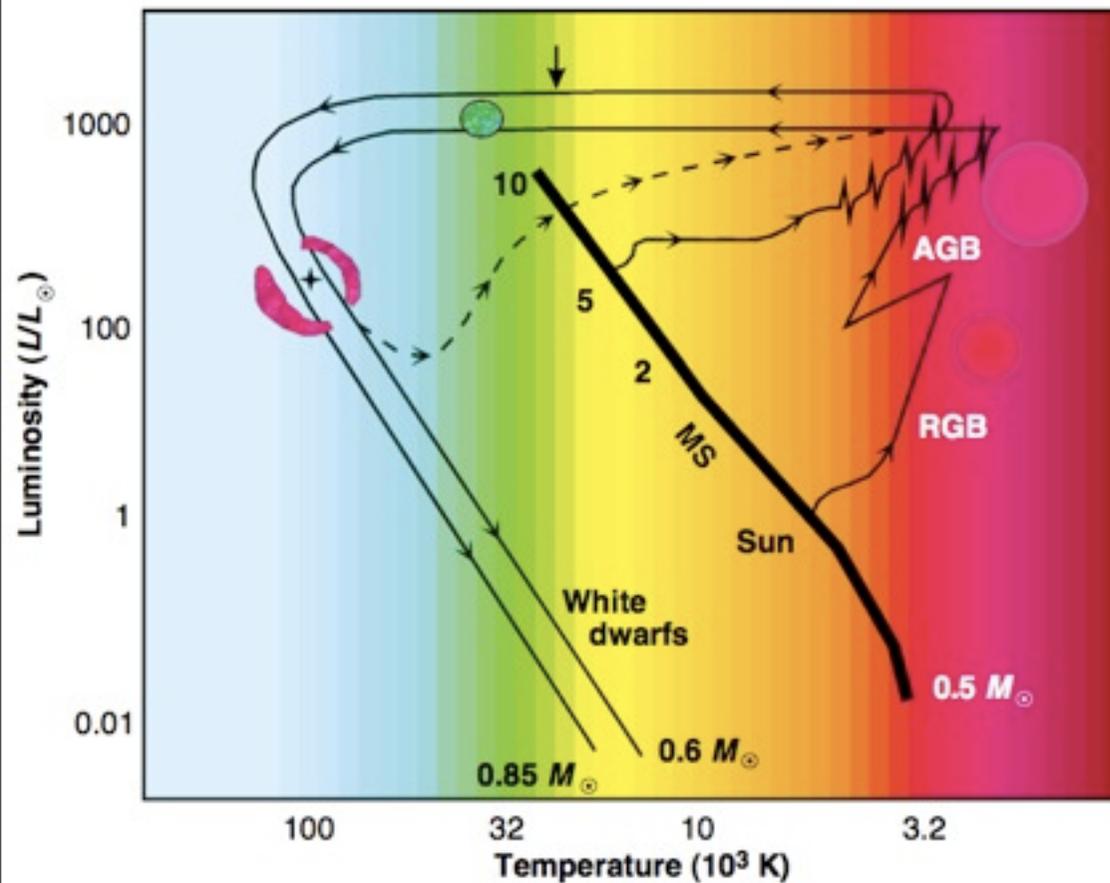


cat's eye nebula



- evoluzione di stelle con massa intermedia ($1M_{\odot} \leq M \leq 8M_{\odot}$)
- emissione principalmente in ottico e UV

Nebulose planetarie (PN)



cat's eye nebula



- evoluzione di stelle con massa intermedia ($1M_{\odot} \leq M \leq 8M_{\odot}$)
- emissione principalmente in ottico e UV
- durata fase di nebulosa planetaria dipende dalla massa della stella in sequenza principale

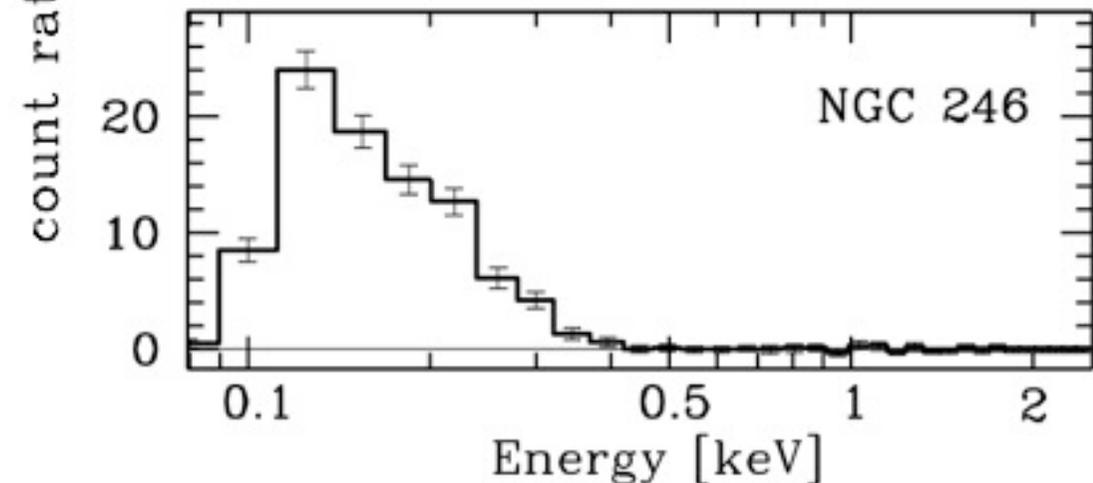
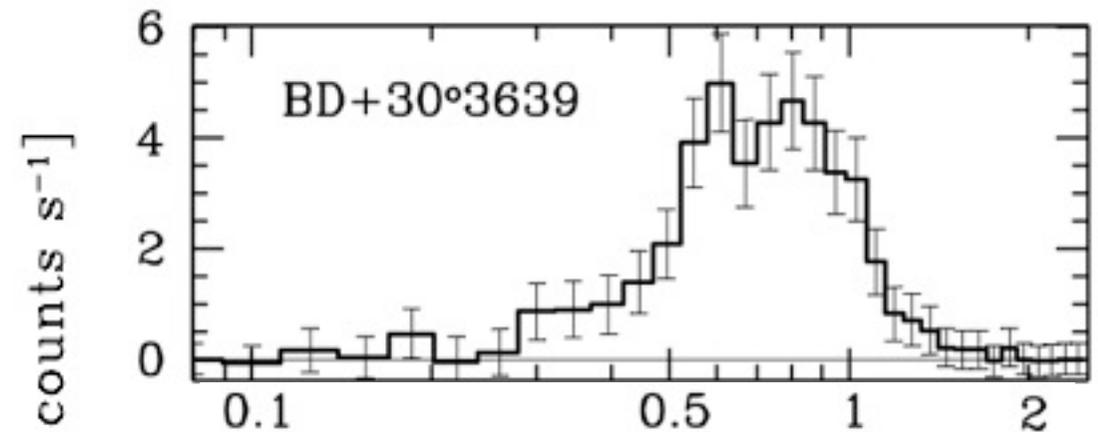
Emissione X da PN

● emissione diffusa:

- generata dal plasma otticamente sottile che forma la nebulosa
- bremsstrahlung con $T \sim 10^6$ K
- $L_X = 10^{30-33}$ erg s $^{-1}$

● emissione puntiforme:

- stella centrale della PN
- corpo nero con $T \sim 10^5$ K
- $L_X = 10^{30-31}$ erg s $^{-1}$

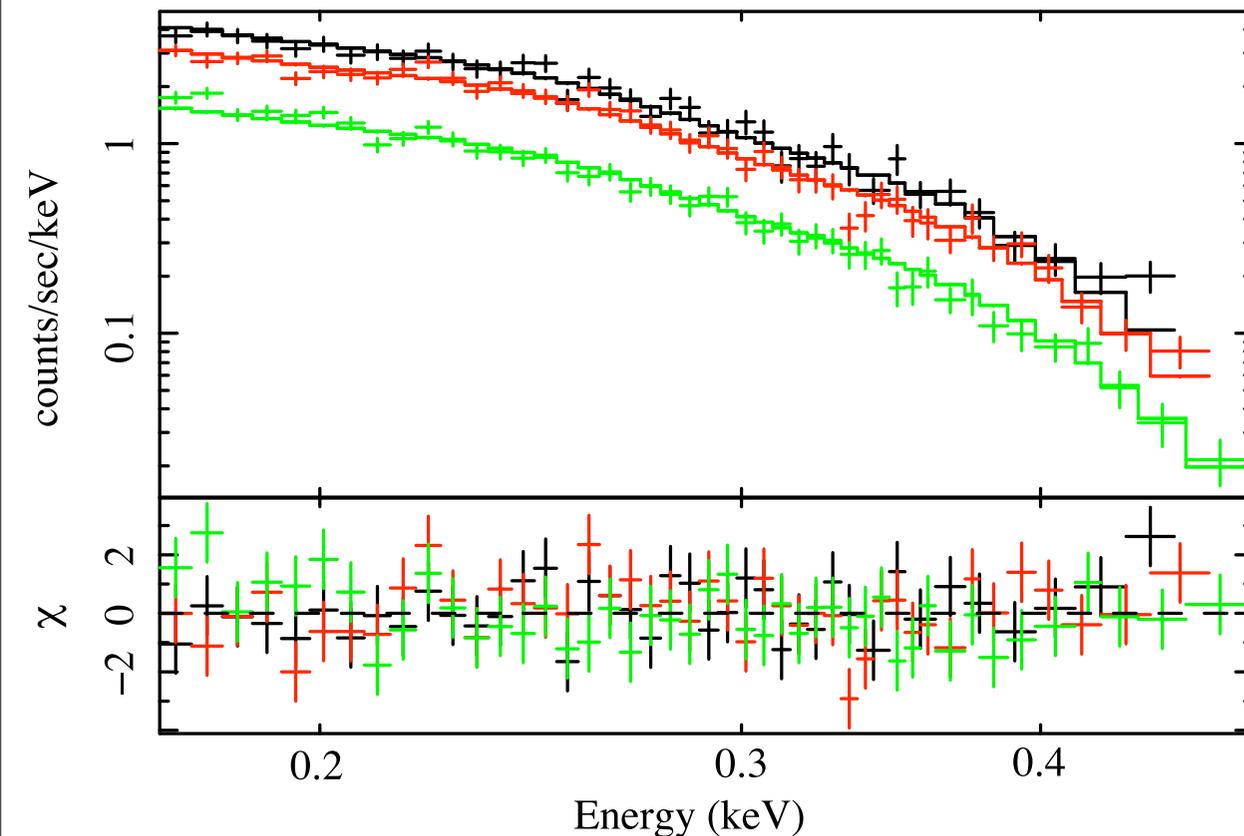


Osservazioni della sorgente SMP22 con XMM-Newton

- 3 osservazioni (2007/2009)
- nessuna evidenza di variabilità nella luminosità X
- emissione rivelata per $E < 0.5 \text{ keV}$ → stella centrale

Osservazioni della sorgente SMP22 con XMM-Newton

- 3 osservazioni (2007/2009)
- nessuna evidenza di variabilità nella luminosità X
- emissione rivelata per $E < 0.5$ keV → stella centrale



Corpo nero

$$T \sim 3 \times 10^5 \text{ K}$$

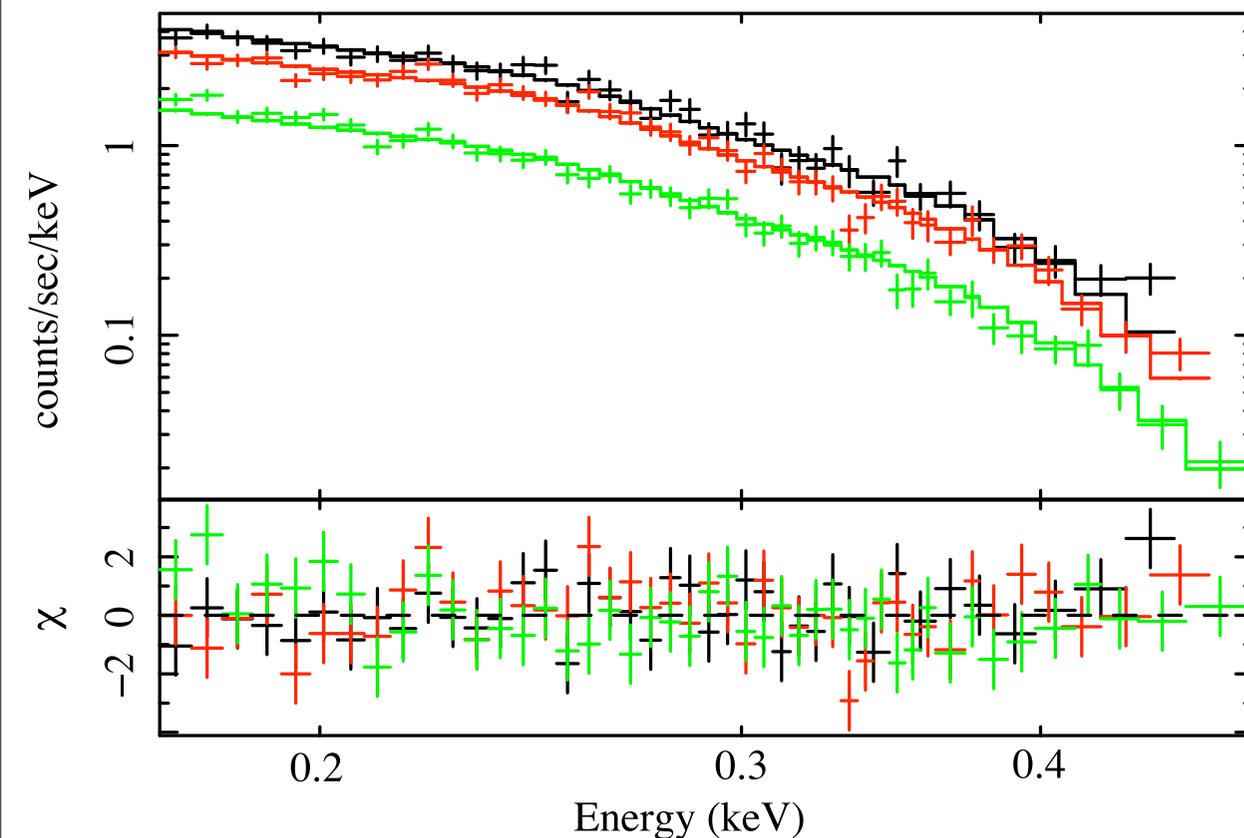
$$n_H \sim 5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$$

$$R \sim 0.05 R_{\odot}$$

$$L_X \sim 4 \times 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$$

Osservazioni della sorgente SMP22 con XMM-Newton

- 3 osservazioni (2007/2009)
- nessuna evidenza di variabilità nella luminosità X
- emissione rivelata per $E < 0.5$ keV → stella centrale



Corpo nero

$$T \sim 3 \times 10^5 \text{ K}$$

$$n_H \sim 5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$$

$$R \sim 0.05 R_{\odot}$$

$$L_X \sim 4 \times 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$$



PN con la maggiore
luminosità X conosciuta

Modelli di atmosfera stellare

Mereghetti, Krachmalnicoff et al. inviato ad A&A

- modello NLTE: tiene conto della composizione dell'atmosfera
- permette di ricavare T e g ($L_{bol} = 4\pi R^2 \sigma T^4 \rightarrow R, M$)
- atmosfera H o He \rightarrow fit formalmente accettabili ma $M > 100M_{\odot}$
- necessario considerare elementi pesanti

Modelli di atmosfera stellare

Mereghetti, Krachmalnicoff et al. inviato ad A&A

- modello NLTE: tiene conto della composizione dell'atmosfera
- permette di ricavare T e g ($L_{bol} = 4\pi R^2 \sigma T^4 \rightarrow R, M$)
- atmosfera H o He \rightarrow fit formalmente accettabili ma $M > 100M_{\odot}$
- necessario considerare elementi pesanti

H/He/C/N/O best fit

abbondanze della nebulosa

$$T \sim 1.5 \times 10^5 \text{ K}$$

$$n_H \sim 3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$$

$$g = 10^6 \text{ cm s}^{-2}$$

$$R \sim 0.2R_{\odot} \quad M \sim 1.2M_{\odot}$$

consistente con flusso ottico

Modelli di atmosfera stellare

Mereghetti, Krachmalnicoff et al. inviato ad A&A

- modello NLTE: tiene conto della composizione dell'atmosfera
- permette di ricavare T e g ($L_{bol} = 4\pi R^2 \sigma T^4 \rightarrow R, M$)
- atmosfera H o He \rightarrow fit formalmente accettabili ma $M > 100M_{\odot}$
- necessario considerare elementi pesanti

H/He/C/N/O best fit

abbondanze della nebulosa

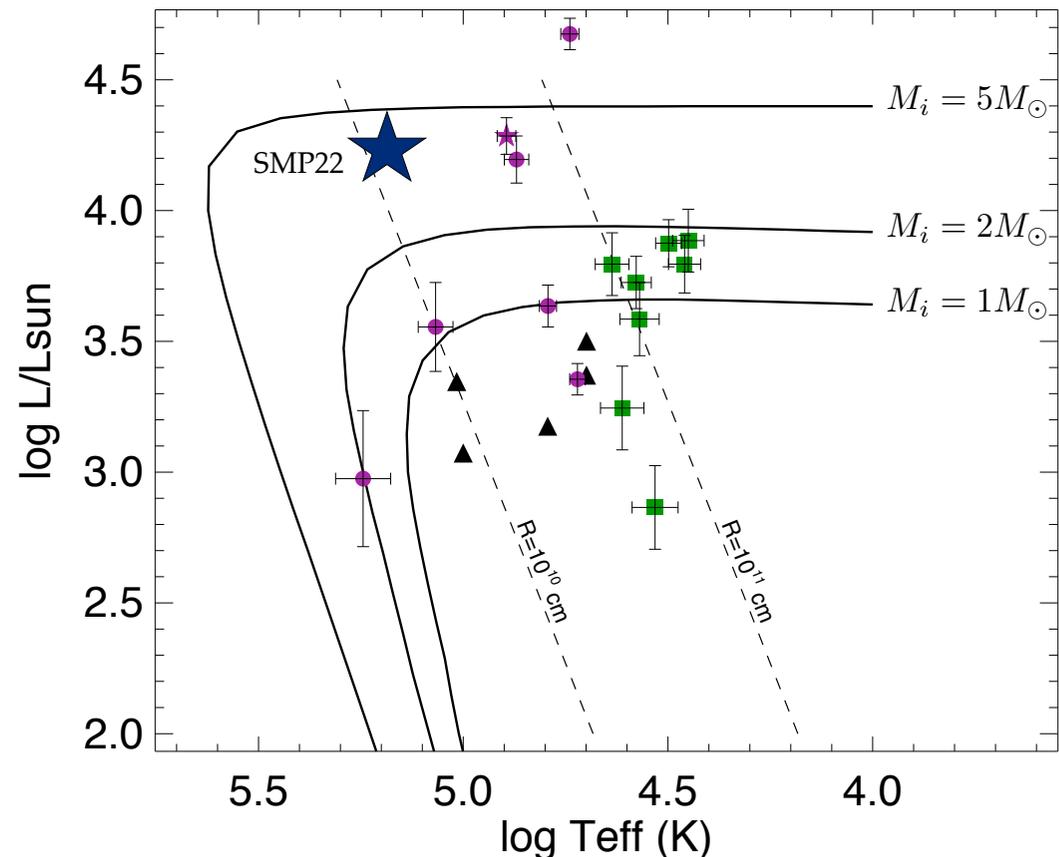
$$T \sim 1.5 \times 10^5 \text{ K}$$

$$n_H \sim 3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$$

$$g = 10^6 \text{ cm s}^{-2}$$

$$R \sim 0.2R_{\odot} \quad M \sim 1.2M_{\odot}$$

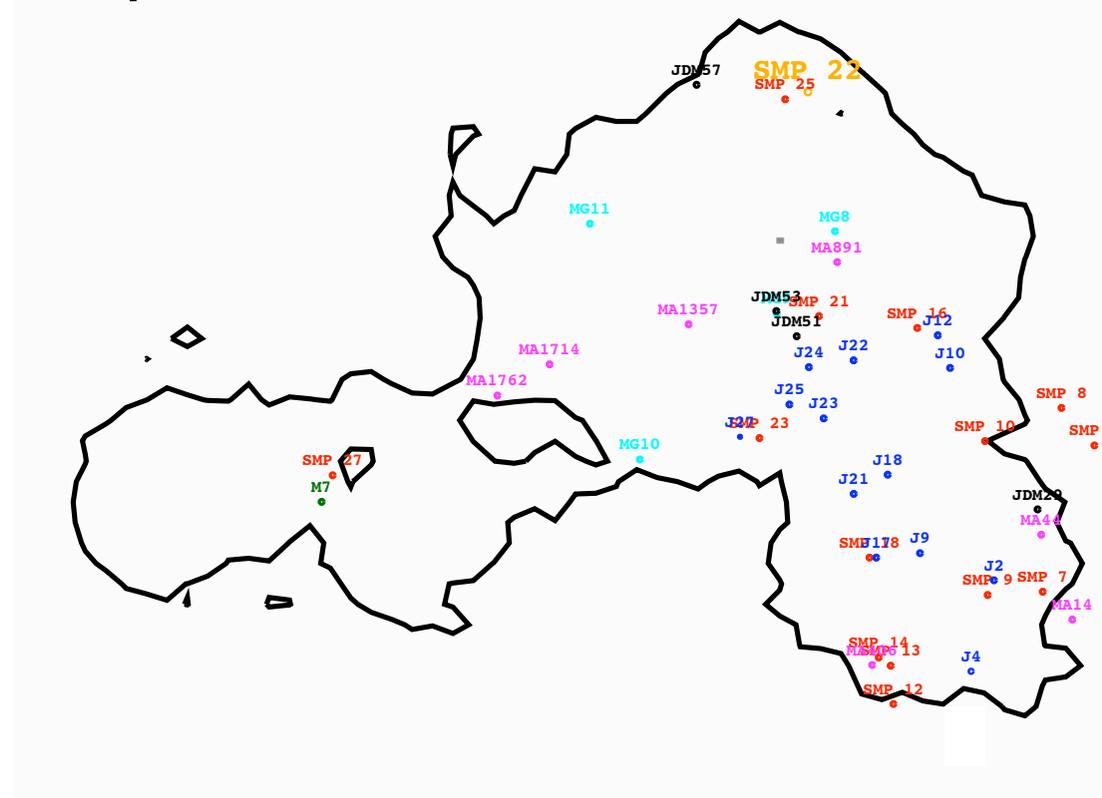
consistente con flusso ottico



Ricerca di altre PN nella SMC

Mereghetti, Krachmalnicoff et al. inviato ad A&A

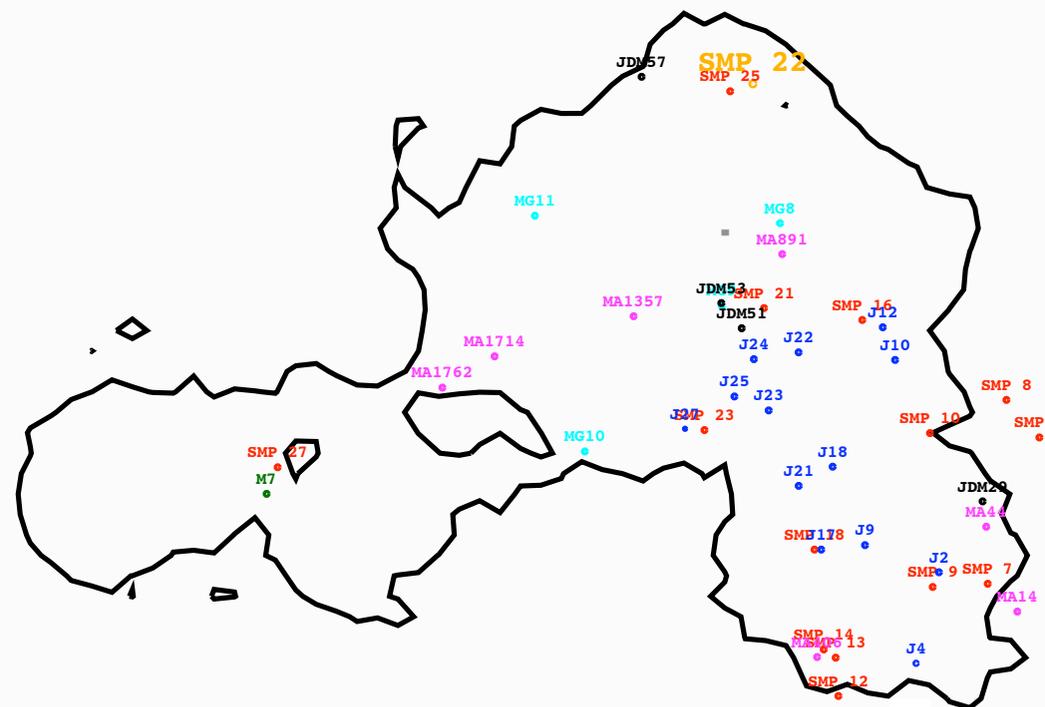
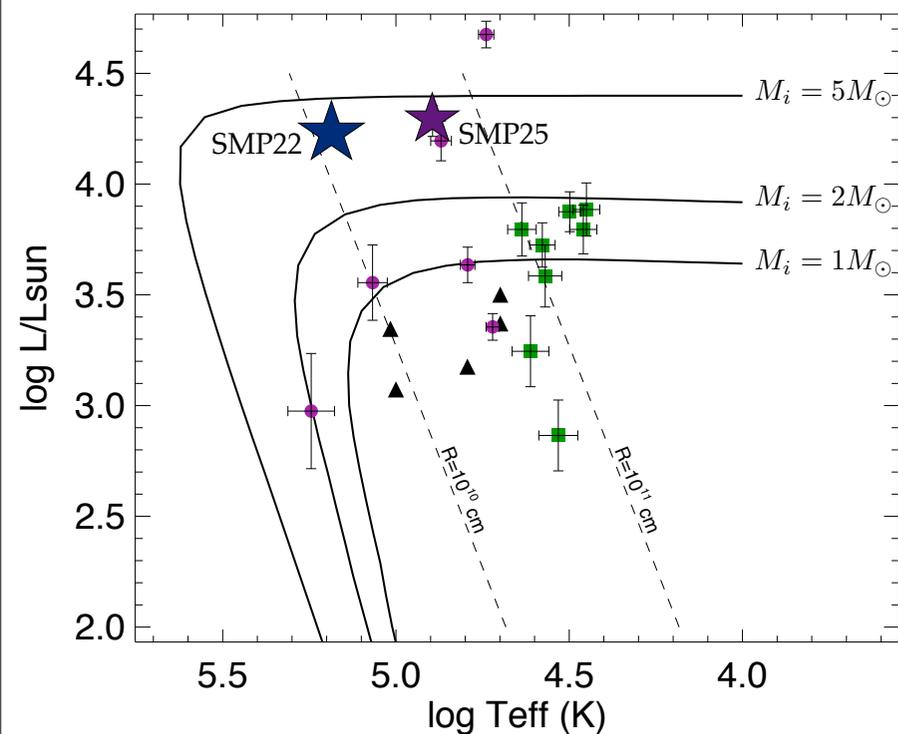
● ricerca sistematica di emissione X per 43 PN nella banda 0.1-1 keV



Ricerca di altre PN nella SMC

Mereghetti, Krachmalnicoff et al. inviato ad A&A

- ricerca sistematica di emissione X per 43 PN nella banda 0.1-1 keV
- rivelata SMP25 con flusso ~ 100 volte minore rispetto a SMP22
- per altre PN upper limiti sul tasso di conteggi



Conclusioni

Conclusioni

- analizzati primi dati della survey della SMC
 - individuati criteri di rivelazione e classificazione sorgenti X
 - ottenuto catalogo preliminare (172 sorgenti)

Conclusioni

- analizzati primi dati della survey della SMC
 - individuati criteri di rivelazione e classificazione sorgenti X
 - ottenuto catalogo preliminare (172 sorgenti)
- ricerca sistematica di emissione X da PN nella SMC
 - rivelata emissione X da due sorgenti (SMP22 e SMP25)
 - upper limit sul valore del flusso X per le altre

Conclusioni

- analizzati primi dati della survey della SMC
 - individuati criteri di rivelazione e classificazione sorgenti X
 - ottenuto catalogo preliminare (172 sorgenti)
- ricerca sistematica di emissione X da PN nella SMC
 - rivelata emissione X da due sorgenti (SMP22 e SMP25)
 - upper limit sul valore del flusso X per le altre
- studio spettrale di SMP22 con modelli di atmosfera stellare
 - PN nota con la più alta luminosità X
 - best fit considerando abbondanze della nebulosa
 - sorgente rara: evoluzione stella massiva e basso assorbimento

Sviluppi futuri

