

C.O.D.A.S.
Centro Osservazione e Divulgazione Astronomica Siracusa

www.codas.it

NGC 40



Diego Barucco

© Copyright 2005¹

¹ Documento protetto da diritti d'autore contro la modifica e la stampa. Per avere una copia stampabile è necessario fare richiesta all'autore all'indirizzo diego.barucco@virgilio.it specificando le motivazioni.

Dati principali

NGC 40

PNG 120.0+09.8

PK 120+0.1

RA: 00h 13m 00,87s

DE: +72° 31' 19,7"

Magnitudine - 10,70

Magnitudine H β - 11,65

Luminosità superficiale: 9,96

Dimensione - 28"X35"

Stella centrale:

magnitudine B: 11,82

magnitudine V: 11,58

Descrizione NGC - F, vS, R, vsmbM, *12 sp

Uranometria - 035

Note storiche - Scoperta da William Herschel il 25 Novembre del 1788

Altre denominazioni - Herschel IV-58, J.H. 8, GC 20

Distanza - 1237 pc

Raggio - 0,109 pc

Classe – 3b(3)

Classe Bar – (B)EPN

Introduzione

NGC 40 è una delle più interessanti e luminose nebulose planetarie della costellazione del Cefeo e rappresenta anche la prima planetaria dell'elenco degli oggetti del catalogo NGC. Situata in questa costellazione boreale, ha un alto grado di declinazione che la rende circumpolare per le nostre latitudini; ciò ne facilita notevolmente l'osservazione e la ripresa fotografica con un ampliamento a tre mesi del periodo di migliore visibilità (agosto-ottobre).

Su questa nebulosa sono stati condotti molteplici studi in quanto possiede delle caratteristiche peculiari nella struttura e in particolare nella stella centrale. In questo lavoro è stato quindi interessante riscontrare che sotto certi aspetti NGC 40 non è dissimile, da un punto di vista morfologico, dalle comuni planetarie caratterizzate da morfologie ellittiche e/o bipolari, ma sotto altri aspetti manifesta delle anomalie fisiche che sottolineano in modo univoco la particolarità della nebulosa. Già nel momento in cui si affronta l'osservazione visuale è possibile notare queste particolarità le quali, integrate successivamente con riprese digitali amatoriali e professionali nelle diverse lunghezze d'onda, forniscono un quadro più completo e possono aiutare a comprenderne la natura e le condizioni iniziali della sua origine. Quindi, oltre ad utilizzare osservazioni e riprese amatoriali, ci siamo serviti di alcune immagini in formato fit ottenute con il telescopio di 2,5 m Isaac Newton (R. Corradi, Vd. bibl.), grazie alle quali è stato possibile manipolare in modo mirato splendide riprese ad alta risoluzione e a grande campo di NGC 40, al fine di affrontare alcune questioni esposte in questo lavoro.

Raccogliendo attentamente tutti i vari indizi ed effettuando osservazioni dettagliate della struttura tenteremo una ricostruzione dinamica degli eventi che hanno condotto la nebulosa ad assumere la forma che osserviamo oggi, approfondendo al contempo, gli aspetti più salienti della sua diversità.

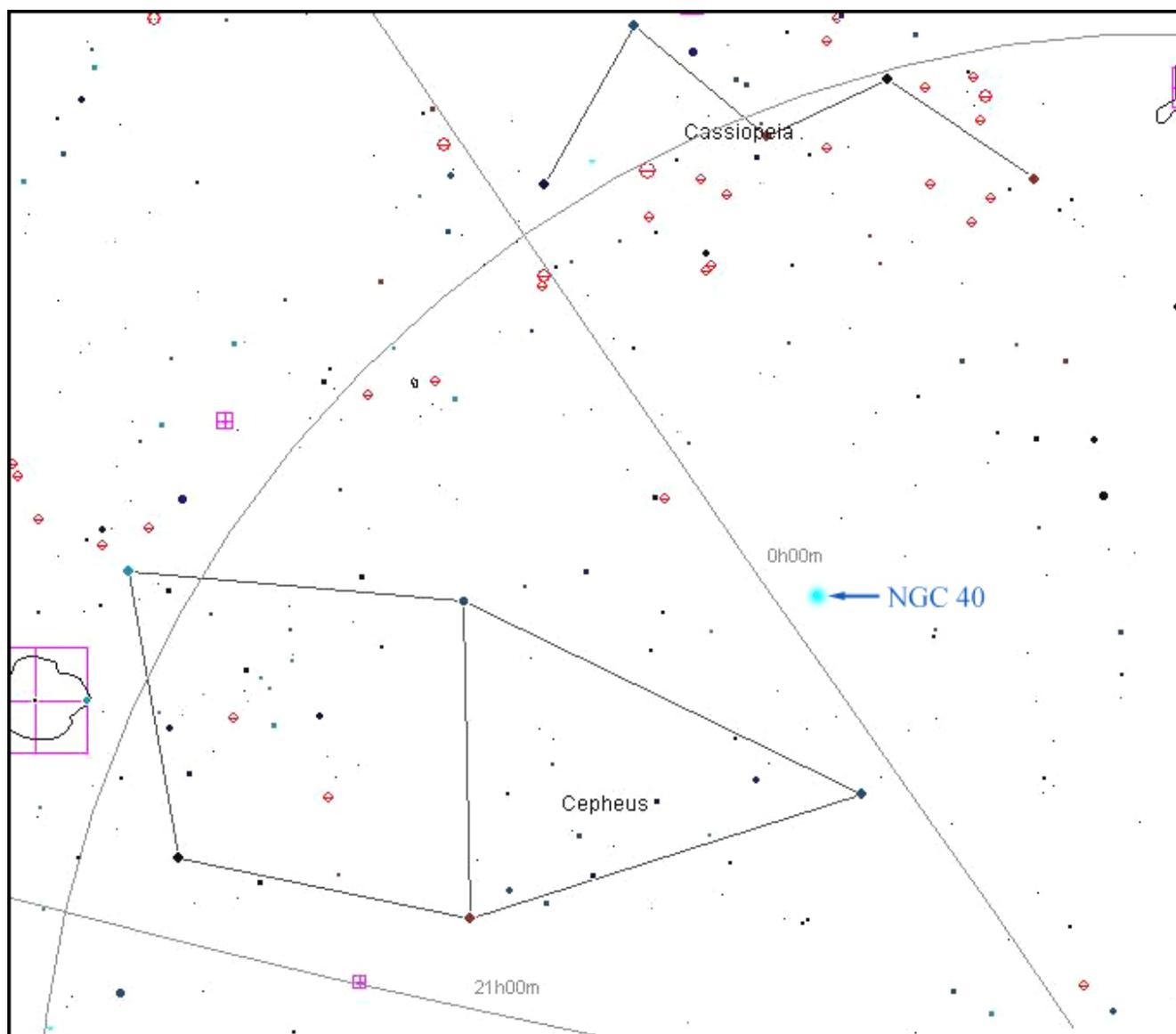


Figura 1 - Cartina generale che indica la posizione di NGC 40 nella costellazione del Cefeo (modificata, da Carte du Ciel)

L'osservazione visuale

NGC 40 al telescopio è una planetaria moderatamente difficile. La sua difficoltà non sta tanto nel limite degli strumenti amatoriali di medio-piccole dimensioni, quanto nella sua bassa luminosità superficiale che obbligano l'osservatore, non solo a recarsi in luoghi molto bui, ma anche a sforzare la propria vista e il proprio acume nel cercare di scorgere esili dettagli. Tuttavia se la notte è priva di Luna e nel cielo brillano stelle con

magnitudine limite ad occhio nudo fra la 5° e la 6° grandezza, è sufficiente un telescopio del diametro di 200 mm per poter aver una visione più chiara del suo insieme e tentare di scorgere le strutture più importanti.

A bassi ingrandimenti la nebulosa è già visibile come un tenue bagliore in cui al centro brilla, molto luminosa, la stella centrale; la luminosità dell'astro è talmente alta rispetto alla nebulosa da renderne difficoltosa l'osservazione e tale problema diviene sempre più evidente man mano che decresce la luminosità al seguito di un aumento degli ingrandimenti. Riteniamo infatti che un aumento degli ingrandimenti è necessario a causa delle ridotte dimensioni angolari dell'oggetto che obbliga l'osservatore a sforzare maggiormente l'occhio ed a fare uso frequente della vista indiretta.

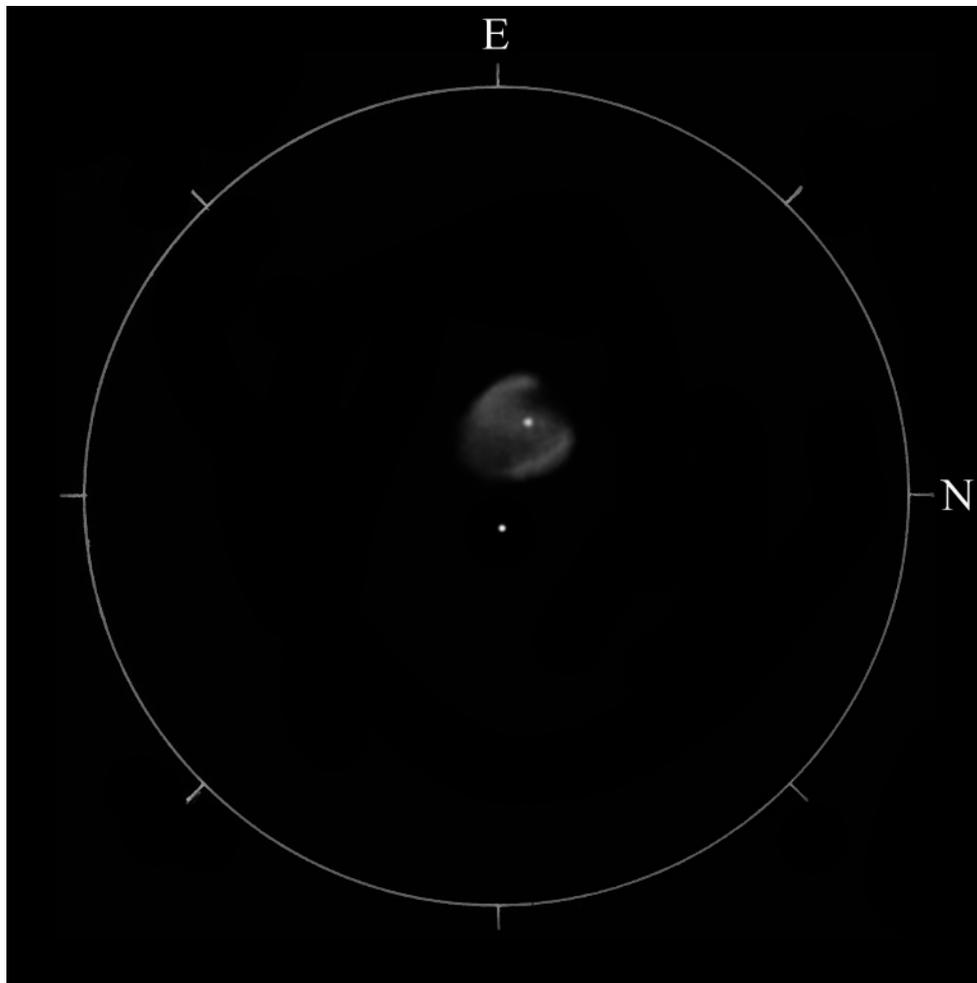


Figura 2 - Disegno di NGC 40 con un telescopio newton di 200mm a 300X, (D. Barucco)

Di solito quando la luminosità della stella centrale è così sbilanciata rispetto alla planetaria si utilizza il filtro OIII in modo da ridurre l'effetto e aumentare maggiormente la visibilità della nebulosa, ma nel nostro caso questo non è possibile per le ragioni che vedremo più avanti.

A circa 150-200 ingrandimenti si distinguono già delle disomogeneità: la nebulosa assume una forma elongata con direzione approssimativa SE-NO e i margini delle estremità appaiono più luminosi tanto che, aumentando l'ingrandimento, si evidenzia molto chiaramente la presenza di due semiarchi luminosi simmetricamente opposti. All'interno di questi semiarchi si trova un chiarore in cui al centro brilla la stella centrale che, come detto poc'anzi, disturba notevolmente la visione d'insieme. Tuttavia, se ci si arma di buona pazienza, forzando l'ingrandimento a circa 300X, si può tentare di individuare ulteriori irregolarità. Un attento esame visuale dei chiaroscuri interni ha evidenziato un'apparente forma ad S causata da una barra che attraversa in diagonale la nebulosa e che unisce i due semiarchi più luminosi. La visibilità di questa barra centrale è delimitata da due zone scure e simmetriche.

In direzione sud è stata inoltre osservata una propaggine molto debole ma ben distinguibile quando si osserva l'oggetto a medi ingrandimenti.

Ma l'aspetto più importante di cui già si accennava prima riguarda una negativa reattività al filtro OIII; in questa lunghezza d'onda, tipica di alti livelli di ionizzazione, la nebulosa scompare e rimane visibile solo la stella centrale.

Solitamente questo è comportamento tipico delle nebulose protoplanetarie (PPN) in cui governa ancora un livello di ionizzazione poco elevato. Poiché NGC 40 non è una nebulosa protoplanetaria il meccanismo che provoca questo basso livello di ionizzazione deve essere certamente differente.

La ripresa digitale

La ripresa fotografica digitale con una ES640 (Fig. 3) conferma e completa gli aspetti già riscontrati nell'osservazione visuale. I due semiarchi luminosi sono le strutture più luminose della nebulosa e il corpo centrale sembra assumere una forma cilindrica anche se non vi è quasi traccia della banda obliqua. Trattando gli istogrammi dell'immagine con l'effetto di stretching logaritmico (Fig. 4), è possibile mettere in evidenza ulteriori ed importanti dettagli. Approssimativamente, lungo l'asse S-O, si notano due propaggini simmetriche in direzione S-N che danno l'impressione di essere due lobi polari in cui all'interno trovano posto le ansae.

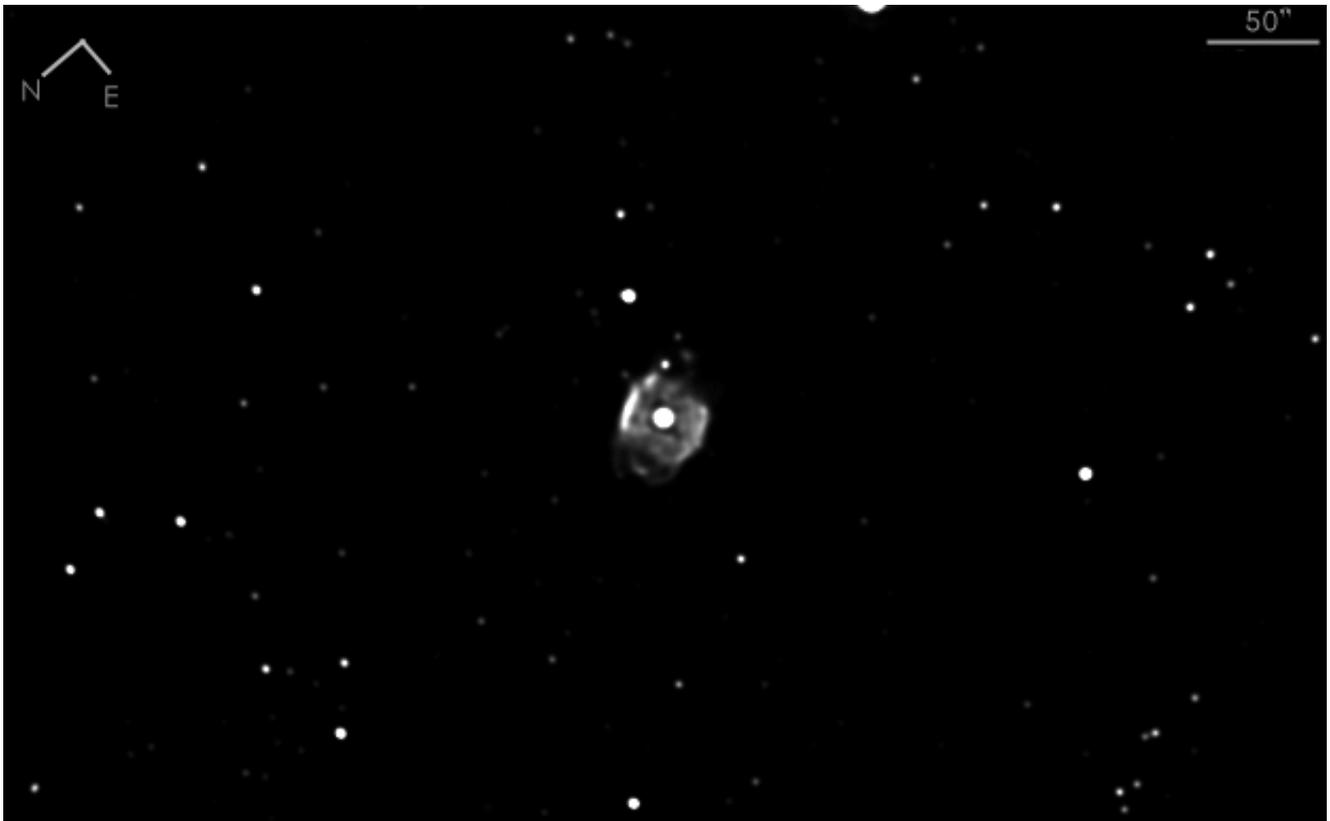


Figura 3 - Immagine ottenuta con una camera ES640 al fuoco di un newton di 250mm alla focale di 1200mm. Esposizione di 20sec per 117 pose (D.Barucco).

L'immagine digitale mette bene in evidenza una struttura interna molto irregolare con un'intricata serie di chiaroscuri che conferiscono globalmente un aspetto piuttosto complesso e tormentato.

Se si tenta una ripresa digitale di questa nebulosa bisogna tenere ben presente quanto ricavato dall'esperienza visuale. In primo luogo si impone una scelta piuttosto equilibrata nel settare la focale giusta, poiché qui si trovano in gioco fattori sfavorevoli tra cui il più importante è certamente la bassa luminosità superficiale della nebulosa. In secondo luogo dobbiamo considerare il livello di dettaglio che si vuole ottenere; una focale spinta su una planetaria di bassa luminosità superficiale rende necessario un aumento delle tempo dell'esposizione con il rischio di un maggiore e distruttivo effetto seeing. Per evitare al minimo l'influenza del seeing è consigliabile attendere il transito al meridiano.

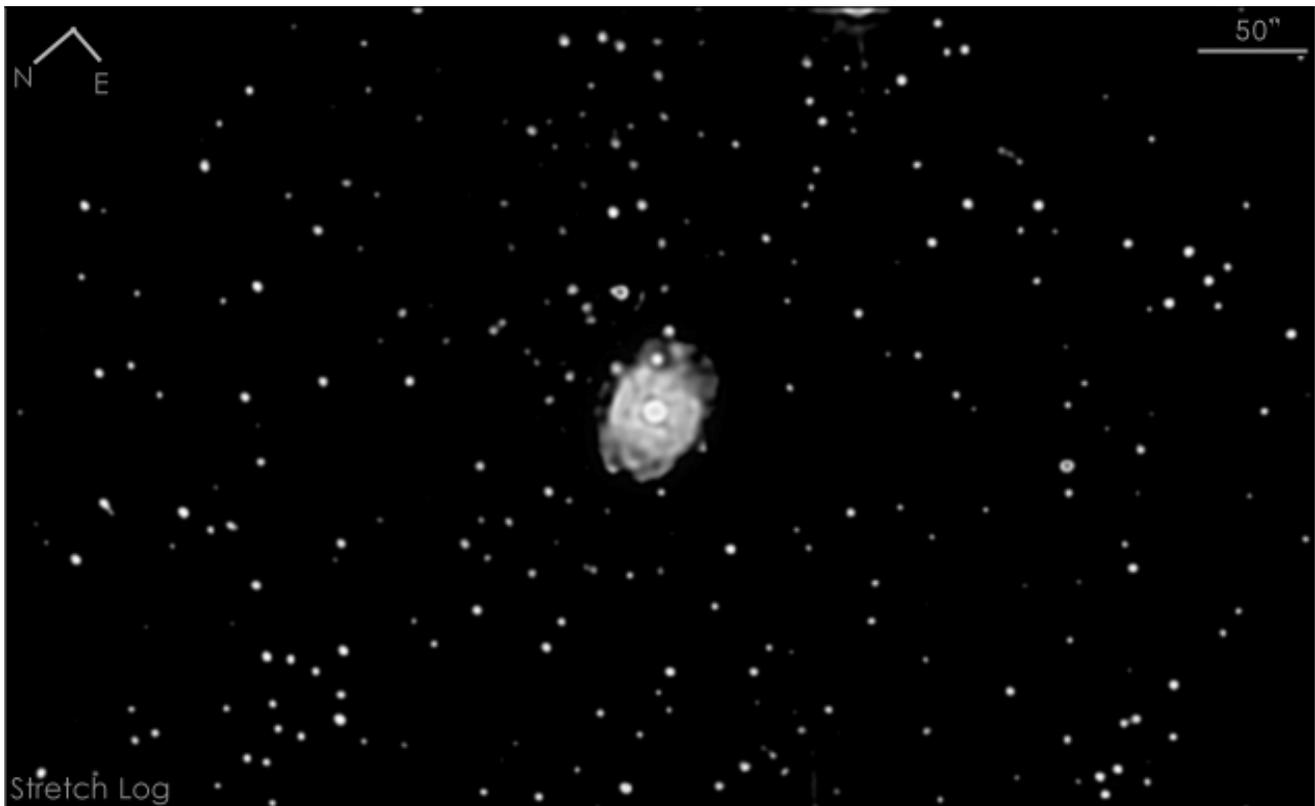


Figura 4 - Stessa immagine della precedente ma trattata con la procedura di stretching dell'istogramma (D. Barucco).

Le immagini che proponiamo (Fig. 3 e 4) sono state ottenute con una ES640 sotto un cielo molto buio con un telescopio newton da 250 mm ad una focale complessiva di 1200mm. Riteniamo questa focale un valore minimo in quanto per questo oggetto l'ideale sarebbe di 1900/2200 mm. Chiaramente una camera CCD molto più sensibile è necessaria se si vuole ottenere un risultato più definito.



Figura 5 - Immagine a colori di NGC 40 che mostra una forte colorazione rossastra dovuta all'emissione di HII che prevale a causa del basso livello di ionizzazione (Steve & Paul Mandel / Adam Block).

L'utilizzo dei filtri apre un'altra parentesi importante.

Durante l'osservazione visuale avevamo riscontrato una reazione negativa al filtro OIII, molto probabilmente causata da un basso livello di eccitazione dei gas; immagini a colori mostrano infatti una bella colorazione rossastra dovuta alle righe di emissione delle specie NII e soprattutto HII. Il filtro più consigliato diventa quindi un H α piuttosto che un OIII. Tuttavia non bisogna pensare che la NGC 40 sia completamente ceca alle lunghezze d'onda dell'OIII; l'emissione delle righe dell'ossigeno due volte ionizzato esiste ed è estremamente debole. Si può comunque provare se si ha a disposizione un CCD molto sensibile; in questo caso ci accorgeremmo che la nebulosa appare con una forma completamente diversa da quella che era apparsa in H α .

Vedremo fra poco il significato di questo bizzarro comportamento.

Caratteristiche fisiche

NGC 40 è una planetaria dalle caratteristiche assai peculiari tanto da essere considerata un caso raro fra le nebulose planetarie note.

Sin dall'inizio dell'indagine spettroscopica, misure fra il grado di ionizzazione della nebulosa e il potere ionizzante della stella centrale, avevano dato risultati discordanti: la nebulosa appariva estremamente debole soprattutto se osservata attraverso le lunghezze d'onda dell'OIII, proprio in quelle lunghezze d'onda in cui avrebbe dovuto risaltare di più per effetto della stella centrale caldissima.

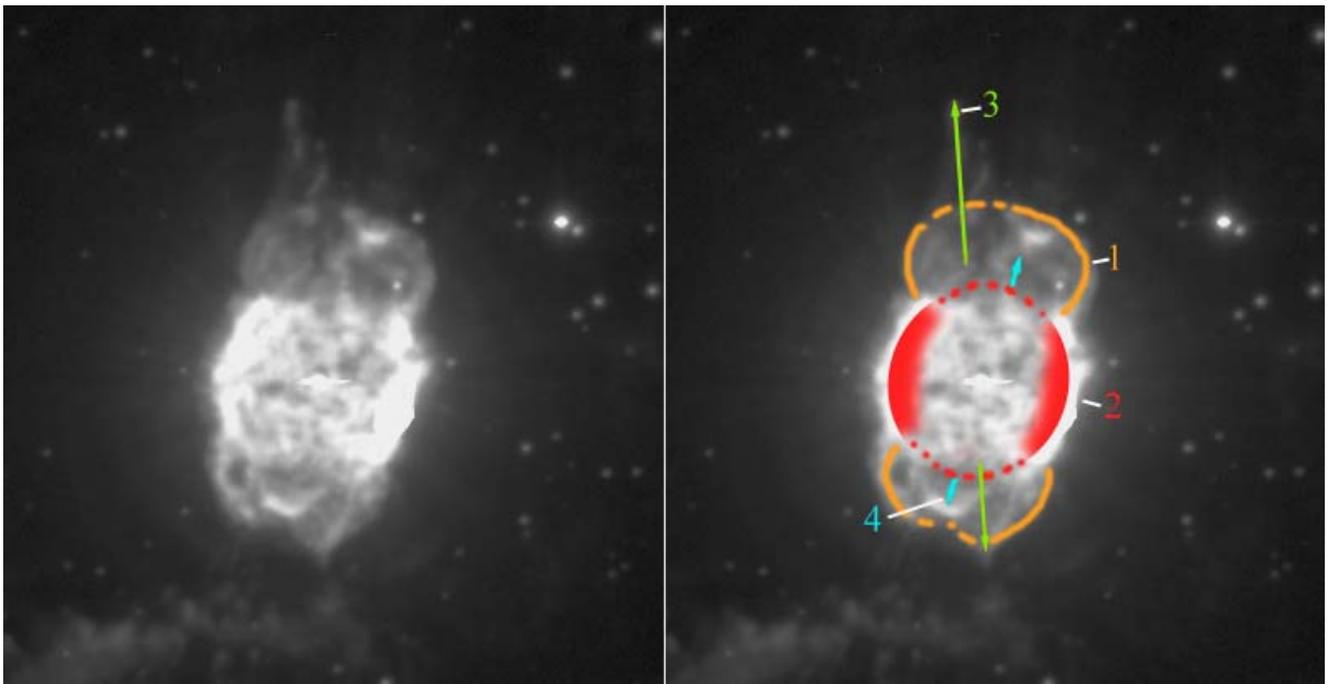


Figura 6 - Principali elementi strutturali individuati: 1) Lobi polari; 2) Ellisse centrale e fronte di compressione; 3) Getto associato al primo evento di perdita di massa; 4) Getto interno del secondo evento responsabile della formazione delle anse (modificata, R. Corradi, vd. bibl.).

NGC 40 si presenta di forma allungata (NNE-SSO) con una struttura interna che

contemporaneamente mostra un aspetto sia ellittico che bipolare; questa commistione di forme ha portato a classificarla come planetaria di tipo ellittico con strutture anomale filamentose lungo l'asse maggiore (Balick *et alii*, 1987). Un attento esame della sua struttura rivela altri dettagli che servono non solo a determinarne la classificazione morfologica ma anche per tentare di ricostruirne la storia evolutiva e dinamica.

Distinguiamo nettamente una zona interna costituita da un guscio di forma ellittica (2, Fig. 6) che in direzione perpendicolare all'asse maggiore presenta dei bordi molto luminosi come due archi opposti e simmetrici. All'esterno di questa struttura, nella stessa direzione dell'asse maggiore dell'ellisse (che chiameremo asse polare), osserviamo due lobi gassosi più deboli (1, Fig. 6).

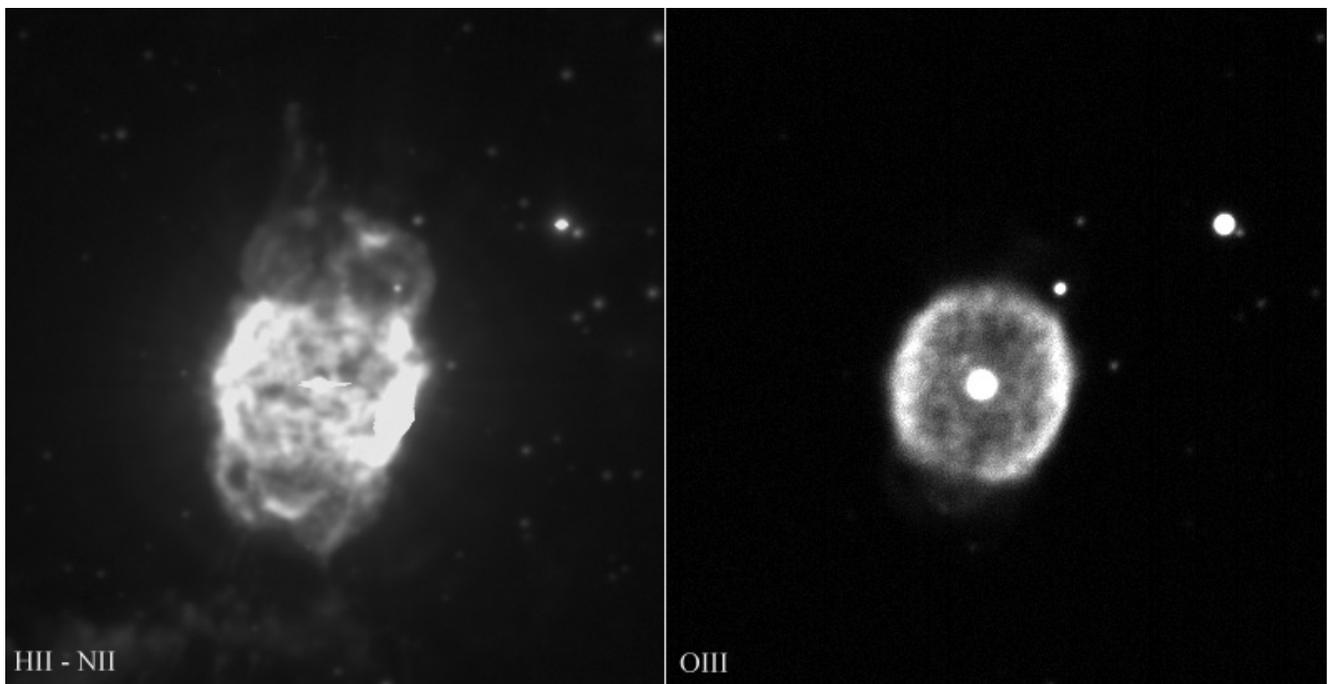


Figura 7 - Due immagini ottenute con diverse lunghezze d'onda, notare la differenza morfologica della nebulosa e come l'emissione in OIII sia solo relegata nella zona centrale (modificata, R. Corradi, vd. bibl.).

All'interno sono visibili le tracce di due getti che non hanno direzioni coincidenti ne tanto meno sono paralleli all'asse polare della nebulosa. Il getto più evidente (3, Fig. 6) coinvolge la seconda struttura (1, Fig. 6) e il contatto si manifesta con evidenti strutture

da impatto coniche, mentre il secondo getto (4, Fig. 6) ha, in apparenza, una entità più modesta ed è probabilmente responsabile della formazione delle anse polari che si trovano all'interno della seconda struttura bipolare. Tuttavia secondo Sabbadin *et alii* (1999) il getto riconosciuto all'interno della seconda struttura non ha delle caratteristiche vere e proprie di getto in quanto potrebbe rispecchiare il modello di formazione delle ansae proposto da Frank *et alii* (1996).

Le immagini in H α e NII mostrano una morfologia generale molto complessa e irregolare costituita da una serie interna di strutture filamentose (Balick *et alii*, 1987) formatesi in seguito all'espansione e al raffreddamento dei gas (collasso locale). Mentre nelle immagini in OIII la nebulosa assume una forma ellittica regolare con contorni esterni molto definiti. Questa discordanza morfologica era stata già evidenziata in passato ed è stata messa in relazione con la bassa ionizzazione dei gas circostanti.

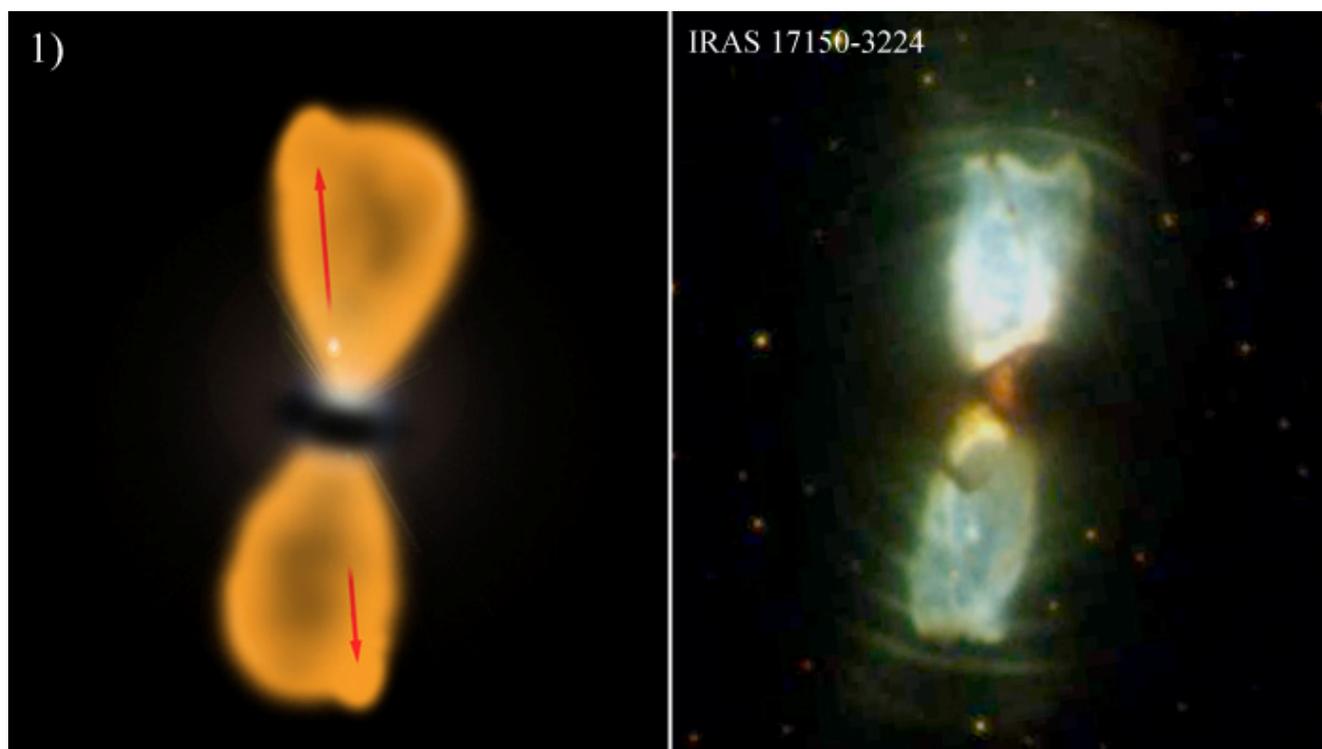


Figura 8 - Ricostruzione teorica del primo evento di perdita di massa durante la fase di protoplanetaria: secondo l'ipotesi un denso disco di polveri sul piano equatoriale costringe i gas ad espandersi in un flusso bipolare. Accanto, la nebulosa protoplanetaria IRAS 17150-3224 ripresa dall'Hubble la quale ci mostra come probabilmente sarebbe stata osservata NGC 40 prima del secondo evento di perdita di massa. Notare i gusci concentrici emessi durante la fase di instabilità AGB (disegno D.Barucco; foto S.Kwok, R. Rubin, H. Bond – NASA)

Un simile struttura morfologica rappresenta, con tutta probabilità, la sovrapposizione di due eventi principali di perdita di massa che si sono manifestati con un comportamento differente, sia nel primo che nel secondo evento. E' ipotizzabile supporre che il primo evento ha avuto un comportamento bipolare (Fig. 8), mentre il secondo si è verificato con una distribuzione energetica omogenea (Fig. 10), tanto che la forma ellittica mostrata nell'immagine in OIII è il risultato dell'interazione con la precedente emissione bipolare.

La sequenza cronologica dei due eventi di perdita di massa è evidenziata dalle misure in sezione incrociata delle velocità di campo di espansione in H α in NII e in OIII. Gli autori Sabbadin & Hamzaoglu (1982) mostrano come in H α , soprattutto lungo l'asse maggiore, le velocità di campo sono minori che in OIII e NII. Ciò rappresenta certamente un'eccezione nel panorama delle nebulose planetarie in quanto solitamente

specie a più alta ionizzazione presentano velocità di espansione minori rispetto a specie a più bassa ionizzazione (Balik *et alii*, 1987).

Questo fa presupporre che la debole ionizzazione OIII rivelata in NGC 40 sia stata originata più da un'eccitazione indotta dall'impatto del fronte interno con i gas espulsi in precedenza che dalla fotoionizzazione ultravioletta della stella centrale, così come ipotizzato anche da Balik *et alii* (1987).

Le velocità riscontrate lungo l'asse

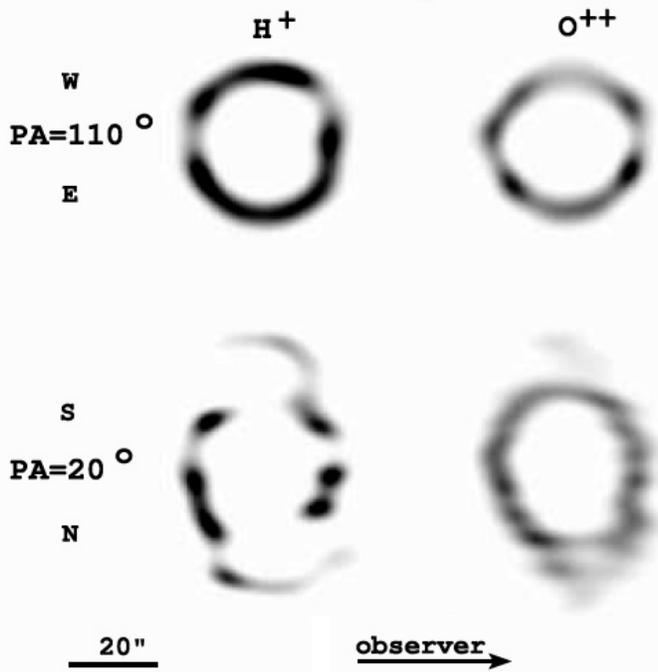


Figura 9 - Proiezioni tomografiche in lunghezza e altezza nelle emissioni di HII e OIII. Importante notare in HII la forma punto-simmetrica ad andamento spirale dei lobi polari che potrebbe spiegare la non coincidenza del getto esterno (3, Vd. Fig. 6) con l'asse polare. Nella proiezione in OIII si osservano chiaramente le ansae laterali emesse durante il secondo evento di perdita di massa (modificata, Sabbadin *et alii*, 2000).

maggiore della nebulosa sono: per H α e H β di 46 (\pm 2) Km s $^{-1}$ mentre per NII e OIII sono rispettivamente 54 (\pm 2) Km s $^{-1}$ e 58 (\pm 2) Km s $^{-1}$ (Sabbadin & Hamzaoglu, 1982).

Il primo evento di perdita di massa si manifesta quindi con una presunta morfologia bipolare tipica di molte nebulose protoplanetarie (Fig. 8) ed è possibile ritenere contemporanea o immediatamente successiva allo sviluppo del rapido getto polare che deforma la struttura bipolare. Com'è visibile in foto (Fig. 6) la direzione del getto non è parallela all'asse polare ma si discosta da esso di almeno una ventina di gradi, mentre la struttura a cono data dal contatto del getto con la bolla polare a N, indica come questo getto sia probabilmente di origine idrodinamica così come proposto dal modello di Frank *et alii* (1996).

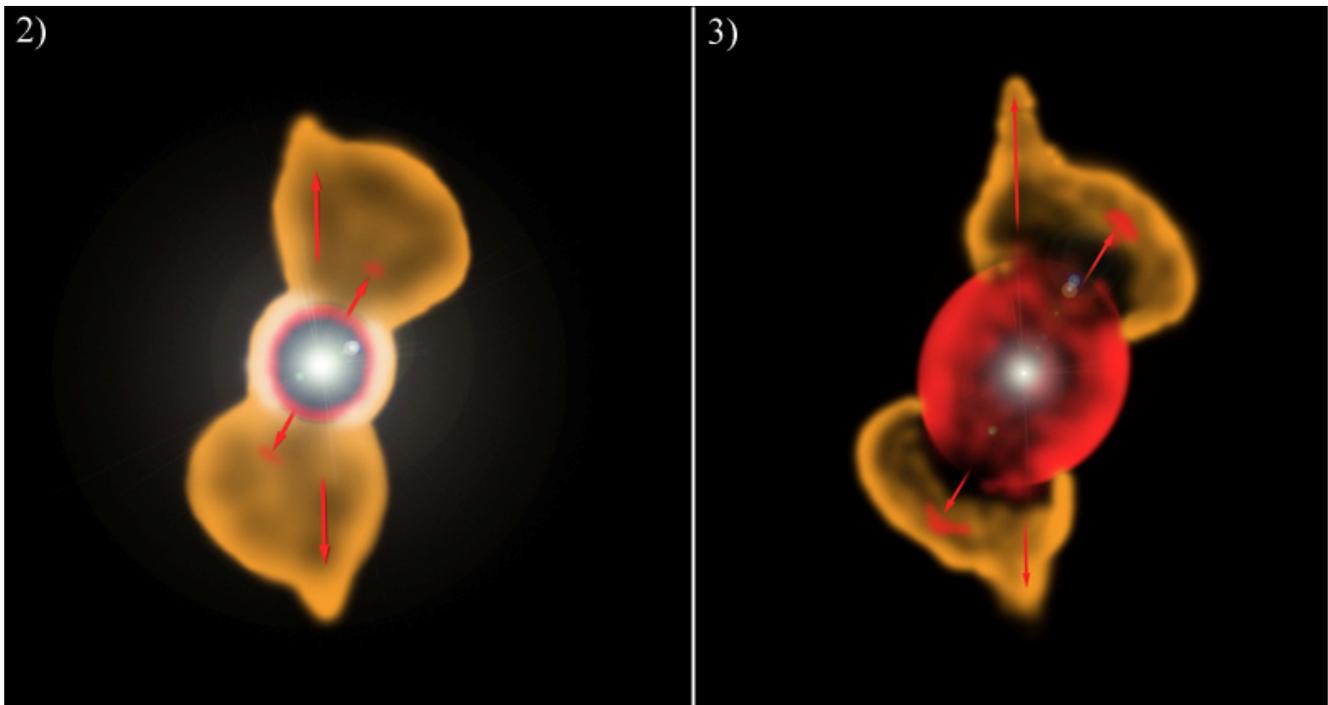


Figura 10 - A sinistra (2) abbiamo la ricostruzione dell'emissione del secondo evento di perdita di massa che avviene con un'energia pressochè omogenea la quale spazza il precedente disco di polveri equatoriale. Con la deformazione ellittica a causa della pressione di confinamento non omogenea, si formano le anse. A destra (3) vediamo una ricostruzione dello stato attuale con l'effetto "spazzaneve" del fronte di espansione interno con la accentuata forma ellittica (D. Barucco).

Se consideriamo questo modello valido la spiegazione sul perché la direzione non sia coincidente con l'asse polare è certamente da ricercare ad una iniziale e non omogenea

distribuzione della materia nelle due bolle polari. In effetti le tracce di una distribuzione anomala che avrebbe potuto far convergere i flussi in una direzione diversa dal polo della nebulosa, sono mostrate nelle ricostruzioni tomografiche di Sabbadin *et alii* (2000); in particolare nella ricostruzione tomografica (Fig. 9) delle lunghezze d'onda relative a H^+ e N^{++} , i vecchi lobi polari esterni presentano una densità con andamento spirale così come avviene in molte nebulose planetarie bipolari (NGC 6543, NGC 6572) in cui ritroviamo la formazione di un getto con direzione diversa all'asse polare della nebulosa.



Figura 11 - Immagine in RGB ottenuta dalle riprese ad alta risoluzione di R. Corradi esposte in Fig. 7. Il canale R è rappresentato dall'emissione HII e NII, il canale blu, notevolmente evidenziato, è rappresentato dall'emissione OIII, mentre il canale G è stato ottenuto mediando R e B (D. Barucco; immagini HII, NII, OIII, R. Corradi)

Una distribuzione così particolare in un'eiezione bipolare non ha ancora una chiara spiegazione ma sembra sia connessa a possibili moti precessionali della stella progenitrice.

Il secondo evento (Fig. 10) segue il primo e si manifesta con una energia leggermente superiore e si sovrappone alla precedente struttura bipolare investendola con un effetto chiamato "spazzaneve" (Balick *et alii*, 1998). E' possibile ritenere come questo secondo evento avvenga con un'emissione energetica omogenea che, al contatto con la precedente struttura bipolare, si deforma sino ad assumere una forma ellittica; ciò si spiega con una pressione di confinamento che varia dal polo all'equatore (Balick *et alii*, 1998). Comunemente in una struttura bipolare troviamo una densità più alta all'equatore (per la presenza di toroidi gassosi e polverosi o di dischi circumstellari) e più bassa ai poli. La pressione di confinamento essendo più alta all'equatore provoca un rallentamento nell'espansione interna ed una temperatura dei gas più alta con il risultato di una maggiore ionizzazione per ricombinazione; al contrario ai poli, l'espansione trova una minore pressione di confinamento. Ecco che il fronte interno assume un aspetto più elongato.

Ad eccezione del fatto che questo secondo evento investe la precedente struttura bipolare, qui possiamo lo stesso riscontrare vari elementi morfologici comuni ad altre planetarie compresa la presenza di ansae polari. Già all'inizio di questa descrizione avevamo ipotizzato come le ansae polari potrebbero essersi originate con il secondo evento di perdita di massa, questo perché risulta evidente nelle immagini in OIII come l'involucro del secondo evento sia deformato lungo il suo asse maggiore e mostra evidenti strutture coniche tipiche di un getto polare che converge nelle ansae (Frank *et alii*, 1996). Inoltre la distanza in cui si trovano le ansae rispetto al guscio ellittico, è tipica di gusci a bassa eccentricità. Se si considera infatti NGC 7009, la nebulosa Saturno, le ansae si collocano ad una distanza molto elevata a causa dell'elevato fattore di eccentricità.

Ma la maggiore particolarità di questa nebulosa è il suo basso livello di ionizzazione in rapporto alla temperatura della stella centrale.

Secondo le analisi spettrali la stella centrale di NGC 40 ha una temperatura superficiale di circa 90.000° K mentre il livelli di ionizzazione dei gas della nebulosa sono quelli tipici prodotti da una stella centrale con temperatura compresa fra 35.000° e 40.000° K. (Grewing *et alii*, 1986). Per spiegare questo paradosso si è reso necessario ipotizzare la presenza di un forte assorbimento della luce ultravioletta della stella centrale; fu infatti evidenziato che la radiazione ultravioletta subiva un potente assorbimento da parte delle specie CII e CIII rivelate negli spetti ad alta risoluzione del satellite IUE (Grewing *et alii*, 1986). A causa di questo assorbimento è ragionevole pensare che attorno alla stella vi sia una spessa copertura di carbonio ionizzato che attenua la ionizzazione dei gas in espansione. In effetti nel calcolo delle percentuali di perdita di massa (Bianchi, 1991) è stato riscontrato che l'abbondanza degli elementi SiIV, HeII e CIV si trova entro i 4 raggi solari (R_s) dalla stella centrale, come se vi fosse una densa copertura di gas (con prevalenza di carbonio) responsabile dell'elevato assorbimento della luce ultravioletta. Oltre i 20 R_s l'emissione di queste specie scompare.

La stella centrale

La stella centrale di NGC 40 è da molto tempo nota per la particolarità di possedere uno spettro molto simile a quello che si riscontra comunemente nelle stelle di tipo Wolf-Rayet (WR). Questa particolarità non rappresenta comunque un'eccezione in quanto si stima che circa il 20% delle stelle centrali delle nebulose planetarie presentano uno spettro tipico delle stelle WR. La classificazione attualmente in uso è quella adottata da Crowther *et alii* (1997) basata sulla prevalenza delle righe di C o di O nella stella centrale la quale viene classificata o come WC o come WO; queste due categorie vengono a loro volta suddivise da WC11 a WC4 in ordine di ionizzazione crescente così

come da WO4 a WO1. La stella centrale di NGC 40 è stata classificata come WC8 con righe spettrali che presentano livelli di ionizzazione medio basse misurate secondo il picco del CIII (specie utilizzata per la classificazione primaria delle categorie da W11 a WC8).

Gli ultimi modelli spettrali ad alta risoluzione mostrano una velocità finale di espansione atmosferica della stella centrale intorno ai 1000 km s^{-1} ed un raggio di circa $0,33 R_s$, ciò significa che esiste un potente vento stellare che si propaga dal nucleo (Grosdidier *et alii*, 2001). Inoltre si calcola una massa pari a $1 M_s$ (Bianchi, 1991): valore molto alto per la stella centrale di una planetaria.

Grosdidier *et alii* (2001) hanno recentemente studiato nel dettaglio il nucleo di NGC 40 misurando oltre una precisa espansione dei gas, una variabilità stocastica nell'intensità del vento stellare. Queste variazioni che oscillano nell'arco di poche ore, indicano un moto turbolento e mostrano come tale comportamento sia analogo a quanto osservato nelle stelle di tipo WR.

I dintorni

Oltre i confini della nebulosa lo spazio circostante appare decisamente interessante. Già Sabbadin & Hamzaoglu (1982) segnalavano a ridosso della nebulosa a nord una evidente propaggine rivelata in fotografie in HII, attribuendola correttamente a nient'altro che ad un'interazione fra la nebulosa e l'antico resto di supernova CTA 1. Immagini a largo campo ottenute con strumenti più sensibili e telescopi con diametri considerevoli hanno confermato questa interazione. Alcune propaggini del resto di supernova CTA 1 transitano in prossimità della nebulosa NGC 40, questo ne provoca una parziale eccitazione (Fig. 12-13). La planetaria si trova infatti proprio in mezzo alle delicate velature di CTA 1. Interazione della nebulosa con la CTA1 a parte, le esposizioni fotografiche in HII e NII mettono in risalto anche l'alone AGB della planetaria. In

prossimità del margine esterno si osserva chiaramente la presenza di un alone costituito da gusci concentrici più o meno regolari molto simili a quelli che circondano le nebulose

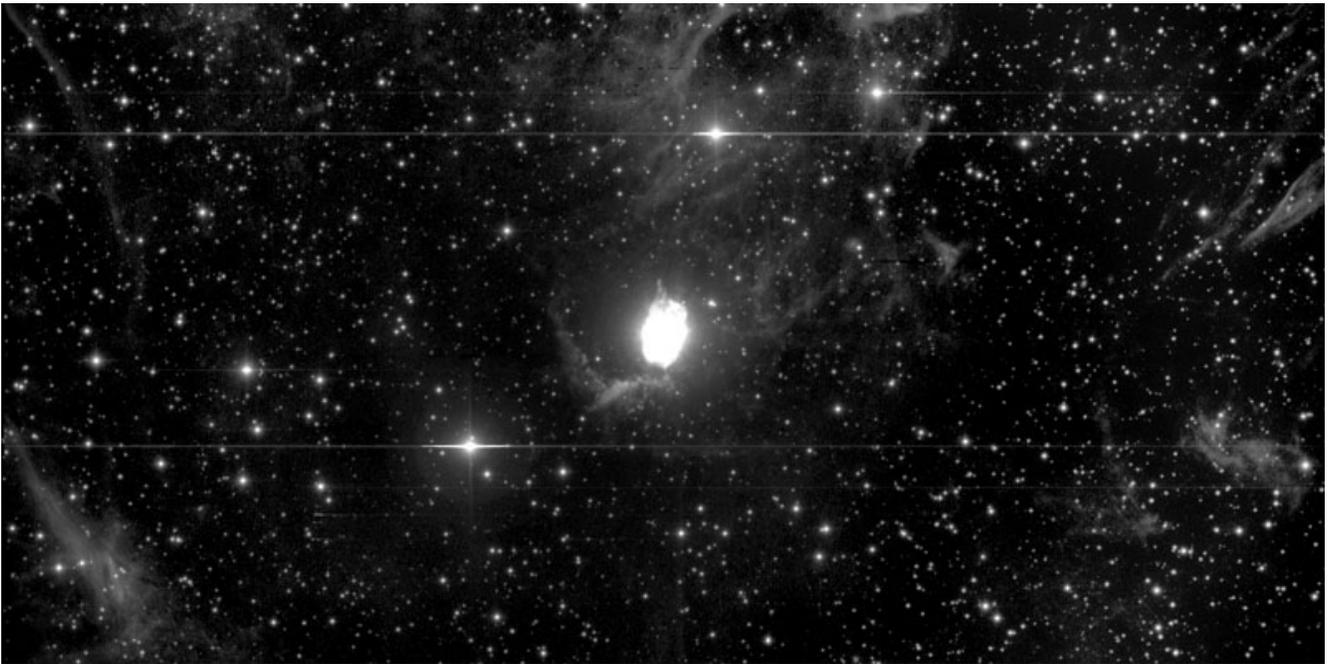


Figura 12 - Immagine a largo campo dei dintorni di NGC 40, si notano chiaramente le velature appartenenti al resto di supernova CTA 1 (modificato, R. Corradi).

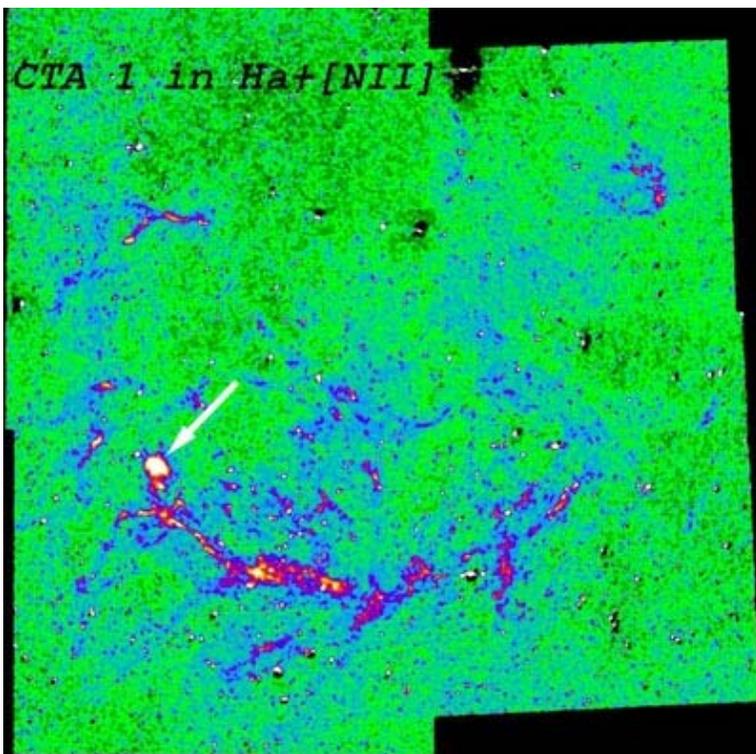


Figura 13 - Fotomosaico a largo campo (2°) e in falsi colori del resto di supernova CTA 1; la freccia indica NGC 40 (Vd. bibl.)

protoplanetarie o le planetarie molto giovani (Fig. 14). La struttura a gusci concentrici è sintomatica di un'instabilità durante la fase transizionale del ramo asintotico delle giganti. Questa instabilità ciclica durante la fase AGB è tipica delle variabili di tipo Mira nelle quali l'instabilità interna porta ad espansioni e contrazioni cicliche. L'espansione provoca una energia tale da innescare un moto di inerzia

nelle zone più distanti dell'atmosfera stellare con la conseguenza emissione di ondate di polvere fredda in allontanamento dalla stella. L'instabilità delle variabili di tipo Mira si verifica in stelle massive in cui all'interno abbiamo l'accensione di strati multipli ed instabili. L'alone a gusci concentrici trovato in NGC 40 fa supporre che la stella progenitrice dovrebbe aver avuto una massa medio-alta. Ciò trova conferme sia nell'alto contenuto di carbonio nella nebulosa sia nella massa importante della stella centrale (1 Ms). Inoltre lo sviluppo di una struttura bipolare durante il primo importante evento di perdita di massa è in accordo con l'ipotesi di Kastner *et alii* (1996) che prevede la formazione di lobi polari in stelle massive in fase post-AGB. Sarebbe interessante quindi studiare la presenza/assenza di H_2 per indagare sulla possibilità dell'esistenza di un disco di polveri durante la fase bipolare. La schermatura UV del nucleo infatti dovrebbe in qualche modo favorire maggiormente la preservazione di idrogeno molecolare.



Figura 14 - Immagine sopraesposta che mette in evidenza l'alone a gusci concentrici emesso durante la fase AGB di instabilità (modificata, R. Corradi).

Conclusione e classificazione

In questo lavoro di rivisitazione abbiamo analizzato diversi aspetti di questa particolare planetaria e siamo giunti alla conclusione che essa rappresenta il prodotto di due eventi di perdita di massa consecutivi: il primo di natura bipolare, e un secondo più energetico che ha generato una struttura ellittica in espansione sovrimposta alla precedente.

Una schermatura della luce ultravioletta da parte della stella centrale, provocata da una probabile coltre gassosa di carbonio, è la causa della bassa ionizzazione di tutta la planetaria; l'emissione di OIII è generata più per ricombinazione elettronica di tipo termico che per fotoionizzazione UV (Balik *et alii*, 1987).

I dintorni della planetaria mostrano tracce di un alone a gusci concentrici emesso durante la fase AGB, tale caratteristica unita agli altri elementi come: l'emissione bipolare del primo evento, l'alto contenuto in carbonio della nebulosa e l'elevato valore di massa della stella centrale, testimoniano che la stella progenitrice possedesse una massa notevolmente alta in accordo con l'opinione di Bianchi (1991) il quale la stima intorno a 6 Ms.

A causa di una morfologia apparente ibrida della planetaria la classifichiamo come: **(B)EPN**: planetaria ellittica ma con una iniziale morfologia bipolare durante la fase di PPN.

Bibliografia

- BIANCHI L., 1991. *Mass loss from central stars of planetary nebulae II. NGC 40.* – *Astronomy & Astrophysics*, 253; pp. 447-450.
- BALIK B., BIGNELL C. R., KJELLMING R. M., OWEN R., 1987. *The shapes and shaping of the planetary nebulae IC 3568, NGC 40, NGC 6543.* – *The Astronomical Journal*, Vol. 94, No. 4; pp. 948-957.
- CAHN J.H., KALER J.B., STANGHELLINI L., 1992. *A catalogue of absolute fluxes and distance of planetary nebulae.* – *Astronomy & Astrophysics supplement series*, 94; pp. 399-452.
- CLEGG R. E. S., SEATON M. J., PEIMBERT M., TORRES-PEIMBERT S., 1982. *Analysis of nebulosity in the planetary nebula NGC 40.* – *Mon. Not. Royal Astronomical Society*, 205; pp. 417-434.
- CROWTHER P.A., ORSOLA DE MARCO and BARLOW M.J., 1998. *Quantitative classification of WC and WO stars.* – *Mon. Not. Royal Astronomical Society*, 296; pp. 367-378.
- FRANK A., BALICK B., LIVIO M., 1996. *A mechanism for the production of jets and ansae in planetary nebulae.* – *The Astrophysical Journal*, 471; pp. L53-L56.
- GREWING M., BAESSGEN G., BIANCHI L., GUTEKUNST M., 1986. *NGC 40: a low excitation nebula around a hot central star.* – *Mitteilungen der*

Astronomischen Gesellschaft, 65; pp. 203.

GROSDIDIER Y., ACKER A. and MOFFAT A. F. J., 2001. *Turbulent outflows from [WC]-type nuclei of planetary nebulae II. The [WC 8] central star of NGC 40.* – *Astronomy & Astrophysics* 370; pp. 512-523.

GEORGE D., KAFTAN-KASSIM M. A., and HARTSUIJKER A. P., 1974. *High Resolution Radio Interferometric Observations of the Planetary Nebulae NGC 40, NGC 6543, and NGC 6720.* – *Astronomy & Astrophysics*, 35; pp. 219-224.

KASTNER J.H., WEINTRAUB D. A., GATLEY I., MERRILL K.M., and PROBST R.G., *H₂ emission from planetary nebulae: signpost of bipolar structure.* – *The Astrophysical Journal*, 462; pp. 777-785.

PADDOCK, G. F., 1916. *Wolf-Rayet bands in the nuclei of three nebulae N.G.C. 6826, N.G.C. 412, N.G.C. 40.* – *Lick Observatory Bulletin*, vol. 9; pp. 29-30

SABBADIN F. and HAMZAOGLU E., 1982. *The Expansion Velocity Field Within the Planetary Nebulae NGC 40 and NGC 7026.* – *Astronomy & Astrophysics*, 109; pp. 131-135.

SABBADIN F., CAPPELLARO E., BENETTI S., TURATTO M. and ZANIN C., 2000. *Tomography of the low excitation planetary nebula NGC 40.* – *Astronomy & Astrophysics*, 355; pp. 688-698.

Fonti delle immagini

- Fig. 13 - <http://users.physics.uoc.gr/~fotis/cta1/cta1.htm> - 30 cm telescope of Skinakas Observatory
- Fig. 6, 7, 11, 12, 14 - <http://www.ing.iac.es/~rcorradi/HALOES/> - Planetary Nebulae Haloes – Roberto Corradi