



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΣΜΗΝΩΝ ΣΤΟΝ ΓΑΛΑΞΙΑ
ΜΑΣ
ΣΤΟ ΚΟΝΤΙΝΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ

ΜΑΥΡΙΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
A.M. 201130

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

2014



Περσική παροιμία "Night hides the world, but reveals a universe."

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δέσποινα Χατζηδημητρίου
Κοσμάς Γαζέας
Παναγιώτης Νιάρχος

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια , επιβλέπουσα
Λέκτορας
Ομότιμος Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης, είναι η επιλογή και ο χαρακτηρισμός ανοιχτών σμηνών στον Γαλαξία μας τα οποία περιέχουν αστέρια άνθρακα, με σκοπό να ενσωματωθούν στο πρόγραμμα παρατήρησης Gaia – ESO. Η μελέτη βασίζεται στους πιο πρόσφατους καταλόγους ανοιχτών Γαλαξιακών σμηνών και αστερών άνθρακα που είναι διαθέσιμοι. Τα σμήνη που μελετήθηκαν, επιλέχθηκαν με βάση την ύπαρξη ενός ή περισσότερων άστρων άνθρακα με κατάλληλη φωτομετρική υπογραφή, έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για παρατήρηση με το όργανο VLT – FLAMES μέσα στα πλαίσια εργασίας του προγράμματος Gaia – ESO.

Τα σμήνη που επιλέχθηκαν τελικά ήταν τα εξής: NGC 2477 , COLLINDER 236 , DIAS 2 , HAFFNER 14 , NGC 3114 , NGC 2660 , ALESSI 5 , ALESSI 20 , BASEL 11A. Μελετήθηκαν με ομοιογενή τρόπο, χρησιμοποιώντας φωτομετρία στο κοντινό υπέρυθρο από το πρόγραμμα 2MASS με σκοπό να εξάγουμε τις ηλικίες τους και την έκταση τους, όπως επίσης και να προσδιορίσουμε το υποψήφιο αστέρι άνθρακα στον ασυμπυκνωμένο κλάδο των γιγάντων.

Οι ηλικίες των σμηνών εξήχθησαν χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατα ανακοινωμένες ισόχρονες της Padova, οι οποίες γενικά ήταν σε καλή συμφωνία με παλαιότερες εκτιμήσεις, ενώ η χωρική έκταση των σμηνών βρέθηκε συχνά σημαντικά διαφορετική (πάνω από 100%).

Σύμφωνα με την θέση του άστρου άνθρακα στο διάγραμμα χρώματος – μεγέθους, 4 σμήνη φαίνεται να περιέχουν αστέρια άνθρακα και είναι αυτά που επιλέχθηκαν να συνυπολογιστούν στο δείγμα του προγράμματος Gaia – ESO.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί κομμάτι του μεταπτυχιακού προγράμματος του τομέα Αστροφυσικής , Αστρονομίας και Μηχανικής του τμήματος Φυσικής στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε κάποια πρόσωπα χωρίς την βοήθεια των οποίων η εργασία αυτή δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί.

Πρώτα και πάνω απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου, κα Δέσποινα Χατζηδημητρίου που ήταν πάντα παρούσα σε ότι χρειαζόμουν και με την βοήθεια και την καθοδήγηση της συνέβαλε τα μέγιστα στην υλοποίηση της εργασίας αυτής. Η συνέπεια της ως άνθρωπος και η εμπειρία της ως επιστήμονας μου δίδαξαν πολλά και σημαντικά σε μικρό χρονικό διάστημα.

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Λυριτζή Ιωάννη (Καθηγητή Αρχαιομετρίας στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου) που στάθηκε αρωγός στα πρώτα μου βήματα καθοδηγώντας με, με το σωστότερο τρόπο.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ τους γονείς μου για την υλική και ηθική στήριξη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

ABSTRACT

The purpose of the present study is the selection and characterization of open clusters in our galaxy that contain carbon stars, in order to incorporate them in the observing program of Gaia - ESO.

The study is based on the most recent catalogues of galactic open clusters and carbon stars available.

The clusters studied have been selected on the basis of spatial correlation with one or more carbon stars of appropriate photometric signature, as well as of their suitability for observation with the VLT-FLAMES instrument within the framework of Gaia - ESO.

The clusters in the final sample were NGC 2477 , COLLINDER 236, DIAS 2,HAFFNER 14, NGC 3114, NGC 2660, ALESSI 5, ALESSI 20, BASEL 11A. They were studied in a homogeneous manner using 2MASS near infrared photometry, in order to derive their ages and spatial extent, as well as locating the candidate CS on their asymptotic giant branches. The ages of the clusters were derived using the most recent release of the Padova isochrones and they were generally in good agreement with older estimates, while the spatial extent of the clusters was often found to be significantly different (up to >100%).

According to the location of the CS on the CMD, 4 clusters were confirmed to contain CS and were selected for inclusion in the Gaia - ESO sample.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	- 6 -
1.1 Στόχος	- 6 -
1.2 Πρόγραμμα ESO – GAIA	- 6 -
1.3 H – R διαγράμματα	- 8 -
2. Γαλαξίας.....	- 10 -
2.1 Η δομή του Γαλαξία.....	- 12 -
2.2 Κατηγορίες Σμηνών	- 21 -
2.3 Ανοιχτά σμήνη στο Γαλαξία.....	- 25 -
2.4 Αστέρια Άνθρακα	- 29 -
3. Δείγμα ανοικτών σμηνών	- 32 -
3.1 Ο ιστότοπος WEBDA	- 32 -
3.2 Κριτήρια και τρόπος επιλογή σμηνών	- 35 -
3.3 Πίνακας βασικών στοιχείων των επιλεγμένων σμηνών	- 35 -
3.4 Τα άστρα άνθρακα με επιπλέον πληροφορίες	- 36 -
4. Δεδομένα.....	- 36 -
4.1. Το πρόγραμμα επισκόπησης 2MASS	- 36 -
4.2 Ισόχρονες	- 37 -
5. Ανάλυση δεδομένων	- 39 -
5.1 Γενικά.....	- 39 -
5.2 Ανοιχτά σμήνη.....	- 44 -
5.2.1 NGC 2477	- 44 -
5.2.2 COLLINDER 236	- 48 -
5.2.3 DIAS 2	- 51 -
5.2.4 HAFFNER 14	- 54 -
5.2.5 NGC 3114	- 57 -
5.2.6 NGC 2660	- 60 -
5.2.7 ALESSI 5	- 63 -
5.2.8 ALESSI 20	- 66 -
5.2.9 BASEL 11A	- 69 -
6. Αποτελέσματα.....	- 71 -
7. Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία.....	- 72 -
8. Βιβλιογραφία	- 73 -
9. Παραρτήματα.....	- 77 -
9.1 Παράρτημα Α.....	- 77 -
9.1.1 Πίνακες δεδομένων ανά σμήνος.....	- 77 -
9.2 Παράρτημα Β.....	- 86 -
9.2.1 Αναφορά ESO – GAIA.....	- 86 -
9.2.2 POSTER 1.....	- 96 -
9.2.3 POSTER2.....	- 97 -

1. Εισαγωγή

1.1 Στόχος

Ο απώτερος σκοπός της εργασίας αυτής είναι μέσα από μία φωτομετρική ανάλυση κατάλληλα επιλεγμένων ανοιχτών σμηνών από το Γαλαξία μας, να προσδιοριστεί η έκταση τους υπολογίζοντας προσεγγιστικά την ακτίνα τους με την βοήθεια διαγραμμάτων που περιέχουν την πυκνότητα άστρων σε σχέση με την ακτίνα του σμήνους και την εκτίμηση των ηλικιών τους με την βοήθεια των ισόχρονων. Η ανάγκη αυτή προκύπτει λόγω της ελλιπούς μελέτης των συγκεκριμένων ανοιχτών σμηνών στο Γαλαξία μας και της περιορισμένης βιβλιογραφίας που υπάρχει για αυτά. Με την φωτομετρική μελέτη που θα διενεργηθεί στο κοντινό υπέρυθρο, θα προσδιοριστούν η έκταση, η απόσταση και η ηλικία των σμηνών αυτών. Τα σμήνη αυτά μεταξύ άλλων θα παρατηρηθούν από τον δορυφόρο GAIA. Είναι σημαντικός λοιπόν ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τους ώστε μαζί με τα αποτελέσματα από την GAIA (ακριβείς αποστάσεις, ίδιες ταχύτητες και ακτινικές ταχύτητες) να μπορέσουμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τον πληθυσμό των ανοικτών σμηνών και την εξέλιξη του δίσκου του Γαλαξία μας. Ένα άλλο κομμάτι της εργασίας εστιάζει στο να προτείνει σμήνη που πιθανότατα να φιλοξενούν αστέρια άνθρακα μέσα στα όρια τους, με σκοπό να παρατηρηθούν με το πρόγραμμα ESO – GAIA.

1.2 Πρόγραμμα ESO – GAIA

Μερικά από τα σημαντικότερα ερωτήματα στην σύγχρονη αστροφυσική, αφορούν στην δημιουργία και στην εξέλιξη των γαλαξιών και των άστρων τους. Συνεπώς πολλές επιστημονικές αποστολές στοχεύουν να δώσουν απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά. Ένα τέτοιο πρόγραμμα το οποίο βρίσκεται σε εξέλιξη είναι το ESO – GAIA, που χρησιμοποιεί τις δυνατότητες ενός δορυφόρου, της GAIA και ενός επίγειου τηλεσκοπίου, του VLT για να δώσει απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα προς την κατεύθυνση αυτή. Κατά την διάρκεια του προγράμματος θα παρατηρηθούν γύρω στα 10^5 άστρα χρησιμοποιώντας και φασματοσκοπικές αλλά και φωτομετρικές μεθόδους, που σε συνδυασμό μεταξύ τους μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ χρήσιμα συμπεράσματα για την επιστήμη.

Όπως οι αρχαιολόγοι για να εξάγουν συμπεράσματα για το παρελθόν, μελετούν τα απομεινάρια των πολιτισμών, έτσι κι ένας αστροφυσικός για να έχει μια εικόνα του παρελθόντος και της εξέλιξης του Γαλαξία, μελετά τα συστατικά του που δεν είναι τίποτα άλλο από τα άστρα που καταγράφουν όλες αυτές τις πληροφορίες στην σύστασή τους, στην ηλικία τους και στην κίνηση τους. Για παράδειγμα τα αστρικά σμήνη είναι ένα στιγμιότυπο της αστρικής εξέλιξης, άρα μελετώντας αστρικά σμήνη διαφορετικών ηλικιών και χημικών συνθέσεων μπορούμε να καταλάβουμε την αστρική εξέλιξη και κατ' επέκταση κάποιων συνιστωσών του Γαλαξία μας που συνδέονται άμεσα μ' αυτά όπως είναι ο λεπτός δίσκος.

Το μέγεθος της πρόκλησης αυτής για την χαρτογράφηση των χημικών συστάσεων και της κινηματικής διαφορετικών αστρικών πληθυσμών, είναι τεράστιο και απαιτεί μία επισκόπηση του ουρανού σε ένα δείγμα άστρων της τάξης των εκατό χιλιάδων περίπου.

Το πρόγραμμα ESO-GAIA έχει αναλάβει την αποστολή αυτή και είναι η πρώτη φορά που θα καταγραφούν ακριβείς πληροφορίες ως προς την χημική σύσταση (για πάνω από 20 χημικά στοιχεία σε κάθε άστρο) την ακριβή θέση και χωρική κίνηση για ένα τόσο μεγάλο πληθυσμό άστρων που ανήκουν είτε σε σμήνη είτε είναι άστρα πεδίου.

- Τα βασικότερα πεδία στα οποία το πρόγραμμα αυτό θα δώσει τεράστια ώθηση είναι τα εξής:
- α)** δημιουργία και δυναμική των ανοιχτών σμηνών
 - β)** αστρική εξέλιξη
 - γ)** δομή και υποδομές στην Άλω, Σκοτεινή ύλη
 - δ)** φύση του κεντρικού τμήματος του Γαλαξία
 - ε)** μελέτη του παχύ δίσκου
 - στ)** μελέτη του λεπτού δίσκου και της γειτονιάς του Ήλιου.

Η μεγάλη σημασία του συγκεκριμένου προγράμματος, έγκειται στο γεγονός ότι συνδυάζει τις δυνατότητες παρατήρησης του δορυφόρου GAIA που εκτοξεύτηκε τον Δεκέμβριο του 2013 και θα πραγματοποιήσει φωτομετρικές και αστρομετρικές παρατηρήσεις και του επίγειου τηλεσκοπίου VLT που θα κάνει κυρίως φασματοσκοπικές μετρήσεις. Η σημασία του καθενός από αυτά είναι τεράστια συνεπώς τα οφέλη τους αν συνδυαστούν για κοινό σκοπό θα είναι πολλαπλάσια.

Το τηλεσκόπιο VLT (εικόνα 1.1)



εικόνα 1.1 : VLT (eso.org)

είναι συνδυασμός τεσσάρων κύριων τηλεσκοπίων (διαμέτρου 8.2m το καθένα) τα οποία όταν λειτουργούν ως συμβολόμετρο σε συνδυασμό με 4 βοηθητικά τηλεσκόπια (διαμέτρου 1.8m το καθένα), ισοδυναμούν με ένα τηλεσκόπιο ανοίγματος 16 m. Είναι εγκατεστημένα στη Χιλή στο παρατηρητήριο La Silla του όρους Cerro Paranal και έχουν δυνατότητα παρατηρήσεων και στο ορατό αλλά και στο κοντινό υπέρυθρο.

Για τις ανάγκες του προγράμματος ESO – GAIA χρησιμοποιείται ένας φασματογράφος μεσαίας και υψηλής ανάλυσης, που ονομάζεται FLAMES (Fibre Large Array Multi Element Spectograph) και μπορεί να κάνει παρατηρήσεις σε ένα πεδίο διαμέτρου 25 arcmin. Αποτελείται από δύο διαφορετικούς φασματογράφους που καλύπτουν όλο το φάσμα στην ορατή περιοχή. Οι φασματογράφοι ονομάζονται Giraffe και UVES. Ο πρώτος επιτρέπει παρατηρήσεις σε 130 στόχους κάθε φορά με μεσαία ανάλυση , ενώ ο δεύτερος παρατηρεί μόνο 8 στόχους κάθε φορά σε υψηλή ανάλυση.

1.3 H – R διαγράμματα

Κανένα άλλο διάγραμμα της αστρονομίας και της αστροφυσικής δεν είναι ίσως τόσο ευρέως γνωστό όσο το διάγραμμα H-R. Και πώς να μην είναι άλλωστε, αφού απ' αυτό αντλούμε τόσες πολλές πληροφορίες, σχεδόν τα πάντα για την εξέλιξη και τη ζωή των άστρων. Το διάγραμμα αυτό μάλιστα, μετρά ήδη έναν αιώνα ύπαρξης, αφού επινοήθηκε από τους **Herzsprung και Russell** στις αρχές του εικοστού αιώνα. ^{[30][31]}

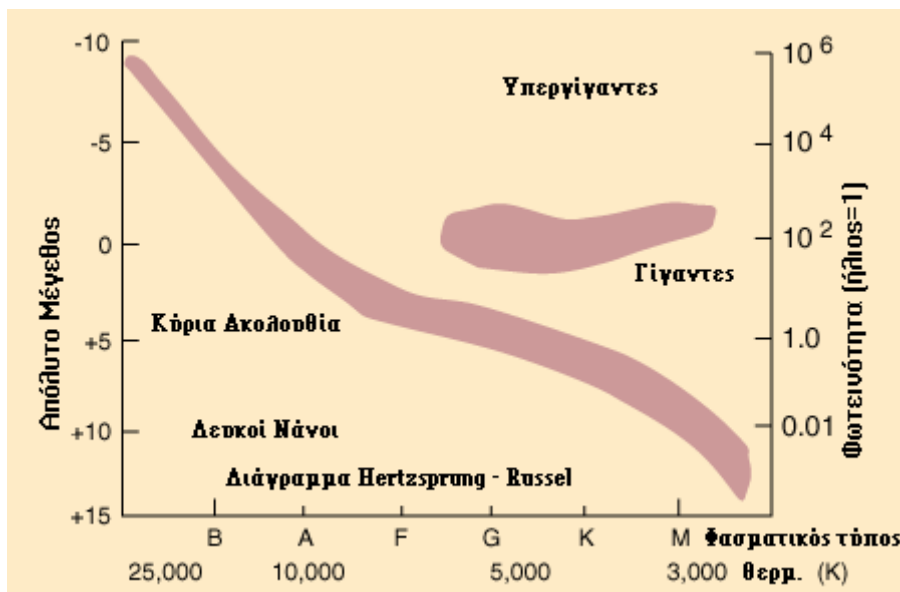
Αλλά τι είναι ακριβώς το διάγραμμα H-R, το οποίο είναι τόσο σημαντικό για την επιστήμη της αστροφυσικής;

Σε αυτό θα απαντήσουμε αμέσως τώρα. Με πολύ απλά λόγια είναι ένα διάγραμμα ορθογωνίων αξόνων, το οποίο παρουσιάζεται εάν συσχετίσουμε διάφορα φυσικά μεγέθη των αστερών.

Τα μεγέθη αυτά είναι συνήθως :

- α) **Ενεργός Θερμοκρασία** αστερών, στον άξονα των τετμημένων, ή
- β) **Φασματικός Τύπος** αστερών, ή
- γ) Δείκτης χρώματος **στον άξονα των τετμημένων και**
- δ) **Απόλυτο Οπτικό Μέγεθος** αστερών, στον άξονα των τεταγμένων, ή
- ε) **Φωτεινότητα** αστερών, στον άξονα των τεταγμένων.

Κλασσικό παράδειγμα του διαγράμματος H-R αποτελεί το διάγραμμα παρακάτω (εικόνα 1.2)



εικόνα 1. 2 : H-R διάγραμμα (astronomia.gr)

Είναι δυνατό να δει το διάγραμμα κάποιος σε διάφορες μορφές και συνδυασμούς δύο π.χ. από τα παραπάνω μεγέθη, όπως Απόλυτο Μέγεθος συναρτήσει του Φασματικού Τύπου, ή Απόλυτο Μέγεθος συναρτήσει της Ενεργού Θερμοκρασίας. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι δεν επιλέγουμε τυχαία τα συγκεκριμένα μεγέθη για το σκοπό μας, αλλά επειδή είναι θεμελιώδεις παράμετροι ενός άστρου και αλληλένδετοι μεταξύ τους. Είναι αυτοί που μας δίνουν τα βασικά και απαραίτητα στοιχεία για να μελετήσουμε ένα άστρο.

Αλλά ας πούμε μερικά βασικά πράγματα για τα μεγέθη τα οποία αναφέραμε παραπάνω. Πρώτον, η **Ενεργός Θερμοκρασία**, η οποία είναι ο παράγοντας που καθορίζει και το χρώμα ενός άστρου. Κυμαίνεται από περίπου 3000 K (ερυθρά άστρα) έως 25000 K περίπου (κυανά άστρα). Πρόκειται

συνήθως για την θερμοκρασία χρώματος την οποία υπολογίζουμε από το φάσμα του αστέρα που φτάνει στη Γη, μέσω του κβαντικού νόμου της μετατόπισης του Wien. Στη συνέχεια, ο **Φασματικός Τύπος**, ο οποίος αφορά την κατάταξη των αστερών σε 7 κύριες φασματικές ομάδες, τις O, B, A, F, G, K, M, κάθε μία απ' τις οποίες υποδιαιρείται σε 10 υποομάδες (π.χ. G0, G1, G2...G9). Ο διαχωρισμός σε αυτές τις 7 ομάδες έγινε εξαιτίας των διαφορών στα φάσματα που παρατηρούνται στα αστέρια και σχετίζονται με τη διαφορετική θερμοκρασία του καθενός. Όπως μπορούμε να δούμε και στο σχήμα, μεγαλύτερη θερμοκρασία (~25000 K) έχουν τα αστέρια τύπου O στα αριστερά και η θερμοκρασία μειώνεται συνεχώς πηγαίνοντας προς τα δεξιά (προς τον τύπο M). Το **Απόλυτο Οπτικό Μέγεθος** είναι ο αριθμός που εκφράζει τη φαινόμενη λαμπρότητα ενός αστέρα όταν βρίσκεται σε απόσταση 10 παρσέκ=32,6 έτη φωτός. Με αυτό το μέγεθος βρίσκουμε ποιο άστρο είναι πράγματι λαμπρότερο από κάποιο άλλο. Και τέλος, η **Φωτεινότητα** ορίζεται ως ο ρυθμός της εκλυόμενης ακτινοβολίας, σε όλα τα μήκη κύματος, από τη συνολική επιφάνεια του αστέρα.

Μπορούμε τώρα, μετά τη σύντομη ανασκόπηση της έννοιας των μεγεθών, να μιλήσουμε για τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το διάγραμμα H-R. Καταρχήν να τονίσουμε ότι το διάγραμμα προκύπτει συνήθως από τις παρατηρήσεις μεγάλου αριθμού αστερών. Τοποθετώντας λοιπόν τις παραπάνω παρατηρησιακές τιμές των προαναφερόμενων παραμέτρων, βλέπουμε ότι το διάγραμμα αποκαλύπτει **τρεις** σημαντικούς σχηματισμούς αστεριών (εικόνα 2). Οι περισσότεροι από τους αστέρες βρίσκονται πάνω σε μία στενή λωρίδα η οποία αρχίζει από την πάνω αριστερή γωνία του διαγράμματος (θερμοί και φωτεινοί κυανοί αστέρες), διασχίζει διαγώνια το διάγραμμα και τελειώνει στη κάτω δεξιά γωνία (ψυχροί και αμυδροί ερυθροί νάνοι αστέρες). Αυτή η ομάδα αστερών ονομάζεται **Κύρια Ακολουθία** και αποτελεί τη μεγάλη πλειοψηφία των παρατηρουμένων άστρων γύρω μας, καθότι περιλαμβάνει τα αστέρια που παράγουν την ενέργειά τους με τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο. Μια άλλη κατηγορία αποτελεί ο **Κλάδος των Γιγάντων** στα δεξιά της κύριας ακολουθίας, η οποία χαρακτηρίζει σχετικά ψυχρούς και πολύ φωτεινούς αστέρες, τους **γίγαντες αστέρες** και τους **υπεργίγαντες**, ο αριθμός των οποίων είναι κατά πολύ μικρότερος του αριθμού των αστερών της κύριας ακολουθίας. Τα άστρα της ομάδας που καταλαμβάνουν τη κάτω αριστερή γωνία του διαγράμματος ονομάζονται **Λευκοί Νάνοι**. Τα γνωστά μας αστρικά πτώματα στα οποία δεν εκτελούνται πια πυρηνικές συντήξεις και στα οποία καταλήγουν αστέρες με μάζα έως και 1,44 Ηλιακές Μάζες (Όριο Chandrasekhar). Είναι θερμοί και αμυδροί, ενώ αποτελούνται από ηλεκτρόνια. Ακόμα να αναφέρουμε ότι για τη κύρια ακολουθία μόνο, ισχύει ότι μεγαλύτερη φωτεινότητα έχουν οι αστέρες μεγάλης μάζας. Όσο δηλαδή αυξάνεται η μάζα, αυξάνεται και η φωτεινότητα. Υπάρχουν δύο ειδών διαγράμματα H-R:

1. Τα **παρατηρησιακά** H-R διαγράμματα, όπου τοποθετούνται τα παρατηρησιακά χαρακτηριστικά των άστρων όπως μεγέθη, δείκτες χρώματος, φασματικοί τύποι.
2. Τα **θεωρητικά** διαγράμματα H-R, όπου αποτυπώνουν τη θεωρητική εξέλιξη των αστερών σύμφωνα με τις τιμές των φυσικών τους χαρακτηριστικών (λαμπρότητα, ενεργός θερμοκρασία, επιφανειακή επιτάχυνση της βαρύτητας)

Έτσι, μπορεί κάθε αστέρι να αντιπροσωπευθεί από ένα σημείο στο διάγραμμα H-R, αλλά ταυτόχρονα ο κύκλος ζωής κάθε αστεριού μπορεί να αντιπροσωπευθεί από μία τροχιά. Δηλαδή, ένα αστέρι αρχίζει στα δεξιά ως ψυχρό, συστελλόμενο νέφος διαστρικού αερίου. Καθώς θερμαίνεται, θα κινηθεί αριστερά προς την κύρια ακολουθία. Όταν αρχίσουν οι πυρηνικές συντήξεις στο εσωτερικό του και αρχίσει το αστέρι να καίει το υδρογόνο του, «στέκεται» στην κύρια ακολουθία. Εκεί μένει σχεδόν εξ ολοκλήρου σε μια θέση έως να καταναλωθεί όλο το υδρογόνο του πυρήνα σε ήλιο. Ο Ήλιος για παράδειγμα, θα μείνει περίπου 10 δισεκατομμύρια χρόνια στην κύρια ακολουθία. Ήδη βρίσκεται εκεί για 4.5 δισεκατομμύρια χρόνια. Όταν το υδρογόνο του πυρήνα εξαντληθεί, ο ήλιος θα ψυχθεί και θα διογκωθεί, με πηγή ενέργειας την θερμοπυρηνική καύση υδρογόνου σε ένα κέλυφος γύρω από τον πυρήνα. Στη διάρκεια αυτής της φάσης ο Ήλιος μετακινείται κατά μήκος του κλάδου των ερυθρών γιγάντων προς το άνω δεξιό μέρος του διαγράμματος. Στο άνω άκρο του κλάδου των ερυθρών γιγάντων ξεκινά η θερμοπυρηνική καύση ηλίου στον πυρήνα του άστρου (helium flash), και το άστρο θα βρεθεί στον οριζόντιο κλάδο. Όταν καταναλωθεί το ήλιο στον πυρήνα, ακολουθεί μία περίοδος καύσης ηλίου και υδρογόνου σε δύο ομόκεντρα κελύφη γύρω από τον πυρήνα (ασυμπτωτικός κλάδος). Άστρα μάζας σαν του ήλιου δεν θα φθάσουν (μέσω βαρυτικής

κατάρευσης) σε αρκετά ψηλές θερμοκρασίες στον πυρήνα τους για να συνεχιστούν οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις, και θα καταλήξουν μετά από δραματική απώλεια των εξωτερικών στρωμάτων τους (πλανητικά νεφελώματα) σε ένα αστρικό υπόλειμμα, ένα λευκό νάνο, που θα βρίσκεται κάτω αριστερά στο διάγραμμα.

Συμπερασματικά, το διάγραμμα H-R έλυσε το πρόβλημα της ταξινόμησης των άστρων, διάταξε τα αστέρια τοποθετώντας τα σαν καθορισμένα σημεία στο διάγραμμα, και αναπαριστά τους κύκλους της ζωής τους, το παρελθόν αλλά το μέλλον των άστρων.

2. Γαλαξίας

Γυρνώντας αρκετά πίσω στο χρόνο αρχικά θα ήθελα να αναφερθώ συνοπτικά στις πρώτες αντιλήψεις που είχαν οι άνθρωποι για την εικόνα που αντίκριζαν κάθε βράδυ στον νυχτερινό ουρανό και τους έκανε να αναρωτιούνται να νιώθουν δέος ή ακόμα και να φοβούνται για αυτό που έβλεπαν και δεν μπορούσαν να εξηγήσουν.

Κάτι τόσο ανεξήγητο και αλλόκοτο, που στην πραγματικότητα δεν ήταν τίποτα άλλο από ένα μεγάλο “σπίτι” που φιλοξενεί τον Ήλιο την Γη και κατ’ επέκταση εμάς όλους που βρισκόμαστε εδώ τώρα και θέτουμε ερωτήματα γι’ αυτό που σήμερα ονομάζουμε Γαλαξία.

Όπως είναι φυσικό στον αρχαίο κόσμο, η πρώτη απόπειρα εξήγησης για κάτι που οι άνθρωποι δεν καταλάβαιναν γινόταν μέσα από την μυθολογία όπου η θεϊκή παρέμβαση έδινε απαντήσεις σε κάθε ερώτημα που προέκυπτε.

Οι αρχαίοι Έλληνες λοιπόν πίστευαν ότι ο Γαλαξίας δημιουργείται από τους καπνούς των θυσιών που προσφέρουν οι άνθρωποι στους θεούς του Ολύμπου.

Μια άλλη εκδοχή σύμφωνα με τον Ερατοσθένη λέει ότι ο θεός Ερμής εξαπάτησε την θεά Ήρα και την έπεισε να θηλάσει τον μικρό Ηρακλή, ο οποίος ήταν καρπός του παράνομου έρωτα του Δια με την θνητή Αλκμήνη. Όταν η Ήρα αντιλήφθηκε την απάτη απομάκρυνε βίαια τον Ηρακλή από το στήθος της με αποτέλεσμα το γάλα να χυθεί στον ουρανό και να σχηματίσει μια γραμμή στο υπόλευκο χρώμα του γάλακτος. Από εκεί ονομάστηκε γαλακτική οδός.

Άλλες αντιλήψεις των αρχαίων Ελλήνων ήταν ότι ο Γαλαξίας είναι η αντανάκλαση του ηλιακού φωτός στον ουρανό όπως υποστήριζε ο Αναξαγόρας, επίσης ο Πλούταρχος έλεγε ότι είναι η σκιά της Γης όταν ο ήλιος κατεβαίνει κάτω από τον ορίζοντα. Οι Πυθαγόρειοι τον ονόμαζαν “οδό των ψυχών”, ενώ οι λατίνοι Πίνδαρος και Οβίδιος τον αποκαλούσαν “λιπαράν οδόν” και “δρόμο που οδηγεί στο Δια και την αθανασία” αντίστοιχα.

Αρχικά ο Πυθαγόρας και έπειτα ο Δημόκριτος γύρω στα 460 π.Χ. αναφέρθηκαν στον Γαλαξία με την εξής φράση «Γαλαξίας εστί πολλών και μικρών και συνεχών αστέρων, συμφωτιζομένων αλλήλοις, συνανασμός δια την πύκνωσιν» η οποία είναι η πρώτη αναφορά και μάλιστα χωρίς την βοήθεια οργάνων ότι αποτελείται από άστρα που βρίσκονται σε σχηματισμούς.

Αναφορές υπάρχουν επίσης και στις μυθολογίες άλλων λαών όπως για παράδειγμα στη Φιλανδική μυθολογία ο γαλαξίας μας ονομαζόταν Λινουνράτα (μονοπάτι των πουλιών). Οι Φιλανδοί παρατήρησαν ότι τα αποδημητικά πουλιά χρησιμοποιούσαν τον Γαλαξία ως οδηγό για να ταξιδέψουν νότια, όπου πίστευαν ότι βρίσκεται το Λιντουκότο (το σπίτι των πουλιών). Αρκετά αργότερα οι επιστήμονες επιβεβαίωσαν την παρατήρηση των Φιλανδών. Τα αποδημητικά πουλιά έχουν τον Γαλαξία ως οδηγό για να ταξιδεύουν στα θερμότερα κλίματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ακόμα και σήμερα ο Γαλαξίας λέγεται Λινουνράτα στη φιλανδική γλώσσα.

Στα Σουηδικά, ο Γαλαξίας είναι γνωστός ως *Βιντεργκάταν* (οδός του χειμώνα), για προφανείς λόγους: είναι περισσότερο ορατός τον χειμώνα στη Σκανδιναβία.

Στην αρχαία Αρμενική μυθολογία ο Γαλαξίας ονομαζόταν «Η Οδός του Κλέφτη Άχυρων» (Զարի գրի ճւնիւլիւրի), συνδέοντας τον με έναν από τους θεούς, που έκλεψε άχυρο και κατά την προσπάθειά του να ξεφύγει από τους ουρανό με ένα ξύλινο άρμα, έπεσε κάποιο από το άχυρο στο δρόμο. Αυτή η ονομασία διαδόθηκε από τους Άραβες.

Η «Ακασάγκανγκα» είναι το ινδικό όνομα για τον Γαλαξία μας, που σημαίνει ο Γάγγης τ’ ουρανού^[4],

Kshira Sagar (क्षीर, ωκεανός γάλακτος) είναι ένα διαφορετικό όνομα για τον Γαλαξία στα Ινδικά κείμενα.

Πολύ αργότερα ο Γαλιλαίος το 1610 στην εργασία του Sidereus nuncius (Αστρικός Αγγελιαφόρος) αναφέρει ότι ο Γαλαξίας αποτελείται από “μια μάζα αναρίθμητων αστέρων εβρισκομένων πλησίον αλλήλων κατά σμήνη”



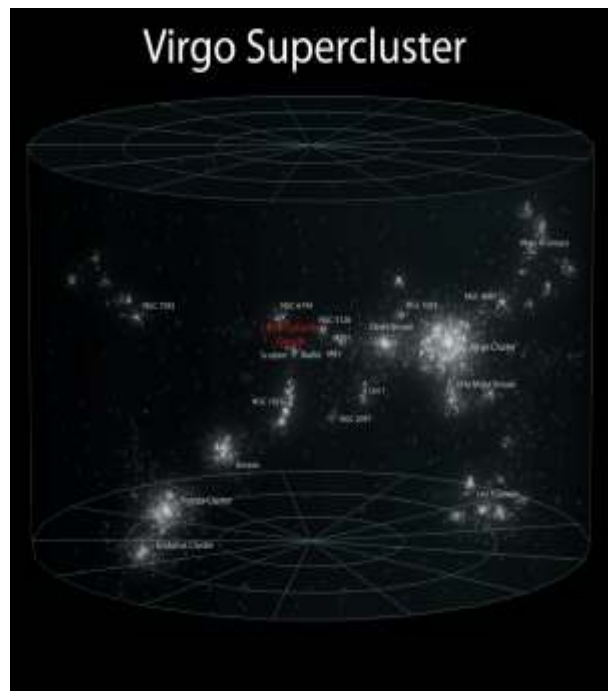
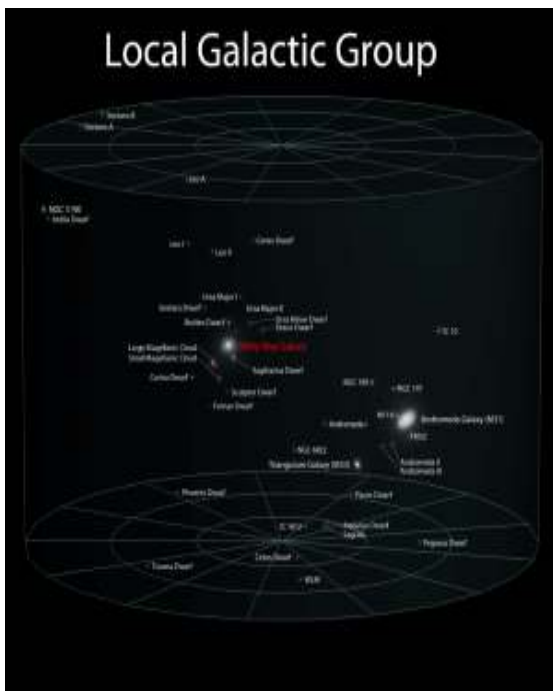
εικόνα 2.1 : πανοραμική άποψη του Γαλαξία (digitalskyllc.com)

Με τον όρο Γαλαξίας ή Γαλακτική οδός (Milky Way) αναφερόμαστε στον γαλαξία στον οποίο ανήκει η Γη και το Ηλιακό μας σύστημα. Το όνομα του προέρχεται από την εικόνα που παρουσιάζει στον νυχτερινό ουρανό σαν μια λαμπρή γαλακτόχρωμη ζώνη που τον διασχίζει από το ένα άκρο στο άλλο, μέσα στην οποία δεν μπορούμε να διακρίνουμε μεμονομένα άστρα με γυμνό μάτι.

Ο όρος Milky Way προέρχεται από την μετάφραση της λατινικής λέξης via lactea που στα ελληνικά σημαίνει γαλακτική οδός.^{[1][2]}

Σήμερα γνωρίζουμε ότι ο Γαλαξίας μας είναι ένας σπειροειδής γαλαξίας ^[3] διαμέτρου 100.000 έως 120.000 ετών φωτός που περιέχει 100 – 400 δισεκατομμύρια αστέρια. Το ηλιακό μας σύστημα τοποθετείται πάνω στον δίσκο του Γαλαξία περίπου στα 27.000 έτη φωτός από το κέντρο του, στο εσωτερικό άκρο ενός σπειροειδή σχηματισμού αποτελούμενου από σκόνη και αέριο με την ονομασία Oriion – Cygnus Arm. Το κεντρικό κομμάτι του Γαλαξία αποτελείται από μία ισχυρή πηγή ραδιοκυμάτων με την ονομασία Sagittarius A*, που συνδέεται με μία υπερμαζική μαύρη τρύπα (βλ. επόμενη παράγραφο).

Ο Γαλαξίας μας και ο Γαλαξίας της Ανδρομέδας αποτελούν τα μεγαλύτερα σε μάζα μέλη της Τοπικής Ομάδας, μιας ομάδας τουλάχιστον 35 βαρυτικά συνδεδεμένων γαλαξιών. Όλοι τους περιφέρονται γύρω από ένα βαρυτικό κέντρο που βρίσκεται ανάμεσα στον Γαλαξία μας και στον Γαλαξία της Ανδρομέδας. Η Τοπική Ομάδα αποτελεί μέρος του Υπερσμήγος της Παρθένου.



εικόνα 2.2 και 2.3 : Η τοπική ομάδα και το υπερσμήγος της Παρθένου (Andrew Z. Colvin)

2.1 Η δομή του Γαλαξία

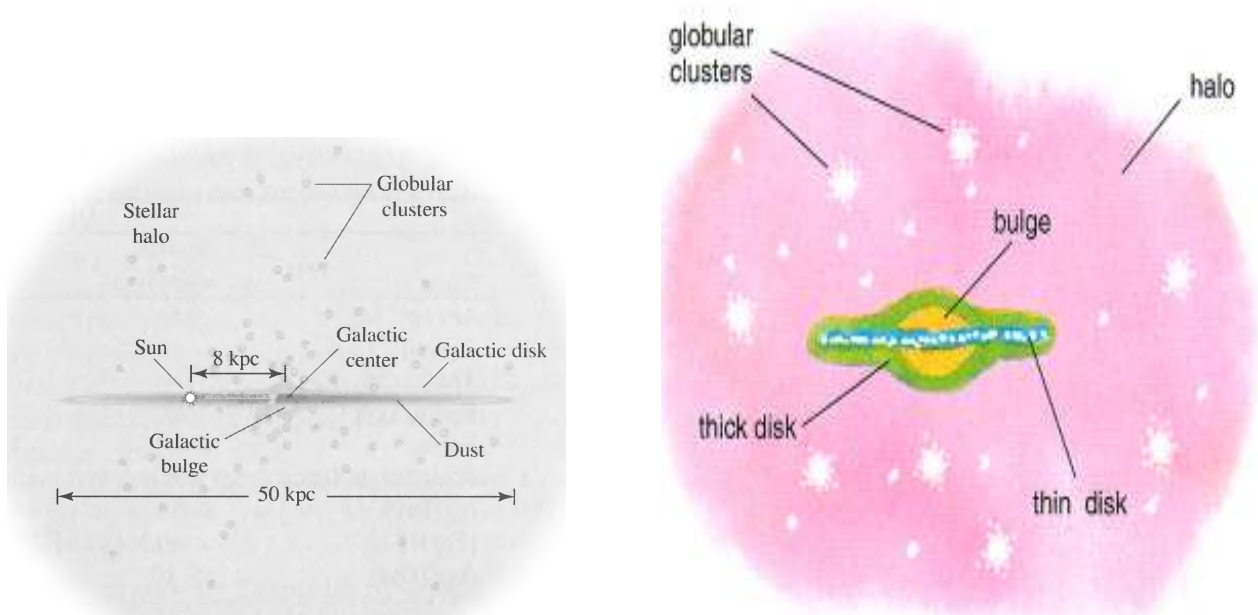
Πολλές φορές στην επιστήμη, για την μελέτη ενός πολύπλοκου συστήματος απαιτείται ο διαχωρισμός του σε απλούστερες δομές, για παράδειγμα στην ιατρική το ανθρώπινο σώμα για να μελετηθεί διεξοδικά χωρίζεται σε απλούστερα όργανα όπως είναι η καρδιά και ο εγκέφαλος.

Αντίστοιχα και στην αστροφυσική για την μελέτη του Γαλαξία που αναμφισβήτητα έχει μία αρκετά πολύπλοκη δομή είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός σε ξεχωριστά κομμάτια, τα οποία αποτελούν και τα βασικά μέρη του Γαλαξία.

Ο Γαλαξίας μας σύμφωνα με την ταξινόμηση του Hubble θεωρείται ένας ραβδωτός σπειροειδής γαλαξίας (barred spiral galaxy) και όχι απλά σπειροειδής όπως θεωρούταν μέχρι να έρθουν οι μετρήσεις από το Spitzer Space Telescope που έδειξαν ότι το κεντρικό εξόγκωμα (bulge) εμφανίζει κυλινδρική περιστροφή^[60], άρα πρόκειται για ράβδο και όχι για σφαιροειδές. Επιπλέον βρέθηκε μεγαλύτερη από ότι αναμενόταν.^[8]

Σε μια πρώτη προσέγγιση μπορούμε να διαχωρίσουμε τον Γαλαξία σε μια κεντρική περιοχή-εξόγκωμα (central bulge) και στον σπειροειδή δίσκο (spiral disk). Ο σπειροειδής δίσκος του Γαλαξία μπορεί να χωριστεί στον λεπτό δίσκο (thin disk) ο οποίος εκτείνεται σε απόσταση 1000 ετών φωτός, πάνω και κάτω από το γαλαξιακό επίπεδο και περιέχει το 95% των άστρων του δίσκου και όλα τα νεαρά άστρα και στον παχύ δίσκο (thick disk) ο οποίος εκτείνεται για 3500 έτη φωτός σε κάθε πλευρά του επιπέδου και περιέχει τα υπόλοιπα άστρα του δίσκου τα οποία έχουν δημιουργηθεί νωρίτερα στην ιστορία του Γαλαξία και είναι φτωχότερα σε βαριά στοιχεία^[6]. Η γενικότερη εικόνα του δίσκου του Γαλαξία μας μπορεί να θεωρηθεί επίπεδη γιατί το μήκος του από την μία άκρη ως την άλλη είναι περίπου 120.000 έτη φωτός (50 kpc)^[7], με τον Ήλιο μας να τοποθετείται στα 28.000 έτη φωτός από τα κέντρο του(8 kpc)^[7]

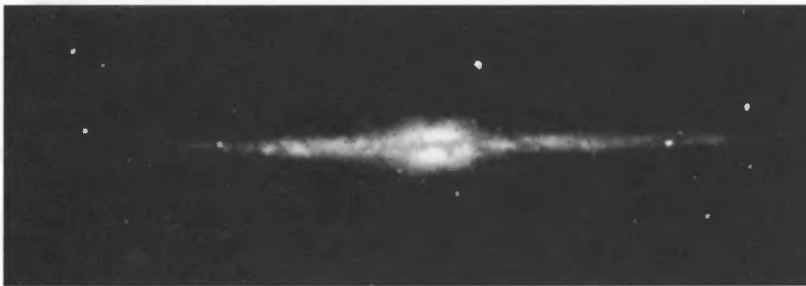
Μια άλλη συνιστώσα του Γαλαξία είναι η άλως (spherical halo) η οποία περιβάλλει σαν μια μεγάλη σφαίρα ολόκληρο το δίσκο και την κεντρική περιοχή. Η άλως στο μεγαλύτερο κομμάτι της αποτελείται από σκοτεινή ύλη (dark matter), ένα υλικό αγνώστου σύνθεσης που δεν είναι ορατό στα οπτικά μήκη κύματος παρά μόνο γίνεται αντιληπτή από την βαρυτική αλληλεπίδραση που έχει με την μάζα που υπάρχει γύρω από αυτή. Η άλως επίσης έχει και μια αστρική συνιστώσα, αστρική άλως, (stellar halo) η οποία περιλαμβάνει τα λεγόμενα σφαιρωτά σμήνη (globular clusters), αλλά και μεμονωμένα άστρα μεγάλης ηλικίας και με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα. Γύρω στα 200 σφαιρωτά σμήνη είναι γνωστά και φαίνεται να αποτελούν τα μεγαλύτερα σε ηλικία αντικείμενα του Γαλαξία.^[5]



εικόνα 2.4 , 2.5: βασικά μέρη του Γαλαξία (Christina Chiappini , “ the formation and evolution of the milky way”)

i) Κεντρική περιοχή του γαλαξία (the galactic bulge)

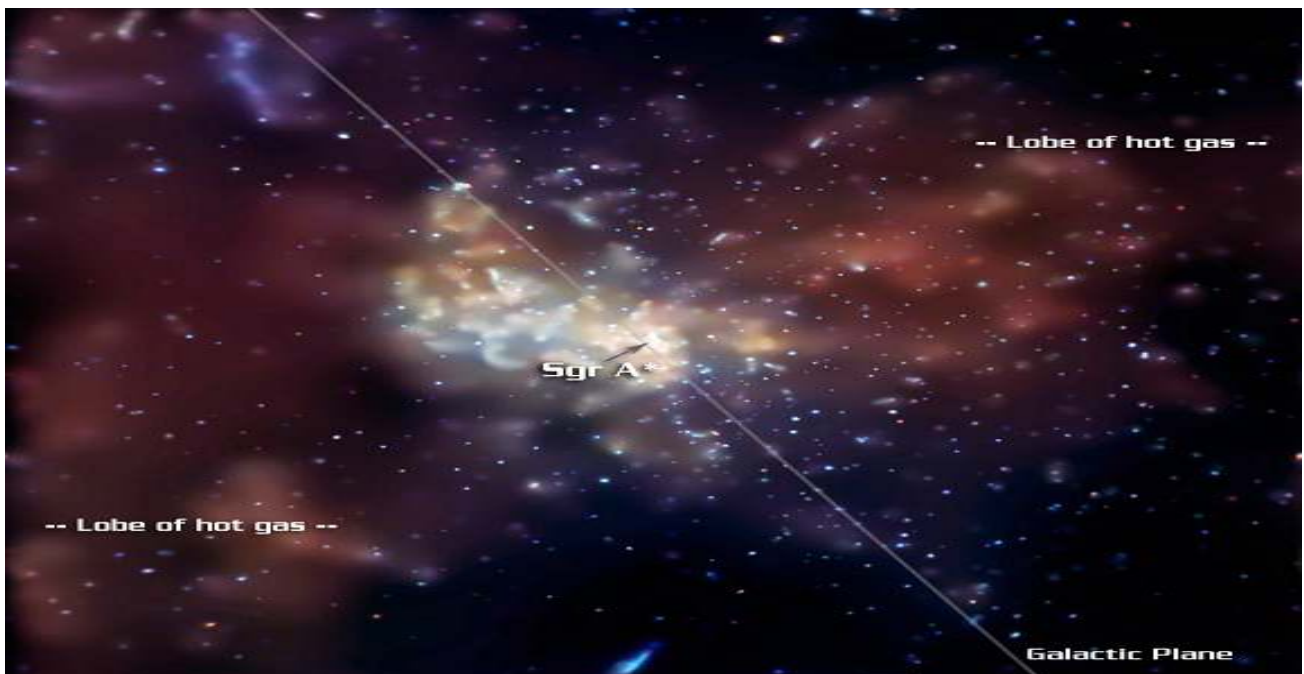
Το πάχος του Γαλαξιακού δίσκου στην περιοχή του Ήλιου μας είναι περίπου 350 pc^[7] καθώς όμως πλησιάζουμε προς το κέντρο η έκταση του αυξάνεται και εκεί δημιουργείται μια εσωτερική περιοχή ακτίνας περίπου 10.000 ετών φωτός, όπου υπάρχει μια πυκνή συγκέντρωση αστερών, μεγάλων σε ηλικία, τα οποία σχηματίζουν μια περίπου σφαιρική κατανομή γνωστή και ως bulge.^{[9][7]} Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι έχει προταθεί πως η κεντρική περιοχή του γαλαξία δεν σχηματίστηκε κατόπιν σύγκρουσης μεταξύ γαλαξιών στο παρελθόν αλλά έχει σχηματιστεί από την κεντρική ράβδο του Γαλαξία για το λόγο αυτό αναφέρεται ως pseudobulge.^[10] Το bulge δεν είναι μία συνέχεια του δίσκου αλλά ένα ξεχωριστό κομμάτι του Γαλαξία με μάζα περίπου 10^{10} μάζες Ηλίου, και με διαφορετική κινηματική από τον δίσκο^[7]. Στην παρακάτω (εικόνα 2.6) φαίνεται μία απεικόνιση της κεντρικής περιοχής όπως παρατηρήθηκε από τον δορυφόρο COBE (COsmic Background Explorer Satellite) στην υπέρυθρη περιοχή σε μήκη κύματος 1.2 , 2.2 και 3.4 μm .



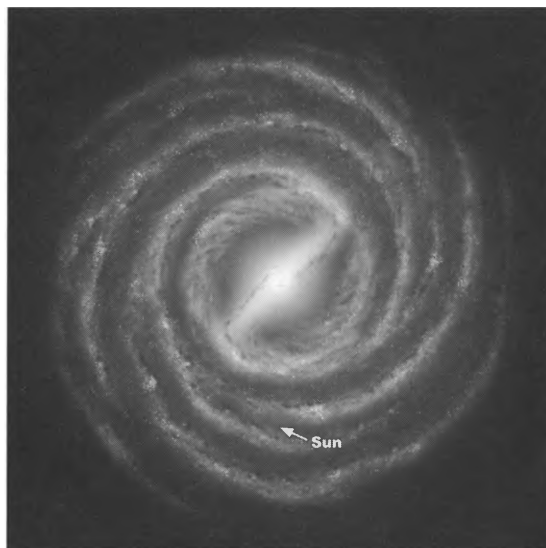
εικόνα 2.6 : κεντρική περιοχή του Γαλαξία στο υπέρυθρο (Carroll & Ostlie , “An introduction to modern Astrophysics”)

Ένας αριθμός παρατηρήσεων και μελετών έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το bulge αποτελείται στην πραγματικότητα από μία ξεκάθαρη ράβδο (bar) (εικόνα 10). Η μελέτη παρατηρήσεων 30 εκατομμυρίων πηγών υπέρυθρου από την εσωτερική περιοχή του Γαλαξία από το πρόγραμμα GLIMPSE (Galactic Legacy Mid-Plane Survey Extraordinaire) του διαστημικού τηλεσκοπίου Spitzer έδειξαν ότι το bulge είναι πιο διαφανές στα υπέρυθρα από ότι στα ορατά μήκη κύματος. Η ράβδος έχει μία ακτίνα από το κέντρο του Γαλαξία γύρω στα 4.4 ± 0.5 Kpc και προσανατολίζεται σε μία γωνία $\phi = 44^\circ \pm 10^\circ$ σε σχέση με την γραμμή που ενώνει τον Ήλιο με το Γαλαξιακό κέντρο.^[7,14] Φαίνεται ότι είναι λεπτότερη στο επίπεδο του Γαλαξία από ότι στον κατακόρυφο άξονα z. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ράβδος του Γαλαξία φαίνεται να είναι αποτέλεσμα δύο ξεχωριστών ραβδών που η μία φιλοξενείται μέσα στην άλλη^[15]. Η ράβδος μάλλον περιβάλλεται από ένα δαχτυλίδι που ονομάζεται “ 5 Kpc Ring” και περιέχει ένα μεγάλο ποσοστό του μοριακού Υδρογόνου που υπάρχει στο Γαλαξία και κατά συνέπεια εκεί λαμβάνει χώρα και το μεγαλύτερο μέρος της αστρογέννησης. Οι ράβδοι αποτελούν κοινό χαρακτηριστικό πολλών Γαλαξιών και είναι δομές που θεωρούνται δυναμικά σταθερές. Αν είχαμε την δυνατότητα να δούμε τον Γαλαξία μας από την Ανδρομέδα πιθανότατα η συγκεκριμένη περιοχή του δαχτυλιδιού θα ήταν το λαμπρότερο κομμάτι του Γαλαξία.^[16]

Στο Γαλαξιακό κέντρο υπάρχει μια έντονη πηγή ραδιοκυμάτων που ονομάζεται Sagittarius A*, ενώ από την κίνηση του υλικού γύρω από την περιοχή αυτή είναι προφανές ότι εκεί φιλοξενείται ένα συμπαγές σώμα πολύ μεγάλης μάζας, που εικάζεται ότι είναι μια υπερμεγέθης μαύρη τρύπα.^[11,12,13] Στην εικόνα 2.7 φαίνεται μια φωτογραφία της περιοχής αυτής όπως έχει αποτυπωθεί από το διαστημικό τηλεσκόπιο ακτίνων X (Chandra X-ray observatory). Η φωτογραφία έχει πολύ μεγάλο χρόνο έκθεσης και έχουν αποτυπωθεί χιλιάδες άλλες πηγές ακτίνων X στο ίδιο πεδίο , ενώ από την υπερμεγέθη κεντρική περιοχή φαίνεται να εκτινάσσονται πίδακες καυτού αερίου (lobe of hot gas) που η ταχύτητα ανόδου και πτώσης τους δείχνει ότι δημιουργούνται στην περιοχή του ορίζοντα γεγονότων ή (περιοχή χωρίς επιστροφή) γύρω από την μαύρη τρύπα.



εικόνα 2.7 : μαύρη τρύπα στο κέντρο του Γαλαξία, Sagittarius A* ή Sgr A* (Chandra X-ray observatory)



εικόνα 2.8: καλλιτεχνική απεικόνιση της κεντρικής ράβδου (Carroll & Ostlie , “An introduction to modern Astrophysics”)

ii) Η δομή του λεπτού και του παχέως δίσκου (the structure of thin and thick disk)

Ο δίσκος στην πραγματικότητα αποτελείται κυρίως από δύο συνιστώσες, τον **λεπτό** και τον **παχύ** δίσκο. Ο λεπτός δίσκος περιέχει τα νεαρότερα Άστρα του γαλαξία, σκόνη και αέριο και έχει πάχος περίπου

$z_{\text{thin}} = 350$ pc, στον δίσκο αυτό γίνεται το κυρίως κομμάτι της αστρογέννησης.

Ο παχύς δίσκος αποτελείται από μεγαλύτερους σε ηλικία αστρικούς πληθυσμούς και το πάχος του εκτιμάται στα $z_{\text{thick}} = 1000$ pc. Στο Γαλαξιακό επίπεδο ο αριθμός των άστρων στον παχύ δίσκο είναι περίπου το 8,5% των άστρων που υπάρχουν αντίστοιχα στον λεπτό δίσκο.

Το υλικό του δίσκου είναι κατανομημένο σε σπειροειδείς βραχίονες (spiral arms), ή σπείρες.

Παρατηρώντας το δίσκο του Γαλαξία οι αστρονόμοι, με πρώτη αναφορά στην σπειροειδή δομή του από τον Alexander S. (1852)^[18], έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι αποτελείται από 4 κύριους βραχίονες με μορφή λογαριθμικής σπείρας^[17], οι οποίοι τον κάνουν να μοιάζει με πτέρυγα “ανεμόμυλου”.

Όπως παρατηρείται από την κατανομή του υδρογόνου και των μοριακών νεφών οι σπειροειδείς βραχίονες εμφανίζουν μεγαλύτερη πυκνότητα διαστρικού αερίου και σκόνης το οποίο σημαίνει ότι είναι και οι κυριότερες περιοχές αστρογένεσης. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι αν παρατηρήσουμε κοντινούς σε μας γαλαξίες που έχουν παρόμοια δομή με τον δικό μας (π.χ. Ανδρομέδα), διαπιστώνουμε ότι σε παρατηρήσεις που γίνονται σε μήκη κύματος κοντά στο μπλέ, οι οποίες μας δείχνουν τις περιοχές που υπάρχουν λαμπρά και νεαρά άστρα που βρίσκονται στην κύρια ακολουθία, η σπειροειδής δομή είναι έντονη. Αντίθετα με παρατηρήσεις κοντά στην ερυθρή περιοχή του ορατού φάσματος εκεί δηλαδή που φαίνονται εντονότερα τα μεγαλύτερα σε ηλικία άστρα η σπειροειδής δομή δεν είναι ξεκάθαρη. Αυτό μας δείχνει ότι οι διεργασίες αστρογένεσης συμβαίνουν κατά κύριο λόγο στις σπείρες ενώ τα μεγαλύτερα σε ηλικία άστρα έχουν μετακινηθεί από αυτές και εμφανίζονται σε άλλες περιοχές.

Οι βραχίονες αυτοί ξεκινούν από το κέντρο του Γαλαξία και έχουν την μορφή λογαριθμικής σπείρας με γωνία κλίσης που κυμαίνεται από 7° έως 25°. ^[19] Οι ονομασίες τους προέρχονται από τους αστερισμούς στους οποίους παρατηρούνται και οι βασικότεροι είναι αυτοί που παρουσιάζονται παρακάτω. (εικόνα 2.9)

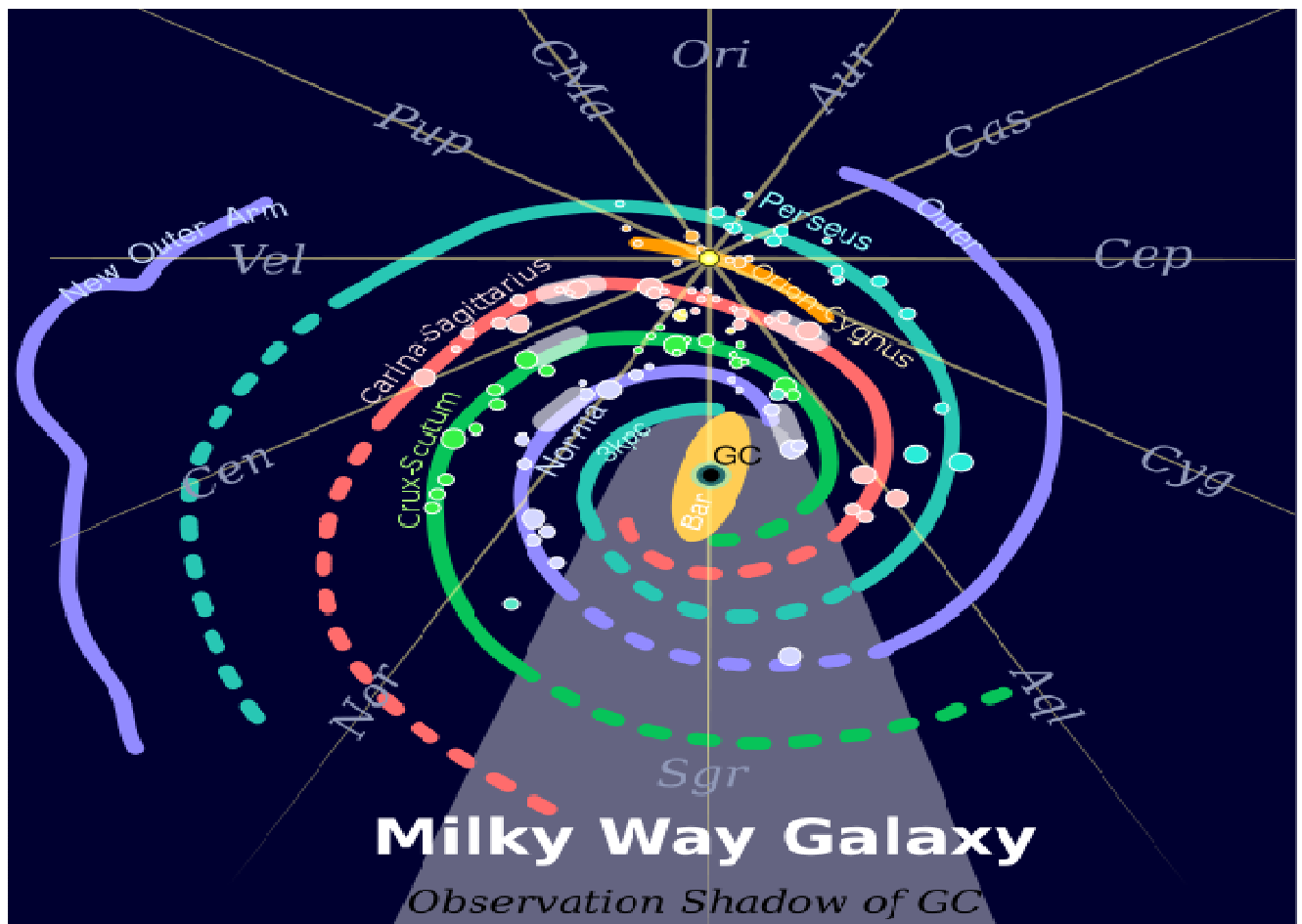
α) **3 – Kpc arm και Perseus Arm**

β) **Norma και Outer Arm** (με μία προέκταση που ανακαλύφθηκε το 2004^[20])

γ) **Scutum – Cenaturus Arm**

δ) **Carina – Sagittarius Arm**

ε) **Orion – Cygnus Arm** (ο οποίος περιέχει τον ήλιο με το ηλιακό σύστημα)



εικόνα 2.9 : οι βραχίονες του Γαλαξία (wikipedia “Milky Way”)

Αυτό που έχει απασχολήσει αρκετά τους αστρονόμους κατά καιρούς, είναι ο τρόπος που κατανέμονται τα άστρα στους βραχίονες. Οι τελευταίες ανακαλύψεις δείχνουν ότι η κατανομή των νεαρών άστρων και η διαδικασία αστρογέννησης ταιριάζει στους 4 βασικούς βραχίονες, έτσι τελικά έχουμε 2 σπειροειδής βραχίονες που περιέχουν μεγάλα σε ηλικία άστρα και 4 σπειροειδής βραχίονες όπου παρατηρούνται νεαρά άστρα και αέριο.^[21,22]

Τέλος έξω από τους μεγάλους Γαλαξιακούς βραχίονες υπάρχει ο Εξώτερος Δακτύλιος ή Δακτύλιος του Μονόκερω που αποτελείται από αέριο και άστρα που αποκόπηκαν από κοντινούς γαλαξίες πριν από δισεκατομμύρια χρόνια.

Παρακάτω γίνεται μια αναλυτικότερη παρουσίαση των βραχιόνων ξεχωριστά.

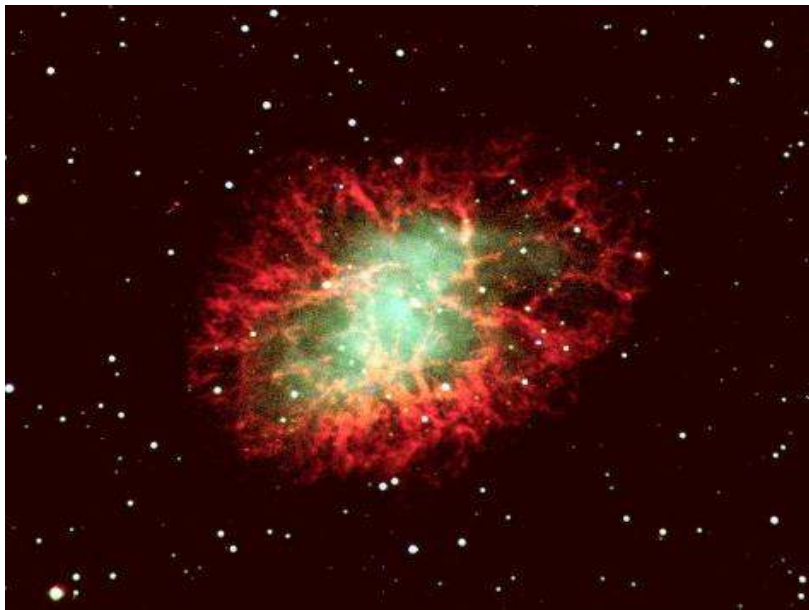
α) **3 – Kpc arm και Perseus Arm**

Στις εσωτερικές περιοχές του Γαλαξία υπάρχει ένας σχηματισμός, που παρατηρείται ευκολότερα στο μήκος κύματος εκπομπής του υδρογόνου (21 cm) , και κινείται προς τα εμάς με ταχύτητα 50 Km/s, ο οποίος ονομάζεται **3 – Kpc expanding Arm**. Στο παρελθόν πίστευαν ότι είναι αποτέλεσμα μίας γιγαντιαίας έκρηξης στο κέντρο του Γαλαξία, αλλά σήμερα πιστεύουμε ότι είναι αποτέλεσμα της παρουσίας της κεντρικής ράβδου του Γαλαξία, η οποία λόγω της βαρυτικής περιδίνησης που προκαλεί εξαναγκάζει το αέριο να κινείται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από το κέντρο του Γαλαξία.

Ο βραχίονας του Περσέα, (**Perseus Arm**) είναι ένας από τους δύο κυριότερους βραχίονες του Γαλαξία. Βρίσκεται ανάμεσα στους βραχίονες Cygnus και Carina – Sagittarius και έχει ακτίνα περίπου 10,7 Kpc.^[17] Απέχει από τον Ήλιο 6.400 έτη φωτός και όχι 13.000 όπως πίστευαν παλιότερα.^[23] Έχει πάρει το όνομα του από τον αστερισμό του Περσέα.

Μερικά αστρονομικά αντικείμενα που βρίσκονται στον συγκεκριμένο βραχίονα είναι τα εξής:

- The Crab Nebula (M1)



εικόνα 2.10 : the Crab Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)

και τα ανοιχτά σμήνη

- (M36 , M37 , M38 , M52 , M103)

όπως ταξινομούνται στον κατάλογο Messier.

β) Norma και Outer Arm

Είναι ένας από τους μικρότερους βραχίονες του Γαλαξία που οφείλει το όνομα του στον αστερισμό Norma. Βρίσκεται κοντά στο Γαλαξιακό κέντρο και εκτείνεται προς τα έξω προς την περιοχή του Cygnus Arm και πιο μακριά στον Outer Arm. Η ακτίνα του υπολογίζεται στα $15,5 \pm 2,8$ Kpc.

γ) Scutum – Centaurus Arm

Ο βραχίονας Scutum – Centaurus βρίσκεται ανάμεσα στον βραχίονα Carina – Sagittarius και στον βραχίονα του Perseus. Είναι μία μακριά δομή που αποτελείται από αστέρια, αέριο και σκόνη που στροβιλίζεται προς τα έξω ξεκινώντας από το άκρο της κεντρικής ράβδου του Γαλαξία. Η περιοχή σύνδεσης της ράβδου και του βραχίονα θεωρείται εργοστάσιο παραγωγής άστρων με τις νέες ανακαλύψεις να τοποθετούν εκεί δύο σμήνη με απόσταση μερικών εκατοντάδων ετών φωτός το ένα από το άλλο, τα σμήνη είναι γνωστά με τα ονόματα RSGC1 και RSGC2. Στο δεύτερο θεωρείται ότι υπάρχουν περίπου 50.000 νεαρά άστρα και μία μεγάλη ομάδα από κόκκινους υπεργίγαντες. Άλλα γνωστά σμήνη στην περιοχή είναι τα RSGC3 και Alicante8.^[24,25]

δ) Carina – Sagittarius Arm

Ο Carina–Sagittarius βρίσκεται ανάμεσα στους δύο βασικούς βραχίονες του Γαλαξία τον Scutum–Centaurus και τον Perseus. Πήρε την ονομασία αυτή επειδή βρίσκεται κοντά στους ομώνυμους αστερισμούς όπως αυτοί φαίνονται στον ουρανό κοιτώντας προς το Γαλαξιακό κέντρο. Χωρίζεται σε δύο κομμάτια το πρώτο που βρίσκεται κοντά στην ράβδο ονομάζεται Sagittarius και καθώς εκτείνεται προς τα έξω ονομάζεται Carina.

Το 2008 παρατηρήσεις με το διαστημικό τηλεσκόπιο Spitzer έδειξαν ότι ο συγκεκριμένος βραχίονας έχει λιγότερα νεαρά άστρα σχετικά με άλλους.^[26]

Κάποια σημαντικά αστρονομικά αντικείμενα που βρίσκονται στον βραχίονα αυτό είναι: τα νεφελώματα M8 (the Lagoon nebula) και M20 (the Trifid nebula) και τα ανοιχτά σμήνη M21 και M26



εικόνα 2.11 : the Lagoon Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)



εικόνα 2.12 : the Trifid Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)

ε) Orion – Cygnus Arm

Ο βραχίονας του Ωρίωνα θεωρείται ένας από τους δευτερεύοντες βραχίονες του Γαλαξία με πλάτος που υπολογίζεται στα 3.500 έτη φωτός και μήκος στα 10.000 έτη φωτός. Είναι ο βραχίονας που φιλοξενεί τον Ήλιο και το Ηλιακό σύστημα και κατά συνέπεια την Γη, γι' αυτό είναι γνωστός και με το όνομα Local Arm.

Έχει πάρει το όνομα του από τον αστερισμό του Ωρίωνα και βρίσκεται ανάμεσα στους βραχίονες του Carina–Sagittarius και του Perseus. Παρόλο που πιστευόταν ότι είναι μια μικρή σπείρα ανάμεσα στους δύο μεγάλους γείτονες του, οι τελευταίες ενδείξεις δείχνουν ότι μάλλον είναι ένα κομμάτι της σπείρας του Περσέα^[27]

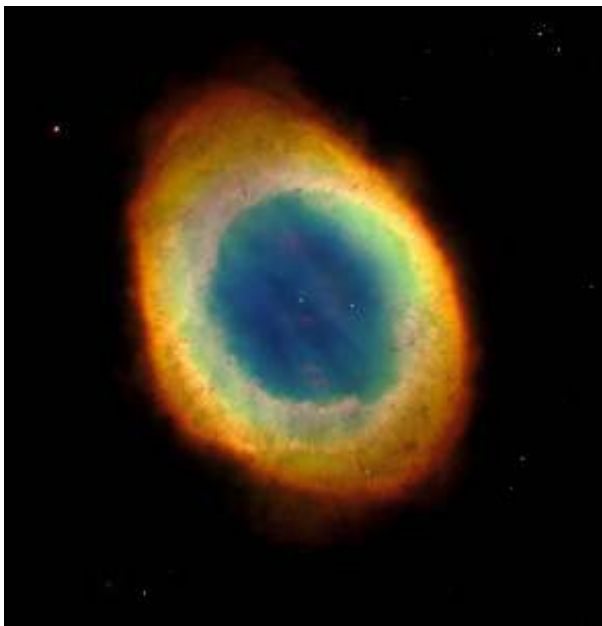
Τα σημαντικότερα αστρονομικά αντικείμενα που ανήκουν στην σπείρα αυτή είναι: τα νεφελώματα M27(The Dumbbell Nebula), M42 (The Orion Nebula), M57 (The Ring Nebula), M97 (The Owl Nebula) και τα ανοιχτά σμήνη M23, M25, M35, M 48, M50, M93



εικόνα 2.13 : the Orion Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)



εικόνα 2.14 : the Dumbbell Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)



εικόνα 2.15 : the Ring Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)



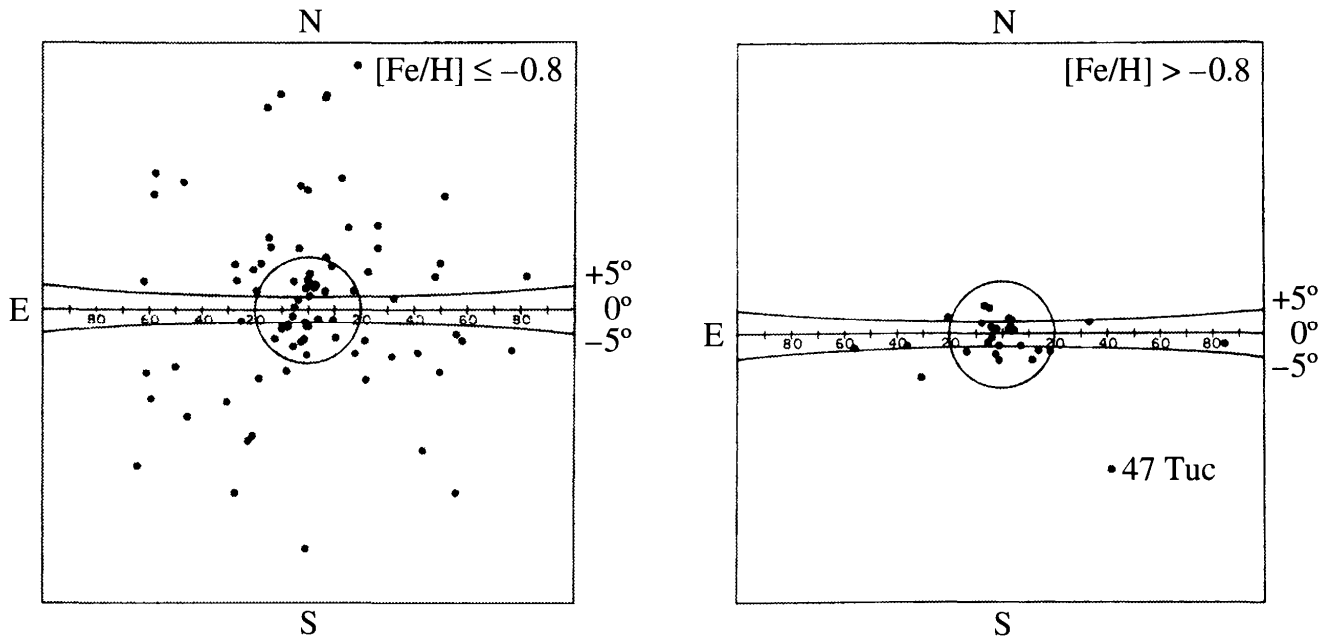
εικόνα 2.16 : the Owl Nebula (apod.gsfc.nasa.gov)

iii) Η αστρική άλως και το σύστημα των σφαιρωτών σμηνών (the stellar halo and globular cluster system)

Η τελευταία φωτεινή συνιστώσα του Γαλαξία είναι η αστρική Άλως ή απλά Άλως, η οποία αποτελείται από σφαιρωτά σμήνη και εκείνα τα άστρα πεδίου (άστρα που δεν ανήκουν σε σμήνος) που έχουν μεγάλες ακτινικές ταχύτητες κάθετες στο Γαλαξιακό επίπεδο με αποτέλεσμα να μπορούν να βρεθούν σε θέσεις πολύ πάνω ή κάτω από το επίπεδο του Γαλαξία. Τέτοιου είδους άστρα έχουν ταχύτητες πολύ μεγαλύτερες από αυτή του Ηλίου.

Παρόλο που τα σφαιρωτά σμήνη φαίνεται να κατανέμονται σε μία σφαιρική δομή γύρω από το κέντρο του Γαλαξία, είναι διακριτές δύο χωρικές διακυμάνσεις οι οποίες προκύπτουν με βάση την μεταλλικότητα των σμηνών.

Τα πιο παλιά φτωχά σε μέταλλα σμήνη που τα μέλη τους έχουν λόγο $[Fe/H] < -0.8$ ανήκουν σε μία εκτεταμένη σφαιρική άλω άστρων, ενώ τα νεαρότερα με λόγο $[Fe/H] > -0.8$ βρίσκονται σε μία πιο λεπτή κατανομή που μάλλον σχετίζεται με τον λεπτό δίσκο. (εικόνα 2.17)



εικόνα 2.17 : ομάδες μεταλλικότητας για σφαιρωτά σμήνη (Zinn, *Ap.J.*,293,424,1985)

Στο Γαλαξία υπολογίζεται ότι υπάρχουν τουλάχιστον 150 σφαιρωτά σμήνη με αποστάσεις από το κέντρο του Γαλαξία που κυμαίνονται από 500 pc έως 120 Kpc. Τα νεαρότερα σφαιρωτά σμήνη εμφανίζονται να έχουν ηλικίες 11 Gyr, ενώ τα παλαιότερα γύρω στα 13 Gyr. Με βάση αυτά φαίνεται ότι η διακύμανση της ηλικίας των σμηνών έχει ένα εύρος γύρω στα 2 δισεκατομμύρια χρόνια ανάμεσα στα νεαρότερα και στα μεγαλύτερα σμήνη.

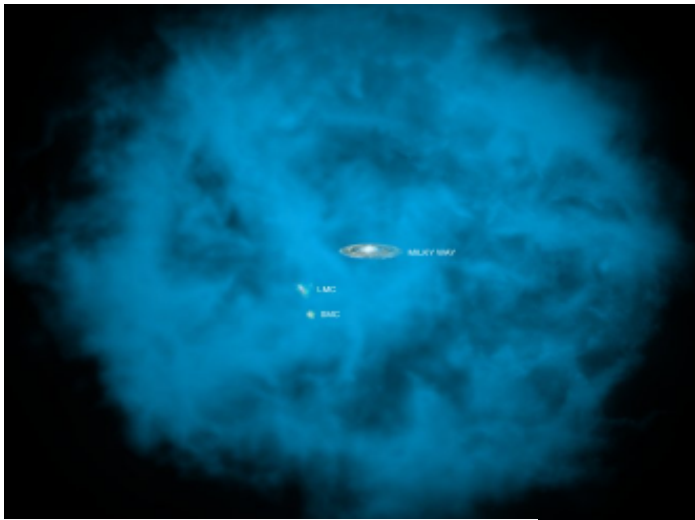
Από αυτά τα 150 σμήνη, τα 144 φαίνεται ότι βρίσκονται σε ακτίνα έως 42 Kpc από το Γαλαξιακό κέντρο, ενώ 6 βρίσκονται σε απόσταση 69 – 123 Kpc. Μερικοί αστρονόμοι έχουν προτείνει ότι αυτά τα 6 σμήνη έχουν παγιδευτεί από γειτονικούς νάνους γαλαξίες και αν δεν συνυπολογιστούν τότε προκύπτει μία ακτίνα, για τα μικρής μεταλλικότητας σμήνη, γύρω στα 42 Kpc, η οποία γίνεται 50 Kpc αν συμπεριλάβουμε και κάποια πιο μακρινά πολύ λαμπρά άστρα πεδίου.^[7,28]

■ Άλως αερίων

Εκτός από την αστρική άλω, όπως έδειξαν τα διαστημικά τηλεσκόπια Chandra X-ray observatory, XMM-Newton και Suzaku, φαίνεται να υπάρχει και μία άλως καυτού αερίου γύρω από το Γαλαξία.(εικόνα 18)^[29].

Η άλως αυτή εκτείνεται για χιλιάδες έτη φωτός μακρύτερα από την αστρική άλω σε απόσταση που φτάνει μέχρι και τα Νέφη του Μαγγελάνου. Η μάζα της είναι ισοδύναμη με την ίδια την μάζα του Γαλαξία και η θερμοκρασία της κυμαίνεται από 1 – 2,5 εκατομμύρια βαθμούς Κέλβιν, δηλαδή εκατοντάδες φορές πιο καυτή από την επιφάνεια του Ηλίου.

Παρατηρήσεις μακρινών γαλαξιών έδειξαν ότι το Σύμπαν στα πρώτα δισεκατομμύρια χρόνια της ζωής του είχε αναλογία βαρυονικής (κανονικής) και σκοτεινής ύλης σε ποσοστό 1 προς 6. Ωστόσο σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν γίνει σε κοντινούς γαλαξίες αλλά και στον Γαλαξία μας φαίνεται ότι σήμερα ανιχνεύουμε μόνο την μισή ποσότητα των βαρυονίων που θα έπρεπε να υπάρχουν. Η άλως αερίων με την ανακάλυψη της ίσως θα μπορούσε να δώσει απάντηση στο μυστήριο των χαμένων βαρυονίων.



εικόνα 2.18 : Άλως αερίων (Chandra.harvard.edu)

iv) Η Άλως της σκοτεινής ύλης (the Dark Matter Halo)

Αν συνδυάσουμε την μάζα όλων των φωτεινών συνιστωσών του Γαλαξία (λεπτό – παχύ δίσκο, μεσοαστρικό αέριο και σκόνη, κεντρική περιοχή Γαλαξία και ράβδο) η συνολική μάζα που προκύπτει εκτιμάται στα $9 \cdot 10^9 M_{\odot}$ (Ηλιακές μάζες). Αυτή η ποσότητα ύλης είναι ικανή να εξηγήσει βαρυτικά την κίνηση του Ηλίου γύρω από το Γαλαξιακό κέντρο, αλλά δεν εξηγεί τις τροχιές του αερίου και των άστρων που βρίσκονται μακρύτερα από την απόσταση Γης – Ηλίου.

Επομένως προκύπτει η ανάγκη για μία ακόμα συνιστώσα στη δομή του Γαλαξία η οποία δεν εκπέμπει στο ορατό φως. Αυτή η συνιστώσα είναι γνωστή ως άλως σκοτεινής ύλης.(Dark Matter Halo = DMH)^{[7][32]} και φαίνεται να έχει μία σφαιρική κατανομή περικλείοντας την αστρική άλω, εκτεινόμενη τουλάχιστον στα 230 Kpc.

Βασιζόμενοι σε βαρυτικές επιδράσεις πάνω στην φωτεινή ύλη προκύπτει μία σχέση που μας δίνει την κατανομή μάζας της DMH.

$$\rho(r) = \frac{P_0}{\left(\frac{r}{a}\right)\left(1 + \frac{r}{a}\right)^2}$$

όπου ρ_0 και a είναι παράμετροι που υπολογίζονται από την γραφική παράσταση της κατανομής μάζας.

Στις περιοχές όπου $r \ll a$ η συνάρτηση συμπεριφέρεται ως $1/r$ ενώ

στις περιοχές όπου $r \gg a$ η συνάρτηση συμπεριφέρεται ως $1/r^3$.

Υπολογίζεται ότι η μάζα της DMH είναι $5,4 * 10^{11} M_{\odot}$ στα πρώτα 50 Kpc από το Γαλαξιακό κέντρο και

$1,9 * 10^{12} M_{\odot}$ μέχρι τα 230 Kpc από το Γαλαξιακό κέντρο. Από ότι φαίνεται η DMH αποτελεί το 95% όλης της μάζας του Γαλαξία.

Το μεγάλο ερώτημα που απασχολεί τους επιστήμονες είναι η φύση και η σύνθεση της DMH. Αρχικά ξέρουμε ότι δεν μπορεί να αποτελείται από μεσοαστρική σκόνη ή αέρια γιατί θα το παρατηρούσαμε στις γραμμές απορρόφησης στο φάσμα που παίρνουμε από τα άστρα στην άλω.

Για την φύση της σκοτεινής ύλης έχουν προταθεί τα weakly interactive massive particles (WIMPs) τα οποία δεν θα ανιχνεύονταν στην ορατή περιοχή του φάσματος, αλλά θα τα καταλαβαίναμε από τις βαρυτικές τους αλληλεπιδράσεις με την ύλη. Πιο συγκεκριμένα τα σωματίδια neutrinos (λεπτόνια) και από κάποιες υπερσυμμετρικές θεωρίες τα σωματίδια neutralinos, που όμως δεν είναι αρκετά για να καλύψουν την ποσότητα της σκοτεινής ύλης.

Μια άλλη υπόθεση είναι η ύπαρξη των λεγόμενων massive compact halo objects (MACHOs) που φαίνεται να εξηγούν την μάζα που λείπει κατά τον σχηματισμό των λευκών νάνων των άστρων νετρονίων και των μαύρων τρυπών. Μερικές έρευνες για τα MACHOs έχουν βασιστεί στην γενική σχετικότητα που προβλέπει ότι το φως καμπυλώνεται όταν περνά κοντά από ένα αντικείμενο μεγάλης μάζας.

Αν ένα τέτοιο αντικείμενο βρεθεί ανάμεσα στη Γη και σε ένα άστρο τότε η πορεία του φωτός μπορεί να αλλάξει και το MACHO δρα ως βαρυτικός φακός(εικόνα 2.19). Ένα τέτοιο φαινόμενο παρατηρήθηκε το 1993, όταν αστρονόμοι που παρατηρούσαν άστρα στο μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου διαπίστωσαν μια αύξηση της λαμπρότητας για κάποιες μέρες η οποία αποδόθηκε στο πέρασμα ενός τέτοιου αντικειμένου.

Παρόλα αυτά από στατιστικές αναλύσεις που έχουν γίνει, έχει υπολογιστεί ότι η συνολική μάζα όλων αυτών των αντικειμένων δεν είναι αρκετή για να καλύψει την προβλεπόμενη σκοτεινή ύλη.



εικόνα 2. 19 : ένα MACHO δρα ως βαρυτικός φακός (Carroll & Ostlie , “An introduction to modern Astrophysics”)

2.2 Κατηγορίες Σμηνών

Θα ήθελα να ξεκινήσω την συζήτηση για τα αστρικά σμήνη [34,35,36,37,38,39], θέτοντας δύο φαινομενικά απλά ερωτήματα. Τι είναι αστρικό σμήνος και από πόσα άστρα αποτελείται ένα αστρικό σμήνος;

Ένας από τους πρώτους που προσπάθησαν να δώσουν απαντήσεις ήταν ο Trumpler γύρω στα 1930 ο οποίος προσπάθησε να δώσει έναν εμπειρικό ορισμό του αστρικού σμήνους ως εξής “ αστρικό σμήνος θεωρείται μια ομάδα άστρων με την ίδια προέλευση τα οποία εντοπίζονται στην ίδια απόσταση από μας και ο αριθμός τους είναι αρκετά μεγάλος έτσι ώστε να προσφέρονται για στατιστική μελέτη”.

Περνώντας τα χρόνια με την ολοένα αυξανόμενη χρήση οπτικών μέσων, τηλεσκοπίων και φωτογραφιών ένας νέος ορισμός ο οποίος στηρίζεται περισσότερο στην εικόνα, ήρθε να προστεθεί. “Ως αστρικό σμήνος λοιπόν θεωρούμε μια φανερή συγκέντρωση άστρων σε μία περιοχή η οποία

εντοπίζεται στο ορατό ή στο υπεριώδες καλύπτοντας μία περιοχή του ουρανού που ξεχωρίζει από το υπόβαθρο”

Ο παραπάνω ορισμός, αν και στηριζόμενος στην απλή σκέψη “ Αν μοιάζει με σμήνος τότε είναι και σμήνος” καλύπτει αρκετές από τις δομές του Γαλαξία είτε αυτές αλληλεπιδρούν βαρυτικά είτε όχι. Αν ορίσουμε ένα σμήνος προσεγγίζοντας το με μία πιο αυστηρή και θεωρητική ματιά τότε θα πρέπει να οριστεί ως ένα σύστημα που αλληλεπιδρά βαρυτικά, έτσι όμως θα πρέπει να αποκλείσουμε πολλές από τις συγκεντρώσεις άστρων που παρατηρούμε.

Για τους παραπάνω λόγους ο καθορισμός μιας δομής ως σμήνος είναι δύσκολος και έτσι σχετικά λίγα αντικείμενα έχουν κατηγοριοποιηθεί ως αστρικά σμήνη.

Ο κατάλογος του Messier περιέχει 107 αντικείμενα από τα οποία τα 59 θεωρούνται σμήνη, ενώ ένας ευρύτερος κατάλογος είναι ο New General Catalog (NGC) ο οποίος ταξινομεί 487 σμήνη και μαζί με τον ανανεωμένο IC που προσθέτει άλλα 30, ο αριθμός τους φτάνει τα 517 αστρικά σμήνη.

Καταλήγοντας μπορούμε να πούμε ότι αυτές όλες οι τοπικές συγκεντρώσεις ενός αριθμού άστρων που φαίνονται ακόμα και με ένα μικρό τηλεσκόπιο και δεν φαίνεται να είναι τοποθετημένες τυχαία, αλλά τις περισσότερες φορές αλληλεπιδρούν βαρυτικά και κινούνται μαζί μέσα στο Γαλαξία μπορούν να θεωρηθούν σμήνη.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα σμήνους είναι οι Πλειάδες, οι οποίες αποτελούνται από περίπου 600 άστρα από τα οποία περίπου 7 – 10 φαίνονται με γυμνό μάτι το Χειμώνα από το Βόρειο Ημισφαίριο.

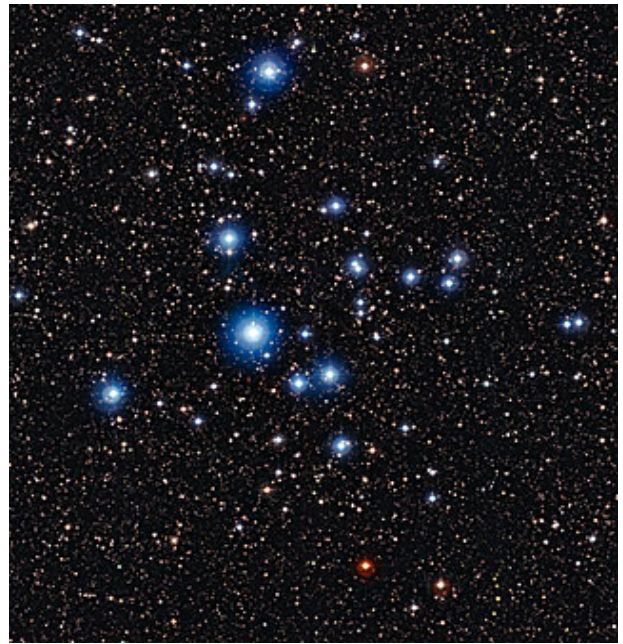


εικόνα 2.20 : Πλειάδες (apod.gsfc.nasa.gov)

Οι βασικές κατηγορίες σμηνών είναι τα **σφαιρωτά** και τα **ανοιχτά** σμήνη, μπορούν εύκολα να διακριθούν μεταξύ τους από την εικόνα που παρουσιάζουν. Στα ανοιχτά σμήνη μπορούμε να δούμε εύκολα τα άστρα μεμονωμένα γύρω από ένα κέντρο, αντίθετα η εικόνα που παρουσιάζουν τα σφαιρωτά σμήνη είναι μια φωτεινή και αρκετά λαμπρή μπάλα άστρων τα οποία κατανέμονται τελείως σφαιρικά κοντά το ένα στο άλλο και είναι δύσκολο να τα διακρίνουμε ως μονάδες. (εικόνες 2.21 και 2.22)



εικόνα 2.21 : σφαιρωτό σμήνος *Omega Centauri*
(apod.gsfc.nasa.gov)



εικόνα 2.22 : ανοιχτό σμήνος *NGC 2547*
(apod.gsfc.nasa.gov)

Εκτός από αυτές τις δύο βασικές κατηγορίες, υπάρχουν και κάποιες άλλες πιο χαλαρές αστρικές **συγκεντρώσεις (associations)**^[39] που παρουσιάζουν συγκεκριμένες φασματικές ιδιότητες. Είναι εκτεταμένες περιοχές με μεγάλη πυκνότητα άστρων φασματικού τύπου O και B, τα οποία έχουν γεννηθεί από το ίδιο νέφος αερίου (OB associations). Άλλες παρόμοιες τέτοιες συγκεντρώσεις αποτελούμενες από νεαρά άστρα που βρίσκονται στο πρώτο στάδιο της θερμοπυρηνικής σύντηξης, άστρα T-Tauri ονομάζονται (T associations).

Είναι αρκετά συνηθισμένο να βρίσκουμε ένα η και περισσότερα ανοιχτά σμήνη στην καρδιά μιας τέτοιας αστρικής συγκέντρωσης (stellar association).

Πολλές φορές παρατηρείται άστρα τέτοιων αστρικών συγκεντρώσεων ή και άστρα ενός σμήνους να κινούνται με παρόμοιες ταχύτητες στο διάστημα. Αυτές οι ομάδες άστρων ονομάζονται **κινούμενες ομάδες (moving groups)**. Μια γνωστή τέτοια ομάδα είναι η λεγόμενη Hyades Moving Group που δεν ανήκει απαραίτητα στο σμήνος των Υάδων.

Τέλος μια κατηγορία σμηνών που ανακαλύφθηκε πρόσφατα έπειτα από παρατηρήσεις στο υπέρυθρο είναι τα **embedded clusters**, (εικόνα 2.23) τα οποία είναι ακόμα στο στάδιο της αστρογέννησης και γι' αυτό παρατηρούνται μέσα στα νέφη των αερίων από τα οποία προήλθαν. Αυτός είναι και ο λόγος που δεν φαίνονται στο ορατό αλλά μόνο στο υπέρυθρο.



εικόνα 2.23 : embedded cluster RCW 38 (apod.gsfc.nasa.gov)

Στον παρακάτω πίνακα 2.1^[36] φαίνονται συγκεντρωμένες μερικές βασικές πληροφορίες για κάθε κατηγορία κάθε σμήνους που παρουσιάστηκε παραπάνω.

Πίνακας 2.1^[36] : γενικές πληροφορίες σμηνών

	Σφαιρωτά σμήνη	Ανοιχτά σμήνη	OB συγκεντρώσεις	Κινούμενες ομάδες	Embedded σμήνη
Αριθμός σμηνών					
Σε καταλόγους	147	1200	70	<10	25
Πιθανό σύνολο στο Γαλαξία	200	10 ⁵	>1000	-	-
Τυπικά μεγέθη (pc)					
Ακτίνα πυρήνα (μέση)	1	-	Μη σχηματισμένος	Μη σχηματισμένος	-
Παλινροιακή ακτίνα (μέση)	35	-	Μη σχηματισμένος	Μη σχηματισμένος	-
Φαινόμενη διάμετρος	-	4	>100	-	1
Μάζες (M_o)					
Ελάχιστη		10 ⁴	10	1000	-
Μέγιστη		10 ⁶	10 ⁴	10 ⁴	>1000
Ηλικίες (yr)					
Μέγιστη	8*10 ⁹	5*10 ⁶	5*10 ⁶	-	<10 ⁶
Ελάχιστη	16*10 ⁹	9*10 ⁹	2*10 ⁷	-	5*10 ⁶
Μεταλλικότητες (F_o/H)					
Εύρος	-2.3 έως 0.2	-0.7 έως 0.3	πληθυσμός I	πληθυσμός I	πληθυσμός I

2.3 Ανοιχτά σμήνη στο Γαλαξία

Τα ανοιχτά σμήνη^[36,41,42,43] ή αλλιώς Γαλαξιακά σμήνη, εντοπίζονται κυρίως στο δίσκο του Γαλαξία και σχεδόν πάντα μέσα στους σπειροειδείς βραχίονες.

Περίπου 1200 ανοιχτά σμήνη υπάρχουν σε καταλόγους, όμως ο αριθμός τους στο Γαλαξία υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα 10^5 , πράγμα το οποίο έρχεται σε συμφωνία με το γεγονός ότι τα περισσότερα ανοιχτά σμήνη βρίσκονται στον δίσκο του Γαλαξία όπου υπάρχει πολύ σκόνη και αέριο πράγμα που κάνει δυσκολότερο τον εντοπισμό τους.

Το σύστημα των ανοιχτών σμηνών και η μελέτη του είναι πολύ σημαντική στην αστροφυσική γιατί καλύπτει ένα μεγάλο εύρος ηλικιών το οποίο καθορίζεται με μεγάλη ακρίβεια σε σύγκριση με άλλα στοιχεία που έχουμε για τις σπείρες. Επίσης βοηθάει στην κατανόηση της κίνησης των σπειροειδών βραχιόνων πράγμα το οποίο απαιτεί ακριβείς μετρήσεις της ίδιας κίνησης, των ακτινικών ταχυτήτων των αποστάσεων και των ηλικιών των άστρων του σμήνους.

Μπορεί να βρίσκονται κοντά ή μακριά, να είναι νεαρά ή μεγαλύτερης ηλικίας, επίσης μπορεί να είναι συμπαγή ή πιο εκτεταμένα, η έκτασή τους κυμαίνεται από 2-3 pc έως 7-8 pc περίπου. Τα πιο εκτεταμένα πολλές φορές σχηματίζουν και τους δικούς τους αστερισμούς ή αποτελούν σημαντικά κομμάτια τους. Αριθμούν συνήθως από μερικές δεκάδες έως μερικές χιλιάδες άστρα τα οποία έχουν δημιουργηθεί περίπου την ίδια χρονική περίοδο. Σύμφωνα με τα παραπάνω η μάζα ενός σμήνους μπορεί να κυμαίνεται από περίπου 10 Ηλιακές μάζες έως και μερικές χιλιάδες Ηλιακές μάζες. Πολλά από αυτά τα σμήνη είναι ορατά με γυμνό μάτι

Τα λαμπρά μπλε σμήνη συνήθως περιέχουν νεαρά άστρα όπως το M35 που φαίνεται στην εικόνα 24 παρακάτω και απέχει περίπου 2800 έτη φωτός. Η ηλικία του υπολογίζεται στα 150 εκατομμύρια χρόνια και η έκτασή του υπολογίζεται στα 30 έτη φωτός, υπολογίζεται ότι περιέχει περίπου 2500 άστρα.

Στην ίδια εικόνα διακρίνουμε επίσης και το γηραιότερο σμήνος NGC2158 που είναι 4 φορές μακρύτερα από το M35, 10 φορές πιο μεγάλο σε ηλικία και όπως είναι ξεκάθαρο στην εικόνα, είναι πιο συμπαγές και περιέχει κυρίως μεγαλύτερης ηλικίας κίτρινα άστρα σε αντίθεση με το M35 που κυριαρχούν τα μπλε.



εικόνα 2.24 : NGC 2158 και M35 (apod.gsfc.nasa.gov)

Τα ανοιχτά σμήνη όπως αναφέραμε και παραπάνω είναι συσχετιζόμενες ομάδες άστρων που συγκροτούνται από βαρυτικές δυνάμεις. Η έκταση που καλύπτουν συγκρινόμενη με την απόσταση που απέχουν από εμάς είναι πολύ μικρότερη, άρα μπορούμε να θεωρήσουμε όλα τα άστρα του σμήνους στην ίδια απόσταση.

Φαίνεται να έχουν προκύψει από κοσμικό αέριο ή από σύννεφα σκόνης στο Γαλαξία. Σε πολλά τέτοια σύννεφα σκόνης η αστρογέννεση συμβαίνει ακόμα και σήμερα και έτσι είμαστε σε θέση να παρατηρούμε την δημιουργία νέων άστρων. Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά σύντομη συγκρινόμενη με το χρόνο ζωής ενός σμήνους έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι όλα τα μέλη βρίσκονται στην ίδια ηλικία. Επιπλέον αφού έχουν δημιουργηθεί μέσα στο ίδιο νέφος αερίου μπορούμε να συμπεράνουμε ότι θα έχουν την ίδια χημική σύσταση.

Παρακάτω φαίνονται συγκεντρωμένα μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των ανοιχτών σμηνών.

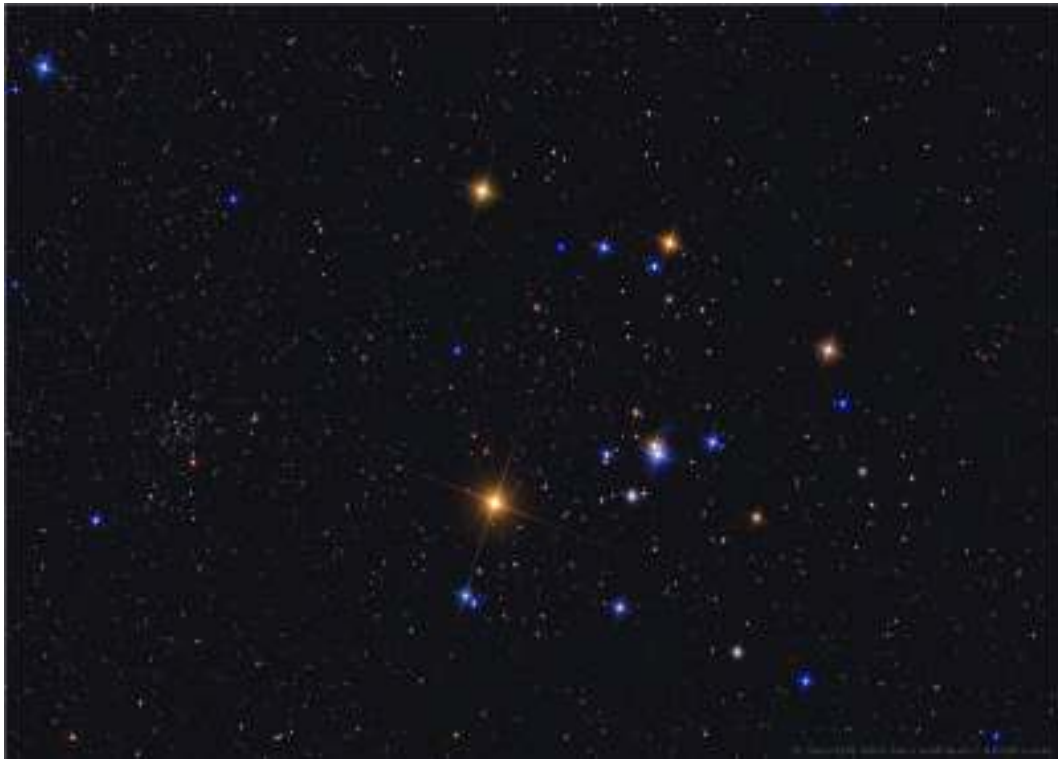
1. όλα τα άστρα του σμήνους απέχουν την **ίδια απόσταση** από εμάς
2. έχουν περίπου την **ίδια ηλικία**
3. έχουν την **ίδια χημική σύσταση** γιατί προέρχονται από το ίδιο νέφος.
4. Τα άστρα αποτελούνται από **διαφορετικές μάζες** που κυμαίνονται από λίγες Ηλιακές μάζες έως 80 με 100 Ηλιακές μάζες για τα πιο μεγάλα άστρα στα νεαρά σμήνη.

Τα υπάρχοντα δείγματα αστέρων σταθερής ηλικίας ή σταθερής χημικής σύστασης είναι αρκετά για να μελετηθεί η αστική δομή και η αστρική εξέλιξη μέσα από την δημιουργία διαγραμμάτων χρώματος – μεγέθους, color – magnitude diagrams (CMD) ή μέσω διαγραμμάτων Hertzsprung – Russel (HRD). Συγκρίνοντας πρότυπα HRD, τα οποία έχουν προκύψει από γειτονικά άστρα με καλά καθορισμένες αποστάσεις και την θεωρία της αστρικής εξέλιξης, με παρατηρησιακά διαγράμματα CMD έχουμε μια καλή εκτίμηση της απόστασης του σμήνους. Επίσης από το HRD διάγραμμα μπορούμε να εκτιμήσουμε την ηλικία του αστρικού σμήνους. Το γεγονός ότι τα διαγράμματα HRD για τα σμήνη μπορούν να εξηγηθούν με την θεωρία της αστρικής εξέλιξης, ενισχύουν την ορθότητά της.

Τα περισσότερα από τα αστρικά σμήνη έχουν μικρούς χρόνους ζωής σαν αστρικές συγκεντρώσεις, καθώς κινούνται στις τροχιές τους τα περισσότερα μερικά από τα μέλη τους δραπετεύουν από το σμήνος εξαιτίας αλλαγών στην ταχύτητά τους που προκύπτει λόγω αλληλεπίδρασης με άλλα κοντινά άστρα, λόγω παλιρροϊκών δυνάμεων από τα Γαλαξιακό βαρυτικό πεδίο ή τέλος λόγω αλληλεπίδρασης με άστρα πεδίου. Κατά μέσο όρο έχει διαπιστωθεί ότι ένα αστρικό σμήνος έχει διασκορπίσει τα περισσότερα από τα μέλη του περίπου μέσα στα πρώτα 100 εκατομμύρια χρόνια, γι' αυτό το λόγω έχουμε μόνο λίγα σμήνη με ηλικίες δισεκατομμυρίων ετών.

Τα μεμονομένα άστρα που δραπετεύουν συνεχίζουν να βρίσκονται σε τροχιά στο Γαλαξία ως άστρα πεδίου. Συνεπώς όλα τα άστρα πεδίου πιστεύεται ότι πιθανότατα προέρχονται από κάποιο σμήνος.

Ορισμένα ανοιχτά σμήνη είναι γνωστά από τα προϊστορικά χρόνια. Οι Pleiades (M45), οι Hyades και το σμήνος Beehive ή Praesep (M44) είναι κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα (εικόνες 2.25 , 2.26)



εικόνα 2.25 : *Hyades Cluster* (apod.gsfc.nasa.gov)



εικόνα 2.26 : *(M44) Beehive Cluster* (apod.gsfc.nasa.gov)

Επίσης ο Πτολεμαίος είχε αναφερθεί στο σμήνος M7 στον αστερισμό του Σκορπιού(εικόνα 29) και στο σμήνος Coma Berenices (Melotte111) από το 138 π.Χ. Βέβαια στην αρχή τα θεωρούσαν ως νεφελώματα μέχρι που ο Γαλιλαίος το 1609 ανακάλυψε ότι αποτελούνται από άστρα καθώς παρατηρούσε το M44. Επειδή τα ανοιχτά σμήνη είναι λαμπρά και εύκολα παρατηρήσιμα, πολλά από αυτά ανακαλύφθηκαν με τα πρώτα μικρά τηλεσκόπια.



εικόνα 2.27 : M7 open cluster (apod.gsfc.nasa.gov)

Το 1767 ο Reverend John Michell^[40] διατύπωσε την άποψη ότι τα σμήνη είναι πιθανότατα συσχετιζόμενες ομάδες άστρων παρά τυχαίες συγκεντρώσεις.

Η ανακάλυψη από τον Madler της κοινής κίνησης του σμήνους των Πλειάδων και άλλων αστρικών ομάδων, όπως του σμήνους της Μεγάλης Άρκτου από τον Richard A. Proctor^[43], ενίσχυσαν την φυσική συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών σμηνών.

Έπειτα ήρθε η φασματοσκοπική ανάλυση για να επιβεβαιώσει τις κοινές ακτινικές ταχύτητες των άστρων ενός σμήνους και να δείξει ότι τα άστρα συμφωνούν με το HRD και ότι βρίσκονται στην ίδια απόσταση.

Η τελική επιβεβαίωση ήρθε από την απευθείας μέτρηση της παράλλαξης για έναν αριθμό παρακαείμενων σμηνών από τον δορυφόρο Hipparcos και από παρατηρητήρια στη Γή.

Για την καλύτερη κατηγοριοποίηση των αστρικών σμηνών χρησιμοποιούμε κάποιους συμβολισμούς που εισήγαγαν οι Harlow Shapley^[41] και R.J. Trumpler^[42] οι οποίοι βασίζονται σε μεγέθη όπως η συγκέντρωση αστερών και η φωτεινότητα.

Ο διαχωρισμός του Shapley έχει ως εξής:

- a. ανωμαλίες πεδίου (field irregularities)
- b. αστρικές συγκεντρώσεις (star associations)
- c. πολύ χαλαρά και ανώμαλα σμήνη (very loose and irregular clusters)
- d. χαλαρά σμήνη (loose clusters)
- e. συμπαγή σμήνη με μέτρια αφθονία σε άστρα (Intermediately rich compact clusters)
- f. συμπαγή σμήνη με αρκετή αφθονία σε άστρα (Fairly rich compact clusters)
- g. συμπαγή σμήνη με μεγάλη συγκέντρωση και αφθονία σε άστρα (Considerably rich and concentrated compact clusters)

και ο διαχωρισμός του Trumbler ο οποίος στηρίζεται σε 3 άξονες είναι :

A) Συγκέντρωση άστρων

- I. ευδιάκριτο, μεγάλη συγκέντρωση γύρω από το κέντρο
- II. ευδιάκριτο, χαλαρή συγκέντρωση γύρω από το κέντρο
- III. ευδιάκριτο, πού μικρή συγκέντρωση γύρω από το κέντρο
- IV. δεν ξεχωρίζει εύκολα από τα άστρα πεδίου

B) Έκταση φωτεινότητας

- 1. μικρή έκταση φωτεινότητας
- 2. μέτρια έκταση φωτεινότητας
- 3. μεγάλη έκταση φωτεινότητας

Γ) Αριθμός άστρων

- p. φτωχό, λιγότερα από 50 άστρα
- m. μέτρια πλούσιο, 50 έως 100 άστρα
- r. πλούσιο, περισσότερα από 100 άστρα.

2.4 Αστέρια Άνθρακα

Κατά την διάρκεια της ζωής μερικών αστέρων που βρίσκονται στην τελική φάση εξέλιξης τους και τείνουν να γίνουν μεταβλητοί αστέρες μεγάλης περιόδου στον Ασυμπτωτικό Κλάδο των Γιγάντων (Asymptotic Giant Branch , AGB), παρατηρείται μία ξαφνική αύξηση της ροής ενέργειας από την περιοχή καύσης του Ηλίου, η οποία δημιουργεί μία ζώνη μεταφοράς ανάμεσα σ' αυτή την περιοχή και στην περιοχή καύσης του Υδρογόνου.

Αυτή η ζώνη μεταφοράς που δημιουργείται αυξάνει ολοένα σε βάθος και για άστρα με μάζα μεγαλύτερη των δύο Ηλιακών μαζών ($M > 2M_{\odot}$), παρατηρείται μία επέκταση της στις περιοχές δημιουργίας του άνθρακα C. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταφέρεται άνθρακας στα εξωτερικά στρώματα του αστέρα (third dredge – up phase). Αυτή η μεταφορά υλικού φαίνεται να εξηγεί την διαφορά ανάμεσα σε γίγαντες που είναι πλούσιοι σε οξυγόνο και σ' αυτούς που είναι πλούσιοι σε άνθρακα στα εξωτερικά τους στρώματα. Η τελευταία κατηγορία ονομάζεται άστρα Άνθρακα (Carbon Stars , CS).^[7, 44]

Τα άστρα αυτά είναι κανονικοί ή ημι - κανονικοί μεταβλητοί ψυχροί γίγαντες και πιο σπάνια νάνοι, με περιβάλλοντα κελύφη ή σύννεφα σκόνης άνθρακα. Η τυπική τους θερμοκρασία κυμαίνεται από 2000 K έως 5000K και το χρώμα τους είναι βαθύ κόκκινο. Τέλος η αναλογία άνθρακα – οξυγόνου στην ατμόσφαιρα τους είναι μεγαλύτερη από 1 ($C/O > 1$)

i) η ανακάλυψη των CS

Εκτεταμένες έρευνες σε μια μεγάλη περιοχή του ουρανού, χρησιμοποιώντας κυρίως φασματοσκοπικές μεθόδους, έδειξαν ότι η μπλε και η ιώδης περιοχή του ορατού φάσματος που καλύπτει τις γραμμές εκπομπής του C₂ και του CN είναι αρκετά αποτελεσματικές για την ανακάλυψη των καυτών, τύπου R, αστερών άνθρακα^[49]. Ο κατάλογος Henry Draper περιέχει πολλά απ' αυτά τα άστρα κυρίως τύπου R και N που βρέθηκαν μ' αυτό τον τρόπο^[45]. Πολλά CS έχουν ανακαλυφθεί στο Μικρό και Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου.^[46,47]

Η έντονη ερυθρότητα των πιο ψυχρών N άστρων άνθρακα, οδήγησαν την έρευνα προς τις περιοχές του ερυθρού και του υπέρυθρου φάσματος, όπου εικόνες σ' αυτά τα μήκη κύματος κάνουν τα φωτεινά κόκκινα άστρα να ξεχωρίζουν έντονα. Τέλος λόγοι όπως η μεγάλη συγκέντρωση αστερών και μερικές φορές η αμυδρότητα τους, επέβαλαν οπτικές μεθόδους για την ανίχνευση CS και άστρων τύπου M στα αστρικά σμήνη και σε γειτονικούς γαλαξίες.

Πολλά CS ανακαλύφθηκαν από τον δορυφόρο υπέρυθρου IRAS, μέσα από την ανίχνευση της γραμμής του SiC στα 11.2 μm. Αυτό έδειξε ότι δεν είναι όλα τα CS ανιχνεύσιμα στην ορατή περιοχή του φάσματος.

Μετά από αρκετά χρόνια έρευνας κάνοντας χρήση διάφορων μεθόδων όπως αυτές που προαναφέρθηκαν, προέκυψε ένας κατάλογος για τα CS του Γαλαξία (General Catalog of Galactic Carbon Stars) ο οποίος ξεκίνησε από τον Stephenson C.B. και τώρα βρίσκεται στην τρίτη του έκδοση.^[48]

ii) φασματική ταξινόμηση και καθορισμός θερμοκρασίας.

Για την ταξινόμηση των CS υπάρχουν δύο βασικοί συμβολισμοί,

A) ο συμβολισμός του Harvard

και

B) ο συμβολισμός Morgan – Keenan

που αργότερα βελτιώθηκε και έγινε γνωστός ως ανανεωμένος συμβολισμός Morgan – Keenan^[50,51]

Με βάση τον πρώτο συμβολισμό τα CS χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα άστρα τύπου N και τα άστρα τύπου R, με τα N να είναι παλαιότερα και πιο πλούσια σε βαρύτερα στοιχεία. Η πρώτη ταξινόμηση γίνεται κυρίως με βάση την θερμοκρασία των άστρων, το οποίο κρίθηκε ανεπαρκές και έτσι ακολούθησε η δεύτερη που περιέχει σαν κριτήριο και την αφθονία σε άνθρακα για κάθε άστρο. Στην δεύτερη ταξινόμηση χρησιμοποιούμε το γράμμα C. Τέλος ο ανανεωμένος συμβολισμός Morgan – Keenan έχει στοιχεία και από τους δύο.

Ο κάθε συμβολισμός ακολουθείται από αριθμούς, από τους οποίους ο πρώτος έχει κλίμακα 0 έως 9 και δείχνει την μείωση της θερμοκρασίας καθώς η κλίμακα ανεβαίνει, ενώ ο δεύτερος αριθμός δείχνει πόσο ισχυρή είναι η γραμμή εκπομπής του άνθρακα, αριθμώντας από το 1 έως το 5. Για παράδειγμα ένα άστρο N9 είναι πιο ψυχρό και πιο κόκκινο από ένα άστρο N1.

Στον παρακάτω πίνακα 2.2, φαίνεται μια αντιστοιχία ανάμεσα στα αστέρια άνθρακα τύπου R που είναι περίπου κάτι αντίστοιχο των κανονικών άστρων K και στα άστρα άνθρακα τύπου N που αντιστοιχούν ανάλογα στα M κανονικά άστρα.

Πίνακας 2.2 : αντιστοιχία άστρων άνθρακα με κανονικά άστρα

1)Harvard	Keenan and 2) Morgan	Τύπος 3) κανονικού άστρου
R0	C0	G4 – G6
	C1	G7 – G8
	C2	G9 – K0
R3 R5	C3	K1 – K2
	C4	K3 – K4
R8	C5	K5 – M0
	C6	M1 – M2
Na Nb	C7	M3 – M4
	C8	
Nc	C9	

Το αρχικό σύστημα συμβολισμού Keenan – Morgan δεν αποδείχτηκε επαρκές και χρειάστηκε να ανανεωθεί.

Οι λόγοι ήταν ότι:

- 1) απέτυχε να συσχετίσει τις θερμοκρασίες που βασίζονταν σε υπέρυθρες μετρήσεις.
- 2) οι παραπάνω πληροφορίες που χρειάστηκε στη συνέχεια να ενταχθούν στο συμβολισμό τον έκαναν μη πρακτικό.
- 3) τα άστρα τύπου N και R που περιείχε ο συμβολισμός του Harvard δεν μπορούσαν να αγνοηθούν.

Έτσι προκύπτουν οι τελικές κατηγορίες που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

Κλασσικά CS: C-R και C-N

Όχι κλασσικά CS: C-J , C-H , C-Hd

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές αναλυτικότερες πληροφορίες για κάθε υποκατηγορία^[49]
Τα κλασσικά R άστρα έχουν σχετικά κανονική σύνθεση με την διαφορά ότι είναι πλούσια σε άνθρακα.

Τα άστρα CH έχουν μεγάλες ταχύτητες και μικρές περιεκτικότητες σε μέταλλα. Τα άστρα που δεν περιέχουν πολύ Υδρογόνο CHd , χαρακτηρίζονται από ασθενείς ή ανύπαρκτες γραμμές Balmer στο φάσμα τους. Οι παραπάνω κατηγορίες είναι άστρα γνωστά ως μεταβλητά R Coronae Borealis (RCB).

Τα R άστρα ξεχωρίζουν από τα N από το συνεχές φάσμα που εμφανίζουν στο ιώδες, καθώς η αδιαφάνεια στο ιώδες είναι ένα χαρακτηριστικό μόνο των N άστρων.

Μια άλλη κατηγορία είναι τα J άστρα που το χαρακτηριστικό τους είναι ότι εμφανίζουν εντονότερες γραμμές ¹³CN στα 626 nm σε σύγκριση με τις γραμμές ¹²CN στα 620,26 nm.

Τέλος οι πληροφορίες που έχουμε για τις θερμοκρασίες^[52] κάθε κατηγορίας είναι για τα N άστρα ένα εύρος θερμοκρασιών από 2600 – 3100 K για τα J άστρα από 2800 -3900K και τέλος για την CH ομάδα από 4100 έως 5100 K.

3. Δείγμα ανοικτών σμηνών

3.1 Ο ιστότοπος WEBDA

Οι παρατηρήσεις πολλών ετών σε ένα μεγάλο αριθμό άστρων του Γαλαξία, οδήγησαν σε έναν τεράστιο όγκο πληροφοριών ο οποίος δεν θα ήταν εύκολα αξιοποιήσιμος αν πρώτα δεν γινόταν μία συστηματική ταξινόμησή τους με αποτέλεσμα όποιος θέλει να έχει εύκολη πρόσβαση στις πληροφορίες.

Έτσι υπήρξε η ανάγκη και κατά συνέπεια η δημιουργία ενός διαδικτυακού τόπου που ονομάζεται WEBDA και στην ουσία είναι μία βάση δεδομένων που περιέχει πληροφορίες για τα άστρα των Γαλαξιακών ανοικτών σμηνών. Πιο συγκεκριμένα προσφέρει αστρομετρικά δεδομένα όπως είναι οι συντεταγμένες των άστρων, οι ορθογώνιες θέσεις τους και σε μερικές περιπτώσεις δεδομένα για την ίδια κίνηση των άστρων. Επίσης περιέχει φωτομετρικές πληροφορίες και φασματοσκοπικά δεδομένα, όπως τον φασματικό τύπο των άστρων, οι ακτινικές τους ταχύτητες και οι ταχύτητες περιστροφής. Τέλος μπορεί κανείς να βρει διάφορες άλλες πληροφορίες όπως για παράδειγμα ταχύτητες και περιόδους φασματοσκοπικά διπλών άστρων. Όλες αυτές οι πληροφορίες παραπέμπουν σε αντίστοιχη βιβλιογραφία έτσι ο κάθε ένας να μπορεί να εμβαθύνει σε αυτό το κομμάτι που τον ενδιαφέρει περισσότερο.

Η ιστορία της ξεκινά από μία βάση δεδομένων γνωστή και ως Base Donnees Amas(BDA)^[53] η οποία εμφανίστηκε το 1987 στο ινστιτούτο του πανεπιστημίου της Λωζάνης στην Ελβετία. Η υπάρχουσα συλλογή περιείχε πάνω από 100.000 άστρα που ήταν μέλη 500 περίπου αστρονομικών αντικειμένων που περιέχονταν στους καταλόγους NGC και IC ή ακόμα και σμηνών που δεν είχαν κατηγοριοποιηθεί.

Στην αρχική της μορφή, η βάση χρησιμοποιούσε μόνο αρχεία ASCII. Το 1996 έγινε μια προσπάθεια να αλλάξει η μορφή της να βελτιωθεί και να γίνει πιο χρηστική. Έτσι μετακόμισε σιγά σιγά και άρχισε να φιλοξενείται σε μία νέα βάση δεδομένων που αναπτύχθηκε από τους Rod Manis, Evan Schaffer και Robert Jogersen, η οποία έφτασε στην τωρινή της μορφή και προσφέρει πλήθος περισσότερων δυνατοτήτων συγκρινόμενη με την αρχική.

Στην παρακάτω (εικόνα 30) φαίνεται η αρχική σελίδα του ιστοτόπου, με το πλήθος των πληροφοριών που μπορεί να αναζητήσει κανείς, απ' όπου μπορεί κανείς να ξεκινήσει την περιήγηση του.

Στο κενό πλαίσιο που υπάρχει πληκτρολογούμε το όνομα του σμήνους που μας ενδιαφέρει (π.χ. NGC3114) και πατώντας Enter μεταφερόμαστε στην σελίδα που περιέχει τις πληροφορίες για το σμήνος (εικόνα 3.1)

WEBDA Navigation


Description	Information	Interrogation
Database Level <ul style="list-style-type: none"> The Database Source catalogues 	Database Content <ul style="list-style-type: none"> Global Content New data included 	Cluster Selection on <ul style="list-style-type: none"> Available Data Available Data and Parameters
Cluster Level <ul style="list-style-type: none"> Embedded clusters Duplicate Names 	Lists of Open Cluster by <ul style="list-style-type: none"> Right Ascension Galactic Longitude Distance (d < 1kpc) Available Data 	Cluster Selection on <ul style="list-style-type: none"> Parameters Names Plots
Star level <ul style="list-style-type: none"> Stellar Content Data Description 	Lists of Cluster Containing <ul style="list-style-type: none"> Am or Ap Stars, Be Stars Blue Stragglers Red Giants Spectroscopic Binaries Wolf-Rayet Stars 	Display the Page of the Cluster: <input type="text" value="Ngc 3114"/>
Bibliography level	The bibliography <ul style="list-style-type: none"> AAA 1969-2004 CSCA 1900-1994 SCYON abstracts 	Query the Bibliography by <ul style="list-style-type: none"> Subject Keywords Authors' Names
Miscellaneous <ul style="list-style-type: none"> Topics 	Catalogues and Lists <ul style="list-style-type: none"> Catalogues of clusters Lists of parameters 	Query the <ul style="list-style-type: none"> Data Source References The Cross-Identifications
Archive Level <ul style="list-style-type: none"> Archive Data 	Archive Data Files <ul style="list-style-type: none"> NGC / IC / Anon / Embedded Scanned maps Rectangular X,Y positions Cross-Reference Tables 	

εικόνα 3.1 : WEBDA αρχική σελίδα (webda.physics.muni.cz)

Παρακάτω βλέπουμε μία εικόνα της περιοχής που εντοπίζεται ένα σμήνος ενδεικτικά σε μέγεθος περίπου 35 * 35 arcmin και δίπλα υπάρχουν οι βασικότερες πληροφορίες για το σμήνος όπως οι συντεταγμένες του, η μεταλλικότητα του, το Reddening και το Distance Modulus. Επίσης κάτω από το πλαίσιο με την φωτογραφία υπάρχουν ενεργά links που οδηγούν σε πληροφορίες που έχουν να κάνουν με δημοσιευμένες εργασίες για το σμήνος, δεδομένα για τα άστρα του ή σε υπάρχοντα Color – Magnitude διαγράμματα

WEBDA page for open cluster NGC 3114

Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	10 02 36
Declination (2000)	-60 07 12
Galactic longitude	283.332
Galactic latitude	-3.840
Distance [pc]	911
Reddening [mag]	0.069
Distance modulus [mag]	10.01
Log Age	8.093
Metallicity	+0.02
Notes	



DSS Image: 35 x 35 arcminutes

Numbering system:

Jankowitz N.E., McCosh C.J. 1963, Mon. Notes Astr. Soc. Sth. Afr 22, 18 ([1963MNSSA..22...18J](#))

Query

- The database for [data on any star](#)
- The database for [all data on any star](#)
- Make [selections on data](#)
- The database for [data on Am, Ap, Be, gK, BS, SB, WR stars](#)
- From [cluster map](#) (scanned)
- From [cluster map](#) (Second map)
- From [cluster chart](#) (plotted)
- The [cross-reference table](#)
- The [Budapest bibliography](#) (Alter et al.)
- The bibliography of the last [three](#) | [five](#) | [ten](#) years

WEBDA content

- [Available data](#)
- [Data collection and references](#)
- [General menu for photometric plots](#)
- [General menu for Isochrone plots \(basic\)](#)

εικόνα 3.2 : παράδειγμα σμήνους στο WEBDA (webda.physics.muni.cz)

3.2 Κριτήρια και τρόπος επιλογή σμηνών

Από αυτό το τεράστιο πλήθος των ανοιχτών σμηνών του Γαλαξία, πολλά έχουν μελετηθεί αρκετά καλά ενώ άλλα λιγότερο, επίσης πολλά από τα σμήνη παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες στην ανάλυση τους γιατί είναι αρκετά εκτεταμένα και δεν ξεχωρίζουν εύκολα από το υπόβαθρο, αλλά ούτε και παρουσιάζουν την αναμενόμενη ακτινική κατανομή.

Όπως είναι λογικό σ' αυτή την εργασία επιλέξαμε να ασχοληθούμε μόνο με μερικά από αυτά τα σμήνη επιλέγοντας τα προσεκτικά ανάμεσα στα άλλα, έχοντας ως οδηγό μερικά συγκεκριμένα κριτήρια τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Τα σμήνη επιλέχθηκαν από τον ιστότοπο WEBDA αλλά και από δημοσιευμένες εργασίες^[54]

Κριτήρια επιλογής σμηνών:

- i) επιλέξαμε σμήνη με σχετικά μικρή ακτίνα, όχι πολύ εκτεταμένα
- ii) επιλέξαμε σμήνη με ηλικίες μεγαλύτερες των $\log(\text{age}) = 7.7$
- iii) επιλέξαμε σμήνη που τα άστρα τους παρουσίαζαν μια σχετική συνοχή και έμοιαζαν με σμήνος, όπως αυτά φαίνονταν στην φωτογραφία του WEBDA
- iv) φροντίσαμε να μην υπάρχουν δημοσιευμένα διαγράμματα JHK για τα σμήνη αυτά, αλλά ούτε και δημοσιευμένες εργασίες γενικότερα.
- v) επιλέξαμε σμήνη που ίσως φιλοξενούν CS στα όρια της ακτίνας τους

3.3 Πίνακας βασικών στοιχείων των επιλεγμένων σμηνών

Αφού εξετάσαμε ένα μεγάλο αριθμό σμηνών με βάση τα κριτήρια που είχαμε θέσει, καταλήξαμε να ασχοληθούμε εκτενέστερα με αυτά που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3. 1

Πίνακας 3.1 : βασικές πληροφορίες ανοιχτών σμηνών που επιλέχθηκαν

	R.A. (J2000)	DEC. (J2000)	AGE (Gyr)	RADIUS (arcmin)	DISTANCE MODULUS(mag)	REDDENING (mag)
NGC 2477	07 52 10	-38 31 48	8.848	7.5	11.3	0.279
COLLINDER 236	10 57 17	- 61 06 36	8.37	5	9.73	0.07
DIAS 2	06 09 11	+ 04 35 35	8.9	5.5	14.15	0.61
HAFFNER 14	07 44 51	- 28 22 00	8.35	5	-	-
NGC 3114	10 02 36	- 60 07 12	8.093	17.5	10.01	0.069
NGC 2660	08 42 38	- 47 12 00	9.033	1.75	13.23	0.313
ALESSI 5	10 43 08	- 61 10 11	7.71	16.5	8.46	0.15
ALESSI 20	00 10 33	+ 58 45 35	8.22	20	8.95	0.22
BASEL 11A	07 17 06	- 13 58 00	8.3	2.5	10.91	-

3.4 Τα άστρα άνθρακα με επιπλέον πληροφορίες

Πολλά από τα σμήνη επιλέχθηκαν με την προϋπόθεση ότι πιθανότατα φιλοξενούν στα όρια της ακτίνας τους κάποιο CS. Τα υποψήφια CS και οι συντεταγμένες τους σε κάθε σμήνος υπάρχουν δημοσιευμένα σε αντίστοιχη βιβλιογραφία.^[55]

Η συγκεκριμένη βιβλιογραφία πρότεινε περισσότερα από 1 CS για κάθε σμήνος, όμως μετά από έρευνα που έγινε καταλήξαμε ότι κάποια από αυτά μπορούσαν να απορριφθούν γιατί δεν ήταν μέλη του σμήνους, είτε γιατί βρίσκονταν έξω από την ακτίνα του, είτε γιατί θεωρήθηκαν άστρα υποβάθρου.

Όσα από αυτά τελικά επιλέχθηκαν για εκτενέστερη μελέτη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 : σμήνη που περιέχουν αστέρια άνθρακα

	Κέντρο σμήνους		Άστρο Άνθρακα (CS)		
	R.A. (J2000)		R.A. (J2000)	DEC. (J2000)	Απόσταση από το κέντρο του σμήνους(arcmin)
NGC 2477	07 52 10	-38 31 48	07 52 34.41	- 38 28 15.4	6.42
COLLINDER 236	10 57 17	- 61 06 36	10 56 35.14	- 61 02 48.6	4.6
DIAS 2	06 09 11	+ 04 35 35	06 09 07.65	+ 04 36 41.4	1.38
HAFFNER 14	07 44 51	- 28 22 00	07 44 44.64	- 28 24 07.8	2.54
NGC 3114	10 02 36	- 60 07 12	10 02 6.93	- 60 01 06.7	7.08
NGC 2660	08 42 38	- 47 12 00	08 42 33.84	- 47 12 2.52	0.82

4. Δεδομένα

4.1. Το πρόγραμμα επισκόπησης 2MASS

Έχουν περάσει σχεδόν 40 χρόνια από τότε που έγινε η πρώτη μεγάλης έκτασης επισκόπηση του ουρανού, περίπου στο 70% του μεγέθους του, και ανιχνεύθηκαν περίπου 5.700 πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η αποστολή αυτή ονομάστηκε Two Micron Sky Survey (TMSS)

Μέσα στα επόμενα χρόνια όμως υπήρξε μια πραγματική επανάσταση στην τεχνολογία ανιχνευτών υπέρυθρου, καινούριοι μεγαλύτεροι και πιο ευαίσθητοι ανιχνευτές μπορούσαν να εξερευνήσουν 100 εκατομμύρια φορές αμυδρότερες πηγές.

Συνεπώς προέκυψε η ανάγκη να σχεδιαστεί ένα νέο πρόγραμμα, που εκμεταλλευόμενο την καινούρια τεχνολογία να δώσει νέα δεδομένα στην επιστήμη.

Το πρόγραμμα αυτό ήταν το 2MASS^[56](The Two Micron All Sky Survey) που ήρθε να γεφυρώσει το χάσμα ανάμεσα στην προηγούμενη γνώση για τον ουρανό στο κοντινό υπέρυθρο και στην καινούρια τεχνολογία, δίνοντας απαντήσεις πάνω στην δομή του Γαλαξία.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου χρειάστηκαν μετρήσεις του ουρανού σε 3 κανάλια στο κοντινό υπέρυθρο, με αποτέλεσμα να επιτευχθεί ευαισθησία 80.000 φορές μεγαλύτερη από αυτές που είχαμε μέχρι τώρα.

Για την αποστολή χρησιμοποιήθηκαν δύο αυτόματα τηλεσκόπια των 1.3 μέτρων, ένα στο Mt. Hopkins στην Αριζόνα και το άλλο στο CTIO στη Χιλή. Κάθε τηλεσκόπιο ήταν εξοπλισμένο με μία κάμερα τριών καναλιών, το καθ' ένα από τα οποία αποτελούταν από μια διάταξη ανιχνευτών HgCdTe σε ανάλυση 256 X 256, ικανές να καταγράψουν πληροφορίες στο J (1.25 μm) στο K (1.65 μm) και στο Ks (2.17 μm)

Τον Ιούνιο του 1997 ξεκίνησε η λειτουργία του 2MASS για το Βόρειο Ημισφαίριο ενώ για το Νότιο τον Μάρτιο του 1998 και τελείωσε και για τα δύο ταυτόχρονα στις 15 Φεβρουαρίου το 2001. Την ευθύνη της αποστολής είχε το πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης.

Από την αποστολή αυτή προέκυψαν κάποια βασικά οφέλη για την επιστήμη τα οποία συνοψίζονται παρακάτω:

α) προέκυψε μια νέα εικόνα του γαλαξία απαλλαγμένη από την μεσοαστρική σκόνη που στέκεται εμπόδιο στις οπτικές παρατηρήσεις, με αποτέλεσμα να αποκαλυφθεί μια πιο ολοκληρωμένη κατανομή της φωτεινής μάζας.

β) Έγινε η πρώτη φωτομετρική καταμέτρηση Γαλαξιών λαμπρότερων από $K_s = 13.5$ mag περιέχοντας μέσα σ' αυτούς και Γαλαξίες σε πλάτος 60° μέσα στην "ζώνη της αποφυγής" όπου η σκόνη εμποδίζει οποιαδήποτε οπτική παρατήρηση. Το 1.000.000 γαλαξιών που καταγράφηκαν δίνουν ένα πλούσιο στατιστικό δείγμα, με φωτομετρικές μετρήσεις σε 3 μήκη κύματος.

γ) Ανίχνευση σπάνιων, αλλά μεγάλης σημασίας για την έρευνα, αντικειμένων, όπως εξαιρετικά χαμηλής φωτεινότητας άστρα ή καφέ νάνους. Επίσης αντικείμενα στα οποία παρεμβάλλεται πολύ σκόνη όπως κάποιοι ενεργοί πυρήνες γαλαξιών (AGNs) και σφαιρωτά σμήνη στο Γαλαξιακό επίπεδο.

Από την ανάλυση όλων αυτών των δεδομένων προέκυψαν τα εξής:

α) ένας ψηφιακός Άτλαντας του ουρανού αποτελούμενος από περίπου 4 εκατομμύρια εικόνες

β) ένας κατάλογος σημειακών πηγών που περιέχουν ακριβείς θέσεις και ροές για περισσότερα από 500 εκατομμύρια άστρα

γ) ένας κατάλογος εκτεταμένων πηγών που περιέχει θέσεις και απόλυτα μεγέθη για περισσότερα από 1.600.000 γαλαξίες και άλλα νεφελώματα.

δ) ένας μεγάλος Γαλαξιακός Άτλαντας (LGA) αποτελούμενος από περίπου 600 κοντινούς γαλαξίες και σφαιρωτά σμήνη.

ε) έναν χάρτη που απεικονίζει ολόκληρο τον ουρανό στο υπέρυθρο

4.2 Ισόχρονες

Στην αστρονομία οι ισόχρονες^[57] είναι ένα θεωρητικό κατασκευάσμα που χρησιμοποιείται για να καθορίσει την ηλικία ενός αστρικού σμήνους.

Η πορεία που ακολουθεί ένα άστρο μέσα στο διάγραμμα H-R εξαρτάται από την αρχική του μάζα. Ο χρόνος ζωής διαφέρει από άστρο σε άστρο, με τα μεγαλύτερης μάζας άστρα να ζουν λίγες δεκάδες εκατομμύρια χρόνια, ενώ τα μικρότερα σε μάζα να ζουν μερικά δισεκατομμύρια χρόνια.

Ένας τρόπος να καθορίσουμε τις ηλικίες των αστρικών σμηνών είναι να κατασκευάσουμε υπολογιστικά μοντέλα για άστρα με διαφορετικές μάζες (από 0.1 ηλιακές μάζες έως 10 ηλιακές μάζες με βήμα 0.1) σε συνάρτηση με το χρόνο. Σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα π.χ. κάθε 5 εκατομμύρια χρόνια καταγράφουμε την θερμοκρασία και την φωτεινότητα για κάθε μοντέλο. Έπειτα συνδέουμε την θερμοκρασία και την φωτεινότητα για κάθε άστρο διαφορετικής μάζας στην ίδια ηλικία. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να κατασκευάσουμε ένα θεωρητικό διάγραμμα H – R

για ένα σμήνος σε μία συγκεκριμένη ηλικία. Κάθε τέτοιο στιγμιότυπο ονομάζεται ισόχρονη. Τέλος συγκρίνοντας τις ισόχρονες αυτές με παρατηρησιακά διαγράμματα H-R που αντιστοιχούν σε πραγματικά σμήνη μπορούμε να εκτιμήσουμε τις ηλικίες των σμηνών.

Στην πραγματικότητα οι ισόχρονες είναι ένα επιστημονικό τέχνασμα για την εκτίμηση των ηλικιών. Για κάποιους οι ισόχρονες δεν εξαρτώνται μόνο από τις μάζες των άστρων αλλά και από την αφθονία των χημικών στοιχείων, όπως το H και το He ή ακόμα και από τις διαδικασίες της αστρικής εξέλιξης. Επίσης η μέθοδος αυτή προϋποθέτει ότι όλα τα άστρα έχουν γεννηθεί την ίδια χρονική περίοδο, κάτι που είναι μία καλή προσέγγιση γιατί η περίοδος αστρογέννησης σε μία περιοχή διαρκεί άτι λιγότερο από μερικές δεκάδες εκατομμύρια χρόνια και επειδή τα παρατηρούμενα σμήνη είναι πολύ μεγαλύτερα σε ηλικία η περίοδος της αστρογέννησης θεωρείται αμελητέα σε σχέση με το χρόνο ζωής τους.

Το επιστημονικό κομμάτι που έχει να κάνει με τις ισόχρονες ξεκίνησε την περίοδο 1950 – 60. Η πρώτη αναφορά έγινε από τους P. Demarque και R. Larson στο πανεπιστήμιο του Τορόντο^[59]. Μία άλλη αναφορά έγινε το 1969 από τον Eggen O.^[58]

Η κατασκευή όλο και ακριβέστερων ισόχρονων είναι υψίστης σημασίας αν σκεφτεί κανείς και την πρόοδο που υπάρχει τα τελευταία χρόνια στην θεωρητική κατανόηση της αστρικής εξέλιξης. Για το λόγο αυτό οι ερευνητικές ομάδες προσπαθούν να εξελίξουν τις ισόχρονες εντάσσοντας όλο και περισσότερες πληροφορίες στα μοντέλα τους όπως η αδιαφάνεια, η περιστροφή των άστρων και η διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας στο εσωτερικό τους.

Στα σμήνη που επιλέχθηκαν να αναλυθούν στην εργασία αυτή, έγινε και μία εκτίμηση της ηλικίας τους.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι τελευταίες δημοσιευμένες ισόχρονες^[57], οι οποίες υπάρχουν καταχωρημένες σε μία βάση δεδομένων. Μπορεί κανείς να τις βρει στον ιστότοπο <http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd>.

Στην επιλογή των ισόχρονων έχουμε επιλέξει το φωτομετρικό σύστημα JHKs από τα δεδομένα του προγράμματος 2MASS, όπως φαίνεται παρακάτω.

Photometric system

New to CMD v2.2: The original bolometric correction tables from [Girardi et al. \(2002\)](#) are now deprecated because based on old ATLAS9 spectra. For backward compatibility, they are still available in [CMD v2.1](#).

Choose among the available photometric systems:

They are briefly described [here](#).

For Carbon stars, you can choose bolometric corrections based either on

- [Loidl et al. \(2001\)](#) (as in [Marigo et al. \(2008\)](#) and [Girardi et al. \(2008\)](#)) or on
- [Aringer et al. \(2009\)](#)

εικόνα 4.1: επιλογή καταλόγου (stev.oapd.inaf.it)

Επίσης έχουμε θεωρήσει ότι τα άστρα δεν περιβάλλονται από κάποιο κέλυφος σκόνης όπως δείχνει η επιλογή παρακάτω.

Circumstellar dust

This will only affect stars with significant mass loss, especially the red supergiants, TP-AGB, and upper-RGBs, and only in the case of [Marigo et al. \(2008\)](#) and later tracks. The following choices refer to the RT calculations, which are applied using the scaling relations described in the paper.

Available dust compositions:

	for M stars	for C stars
	<input checked="" type="radio"/> No dust	<input checked="" type="radio"/> No dust
As in Bressan et al. (1998) :	<input type="radio"/> Silicates	<input type="radio"/> Graphites
As in Groenewegen (2006) :	<input type="radio"/> 100% AlOx	<input type="radio"/> 100% AMC

εικόνα 4.2 : επιλογή άστρων χωρίς κέλυφος σκόνης (stev.oapd.inaf.it)

και κάθε φορά επιλέγαμε συγκεκριμένες ισόχρονες σύμφωνα με την ηλικία που μας ενδιέφερε(κυρίως απο 7-10 Gyr) και πάντα κρατούσαμε σταθερή την μεταλλικότητα ίση με $Z=0.0152$ (μεταλλικότητα Ηλίου).

Ages/metallicities

Choose your age and metallicity values using the approximation $[M/H]=\log(Z/Z_{\odot})$, with $Z_{\odot}=0.019$ for *Miglio et al. (2008)* and previous tracks, and $Z_{\odot}=0.0152$ for *PARSEC (Bressan et al. 2012)* tracks,

Warning: with the latest *Girardi et al. (2010)* TP-AGB tracks, the maximum age for a reliable interpolation in metallicity is 13.5 Gyr, or $\log t=10.13$. Please avoid larger ages for the moment.

Single isochrone of $t =$ yr, and $Z =$

Sequence of isochrones of constant metallicity, $Z =$,

from $\log(t/\text{yr}) =$ to at steps of $\Delta(\log t) =$

Sequence of isochrones of constant age, $t =$,

from $Z =$ to at steps of $\Delta Z =$

εικόνα 4.3 : επιλογή μεταλλικότητας ηλίου (stev.oapd.inaf.it)

τα δεδομένα κατέβαιναν σε πίνακες που ύστερα από επεξεργασία στο πρόγραμμα Excel, χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των ηλικιών από τα CMD κάθε σμήνους.

5. Ανάλυση δεδομένων

5.1 Γενικά

1) ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΚΤΙΝΑΣ

Από το σύνολο των φωτομετρικών δεδομένων που έχουμε για κάθε σμήνος, πολλά αντιστοιχούν σε άστρα τα οποία δεν ανήκουν στο ίδιο το σμήνος αλλά στο υπόβαθρο, δηλαδή σε άστρα που είναι σε πολύ μεγαλύτερη απόσταση από αυτή που εντοπίζεται το σμήνος απλά τυχαίνει να βρίσκονται μέσα στο πεδίο παρατήρησης και λήψης των δεδομένων από τον δορυφόρο.

Τα ανοιχτά σμήνη που μελετάμε είναι πολλές φορές χαλαρές συγκεντρώσεις άστρων με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να διαπιστώσει κάποιος με μια πρώτη ματιά αν πραγματικά πρόκειται για σμήνος η όχι, αλλά και να εκτιμήσουμε την έκτασή του. Για να καταλήξουμε στο συμπέρασμα αυτό χρειάζεται να κάνουμε μια κατανομή της πυκνότητας των άστρων που υπάρχουν στην περιοχή παρατήρησης σε συνάρτηση με την απόσταση από το κέντρο. Αν η πυκνότητα αυτή είναι μεγαλύτερη κοντά στο υποτιθέμενο κέντρο του σμήνους που μελετάμε και μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε, με αποτέλεσμα από κάποια απόσταση και μετά να σταθεροποιείται, δηλαδή να βλέπουμε μόνο άστρα του υποβάθρου, τότε υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για την ύπαρξη ενός σμήνους στην υπό μελέτη περιοχή.

Για καλύτερη κατανόηση της μεθόδου παραθέτουμε ένα φανταστικό σμήνος αποτελούμενο από 70 μέλη. Ξεκινάμε επιλέγοντας ένα σταθερό βήμα με το οποίο αυξάνουμε την ακτίνα από το κέντρο του σμήνους (για παράδειγμα 0.5 arcmin κάθε φορά) όπως φαίνεται στην στήλη 1 του παρακάτω πίνακα 5 και μέσα στην περιοχή αυτή μετράμε πόσα άστρα βρίσκονται. Ο αριθμός των άστρων που μετρήθηκαν σε κάθε περιοχή φαίνονται παρακάτω στην στήλη 2 του ίδιου πίνακα.

Πίνακας 5.1 : παράδειγμα υπολογισμού ακτίνας

$r(\text{arcmin})$	N	r (μεσο)	A	$\rho = N/A$
0-0.5	4	0.25	0.785	5.095
0.5-1	6	0.75	2.355	2.547
1-1.5	9	1.25	3.925	2.292
1.5-2	9	1.75	5.495	1.637
2-2.5	12	2.25	7.065	1.698
2.5-3	13	2.75	8.635	1.505
3-3.5	17	3.25	10.205	1.665
σύνολο	70			

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την πυκνότητα των άστρων στις επιμέρους περιοχές με σκοπό να κάνουμε το γράφημα σε συνάρτηση με την ακτίνα και να δούμε αν όντως πρόκειται για σμήνος. Για τον υπολογισμό της πυκνότητας χρησιμοποιούμε τον τύπο

$$\rho = \frac{N}{A} \quad (1)$$

όπου

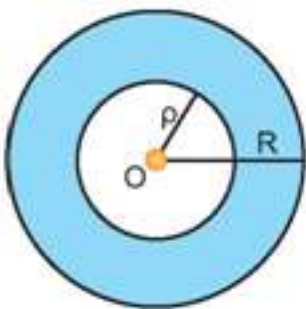
ρ : η πυκνότητα των άστρων

N : ο αριθμός των άστρων σε κάθε περιοχή

A : το εμβαδόν της επιφάνειας που περικλείεται στον δακτύλιο ανάμεσα στις δυο ακτίνες

Ο υπολογισμός για το κάθε εμβαδόν έγινε όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

Ας υποθέσουμε ότι η περιοχή που μας ενδιαφέρει είναι αυτή που φαίνεται με μπλε χρώμα στην παρακάτω εικόνα 5.1



εικόνα 5.1 : εμβαδόν κυκλικού δακτυλίου

Με κέντρο το O , εσωτερική ακτίνα ρ και εξωτερική R το εμβαδόν A του δακτυλίου δίνεται από τον τύπο

$$A = \pi(R^2 - \rho^2) = \frac{2\pi}{2}(R + \rho)(R - \rho) = 2\pi r_{\text{μέσο}} \Delta r \quad (2)$$

όπου

$$r_{\text{μέσο}} = \frac{1}{2}(\rho + R) \quad (3)$$

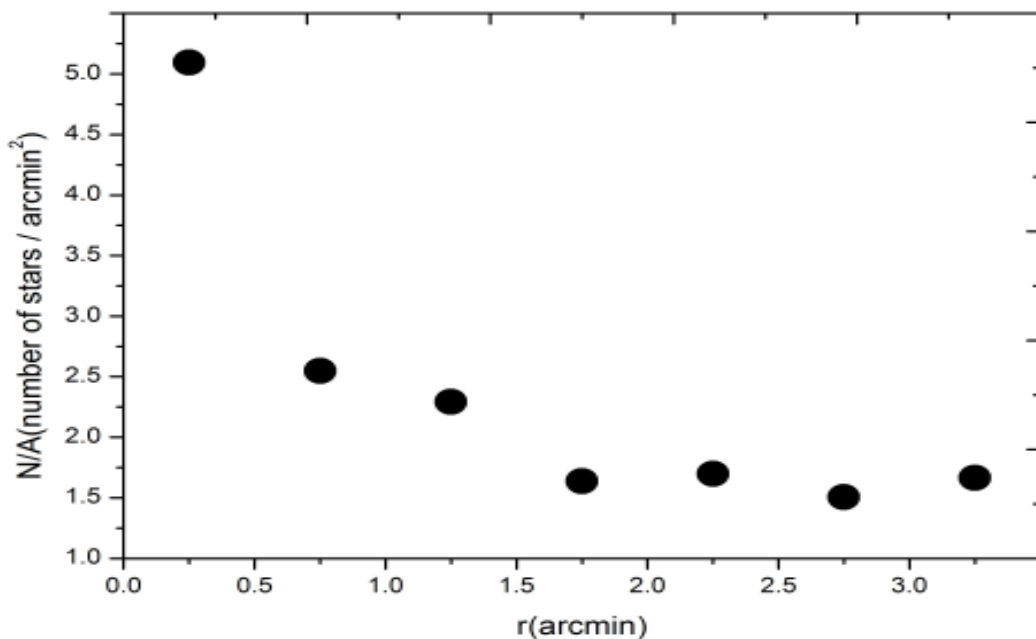
και

$$\Delta r = R - \rho \quad (4)$$

Σύμφωνα με τον τύπο (2),(3) συμπληρώνουμε την τρίτη και τέταρτη στήλη του πίνακα 5 και τέλος με την βοήθεια του τύπου (1) βρίσκουμε την πυκνότητα όπως φαίνεται στην τελευταία στήλη.

Παρατηρώντας την τελευταία στήλη βλέπουμε ότι η πυκνότητα ξεκινά από τιμές γύρω στο 5 και καθώς η ακτίνα μεγαλώνει και απομακρυνόμαστε από το κέντρο πέφτει μέχρι να σταθεροποιηθεί γύρω στην τιμή 1.6. Αυτή η πτώση της πυκνότητας και η σταθεροποίηση της τιμής της από μια ακτίνα και έπειτα είναι δείγμα ότι εκεί υπάρχει ένα σμήνος με ακτίνα 1,5 με 2 arcmin δηλαδή περίπου εκεί που αρχίζει να παίρνει σταθερές τιμές η πυκνότητα. Η παρατήρηση ότι η πυκνότητα των άστρων παραμένει σταθερή από ένα σημείο και μετά είναι δείγμα ότι από εκεί και πιο έξω αρχίζουν τα άστρα του υποβάθρου.

Για του λόγου το αληθές, παρακάτω παραθέτουμε ένα γράφημα(εικόνα 33) της πυκνότητας σε συνάρτηση με την ακτίνα.



εικόνα 5.2 : παράδειγμα υπολογισμού ακτίνας σμήνους

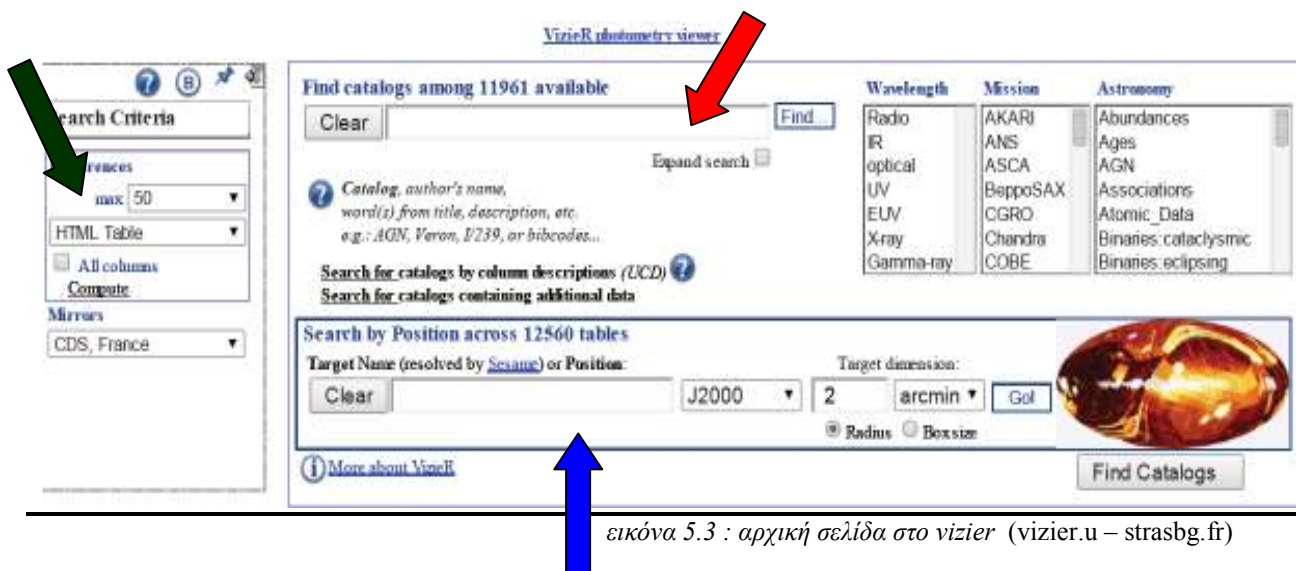
Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα σμήνη που θα παρουσιαστούν στη εργασία αυτή, με σκοπό να υπολογιστεί η ακτίνα τους.

2) ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ H-R ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των διαγραμμάτων είναι τα αποτελέσματα του προγράμματος 2MASS το οποίο είναι μια επισκόπηση του ουρανού σε 3 μήκη κύματος στο υπέρυθρο J (1.25 μm), H (1.65 μm) and K_s (2.17 μm)

Κάνοντας χρήση της σελίδας <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>, το περιβάλλον της οποίας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα 5.3, αναζητήσαμε τα σμήνη που μας ενδιέφεραν ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα.

- i) αρχικά στην περιοχή που υποδεικνύεται από το κόκκινο βελάκι πληκτρολογούμε τον κατάλογο που μας ενδιαφέρει να αναζητήσουμε, στην περίπτωση μας η αναζήτηση γίνεται στον κατάλογο 2MASS.
- ii) στη συνέχεια στο πλαίσιο που δείχνει το μπλε βελάκι δίνουμε τις συντεταγμένες το στόχου μας, στην περίπτωσή μας το εκάστοτε σμήνος. Για παράδειγμα οι συντεταγμένες ενός σμήνους θα μπορούσαν να είναι ορθή αναφορά (R.A.) 10 33 46 και απόκλιση (DEC.) -12 67 43. Επίσης πιο δεξιά δίνουμε το σύστημα των συντεταγμένων που επιλέξαμε (J2000) και την ακτίνα σε arcmin μέσα στα όρια της οποίας επιθυμούμε να γίνει η αναζήτηση.
- iii) Τέλος στην περιοχή που φαίνεται από το πράσινο βελάκι, στο πρώτο πλαίσιο επιλέγουμε τον αριθμό των άστρων για τα οποία θέλουμε να κατεβάσουμε δεδομένα, στην περίπτωσή μας επιλέγουμε το unlimited και στο ακριβώς από κάτω πλαίσιο τον τύπο του αρχείου που θέλουμε να τα αποθηκευτούν, εδώ διαλέγουμε αρχεία τύπου FITS (ASCII)



εικόνα 5.3 : αρχική σελίδα στο vizier (vizier.u – strasbg.fr)

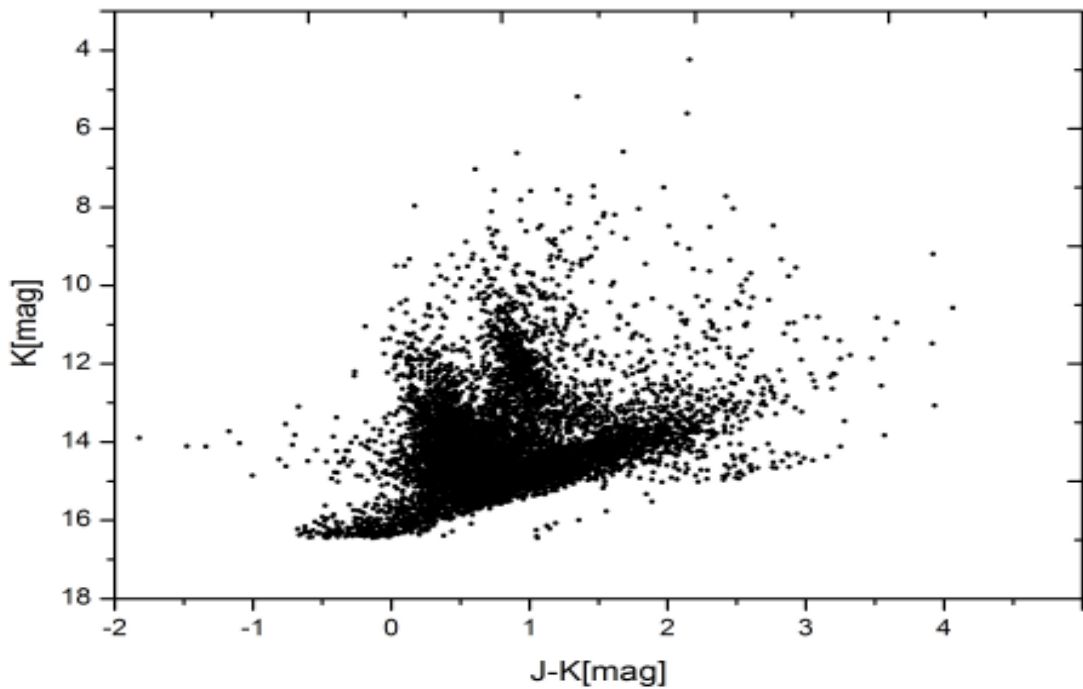
Όταν συμπληρωθούν όλα τα πεδία, πατώντας την επιλογή Go κατεβαίνει το αρχείο με τα δεδομένα μας, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται σε ένα αρχείο Excel για περαιτέρω επεξεργασία.

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα των δεδομένων που περιέχει κάθε στήλη από τους πίνακές μας φαίνεται παρακάτω για ένα υποτιθέμενο άστρο.

Πίνακας 5.2 : τα δεδομένα του vizier

r(arcmin)	4.6083	←	Η απόσταση του άστρου σε arcmin από το κέντρο του σμήνους
RA(J2000)	164.1464	}	←
DEC(J2000)	-61.046829		
RA(J2000)	164.1464	}	←
RA(J2000)	-61.046829		
2MASS	10563513-6102485	←	οι συντεταγμένες του 2MASS
J(mag)	7.751	}	←
e_J(mag)	0.026		
H(mag)	6.404	}	←
e_H(mag)	0.046		
K(mag)	5.609	}	←
e_K(mag)	0.017		
J-K	2.142	←	Υπολογισμός που έγινε στην ανάλυση των δεδομένων και δίνει την διαφορά του J από το K

Αφού τώρα έχουμε όλα μας τα δεδομένα για κάθε άστρο του κάθε σμήνους ξεχωριστά, στην μορφή που παρουσιάσαμε παραπάνω. Χρησιμοποιούμε ένα πρόγραμμα σχεδιασμού διαγραμμάτων με σκοπό να κατασκευάσουμε το φωτομετρικό διάγραμμα του μεγέθους K σε συνάρτηση με το μέγεθος που υπολογίσαμε από την διαφορά των J και K (J-K). Το αποτέλεσμα που παίρνουμε φαίνεται στην εικόνα 5.4 παρακάτω.



εικόνα 5.4 : παράδειγμα κατασκευής διαγράμματος μεγέθους - χρώματος

3) ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΙΣΟΧΡΟΝΩΝ

Κατά τον σχεδιασμό των ισόχρονων πολλές φορές χρειάστηκε η μετατόπισή τους και στους δύο άξονες έτσι ώστε να ταυτίζονται με το σμήνος. Η μετατόπιση γίνεται σύμφωνα με τις παραμέτρους του Reddening (E(J-K)) και του Distance Modulus (D.M.). Πιο συγκεκριμένα στις τιμές του άξονα y προστέθηκε το D.M. ενώ στις τιμές του άξονα x προστέθηκε το (E(J-K)).

Η τιμή που λαμβάνουμε από το WEBDA αντιστοιχεί στο E (B-V), εμείς όμως χρειαζόμαστε το E(J-K), για να γίνει η μετατροπή πολλαπλασιάζουμε την αρχική τιμή με το 0.52^[33]

Αρχικά από τον ιστότοπο WEBDA πήραμε τις πληροφορίες για κάθε σμήνος, για παράδειγμα ένα σμήνος μπορεί να έχει τιμές για το **E(B-V) = 0.60** ενώ για το **D.M = 10.58**. Στη συνέχεια βρίσκουμε το E(J-K) πολλαπλασιάζοντας το E(B-V) με το 0.52, δηλαδή για το υποτιθέμενο σμήνος έχω E(B-V) = 0.312 και D.M. = 10.58. Οι τιμές αυτές προστίθενται αντίστοιχα στον άξονα x όπου υπάρχει το J-K και στον άξονα y όπου υπάρχει το K.

Σχεδιάζοντας τις ισόχρονες στο διάγραμμα αναμένουμε να περνάνε από την περιοχή που εντοπίζεται το σμήνος, αν δεν συμπίπτουν ακριβώς τις διορθώνουμε ανάλογα έτσι να περνάνε από το σμήνος και να μπορούμε να εξάγουμε την ηλικία του. Στα πινακάκια των αναλύσεων φαίνονται όλες οι διορθώσεις που έγιναν σε σύγκριση με την τιμή της βιβλιογραφίας.

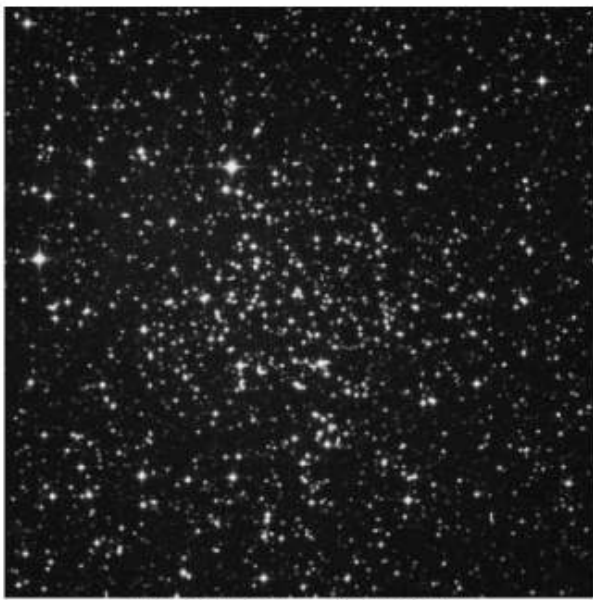
Να σημειωθεί ότι για όλες τις ισόχρονες έχει υποτεθεί ηλιακή μεταλλικότητα $Z = 0.0152$

5.2 Ανοιχτά σμήνη

5.2.1 NGC 2477

Το συγκεκριμένο σμήνος ανακαλύφθηκε από τον Nicholas Louis de Lacaille γύρω στα 1751 και βρίσκεται στον αστερισμό του Κυνός (Puppis). Τα βασικά του χαρακτηριστικά όπως είναι δημοσιευμένα στο WEBDA database φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 5.5, μαζί με μία φωτογραφία του σμήνους.

Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	07 52 10
Declination (2000)	-38 31 48
Galactic longitude	253.563
Galactic latitude	-5.838
Distance [pc]	1222
Reddening [mag]	0.279
Distance modulus [mag]	11.30
Log Age	8.848
Metallicity	+0.01
Notes	



DSS Image: 15 x 15 arcminutes

εικόνα 5.5 :τα χαρακτηριστικά του NGC 2477 στο webda (webda.physics.muni.cz)

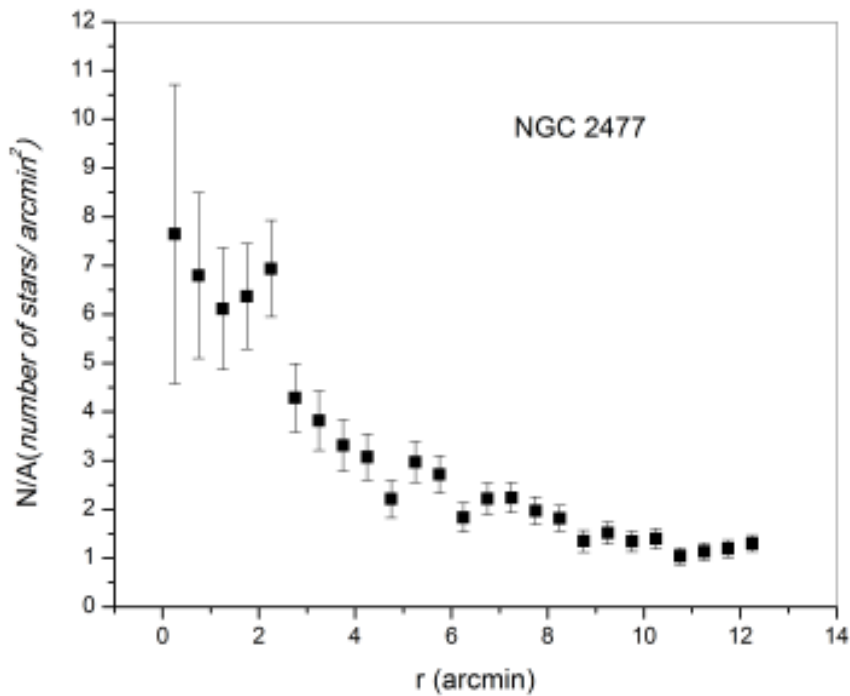
επίσης στην επόμενη εικόνα 5.6 φαίνεται μια άποψη του σμήνους κάτω αριστερά όπως δείχνει το βέλος πίσω από το κοντινότερο σε μας γείτονά του NGC 2451.



εικόνα 5.6: το NGC 2477 ()

Μετά από την ανάλυση των δεδομένων που χρησιμοποιήσαμε κατασκευάσαμε ένα διάγραμμα πυκνότητας άστρων σε συνάρτηση με την ακτίνα του σμήνους από το κέντρο (radial profile) και ένα διάγραμμα χρώματος μεγέθους Color - Magnitude Diagram(CMD)

Στην παρακάτω εικόνα 5.7 φαίνεται το ακτινική κατανομή πυκνότητας του σμήνους.

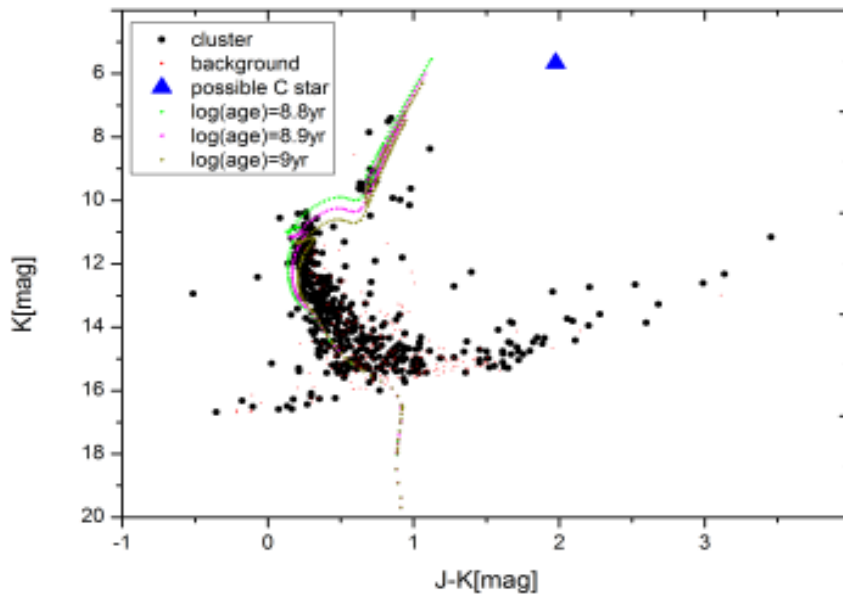


εικόνα 5.7 : ακτινική κατανομή πυκνότητας του NGC 2477

Στον άξονα y φαίνεται η πυκνότητα των άστρων και στον άξονα x η ακτίνα από το κέντρο του σμήνους.

Παρατηρούμε ότι καθώς η ακτίνα μεγαλώνει η πυκνότητα των άστρων πέφτει γιατί όπως είναι αναμενόμενο θα πρέπει να παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση άστρων κοντά στο κέντρο. Μάλιστα από ένα σημείο και μετά, γύρω στα 10 arcmin, φαίνεται να σταθεροποιείται πράγμα που δείχνει ότι από το σημείο αυτό και μετά αρχίζουν τα άστρα του υποβάθρου, που οριοθετούν την έκταση του σμήνους.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το CMD το οποίο κατασκευάστηκε από τα δεδομένα του 2MASS. Στον άξονα y φαίνονται οι τιμές του K ενώ στον άξονα x οι τιμές για το J-K. Τέλος με την βοήθεια των ισόχρονων που τοποθετήσαμε πάνω στο διάγραμμα έχουμε εκτιμήσει την ηλικία του σμήνους.



εικόνα 5.8 : διάγραμμα χρώματος- μεγέθους για το NGC 2477

τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παραπάνω ανάλυση φαίνονται συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα 5.3

Cluster parameters		
RA (2000)	07 ^h 52 ^m 10 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	-38° 31' 48"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	10±0.5	Present work
	7.5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	11.3	WEBDA
Distance Modulus	11.3	Present work
Reddening E(J-K)	0.1395	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.1395	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.85±0.1	Present work
	8.83	Dias 2002-2013

Carbon star		
RA (2000)	07 ^h 52 ^m 37.41 ^s	2 MASS
Dec (2000)	-38° 28' 15.4"	2 MASS
Distance from center	6.42 (arcmin)	
J, J-K	7.64, 1.98	2 MASS
Membership probability	Possible member	

πίνακας 5.3: συμπεράσματα για NGC 2477

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

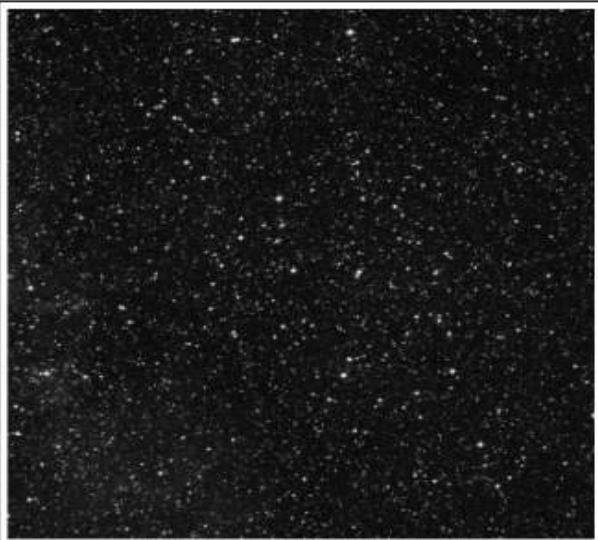
- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.3 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 10 \pm 0.5$ arcmin σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 7.5$ arcmin
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.85 \pm 0,1$ yr αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 8,83$ yr
- 3) οι τιμές που χρειάστηκε να προσθέσουμε στις ισόχρονες ήταν ακριβώς ο ίδιος με αυτές που προτείνονται από το WEBDA, δηλαδή για το E(J-K) προσθέσαμε την τιμή 0,1395 ενώ για το D.M. την τιμή 11.3.
- 4) πιθανή ύπαρξη αστέρα άνθρακα

5.2.2 COLLINDER 236

Το συγκεκριμένο σμήνος βρίσκεται στον αστερισμό Carina.

Οι βασικές παράμετροι και μια φωτογραφία για το σμήνος όπως είναι δημοσιευμένα στη βάση δεδομένων WEBDA φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 5.9

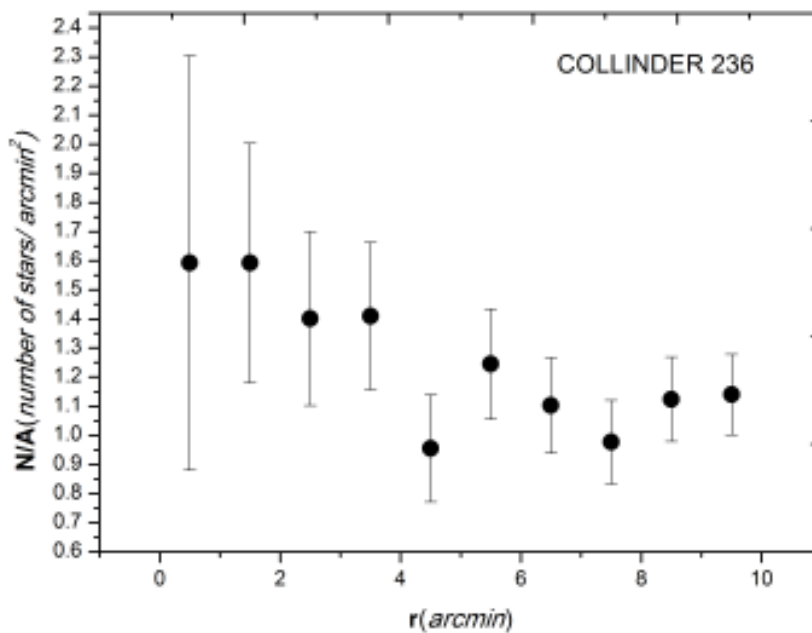
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	10 57 17
Declination (2000)	-61 06 36
Galactic longitude	289.58
Galactic latitude	-1.23
Distance [pc]	800
Reddening [mag]	0.07
Distance modulus [mag]	9.73
Log Age	8.37
Metallicity	
Notes	



DSS Image: 24 x 24 arcminutes

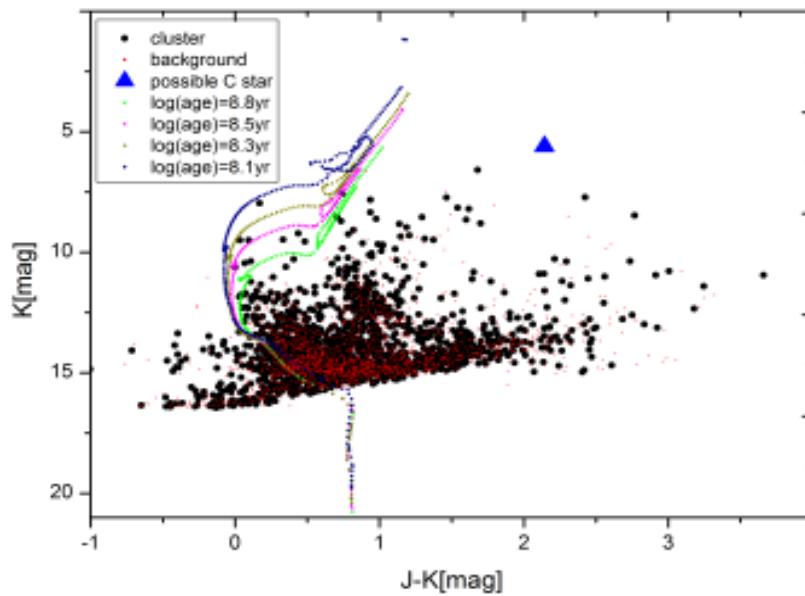
εικόνα 5.9: τα χαρακτηριστικά του COLLINDER 236 στο webda (webda.physics.muni.cz)

όπως φαίνεται από το radial profile του σμήνους, μπορούμε να πούμε ότι η ακτίνα του εντοπίζεται γύρω στα 6 arcmin και από εκεί και μετά φαίνεται το υπόβαθρο.



εικόνα 5.10 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το COLLINDER 236

από την φωτομετρική ανάλυση που κάναμε προέκυψε το παρακάτω K , J-K διάγραμμα με τις αντίστοιχες ισόχρονες.



εικόνα 5.11 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το COLLINDER 236

τα αποτελέσματα της ανάλυσης γι' αυτό το σμήνος παρουσιάζονται στον πίνακα 5.4 παρακάτω

COLLINDER 236

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	10 ^h 56 ^m 51 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	-61° 07' 00"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	6.0±0.5	Present work
	5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	11.44	Turner et al. 2009
Distance Modulus	11.43	Present work
Reddening E(J-K)	0.035	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.03535	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.2±0.1	Present work
	8.37	Dias 2002-2013

<i>Carbon star</i>		
RA (2000)	10 ^h 56 ^m 35.14 ^s	2 MASS
Dec (2000)	-61° 02' 48.6"	2 MASS
Distance from center	4.6 arcmin	
J, J-K	7.51, 2.14	2 MASS
Membership probability	Possibly background CS	

πίνακας 5.4 : συμπεράσματα για το COLLINDER 236

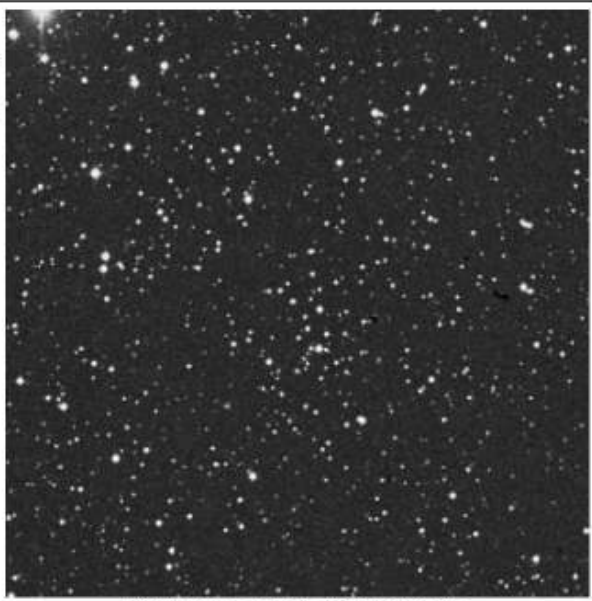
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.4 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 6 \pm 0.5 \text{ arcmin}$ αντίθετα με αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 5 \text{ arcmin}$
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.2 \pm 0,1 \text{ yr}$ αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 8,37 \text{ yr}$
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 11.43 για το D.M. αντίθετα με το 11.44 που υπάρχει στη βιβλιογραφία, επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.03535 για το E(J-K) αντίθετα με το προτεινόμενο 0.035
- 4) το άστρο άνθρακα ανήκει πιθανότατα στα άστρα υποβάθρου

5.2.3 DIAS 2

Τα δεδομένα και η φωτογραφία που φαίνονται παρακάτω είναι δημοσιευμένα στην βάση δεδομένων WEBDA.

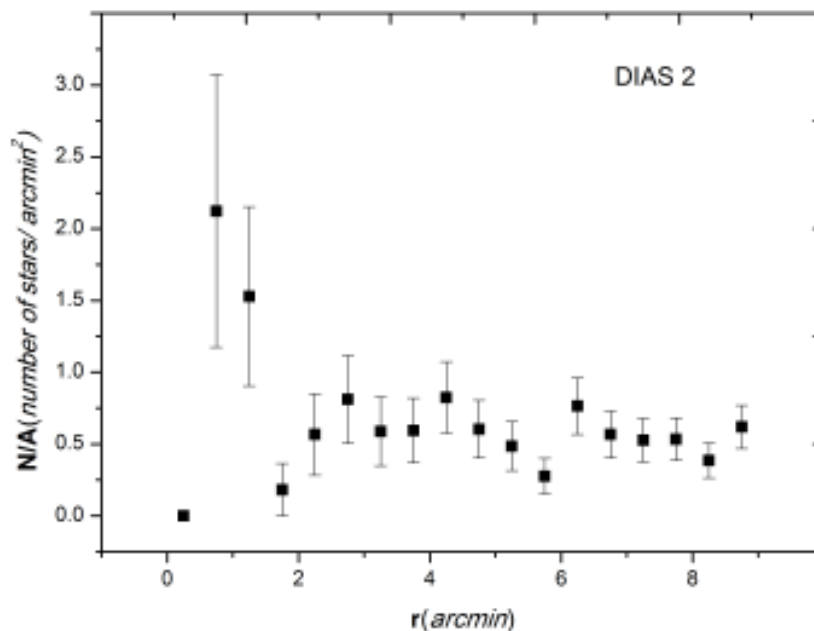
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	06 09 11
Declination (2000)	+04 35 35
Galactic longitude	203.966
Galactic latitude	-7.254
Distance [pc]	2835
Reddening [mag]	0.61
Distance modulus [mag]	14.15
Log Age	8.90
Metallicity	
Notes	



DSS Image: 15 x 15 arcminutes

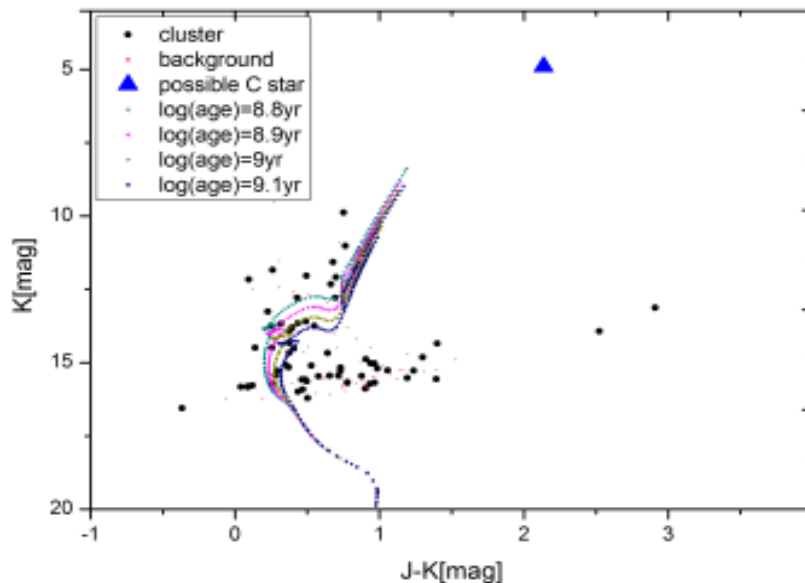
εικόνα 5.12: τα χαρακτηριστικά του DIAS 2 στο webda (webda.physics.muni.cz)

Χρησιμοποιώντας την τεχνική που περιγράψαμε για την κατασκευή των radial profiles κατασκευάσαμε το επόμενο γράφημα



εικόνα 5.13 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το DIAS 2

Το διάγραμμα C.M. του σμήνους μαζί με τις ισόχρονες φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



εικόνα 5.14 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το DIAS 2

τα αποτελέσματα συγκεντρώνονται στον πίνακα 5.5 παρακάτω

DIAS 2

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	06 ^h 09 ^m 11 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	+04° 35' 35"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	2±0.5	Present work
	5.5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	14.15	WEBDA
Distance Modulus	14.15	Present work
Reddening E(J-K)	0.305	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.205	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.9±0.1	Present work
	8.9	Dias 2002-2013

<i>Carbon star</i>		
RA (2000)	06 ^h 09 ^m 07.65 ^s	2 MASS
Dec (2000)	+04° 36' 41.4"	2 MASS
Distance from center	1.38 arcmin	
J, J-K	7.03, 2.14	2 MASS
Membership probability	Likely member	

πίνακας 5.5 : συμπεράσματα για το DIAS 2

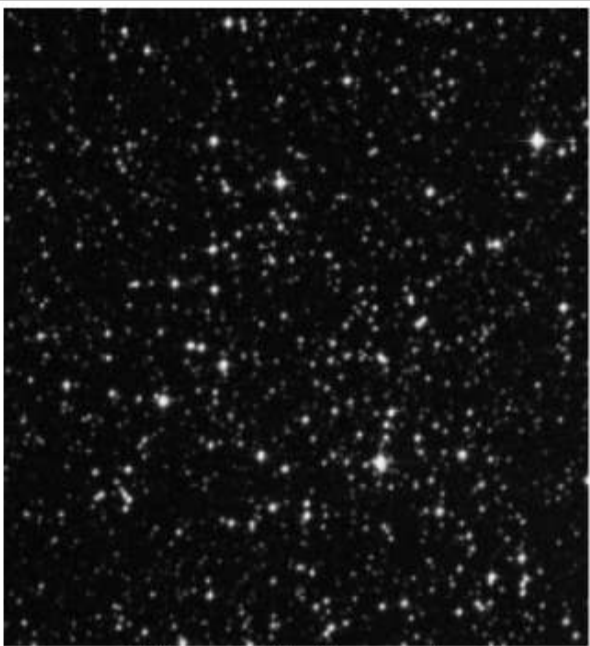
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.5 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 2 \pm 0.5 \text{ arcmin}$ αντίθετα με αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 5.5 \text{ arcmin}$
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.9 \pm 0,1 \text{ Gyr}$ ίση ακριβώς με την προτεινόμενη.
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 14.15 για το D.M. ίδιο με αυτό που υπάρχει στη βιβλιογραφία, επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.205 για το E(J-K) αντίθετα με το προτεινόμενο 0.305
- 4) το άστρο άνθρακα είναι πιθανό μέλος του σμήνους

5.2.4 HAFFNER 14

Το συγκεκριμένο σμήνος βρίσκεται στον αστερισμό Puppis και οι πληροφορίες που υπάρχουν στο WEBDA φαίνονται παρακάτω

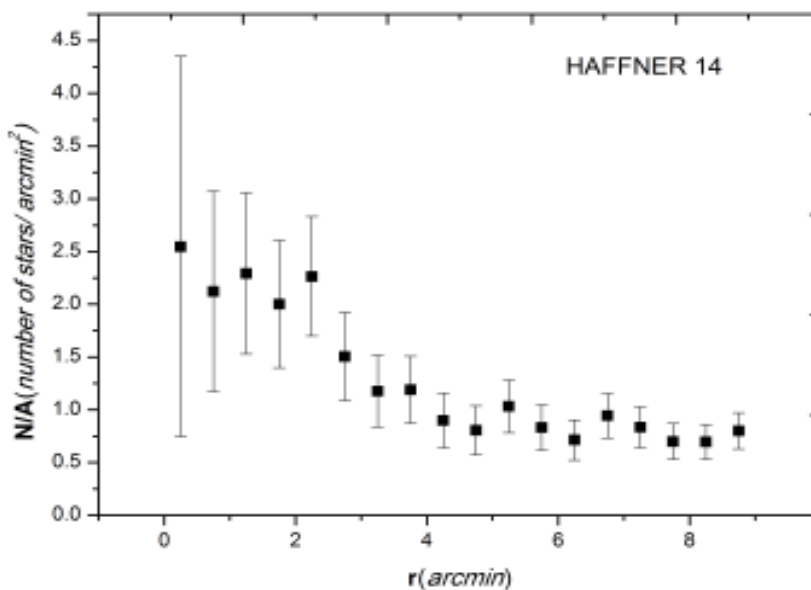
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	07 44 51
Declination (2000)	-28 22 00
Galactic longitude	243.986
Galactic latitude	-2.050
Distance [pc]	
Reddening [mag]	
Distance modulus [mag]	
Log Age	
Metallicity	
Notes	



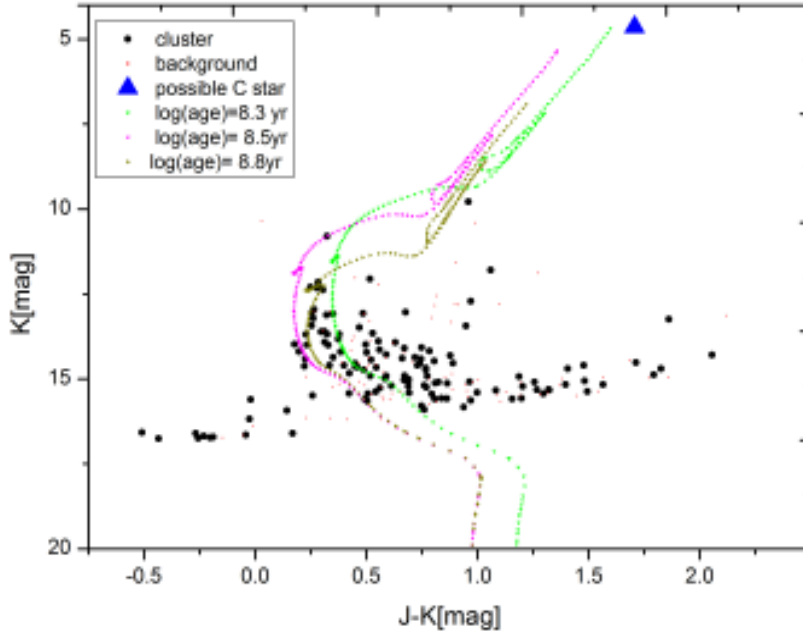
DSS Image: 10 x 10 arcminutes

εικόνα 5.15: τα χαρακτηριστικά του HAFFNER 14 στο webda (webda.physics.muni.cz)

η ακτινική κατανομή πυκνότητας του σμήνους και το CMD παρουσιάζονται παρακάτω



εικόνα 5.16 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το HAFFNER 14



εικόνα 5.17 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το HAFFNER 14

HAFFNER 14

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	07 ^h 44 ^m 51 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	-28° 22' 00"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	6±0.5	Present work
	5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	-	WEBDA
Distance Modulus	12.7	Present work
Reddening E(J-K)	-	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.2353	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.8±0.1	Present work
	8.35	Dias 2002-2013

<i>Carbon star</i>		
RA (2000)	07 ^h 44 ^m 44.64 ^s	2 MASS
Dec (2000)	-28° 24' 07.8"	2 MASS
Distance from center	2.54 (arcmin)	
J, J-K	6.34, 1.71	2 MASS
Membership probability	Likely member	

πίνακας 5.6 : συμπεράσματα για το HAFFNER 14


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.6 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 6 \pm 0.5 \text{ arcmin}$ αντίθετα με αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 5 \text{ arcmin}$
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.8 \pm 0,1 \text{ yr}$ αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $8,35 \text{ yr}$
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 12.7 για το D.M. επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.02353 για το E(J-K). Στην βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη αυτά.
- 4) το άστρο άνθρακα πιθανότατα ανήκει στο σμήνος

5.2.5 NGC 3114

Το σμήνος αυτό ανήκει στον αστερισμό Carina και τα δεδομένα από το WEBDA φαίνονται παρακάτω.

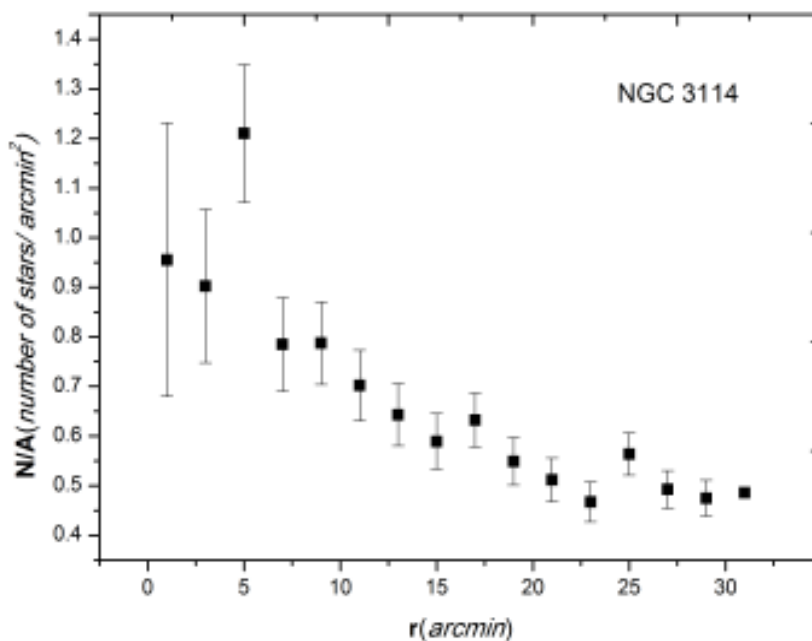
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	10 02 36
Declination (2000)	-60 07 12
Galactic longitude	283.332
Galactic latitude	-3.840
Distance [pc]	911
Reddening [mag]	0.069
Distance modulus [mag]	10.01
Log Age	8.093
Metallicity	+0.02
Notes	



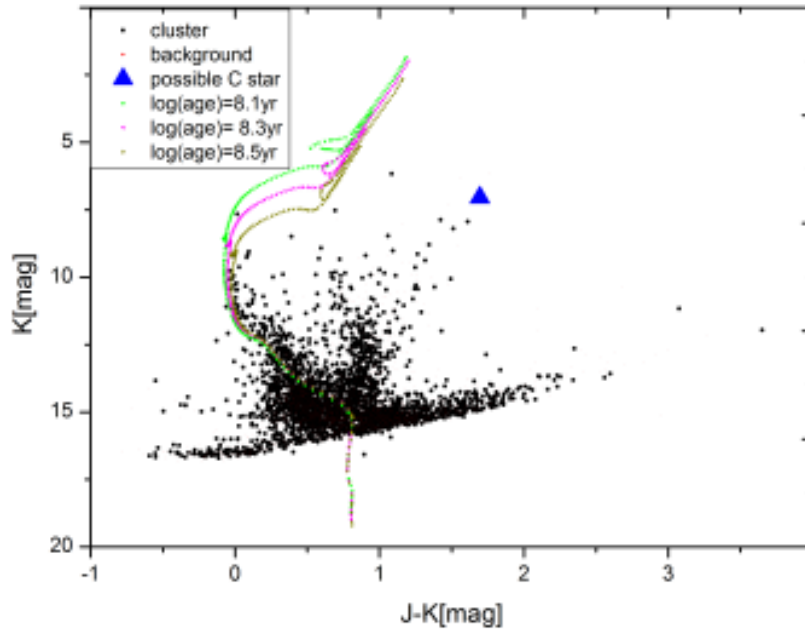
DSS Image: 35 x 35 arcminutes

εικόνα 5.18: τα χαρακτηριστικά του NGC 3114 στο webda (webda.physics.muni.cz)

στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η ακτινική κατανομή πυκνότητας και το CMD



εικόνα 5.19 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το NGC 3114



εικόνα 5.20 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το NGC 3114

Ο παρακάτω πίνακας 5.7 περιέχει τα αποτελέσματα

NGC 3114

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	10 ^h 02 ^m 36 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	-60° 07' 12"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	22.5±0.5	Present work
	17.5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	10.01	WEBDA
Distance Modulus	10.01	Present work
Reddening E(J-K)	0.0345	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.0348	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.2±0.1	Present work
	8.09	Dias 2002-2013

<i>Carbon star</i>		
RA (2000)	10 ^h 02 ^m 06.93 ^s	2 MASS
Dec (2000)	-60° 01' 06.7"	2 MASS
Distance from center	7.08 (arcmin)	
J, J-K	8.74, 1.695	2 MASS
Membership probability	Possible background CS	

πίνακας 5.7 : συμπεράσματα για το NGC 3114


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 10 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 22.5 \pm 0.5$ arcmin αντίθετα με αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 17.5$ arcmin
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.2 \pm 0,1$ yr αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 8,09$ yr
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 10.1 για το D.M. επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.0348 για το E(J-K). Στην βιβλιογραφία δεν οι αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη αυτά είναι 10.1 και 0.0345
- 4) το άστρο άνθρακα ανήκει πιθανότατα στα άστρα του υποβάθρου

5.2.6 NGC 2660

Ανήκει στον αστερισμό Unicorn και ανακαλύφθηκε το 1834 από τον John Herschel, τα δεδομένα από το WEBDA φαίνονται παρακάτω.

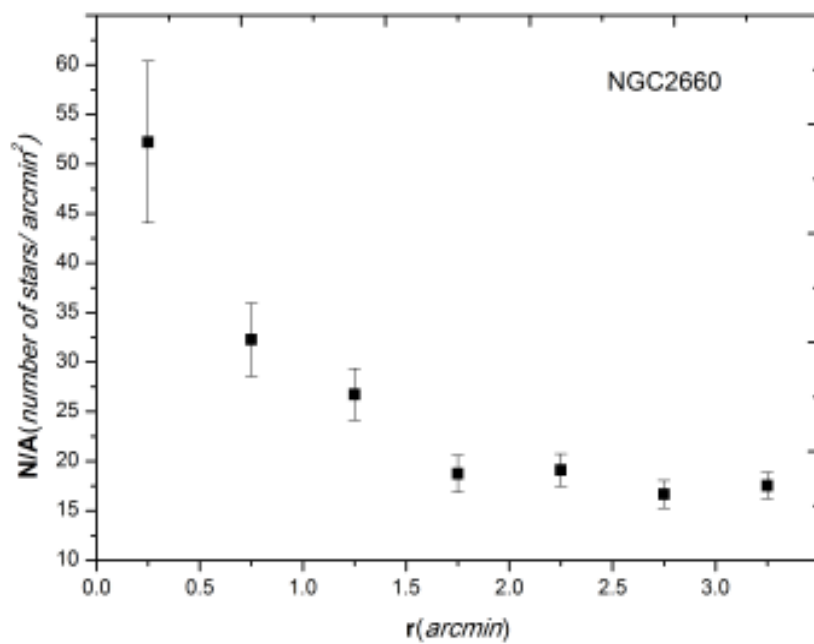
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	08 42 38
Declination (2000)	-47 12 00
Galactic longitude	265.929
Galactic latitude	-3.013
Distance [pc]	2826
Reddening [mag]	0.313
Distance modulus [mag]	13.23
Log Age	9.033
Metallicity	-0.18
Notes	



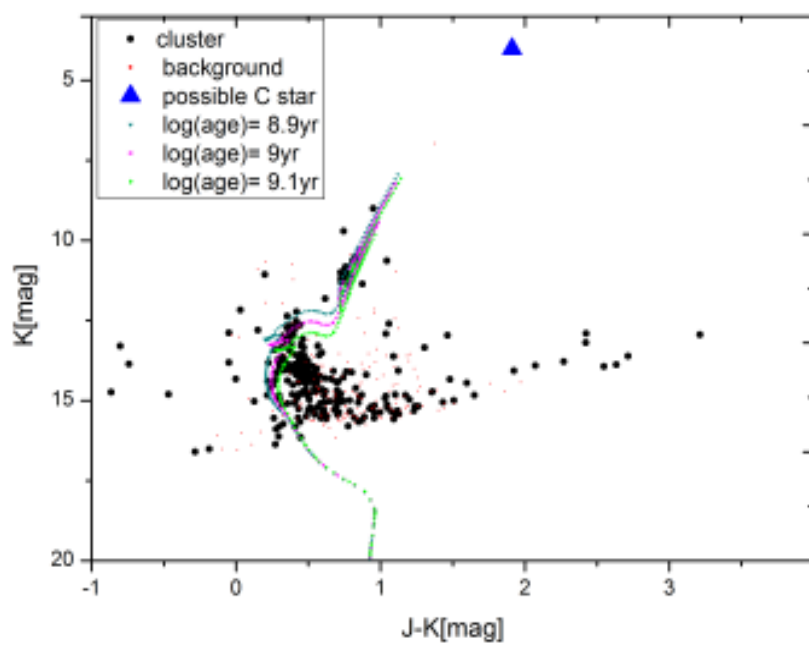
DSS Image: 10 x 10 arcminutes

εικόνα 5.21: τα χαρακτηριστικά του NGC 2660 στο webda (webda.physics.muni.cz)

Στη συνέχεια ακολουθούν η ακτινική κατανομή πυκνότητας και το CMD



εικόνα 5.22 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το NGC 2660



εικόνα 5.23 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το NGC 2660

παρακάτω φαίνεται ο πίνακας 5.8 με τα αποτελέσματα

NGC 2660

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	08 ^h 42 ^m 38 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	-47° 12' 00"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	1.75	Present work
	1.75	Dias 2002-2013
Distance Modulus	13.23	WEBDA
Distance Modulus	13.245	Present work
Reddening E(J-K)	0.1565	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.18	
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.95±0.05	Present work
	9.03	Dias 2002-2013

<i>Carbon star</i>		
RA (2000)	08 ^h 42 ^m 33.84 ^s	2 MASS
Dec (2000)	-47° 12' 25.2"	2 MASS
Distance from center	0.82 (arcmin)	
J,J-K	5.92, 1.91	2 MASS
Membership probability	Likely member	
<i>Carbon star</i>		

πίνακας 5.8 : συμπεράσματα για το NGC 2660


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.8 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 1.75 \pm 0.5$ arcmin ίδια με αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία.
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.95 \pm 0,1$ yr αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 9.03$ yr.
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 13.245 για το D.M. επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.1565 για το E(J-K). Στην βιβλιογραφία οι αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη αυτά είναι 13.23 και 0.18.
- 4) το άστρο άνθρακα πιθανότατα ανήκει στο σμήνος.

5.2.7 ALESSI 5

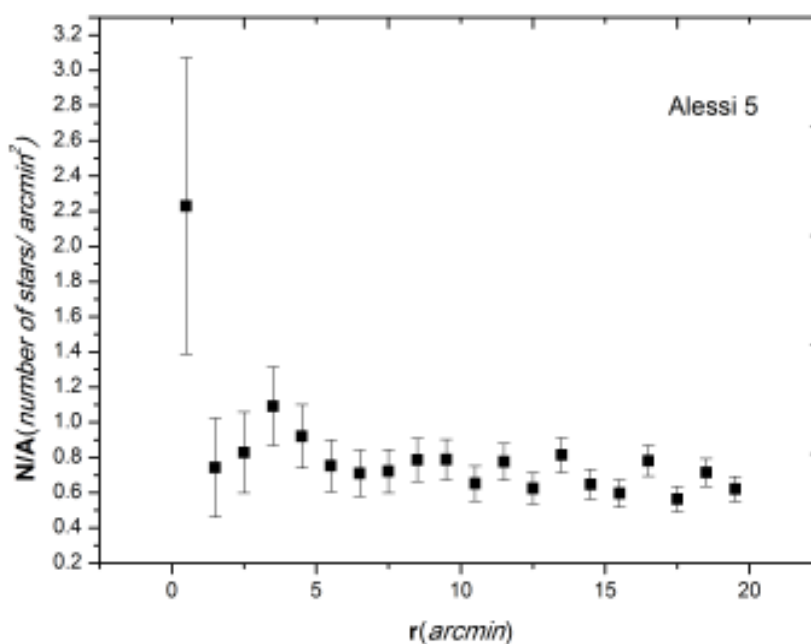
Το Alessi 5 είναι ένα σμήνος που ανήκει στον αστερισμό Carina και οι πληροφορίες που υπάρχουν στο WEBDA γι' αυτό φαίνονται παρακάτω.

Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	10 43 08
Declination (2000)	-61 10 11
Galactic longitude	288.08
Galactic latitude	-2.05
Distance [pc]	398
Reddening [mag]	0.15
Distance modulus [mag]	8.46
Log Age	7.71
Metallicity	
Notes	

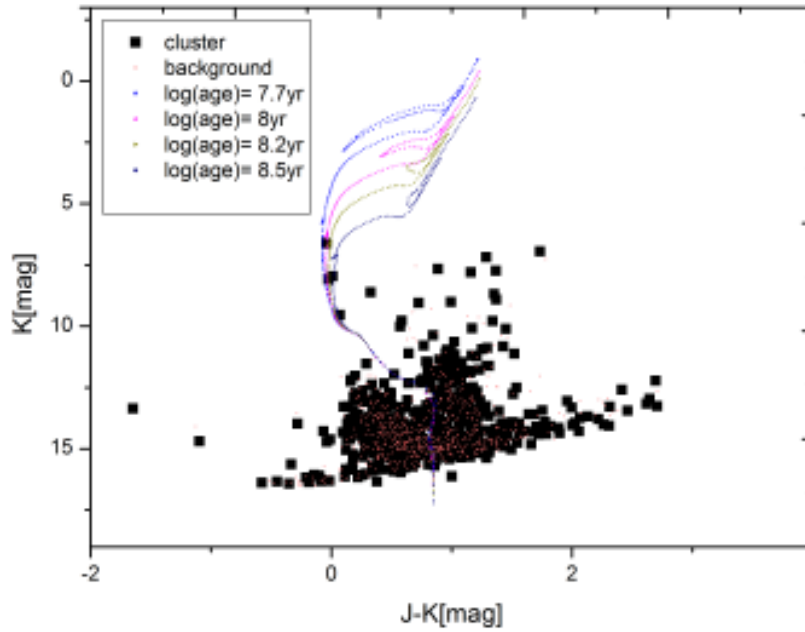


εικόνα 5.24: τα χαρακτηριστικά του ALESSI 5 στο webda (webda.physics.muni.cz)

από την ανάλυση που έγινε προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα.



εικόνα 5.25 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το ALESSI 5



εικόνα 5.26 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το ALESSI 5

τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα 5.9

Alessi 5

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	$10^{\text{h}} 43^{\text{m}} 08^{\text{s}}$	Dias 2002-2013
Dec (2000)	$-61^{\circ} 10' 00''$	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	6.0 ± 0.5	Present work
	16.5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	8.46	WEBDA
Distance Modulus	8.045	Present work
Reddening E(J-K)	0.075	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.075	Present work
Metallicity	Solar ($Z=0.0152$)	assumed
log(Age)	8.2 ± 0.1	Present work
	7.71	Dias 2002-2013

πίνακας 5.9 : συμπεράσματα για το ALESSI 5


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.9 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 6 \pm 0.5$ arcmin σημαντικά μικρότερη από αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 16.5$ arcmin.
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.2 \pm 0,1$ yr αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 7.71$ Gyr.
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 8.045 για το D.M. επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.075 για το E(J-K). Στην βιβλιογραφία οι αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη αυτά είναι 8.46 και 0.075

5.2.8 ALESSI 20

Το Alessi 20 είναι ένα σμήνος που ανήκει στον αστερισμό της Cassiopeia και οι πληροφορίες από το WEBDA φαίνονται παρακάτω

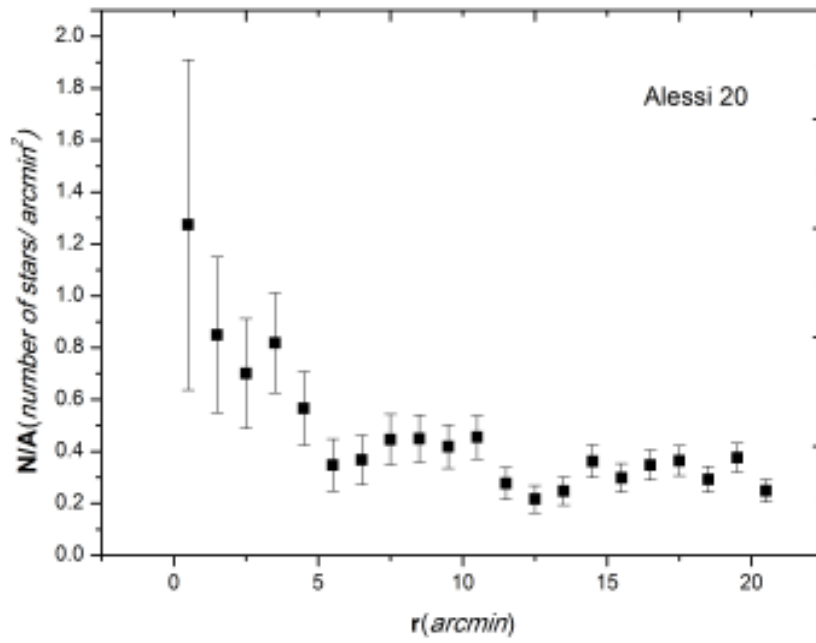
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	00 10 33
Declination (2000)	+58 45 35
Galactic longitude	117.64
Galactic latitude	-3.69
Distance [pc]	450
Reddening [mag]	0.22
Distance modulus [mag]	8.95
Log Age	8.22
Metallicity	
Notes	



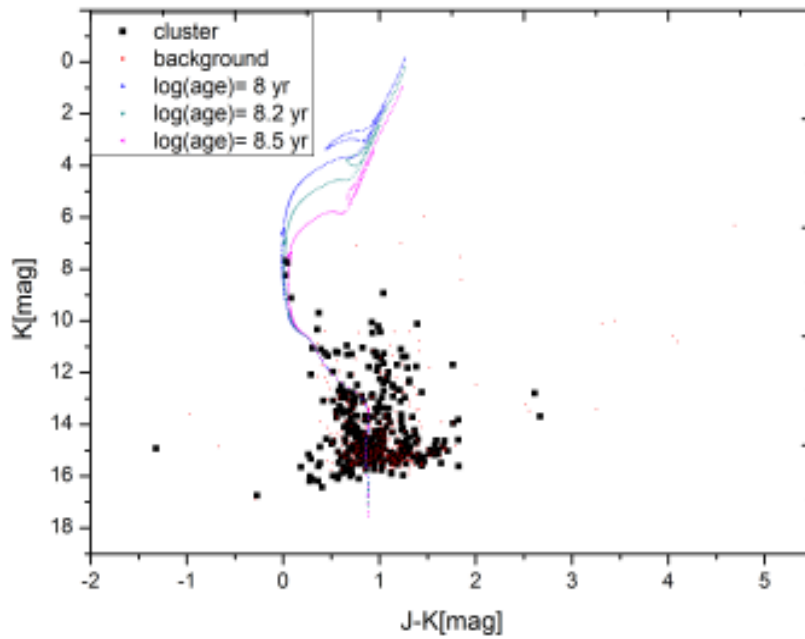
DSS Image: 36 x 36 arcminutes

εικόνα 5.27: τα χαρακτηριστικά του ALESSI 20 στο webda (webda.physics.muni.cz)

Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψαν τα radial profile και CMD που φαίνονται παρακάτω.



εικόνα 5.28 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το ALESSI 20



εικόνα 5.29 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το ALESSI 20

ο παρακάτω πίνακας 5.10 δείχνει συγκεντρωμένες τις πληροφορίες που προέκυψαν από την ανάλυση

Alessi 20

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	00 ^h 10 ^m 34 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	+58° 45' 36"	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	7.5±0.5	Present work
	20	Dias 2002-2013
Distance Modulus	8.95	WEBDA
Distance Modulus	8.33	Present work
Reddening E(J-K)	0.11	WEBDA
Reddening E(J-K)	0.11	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8.5±0.1	Present work
	8.22	WEBDA

πίνακας 5.10 : συμπεράσματα για το ALESSI 20


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 13 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 7.5 \pm 0.5$ arcmin σημαντικά μικρότερη από αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 20$ arcmin
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8.5 \pm 0,1$ yr αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 8.22$ yr.
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 8.33 για το D.M. επίσης στον άξονα των x προσθέσαμε την τιμή 0.11 για το E(J-K). Στην βιβλιογραφία οι αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη αυτά είναι 8.95 και 0.11

5.2.9 BASEL 11A

Το επόμενο σμήνος ανήκει στον αστερισμό Canis Major και οι πληροφορίες από τη βάση WEBDA φαίνονται παρακάτω.

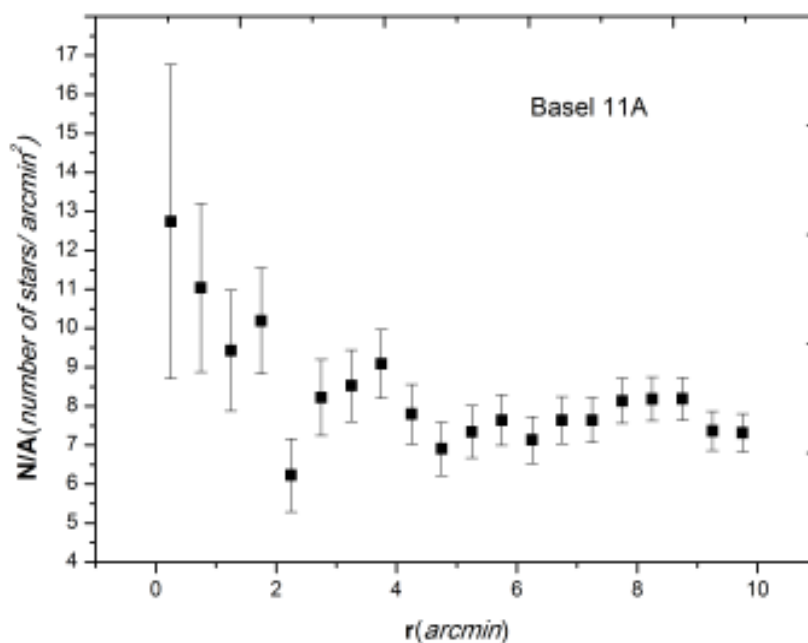
Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	07 17 06
Declination (2000)	-13 58 00
Galactic longitude	228.256
Galactic latitude	-0.776
Distance [pc]	1520
Reddening [mag]	
Distance modulus [mag]	10.91
Log Age	8.30
Metallicity	
Notes	



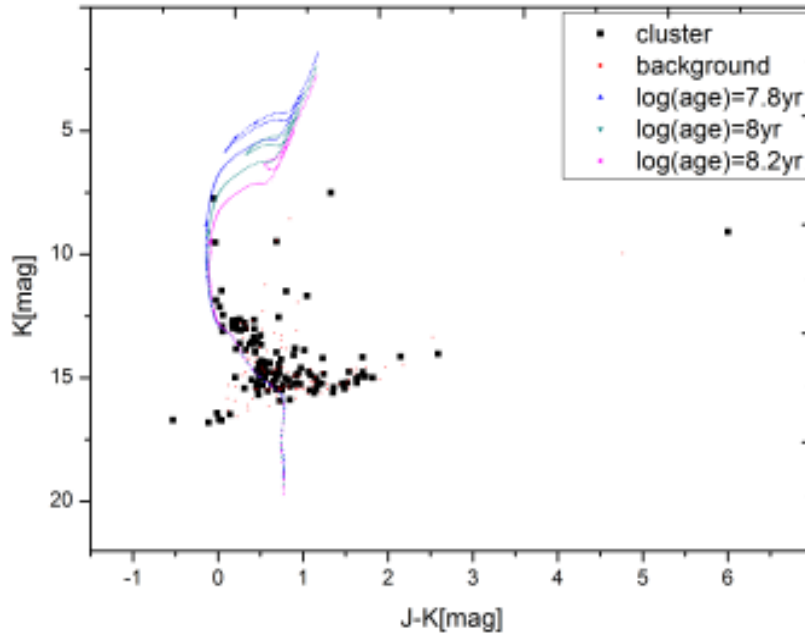
DSS Image: 10 x 10 arcminutes

εικόνα 5.30: τα χαρακτηριστικά του BASEL 11A στο webda (webda.physics.muni.cz)

στα επόμενα γραφήματα παρουσιάζεται η ακτινική κατανομή πυκνότητας και το CMD του σμήνους.



εικόνα 5.31 : ακτινική κατανομή πυκνότητας για το BASEL 11A



εικόνα 5.32 : διάγραμμα χρώματος – μεγέθους για το BASEL 11A

τα αποτελέσματα της ανάλυσης φαίνονται στον πίνακα 5.11 παρακάτω

Basel 11A

<i>Cluster parameters</i>		
RA (2000)	07 ^h 17 ^m 06 ^s	Dias 2002-2013
Dec (2000)	-13° 58' 00''	Dias 2002-2013
Radius (arcmin)	3±0.5	Present work
	2.5	Dias 2002-2013
Distance Modulus	10.91	WEBDA
Distance Modulus	10.9	Present work
Reddening E(J-K)	0.235	WEBDA
Reddening E(J-K)	-	Present work
Metallicity	Solar (Z=0.0152)	Assumed
log(Age)	8±0.1	Present work
	8.3	Dias 2002-2013

πίνακας 5.11 : συμπεράσματα για το BASEL 11A

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για το συγκεκριμένο σμήνος από την ανάλυση που έγινε είναι τα εξής:

- 1) από τον παραπάνω πίνακα 5.11 προκύπτει η ακτίνα του σμήνους $r = 3 \pm 0.5$ arcmin μεγαλύτερη από αυτή που προτείνεται στη βιβλιογραφία $r = 2.5$ arcmin.
- 2) η ηλικία του σμήνους υπολογίστηκε με βάση τις ισόχρονες στα $\log(\text{age}) = 8 \pm 0,1$ yr αντίθετα με την προτεινόμενη που ήταν $\log(\text{age}) = 8.3$ yr
- 3) για την μετατόπιση των ισόχρονων χρειάστηκε να προσθέσουμε στον άξονα των y την τιμή 10.9 για το D.M. , στον άξονα των x δεν χρειάστηκε να προσθέσουμε κάποια τιμή για το E(J-K). Στην βιβλιογραφία οι αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη αυτά είναι 10.91 και 0.235

6. Αποτελέσματα

Ο παρακάτω πίνακας συγκεντρώνει τα βασικά στοιχεία και όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του κάθε σμήνους. Οι ηλικίες που υπολογίστηκαν κατά μέσο όρο διαφέρουν +/- 0.09 από τις υπάρχουσες τιμές της βιβλιογραφίας και οι αντίστοιχες ακτίνες διαφέρουν κατά μέσο όρο +/- 1,83 arcmin

Αστρικό σμήνος	R.A. (2000)	DEC. (2000)	Radius (arcmin)	Distance Modulus	Reddening E(J-K)	log(age)
NGC 2477	07 52 10	-38 31 48	10 ± 0.5	11.3	0.14	8.85 ± 0.1
COLLINDER236	10 56 51	- 61 07 00	6.0 ± 0.5	11.43	0.03535	8.2 ± 0.1
DIAS2	06 09 11	04 35 35	2.0 ± 0.5	14.15	0.205	8.9 ± 0.1
HAFFNER 14	07 44 51	- 28 22 00	6.0 ± 0.5	12.7	0.2353	8.8 ± 0.1
NGC 3114	10 02 36	- 60 0 7 12	22.5 ± 0.5	10.01	0.0348	8.2 ± 0.1
NGC 2660	08 42 38	- 47 12 00	1.75	13.245	0.18	8.95 ± 0.05
ALESSI 5	10 43 08	- 61 10 00	6.0 ± 0.5	8.045	0.075	8.2 ± 0.1
ALESSI 20	00 10 34	58 45 36	7.5 ± 0.5	8.33	0.11	8.5 ± 0.1
BASEL 11A	07 17 06	- 13 58 00	3 ± 0.5	10.9	-	8 ± 0.1

Πίνακας 6.1: βασικά στοιχεία και αποτελέσματα για κάθε σμήνος

Για κάποια από τα σμήνη που παρουσιάστηκαν στην εργασία, έχουν προταθεί μερικά τα οποία είναι υποψήφια να φιλοξενούν αστέρια άνθρακα μέσα στα όρια τους. Οι βασικές πληροφορίες για τα αστέρια αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αστρικό σμήνος	R.A. (2000)	DEC. (2000)	Distance from center (arcmin)	J , J-K	σχολιο
NGC 2477	07 52 37,41	-38 28 15,4	6.42	7.64 , 1.98	PM*
COLLINDER236	10 56 35,14	- 61 02 48,6	4.6	7.51 , 2.14	BCS*
DIAS2	06 09 7,56	04 36 41,4	1.38	7.03 , 2.14	PM
HAFFNER 14	07 44 44,64	- 28 24 07,8	2.54	6.34 , 1.71	PM
NGC 3114	10 02 06,93	- 60 01 06,7	7.08	8.74 , 1.695	BCS
NGC 2660	08 42 33,84	- 47 12 5,2	0.82	5.92 , 1.91	PM

Πίνακας 6.2 : στοιχεία σμηνών με πιθανά αστέρια άνθρακα

* **PM** = possible member

* **BCS** = background carbon star

7. Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων τα βασικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι σε πολλά σμήνη στο Γαλαξία μας τα αποτελέσματα δεν ταυτίζονται απαραίτητα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Οι βασικότερες αποκλίσεις παρατηρήθηκαν στην ακτίνα κάποιων σμηνών όπου διαπιστώσαμε αξιοσημείωτες διαφορές της τάξεως ακόμα και (>100%), οι οποίες καταδεικνύουν την ανάγκη για την συστηματική μελέτη των ανοιχτών σμηνών του Γαλαξία μας.

Διαφορές μικρότερης τάξης συγκριτικά με την ακτίνα, παρατηρήθηκαν επίσης και στις ηλικίες μερικών σμηνών.

Τέλος υπάρχουν μερικά σμήνη που πιθανότατα να φιλοξενούν μέσα στα όρια τους ένα αστέρι άνθρακα.

Με αφετηρία τα νέα στοιχεία που προκύπτουν, στόχος της εργασίας είναι αφενός μεν να βελτιώσει τις υπάρχουσες τιμές για τα βασικά χαρακτηριστικά του κάθε σμήνους, αφετέρου δε να δώσει το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη στο κομμάτι αυτό, όπως για παράδειγμα πιο ακριβείς τιμές για το Reddening ή για το Distance Modulus.

Με αφορμή και τα νέα δεδομένα που θα προκύψουν από τον δορυφόρο GAIA και το πρόγραμμα Gaia - ESO ευελπιστούμε σε μία ακριβέστερη μελλοντική μελέτη.

8. Βιβλιογραφία

1. Jankowski, C., 2010, “Pioneers of Light and Sound”, Compass Point Books.
2. Schiller, J., 2010, “Big Bang & Black Holes”, Emilie M. Smith
3. Gerhard, O., 2002, Space Science Reviews, **100**, Issue 1/4, 129.
4. Jackson, A.M.T., Enthoven, R.E., 1989, “Folk Lore Notes”, Asian Educational Services.
5. Chiappini, C., 2001, American Scientist, **89** , Issue 6, 506
6. Sparke, L., Gallagher, J., 2007, “Galaxies in the Universe: An Introduction” , Cambridge University Press
7. Carroll B.W. and Ostlie D.A. , 2007, “An introduction to modern astrophysics”, Pearson Education Inc.
8. McKee, M., 2005, “Bar at Milky Way's heart revealed”, "New Scientist.
9. Grant, J., Lin, B., 2000, "The Stars of the Milky Way", Fairfax Public Access Corporation.
10. Shen, J., Rich, R. M., Kormendy, J., Howard, C. D., De Propriis, R., Kunder, A., 2010, “Our Milky Way As a Pure-Disk Galaxy A Challenge for Galaxy Formation”, The Astrophysical Journal , **720**, Issue 1, L72.
11. Jones, M. H. , Lambourne, R. J., A., 2004. , “An introduction to Galaxies and Cosmology”, The open Univerity
12. Ghez, A. M. et al., 2008., “Measuring distance and properties of the Milky Way's central supermassive black hole with stellar orbits”, The Astrophysical Journal, **689** ,Issue 2, 1044.
13. Gillessen, S. et al., 2009,“Monitoring stellar orbits around the massive black hole in the Galactic Center”, Astrophysical Journal, **692** , 1075.
14. Majaess, D., 2010, “Concerning the Distance to the Center of the Milky Way and Its Structure”., Acta Astronomica , **60** ,Issue 1, 55..
15. Nishiyama, S. et al. ,2005, “A distinct structure inside the Galactic bar”., The Astrophysical Journal, **621**, Issue 2, L105.
16. Staff , 2005, *"Introduction: Galactic Ring Survey"*., Boston University.
17. Churchwell, E. et al., 2009, “The Spitzer/GLIMPSE surveys: a new view of the Milky Way”, Publications of the Astronomical Society of the Pacific. **121**, Issue 877, 213.
18. Alexander, S. ,1852, “On the origin of the forms and the present condition of some of the clusters of stars, and several of the nebulae”, The Astronomical Journal, **2**, Issue 37, 97.

19. Levine, E. S., Blitz, L., Heiles, C., 2006, “The spiral structure of the outer Milky Way in hydrogen ”, *Science*, **312**, Issue 5781, 1773.
20. McClure-Griffiths, N. M., Dickey, J. M., Gaensler, B. M., Green, A. J., 2004, “A Distant Extended Spiral Arm in the Fourth Quadrant of the Milky Way”, *The Astrophysical Journal*, **611**, Issue 2, L145.
21. Westerholm, R., “Milky Way Galaxy Has Four Arms, Reaffirming Old Data and Contradicting Recent Research”, *University of Herald*.
22. Urquhart, J.S., Figura, C.C., et al, 2013, “The RMS Survey: Galactic distribution of massive star formation”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, in press.
23. McKee, M., 2005, “Spiral arm of Milky Way looms closer than thought” *New Scientist*. Reed Business Information Ltd.
24. Davies, B., Figer, D. F., Kudritzki, R. P., MacKenty, J., Najarro, F., Herrero, A., 2007, “A Massive Cluster of Red Supergiants at the Base of the Scutum - Crux Arm” *The Astrophysical Journal*, **671**, Issue 1, 781.
25. Negueruela, I., González-Fernández, C., Marco, A., Clark, J. S., Martínez-Núñez, S., 2010, “Another cluster of red supergiants close to RSGC1”. *Astronomy and Astrophysics*, **513**, 9.
26. Shiga, D. ,2003, “Two of the Milky Way's spiral arms may be 'demoted'”, *NewScientist*.
27. Finley, D., 2013, Earth's Milky Way Neighborhood Gets More Respect, *National Radio Astronomy Observatory*,
28. Harris, W. E., 2003, “Catalog of Parameters for Milky Way Globular Clusters: TheDatabase”
29. Gupta, A., Mathur, S., Krongold, Y., Nicastro, F., Galeazzi, M., 2012, “A Huge Reservoir of Ionized Gas Around the Milky Way: Accounting for the Missing Mass?”, *The Astrophysical Journal*, **756**, Issue 1, 6.
30. Γούδης X., “Αστροφυσική Ι”, Παν/μίο Πατρών
31. Ξανθόπουλος Β. ,2005, “Περί αστέρων και Συμπάντων” , Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης
32. Nesti F. and Salucci P. ,2013, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* , **2** , Issue 07
33. Fiorucci M. and Munari U. , 2003, *Astronomy and Astrophysics* , **401**, 781
34. Padmanabhan T. , “Theoretical Astrophysics, Vol II : stars and stellar systems”, Cambridge University press.
35. *Encyclopedia of Physics*, 1959, “Astrophysics IV: stellar systems, Vol LIII” , Springer - Verlac
36. *Encyclopedia of astronomy and astrophysics*, 2001, Nature Publishing Group
37. Harris W. E. , 1996, A catalogue of parameters for globular clusters in the Milky Way, *Astron. J.*, **112** , 1487
38. Chaboyer B. , Demarque P. , Kernan P. J. , Krauss L. M. , 1998, The age of globular clusters in

- light of Hipparcos: resolving the age problem? , *Astrophys. J.*, **494** , 96
39. Garmany C. D. , 1994, OB Associations: massive stars in context , *Publ. Astron. Soc. Pacific* , **106** , 25
 40. Michell J. , 1767, An Inquiry into the probable Parallax, and Magnitude, of the Fixed Stars, from the Quantity of Light which they afford us, and the particular Circumstances of their Situation. *Philosophical Transactions*, **57**, 234
 41. Shapley H. , 1930, Star Clusters. Harvard Observatory Monographs, No. 2. McGraw-Hill Book Company, Inc.
 42. Trumpler R. J. , 1930, Preliminary results on the distances, dimensions and space distribution of open star clusters, University of California Press , **14** , 154.
 43. Proctor R. A. , 1869, Preliminary Paper on certain Drifting Motions of the Stars. *Proceedings of the Royal Society of London*, **18**, 169
 44. McClure R. D. , 1985, The Carbon and Related Stars, The Royal Astronomical Society of Canada, **79**, 277.
 45. Cannon, A. J. , Pickering, E. C. , 1918, *Harv Ann.*, **1** , 91
 46. Kontizas, E., Dapergolas, A., Morgan, D. H., Kontizas, M. , 2001, *A&A*, **369**, 932
 47. Hatzidimitriou, D., Morgan, D. H., Cannon, R. D., Croke, B. F. W., 2003, *MNRAS*, **341** , Issue 4, 1290
 48. Alksnis, A., Balklavs, A., Dzervitis, U., Eglitis, I., Paupers, O., Pundure, I. , 2001, General Catalog of Galactic Carbon Stars by C.B.Stephenson 3rd edition, *Baltic Astronomy*, **10**, 1
 49. Evans, L. T. , 2010, Carbon Stars , *J. Astrophys. and Astron.* , **31** , 177
 50. Keenan, P. C. , Morgan, W. W. , 1941, the classification of the red carbon stars, *Ast.. Journal*, **94** , 501
 51. Keenan, P. C. , 1993, Revised MK spectral classification of the red Carbon stars, *Astronomical society of the Pacific*, **105** , 905
 52. Tanaka, M., Letip, A., Nishimaki, Y., Yamamura, T., Motohara, K., Miyata, T., Aoki, W. , 2007, Near-Infrared Spectra of 29 Carbon Stars: Simple Estimates of Effective Temperature , *Astronomical Society of Japan*, **59** , 939
 53. Egret , D. , Albrecht, M.A. , 1995 , *Information and On-Line Data in Astronomy*, Kluwer Academic Press, p. 127-138
 54. Kharchenko, N. V. , Piskunov, A. E , Röser, S , Schilbach, E. , Scholz, R. D. , 2005 , *Astrophysical parameters of Galactic open clusters*, **438**, 1163
 55. Γκαβάς, Θ. , 2011, Μελέτη για την συχνότητα εύρεσης αστέρων άνθρακα μέσα σε αστρικά σμήνη του Γαλαξία μας, πτυχιακή εργασία, ΕΚΠΑ
 56. Skrutskie, M. F. , et al, 2006, The two Micron All Sky Survey (2MASS), *The Astronomical Journal* , **131** , 1163

57. Bressan, A. et al.,2012,Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **427**, Issue 1, 127
58. Eggen, O. J. , Sandage, A. ,1969, Astrophysical Journal, **158**, 685
59. Demarque, P. R. , Larson, R. B. , 1964, Astrophysical Journal, **140**, 544
60. Bekki, K. , Tsujimoto, T. ,2011,MNRAS,**416**, Issue 1, L60
61. Mavrikis, D. , Hatzidimitriou. D. ,2013, 11th Hellenic Astronomical Conference,45

9. Παραρτήματα

9.1 Παράρτημα Α

9.1.1 Πίνακες δεδομένων ανά σμήνος

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα δεδομένα για κάθε σμήνος όπως ελήφθησαν από την βάση δεδομένων.

Να σημειωθεί ότι λόγω του μεγάλου αριθμού των πληροφοριών παρατίθεται μόνο η πρώτη σελίδα από τον συνολικό πίνακα. Ολόκληροι οι πίνακες επισυνάπτονται στο CD που συνοδεύει την εργασία.

NGC 2477

<i>r</i>	<i>_RAJ200</i>	<i>_DEJ200</i>	<i>_RAJ200</i>	<i>_DEJ200</i>	<i>_2MASS</i>	<i>Jmag</i>	<i>e_Jmag</i>	<i>Hmag</i>	<i>e_Hmag</i>	<i>Kmag</i>	<i>e_Kmag</i>	<i>Qflg</i>	<i>Rflg</i>	<i>Bflg</i>	<i>Cflg</i>	<i>Xflg</i>	<i>Aflg</i>
0.1197	118.044	-38.53088	118.044	-38.53088	07521054-	16.23	0.1	15.868	0.155	14.953	0.128	ABB	222	111	ccc	0	0
0.1393	118.0412	-38.52777	118.0412	-38.52777	07520989-	12.345	0.039	12.11	0.05	12	0.035	AAA	222	111	0	0	0
0.1738	118.039	-38.52803	118.039	-38.52803	07520934-	16.179	0.282	14.739		14.329		DUU	200	100	c00	0	0
0.2186	118.0446	-38.52715	118.0446	-38.52715	07521069-	10.274	0.023	9.785	0.024	9.605	0.019	AAA	222	111	0	0	0
0.2317	118.0416	-38.52614	118.0416	-38.52614	07520999-	13.284	0.114	12.767	0.133	12.575	0.113	BBB	222	111	ccc	0	0
0.3031	118.043	-38.52506	118.043	-38.52506	07521032-	11.03	0.028	10.79	0.043	10.738	0.034	AAA	222	111	0	0	0
0.3077	118.0402	-38.53499	118.0402	-38.53499	07520963-	16.791	0.167	15.869	0.153	15.27	0.19	CBC	222	111	cc0	0	0
0.4018	118.0438	-38.52353	118.0438	-38.52353	07521052-	15.961	0.216	15.234	0.207	13.279		CCU	220	110	cc0	0	0
0.4181	118.0356	-38.53511	118.0356	-38.53511	07520854-	11.851	0.029	11.645	0.03	11.565	0.024	AAA	222	111	0	0	0
0.4586	118.0498	-38.53421	118.0498	-38.53421	07521195-	15.197	0.044	14.743	0.047	14.628	0.106	AAA	222	111	0	0	0
0.4731	118.0502	-38.52583	118.0502	-38.52583	07521205-	15.694	0.065	15.402	0.088	14.654	0.107	AAB	222	111	ccc	0	0
0.481	118.0327	-38.52616	118.0327	-38.52616	07520784-	11.178	0.024	10.981	0.021	10.885	0.021	AAA	222	111	0	0	0
0.5371	118.0465	-38.53811	118.0465	-38.53811	07521116-	10.661	0.023	10.472	0.022	10.406	0.021	AAA	222	111	0	0	0
0.5455	118.0533	-38.52992	118.0533	-38.52992	07521278-	11.4	0.024	11.206	0.024	11.117	0.024	AAA	222	111	0	0	0
0.564	118.03	-38.5322	118.03	-38.5322	07520719-	13.904	0.04	13.474	0.035	13.486	0.047	AAA	222	111	c00	0	0
0.5688	118.033	-38.52336	118.033	-38.52336	07520792-	14.441	0.052	14.031	0.069	14.06	0.065	AAA	222	111	c00	0	0
0.5795	118.0508	-38.52348	118.0508	-38.52348	07521218-	13.328	0.022	13.064	0.021	13.08	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.6135	118.0286	-38.52972	118.0286	-38.52972	07520686-	13.038	0.039	12.778	0.047	12.638	0.044	AEA	222	111	0	0	0
0.6151	118.0347	-38.5387	118.0347	-38.5387	07520833-	15.198	0.057	14.844	0.079	14.847	0.134	AAB	222	222	ccc	0	0
0.6216	118.0372	-38.52025	118.0372	-38.52025	07520892-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6301	118.0302	-38.52452	118.0302	-38.52452	07520725-	15.901	0.118	15.516	0.149	15.25		BBU	220	110	cc0	0	0
0.6338	118.0333	-38.52171	118.0333	-38.52171	07520799-	14.598	0.044	14.273	0.038	14.127	0.087	AAA	222	111	0	0	0
0.6425	118.0491	-38.52101	118.0491	-38.52101	07521178-	16.344	0.112	15.925	0.152	14.633		BBU	220	110	cc0	0	0
0.6502	118.0283	-38.53296	118.0283	-38.53296	07520680-	13.221	0.056	12.918	0.076	12.895	0.057	AAA	222	111	0	0	0
0.6705	118.0361	-38.54028	118.0361	-38.54028	07520865-	16.204	0.107	15.884	0.163	15.475	0.23	ACD	222	111	ccc	0	0
0.6798	118.0339	-38.53954	118.0339	-38.53954	07520812-	13.932	0.051	13.603	0.06	13.263		AAU	226	330	cc0	0	0
0.6839	118.0547	-38.53516	118.0547	-38.53516	07521311-	14.472	0.03	14.041	0.037	13.871	0.057	AAA	222	111	0	0	0
0.6964	118.0272	-38.52746	118.0272	-38.52746	07520652-	12.921	0.036	12.686	0.034	12.682	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.708	118.0425	-38.54178	118.0425	-38.54178	07521019-	13.353	0.032	13.065	0.034	12.965	0.038	AAA	222	111	00s	0	0
0.7258	118.0536	-38.52227	118.0536	-38.52227	07521285-	13.966	0.024	13.548	0.035	13.446	0.046	AAA	222	111	0	0	0
0.7306	118.0341	-38.54063	118.0341	-38.54063	07520817-	15.555	0.068	15.379	0.096	13.875		AAU	226	220	cc0	0	0

COLLINDER 236

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.1316	164.2169	-61.11609	164.2169	-61.11609	10565205-	15.558	0.076	15.152	0.091	15.34		AAU	220	110	0	0	0
0.178	164.2124	-61.1137	164.2124	-61.1137	10565097-	14.352	0.042	13.868	0.055	13.831	0.068	AAA	222	111	0	0	0
0.1826	164.217	-61.11878	164.217	-61.11878	10565208-	15.329	0.059	14.903	0.063	14.93	0.149	AAB	222	111	c00	0	0
0.2381	164.2075	-61.11982	164.2075	-61.11982	10564980-	15.994		15.037	0.123	14.198	0.09	UBA	22	11	0	0	0
0.2523	164.2072	-61.11333	164.2072	-61.11333	10564972-	15.649	0.096	14.841		15.165	0.181	AUC	202	101	0	0	0
0.255	164.2204	-61.11852	164.2204	-61.11852	10565290-	14.244	0.044	13.923	0.055	13.733	0.062	AAA	222	111	0	0	0
0.2756	164.2039	-61.11867	164.2039	-61.11867	10564894-	15.491	0.079	15.293	0.118	15.218		ABU	220	110	0	0	0
0.3074	164.2093	-61.12156	164.2093	-61.12156	10565023-	15.776	0.112	15.353	0.116	14.709		BBU	220	110	0	0	0
0.3156	164.214	-61.12188	164.214	-61.12188	10565136-	14.744	0.044	14.409	0.048	14.097	0.081	AAA	222	111	0	0	0
0.3262	164.2196	-61.12087	164.2196	-61.12087	10565271-	13.674	0.034	12.907	0.033	12.609	0.029	AAA	222	111	0	0	0
0.3651	164.2008	-61.11898	164.2008	-61.11898	10564820-	15.523	0.084	14.981	0.141	14.421		ABU	220	110	cc0	0	0
0.393	164.2117	-61.11013	164.2117	-61.11013	10565079-	15.823	0.097	15.341	0.108	15.189	0.187	ABC	222	111	0	0	0
0.424	164.2207	-61.11082	164.2207	-61.11082	10565297-	15.708	0.087	15.287	0.123	15.331		ABU	220	110	0	0	0
0.4408	164.2135	-61.1124	164.2135	-61.1124	10565124-	16.023	0.105	14.604	0.057	14.237	0.073	AAA	222	111	0	0	0
0.4521	164.2092	-61.12403	164.2092	-61.12403	10565019-	16.176	0.139	16.665		16.186		BUU	200	100	0	0	0
0.4638	164.1976	-61.11945	164.1976	-61.11945	10564741-	12.725	0.032	12.665	0.033	12.642	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.4682	164.2265	-61.11276	164.2265	-61.11276	10565435-	14.276	0.055	13.312	0.041	12.955	0.041	AAA	222	112	00c	0	0
0.4734	164.2261	-61.12106	164.2261	-61.12106	10565425-	12.216	0.026	11.555	0.022	11.384	0.021	AAA	222	111	0	0	0
0.4818	164.2039	-61.10978	164.2039	-61.10978	10564894-	14.921	0.044	14.646	0.052	14.571	0.111	AAB	222	111	0	0	0
0.4931	164.1955	-61.11686	164.1955	-61.11686	10564691-	13.448	0.038	12.741	0.036	12.577	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.5064	164.1982	-61.11182	164.1982	-61.11182	10564756-	15.334	0.057	15.175	0.091	15.137		AAU	220	110	0	0	0
0.5142	164.2185	-61.12473	164.2185	-61.12473	10565244-	15.574	0.066	15.144	0.085	15.614		AAU	220	110	0	0	0
0.516	164.2288	-61.11324	164.2288	-61.11324	10565491-	15.04	0.041	14.403	0.023	14.237	0.073	AAA	222	112	ccc	0	0
0.5398	164.2309	-61.118	164.2309	-61.118	10565542-	16.353		14.896	0.091	14.09	0.081	UAA	22	11	0	0	0
0.5713	164.2319	-61.11501	164.2319	-61.11501	10565565-	15.058	0.047	14.758	0.061	14.715	0.118	AAB	222	111	c0c	0	0
0.5749	164.1962	-61.12211	164.1962	-61.12211	10564708-	11.931	0.032	11.833	0.025	11.802	0.026	AAA	222	111	0	0	0
0.5842	164.1924	-61.11641	164.1924	-61.11641	10564616-	15.689	0.121	15.123	0.125	14.26		BBU	220	110	cc0	0	0
0.5992	164.2064	-61.10712	164.2064	-61.10712	10564953-	16.183	0.125	15.41		15.702		BUU	200	100	0	0	0
0.6228	164.2208	-61.10709	164.2208	-61.10709	10565299-	16.414	0.154	16.602		16.27		BUU	200	100	0	0	0
0.6345	164.192	-61.11292	164.192	-61.11292	10564608-	13.621	0.041	13.519	0.052	13.517	0.051	AAA	222	111	0	0	0
0.6375	164.2257	-61.12516	164.2257	-61.12516	10565417-	13.491	0.038	13.21	0.039	13.107	0.038	AAA	222	111	0	0	0
0.638	164.206	-61.12682	164.206	-61.12682	10564943-	14.391	0.055	14.136	0.088	13.752	0.077	AAA	222	111	0	0	0
0.6458	164.1905	-61.11494	164.1905	-61.11494	10564572-	16.183	0.117	15.547		15.882		BUU	200	100	c00	0	0
0.6486	164.2136	-61.12746	164.2136	-61.12746	10565126-	13.84	0.036	13.398	0.038	13.283	0.051	AAA	222	111	0	0	0
0.6687	164.1934	-61.11045	164.1934	-61.11045	10564640-	16.045	0.112	15.237		15.804		BUU	200	100	0	0	0
0.6793	164.1978	-61.10785	164.1978	-61.10785	10564747-	16.127	0.113	16.669		16.404		BUU	200	100	0	0	0
0.6802	164.2312	-61.12351	164.2312	-61.12351	10565549-	14.537	0.043	14.171	0.033	14.11	0.07	AAA	222	111	Op0	0	0

DIAS 2

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.3352	92.29047	4.594665	92.29047	4.594665	06090971+	15.565	0.058	15.528	0.121	15.273		ABU	220	110	0	0	0
0.3785	92.29194	4.588079	92.29194	4.588079	06091006+	16.717	0.154	15.713	0.136	15.525	0.19	BBC	222	111	ccc		0
0.4095	92.29277	4.586953	92.29277	4.586953	06091026+	14.747	0.041	14.522	0.057	14.49	0.089	AAA	222	111	0	0	0
0.4837	92.29936	4.585799	92.29936	4.585799	06091184+	16.102	0.083	15.938	0.165	15.446	0.192	ACC	222	111	0	0	0
0.4953	92.28885	4.597492	92.28885	4.597492	06090932+	16.114	0.108	16.028	0.197	14.816		ACU	220	110	cc0		0
0.5459	92.30358	4.597863	92.30358	4.597863	06091285+	12.528	0.023	12.144	0.023	12.033	0.021	AAA	222	111	0	0	0
0.5463	92.3003	4.600999	92.3003	4.600999	06091207+	14.296	0.027	13.838	0.033	13.747	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.5898	92.28643	4.590089	92.28643	4.590089	06090874+	12.1	0.023	11.936	0.023	11.84	0.023	AAA	222	111	0	0	0
0.6381	92.30436	4.586666	92.30436	4.586666	06091304+	16.71	0.151	15.785	0.149	16.207		BBU	220	110	0	0	0
0.6562	92.28648	4.598775	92.28648	4.598775	06090875+	12.984	0.024	12.4	0.023	12.321	0.019	AAA	222	111	0	0	0
0.6877	92.30706	4.595555	92.30706	4.595555	06091369+	15.792	0.068	15.166	0.088	14.886	0.115	AAB	222	111	0	0	0
0.7105	92.29174	4.58194	92.29174	4.58194	06091001+	12.245	0.026	11.682	0.023	11.567	0.023	AAA	222	111	0	0	0
0.8019	92.30836	4.597827	92.30836	4.597827	06091400+	14.633	0.039	14.431	0.057	14.494	0.085	AAA	222	111	0	0	0
0.8046	92.28972	4.605001	92.28972	4.605001	06090953+	13.225	0.027	12.925	0.026	12.794	0.021	AAA	222	111	00c		0
0.8971	92.29542	4.578109	92.29542	4.578109	06091089+	14.013	0.027	13.804	0.035	13.765	0.045	AAA	222	111	0	0	0
0.9013	92.31013	4.597808	92.31013	4.597808	06091443+	16.32	0.116	15.846		15.264		BUU	200	100	c00		0
0.9612	92.28074	4.587555	92.28074	4.587555	06090737+	15.994	0.081	15.461	0.114	15.029	0.128	ABB	222	111	0	0	0
1.0105	92.31131	4.586305	92.31131	4.586305	06091471+	16.784	0.162	16.053	0.202	15.882	0.25	CCD	222	111	0	0	0
1.027	92.30313	4.608552	92.30313	4.608552	06091275+	15.313	0.042	14.96	0.073	14.672	0.093	AAA	222	111	0	0	0
1.0904	92.2834	4.579767	92.2834	4.579767	06090801+	13.484	0.024	13.263	0.032	13.257	0.033	AAA	222	111	0	0	0
1.0983	92.27969	4.601786	92.27969	4.601786	06090712+	14.274	0.029	14.064	0.035	13.896	0.056	AAA	222	111	0cc		0
1.1134	92.30697	4.578188	92.30697	4.578188	06091367+	14.704	0.033	14.339	0.055	14.328	0.067	AAA	222	111	0	0	0
1.1144	92.27794	4.587861	92.27794	4.587861	06090670+	15.868	0.084	15.442	0.117	15.827	0.278	ABD	222	111	00c		0
1.1815	92.27716	4.586633	92.27716	4.586633	06090651+	16.656	0.16	15.916		15.722		CUU	200	100	c00		0
1.1873	92.31559	4.591133	92.31559	4.591133	06091574+	16.136	0.082	15.577	0.135	15.64	0.28	ABD	222	111	0	0	0
1.2067	92.29938	4.612854	92.29938	4.612854	06091185+	16.042	0.104	15.825	0.168	15.463		ACU	220	110	0	0	0
1.2173	92.29021	4.573556	92.29021	4.573556	06090965+	14.193	0.027	13.964	0.03	13.796	0.041	AAA	222	111	0	0	0
1.2219	92.29759	4.613346	92.29759	4.613346	06091142+	16.185	0.117	16.201	0.231	16.551		BDU	220	110	0c0		0
1.2246	92.27585	4.597514	92.27585	4.597514	06090620+	15.971	0.083	15.449	0.111	15.719	0.219	ABD	222	111	0cc		0
1.2659	92.27503	4.589188	92.27503	4.589188	06090600+	15.419	0.051	15.08	0.08	15.068	0.134	AAB	222	111	0	0	0
1.2927	92.27704	4.6037	92.27704	4.6037	06090648+	15.928	0.075	15.699	0.136	15.839	0.263	ABD	222	111	ccc		0
1.2988	92.28666	4.573437	92.28666	4.573437	06090879+	12.256	0.029	12.196	0.03	12.16	0.027	AAA	222	111	0	0	0
1.3148	92.28651	4.6129	92.28651	4.6129	06090876+	16.448	0.223	14.592		13.926		DUU	200	100	p00		0
1.319	92.28249	4.575556	92.28249	4.575556	06090779+	16.513	0.134	15.904	0.161	15.276		BCU	220	110	0	0	0
1.3245	92.29175	4.571359	92.29175	4.571359	06091002+	16.065	0.081	15.914	0.168	15.582	0.23	ACD	222	111	0	0	0
1.3406	92.29078	4.614823	92.29078	4.614823	06090978+	13.994	0.056	13.768	0.029	13.678	0.037	AAA	222	212	ccc		0
1.3624	92.28971	4.614926	92.28971	4.614926	06090952+	14.087	0.024	13.817	0.064	13.652	0.063	AEA	222	212	ccc		0
1.3867	92.28186	4.611502	92.28186	4.611502	06090764+	7.037	0.02	5.747	0.034	4.9	0.016	AAA	111	111	0	0	0
1.4007	92.28379	4.573033	92.28379	4.573033	06090810+	15.037	0.05	14.639		14.662		AUU	266	200	c00		0
1.4084	92.28577	4.571834	92.28577	4.571834	06090858+	16.178	0.115	15.449	0.104	15.193	0.149	BBB	222	111	ccc		0
1.4094	92.29997	4.569929	92.29997	4.569929	06091199+	15.966	0.081	15.237	0.083	15.026	0.141	AAB	222	111	0	0	0
1.4333	92.31609	4.580292	92.31609	4.580292	06091586+	13.485	0.026	12.922	0.027	12.793	0.032	AAA	222	111	0	0	0
1.437	92.27572	4.579955	92.27572	4.579955	06090617+	14.087	0.03	13.75	0.043	13.597	0.047	AAA	222	111	0	0	0
1.4411	92.28607	4.615014	92.28607	4.615014	06090865+	15.903	0.106	15.389	0.138	15.172	0.189	ABC	222	111	ccc		0
1.4678	92.28275	4.572361	92.28275	4.572361	06090785+	16.648	0.143	15.412		15.681		BUU	266	200	c00		0
1.5324	92.31076	4.572297	92.31076	4.572297	06091458+	16.042	0.088	15.845	0.146	15.578	0.192	ACC	222	111	ccc		0
1.5613	92.27395	4.578863	92.27395	4.578863	06090574+	16.442	0.133	16.027	0.195	15.664	0.249	BCD	222	111	cc0		0

HAFNER 14

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.2088	116.2116	-28.37006	116.2116	-28.37006	07445079:	14.227	0.032	14.045	0.045	13.915	0.061	AAA	222	111	0	0	0
0.2861	116.2168	-28.36382	116.2168	-28.36382	07445204:	13.438	0.023	13.24	0.029	13.087	0.033	AAA	222	111	0	0	0
0.2999	116.2093	-28.36251	116.2093	-28.36251	07445024:	16.425	0.115	16.003	0.158	15.221		BCU	220	110	0	0	0
0.3251	116.2118	-28.37205	116.2118	-28.37205	07445082:	15.574	0.046	15.278	0.063	14.902	0.129	AAB	222	111	0	0	0
0.3433	116.2075	-28.37038	116.2075	-28.37038	07444981:	16.524	0.123	16.109	0.191	16.726		BCU	220	110	0	0	0
0.4926	116.2154	-28.37447	116.2154	-28.37447	07445169:	16.123	0.086	15.49	0.1	14.935		AAU	220	110	0	0	0
0.5188	116.205	-28.37227	116.205	-28.37227	07444920:	15.902	0.075	15.435	0.091	15.213	0.179	AAC	222	111	0	0	0
0.5266	116.2206	-28.3615	116.2206	-28.3615	07445293:	16.864	0.167	15.904	0.159	15.37		CCU	220	110	0	0	0
0.5434	116.2065	-28.37404	116.2065	-28.37404	07444956:	16.626	0.133	16.252		15.305		BUU	200	100	0	0	0
0.5524	116.2102	-28.37565	116.2102	-28.37565	07445045:	16.443	0.119	15.61	0.105	15.581		BBU	220	110	c00	0	0
0.5693	116.2026	-28.37035	116.2026	-28.37035	07444861:	16.352	0.122	15.897	0.134	14.296		BBU	220	110	cc0	0	0
0.6157	116.2241	-28.36594	116.2241	-28.36594	07445379:	14.483	0.036	14.249	0.044	13.986	0.063	AAA	222	111	0	0	0
0.6418	116.2078	-28.37652	116.2078	-28.37652	07444986:	14.181	0.028	13.877	0.022	13.652	0.051	AAA	222	111	0	0	0
0.6518	116.2012	-28.371	116.2012	-28.371	07444828:	13.3	0.03	13.125	0.029	13.045	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.6538	116.2195	-28.37566	116.2195	-28.37566	07445267:	14.954	0.045	14.515	0.035	14.433	0.084	AAA	222	111	0	0	0
0.721	116.2122	-28.37868	116.2122	-28.37868	07445091:	16.772	0.144	16.232	0.202	15.573	0.269	CCD	222	111	0	0	0
0.7237	116.2146	-28.35475	116.2146	-28.35475	07445150:	15.696	0.073	15.187	0.082	15.026	0.161	AAC	222	111	0	0	0
0.753	116.2218	-28.35715	116.2218	-28.35715	07445323:	16.071	0.081	15.771	0.156	15.929		ACU	220	110	0	0	0
0.7578	116.2266	-28.3645	116.2266	-28.3645	07445439:	16.152	0.093	15.704	0.114	15.648	0.254	ABD	222	111	0	0	0
0.7611	116.2126	-28.35398	116.2126	-28.35398	07445103:	15.822	0.069	15.372	0.1	15.261	0.192	AAC	222	111	0	0	0
0.7752	116.2019	-28.37556	116.2019	-28.37556	07444844:	13.472	0.028	13.318	0.027	13.211	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.8204	116.197	-28.36651	116.197	-28.36651	07444727:	13.955	0.03	13.54	0.041	13.486	0.047	AAA	222	111	0	0	0
0.8361	116.2261	-28.3738	116.2261	-28.3738	07445426:	14.937	0.044	14.615	0.066	14.603	0.097	AAA	222	111	0	0	0
0.8447	116.1973	-28.37106	116.1973	-28.37106	07444735:	16.766	0.152	15.987		16.598		CUU	200	100	0	0	0
0.862	116.2024	-28.35541	116.2024	-28.35541	07444856:	16.156	0.097	15.747	0.129	16.182		ABU	220	110	0	0	0
0.8766	116.2	-28.35708	116.2	-28.35708	07444799:	15.081	0.045	14.631	0.047	14.631	0.1	AAB	222	111	0	0	0
0.8803	116.2253	-28.37611	116.2253	-28.37611	07445406:	15.926	0.086	15.506	0.137	15.117		ABU	220	220	pp0	0	0
0.8866	116.226	-28.37545	116.226	-28.37545	07445424:	16.013	0.113	15.49	0.098	15.243		BAU	220	220	cc0	0	0
0.9144	116.2173	-28.38132	116.2173	-28.38132	07445214:	15.45	0.065	14.931	0.077	14.683	0.115	AAB	222	111	0	0	0
0.9232	116.1952	-28.3646	116.1952	-28.3646	07444684:	15.087	0.045	14.561	0.053	14.368	0.105	AAA	222	111	0	0	0
0.9361	116.2066	-28.38139	116.2066	-28.38139	07444958:	14.391	0.03	14.21	0.045	14.194	0.076	AAA	222	111	0	0	0
0.9499	116.2026	-28.35344	116.2026	-28.35344	07444862:	16.422	0.109	15.911	0.14	15.339	0.2	BBC	222	111	0	0	0
0.9555	116.1968	-28.37453	116.1968	-28.37453	07444722:	13.915	0.037	13.631		13.687	0.05	AUA	262	202	c0c	0	0
0.9938	116.1993	-28.35485	116.1993	-28.35485	07444783:	15.582	0.07	15.322	0.081	15.602	0.26	AAD	222	111	0	0	0
0.9971	116.1956	-28.37404	116.1956	-28.37404	07444693:	15.578	0.073	14.097		14.994	0.14	AUB	262	202	c0c	0	0
1.0048	116.2231	-28.35278	116.2231	-28.35278	07445355:	14.698	0.044	14.335	0.047	14.138	0.075	AAA	222	111	0	0	0
1.0244	116.1939	-28.36182	116.1939	-28.36182	07444653:	16.075	0.096	15.71	0.14	14.597		ABU	220	110	cc0	0	0
1.0395	116.2301	-28.37437	116.2301	-28.37437	07445523:	15.202	0.052	14.878	0.053	14.658	0.113	AAB	222	111	0	0	0
1.0452	116.2265	-28.37898	116.2265	-28.37898	07445436:	16.323	0.116	16.242	0.194	16.757		BCU	220	110	0	0	0
1.0563	116.2144	-28.34914	116.2144	-28.34914	07445144:	14.154	0.036	14.005	0.056	13.978	0.059	AAA	222	111	0	0	0
1.0585	116.2021	-28.35159	116.2021	-28.35159	07444850:	16.563	0.152	15.919	0.146	15.166		BBU	220	110	c00	0	0
1.0656	116.1927	-28.36301	116.1927	-28.36301	07444625:	15.252	0.054	14.956	0.079	14.828	0.127	AAB	222	111	0	0	0
1.0817	116.1986	-28.37993	116.1986	-28.37993	07444766:	14.712	0.035	14.45	0.039	14.362	0.082	AAA	222	111	0	0	0
1.0854	116.2318	-28.36045	116.2318	-28.36045	07445563:	16.77	0.149	16.093	0.167	15.832		CCU	220	110	0	0	0
1.0859	116.2032	-28.38281	116.2032	-28.38281	07444877:	13.908	0.028	13.656	0.022	13.597	0.044	AAA	222	111	0	0	0
1.0959	116.2209	-28.38337	116.2209	-28.38337	07445301:	14.442	0.032	14.112	0.045	13.888	0.057	AAA	222	111	0	0	0
1.1014	116.2065	-28.38424	116.2065	-28.38424	07444954:	16.659	0.133	16.375	0.21	15.898		BDU	220	110	0	0	0
1.1063	116.2313	-28.35848	116.2313	-28.35848	07445550:	15.939	0.083	15.437	0.095	15.433	0.216	AAD	222	111	0	0	0
1.1138	116.2206	-28.34951	116.2206	-28.34951	07445293:	13.437	0.033	13.224	0.038	13.116	0.04	AAA	222	111	0	0	0
1.1453	116.1922	-28.37335	116.1922	-28.37335	07444612:	15.75	0.064	15.342	0.094	15.492	0.211	AAD	222	111	ccc	0	0

NGC 3114

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.1326	150.65	-60.11779	150.65	-60.11779	10023599-	14.255	0.033	13.456	0.044	13.293	0.038	AAA	222	111	cc0	0	0
0.1381	150.6521	-60.12204	150.6521	-60.12204	10023651-	16.055	0.085	15.576	0.128	15.106		ABU	220	110	0	0	0
0.1848	150.6549	-60.11812	150.6549	-60.11812	10023717-	13.961	0.032	13.727	0.039	13.69	0.051	AAA	222	111	0	0	0
0.2138	150.6485	-60.11652	150.6485	-60.11652	10023563-	13.398	0.051	12.748	0.058	12.553	0.053	AAA	222	111	0	0	0
0.2955	150.6422	-60.12303	150.6422	-60.12303	10023412-	16.139	0.106	15.522		15.85		AUU	200	100	0	0	0
0.2989	150.6482	-60.11511	150.6482	-60.11511	10023557-	16.149	0.136	15.498	0.145	14.112		BBU	220	110	cc0	0	0
0.3074	150.6602	-60.12082	150.6602	-60.12082	10023843-	13.01	0.049	12.863	0.059	12.717	0.061	AEA	222	212	c0c	0	0
0.3221	150.6608	-60.11987	150.6608	-60.11987	10023858-	14.099	0.052	13.79	0.06	13.7	0.062	AAA	222	212	ccc	0	0
0.3669	150.6382	-60.11836	150.6382	-60.11836	10023316-	14.522	0.034	13.819	0.03	13.644	0.039	AAA	222	111	0	0	0
0.3857	150.6416	-60.11511	150.6416	-60.11511	10023398-	14.898	0.05	14.386	0.049	14.207	0.071	AAA	222	111	0	0	0
0.4086	150.663	-60.12203	150.663	-60.12203	10023913-	15.86	0.079	15.672	0.127	15.395	0.203	ABD	222	111	ccc	0	0
0.4421	150.6478	-60.12729	150.6478	-60.12729	10023546-	16.048	0.082	15.547	0.117	15.131		ABU	220	110	0	0	0
0.4717	150.6579	-60.11318	150.6579	-60.11318	10023788-	15.966	0.084	15.444	0.119	15.059	0.174	ABC	222	111	0	0	0
0.4747	150.6619	-60.11477	150.6619	-60.11477	10023885-	16.11	0.116	15.593	0.166	15.266	0.195	BCC	222	111	c00	0	0
0.5199	150.6599	-60.12713	150.6599	-60.12713	10023837-	16.455	0.127	16.049	0.201	16.57		BCU	220	110	0	0	0
0.5427	150.6517	-60.12901	150.6517	-60.12901	10023641-	16.294	0.116	15.457		15.536		BUU	200	100	0	0	0
0.5503	150.6681	-60.1182	150.6681	-60.1182	10024033-	16.171	0.108	15.738	0.152	15.785		ABU	220	110	0	0	0
0.5612	150.6654	-60.12532	150.6654	-60.12532	10023970-	14.152	0.048	13.864	0.048	13.794	0.077	AAA	222	111	c00	0	0
0.5757	150.6558	-60.11084	150.6558	-60.11084	10023738-	15.542	0.063	14.919	0.077	14.978	0.173	AAC	222	111	c00	0	0
0.5899	150.6645	-60.11334	150.6645	-60.11334	10023948-	14.538	0.045	14.218	0.056	14.14	0.077	AAA	222	111	0	0	0
0.598	150.67	-60.12048	150.67	-60.12048	10024079-	15.187	0.042	14.818	0.06	14.565	0.108	AAA	222	111	0	0	0
0.6167	150.6294	-60.12082	150.6294	-60.12082	10023106-	14.968	0.043	14.245	0.03	14.028	0.068	AAA	222	111	0	0	0
0.6293	150.652	-60.10956	150.652	-60.10956	10023647-	14.609	0.049	14.339	0.056	14.19	0.095	AAA	222	212	ccc	0	0
0.6509	150.6361	-60.11166	150.6361	-60.11166	10023266-	15.624	0.06	15.227	0.088	15.052	0.153	AAC	222	111	0	0	0
0.653	150.6539	-60.1093	150.6539	-60.1093	10023694-	14.273	0.079	13.841	0.074	13.62	0.079	AAA	222	212	c0c	0	0
0.6568	150.6691	-60.12542	150.6691	-60.12542	10024058-	12.941	0.032	12.731	0.036	12.639	0.027	AAA	222	111	0	0	0
0.6738	150.6287	-60.11634	150.6287	-60.11634	10023088-	16.288	0.146	15.603		15.552		BUU	200	100	c00	0	0
0.6944	150.6684	-60.11295	150.6684	-60.11295	10024041-	15.754	0.069	15.371	0.098	14.804		ABU	220	110	0	0	0
0.7292	150.6562	-60.10824	150.6562	-60.10824	10023747-	16.093	0.11	15.642	0.141	14.606		BBU	220	110	cc0	0	0
0.7296	150.626	-60.12228	150.626	-60.12228	10023024-	14.496	0.039	14.122	0.049	14.001	0.066	AAA	222	111	cc0	0	0
0.745	150.6674	-60.12889	150.6674	-60.12889	10024017-	13.462	0.034	13.291	0.035	13.21	0.044	AAA	222	111	0	0	0
0.7614	150.6358	-60.13055	150.6358	-60.13055	10023260-	14.382	0.029	14.118	0.04	14.005	0.06	AAA	222	111	0	0	0
0.7767	150.6314	-60.12906	150.6314	-60.12906	10023154-	16.574	0.155	16.03		15.704		BUU	200	100	0	0	0
0.7857	150.6282	-60.11267	150.6282	-60.11267	10023077-	14.123		13.689		14.448	0.125	UUB	662	2	00c	0	0
0.7904	150.6755	-60.12342	150.6755	-60.12342	10024212-	15.55	0.063	15.46	0.176	15.209	0.202	ACC	222	111	ccc	0	0
0.7989	150.6254	-60.11485	150.6254	-60.11485	10023008-	14.122	0.037	13.804	0.041	13.725	0.059	AAA	222	111	0	0	0
0.8047	150.6394	-60.13233	150.6394	-60.13233	10023345-	15.186	0.057	14.863	0.079	14.598	0.103	AAA	222	111	0	0	0
0.8111	150.6767	-60.12229	150.6767	-60.12229	10024241-	14.864	0.059	14.427	0.058	14.364	0.082	AAA	222	111	0	0	0
0.8302	150.6297	-60.11056	150.6297	-60.11056	10023112-	14.577	0.042	14.171	0.043	13.928	0.053	AAA	222	111	0	0	0
0.8318	150.6232	-60.1237	150.6232	-60.1237	10022956-	12.215	0.026	12.079	0.027	12.008	0.028	AAA	222	111	0	0	0
0.8336	150.6272	-60.112	150.6272	-60.112	10023052-	14.48		14.033		14.975	0.145	UUB	662	2	00c	0	0
0.856	150.6658	-60.1081	150.6658	-60.1081	10023978-	13.665	0.034	13.44	0.032	13.285	0.043	AAA	222	111	sss	0	0
0.8568	150.6673	-60.1314	150.6673	-60.1314	10024014-	15.845	0.088	15.652	0.135	14.941		ABU	220	110	0	0	0
0.8628	150.6342	-60.10798	150.6342	-60.10798	10023220-	15.771	0.073	15.479	0.112	14.991	0.133	ABB	222	111	sss	0	0
0.8669	150.6741	-60.11194	150.6741	-60.11194	10024177-	16.416	0.127	15.923	0.166	16.492		BCU	220	110	cc0	0	0
0.8928	150.658	-60.13434	150.658	-60.13434	10023791-	16.181	0.13	15.829	0.164	15.871		BCU	220	110	0	0	0
0.8963	150.6202	-60.11821	150.6202	-60.11821	10022885-	14.756	0.043	14.401	0.057	14.2	0.106	AAA	222	111	0	0	0
0.8994	150.6619	-60.13376	150.6619	-60.13376	10023886-	15.092	0.047	14.604	0.048	14.453	0.089	AAA	222	111	0	0	0
0.9097	150.6781	-60.1142	150.6781	-60.1142	10024274-	15.685	0.061	15.236	0.088	14.85	0.119	AAB	222	111	Op0	0	0
0.9121	150.6242	-60.12812	150.6242	-60.12812	10022980-	15.657	0.067	15.114	0.088	15.205	0.181	AAC	222	111	0	0	0
0.9306	150.6418	-60.10503	150.6418	-60.10503	10023403-	14.117	0.027	13.743	0.03	13.614	0.056	AAA	222	111	0	0	0

NGC 2660

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.1083	130.6609	-47.19947	130.6609	-47.19947	08423860-	15.132	0.101	14.766	0.134	14.648	0.117	ABB	222	111	ccc	0	0
0.1232	130.6585	-47.20205	130.6585	-47.20205	08423805-	15.251	0.056	14.785	0.06	14.654	0.106	AAA	222	111	ccc	0	0
0.1248	130.6582	-47.19792	130.6582	-47.19792	08423796-	11.717	0.029	11.13	0.025	10.993	0.03	AAA	222	111	0	0	0
0.1531	130.6608	-47.20191	130.6608	-47.20191	08423859-	13.199	0.063	12.901	0.071	12.796	0.055	AAA	222	111	0	0	0
0.1608	130.6544	-47.19996	130.6544	-47.19996	08423705-	16.105	0.09	15.627	0.128	15.395	0.22	ABD	222	111	ccc	0	0
0.1723	130.6551	-47.19812	130.6551	-47.19812	08423723-	13.815	0.044	13.453	0.038	13.346	0.051	AAA	222	222	ccc	0	0
0.221	130.6552	-47.19697	130.6552	-47.19697	08423725-	13.704	0.077	13.377	0.095	13.253	0.089	AAA	222	222	ccc	0	0
0.2303	130.6629	-47.20222	130.6629	-47.20222	08423910-	13.459	0.045	13.194	0.096	13.105	0.041	AAA	222	111	0	0	0
0.2361	130.6639	-47.19891	130.6639	-47.19891	08423933-	11.87	0.042	11.266	0.041	11.107	0.039	AAA	222	111	0	0	0
0.2393	130.6607	-47.19634	130.6607	-47.19634	08423856-	14.816	0.063	14.424	0.071	14.29	0.089	AAA	222	111	ccc	0	0
0.2442	130.6643	-47.20033	130.6643	-47.20033	08423943-	13.218	0.049	12.953	0.056	12.846	0.039	AAA	222	111	ccc	0	0
0.2695	130.6577	-47.20447	130.6577	-47.20447	08423783-	11.805	0.026	11.177	0.022	11.035	0.023	AAA	222	111	0	0	0
0.2755	130.6537	-47.20331	130.6537	-47.20331	08423687-	12.436		14.089	0.34	11.819		UEU	20	10	0c0	0	0
0.2763	130.6591	-47.19542	130.6591	-47.19542	08423818-	12.027	0.03	11.396	0.025	11.284	0.03	AAA	222	111	0	0	0
0.2956	130.6519	-47.20224	130.6519	-47.20224	08423645-	11.68	0.058	11.284	0.072	10.636		EEU	220	110	0	0	0
0.2975	130.6522	-47.20268	130.6522	-47.20268	08423652-	11.267		10.766		11.068	0.047	UUE	2	1	0	0	0
0.3045	130.6518	-47.19751	130.6518	-47.19751	08423643-	14.9	0.054	14.539	0.06	14.505	0.1	AAA	222	111	ccc	0	0
0.3054	130.6618	-47.20451	130.6618	-47.20451	08423883-	12.721	0.042	12.418	0.049	12.366	0.033	AAA	222	111	ccc	0	0
0.3131	130.6528	-47.20363	130.6528	-47.20363	08423667-	12.151		11.646		13.842	0.106	UUA	2	1	00c	0	0
0.3228	130.6637	-47.20394	130.6637	-47.20394	08423929-	12.649	0.103	12.352	0.114	12.23	0.079	ABA	222	222	ccc	0	0
0.3236	130.6544	-47.20467	130.6544	-47.20467	08423704-	14.375	0.077	14.06	0.091	14.023	0.098	AAA	222	111	ccc	0	0
0.3281	130.666	-47.20158	130.666	-47.20158	08423984-	15.436	0.09	14.805	0.11	15.022	0.158	ABC	222	111	ccc	0	0
0.3298	130.665	-47.20316	130.665	-47.20316	08423958-	13.227	0.078	12.95	0.094	12.85	0.069	AAA	222	222	ccc	0	0
0.3319	130.6527	-47.196	130.6527	-47.196	08423665-	16.485	0.141	15.757		15.052		BUU	200	100	c00	0	0
0.3358	130.6502	-47.19908	130.6502	-47.19908	08423605-	15.255	0.064	15.014	0.063	14.952	0.14	AAB	222	111	ccc	0	0
0.3625	130.6643	-47.19555	130.6643	-47.19555	08423944-	14.959	0.05	13.606		14.471	0.097	AUA	262	202	c0c	0	0
0.3788	130.6676	-47.20013	130.6676	-47.20013	08424022-	15.135	0.044	14.844	0.063	14.837	0.121	AAB	222	111	ccc	0	0
0.4035	130.6633	-47.20582	130.6633	-47.20582	08423918-	11.325	0.068	10.668	0.079	10.499	0.06	AAA	222	222	ccc	0	0
0.4085	130.6644	-47.19458	130.6644	-47.19458	08423945-	14.087	0.083	13.604		13.628	0.077	AUA	262	202	c0c	0	0
0.4096	130.6661	-47.19563	130.6661	-47.19563	08423985-	14.369	0.066	14.135	0.085	13.865	0.066	AAA	222	111	ccc	0	0
0.4125	130.6497	-47.20364	130.6497	-47.20364	08423593-	14.049	0.114	13.886	0.274	13.577	0.052	BDA	222	111	ccc	0	0
0.415	130.6489	-47.19732	130.6489	-47.19732	08423574-	14.016	0.049	13.802	0.052	13.727	0.05	AAA	222	111	ccc	0	0
0.4172	130.6663	-47.20434	130.6663	-47.20434	08423991-	14.479	0.126	14.178	0.164	14.045	0.126	EEB	222	111	ccc	0	0
0.4206	130.662	-47.19346	130.662	-47.19346	08423888-	13.82	0.055	13.611	0.078	13.446	0.068	AAA	222	222	ccc	0	0
0.4211	130.6526	-47.20582	130.6526	-47.20582	08423661-	14.648	0.1	14.505	0.144	13.342		ABU	226	120	cc0	0	0
0.4326	130.6648	-47.20571	130.6648	-47.20571	08423955-	11.903	0.057	11.339	0.056	11.176	0.047	EEA	222	222	ccc	0	0
0.4557	130.6523	-47.1936	130.6523	-47.1936	08423655-	11.84	0.027	11.242	0.023	11.046	0.023	AAA	222	111	0	0	0
0.4652	130.6499	-47.1948	130.6499	-47.1948	08423596-	11.428	0.036	10.815	0.036	10.62	0.03	AAA	222	111	0	0	0
0.4718	130.6475	-47.20269	130.6475	-47.20269	08423539-	14.094	0.023	14.122	0.022	13.632	0.063	AEA	222	111	ccc	0	0
0.4791	130.6631	-47.19271	130.6631	-47.19271	08423915-	15.196	0.054	14.159	0.022	14.073	0.071	AAA	222	222	ccc	0	0
0.4807	130.6584	-47.20801	130.6584	-47.20801	08423800-	16.328	0.212	14.313		13.614		CUU	200	100	c00	0	0
0.4908	130.6686	-47.1957	130.6686	-47.1957	08424045-	11.657	0.027	11.071	0.023	10.902	0.021	AAA	222	111	0	0	0
0.5019	130.6608	-47.19181	130.6608	-47.19181	08423859-	16.173	0.1	15.538	0.105	15.232	0.194	ABC	222	111	ccc	0	0
0.5187	130.6658	-47.19301	130.6658	-47.19301	08423979-	16.517	0.158	16.145	0.212	15.667	0.262	CCD	222	111	ccc	0	0
0.5211	130.6711	-47.1993	130.6711	-47.1993	08424105-	11.519	0.024	10.881	0.022	10.684	0.019	AAA	222	111	0	0	0
0.5306	130.6634	-47.20815	130.6634	-47.20815	08423921-	13.088	0.084	12.805	0.114	12.643	0.086	EBA	222	222	ccc	0	0
0.5417	130.6681	-47.20609	130.6681	-47.20609	08424035-	16.051	0.111	15.517	0.134	13.781		BBU	220	110	cc0	0	0
0.5557	130.6479	-47.19408	130.6479	-47.19408	08423548-	15.331	0.204	14.897	0.235	12.907		CDU	220	120	cc0	0	0
0.5628	130.6719	-47.20181	130.6719	-47.20181	08424125-	13.858	0.137	13.498	0.175	13.29	0.134	BCB	222	111	ccc	0	0
0.564	130.6578	-47.20939	130.6578	-47.20939	08423786-	14.283	0.044	13.927	0.058	13.961	0.069	AAA	222	222	ccc	0	0

ALESSI 5

<i>r</i>	<i>_RAJ200</i>	<i>_DEJ200</i>	<i>_RAJ200</i>	<i>_DEJ200</i>	<i>_2MASS</i>	<i>Jmag</i>	<i>e_Jmag</i>	<i>Hmag</i>	<i>e_Hmag</i>	<i>Kmag</i>	<i>e_Kmag</i>	<i>Qflg</i>	<i>Rflg</i>	<i>Bflg</i>	<i>Cflg</i>	<i>Xflg</i>	<i>Aflg</i>
0.1727	160.7857	-61.16403	160.7857	-61.16403	10430857-	15.864	0.162	15.215	0.167	14.855	0.161	CCC	222	111	ccc	0	0
0.2048	160.7893	-61.16849	160.7893	-61.16849	10430943-	6.58	0.018	6.631	0.027	6.621	0.015	AAA	111	111	ddd	0	0
0.2079	160.7804	-61.16984	160.7804	-61.16984	10430730-	15.28	0.245	15.104	0.126	14.272		DBU	220	110	cc0	0	0
0.2337	160.7788	-61.16343	160.7788	-61.16343	10430692-	15.919	0.147	15.152		15.746		BUU	200	100	c00	0	0
0.3485	160.7927	-61.17033	160.7927	-61.17033	10431024-	11.715		13.319	0.321	13.362	0.353	UDD	22	11	0cc	0	0
0.3544	160.7796	-61.16104	160.7796	-61.16104	10430710-	12.247	0.021	11.121	0.022	10.82	0.021	AAA	222	111		0	0
0.3547	160.7945	-61.16426	160.7945	-61.16426	10431068-	15.3	0.161	15.275		15.633		CUU	200	100	c00	0	0
0.3686	160.79	-61.17191	160.79	-61.17191	10430959-	7.969	0.021	8.011	0.026	7.96	0.021	AAA	111	111	ddd	0	0
0.3778	160.7725	-61.17018	160.7725	-61.17018	10430539-	16.225	0.125	15.275	0.119	15.277	0.213	BBD	222	111	ccc	0	0
0.3987	160.7848	-61.17328	160.7848	-61.17328	10430834-	13.598		14.934	0.312	14.694	0.234	UDD	22	11	0cc	0	0
0.4251	160.7694	-61.16445	160.7694	-61.16445	10430465-	16.663	0.184	15.378	0.12	15.374		CBU	220	110	cc0	0	0
0.4821	160.768	-61.16985	160.768	-61.16985	10430432-	16.051	0.102	15.464	0.148	14.934		ABU	220	110	cc0	0	0
0.5027	160.7962	-61.16105	160.7962	-61.16105	10431109-	16.044	0.112	15.834	0.218	15.702		BDU	220	110	cc0	0	0
0.5259	160.7771	-61.1749	160.7771	-61.1749	10430650-	15.358	0.465	14.63	0.42	14.63	0.227	DDD	222	111	ccc	0	0
0.5323	160.7892	-61.15826	160.7892	-61.15826	10430941-	15.603	0.096	13.604		13.289		AUU	200	100	c00	0	0
0.5406	160.7934	-61.15907	160.7934	-61.15907	10431040-	15.441	0.063	14.807	0.075	14.783	0.142	AAB	222	111	ccc	0	0
0.5628	160.8025	-61.16496	160.8025	-61.16496	10431259-	15.742	0.111	15.441	0.123	15.096	0.18	BBC	222	111	ccc	0	0
0.5965	160.7813	-61.17656	160.7813	-61.17656	10430750-	8.549	0.03	7.821	0.029	7.663	0.024	AAA	111	111		0	0
0.6032	160.7689	-61.17392	160.7689	-61.17392	10430453-	15.782	0.089	15.095	0.102	14.813	0.144	AAB	222	111	ccc	0	0
0.6137	160.802	-61.16179	160.802	-61.16179	10431247-	13.046	0.021	12.488	0.022	12.314	0.027	AAA	222	111		0	0
0.6445	160.7857	-61.15599	160.7857	-61.15599	10430857-	8.686	0.023	7.538	0.027	6.953	0.026	AAA	111	111		0	0
0.6938	160.8071	-61.16501	160.8071	-61.16501	10431369-	12.933	0.025	12.743	0.025	12.732	0.032	AAA	222	111		0	0
0.7042	160.7979	-61.15727	160.7979	-61.15727	10431149-	11.553	0.023	10.922	0.024	10.786	0.021	AAA	222	111		0	0
0.7237	160.8075	-61.16352	160.8075	-61.16352	10431379-	15.899	0.1	14.338		14.079		AUU	200	200	c00	0	0
0.7283	160.7626	-61.15977	160.7626	-61.15977	10430302-	12.354	0.027	12.252	0.028	12.19	0.029	AAA	222	111		0	0
0.7366	160.7866	-61.17884	160.7866	-61.17884	10430877-	15.695		14.746		14.508	0.104	UUA	2	1	00c	0	0
0.7608	160.7894	-61.15433	160.7894	-61.15433	10430945-	15.009	0.309	13.12		12.595		DUU	200	100	c00	0	0
0.7652	160.8019	-61.1576	160.8019	-61.1576	10431246-	15.74	0.1	15.476	0.152	14.942		ABU	220	110	cc0	0	0
0.7785	160.7866	-61.17954	160.7866	-61.17954	10430879-	16.368	0.146	14.745		14.06		BUU	200	100	c00	0	0
0.7827	160.8096	-61.16357	160.8096	-61.16357	10431430-	16.38	0.148	15.22		15.17		BUU	200	200	c00	0	0
0.7896	160.8007	-61.1768	160.8007	-61.1768	10431217-	15.389		15.222	0.105	14.778		UUA	20	10	0c0	0	0
0.7928	160.7589	-61.17263	160.7589	-61.17263	10430213-	9.109	0.026	8.054	0.027	7.742	0.018	AAA	211	111		0	0
0.8026	160.7617	-61.17504	160.7617	-61.17504	10430280-	15.424	0.067	14.964	0.099	14.878	0.16	AAC	222	111	ccc	0	0
0.82	160.7837	-61.18033	160.7837	-61.18033	10430808-	15.128	0.075	14.003	0.05	13.931	0.078	AAA	222	111	ccc	0	0
0.8867	160.8057	-61.1768	160.8057	-61.1768	10431335-	15.392	0.057	14.882	0.08	14.642	0.121	AAB	222	111	cpc	0	0
0.8988	160.8137	-61.16349	160.8137	-61.16349	10431528-	15.722	0.07	15.33	0.099	15.327	0.206	ABD	222	111	ccc	0	0
0.9021	160.7695	-61.1532	160.7695	-61.1532	10430467-	15.669	0.07	15.131	0.093	14.888	0.142	AAB	222	111	0cc	0	0
0.9024	160.7533	-61.16262	160.7533	-61.16262	10430079-	14.473	0.029	13.638	0.027	13.429	0.03	AAA	222	111		0	0
0.904	160.7812	-61.1817	160.7812	-61.1817	10430748-	13.423	0.026	13.127	0.024	13.015	0.027	AAA	222	111	ddd	0	0
0.9052	160.8104	-61.17421	160.8104	-61.17421	10431450-	13.709	0.056	13.017	0.05	12.832	0.054	AAA	222	111	ccc	0	0
0.9093	160.7519	-61.16681	160.7519	-61.16681	10430045-	16.43	0.13	15.359		15.914		BUU	200	100	c00	0	0
0.9311	160.7978	-61.18054	160.7978	-61.18054	10431146-	14.36	0.026	13.744	0.025	13.592	0.053	AAA	222	111		0	0
0.9312	160.8147	-61.17009	160.8147	-61.17009	10431553-	15.113	0.06	14.425	0.05	14.049	0.071	AAA	222	111	ccc	0	0
0.9464	160.8007	-61.15329	160.8007	-61.15329	10431215-	13.549	0.023	12.825	0.028	12.607	0.034	AAA	222	111	00s	0	0
0.9531	160.769	-61.18096	160.769	-61.18096	10430455-	15.961	0.096	15.629	0.144	15.841		ABU	220	110	cc0	0	0
0.9628	160.8121	-61.1586	160.8121	-61.1586	10431490-	14.076	0.036	13.903	0.056	13.841	0.08	AAA	222	111	0p0	0	0
0.9645	160.7567	-61.17631	160.7567	-61.17631	10430159-	15.803	0.084	15.256	0.138	13.735		ABU	220	110	cc0	0	0
0.9717	160.8047	-61.15419	160.8047	-61.15419	10431313-	12.814	0.026	12.096	0.027	11.899	0.026	AAA	222	111	00s	0	0
0.9922	160.7637	-61.15311	160.7637	-61.15311	10430328-	15.622	0.073	14.215		14.09		AUU	200	100	c00	0	0
1.0045	160.8091	-61.17791	160.8091	-61.17791	10431417-	15.149	0.048	14.871	0.069	14.542	0.113	AAB	222	111	ccc	0	0

ALESSI 20

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.196	2.636768	58.75795	2.636768	58.75795	00103282+	13.752	0.028	13.014	0.033	12.707	0.025	AAA	222	111	0	0	0
0.2384	2.64171	58.75603	2.64171	58.75603	00103401+	12.177	0.022	11.409	0.028	11.216	0.022	AAA	222	111	0	0	0
0.3658	2.633734	58.7555	2.633734	58.7555	00103209+	16.072	0.1	15.385	0.107	15.162	0.168	AAC	222	111	c00	0	0
0.4053	2.630821	58.76374	2.630821	58.76374	00103139+	16.803	0.183	16.227	0.263	15.525	0.187	CDC	222	111	0	0	0
0.4309	2.652071	58.75526	2.652071	58.75526	00103649+	16.898	0.178	16.084	0.222	15.45	0.176	CDC	222	111	ccc	0	0
0.4788	2.65614	58.76271	2.65614	58.76271	00103747+	14.028	0.028	13.523	0.03	13.31	0.034	AAA	222	111	0	0	0
0.4954	2.637883	58.75198	2.637883	58.75198	00103309+	16.613	0.141	15.857	0.143	15.442		CBU	220	110	cc0	0	0
0.509	2.655406	58.7646	2.655406	58.7646	00103729+	12.807	0.033	12.283	0.035	12.109	0.032	AAA	222	211	c00	0	0
0.5214	2.654261	58.76573	2.654261	58.76573	00103702+	14.361	0.034	13.546	0.044	13.365	0.045	AEA	222	211	ccc	0	0
0.5324	2.626857	58.75556	2.626857	58.75556	00103044+	14.805	0.043	14.042	0.043	13.734	0.054	AAA	222	111	c00	0	0
0.5458	2.643197	58.76906	2.643197	58.76906	00103436+	15.417	0.064	14.563	0.056	14.171	0.076	AAA	222	111	c00	0	0
0.6009	2.623796	58.75621	2.623796	58.75621	00102971+	13.576	0.038	13.187	0.052	12.974	0.042	AAA	222	111	0	0	0
0.6157	2.645939	58.77002	2.645939	58.77002	00103502+	14.04	0.034	13.558	0.036	13.43	0.05	AAA	222	111	0	0	0
0.6481	2.662012	58.76231	2.662012	58.76231	00103888+	14.157	0.026	13.625	0.028	13.467	0.037	AAA	222	111	0	0	0
0.6563	2.633915	58.74983	2.633915	58.74983	00103213+	17.041	0.193	15.779	0.157	15.915	0.268	DCD	222	111	p0c	0	0
0.7608	2.636062	58.77234	2.636062	58.77234	00103265+	12.345	0.022	11.522	0.029	11.375	0.025	AAA	222	111	0	0	0
0.7621	2.623199	58.75166	2.623199	58.75166	00102956+	17.444		15.794	0.136	15.621		UBU	20	10	0	0	0
0.7733	2.660242	58.76856	2.660242	58.76856	00103845+	15.897	0.081	15.404	0.117	14.984	0.122	ABB	222	111	0	0	0
0.8021	2.617447	58.76458	2.617447	58.76458	00102818+	16.257	0.107	15.572	0.126	15.04		BBU	220	110	0	0	0
0.8076	2.644413	58.77338	2.644413	58.77338	00103465+	15.536	0.061	14.886	0.078	14.516	0.093	AAA	222	111	0	0	0
0.8221	2.655235	58.74825	2.655235	58.74825	00103725+	7.724	0.018	7.714	0.024	7.7	0.026	AAA	111	111	0	0	0
0.8493	2.617775	58.76685	2.617775	58.76685	00102826+	16.741	0.166	16.053	0.183	15.561	0.232	CCD	222	111	0	0	0
0.8653	2.625314	58.74834	2.625314	58.74834	00103007+	14.648	0.034	14.003	0.037	13.71	0.051	AAA	222	111	0	0	0
0.9034	2.634514	58.74541	2.634514	58.74541	00103228+	15.832	0.074	15.186	0.085	14.948	0.133	AAB	222	111	c00	0	0
0.9084	2.668617	58.75419	2.668617	58.75419	00104046+	16.762	0.158	15.751	0.16	15.358	0.171	CCC	222	111	ccc	0	0
0.9097	2.617872	58.76881	2.617872	58.76881	00102828+	16.914	0.189	15.924	0.169	15.448	0.216	CCC	222	111	0	0	0
0.9175	2.612226	58.75917	2.612226	58.75917	00102693+	16.468	0.129	15.308		15.215		BUU	266	200	c00	0	0
0.9424	2.620413	58.77119	2.620413	58.77119	00102889+	15.917	0.079	15.095	0.084	14.633	0.096	AAA	222	111	0	0	0
0.9577	2.65397	58.74537	2.65397	58.74537	00103695+	13.617		15.37	0.271	14.933	0.173	UDC	22	11	0cc	0	0
0.9726	2.66284	58.74808	2.66284	58.74808	00103908+	11.202	0.021	10.459	0.017	10.213	0.02	AAA	222	111	ddd	0	0
1.0106	2.668452	58.76953	2.668452	58.76953	00104042+	15.787	0.075	14.831	0.071	14.411	0.076	AAA	222	111	0	0	0
1.0331	2.648054	58.7769	2.648054	58.7769	00103553+	13.099	0.022	12.688	0.031	12.494	0.026	AAA	222	111	0	0	0
1.0999	2.611239	58.75068	2.611239	58.75068	00102669+	15.878	0.089	14.703		14.983		AUU	200	100	0	0	0
1.1002	2.611634	58.75033	2.611634	58.75033	00102679+	15.439		15.279	0.117	15.174	0.175	UBC	22	11	0	0	0
1.1026	2.676547	58.76324	2.676547	58.76324	00104237+	16.384	0.112	15.815	0.177	15.433	0.168	BCC	222	111	c00	0	0
1.1087	2.622994	58.74426	2.622994	58.74426	00102951+	11.866	0.022	11.272	0.028	11.039	0.022	AAA	222	111	0	0	0
1.1705	2.647881	58.77924	2.647881	58.77924	00103549+	15.593	0.077	15.023	0.079	14.861	0.135	AAB	222	111	c00	0	0
1.1898	2.629487	58.7788	2.629487	58.7788	00103107+	13.385	0.026	12.536	0.029	12.304	0.025	AAA	222	111	0	0	0
1.2134	2.67073	58.77349	2.67073	58.77349	00104097+	13.619	0.021	12.788	0.019	12.483	0.022	AAA	222	111	0	0	0
1.2546	2.66229	58.74204	2.66229	58.74204	00103894+	16.66	0.165	15.507	0.133	15.141	0.137	CBB	222	111	ccc	0	0
1.2657	2.637913	58.739	2.637913	58.739	00103309+	14.686	0.044	14.145	0.046	13.975	0.067	AAA	222	111	0	0	0
1.2854	2.626141	58.77985	2.626141	58.77985	00103027+	15.672	0.07	14.977	0.078	14.674	0.11	AAB	222	111	ccc	0	0
1.2947	2.646363	58.73856	2.646363	58.73856	00103512+	13.986	0.031	13.294	0.036	12.96	0.032	AAA	222	111	0	0	0
1.3304	2.620484	58.74074	2.620484	58.74074	00102891+	16.721	0.17	15.633	0.134	15.263	0.194	CBC	222	111	cc0	0	0
1.3453	2.675837	58.74627	2.675837	58.74627	00104220+	8.281	0.023	8.261	0.016	8.253	0.019	AAA	112	111	0	0	0
1.3846	2.670624	58.74248	2.670624	58.74248	00104094+	16.422	0.125	15.817	0.182	15.526	0.194	BCC	222	111	ccc	0	0
1.4007	2.604682	58.77331	2.604682	58.77331	00102512+	15.781	0.08	15.052	0.083	15.037	0.14	AAB	222	121	0c0	0	0
1.4063	2.68681	58.76111	2.68681	58.76111	00104483+	13.253	0.023	12.656	0.022	12.484	0.024	AAA	222	111	0	0	0
1.4197	2.628444	58.73735	2.628444	58.73735	00103082+	14.728	0.055	13.97	0.049	13.659	0.048	AAA	222	111	0	0	0
1.4283	2.619034	58.73929	2.619034	58.73929	00102856+	16.463	0.135	15.831	0.151	15.151		BBU	220	110	0	0	0

BASEL 11A

_r	_RAJ200	_DEJ200	_RAJ200	_DEJ200	_2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
0.0104	109.2749	-13.96683	109.2749	-13.96683	07170598-	15.909	0.081	15.885	0.143	15.441		ABU	220	110	0	0	0
0.1062	109.276	-13.9652	109.276	-13.9652	07170624-	16.307	0.112	15.65	0.13	15.139	0.18	BBC	222	111	0	0	0
0.2186	109.2763	-13.96323	109.2763	-13.96323	07170630-	16.774	0.147	16.225	0.213	16.73		BCU	220	110	0	0	0
0.3429	109.28	-13.96967	109.28	-13.96967	07170720-	13.342	0.029	13.085	0.035	13.014	0.035	AAA	222	111	0	0	0
0.3448	109.2774	-13.97191	109.2774	-13.97191	07170657-	15.835	0.064	15.241	0.078	14.768	0.118	AAB	222	111	0	0	0
0.3835	109.2814	-13.96516	109.2814	-13.96516	07170753-	16.674	0.134	16.117	0.189	15.944		BCU	220	110	0	0	0
0.3922	109.2694	-13.97023	109.2694	-13.97023	07170464-	13.962	0.037	13.714	0.039	13.558	0.049	AAA	222	111	0	0	0
0.467	109.2699	-13.97267	109.2699	-13.97267	07170477-	15.475	0.066	14.944	0.087	14.811	0.145	AAB	222	111	0	0	0
0.492	109.2729	-13.97461	109.2729	-13.97461	07170549-	13.173	0.027	13.1	0.026	13.116	0.035	AAA	222	111	0	0	0
0.4941	109.2676	-13.97062	109.2676	-13.97062	07170421-	15.047	0.049	14.722	0.057	14.519	0.108	AAA	222	111	0	0	0
0.5092	109.2822	-13.97147	109.2822	-13.97147	07170773-	13.148	0.026	13.024	0.026	12.974	0.033	AAA	222	111	0	0	0
0.5317	109.2757	-13.9755	109.2757	-13.9755	07170616-	14.814	0.034	14.333	0.064	14.302	0.086	AAA	222	111	0	0	0
0.5715	109.2692	-13.97435	109.2692	-13.97435	07170460-	15.992	0.09	15.677	0.14	14.901	0.15	ABB	222	111	0	0	0
0.6013	109.2842	-13.96211	109.2842	-13.96211	07170820-	15.828	0.072	15.164	0.074	14.905	0.137	AAB	222	111	0	0	0
0.6447	109.2789	-13.97672	109.2789	-13.97672	07170693-	16.182	0.09	15.849	0.148	16.71		ABU	220	110	0	0	0
0.6449	109.2817	-13.97523	109.2817	-13.97523	07170760-	13.794	0.026	13.465	0.033	13.37	0.038	AAA	222	111	0	0	0
0.6803	109.2815	-13.95724	109.2815	-13.95724	07170755-	16.683	0.131	15.905	0.163	15.051		BCU	220	110 c00		0	0
0.7209	109.2631	-13.96987	109.2631	-13.96987	07170313-	14.91	0.041	14.173	0.056	13.892	0.065	AAA	222	111	0	0	0
0.7483	109.2625	-13.96366	109.2625	-13.96366	07170300-	14.017	0.034	13.73	0.03	13.644	0.044	AAA	222	111	0	0	0
0.8144	109.2619	-13.97134	109.2619	-13.97134	07170284-	16.837	0.16	15.895	0.165	15.203	0.178	CCC	222	111 cc0		0	0
0.8581	109.2819	-13.95402	109.2819	-13.95402	07170765-	14.997	0.044	14.458	0.069	14.254	0.079	AAA	222	111	0	0	0
0.8724	109.2798	-13.98043	109.2798	-13.98043	07170715-	12.891	0.026	12.804	0.029	12.666	0.035	AAA	222	111	0	0	0
0.8778	109.2899	-13.96439	109.2899	-13.96439	07170957-	16.091	0.085	15.187	0.075	14.846	0.121	AAB	222	111	0	0	0
0.8785	109.263	-13.9756	109.263	-13.9756	07170313-	15.547	0.066	15.138	0.084	14.823	0.141	AAB	222	111	0	0	0
0.8807	109.2708	-13.95256	109.2708	-13.95256	07170499-	14.352	0.038	14.003	0.035	13.912	0.057	AAA	222	111 ccc		0	0
0.9003	109.2673	-13.95363	109.2673	-13.95363	07170416-	9.501	0.027	9.534	0.026	9.533	0.024	AAA	222	111	0	0	0
0.91	109.2641	-13.97757	109.2641	-13.97757	07170339-	16.741	0.162	16.049		15.264		CUU	200	100 c00		0	0
0.916	109.2682	-13.98045	109.2682	-13.98045	07170437-	15.142	0.029	14.629	0.037	14.591	0.112	AAB	222	111 ccc		0	0
0.9178	109.2846	-13.95456	109.2846	-13.95456	07170831-	12.314	0.027	11.698	0.026	11.509	0.019	AAA	222	111	0	0	0
0.9389	109.2606	-13.95965	109.2606	-13.95965	07170254-	16.296	0.13	15.892	0.7	14.146		BDU	220	110 cc0		0	0
0.9615	109.2597	-13.96069	109.2597	-13.96069	07170232-	12.97	0.028	12.786	0.023	12.797	0.03	AAA	222	111	0	0	0
0.9676	109.268	-13.95202	109.268	-13.95202	07170432-	14.177	0.215	13.805	0.154	13.666	0.142	CBB	222	111 ccc		0	0
0.9735	109.2907	-13.97237	109.2907	-13.97237	07170975-	15.186	0.059	14.951	0.092	14.983	0.156	AAC	222	111	0	0	0
0.9799	109.2915	-13.9635	109.2915	-13.9635	07170996-	15.109	0.037	14.539	0.05	14.587	0.103	AAA	222	111	0	0	0
0.9839	109.289	-13.95741	109.289	-13.95741	07170934-	16.458	0.113	15.881	0.152	15.234	0.194	BBC	222	111	0	0	0
0.9916	109.259	-13.97237	109.259	-13.97237	07170216-	13.089	0.028	12.798	0.023	12.775	0.027	AAA	222	111	0	0	0
1.0272	109.2705	-13.98321	109.2705	-13.98321	07170491-	15.373	0.042	14.789	0.057	14.771	0.117	AAB	222	111 ccc		0	0
1.0508	109.2622	-13.95433	109.2622	-13.95433	07170292-	15.181	0.043	14.772	0.068	14.461	0.094	AAA	222	111 c00		0	0
1.0855	109.2757	-13.98475	109.2757	-13.98475	07170617-	16.139	0.094	15.718	0.142	15.212		ABU	220	110 cc0		0	0
1.0879	109.2606	-13.95515	109.2606	-13.95515	07170253-	16.817	0.166	16.187	0.203	14.993		CCU	220	110 cc0		0	0
1.0918	109.2594	-13.95651	109.2594	-13.95651	07170226-	15.152	0.046	14.692	0.058	14.684	0.106	AAB	222	111	0	0	0
1.1035	109.2742	-13.98504	109.2742	-13.98504	07170581-	15.198	0.055	14.795	0.074	14.735	0.137	AAB	222	111 c0c		0	0
1.1299	109.2562	-13.97131	109.2562	-13.97131	07170148-	12.529	0.028	12.437	0.023	12.466	0.032	AAA	222	111	0	0	0
1.1414	109.2556	-13.96374	109.2556	-13.96374	07170135-	15.795	0.073	15.447	0.11	15.003	0.153	ABB	222	111	0	0	0
1.1455	109.2554	-13.96832	109.2554	-13.96832	07170129-	15.836	0.067	15.127	0.076	15.31	0.177	AAC	222	111 c00		0	0
1.198	109.2627	-13.95068	109.2627	-13.95068	07170304-	15.807	0.071	15.83	0.149	15.149	0.16	ABC	222	111 ccc		0	0
1.2001	109.2949	-13.9719	109.2949	-13.9719	07171077-	15.59	0.065	15.25	0.096	15.031	0.142	AAC	222	111	0	0	0
1.2105	109.2561	-13.95826	109.2561	-13.95826	07170146-	15.04	0.095	14.447	0.109	14.427	0.119	ABB	222	111 ccc		0	0
1.2615	109.261	-13.95062	109.261	-13.95062	07170264-	14.01	0.037	13.693	0.045	13.588	0.05	AAA	222	111	0	0	0
1.2717	109.283	-13.94694	109.283	-13.94694	07170791-	15.92	0.071	15.228	0.084	15.085	0.167	AAC	222	111	0	0	0

9.2 Παράρτημα Β

9.2.1 Αναφορά ESO – GAIA

CARBON STARS IN OPEN CLUSTERS

In this work, we concentrated a number of open clusters and we studied them to find some with one or more Carbon stars within their radius.

Our criterion to choose the clusters was a) the proper age (we only keep clusters older than 10^8 yr)
b) have Carbon stars with optical photometry
c) the already existed CM diagrams of the cluster

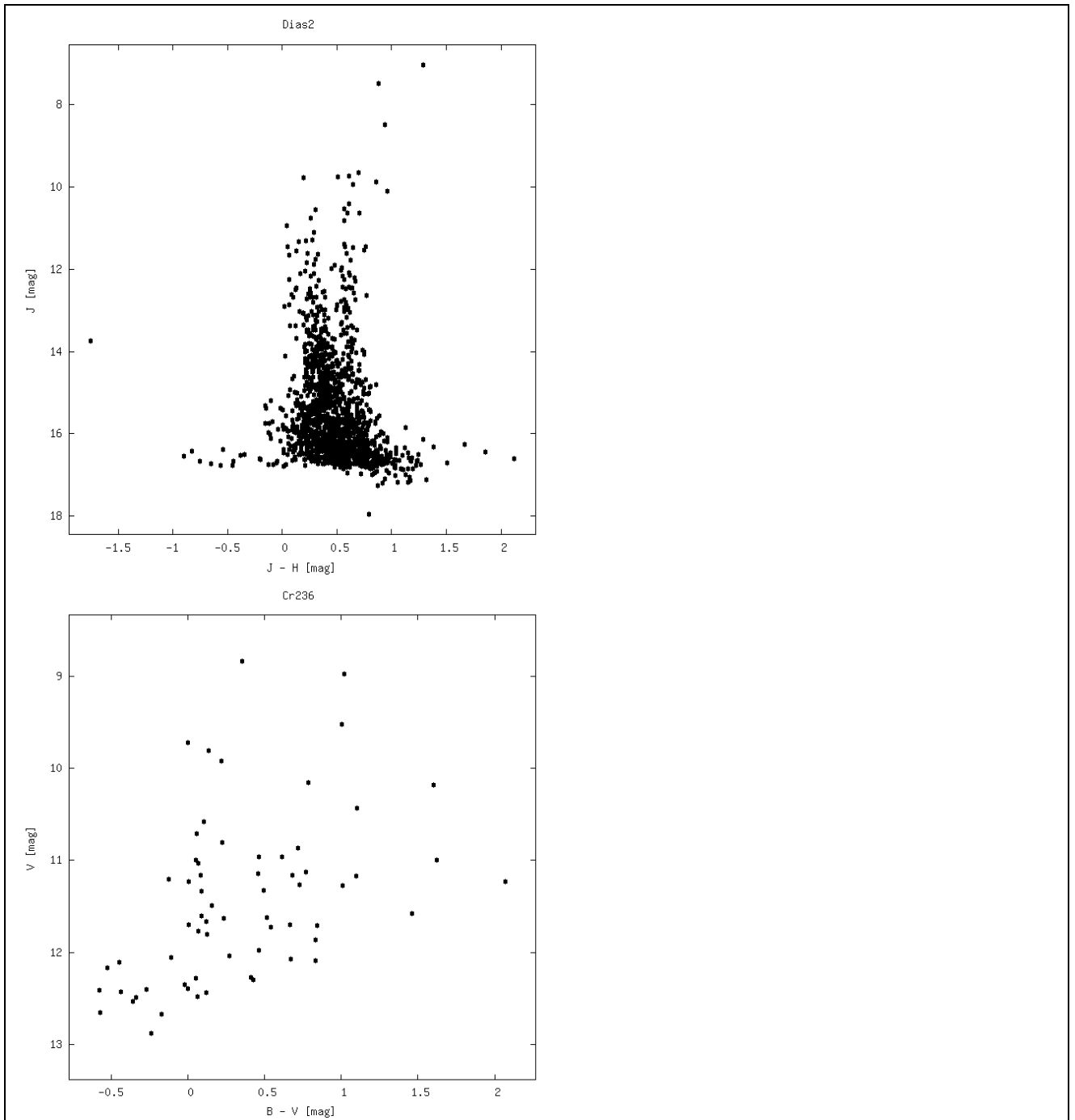
The total number of clusters we initially decided to keep was 34,
(ALESSI9, ASCC27, ASCC28, ASCC35, ASCC43, ASCC59, ASCC60, ASCC72, ASCC98,
COLLINDER95, COLLINDER302, COLLINDER236, DIAS2, HAFFNER14, LODEN915,
LODEN1010, LODEN143, LODEN1409, NGC2428, NGC2477, NGC2660, NGC3114, NGC3496,
NGC3532, NGC5316, PLATAIS9, PLATAIS10, PLATAIS11, PLATAIS12, RUPRECHT162,
RUPRECHT56, RUPRECHT64, TRUMBLER5, TURNER5)

then we exclude very loose and very extended objects, so we had to choose only between 14 clusters,

(COLLINDER236, DIAS2, HAFFNER14, NGC2477, ASCC27, ASCC28, ASCC35, ASCC60,
LODEN1010, LODEN143, NGC5316, NGC3114, RUPRECHT56, TRUMBLER5)

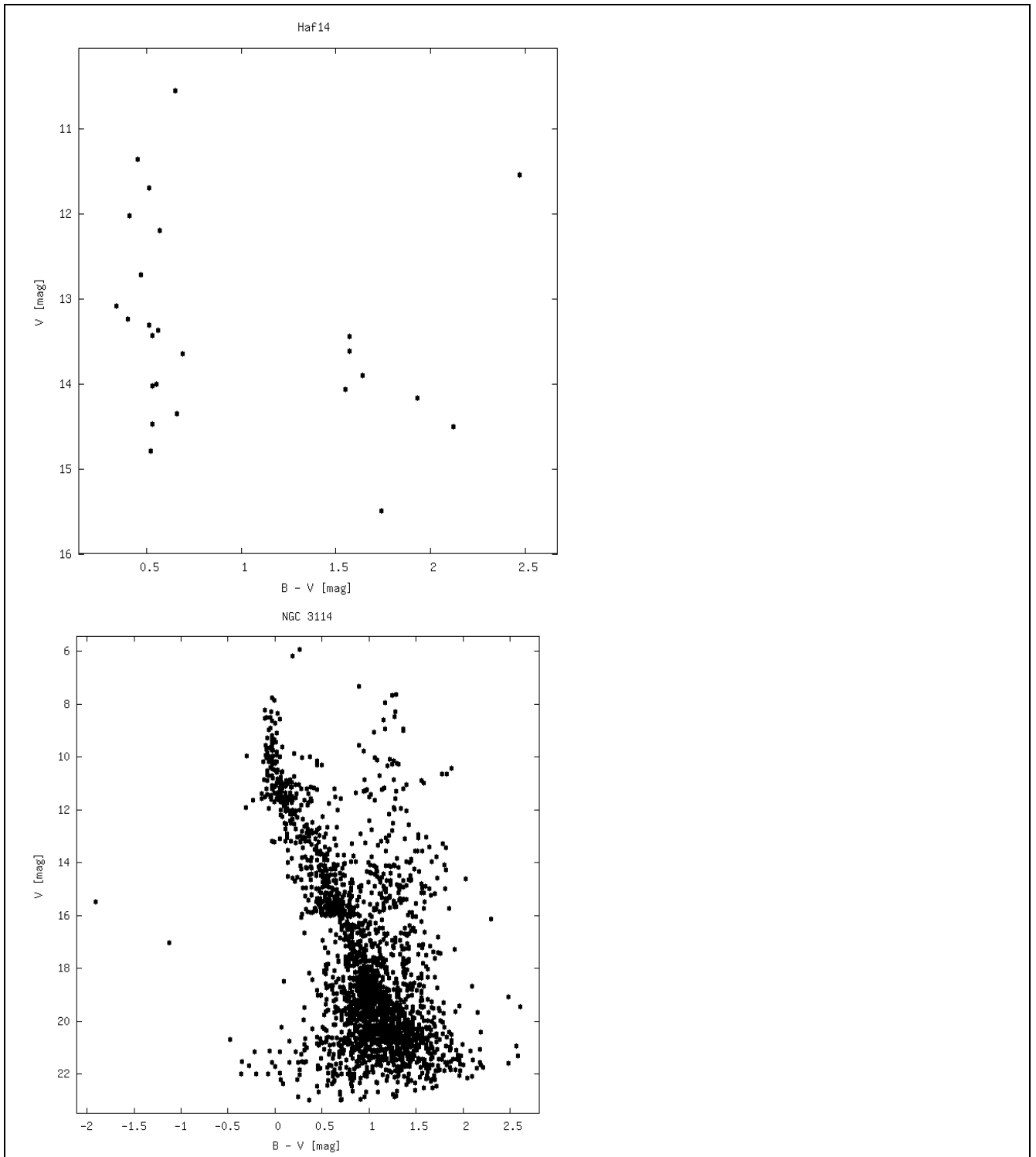
Finally after studying these clusters, we conclude that for further observation was only 5,
(COLLINDER236, DIAS2, HAFFNER14, NGC2477, NGC3114)

Below we indicate the photometry that already exists in WEBDA .



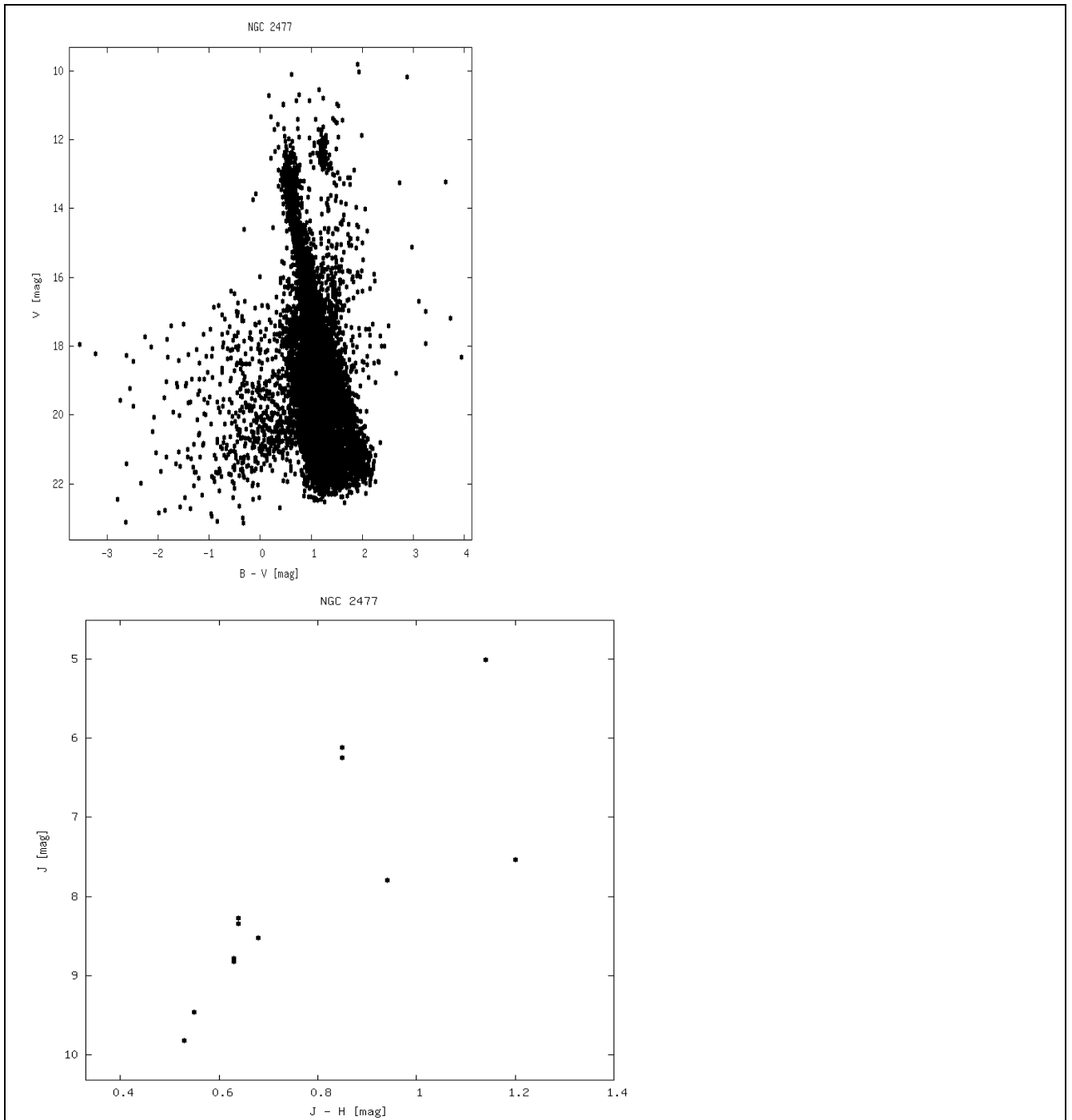
DIAS2(JHK photometry)

COLLINDER236(UBV photometry)



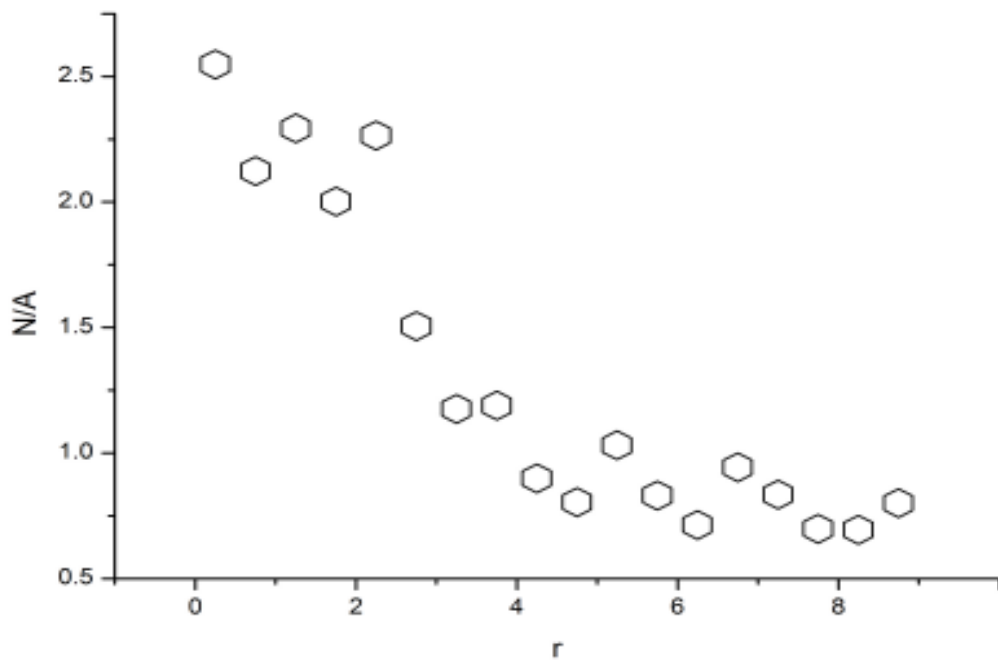
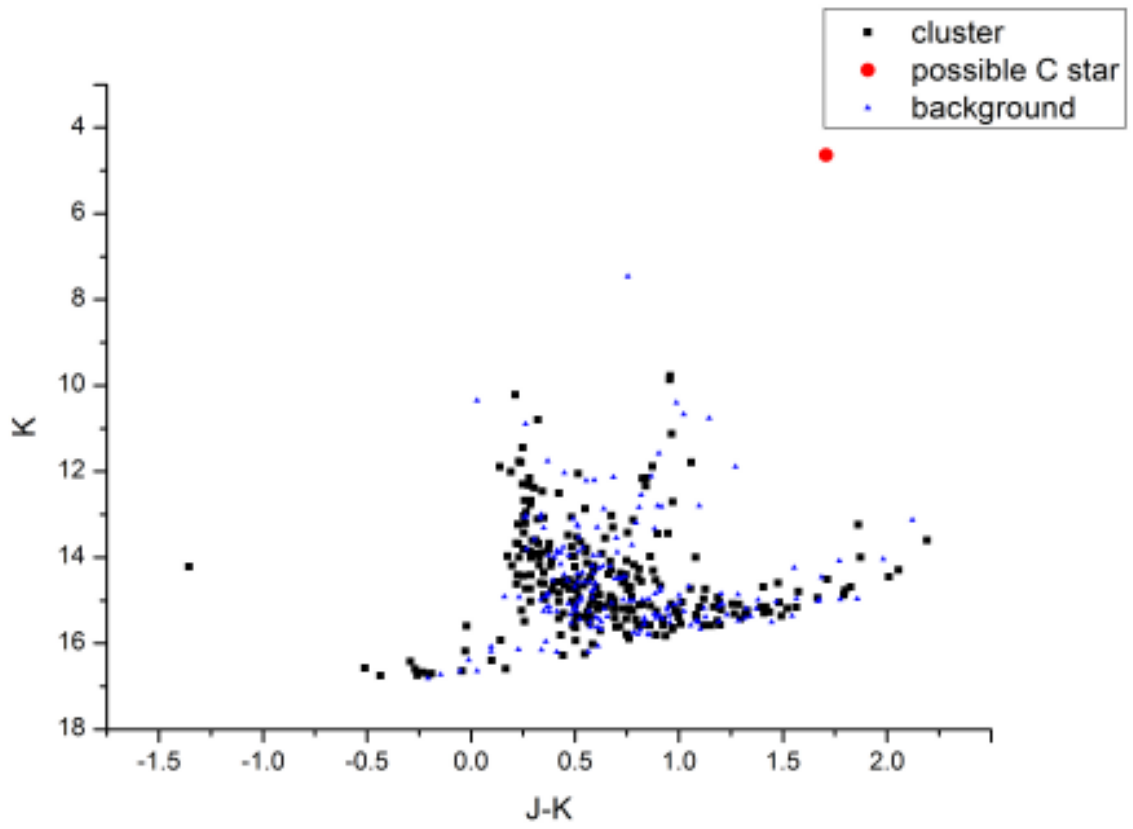
HAFFNER14 (UBV photometry)

NGC3114 (UBV photometry)

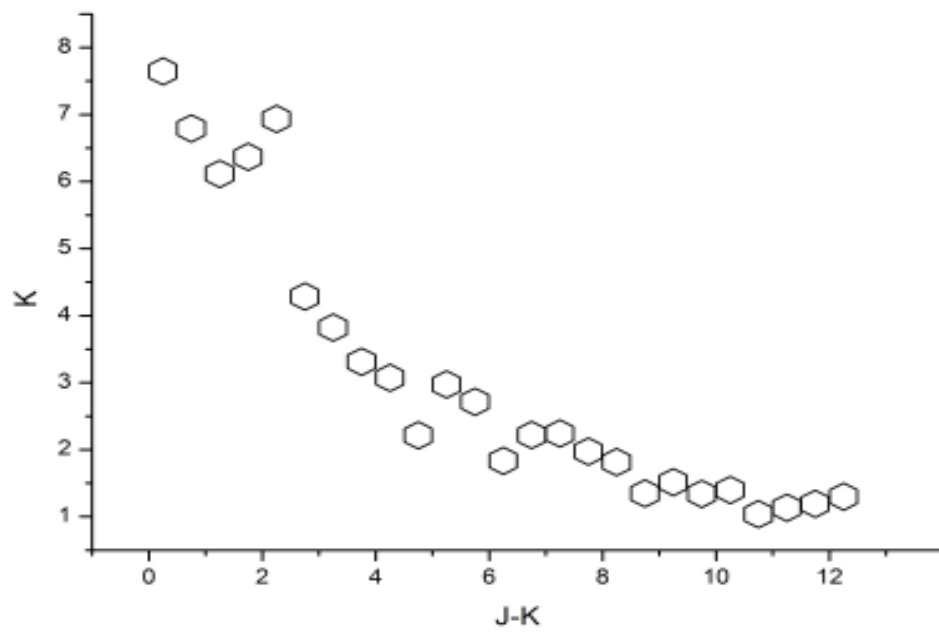
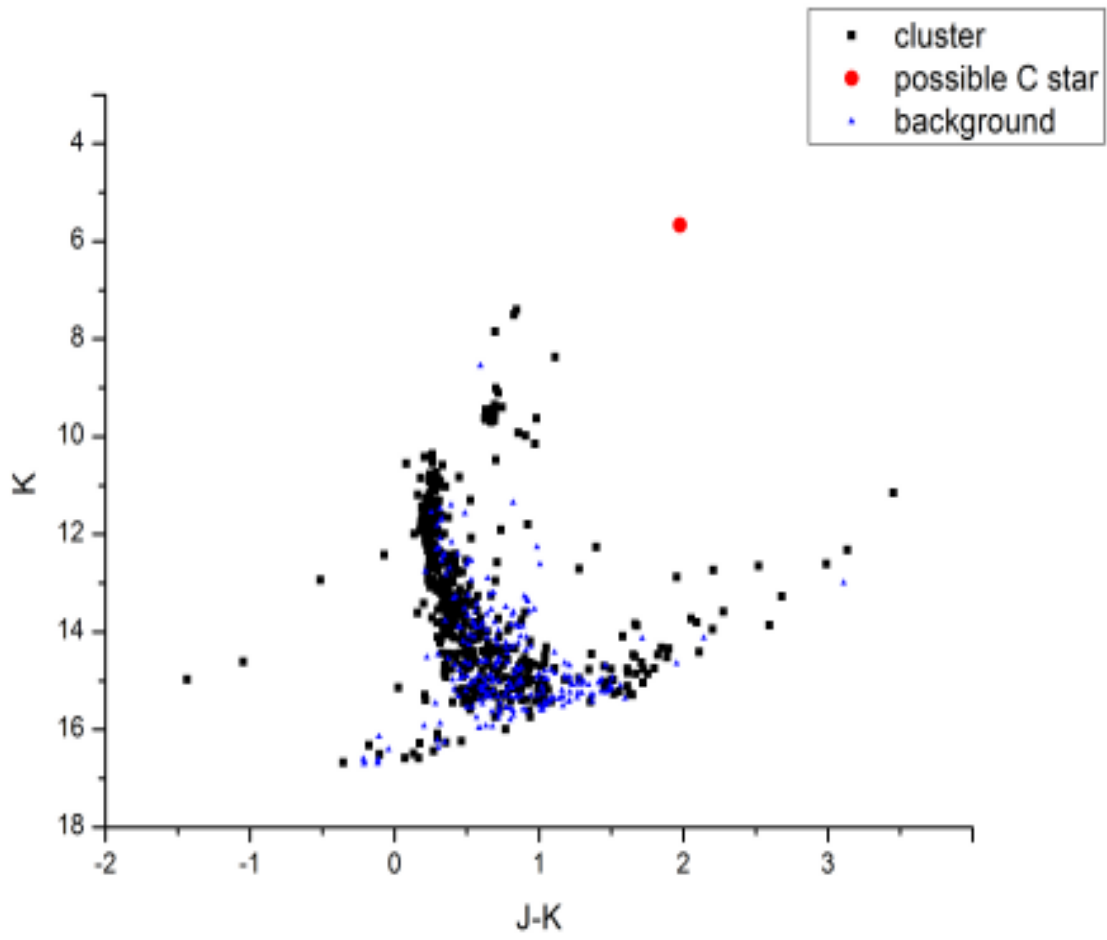


NGC2477 (UBV and JHK photometry)

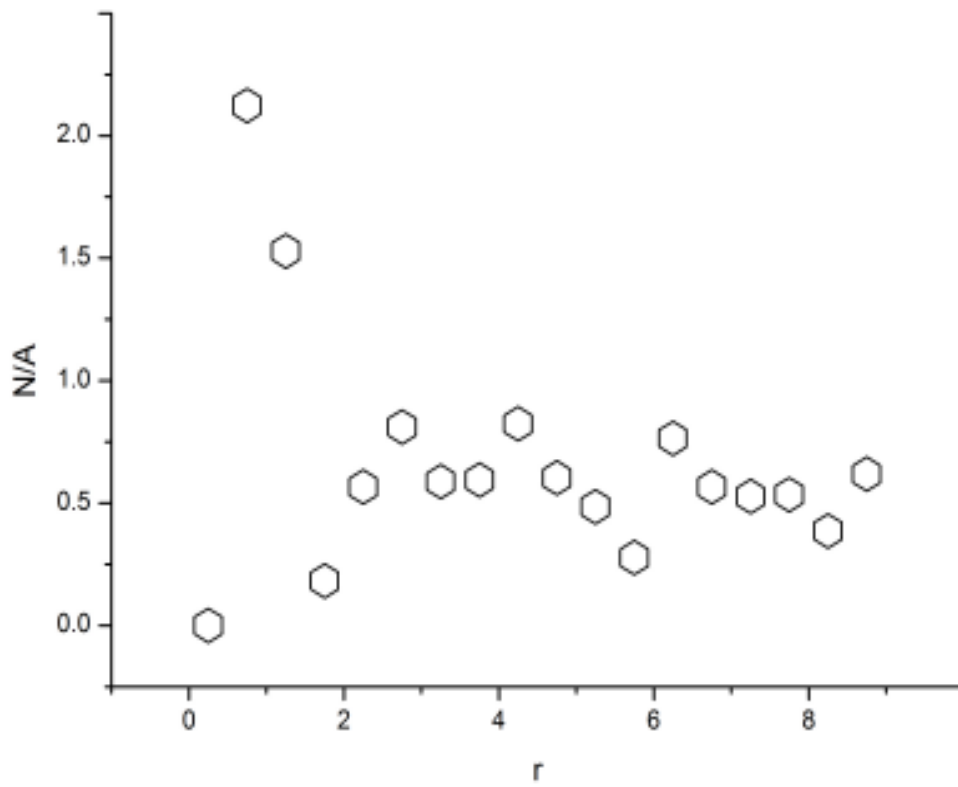
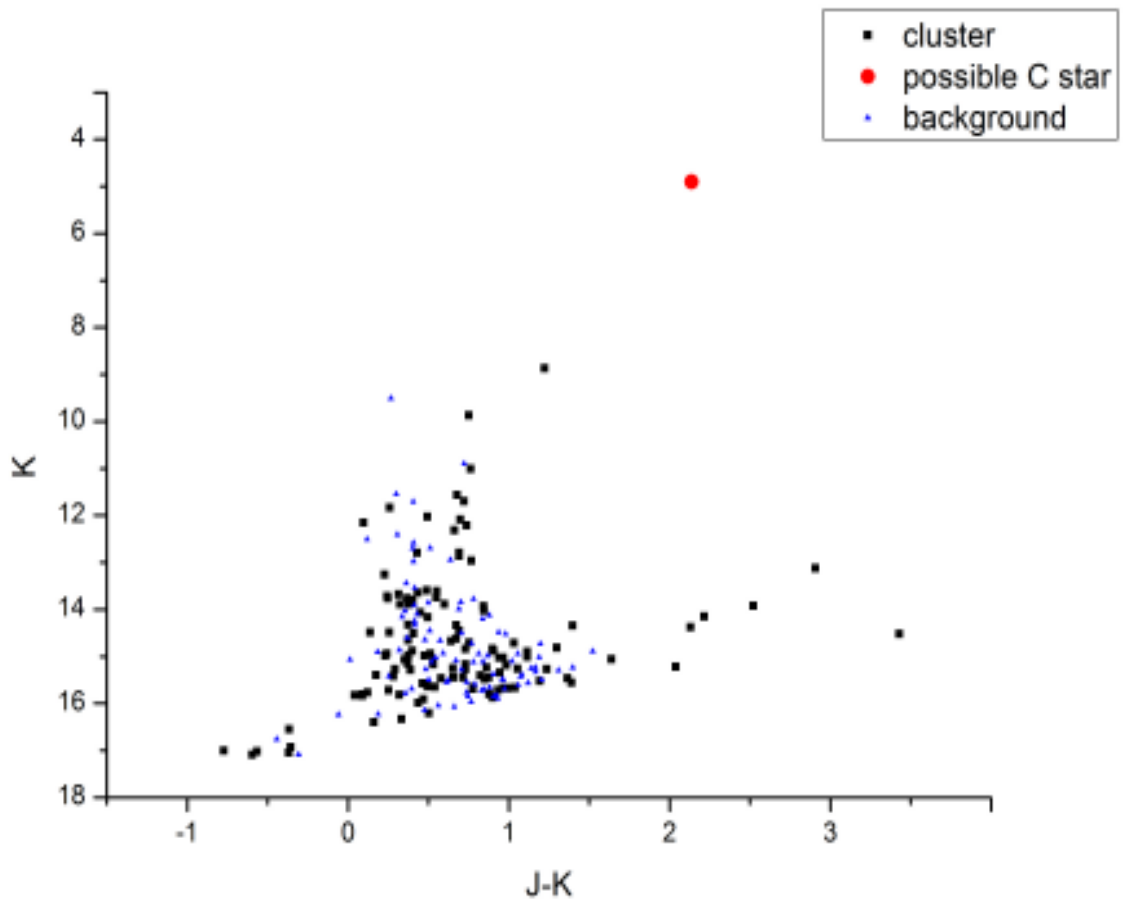
For each cluster we use data from 2MASS survey and we plot the (J-K - K) CM diagrams and the radius profile in order to calculate the radius and compare it with the already existed in DIAS. Below we indicate these diagrams.



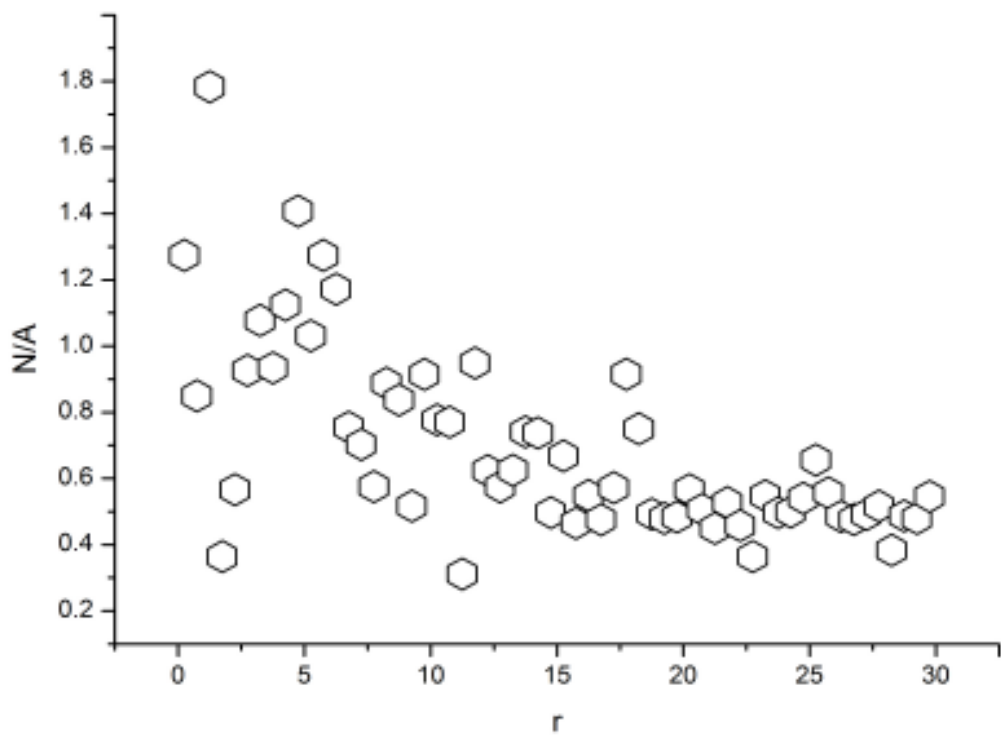
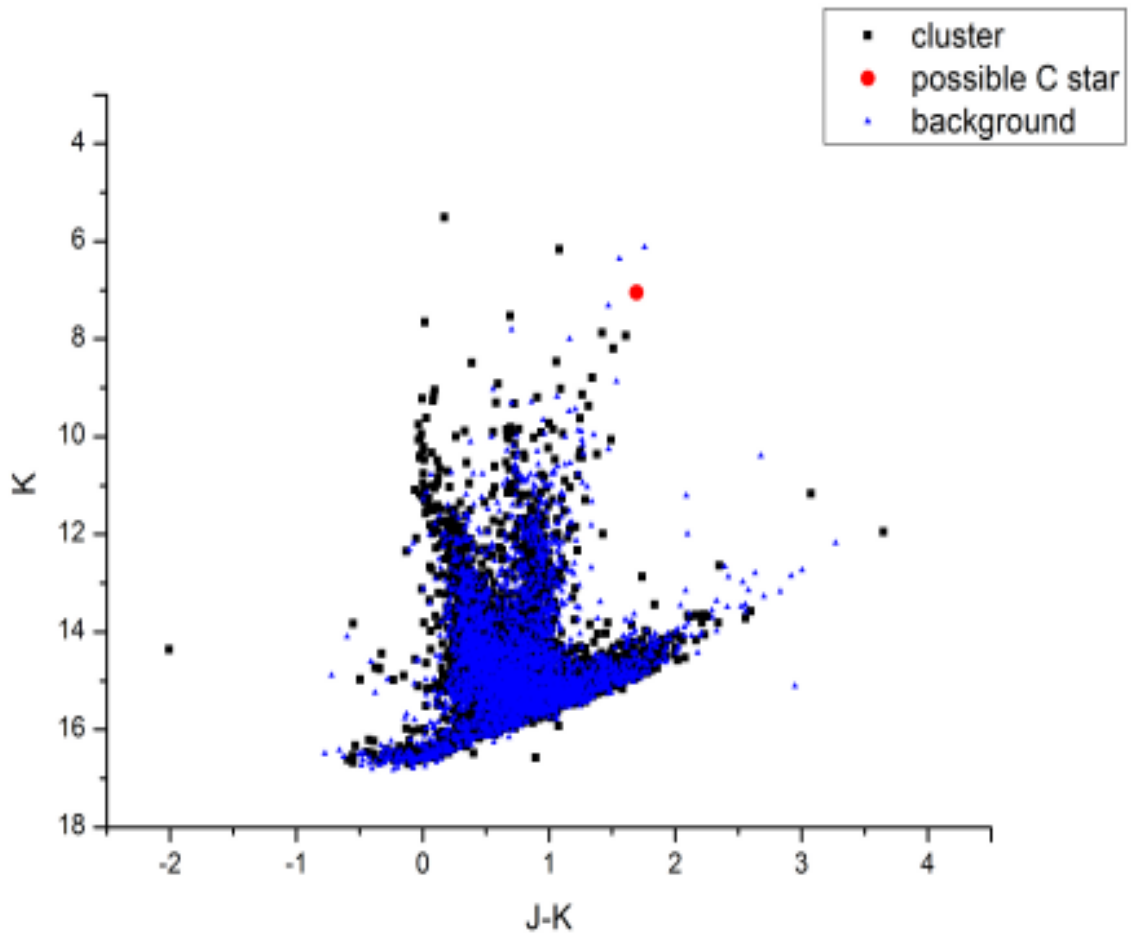
HAFNER14



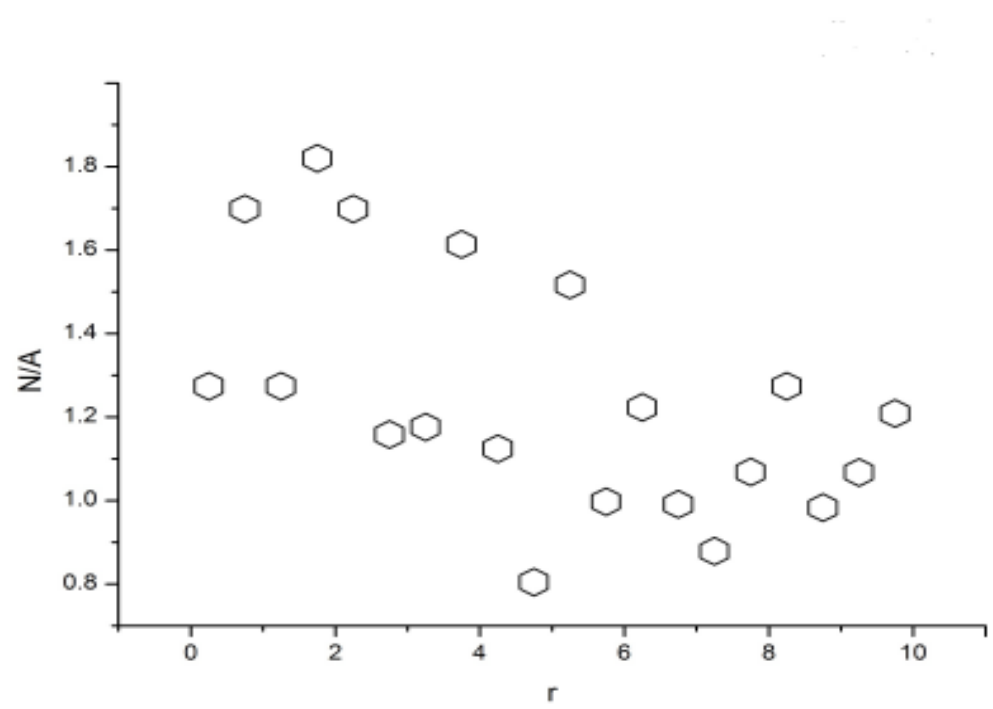
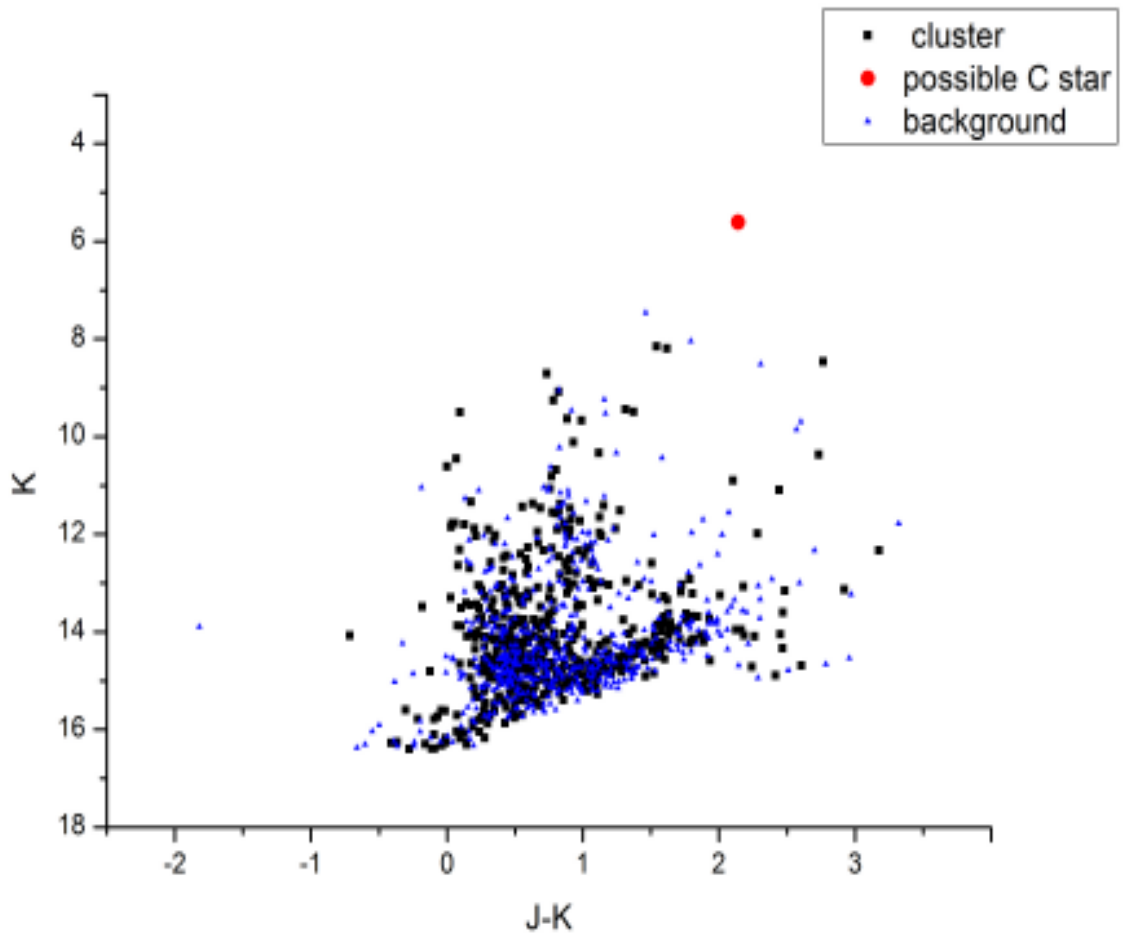
NGC2477



DIAS2



NGC3114



COLLINDER236

The following table contains all the useful information about this five clusters.

Cluster	R.A	DEC.	AGE_{dias} (yr)	r_{dias} (arcmin)	r_{calculated}(arcmin)	Number of C stars
HAFFNER14	07 44 51	-28 22 00	8.350	5	6	1
NGC2477	07 52 10	- 38 31 48	8.830	7.5	9	1
DIAS2	06 09 11	+04 35 35	8.9	5.5	3	1
NGC3114	10 02 36	-60 07 12	8.093	17.5	16	1
COLLINDER236	10 56 51	-61 07 00	8.370	5	6	1

9.2.2 POSTER 1

Το παρακάτω Poster δημοσιεύτηκε στην Ευρωπαϊκή εβδομάδα Αστρονομίας και διαστημικής επιστήμης, που πραγματοποιήθηκε από 8 έως 12 Ιουλίου 2013 στο Turku της Φινλανδίας.

Near Infrared Study of Intermediate Age Galactic Open Clusters hosting Carbon Stars for the ESO-GAIA project

Mavrikis D.⁽¹⁾, Hatzidimitriou D.⁽¹⁾, Dapergolas A.⁽²⁾, Gavas Th.⁽¹⁾, Kontiza M.⁽¹⁾

(1) University of Athens, School of Physics, Department of Astrophysics, Astronomy and Mechanics, Panepistimiopolis, Zografos, GR15784, Greece
 (2) Institute of Astronomy, Astrophysics, Space Applications & Remote Sensing, National Observatory of Athens, P.O. Box 20048, GR11810, Greece

Introduction - Aims

- Intermediate age open clusters may host carbon stars
- A correlation of the Carbon Star General Catalog (Alkrisis 2001) with the catalog of galactic open clusters (Dias et al. 2002) revealed the existence of 670 carbon stars within the projected radius of an open cluster
- Our aim is to identify carbon stars that are actually probable cluster members, in order to include them for observation in the ESO-GAIA survey with the VLT
- Criteria for likely membership:
 - Projected distance from cluster center less than one cluster radius
 - Age of cluster larger than 10⁸ yrs
 - Photometry of carbon star compatible with expected location on colour magnitude diagram 34 clusters selected

Final Sample and analysis

- The open clusters finally selected for further investigation were 6 (COLLINDER236, DIAS2, HAFFNER14, NGC2477, NGC2660, NGC3114)
- We used near infrared *JPKC* photometry from the 2MASS catalog (Skrutskie et al. 2006), to construct color – magnitude diagrams and density profiles for the clusters
- We used the new *PARGEN-carbon* (Bressan et al. 2012) to derive cluster ages
- Most clusters among the 34 candidates had to be rejected from further investigation because:
 - The carbon star(s) have only been detected in the infrared (IRAS sources) with no 2MASS counterpart
 - The cluster is very extended or sparsely populated, and thus not suitable for observation with the ESO GAIA project instrument setup
 - The carbon star was too faint to belong to the cluster
 - In some cases, the cluster is already included in the GAIA-ESO sample

Cluster Name	RA (J2000)	Dec (J2000)	Radius (arcmin)	Distance (Mpc)	Reddening E(B-V)	Metallicity	log(Age)	Carbon Star RA (J2000)	Carbon Star Dec (J2000)	Distance from center (arcmin)	J, J-K	Membership probability
NGC 2477	07 ^h 40 ^m 10 ^s	+28 ^o 23' 40"	2.05 ± 0.5	12.7	0.045	Solar (Z=0.0152)	8.8 ± 0.1	07 ^h 40 ^m 11.4 ^s	+28 ^o 23' 40.1"	0.42 (arcmin)	7.64, 1.98	Possible member
NGC 3114	07 ^h 52 ^m 31 ^s	+28 ^o 23' 10"	0.11 ± 0.1	12.7	0.045	Solar (Z=0.0152)	8.8 ± 0.1	07 ^h 52 ^m 03.8 ^s	+28 ^o 23' 06.1"	1.00 (arcmin)	8.74, 1.89	Possible background CS
HAFFNER 14	07 ^h 40 ^m 51 ^s	+28 ^o 23' 10"	0.11 ± 0.1	12.7	0.045	Solar (Z=0.0152)	8.8 ± 0.1	07 ^h 40 ^m 44.04 ^s	+28 ^o 23' 07.8"	2.74 (arcmin)	8.74, 1.71	Likely member
COLLINDER 236	07 ^h 40 ^m 51 ^s	+28 ^o 23' 10"	0.11 ± 0.1	12.7	0.045	Solar (Z=0.0152)	8.8 ± 0.1	07 ^h 40 ^m 23.14 ^s	+28 ^o 23' 07.8"	4.0 (arcmin)	7.51, 2.14	Possible background CS
DIAS 2	07 ^h 50 ^m 11 ^s	+28 ^o 23' 33"	0.15 ± 0.1	12.7	0.045	Solar (Z=0.0152)	8.9 ± 0.1	07 ^h 50 ^m 07.0 ^s	+28 ^o 23' 41.4"	1.38 (arcmin)	7.03, 2.19	Likely member
NGC 2660	07 ^h 47 ^m 10 ^s	+28 ^o 23' 58"	1.15 ± 0.5	12.7	0.045	Solar (Z=0.0152)	8.9 ± 0.1	-	-	0.02 (arcmin)	-	Likely member

References
 Alkrisis A., Baklavas A., Ouzellis, U., et al., 2001, *BATA*, 10, 1
 Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., et al., 2012, *MNRAS*, 427, 127
 Carraro, G., Palati, F., 2001, *AA*, 379, 130
 Dias, W.S., Alves, B.S., Moirino, A., et al., 2002, *AA*, 369, 671
 Gavras, T., 2011, Master's Diploma Thesis, University of Athens
 Skrutskie et al. 2006, *AJ*, 131, 185
 Turner et al. 2009, *MNRAS*, 397, 1046
 WEBDA database: <http://www.leviatan.si.edu/webda/>

9.2.3 POSTER2 [61]

Το παρακάτω Poster δημοσιεύτηκε στο 11^ο Ελληνικό Συνέδριο Αστρονομίας, που πραγματοποιήθηκε από 8 έως 12 Σεπτεμβρίου 2013 στην Αθήνα

A Near Infrared Study of Intermediate Age Galactic Open Clusters

Mavriks D.⁽¹⁾, Hatzidimitriou D.⁽¹⁾, Dapergolas A.⁽²⁾, Gavas Th.⁽¹⁾, Kontiza M.⁽¹⁾

⁽¹⁾ University of Athens, School of Physics, Department of Astrophysics, Astronomy and Mechanics, Panepistimiopolis, Zografos, GR15784, Greece
⁽²⁾ Institute of Astronomy, Astrophysics, Space Applications & Remote Sensing, National Observatory of Athens, P.O. Box 20048, GR11810, Greece

Abstract

We use JHK photometry from the 2MASS survey to construct color-magnitude diagrams and density profiles of intermediate age open clusters in the Galaxy, some of which appear to contain carbon stars within their radius. The clusters in the sample have not been extensively studied in the past, as often have very low density as well as being extended and therefore difficult to observe. We have used the most recent Padova isochrones (Bressan et al. 2013) to estimate the ages of the clusters. The present work is referred to the preparation of target for the Gaia – ESO survey.

1. OPEN CLUSTERS WITH CARBON STARS

□ Intermediate age open clusters may host carbon stars

□ A correlation of the Carbon Star General Catalog (Aikinis 2001) with the catalog of galactic open clusters (Dias et al. 2002) revealed the existence of 670 carbon stars within the projected radius of an open cluster

□ Our aim is to identify carbon stars that are actually probable cluster members, in order to include them for observation in the ESO-GAIA survey with the VLT

□ Criteria for likely membership:

- > Projected distance from cluster center less than one cluster radius
- > Age of cluster larger than 10⁷ yrs
- > Photometry of carbon star compatible with expected location on colour magnitude diagram **34 clusters selected**

□ The open clusters finally selected for further investigation were 3 (NGC2477, NGC2660, NGC3114)

□ We used near infrared JHK photometry from the 2MASS catalog (Skrutskie et al. 2006), to construct color – magnitude diagrams and density profiles for the clusters

□ We used the new PARSEC isochrones (Bressan et al. 2012) to derive cluster ages

□ Most clusters among the 34 candidates had to be rejected from further investigation because:

- The carbon star(s) have only been detected in the infrared (IRAS sources) with no 2MASS counterpart
- The cluster is very extended or sparsely populated, and thus not suitable for observation with the ESO GAIA project instrument setup
- The carbon star was too faint to belong to the cluster
- In some cases, the cluster is already included in the GAIA-ESO sample

NGC 2477

C Star parameters		
RA (J2000)	10h 47m 46s	Dist: 2002-2013
Dec (J2000)	+16° 11' 10"	Dist: 2002-2013
Radius (arcmin)	0.010-9	Parallax: weak
Distance Modulus	18.1	Dist: 2002-2013
Reddening E(B-V)	0.46	WEIDA
Metallicity	0.074	WEIDA
Age (Myr)	2.5-3.0	Parallax: weak
	0.75	Dist: 2002-2013

NGC 3114

C Star parameters		
RA (J2000)	10h 47m 46s	Dist: 2002-2013
Dec (J2000)	+16° 11' 10"	Dist: 2002-2013
Radius (arcmin)	0.010-9	Parallax: weak
Distance Modulus	18.1	Dist: 2002-2013
Reddening E(B-V)	0.46	WEIDA
Metallicity	0.074	WEIDA
Age (Myr)	2.5-3.0	Parallax: weak
	0.75	Dist: 2002-2013

NGC 2660

Carbon star		
Distance from center	0.87 (arcmin)	
Membership probability	1.4x10 ⁻²	member

2. OPEN CLUSTERS WITHOUT PUBLISHED JHK PHOTOMETRY

□ we studied some open clusters of our galaxy without published JHK photometry

□ the clusters we finally selected for further investigation were 3 (Ales1 5 , Ales1 20 , Bas1 11A)

□ We used near infrared JHK photometry from the 2MASS catalog (Skrutskie et al. 2006), to construct color – magnitude diagrams and density profiles for the clusters

□ We used the new PARSEC isochrones (Bressan et al. 2012) to derive cluster ages

ALESSI 5

C Star parameters		
RA (J2000)	10h 47m 46s	Dist: 2002-2013
Dec (J2000)	+16° 11' 10"	Dist: 2002-2013
Radius (arcmin)	0.010-9	Parallax: weak
Distance Modulus	18.1	Dist: 2002-2013
Reddening E(B-V)	0.46	WEIDA
Metallicity	0.074	WEIDA
Age (Myr)	2.5-3.0	Parallax: weak
	0.75	Dist: 2002-2013

ALESSI 20

C Star parameters		
RA (J2000)	10h 47m 46s	Dist: 2002-2013
Dec (J2000)	+16° 11' 10"	Dist: 2002-2013
Radius (arcmin)	0.010-9	Parallax: weak
Distance Modulus	18.1	Dist: 2002-2013
Reddening E(B-V)	0.46	WEIDA
Metallicity	0.074	WEIDA
Age (Myr)	2.5-3.0	Parallax: weak
	0.75	Dist: 2002-2013

BASEL 11A

C Star parameters		
RA (J2000)	10h 47m 46s	Dist: 2002-2013
Dec (J2000)	+16° 11' 10"	Dist: 2002-2013
Radius (arcmin)	0.010-9	Parallax: weak
Distance Modulus	18.1	Dist: 2002-2013
Reddening E(B-V)	0.46	WEIDA
Metallicity	0.074	WEIDA
Age (Myr)	2.5-3.0	Parallax: weak
	0.75	Dist: 2002-2013

References

- 1) Aikinis A., Balklavs A., Dzervitis, U., et al., 2001, BaltA, 10, 1
- 2) Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., et al., 2012, MNRAS, 427, 127
- 3) Carraro, G., Patat, F., 2001, A&A, 379, 136
- 4) Dias, W.S., Alessi, B.S., Moitinho, A. et al. 2002, A&A, 389, 871
- 5) Gavas, T., 2011, Master's Diploma Thesis, University of Athens
- 6) Skrutskie et al. 2006, AJ, 131, 1163
- 7) Turner et al. 2009, MNRAS, 397, 1046
- 8) WEBDA database <http://www.univie.ac.at/webda/>
- 9) N. V. Kharchenko, A. E. Piskunov et al. 2005, A&A, 438, 1163-1173
- 10) Allen's, Astrophysical Quantities
- 11) The official site of Gaia – ESO survey : <http://www.gaia-eso.eu>