



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Βιολογίας
Τομέας Ζωολογίας και Θαλάσσιας Βιολογίας

Βιοτοπικές προτιμήσεις και μηνιαία φαινολογία των εδαφικών Κολεοπτέρων (οικ. Carabidae) σε νησιά των δυτικών Κυκλάδων

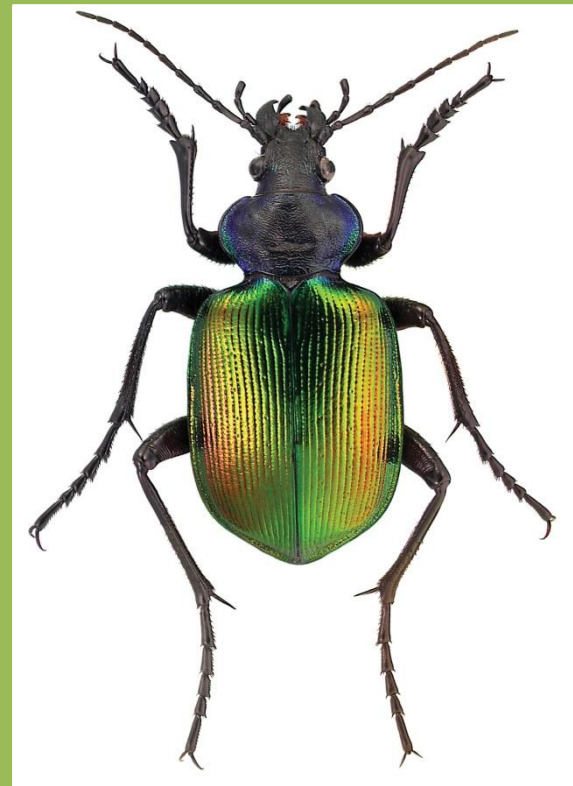
Υπεύθυνος: Αναστάσιος Λεγάκις

Επιβλέπων: Ιωάννης Αναστασίου

Ευστάθιος Αποστολόπουλος

A.M. 1113201200005

Αθήνα 2017



Περιεχόμενα

Πρόλογος	i
Περίληψη	ii
1. Εισαγωγή	1
1.1 Περιοχή μελέτης	2
1.1.1 Στοιχεία γεωγραφίας και γεωμορφολογίας	2
1.1.2 Παλαιογεωγραφικά δεδομένα του Αιγαίου Πελάγους	4
1.1.3 Κλίμα	5
1.1.3.1 Παλαιοκλίμα.....	5
1.1.3.2 Κλίμα της Ελλάδας και των Κυκλάδων.....	5
1.1.4 Βλάστηση	6
1.1.4.1 Παλαιοβλάστηση.....	6
1.1.4.2 Βλάστηση των νησιών μελέτης	6
1.1.5 Τύποι βιοτόπου	7
1.2 Οργανισμοί μελέτης	8
2. Υλικά και Μέθοδοι	11
2.1 Εισαγωγή.....	11
2.2 Δειγματοληπτική Μέθοδος – Παγίδες παρεμβολής.....	12
2.3 Σχεδιασμός πειράματος.....	13
2.4 Στατιστικές αναλύσεις.....	16
3. Αποτελέσματα	16
3.1 Συνοπτική παρουσίαση.....	16
3.1.1 Συνολικά.....	17
3.1.2 Σίφνος.....	19
3.1.3 Μήλος.....	20
3.2 Βιοτοπικές προτιμήσεις.....	21
3.2.1 Συνολικά.....	21
3.2.2 Σίφνος.....	22
3.2.3 Μήλος.....	24
3.3 Μηνιαία φαινολογία.....	25
3.3.1 Συνολικά	25
3.3.2 Σίφνος	25
3.3.3 Μήλος	26
3.3.4 Τύποι βιοτόπου στη Σίφνο.....	27
3.3.5 Τύποι βιοτόπου στη Μήλο	28
3.4 Βιοτοπικές προτιμήσεις και μηνιαία φαινολογία των πιο άφθονων ειδών	29
3.4.1 <i>Microlestes luctuosus</i>	29
3.4.2 <i>Calathus mollis</i>	30
3.4.3 <i>Calathus korax</i>	31
3.4.4 <i>Carabus trojanus</i>	32

3.4.5	<i>Carabus coriaceus</i>	32
3.5	Αποτελέσματα Ανάλυσης Ομαδοποίησης (Cluster)	33
3.5.1	Σίφνος	33
3.5.2	Μήλος.....	34
3.6	Αποτελέσματα Μη Μετρικής Πολυδιάστατης Ανάλυσης (NMDS).....	35
3.7	Αποτελέσματα Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA).....	36
3.7.1	Σίφνος.....	36
3.7.2	Μήλος.....	37
3.8	Αποτελέσματα Κανονικής Ανάλυσης Αντιστοίχισης (CCA).....	38
4.	Συζήτηση	39
5.	Βιβλιογραφία	43

Πρόλογος

Ο χρόνος που αφιέρωσα στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, αποτέλεσε διάστημα εμπλουτισμού των γνώσεων μου στα πεδία της Συστηματικής και της Οικολογίας, ενισχύοντας το προϋπάρχον ενδιαφέρον μου γι' αυτά. Απέκτησα, παράλληλα, επιπλέον εργαστηριακή εμπειρία, αλλά και εξοικείωση με τις μεθόδους συλλογής των εδαφικών Κολεοπτέρων. Όλα αυτά, από κοινού με την εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου στα ευρήματά μου, αποτελούν πολύτιμα εφόδια για την μετέπειτα ερευνητική πορεία που επιθυμώ να ακολουθήσω.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Αναστάσιο Λεγάκι, υπεύθυνο της εργασίας μου, η δουλειά και η διδασκαλία του οποίου με ενέπνευσαν ώστε να επιλέξω το συγκεκριμένο αντικείμενο ως πρώτη ερευνητική μου προσπάθεια. Αντίστοιχα, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Δρ. Ιωάννη Αναστασίου. Χάρη στην καθοδήγηση και τη συνέπειά του, γεννήθηκε μεταξύ μας μια ουσιαστική και όχι τυπική συνεργασία, στηριγμένη στην αμοιβαία εμπιστοσύνη. Πολύτιμη ήταν και η στήριξη του Άρη Κουλαμά, ο οποίος αφιέρωσε πολύ και ποιοτικό χρόνο σε εμένα και τους υπόλοιπους συμφοιτητές μου, μεταφέροντάς μας σημαντικές πρακτικές εργαστηριακές γνώσεις.

Ακόμη, ευχαριστώ πολύ τις συναδέλφους με τις οποίες συνεργάστηκα στο εργαστήριο σε χαρούμενη και φιλική ατμόσφαιρα. Επιπλέον, τη φίλη μου, Άννα Γιουλάτου που με προέτρεψε να ακολουθήσω την κατεύθυνση αυτή. Δεν θα μπορούσα να παραβλέψω την σύντροφό μου, Έλενα Μαγδαληνού, που μου συμπαραστάθηκε με αμέριστη αγάπη και κατανόηση στο διάστημα συγγραφής της εργασίας μου. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, επειδή η βοήθειά της όλα αυτά τα χρόνια μου έδωσε δύναμη για να επιδιώξω ενεργά τους στόχους μου.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία στόχος ήταν η μελέτη των προτύπων κατανομής, αφθονίας και μηνιαίας φαινολογίας, των εδαφικών Κολεοπτέρων της οικογένειας Carabidae, σε διαφορετικούς τύπους βιοτόπου σε δύο νησιά του Κεντρικού Αιγαίου, τη Σίφνο και τη Μήλο. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε 6 διαφορετικούς τύπους βιοτόπου και 31 σταθμούς δειγματοληψίας, όπου τοποθετήθηκαν παγίδες παρεμβολής. Το πείραμα διήρκησε από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο του 2006 και το υλικό συλλέγονταν ανά μήνα. Συνολικά καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του είδους 5.005 άτομα, που ανήκουν σε 44 είδη της οικογένειας Carabidae. Τα πιο άφθονα είδη ήταν τα *Microlestes luctuosus*, *Calathus mollis* και *Calathus korax*. Η σύνθεση και η δομή των βιοκοινοτήτων καθορίζεται από τον τύπο βιοτόπου, ο οποίος καθορίζει το μικροκλίμα, και όχι από τον παράγοντα «διαφορετικό νησί». Παρατηρήθηκε, ότι τα πρότυπα κατανομής και αφθονίας των ειδών στα νησιά, σχετίζονται έντονα με τον τύπο εδαφικού υποστρώματος και τη σύνθεση και τη δομή της βλάστησης. Γενικά, οι πιο ευνοϊκοί τύποι βιοτόπου ως προς την αφθονία των ατόμων και ως προς τον πλούτο των ειδών, ήταν τα λιβάδια και οι θίνες με μακί βλάστηση, ενώ ο λιγότερο φιλόξενος βιότοπος ήταν οι αμμοθίνες. Από την άλλη πλευρά, οι πιο ευνοϊκοί μήνες για τη δραστηριότητα των σκαθαριών ήταν ο Μάιος και ο Οκτώβριος, ενώ οι πιο δυσμενείς οι θερινοί. Τα είδη της οικογένειας Carabidae ανέπτυξαν προσαρμογές για την εποίκηση των θερμών και ξηρών μεσογειακών βιοτόπων, τροποποιώντας τη μηνιαία φαινολογία τους, με μέγιστο δραστηριότητας κατά τους ανοιξιάτικους και φθινοπωρινούς μήνες και αναζητώντας υγρά καταφύγια στο έδαφος ή στη βλάστηση.

1. Εισαγωγή

Τα Αρθρόποδα συνιστούν το μεγαλύτερο φύλο στο ζωικό βασίλειο, καθώς περιλαμβάνουν το 80% των ειδών (Hickman *et al.* 2002). Είναι συνήθως δραστήρια ζώα και χρησιμοποιούν όλους τους τρόπους διατροφής (σαρκοφάγα, φυτοφάγα, παμφάγα). Χρησιμεύουν ως τροφή του ανθρώπου, παρέχουν φάρμακα και παράγουν προϊόντα όπως μετάνι, μέλι, κεριά και χρωστικές. Σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο ευκαρυωτικό φύλο, τα Αρθρόποδα έχουν την ευρύτερη κατανομή σε όλες τις περιοχές της γήινης βιόσφαιρας. Στους χερσαίους αντιπροσώπους τους συγκαταλέγονται μεταξύ άλλων εδαφικά Καρκινοειδή (Ισόποδα), Μυριάποδα, Έντομα και Αραχνίδια. Από την ομάδα των Εντόμων σημαντικό ρόλο στην λειτουργία των οικοσυστημάτων διαδραματίζουν οι τάξεις των Κολλεμβόλων και των Ισοπτέρων, ενώ εξαιρετικής σημασίας είναι τα Κολεόπτερα (350.000 είδη) τα Δίπτερα (120.000 είδη) και τα Υμενόπτερα (125.000 είδη), συγκεντρώνοντας πάνω από το 50% του συνολικού αριθμού ειδών της ομάδας (Grimaldi & Engel 2005). Οι ομάδες αυτές, ανάλογα με τις διατροφικές τους συνήθειες, συμβάλλουν στις τροφικές αλυσίδες είτε ως καταναλωτές πρώτης τάξης, είτε ως θηρευτές ελέγχοντας τους πληθυσμούς της λείας τους. Με αυτόν τον τρόπο συμμετέχουν στη ροή της ενέργειας και την ανακύκλωση των θρεπτικών ρυθμίζοντας την λειτουργία των οικοσυστημάτων.

Η κατανομή των ειδών τους επηρεάζεται από μια πληθώρα οικολογικών παραμέτρων όπως ο τύπος βιοτόπου, η θερμοκρασία, τα κατακρημνίσματα και ο τύπος του εδαφικού υποστρώματος (Lawton *et al.* 1987). Η επίδραση του τύπου του βιοτόπου εξαρτάται από την κυρίαρχη δομή και τη σύνθεση της βλάστησής του καθώς και από την ποικιλία των διαθέσιμων μικροενδιαιτιμάτων (Butterfield 1996). Η θερμοκρασία και τα κατακρημνίσματα μεταβάλλονται κατά τα γενικότερα κλιματικά πρότυπα και ακολούθως επηρεάζουν την δραστηριότητα των οργανισμών κατά τη διάρκεια του έτους (Hodkinson 2005). Σε γενικές γραμμές η δραστηριότητα και οι κατανομές των περισσότερων εντόμων περιορίζονται σε έναν αριθμό βιοτόπων, ενώ εντός αυτών τείνουν να έχουν μέγιστες τιμές αφθονίας κοντά σε ένα περιβαλλοντικό βέλτιστο. Κατά συνέπεια, τα είδη αντικαθιστούν το ένα το άλλο και η σύνθεση των βιοκοινοτήτων αλλάζει στο χώρο και στο χρόνο ως συνάρτηση της αλλαγής των περιβαλλοντικών παραμέτρων (Pickett 1980). Πέρα από τα παραπάνω, το πρότυπο που εμφανίζει η βιοκοινότητα μιας περιοχής, καθορίζεται και από τη δυναμική των πληθυσμών που την αποτελούν, και η διερεύνηση αυτής της δυναμικής είναι πολύ χρήσιμη για την κατανόηση της λειτουργίας της (Strong *et al.* 1984).

Οι ζωντανοί οργανισμοί δεν ζουν σε έναν ενιαίο γεωγραφικά κόσμο, αλλά είτε σε πραγματικά νησιά περιτριγυρισμένα από θάλασσα, είτε σε ηπειρωτικά «νησιά ενδιαιτήματος», των οποίων η «θάλασσα» είναι τα τελείως διαφορετικής φύσης ενδιαιτήματα που τα περιβάλλουν. Για τα έντομα με χαμηλή ικανότητα διασποράς, όπως αυτά της οικογένειας Carabidae, τα πραγματικά νησιά περιέχουν μέσα τους μικρότερες νησίδες ενδιαιτήματος, που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη σύνθεση και τη δομή των βιοκοινοτήτων τους.

Για να διερευνηθούν οι οικολογικές παράμετροι που επηρεάζουν τη σύνθεση και τη δομή των Carabidae σε πραγματικά νησιά καθώς και στις νησίδες ενδιαιτημάτων εντός αυτών, μελετήθηκαν οι βιοκοινότητες της οικογένειας στη Σίφνο και στη Μήλο. Τα δύο αυτά νησιά, όπως και τα υπόλοιπα του Αιγαίου πελάγους, συγκροτούν ένα πολύ ενδιαφέρον σύμπλεγμα για τη μελέτη της νησιωτικής βιογεωγραφίας καθώς και της

οικολογίας πληθυσμών. Τα νησιά του Αιγαίου αποτελούν μια γέφυρα μεταξύ τριών ηπείρων και εμφανίζουν ποικιλία στο μέγεθος, στην ηλικία, στο βαθμό απομόνωσης και στην απόσταση από τις ηπειρωτικές περιοχές. Περιέχουν ενδιαυτήματα με ποικίλα χαρακτηριστικά, που είναι ικανά να φιλοξενήσουν είδη διαφορετικών οικολογικών απαιτήσεων. Γι' αυτούς τους λόγους, αλλά και λόγω της πρόσφατης παλαιογεωγραφικής ιστορίας τους, έχουν απασχολήσει και απασχολούν πολλούς βιογεωγράφους και ταξινομους (Sfenthourakis & Legakis 2001). Ένα ακόμα στοιχείο που ενθαρρύνει τη μελέτη στα νησιά, είναι ότι αυτά αποτελούν «θερμά σημεία» βιοποικιλότητας, αφού είναι πλούσια σε ενδημικά είδη (Whittaker 2009).

Η παρούσα διπλωματική αφορά την οικογένεια Carabidae, τα μέλη της οποίας έχουν αναπτύξει διάφορες μορφολογικές, φυσιολογικές και συμπεριφορικές προσαρμογές, που καθιστούν ικανή την παρουσία τους σε μεγάλη ποικιλία χερσαίων βιοτόπων (Arndt *et al.* 2011, Lövei & Sunderland 1996). Στα διάφορα περιβάλλοντα εμφανίζουν συχνά υψηλές τιμές ποικιλότητας και αφθονίας, τα πρότυπα των οποίων επηρεάζονται άμεσα από τις αλλαγές του τύπου βιοτόπου (Niemelä *et al.* 1992). Η οικολογία και η συστηματική της οικογένειας είναι σχετικά καλά γνωστές. Ακόμα, τα Carabidae είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις αλλαγές περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η διαβάθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε σχέση με το υψόμετρο, το οργανικό περιεχόμενο, το pH και η υγρασία του εδάφους, και η σκίαση, παρουσιάζοντας έτσι ευδιάκριτες και αναγνωρίσιμες συναθροίσεις στους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου (Thiele 1977, Dajoz 2002). Αποτελούν μια αρκετά ετερογενή ομάδα όσον αφορά το μέγεθος, τις διατροφικές τους συνήθειες και την ικανότητα διασποράς. Ένα άλλο πλεονέκτημα που έχει η χρήση των Carabidae για μελέτες απόκρισης κατά μήκος των περιβαλλοντικών διαβαθμίσεων, είναι το γεγονός ότι συλλέγονται εύκολα και αποτελεσματικά με χρήση παγίδων παρεμβολής (pitfall traps), οι οποίες παρά τις αρνητικές κριτικές που έχουν δεχθεί (Greenslade 1964, Adis 1979), αποτελούν την ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδο δειγματοληψίας.

Στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, ήταν η μελέτη των προτύπων κατανομής και αφθονίας των εδαφικών Κολεοπτέρων της οικογένειας Carabidae και της μηνιαίας φαινολογίας τους, σε διαφορετικούς τύπους βιοτόπου στη Σίφνο και τη Μήλο. Έγινε προσπάθεια ώστε να αποσαφηνιστεί η δομή των βιοκοινοτήτων των εδαφικών αυτών μακρο-αρθροπόδων, στα διαφορετικά οικοσυστήματα που σχηματίζονται στους βιότοπους μελέτης. Έτσι καταγράφηκε ο αριθμός ειδών των Carabidae, η σχετική αφθονία τους και η μηνιαία δραστηριότητα τους και αναζητήθηκαν οι σχέσεις μεταξύ των ειδών και των βιοτόπων. Ακόμη έγινε μια πρώτη προσπάθεια εύρεσης των πιθανών βασικών οικολογικών παραγόντων που επηρεάζουν τις σχέσεις και τα πρότυπα κατανομής των ειδών στα νησιά, στους βιότοπους και στους μήνες.

1.1 Περιοχή μελέτης

1.1.1 Στοιχεία γεωγραφίας και γεωμορφολογίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης μελέτης που πραγματοποιήθηκε στο κεντρικό αρχιπέλαγος του Αιγαίου (Paradourouli *et al.* 2009, Sfenthourakis 1996, Sfenthourakis & Legakis 2001, Σημαιάκης 2005, Στάθη 2009, Τριχάς 1996) και είναι μια προσπάθεια ώστε να καλυφθούν τα ερευνητικά κενά γύρω από το χώρο αυτό, όσον αφορά την πανίδα και τη βιογεωγραφία του.

Το Αιγαίο Πέλαγος χωρίζεται σε τρία τμήματα με βάση τη μορφολογία των ακτών, τη θέση των νησιών και τη διαμόρφωση του πυθμένα. Τα τμήματα αυτά είναι το Βόρειο, το Κεντρικό και το Νότιο Αιγαίο. Βρίσκεται στην ανατολική Μεσόγειο, μεταξύ των Ελληνικών και Τουρκικών ακτών. Τα νησιά που μελετήθηκαν ήταν η Σίφνος και η Μήλος. Ανήκουν στο νησιωτικό συγκρότημα των Κυκλάδων, που βρίσκεται στο Κεντρικό Αιγαίο και πιο συγκεκριμένα στις Δυτικές Κυκλάδες. Έχουν κλίμα μεσογειακού τύπου και βρίσκονται κατά μήκος ενός νοητού άξονα με κατεύθυνση από βορρά προς νότο.

Η Σίφνος είναι ένα νησί σφηνοειδούς σχήματος που βρίσκεται στο κέντρο του συμπλέγματος των Δυτικών Κυκλάδων (μεταξύ 36°.54'-37°.02' βόρειου γεωγραφικού πλάτους και 024°.38'-024°.45' ανατολικού γεωγραφικού μήκους) μεταξύ της Σερίφου και της Κιμώλου και απέχει περίπου 130 χιλιόμετρα (80 ναυτικά μίλια) από τον Πειραιά. Έχει έκταση 73,942 τετραγωνικών χιλιομέτρων, μήκος 15 χιλιόμετρα και πλάτος 7,5 χιλιόμετρα και γι' αυτό θεωρείται νησί μεσαίου μεγέθους. Το μήκος της ακτογραμμής της είναι περίπου 75 χιλιόμετρα, και έχει μόνιμο πληθυσμό 2,625 κατοίκους (απογραφή 2011). Διασχίζεται από τέσσερις παράλληλες οροσειρές με κυριότερες κορυφές αυτές του Προφήτη Ηλία (682 μ.), στο κέντρο, και του Αγ. Συμεών (463 μ.) στα βόρεια. Κυριότερα ακρωτήρια της Σίφνου είναι: του Αγ. Φιλίππου (βορειοδυτικά), το ακρωτήριο Νάπος (ανατολικά), και το ακρωτήριο Κοντό (νότια). Οι ακτές του νησιού σχηματίζουν τους παρακάτω όρμους: του Αγίου Γεωργίου (βορειοδυτικά), των Καμαρών (δυτικά), τον όρμο Βαθύ (νοτιοδυτικά), τον όρμο Φυκιάδα (νότια), του Πλατυγιαλού (νοτιοανατολικά), του Φάρου και της Φασολούς (ανατολικά), τον όρμο Σεράλια (βορειοανατολικά). Νότια της Σίφνου βρίσκεται η μικρή νησίδα Κιτριανή. Το έδαφος της Σίφνου αποτελείται από πετρώματα γρανίτη, αργιλώδη ψαμμίτη λίθο ή σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους κ.λπ. Περιέχει και ορυκτό πλούτο όπως μεταλλεύματα σιδήρου, χαλκού, μολύβδου, μαγγανίου, γαληνίτη, μαγνησίου. Μια σημαντική έκταση της Σίφνου, 20.000 περίπου στρεμμάτων, που απλώνεται από το βουνό του Προφήτη Ηλία μέχρι τις δυτικές ακτές του νησιού, εντάχθηκε στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Φυσικών Προστατευόμενων Περιοχών Natura 2000.

Η Μήλος είναι το πέμπτο μεγαλύτερο νησί των Κυκλάδων (πρώτο των Δυτικών Κυκλάδων) και βρίσκεται στην νοτιοδυτική τους άκρη. Απέχει 138,4 χιλιόμετρα (86 ναυτικά μίλια) από τον Πειραιά και είναι στο μέσο περίπου της διαδρομής Πειραιάς-Κρήτη. Το βόρειο γεωγραφικό της πλάτος είναι από 36°.46'27" έως 36°.38'37", ενώ το ανατολικό γεωγραφικό της μήκος από 24°.19'01" έως 24°.32'47". Η έκτασή της είναι 158,4 τετραγωνικά χιλιόμετρα και το συνολικό μήκος των ακτών της 125 χιλιόμετρα. Το σχήμα του νησιού είναι ακανόνιστο και μοιάζει με πέταλο. Το μήκος της από βορρά προς νότο φτάνει τα 11,2 χιλιόμετρα, ενώ από ανατολή προς δύση τα 17,6 χιλιόμετρα. Στο κέντρο στενεύει και η θάλασσα εισχωρεί βαθιά μέσα στη στεριά δημιουργώντας το λιμάνι της Μήλου, ένα από τα μεγαλύτερα και ασφαλέστερα φυσικά λιμάνια της Μεσογείου. Θεωρείται χαμηλό νησί. Το μεγαλύτερο ύψωμα της, ο Προφήτης Ηλίας, έχει ύψος 751

μέτρα. Το Χονδρό Βουνό, μια άλλη κορυφή στην ίδια περιοχή, έχει ύψος 636 μέτρα. Όλα τα υπόλοιπα υψώματα είναι κάτω των 400 μέτρων. Βρίσκεται στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, που περιλαμβάνει τα νησιά : Σαντορίνη, Μήλος, Κως, Νίσυρος, εκ των οποίων τα ηφαίστεια του πρώτου και του τελευταίου είναι ακόμα ενεργά. Επίσης είναι το μοναδικό νησί των Κυκλάδων που έχει φυσική λίμνη, την Αχιβαδολίμνη. Η γεωλογική σύσταση της Μήλου, είναι ηφαιστειακή και διαφέρει από εκείνη των υπόλοιπων κυκλαδονησιών με εξαίρεση αυτή της Κιμώλου. Δεν έχει δενδρώδη βλάστηση. Στη Μήλο υπάγονται οι νησίδες Ακράθιο, Ανάνες, Αντίμηλος, Ακραδιές, Παξιμάδι, Πολύαιγος και Πρασονήσι. Η χερσαία και παράκτια ζώνη του δυτικού τμήματος της Μήλου ανήκει στο δίκτυο περιοχών Natura 2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι περιοχές αυτές χάρη στα σπάνια χαρακτηριστικά τους θωρακίζονται ως «Τόποι Κοινοτικής Σημασίας» και θεσμοθετούνται ως «Ζώνες Ειδικής Διατήρησης» για να διατηρήσουν τη φυσική ισορροπία και τη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων τους, καθώς και να προστατέψουν τη σπάνια χλωρίδα και πανίδα τους.

1.1.2 Παλαιογεωγραφικά δεδομένα του Αιγαίου Πελάγους

Το αρχιπέλαγος του Αιγαίου βρίσκεται μέσα σε μια γεωλογικά ενεργή περιοχή, στην οποία συναντώνται τα όρια των συγκρουόμενων τεκτονικών πλακών της Ευρασίας και της Αφρικής. Ο τρόπος με τον οποίο είναι σχηματισμένο σήμερα, οφείλεται σε αποτελέσματα τεκτονισμού, δραστηριότητα ηφαιστειών και ευστατισμού (Van Andel & Shackleton 1982, αναφορά στο Chatzimanolis *et al.* 2003).

Στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Αιγαίου μπορούμε να ξεχωρίσουμε 4 κύρια στάδια. Στο πρώτο, 23-12 εκ. χρόνια πριν από σήμερα, υπήρχε μια ενιαία μάζα ξηράς, η Αιγιήδα. Αυτή η μάζα ξηράς αναδύθηκε από τη θάλασσα κατά τα τέλη του Ολιγόκαινου - αρχές του Μειόκαινου, σχηματίζοντας μια ημικυκλική ζώνη, στο νότιο τμήμα των Κυκλάδων. Κάλυπτε ολόκληρο το Νότιο Αιγαίο και ένωνε τη σημερινή Πελοπόννησο και το κατώτερο τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας με την Κρήτη και τη Μικρά Ασία.

Στο δεύτερο στάδιο (12-5 εκ. χρόνια πριν), συνέβη ένας έντονος διαχωρισμός της Αιγιήδος λόγω τεκτονικής αστάθειας και σχηματίστηκε ένα κανάλι θάλασσας που έφτασε στην Κρήτη και κατευθύνθηκε βόρεια, δημιουργώντας χερσονήσους και νησιά. Αυτό διαχώρισε τις Κυκλάδες από τα νησιά του Ανατολικού και Νότιου Αιγαίου (Creutzburg 1963, Dermitzakis & Papanikolaou 1981).

Κατά τη διάρκεια του τρίτου σταδίου (5-2 εκ. χρόνια πριν) η θάλασσα συνέχισε να εξαπλώνεται και η ξηρά διαχωρίστηκε περισσότερο. Σε αυτό το στάδιο (αρχή Πλειόκαινου) άνοιξε το στενό του Γιβραλτάρ, και στο Αιγαίο εισχώρησε θάλασσα που χώρισε τις Κυκλάδες σε μια μεγαλόνησο, ξεχωριστή από τα Ανατολικά νησιά και την Πελοπόννησο. Οι σημερινές Κεντρικές και Νότιες Κυκλάδες (Πάρος, Νάξος, Σίκινος, Ίος, Φολέγανδρος, Κουφονήσια, Αμοργός, Μήλος, Σίφνος), για παράδειγμα, συνιστούσαν ενιαία ξηρά. Στη συνέχεια στο τέλος του Πλειόκαινου (πριν από 2,4 εκατομμύρια χρόνια), η Κυκλαδική μεγαλόνησος κατακερματίστηκε σε νησιά, αφού η θάλασσα εισχώρησε στο Βόρειο Αιγαίο. Πριν από αυτό το στάδιο ολόκληρο το Αιγαίο μετατράπηκε σε στέπα ή έρημο, εξαιτίας του κλεισίματος του στενού του Γιβραλτάρ (Krijgsman *et al.* 1999). Δόθηκε έτσι η δυνατότητα σε είδη να μεταναστεύσουν στα νησιά από την ηπειρωτική χώρα (Beerli *et al.* 1996).

Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο (κατά το Πλειστόκαινο 2,6-0,01 εκ. χρόνια πριν) όλα τα νησιά του Αιγαίου πήραν τη σημερινή τους θέση, ενώ κατά καιρούς σχηματίζονταν δευτερεύουσες γέφυρες ξηράς μεταξύ κάποιων νησιών των Κυκλάδων (Lambek 1996, Perissoratis & Conispoliatis 2003). Στο Ολόκαινο (10.000 χρόνια πριν), με το πέρας της τελευταίας παγετώδους περιόδου, η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε και η περιοχή του Αιγαίου απέκτησε σταδιακά τη σημερινή της γεωγραφία.

1.1.3 Κλίμα

1.1.3.1 Παλαιοκλίμα

Το κλίμα στην περιοχή του Αιγαίου δεν παρουσίασε ανάλογη διακύμανση με τις γεωλογικές αλλαγές, όμως παρουσίασε τις μεγάλες αλλαγές που συνέβησαν σε παγκόσμιο επίπεδο (Chatzimanolis *et al.* 2003). Κατά το Ολιγόκαινο (33-23 εκ. χρόνια πριν), το κλίμα ήταν μεσογειακό, με έντονη δηλαδή τη θερινή ξηρασία. Στο Ανώτερο Μειόκαινο συνέβηκαν γεωλογικές και κλιματικές αλλαγές, που άλλαξαν τη χλωρίδα και την πανίδα της Μεσογείου. Κατά τη διάρκειά του (12,5-5 εκ. χρόνια πριν) και μέχρι το Πλειστόκαινο, το κλίμα στην ανατολική Μεσόγειο ήταν υγρό και ζεστό με βροχερά καλοκαίρια. Κατά το Μεσσηνίο (6 εκ. χρόνια πριν), η Μεσόγειος ξεράθηκε (κρίση αλατότητας του Μεσσηνίου) και οι βροχοπτώσεις μειώθηκαν. Έτσι πολλά νησιά ενώθηκαν μεταξύ τους με γέφυρες από αποξηραμένα κομμάτια θάλασσας, δίνοντας δυνατότητα διασποράς πολλών οργανισμών. Το κλίμα που επικρατούσε ήταν τύπου στέπας. Ύστερα, κατά τη διάρκεια των παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων του Πλειστοκαινού, υπήρχαν διακυμάνσεις από υγρό σε ξηρό μεσογειακό κλίμα (Chatzimanolis *et al.* 2003).

1.1.3.2 Κλίμα της Ελλάδας και των Κυκλάδων

Το κλίμα της Ελλάδας είναι μεσογειακού τύπου. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και βροχεροί, ενώ τα καλοκαίρια σχετικά θερμά και ξηρά και υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια σχεδόν όλο το χρόνο (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία 2016). Ωστόσο η χώρα διαχωρίζεται σε κλιματικές περιοχές ανάλογα με την τοπογραφική διαμόρφωσή της (διαφορές υψομέτρου και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας). Η ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδος διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου έως το τέλος του Μαρτίου. Η θερμή και άνομβρη εποχή διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία τη θερμότερη περίοδο (μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου) είναι από 29°C έως 35°C. Παρ' όλα αυτά οι βόρειοι άνεμοι στο Αιγαίο μετριάζουν τις υψηλές θερμοκρασίες. Οι βροχοπτώσεις δεν έχουν μεγάλη διάρκεια ακόμη και το χειμώνα, ενώ στο Αιγαίο και το Ιόνιο το κρύο είναι ηπιότερο. Στη θερμή περίοδο του χρόνου βρέχει σπάνια. Τέλος, η άνοιξη έχει μικρή διάρκεια, ενώ το φθινόπωρο μεγαλύτερη.

Οι Κυκλάδες ανήκουν στην κλιματική περιοχή του Αιγαίου, που περιλαμβάνει όλη την νοτιοανατολική Ελλάδα μέχρι τη Θεσσαλία και τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη (εξαιρείται η νότια Κρήτη). Οι χειμώνες είναι ήπιοι και οι ετήσιες βροχοπτώσεις είναι χαμηλές και φτάνουν σχεδόν τις μισές της δυτικής Ελλάδας. Τα νησιά των Κυκλάδων είναι μικρής έκτασης και η ύπαρξη μεγάλων υψομέτρων είναι σπάνια. Γι' αυτό το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ξηρό μεσογειακό, με μικρά ποσοστά βροχόπτωσης και σπάνια εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών. Τα νησιά με το υψηλότερο ποσοστό βροχοπτώσεων

είναι η Νάξος, η Τήνος, η Κέα και η Άνδρος. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 13,7° έως 19° (Ντάφης 1997).

1.1.4 Βλάστηση

1.1.4.1 Παλαιοβλάστηση

Στο Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο βρέθηκαν απολιθώματα παρόχθιου δάσους και σκληρόφυλλης βλάστησης, της εποχής του Ολιγόκαινου. Τα γένη που κυριαρχούσαν ήταν τα *Liquidambar*, *Platanus* και *Zelkova*. Από το κατώτερο Πλειστόκαινο μέχρι και σήμερα, η βλάστηση των νησιών του Αιγαίου έχει αλλάξει σημαντικά. Τα εκτεταμένα δάση που επικρατούσαν εξαιτίας του υποτροπικού κλίματος πριν το Πλειστόκαινο, έδωσαν τη θέση τους σε πιο μεσογειακές διαπλάσεις, όπως τα φυλλοβόλα δάση δρυός (στις παγετώδεις περιόδους), τα φρύγανα, η μακί βλάστηση και τα κωνοφόρα (στις μεσοπαγετώδεις περιόδους) (Chatzimanolis *et al.* 2003).

1.1.4.2 Βλάστηση των νησιών μελέτης

Η Ελλάδα, αναλογικά με την έκταση της, έχει τη μεγαλύτερη ποικιλία σε τύπους βλάστησης στην Ευρώπη και την πλουσιότερη χλωρίδα (Κορακάκης 2015). Ο πλούτος της ελληνικής χλωρίδας είναι αποτέλεσμα της γεωγραφικής θέσης της Ελλάδας, της ποικίλης γεωμορφολογίας και του ανάγλυφου της και της παρουσίας υπολειμματικής χλωρίδας παλαιότερων γεωλογικών χρόνων.

Σήμερα ο κυρίαρχος τύπος βλάστησης στα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου είναι τα φρύγανα, τα οποία περιγράφονται ως «νάνοι, ξηροί, φυλλοβόλοι και εποχιακώς διμορφικοί θάμνοι» (Margaris 1976). Οι μακί διαπλάσεις είναι κοινές αλλά εμφανίζονται σαφώς λιγότερο από τις φρυγανικές, ενώ τα κωνοφόρα δάση και τα δάση δρυός βρίσκονται μόνο σε μερικά από τα μεγαλύτερα νησιά.

Στη Σίφνο συναντώνται τα κύρια χαρακτηριστικά που διακρίνουν γενικά το κυκλαδικό τοπίο. Τα κυρίαρχα στοιχεία του είναι η φρυγανική βλάστηση, εκεί όπου το έδαφος χρησιμοποιείται σαν βοσκοτόπι και οι αναβαθμοί (πεζούλες) με σκοπό να συγκρατείται το χώμα. Εκεί καλλιεργούνταν σιτηρά, αμπελώνες ή φυτεύονταν λίγες ελιές. Σήμερα όμως οι περισσότεροι αναβαθμοί μένουν χέρσοι, καθώς οι κάτοικοι ασχολούνται κυρίως με τον τουρισμό. Συναντώνται ακόμα δασάκια από θαμνώδη κυπαρίσσια, πικροδάφνες και αρμυρίκια ενώ στο βυθό σχηματίζονται αποικίες από το γνωστό θαλάσσιο φυτό ποσειδωνία (*Posidonia oceanica*), που προστατεύεται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Το πιο διαδεδομένο και χαρακτηριστικό είδος βλάστησης της Μήλου είναι ο σχίνος (*Pistacia lentiscus*). Βρίσκεται παντού, είτε σαν χαμηλός θάμνος που έρπει στο διαβρωμένο έδαφος, είτε σαν μικρό δένδρο με ύψος έως και 3 μέτρα. Το μεγαλύτερο είδος που συναντάται αυτοφυές στη Μήλο είναι το κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*). Παλαιότερα είχε μεγάλη εξάπλωση σε όλο το νησί. Η συνεχής όμως ξύλευσή του και η εκχέρωση για δημιουργία χωραφιών ή βοσκοτόπων το έχει περιορίσει σήμερα σε μία ρεματιά, όπου ακόμα σχηματίζει όμορφες συστάδες ύψους μέχρι και 20 μέτρων και όπου παρουσιάζει αξιοσημείωτη αναγέννηση. Ευρεία διάδοση έχουν οι φρυγανότοποι, οι οποίοι

χαρακτηρίζονται από το είδος του φρύγανου που κυριαρχεί. Αξίζει ιδιαίτερη αναφορά στον κρίνο της θάλασσας (*Pancretium maritimum*), φυτό της οικογένειας των Αμαρυλλίδων (*Amaryllidaceae*), που παλαιότερα υπήρχε σε όλες τις αμμουδιές όπου ο άνεμος ευνοεί το σχηματισμό αμμοθινών.

1.1.5 Τύποι βιοτόπου

Γενικά τα οικοσυστήματα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

α) Θαλάσσια και Παράκτια οικοσυστήματα, που περιλαμβάνουν θάλασσες, λιμνοθάλασσες, κόλπους, ακτές, παράκτια έλη, δελταϊκούς σχηματισμούς, αλίπεδα, αλατούχες στέπες και θίνες. β) Εσωτερικά υγροτοπικά οικοσυστήματα, στα οποία υπάγονται λίμνες, έλη, ποταμοί, ρυάκια και παρόχθια δάση. γ) Χερσαία οικοσυστήματα, που περιλαμβάνουν πολλές υποκατηγορίες όπως μεσογειακούς δενδρώδεις σκληρόφυλλους θαμνώνες (μακί και φρύγανα), δάση φυλλοβόλων, δάση κωνοφόρων, υποαλπικά και αλπικά λιβαδικά οικοσυστήματα κ.α. (Ντάφης 2005). Οι τύποι βιοτόπου της μελέτης μας, που εμπίπτουν στην τρίτη κατηγορία, διαφέρουν ως προς τη βλάστηση και τον τύπο του εδαφικού υποστρώματος και είναι οι εξής:

1. Φρύγανα (pht): Θερμο - μεσογειακοί σκληρόφυλλοι σχηματισμοί, συχνά ακανθώδεις και φυλλοβόλοι το θέρος. Απαντώνται στο ξηρό άκρο της βροχομετρικής διαβάθμισης του μεσογειακού κλίματος (275mm). Είναι ανοιχτές και χαμηλές θαμνώδεις διαπλάσεις. Τα φύλλα τους είναι μικρά, συχνά χνουδωτά, έντονα αρωματικά και παρουσιάζουν εποχικό διμορφισμό. Οι θάμνοι είναι αποστρογγυλεμένοι με αγκαθωτούς κλάδους. Τα ποώδη φυτά είναι σε αφθονία. Κυρίαρχα ξυλώδη φυτά είναι τα *Sarcopoterium spinosum*, *Coridothymus capitatus*, *Genista acanthoclada*, *Anthyllis hermanniae*, *Euphorbia acanthothamnos*, *Cistus spp.*, *Phlomis fruticosa*, *Balota spp.*, *Centaurea spinosa ssp. cycladum*. Είναι διαπλάσεις προσαρμοσμένες τόσο στις αντίξοες συνθήκες (ξηρασία, άνεμος, φτωχά εδάφη) όσο και στην ήπια βόσκηση (Ντάφης *et al.* 2001).

2. Θίνες (thn): Ως αμμοθίνη μπορούμε να ορίσουμε ένα ανάχωμα, λοφίσκο ή μια ράχη από άμμο που έχει συγκεντρωθεί εξαιτίας της δράσης του ανέμου (Ranwell & Boar 1986). Οι αμμοθίνες απαντώνται σε τριών ειδών τοπία: σε παραθαλάσσιες ακτές και όχθες λιμνών, στις κοιλάδες ποταμών και σε ερήμους. Οι κινούμενες θίνες που δημιουργούνται στη ζώνη του κυματισμού στη Μεσόγειο, είναι θίνες σε απόσταση 5 με 10 m από την ακτή. Το ύψος τους είναι από 3 m έως 20 m και το πλάτος τους φτάνει τα 100-200 m. Αντιπροσωπεύουν το δεύτερο στάδιο σχηματισμού θινών. Η βλάστηση που κυριαρχεί σε αυτές τις αμμοθίνες περιλαμβάνει αμμόφιλα μεμονωμένα άτομα ή πληθυσμούς. Χαρακτηριστικά αμμόφιλα φυτικά είδη που συμμετέχουν σε αυτόν τον βιότοπο είναι τα: *Ammophila arenaria*, *Cutandia maritima*, *Medicago marina*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Sporobolus pungens*, *Pancretium maritimum*. Ο ρόλος αυτής της βλάστησης είναι σημαντικός διότι συγκρατεί την άμμο, σταθεροποιεί την ακτογραμμή και προστατεύει τις φυτοκοινότητες του εσωτερικού. Οι κινούμενες θίνες είναι σπάνιες στο Αιγαίο και γενικά υποβαθμίζονται από τον άνθρωπο, γι' αυτό και χρειάζεται η άμεση προσπάθεια για διατήρησή τους (Ντάφης *et al.* 2001).

3. Θίνες με μακί βλάστηση (jnt): Σχηματισμοί με *Juniperus spp.* (άρκευθος) της Μεσογείου

και των Θερμο-Ατλαντικών ακτών σε κοιλότητες μεταξύ των θινών και σε πλαγιές. Η βλάστηση που κυριαρχεί σε αυτές τις αμμοθίνες αποτελείται από αμμόφιλα μεμονωμένα άτομα ή πληθυσμούς. Χαρακτηριστικά φυτικά είδη: *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Ephedra campylopora*, *Asparagus acutifolius*, *Centaurea pumilio* κ.ά. Θεωρείται οικοτόπος υψηλής προτεραιότητας καθώς είναι σπάνιος και η έκτασή του στην Ελλάδα έχει μειωθεί πολύ τις τελευταίες δεκαετίες. Συχνή είναι η παρουσία τους στις κεντρικές Κυκλάδες, Ελαφόνησο, Γαύδο και Κρήτη (Αριανούτσου-Φαραγκιτάκη 2012, Ντάφης *et al.* 2001).

4. Λιβάδια (med): Τα φυσικά λιβάδια χωρίζονται σε τρεις τύπους οικοτόπων και απαντώνται σε βασικά ή ηφαιστειογενή υποστρώματα. Ο πρώτος τύπος είναι οι καρστικοί ασβεστούχοι λειμώνες (*Alyso - Sedion albi*), ο δεύτερος οι αλπικοί ασβεστούχοι λειμώνες και ο τρίτος ασβεστόφιλοι στεππόμορφοι και *garland* λειμώνες. Οι δύο τελευταίοι τύποι απαντώνται σε μεγάλα υψόμετρα. Ο πρώτος τύπος έχει ευρεία εξάπλωση στο Αιγαίο και έχει μεγάλη ποικιλία κοινοτήτων. Οι φυτοκοινωνίες είναι ανοικτές, ξηροθερμικές σε επιφανειακά εδάφη και τα ποώδη φυτά κυριαρχούν (60-90% κάλυψη), ενώ ο θαμνώδης όροφος είναι πολύ αραιός (3-6%). Επικρατέστερα είναι τα θερόφυτα και αγρωστώδη. Συνήθως τα λιβάδια αναπτύσσονται ανάμεσα σε άλλους τύπους βλάστησης όπως φρύγανα, δάση κλπ. Ακόμη σχηματίζονται ως στάδιο διαδοχής σε εγκαταλελειμμένες καλλιεργούμενες εκτάσεις. Χαρακτηριστικά φυτικά είδη είναι *Poa timoleontis*, *Festuca sp.*, *Arenaria leptocladus*, *Muscari botryoides*, *Sedum urvillei* (Ντάφης *et al.* 2001).

5. Μακί (jnp): Η βλάστηση μακί καταλαμβάνει το 26% της έκτασης της Ελλάδας και απλώνεται σε ύψος μέχρι και 700m σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, όμως στο υγρό άκρο του ορίου βροχόπτωσης (975mm). Κυρίαρχα φυτά είναι θάμνοι, αείφυλλοι και σκληρόφυλλοι, που φτάνουν σε ύψος μέχρι και 2m. Έχουν βαθιές ρίζες για εύρεση νερού και μικρά δερματώδη φύλλα για περιορισμό της διαπνοής το καλοκαίρι. Χαρακτηριστικά φυτά είναι τα *Quercus coccifera*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Ceratonia siliqua*, *Erica spp.*, *Olea europea*, *Laurus nobilis*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea* κ.α. Ο οικοτόπος του *Juniperus phoenicea* εμφανίζεται με τη μορφή διασπασμένων έως συμπαγών θαμνώνων της Θερμο-μεσογειακής ζώνης, στην παράκτια και νησιωτική Ελλάδα και έχει ευρεία εξάπλωση και μεγάλη έκταση στο Αιγαίο. Οι θαμνώνες του *J. phoenicea* σε πολλές περιοχές σχηματίζουν μωσαϊκά βλάστησης με ανοιχτή θεροφυτική ή φρυγανική βλάστηση (Ντάφης *et al.* 2001).

6. Φρυγανοθίνες (pht): Σκληρόφυλλοι ή δαφνόφυλλοι θάμνοι εγκατεστημένοι σε θίνες της Μεσογείου και των υγρών Θερμο-εύκρατων περιοχών. Χαρακτηριστικά φρυγανικά είδη είναι τα *Centaurea spinosa*, *Coridothymus capitatus*, *Helichrysum conglobatum*, *Helichrysum italicum* και σπανιότερα τα *Sarcopoterium spinosum*, *Anthyllis hermaniae*, *Cistus creticus*. Σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελεί μεταβατικό στάδιο από τις κινούμενες θίνες προς τις κοινότητες φρυγάνων (Ντάφης *et al.* 2001).

1.2 Οργανισμοί μελέτης

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής μελετήθηκαν άτομα που ανήκουν στην οικογένεια Carabidae. Η ταξινόμηση της οικογένειας είναι η εξής :

Βασίλειο **Ζώα** (Animalia)
Φύλο **Αρθρόποδα** (Arthropoda)
Υπόφυλο **Εξάποδα** (Hexapoda)
Ομοταξία **Έντομα** (Insecta)
Τάξη **Κολεόπτερα** (Coleoptera)
Υπόταξη **Αδηφάγα** (Adephaga)
Υπεροικογένεια **Caraboidea**
Οικογένεια **Carabidae**

Το φύλο των Αρθροπόδων είναι αυτό με την μεγαλύτερη ποικιλία ειδών στο ζωικό βασίλειο και περιλαμβάνει περισσότερα από τα τρία τέταρτα όλων των γνωστών ειδών. Το σώμα τους διακρίνεται σε κεφαλή, θώρακα και κοιλιά, και περιβάλλεται από χιτινώδες επιδερμίδιο, συχνά ασβεστοποιημένο. Έχουν μεταμέρεια και τα εξαρτήματά τους είναι αρθρωτά. Οι οργανισμοί που ανήκουν στο υπόφυλο των Εξαπόδων έχουν τρία ζεύγη ποδιών, ένα ζεύγος κεραιών και στοματικά εξαρτήματα τροποποιημένα για διαφορετικούς τύπους διατροφής. Στην ομοταξία των Εντόμων περιλαμβάνονται τα Εξάποδα που έχουν τις βάσεις των στοματικών εξαρτημάτων εκτός της κεφαλικής κάψας.

Τα Κολεόπτερα (Ελλην. κολεός + πτερό) είναι η μεγαλύτερη τάξη στο βασίλειο των ζώων σε όλο τον κόσμο, με 357.000 περιγραφέντα είδη (Bouchard *et al.* 2009). Χαρακτηρίζονται από σκληρά εμπρόσθια φτερά (έλυτρα), μεμβρανώδη οπίσθια φτερά και μασητικά στοματικά εξαρτήματα (Hickman *et al.* 2011). Στην τάξη των Κολεοπτέρων ανήκουν οι πυγολαμπίδες, τα εδαφόβια σκαθάρια, οι ελαφοκάνθαροι και πολλά άλλα σκαθάρια (πτωματοφάγα, κοπροφάγα, καταδυτικά). Στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 6.863 είδη Κολεοπτέρων, αριθμός που αντιστοιχεί στο 1/4 περίπου του συνολικού αριθμού όλων των ζωικών ειδών της Ελλάδας (Λεγάκης & Μαραγκού 2009). Ο αριθμός των ειδών τους στην Ελλάδα είναι από τους υψηλότερους στην Ευρώπη, ενώ συνεχώς καταγράφονται νέα είδη (Λεγάκης & Μαραγκού 2009). Από τις 109 οικογένειες που έχουν καταγραφεί στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο αριθμό ειδών έχουν οι οικογένειες Carabidae (962 είδη, 23% ενδημικά), Curculionidae (820 είδη, 25,9% ενδημικά) και Staphylinidae (766 είδη, 7,9% ενδημικά) (Arndt *et al.* 2011, Λεγάκης & Μαραγκού 2009). Πρόκειται για μια πολύ επιτυχημένη ομάδα, η οποία έχει εποικίσει κάθε τύπο χερσαίου ενδιαίτηματος, καθώς και ορισμένους θαλάσσιους (Petitpierre 1987).

Η οικογένεια Carabidae, είναι πολύ μεγάλη και πολυποίκιλη. Περιλαμβάνει 86 ομοιογένειες και μέχρι σήμερα έχουν επιστημονικά περιγραφεί πάνω από 40.000 είδη της σε όλο τον κόσμο (Bouchard *et al.* 2009, Lövei & Sunderland 1996). Ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες οικογένειες Κολεοπτέρων από τα εξής χαρακτηριστικά: 1) οι ταρσοί όλων των ποδιών έχουν από 5 άρθρα, 2) τα ισχία των πίσω ποδιών (hind coxa) φτάνουν μέχρι το μέσο το δεύτερου στερνίτη και 3) οι κεραιές είναι νηματοειδείς με έντεκα άρθρα, εκ των οποίων τουλάχιστον τα επτά τελευταία (άρθρα 5-11), είναι χνουδωτά (Arndt *et al.* 2011, Thiele 1977). Το μέγεθός τους ποικίλλει από 0,7mm (Anillini) έως 70mm (*Enceladus gigas*), ενώ σημαντικές μπορεί να είναι οι διαφορές μεγέθους μεταξύ των ειδών του ίδιου γένους (Lövei & Sunderland 1996). Το όνομα της οικογένειας προέρχεται από την αρχαία ελληνική

λέξη κάραβος, σύμφωνα με το λεξικό ονομάτων Κολεοπτέρων του ομότιμου καθηγητή Κ. Θ. Μπουχέλου. Η λέξη κάραβος, σημαίνει κερασφόρος κάρθαρος, δηλαδή σκαθάρι που φέρει κέρατα (Liddell, Scott, Δημητριάδη, *Μέγα Λεξικόν της Ελληνικής γλώσσης*, εκδ. Ελληνικά Γράμματα). Στον Ελλαδικό χώρο έχουν καταγραφεί 962 είδη τα οποία κατανέμονται σε 138 γένη, καθιστώντας την ελληνική πανίδα μια από της πιο πλούσιες. Η υψηλή ποικιλία διαφορετικών ενδιαιτημάτων, το έντονο ανάγλυφο, ο μεγάλος αριθμός νησιών και ορεινών όγκων δικαιολογούν τον παρατηρούμενο πλούτο ειδών (Arndt 2011).

Όσον αφορά τα ημερήσια πρότυπα δραστηριότητας τα περισσότερα Carabidae είναι νυκτόβια (Lövei & Sunderland 1996). Οι νυκτόβιοι αντιπρόσωποι είναι συνήθως μεγαλύτεροι από τους ημερόβιους και έχουν σκούρα και μουντά ματ χρώματα. Αντίθετα οι ημερόβιες ομάδες (*Notiophilus*, Cincidelini) εμφανίζουν ιριδίζοντα μεταλλικά χρώματα. Δραστηριοποιούνται κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα και το καλοκαίρι βρίσκονται σε διάπαυση. Συνήθως οι περίοδοι έντονης δραστηριότητας συμπίπτουν με την αναπαραγωγική περίοδο. Πιο σύγχρονες τάσεις διαχωρίζουν τα είδη σε δυο ομάδες, ανάλογα με την ύπαρξη προνυμφών το χειμώνα ή το καλοκαίρι. Ακόμη γίνεται διαχωρισμός των ειδών που διαχειμάζουν στο στάδιο του ενήλικου ατόμου και αυτών που διαχειμάζουν στο στάδιο της προνύμφης (Lövei & Sunderland 1996).

Τα Carabidae είναι ολομετάβολα έντομα και γεννούν τα αυγά τους σε ρωγμές ή στο χώμα μετά από μια προετοιμασία του θηλυκού. Σε μερικά είδη, οι γονείς προσέχουν τα αυγά και μαζεύουν σπόρους για τις εκκολαπτόμενες προνύμφες. Η ανάπτυξη του αυγού διαρκεί από λίγες μέρες έως μερικές εβδομάδες (Arndt *et al.* 2011). Το στάδιο της προνύμφης αποτελεί το πιο ευαίσθητο στάδιο του κύκλου ζωής τους, με αποτέλεσμα να καθορίζει την κατανομή πολλών ειδών Carabidae στους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου. Έχει μεγάλη διάρκεια, στενότερα όρια ανοχής, ενώ χαρακτηρίζεται από περιορισμένες δυνατότητες διαφυγής και άμυνας. Οι προνύμφες τρέφονται συνήθως με ζωντανή λεία ή σπόρους, ενώ κάποιες μπορεί να παρασιτούν σε χρυσαλλίδες Κολεοπτέρων ή σε μυριάποδα (Erwin 1991). Η προνύμφη περνά από 3 στάδια μέχρι να μεταμορφωθεί σε χρυσαλλίδα. Μάλιστα στο δεύτερο ή τρίτο στάδιο της προνύμφης, πολλά είδη μπαίνουν σε διάπαυση (Lövei & Sunderland 1996). Το στάδιο της χρυσαλλίδας διαρκεί από λίγες μέρες έως μερικούς μήνες. Μετά την μεταμόρφωση από χρυσαλλίδα σε ενήλικο άτομο, το σώμα σκληραίνει και χρωματίζεται (Lövei & Sunderland 1996).

Αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα θηρευτών στην τάξη τους, μετά τα Staphylinidae, γι' αυτό και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο μέσα στο οικοσύστημα (Erwin 1991). Τα περισσότερα τρώνε μικρά ασπόνδυλα (ζωντανά ή νεκρά), όπως μικρά μαλάκια, αφίδες, αρθρόποδα, σκώληκες ή αυγά εντόμων. Ως ικανοί θηρευτές έχουν καλά ανεπτυγμένες δαγκάνες για να σκοτώνουν και να κομματιάζουν το θύμα τους. Κάποια Carabidae (π.χ. γένη *Zabrus*, *Amara*, και μέλη της υποοικογένειας Hagaralinae) είναι φυτοφάγα τρώγοντας για παράδειγμα σπόρους ή μυκητοφάγα (Bousquet 2010, Erwin 1991, Lövei & Sunderland 1996, Thiele 1977). Μερικές φορές χαρακτηρίζονται ως καιροσκοπικά παμφάγα (Bousquet 2010, Thiele 1977). Μελέτες στο εργαστήριο έχουν δείξει ότι μπορούν να τραφούν με οτιδήποτε τους προσφέρεται, ωστόσο εμφανίζουν κάποιες προτιμήσεις, αλλά δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτές είναι οι διατροφικές τους συνήθειες στη φύση (Larochelle 1990, Tooley

and Brust 2002). Αν και πολλά Carabidae βρίσκουν την τροφή τους τυχαία, αρκετά ημερόβια βρίσκουν την τροφή τους βασιζόμενα στην όραση, ενώ άλλα χρησιμοποιούν χημικά σήματα (Lövei & Sunderland 1996).

Η οικογένεια Carabidae είναι ευρέως διαδεδομένη και τα είδη της απαντούν σε όλες τις περιοχές του πλανήτη, με τον μεγαλύτερο πλούτο ειδών να βρίσκεται στις τροπικές περιοχές (Erwin 1991). Πολλές μορφολογικές, φυσιολογικές και συμπεριφορικές προσαρμογές έκαναν ικανά τα Carabidae να εποικίσουν όλους τους κύριους βιοτόπους, εκτός από τις ερήμους, όπου περιορίζονται σε ρέματα και οάσεις (Lövei & Sunderland 1996). Αυτό το πρότυπο κατανομής δείχνει ότι η υγρασία είναι ένας γενικός περιοριστικός παράγοντας (Lövei & Sunderland 1996). Οι κατανομές τους επηρεάζονται και από τον τύπο του εδαφικού υποστρώματος, αφού σε γενικές γραμμές απαντώνται σε μεγαλύτερες αφθονίες στα ιλυώδη εδάφη σε σχέση με τα αμμώδη, ενώ πολλά είδη δείχνουν να προτιμούν τα αργιλώδη εδάφη σε σχέση με τα ασβεστολιθικά. Δραστηριοποιούνται στην επιφάνεια του εδάφους ή μέσα στη φυλλοστρωμνή, και μπορούν να κρύβονται σε κρύπτες στο έδαφος, τις περιόδους που είναι σε διάπαυση (Lövei & Sunderland 1996, Thiele 1977).

Τα εδαφικά Carabidae χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για να απαντηθούν πολλά οικολογικά και εξελικτικά ερωτήματα (Bouchard *et al.* 2009). Χρησιμοποιούνται ακόμη ως βιοδείκτες σε μελέτες για τη βιολογία διατήρησης, για διαχείριση και οικολογία βιοτόπων, για την περιβαλλοντική ρύπανση ή για εκτίμηση της κατάστασης των θρεπτικών στο χώμα (Rainio & Niemelä 2003, Thiele 1977). Παράλληλα έχουν βοηθήσει στην κατανόηση οικολογικών αποτελεσμάτων των καλλιεργούμενων πρακτικών, της διαχείρισης βιοτόπων, του κατακερματισμού ενδιαιτημάτων, της διαχείρισης πυρκαγιών και μόλυνσης των φυσικών οικοσυστημάτων. Πολλοί εντομολόγοι έχουν μελετήσει την ταξινομική, τη φυλογένεση, τη γεωγραφική κατανομή, τις σχέσεις με τα ενδιαιτήματα, τις οικολογικές απαιτήσεις, τις στρατηγικές του τρόπου ζωής και τις προσαρμογές τους, ειδικά στην Ευρώπη (Kotze *et al.* 2011).

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Εισαγωγή

Για τη συλλογή εδαφικών αρθροπόδων υπάρχουν πολλές μέθοδοι που διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τύπο του προς μελέτη οικοσυστήματος και τον προς μελέτη οργανισμό. Μια μέθοδος συλλογής μπορεί να είναι ποιοτική, ποσοτική ή ημιποσοτική. Στην ποιοτική καταγράφεται η παρουσία των ειδών σε ένα βιότοπο. Στην ποσοτική καταγράφεται και η απόλυτη αφθονία των ατόμων. Τέλος στην ημιποσοτική μέθοδο καταγράφονται οι σχετικές αφθονίες των ειδών, αφού είναι πρακτικά αδύνατο να μετρηθούν όλα τα άτομα μιας περιοχής. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον τρόπο ζωής των οργανισμών αλλά και στον τρόπο που ανταποκρίνονται στο μέσο προσέλκυσης.

Τα εδαφόβια αρθρόποδα μπορούν να συλλεχθούν με το χέρι ή με λαβίδα απευθείας από την επιφάνεια του εδάφους. Ακόμα, καθώς περπατούν, μπορούν να παγιδευτούν με παγίδες παρεμβολής που περιέχουν συντηρητικό υγρό και τοποθετούνται

στο έδαφος. Επιπλέον, αρθρόποδα μικρότερα του 1cm, συλλέγονται από συγκεκριμένο εμβαδόν εδάφους, μαζί με το χώμα ή τη στρωμνή και ύστερα τοποθετούνται στη συσκευή Berlese-Tullgren. Σε αυτή υπάρχει λάμπα που εκπέμπει θερμότητα και αναγκάζει τα ζώα να απομακρυνθούν από το χώμα, πέφτοντας σε ένα χωνί που καταλήγει σε δοχείο με συντηρητικό υγρό (Λεγάκις & Τζανετάτου-Πολυμένη 2013).

Όσον αφορά τα Carabidae, ο συνδυασμός του κρυπτικού τρόπου ζωής και της ποικιλίας των τροφικών συνηθειών τους, δείχνει ότι η οικολογία τους δεν είναι εύκολο να μελετηθεί (Lövei & Sunderland 1996). Για το συγκεκριμένο πείραμα δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ποιοτικές μέθοδοι, καθώς στόχος του ήταν η εξέταση των ποσοτικών αλλαγών στη δομή των βιοκοινοτήτων των Carabidae σε διαφορετικούς τύπους βιοτόπου στα υπό μελέτη νησιά. Με ποσοτικές μεθόδους δεν θα ήταν εφικτή η συλλογή των απαραίτητων δειγμάτων σε ικανοποιητικό βαθμό. Η καταλληλότερη και πιο δημοφιλής μέθοδος, η οποία είναι ημιοσοτική, είναι οι παγίδες παρεμβολής (pitfall traps).

2.2 Δειγματοληπτική Μέθοδος – Παγίδες παρεμβολής

Από τότε που επινοήθηκαν οι παγίδες παρεμβολής (Barber traps ή pitfall traps, Barber 1931), άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως για την ημιοσοτική μελέτη εδαφικών εντόμων (Thiele 1977). Είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία 50 χρόνια καθώς είναι φθηνή, απλή και αποτελεσματική. Ενδείκνυται για την μελέτη της μηνιαίας φαινολογίας, των βιοτοπικών προτιμήσεων και της σχετικής αφθονίας σε διάφορα ενδιαίτηματα των μάκρο-αρθροπόδων (Southwood 1978, Digweed 1995).

Η μέθοδος περιλαμβάνει την τοποθέτηση κυλινδρικών δοχείων μέσα στο έδαφος, με τρόπο τέτοιο ώστε το χείλος τους να βρίσκεται στο επίπεδο της επιφάνειας του εδάφους. Το δοχείο μπορεί να είναι άδειο, για τη συλλογή ζωντανών εντόμων, είτε μπορεί να περιέχει συντηρητικό υγρό, και μπορεί να έχει ή να μην έχει μέσα του δόλωμα (π.χ. κρέας, ψάρι, μέλι) (Thiele 1977). Το συντηρητικό υγρό είναι μη πτητικό, άχρωμο και μπορεί να είναι αιθυλενογλυκόλη, προπυλενογλυκόλη, ακετυλοσαλικυλικό οξύ κ.α. Τα έντομα όταν πέφτουν μέσα, δεν μπορούν να δραπετεύσουν επειδή αδυνατούν να σκαρφαλώσουν στα τοιχώματα του δοχείου. Μπορούν επίσης να τοποθετηθούν σκεπές πάνω από τις παγίδες για προστασία από τη βροχή και τα φύλλα. Συνήθως οι παγίδες τοποθετούνται για ένα έως και τρεις μήνες στο πεδίο. Ακόμη είναι δυνατό να τοποθετηθούν σε διατομές, με απόσταση κάποιων μέτρων μεταξύ τους, έτσι ώστε να μειωθούν τα δειγματοληπτικά σφάλματα.

Με τη μέθοδο αυτή πιστεύεται ότι ο πραγματικός αριθμός ατόμων και ειδών σε μια περιοχή, αντανακλάται στο δείγμα που έχει συλληφθεί στις παγίδες (Adis 1979, Halsall & Wratten 1988). Ωστόσο το μέγεθος του δείγματος μπορεί να επηρεαστεί από μια σειρά παραγόντων, όπως το μέγεθος, το σχήμα και το υλικό κατασκευής της παγίδας, το συντηρητικό υγρό (Luff 1975, Adis 1979, Niemelä, Halme *et al.* 1990) καθώς και η διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου (Niemelä, Halme *et al.* 1990). Δύο ακόμη παράγοντες που επηρεάζουν την εκτίμηση της αφθονίας των υπό μελέτη οργανισμών, είναι το αναπτυξιακό τους στάδιο και οι εποχικές διακυμάνσεις της δραστηριότητάς τους.

Ο αριθμός των συλλήψεων δεν επηρεάζεται μόνο από την πυκνότητα του πληθυσμού αλλά και από την κινητική του δραστηριότητα. Συνεπώς τα δείγματα δεν είναι μέτρο πυκνότητας, αλλά μέτρο πυκνότητας της δραστηριότητας (Greenslade 1964, Lövei & Sunderland 1996, Thiele 1977). Η κινητικότητα των οργανισμών επηρεάζεται άμεσα από εμπόδια, όπως η πυκνότητα της βλάστησης και οι ανωμαλίες στην επιφάνεια του εδάφους (Greenslade 1964, Niemelä *et al.* 1988). Για το λόγο αυτό απαιτείται προσοχή στη σύγκριση διαφορετικών τύπων βιοτόπου, ώστε να μη μειωθεί η αξιοπιστία της μεθόδου. Αξίζει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο το φαινόμενο digging-in effect. Συνίσταται στο ότι η διάνοιξη οπών στο έδαφος και η τοποθέτηση της παγίδας επιδρά στις συλλήψεις. Η διατάραξη του υποστρώματος δημιουργεί συνθήκες που προσελκύουν τα Κολεόπτερα, καθώς αυξάνεται το CO₂, και η νέα διαμόρφωση του υποστρώματος διευκολύνει την κίνηση των οργανισμών. Κατά συνέπεια τα ποσοστά των συλλήψεων αμέσως μετά την τοποθέτηση της παγίδας είναι αυξημένα (Greenslade 1973). Είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου αλλά και μια ένδειξη για το πόσο επιρρεπής είναι αυτή σε αλλαγές συνθηκών.

Οι εντομολόγοι προσπαθούν να βελτιώσουν τη δειγματοληπτική μέθοδο των παγίδων παρεμβολής, αλλά δεν την αλλάζουν διότι δεν έχει προταθεί κάποια άλλη καταλληλότερη μέχρι σήμερα.

2.3 Σχεδιασμός πειράματος

Οι παγίδες παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των Κολεοπτέρων, ήταν λευκά πλαστικά ποτήρια μιας χρήσης με διάμετρο 72mm, ύψος 100mm και όγκο 250 ml. Κάθε παγίδα περιείχε κατά το 1/3 μονοαιθυλενογλυκόλη (MEG). Αυτή η ουσία είναι μια υγρή, άοσμη, μη πτητική και άχρωμη οργανική ένωση, που λειτουργεί ως συντηρητικό για τα έντομα που συλλέγονται, αλλά ταυτόχρονα δεν τα απωθεί, ούτε τα προσελκύει. Μια ουσία που προσελκύει κάποια είδη και πρέπει να αποφεύγεται είναι η φορμαλδεΐδη (Kotze *et al.* 2011, Thiele 1977). Τα ποτήρια τοποθετήθηκαν μέσα στο έδαφος με τέτοιο τρόπο ώστε το χείλος τους να βρίσκεται στο ίδιο ύψος με αυτό της επιφάνειας του εδάφους. Αντί της τοποθέτησης ενός πλαστικού ποτηριού στο χώμα, τοποθετήθηκαν δύο ποτήρια το ένα μέσα στο άλλο για να μειωθεί το φαινόμενο “digging-in effect” (Greenslade 1973). Έτσι το χώμα δεν διαταράσσονταν κάθε μήνα που έπρεπε να αδειάζουν οι παγίδες. Για την προστασία των παγίδων από τη βροχόπτωση και τη φυλλόπτωση, αυτές καλύφθηκαν με πλαστικό δισκίο διαμέτρου 170mm, το οποίο απείχε από το έδαφος 50mm.

Παγίδες τοποθετήθηκαν σε διάφορους τύπους βιοτόπου, οργανωμένες σε σταθμούς δειγματοληψίας. Ο κάθε σταθμός αποτελούνταν από επτά παγίδες τοποθετημένες σε απόσταση δέκα μέτρων μεταξύ τους. Οι σταθμοί απείχαν ο ένας από τον άλλον τουλάχιστον 50 m (Digweed 1964). Η συνολική διάρκεια των δειγματοληψιών ήταν επτάμήνες, από τον Απρίλιο του 2006 ως και τον Οκτώβριο του 2006 και ανά μήνα συλλέγονταν το περιεχόμενο των παγίδων.

Συνολικά στήθηκαν 31 σταθμοί δειγματοληψίας σε 6 διαφορετικούς τύπους βιοτόπου στα δύο νησιά. Συγκεκριμένα στη Μήλο τοποθετήθηκαν 8 σταθμοί σε φρύγανα

(pnr), 3 σε λιβάδια (med), 2 σε μακί διαπλάσεις με *Juniperus phoenicea* (jnpr), 3 σε θίνες με φρύγανα (pht), 1 σε αμμοθίνες (thn) και 1 σε θίνες με *Juniperus oxycedrus* (jnt). Στη Σίφνο αντιστοίχα : 4 σε φρύγανα, 4 σε λιβάδια, 4 σε μακί με *J.phoenicea*, 1 σε αμμοθίνες. Η Σίφνος είναι ένα νησί με σημαντική τουριστική ανάπτυξη, με αποτέλεσμα όλα τα ενδιαιτήματα θινών να είναι υποβαθμισμένα. Παρουσιάστηκε έτσι δυσκολία στην εύρεση αμιγώς αμμωδών βιοτόπων γι' αυτό και υπήρχε μόνο 1 τέτοιος σταθμός στο σύνολο. Η τοποθέτηση των παγίδων, η συλλογή των δειγμάτων και η διαλογή τους, έγινε από ομάδα του εργαστηρίου μελέτης ασπόνδυλων του τομέα Ζωολογίας και Θαλάσσιας Βιολογίας.

Τα Carabidae από κάθε παγίδα συλλέχθηκαν και τοποθετήθηκαν σε διαφορετικά μπουκαλάκια με 95% αιθανόλη και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του είδους με κλείδες για την οικογένεια Carabidae στην Ελλάδα και την Ευρώπη (Arndt 2011, Trautner & Geigenmeuller 1987) και με τη βοήθεια στερεοσκοπίου. Τα δείγματα στη συνέχεια φυλάχθηκαν στο εργαστήριο μελέτης ασπόνδυλων του τομέα Ζωολογίας και Θαλάσσιας Βιολογίας.

Ακολουθούν πίνακες με δεδομένα για τους σταθμούς δειγματοληψίας στα δύο νησιά :

Εικόνα 2.3.1 Δεδομένα για τους σταθμούς δειγματοληψίας στη Σίφνο

Σταθμοί	Τύπος βιοτόπου	Συντεταγμένες	Υψόμετρο	Βόρειο-Νότιο	Ανατολικό-Δυτικό	Παραλιακό-Εσωτερικό
Slpnr1	Φρύγανα	36°59'36"N 024°41'17"E	57m	Βόρειο	Κέντρο	Εσωτερικό
Slpnr2	Φρύγανα	37°00'53"N 024°40'20"E	308m	Βόρειο	Κέντρο	Εσωτερικό
Slpnr3	Φρύγανα	37°01'59"N 024°39'39"E	99m	Βόρειο	Ανατολικό	Παραλιακό
Slpnr4	Φρύγανα	36°56'41"N 024°45'20"E	21m	Νότιο	Ανατολικό	Παραλιακό
Slmed1	Λιβάδι	37°01'36"N 024°39'45"E	173m	Βόρειο	Ανατολικό	Εσωτερικό
Slmed2	Λιβάδι	37°01'27"N 024°40'00"E	196m	Βόρειο	Ανατολικό	Εσωτερικό
Slmed3	Λιβάδι	36°59'42"N 024°42'49"E	226m	Βόρειο	Ανατολικό	Εσωτερικό
Slmed4	Λιβάδι	36°56'12"N 024°42'25"E	249m	Νότιο	Δυτικό	Εσωτερικό
Slthn1	Αμμοθίνη	36°59'26"N 024°40'46"E	2m	Βόρειο	Δυτικό	Παραλιακό
Sljnpr1	Μακί <i>J. phoenicea</i>	37°00'08"N 024°41'26"E	352m	Βόρειο	Κέντρο	Εσωτερικό
Sljnpr2	Μακί <i>J. phoenicea</i>	37°00'57"N 024°40'27"E	298m	Βόρειο	Κέντρο	Εσωτερικό
Sljnpr3	Μακί <i>J. phoenicea</i>	36°56'31"N 024°44'21"E	130m	Νότιο	Ανατολικό	Εσωτερικό
Sljnpr4	Μακί <i>J. phoenicea</i>	36°55'38"N 024°41'50"E	108m	Νότιο	Δυτικό	Εσωτερικό

Εικόνα 2.3.2 Δεδομένα για τους σταθμούς δειγματοληψίας στη Μήλο

Σταθμοί	Τύπος βιοτόπου	Συντεταγμένες	Υψόμετρο	Βόρειο-Νότιο	Ανατολικό-Δυτικό	Παραλιακό-Εσωτερικό
MLphr1	Φρύγανα	36°39'50"N 024°28'05"E	37m	Νότιο	Κέντρο	Παραλιακό
MLphr2	Φρύγανα	36°40'19"N 024°27'28"E	70m	Νότιο	Κέντρο	Εσωτερικό
MLphr3	Φρύγανα	36°41'16"N 024°25'23"E	84m	Κέντρο	Κέντρο	Εσωτερικό
MLphr4	Φρύγανα	36°42'00"N 024°24'21"E	4m	Βόρειο	Κέντρο	Παραλιακό
MLphr5	Φρύγανα	36°41'14"N 024°21'10"E	211m	Κέντρο	Δυτικό	Εσωτερικό
MLphr6	Φρύγανα	36°41'53"N 024°20'06"E	15m	Κέντρο	Δυτικό	Παραλιακό
MLphr7	Φρύγανα	36°43'19"N 024°22'06"E	174m	Βόρειο	Δυτικό	Εσωτερικό
MLphr8	Φρύγανα	36°45'31"N 024°31'09"E	39m	Βόρειο	Ανατολικό	Εσωτερικό
MLmed1	Λιβάδι	36°40'53"N 024°26'59"E	44m	Κέντρο	Κέντρο	Εσωτερικό
MLmed2	Λιβάδι	36°40'46"N 024°27'00"E	46m	Κέντρο	Κέντρο	Εσωτερικό
MLmed3	Λιβάδι	36°41'54"N 024°20'08"E	9m	Κέντρο	Δυτικό	Παραλιακό
MLpht1	Θίνη με φρύγανα	36°41'18"N 024°26'38"E	2m	Βόρειο	Κέντρο	Παραλιακό
MLpht2	Θίνη με φρύγανα	36°41'59"N 024°24'24"E	3m	Βόρειο	Κέντρο	Παραλιακό
MLpht3	Θίνη με φρύγανα	36°41'59"N 024°20'09"E	2m	Κέντρο	Δυτικό	Παραλιακό
MLjnt1	Θίνη με <i>J. oxycedrus</i>	36°41'20"N 024°26'39"E	3m	Βόρειο	Κέντρο	Παραλιακό
MLthn1	Αμμοθίνη	36°44'31"N 024°28'36"E	1m	Βόρειο	Ανατολικό	Παραλιακό
MLjnp1	Μακί <i>J. phoenicea</i>	36°39'51"N 024°20'49"E	209m	Νότιο	Δυτικό	Εσωτερικό
MLjnp2	Μακί <i>J. phoenicea</i>	36°43'33"N 024°21'42"E	161m	Βόρειο	Δυτικό	Εσωτερικό

2.4 Στατιστικές αναλύσεις

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα EXCEL 2007, STATISTICA 10.0, CANOCO 4.5 και PRIMERv6. Τα δεδομένα που αφορούσαν τις αφθονίες των ατόμων και τον πλούτο των ειδών μετασχηματίστηκαν σε λογαριθμικές τιμές $[\text{Log}(X+1)]$ με τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω αναλύσεις :

One way ANOVA & post-hoc δοκιμή (STATISTICA)

Η μονόδρομη Ανάλυση Διακύμανσης (Analysis Of Variance – ANOVA) είναι μία στατιστική μέθοδος, η οποία διασπά τη μεταβλητότητα που υπάρχει σε ένα σύνολο δεδομένων, στις επιμέρους συνιστώσες της, ούτως ώστε να αποκαλυφθεί η σημαντικότητα των διαφορετικών πηγών προέλευσής της. Βασίζεται στην εκτίμηση της συνολικής μεταβλητότητας των δεδομένων. Για να διαπιστωθεί αν οι διαφορετικές κατηγορίες παίζουν ρόλο στα δεδομένα, ερευνάται η συνεισφορά τους στη συνολική μεταβλητότητα. Αν η συνεισφορά είναι σημαντική, τότε οι κατηγορίες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκε η One way ANOVA, ώστε να προσδιοριστεί η συνολική διακύμανση των μέσων τιμών της αφθονίας και του πλούτου ειδών μεταξύ των νησιών, των διαφορετικών τύπων βιοτόπου και των διαφορετικών μηνών. Στην περίπτωση των βιοτόπων, η ομαδοποίηση ελέγχθηκε με την post-hoc δοκιμή των Ελαχίστων Τετραγώνων των Διαφορών (LSD).

Non-metric Multi-Dimensional Scaling & Cluster Analysis (PRIMER)

Η Μη Μετρική Πολυδιάστατη Ανάλυση (NMDS) χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθούν οι διαφορές στη σύνθεση των ειδών μεταξύ των διαφορετικών τύπων βιοτόπου των δύο νησιών. Η συνολική ομοιότητα των συναθροίσεων των ειδών των Carabidae στους έξι τύπους βιοτόπου αναλύθηκε με την Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster Analysis). Οι δύο παραπάνω δοκιμασίες βασίστηκαν στο δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis.

Principal Component Analysis & Canonical Correspondence Analysis (CANOCO)

Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) αποτελεί μέθοδο πολυμεταβλητής ανάλυσης και έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μειώνει τον αριθμό των μεταβλητών που πρέπει να εξεταστούν, σε ένα μικρότερο αριθμό νέων, που ονομάζονται κύριες συνιστώσες. Χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των διαφορών στη σύνθεση των ειδών μεταξύ των διαφορετικών τύπων βιοτόπου των δύο νησιών. Η Κανονική Ανάλυση Αντιστοίχισης (CCA) είναι μια μέθοδος ταξινόησης η οποία συσχετίζει τη σύνθεση των βιοκοινοτήτων με ποσοτικές ή ποιοτικές περιβαλλοντικές μεταβλητές. Χρησιμοποιήθηκε ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση των παραγόντων: νησί, τύπος υποστρώματος και τύπος βλάστησης στη δομή και σύνθεση των βιοκοινοτήτων των εδαφικών Carabidae.

3. Αποτελέσματα

3.1 Συνοπτική παρουσίαση

3.1.1 Συνολικά

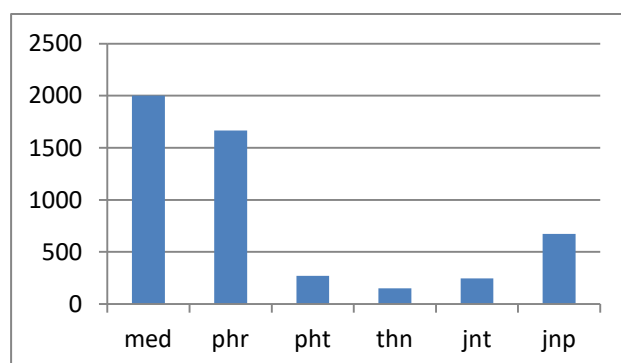
Στο πείραμά μας συλλέχθηκαν, καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν 5.005 σκαθάρια της οικογένειας Carabidae, σε διάστημα 7 μηνών (Απρίλιος-Οκτώβριος) και σε 6 διαφορετικούς τύπους βιοτόπου. Το πείραμα έλαβε χώρα σε δύο νησιά, τη Σίφνο και τη Μήλο. Οι σταθμοί δειγματοληψίας ήταν συνολικά 31, 13 στη Σίφνο και 18 στη Μήλο, ενώ οι παγίδες παρεμβολής που τοποθετήθηκαν ήταν 1.440, με αυτές της Μήλου να φτάνουν τις 828 και της Σίφνου τις 612. Τα 5.005 άτομα που μελετήσαμε ανήκουν σε 29 γένη και 44 είδη. Από τα 44 αυτά είδη τα 22 ήταν κοινά και για τα δύο νησιά. Αξίζει να αναφερθεί ότι το είδος *Microlestes luctuosus* συγκέντρωσε 1.310 άτομα με τη σχετική του αφθονία να φτάνει το 26,1%. Τρία ακόμα είδη ξεπέρασαν το 10% της σχετικής αφθονίας, το *Calathus mollis* με 14,7%, το *Calathus korax* με 14,6% και το *Carabus trojanus* με 10,7%. Στην εικόνα 3.1.1 απεικονίζονται τα είδη που συλλέχθηκαν, οι απόλυτες και σχετικές αφθονίες τους, καθώς και η κατανομή τους στα δύο νησιά της μελέτης.

Εικόνα 3.1.1 Απόλυτες και σχετικές αφθονίες ειδών της οικογένειας Carabidae

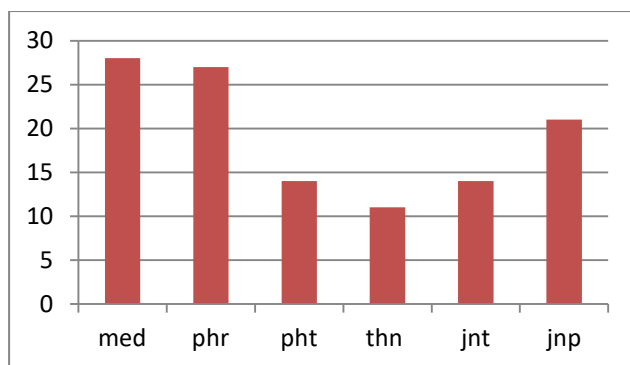
α/α	Είδη	Απόλυτη αφθονία	% Σχετική αφθονία	Παρουσία στα νησιά
1	<i>Acinopus picipes</i>	11	0,22%	Σίφνος, Μήλος
2	<i>Amara aenea</i>	56	1,12%	Μήλος
3	<i>Amara apricaria</i>	3	0,06%	Σίφνος, Μήλος
4	<i>Bembidion lampros</i>	1	0,02%	Σίφνος
5	<i>Bembidion properans</i>	3	0,06%	Σίφνος
6	<i>Bembidion tethys</i>	5	0,1%	Μήλος
7	<i>Calathus korax</i>	733	14,64%	Σίφνος, Μήλος
8	<i>Calathus mollis</i>	737	14,72%	Σίφνος, Μήλος
9	<i>Calosoma auropunctatum</i>	4	0,08%	Μήλος
10	<i>Calosoma inquisitor</i>	19	0,38%	Μήλος
11	<i>Carabidae sp1.</i>	5	0,1%	Σίφνος, Μήλος
12	<i>Carabus coriaceus</i>	420	8,4%	Σίφνος, Μήλος
13	<i>Carabus trojanus</i>	536	10,71%	Σίφνος, Μήλος
14	<i>Carterus dama</i>	2	0,04%	Μήλος
15	<i>Cymindis axillaris</i>	82	1,64%	Σίφνος, Μήλος
16	<i>Cymindis lineata</i>	33	0,66%	Μήλος
17	<i>Cymindis naxiana</i>	201	4%	Μήλος
18	<i>Cymindis ornata</i>	12	0,24%	Σίφνος, Μήλος
19	<i>Ditomus calydonius</i>	6	0,12%	Σίφνος
20	<i>Dixus obscurus</i>	6	0,12%	Σίφνος
21	<i>Harpalus calceatus</i>	1	0,02%	Μήλος
22	<i>Harpalus griseus</i>	4	0,08%	Σίφνος, Μήλος
23	<i>Harpalus litigiousus</i>	3	0,06%	Σίφνος
24	<i>Harpalus tenebrosus</i>	15	0,3%	Σίφνος, Μήλος
25	<i>Laemostenus cimmerius</i>	1	0,02%	Σίφνος
26	<i>Masoreus wetterhallii</i>	312	6,23%	Σίφνος, Μήλος
27	<i>Metadromius signifer</i>	82	1,64%	Σίφνος, Μήλος
28	<i>Microdaccus opacus</i>	4	0,08%	Σίφνος, Μήλος

29	<i>Microlestes luctuosus</i>	1310	26,17%	Σίφνος, Μήλος
30	<i>Notiophilus danieli</i>	14	0,28%	Σίφνος, Μήλος
31	<i>Notiophilus substriatus</i>	1	0,02%	Μήλος
32	<i>Olisthopus fuscatus</i>	56	1,12%	Σίφνος, Μήλος
33	<i>Olisthopus glabricollis</i>	53	1,06%	Σίφνος, Μήλος
34	<i>Ophonus subquadratus</i>	107	2,14%	Σίφνος, Μήλος
35	<i>Paradromius linearis</i>	3	0,06%	Μήλος
36	<i>Platyderus cf graecus</i>	17	0,34%	Σίφνος, Μήλος
37	<i>Platyтарus faminii</i>	6	0,12%	Μήλος
38	<i>Scarites terricola</i>	2	0,04%	Μήλος
39	<i>Scybalicus oblongiusculus</i>	1	0,02%	Μήλος
40	<i>Siagona europaea</i>	3	0,06%	Μήλος
41	<i>Syntomus fuscomaculatus</i>	51	1,02%	Μήλος
42	<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	8	0,16%	Μήλος
43	<i>Trechus sp1.</i>	4	0,08%	Σίφνος, Μήλος
44	<i>Zabrus aegeus</i>	72	1,44%	Σίφνος, Μήλος

Όσον αφορά τους τύπους βιοτόπου, τα λιβάδια συγκέντρωσαν τα περισσότερα άτομα με 2.000 αγγίζοντας το 40% των συνολικών ατόμων. Ακολούθησαν τα φρύγανα με 1.665 άτομα (33,2%) και οι μακίες-*J.phoenicea* με 672 άτομα (13,4%). Οι φρυγανοθίνες συγκέντρωσαν 270 άτομα (5,4%) και οι θίνες-*J.oxycedrus* 247 (4,4%). Ωστόσο, οι δύο τελευταίοι τύποι βιοτόπου μελετήθηκαν μόνο στη Μήλο. Ο τύπος βιοτόπου στον οποίο βρέθηκαν τα λιγότερα σκαθάρια ήταν οι αμμοθίνες με 151 και ποσοστό 3% επί του συνόλου. Στα λιβάδια βρέθηκαν συνολικά 28 είδη με το *Microlestes luctuosus* να φτάνει το 40% της σχετικής αφθονίας και το *Calathus korax* το 25%. Στα φρύγανα σε σύνολο 27 ειδών κυριαρχεί ξανά το *Microlestes luctuosus* με ποσοστό 20,2% και ακολουθεί το *Calathus mollis* με 16,5%. Στη μακί βλάστηση έχουμε 21 είδη με το *Microlestes luctuosus* να συγκεντρώνει το 23% της σχετικής αφθονίας και να ακολουθούν τα *Carabus trojanus* με 21,4% και *Carabus coriaceus* με 21%. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αμμοθίνες, στις οποίες σε σύνολο 11 μόλις ειδών, το *Calathus mollis* έφτασε το 82,1%. Τα αποτελέσματα φαίνονται καλύτερα στα παρακάτω διαγράμματα :



Εικόνα 3.1.2 Αριθμός ατόμων Carabidae ανά τύπο βιοτόπου και στα δύο νησιά



Εικόνα 3.1.3 Αριθμός ειδών Carabidae ανά τύπο βιοτόπου και στα δύο νησιά

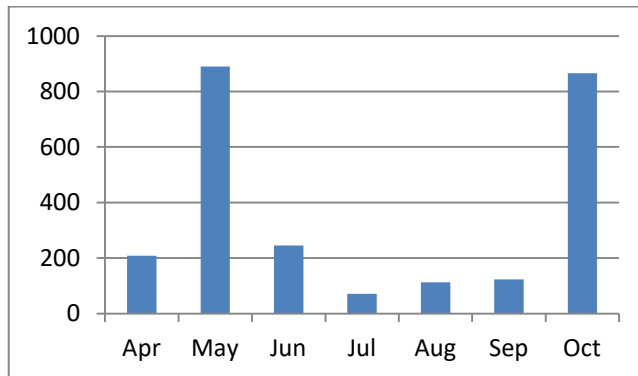
Όσον αφορά τη μηνιαία φαινολογία, τον πρώτο μήνα του πειράματος συλλέχθηκαν 320 άτομα που κατανέμονται σε 12 είδη. Το *Carabus coriaceus* συγκέντρωσε το 32,5% της σχετικής αφθονίας και ακολούθησαν τα *Carabus trojanus* με 21,8% και *Calathus korax* με 19,6%. Το δεύτερο μήνα συλλέχθηκαν 1895 άτομα που ταξινομήθηκαν σε 39 είδη, με το *Microlestes luctuosus* να φτάνει το 51,4% και το *Calathus mollis* το 13,2%. Τον Ιούνιο, που ήταν ο τρίτος μήνας του πειράματος, συγκεντρώθηκαν 305 άτομα σε 21 είδη, με το *Microlestes luctuosus* (49,8%) και το *Metadromius signifer* (16,4%) να κυριαρχούν. Τον Ιούλιο 108 σκαθάρια σε 13 είδη με το *Microlestes luctuosus* στο 44,4% και το *Masoreus wetterhallii* στο 23,1%. Τον Αύγουστο 223 άτομα σε 15 είδη με το *Masoreus wetterhallii* (49,7%) να ξεπερνά αυτή τη φορά το *Microlestes luctuosus* (25,5%). Τον Σεπτέμβριο καταμετρήθηκαν 449 άτομα που ανήκαν σε 20 είδη με το *Masoreus wetterhallii* να έχει ξανά το υψηλότερο ποσοστό (33,1%) και το *Calathus mollis* (19,8%) να ακολουθεί. Τέλος αρκετά ευνοϊκός μήνας ήταν ο Οκτώβριος, στη διάρκεια του οποίου παγιδεύτηκαν 1.705 άτομα σε 20 είδη, με το *Calathus korax* να φτάνει το 29,7% και το *Carabus trojanus* να έπεται με 22,3%.

3.1.2 Σίφνος

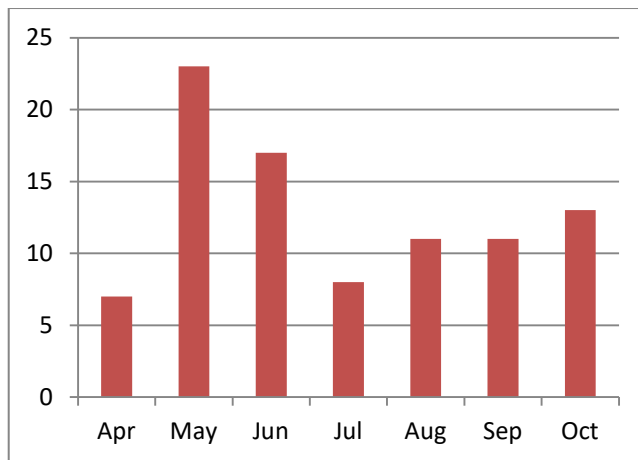
Στη Σίφνο, σε τέσσερις τύπους βιοτόπου, καταμετρήθηκαν 2.516 σκαθάρια, τα οποία ταξινομήθηκαν σε 28 είδη, με κυρίαρχα τα *Calathus korax* (27,7%), *Microlestes luctuosus* (24,9%) και *Calathus mollis* (18,6%). Αν εξετάσουμε κάθε τύπο βιοτόπου ξεχωριστά, βλέπουμε πως στα λιβάδια μετρήσαμε 1.202 άτομα σε 19 είδη και κυρίαρχα ήταν τα *Calathus korax* (40,2%) και *Microlestes luctuosus* (31,3%). Αντίστοιχα στα φρύγανα έχουμε 926 άτομα σε 14 είδη με επικρατή τα *Calathus mollis* (25,4%) και *Calathus korax* (22,9%). Στο βιότοπο με τη μακί βλάστηση έχουμε 255 άτομα που ανήκουν σε 17 είδη με το *Microlestes luctuosus* (48,2%) και το *Masoreus wetterhallii* (14,9%) να υπερτερούν. Στις αμμοθίνες βρέθηκαν 133 άτομα που αντιστοιχίζονται σε 6 είδη, με το *Calathus mollis* να συγκεντρώνει το 87,9% της σχετικής αφθονίας.

Ενδιαφέρουσα είναι και η μηνιαία διακύμανση των αποτελεσμάτων, με τον Απρίλη να συγκεντρώνει 208 άτομα και 7 είδη εκ των οποίων τα *Carabus coriaceus* (44,7%) και *Calathus korax* (30,3%) κυριαρχούν. Ο Μάιος συγκέντρωσε 890 άτομα και 23 είδη, με

αφθονότερο το *Microlestes luctuosus* (43,5%). Οι θερινοί μήνες ήταν λιγότερο ευνοϊκοί, με τον Ιούνιο να εμφανίζονται 245 άτομα και 17 είδη με το *Microlestes luctuosus* να φτάνει το 50,2%, και τον Ιούλιο 71 άτομα και 8 είδη με το *Microlestes luctuosus* στο 63,4%. Έπειτα τον Αύγουστο συλλέχθηκαν 113 άτομα που διανέμονται σε 11 είδη με πιο άφθονο και πάλι το *Microlestes luctuosus* (40%). Το Σεπτέμβριο είχαμε 123 άτομα σε 11 είδη με το *Calathus mollis* να υπερτερεί με ποσοστό 56,1%. Τέλος τον Οκτώβριο είχαμε 866 άτομα σε 13 είδη με το *Calathus korax*(55,9%) να έχει τη μεγαλύτερη σχετική αφθονία. Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται πως διαφοροποιείται ο αριθμός ατόμων και ειδών της οικογένειας Carabidae σε συνάρτηση με την αλλαγή των μηνών :



Εικόνα 3.1.4 Αριθμός ατόμων Carabidae ανά μήνα στη Σίφνο



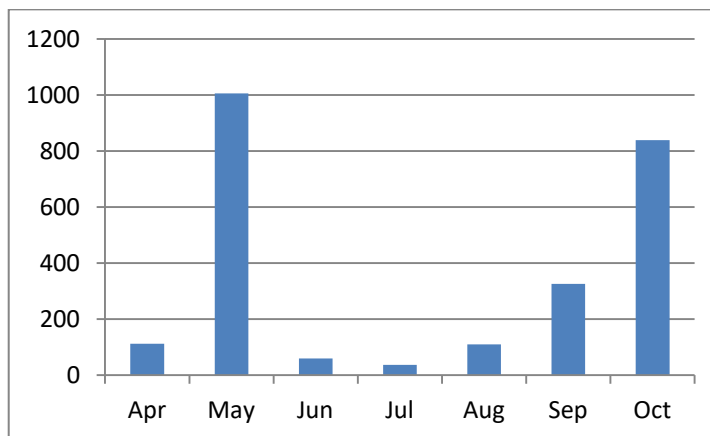
Εικόνα 3.1.5 Αριθμός ειδών Carabidae ανά μήνα στη Σίφνο

3.1.3 Μήλος

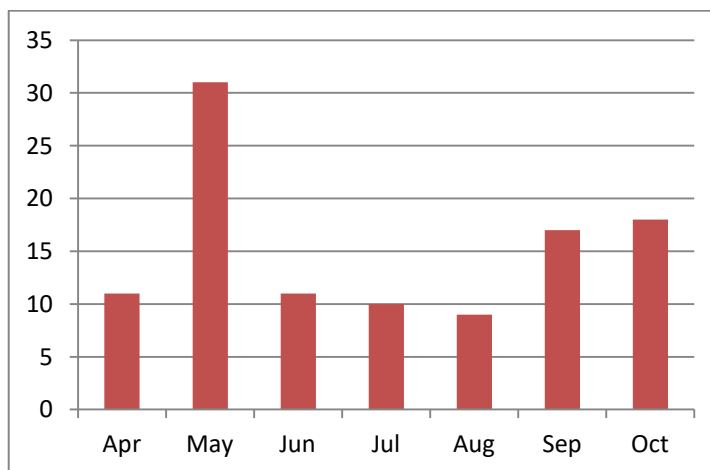
Στη Μήλο, σε έξι τύπους βιοτόπου, καταμετρήθηκαν 2.489 σκαθάρια, τα οποία ταξινομήθηκαν σε 38 είδη, με κυρίαρχα τα *Microlestes luctuosus* (27,4%), *Carabus trojanus* (14,2%), *Masoreus wetterhallii* (10,9%), και *Calathus mollis* (10,8%). Στα λιβάδια καταμετρήθηκαν 798 άτομα που ανήκουν σε 20 είδη, με αφθονότερο το *Microlestes luctuosus* (53,2%), στα φρύγανα 739 άτομα σε 27 είδη, με αφθονότερο και πάλι το *Microlestes luctuosus* (28,9%). Στις αμμοθίνες είχαμε μόλις 18 άτομα ενώ στις φρυγανοθίνες 270 και στις θίνες-*J.oxycedrus* 247. Όσον αφορά τον αριθμό των ειδών, είχαμε 8 είδη στις πρώτες, και από 14 στις επόμενες. Το είδος *Calathus mollis* ήταν το επικρατέστερο στις αμμοθίνες με 38,9% και στις θίνες-*J.oxycedrus* με 46,5%, ενώ στις

φρυγανοθίνες ήταν το *Masoreus wetterhallii* με 63,7%. Τέλος στις μακίες βρέθηκαν 417 άτομα σε 14 είδη με κυρίαρχα τα *Carabus trojanus* (29,7%), *Carabus coriaceus* (27,5%) και *Cymindis naxiana* (24%).

Σχετικά με τη διακύμανση στους μήνες, τον Απρίλιο συγκεντρώθηκαν 112 άτομα με το *Carabus trojanus* (34,8%) να είναι το αφθονότερο. Το Μάιο 1.005 με αφθονότερο το *Microlestes luctuosus* (58,4%). Τους καλοκαιρινούς μήνες η δραστηριότητα των Carabidae ήταν περιορισμένη, το Σεπτέμβριο συλλέχθηκαν 326 άτομα με επικρατέστερο το είδος *Masoreus wetterhallii* (42,6%) και τέλος τον Οκτώβριο 839 με επικρατέστερο το *Carabus trojanus*(31,2%). Η μεταβολή του αριθμού των ατόμων και των ειδών σε συνάρτηση με τους μήνες φαίνεται παρακάτω :



Εικόνα 3.1.6 Αριθμός ατόμων Carabidae ανά μήνα στη Μήλο



Εικόνα 3.1.7 Αριθμός ειδών Carabidae ανά μήνα στη Μήλο

3.2 Βιοτοπικές προτιμήσεις

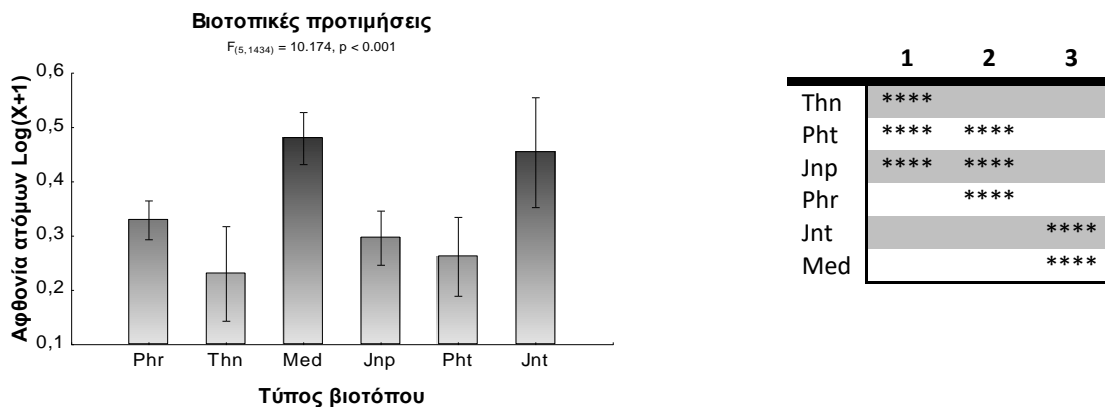
3.2.1 Συνολικά

Σύμφωνα με τη μονόδρομη Ανάλυση της Διακύμανσης (ANOVA) που πραγματοποιήθηκε για τους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου των δύο νησιών, οι μεγαλύτερες μέσες τιμές αφθονίας ατόμων για την οικογένεια Carabidae, παρατηρήθηκαν

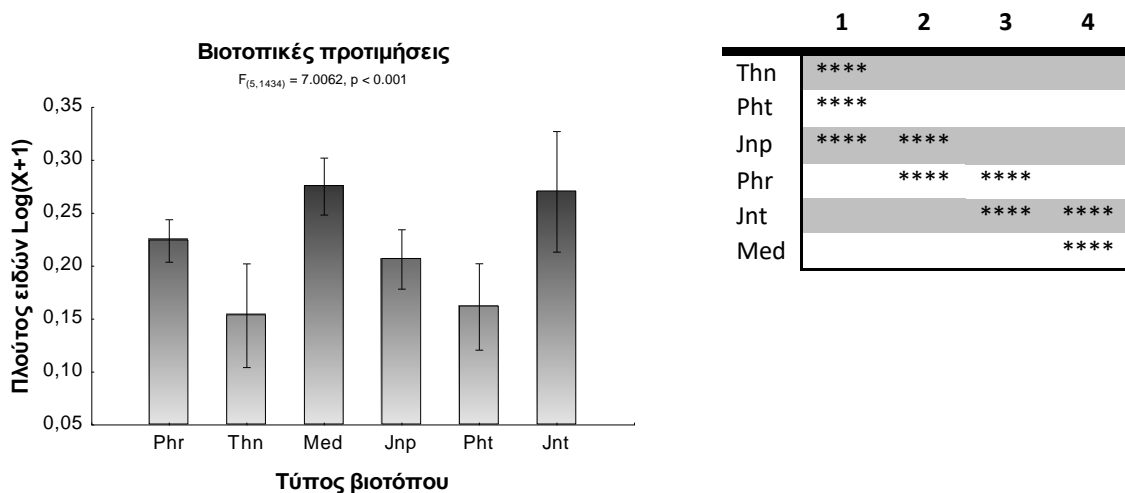
στα λιβάδια και στις θίνες-*J.oxycedr*us. Οι αμέσως επόμενες μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν στα φρύγανα, ενώ τις χαμηλότερες τιμές αφθονίας εμφάνισαν οι θίνες. Χαμηλές μέσες τιμές αφθονίας παρουσίασαν ακόμα οι μακίες και οι φρυγανοθίνες. Όσον αφορά την post-hoc ομαδοποίηση προέκυψαν επικαλύψεις μεταξύ των τύπων βιοτόπου, ωστόσο είναι σαφές πως οι θίνες, οι φρυγανοθίνες και τα μακί διαχωρίζονται σε σημαντικό βαθμό από τα λιβάδια και τις θίνες-*J.oxycedr*us.

Σχετικά με τον πλούτο ειδών των Carabidae στα δύο νησιά, το πρότυπο των βιοτοπικών προτιμήσεων παραμένει αμετάβλητο. Η δοκιμή LSD ανέδειξε τέσσερις ομάδες με αρκετές επικαλύψεις όπως και προηγουμένως. Σαφής είναι και πάλι ο διαχωρισμός μεταξύ των θινών, φρυγανοθινών, μακί και των λιβαδιών, θινών-*J.oxycedr*us.

A)



B)



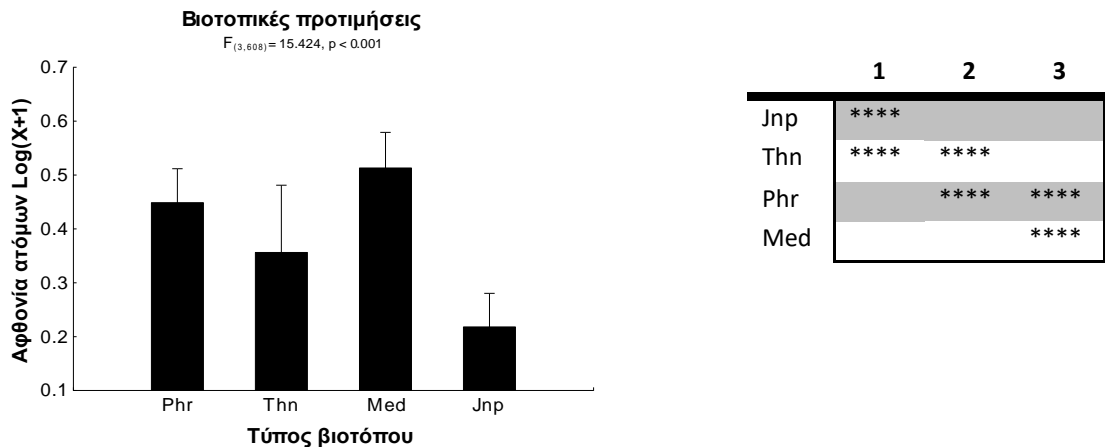
Εικόνα 3.2.1 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) και πίνακας ομαδοποίησης των διαφορετικών τύπων βιοτόπου, βάσει της post-hoc δοκιμής (LSD), A) για την αφθονία ατόμων και B) για τον πλούτο ειδών Carabidae και στα δύο νησιά.

3.2.2 Σίφνος

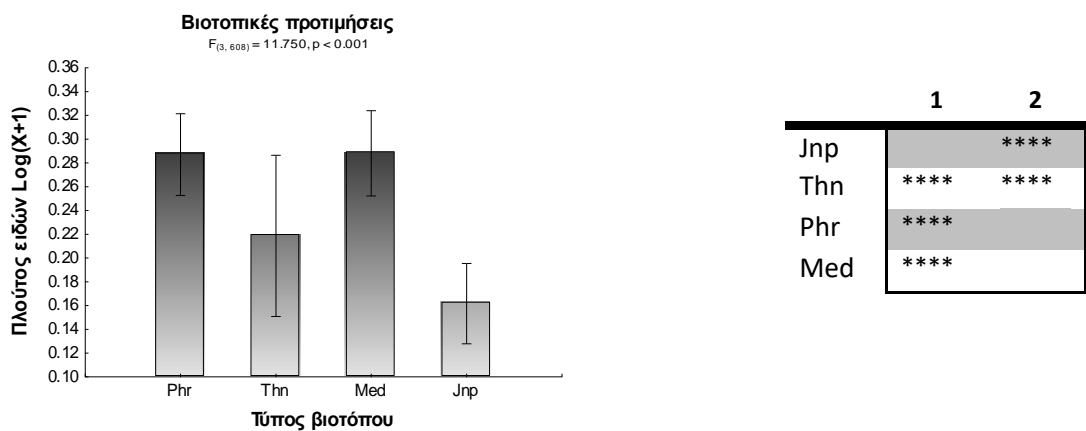
Σύμφωνα με τη μονόδρομη Ανάλυση της Διακύμανσης (ANOVA) που πραγματοποιήθηκε για τους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου της Σίφνου, οι μεγαλύτερες τιμές αφθονίας ατόμων για την οικογένεια Carabidae, παρατηρήθηκαν στα λιβάδια. Οι αμέσως επόμενες μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν στα φρύγανα, ενώ τις χαμηλότερες τιμές αφθονίας εμφάνισαν οι θίνες και οι μακίες με *J.phoenicea*. Η διαφορά μεταξύ των φρύγανων και των θινών δεν ήταν στατιστικά σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση της ομαδοποίησης της δοκιμή LSD. Τα φρύγανα σχηματίζουν επίσης μια ομάδα με τα λιβάδια ενώ και μία τρίτη ομάδα σχηματίζεται από τις θίνες και τα μακί-*J.phoenicea*. Παρά τις επικαλύψεις μεταξύ των βιοτόπων, φαίνεται ότι ο πιο αφιλόξενος βίοτοπος, είναι οι συστάδες μακίας με κυρίαρχο φυτό το *J.phoenicea*.

Όσον αφορά τον πλούτο των ειδών η εικόνα δεν αλλάζει με τα φρύγανα και τα λιβάδια που φιλοξενούν τα περισσότερα άτομα της οικογένειας Carabidae, να εμφανίζουν και το μεγαλύτερο πλούτο ειδών. Από την άλλη πλευρά, οι μακίες του *J. phoenicea* με τις μικρότερες τιμές αφθονίας φιλοξενούν και τα λιγότερα είδη της οικογένειας.

A)



B)



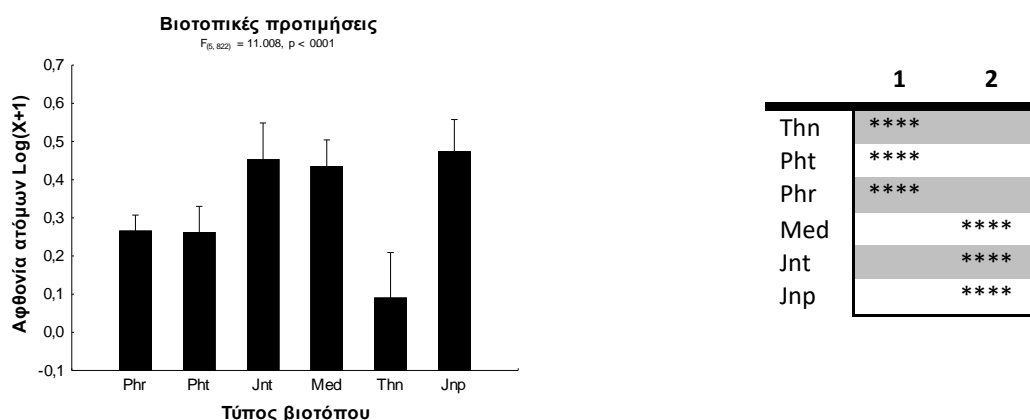
Εικόνα 3.2.2 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) και πίνακας ομαδοποίησης των διαφορετικών τύπων βιοτόπου, βάσει της post-hoc δοκιμής (LSD), A) για την αφθονία ατόμων και B) για τον πλούτο ειδών Carabidae στη Σίφνο.

3.2.3 Μήλος

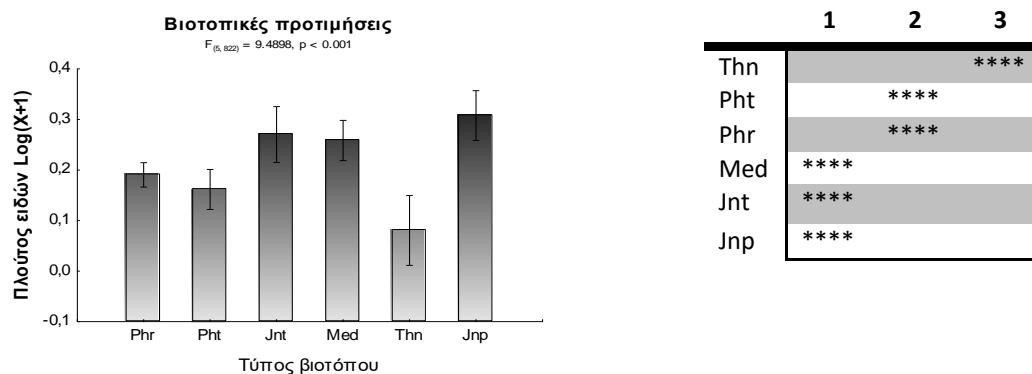
Στη Μήλο η εικόνα της αφθονίας των ατόμων και του πλούτου των ειδών στους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου διαφέρει σε σχέση με τη Σίφνο, καθώς οι μεγαλύτερες μέσες τιμές αφθονίας ατόμων παρατηρήθηκαν στα λιβάδια, στις θίνες-*J.oxycedrus* και στα μακί-*J.rhoenicea*. Τα φρύγανα και οι φρυγανοθίνες παρουσιάζουν ίδια επίπεδα αφθονίας και αποτελούν πιο ευνοϊκούς τύπους βιοτόπου από τις θίνες, οι οποίες παρουσίασαν τις χαμηλότερες. Στην δοκιμή LSD δημιουργούνται δύο ομάδες που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μία απαρτίζεται από τους βιότοπους φρύγανα, φρυγανοθίνες και θίνες και η άλλη από τα λιβάδια, τις θίνες-*J.oxycedrus* και τα μακί-*J.rhoenicea*.

Ως προς τον πλούτο ειδών τα μακί-*J.rhoenicea* αποτελούν τον ευνοϊκότερο τύπο βιοτόπου. Επιπλέον, οι θίνες-*J.oxycedrus* και τα λιβάδια παρουσιάζουν αρκετά υψηλές μέσες τιμές, ενώ οι θίνες έχουν ξανά τις χαμηλότερες. Ενδιάμεσες τιμές εμφανίζουν τα φρύγανα και οι φρυγανοθίνες. Με τη δοκιμή LSD οι τύποι βιοτόπου διαχωρίζονται στατιστικά σημαντικά σε τρεις ομάδες. Οι θίνες αποτελούν τη μία ομάδα, τα φρύγανα και οι φρυγανοθίνες τη δεύτερη και οι υπόλοιποι τύποι την τρίτη.

A)



B)

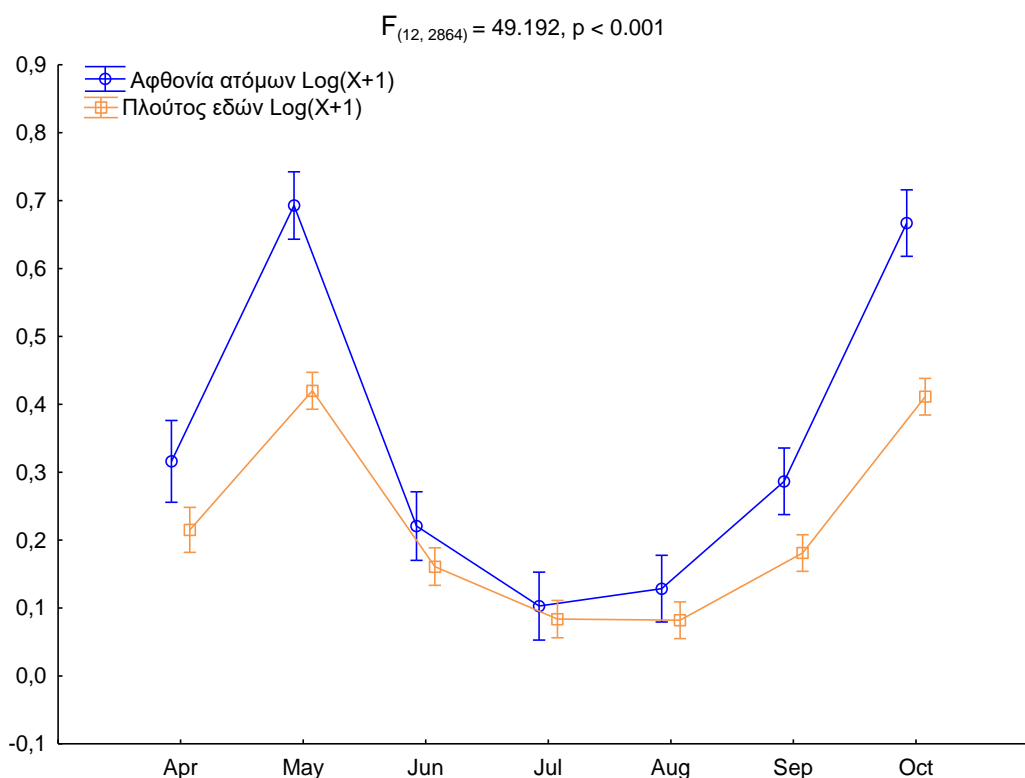


Εικόνα 3.2.3 Μέσες τιμές $[\text{Log}(X+1)]$ με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) και πίνακας ομαδοποίησης των διαφορετικών τύπων βιοτόπου, βάσει της post-hoc δοκιμής (LSD), A) για την αφθονία ατόμων και B) για τον πλούτο ειδών Carabidae στη Μήλο.

3.3 Μηνιαία φαινολογία

3.3.1 Συνολικά

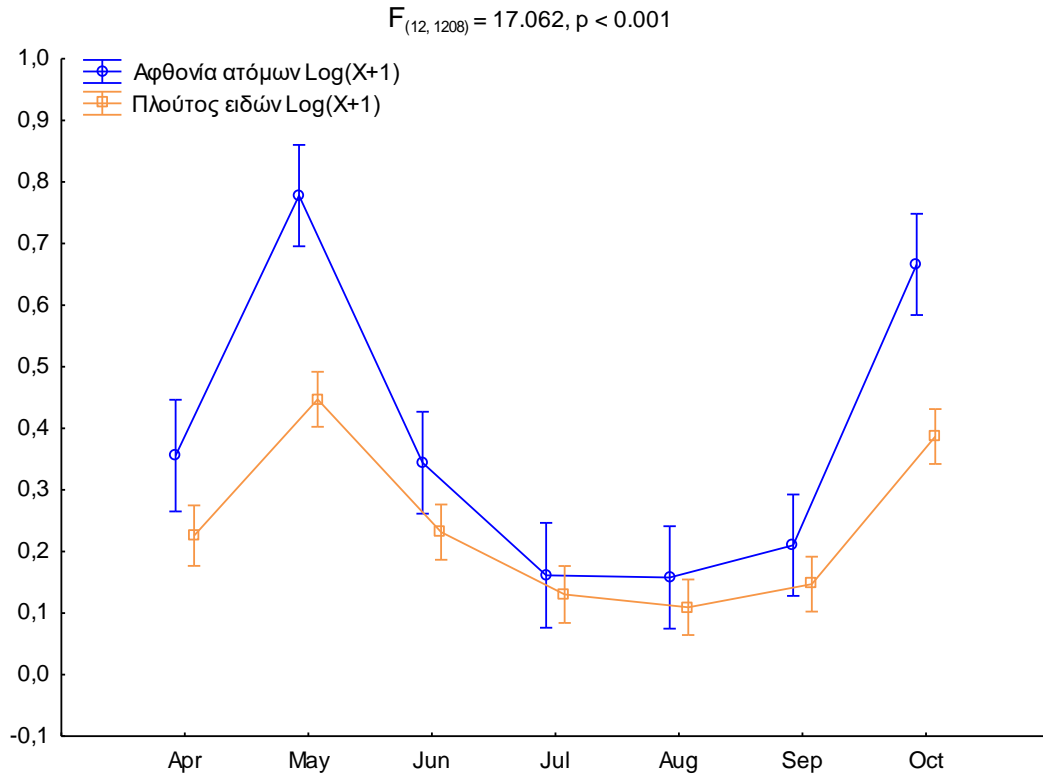
Ως προς τη μηνιαία φαινολογία και για τα δύο νησιά, ο πλούτος των ειδών και η αφθονία των ατόμων της οικογένειας Carabidae ακολούθησαν το ίδιο πρότυπο. Οι μέγιστες μέσες τιμές αφθονίας ατόμων και πλούτου ειδών εμφανίζονται τους μήνες Μάιο και Οκτώβριο. Οι μικρότερες τιμές δραστηριότητας παρατηρήθηκαν τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες, κυρίως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Τέλος ενδιάμεσες τιμές παρουσιάστηκαν τον Απρίλιο και το Σεπτέμβριο.



Εικόνα 3.3.1 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων και του πλούτου ειδών της οικογένειας Carabidae ανά μήνα και στα δύο νησιά.

3.3.2 Σίφνος

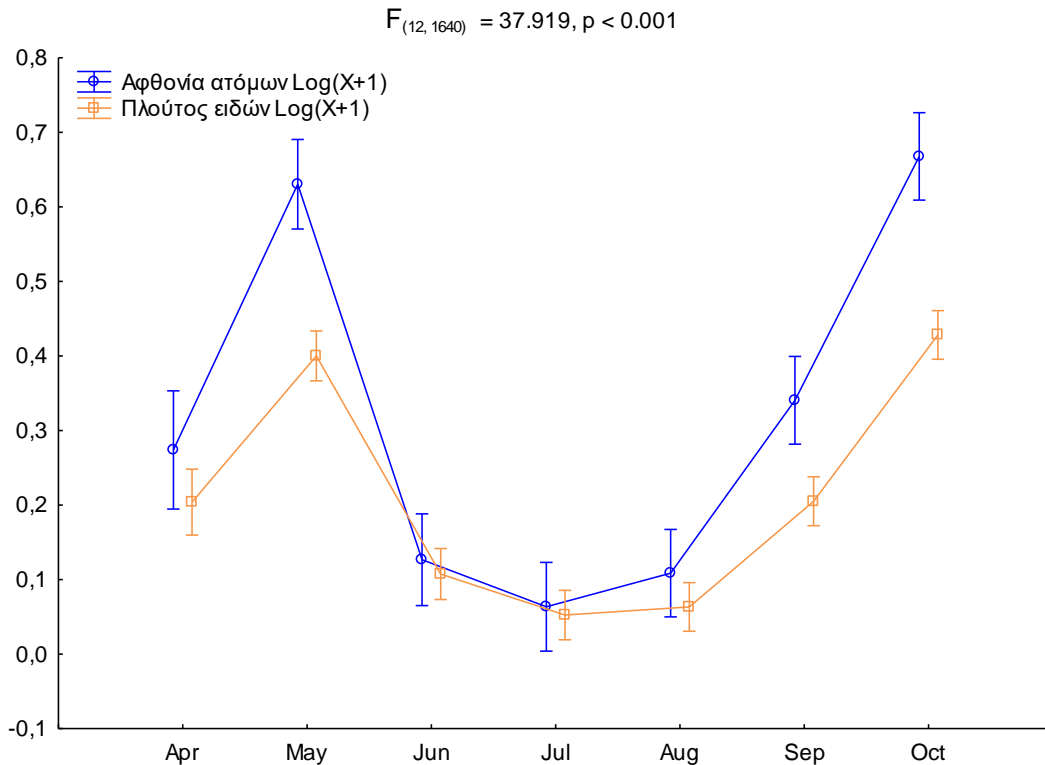
Η μηνιαία φαινολογία της Σίφνου ακολουθεί το γενικό πρότυπο που περιγράφηκε προηγουμένως, με τα Carabidae να εμφανίζουν έντονη δραστηριότητα την άνοιξη και το φθινόπωρο και να περιορίζουν τη δραστηριότητά τους το καλοκαίρι. Ο Σεπτέμβριος παρουσιάζεται λιγότερο ευνοϊκός στη Σίφνο σε σχέση με την εικόνα που προκύπτει και για τα δύο νησιά συνολικά.



Εικόνα 3.3.2 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας απόμων και του πλούτου ειδών της οικογένειας Carabidae ανά μήνα στη Σίφνο.

3.3.3 Μήλος

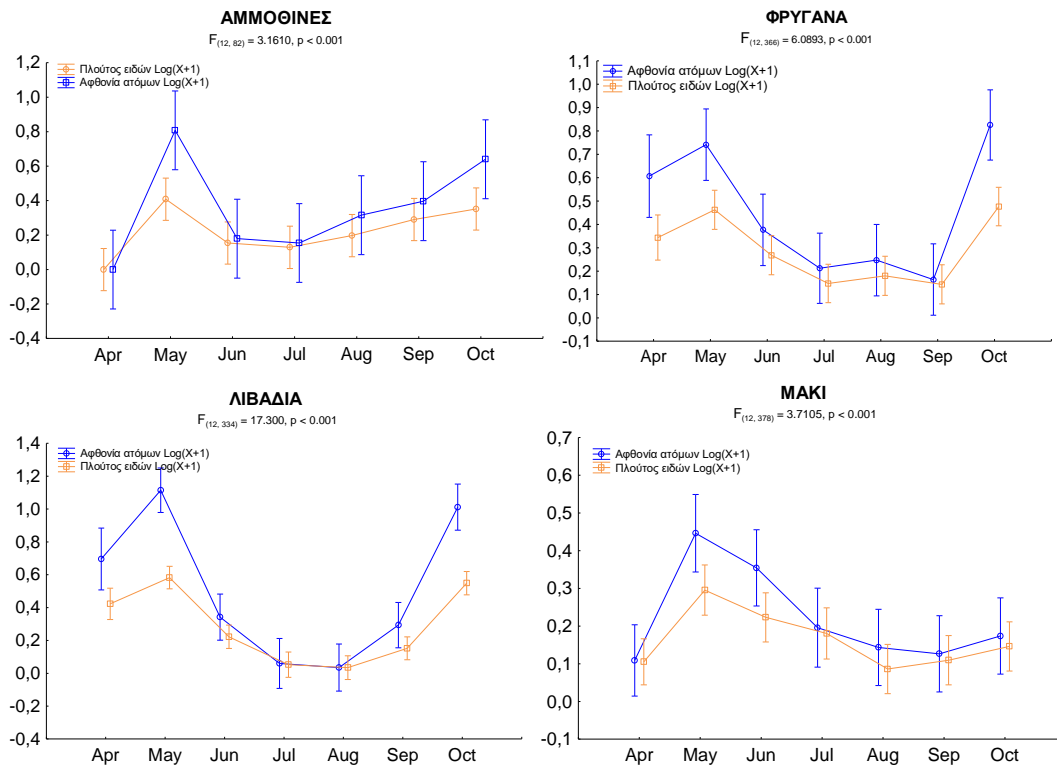
Το πρότυπο της μηνιαίας φαινολογίας των Carabidae δεν αλλάζει για τη Μήλο. Οι ευνοϊκότεροι μήνες είναι ξανά ο Οκτώβριος και ο Μάιος, ενώ οι πιο δυσμενείς οι θερινοί. Συγκριτικά με τη Σίφνο, εντοπίζεται μια διαφορά στο Σεπτέμβριο. Στη Μήλο ο μήνας αυτός είναι ο τρίτος πιο ευνοϊκός για τα Carabidae, ενώ στη Σίφνο παρουσίασε μέσες τιμές ανάλογες των θερινών μηνών.



Εικόνα 3.3.3 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων και του πλούτου ειδών της οικογένειας Carabidae ανά μήνα στη Μήλο.

3.3.4 Τύποι βιοτόπου στη Σίφνο

Από τους τέσσερις τύπους βιοτόπου που μελετήθηκαν στη Σίφνο, μόνο οι μακίες δεν ακολουθούν το γενικό πρότυπο της μηνιαίας φαινολογίας. Η μηνιαία φαινολογία για τα λιβάδια συμπίπτει ακριβώς με το πρότυπο, ενώ στα φρύγανα η μοναδική διαφοροποίηση βρίσκεται στο Σεπτέμβρη, που παρουσιάζεται πιο δυσμενής από τους θερινούς μήνες και για την αφθονία των ατόμων και για τον πλούτο των ειδών της οικογένειας. Στις αμμοθίνες η δραστηριότητα των σκαθαριών κορυφώνεται το Μάιο, ενώ τον Απρίλιο οι μέσες τιμές αφθονίας και πλούτου είναι οι χαμηλότερες. Ωστόσο αυτό δεν συνιστά εμφανή παρέκκλιση από το πρότυπο, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει στις μακίες. Εκεί η δραστηριότητα είναι σαφώς μετατοπισμένη προς την άνοιξη και ο Ιούνιος είναι ο δεύτερος ευνοϊκότερος μήνας. Ο Οκτώβριος εμφανίζει πολύ χαμηλότερες μέσες τιμές σε σχέση με τις συνήθεις μέχρι τώρα.

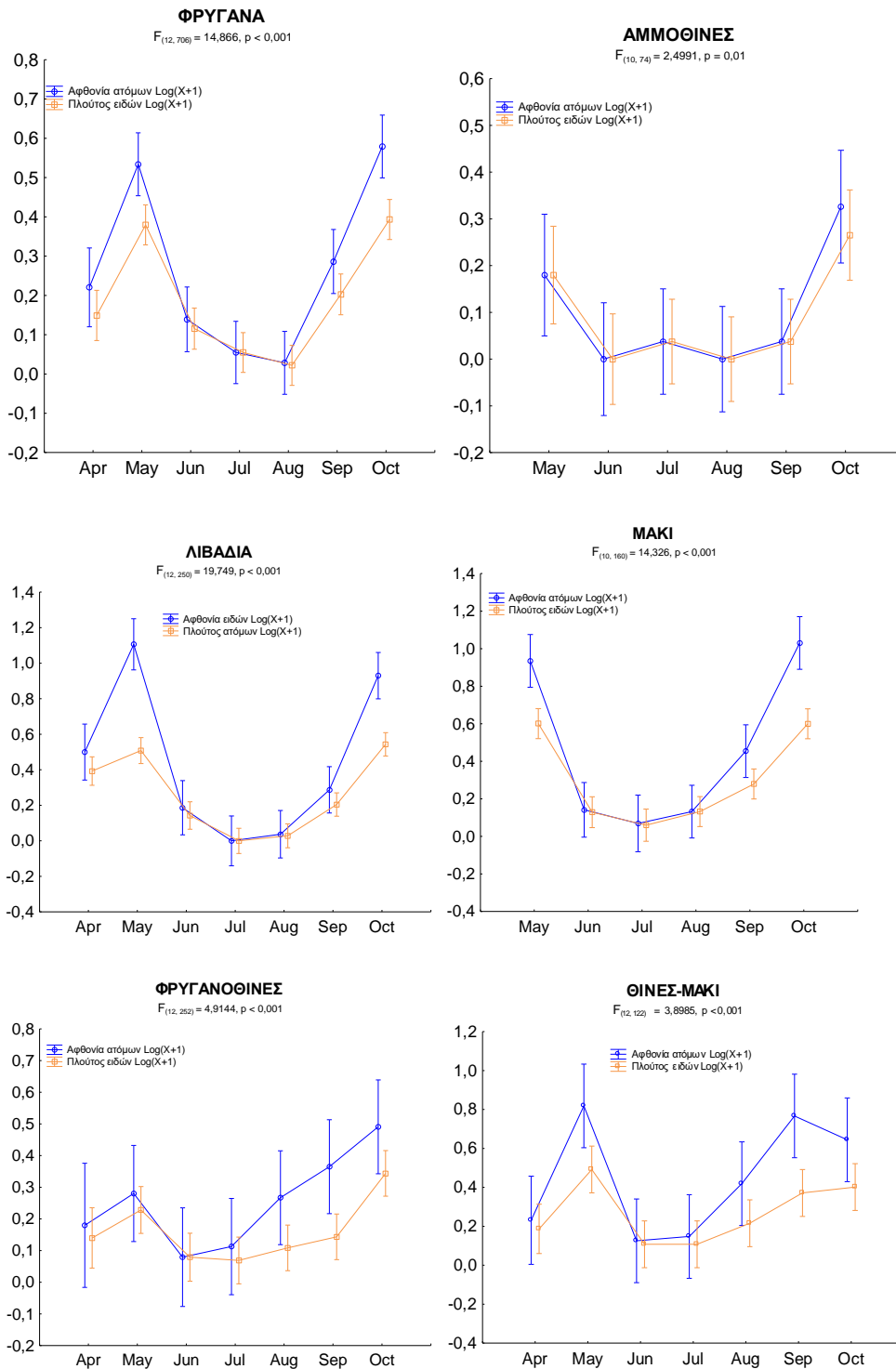


Εικόνα 3.3.4 Μέσες τιμές $[\text{Log}(X+1)]$ με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων και του πλούτου ειδών της οικογένειας Carabidae ανά μήνα στους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου της Σίφνου.

3.3.5 Τύποι βιοτόπου στη Μήλο

Υπάρχουν αρκετές διαφορές στη μηνιαία φαινολογία μεταξύ των διαφορετικών τύπων βιοτόπου της Μήλου. Τα φρύγανα, τα λιβάδια και οι μακί διαπλάσεις ακολουθούν το γενικό πρότυπο στο οποίο ο Μάιος και ο Οκτώβριος αποτελούν τους ευνοϊκότερους μήνες, ενώ οι καλοκαιρινοί μήνες είναι δυσμενείς για την αφθονία και τον πλούτο ειδών. Στις αμμοθίνες και τις φρυγανοθίνες ο Οκτώβριος είναι ο μήνας με τις υψηλότερες μέσες τιμές αφθονίας και πλούτου ειδών και η απόσταση των μέσων τιμών του από αυτές του Μαΐου είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη. Οι φρυγανοθίνες και οι θίνες-μακί αποκλίνουν από το γενικό πρότυπο. Πιο συγκεκριμένα στις φρυγανοθίνες ο Σεπτέμβριος παρουσιάζεται πιο ευνοϊκός από το Μάιο. Από την άλλη στις θίνες-μακί ο Μάιος και ο Σεπτέμβριος συγκεντρώνουν τις υψηλότερες τιμές αφθονίας και το μεγαλύτερο πλούτο ειδών. Σίγουρα οι καλοκαιρινοί μήνες είναι οι λιγότερο ευνοϊκοί για όλους τους τύπους βιοτόπου.

Μεταξύ των τύπων βιοτόπου της Σίφνου και των αντίστοιχων της Μήλου, τα φρύγανα και τα λιβάδια παρουσιάζουν παρόμοια πρότυπα δραστηριότητας και στα δύο νησιά. Αυτό δε συμβαίνει όμως με τις αμμοθίνες, που παρουσιάζουν μέγιστες μέσες τιμές αφθονίας και πλούτου το Μάιο στη Σίφνο και τον Οκτώβριο στη Μήλο. Επιπροσθέτως, στις μακίες της Σίφνου η δραστηριότητα είναι μετατοπισμένη προς την άνοιξη, ενώ στη Μήλο οι μακίες ακολουθούν το γενικό πρότυπο.



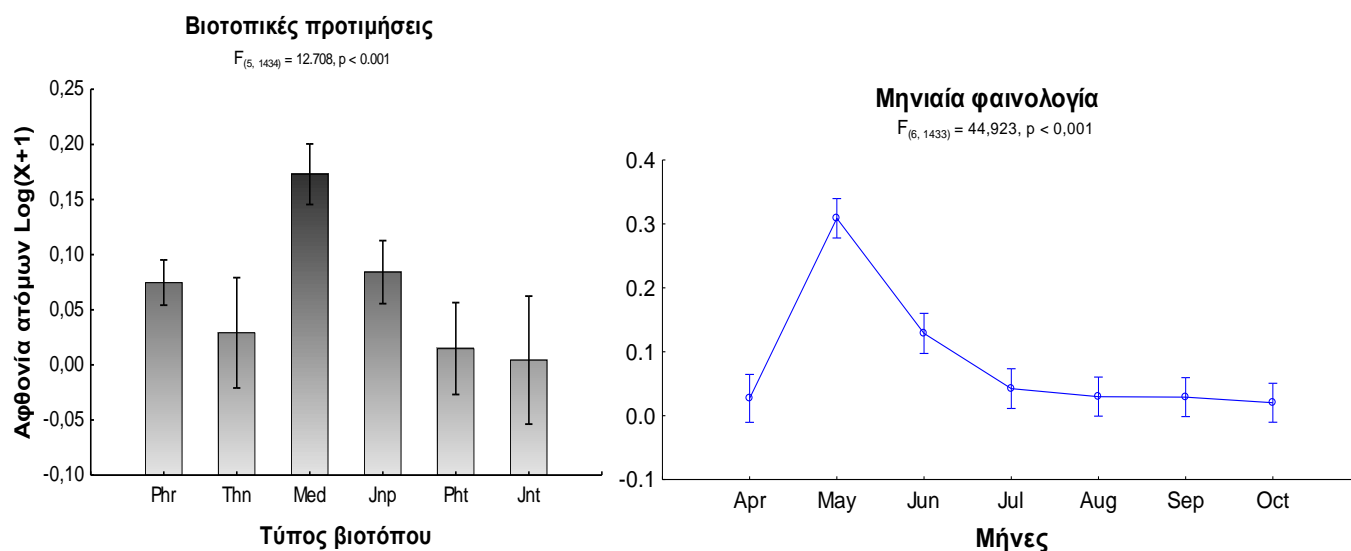
Εικόνα 3.3.5 Μέσες τιμές $[\text{Log}(X+1)]$ με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων και του πλούτου ειδών της οικογένειας Carabidae ανά μήνα στους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου της Μήλου.

3.4 Βιοτοπικές προτιμήσεις και μηνιαία φαινολογία των πιο άφθονων ειδών

3.4.1 *Microlestes luctuosus*

Microlestes luctuosus (Holdhaus, 1904)

Το είδος *Microlestes luctuosus*, που ανήκει στην υποοικογένεια Lebiinae, ήταν το αφθονότερο της μελέτης και συγκέντρωσε 1.310 άτομα συνολικά. Η σχετική του αφθονία έφτασε το 26,1%.



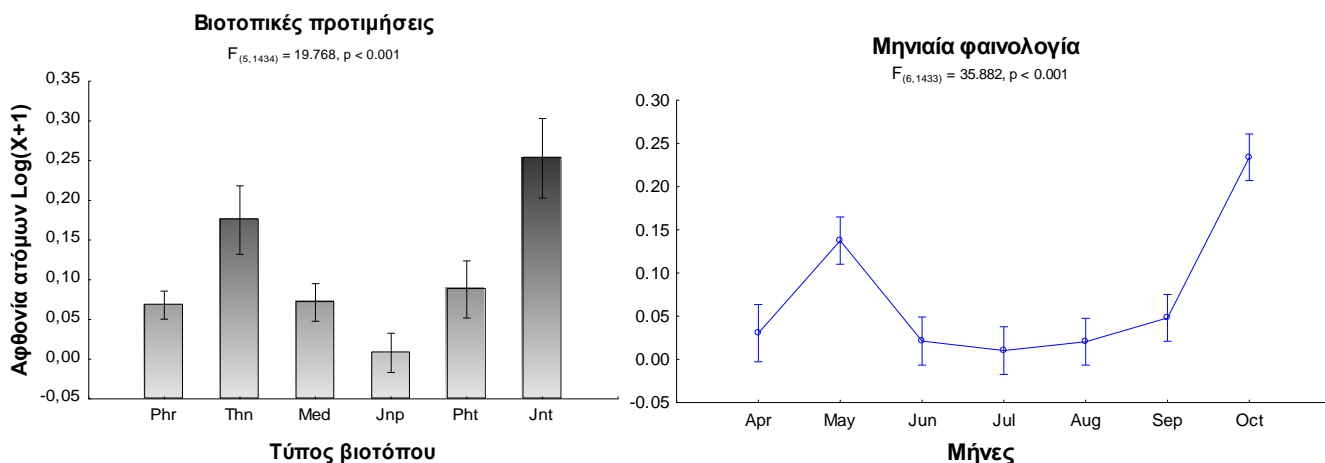
Εικόνα 3.4.1 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας απόμικτων του είδους *Microlestes luctuosus* ανά τύπο βιοτόπου (αριστερά) και ανά μήνα (δεξιά) στα δύο νησιά.

Βρέθηκε σε όλους τους τύπους βιοτόπου, όμως έδειξε μεγαλύτερη προτίμηση στα λιβάδια όπου η σχετική του αφθονία έφτασε το 40%. Στα φρύγανα το ποσοστό της σχετικής του αφθονίας ήταν 20,2% και στα μακί-*J.phoenicea* 23%. Όσον αφορά τη μηνιαία φαινολογία του δραστηριοποιείται έντονα τον Μάιο και τον Ιούνιο, ενώ τους φθινοπωρινούς μήνες περιορίζεται. Το Μάιο η σχετική του αφθονία έφτασε το 51,4%, ενώ τον Ιούνιο το 49,8%.

3.4.2 *Calathus mollis*

Calathus (Neocalathus) mollis (Marsham, 1802)

Το είδος *Calathus mollis*, που ανήκει στην υποοικογένεια Platyninae, ήταν το δεύτερο αφθονότερο του πειράματος με 737 άτομα και ποσοστό σχετικής αφθονίας 14,7%.



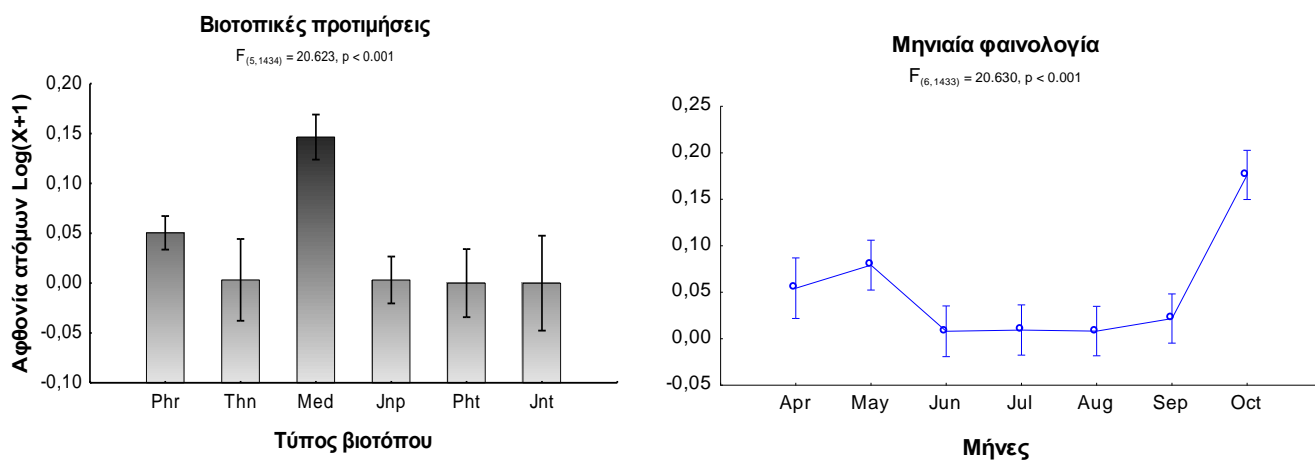
Εικόνα 3.4.2 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων του είδους *Calathus mollis* ανά τύπο βιοτόπου (αριστερά) και ανά μήνα (δεξιά) στα δύο νησιά.

Οι ευνοϊκότεροι τύποι βιοτόπου για το είδος ήταν αυτοί με αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα και κυρίως οι θίνες-*J.oxycedrus* και οι αμμοθίνες. Αξίζει να αναφερθεί ότι η σχετική αφθονία του είδους στις αμμοθίνες έφτασε το 82,1%. Ο τύπος βιοτόπου με την ελάχιστη μέση τιμή αφθονίας ήταν τα μακί-*J.phoenicea*. Όσον αφορά τη μηνιαία φαινολογία του είδους, οι υψηλότερες μέσες τιμές αφθονίας εμφανίζονται τον Οκτώβριο και ακολουθεί ο Μάιος, ενώ οι υπόλοιποι μήνες δεν είναι τόσο ευνοϊκοί. Ακολουθεί δηλαδή το γενικό πρότυπο της μηνιαίας φαινολογίας που αναφέρθηκε πριν.

3.4.3 *Calathus korax*

Calathus (Calathus) korax (Reitter, 1889)

Το είδος *Calathus korax*, που ανήκει στην υποοικογένεια Platyninae, ήταν το τρίτο αφθονότερο της μελέτης με 733 άτομα και σχετική αφθονία 14,6%.



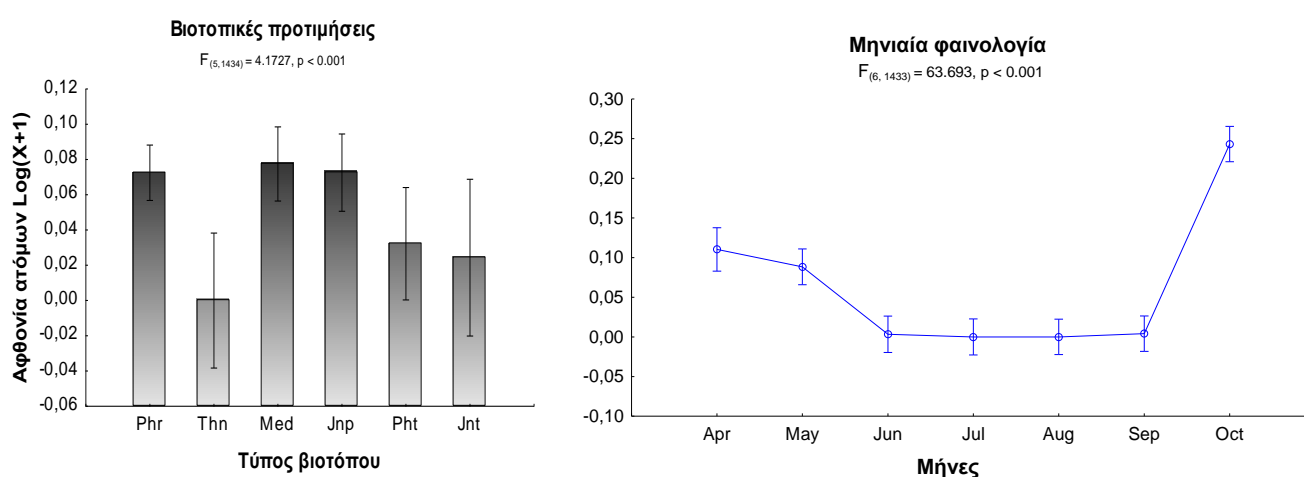
Εικόνα 3.4.3 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων του είδους *Calathus korax* ανά τύπο βιοτόπου (αριστερά) και ανά μήνα (δεξιά) στα δύο νησιά.

Τα περισσότερα άτομα (505) βρέθηκαν στα λιβάδια και είναι λογικό η μέση τιμή αφθονίας του να είναι μέγιστη εκεί. Στους βιοτόπους με αμμώδες υπόστρωμα βρέθηκε μόλις ένα άτομο του είδους. Η μηνιαία φαινολογία του δεν αποκλίνει από το γενικό πρότυπο. Ο Οκτώβριος είναι σαφέστατα ο ευνοϊκότερος μήνας του *Calathuskorax* (507 άτομα, 29,7% σχετική αφθονία) και ακολουθεί ο Μάιος. Οι θερινοί μήνες είναι δυσμενείς για το είδος αυτό.

3.4.4 *Carabus trojanus*

Carabus (Pachystus) trojanus (Dejean, 1826)

Το είδος *Carabus trojanus*, που ανήκει στην υποοικογένεια Carabinae, ήταν το τέταρτο αφθονότερο της μελέτης συγκεντρώνοντας 536 άτομα συνολικά και ποσοστό σχετικής αφθονίας 10,7%.



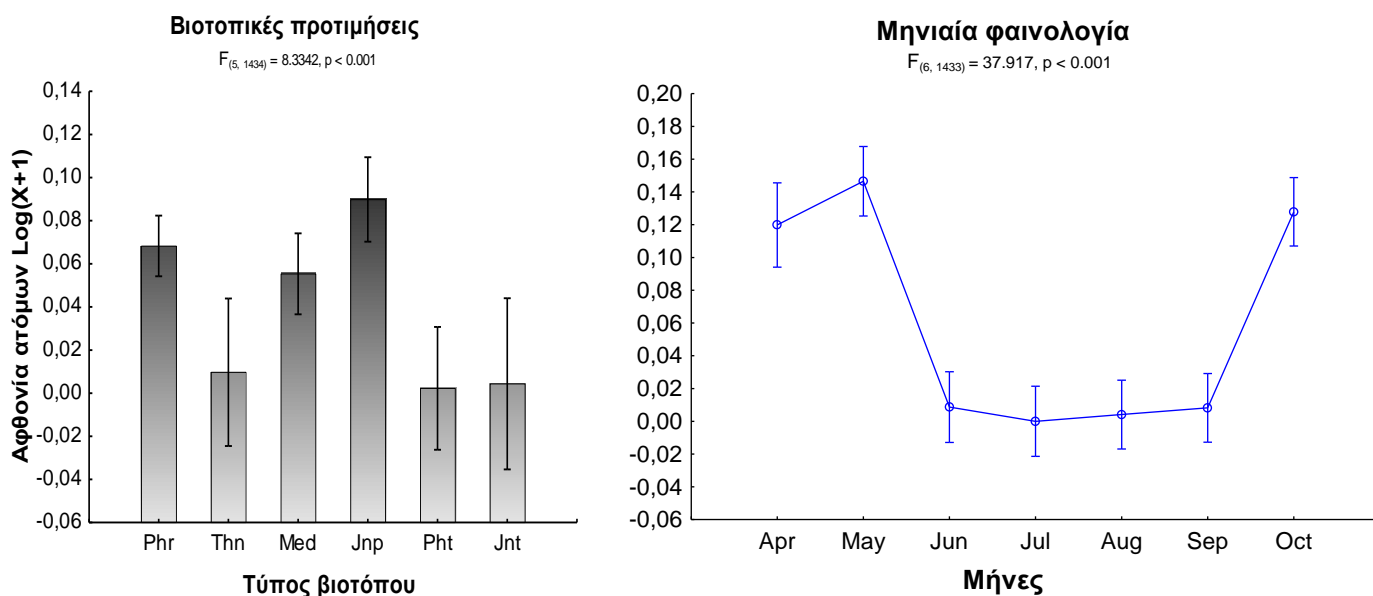
Εικόνα 3.4.4 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων του είδους *Carabus trojanus* ανά τύπο βιοτόπου (αριστερά) και ανά μήνα (δεξιά) στα δύο νησιά.

Οι υψηλότερες μέσες τιμές αφθονίας του εμφανίζονται στα φρύγανα, στα λιβάδια και στα μακί-*J.phoenicea*. Δεν βρέθηκε κανένα άτομο του είδους στις αμμοθίνες. Ευνοϊκότερος μήνας για το είδος ήταν ο Οκτώβριος, στον οποίο μάλιστα ήταν το δεύτερο αφθονότερο είδος με σχετική αφθονία 22,3%. Τους θερινούς μήνες βρέθηκαν ελάχιστα άτομα του είδους.

3.4.5 *Carabus coriaceus*

Carabus (Procrustes) coriaceus (Linnaeus, 1758)

Το είδος *Carabus coriaceus*, που ανήκει στην υποοικογένεια Carabinae, ήταν το πέμπτο αφθονότερο είδος της μελέτης με 420 άτομα συνολικά και σχετική αφθονία 8,4%.



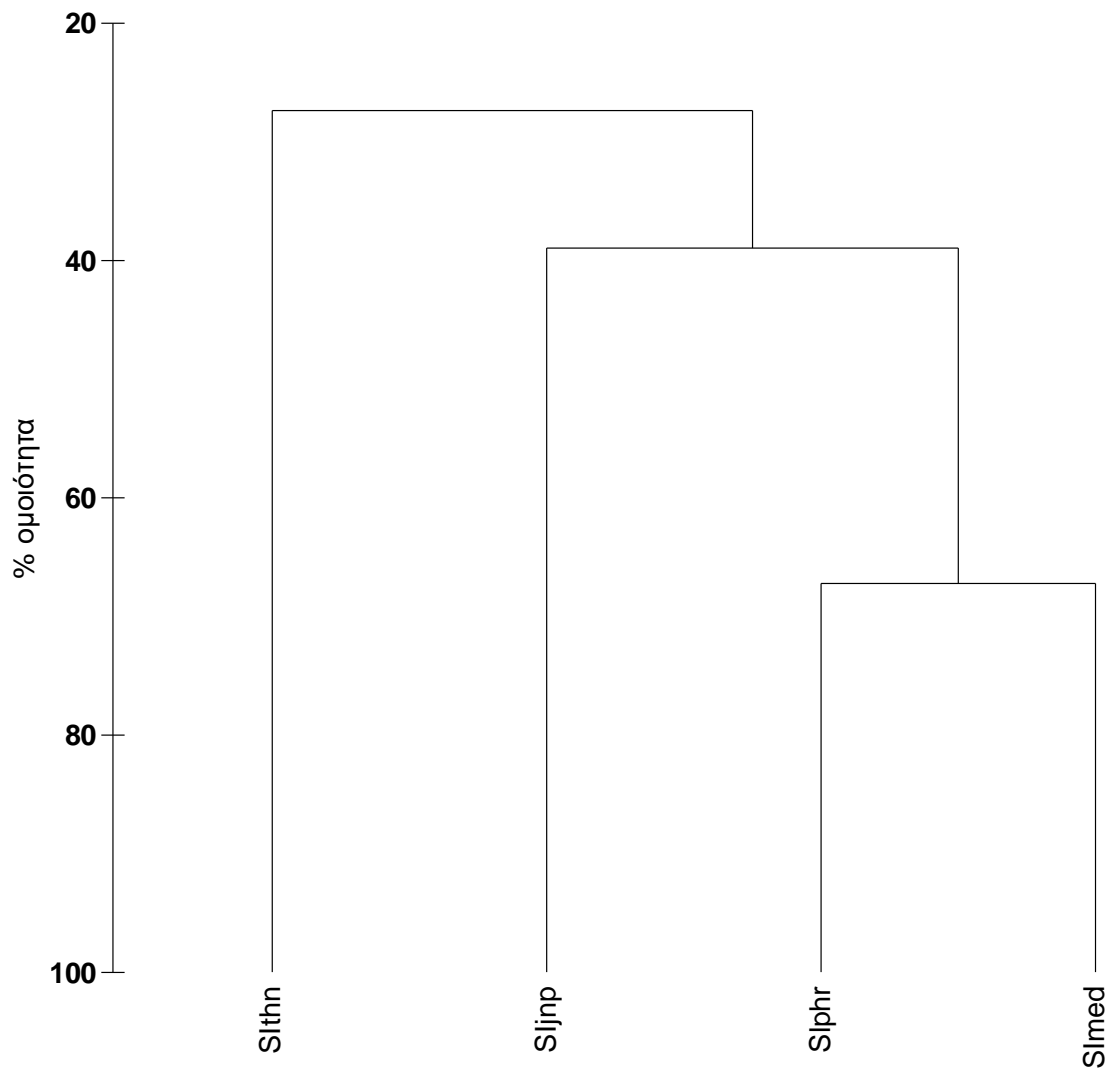
Εικόνα 3.4.5 Μέσες τιμές [Log(X+1)] με διαστήματα εμπιστοσύνης (95%) της αφθονίας ατόμων του είδους *Carabus coriaceus* ανά τύπο βιοτόπου (αριστερά) και ανά μήνα (δεξιά) στα δύο νησιά.

Παρουσιάζει υψηλότερη μέση τιμή αφθονίας στις μακί διαπλάσεις (σχετική αφθονία 21%) και ακολούθως στα φρύγανα και στα λιβάδια. Οι μήνες Απρίλιος, Μάιος και Οκτώβριος είναι οι πιο ευνοϊκοί για το είδος αυτό και οι καλοκαιρινοί οι πιο δυσμενείς. Τον Απρίλιο η σχετική του αφθονία έφτασε το 32,5%.

3.5 Αποτελέσματα Ανάλυσης Ομαδοποίησης (Cluster)

3.5.1 Σίφνος

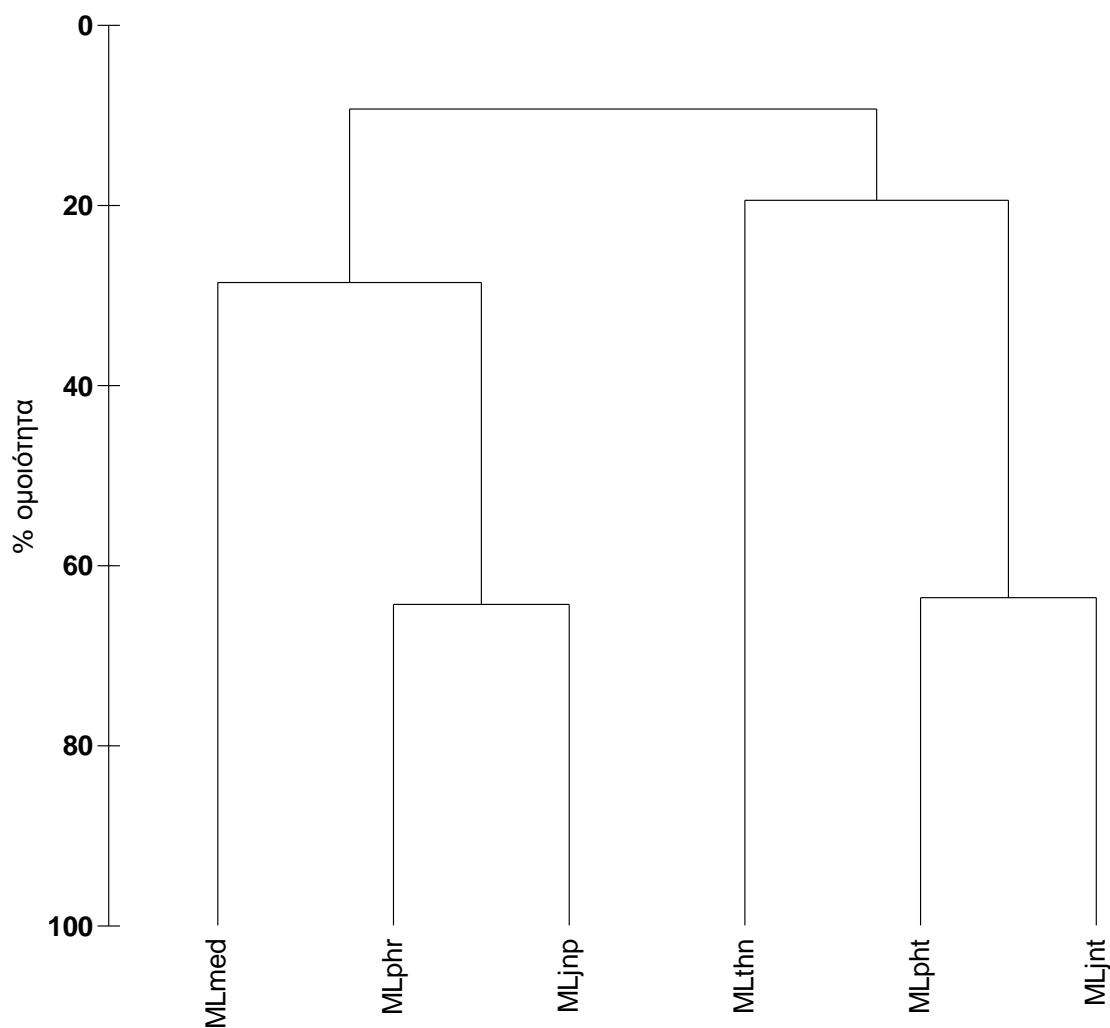
Σύμφωνα με την Ανάλυση Ομαδοποίησης, οι τέσσερις τύποι βιοτόπου της Σίφνου διαχωρίζονται με βάση τη σύνθεση και την αφθονία των ειδών της οικογένειας Carabidae, αρχικά σε δύο μεγάλες ομάδες. Οι θίνες, που είναι ένας τύπος βιοτόπου με αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα, συγκροτούν μόνες τους τη μία ομάδα και οι υπόλοιποι τρεις τύποι, που έχουν ιλυώδες εδαφικό υπόστρωμα τη δεύτερη. Εντός της δεύτερης ομάδας ξεχωρίζουν οι διαπλάσεις μακί, που έχουν εντελώς κλειστού τύπου βλάστηση, ενώ τα φρύγανα και τα λιβάδια που έχουν πιο ανοιχτού τύπου βλάστηση εμφανίζουν μεγάλο βαθμό ομοιότητας.



Εικόνα 3.5.1 Ανάλυση ομαδοποίησης των τύπων βιοτόπου της Σίφνου βάσει δεδομένων αφθονίας ειδών Carabidae (λογαριθμικές τιμές, δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis, complete linkage – thn: αμμοθίνες, jnp: μακί-*J.phoenicea*, phr: φρύγανα, med: λιβάδια).

3.5.2 Μήλος

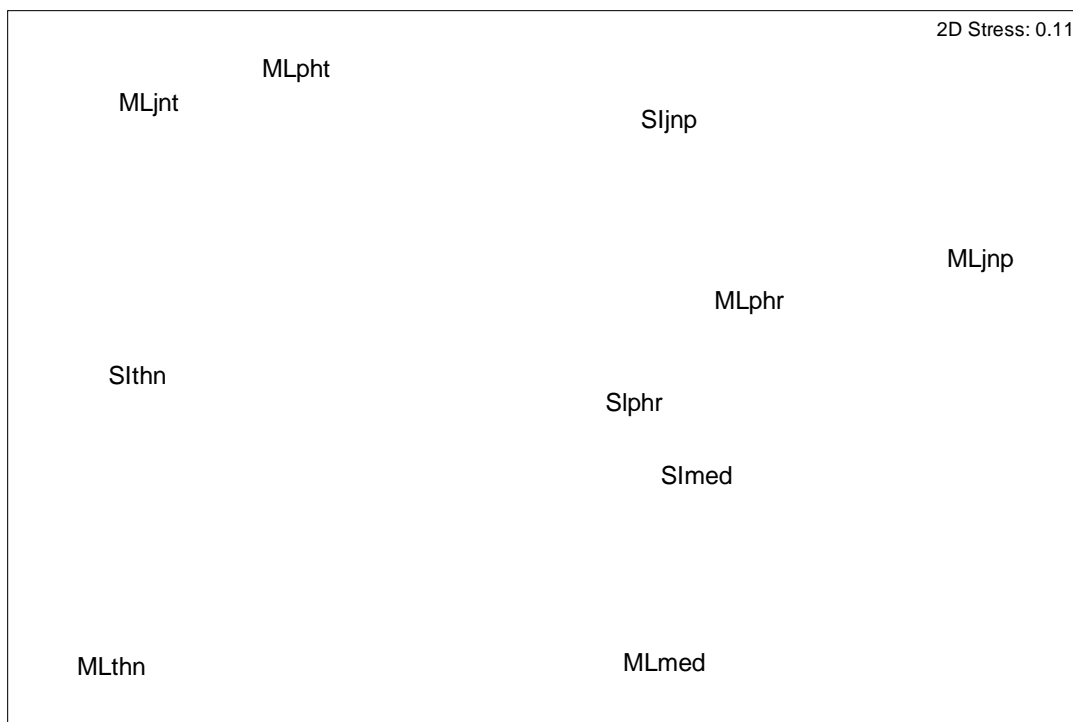
Όσον αφορά τους τύπους βιοτόπου της Μήλου, διαχωρίζονται αρχικά σε δύο μεγάλες ομάδες. Οι θίνες, οι φρυγανοθίνες και οι θίνες-*J.oxycedrus* αποτελούν τη μία ομάδα. Τα λιβάδια τα φρύγανα και τα μακί-*J.phoenicea* αποτελούν την άλλη ομάδα. Εδώ είναι ξεκάθαρος ο διαχωρισμός με βάση των τύπο του εδαφικού υποστρώματος, με την πρώτη ομάδα να έχει αμμώδη τύπο και τη δεύτερη λυώδη. Εντός των ομάδων παρατηρείται διαχωρισμός με βάση τον τύπο της βλάστησης. Στην πρώτη ομάδα οι θίνες, που έχουν βλάστηση ανοιχτού τύπου, εμφανίζουν μικρότερο βαθμό ομοιότητας με τις φρυγανοθίνες και τις θίνες-*J.oxycedrus*, που έχουν βλάστηση κλειστού τύπου και μοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους. Αντίστοιχα στη δεύτερη ομάδα τα λιβάδια (ανοιχτός τύπος) διαχωρίζονται από τα φρύγανα και τις διαπλάσεις μακί (κλειστοί τύποι) που σχηματίζουν μαζί μια υποομάδα.



Εικόνα 3.5.2 Ανάλυση ομαδοποίησης των τύπων βιοτόπου της Μήλου βάσει δεδομένων αφθονίας ειδών Carabidae (λογαριθμικές τιμές, δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis, complete linkage – thn: αμμοθίνες, jnp: μακί-*J.phoenicea*, pht: φρύγανα, med: λιβάδια, pht: φρυγανοθίνες, jnt: θίνες-*J.oxycedrus*).

3.6 Αποτελέσματα Μη Μετρικής Πολυδιάστατης Ανάλυσης (NMDS)

Η Μη Μετρική Πολυδιάστατη Ανάλυση έδειξε ότι οι τύποι βιοτόπου των δύο νησιών διαφοροποιούνται σε δύο ομάδες με βάση τη σύνθεση και την αφθονία των ειδών της οικογένειας Carabidae. Οι τύποι βιοτόπου με αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα συγκεντρώνονται στην αριστερή πλευρά του διαγράμματος, ενώ στη δεξιά βρίσκονται αυτοί που έχουν ιλυώδες υπόστρωμα. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει το διαχωρισμό των τύπων βιοτόπου φαίνεται να είναι ο τύπος της βλάστησης. Οι θίνες και τα λιβάδια, που έχουν βλάστηση ανοιχτού τύπου, βρίσκονται στο κάτω μέρος του διαγράμματος σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τύπους που βρίσκονται στο πάνω μέρος. Ωστόσο, ο διαχωρισμός με βάση τον τύπο βλάστησης δεν είναι τόσο ξεκάθαρος όσο αυτός με βάση τον τύπο εδαφικού υποστρώματος. Τα αποτελέσματα της NMDS έρχονται σε συμφωνία με τα προηγούμενα των δύο Cluster.

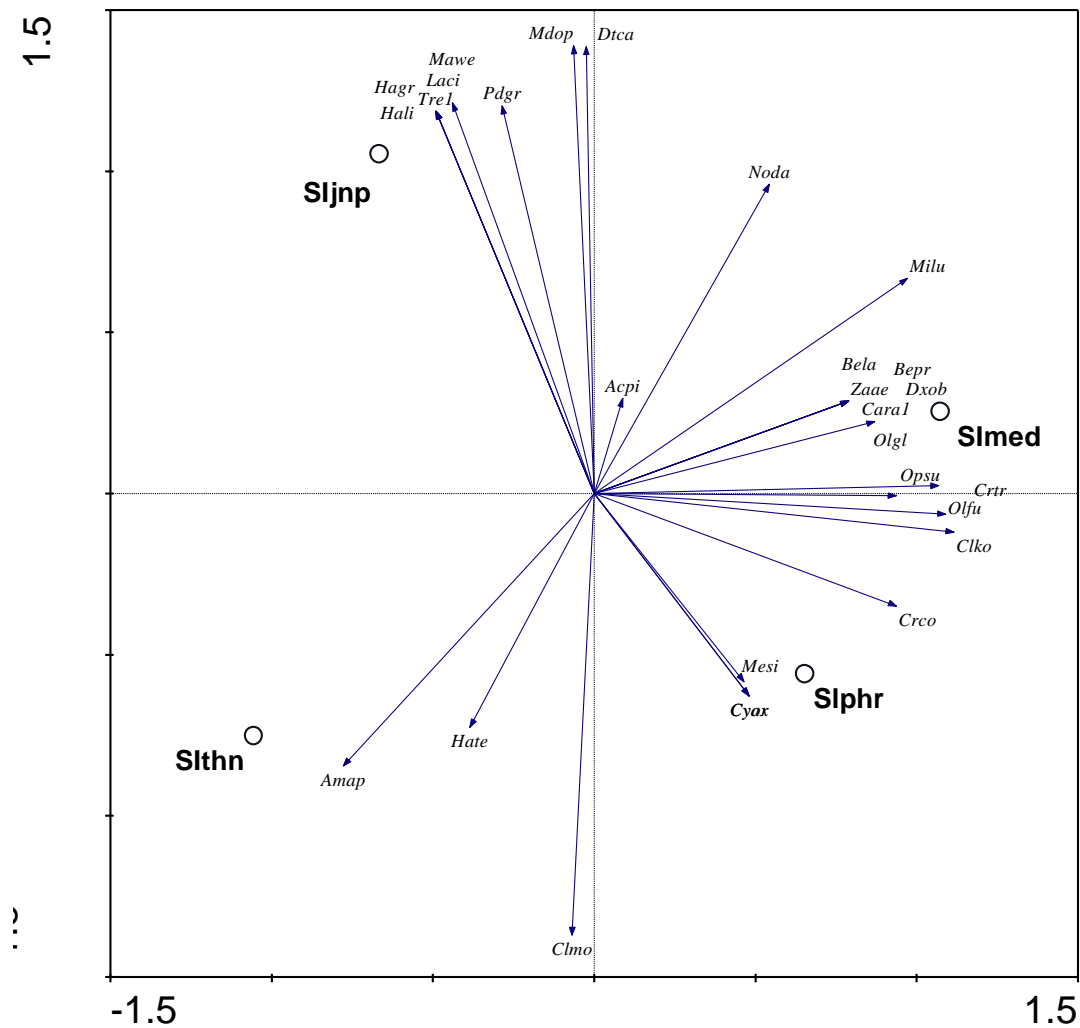


Εικόνα 3.6.1 Η διάταξη των τύπων βιοτόπου της Σίφνου και της Μήλου στους δύο πρώτους άξονες της Μη Μετρικής Πολυδιάστατης Ανάλυσης (NMDS) για τα δεδομένα της αφθονίας των Carabidae (λογαριθμικές τιμές, δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis).

3.7 Αποτελέσματα Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)

3.7.1 Σίφνος

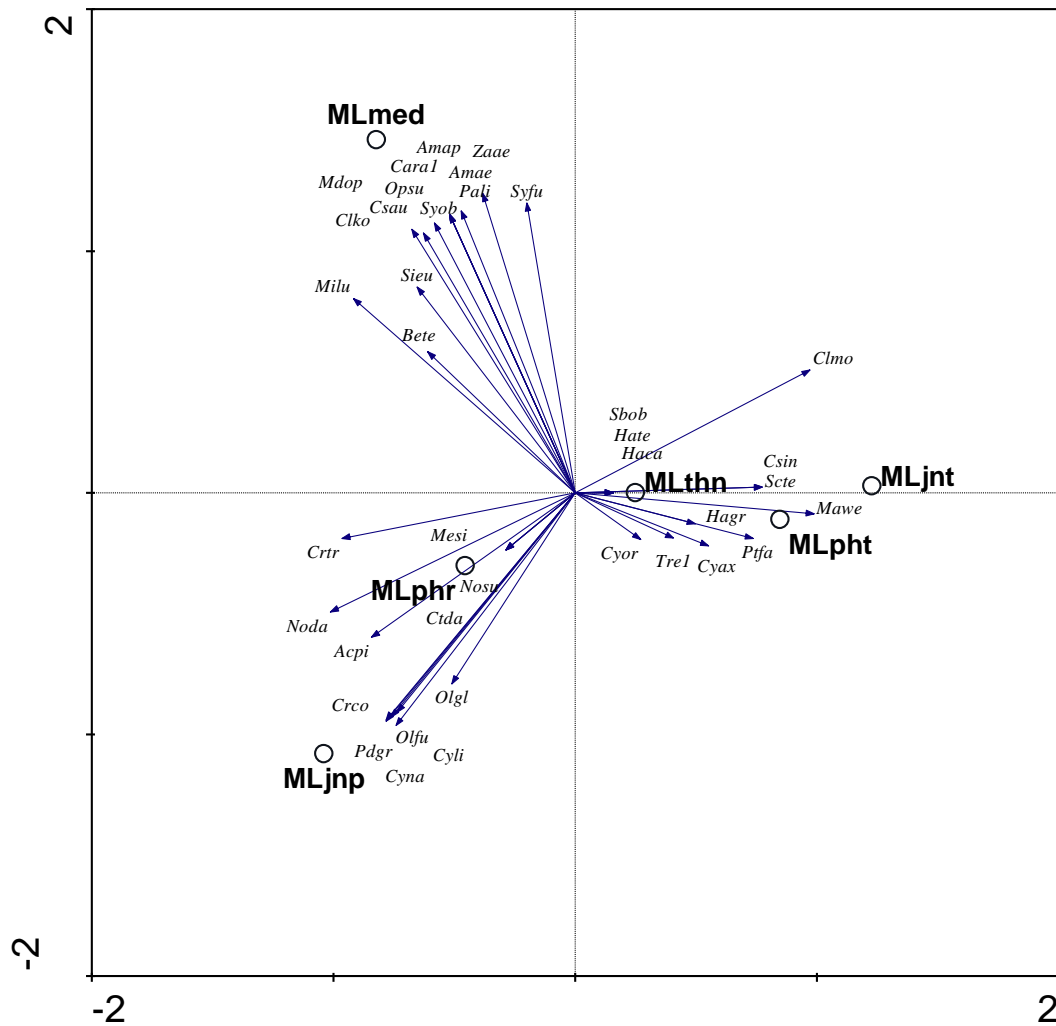
Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών δε δίνει ξεκάθαρη εικόνα για τους παράγοντες στους οποίους οφείλεται ο διαχωρισμός των διαφορετικών τύπων βιοτόπου της Σίφνου. Ωστόσο δείχνει τη συσχέτισή τους με την κατανομή των ειδών που μελετήθηκαν. Τα είδη *Amara apricaria* και *Harpalus tenebrosus* φαίνεται πως προτιμούν τις αμμοθίνες. Το *Metadromius signifer* και το *Cymindis axillaris* συσχέτισαν την κατανομή τους με τα φρύγανα. Χαρακτηριστικά είδη των λιβαδιών της Σίφνου είναι τα *Carabus trojanus*, *Olisthopus fuscatus*, *Ophonus subquadratus*, *Olisthopus glabricollis*. Τέλος στις μακίες συναντώνται περισσότερο τα *Harpalus litigiousus*, *Masoreus wetterhallii*, *Platyderus graecus*.



Εικόνα 3.7.1 Οι δύο πρώτοι άξονες της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) για τους τύπους βιοτόπου της Σίφνου βάσει δεδομένων αφθονίας [$\text{Log}(X+1)$] των ειδών Carabidae και η απεικόνιση της θέσης των ειδών. Οι δύο πρώτοι άξονες ερμηνεύουν το 87,8% της συνολικής διακύμανσης.

3.7.2 Μήλος

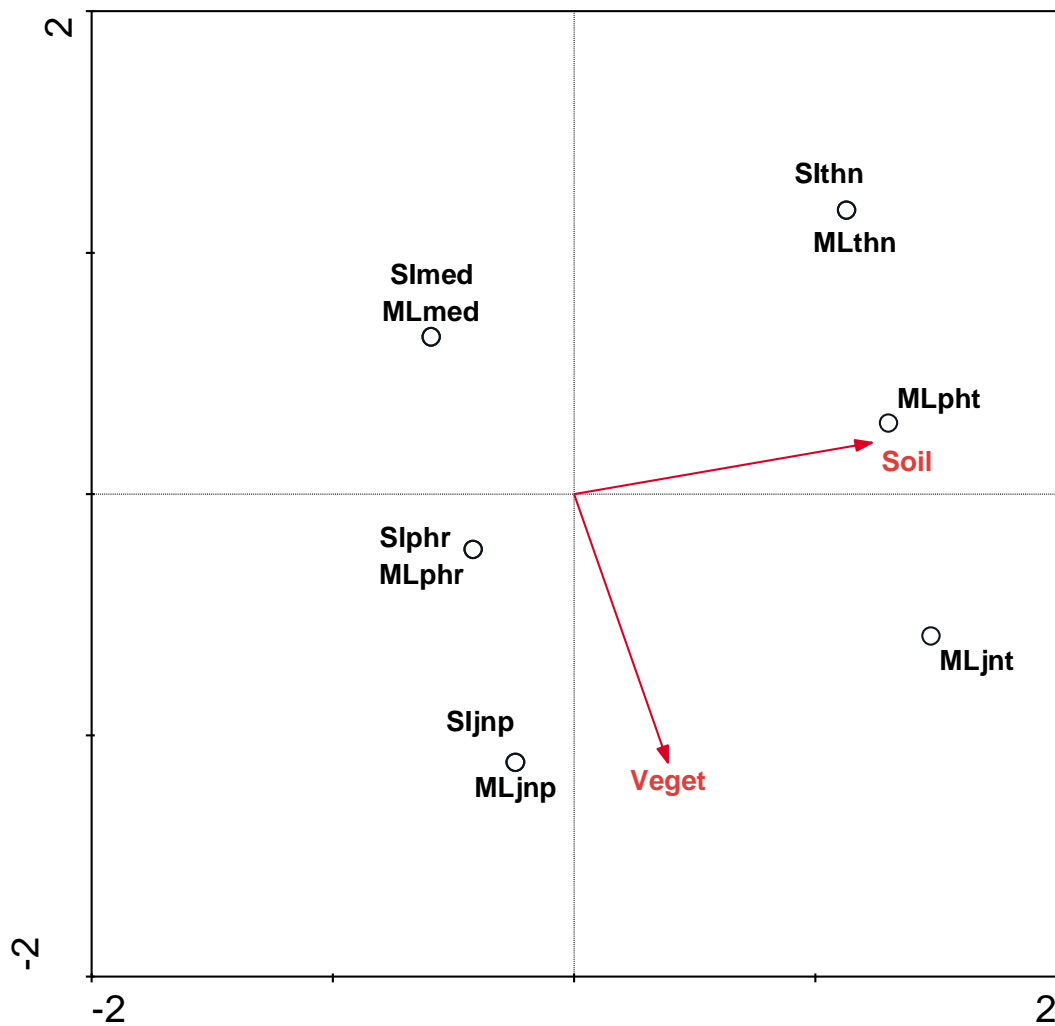
Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών για τη Μήλο αναδεικνύει το διαχωρισμό των τύπων βιοτόπου με βάση το εδαφικό υπόστρωμα. Στη δεξιά πλευρά του διαγράμματος βρίσκονται οι τρεις τύποι βιοτόπου με αμμώδες υπόστρωμα, ενώ στην αριστερή οι τρεις με ιλυώδες. Ο δεύτερος άξονας διαχωρίζει τους τελευταίους με βάση τον τύπο της βλάστησής τους. Τα λιβάδια, που έχουν ανοιχτή βλάστηση ξεχωρίζουν από τις μακίες και τα φρύγανα, που έχουν κλειστή. Επιπλέον στο διάγραμμα φαίνεται η συσχέτιση της κατανομής των ειδών με τους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου. Τα είδη *Cymindis ornata*, *Harpalus griseus*, *Masoreus wetterhallii*, *Cymindis axillaris*, συσχετίζονται με τους βιοτόπους που έχουν αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα. Χαρακτηριστικά λιβαδικά είδη είναι τα *Calathus korax*, *Microlestes luctuosus*, *Amara aenea*, *Zabrus aegyus*. Μερικά είδη που συσχέτισαν τις κατανομές τους με τις μακίες και τα φρύγανα είναι τα *Carabus coriaceus*, *Acinopus picipes*, *Notiophilus danieli*, *Cymindis naxiana*.



Εικόνα 3.7.2 Οι δύο πρώτοι άξονες της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) για τους τύπους βιοτόπου της Μήλου βάσει δεδομένων αφθονίας [$\text{Log}(X+1)$] των ειδών Carabidae και η απεικόνιση της θέσης των ειδών. Οι δύο πρώτοι άξονες ερμηνεύουν το 82,3% της συνολικής διακύμανσης.

3.8 Αποτελέσματα Κανονικής Ανάλυσης Αντιστοίχισης (CCA)

Η Κανονική Ανάλυση Αντιστοίχισης φανερώνει ξεκάθαρα το διαχωρισμό των τύπων βιοτόπου των δύο νησιών με βάση τον τύπο του υποστρώματος. Οι θίνες, οι φρυγανοθίνες και οι θίνες-*J.oxycedrus* έχουν αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα και διαχωρίζονται από τα λιβάδια, τα φρύγανα και τις μακίες που έχουν λυώδες. Ακόμα, διακρίνεται ένας διαχωρισμός με βάση τον τύπο της βλάστησης του κάθε βιότοπου, στο δεύτερο άξονα, που απεικονίζει μια διαβάθμιση της δομής της βλάστησης. Στην πάνω πλευρά του διαγράμματος συγκεντρώνονται τα λιβάδια και οι θίνες που έχουν εντελώς ανοικτό τύπο βλάστησης. Στο κέντρο συγκεντρώνονται τα φρύγανα και οι φρυγανοθίνες που έχουν έναν ενδιάμεσο τύπο μεταξύ του ανοικτού και του κλειστού. Τέλος, στην κάτω πλευρά του διαγράμματος βρίσκονται οι μακίες και οι θίνες-*J.oxycedrus* που παρουσιάζουν κλειστό τύπο βλάστησης.



Εικόνα 3.8.1 Η διάταξη των τύπων βιοτόπου της Σίφνου και της Μήλου βάσει της αφθονίας των Carabidae (λογαριθμικές τιμές) στους δύο πρώτους άξονες της Κανονικής Ανάλυσης Αντιστοίχισης (CCA). Τα ανύσματα (βέλη) των περιβαλλοντικών μεταβλητών έχουν ως εξής : Soil = ιλυώδης – αμμώδης τύπος εδαφικού υποστρώματος, Veget = ανοικτός – κλειστός τύπος βλάστησης. Οι δύο πρώτοι άξονες ερμηνεύουν το 40,5% της συνολικής διακύμανσης. Το μέγεθος κάθε ανύσματος αποδίδει τη σημαντικότητα της αντίστοιχης μεταβλητής.

4. Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η σύνθεση και η δομή των βιοκοινοτήτων των εδαφικών Carabidae, διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών τύπων βιοτόπου και στα δύο νησιά, και οι σημαντικότεροι οικολογικοί παράγοντες που καθορίζουν τη διαφοροποίησή τους είναι ο τύπος του εδαφικού υποστρώματος, καθώς και ο τύπος της βλάστησης. Από την άλλη πλευρά οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο νησιών δεν ήταν σημαντικές, γεγονός που υποδηλώνει τον πρόσφατο γεωγραφικό διαχωρισμό τους και τη μικρή μεταξύ τους απόσταση, σε σχέση με την ικανότητα διασποράς των Carabidae. Συνεπώς, οι διαφορές στις κατανομές είναι αποτέλεσμα κυρίως οικολογικών παρά ιστορικών παραγόντων. Το γενικό συμπέρασμα της μελέτης έρχεται σε συμφωνία με

τις βιβλιογραφικές αναφορές που υποστηρίζουν ότι τα Carabidae λόγω των πολλών προσαρμογών που έχουν αναπτύξει, εμφανίζονται σε μεγάλη ποικιλία χερσαίων βιοτόπων, όμως η κατανομή τους δεν είναι τυχαία καθώς παρουσιάζουν βιοτοπικές προτιμήσεις (Arndt *et al.* 2011, Kotze *et al.* 2011, Lövei & Sunderland 1996, McGeoch 1998, Niemelä 1992, Thiele 1977, Zalewski *et al.* 2012). Είναι ευρέως αποδεκτό ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο τύπος του εδαφικού υποστρώματος και η σύνθεση και δομή της βλάστησης, παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανομή των ειδών, τόσο στον χώρο όσο και στο χρόνο, καθώς επηρεάζουν άμεσα την υγρασία και τη θερμοκρασία του μικροκλίματος (Kotze *et al.* 2011, Niemelä 1988, Thiele 1977, Αναστασίου 2011, Τριχάς 1996).

Στους επτά μήνες του πειράματος συλλέχθηκαν 5.005 σκαθάρια της οικογένειας Carabidae, εκ των οποίων το 66% ανήκει σε 4 μόλις είδη από τα 44 που βρέθηκαν συνολικά. Τα είδη αυτά με φθίνουσα σειρά αφθονίας είναι τα εξής : *Microlestes luctuosus*, *Calathus mollis*, *Calathus korax* και *Carabus trojanus*. Στη Σίφνο τα κυρίαρχα είδη είναι κατά σειρά τα *Calathus korax*, *Microlestes luctuosus*, *Calathus mollis*, ενώ στη Μήλο το πρότυπο αυτό διαφοροποιείται και τα αντίστοιχα κυρίαρχα είδη είναι κατά σειρά τα εξής : *Microlestes luctuosus*, *Carabus trojanus*, *Masoreus wetterhallii*, *Calathus mollis*. Αυτή η διαφοροποίηση οφείλεται στο γεγονός ότι στη Σίφνο δεν τοποθετήθηκαν παγίδες σε φρυγανοθίνες και θίνες-*J.oxycedrus*, ενώ στη Μήλο σε αυτούς τους δύο τύπους βιοτόπου το *Masoreus wetterhallii* ήταν άφθονο. Η θεωρία της σχέσης έκτασης - αριθμού ειδών των MacArthur & Wilson (1967) επιβεβαιώνεται, διότι στη Μήλο, που είναι το μεγαλύτερο σε έκταση νησί, βρέθηκαν συνολικά 38 είδη, ενώ στη Σίφνο 28. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι στη Μήλο, όπου τοποθετήθηκαν 18 σταθμοί, παγιδεύτηκαν 2.489 σκαθάρια, ενώ στη Σίφνο σε 13 σταθμούς μελέτης 2.516. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη Μήλο μελετήθηκαν 6 τύποι βιοτόπου και στη Σίφνο 4, με τη μεγάλη διαφορά να εντοπίζεται στα λιβάδια όπου στη Σίφνο συγκεντρώθηκαν 1.202 άτομα, ενώ στη Μήλο 798 αντίστοιχα.

Στη Σίφνο, τα λιβάδια και τα φρύγανα ήταν οι τύποι βιοτόπου που προτιμήθηκαν περισσότερο από την οικογένεια Carabidae, σε αντιδιαστολή με τις θίνες και τις μακίες. Στη Μήλο υπάρχει διαφορά στις βιοτοπικές προτιμήσεις, με τα σκαθάρια να δραστηριοποιούνται πιο έντονα στις μακίες, στα λιβάδια και στις θίνες-*J.oxycedrus*, ενώ ελαττωμένη παρουσιάζεται η δραστηριότητά τους στις θίνες, τα φρύγανα και τις φρυγανοθίνες. Η αφθονία των ατόμων και ο πλούτος των ειδών ακολουθούν το ίδιο πρότυπο για το κάθε νησί. Για να ερμηνευθούν οι κατανομές των Carabidae στους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου των δύο νησιών, πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά της οικογένειας. Η οικογένεια απαρτίζεται κυρίως από υγρόφιλα είδη, όμως υπάρχουν και αρκετά που έχουν προσαρμοστεί στις θερμές και ξηρές συνθήκες που επικρατούν στις θίνες και τα φρύγανα (Lövei & Sunderland 1996, Niemelä 1992, Thiele 1977). Επιπλέον προτιμούν τα ιλυώδη εδαφικά υποστρώματα σε σχέση με τα αμμώδη (Lövei & Sunderland 1996, Thiele 1977). Τέλος, στα λιβάδια η μεγάλη πρωτογενής παραγωγικότητα οδηγεί σε αυξημένη διαθεσιμότητα τροφής (Kaspari *et al.* 2000, Sanders *et al.* 2003), επομένως τα Carabidae, που αποτελούνται κυρίως από θηρευτές αλλά και από φυτοφάγα είδη, ευδοκimούν σε αυτόν τον τύπο βιοτόπου. Αξιολογώντας όλα τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό γιατί τα λιβάδια (ιλυώδες υπόστρωμα, υγρασία, αφθονία τροφής) αποτελούν έναν πολύ ευνοϊκό τύπο βιοτόπου και στα δύο νησιά, ενώ οι αμμοθίνες (αμμώδες υπόστρωμα, ξηρασία) αποτελούν το λιγότερο ευνοϊκό. Ακόμα, πρέπει να

αναφερθεί, ότι οι συστάδες μακί της Μήλου είναι πολύ πιο ανεπτυγμένες και καταλαμβάνουν μεγαλύτερη έκταση από τις αντίστοιχες της Σίφνου, συνεπώς παρέχουν περισσότερη σκιά, άρα και περισσότερη υγρασία στα εδαφόβια Carabidae και λόγω της έκτασης τους μπορούν να στηρίξουν μεγαλύτερη ποικιλία ειδών. Γι' αυτό παρατηρήθηκε διαφορά στις μέσες τιμές αφθονίας ατόμων και πλούτου ειδών, με αυτές της Μήλου να βρίσκονται πολύ υψηλότερα από τις αντίστοιχες της Σίφνου.

Όσον αφορά τη μηνιαία φαινολογία, τα είδη της οικογένειας Carabidae ακολουθούν το ίδιο πρότυπο και στα δύο νησιά, παρουσιάζοντας αυξημένη δραστηριότητα τους μήνες Μάιο και Οκτώβριο και ελαττωμένη τους θερινούς μήνες. Αυτό το πρότυπο ισχύει και για την αφθονία των ατόμων αλλά και για τον πλούτο των ειδών, και συμπίπτει με αυτό που περιγράφεται στις βιβλιογραφικές αναφορές όπου η μέγιστη δραστηριότητα εντοπίζεται τους μήνες Μάιο, Ιούνιο και Οκτώβριο (Lövei & Sunderland 1996, Niemelä *et al.* 1992). Η βασική αιτία της εμφάνισης αυτού του προτύπου, συνίσταται στο ότι τα υγρόφιλα Carabidae μειώνουν τη δραστηριότητά τους κατά τους θερμούς, ξηρούς μήνες του καλοκαιριού και την αυξάνουν την άνοιξη και το φθινόπωρο που υπάρχει περισσότερη υγρασία (Niemelä 1992, Niemelä & Halme 1992, Thiele 1977). Επιπροσθέτως, η εποχική δραστηριότητά τους σχετίζεται με την αναπαραγωγική περίοδο και τη διαχείμαση ή διαθέριση (Kotze *et al.* 2011, Lövei & Sunderland 1996, Thiele 1977). Κάποια είδη αναπαράγονται το φθινόπωρο, ενώ άλλα είδη αναπαράγονται την άνοιξη. Υπάρχουν και τα είδη που αναπαράγονται την άνοιξη αλλά το καλοκαίρι πεθαίνουν και η νέα γενιά εμφανίζεται το φθινόπωρο (Thiele 1977).

Εξετάζοντας ξεχωριστά τους τύπους βιοτόπου κάθε νησιού ως προς τη μηνιαία φαινολογία, στη Σίφνο παρατηρείται πως εκτός από τα μακί-*J.phoenicea*, οι υπόλοιποι τύποι ακολουθούν το γενικό πρότυπο που περιγράφηκε παραπάνω. Στο συγκεκριμένο τύπο βιοτόπου η δραστηριότητα των σκαθαριών είναι μετατοπισμένη προς την άνοιξη, με τον Μάιο και τον Ιούνιο να είναι οι ευνοϊκότεροι μήνες. Οι υγρές και σκιερές συνθήκες που επικρατούν κάτω από τους θάμνους επιτρέπουν αυτή τη μετατόπιση (Niemelä 1992). Στη Μήλο ο τύπος βιοτόπου που αποκλίνει από το γενικό πρότυπο είναι οι φρυγανοθίνες, στις οποίες η δραστηριότητα είναι μετατοπισμένη προς τους φθινοπωρινούς μήνες. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως το είδος *Masoreus wetterhallii* έφτασε στο 63,7% της σχετικής αφθονίας στις φρυγανοθίνες της Μήλου, άρα η εικόνα που παρουσιάζεται στη μηνιαία φαινολογία τους, αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό την μηνιαία φαινολογία του είδους αυτού. Η μηνιαία φαινολογία των υπόλοιπων τύπων βιοτόπου ακολουθεί, είτε απόλυτα, είτε σε μεγάλο βαθμό, το γενικό πρότυπο, οπότε μπορεί να ερμηνευθεί με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι βιοτοπικές προτιμήσεις και η μηνιαία φαινολογία των πιο άφθονων ειδών του πειράματος. Το *Microlestes luctuosus*, που ήταν και το αφθονότερο της μελέτης, προτιμά τα ιλυώδη υποστρώματα και κυρίως δραστηριοποιείται στα λιβάδια. Μπορεί να χαρακτηριστεί ευρύοικο είδος καθώς βρέθηκε σε όλους τους τύπους βιοτόπου. Ο Μάιος είναι ο ευνοϊκότερος μήνας για το είδος, ενώ το φθινόπωρο η δραστηριότητά του περιορίζεται. Το *Calathus mollis* έδειξε έντονη προτίμηση στους τύπους βιοτόπου με αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία που στηρίζει πως είναι ψαμμόφιλο είδος και προσελκύεται

από τη θερμότητα που προσφέρουν οι αμμώδεις βιότοποι (Thiele 1977). Το συγκεκριμένο είδος ακολούθησε το γενικό πρότυπο της μηνιαίας φαινολογίας. Στενόοικο, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, μπορεί να χαρακτηριστεί το *Calathus korax*, αφού παρουσίασε μέγιστες τιμές αφθονίας στα λιβάδια, ενώ στους αμμώδεις βιοτόπους βρέθηκε μόλις ένα άτομο του είδους και ταυτόχρονα εμφάνισε μια έκρηξη δραστηριότητας τον Οκτώβριο, ενώ περιορίστηκε τους υπόλοιπους μήνες. Το είδος *Carabus trojanus* προτίμησε όλους τους τύπους βιοτόπου εκτός από τις αμμοθίνες οπότε είναι ένα ευρύοικο είδος. Από την άλλη όμως, δραστηριοποιείται κυρίως τον Οκτώβριο, ενώ την άνοιξη η αφθονία του μειώνεται. Τέλος το *Carabus coriaceus*, αφθονεί στα ιλυώδη εδαφικά υποστρώματα και κυρίως στις μακί διαπλάσεις, ενώ δεν ευνοείται από τα αμμώδη υποστρώματα. Ακολουθεί το γενικό πρότυπο της μηνιαίας φαινολογίας, με ελάχιστη δραστηριότητα τους θερινούς μήνες.

Η Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) έδειξε ότι και στα δύο νησιά, ο βασικότερος παράγοντας που καθορίζει τη δομή των βιοκοινοτήτων των εδαφικών Carabidae, είναι ο τύπος του εδαφικού υποστρώματος. Ο διαχωρισμός έγκειται στο αν ο τύπος είναι ιλυώδης ή αμμώδης. Ο δεύτερος σημαντικότερος παράγοντας είναι η σύνθεση και η δομή της βλάστησης. Η κατανομή και η αφθονία των σκαθαριών διαφοροποιείται ανάλογα με το αν η βλάστηση είναι κλειστού ή ανοιχτού τύπου. Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και από τη Μη Μετρική Πολυδιάστατη Ανάλυση (NMDS), με το διαχωρισμό με βάση τον τύπο του υποστρώματος να είναι σημαντικότερος από το διαχωρισμό με βάση τον τύπο της βλάστησης.

Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) φανερώνει τη συσχέτιση της κατανομής των ειδών με τους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου που μελετήθηκαν. Τα περισσότερα είδη συσχέτισαν τις κατανομές τους με τύπους βιοτόπου με ιλυώδες εδαφικό υπόστρωμα, ενώ λίγα ήταν αυτά που τις συσχέτισαν με τύπους με αμμώδες. Οι αμμώδεις βιότοποι προσελκύουν είδη ξηρόφιλα και σκαπτικά. Από την άλλη οι βιότοποι με ιλυώδες υπόστρωμα προσφέρουν έδαφος με περισσότερη υγρασία και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα τροφής. Τα πιο πολλά είδη συνδέονται με τα λιβάδια, όπου οι συνθήκες είναι οι πιο ευνοϊκές για τα Carabidae. Χαρακτηριστικά λιβαδικά είδη και για τα δύο νησιά είναι τα *Microlestes luctuosus*, *Calathus korax*, *Ophonus subquadratus*, *Zabrus aegeus*. Με αμμώδη υποστρώματα συνδέονται είδη του γένους *Harpalus* και του γένους *Cymindis* και φυσικά τα είδη *Calathus mollis* και *Masoreus wetterhallii* όπως αναφέρθηκε και πριν. Το είδος *Metadromius signifer* απαντάται κυρίως στα φρύγανα και στα δύο νησιά, ενώ στις μακί διαπλάσεις υπάρχει έντονη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο νησιών. Στις μακίες της Σίφνου συναντώνται αμμόφιλα είδη, σε αντίθεση με αυτές της Μήλου, που ομαδοποιούνται με τα φρύγανα και έχουν εντελώς διαφορετική σύσταση ειδών. Η διαφορά στην έκταση και την ανάπτυξη των συστάδων μεταξύ των δύο νησιών, αποτυπώνεται τελικά και στις κατανομές των ειδών.

Η Κανονική Ανάλυση Αντιστοιχίας (CCA) έδειξε επίσης ότι ο παράγοντας διαφορετικό νησί δεν παίζει ρόλο στη δομή και τη σύνθεση των Carabidae και αυτό φαίνεται από τη στενή ομαδοποίηση των ίδιων τύπων βιοτόπου κάθε νησιού. Λόγω της μεγάλης ικανότητας διασποράς ορισμένων φτερωτών Carabidae και του πρόσφατου διαχωρισμού των νησιών, οι κοινότητές τους μεταξύ των νησιών δεν διαφέρουν. Ο πιο σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας που καθορίζει την κατανομή και τη σύνθεση των

ειδών, είναι ο τύπος του εδαφικού υποστρώματος. Ο αμέσως επόμενος σε σημαντικότητα παράγοντας, είναι η δομή και η σύνθεση της βλάστησης. Η διάταξη των τύπων βιοτόπου καθορίστηκε σύμφωνα με τον πρώτο άξονα από το εδαφικό υπόστρωμα, ενώ ο δεύτερος άξονας αποτελεί μια διαβάθμιση της βασικής δομής της βλάστησης από ανοιχτή ποώδη, σε φρυγανική και τελικά σε κλειστή θαμνώδη διάπλαση. Αυτοί οι δύο παράγοντες διαμορφώνουν τους διαφορετικούς τύπους βιοτόπου και τελικά τις προτιμήσεις των οργανισμών μελέτης, καθώς επηρεάζουν την υγρασία, τη διαθεσιμότητα της τροφής, τη θερμοκρασία και τη δυνατότητα κίνησης των σκαθαριών (Butterfield 1996, De Los Santos *et al.* 2000, Hodkinson 2005).

Η κυριότερη προσαρμογή που έχουν αναπτύξει τα υγρόφιλα Carabidae (Thiele 1977) για την εποίκηση των θερμών και ξηρών βιοτόπων των νησιών, είναι η τροποποίηση της μηνιαίας φαινολογίας τους (Niemełä *et al.* 1992), ώστε να αποφεύγουν τους πολύ θερμούς καλοκαιρινούς μήνες. Δευτερεύουσα προσαρμογή είναι η ικανότητα τους να τροποποιούν την ημερήσια φαινολογία τους και να αναζητούν υγρά καταφύγια στο έδαφος ή στη βλάστηση. Τέλος η μείωση του σωματικού βάρους, η αύξηση της υποπλασίας των φτερών και ο χρωματισμός, αποτελούν τυπικές αποκρίσεις της οικογένειας στην ξηρασία και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (Thiele 1977, Nicolson 1990, Dajoz 2002). Χάρη σε αυτές τις προσαρμογές τα Carabidae είναι κυρίαρχα συστατικά της λειτουργίας των μεσογειακών οικοσυστημάτων των νησιών του Αιγαίου.

5. Βιβλιογραφία

- Adis, J. (1979). "Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps." *Zoologischer Anzeiger* 202(3-4): 177-184.
- Andel, T. H. van & Shackleton, J. (1982). Late Paleolithic and Mesolithic coastlines of Greece and the Aegean. *Journal of Field Archaeology* 9: 445-454.
- Arndt, E., Schnitter, P. Sfenthourakis, S., Wrase, D. W. (2011). *Ground beetles (Carabidae) of Greece*, Sofia: Pensoft Publishers.
- Barber, H. S. (1931). Traps for cave inhabiting insects. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 46: 259-266.
- Beerli, P., Hotz, H. & Uzzell, T. (1996). Geologically dated sea barriers calibrate a protein clock for Aegean water frogs. *Evolution*, 50: 1676-1687.
- Bonacci, T. (2011). Predator feeding choice on conspicuous and non-conspicuous carabid beetles: first results. *ZooKeys* 100: 171–179.
- Bouchard, P. et al. (2009). Biodiversity of Coleoptera. In R. G. Foottit & P. H. Adler, eds. *Insect Biodiversity: Science and Society*. United Kingdom: Wiley-Blackwell, pp. 265–301.
- Bousquet, Y. (2010). *Illustrated Identification Guide to Adults and Larvae of Northeastern North American Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae)*, Sofia: Pensoft Publishers.

- Butterfield, J. (1996). Carabid life-cycle strategies and climate change: A study on an altitude transect. *Ecological Entomology* 21(1): 9-16.
- Chatzimanolis, S. *et al.* (2003). Phylogenetic analysis and biogeography of Aegean taxa of the genus *Dendarus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Insect Systematics & Evolution* 34: 295–312.
- Creutzburg, N. (1963). Die palaogeographische Entwicklung der Insel Kreta von Miozan bis zu Gegenwart. *Κρητικά Χρονικά* 15-16: 336-342.
- Dajoz, R. (2002). *Les Coléoptères. Carabidés et Ténébrionidés: écologie et biologie*, Éditions Tec & Doc.
- De Los Santos, A., Gomez-Gonzalez L. A., Alonso C., Arbelo, C. D. & De Nicolas, J. P. (2000). Adaptive trends of darkling beetles on environmental gradients on the island of Tenerife (Canary Islands). *Journal of Arid Environments* 45(1): 85-98.
- Dermitzakis, M. D. & Papanikolaou, D. J. (1981). Palaeogeography and geodynamics of the Aegean region during the Neogene. *Annales Geologiques des Pays Helleniques* 30: 245-289.
- Digweed, S. (1995). "Digging out the "digging-in effect" of pitfall traps: influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae)." *Pedobiologia* 39: 561-576.
- Erwin, T. L. (1991). Natural history of the carabid beetles at the BIOLAT Biological Station, Rio Manu, Pakitza, Peru. *Revista Peruana de Entomologia* 33: 1–85.
- Greenslade, P. J. M. (1964). Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology* 33: 301–310.
- Greenslade, P. J. M. (1973). Sampling ants with pitfall traps: Digging in effects. *Insectes Sociaux* 20: 343–353.
- Grimaldi, D. & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the Insects*, Cambridge University Press.
- Hickman, C. P. *et al.* (2011). *Ζωολογία-Ολοκληρωμένες Αρχές*, τόμος Ι. 2η έκδοση. Μ. Αποστολοπούλου *et al.*, eds., Αθήνα: Utopia.
- Hodkinson, I. D. (2005). Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Review* 80(3): 489-513.
- Holliday, N. J., Floate, K. D., Cárcamo, H., Pollock, D. A., Stjernberg, A. & Roughley, R. E. (2014). *Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of the Prairie Grasslands of Canada*. In *Arthropods of Canadian Grasslands (Volume 4): Biodiversity and Systematics Part 2.*, D. J. Giberson and H. A. Cárcamo., eds.pp. 1-85.
- Jung, J.-K. *et al.* (2011). The Fauna of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) in Mt. Gariwang and Comparison with Neighboring Taebaek Mountains, Gangwon-do, Korea. *Journal of Korean Nature* 4(3): 151–159.
- Kaspari, M., O'Donnell, S. & Kercher, J. R. (2000). Energy, density, and constraints to species richness: Ant assemblages along a productivity gradient. *American Naturalist* 155(2): 280-293.

- Kotze, J. D. *et al.* (2011). Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *ZooKeys* 100: 55–148.
- Krijgsman, W., Hilgen, F. J., Raffi, I., Sierro, F. J. & Wilson, D. S. (1999). Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652-655.
- Lambeck, K. (1996). Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since upper palaeolithic time. *Antiquity* 70: 588-611.
- Larochelle, A. (1990). The food of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae, including Cicindelinae). *Fabrerics Suppl.* 5: 1-132.
- Lawton, J. H., Macgarvin, M. & Heads, P. A. (1987). Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. *Journal of Animal Ecology* 56(1): 147-160.
- Lövei, G. L. & Sunderland, K. D. (1996). Ecology and behavior of ground beetles. *Annual Review of Entomology* 41: 231–256.
- Luff, M. (1975). "Some features influencing the efficiency of pitfall traps." *Oecologia* 19(4): 345-357.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Margaris, N. S. (1976). Structure and dynamics in a phryganic (East Mediterranean) ecosystem. *Journal of Biogeography* 3: 249-259.
- McGeoch, M. A. (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews* 73: 181–201.
- Nicolson, S. W. (1990). Osmoregulation in a nectar-feeding insect, the carpenter bee *Xylocopa capitata* – water excess and ion conservation. *Physiological Entomology* 15(4): 433-440
- Niemelä, J. (1988). Habitat occupancy of carabid beetles on small islands and the adjacent Åland mainland, SW Finland. *Annales Zoologici Fennici* 25(2): 121-131.
- Niemelä, J. & Halme, E. (1992). Habitat Associations of Carabid Beetles in Fields and Forests on the Aland Islands, SW Finland. *Ecography* 15(1): 3–11.
- Niemelä, J., Spence, J. R. & Spence, D. H. (1992). Habitat associations and seasonal activity of ground-beetles (Coleoptera, Carabidae) in Central Alberta. *The Canadian Entomologist* 124: 521–540.
- Papadopoulou, A., Anastasiou, I., Keskin, B. & Vogler, A. P. (2009). Comparative phylogeography of tenebrionid beetles in the Aegean archipelago: The effect of dispersal ability and habitat preference. *Molecular Ecology* 18(11): 2503–2517.
- Perissoratis, C. & Conispoliatis, N. (2003). The impacts of sea-level changes during latest Pleistocene and Holocene times on the morphology of the Ionian and Aegean seas (SE Alpine Europe). *Marine Geology* 196: 145-156.

- Petitpierre, E. (1987). Why beetles have strikingly different rates of chromosomal evolution? *Elytron* 1: 25-32.
- Pickett, S. T. A. (1980). Non-equilibrium coexistence of plants. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 107: 238-248
- Rainio, J. & Niemelä, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera : Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12(3): 487–506.
- Ranwell, D. S. & Boar, R. (1986). *Coast Dune Management Guide*, Norwich: Reminder Press.
- Richards, O. & Davies, R. G. (1977). *Imms' general textbook of entomology* 10th ed., London: Chapman and Hall.
- Sanders, N. J., Moss, J. & Wagner, D. (2003). Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global Ecology and Biogeography* 12(2): 93-102.
- Southwood, T. (1978). *Ecological methods*, with particular reference to the study of insect populations. London: The English Language Book Society and Chapman and Hall.
- Sfenthourakis, S. (1996). A biogeographical analysis of terrestrial isopods (Isopoda, Oniscidea) from the central Aegean islands (Greece). *Journal of Biogeography* 23(5): 687–698.
- Sfenthourakis, S. & Legakis, A. (2001). Hotspots of endemic terrestrial invertebrates in southern Greece. *Biodiversity and Conservation* 10(8): 1387–1417.
- Strong, D. R., Lawton, J. H., & Southwood, T. R. E. (1984). *Insects on Plants: Community Patterns and Mechanisms*, Blackwell, Oxford.
- Thiele, H.U. (1977). Carabid beetles in their environments, a study on habitat selection by adaptations in physiology and behavior. In: *Zoophysiology and Ecology* Vol 10. Springer-Verlag.
- Trautner, J. & Geigenmüller, K. (1987). *Tiger beetles - ground beetles, Illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe*. Josef Margraf Publisher.
- Whittaker, R. J., Fernandez-Palacios, J. M. (2009). *Νησιωτική βιογεωγραφία-Οικολογία, Εξέλιξη και Διατήρηση*. Μτφ. Βακάκη Β., Επιμελ. Σφενδουράκης Σ. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Zalewski, M. *et al.* (2012). Ground Beetles on Islands : On the effects of habitat and dispersal. *Annales Zoologici Fennici* 49(3): 139–151.
- Αναστασίου, Ι. (2011). *Βιογεωγραφία και στοιχεία οικολογίας των εδαφικών Κολεοπτέρων (Οικογένειες: Carabidae – Tenebrionidae) σε βουνά της Πελοποννήσου*. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα : Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Αριανούτσου-Φαραγκιτάκη, Μ., Γιαννίτσαρος, Α. & Κουμπλή-Σοβατζή (2012). *Σημειώσεις-Χερσαία Οικοσυστήματα της Ελλάδας*. Αθήνα : ΕΚΠΑ, 2012.

Κεδαρίτη, Μ. (2016). *Πρότυπα κατανομής και αφθονίας Κολεοπτέρων (Οικογένεια Carabidae) σε διαφορετικούς τύπους βιοτόπου στην Αντίπαρο, Πάρο και Νάξο*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κορακάκης, Γ. (2015). *Δασική Βοτανική, Αυτοφυή δέντρα και θάμνοι της Ελλάδας*, Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Κουλαμάς, Σ. Α. (2015). *Μηνιαία φαινολογία και βιοτοπικές προτιμήσεις των εδαφικών Κολεοπτέρων (οικογένεια Carabidae) στο νομό Αττικής*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Λεγάκις, Α. & Μαραγκού, Π. (2009). *Το Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας*. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα, σ.528

Λεγάκις, Α., & Τζαννετάτου-Πολυμένη, Ρ. (2013). *Ζωική Ποικιλότητα - εργαστηριακές ασκήσεις: Τομέας Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2013*.

Ντάφης, Σ. (2005). Τα οικοσυστήματα της Ελλάδας-Κατάσταση, προβλήματα, προτάσεις. *Αμφίβιον. ΕΚΒΥ*. 60. pp.6–9.

Ντάφης, Σ. *et al.* (2001). *Τεχνικός οδηγός Αναγνώρισης, Περιγραφής και Χαρτογράφησης Τύπων Οικοτόπων της Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη.

Ντάφης, Σ., Παπαστεργιάδου, Ε., Γεωργίου, Κ., Μπαμπαλώνας, Δ., Γεωργιάδης, Θ., Παπαγεωργίου, Μ., Λαζαρίδου, Θ. & Τσιαούση, Β. (1997). Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Το Έργο Οικοτόπων στην Ελλάδα: Δίκτυο ΦΥΣΗ 2000. Συμβόλαιο αριθμός Β4 3200/94/756, Γεν. Διεύθυνση ΧΙ Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων.

Σημιαϊάκης, Σ. (2005). *Συστηματική, Βιογεωγραφία και Στοιχεία Οικολογίας των Χειλοπόδων του Νοτίου Αιγαίου*. Διαδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας. 94

Σπαγοπούλου, Φ. (2009). *Βιογεωγραφία και οικολογία των εδαφόβιων Κολεοπτέρων σε νησιά του Αιγαίου (Σέριφος, Σίφνος, Μήλος)*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Στάθη, Ι. (2009). *Οικολογία και φυλογεωγραφία των σκορπιών του Νοτίου Αιγαίου*. Διαδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας.

Σταλημέρου, Μ. (2010). *Βιογεωγραφία και Οικολογία των Εδαφόβιων Κολεοπτέρων της Οικογένειας Tenebrionidae σε νησιά Αιγαίου (Άνδρος, Τήνος, Μύκονος)*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2010.

Τριχάς, Α. (1996). *Οικολογία και Βιογεωγραφία των εδαφικών κολεοπτέρων στο νότιο Αιγαίο με έμφαση στη σύνθεση, εποχιακή και βιοτοπική διαφοροποίηση και ζωογεωγραφία των οικογενειών Carabidae και Tenebrionidae*. Διαδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο.

Χοτζάρ, Ν. (2015). *Επίδραση του μικροενδιαιτήματος των ξερολιθιών στους πληθυσμούς των εδαφικών αρθροπόδων σε νησιά του Αιγαίου*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ιστοσελίδες

Carabidae of the world. Available at: <http://carabidae.org/>.

Διεύθυνση Τουρισμού της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, Aegean islands-Γεωγραφία και γεωμορφολογία 2016, Κρήτη και νήσοι Αιγαίου/ΕΣΠΑ 2007-2013 και ΕΤΠΑ. Διαθέσιμο στο <http://www.aegeanislands.gr/islands-aigaiio/geographic-information/info-aigaiio.html>. [11 Δεκεμβρίου 2016].

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2016. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Διαθέσιμο στο: http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html [11 Δεκεμβρίου 2016].