

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**«ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ»**

**«Χωροχρονικές μεταβολές της αφθονίας τριών ειδών πολυπλακοφόρων στον  
Παγασητικό κόλπο»**

**Δανιήλ Σόλωνας Ζάχος**

**ΒΟΛΟΣ 2023**



**«Χωροχρονικές μεταβολές της αφθονίας τριών ειδών πολυπλακοφόρων στον  
Παγασητικό κόλπο»**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

**1) Βαφείδης Δημήτριος**, Καθηγητής (Δρ.), Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και Άμεση – Έμμεση χρησιμότητα της, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων.***

**2) Εξαδάκτυλος Αθανάσιος**, Καθηγητής (Δρ.), Γενετική Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

**3) Μαριάνθη Χατζηιωάννου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια (Δρ.), Εκτροφή Σαλιγκαριών και Βατράχων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

**Στην οικογένεια μου**

*μέγα γὰρ τὸ τῆς θαλάσσης κράτος.*

-Περικλής, (Θουκ. Ι 143, 5)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκδηλώσω της θερμές ευχαριστίες και την απaráμιλλή ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους αποτέλεσαν αρωγό στην υλοποίηση της συγκεκριμένης Πτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Βαφείδη Δημήτριο, καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, που χάρη σε αυτόν μου δόθηκε η ευκαιρία να πραγματοποιήσω μία τόσο σοβαρή μελέτη, μέσω της οποίας αποκόμισα πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες. Τον ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής. Με τιμάει ιδιαίτερα το γεγονός που μου εμπιστεύτηκε να διεκπεραιώσω μία τέτοια πρωτότυπη έρευνα και τον ευγνωμονώ ιδιαίτερα διότι μου έδωσε την δυνατότητα να συνεργαστώ με την ομάδα του.

Επιπρόσθετα, θέλω να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Εξαδάκτυλο Αθανάσιο, καθηγητή του προαναφερθέντος τμήματος, και κα Χατζηιωάννου Μαριάνθη, αναπληρώτριας καθηγήτριας του επισπεύδοντος τμήματος, τόσο για της πολύτιμες επισημάνσεις τους όσο και για τις εποικοδομητικές συμβουλές τους, οι οποίες συνέβαλαν σημαντικά στην βελτιστοποίηση της παρούσας έρευνας.

Θα ήθελα μέσα από τα βάθη της καρδιάς μου να εκφράσω την ανυπέρβλητη ευγνωμοσύνη μου στους επιβλέποντες και φίλους μου, Βαρκούλη Αναστάσιο, Υποψήφιο Διδάκτορα του επισπεύδοντος τμήματος, και Βούλγαρη Κωνσταντίνο, Υποψήφιο Διδάκτορα του προαναφερθέντος τμήματος. Μου έμαθαν αμέτρητα πράγματα, τόσο στον εργαστηριακό τομέα όσο και στον δειγματοληπτικό αλλά και στον συγγραφικό. Η σύλληψη της ιδέας της παρούσας έρευνας οφείλεται σε αυτούς, κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό διότι ανοίγει νέους ορίζοντες

στην έρευνα των πολυπλακοφόρων στο τμήμα. Μου μεταλαμπάδευσαν το πάθος για την θαλάσσια οικολογία και μοιραστήκαμε όμορφες στιγμές χάρη στην άριστη συνεργασία που μας διακατείχε. Η στήριξη τους ήταν πολύ σημαντική καθώς μέχρι το τέλος της παρούσας διατριβής στάθηκαν στο πλευρό μου και χωρίς αυτούς θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου Μυγδαλιά Θωμά και Ταουσάνη Χαρά για την συμβολή τους τόσο στην δειγματοληπτική διαδικασία, όσο και στην επεξεργασία των δεδομένων. Στάθηκαν στο πλευρό μου ως μέλη μιας πραγματικής ομάδας.

Απαράμιλλη είναι η ευγνωμοσύνη μου σε όλα τα μέλη της οικογένειας μου και ιδιαίτερα στους γονείς μου και τον αδερφό μου Δημήτριο, διότι χωρίς την ανιδιοτελή τους υποστήριξη και κατανόηση που μου παρείχαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών δεν θα μπορούσα ποτέ να ολοκληρώσω τις προσπάθειες μου. Τους ευχαριστώ θερμά για την αγάπη την στήριξη που μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια.

Θέλω επίσης να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους δασκάλους και προπονητές μου Ιωάννη και Μάριο Στεφάνου για την στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Όντας δάσκαλοι πολεμικών τεχνών μου έμαθαν να μάχομαι, να μην τα παρατάω ποτέ και με βοήθησαν να καλλιεργήσω ψυχικό σθένος και για τον λόγο αυτόν τους ευγνωμονώ απόλυτα.

Τέλος, νιώθω έντονη την ανάγκη να ευχαριστήσω την κοπέλα μου Βασιλική-Μαρία Τσαούση η οποία εκτός της μεγάλης βοήθειας που προσέφερε στην σωστή σύνταξη της διατριβής, αποτέλεσε σημαντική ψυχολογική υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου αλλά και της εκπόνησης της μελέτης αυτής, ενθαρρύνοντας τις επιλογές μου, καθώς ήταν δίπλα μου σε ότι και αν έκανα.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η εκτίμηση χωροχρονικών μεταβολών της αφθονίας των ειδών πολυπλακοφόρου *Rhyssoplax olivacea*, *Acanthochitona fascicularis* και *Lepidopleurus cajetanus* στον Παγασητικό κόλπο. Πραγματοποιήθηκαν 4 δειγματοληψίες κάθε εποχή του χρόνου (από την άνοιξη του 2022 έως τον χειμώνα του 2023) σε δύο περιοχές (Άγιος Στέφανος και Άναυρος-Πλάκες). Μετρήθηκαν σε κάθε δειγματοληψία οι αβιοτικοί παράγοντες (θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμικό οξειδοαναγωγής, pH, διαλυμένο οξυγόνο) και χωρίστηκαν κλάσεις μεγέθους για το εμβαδόν της επιφάνειας των κροκάλων που συλλέχθηκαν. Η αφθονία προσδιορίστηκε μέσω δειγματοληπτικών πλαισίων, ενώ μετρήθηκε το εμβαδόν κάθε κροκάλας, και τα μορφομετρικά (μήκος, πλάτος, βάρος) κάθε ατόμου. Διαπιστώθηκε ότι τα πολυπλακοφόρα προτιμούν τις μεγαλύτερες πέτρες (<150cm<sup>2</sup>), καθώς και ότι το είδος *R. olivacea* είναι το κυρίαρχο παρουσιάζοντας την μεγαλύτερη αφθονία και τις 4 εποχές και στις δύο περιοχές. Με τον δείκτη Morisita προσδιορίστηκε η εποχιακή και χωρική διασπορά, η οποία παρουσιάζει συσσωματωμένη κατανομή, εκτός από το *A. fascicularis* το φθινόπωρο και τον χειμώνα στις Πλάκες. Ακόμα, διαπιστώθηκε ότι η πληθυσμιακή μεταβολή των ειδών επηρεάζεται κυρίως χωρικά και για τα τρία είδη, ενώ χρονικά μόνο για *R. olivacea* και το *A. fascicularis*. Τέλος διαπιστώθηκε ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ της περιοχής και της εποχής επηρεάζει την πληθυσμιακή μεταβολή του *L. cajetanus*.

**Λέξεις κλειδιά:** μορφομετρικά χαρακτηριστικά, εκτίμηση πληθυσμού, χωροχρονικές μεταβολές

## Περιεχόμενα

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                                  | 13 |
| 1.1. Ταξινομική περιγραφή πολυπλακοφόρων και μία σύντομη ιστορική αναδρομή της μαλακολογίας..... | 13 |
| 1.2. Περιγραφή των πολυπλακοφόρων .....                                                          | 15 |
| 1.3. Ανατομική περιγραφή των πολυπλακοφόρων .....                                                | 16 |
| 1.4. Οικολογία των πολυπλακοφόρων .....                                                          | 18 |
| 1.5. Αναπαραγωγική συμπεριφορά των πολυπλακοφόρων .....                                          | 19 |
| 1.6. Διασπορά των πολυπλακοφόρων . .....                                                         | 20 |
| 1.7. <i>Rhyssoplax olivacea</i> .....                                                            | 22 |
| 1.8. <i>Acanthochitona fascicularis</i> .....                                                    | 22 |
| 1.9. <i>Lepidopleurus cajetanus</i> .....                                                        | 23 |
| 1.10. Μελέτη της αφθονίας των πολυπλακοφόρων .....                                               | 24 |
| 1.11. Ο στόχος της έρευνας .....                                                                 | 26 |
| 2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....                                                                        | 28 |
| 2.1 Δειγματοληψίες.....                                                                          | 28 |
| 2.2. Εκτίμηση πληθυσμιακής αφθονίας .....                                                        | 29 |
| 2.3. Μορφομετρικές μετρήσεις.....                                                                | 33 |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4. Μέτρηση του εμβαδού κροκάλων και των μορφομετρικών των ατόμων τους .....              | 33 |
| 2.5. Στατιστική ανάλυση δεδομένων .....                                                    | 34 |
| 3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....                                                                        | 35 |
| 3.1. Αβιοτικές Μετρήσεις.....                                                              | 35 |
| 3.2. Διασπορά των ειδών ανά ρέπλικα και ανά κροκάλα.....                                   | 37 |
| 3.3. Συχνότητα ατόμων με βάση τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά και αλλομετρικές σχέσεις..... | 42 |
| 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....                                                                          | 50 |
| 5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                                                       | 55 |
| 6. ABSTRACT .....                                                                          | 68 |

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Ταξινομική περιγραφή πολυπλακοφόρων και μία σύντομη ιστορική αναδρομή της μαλακολογίας.

Όπως και ο άνθρωπος έτσι και η επιφάνεια του πλανήτη μας αποτελείται από νερό περίπου κατά 70%. Μέσα σε αυτήν την άφθονη υδάτινη μάζα γεννήθηκε η ζωή και συνεχίζει να υφίσταται μέχρι και σήμερα εμφανίζοντας τεράστια βιοποικιλότητα. Ένα από τα πολυάριθμα φύλα που συνεισφέρουν σε αυτήν την τεράστια ποικιλομορφία είναι τα μαλάκια. Τα μαλάκια αποτελούν το δεύτερο μεγαλύτερο φύλο ασπόνδυλων ζώων με το πρώτο να είναι τα αρθρόποδα. Είναι επίσης το μεγαλύτερο θαλάσσιο φύλο αποτελώντας το 23% όλης της θαλάσσιας ζωής. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν πολλά χερσαία μαλάκια και μαλάκια γλυκού νερού. Ο αριθμός των ειδών μαλακίων είναι επίσης μεγάλος. Περίπου 85.000 υπάρχοντα είδη έχουν αναγνωρισθεί, ενώ από τον συνολικό αριθμό απολιθωμάτων που έχουν βρεθεί υπολογίζεται ότι υπήρξαν επιπλέον 60.000 με 100.000. Ωστόσο, ο αριθμός μη αναγνωρισμένων ειδών είναι επίσης μεγάλος, καθώς πολλές ταξινομικές ομάδες δεν είναι ακόμα επαρκώς μελετημένες (Fedosov & Puillandre, 2012).

Επιπρόσθετα τα μαλάκια εμφανίζουν υψηλή ποικιλομορφία, αφού διαφέρουν μεταξύ τους όχι μόνο σε μέγεθος και σε ανατομία, αλλά και σε συμπεριφορά και σε ενδιαίτηματα. Τυπικά το φύλο χωρίζεται σε 7 με 8 ταξινομικές ομάδες από τις οποίες οι 2 είναι εξαφανισμένες (Ponder κ.ά. 2020β). Τα τρία κύρια χαρακτηριστικά των μαλακίων είναι ο μανδύας με την χαρακτηριστική του κοιλότητα που χρησιμοποιείται για την αναπνοή αλλά και για την απέκκριση, η παρουσία σειράς από δόντια που ονομάζεται “ξύστρο” και τέλος η δομή του

νευρικού συστήματος τους. Καθώς η πλειονότητα των μαλακίων παρουσιάζει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και έχοντας ταυτόχρονα μεγάλη ποικιλομορφία, εικάζεται ότι υπήρξε ένας κοινός πρόγονος, από τον οποίο προέκυψαν στην συνέχεια οι υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες. Σύμφωνα με αυτήν την ιδέα το πρωτόγονο αυτό μαλάκιο εμφάνιζε ένα ενισχυμένο με ασβεστολιθικό κέλυφος παρόμοιο με αυτό της πεταλίδας, το οποίο αποτελούνταν από πρωτεΐνες και χιτίνη. Το κέλυφος επικαλυπτόταν από έναν μανδύα. Η βάση του πρωτόγονου αυτού ζώου ήταν ένας μυς που λειτουργούσε ως πόδι.

Ο Αριστοτέλης χώρισε τα μαλάκια σε δύο ομάδες, τα Οστρακόδερμα τα οποία εμφανίζουν κέλυφος και τα Μαλάχια για τα κεφαλόποδα. Αυτός που καθιέρωσε το όνομα «Μαλάκια» ήταν ο Πολωνός J. Jonston (1603–1675). Ωστόσο το όνομα αυτό άρχισε να χρησιμοποιείται ευρύτερα αργότερα από τον Λινναίο το 1758. Ο Σουηδός φυσιολόγος εισήγαγε όλα τα ασπόνδυλα με εξαίρεση τα αρθρόποδα σε μία μεγάλη κατηγορία ονόματι «σκώληκες». Την κατηγορία αυτή την χώρισε σε πολλαπλές ταξινομικές ομάδες από τις οποίες η μία ονομάστηκε «Μαλάκια». Ο Λινναίος εισήγαγε στην ομάδα αυτή ζώα, τα οποία έχουν μαλακό σώμα όπως τους γυμνοσάλιαγκες, τα κεφαλόποδα και τα πτερόποδα από τα οποία πολλά αναγνωρίζονται ακόμα και σήμερα ως μαλάκια, ενώ και άλλα που σήμερα εντάσσονται σε άλλα φύλα όπως κνιδόζωα, πολύχαιτους κ.α. Τα περισσότερα μαλάκια με κέλυφος εντάχθηκαν στην ομάδα Τεστάκια συμπεριλαμβανομένου των πολυπλακοφόρων. Το 1798 ένας νέος τρόπος διαχωρισμού των μαλακίων προτάθηκε από τον Cuvier (Cuvier, 1798). Ο νέος διαχωρισμός περιλάμβανε τις υποομάδες κεφαλόποδα, γαστερόποδα και ακέφαλα. Αργότερα ακολούθησαν και άλλες ταξινομικές αλλαγές, καταλήγοντας στην σημερινή ταξινόμηση των μαλακίων με τις επιμέρους ομοταξίες, κεφαλόποδα, γαστερόποδα, σκαφόποδα, δίθυρα, πολυπλακοφόρα, μονοπλακοφόρα και τα απλακοφόρα. (Ponder κ.ά. 2020β)

## 1.2. Περιγραφή των πολυπλακοφόρων

Τα πολυπλακοφόρα, τα μονοπλακοφόρα και τα απλακοφόρα ανήκουν άτυπα στην ευρύτερη ταξινομική ομάδα που ονομάζεται πλακοφόρα. Αυτά πρέπει να τονιστεί ότι αποτελούν τα πιο πρωτόγονα ζωντανά μέλη των μαλακίων. Τα πλακοφόρα εμφανίζουν αμφίπλευρη συμμετρία και έχουν οβάλ σχήμα. Όπως υπονοεί το όνομα τους, τα απλακοφόρα δεν φέρουν κέλυφος, τα μονοπλακοφόρα φέρουν ένα ενιαίο κέλυφος, ενώ τα πολυπλακοφόρα φέρουν 8 μικρότερα κελύφη χωρισμένα από μεσοκελυφικές συνάψεις κατά μήκος του σώματος τους, (σε μερικά απολιθώματα βρέθηκαν άτομα με 17) (Ponder κ.ά. 2020β).

Ειδικότερα, τα πολυπλακοφόρα ή χιτώνες που αφορούν και την παρούσα πτυχιακή εργασία, είναι αποκλειστικά θαλάσσια ζώα, είναι ραχιαία πεπλατυσμένα και έχουν επίμηκες-οβάλ σχήμα. Ραχιαία φέρουν 8 αρθρωτά κελύφη (πλάκες) τα οποία περιβάλλονται από ένα παχύ περιζώματα συχνά επικαλυπτόμενο από αγκάθια, τρίχες ή λέπια. Στην κοιλιακή τους περιοχή τα πολυπλακοφόρα έχουν ένα ευρύ, οβάλ πόδι. Το μέγεθος τους διακυμαίνεται από 5 έως 50 χιλιοστά, με ορισμένα είδη να αποτελούν εξαίρεση όπως για παράδειγμα το είδος *Cryptochiton stelleri*, το οποίο εντοπίζεται στις ακτές τις Βόρειας Αμερικής και φτάνει σε μήκος 36 εκατοστά (Ponder κ.ά. 2020β). Τα πολυπλακοφόρα έχουν μεγάλη οικολογική σημασία, καθώς είναι άφθονοι στην παράκτια ζώνη, ενώ από εξελικτικής άποψης, συχνά χαρακτηρίζονται ως η πιο πρωτόγονη μορφή ζωντανών μαλακίων. Τα αρχαιότερα απολιθώματα που έχουν βρεθεί χρονολογούνται στην ανώτερη Κάμβρια περίοδο (Ponder κ.ά. 2020β).

### 1.3. Ανατομική περιγραφή των πολυπλακοφόρων

Όπως επισημάνθηκε παραπάνω τα πολυπλακοφόρα φέρουν 8 ραχιαίες πλάκες από αραγωνίτη. Οι πρόσθιες και οι οπίσθιες πλάκες διαφέρουν ως προς το μέγεθος και το σχήμα, μπορεί δηλαδή να έχουν κυρτό σχήμα ή και οξυκόρυφο τοξοειδές. Συγκεκριμένα, εκάστη πλάκα χωρίζεται σε δύο στρώματα, το ραχιαίο κάλυμμα και τον αρθρωτήρα. Το εξωτερικό στρώμα του καλύμματος ονομάζεται προπεριοστράκιο και είναι αντίστοιχο με το περιοστράκιο σε άλλα είδη με κέλυφος. Το εσωτερικό στρώμα του αρθρωτήρα ονομάζεται μυοστράκωμα καθώς το στρώμα αυτό αποτελείται από περιοχές που προσκολλώνται οι μύες και στο σύνολο τα στρώματα του κελύφους ονομάζεται υπόστρακο. Αξίζει να σημειωθεί η ταξινομική σημασία των καλυμμάτων και του αρθρωτήρα. Αυτό οφείλεται στον έντονο χρωματισμό του καλύμματος που ταυτόχρονα μπορεί να είναι ανάγλυφο και πολλές φορές να χωρίζεται σε κεντρικές και πλευρικές περιοχές. Ο αρθρωτήρας αντίστοιχα εκτείνεται προς την πρόσθια περιοχή και σχηματίζει ένα ζεύγος αποφυάδων στις πλάκες 2-7, οι οποίες σχηματίζουν αύλακες κάτω από την προηγούμενη πλάκα. Οι αποφυάδες αυτές εντοπίζονται σε όλα τα νεοχρωματικά πολυπλακοφόρα. Επιπρόσθετα, πλευρικά και κάτω από το περίζωμα εκτείνονται πλάκες εισαγωγής (που ονομάζονται επίσης ραβδωτά ελάσματα) (Insertion plates) και φέρουν σχισμές σε ορισμένες ταξινομικές ομάδες. Οι πλάκες αυτές δεν υπάρχουν σε όλα τα πολυπλακοφόρα και έχει υποστηριχθεί ότι εξελίχθηκαν ανεξάρτητα σε διαφορετικές ταξινομικές ομάδες και σε πολλές περιπτώσεις έχουν επίσης χαθεί. (Sirenko 2006). Αυτές οι αρθρωτές πλάκες σχηματίζουν μία εύκαμπτη πανοπλία και επιτρέπουν στα πολυπλακοφόρα να κουλουριάζονται σε περίπτωση αποκόλλησης (Connors κ.ά. 2012; Vermeij 1993). Αισθητήριες απολήξεις διατρέχουν τις πλάκες. (Ponder κ.ά. 2020β).

Όσον αφορά το περίζωμα, μερικές φορές επικαλύπτει τις πλάκες και ενώ το ίδιο επικαλύπτεται όπως προαναφέρθηκε από κελυφωτά λέπια ή σκληρίτες που μοιάζουν με αγκάθια

ή κεράτινες απολήξεις που μοιάζουν με τρίχες. Σε νεαρά άτομα ιδιαίτερα εμφανή είναι τα περιφερικά αγκάθια. (Erniss & Reynolds 1994). Η ραχιαία επιφάνεια του περιζώματος επίσης φέρει αισθητήριες δομές παρόμοια με τις αισθητήριες απολήξεις των πλακών ενώ κοιλιακά συνήθως καλύπτεται με μικροσκοπικά ασβεστώδη λέπια. Στην επιφάνεια του περιζώματος σχηματίζεται επιδερμίδα η οποία επικαλύπτεται από μία επιπλέον παχιά γλυκοπρωτεϊνική επιδερμίδα στα οποία είναι ενσωματωμένες όλες οι προαναφερθείσες απολήξεις. Στα περισσότερα είδη το περίζωμα επικαλύπτει ένα μεγάλο κομμάτι των ραχιαίων πλακών αφήνοντας μόνο ένα μικρό κομμάτι ορατό. Αυτό χρήζει το περίζωμα μέγιστης ταξινομικής σημασίας. (Ponder κ.ά. 2020β)

Επιπρόσθετα, το κοιλιακό ωοειδές πόδι χαρακτηρίζεται ως μεγάλο, έρπων, βλεφαριδωτό και έχει αξιοσημείωτη προσφυτική ικανότητα. Στο πρόσθιο μέρος εντοπίζεται η κεφαλή, η οποία λόγω απουσίας λαιμού δεν είναι ελεύθερη από το υπόλοιπο σώμα. Συγκεκριμένα η κεφαλή αποτελείται μόνο από το στόμιο, το οποίο είναι διαχωρισμένο από μία εγκάρσια αύλακα. Το τελευταίο περιβάλλεται από στοματικά πτερύγια. Το μασητικό εξάρτημα των πολυπλακοφόρων ονομάζεται ξύστρο και είναι μία σειρά δοντιών ή πλακών τα οποία περιέχουν μαγνητίτη και το μήκος τους διακυμαίνεται με βάση το είδος. Ο κύριος όγκος του πεπτικού συστήματος βρίσκεται κάτω από την γονάδα και αποτελεί μεγάλο μέρος της μάζας του σώματος. Το έντερο είναι ουσιαστικά ευθύγραμμο με αφετηρία του μία πρόσθια στοματική κοιλότητα και κατάληξη του έναν οπίσθιο πρωκτό. Μεταξύ αυτών των 2 καταλήξεων υπάρχουν ένα ασύμμετρο στομάχι και ένα εκτεταμένο συσπειρωμένο έντερο. Η περιτύλιξη του εντέρου δύναται να ποικίλει μεταξύ των ειδών και ενδέχεται να συσχετίζεται από την διατροφή. (Sigwart κ.α. 2017; Ponder κ.ά. 2020β).

#### 1.4. Οικολογία των πολυπλακοφόρων

Σχετικά με την κίνηση, τα πολυπλακοφόρα μέσα από συντονισμένες και αντίθετες μυϊκές συστολές των ποδιών τους (Sampson 1985; Voltzow 1988; Kuroda κ.ά. 2020β. 2014) πετυχαίνουν πρόσθια ή οπίσθια κίνηση. Η ταχύτητα της κίνησης τους διακυμαίνεται από αργή κίνηση, έως και ταχύτατη για τον συγκεκριμένο οργανισμό, (~10 cm/min) σε μερικές ταξινομικές ομάδες όπως το *Ischnochiton* (Boyle 1977). Δεν συμπεριφέρονται όλα τα πολυπλακοφόρα με τον ίδιο τρόπο, καθώς ακολουθούν διάφορα πρότυπα κίνησης, τα οποία είναι καίρια όσον αφορά την τροφοληψία επηρεάζοντας έτσι τον διαειδικό ανταγωνισμό (Chelazzi κ.ά. 1983α). Μερικά πολυπλακοφόρα προσανατολίζονται με την στρατηγική της ιχνηλάτησης (Chelazzi κ.ά. 1990, 1993). Άλλα μεσοπαραλιακά είδη επιστρέφουν στο αρχικό σημείο επανάπαυσης μετά το πέρας της αναζήτησης τροφής. Αξίζει να αναφερθεί ότι ορισμένα είδη παρουσιάζουν κυριαρχική συμπεριφορά όταν το σημείο αυτό παραβιαστεί (Chelazzi κ.ά. 1983β; Chelazzi & Parnagnoli 1987). Τέλος ορισμένες ταξινομικές ομάδες χρησιμοποιούν μαγνητική αντίληψη για τον προσανατολισμό τους (Sumner-Rooney κ.ά. 2014; Ponder κ.ά. 2020β).

Τα πολυπλακοφόρα χωρίζονται σε 7 κύριες κατηγορίες σύμφωνα με τις διατροφικές συνήθειες τις οποίες ακολουθούν: σαρκοφάγα, αποσαρθρωματοφάγα, επιζωοφάγα, φυτοφάγα, παμφάγα, σπογγιοφάγα και ξυλοφάγα (Sigwart, 2017). Συγκεκριμένα, η διαίτα τους περιλαμβάνει σπόγγους, βρυόζωα, θυσανόποδα, διάτομα, τρηματοφόρα, νεοεγκατεστημένες προνύμφες και κρούστες φυκιών που αποξέονται από το υπόστρωμα με το ξύστρο (Eernisse & Reynolds 1994). Ωστόσο μερικές ταξινομικές ομάδες τρέφονται απευθείας με λειχήνες και θαλάσσια αγγειόσπερμα (π.χ. *Stenochiton*), ενώ ταυτόχρονα ορισμένα είδη βαθέων υδάτων τρέφονται με θραύσματα και τέλος άλλα (όπως αρκετά είδη *Leptochiton* και *Ferreiraella*) τρέφονται απευθείας με αποσυντιθέμενο ξύλο ή υπερκείμενη βακτηριακή βιομεμβράνη (Sirenko

1998, Duperron κ.ά. 2012; Sigwart 2017). Αρκετές ταξινομικές ομάδες είναι αρπακτικά καθώς συλλαμβάνουν μικρά καρκινοειδή, σκουλήκια ή εύθρυπτους αστέρες παγιδεύοντας τα κάτω από το πρόσθιο τμήμα του περιζώματος (Saito & Okutani 1992; Eernisse & Reynolds 1994). Οι ταξινομικές ομάδες αυτές μπορούν να συμπληρώσουν τις διατροφικές τους απαιτήσεις με την βόσκηση (Saito & Okutani 1992; Ponder κ.ά. 2020β).

Τα πολυπλακοφόρα αποτελούν θήραμα για άλλα μαλάκια, όπως σαρκοφάγα γαστερόποδα και τα χταπόδια, καθώς και για άλλα αρπακτικά ζώα, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών, των πτηνών, των αστεριών και των καβουριών. Τα μεγαλύτερα είδη θηρεύονται μερικές φορές και από τον άνθρωπο. Εκτός από τις πλάκες του κελύφους, και τα αγκάθια σε μερικά είδη, άλλες αμυντικές στρατηγικές που χρησιμοποιούν κατά του εχθρού είναι η σύσφιξη, το καμουφλάζ, η όσο το δυνατόν πιο γρήγορη μετακίνηση μακριά από το φως και τέλος όταν αποκολληθούν, το κύλισμα σε μπάλα. (Ponder κ.ά. 2020β).

### **1.5. Αναπαραγωγική συμπεριφορά των πολυπλακοφόρων**

Η πλειονότητα των πολυπλακοφόρων έχουν δύο φύλα, ενώ αρκετά παρουσιάζουν ερμαφροδιτισμό. Η κύρια μέθοδος αναπαραγωγής στα πολυπλακοφόρα είναι η ελεύθερη αναπαραγωγή όπου αυγά και σπερματοζωάρια απελευθερώνονται στην υδάτινη στήλη. Τα μη γονιμοποιημένα αυγά συνήθως αποβάλλονται στο νερό μεμονωμένα ή σε ζελατινώδεις σειρές και γονιμοποιούνται μέσα σε αυτό. Τα έμβρυα κολυμπώντας ελεύθερα αναπτύσσονται ως λεκιθότροφες τροχοφόρες προνύμφες. Ωστόσο μερικά είδη φέρουν αυγά στις αυλακώσεις του μανδύα. Ειδικότερα, τα αυγά διατηρούνται στις αυλακώσεις του μανδύα του θηλυκού πολυπλακοφόρου όπου και γονιμοποιούνται από σπέρμα το οποίο κινείται κατά μήκος της,

υποβοηθούμενο από τα αναπνευστικά ρεύματα. Τα νεογνά που εκκολάπτονται μπορεί να απελευθερωθούν ως αναπτυγμένα τροχοφόρα (Creese 1986) ή έρποντα νεαρά άτομα (Pearse 1979). Ακόμα, άλλα είδη όπως το *Stenoplax heathiana*, προσκολλούν μια ζελατινώδη μάζα που περιέχει τα αυγά τους σε βράχους και οι προνύμφες τους αναδύονται σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης (Heath 1899). Τονίζεται ότι δεν παρουσιάζεται συγκεκριμένη συμπεριφορά ζευγαρώματος, αλλά έχει παρατηρηθεί ότι η ωοτοκία των θηλυκών πραγματοποιείται γενικά τη νύχτα (Boyle 1977) και συνήθως επάγεται της απελευθέρωσης σπέρματος. Επίσης, η ωοτοκία καθορίζεται από περιβαλλοντικές ενδείξεις (φεγγάρι, παλίρροια, μήκος ημέρας) σε ορισμένες μελετημένες ταξινομικές ομάδες (Boyle 1977; Yoshioka 1989; Barbosa κ.ά. 2009). Τέλος ορισμένα πολυπλακοφόρα αποβάλλουν πολύ μεγάλο αριθμό αυγών, με κάποια είδη να απελευθερώνουν πάνω από 100.000 (Hyman 1967; Ponder κ.ά. 2020β).

### **1.6. Διασπορά των πολυπλακοφόρων**

Τα πολυπλακοφόρα είναι αποκλειστικά θαλάσσιοι οργανισμοί ενώ η διασπορά τους μπορεί να χαρακτηριστεί παγκόσμια. Συγκεκριμένα, τα περισσότερα ζουν στην βραχώδη μεσοπαραλιακή ή υποπαραλιακή ζώνη. Πρέπει να τονιστεί ότι ορισμένα ζουν μέχρι και στην αβυσσαία ζώνη και ειδικότερα σε βάθος πάνω από 7.000μ. Ορισμένα γένη κατοικούν σε λιβάδια διαφόρων φυκών, συνήθως του γένους *Posidonia* και *Zostera* ενώ άλλα είναι συνδεδεμένα με κοραλλιογενείς σχηματισμούς. Αντίθετα, άλλα είναι ενδημικά σε βυθισμένα ξύλα, σε διάφορες διακυμάνσεις βάθους στην υδάτινη στήλη. Η πλειονότητα των πολυπλακοφόρων είναι καλά προσαρμοσμένη στην ρηχή υποπαραλιακή ζώνη ακτών με κροκαλώδη πυθμένα. Συχνά συναντώνται κάτω από πέτρες ή μέσα σε νεκρά κελύφη δίθυρων. Συνηθίζουν να προσκολλώνται σε σκληρές επιφάνειες χρησιμοποιώντας το ωοειδές, μυώδες πόδι τους, με βοήθεια της

κοιλιακής επιφάνειας του περιζώματος και της βλεννώδους έκκρισης από το πόδι. Σε σύγκριση με πολλά άλλα μεσοπαραλιακά μαλάκια, υπάρχουν σχετικά λίγες μελέτες σχετικά με τις φυσιολογικές προσαρμογές των πολυπλακοφόρων στη μεσοπαραλιακή ζώνη, παρόλο που πολυάριθμα είδη καταλαμβάνουν διαφορετικά τμήματα της ακτής (Otaïza & Santelices 1985) και έχουν διαφορετικά φυσιολογικά προφίλ και διατροφικές συνήθειες (Carey κ.ά. 2013; Ponder κ.ά. 2020β).

Κατά κανόνα, τα είδη σχετίζονται με συγκεκριμένους βιοτόπους. Τα διαφορετικά επίπεδα του πυθμένα της θάλασσας εντός των οποίων οι περιβαλλοντικές συνθήκες είτε παραμένουν σταθερές είτε μεταβάλλονται ομοιογενώς εντός δύο ορίων που ονομάζονται ecotones χωρίζονται σύμφωνα με την ορολογία του (Pérès & Picard 1964)

Τα πολυπλακοφόρα στην Μεσόγειο βρίσκονται σε όλες τις παραλιακές ζώνες εκτός από την Αβυσσαία και την Πλουτώνια, στις οποίες δεν υφίσταται κανένα είδος πολυπλακοφόρου. (Dell'Angelo & Smriglio 2001). Ορισμένα είδη μπορούν να θεωρηθούν ευρύβαθα, καθώς απαντώνται από την παράκτια ζώνη έως βάθη 500-1000 μέτρων, όπως για παράδειγμα το *Lepidopleurus asellus* (από 0 έως 450 μέτρα). Το μόνο μεσογειακό είδος που έχει καταγραφεί από το υπεράκτιο επίπεδο είναι το *Lepidochitona caprearum*. Μερικά είδη, όπως για παράδειγμα το *Lepidopleurus cajetanus* και το *Acanthochitona fascicularis*, ζουν στο μεσοπαραλιακό επίπεδο, τόσο στις βιοκοινότητες των κατώτερων μεσοπαραλιακών βράχων όσο και στις χαρακτηριστικές φυτικές δομές από ασβεστολιθικά ερυθρά φύκη του γένους *Lithophyllum* ή στους υφάλους που κατασκευάζονται στα νότια ύδατα από γαστερόποδα του γένους *Dendropoma*. Πολλά άλλα είδη ζουν στο μεσοπαραλιακό και υποπαραλιακό επίπεδο, σε συνδυασμό με διάφορες βιοκοινότητες. (Dell'Angelo & Smriglio 2001).

Στην παρούσα μελέτη τα είδη που βρέθηκαν και εξετάστηκαν ήταν τα *Rhyssoplax olivacea* (Spengler, 1797) , *Acanthochitona fascicularis* (Linnaeus, 1767) και *Lepidopleurus cajetanus* (Poli, 1791)

### **1.7. *Rhyssoplax olivacea***

Το σχήμα του ζώου είναι ωοειδές, όχι πολύ επίμηκες, υπερυψωμένο και επίσης κυρτό. Έχει διακριτό μέγεθος (μέγιστο μήκος 45mm) και ο χρωματισμός του ποικίλει με συχνότερα χρώματα να είναι το λαδί, το πράσινο ή το καφέ. Το περίζωμα τους είναι μέτριου πλάτους, με εναλλάξ ανοιχτόχρωμες και σκουρόχρωμες λωρίδες οι οποίες είναι εγκάρσια προσανατολισμένες και τοποθετημένες κατά μήκος του. Ακόμα, είναι διαδεδομένα σε ολόκληρη τη Μεσόγειο και έχουν καταγραφεί και στην Θάλασσα του Μαρμαρά. Έχει επίσης βρεθεί και στον Ατλαντικό, αφενός στις νότιες ακτές της Πορτογαλίας, αφετέρου στις νότιες ακτές του Ατλαντικού στην Ταγγέρη. Συνήθως συναντάται σε βάθος 5-6 μέτρων, και αρκετα σπάνια βαθύτερα (35-40 μέτρων), πάντα κάτω από πέτρες ή βραχώδη θραύσματα. Τέλος δεν μπορεί να θεωρηθεί πραγματικά είδος παράκτιου χώρου, αλλά μάλλον ένα είδος του οποίου το ανώτερο όριο αντιστοιχεί στο τέλος της μεσοπαραλιακής ζώνης. (Dell'Angelo & Smriglio 2001).

### **1.8. *Acanthochitona fascicularis***

Έχει επίμηκες κέλυφος και πρόκειται για το μεγαλύτερο μεσογειακό χιτώνιο με μέγιστο μήκος που φτάνει τα 50 mm. Ο χρωματισμός δεν είναι ομοιόμορφος ποικίλλει από σκούρο - πράσινο έως πορτοκαλοκόκκινο. Διαθέτει πλατύ περίζωμα, με ανάλογο πολύ μεταβλητό χρωματισμό. Το είδος απαντάται σε ολόκληρη τη Μεσόγειο και στον Ατλαντικό, από την

Βρετανική Μάγχη και τη Βρετάνη έως τις Αζόρες και τα Κανάρια Νησιά. Έχει επίσης σημειωθεί στον Ανταρκτικό Ωκεανό, στην Αυστραλία (λιμάνι του Σίδνεϋ), και στην Καραϊβική. Βρίσκεται σε ρηχά νερά, κάτω από πέτρες που συχνά καλύπτονται από φύκια (Dell'Angelo & Smriglio 2001).

### **1.9. *Lepidopleurus cajetanus***

Το Κέλυφος τους είναι αρκετά επίμηκες, μέτρια υπερυψωμένο και έχει προφίλ στρογγυλεμένο, όχι κυρτό. Με το μήκος να είναι υπερδιπλάσιο του πλάτους του. Μέγιστο μήκος του είναι 30 mm με μέσω όρο 15-20 mm, Χρώμα που ποικίλλει από μπεζ, το οποίο σκουραίνει ανάλογα με το πάχος του στρώματος του μαυριδερού περιostrάκιου που καλύπτει το κάλυμμα. Το περίζωμα τους είναι αρκετά στενό. Ραχιαία είναι καλυμμένο με στρογγυλεμένα λέπια διαφόρου σχήματος. Το *L. cajetanus* είναι το πιο κοινό είδος του γένους *Lepidopleurus* που συναντάται στις ιταλικές ακτές. Παρά το γεγονός ότι είναι τοπικά πολύ κοινό, η κατανομή του *Lepidopleurus cajetanus* είναι μάλλον ασυνεχής. Η κατανομή του εκτείνεται από τον Ατλαντικό έως την ανατολική Μεσόγειο (Giovine & Dell'Angelo, 1993) (Barash & Danin, 1977) Το *Lepidopleurus. cajetanus* απαντάται σε σχετικά μικρό βάθος, μεταξύ 0,5 και 40 μέτρων, κάτω από πέτρες ή βράχους, συχνότερα όμως μεταξύ 1 και 5 μέτρων. Κρύβεται σε μικροκοιλότητες οργανογενών συσσωματωμάτων. (Dell'Angelo & Smriglio 2001).

### 1.10. Μελέτη της αφθονίας των πολυπλακοφόρων

Μεταβολές στην κατανομή, την αφθονία και την σχέση δομής-μεγέθους των πληθυσμών αποτελούν μοτίβα τα οποία είναι πολύ σημαντικά για την διαλεύκανση σημαντικών οικολογικών ερωτημάτων (e.g. Raffaelli & Hughes 1978), την διαχείριση της βιοποικιλότητας (e.g. Eekhout κ.ά. 1992) και την ανίχνευση περιβαλλοντικών αλλαγών (e.g. Thrush κ.ά. 2000). Ωστόσο, τέτοια μοντέλα είναι πολύπλοκα καθώς είναι αποτελέσματα αλληλεπίδρασης βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων τα οποία ενεργούν σε ποικίλες χωροχρονικές κλίμακες. Μοντέλα κατανομής έχουν αναλυθεί εκτενώς για διάφορα θαλάσσια μαλάκια όπως τα φυτοφάγα γαστερόποδα. Σε αντίθεση με άλλα μαλάκια, τα μοντέλα μεταβολής των πολυπλακοφόρων δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς παρόλη την υψηλή αφθονία και βιοποικιλότητα που παρουσιάζουν σε πολλά ενδιαιτήματα. (Kelaher & Cole 2005).

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες αποτελούν κύριο συντελεστή της αφθονίας των ειδών σε διάφορες χωροχρονικές κλίμακες (Willig κ.ά. 2003). Η έρευνα του Harper και Williams το 2000, εξετάζει τις εποχικές μεταβολές στην κατανομή του πολυπλακοφόρου *Acanthopleura (Liolophura) japonica* (Lischke 1873) και των συναφών μαλακίων σε μία ακτή του Χονγκ Κονγκ που παρουσιάζει έντονα φαινόμενα ξηρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες. Η έρευνα αυτή υπέδειξε ότι το εξεταζόμενο είδος είναι ανθεκτικό σε στρεσογόνες συνθήκες καθώς η κατανομή του δεν επηρεάστηκε σημαντικά (Harper & Williams 2000). Επίσης αξιοσημείωτη είναι και η μελέτη των Grayson και Chapman το 2004 η οποία συγκρίνει μοντέλα αφθονίας επτά ειδών ίδιου γένους σε τρία πεδία ογκόλιθων, στα οποία πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία δύο φορές, κατά μήκος μίας ακτής της Αυστραλίας για να ελεγχθεί αν η συνάθροιση σε μικρή κλίμακα, μεταξύ των ογκόλιθων, απαντάται για όλα τα είδη σε όλες τις τοποθεσίες. Μελετήθηκε επίσης αν η παρουσία φυκών ή άλλων ζώων επηρεάζει την αφθονία των ειδών τους. Το

συμπέρασμα ήταν ότι ούτε το μέγεθος των κροκάλων αλλά ούτε οι συννευρέσεις έδειξαν να επηρεάζουν την αφθονία των ειδών (Grayson & Chapman 2004). Μία ακόμη έρευνα είναι αυτή του Ibáñez κ.α. το 2019. Σε αυτή την έρευνα περιεγράφηκαν πληθυσμοί πολυπλακοφόρων κατά μήκος 2500 χιλιομέτρων της Περουβιανής ακτής. Αυτό πραγματοποιήθηκε με σκοπό την σύγκριση των ενδιαιτημάτων, την συσχέτιση μεταξύ της βιοποικιλότητας με τις περιβαλλοντικές μεταβολές και την εξέταση του πιθανού διαχωρισμού μεγέθους λόγω ενδοειδικού ανταγωνισμού. Τελικά, τα αποτελέσματα της έρευνας υπέδειξαν ότι η αφθονία και η βιοποικιλότητα των πολυπλακοφόρων δεν επηρεάστηκε με βάση το γεωγραφικό πλάτος, αλλά η διαβάθμιση του μεγέθους άλλαξε κατά μήκος της γραμμής. Ωστόσο, η χαμηλή ποικιλότητα των φυκιών και τα σπάνια βραχώδη οικοσυστήματα μπορεί να συνδεθεί με την χαμηλότερη ποικιλότητα που παρατηρείται σε τροπικές περιοχές, όπως τον Ισημερινό και το βόρειο Περού (Ibáñez κ.α. 2019).

Στον μεσογειακό χώρο, υπάρχουν αναλογικά ακόμη λιγότερες έρευνες σχετικά με την αφθονία των πολυπλακοφόρων. Μια από αυτές τις έρευνες, επικεντρώνεται στην Αδριατική Θάλασσα στην οποία εξετάστηκε η επίδραση που έχουν τα φύκη του γένους *Cystoseira* στην βιοποικιλότητα των μαλακίων. Βρέθηκε ότι στα μελετούμενα φύκη είναι προσκολλημένα πολυπλακοφόρα. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι το 46% όλων των μαλακίων που βρέθηκαν πάνω στα φύκη ήταν νεαρά, Μάλιστα κάποια είδη όπως το *Rhyssoplax olivacea* βρέθηκε σε μόνο σε νεαρή μορφή. Αυτό υπονοεί ότι το συγκεκριμένο φύκος σχετίζεται με την αναπαραγωγή των μαλακίων και ειδικότερα των πολυπλακοφόρων (Pitacco κ.α. 2014). Ακόμη μία έρευνα που έλαβε χώρα στην Μεσόγειο ήταν αυτή των Collareta κ.α. το 2023 οι οποίοι μελέτησαν ίχνη που έχει αφήσει η ράντουλα των πολυπλακοφόρων πάνω σε απολιθώματα. Τα ίχνη αυτά ερμηνεύονται ως αποτέλεσμα βόσκησης φυκών που ήταν προσκολλημένα πάνω στα απολιθώματα αλλά δεν αποκλείονται και οι περιπτώσεις ότι είναι ίχνη αναζήτησης τροφής ή

ακόμα και κατανάλωσης των ίδιων. (Collareta κ.ά. 2023). Τέλος, οι Terlizzi κ.α. το 2005 μελέτησαν την επίδραση των αστικών λυμάτων στην χωρική διακύμανση και την βιοποικιλότητα των πληθυσμών των μαλακίων και κατ' επέκταση των πολυπλακοφόρων. Η μελέτη διαπίστωσε ότι η ρύπανση έχει αρνητικό αντίκτυπο στη βιοποικιλότητα των κοινοτήτων μαλακίων στη Μεσόγειο. Οι ερευνητές εντόπισαν επίσης συγκεκριμένους τύπους ρύπων που συνδέονταν πιο έντονα με τις παρατηρούμενες αλλαγές στη βιοποικιλότητα των μαλακίων (Terlizzi κ.α. 2005)

Στο Αιγαίο, μία μελέτη που σχετίζεται με τα πολυπλακοφόρα είναι αυτή των Κούκουρα Καραχλέ, οι οποίοι περιέγραψαν μέσω της μελέτης τους και ταυτοποίησαν πολλά είδη πολυπλακοφόρων. Ωστόσο, για τον Παγασητικό δεν έγινε ενδελεχής μελέτη με εξαίρεση την περιοχή του Αγίου Δημητρίου όπου αναγνωρίστηκε το είδος *R. olivacea* (Koukouras & Karachle 2005).

### 1.11. Ο στόχος της έρευνας

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η ενδελεχής μελέτη και ανάλυση της αφθονίας των πολυπλακοφόρων, συγκρίνοντας δυο περιοχές εποχιακά στον Παγασητικό Κόλπο. Τα πολυπλακοφόρα, τα οποία είναι σημαντικοί φυτοφάγοι οργανισμοί σε μεσοπαραλιακά ενδιαιτήματα, είναι ικανά να επηρεάσουν την δομή της βιοκοινότητας λόγω της μεγάλης τοπικής τους αφθονίας (Aguilera 2005; Camus κ.ά. 2013). Η βιολογική διάβρωση που προκαλούν έχει επίσης διαπιστωθεί και είναι συγκρίσιμη με αυτήν άλλων σημαντικών βοσκητών. Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι αυτή η μελέτη αποτελεί την πρώτη προσπάθεια αποτύπωσης των χωροχρονικών επιδράσεων στη διασπορά και την αφθονία τριών συνυπαρχόντων

μεσοπαραλιακών και ρηχών υποπαραλιακών ειδών πολυπλακοφόρων της Ανατολικής Μεσογείου. Ακόμα, τα μοτίβα διασποράς των πολυπλακοφόρων δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως ενώ παράλληλα τα πολυπλακοφόρα αποτελούν μερικούς από τους πιο εμφανείς βιοδείκτες των σημερινών ρηχών θαλασσών (Collareta κ.ά. 2023), οπότε η μελέτη της αφθονίας και ταυτόχρονα και τις διασποράς τους μπορεί να χαρακτηριστεί σημαντική. Ωστόσο, δεν υπάρχει βιβλιογραφία σχετικά με την οικολογία των οργανισμών αυτών όσον αφορά όχι μόνο το Αιγαίο, αλλά και ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο. Η παρούσα διατριβή επιχειρεί να περιγράψει κάποιες βασικές πτυχές της οικολογίας τριών ειδών πολυπλακοφόρων της Ανατολικής Μεσογείου, όπως για παράδειγμα την αφθονία και την διασπορά τους.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Δειγματοληψίες

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στην υποπαραλιακή ζώνη δύο ακτών του Παγασητικού Κόλπου . Αυτές ήταν η παραλία του Αγίου Στέφανου ( $39^{\circ} 18' 21.53''$  B,  $22^{\circ} 56' 23.25''$  A) και του Άναυρου- Πλακών ( $39^{\circ} 20' 57.88''$  B,  $22^{\circ} 57' 55.51''$  A). Ο λόγος που επιλέχθηκαν αυτές οι περιοχές ως δειγματοληπτικοί σταθμοί ήταν επειδή υπήρχαν τα είδη σε αφθονία και επειδή ήταν εύκολα προσβάσιμα. Οι θέσεις των δύο δειγματοληπτικών σταθμών απεικονίζονται στην εικόνα 2.1.



**Εικόνα 2.1.** Απεικόνιση των 2 δειγματοληπτικών σταθμών σε τοπικό χάρτη.

Η παραλία του Αγίου Στέφανου είναι μία βραχώδης παραλία που βρίσκεται στην νότια πλευρά του κόλπου Βόλου. Ο πυθμένας του είναι επικαλυμμένος με κροκάλες ποικίλου μεγέθους έως την ρηχή υποπαραλιακή ζώνη (έως 2 μέτρα). Ο πυθμένας του σε μεγαλύτερο βάθος χαρακτηρίζεται αποκλειστικά από μαλακό κινητό υπόστρωμα, δηλαδή άμμο. Καθώς είναι παραλία που βρίσκεται στο Αιγαίο δεν πλήττεται από έντονα παλιρροιακά φαινόμενα. Οι κροκάλες στον πυθμένα του είναι διαφόρων σχημάτων και είναι εναποθετημένες πάνω σε άμμο. Η παραλία των πλακών βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του κόλπου Βόλου. Είναι επίσης μία βραχώδης παραλία η οποία σε μεγαλύτερο βάθος επίσης έχει αμμώδης πυθμένα. Ωστόσο, εμφανής είναι η μεγαλύτερη κλίση της από την παραλία του Αγίου. Ο πυθμένας του περιέχει κροκάλες διαφόρων σχημάτων οι οποίες βρίσκονται η μία πάνω στην άλλη και εκτείνονται έως την ρηχή υποπαραλιακή, παρόμοια με την παραλία του Αγίου Στεφάνου. Οι κροκάλες που συγκεντρώθηκαν στην δειγματοληψία από τις δύο περιοχές, συλλέχθηκαν από βάθος 0.5-1 μέτρο.

## **2.2. Εκτίμηση πληθυσμιακής αφθονίας**

Σε κάθε περιοχή, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία μία φορά κάθε εποχή. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε κάθε φορά με τον εξής τρόπο. Αρχικά, με στόχο την συλλογή των αβιοτικών παραμέτρων λήφθηκε υδάτινο δείγμα από το οποίο μετρήθηκε η θερμοκρασία, η αλατότητα, το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και το διαλυμένο οξυγόνο. Οι μετρήσεις έγιναν απευθείας μετά την συλλογή του υδάτινου δείγματος, ώστε να μην επηρεαστεί η θερμοκρασία του.



**Εικόνα 2.2.** Όργανα μέτρησης αβιοτικών παραμέτρων.

Μετά το πέρας της συλλογής των αβιοτικών παραγόντων εκτιμήθηκε η πυκνότητα του πληθυσμού με την δειγματοληπτική μέθοδο τετράγωνων πλαισίων. Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο, με σχοινί, επιλέχθηκαν 5 δειγματοληπτικά πλαίσια 1 τ.μ. (ρέπλικες) τα οποία είχαν τυχαία απόσταση μεταξύ τους. Οι κροκάλες που συλλέχθηκαν τοποθετήθηκαν δίπλα σε κλίμακα όπου φωτογραφήθηκαν με φωτογραφική κάμερα και έπειτα επιστράφηκαν πίσω στην θάλασσα. Τα πολυπλακοφόρα που βρέθηκαν κάτω από κάθε κροκάλα, φωτογραφήθηκαν επίσης δίπλα σε κλίμακα και στην συνέχεια αποθηκεύτηκαν σε beakers γεμισμένα με θαλασσινό νερό, με σκοπό να μετρηθούν τα μορφομετρικά τους χαρακτηριστικά στο εργαστήριο. Η απόξεση των πολυπλακοφόρων από τις κροκάλες πραγματοποιήθηκε με την χρήση της αιχμής ενός κοινού

ψαλιδιού ή ενός νυστεριού. Για την ταυτοποίηση των ειδών χρησιμοποιήθηκε το βιβλίο *Living Chitons Of The Mediterranean* (Dell' Angelo & Smriglio 2001).



**Εικόνα 2.3.** Δειγματοληπτικό πλαίσιο 1 τ.μ. σε βάθος 0.75 μ. στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου



Εικόνα 2.4. Φωτογραφία κροκάλας η οποία έχει πάνω της ένα άτομο *R. olivacea*.

### **2.3. Μορφομετρικές μετρήσεις**

Στην συνέχεια τα πολυπλακοφόρα που συλλέχθηκαν αποθηκεύτηκαν σε διαφορετικά beakers με βάση την ρέπλικα. Τα beakers αυτά μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της χαλάρωσης. (Avila-Poveda & Abadia-Chanona 2013). Σύμφωνα με αυτήν την διαδικασία, το θαλασσινό νερό που περιέχουν τα beaker αραιώνεται σταδιακά με γλυκό νερό μέχρι η αναλογία του μείγματος να είναι 50-50. Ανά στάδιο χαλάρωσης εκχύθηκαν στα beaker σταγόνες αιθυλικής αλκοόλης ώστε να επιταχυνθεί η χαλάρωση των ζώων. Η διαδικασία της χαλάρωσης ακολουθήθηκε ώστε τα άτομα να έχουν το μέγιστο δυνατό μήκος κατά τις μορφομετρικές μετρήσεις. Κατά τις μορφομετρικές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε παχύμετρο ώστε να μετρηθεί το μήκος και το πλάτος κάθε ζώου, ενώ με ζυγαριά ακριβείας μετρήθηκε το και βάρος του.

### **2.4. Μέτρηση του εμβαδού κροκάλων και των μορφομετρικών των ατόμων τους.**

Όλες οι κροκάλες και κάθε πολυπλακοφόρο που φωτογραφήθηκαν μετρήθηκαν με την χρήση του προγράμματος ImageJ (Schneider κ.α. 2012). Με την βοήθεια του προγράμματος αυτού μετρήθηκε το εμβαδόν των κροκάλων και το μήκος και πλάτος των πολυπλακοφόρων. Έπειτα, προσδιορίστηκαν συντελεστές για την περιγραφή του αριθμού ατόμων ανά κροκάλα και ανά εμβαδόν κροκάλας.

## 2.5. Στατιστική ανάλυση δεδομένων.

Τέλος για την ανάλυση των δεδομένων και την δημιουργία των γραφημάτων και πινάκων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα της R (RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>). Συγκεκριμένα, με την χρήση του παραπάνω προγράμματος δημιουργήθηκαν ιστογράμματα τα οποία παρουσιάζουν την συχνότητα για κάθε είδος και σε κάθε περιοχή με βάση τα μορφομετρικά τους χαρακτηριστικά, δηλαδή το μήκος, το πλάτος και το βάρος. Δημιουργήθηκαν επίσης και τα γραφήματα των αλλομετρικών σχέσεων χρησιμοποιώντας το πακέτο “smatr” (Warton et al., 2012). Επίσης μέσω του προγράμματος πραγματοποιήθηκε 2 way ANOVA για τις 3 μορφομετρικές παραμέτρους και την αφθονία με την εποχή και την περιοχή, καθώς και με τον συνδυασμό τους ώστε να προσδιοριστεί η στατιστική σημαντικότητα του κάθε παράγοντα. Όσον αφορά τις σχέσεις μεταξύ μήκους, πλάτους και βάρους πραγματοποιήθηκαν αλλομετρικές συσχετίσεις. Επίσης μέσω της R εξετάστηκε ο τροποποιημένος δείκτης διασποράς «Morisita» χρησιμοποιώντας το πακέτο “vegan” (Oksanen κ.α. 2022). Η διασπορά θεωρείται συσσωματωμένη όταν ο δείκτης (imst) είναι  $>0.5$ , ενώ όταν είναι από 0.5 έως  $-0.5$ . θεωρείται τυχαία.

### 3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1. Αβιοτικές Μετρήσεις

Σε όλες τις εποχές παρατηρούνται παρόμοιες τιμές στις δύο περιοχές με εξαίρεση την Άνοιξη όπου τα νερά των Πλακών έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία κατά 5 βαθμούς Κελσίου και περισσότερο οξυγόνο. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι Αβιοτικές μετρήσεις με βάση τους χωροχρονικούς παράγοντες.

**Πίνακας 3.1.** Αβιοτικές μετρήσεις

|           | Θερμοκρασία(°C) |        | Δυναμικό<br>Οξειδοαναγωγής(mVolt) |        | Αλατότητα (psu) |        | O <sub>2</sub> (mg/L) |        | pH              |        |
|-----------|-----------------|--------|-----------------------------------|--------|-----------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|--------|
|           | Αγ.<br>Στέφανος | Πλάκες | Αγ. Στέφανος                      | Πλάκες | Αγ.<br>Στέφανος | Πλάκες | Αγ.<br>Στέφανος       | Πλάκες | Αγ.<br>Στέφανος | Πλάκες |
| Άνοιξη    | 18.7            | 23.1   | 203                               | 110    | 37.1            | 34.5   | 6.6                   | 9.2    | 8.26            | 8.17   |
| Καλοκαίρι | 28.2            | 29.6   | 122                               | 147    | 36.4            | 33.7   | 5.4                   | 5.2    | 8.19            | 8.01   |
| Φθινόπωρο | 23.3            | 24     | 200                               | 173    | 36              | 35.5   | 5.5                   | 4.9    | 8.18            | 8.13   |
| Χειμώνας  | 16              | 17.3   | 132                               | 157    | 39.2            | 38.7   | 7.8                   | 6.5    | 8.31            | 8.33   |



Εικόνα 3.1. *R. olivacea* από βάθος 0.5 μ. από την περιοχή των Πλακών



Εικόνα 3.2. *A. fascicularis* από βάθος 1 μ. από την περιοχή του Αγίου Στεφάνου



**Εικόνα 3.3. 2 άτομα *L. cajetanus* από βάθος 0.75 μ από την περιοχή των Πλακών**

### **3.2. Διασπορά των ειδών ανά ρέπλικα και ανά κροκάλα.**

Η διασπορά των 3 ειδών πολυπλακοφόρων και για τις 2 περιοχές εξετάστηκε με τον τροποποιημένο δείκτη Morisita. Στον πίνακα 3.2 βλέπουμε την διασπορά για το *R. olivacea*. Οι τιμές του πίνακα αποκαλύπτουν ότι η διασπορά του είδους, σε όλες τις εποχές και στις 2 περιοχές, είναι συσσωματωμένη. Σύμφωνα με τους πίνακες 3.3 και 3.4 για το *A. fascicularis* και το *L. cajetanus* αντίστοιχα αφενός, παρουσιάζονται παρόμοιες τιμές, αφετέρου τα 2 είδη έχουν επίσης παρόμοια διασπορά. Ωστόσο εξαίρεση αποτελούν η διασπορά του *A. fascicularis* το Φθινόπωρο και τον Χειμώνα στις Πλάκες καθώς οι τιμές υποδεικνύουν πως η διασπορά του είναι τυχαία και στις δύο περιπτώσεις

**Πίνακας 3.2.** Αφθονία (άτομα ανά τ.μ.  $\pm$  τυπική απόκλιση) και μοντέλο διασποράς για το είδος *R. olivacea* σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό (AS=Άγιος Στέφανος, PL=Πλάκες) και κάθε εποχή. T.A. (τυπική απόκλιση), imst (δείκτης Morisita), p (βαθμός σημαντικότητας)

| Εποχή<br>Δειγματοληψίας | Περιοχή | Αφθονία (άτομο<br>$m^{-2} \pm$ T.A.) | imst  | Διασπορά      | P-value |
|-------------------------|---------|--------------------------------------|-------|---------------|---------|
| Άνοιξη                  | AS      | 20.4 $\pm$ 0.65                      | 0.512 | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 33.4 $\pm$ 1.15                      | 0.501 | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Καλοκαίρι               | AS      | 17.8 $\pm$ 0.59                      | 0.515 | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 22 $\pm$ 0.72                        | 0.503 | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Φθινόπωρο               | AS      | 16.8 $\pm$ 0.57                      | 0.502 | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 13 $\pm$ 0.49                        | 0.505 | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Χειμώνας                | AS      | 10.75 $\pm$ 0.44                     | 0.509 | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 21.33 $\pm$ 0.67                     | 0.506 | συσσωματωμένη | <0.001  |

**Πίνακας 3.3.** Αφθονία (άτομα ανά τ.μ.  $\pm$  τυπική απόκλιση) και μοντέλο διασποράς για το είδος *A. fascicularis* σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό (AS=Άγιος Στέφανος, PL=Πλάκες) και κάθε εποχή. T.A. (τυπική απόκλιση), imst (δείκτης Morisita), p (βαθμός σημαντικότητας)

| Εποχή<br>Δειγματοληψίας | Περιοχή | Αφθονία<br>(άτομο $m^{-2} \pm$<br>T.A.) | imst   | Διασπορά      | P-value |
|-------------------------|---------|-----------------------------------------|--------|---------------|---------|
| Άνοιξη                  | AS      | 7.4 $\pm$ 0.36                          | 0.508  | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 7 $\pm$ 0.42                            | 0.507  | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Καλοκαίρι               | AS      | 3.8 $\pm$ 0.28                          | 0.501  | συσσωματωμένη | 0.01    |
|                         | PL      | 3.6 $\pm$ 0.26                          | 0.511  | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Φθινόπωρο               | AS      | 2.2 $\pm$ 0.19                          | 0.531  | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 1 $\pm$ 0.16                            | 0.149  | τυχαία        | 0.21    |
| Χειμώνας                | AS      | 1 $\pm$ 0.15                            | 0.528  | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 0.4 $\pm$ 0.11                          | -0.238 | τυχαία        | 0.73    |

**Πίνακας 3.4.** Αφθονία (άτομα ανά τ.μ.  $\pm$  τυπική απόκλιση) και μοντέλο διασποράς για το είδος *L. cajetanus* σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό (AS=Άγιος Στέφανος, PL=Πλάκες) και κάθε εποχή. T.A. (τυπική απόκλιση), imst (δείκτης Morisita), p (βαθμός σημαντικότητας)

| Εποχή<br>Δειγματοληψίας | Περιοχή | Αφθονία (άτομο<br>$m^{-2} \pm T.A.$ ) | imst  | Διασπορά      | P-value |
|-------------------------|---------|---------------------------------------|-------|---------------|---------|
| Άνοιξη                  | AS      | 0.4 $\pm$ 0.07                        | 0.519 | συσσωματωμένη | 0.005   |
|                         | PL      | 2 $\pm$ 0.26                          | 0.654 | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Καλοκαίρι               | AS      | 1.8 $\pm$ 0.19                        | 0.526 | συσσωματωμένη | <0.001  |
|                         | PL      | 0.2 $\pm$ 0.06                        | 0.565 | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Φθινόπωρο               | AS      | 0                                     | -     | -             | -       |
|                         | PL      | 2.2 $\pm$ 0.22                        | 0.528 | συσσωματωμένη | <0.001  |
| Χειμώνας                | AS      | 0                                     | -     | -             | -       |
|                         | PL      | 0.4 $\pm$ 0.11                        | 0.549 | συσσωματωμένη | 0.002   |

Η διασπορά των πολυπλακοφόρων εξετάστηκε επίσης σε μικρότερη κλίμακα, σε επίπεδο κροκάλας. Οι κροκάλες χωρίστηκαν με βάση το εμβαδόν τους σε 5 κλάσεις μεγέθους. Όπως υποδεικνύετε και στον Πίνακα 3.5, η πλειονότητά των κροκάλων και στις 2 περιοχές είχε μέγεθος 50-100 τ.εκ. τετραγωνικά εκατοστά. Ωστόσο, φαίνεται ότι στον Άγιο Στέφανο η κλάση μεγέθους 100-150 τ.εκ. έχει το μεγαλύτερο ποσοστό συνάντησης του είδους *R. olivacea* ενώ η ίδια κλάση είχε και τα περισσότερα πολυπλακοφόρα αυτού του είδους ανά πέτρα. Αντίθετα, στις Πλάκες μεγαλύτερο ποσοστό συνάντησης καθώς και περισσότερα άτομα ανά πέτρα είχε η κλάση μεγέθους >200 τ.εκ. . Το *A. fascicularis* είχε μεγαλύτερο ποσοστό συνάντησης στην μεγαλύτερη κλάση μεγέθους και στις δύο περιοχές, ενώ παράλληλα οι κροκάλες αυτού του μεγέθους είχαν και περισσότερα άτομα του είδους ανά πέτρα ομοίως και για στις δύο περιοχές. Τέλος, το *L. cajetanus* είχε μεγαλύτερο ποσοστό συνάντησης στην κλάση μεγέθους >200 τ.εκ.

στον Άγιο Στέφανο ενώ στις Πλάκες μεγαλύτερο ποσοστό συνάντησης είχαν οι κλάσεις 150-200 τ.εκ. και >200 τ.εκ. έχοντας τις ίδιες τιμές. Περισσότερα άτομα ανά κροκάλα είχε η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους στον Άγιο Στέφανο σε αντίθεση με τις Πλάκες όπου η κλάση μεγέθους 150-200 τ.εκ. είχε το μεγαλύτερο πλήθος ατόμων ανά κροκάλα.

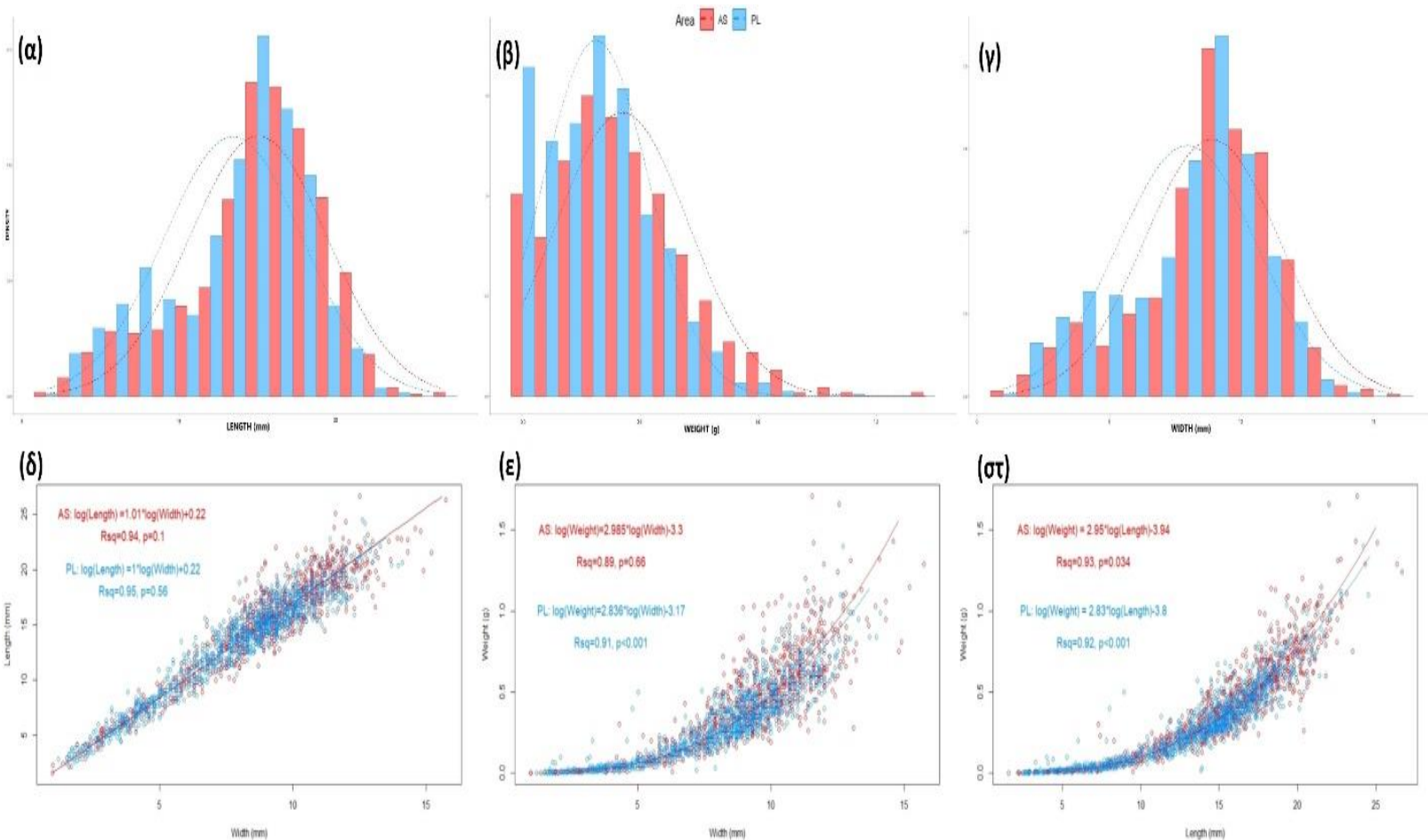
**Πίνακας 3.5.** Κλάσεις μεγέθους των συνολικών κροκάλων που συλλέχθηκαν ανά περιοχή, ο μέσος όρος κροκάλων ανά τ.μ., το ποσοστό συνάντησης του εκάστου είδους πολυπλακοφόρου και ο μέσος αριθμός ατόμων ανά κροκάλα κάθε είδους.

| Εμβαδόν<br>Επιφάνειας<br>Κροκάλας<br>(cm <sup>2</sup> ) | Είδος                  | Ποσοστιαία<br>κατανομή<br>μεγέθους<br>κροκάλων |        | % καταλαμβανόμενων<br>κροκάλων |        | Μέσος όρος αριθμού<br>ατόμων ανά<br>καταλαμβανόμενη<br>κροκάλα |        |
|---------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|--------|--------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|--------|
|                                                         |                        | Αγ.<br>Στέφ.                                   | Πλάκες | Αγ.<br>Στέφ.                   | Πλάκες | Αγ. Στέφ.                                                      | Πλάκες |
| <50                                                     | <i>R. olivacea</i>     | 24%                                            | 31%    | 12.9                           | 25.0   | 1.11                                                           | 1.11   |
|                                                         | <i>A. fascicularis</i> |                                                |        | 3.1                            | 2.9    | 1.22                                                           | 1.00   |
|                                                         | <i>L. cajetanus</i>    |                                                |        | 1.0                            | 0.4    | 1.00                                                           | 1.00   |
| 50-100                                                  | <i>R. olivacea</i>     | 36%                                            | 39%    | 21.8                           | 32.6   | 1.19                                                           | 1.25   |
|                                                         | <i>A. fascicularis</i> |                                                |        | 3.2                            | 6.6    | 1.08                                                           | 1.09   |
|                                                         | <i>L. cajetanus</i>    |                                                |        | 0.7                            | 1.7    | 1.00                                                           | 1.00   |
| 100-150                                                 | <i>R. olivacea</i>     | 16%                                            | 14%    | 31.4                           | 34.9   | 1.31                                                           | 1.57   |
|                                                         | <i>A. fascicularis</i> |                                                |        | 4.9                            | 7.1    | 1.00                                                           | 1.00   |
|                                                         | <i>L. cajetanus</i>    |                                                |        | 0.5                            | 4.8    | 1.00                                                           | 1.00   |
| 150-200                                                 | <i>R. olivacea</i>     | 10%                                            | 6%     | 26.8                           | 38.9   | 1.30                                                           | 1.62   |
|                                                         | <i>A. fascicularis</i> |                                                |        | 3.6                            | 9.3    | 1.25                                                           | 1.00   |
|                                                         | <i>L. cajetanus</i>    |                                                |        | 0.0                            | 5.6    | 0.00                                                           | 1.67   |
| >200                                                    | <i>R. olivacea</i>     | 15%                                            | 10%    | 24.3                           | 44.9   | 1.29                                                           | 2.05   |
|                                                         | <i>A. fascicularis</i> |                                                |        | 8.7                            | 11.2   | 1.27                                                           | 1.30   |
|                                                         | <i>L. cajetanus</i>    |                                                |        | 1.7                            | 5.6    | 1.33                                                           | 1.20   |

### 3.3. Συχνότητα ατόμων με βάση τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά και αλλομετρικές σχέσεις

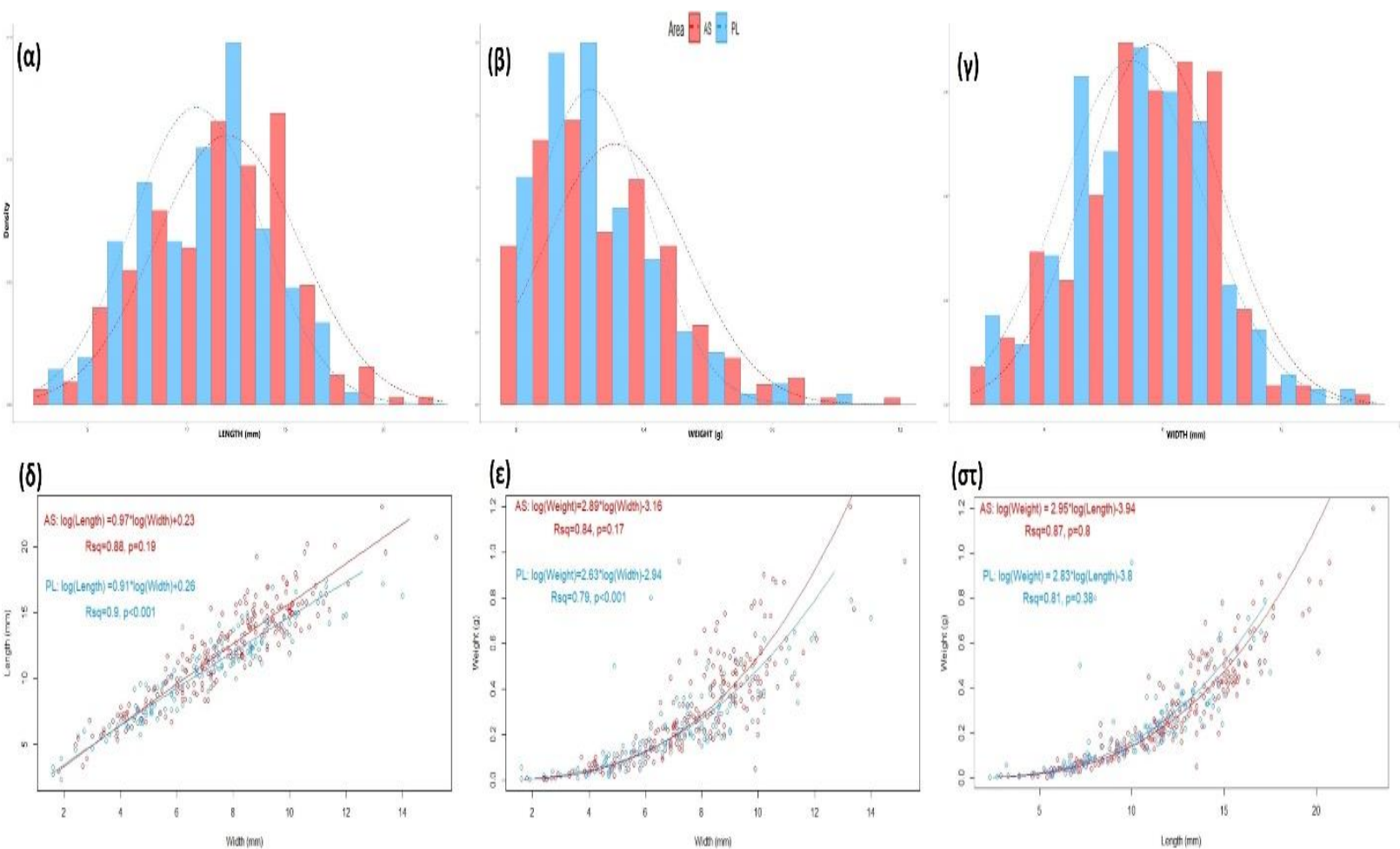
Συνολικά συλλέχθηκαν 910 άτομα πολυπλακοφόρων, 399 στον Άγιο Στέφανο και 488 στις Πλάκες, από τα οποία τα 744 είναι *R. olivacea*, τα 132 είναι *A. fascicularis* και τα εναπομείναντα 34 είναι *L. cajetanus*. Βρέθηκε ότι το μήκος του *R. olivacea* κυμαίνεται από 2.2 mm έως 23.5 mm, το πλάτος του από 1.2 mm έως 15.7 mm και το βάρος του από 0.0012 g έως 1.15 g. Ακόμα, προσδιορίστηκε το μήκος του *A. fascicularis*, το οποίο κυμαίνεται από 2.7 mm έως 20.7 mm, το πλάτος του από 1.2 mm έως 15.2 mm και το βάρος από 0.0032 g έως 0.96 g. Τέλος το μήκος του *L. cajetanus* κυμαίνεται από 3.5 mm έως 18.2 mm, το πλάτος του από 1.6 mm έως 10.7 mm και το βάρος του από 0.0047 g έως 0.65 g.

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 3.1. τα περισσότερα *R. olivacea* έχουν μήκος περίπου 14 mm στον Άγιο Στέφανο ενώ στις Πλάκες έχουν περίπου 15 mm. Επίσης, η πλειονότητα έχει πλάτος περίπου 8 mm στον Άγιο Στέφανο και περίπου 9 mm στις Πλάκες. Επιπρόσθετα, πρέπει να αναφερθεί πως βρέθηκε ότι τα περισσότερα πολυπλακοφόρα αυτού του είδους έχουν βάρος περίπου 0.25 g στον πρώτο δειγματοληπτικό σταθμό και 0.35 g περίπου στον δεύτερο αντίστοιχα. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η καμπύλη του άγιου Στέφανου βρίσκεται πιο δεξιά και στα 3 ιστογράμματα. Αυτό υποδεικνύει ότι στον άγιο Στέφανο βρέθηκαν γενικά άτομα με μεγαλύτερο μέγεθος. Όσον αφορά τις αλλομετρικές σχέσεις του είδους παρουσιάζεται ισομετρία για τη σχέση μήκους - πλάτους, ενώ αρνητική αλλομετρία παρατηρήθηκε για τη σχέση βάρους - μήκους. Χωρικές διαφορές παρατηρούνται για τη σχέση βάρους-πλάτους, η οποία ήταν ισομετρική στον Άγιο Στέφανο και αρνητική αλλομετρική στις Πλάκες. Η χωρική σύγκριση μεταξύ των κλίσεων για τις τρεις μορφομετρικές σχέσεις έδειξε ότι μόνο οι κλίσεις μήκους-πλάτους ήταν ίσες.



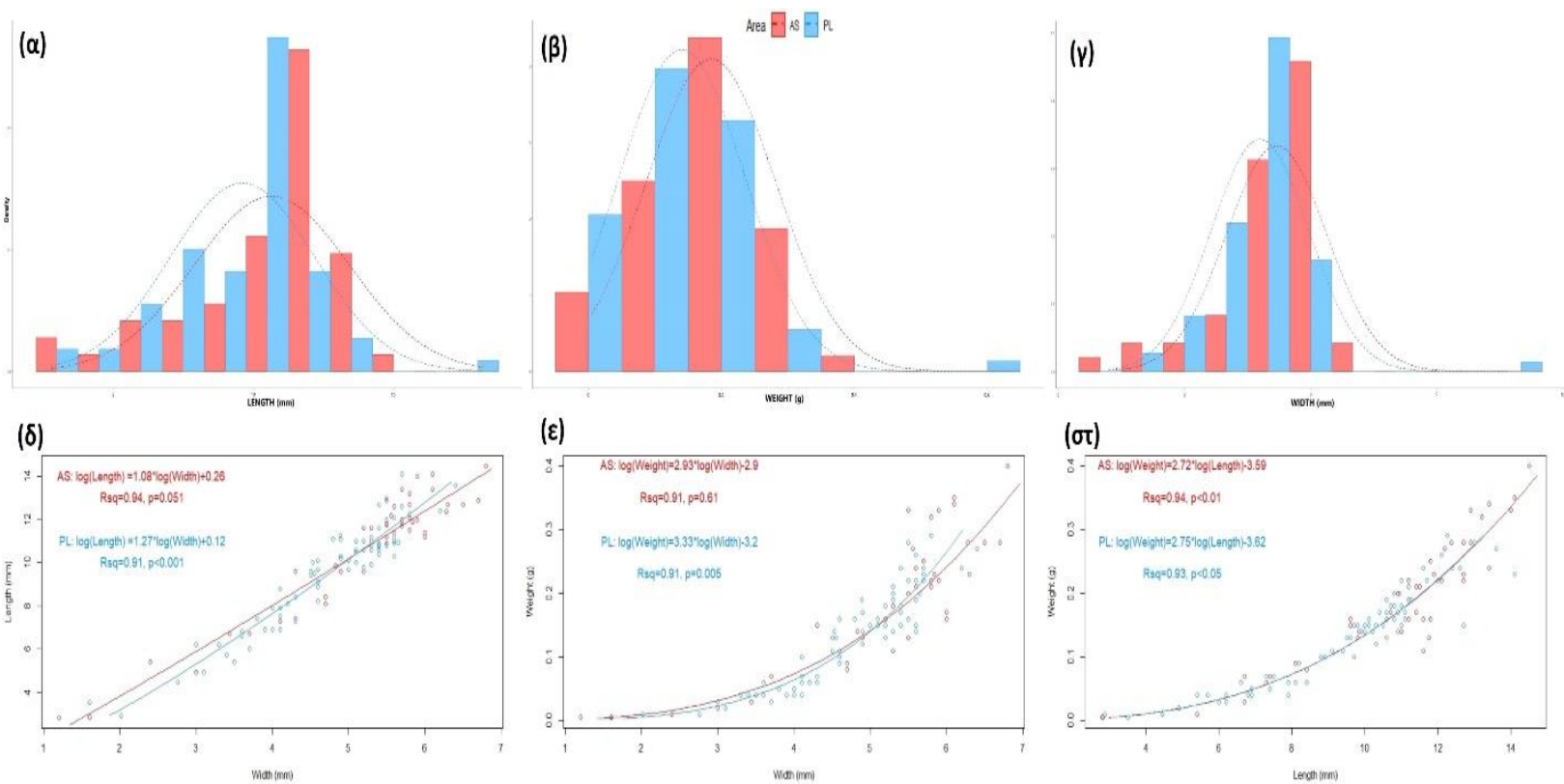
**Σχήμα 3.1.** Συχνότητα ατόμων *R. olivacea* με βάση **(α)** το μήκος, **(β)** το βάρος και **(γ)** το πλάτος. Αλλομετρική σχέση **(δ)** Μήκους-Πλάτους, **(ε)** Βάρους-Πλάτους, **(στ)** Βάρους-Μήκους για το είδος *R. olivacea* στους σταθμούς: Άγιος Στέφανος (AS- κόκκινο) και Πλάκες (PL- μπλε).

Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται αντίστοιχα η μορφομετρική κατανομή των ατόμων *A. fascicularis* και παρατηρείται μεγαλύτερη συχνότητα ατόμων που έχουν μήκος περίπου 15 mm στον σταθμό 1 και περίπου 13 mm στον σταθμό 2. Το πλάτος τους στα περισσότερα έχει τιμή περίπου 7 mm στον Άγιο Στέφανο και περίπου 7.5 mm στις Πλάκες. Επίσης, η πλειονότητα των ατόμων έχει βάρος 0.15 g περίπου στον Άγιο Στέφανο και 0.20 g στις Πλάκες. Τέλος, σε κάθε ιστόγραμμα η καμπύλη του Αγίου Στέφανου τείνει πιο δεξιά από αυτήν των Πλακών. Το *A. fascicularis* παρουσίασε χωρικές διαφορές στη σχέση μήκους-πλάτους, έχοντας ισομετρία στον Άγιο Στέφανο και αρνητική αλλομετρία στις Πλάκες. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για τη σχέση βάρους-πλάτους. Ωστόσο, η σχέση βάρους-μήκους ήταν ισομετρική και για τις δύο περιοχές. Συγκρίνοντας τις κλίσεις των δύο περιοχών εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μόνο για τη σχέση μεταξύ βάρους και πλάτους.



**Σχήμα 3.2.** Συχνότητα ατόμων *A. fascicularis* με βάση **(α)** το μήκος, **(β)** το βάρος και **(γ)** το πλάτος. Αλλομετρική σχέση **(δ)** Μήκους-Πλάτους, **(ε)** Βάρους-Πλάτους, **(στ)** Βάρους-Μήκους για το είδος *A. fascicularis* στους σταθμούς: Άγιος Στέφανος (AS- κόκκινο) και Πλάκες (PL- μπλε).

Τέλος, η συχνότητα του *L. cajetanus* με βάση τα μορφομετρικά τους χαρακτηριστικά φαίνονται στο Σχήμα 3.3 όπου βλέπουμε ότι τα περισσότερα άτομα έχουν περίπου 12 mm μήκος στον Άγιο Στέφανο και περίπου 11 mm στις Πλάκες. Το πλάτος του είναι στα περισσότερα περίπου 6 mm στον Άγιο Στέφανο και 5 mm στις Πλάκες. Ακόμα, η πλειονότητα έχει βάρος 0.2 g περίπου στον πρώτο σταθμό και 0.15 g στον δεύτερο. Τέλος, για ακόμη μία φορά μπορεί να παρατηρηθεί ότι σε κάθε ιστόγραμμα για το συγκεκριμένο είδος η καμπύλη του Αγίου Στεφάνου βρίσκεται πιο δεξιά από την αντίστοιχη των Πλακών. Σχετικά με τις αλλομετρικές σχέσεις του είδους, οι σχέσεις μήκους-πλάτους και βάρους-πλάτους παρουσίασαν ισομετρία για τον Άγιο Στέφανο και θετική αλλομετρική στις Πλάκες, ενώ η σχέση βάρους-μήκους βρέθηκε ως αρνητική αλλομετρική και για τις δύο περιοχές. Από την σύγκριση των κλίσεων καθορίστηκε ότι μόνο οι κλίσεις για τις σχέσεις βάρους-μήκους δεν διέφεραν ανάλογα χωρικά.



**Σχήμα 3.3.** Συχνότητα ατόμων *L. cajetanus* με βάση (α) το μήκος, (β) το βάρος και (γ) το πλάτος. Αλλομετρική σχέση (δ) Μήκους-Πλάτους, (ε) Βάρους-Πλάτους, (στ) Βάρους-Μήκους για το είδος *L. cajetanus* στους σταθμούς: Άγιος Στέφανος (AS- κόκκινο) και Πλάκες (PL- μπλε).

Στον πίνακα 3.3 βλέπουμε τα αποτελέσματα της two-way ANOVA από τα οποία συμπεραίνουμε ότι η διαφορά τις αφθονίας και των τριών ειδών μεταξύ των περιοχών είναι στατιστικά σημαντική. Η διαφορά της αφθονίας είναι στατιστικά σημαντική και μεταξύ των εποχών για το *R. olivacea* και το *A. fascicularis*. Ωστόσο βλέπουμε ότι για το *L. cajetanus* υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της περιοχής και της εποχής που επηρεάζει την αφθονία του. Όσον αφορά το μήκος των τριών ειδών δεν βλέπουμε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά. Αντίθετα, η διαφορά του πλάτους για το *R. olivacea* φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική μεταξύ των περιοχών αλλά και των εποχών, ενώ η διαφορά πλάτους παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα μεταξύ των περιοχών για το *A. fascicularis* και μεταξύ των εποχών για το *L. cajetanus*. Τέλος, η διαφορά του βάρους είναι στατιστικά σημαντική μόνο για το *R. olivacea* μεταξύ των περιοχών ενώ ταυτόχρονα η αλληλεπίδραση μεταξύ περιοχής και εποχής που επηρεάζει το βάρος του είναι επίσης στατιστικά σημαντική.

**Πίνακας 3.6.** Αποτελέσματα two-way ANOVA για της επιδράσεις της περιοχής, της εποχής, του συνδυασμού της περιοχής με την εποχή, την αφθονία, το μήκος, το πλάτος και το βάρος κάθε είδους.

|                |                        | Περιοχή |        |  | Εποχή |        | Περιοχή x Εποχή |       |
|----------------|------------------------|---------|--------|--|-------|--------|-----------------|-------|
|                |                        | F       | P      |  | F     | P      | F               | P     |
|                | <i>R. olivacea</i>     | 12.07   | <0.001 |  | 3.98  | 0.01   | 0.15            | 0.92  |
| <b>Αφθονία</b> | <i>A. fascicularis</i> | 11.13   | 0.001  |  | 14.74 | <0.001 | 1.74            | 0.16  |
|                | <i>L. cajetanus</i>    | 4.78    | 0.03   |  | 0.97  | 0.4    | 2.94            | 0.03  |
|                |                        |         |        |  |       |        |                 |       |
|                | <i>R. olivacea</i>     | 3.69    | 0.055  |  | 2.42  | 0.064  | 2.232           | 0.083 |
| <b>Μήκος</b>   | <i>A. fascicularis</i> | 3.74    | 0.055  |  | 1.809 | 0.14   | 0.816           | 0.48  |
|                | <i>L. cajetanus</i>    | 0.617   | 0.43   |  | 2.859 | 0.055  | 0.612           | 0.549 |
|                |                        |         |        |  |       |        |                 |       |
|                | <i>R. olivacea</i>     | 14.651  | <0.001 |  | 2.988 | 0.03   | 1.36            | 0.253 |
| <b>Πλάτος</b>  | <i>A. fascicularis</i> | 4.28    | 0.04   |  | 1.704 | 0.17   | 0.78            | 0.5   |
|                | <i>L. cajetanus</i>    | 1.041   | 0.31   |  | 3.11  | 0.042  | 2.046           | 0.14  |
|                |                        |         |        |  |       |        |                 |       |
|                | <i>R. olivacea</i>     | 7.255   | <0.01  |  | 0.157 | 0.925  | 2.932           | 0.032 |
| <b>Βάρος</b>   | <i>A. fascicularis</i> | 1.76    | 0.18   |  | 0.412 | 0.74   | 1.25            | 0.29  |
|                | <i>L. cajetanus</i>    | 0.587   | 0.45   |  | 2.922 | 0.052  | 1.54            | 0.232 |

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την παρούσα διατριβή γίνεται αντιληπτό πως το κυρίαρχο είδος σε όλες τις εποχές ήταν το *R. olivacea* και για τις δύο περιοχές που εξετάστηκαν. Το *A. fascicularis* απαντάται επίσης εποχιακά και στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου, αλλά και στις Πλάκες, ωστόσο πιο σποραδικά. Τέλος, το *L. cajetanus* δεν βρέθηκε το φθινόπωρο και τον χειμώνα στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου, ενώ εκεί που υπήρξε είχε την μικρότερη αφθονία. Γενικά, η συσσωματωμένη διασπορά είναι συχνή σε διάφορες ομάδες μαλάκιων της ρηχής υποπαραλιακής ζώνης που χαρακτηρίζεται από σκληρό υπόστρωμα (Chapman, 1995 ; Crowe, 1996). Στην παρούσα έρευνα όσον αφορά την εποχιακή και χωρική διασπορά των ειδών που εξετάστηκαν, παρατηρήθηκε κυρίως συσσωματωμένη διασπορά.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την διασπορά είναι ποικίλοι και συχνά αλληλεπιδρούν, δημιουργώντας ένα πολύπλοκο σύστημα σχέσεων μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, οι οποίες εν τέλει διαμορφώνουν τα μοτίβα διασπορών των ειδών. Για παράδειγμα, η σκληρότητα και το ανάγλυφο των κροκάλων φαίνεται πως επηρεάζει την διασπορά κάποιων ειδών, ενώ άλλα είδη παρουσιάζουν τυχαία κατανομή στις ίδιες κροκάλες (Liversage & Benkendorff, 2013). Ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την αφθονία και την κατανομή πληθυσμών των πολυπλακοφόρων, είναι το εμβαδόν της επιφάνειας της κροκάλας στην οποία προσκολλώνται. Μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας αναφέρει πως το μέγεθος κροκάλας δεν φαίνεται να παίζει ιδιαίτερο ρόλο στην διασπορά των πολυπλακοφόρων, ωστόσο έχει παρατηρηθεί, σε κάποιες περιπτώσεις, η τάση κάποιων ειδών να καταλαμβάνουν συγκεκριμένα μεγέθη κροκάλων (Grayson & Chapman, 2004; Jörger κ.ά., 2008). Για παράδειγμα, οι μεγαλύτεροι βράχοι μπορεί να παρέχουν μεγαλύτερη επιφάνεια για να

προσκολληθούν τα πολυπλακοφόρα, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τη συνολική αφθονία τους στην περιοχή. Επιπλέον, το σχήμα και ο προσανατολισμός των βράχων μπορεί επίσης να επηρεάσει τη συμπεριφορά των πολυπλακοφόρων. Τα πολυπλακοφόρα μπορεί να προτιμούν βράχους με πιο κατακόρυφες επιφάνειες, καθώς αυτές οι επιφάνειες μπορεί να παρέχουν καλύτερη προστασία από τη δράση των κυμάτων και το στρες αποξήρανσης (Denny and Wetthey, 2001). Ομοίως, στην παρούσα μελέτη φαίνεται πως και τα τρία είδη προτιμούν πέτρες μεγαλύτερου μεγέθους ( $<150\text{cm}^2$ ). Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες πέτρες παρουσίαζαν μεγαλύτερο αριθμό ατόμων ανά κροκάλα, αλλά και μεγαλύτερο ποσοστό κατειλημμένων πετρών και για τα τρία είδη. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί με βάση την αντίσταση των μεγάλων κροκάλων σε αναταραχές που προκαλούνται λόγω υψηλής ρευμάτωσης. Με άλλα λόγια η προτίμηση των συγκεκριμένων ειδών σε σχέση με το μέγεθος κροκάλας μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια προσαρμοστική συμπεριφορά στο στρες του υψηλού ρευματισμού.

Όσον αφορά την αφθονία των τριών ειδών χωροχρόνικά, παρατηρήθηκαν εποχιακές διαφορές για το *R. olivacea* και το *A. fascicularis*. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με την άποψη ότι πολλοί οργανισμοί της ρηχής υποπαραλιακής παρουσιάζουν πληθυσμιακή μεταβλητότητα κυρίως λόγω της μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών (Underwood, 1984). Επιπρόσθετα, η χωρική επιρροή φαίνεται να παίζει πολύ μεγαλύτερο ρόλο, καθώς τα αποτελέσματα μας έδειξαν πως η διαφορά του πλάτους του *R. olivacea* και του *A. fascicularis* μεταξύ των περιοχών έχει μεγάλη στατιστική σημαντικότητα, ενώ ταυτόχρονα παρατηρήθηκαν διαφορές στις αλλομετρικές σχέσεις και για τα 3 είδη. Οι Smith και Otway (1997) υποστήριξαν πως η αφθονία των πολυπλακοφόρων μπορεί να μεταβάλλεται μεταξύ των θερμών και των ψυχρών εποχών, κυρίως λόγω αυξημένου θερμικού στρες κάτι το οποίο βρέθηκε και στην παρούσα διατριβή όπου εξετάστηκε και επιβεβαιώθηκε η συγκεκριμένη υπόθεση σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών

(min= 16°C Αγ.Στέφ., 17.3 °C Πλάκες ; max= 28.2 °C Αγ.Στέφ. , 29.6 °C Πλάκες ). Για παράδειγμα, το *R. olivacea* έχει βρεθεί ότι αφθονεί περισσότερο σε ψυχρότερες, πιο εύκρατες περιοχές (Denny and Wetthey, 2001). Παρόμοιο μοτίβο παρατηρείται και όσον αφορά τα μορφομετρικά, όπου υπήρξαν διαφορές στο πλάτος στα είδη *R. olivacea* και *A. fascicularis*, καθώς και στο βάρος του *R. olivacea*. Εποχιακά, όπως προτείνει και ο πίνακας 3.6., φαίνεται πως το πλάτος των *R. olivacea* και *L. cajetanus* μεταβάλλεται. Ωστόσο, στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι για τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των ατόμων που βρέθηκαν σε κάθε δειγματοληψία, που σημαίνει πως συνδυάστηκαν ενήλικα και ανήλικα άτομα. Με άλλα λόγια η εποχιακή σύγκριση των μορφομετρικών μετρήσεων επηρεάζονται άμεσα από την περίοδο αναπαραγωγής.

Ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών της ρηχής υποπαριακής μπορεί να είναι πολύπλοκος και πολύπλευρος και μπορεί να περιλαμβάνει τόσο βιοτικούς όσο και αβιοτικούς παράγοντες. Ωστόσο, η παρούσα μελέτη καθιστά ξεκάθαρη την διαφορά της αφθονίας μεταξύ του *R. olivacea* με τα άλλα δύο είδη. Αυτό σημαίνει ότι το είδος αυτό κατέχει κάποιου είδους εξελικτικό πλεονέκτημα, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει καλύτερη προσαρμογή στις συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές που εξετάστηκαν. Στο μέλλον θα πρέπει να μελετηθούν συγκεκριμένες οικολογικές πτυχές των ειδών αυτών, όπως για παράδειγμα η αναπαραγωγική τους στρατηγική και οι διατροφικές τους συνήθειες, ώστε να προσδιοριστεί ο λόγος που το είδος αυτό παρουσιάζει μεγάλες πυκνότητες πληθυσμών σε συνδυασμό με μεγάλο εύρος διασποράς (Strack, 1988) .

Η παρατηρούμενη διασπορά αυτών των ειδών μαλακίων μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις αλληλεπιδράσεις τους με άλλους οργανισμούς και στη συνολική δυναμική του οικοσυστήματος. Η συσσωματωμένη διασπορά των ειδών που εξετάστηκαν μπορεί επίσης να

έχει αντίκτυπο στις αλληλεπιδράσεις τους με άλλους οργανισμούς (Paine 1974). Για παράδειγμα, εάν ορισμένα είδη βρίσκονται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις σε ορισμένα υποστρώματα ή σε ορισμένες εποχές, αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει τον ανταγωνισμό τους με άλλα είδη για πόρους όπως η τροφή ή το ενδιαίτημα. Επιπλέον, οι αλλαγές στα μοτίβα διασποράς αυτών των ειδών μαλακίων λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων θα μπορούσαν να έχουν αλυσιδωτές επιπτώσεις στο οικοσύστημα, μεταβάλλοντας ενδεχομένως το τροφικό πλέγμα και τη δομή της κοινότητας (Menge 1976). Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τα μοτίβα διασποράς αυτών των ειδών και την οικολογική τους σημασία προκειμένου να διαχειριστούμε και να διατηρήσουμε αποτελεσματικά αυτά τα οικοσυστήματα.

Η παρούσα διατριβή εξέτασε τις χωροχρονικές μεταβολές όσον αφορά την αφθονία, την διασπορά και τα μορφομετρικά τριών ειδών πολυπλακοφόρων στο κεντρικό Αιγαίο. Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι οργανισμοί αυτοί προτιμούν μεγαλύτερες κροκάλες, πιθανότατα για να μειώσουν την επιρροή των διαταραχών λόγω της ρευμάτωσης. Επίσης, παρουσιάζουν συσσωματωμένη διασπορά, αν και οι λόγοι που συμβαίνει αυτό δεν είναι ξεκάθαροι, αλλά ίσως σχετίζονται με την τροφή ή την αναπαραγωγή. Οι διαφορές στις αφθονίες των τριών ειδών πιθανότατα αντικατοπτρίζουν διαφορετικές τροφικές τους συνήθειες, ωστόσο η υπόθεση αυτή θα πρέπει να εξεταστεί. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεταβολή της αλλομετρίας τόσο διαειδικά όσο και ενδοειδικά με την επίδραση της περιοχής. Με λίγα λόγια από την παρούσα μελέτη συμπεραίνεται πως τα τρία είδη πιθανότατα ακολουθούν διαφορετικές διατροφικές και αναπαραγωγικές στρατηγικές με αποτέλεσμα να μπορούν να συνυπάρχουν στο ίδιο ενδιαίτημα. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει να εξεταστούν όχι μόνο οι στρατηγικές αυτές, αλλά και το πώς το κάθε είδος επηρεάζεται από διάφορους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες.



## 5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aguilera, M. A. (2005). Cirripedios en la dieta del molusco herbívoro Chiton granosus Frembly, 1827 (Mollusca, Placophora) presente en el intermareal rocoso de Iquique, norte de Chile. *Investigaciones Marinas*, 33(1). <https://doi.org/10.4067/s0717-71782005000100008>
- Avila-Poveda, O. H., & Abadia-Chanona, Q. Y. (2013). Emergence, Development, and Maturity of the Gonad of Two Species of Chitons “Sea Cockroach” (Mollusca: Polyplacophora) through the Early Life Stages. *PLOS ONE*, 8(8), e69785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069785>
- Barash, A., & Danin, Z. (1977). Polyplacophora (Mollusca) from the Eastern Mediterranean. *Journal de Conchyliologie*, 114, 1-28.
- Barbosa, S. S., Byrne, M., & Kelaher, B. P. (2009). Reproductive periodicity of the tropical intertidal chiton *Acanthopleura gemmata* at One Tree Island, Great Barrier Reef, near its southern latitudinal limit. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(2), 405–411. <https://doi.org/10.1017/s0025315408002877>
- Bertness, M. D., Gaines, S. D., & Hay, M. E. (2001). Marine community ecology. In *Sinauer Associates eBooks*. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA50743656>
- Boyle, P., & Boyle, P. (1977). The physiology and behaviour of chitons (Mollusca: Polyplacophora). *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 15, 461–509.

<http://pascal->

[francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL7850078837](http://francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL7850078837)

Bromley, R. G., Hanken, N., & Asgaard, U. (1990). Shallow marine bioerosion: preliminary results of an experimental study. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 38, 85–99. <https://doi.org/10.37570/bgsd-1990-38-09>

Camus, P. A., Arancibia, P. A., & Ávila-Thieme, M. I. (2013). A trophic characterization of intertidal consumers on Chilean rocky shores. *Revista De Biología Marina Y Oceanografía*, 48(3), 431–450. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572013000300003>

Carey, N., Sigwart, J. D., & Richards, J. G. (2013). Economies of scaling: More evidence that allometry of metabolism is linked to activity, metabolic rate and habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 439, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.10.013>

Castilla, J. C., Lagos, N. A., & Cerda, M. (2004). Marine ecosystem engineering by the alien ascidian *Pyura praeputialis* on a mid-intertidal rocky shore. *Marine Ecology Progress Series*, 268, 119–130. <https://doi.org/10.3354/meps268119>

Chapman, O. (1995). Aggregation of the littorinid snail *Littorina unifasciata* in New South Wales, Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 126, 191–202.

<https://doi.org/10.3354/meps126191>

Chelazzi, G., & Parnpagnoli, D. (1987). Behavioural responses to crowding modification and home intrusion in *Acanthopleura gemmata* (Mollusca, Polyplacophora). *Ethology*, 75, 109–118.

Chelazzi, G., Della Santina, P., & Parnpagnoli, D. (1990). The role of trail following in the homing of intertidal chitons: A comparison between three *Acanthopleura* spp. *Marine Biology*, 105(3), 445–450. <https://doi.org/10.1007/bf01316316>

Chelazzi, G., Focardi, S., & Deneubourg, J. (1983). A comparative study on the movement patterns of two sympatric tropical chitons (Mollusca: Polyplacophora). *Marine Biology*, 74(2), 115–125. <https://doi.org/10.1007/bf00413914>

Chelazzi, G., Focardi, S., Deneubourg, J., & Innocenti, R. (1983). Competition for the home and aggressive behaviour in the chiton *Acanthopleura gemmata* (Blainville) (Mollusca: Polyplacophora). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 14(1), 15–20. <https://doi.org/10.1007/bf00366651>

- Chelazzi, G., Santini, G., Della Santina, P., & Focardi, S. (1993). Does the Homing Accuracy of Intertidal Chitons Rely on Active Trail Following? A Simulation Approach. *Journal of Theoretical Biology*, 160(2), 165–178. <https://doi.org/10.1006/jtbi.1993.1011>
- Collareta, A., Merella, M., Casati, S., Di Di Cencio, A., Tinelli, C., & Bianucci, G. (2023). Polyplacophoran Feeding Traces on Mediterranean Pliocene Sirenian Bones: Insights on the Role of Grazing Bioeroders in Shallow-Marine Vertebrate Falls. *Life*, 13(2), 327. <https://doi.org/10.3390/life13020327>
- Creese, R. G. (1986). Brooding behaviour and larval development in the New Zealand chiton, *Onithochiton neglectus* de Rochebrune (Mollusca: Polyplacophora). *New Zealand Journal of Zoology*, 13(1), 83–91. <https://doi.org/10.1080/03014223.1986.10422648>
- Crowe, T. P. (1996). Different effects of microhabitat fragmentation on patterns of dispersal of an intertidal gastropod in two habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. [https://doi.org/10.1016/s0022-0981\(96\)02615-9](https://doi.org/10.1016/s0022-0981(96)02615-9)
- Cuvier, G. L. (1798). *Tableau élémentaire de l’histoire naturelle des Animaux*. Paris, Baudouin
- Dayton, P. K., & Tegner, M. J. (1984). The importance of scale in community ecology: a kelp

forest example with terrestrial analogs. In *Scale and complexity in ecology*. Springer , 365-386.

Dell'Angelo, B., & Smriglio, C. (2001). *Living Chitons of the Mediterranean*.

Denny, M. W., & Wethey, D. S. (2001). Physical processes that generate patterns in the intertidal fauna. *Marine community ecology* 35-54.

Duperron, S., Pottier, M., Léger, N., Gaudron, S. M., Puillandre, N., Prieur, S. L., Sigwart, J. D., Ravaux, J., & Zbinden, M. (2013). A tale of two chitons: is habitat specialisation linked to distinct associated bacterial communities? *FEMS Microbiology Ecology*, 83(3), 552–567. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12014>

Eekhout, S., Raubenheimer, C. M., Branch, G. M., Bosman, A. L., & Bergh, M. O. (1992). A holistic approach to the exploitation of intertidal stocks: limpets as a case study. *South African Journal of Marine Sciences*, 12(1), 1017–1029. <https://doi.org/10.2989/02577619209504759>

Fedosov, A. E., & Puillandre, N. (2012). Phylogeny and taxonomy of the *Kermia*–*Pseudodaphnella* (Mollusca: Gastropoda: Raphitomidae) genus complex: a remarkable

- radiation via diversification of larval development. *Systematics and Biodiversity*, 10(4), 447–477. <https://doi.org/10.1080/14772000.2012.753137>
- Giovine F., & Dell’Angelo, B. (1993). Elenco dei molluschi rinvenuti nello Stretto di Messina. Polyplacophora. *Atti III Congresso S.I.M., Parma 1990. Lavori S.I.M.*, 24, 157-170.
- Grayson, J. E., & Chapman, M. J. (2004). Patterns of distribution and abundance of chitons of the genus *Ischnochiton* in intertidal boulder fields. *Austral Ecology*, 29(4), 363–373. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2004.01375.x>
- Harper, K. M., & Williams, G. A. (2001). Variation in abundance and distribution of the chiton *Acanthopleura japonica* and associated molluscs on a seasonal, tropical, rocky shore. *Journal of Zoology*, 253(3), 293–300. <https://doi.org/10.1017/s0952836901000279>
- Heath, H. (1899). The development of ischnochiton. *Zoologische Jahrbücher. Abteilung Für Anatomie Und Ontogenie Der Tiere*, 12, 567–656. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA08165540>
- Hodáňová, D. (1981). Plant strategies and vegetation processes. *Biologia Plantarum*, 23(4), 254. <https://doi.org/10.1007/bf02895358>
- Hyman, L. H. (1967). Mollusca I. Vol. 6. New York, McGraw-Hill.

Ibáñez, C. M., Waldisperg, M., Torres, F. T., Carrasco, S. A., Sellanes, J., Pardo-Gandarillas, M. C., & Sigwart, J. D. (2019). Environmental and ecological factors mediate taxonomic composition and body size of polyplacophoran assemblages along the Peruvian Province. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52395-z>

Jörger, K. M., Meyer, R., & Wehrtmann, I. S. (2008). Species composition and vertical distribution of chitons (Mollusca: Polyplacophora) in a rocky intertidal zone of the Pacific coast of Costa Rica. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(4), 807–816. <https://doi.org/10.1017/s0025315408001203>

Kelagher, B. P., & Cole, V. J. (2005). Variation In Abundance And Size-Structure Of Populations Of The Small Chiton, *Acanthochitona Retrojecta*. *Journal of Molluscan Studies*, 71(2), 145–151. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyi017>

Koukouras, A., & Karachle, P. (2005). The polyplacophoran (Eumollusca, Mollusca) fauna of the Aegean Sea with the description of a new species, and comparison with those of neighbouring areas. *Journal of Biological Research*. 3. 23-38.

- Kuroda, S., Kunita, I., Tanaka, Y., Ishiguro, A., Kobayashi, R., & Nakagaki, T. (2014). Common mechanics of mode switching in locomotion of limbless and legged animals. *Journal of the Royal Society Interface*, 11(95), 20140205. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0205>
- Liversage, K., & Benkendorff, K. (2013). A preliminary investigation of diversity, abundance, and distributional patterns of chitons in intertidal boulder fields of differing rock type in South Australia. *Molluscan Research*, 33(1), 24–33. <https://doi.org/10.1080/13235818.2012.754145>
- Lubchenco, J., & Menge, B. A. (1978). Community Development and Persistence in a Low Rocky Intertidal Zone. *Ecological Monographs*, 48(1), 67–94. <https://doi.org/10.2307/2937360>
- Chapman, M. J. (2006). Intertidal seawalls as habitats for molluscs. *Journal of Molluscan Studies*, 72(3), 247–257. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyi069>
- Menge, B. A. (1976). Organization of the New England Rocky Intertidal Community: Role of Predation, Competition, and Environmental Heterogeneity. *Ecological Monographs*, 46(4), 355–393. <https://doi.org/10.2307/1942563>
- Otaíza, R. D., & Santelices, B. (1985). Vertical distribution of chitons (Mollusca: Polyplacophora) in the rocky intertidal zone of central Chile. *Journal of Experimental*

*Marine Biology and Ecology*, 86(3), 229–240. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(85\)90105-4](https://doi.org/10.1016/0022-0981(85)90105-4)

Okusu, A., Schwabe, E., Eernisse, D. J., & Giribet, G. (2003). Towards a phylogeny of chitons (Mollusca, Polyplacophora) based on combined analysis of five molecular loci. *Organisms Diversity & Evolution*, 3(4), 281–302. <https://doi.org/10.1078/1439-6092-00085>

Paine, R. T. (1974). Intertidal community structure. *Oecologia*, 15(2), 93–120.  
<https://doi.org/10.1007/bf00345739>

Pearse, J. S. (1979). Polyplacophora, pp. 27–86 in A. C. Giese & Pearse, J. S. Reproduction of Marine Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes. Vol. 5. New York, Academic Press.

Peres, J. M., & Picard, J. (1964). Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mediterranee. *Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume*, 31 (47), 5-137.

Pitacco, V., Orlando-Bonaca, M., Mavrič, B., Popović, A., & Lipej, L. (2014). Mollusc fauna associated with the Cystoseira algal associations in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science*, 15(2), 225. <https://doi.org/10.12681/mms.466>

Ponder, W. F., Lindberg, D. R., & Ponder, J. M. (2019). *Biology and Evolution of the Mollusca, Volume 1*. CRC Press.

Ponder, W. F., Lindberg, D. R., & Ponder, J. M. (2020b). *Biology and Evolution of the Mollusca, Volume 2*. CRC Press.

Raffaelli, D., & Hughes, R. N. (1978). The Effects of Crevice Size and Availability on Populations of *Littorina rudis* and *Littorina neritoides*. *Journal of Animal Ecology*, 47(1), 71. <https://doi.org/10.2307/3923>

Racine, J. S. (2012). RStudio: A Platform-Independent IDE for R and Sweave. *Journal of Applied Econometrics*, 27(1), 167–172. <https://doi.org/10.1002/jae.1278>

Saito, H., & Okutani, T. (1992). Carnivorous habits of two species of the genus *Craspedochiton* (Polyplacophora: Acanthochitonidae). *Journal of the Malacological Society of Australia*, 13(1), 55–63. <https://doi.org/10.1080/00852988.1992.10674034>

Sampson, L. V. (1895). The musculature of *Chiton*. *Journal of Morphology*, 11(3), 595–628. <https://doi.org/10.1002/jmor.1050110303>

Schneider, C. C., Rasband, W., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>

Sigwart, J. D. (2017). Deep trees: Woodfall biodiversity dynamics in present and past oceans. *Deep-sea Research Part II-topical Studies in Oceanography*, 137, 282–287. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.06.021>

Sigwart, J. D., & Schwabe, E. (2017). Anatomy of the many feeding types in polyplacophoran molluscs. *Зоология Беспозвоночных*, 14(1), 205–216. <https://doi.org/10.15298/invertzool.14.2.16>

Sirenko, B. I. (1998). One more deep water chiton *Leptochiton vietnamensis* sp. nov. (Mollusca, Polyplacophora) living and feeding on sunken wood from the South China Sea. *Ruthenica*, 8, 1–6.

Sirenko, B. I. (2006). New Outlook on the System of Chitons (Mollusca: Polyplacophora)( the 2nd International Chiton Symposium). *Venus : Journal of the Malacological Society of Japan*, 65(1), 27–49. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110004857899>

Smith, K. W., & Otway, N. (1997). Spatial and temporal patterns of abundance and the effects of disturbance on under-boulder chitons. *Molluscan Research*, 18(1), 43–57.

<https://doi.org/10.1080/13235818.1997.10673680>

Strack, H. L. (1988). The distribution of chitons (Polyplacophora) in Greece. *Applied Physics Express*, 3, 67–80. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/93085>

Sumner-Rooney, L., Murray, J. L., Cain, S. D., & Sigwart, J. D. (2014). Do chitons have a compass? Evidence for magnetic sensitivity in Polyplacophora. *Journal of Natural History*. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.959574>

Terlizzi, A., Scuderi, D., Fraschetti, S., & Anderson, M. J. (2005). Quantifying effects of pollution on biodiversity: a case study of highly diverse molluscan assemblages in the Mediterranean. *Marine Biology*, 148(2), 293–305. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0080-8>

Thrush, S. F., & Dayton, P. A. (2002). Disturbance to Marine Benthic Habitats by Trawling and Dredging: Implications for Marine Biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 449–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150515>

Vermeij, G. J. (1993). *A natural history of shells*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA30080079>

Voltzow, J. (1988). The organization of limpet pedal musculature and its evolutionary implications for the Gastropoda, pp. 273–283 in W. F. Ponder, Eernisse, D. J. & Waterhouse, J. H. (eds.), Prosobranch Phylogeny. Malacological Review Supplement. Ann Arbor, MI, Malacological Review.

Willig, M. R., Kaufman, D., & Stevens, R. D. (2003). Latitudinal Gradients of Biodiversity: Pattern, Process, Scale, and Synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 273–309. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.012103.144032>

Yoshioka, E. (1989). Experimental analysis of the diurnal and tidal spawning rhythm in the chiton *Acanthopleura japonica* (Lischke) by manipulating conditions of light and tide. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 133(1–2), 81–91. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(89\)90159-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(89)90159-7)

## 6. ABSTRACT

### **Spatio-temporal variations in the abundance of three polyplacophoran species in Pagasitikos gulf.**

The aim of the study was to measure the spatio-temporal variations of three polyplacophoran species namely, *Rhyssoplax olivacea*, *Acanthochitona fascicularis* and *Lepidopleurus cajetanus*, seasonally in two regions of Pagasitikos Gulf. Four sampling sessions were conducted, each corresponding to their respected season (from spring of 2022 to winter of 2023) at the two selected regions Agios Stefanos and Anauros-Plakes). In each sampling session abiotic factors (Temperature, Salinity, Redox, pH, O<sub>2</sub>) were measured while chitons and boulders were collected using the “quadrat” method. The boulders collected were divided in five different size classes based on their surface area. The abundance was determined by counting all individual chiton while the surface area of each boulder collected were measured. The morphometrics (length, width, weigh) of each individual were also measured. The area of the surface of occupied boulders that polyplacoforan species were found upon showed that the three chiton species generally prefer larger boulders (<150cm<sup>2</sup>). Using a standardized Morisita index, in the scale of one sampling squared meter the three species exhibited clustered dispersion for both regions except for *A. fascicularis* which exhibited random dispersion at autumn and winter at Plakes. After conducting two-way ANOVA, it was determined that populations of chitons are affected mainly for all three polyplacophoran species, and seasonally only for *R. olivacea* and *A.*

*fascicularis*. Finally, it was determined that the interaction between region and season affects the population of *L. cajetanus*.

**Keywords:** polyplacophora, chitons, morphometric features, allometry, quadrat sampling, distribution patterns, spatiotemporal abundance