

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

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Εκτίμηση των απαιτούμενων ατόμων *P. radiata* για την  
αποκατάσταση των οικοσυστημικών υπηρεσιών της *P. nobilis* στον  
κόλπο του Αργοστολίου»**



**Αθανάσιος Αλεξανδρόπουλος**

**A.M. 02187**

**ΒΟΛΟΣ 2025**

**«Εκτίμηση των απαιτούμενων ατόμων *P. radiata* για την αποκατάσταση των  
οικοσυστημικών υπηρεσιών της *P. nobilis* στον κόλπο του Αργοστολίου»**

**“Estimation of the required *P. Radiata* individuals for the restoration of *P. nobilis* ecosystem services in the Gulf of Argostoli”**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους για τη βοήθεια και τη συμπαράστασή τους, η οποία υπήρξε καθοριστικής σημασίας για τη διεκπεραίωση της παρούσας πτυχιακής διατριβής.

Αρχικά, οφείλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα της προπτυχιακής μου διατριβής, κύριο Δημήτριο Βαφεΐδη, για τη συνεργασία του και τις απαραίτητες υποδείξεις για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής της παρούσας εργασίας Αλέξιο Ράμφο και Κοσμά Βιδάλη, οι οποίοι θα αξιολογήσουν με πλήρη επιστημονική γνώση και θα μου παρέχουν τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω σε όλη την ομάδα του προγράμματος «Καινοτόμες Δράσεις για την Παρακολούθηση-Ανάκαμψη-Υποβοήθηση της Στρατολόγησης του Επαπειλούμενου Είδους (Πίννα) *Pinna nobilis*» », Φορέας χρηματοδότησης: ΕΠΑΛΘ 2014-2020 MIS/ΚΩΔ.ΠΡΟΓΡ: 5052394, και κυρίως στους κύριους καθηγητές Ιωάννη Θεοδώρου και Αλέξιο Ράμφο για την αμέριστη υποστήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια του έργου. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνεργάτες μου Ευθύμιο Σπίνο και Κωνσταντίνο Τσολάκο καθώς η βοήθειά τους υπήρξε καταλυτική.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το φίλο και συμφοιτητή μου Βασίλη για τη συμπαράστασή του όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου, καθώς και τους γονείς μου για τους οποίους τρέφω ατέλειωτη ευγνωμοσύνη για τη στήριξή τους σε κάθε βήμα στη ζωή μου και τους οφείλω την πρόοδό μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το είδος *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) αποτελεί ένα εμβληματικό ενδημικό είδος στη Μεσόγειο το οποίο κινδυνεύει να εξαφανιστεί λόγω φαινομένων μαζικής θνησιμότητας. Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο αναζήτησης ζωντανών ατόμων πίννας στον κόλπο του Αργοστολίου στην Κεφαλλονιά την περίοδο 2021 – 2022. Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες με σκοπό τη συλλογή κελυφών νεκρών ατόμων πίννας καθώς και την αναζήτηση τυχόν ζωντανών ατόμων στις περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος. Με το πέρας των δειγματοληψιών διαπιστώθηκε ότι δεν είχε επιβιώσει κανένα άτομο του είδους, ενώ παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση του εισβολικού είδους *Pinctada radiata* στις περιοχές που άλλοτε βρίσκονταν οι πληθυσμοί των πιννών. Με την παρατήρηση αυτή προέκυψε το ερώτημα αν σε βάθος χρόνου θα μπορούσε το νέο αυτό είδος για τον κόλπο του Αργοστολίου να παρέχει ισότιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες με τις πίννες πριν τους μαζικούς θανάτους. Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν η βιομάζα των κελυφών των πιννών του κόλπου και οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που προσέφεραν στο περιβάλλον. Στη συνέχεια εκτιμήθηκαν ο άνθρακας, το άζωτο και ο φώσφορος που δεσμεύει το *P. radiata* και συγκρίνοντας τα δεδομένα των δύο ειδών εκτιμήθηκε ο αριθμός των ατόμων στρειδόχτενου που θα χρειαστούν για να αναπληρώσουν τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρείχαν οι πίννες του κόλπου στο παρελθόν.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                                                                                            | 1  |
| A.1. Βιολογία και οικολογία της πίννας.....                                                                                                                 | 1  |
| A.2. Γεωγραφική εξάπλωση.....                                                                                                                               | 4  |
| A.3. Φυσιολογία της πίννας .....                                                                                                                            | 6  |
| A.4. Ιστορική αναδρομή.....                                                                                                                                 | 7  |
| A.5. Απειλές για το είδος και θνησιμότητα.....                                                                                                              | 8  |
| A.6. Διαφορές <i>Pinna nobilis</i> με <i>Pinna rudis</i> .....                                                                                              | 10 |
| A.7. Συμβιωτικές σχέσεις και επιβιώτες .....                                                                                                                | 12 |
| A.8. Σκοπός της εργασίας.....                                                                                                                               | 14 |
| B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....                                                                                                                                   | 15 |
| B.1. Γενικά .....                                                                                                                                           | 15 |
| B.2. Εξοπλισμός .....                                                                                                                                       | 17 |
| B.3. Μεθοδολογία καταμέτρησης των πληθυσμών <i>P. nobilis</i> .....                                                                                         | 18 |
| B.4. Μεθοδολογία υπολογισμού C, N και P των πληθυσμών <i>P. nobilis</i> στον κόλπο του Αργοστολίου.....                                                     | 20 |
| B.5. Μεθοδολογία υπολογισμού C, N και P για το είδος <i>P. radiata</i> .....                                                                                | 21 |
| B.6. Εκτίμηση απαιτούμενων ατόμων <i>P. radiata</i> για την αποκατάσταση των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρείχαν οι πληθυσμοί της <i>P. nobilis</i> ..... | 22 |
| 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....                                                                                                                                       | 24 |
| 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                                                                                                                            | 31 |
| 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....                                                                                                                                        | 33 |
| 5.1. Ελληνική.....                                                                                                                                          | 33 |
| 5.2. Ξενόγλωσση .....                                                                                                                                       | 33 |
| 5.3. Ηλεκτρονική .....                                                                                                                                      | 40 |
| 6. ABSTRACT .....                                                                                                                                           | 41 |

## A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### A.1. Βιολογία και οικολογία της πίννας

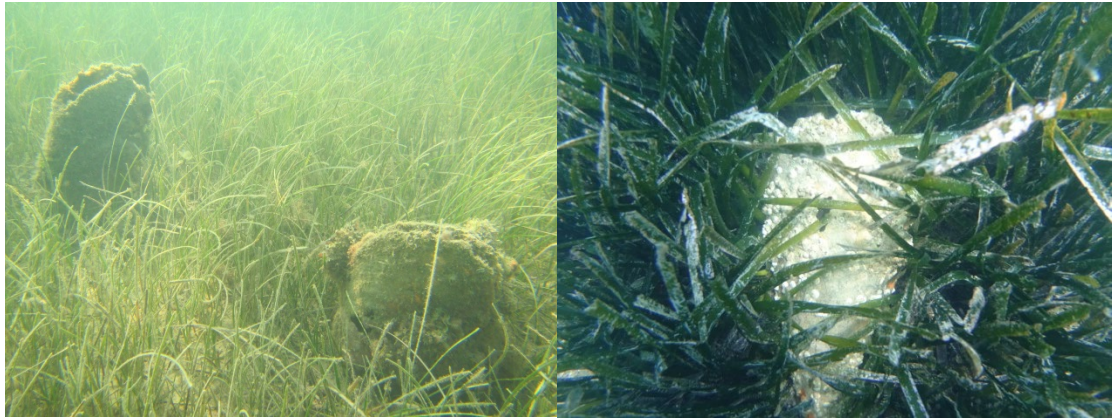
Η πίννα (*Pinna nobilis*) είναι το μεγαλύτερο περφόμορφο δίθυρο που ενδημεί στην Μεσόγειο θάλασσα (Acarli et al., 2018) και ένα από τα μεγαλύτερα παγκοσμίως καθώς μπορεί να ξεπεράσει το ένα μέτρο σε μήκος. Συγχρόνως διακρίνεται και για την μακροζωία του καθώς μπορεί να φτάσει τα 20 έτη (Galinou-Mitsoudi et al., 2006), ενώ έχει γίνει αναφορά και για άτομο που έφτασε την ηλικία των 27 ετών (Katsanevakis, 2005; Scarpa et al., 2021). Ζει στον πυθμένα σε παράκτια νερά από 0,5 έως 60 μέτρα έχοντας την κορυφή του οστράκου θαμμένη στον πυθμένα και στηρίζεται στο μαλακό υπόστρωμα με την βοήθεια των πολυάριθμων νηματίων του βύσσου, τα οποία είναι προσκολλημένα σε πέτρες, κοράλλια, ρίζες ποσειδωνίας ή άλλων φυκών (Τάγκαλης, 2012). Οι πληθυσμοί τους απαντώνται συνήθως σε αμμώδη ιζήματα ή σε άμμο αναμιγμένη με μικρές ποσότητες λάσπης που καλύπτονται από λειμώνες των ειδών *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* ή *Zostera noltii* (Εικ. 1), ενώ πιο σπάνια μπορεί να τις συναντήσουμε σε γυμνό αμμώδη πυθμένα (Katsanevakis, 2005).

Το είδος της *P. nobilis* είναι ένας πολύ σημαντικός οργανισμός για τα θαλάσσια οικοσυστήματα, καθώς παρέχει ποικίλες οικοσυστημικές υπηρεσίες. Καταρχάς, συμβάλει στην διαύγεια του νερού, καθώς φιλτράρει μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης από αιωρούμενα υπολείμματα και παρέχει έναν οικότοπο για ορισμένα είδη (Čelebić et al., 2021). Η πίννα είναι ένας μεγάλου μεγέθους υδρόβιος οργανισμός, ο οποίος τρέφεται με σωματίδια οργανικής ύλης που αιωρούνται στο νερό (Vafidis et al., 2014) καθώς και με μικροφύκη ή τα επίφυτα που βρίσκονται πάνω στο όστρακο (Davenport et al., 2011), ενώ μπορεί να μετατρέπει γρήγορα σε

περιτώματα τα μη εύπεπτα σωματίδια (Čelebić et al., 2021). Υπάρχουν επιστημονικά στοιχεία ότι οι πίννες αποτελούν έναν καλό δείκτη για τις αλλαγές των θαλάσσιων οικοσυστημάτων ανάλογα με τη βιοτική ανταπόκριση τους στις ανθρωπογενείς πιέσεις (Marrocco et al., 2019).

Ως προς την αύξησή της, η *P. nobilis* και ορισμένα άλλα είδη της οικογένειας των *Pinnidae* όπως η *Pinna bicolor*, παρουσιάζουν τους υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης μεταξύ όλων των διθύρων (Katsanevakis, 2007). Τα τρία πρώτα έτη παρουσιάζουν γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, ενώ τα επόμενα χρόνια ο ρυθμός μειώνεται σημαντικά (Katsanevakis, 2006). Τα κελύφη παρουσιάζουν πολύ μικρή και σταδιακή αύξηση από το τέλος του φθινοπώρου μέχρι και τις αρχές της άνοιξης, ενώ έπειτα και μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού παρουσιάζουν μια φάση ταχύτατης ανάπτυξης (Katsanevakis, 2007).

Η αναπαραγωγή των πιννών γίνεται με εξωτερική γονιμοποίηση. Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί 5-10 ημέρες (Butler et al., 1993) και η εγκατάσταση των νεαρών ατόμων λαμβάνει χώρα προς το τέλος του καλοκαιριού και το φθινόπωρο (Richardson et al., 1999). Δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για τα στάδια με τις μεγαλύτερες θνησιμότητες, ωστόσο με την αύξηση της ηλικίας μειώνεται ο κίνδυνος που διατρέχουν από τους θηρευτές (García-March et al., 2007).

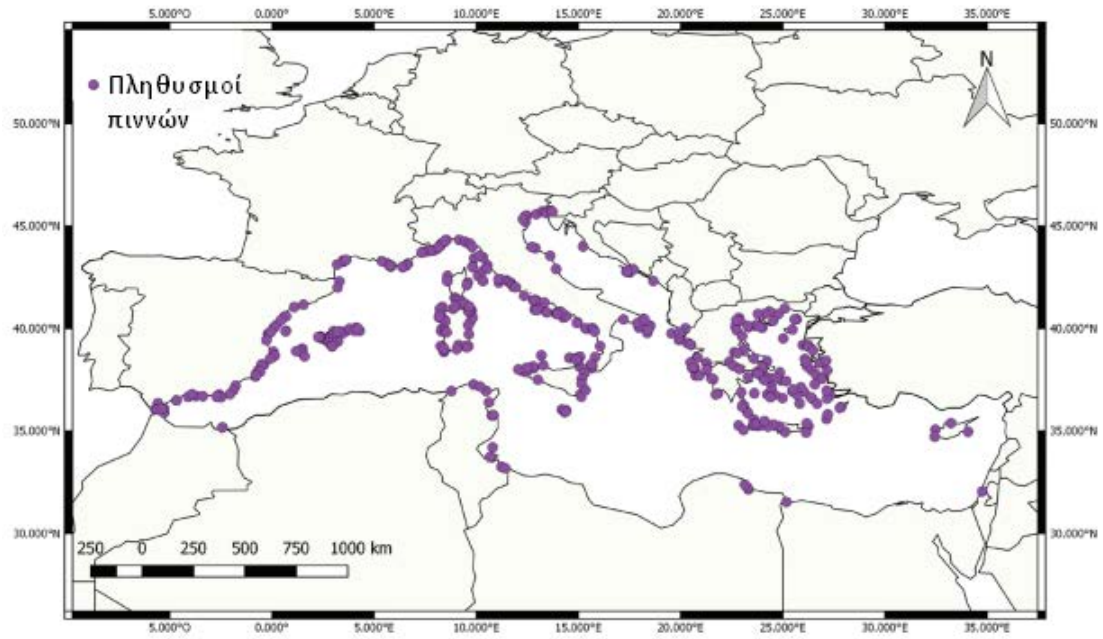


**Εικόνα 1.** Αριστερά πίννες που ζούσαν καλυμμένες από φύκη του είδους *Cymodocea nodosa* και δεξιά σε *Posidonia oceanica*.

## A.2. Γεωγραφική εξάπλωση

Είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η αφθονία του πληθυσμού του είδους *Pinna nobilis*, καθώς αποτελεί προβληματική και χρονοβόρα διαδικασία. Η προσέγγιση και η καταμέτρηση τους είναι συχνά δύσκολη λόγω περιορισμών στον χρόνο της κατάδυσης αλλά και στην προσβασιμότητα. Παρόλο που υπάρχουν μέθοδοι που μπορούν να αποδώσουν μια πρόχειρη εκτίμηση των πληθυσμών, πολλές φορές παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση από την πραγματικότητα εφόσον πολλά άτομα μπορεί να βρίσκονται βαθιά χωμένα μέσα στην άμμο ή να καλύπτονται από λιβάδια θαλάσσιας βλάστησης (Basso et al., 2015), όπως αυτά της *Posidonia oceanica*.

Οι πίννες ζουν σε ένα μεγάλο εύρος βάθους και υποστρωμάτων, γι' αυτό και έχουν μελετηθεί σε βάθος μόνο σε ορισμένες λεκάνες της Μεσογείου. Ανάμεσά τους έχει βρεθεί ότι το Αιγαίο Πέλαγος είχε την μεγαλύτερη μέση πυκνότητα (Katsanevakis et al., 2008), ενώ ακολουθούσαν η Αδριατική θάλασσα, το Τυνησιακό οροπέδιο, η λεκάνη της Αλγερο-Προβηγκίας, η Τυρρηνική θάλασσα και τέλος το Ιόνιο Πέλαγος (Basso et al., 2015). Επιπλέον, αξιοποιώντας τα δεδομένα της επιστημονικής βιβλιογραφίας, του διαδικτυακού προγράμματος NATURA 2000 viewer, αλλά και μη επιστημονικά κείμενα όπως αναφορές από εφημερίδες και περιοδικά (Marrocco et al., 2019), διαπιστώθηκε ότι οι ευρωπαϊκές ακτές της Μεσογείου παρουσιάζουν ευρύτερη κατανομή του είδους (Εικ. 2).



**Εικόνα 2.** Πληθυσμοί της πίννας στην Μεσόγειο θάλασσα σύμφωνα με συγγραφικές και επιστημονικές αναφορές (Marrocco et al., 2019).

### A.3. Φυσιολογία της πίννας

Τα δεδομένα σχετικά με την φυσιολογία της πίννας και συγκεκριμένα για τις διατροφικές συνήθειες και την αναπνοή της είναι ανεπαρκή, ωστόσο υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που έχουν να κάνουν με την δραστηριότητα του κελύφους (García-March et al., 2008). Στην κορυφή του οστράκου υπάρχει ένας ελαστικός σύνδεσμος που ενώνει τις δύο θυρίδες μεταξύ τους και συναρθρώνονται με ένα σύστημα οδόντων και εσοχών που ονομάζεται κλείθρο. Το άνοιγμα και το κλείσιμο των δύο θυρίδων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των προσαγωγών μυών που βρίσκονται προσκολλημένοι στο εσωτερικό των δύο θυρίδων και του ελαστικού συνδέσμου. Ο ελαστικός σύνδεσμος διατηρεί ανοικτές τις θυρίδες όταν ο προσαγωγός μυς είναι χαλαρός (Τάγκαλης, 2012).

Το άνοιγμα και των κλείσιμο των θυρίδων συνήθως επηρεάζεται από τις εναλλαγές ημέρας – νύχτας ανάλογα με το φως του φεγγαριού, αλλά και από άλλους εξωγενείς περιβαλλοντικούς παράγοντες (García-March et al., 2008). Αν για παράδειγμα η σκιά ενός δύτε πέσει πάνω στα άτομα τότε οι θυρίδες κλείνουν (Vicente and Moreteau, 1991). Ως προς τη χρησιμότητα των βαλβίδων έχει διαπιστωθεί ότι ακολουθούν κυκλικούς ρυθμούς και είναι υπεύθυνες για την αναπνοή, την διατροφή και τον μεταβολισμό των διθύρων (García-March et al., 2008).

#### A.4. Ιστορική αναδρομή

Οι πίννες συλλέγονταν και εκμεταλλεύονταν στην Μεσόγειο από τα προϊστορικά χρόνια. Στην αρχαιότητα φημίζονταν για την διατροφική αξία της σάρκας τους που αποτελούσε γαστρονομική λιχουδιά και μαγειρευόταν με λάδι, κρασί και μέλι (Voultsiadou et al., 2010). Ένας ακόμη λόγος για τον οποίο συλλέγονταν οι πίννες ήταν η εκμετάλλευση του βύσσου και των κελυφών. Το αποκαλούμενο «μετάξι της θάλασσας» είναι ένα εξαιρετικό ύφασμα που φτιάχνεται από το υλικό του βύσσου (Galinou-Mitsoudi et al., 2006). Για τους αρχαίους Αιγύπτιους, τους Έλληνες και τους Ρωμαίους η βύσσος ήταν η εκλεκτότερη υφαντική ύλη καθώς είχε την ιδιότητα να λάμπει σαν χρυσάφι, ενώ συγχρόνως όλα τα κλωστοϋφαντουργικά της προϊόντα ήταν πολύ απαλά (Basso et al., 2015).

Τα πιο πρόσφατα χρόνια οι πίννες συλλέγονταν ως φαγητό η σάρκα, ενώ το κέλυφος κυρίως για διακοσμητικούς σκοπούς όπως κατασκευές, κουμπιά καθώς και τα καφέ-κόκκινα μαργαριτάρια που παράγει το είδος, αν και είναι μικρής εμπορικής αξίας (Gauthier et al., 1994). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι στις μέρες μας αποτελούσε σημαντικό τουριστικό ενδιαφέρον στις καταδύσεις αναψυχής. Ωστόσο, οι παραπάνω ανθρωπογενείς παράγοντες καθώς και η εμπορική αλιεία, η υποβάθμιση των βιοτόπων του είδους και οι τυχαίες θνησιμότητες από μηχανότρατες, δίχτυα που σέρνονται στον βυθό (γρίπος) και αγκυροβολία διαφόρων σκαφών (Katsanevakis and Thessalou-Legaki, 2009), οδήγησε σε σημαντική μείωση των πληθυσμών του είδους στο παρελθόν (Vázquez-Luis et al., 2014).

#### A.5. Απειλές για το είδος και θνησιμότητα

Οι πληθυσμοί των πιννών μειώθηκαν δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες και αυτό οφείλεται αποκλειστικά σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Η αλιεία σε συνδυασμό με την υποβάθμιση των οικοτόπων είχαν προκαλέσει μια σοβαρή μείωση στους πληθυσμούς του είδους *P. nobilis* στην Μεσόγειο (Katsanevakis and Thessalou-Legaki, 2009), για αυτό και καταχωρήθηκε ως απειλούμενο είδος σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 92/43/ΕΟΚ (Annex IV). Τα κυριότερα προβλήματα που συντέλεσαν στην μείωση των πληθυσμών ήταν η παράνομη αλιεία με τράτες καθώς τα δίχτυα παρασύρουν ή σπάζουν τα όστρακα, ενώ συγχρόνως καταστρέφουν και την θαλάσσια χλωρίδα, όπως επίσης συμβαίνει και με το αγκυροβόλημα σκαφών σε ρηχά νερά (Voultsiadou et al., 2010). Ένας άλλος σημαντικός λόγος ήταν η καταστροφή ή η υποβάθμιση των οικοτόπων τους για κατασκευή λιμανιών ή άλλων έργων. Επιπλέον, η παράνομη εξόρυξη και η ρύπανση των νερών από βιομηχανικά απόβλητα ή αστικά λύματα επηρεάζουν αρνητικά τα αυγά και τα τελευταία στάδια των προνυμφών (Basso et al., 2015). Τέλος, δεν θα μπορούσε να παραβλεφθεί η αλίευση τους είτε από ερασιτέχνες ψαράδες, είτε από εντατική αλιεία με σκοπό την πώληση τους σε εστιατόρια ή το εμπόριό τους ως αντικείμενα διακόσμησης (Τάγκαλης, 2012).

Ωστόσο, σήμερα το είδος *P. nobilis* διατρέχει έναν ακόμα σοβαρότερο κίνδυνο που αυτή τη φορά οφείλεται σε φυσικά αίτια. Στις αρχές του φθινοπώρου του 2016 παρατηρήθηκε για πρώτη φορά μια ασυνήθιστα υψηλή θνησιμότητα των ατόμων πίννας και διαπιστώθηκε σχεδόν ταυτόχρονα σε όλα τα παράλια της Ισπανίας στην νοτιοδυτική Μεσόγειο που τα χώριζαν εκατοντάδες χιλιόμετρα (Vázquez-Luís et al., 2017). Αυτό το φαινόμενο επεκτάθηκε πολύ γρήγορα και στην υπόλοιπη Μεσόγειο θάλασσα με αποτέλεσμα χώρες όπως η Ιταλία, η Γαλλία, η Τυνησία, η

Ελλάδα, η Κύπρος, η Κροατία, η Βοσνία, η Αλβανία και η Τουρκία να έρθουν αντιμέτωπες με το ίδιο πρόβλημα (Čelebić et al., 2021). Τα ποσοστά θνησιμότητας έχουν πλέον πλησιάσει το 100% κατά μήκος της Μεσογείου και αυτό αποδίδεται σε μια παρασιτική ασθένεια από *Haplosporidium pinnae* αλλά και βακτηριακών παθογόνων όπως το *Mycobacterium* sp. (Scarpa et al., 2021) (Εικ. 3). Έκτοτε το είδος *P. nobilis* χαρακτηρίστηκε ως «κρίσιμα απειλούμενο είδος» καθώς διατρέχει σοβαρό κίνδυνο να εξαφανιστεί (Cabanellas-Reboredo et al., 2019).

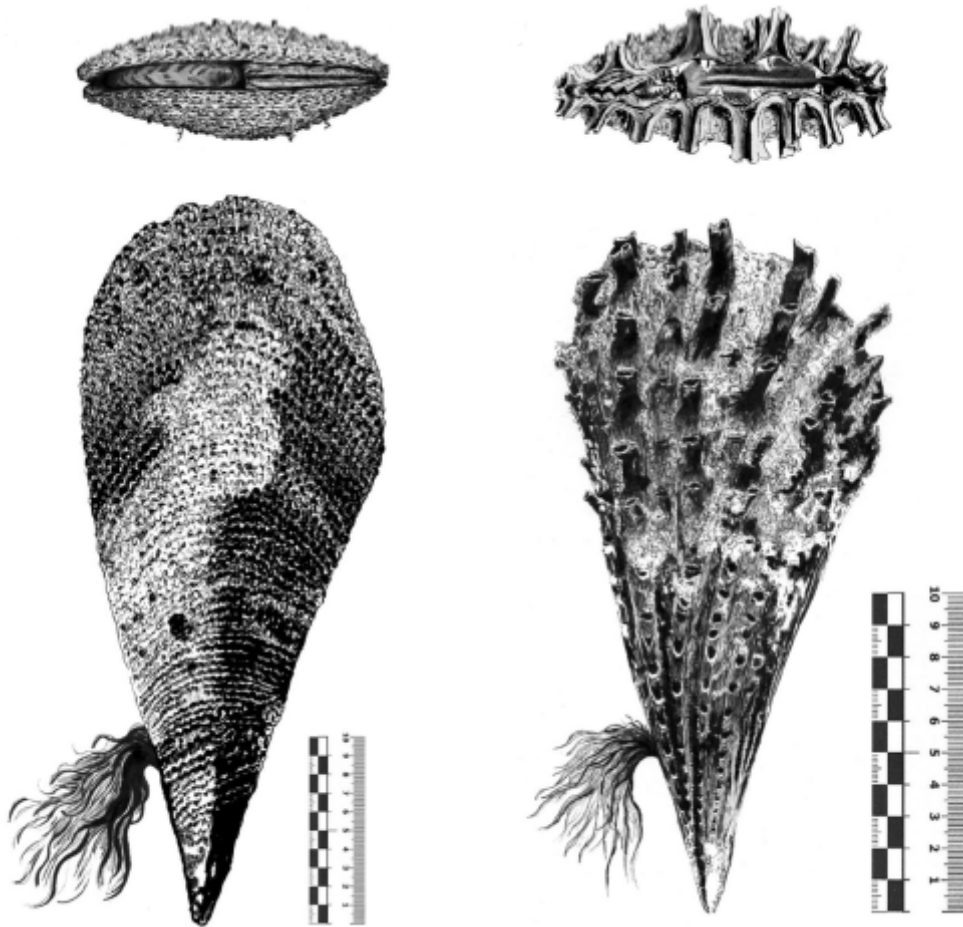


**Εικόνα 3.** Νεκρά κελύφη του είδους *P. nobilis* σε βραχώδη υπόστρωμα.

#### A.6. Διαφορές *Pinna nobilis* με *Pinna rudis*

Ένα συγγενικό είδος της *P. nobilis* είναι η *P. rudis* (Εικ. 4) καθώς ανήκουν στην ίδια οικογένεια των πιννιδών. Τα δύο είδη βρέθηκαν να συνυπάρχουν σε ορισμένες περιοχές της Μεσογείου, όμως το δεύτερο δεν φάνηκε να επηρεάστηκε από το γεγονός μαζικής θνησιμότητας του πρώτου (Vázquez-Luis et al., 2021). Ωστόσο, οι πληθυσμοί της *P. Rudis* δεν παύουν να απειλούνται λόγω παράκτιων κατασκευών, της ρύπανσης και του ψαρέματος ή της λαθροθηρίας από δύτες αναψυχής (Barea-Azcón et al., 2008). Για αυτό και καταχωρήθηκε ως προστατευόμενο είδος στη σύμβαση της Βέρνης (Anex II) και ως απειλούμενο θαλάσσιο είδος από τη σύμβαση της Βαρκελώνης (Hernandis et al., 2021).

Η *P. Rudis* είναι μακρόβιο δίθυρο που ζει στον Ατλαντικό και στη Μεσόγειο το οποίο μπορεί να φθάσει μέχρι και 31 έτη ζωής (Colomer et al., 2016). Την *P. nobilis* την συναντάμε συχνότερα σε αμμώδης ή λασπώδης πυθμένες, όπως έχει προαναφερθεί, σε αντίθεση με την *P. rudis* που προτιμάει να εγκαθίσταται ανάμεσα σε βράχους. Ως προς τα χαρακτηριστικά του κελύφους, η πρώτη είναι συνήθως μεγαλύτερη σε μήκος, ωστόσο η *P. rudis* έχει κατανεμηθεί ανάμεσα στα μεγαλύτερα δίθυρα παγκοσμίως, με μήκος κελύφους να φθάνει τα 56,5 εκατοστά (Schultz and Huber, 2013). Επιπλέον, η *P. nobilis* δεν παρουσιάζει ραβδώσεις και έχει λείο κέλυφος, ενώ η δεύτερη είναι πιο παχιά και έχει ακτινωτές ραβδώσεις που καθιστούν τραχιά την επιφάνειά της ([www.liferinna.eu](http://www.liferinna.eu)). Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της ομοιότητας των δύο ειδών, δεν είναι λίγες οι φορές που τα δύο είδη συγχέονται.



**Εικόνα 4.** *Pinna nobilis* στα αριστερά και *Pinna rudis* στα δεξιά (Vázquez-Luis et al., 2021).

#### A.7. Συμβιωτικές σχέσεις και επιβιώτες

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα η επιβίωση πολλών οργανισμών που δεν έχουν τη δυνατότητα μετακίνησης εξαρτάται από την καταλληλότητα των υποστρωμάτων στα οποία αποικίζουν. Ωστόσο, σε λασπώδη και αμμώδη ενδιαιτήματα, λόγω της σπανιότητας βραχώδων υποστρωμάτων, ο αποικισμός πάνω σε έναν ακίνητο οργανισμό είναι μια πολύτιμη στρατηγική για την επιβίωση τόσο των ακίνητων όσο και των κινητών οργανισμών. Ορισμένα μαλάκια και καρκινοειδή διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο εφόσον παρέχουν σκληρά υποστρώματα που μπορούν να φιλοξενήσουν μια πληθώρα επιβιοτικών οργανισμών (Rabaoui et al., 2009).

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα της Μεσογείου το κέλυφος του δίθυρου *P. nobilis* αποτελεί ένα κλασσικό παράδειγμα του παραπάνω φαινομένου, καθώς παρέχει ένα αξιόλογο σκληρό υπόστρωμα πάνω στο οποίο είναι ικανοί να συμβιώσουν ποικίλοι ζωικοί και φυτικοί θαλάσσιοι οργανισμοί (Vafidis et al., 2014). Σε έρευνα που διεξάχθηκε στην Τυνησία βρέθηκαν συνολικά 146 διαφορετικά είδη πάνω σε πίννες. Ωστόσο, οι οργανισμοί αυτοί μπορεί να διαφέρουν ανάλογα την περιοχή και το οικοσύστημα στο οποίο βρίσκονται (Rabaoui et al., 2009).

Συγκεκριμένα στην Κεφαλλονιά, στον κόλπο του Αργοστολίου από το Δεκέμβριο του 2017 μέχρι και τον Μάιο του 2018 έλαβαν χώρα ποικίλες μετρήσεις κατά μήκος του κόλπου για να εξακριβωθεί ο αριθμός των ατόμων, αλλά και η κατάσταση στην οποία βρίσκονταν οι εκάστοτε πληθυσμοί. Αν και τα περισσότερα άτομα πίννας ήταν ήδη εξασθενημένα, παρατηρήθηκαν ορισμένα δίθυρα που ανήκουν στο είδος *Pinctada radiata* τα οποία είχαν αποικίσει είτε πάνω στα κελύφη των πιννών (Εικ. 5), είτε στα λασπώδη υποστρώματα του κόλπου. Σχεδόν τέσσερα χρόνια αργότερα, όταν με τη βοήθεια αυτοδυτών διαπιστώθηκε ότι όλα τα άτομα πίννας που υπήρχαν άλλοτε στην περιοχή ήταν νεκρά, παρατηρήθηκε ότι τα

στρειδόχτενα (*P. radiata*) (Εικ. 6) συνέχιζαν την εξάπλωση τους στις περιοχές που μέχρι πρότινος ήταν γεμάτες με πίννες.



**Εικόνα 5.** Νεκρή πίννα στα δεξιά και στρειδόχτενα στα αριστερά.



**Εικόνα 6.** Κέλυφος του είδους *Pinctada radiata* (Siddiqui, 2007).

#### A.8. Σκοπός της εργασίας

Το είδος *P. nobilis* κατείχε ανέκαθεν πρωτοποριακό ρόλο στη Μεσόγειο θάλασσα τόσο για τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρείχε στο οικοσύστημα όσο και για τα προϊόντα και υποπροϊόντα του που κατείχαν μια θέση στο εμπόριο (van der Schatte Olivier et al., 2020). Σήμερα το είδος οδεύει προς την εξαφάνιση και το ερώτημα που τίθεται είναι αν τελικά θα καταφέρει να ανακάμψει ή αν υπάρχει κάποιο άλλο είδος που θα μπορέσει τελικά να αποκαταστήσει τις χαμένες οικοσυστημικές υπηρεσίες. Η συγκεκριμένη έρευνα/μελέτη περίπτωσης έχει σκοπό να κάνει μια εκτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών από τους πληθυσμούς της πίννας στον κόλπο του Αργοστολίου και στη συνέχεια να εκτιμήσει την απαιτούμενη βιομάζα πληθυσμού του *P. radiata* (Moutopoulos et al., 2021) που χρειάζεται για να αναπληρώσει τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρείχαν οι πίννες στον κόλπο του Αργοστολίου πριν τις μαζικές θνησιμότητές τους. Για αυτό υπολογίσαμε τον άνθρακα, το άζωτο και το φώσφορο που δέσμευαν οι πίννες (Tsolakos et al., 2024), ώστε να διαπιστωθεί η συνεισφορά του πληθυσμού αυτού στο οικοσύστημα του κόλπου.

## B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η παρούσα μελέτη υλοποιείται στα πλαίσια του προγράμματος «Καινοτόμες Δράσεις για την Παρακολούθηση-Ανάκαμψη-Υποβοήθηση της Στρατολόγησης του Επαπειλούμενου Είδους (Πίννα) *Pinna nobilis*», Φορέας χρηματοδότησης: ΕΠΑΛΘ 2014-2020 MIS/ΚΩΔ.ΠΡΟΓΡ: 5052394 ([www.pinnasos.upatras.gr](http://www.pinnasos.upatras.gr)).

### B.1. Γενικά

Το έτος 2017 διενεργήθηκε καταμέτρηση των πληθυσμών εντός του κόλπου σύμφωνα με πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν σχετικά με την ύπαρξη πιννών από τη διεύθυνση του Τμήματος Αλιείας Κεφαλλονιάς, το λιμεναρχείο Αργοστολίου και ντόπιους αλιείς. Συνολικά έγινε καταμέτρηση των πληθυσμών σε πέντε διαφορετικές περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος οι οποίες καλύπτονταν από λειμώνες των ειδών *Posidonia oceanica* και *Cymodocea nodosa*. Οι τρεις από αυτές βρίσκονταν κοντά στο Ληξούρι, μία στην παραλία Λιβάδι και μία στο Φανάρι (Εικ. 7).

Ο κόλπος του Αργοστολίου βρίσκεται στο νησί της Κεφαλλονιάς στο Ιόνιο Πέλαγος. Το στόμιο του κυρίως Κόλπου Αργοστολίου έχει πλάτος 3 χιλιόμετρα, μεταξύ του ακρωτηρίου του Πλατύ Γιαλού και του νοτιοδυτικού ακρωτηρίου της Παλικής. Ως προς το μήκος του είναι σχεδόν 14 χιλιόμετρα, ενώ θεωρείται σχετικά αβαθής κόλπος ως προς την έκτασή του. Οι δυο κυριότεροι οικισμοί του είναι το Αργοστόλι στην ανατολική ακτή και το Ληξούρι στην δυτική.



**Εικόνα 7.** Χάρτης του κόλπου του Αργοστολίου όπου φαίνονται τα πέντε σημεία δειγματοληψιών (earth.google.com).

## B.2. Εξοπλισμός

Τα περισσότερα άτομα πίννας βρίσκονταν σε βάθη από 1 έως 5 μέτρα γι' αυτό και η χρήση καταδυτικού εξοπλισμού (scuba) κρίθηκε απαραίτητη. Επιπλέον, με την βοήθεια των καμερών CANNON BLUE και GO PRO καταγράφηκαν πληροφορίες για την κατάσταση που βρίσκονταν οι πίννες αλλά και για τους μακροσκοπικούς επιβιώτες.

Για την αναζήτηση και καταγραφή τους χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός αυτοδυτών και με τη βοήθεια φωτογραφικών μηχανών συγκεντρώθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες για την καταγραφή των πληθυσμών ανά περιοχή. Επιπλέον, καταγράφηκαν τα μήκη και τα πλάτη από συνολικά 341 άτομα, ενώ 30 κελύφη μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετρήθηκαν μήκος, πλάτος και βάρος.

### B.3. Μεθοδολογία καταμέτρησης των πληθυσμών *P. nobilis*

Για τον εντοπισμό του είδους *P. nobilis* χρησιμοποιήθηκε κάμερα συρόμενη από μικρό σκάφος με χαμηλή ταχύτητα και σε κοντινή απόσταση από τον πυθμένα. Όσο διαρκούσε η βιντεοσκόπηση καταγραφόταν το στίγμα, το βάθος, ο τύπος του υποστρώματος και η τυχόν παρουσία του είδους. Οι περιοχές που μελετήθηκαν βρίσκονταν περιμετρικά της ακτογραμμής σε βάθη 0 – 30 μέτρα. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια δορυφορικών φωτογραφιών του Google Earth οριοθετήθηκαν οι περιοχές με λειμώνες υψηλού ενδιαφέροντος ως προς την πυκνότητα των πινών (Ακριβός, 2020). Τέλος, υπολογίστηκαν κατά προσέγγιση τα άτομα *P. nobilis* από τον τύπο:

$$N (\text{άτομα}) = \text{Επιφάνεια (m}^2\text{)} * [\text{Ποσοστό κάλυψης λειμώνων}] * \text{Πυκνότητα (άτομα/m}^2\text{)}$$

Έτσι, με το άθροισμα των ατόμων και των πέντε περιοχών υψηλού ενδιαφέροντος προέκυψε κατά προσέγγιση ο συνολικός αριθμός των ατόμων πίννας στον κόλπο του Αργοστολίου (Čelebičić et al., 2021).

Επιπλέον, για την αναζήτηση των πινών και τη συλλογή κελυφών χρησιμοποιήθηκε η γνωστή ως «U-pattern» (Εικ. 6) μέθοδος αναζήτησης αντικειμένων στον βυθό. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια καλή επιλογή για την αναζήτηση μεσαίου αλλά και μεγάλου μεγέθους αντικειμένων σε μια σχετικά μεγάλη έκταση. Συνήθως χρειάζεται πυξίδα, αλλά ένας έμπειρος δύτης μπορεί να τα καταφέρει και χωρίς. Ξεκινώντας από ένα σημείο αναφοράς κολυμπάμε μια συγκεκριμένη απόσταση σε ευθεία γραμμή, ανάλογα με την έκταση που έχουμε να καλύψουμε και την ορατότητα. Στην συνέχεια στρίβουμε 90 μοίρες, κολυμπάμε μια μικρή απόσταση και ξαναστρίβουμε 90 μοίρες προς την ίδια φορά. Από εκεί κολυμπάμε παράλληλα στην πρώτη διαδρομή που διασχίσαμε αλλά με αντίθετη



#### B.4. Μεθοδολογία υπολογισμού C, N και P των πληθυσμών *P. nobilis* στον κόλπο του Αργοστολίου

Ο υπολογισμός του C, του N και του P που δεσμεύουν οι πίννες στον κόλπο του Αργοστολίου προέκυψε από τα κελύφη, καθώς η συνεισφορά της σάρκας θεωρήθηκε αμελητέα. Συνολικά συλλέχθηκαν 30 κελύφη για τα οποία μετρήθηκε το βάρος. Υπολογίσαμε, λοιπόν, το μέσο όρο του βάρους των δειγμάτων και πολλαπλασιάζοντας με τον συνολικό αριθμό των ατόμων εκτιμήσαμε την συνολική βιομάζα των κελυφών του είδους στον κόλπο του Αργοστολίου ( $ShW_{Aργ.}$ ).

Για τον υπολογισμό των οικοσυστημικών υπηρεσιών χρησιμοποιήσαμε τα βάρη των κελυφών ( $ShW_{Ελλ.}$ ) τα βάρη του άνθρακα ( $CW_{Ελλ.}$ ), του αζώτου ( $NW_{Ελλ.}$ ) και του φωσφόρου ( $PW_{Ελλ.}$ ) που δεσμεύουν συνολικά οι πληθυσμοί της *P. nobilis* σε επίπεδο Ελλάδας (Tsolakos et al., 2024). Στη συνέχεια κάνοντας τις κατάλληλες αναγωγές μπορούμε να εκτιμήσουμε τα βάρη του άνθρακα ( $CW_{Aργ.}$ ), του αζώτου ( $NW_{Aργ.}$ ) και του φωσφόρου ( $PW_{Aργ.}$ ) που δεσμεύουν οι πίννες στον κόλπο του Αργοστολίου σε γραμμάρια (g) με τη βοήθεια των ακόλουθων τύπων:

$$CW_{Aργ.} = CW_{Ελλ.} * ShW_{Aργ.} / ShW_{Ελλ.}$$

$$NW_{Aργ.} = NW_{Ελλ.} * ShW_{Aργ.} / ShW_{Ελλ.}$$

$$PW_{Aργ.} = PW_{Ελλ.} * ShW_{Aργ.} / ShW_{Ελλ.}$$

Τέλος, για τον υπολογισμό των C, N και P των πιννών στον κόλπο του Αργοστολίου σε ποσοστά (%) ξηρού βάρους έχουμε:

$$C = CW_{Aργ.} / ShW_{Aργ.} * 100$$

$$N = NW_{Aργ.} / ShW_{Aργ.} * 100$$

$$P = PW_{Aργ.} / ShW_{Aργ.} * 100$$

#### B.5. Μεθοδολογία υπολογισμού C, N και P για το είδος *P. radiata*

Καθώς δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για να υπολογίσουμε τον C που δεσμεύουν τα κελύφη χρησιμοποιήσαμε το εύρος των τιμών διαφόρων ειδών δίθυρα σύμφωνα με τους van Schatte Olivier et al. (2020). Έτσι υπολογίστηκε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση αυτών, άρα οι αντίστοιχες τιμές για το είδος *P. radiata* θα πρέπει να κυμαίνονται κάπου ανάμεσα (van der Schatte Olivier et al., 2020). Ενώ για τον υπολογισμό του N και του P που δεσμεύουν τα στρειδόχτενα χρησιμοποιήσαμε τις τιμές από το είδος της ίδιας οικογένειας *Pinctada imbricata* (Gifford et al., 2005). Έτσι, έγινε μια εκτίμηση σε ποσοστά (%) ξηρού βάρους για τον C, το N και το P που δεσμεύει το είδος *P. radiata*.

B.6. Εκτίμηση απαιτούμενων ατόμων *P. radiata* για την αποκατάσταση των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρείχαν οι πληθυσμοί της *P. nobilis*

Για τον υπολογισμό της αναλογίας ανάμεσα στα δυο είδη χρησιμοποιήσαμε τον μέσο όρο του βάρους των κελυφών 869 δειγμάτων στρειδόχτενου από τον Ευβοϊκό και Σαρωνικό κόλπο (Moutopoulos et al., 2021). Με αυτό τον τρόπο μπορέσαμε να κάνουμε μια εκτίμηση σε γραμμάρια (g) για το βάρος του C ( $CW_{P. radiata}$ ), του N ( $NW_{P. radiata}$ ) και του P ( $PW_{P. radiata}$ ) σύμφωνα με τους τύπους:

$$CW_{P. radiata} = (C_{P. radiata} * ShW_{P. radiata}) / 100$$

$$NW_{P. radiata} = (N_{P. radiata} * ShW_{P. radiata}) / 100$$

$$PW_{P. radiata} = (P_{P. radiata} * ShW_{P. radiata}) / 100$$

Τέλος, για να υπολογίσουμε τον αριθμό των ατόμων *P. radiata* που χρειάζονται για να παρέχουν ποσοτικά τις ίδιες οικοσυστημικές υπηρεσίες με τους πληθυσμούς της *P. nobilis* πριν από τις μαζικές θνησιμότητες στον κόλπο του Αργοστολίου έχουμε:

$$N_{CW} = CW_{P. nobilis} / CW_{P. radiata}$$

$$N_{NW} = NW_{P. nobilis} / NW_{P. radiata}$$

$$N_{PW} = PW_{P. nobilis} / PW_{P. radiata}$$

Όπου  $N_{CW}$  είναι ο αριθμός των ατόμων *P. radiata* που χρειάζονται για να δεσμεύουν από το περιβάλλον ίδια ποσότητα άνθρακα,  $N_{NW}$  είναι ο αριθμός των ατόμων *P. radiata* που χρειάζονται για να δεσμεύουν από το περιβάλλον ίδια ποσότητα αζώτου και  $N_{PW}$  είναι ο αριθμός των ατόμων *P. radiata* που χρειάζονται για να δεσμεύουν από το περιβάλλον ίδια ποσότητα φωσφόρου.

Για τον υπολογισμό και τη δημιουργία πινάκων και γραφικών παραστάσεων όσων προαναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκε το «Excel».

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο συνδυασμός δεδομένων που συλλέχθηκαν με τις δορυφορικές εικόνες από το Google Earth, τις υποβρύχιες βιντεοσκοπήσεις κατά μήκος της ακτογραμμής του κόλπου και τις καταδύσεις καταγραφής της πυκνότητας των πινών στις περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση το συνολικό αριθμό των ατόμων του είδους *P.nobilis* στις πέντε περιοχές (Σχ. 1) όπου εντοπίστηκαν οι πληθυσμοί με υψηλή πυκνότητα.



**Σχήμα 1.** Ιστογράμμο των ατόμων πίννας που εκτιμήθηκαν στις πέντε περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος.

Οι μεγαλύτεροι πληθυσμοί εντοπίστηκαν στις τρεις περιοχές του Ληξουρίου, με συνολικό πληθυσμό να ανέρχεται στα 78.886 άτομα. Στις θέσεις «Λιβάδι» και «Φανάρι» υπολογίστηκαν 10.087 και 9.166 άτομα αντίστοιχα (Πιν. 1). Συνολικά, ο πληθυσμός της πίννας στις πέντε περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος εκτιμήθηκε σε 98.139 άτομα.

**Πίνακας 1.** Εκτίμηση του αριθμού των ατόμων πίννας στις πέντε περιοχές δειγματοληψίας στον κόλπο του Αργοστολίου.

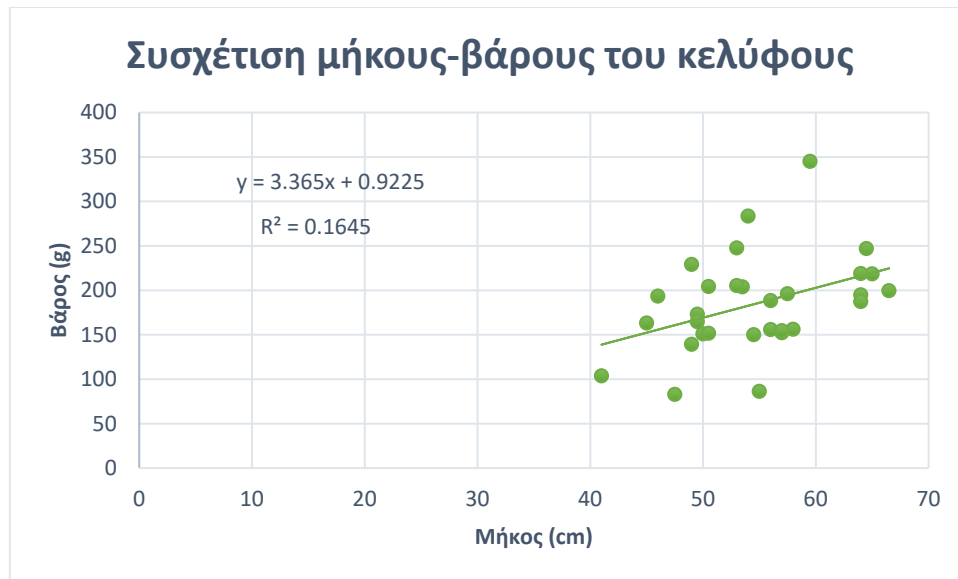
| Περιοχή   | Επιφάνεια<br>(m <sup>2</sup> ) | Ποσοστό<br>κάλυψης<br>λειμώνων<br>(%) | Πυκνότητα<br>(άτομα/m <sup>2</sup> ) | N<br>(άτομα) |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Ληξούρι 3 | 89.738                         | 94,5                                  | 0,502                                | 42.571       |
| Λιβάδι    | 23.829                         | 86,74                                 | 0,488                                | 10.087       |
| Ληξούρι 2 | 52.590                         | 96,7                                  | 0,502                                | 25.529       |
| Ληξούρι_1 | 22.741                         | 92,1                                  | 0,515                                | 10.786       |
| Φανάρι    | 12.176                         | 93,4                                  | 0,806                                | 9.166        |

Σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη (Tsolakos et al. 2024) υπολογίστηκαν οι πληθυσμοί και το ξηρό βάρος των κελυφών του είδους *P.nobilis* σε επίπεδο Ελλάδας για βάθη από 0 έως 30 μέτρα. Έτσι εκτιμήθηκαν οι ποσότητες άνθρακα (C<sub>WΕΛΛ.</sub>), αζώτου (N<sub>WΕΛΛ.</sub>) και φωσφόρου (P<sub>WΕΛΛ.</sub>) που δέσμευαν τα κελύφη όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Το ξηρό βάρος του ιστού δεν χρησιμοποιήθηκε για τους παραπάνω υπολογισμούς καθώς θεωρήθηκε αμελητέο.

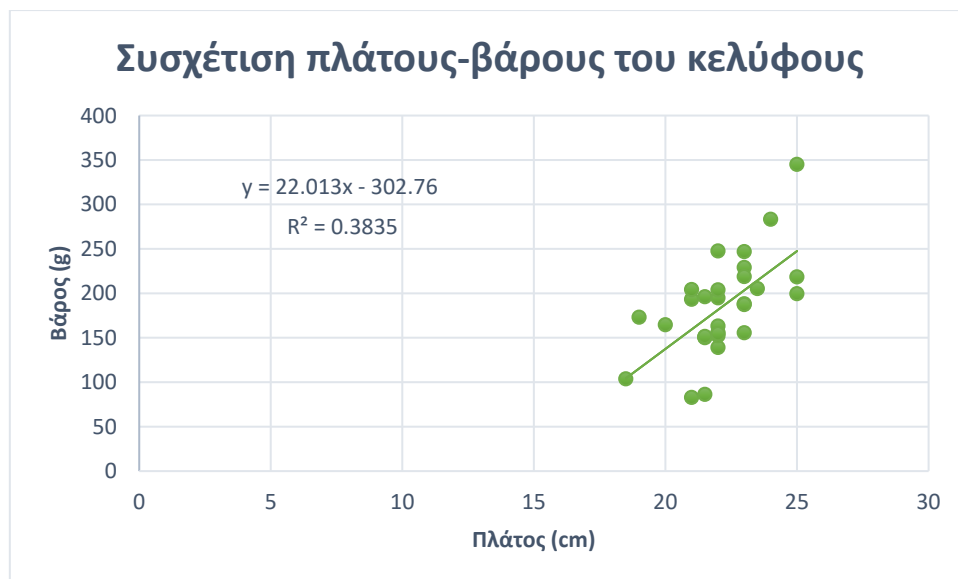
**Πίνακας 2.** Μοντέλο στο οποίο έχει υπολογιστεί ο συνολικός αριθμός ατόμων πίννας (Ind) μετά τις μαζικές θνησιμότητες του είδους, το συνολικό βάρος όλων των κελυφών (ShW), του άνθρακα (CW), του αζώτου (NW) και του φωσφόρου (PW).

|      | Ind<br>(x10 <sup>6</sup> ) | ShW(tn)  | CW (tn)  | NW (tn) | PW (tn) |
|------|----------------------------|----------|----------|---------|---------|
| Mean | 2663.5                     | 410430.1 | 48148.6  | 1333.4  | 166.8   |
| Sd   | 643.2                      | 102962.2 | 12094.0  | 389.6   | 47.2    |
| Min  | 745.3                      | 118413.3 | 13689.4  | 304.7   | 49.7    |
| Max  | 5666.1                     | 929623.9 | 108139.0 | 2988.3  | 450.5   |

Στον κόλπο του Αργοστολίου ζυγίστηκε το βάρος συνολικά 30 κελυφών (Σχ. 2 και 3) με μέσο όρο βάρους ShW<sub>Αργ.</sub> = 184,82g, τυπική απόκλιση Sd = 54,46g, ελάχιστο Min = 82,81g και μέγιστο Max = 344,96g.



**Σχήμα 2.** Γράφημα στο οποίο φαίνεται η κατανομή του βάρους των 30 δειγμάτων κελύφους των πιννών συγκριτικά με το μήκος τους.



**Σχήμα 3.** Γράφημα στο οποίο φαίνεται η κατανομή του βάρους των 30 δειγμάτων κελύφους των πιννών συγκριτικά με το πλάτος τους.

Για να υπολογίσουμε τον C, το N και τον P που δέσμευαν οι πίννες στον κόλπο του Αργοστολίου, κάναμε αναγωγή στα άτομα σε επίπεδο Ελλάδας και βρήκαμε ότι το βάρος των όλων των κελυφών είναι  $ShW_{Αργ.} = 18.137.788,28$  (g), του άνθρακα  $CW_{Αργ.} = 2.127.786,28$  (g), του αζώτου  $NW_{Αργ.} = 58.925,71$  (g) και του

φωσφόρου  $PW_{\text{Αργ.}} = 7.371,24 \text{ (g)}$  (Πιν. 3). Ωστε τελικά να υπολογίσουμε τα ποσοστά (%) ξηρού βάρους των κελυφών των πιννών, όπου  $C = 11,73$ ,  $N = 0,32$  και  $P = 0,04$ .

**Πίνακας 3.** Μοντέλο στο οποίο εκτιμήθηκαν τα βάρη των κελυφών (ShW), του άνθρακα (CW), του αζώτου (NW) και του φωσφόρου (PW) των πιννών του Αργοστολίου αναλογικά με αυτά στην Ελλάδα συνολικά.

| Περιοχή   | Ind (άτομα)          | ShW(g)                  | CW (g)                | NW (g)               | PW (g)              |
|-----------|----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Ελλάδα    | $26.635 \times 10^6$ | $4.104.301 \times 10^6$ | $481.486 \times 10^6$ | $13.334 \times 10^6$ | $1.668 \times 10^6$ |
| Αργοστόλι | 98.139               | 18.137.788,28           | 2.127.790,12          | 58.925,81            | 7.371,25            |

Σύμφωνα με τους van Schatte Olivier et al. (2020) έχουν υπολογιστεί οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρέχουν διάφορα είδη διθύρων (Πιν. 4). Έτσι με την βοήθεια αυτών μπορούμε να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση τον C, το N και το P που δεσμεύουν τα στρειδόχτενα. Καθώς για το άζωτο και το φώσφορο έχουμε δεδομένα από το είδος *Pinctada imbricata* της ίδιας οικογένειας (Gifford et al., 2005) θα χρησιμοποιήσουμε τις τιμές αυτές για το *Pinctada radiata*. Ενώ για τον υπολογισμό του άνθρακα θα χρησιμοποιήσουμε το εύρος των τιμών που δεσμεύεται στα κελύφη. Εκτιμούμε λοιπόν ότι ένα άτομο στρειδόχτενου δεσμεύει κατά μέσο όρο  $C = 11,72 \pm 0,51$ ,  $N=0,39$  και  $P = 0,03$  (Πιν. 4).

**Πίνακας 4.** Άνθρακας, άζωτο και φώσφορος (ποσοστά % ξηρού βάρους) που δεσμεύουν διάφορα είδη διθύρων (van der Schatte Olivier et al., 2020).

| Είδη                             | Ιστός |       |       | Κέλυφος |      |       | Παραπομπή                |
|----------------------------------|-------|-------|-------|---------|------|-------|--------------------------|
|                                  | C     | N     | P     | C       | N    | P     |                          |
| <i>Crassostrea gigas</i>         | 44,9  | 8,4   | 0,83  | 11,52   | 0,12 | 0,04  | Ren et al., 2003         |
| <i>Crassostrea gigas</i>         |       | 8,19  |       |         |      |       | Zhou et al., 2002        |
| <i>Crassostrea gigas</i>         |       | 7,4   |       |         |      |       | Linehan et al., 1999     |
| <i>Crassostrea virginica</i>     | 44,72 | 7,72  | 0,99  | 12,17   | 0,2  | 0,05  | Higgins et al., 2011     |
| <i>Crassostrea virginica</i>     |       | 7,54  |       |         |      |       | Sidwell et al., 1973     |
| <i>Mytilus edulis</i>            | 45,98 | 11,4  | 0,708 | 12,68   | 0,55 | 0,05  | Zhou et al., 2002        |
| <i>Mytilus edulis</i>            |       | 10,6  |       |         |      |       | Haamer, 1996             |
| <i>Mytilus edulis</i>            |       | 8,1   |       |         |      |       | Cantoni et al., 1977     |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> |       | 6,2   |       |         |      |       | Miletic et al., 1991     |
| <i>Arctica islandica</i>         | 43,87 | 12,36 | 0,839 | 11,44   | 0,05 | 0,003 | Westermarck et al., 1996 |
| <i>Chlamys farreri</i>           |       |       |       |         | 0,05 |       | Zhou et al., 2002        |
| <i>Corbicula japonica</i>        | 42,21 | 9,81  | 0,74  | 11,52   | 0,22 | 0,03  | Nakamura et al., 1988    |
| <i>Mactra chinensis</i>          |       | 10,57 |       |         | 0,19 |       | Zhou et al., 2002        |
| <i>Mactra veneriformis</i>       |       | 9,67  |       |         | 0,09 |       | Hiwatari et al., 2002    |
| <i>Macoma baltica</i>            |       |       |       |         | 0,1  |       | Seire et al., 1996       |
| <i>Musculista senhousia</i>      | 42,84 | 9,82  | 0,74  | 11,4    | 0,82 | 0,05  | Yamamuro et al., 2000    |
| <i>Pinctada imbricata</i>        |       |       |       |         | 0,39 |       | Gifford et al., 2005     |
| <i>Pinctada imbricata</i>        |       |       |       |         |      |       | Seki, 1972               |
| <i>Ruditapes philippinarum</i>   |       |       |       |         | 0,56 |       | Zhou et al., 2002        |
| <i>Scapharca suberenata</i>      | 45,86 | 8,71  |       | 11,29   | 0,07 |       | Zhou et al., 2002        |
| <b>Μέσος Όρος</b>                | 44,34 | 9,28  | 0,88  | 11,72   | 0,32 | 0,04  |                          |
| <b>Τυπική Απόκλιση</b>           | 1,44  | 1,66  | 0,18  | 0,51    | 0,33 | 0,03  |                          |

Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τις οικοσυστημικές υπηρεσίες των δύο ειδών και να υπολογίσουμε τα απαιτούμενα άτομα στρειδόχτενου θα πρέπει να υπολογίσουμε την ποσότητα σε γραμμάρια (g) άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου που δεσμεύει ένα άτομο. Σύμφωνα με τον Moutopoulos et al. (2021) το μέσο βάρος των κελυφών για 869 δείγματα ισούται με  $SW=22,7 \pm 13,4$  (g) , όπου  $W_{\min} = 0,9$  (g) και  $W_{\max}=82,6$  (g) (Πιν. 5). Σύμφωνα λοιπόν με τις τιμές αυτές κάνουμε αναγωγή ώστε να υπολογίσουμε τις τιμές άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου που δεσμεύει ένα άτομο

*P. radiata* και εν συνεχεία υπολογίζουμε πόσα άτομα θα χρειαστούν για να παρέχουν ισότιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες με τις πίννες (Σχ. 4).

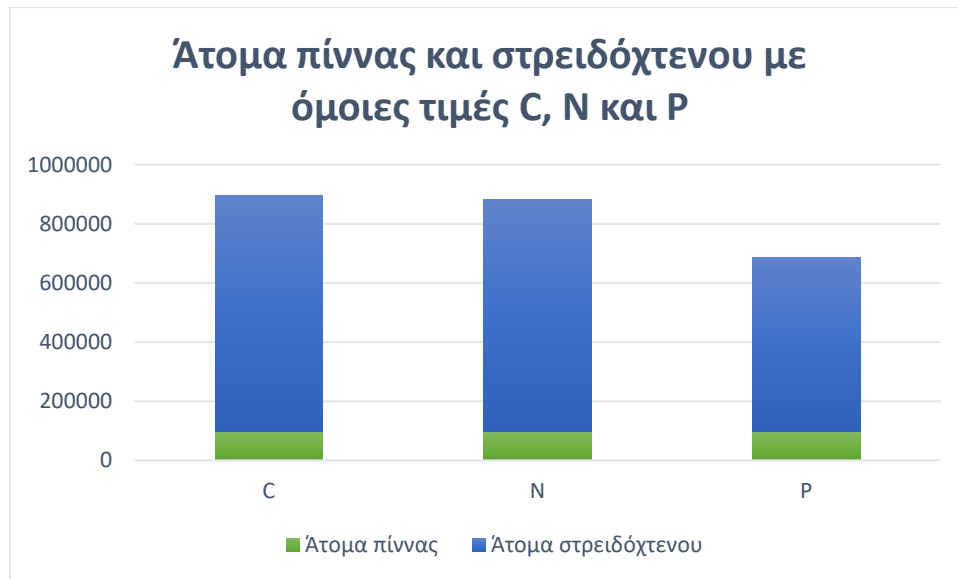
**Πίνακας 5.** Ολικό βάρος (TW), βάρος της σάρκας (FW) και βάρος των κελυφών (SW) του *Pinctada radiata* στον Ευβοϊκό και Σαρωνικό κόλπο.

|        | Ind | Mean | Sd   | Min | Max   |
|--------|-----|------|------|-----|-------|
| TW (g) | 980 | 30,2 | 17,7 | 0,3 | 109,5 |
| FW (g) | 885 | 8,2  | 4,3  | 0,3 | 23,2  |
| SW (g) | 869 | 22,7 | 13,4 | 0,9 | 82,6  |

Με τον υπολογισμό του μέσου βάρους των κελυφών των στρειδόχτενων μπορούμε στη συνέχεια να εκτιμήσουμε την ποσότητα σε γραμμάρια (g) άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου που δεσμεύει ένα άτομο και να βρούμε την αναλογία του σε σχέση με της πίννας (Πιν. 6). Έχοντας υπολογίσει την αναλογία C, N και P ενός ατόμου πίννας προς ένα άτομο στρειδόχτενου, μπορούμε να εκτιμήσουμε τα συνολικά άτομα στρειδόχτενου που χρειάζονται για να προσφέρουν ισότιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες, πολλαπλασιάζοντας με τον συνολικό πληθυσμό των πιννών στον κόλπο του Αργοστολίου.

**Πίνακας 6.** Εκτίμηση της αναλογίας C, N και P ενός ατόμου πίννας προς ένα άτομο στρειδόχτενου.

|        | <i>P.nobilis</i> | <i>P. radiata</i> | <i>P. nobilis/P. radiata</i> |
|--------|------------------|-------------------|------------------------------|
| CW (g) | 21.66            | 2.66              | 8.14                         |
| NW (g) | 0.72             | 0.09              | 8.00                         |
| PW (g) | 0.06             | 0.01              | 6.00                         |



**Σχήμα 4.** Γράφημα των απαιτούμενων ατόμων στρειδόχτενου για την δέσμευση όμοιων τιμών C, N και P με τις νεκρές πίννες.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τους υπολογισμούς μας χρειάζονται κατά προσέγγιση 799.132 άτομα του είδους *P. radiata* για να αποκαταστήσουν την συνεισφορά του είδους *P. nobilis* στον κόλπο του Αργοστολίου πριν τις μαζικές θνησιμότητες ως προς τον άνθρακα, 785.112 άτομα ως προς το άζωτο και 588.834 άτομα ως προς το φώσφορο (Σχ. 4).

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εξαφάνιση των ειδών έχει σοβαρές συνέπειες τόσο στη βιοποικιλότητα όσο και στα οικοσυστήματα. Όταν ένα είδος φθίνει σταδιακά ή ακόμα χειρότερα αντιμετωπίζει μαζικές θνησιμότητες με κίνδυνο την εξαφάνιση, άλλα είδη με τα οποία είχε συμβιωτικές σχέσεις είναι πολύ πιθανόν να επηρεάζονται αρνητικά. Από την άλλη, οργανισμοί με ανταγωνιστικό ρόλο ίσως επωφεληθούν και η εξαφάνιση ενός είδους αποτελέσει την εξάπλωση ενός άλλου. Το βέβαιο είναι ότι η ξαφνική απώλεια μεγάλων πληθυσμών ενός δίθυρου έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του εκάστοτε οικοσυστήματος με μεγάλα ποσά άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Ακόμα και αν τελικά άλλα ανταγωνιστικά είδη επωφεληθούν από τις επικρατούσες συνθήκες για την εξάπλωσή τους, η αναπλήρωση των χαμένων οικοσυστημικών υπηρεσιών σίγουρα δεν μπορεί να επιτελεστεί άμεσα, αλλά σε βάθος χρόνου.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση του αριθμού των ατόμων του είδους *P. radiata* που θα χρειαστούν για την αποκατάσταση των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρείχαν οι πληθυσμοί της *P. nobilis* στον κόλπο του Αργοστολίου, πρώτου εμφανιστεί το φαινόμενο μαζικών θνησιμοτήτων του είδους. Ο λόγος που επιλέχθηκε το στρειδόχτενο ως πιθανός αντικαταστάτης της πίννας είναι διότι τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση του είδους τόσο στον κόλπο του Αργοστολίου όσο και γενικότερα στη Μεσόγειο θάλασσα. Αποτελεί εισβολικό είδος το οποίο προσαρμόζεται πολύ εύκολα στα νέα οικοσυστήματα και οι θερμές θερμοκρασίες της Μεσογείου ευνοούν την ανάπτυξή του (Theodorou et al., 2019). Συγκεκριμένα στον κόλπο του Αργοστολίου, όπου έλαβε χώρα η παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε έντονη αύξηση του είδους στις περιοχές όπου βρίσκονταν οι πληθυσμοί των πιννών, ενώ μάλιστα παρατηρήθηκαν ορισμένα άτομα που χρησιμοποιούσαν ως υπόστρωμα νεκρά κελύφη πίννας. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε

αν σε βάθος χρόνου το στρειδόχτενο θα μπορέσει να αναπληρώσει τις χαμένες οικοσυστημικές υπηρεσίες των πιννών, αλλά όπως φαίνεται οι παρούσες συνθήκες το ευνοούν ώστε να θεωρήσουμε μια τέτοια περίπτωση τουλάχιστον ως πιθανή.

Για τον υπολογισμό των οικοσυστημικών υπηρεσιών χρησιμοποιήσαμε προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει πάνω στα δύο είδη. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήσαμε τη βιομάζα των κελυφών και υπολογίσαμε κατά προσέγγιση τις ποσότητες C, N και P που δεσμεύουν από το περιβάλλον (Moutopoulos et al., 2021; Tsolakos et al., 2024; van der Schatte Olivier et al., 2020). Τη συνεισφορά της σάρκας τη θεωρήσαμε αμελητέα, καθώς η προσθήκη της στους υπολογισμούς μας ήταν πολύ μικρή και επιπλέον δεν είχαμε επαρκή στοιχεία για να τον ακριβή υπολογισμό της. Όσον αφορά τα απαιτούμενα άτομα *P. radiata* για την αποκατάσταση των οικοσυστημικών υπηρεσιών των πληθυσμών της πίννας, δεν μπορούμε να δώσουμε έναν ακριβή αριθμό ατόμων καθώς οι τιμές για τον άνθρακα, το άζωτο και το φώσφορο διαφέρουν για τα δύο είδη. Ωστόσο, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι αναλογικά με τη βιομάζα των δύο ειδών, τα στρειδόχτενα δεσμεύουν ισάξια ποσότητα άνθρακα για περίπου 800.000 άτομα, ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου και περίπου ενάμισι φορές περισσότερο φώσφορο. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε, ότι αν τελικά σε βάθος χρόνου, καταφέρει το στρειδόχτενο να εδραιωθεί στο υδάτινο οικοσύστημα του κόλπου του Αργοστολίου σίγουρα δεν θα παρέχει ισότιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες με τις πίννες, αλλά θα θέσει σε τροχιά μια νέα ισορροπία στις τιμές C, N και P για το οικοσύστημα αυτό.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 5.1. Ελληνική

Ακριβός, Β., 2020. Μελέτη του πληθυσμού *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) στον κόλπο του Αργοστολίου.

Τάγκαλης, Δ., 2012. Μελέτη του πληθυσμού του επαπειλούμενου με εξαφάνιση είδους δίθυρου μαλακίου Πίννα (*Pinna nobilis*) στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο.

### 5.2. Ξενόγλωσση

Acarli, S., Lök, A., Acarli, D., Kırtık, A., 2018. Reproductive cycle and biochemical composition in the adductor muscle of the endangered species fan mussel *Pinna nobilis*, Linnaeus 1758 from the Aegean Sea, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin 27, 6506–6518.

Barea-Azcón, J.M., Ballesteros-Duperón, E., Moreno, D., 2008. Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía: Sevilla, Spain 4, 1438.

Basso, L., Vázquez-Luis, M., García-March, J.R., Deudero, S., Alvarez, E., Vicente, N., Duarte, C.M., Hendriks, I.E., 2015. The pen shell, *Pinna nobilis*: A review of population status and recommended research priorities in the Mediterranean Sea. Advances in marine biology 71, 109–160.

Butler, A., Vicente, N., de Gaulejac, B., 1993. Ecology of the pteroid bivalves *Pinna bicolor* Gmelin. Mar Life 3, 37–45.

Cabanellas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Álvarez, E., Deudero, S., Amores, Á., Addis, P., Ballesteros, E., Barrajón, A., Coppa, S., García-March, J.R., Giacobbe, S., Casaldueiro, F.G., Hadjioannou, L., Jiménez-Gutiérrez, S.V., Katsanevakis, S., Kersting, D., Mačić, V., Mavrič, B., Patti, F.P., Planes,

- S., Prado, P., Sánchez, J., Tena-Medialdea, J., de Vaugelas, J., Vicente, N., Belkhamssa, F.Z., Zupan, I., Hendriks, I.E., 2019. Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. Scientific Reports 9, 13355. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49808-4>
- Cantoni, C., Cattaneo, P., Ardemagni, A., 1977. A report on P content in the flesh of aquatic animals. Industrie Alimentari (Italy) 16.
- Čelebičić, M., Trakić, S., Đug, S., Viteškić, V., 2021. After the *Pinna nobilis* l. mass mortality event in Bosnia and Herzegovina—A proposal for remediation of biofiltration services in marine ecosystem. Veterinaria 70, 351–363.
- Colomer, E.N., Vázquez-Luis, M., García-March, J.R., Deudero, S., 2016. Population Structure and Growth of the Threatened Pen Shell, *Pinna rudis* (Linnaeus, 1758) in a Western Mediterranean Marine Protected Area. Mediterranean Marine Science 17, 785–793. <https://doi.org/10.12681/mms.1597>
- Davenport, J., Ezgeta-Balić, D., Peharda, M., Skejić, S., Ninčević-Gladan, Ž., Matijević, S., 2011. Size-differential feeding in *Pinna nobilis* L.(Mollusca: Bivalvia): exploitation of detritus, phytoplankton and zooplankton. Estuarine, Coastal and Shelf Science 92, 246–254.
- Galinou-Mitsoudi, S., Vlahavas, G., Papoutsis, O., 2006. Population study of the protected bivalve *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in Thermaikos Gulf (north Aegean Sea). Journal of Biological Research 5, 47–53.
- García-March, J.R., García-Carrascosa, A., Peña Cantero, A., Wang, Y.-G., 2007. Population structure, mortality and growth of *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Bivalvia) at different depths in Moraira bay (Alicante, Western Mediterranean). Marine Biology 150, 861–871.

- García-March, J.R., Sanchís Solsona, M.Á., García-Carrascosa, A., 2008. Shell gaping behaviour of *Pinna nobilis* L., 1758: circadian and circalunar rhythms revealed by in situ monitoring. *Marine Biology* 153, 689–698.
- Gauthier, J., Caseiro, J., Lasnier, B., 1994. Les perles rouges de *Pinna nobilis*. *Revue de Gemmologie, AFG* 118, 2–4.
- Gifford, S., Dunstan, H., O’connor, W., Macfarlane, G., 2005. Quantification of in situ nutrient and heavy metal remediation by a small pearl oyster (*Pinctada imbricata*) farm at Port Stephens, Australia. *Marine Pollution Bulletin* 50, 417–422.
- Haamer, J., 1996. Improving water quality in a eutrophied fjord system with mussel farming. *Ambio* 356–362.
- Hernandis, S., Tena-Medialdea, J., Téllez, C., López, D., Prado, P., García-March, J.R., 2021. Suspended culture of *Pinna rudis* enhances survival and allows the development of a seasonal growth model for Mediterranean Pinnids. *Aquaculture* 543, 736964.
- Higgins, C.B., Stephenson, K., Brown, B.L., 2011. Nutrient bioassimilation capacity of aquacultured oysters: quantification of an ecosystem service. *Journal of environmental quality* 40, 271–277.
- Hiwatari, T., Kohata, K., Iijima, A., 2002. Nitrogen budget of the bivalve *Macrura veneriformis*, and its significance in benthic—pelagic systems in the Sanbanse Area of Tokyo Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55, 299–308.
- Katsanevakis, S., 2007. Growth and mortality rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach. *Marine Biology* 152, 1319–1331.

- Katsanevakis, S., 2006. Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries research* 81, 229–235.
- Katsanevakis, S., 2005. Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. *Endangered species research* 1, 51–59.
- Katsanevakis, S., Lefkaditou, E., Galinou-Mitsoudi, S., Koutsoubas, D., Zenetos, A., 2008. Molluscan species of minor commercial interest in Hellenic seas: Distribution, exploitation and conservation status. *Mediterranean Marine Science* 9, 77–118. <https://doi.org/10.12681/mms.145>
- Katsanevakis, S., Thessalou-Legaki, M., 2009. Spatial distribution, abundance and habitat use of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in Souda Bay, Crete. *Aquatic Biology* 8, 45–54. <https://doi.org/10.3354/ab00204>
- Linehan, L.G., O’connor, T., Burnell, G., 1999. Seasonal variation in the chemical composition and fatty acid profile of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *Food chemistry* 64, 211–214.
- Marrocco, V., Zangaro, F., Sicuro, A., Pinna, M., 2019. A scaling down mapping of *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) through the combination of scientific literature, NATURA 2000, grey literature and citizen science data. *Nature Conservation* 33, 21–31.
- Miletic, I., Miric, M., Lalic, Z., Sobajic, S., 1991. Composition of lipids and proteins of several species of molluscs, marine and terrestrial, from the Adriatic Sea and Serbia. *Food chemistry* 41, 303–308.
- Moutopoulos, D.K., Ramfos, A., Theodorou, J.A., Katselis, G., 2021. Biological aspects, population and fishery dynamics of the non-indigenous pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) in the Eastern Mediterranean.

- Regional Studies in Marine Science 45, 101821.  
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101821>
- Nakamura, M., Yamamuro, M., Ishikawa, M., Nishimura, H., 1988. Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon. Marine Biology 99, 369–374.
- Rabaoui, L., Tlig-Zouari, S., Cosentino, A., Hassine, O.K.B., 2009. Associated fauna of the fan shell *Pinna nobilis* (Mollusca: Bivalvia) in the northern and eastern Tunisian coasts. Scientia Marina 73, 129–141.  
<https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n1129>
- Ren, J.S., Marsden, I.D., Ross, A.H., Schiel, D.R., 2003. Seasonal variation in the reproductive activity and biochemical composition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) from the Marlborough Sounds, New Zealand.
- Richardson, C., Kennedy, H., Duarte, C., Kennedy, D., Proud, S., 1999. Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. Marine Biology 133, 205–212.
- Scarpa, F., Sanna, D., Azzena, I., Cossu, P., Casu, M., 2021. From dark to light and back again: Is *Pinna nobilis*, the largest mediterranean shellfish, on the brink of extinction? What about *Pinna nobilis*. Veterinaria 70, 1–14.
- Schultz, P.W., Huber, M., 2013. Revision of the worldwide Recent Pinnidae and some remarks on fossil European Pinnidae. ConchBooks.
- Seire, A., Carell, B., Westermark, T., Mutvei, H., Bignert, A., 1996. Bivalve shells as environmental archives in brackish water: Elemental and radioactivity studies of Estonian *Macoma baltica* shells. Bulletin de l'Institut océanographique (Monaco) 97–104.

- Seki, M., 1972. Studies on environmental factors for the growth of pearl oyster, *Pinctada fucata*, and the quality of its pearl under the culture condition. Bull. Mie Pref. Fish. Exp. Stn 1, 32–149.
- Siddiqui, K., 2007. Encyclopedia of Flora and Fauna of Bangladesh: Molluscs. Asiatic Society of Bangladesh.
- Sidwell, V.D., Bonnet, J.C., Zook, E.G., 1973. Chemical and nutritive values of several fresh and canned finfish, crustaceans, and mollusks Part I: proximate composition, calcium, and phosphorus. Marine Fisheries Review 35, 16–19.
- Theodorou, J.A., Perdikaris, C., Spinos, E., 2019. On the occurrence of rayed pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) in Western Greece (Ionian Sea) and its biofouling potential. Biharean Biologist 13, 4–7.
- Tsolakos, K., Theodorou, J., Katselis, G., 2024. Estimation OF *Pinna nobilis* L. ecosystem services in Greece. Hydromedit 2024, Mytilene, Lesvos, Greece, 30 May – 2 June 2024.
- Vafidis, D., Antoniadou, C., Voultsiadou, E., Chintiroglou, C., 2014. Population structure of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in the south Aegean Sea (eastern Mediterranean). J. Mar. Biol. Ass. 94, 787–796.  
<https://doi.org/10.1017/S0025315413001902>
- van der Schatte Olivier, A., Jones, L., Vay, L.L., Christie, M., Wilson, J., Malham, S.K., 2020. A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture. Reviews in Aquaculture 12, 3–25.  
<https://doi.org/10.1111/raq.12301>
- Vázquez-Luis, M., Álvarez, E., Barraji3n, A., Garc3a-March, J.R., Grau, A., Hendriks, I.E., Jim3nez, S., Kersting, D., Moreno, D., P3rez, M., Ruiz, J.M., S3nchez, J.,

- Villalba, A., Deudero, S., 2017. S.O.S. *Pinna nobilis*: A Mass Mortality Event in Western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science* 4.
- Vázquez-Luis, M., March, D., Alvarez, E., Alvarez-Berastegui, D., Deudero, S., 2014. Spatial distribution modelling of the endangered bivalve *Pinna nobilis* in a Marine Protected Area. *Mediterranean Marine Science* 626–634. <https://doi.org/10.12681/mms.796>
- Vázquez-Luis, M., Nebot-Colomer, E., Deudero, S., Planes, S., Boissin, E., 2021. Natural hybridization between pen shell species: *Pinna rudis* and the critically endangered *Pinna nobilis* may explain parasite resistance in *P. nobilis*. *Molecular Biology Reports* 48, 997–1004.
- Vicente, N., Moreteau, J., 1991. Statut de *Pinna nobilis* L. en Mediterranee (mollusque eulamellibranche). Les espèces marines à protéger en Méditerranée 159–168.
- Voultsiadou, E., Koutsoubas, D., Achparaki, M., 2010. Bivalve mollusc exploitation in Mediterranean coastal communities: an historical approach. *Journal of Biological Research* 13, 35.
- Westermarck, T., Carell, B., Mutvei, H., Forberg, S., Kulakowski, E., 1996. Elemental content in shells of the ocean quahog, *Arctica islandica* L.(Mollusca: Bivalvia), from NW Europe as marine environmental archives. *Bulletin de l’Institut océanographique (Monaco)* 105–111.
- Yamamuro, M., Hiratsuka, J., Ishitobi, Y., 2000. Seasonal change in a filter-feeding bivalve *Musculista senhousia* population of a eutrophic estuarine lagoon. *Journal of Marine Systems* 26, 117–126.
- Zhou, Y., Yang, H., Liu, S., He, Y., Zhang, F., 2002. Chemical composition and net organic production of cultivated and fouling organisms in Sishili Bay and their

ecological effects. Journal of fisheries of China/Shuichan Xuebao. Shanghai  
26, 21–27.

### 5.3. Ηλεκτρονική

[www.lifepinna.eu](http://www.lifepinna.eu) , URL <https://www.lifepinna.eu/en/home/>.

[www.pinnasos.upatras.gr](http://www.pinnasos.upatras.gr) , URL <http://pinnasos.gr/index.php/el/>.

## 6. ABSTRACT

The species of *Pinna nobilis* constitutes an endemic species of outmost importance in the Mediterranean which is in the verge of extinction because of the mass mortality events. The current study was carried out in the context of searching for alive individuals of pinna in the bay of Argostoli on Kefalonia during 2021 – 2022. The samplings took place on purpose of collecting shells of dead pinnas and searching for alive individuals in hot spot areas in case they survived. After the end of sampling it was confirmed that none was able to survive, while it was noticed that the invasive species *Pinctada radiata* was thriving in the areas where pinnas populations were living in the past. After this observation the question arose whether it would be possible for this new species to provide equivalent ecosystem services in Argostoli bay with those of pinnas before the mass mortality events. In the current study the biomass of pinna shells in the bay and the ecosystem services they provided the environment were calculated. Furthermore, the carbon, the nitrogen and the phosphorus sequestration of *P. radiata* were estimated and after comparing the data of these two species, the number of individuals pearl oyster that are needed to replace the ecosystem services of pinnas in the bay were estimated.