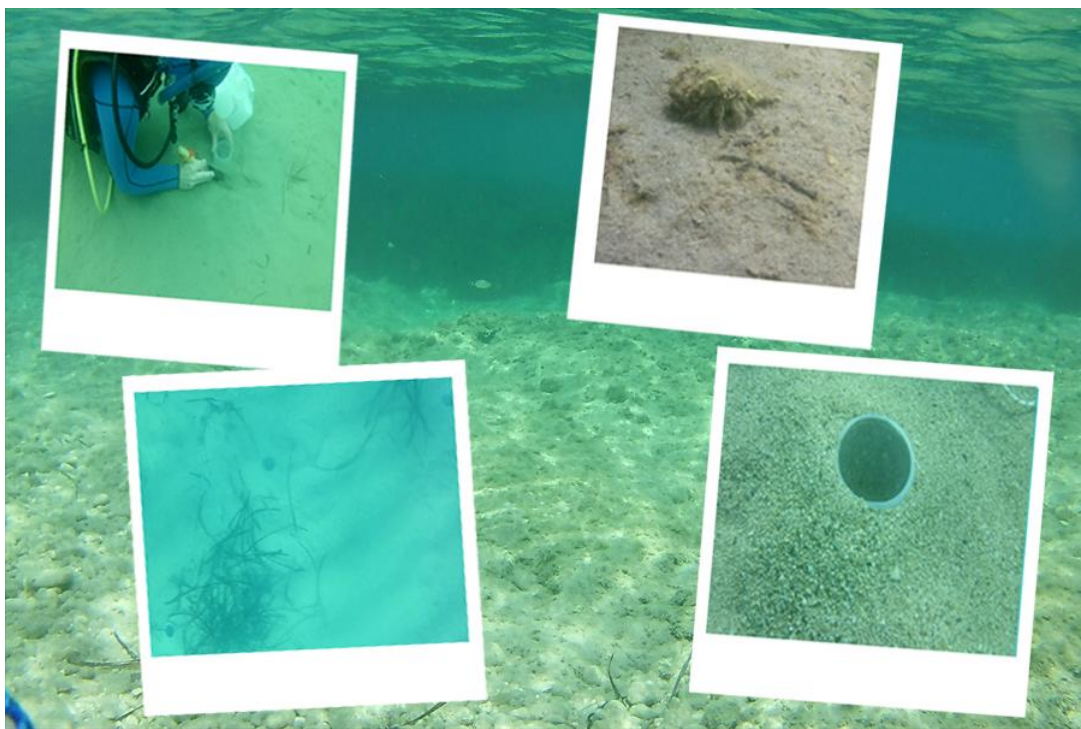




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ  
ΒΙΟΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
Π.Μ.Σ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

**ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΝΘΙΚΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΠΑΝΙΔΑΣ  
ΣΕ ΜΑΛΑΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΑΓΙΔΩΝ  
ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ (ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ : ΛΕΣΒΟΣ)**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ντούλιας Θ. Θεόδωρος

**Επιβλέπων :** Κατσανεβάκης Στυλιανός

Καθηγητής Τμήματος Ωκεανογραφίας και Θαλάσσιων Βιοεπιστημών

Μυτιλήνη, Φεβρουάριος 2020

## Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο και φίλο Ιορδάνη Θεοχάρη που αναλάβαμε μαζί να διεκπεραιώσουμε την συγκεκριμένη μελέτη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Στέλιο Κατσανεβάκη για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με τον συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα της οικολογικής παρακολούθησης καθώς και για την βοήθεια και στήριξη καθ' όλη την διαδικασία της μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αθανάσιο Ευαγγελόπουλο και την κ. Νίκη Αλεξίου για την βοήθεια που μας παρείχαν στο εργαστηριακό κομμάτι της αναγνώρισης των ειδών. Την υποψήφια διδάκτωρ κα. Εύα Μανούτσογλου για την βοήθεια και συμμετοχή της στα δεδομένα ιζημάτων και στο εργαστηριακό κομμάτι της κοκκομετρικής ανάλυσης. Τον καθηγητή κ. Ιωάννη Μπατζάκα, την κα Μαρία Μαΐδανου και τον κ. Carlo Foglia για την συμβολή τους στην αναγνώριση των ειδών.

Τον φίλο κ. Δημήτρη Κωνσταντή για την επανένταξη μου στον κόσμο των καταδύσεων. Την φοιτητική καταδυτική ομάδα 'Τρίτων' του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την παραχώρηση του καταδυτικού εξοπλισμού και την κα Ερασμία Τζανάκη καθώς η συμβολή της ήταν ουσιαστική και σημαντική σε πολλές δειγματοληπτικές βουτιές.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και όλους τους φίλους μου για την υπομονή και στήριξη τους σε όλη αυτή την χρονική περίοδο της μελέτης.

## Περίληψη

Η έρευνα αυτή αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια οικολογικής παρακολούθησης βενθικών οργανισμών της υποπαραλιακής ζώνης, με εφαρμογή της μεθόδου των παγίδων παρεμβολής, στη Λέσβο την περίοδο Μάιος-Σεπτέμβριος 2019. Οι μισές παγίδες περιελάμβαναν δόλωμα. Οι παγίδες τοποθετήθηκαν σε βάθος 3m με αυτόνομη κατάδυση σε 15 σταθμούς σε 3 περιοχές στην Λέσβο. Κατεγράφησαν 30 είδη και 607 άτομα. Η ανάλυση ομαδοποίησης που εφαρμόστηκε μας έδειξε καλύτερη ομαδοποίηση των σταθμών των περιοχών του κόλπου της Καλλονής και της Μυτιλήνης ενώ για την περιοχή του κόλπου της Γέρας οι σταθμοί δεν ομαδοποιήθηκαν σε υψηλό ποσοστό. Επίσης δεν υπήρχε ξεκάθαρη ομαδοποίηση και διαχωρισμός των παγίδων με δόλωμα και χωρίς δόλωμα. Δύο είδη κυριάρχησαν στις μετρήσεις. Οι πάγουροι *Diogenes pugilator* (Roux, 1829) και *Paguristes streaensis* (Pastore, 1984). Γενικευμένα Γραμμικά μοντέλα εφαρμόστηκαν στα 2 επικρατέστερα είδη για τον υπολογισμό και την συσχέτιση της αφθονίας τους με την κοκκομετρία της περιοχής, όπως επίσης και την ύπαρξη δολώματος ή μη στις παγίδες. Τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι η αφθονία του *D. pugilator* αυξάνει σε περιοχές με λεπτόκοκκο αμμώδες ιζημα και καλή ταξιθέτηση ιζήματος, ενώ το *P. streaensis* προτιμά πιο χονδρόκοκα αμμώδη ιζήματα με όχι καλή ταξιθέτηση. Και τα δύο μοντέλα μας έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα των παγίδων αυξάνει με την ύπαρξη δολώματος.

## Abstract

This research is a first attempt of ecological monitoring of subtidal communities, using the method of pitfall traps, on soft substrate in Lesvos from May-September 2019. Half of the traps included bait. The traps were placed at a depth ~3 m, at 15 stations in 3 areas in Lesvos. In total, 30 species and 607 individuals were recorded. The cluster analysis applied showed a better clustering of stations in the regions of gulf of Kalloni and Mytilene while in the gulf of Gera the stations were not clustered at a high rate. There was also no clear grouping and separation of traps with bait and traps with no-bait. Two species dominated *Diogenes pugilator* (Roux, 1829) and *Paguristes streaensis* (Pastore, 1984). Generalized Linear Models were applied to the 2 dominant species to estimate their abundance in relation to the sediment's granulometry, and the existence of bait. Our results showed that the abundance of *D. pugilator* increases in areas with fine sandy sediment and good sediment classification, whereas *P. streaensis* prefers more coarse sandy sediments with poor sediment classification. Both models have shown us that traps are more efficient with the use of bait.

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	7
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	9
3.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ .....	9
3.1.1. Δειγματοληψία Πεδίου.....	9
3.1.2. Καθορισμός σημείων δειγματοληψίας και επεξεργασία σημείων και χαρτών. ....	10
3.1.3. Διαχωρισμός – Συντήρηση Δειγμάτων .....	11
3.2. ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	12
3.3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	12
3.4. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	12
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ .....	15
4.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	15
4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΟΜΑΔΕΣ (CLUSTERANALYSIS) .....	15
4.3. ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ (NMDS).....	16
4.4. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ – ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ .....	18
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	20
5.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	20
5.2. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ .....	21
5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ (PRIMERv6) .....	23
5.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ( GLM ).....	27
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	31
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	33
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	37

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσαρμοστική διαχείριση βασίζεται στο ότι η ακριβής εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης όλων των στοιχείων (οικοτόπων, ειδών) ενός οικοσυστήματος και των υπαρχόντων ή μελλοντικών πιέσεων και απειλών είναι εξαιρετικά δύσκολη και απαιτεί πλούτο δεδομένων, που συνήθως δεν είναι διαθέσιμα (Pahl-Wostl, 2007).

Ως εκ τούτου, ο στόχος της προσαρμοστικής διαχείρισης είναι να διαχειριστεί το οικοσύστημα, ώστε να διατηρεί τη μεγαλύτερη δυνατή οικολογική ακεραιότητα του, αλλά και να χρησιμοποιεί πρακτικές διαχείρισης που να μπορούν να αναθεωρούνται βάσει νέων εμπειριών και ιδεών (Holling C. S., 1978 ; Pahl-Wostl, 2007). Κατά την «προσαρμοστική διαχείριση», η οικολογική παρακολούθηση παρέχει το βρόχο ανάδρασης για τη γνώση του συστήματος, προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα οι στόχοι της διαχείρισης (Lyons et. al., 2008).

Η οικολογική παρακολούθηση μπορεί να ορισθεί ως η συλλογή οικολογικών δεδομένων με τυποποιημένο τρόπο ανά τακτά χρονικά διαστήματα, με σκοπό τον εντοπισμό μεταβολών και την αναζήτηση των αιτιών που τις προκαλούν (Yoccoz, 2001). Η οικολογική παρακολούθηση μπορεί να έχει καθαρά επιστημονικούς στόχους, καθώς μπορεί να αποτελέσει το μέσο για τον έλεγχο οικολογικών υποθέσεων, την αξιολόγηση της επίδρασης των φυσικών και ανθρωπογενών πιέσεων, και την κατανόηση της λειτουργίας των συνιστωσών του οικοσυστήματος και των μηχανισμών των οικολογικών διεργασιών (Katsanevakis et. al., 2012).

Σύμφωνα με τον ορισμό του Yoccoz (2001) για την επίτευξη οικολογικής παρακολούθησης απαιτείται η οριοθέτηση και καταγραφή μεταβλητών κατάστασης οι οποίες μπορούν να περιγράψουν το προς μελέτη σύστημα τόσο ως προς τον χώρο όσο και ως προς τον χρόνο.

Η επιλογή της μεταβλητής ή των μεταβλητών κατάστασης που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από τους στόχους του προγράμματος παρακολούθησης. Μεταβλητές κατάστασης ενδιαφέροντος για τον έλεγχο των θαλάσσιων πληθυσμών και βιοκοινοτήτων μπορεί να είναι η αφθονία, η πληθυσμιακή πυκνότητα, η βιομάζα, η δομή του πληθυσμού, η βιοποικιλότητα, η πιθανότητα παρουσίας (Katsanevakis et. al., 2012).

Η μελέτη της ποικιλότητας των ειδών απαιτεί τη χρήση κατάλληλων μεθόδων δειγματοληψίας ανάλογα με τις συνθήκες του εκάστοτε ενδιαιτήματος, που εξασφαλίζουν την αποτελεσματικότητα κόστους και την αμεροληψία των εκτιμήσεων (Southwood, 1994 ; Gullan & Cranston, 2005).

Η πιο συνηθισμένη μη καταστρεπτική μέθοδος οικολογικής παρακολούθησης και μέτρησης της ποικιλότητας των ειδών που χρησιμοποιείται στην ξηρά για επιφανειακούς μικρούς οργανισμούς και αρθρόποδα είναι η μέθοδος παγίδων παρεμβολής (pitfall traps).

Από τότε που επινοήθηκαν οι παγίδες παρεμβολής (Barber traps (Barber, 1931) ή pitfall traps), άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως για την ημιποσοτική μελέτη εδαφικών εντόμων στους βιοτόπους (Thiele, 1977). Πρόκειται για κυλινδρικά δοχεία που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος και το χείλος τους είναι στο επίπεδο της επιφάνειας του εδάφους. Οι οργανισμοί όταν πέφτουν μέσα, δεν μπορούν να δραπετεύσουν επειδή δεν μπορούν να σκαρφαλώσουν στα τοιχώματα του δοχείου. Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ότι οι παγίδες είναι φθηνές, εύκολες στη χρήση και τοποθέτηση και λειτουργούν αυτόνομα (Kotze et al., 2011).

Η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει ένα ικανοποιητικό μέσο σύγκρισης, για τη δομή των κοινωνιών των αρθροπόδων και άλλων μικρών οργανισμών, θεωρώντας ότι οι κινήσεις τους είναι

τυχαίες. Τότε η πιθανότητα ενός οργανισμού να έρθει σε επαφή με το χείλος της παγίδας, είναι μια γραμμική συνάρτηση της διαμέτρου της παγίδας, αλλά και πολλών άλλων παραμέτρων που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της κάθε παγίδας. Ένα πλέγμα από παγίδες εδάφους μπορεί να δώσει ένα εντυπωσιακό όγκο δεδομένων (Southwood, 1978). Η αποτελεσματικότητα των παγίδων παρεμβολής (pitfall traps) εξαρτάται από παράγοντες όπως: την πυκνότητα του πληθυσμού, την κινητικότητα των οργανισμών, το σχήμα και το μέγεθος του χείλους της παγίδας, το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα δοχεία (παγίδες), από τον αριθμό των παγίδων και την μέση απόσταση μεταξύ τους και τον τρόπο εφαρμογής τους στο έδαφος (Adis, 1979 ; Hohbein & Conway, 2018).

Οι παγίδες παρεμβολής έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την έρευνα της οικολογίας των ενήλικων *Carabidae*, όπως η μελέτη της εποχικής δραστηριότητας τους, των χωρικών προτύπων κατανομής τους, της σχετικής αφθονίας ειδών σε διαφορετικούς τύπους βλάστησης, της περιγραφής της πανίδας τους στους βιοτόπους και των καθημερινών ρυθμών δραστηριότητας τους (Greenslade, 1964).

Σύμφωνα με τον Greenslade (1964), τα δείγματα στις παγίδες καθορίζονται κυρίως από το μέγεθος του πληθυσμού και το βαθμό δραστηριότητας των ειδών. Τα είδη παγιδεύονται με διάφορους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος τους, τη συμπεριφορά τους και το δρόμο που ακολουθούν στη βλάστηση όταν είναι δραστήρια.

Παρόλο αυτά ένα από τα χαρακτηριστικά των παγίδων παρεμβολής αποτελεί και μειονέκτημα της μεθόδου κα αυτό είναι ότι τα δείγματα δεν αποτελούν μέτρο πυκνότητας των ειδών αλλά μέτρο του συνδυασμού της πληθυσμιακής πυκνότητας και της δραστηριότητάς τους (Greenslade, 1964, Lövei & Sunderland, 1996 ; Thiele 1977).

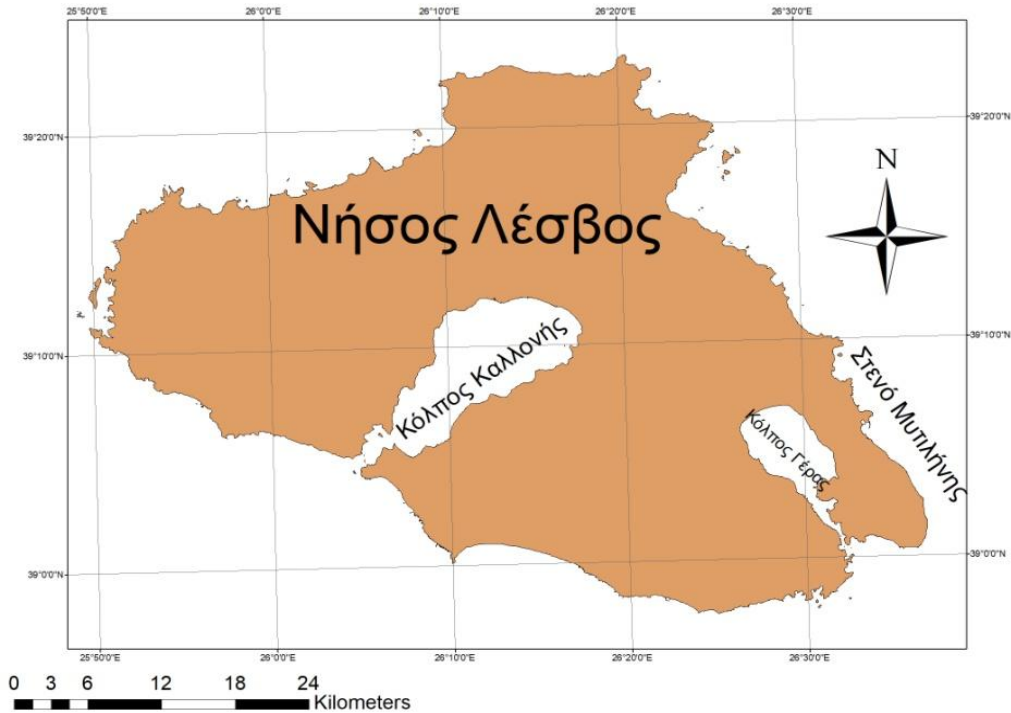
Προσπάθειες που γίνονται να γίνει πιο αποτελεσματική η δειγματοληπτική ικανότητα των παγίδων παρεμβολής υποδηλώνουν ότι παραμένει ιδανική μέθοδος για τη μελέτη πολλών παραμέτρων των εδαφικών κοινωνιών, όπως η παρουσία ειδών (Lövei & Sunderland, 1996).

Στο θαλάσσιο περιβάλλον η χρήση των παγίδων παρεμβολής δεν είναι ευρέως διαδεδομένη. Κυρίως έχει χρησιμοποιηθεί σε κάποιες περιπτώσεις μελετών της διαπαλιρροιακής ζώνης (McInvor & Smith, 1995 ; Grosholz & Ruiz, 1995), και στην πιλοτική έρευνα των Dadaliaris & Grantounis(2017) οι οποίοι αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα των παγίδων παρεμβολής στην υποπαραλιακή ζώνη ως μέσο παρακολούθησης θαλάσσιων βενθικών αρθροπόδων. Τα αποτελέσματά τους ήταν αρκετά ενθαρρυντικά για την χρησιμοποίηση των παγίδων παρεμβολής για την υποπαραλιακή ζώνη.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι μια πρώτη προσπάθεια οικολογικής παρακολούθησης, με εφαρμογή της μεθόδου των παγίδων παρεμβολής, σε ευρεία χωρική κλίμακα και ανάλυσης της βενθικής κινητής επιπανίδας σε μαλακό υπόστρωμα σε 3 μεγάλες περιοχές της νήσου Λέσβου.

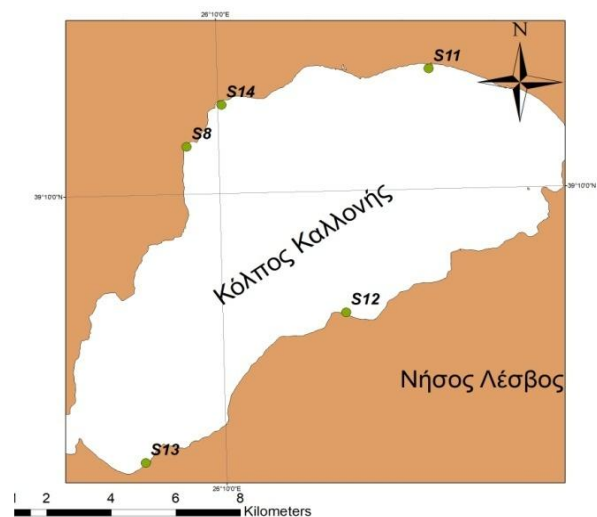
## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πεδίο της παρούσας έρευνας αποτέλεσε το νησί της Λέσβου το οποίο βρίσκεται στο Βορειοανατολικό τμήμα του Αιγαίου Πελάγους. Πιο συγκεκριμένα οι περιοχές δειγματοληψίας καθορίστηκαν σε τρεις διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές του νησιού: τους 2 μεγάλους φυσικούς κόλπους του νησιού, Κόλπο Γέρας και Κόλπο Καλλονής, καθώς και τη νοτιοανατολική θαλάσσια περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.

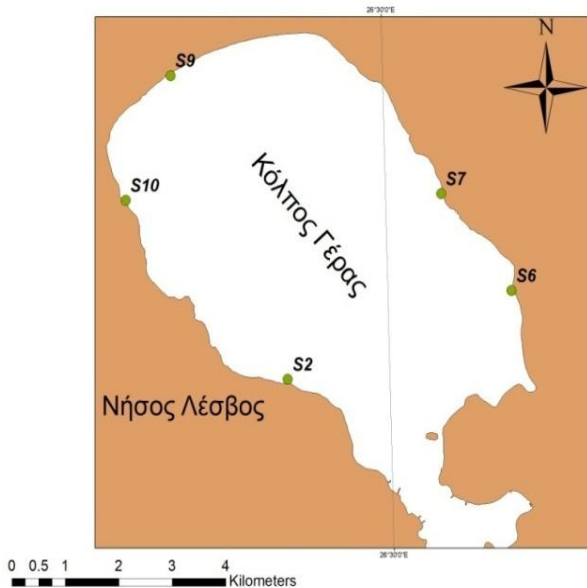


**Εικόνα 2.1 :** Η νήσος Λέσβος με τις 3 επιμέρους περιοχές μελέτης

Ο κόλπος της Καλλονής, ο μεγαλύτερος φυσικός κόλπος της Νήσου Λέσβου, αποτελεί μια αβαθή και ημίκλειστη εγκόλπωση έκτασης 110 km<sup>2</sup>. Γεωγραφικά τοποθετείται στο νότιο και κεντρικό τμήμα της Λέσβου. Έχει μακρόστενο ελλειψοειδές σχήμα με μέγιστο μήκος περίπου 22 km και μέγιστο πλάτος 10 km και συνδέεται με το Αιγαίο Πέλαγος με ένα στενό διάυλο μήκους 4 km και μέγιστου βάθους 25m (Παναγιωτίδης, 1997).



**Εικόνα 2.2 :** Σταθμοί δειγματοληψίας στον Κόλπο της Καλλονής

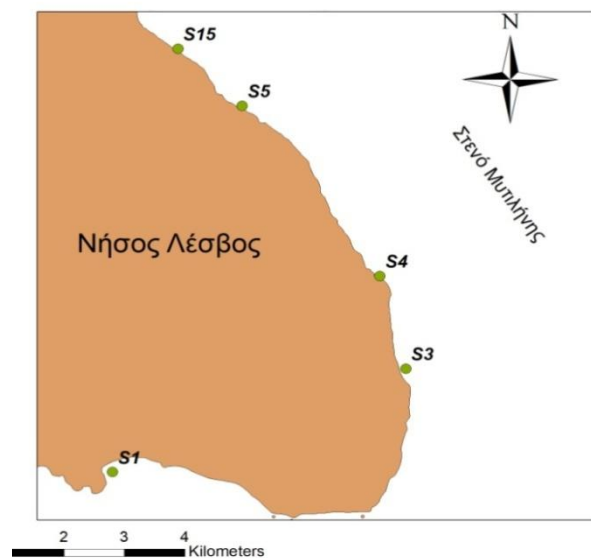


**Εικόνα 2.3 :** Σταθμοί δειγματοληψίας στον Κόλπο της Γέρας

Η θάλασσα περιοχή μεταξύ των ανατολικών ακτών του νησιού της Λέσβου και των παράλιων της Τουρκίας αποτέλεσε την τρίτη περιοχή μελέτης. Το μέσο πλάτος του Στενού είναι περίπου 18 Km στο μεγαλύτερο μέρος του, ενώ τα μέγιστα βάθη, στο βόρειο τμήμα του, ξεπερνούν τα 60 m. Ο πυθμένας εμφανίζεται γενικά ομαλός, χωρίς απότομες μορφολογικές ανωμαλίες και κατά μήκος των ακτών της Λέσβου καλύπτεται από ποσειδωνία έως ένα μέσο βάθος ~30 m (Κατσίκης & Θεοχάρης, 1983).

Ο κόλπος της Γέρας βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού και είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος κόλπος του νησιού. Είναι μια ρηχή ημίκλειστη θαλάσσια περιοχή με μέσο βάθος περίπου τα 20 μέτρα και έκταση 44 km<sup>2</sup>(εκτός διαύλου).Επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος προς το νότο μέσω ενός στενού διαύλου μήκους 6.5km και βάθους 10-33m (Κατσίκης & Θεοχάρης, 1983).

Το υπόστρωμα κοντά στην ακτή είναι κυρίως αμμώδες ανακατεμένο με χαλίκι και πέτρες, ενώ όσο βαθύνει ο κόλπος τόσο τα ιζήματα γίνονται πιο λεπτόκοκκα. Στο Νότιο και στο δυτικό τμήμα του κόλπου υπάρχουν μεμονωμένα λιβάδια ποσειδωνίας (Tsatiris et.al., 2018).



**Εικόνα 2.4 :** Σταθμοί δειγματοληψίας στο Στενό της Μυτιλήνης



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

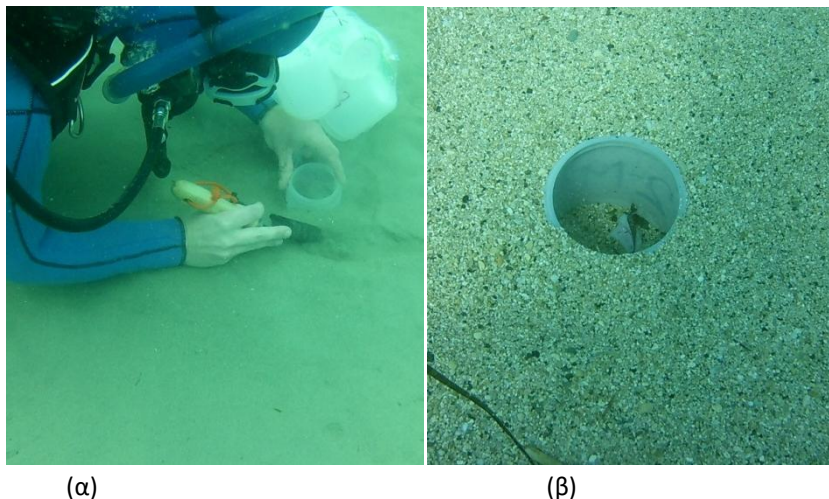
##### 3.1.1. Δειγματοληψία Πεδίου

Η μελέτη έλαβε χρόνο την περίοδο από τον Μάιο του 2019 έως τον Σεπτέμβριο του 2019. Οι σταθμοί δειγματοληψίας επιλέχθηκαν με παρατήρηση επί του πεδίου προσπαθώντας να καλύψουν περιφερειακά τόσο τους 2 κόλπους, όσο και μια μεγάλη έκταση της νότιας περιοχής του στενού της Μυτιλήνης. Συνυπολογίστηκε η προσβασιμότητα στην παραλία για την μεταφορά του εξοπλισμού όπως επίσης και το υπόστρωμα του κάθε σημείου. Οι δειγματοληψίες έγιναν με αυτόνομη κατάδυση (scuba diving) από ομάδα 2 ατόμων. Για κάθε σταθμό δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκαν 14 πλαστικά κυλινδρικά δοχεία του ίδιου τύπου τα οποία είχαν διάμετρο στομίου 8,3 cm. και μήκος 10,6 cm (Εικ.3.1).



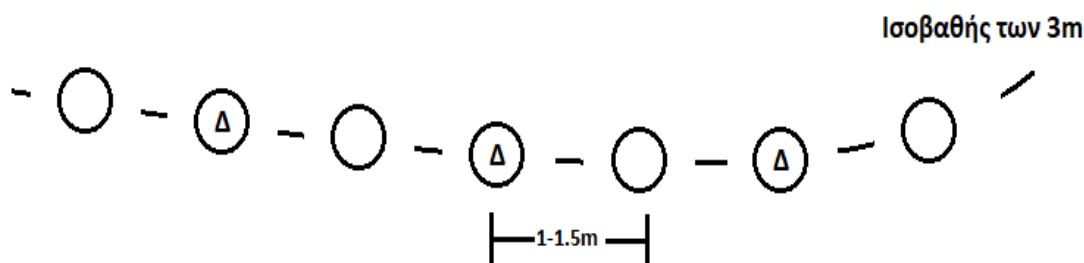
Εικόνα 3.1 : Δείγμα πλαστικού δοχείου που χρησιμοποιήθηκαν ως παγίδες.

Τα πλαστικά δοχεία τοποθετήθηκαν σε βάθος 3m περίπου και προσπαθώντας να ακολουθηθεί ή ισοβαθής των 3 μέτρων, σε απόσταση 1-1,5 m μεταξύ τους. Η τοποθέτηση των παγίδων έγινε με την βοήθεια ενός μικρού φτυαριού(Εικ.3.2α) όπου αφού σκάβονταν μία τρύπα περίπου όσο το μήκος του δοχείου, τοποθετούνταν το δοχείο μέσα και στην συνέχεια καλύπτονταν μέχρι το στόμιο με την άμμο που είχε σκαφτεί (Εικ.3.2β).



Εικόνα 3.2 : α) Μέθοδος τοποθέτησης παγίδων β) παγίδα με δόλωμα τοποθετημένη στο υπόστρωμα

Ακολούθως στα μισά από αυτά τα δοχεία εναλλάξ τοποθετήθηκε ένα κομμάτι από καλαμάρι ως δόλωμα. Σκοπός του δολώματος είναι να δούμε αν θα υπάρξει διαφοροποίηση στις παγίδες και αν το δόλωμα λειτουργεί ως παράγοντας έλξης στους οργανισμούς. Στην Εικ.3.3 παρουσιάζεται η σχηματική καταγραφή της τοποθέτησης των παγίδων.



*Εικόνα 3.3 : Απεικόνιση συστοιχίας των παγίδων κατά την δειγματοληψία*

Η αρχική παγίδα σηματοδοτήθηκε με μία σημαδούρα(buoy) για τον επανεντοπισμό της συστοιχίας παγίδων. Η τοποθέτηση των παγίδων γινόταν εναλλάξ από τον κάθε δύτη αν και σε κάποιες περιπτώσεις λόγω έντονης θολερότητας και για λόγους ασφαλείας η τοποθέτηση έγινε από τον ένα δύτη με τον δεύτερο δύτη να τροφοδοτεί και να ελέγχει τον πρώτο. Οι παγίδες σε κάθε σημείο δειγματοληψίας παρέμειναν για 24 ώρες. Η συλλογή των παγίδων γινόταν με επιτόπου κλείσιμο της παγίδας και στην συνέχεια με απεγκατάστασή της ούτως ώστε να μην υπάρξουν τυχόν απώλειες κατά της διαδικασία της απεγκατάστασης. Κατά την διαδικασία συλλογής των παγίδων συλλεγόταν και μία ποσότητα επιφανειακού ιζήματος από το σημείο δειγματοληψίας και γινόταν καταγραφή της θερμοκρασίας. Οι μετρήσεις θερμοκρασίας έγιναν με υπολογιστή καταδύσεων χειρός τύπου Suunto Gekko.

### **3.1.2. Καθορισμός σημείων δειγματοληψίας και επεξεργασία σημείων και χαρτών.**

Λόγω του γεγονότος ότι τα σημεία δειγματοληψίας καθορίστηκαν επί του πεδίου και λόγω έλλειψης gps θαλάσσης τα σημεία σηματοδοτήθηκαν κατά προσέγγιση στο Google Earth και μέσω οπτικής παρατήρησης στο πεδίο, σε συνδυασμό με την χρήση gps στην ξηρά από το σημείο εισόδου στην θάλασσα (παραλία). Οι συντεταγμένες των σημείων σε μορφή km από το Google Earth εισήχθησαν στο ArcMap και μετατράπηκαν από το σύστημα συντεταγμένων WGS84 το οποίο χρησιμοποιεί το Google Earth σε ΕΓΣΑ 87. Ακολούθως δημιουργήθηκαν οι Χάρτες απεικόνισης της περιοχής και των σημείων δειγματοληψίας (Εικ.2.2, 2.3, 2.4) καθώς και ο Πίνακας 3.1 με τις συντεταγμένες των σημείων.

Πίνακας 3.1 : Ημερολόγιο δειγματοληψιών

	Συντεταγμένες Σταθμών (σε ΕΓΣΑ)		Ημερ/νια	Ώρα	Χρόνος Κατάδυσης	Θερμοκρασία (σε °C)	
	X_cord	Y_cord					
Κόλπος Καλλονής Στενό Μυτιλήνης	s1	26° 33' 23.667" E	39° 0' 50.032" N	04-05-19	2:00	44min	18
	s3	26° 36' 47.665" E	39° 1' 45.929" N	15-05-19	2:30	30min	18
	s4	26° 36' 31.821" E	39° 2' 40.494" N	19-05-19	2:00	30min	19
	s5	26° 35' 0.746" E	39° 4' 22.018" N	22-05-19	2:00	27min	19
	s15	26° 34' 17.685" E	39° 4' 56.334" N	09-09-19	4:45	26min	22
	s8	26° 9' 18.187" E	39° 10' 51.089" N	17-06-19	4:20	47min	24
	s11	26° 14' 32.802" E	39° 12' 9.083" N	07-08-19	1:30	45min	25
	s12	26° 12' 38.353" E	39° 7' 50.251" N	13-08-19	4:40	50min	26
	s13	26° 8' 15.365" E	39° 5' 13.710" N	14-08-19	2:30	25min	26
	s14	26° 10' 4.498" E	39° 11' 35.181" N	07-09-19	1:30	45min	24
Κόλπος Γέρας	s2	26° 28' 39.956" E	39° 3' 47.184" N	09-05-19	2:30	40min	19
	s6	26° 31' 35.674" E	39° 4' 33.062" N	27-05-19	2:20	44min	20
	s7	26° 30' 42.926" E	39° 5' 28.420" N	04-06-19	3:00	29min	22
	s9	26° 27' 14.652" E	39° 6' 38.862" N	24-07-19	1:40	27min	28
	s10	26° 26' 37.459" E	39° 5' 29.895" N	29-07-19	3:00	35min	25

### 3.1.3. Διαχωρισμός – Συντήρηση Δειγμάτων

Οι παγίδες με τους οργανισμούς μετά την συλλογή τους από το πεδίο και την πάροδο κάποιων ωρών, μεταφέρονταν στο εργαστήριο όπου με την βοήθεια ενός κόσκινου με διατομή 0.5 mm (Εικ. 3.) διαχωρίζονταν από το ίζημα και τοποθετούνταν σε πλαστικά δοχεία. Μετά το πέρας της διαδικασίας κοσκινίσματος τα δοχεία συμπληρώνονταν με 70% αιθυλική αλκοόλη για την διατήρηση των οργανισμών και αποθηκεύονταν ανά παγίδα και περιοχή.

Εικόνα 3.4 : Διαδικασία διαχωρισμού των οργανισμών από το ίζημα



### **3.2. ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

Στο εργαστήριο βιολογίας έγινε η ταυτοποίηση του κάθε ατόμου. Η διαδικασία έγινε με την χρησιμοποίηση στερεοσκοπίου όπου στα άτομα αναγνωρίζονταν επιμέρους μορφολογικά χαρακτηριστικά και με την χρήση κλειδών αναγνωρίζονταν το κάθε είδος (Falciari & Minervini, 1992 ; Manousis, 2012 ; Riedl, 2000 ; Whitehead et. al., 1984 ; Hayward & Ryland, 1995). Στην συνέχεια ζητήθηκε η επιβεβαίωση των ταυτοποιήσεων από την ερευνήτρια του ΕΛΚΕΘΕ κ. Μ. Μαϊντανού και τον καρκινολόγο Δρ. Carlo Frogia (Italian National Research Council).

### **3.3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Για να μπορέσουμε να έχουμε μια πρώτη εικόνα της βιοκοινότητας του κάθε σημείου δειγματοληψίας καθώς και να διερευνηθούν οι οικολογικές σχέσεις μεταξύ των σταθμών έγινε πολυμεταβλητή ανάλυση των δεδομένων με χρήση του προγράμματος Primer 6. Για αυτό τον σκοπό δημιουργήθηκε ένα αρχείο excel το οποίο περιείχε τα είδη που καταγράφηκαν και τον αριθμό των ατόμων του κάθε είδους ανά παγίδα.

### **3.4. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Από τους 15 σταθμούς δειγματοληψίας πάρθηκαν ποσότητες ιζημάτων για να χαρακτηριστεί το είδος του ιζήματος. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον διαχωρισμό των δειγμάτων κατά μέγεθος είναι η εκτέλεση κοκκομετρικής ανάλυσης με τη χρήση συστοιχίας κοσκίνων (Folk & Ward, 1957). Η μέθοδος εφαρμόστηκε στα 13 από τα 15 δείγματα ενώ σε 2 δείγματα (S9, S14) το υλικό ήταν πολύ λεπτόκοκκο οπότε εφαρμόστηκε η μέθοδος της πιπέτας (Folk, 1988) (ASTM, 1985d) (Gavlak et.al, 2003). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος της πιπέτας για τους σταθμούς S9 και S14 εφαρμόστηκε από άλλη ερευνητική ομάδα (Εργαστήριο Παράκτιας Μορφοδυναμικής – Διαχείρισης και Θαλάσσιας Γεωλογίας, ΤΩΘΒΕ) η οποία μας έδωσε τα απαραίτητα δεδομένα.

Η διαδικασία του κοσκινίσματος έγινε με ειδικές συστοιχίες κοσκινίσματος (sieve shaker). Στις συσκευές αυτές τα κόσκινα τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο με το κόσκινο μεγαλύτερης οπής στην κορυφή και υποδοχέα συλλογής του λεπτότερου υλικού στο τέλος.

Αρχικά τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο σε θερμοκρασία 50° C για 3 ημέρες ούτως ώστε να ξεραθούν και να χάσουν την υγρασία τους. Ακολούθως ζυγίστηκε το αρχικό βάρος του κάθε δείγματος και στην συνέχεια το προς εξέταση δείγμα τοποθετήθηκε στο κόσκινο με τη μεγαλύτερη οπή, από το οποίο, ανάλογα με το είδος του δείγματος, διέρχεται όλη η ποσότητα. Στη συνέχεια με μηχανική δόνηση, γίνεται το κοσκίνισμα του υλικού. Τα συγκρατούμενα σε κάθε κόσκινο ζυγίστηκαν με ακρίβεια και το βάρος τους καταγράφηκε.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα GRADISTATv8 για την ανάλυση των κοκκομετρικών δεδομένων. Το πρόγραμμα, το οποίο είναι με την μορφή Excel, θεωρείται κατάλληλο στην ανάλυση δεδομένων τα οποία προέρχονται από την μέθοδο των κόσκινων. Χρησιμοποιεί την μέθοδο των ροπών (Method of Moments) για να υπολογίσει στατιστικές παραμέτρους λογαριθμικά (βασισμένη σε μια λογαριθμική κανονική κατανομή με τιμές φ) ακολουθώντας την ορολογία και την φόρμουλα των Krumbain & Pettijohn (1938). Ακολούθως

συγκεκριμένες τιμές εξάγονται από την αθροιστική ποσοστιαία καμπύλη για τον υπολογισμό στατιστικών κοκκομετρικών παραμέτρων υπολογιζόμενων με την γραφική μέθοδο. (Blott & Pye, 2001).

Για την συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι:

α) ο Γραφικός Μέσος (Graphic Mean) κατά Folk & Ward (1957) όπου δίνεται από τον τύπο :

$$M_z = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$

Όπου  $\varphi_{16}, \varphi_{50}, \varphi_{84}$  είναι οι τιμές του  $\phi$  στα αντίστοιχα % σημεία του διαγράμματος του δείγματος ανά βάρος.

β) η αποκλειστική γραφική σταθερή απόκλιση (Inclusive Graphic Standard Deviation) κατά Folk & Ward (1957) που εκφράζει την ομοιομορφία ή ταξιθέτηση (sorting) των ιζημάτων με τύπο:

$$\sigma_I = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{94} - \varphi_5}{6.6}$$

Όπου το  $\varphi_{84}, \varphi_{16}, \varphi_{94}, \varphi_5$  είναι οι τιμές του  $\phi$  στα αντίστοιχα % σημεία του διαγράμματος.

Βάση της τιμής της  $\sigma_I$  το ίζημα κατηγοριοποιείται ταξιθετικά σύμφωνα με την κλίμακα του Folk (1954) (Πιν.3.3)

**Πίνακας 3.2 :** Ταξινόμηση ιζήματος βάση των τιμών  $\sigma_I$

	Sorting( $\sigma_I$ )
<0.35	πολύ καλή ταξιθέτηση (very well sorted)
0.35-0.50	καλή ταξιθέτηση (well sorted)
0.50-0.71	μέτρια καλή ταξιθέτηση (moderately well sorted)
0.71-1.00	μέτρια ταξιθέτηση (moderately sorted)
1.00-2.00	πτωχή ταξιθέτηση (poorly sorted)
2.00-4.00	πολύ πτωχή ταξιθέτηση (very poorly sorted)
>4.00	πάρα πολύ πτωχή ταξιθέτηση (extremely poorly sorted)

Βάση της τιμής του  $M_z$  το ίζημα κατηγοριοποιείται σύμφωνα με την κλίμακα των Udden (1914) και Wentworth (1922) (Πιν.3.3)

**Πίνακας 3.3 :** Κλίμακα μεγέθους που χρησιμοποιεί το Gradistat τροποποιημένη από τους Udden (1914) και Wentworth(1922)

Μέγεθος κόκκου (φ)	Χαρακτηρισμός Αδρανούς	
-10	Πολύ Μεγάλο	} Λίθος
-9	Μεγάλο	
-8	Μεσαίο	
-7	Μικρό	
-6	Πολύ Μικρό	
-5	Πολύ Χονδρό	} Χαλίκι
-4	Χονδρό	
-3	Μεσαίο	
-2	Λεπτό	
-1	Πολύ Λεπτό	
0	Πολύ Χονδρό	} Άμμος
1	Χονδρό	
2	Μεσαίο	
3	Λεπτό	
4	Πολύ Λεπτό	
5	Πολύ Χονδρό	} Λάσπη
6	Χονδρό	
7	Μεσαίο	
8	Λεπτό	
9	Πολύ Λεπτό	
	Πηλός	

## 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ

### 4.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Λόγω της πολυμεταβλητότητας των δεδομένων μας και για να ποσοτικοποιηθεί η ομοιότητα αυτών εφαρμόστηκε ένας συντελεστής ομοιότητας. Αποτελεί μια απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών βιοκοινοτήτων των σταθμών δειγματοληψίας καθώς και για την περαιτέρω ανάλυση σε ομάδες. Πιο συγκεκριμένα ο συντελεστής ομοιότητας για τα δεδομένα αφθονίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο συντελεστής των Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957) καθώς αποτελεί έναν από τους συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους συντελεστές ομοιότητας για δεδομένα βιοκοινωνιών. Ο συντελεστής δίνεται από τον τύπο:

$$B_{jk} = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{jk})} \right)$$

Όπου  $y_{ij}$  και  $y_{ik}$  η αφθονία στα δείγματα j και k αντίστοιχα του είδους i, από ένα σύνολο p ειδών. Οι τιμές που παίρνει ο δείκτης είναι στο κλειστό διάστημα [0,100] όπου η τιμή 0 εκφράζει απόλυτα ανόμοια δείγματα ενώ η τιμή 100 απόλυτα όμοια δείγματα.

Πριν τον υπολογισμό του συντελεστή ομοιότητας τα δεδομένα μετασχηματίστηκαν συνολικά με βάση το :

$$\log(x + 1)$$

Η συγκεκριμένη επιλογή αποτελεί έναν ισχυρό μετασχηματισμό των δεδομένων. Ο λόγος που εφαρμόζουμε έναν τόσο ισχυρό μετασχηματισμό οφείλεται στο γεγονός ότι στα δεδομένα μας έχουμε 2 είδη με υψηλές τιμές αφθονίας. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα οι τιμές ομοιότητας να κυριαρχούνται από μικρό αριθμό ειδών υψηλής αφθονίας, αποτυγχάνοντας να αποτυπώσουν τα επίπεδα ομοιότητας για ολόκληρη τη σύνθεση της βιοκοινότητας. Ο λογαριθμικός μετασχηματισμός μειώνει ισχυρά την επίδραση των ειδών υψηλής αφθονίας έτσι ώστε να επηρεάζουν τον υπολογισμό της ομοιότητας είδη μεσαίας αφθονίας αλλά και σπανιότερα είδη. Η παραπάνω τροποποίηση επιλέχθηκε, ώστε να ενισχυθεί η επίδραση των σπανιότερων ειδών, χωρίς να μειώνεται σημαντικά η επίδραση των αφθονότερων ειδών (Clarke & Warwick, 1994)

### 4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΟΜΑΔΕΣ (CLUSTER ANALYSIS))

Σκοπός της ανάλυσης ομαδοποίησης (Cluster analysis) είναι να απλοποιήσουμε και να οπτικοποιήσουμε τα πολυμεταβλητά δεδομένα μας ούτως ώστε να μπορέσουμε να διακρίνουμε εάν υπάρχουν τυχόν πρότυπα σε αυτά. Παρόλ' αυτά μια cluster ανάλυση δεν μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί μια βάσιμη στατιστική ανάλυση παρά μόνο μια μέθοδο διερεύνησης.

Η ανάλυση συστάδων ή ταξινόμησης των στοιχείων (Cluster analysis) εφαρμόζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εντάσσονται σε ίδιες συστάδες (ομάδες) στοιχεία (παρατηρήσεις) περισσότερα όμοια μεταξύ τους παρά σε οποιεσδήποτε άλλες (Aldenderfer & Blashfield, 1984 ; Everitt, 1993).

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε μια ιεραρχική συσσωρευτική ομαδοποίηση (hierarchical agglomerative clustering) όπου αρχικά δημιουργούνται clusters με τα περισσότερο όμοια δεδομένα και διαδοχικά ενσωματώνονται δεδομένα μικρότερης ομοιότητας, έως ότου όλα τα δεδομένα ομαδοποιηθούν σε ένα μεγάλο cluster. Για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ των ομάδων εφαρμόστηκε η μέθοδος group average (average linkage), όπου η απόσταση μεταξύ 2 ομάδων είναι η μέση τιμή των αποστάσεων όλων των ζευγών παρατηρήσεων. Η μία παρατήρηση σε ένα ζεύγος είναι από την πρώτη ομάδα και η άλλη από την δεύτερη ομάδα. Η μέθοδος group average δίνει έμφαση στην κεντρική τάση των δεδομένων του cluster και είναι λιγότερο ευαίσθητη σε ακραίες τιμές (Εικ.4.2.1).



**Εικόνα 4.1 :** Μέθοδος group average για τον υπολογισμό απόστασης ομάδων

Τέλος τα αποτελέσματα της διαδικασίας οπτικοποιήθηκαν με την μορφή δενδρογράμματος για την ανάλυση και εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

### **4.3. ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ (NMDS)**

Η πολυδιάστατη ταξινόμηση (non-metric Multidimensional Scaling – NMDS) αποτελεί και αυτή μία προσεγγιστική μέθοδος διερεύνησης και οπτικοποίησης πολυμεταβλητών δεδομένων. Για την εφαρμογή της δεν απαιτούνται ιδιαίτερες υποθέσεις αναφορικά με τα δεδομένα και για τον λόγο αυτό είναι κατάλληλη για μεγάλη ποικιλία δεδομένων (Holland, 2008).

Σαν στόχο έχει να μειώσει την πολυπλοκότητα των πολυδιάστατων δεδομένων και να τα προβάλει όσο το δυνατόν σε λιγότερες διαστάσεις. Αυτό το καταφέρει με το να 'μεταφέρει' την πληροφορία της ομοιότητας των αντικειμένων (δειγμάτων), όπως καθορίζεται από την πληθώρα των μεταβλητών, και να την ταξινομήσει σε ένα διάγραμμα-χάρτη όσο το δυνατόν λιγότερων διαστάσεων (αξόνων). Οι αποστάσεις των δειγμάτων στο διάγραμμα προσπαθούν να ταιριάζουν με τις αντίστοιχες ομοιότητες στη δομή των βιοκοινοτήτων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κοντινά σημεία να έχουν πολύ όμοιες βιοκοινοτήτες ενώ, δείγματα που απέχουν πολύ, έχουν λίγα κοινά είδη ή τα ίδια είδη σε διαφορετικά επίπεδα αφθονίας.

Οι προετοιμασία των δεδομένων για την πολυδιάστατη ταξινόμηση ήταν ακριβώς η ίδια με τα στάδια της ανάλυσης κατά ομάδες (cluster analysis) που εφαρμόστηκε (πίνακας δεδομένων, μετασχηματισμός δεδομένων βάσει το  $\log(x + 1)$ , τριγωνικός πίνακας ομοιότητας βάσει του συντελεστή ομοιότητας των Bray-Curtis).

Η ανάλυση MDS βασίζεται όχι τις απόλυτες τιμές ομοιότητας μεταξύ των δειγμάτων αλλά τις μεταξύ των ομοιοτήτων σχέσεις. Βάσει αυτού προσπαθεί να τοποθετήσει σε διάγραμμα συνήθως



2 διαστάσεων, με τέτοιο τρόπο ώστε η κατάταξη (rank order) των αποστάσεων των δειγμάτων στο διάγραμμα να συμφωνεί απόλυτα με την κατάταξη των αντίστοιχων ομοιοτήτων των δειγμάτων, όπως αποτυπώνονται στον πίνακα ομοιότητας. Η ταξινόμηση δίνει μια γραφική/οπτική αναπαράσταση της 'εγγύτητας' της σύνθεσης των βιοκοινοτήτων μεταξύ δυο δειγμάτων.

Οι άξονες της γραφικής απεικόνισης σε ένα MDS διάγραμμα δεν εκφράζουν κάτι συγκεκριμένο για αυτό τον λόγο μπορούν να περιστραφούν, να αντιστραφούν ή να αντιμετατεθούν. Αυτό που έχει σημασία είναι οι σχετικές αποστάσεις των σημείων-δειγμάτων (Clarke & Warwick, 2001 ; Holland, 2008).

Ένα στατιστικό μέτρο το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να κατηγοριοποιήσουμε την επιτυχή αναπαράσταση μιας MDS ανάλυσης είναι το stress το οποίο έχει τον τύπο:

$$\text{Stress} = \sqrt{\frac{\sum_j \sum_k (d_{jk} - \widehat{d}_{jk})^2}{\sum_j \sum_k d_{jk}}}$$

Όπου:

$d_{jk}$  είναι η απόσταση μεταξύ των σημείων (σταθμών)  $j$  και  $k$  στο διάγραμμα ταξινόμησης

$\widehat{d}_{jk}$  η απόσταση μεταξύ των σημείων  $j$  και  $k$  που προβλέπει η καμπύλη παλινδρόμησης

Τιμές του στατιστικού Stress σε σχέση με την αξιοπιστία της αποτύπωσης των πολυδιάστατων σχέσεων των δειγμάτων σε διάγραμμα 2 διαστάσεων :

Stress < 0.05 = άριστη ταξινόμηση

Stress < 0.1 = καλή ταξινόμηση

Stress < 0.2 = δυνητικά χρήσιμη ταξινόμηση

Stress < 0.3 = μη χρήσιμη ταξινόμηση

Η ανάλυση MDS των δεδομένων έγινε στο πρόγραμμα Primer 6 όπου τα δεδομένα οπτικοποιήθηκαν σε διδιάστατα (2D) γραφήματα και υπολογίστηκαν αυτόματα και οι τιμές Stress για κάθε γράφημα.

#### 4.4. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ – ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε μια σειρά από 16 μοντέλα, βασιζόμενα σε διαφορετικές υποθέσεις, στα δυο επικρατέστερα είδη ώστε να εξακριβωθεί η σχέση μεταξύ της αφθονίας του κάθε είδους στα δείγματα των σταθμών και των παρατηρούμενων περιβαλλοντικών μεταβλητών δίνοντας έμφαση στα χαρακτηριστικά του ιζήματος, πιθανές διαφορές μεταξύ των τριών περιοχών (Καλλονή, Γέρα, Στενό Μυτιλήνης), καθώς και στην περίπτωση να έχει δόλωμα ή όχι η παγίδα. Αρχικώς εφαρμόστηκε ένα Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο (GLM), βασισμένο στην κατανομή Poisson, της μορφής:

$$\log(N) = \alpha_0 + \alpha_1 M_z + \alpha_2 \sigma_I + \alpha_3 B + \alpha_4 A_1 + \alpha_5 A_2$$

Η κατανομή Poisson είναι μία διακριτή συνάρτηση κατανομής που εκφράζει την πιθανότητα ενός δεδομένου αριθμού γεγονότων που συμβαίνουν σε ένα σταθερό διάστημα χρόνου ή/και χώρου αν αυτά τα γεγονότα συμβαίνουν με ένα γνωστό μέσο ρυθμό και είναι ανεξάρτητα και με συνέχεια (Frank, 1967). Στην οικολογία χρησιμοποιείται συχνά για μοντελοποίηση δεδομένων απαρίθμησης. Ως συνάρτηση σύνδεσης χρησιμοποιήθηκε η λογαριθμική συνάρτηση (log).

Η μορφή του μοντέλου συμπεριλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που θεωρήσαμε να επηρεάζουν την αφθονία του είδους.  $M_z$  είναι ο Γραφικός Μέσος (Graphic Mean) και  $\sigma_I$  η αποκλειστική γραφική σταθερή απόκλιση (Inclusive Graphic Standard Deviation) των κόκκων των ιζημάτων του κάθε σταθμού. Οι μεταβλητές  $A_1, A_2$  είναι ψευδο-μεταβλητές ώστε να κωδικοποιήσουν την επίδραση της περιοχής στο μοντέλο. Συγκεκριμένα για την περιοχή του κόλπου της Καλλονής  $A_1 = 1$  και  $A_2 = 0$ , για την περιοχή του στενού της Μυτιλήνης  $A_1 = 0$  και  $A_2 = 1$ , για την περιοχή του κόλπου της Γέρας  $A_1 = A_2 = 0$ . Η μεταβλητή  $B$  είναι ψευδο-μεταβλητή που κωδικοποιεί την επίδραση της ύπαρξης δολώματος ή όχι στην παγίδα. Συγκεκριμένα για παγίδες που έχουν δόλωμα  $B = 1$  ενώ για παγίδες που δεν έχουν δόλωμα η τιμή του  $B = 0$ .

Ακολούθως από το αρχικό μοντέλο εφαρμόστηκαν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των μεταβλητών. Αναλυτικά τα μοντέλα που εφαρμόστηκαν για κάθε είδος παρατίθενται στους Πίνακες 5.5 και 5.6

Για την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου ακολουθήθηκε η «αρχή της φειδούς» (principle of parsimony), με στόχο την ισορροπία μεταξύ αμεροληψίας και πιστότητας των εκτιμήσεων. Αυτό διότι, αυξάνοντας τις παραμέτρους του μοντέλου, μειώνεται η μεροληψία της εκτίμησης και αυξάνεται η διασπορά της. Για την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το Κριτήριο Πληροφορίας του Akaike (Akaike Information Criterion- AIC) (Burnham & Anderson, 2002).

Ο τύπος του AIC είναι ο :

$$AIC = -2 \ln[L(\theta|x)] + 2 \delta$$

όπου,  $L(\theta|x)$  είναι η συνάρτηση πιθανοφάνειας (ή απλά πιθανοφάνεια) του μοντέλου και  $\delta$  είναι το πλήθος των παραμέτρων του μοντέλου.

Η μέθοδος αυτή έχει σαν στόχο να επιλέξει το βέλτιστο μοντέλο, συγκρίνοντας τις τιμές των AIC των υποψήφιων μοντέλων, εκείνο δηλαδή με την μικρότερη τιμή AIC. Η διαφορά AIC του κάθε μοντέλου ορίζεται ως:

$$\Delta_i = AIC_i - AIC_{min}$$

Η στήριξη που έχει κάθε μοντέλο από τα δεδομένα εκτιμάται από τα αντίστοιχα σταθμά Akaike με τύπο:

$$w_i = \frac{\exp(-1/2 \Delta_i)}{\sum_{r=1}^R \exp(-1/2 \Delta_r)}$$

Για την εφαρμογή των μοντέλων και την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου και την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R και το λογισμικό RStudio.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Στον Πίνακα 5.1 παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης κοσκίνων, το μέγεθος οπής του κάθε κόσκινου και την ποσότητα ιζήματος που κατακράτησε το κάθε κόσκινο.

*Πίνακας 5.1 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης*

	Total Weight	4mm	2mm	1mm	500 μm	250 μm	125 μm	63 μm	<63 μm	Losses	Weight after procedure
S1	56.13		0.07	0.15	0.57	13.71	36.51	5.07	0.07	-0.02	56.15
S2	72.39		0.63	1.69	10.08	27.16	16.94	13.89	1.25	0.75	71.64
S3	66.68				0.13	4.17	45.83	16.14	0.17	0.24	66.44
S4	63.17			0.04	0.4	3.56	37.08	21.16	0.28	0.65	62.52
S5	51.78		0.11	0.28	0.39	11.42	37.61	1.95	0.02	0	51.78
S6	74.21	1.68	13.22	25.37	18.15	10.05	4.21	1.06	0.12	0.35	73.86
S7	100.97	19.54	24.02	24.66	21.52	9.34	1.11	0.51	0.22	0.05	100.92
S8	76.64		2.13	10.17	39.21	17.73	2.85	2.44	1.39	0.72	75.92
S10	76.66	0.35	1.63	2.36	2.98	19.07	36.64	11.06	1.85	0.72	75.94
S11	68.85		0.04	0.07	0.33	4.6	31.01	29.64	3.03	0.13	68.72
S12	63.11	1.56	5.26	8.13	13.1	16.27	10.07	7.58	0.98	0.16	62.95
S13	89.65		0.83	2.5	13.4	35.6	29.43	7.37	0.33	0.19	89.46
S15	150.35	7.36	36.77	50.15	26.81	26.67	2.23	0.22	0.1	0.04	150.31

Χρησιμοποιώντας το GRADISTAT υπολογίστηκαν οι δυο παράμετροι για τον κάθε σταθμό. Τα αποτελέσματα του προγράμματος δίνονται στον Πίνακα 5.2

*Πίνακας 5.2 : Γραφικός Μέσος (Mean) και γραφική σταθερή απόκλιση ( $\sigma_1$ ) για κάθε σταθμό*

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15
MEAN ( $M_z$ )	2.470	2.164	3.002	3.057	2.468	0.166	-0.517	0.887	5.275	2.591	3.132	1.410	1.894	4.376	0.047
SORTING ( $\sigma_1$ )	0.612	1.171	0.581	0.608	0.486	1.318	1.376	1.052	2.551	1.079	0.646	1.588	0.972	4.565	1.228
Ταξιθέτηση Ιζήματος	Μέτρια καλή	πτωχή	Μέτρια καλή	Μέτρια καλή	καλή	πτωχή	πτωχή	πτωχή	πολύ πτωχή	πτωχή	Μέτρια καλή	πτωχή	μέτρια	πάρα πολύ πτωχή	πτωχή
Κατηγορία Ιζήματος	Λεπτή Άμμος	Λεπτή Άμμος	Πολύ Λεπτή Άμμος	Πολύ Λεπτή Άμμος	Λεπτή Άμμος	Χονδρή Άμμος	Πολύ Χονδρή Άμμος	Χονδρή Άμμος	Χονδρή Λάσπη	Λεπτή Άμμος	Πολύ Λεπτή Άμμος	Μεσαία Άμμος	Μεσαία Άμμος	Πολύ Χονδρή Λάσπη	Χονδρή Άμμος

## 5.2. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Η καταγραφή των δειγμάτων μας έδωσε σε σύνολο 607 άτομα στα οποία αναγνωρίστηκαν 30 διαφορετικά είδη. Οι παγίδες χωρίς δόλωμα μας έδωσαν 18 είδη και 237 άτομα και οι παγίδες με δόλωμα 20 είδη με 370 άτομα. Το εύρος ατόμων ανά παγίδα κυμάνθηκε από 0 άτομα έως 18 άτομα για τις παγίδες που δεν είχαν δόλωμα και από 0 έως 29 για τις παγίδες που είχαν δόλωμα. Τα περισσότερα άτομα παρατηρήθηκαν στον S8 (Παράκουλα) ενώ οι σταθμοί με τα περισσότερα διαφορετικά είδη ήταν οι S2 (Ευριακή) και S7 (Κέδρος) με 7 διαφορετικά είδη στον κόλπο της Γέρας. Αντιστοίχως ο σταθμός με τις λιγότερες καταγραφές ατόμων ήταν ο S13(Νυφίδα) με 5 άτομα και ο σταθμός με τα λιγότερα είδη ο S1 (Χαραμίδα) με μόνο 1 είδος. Στον Πίνακα 5.3 καταγράφονται οι τιμές του πλούτου των ειδών (S), της συνολικής αφθονίας κάθε είδους (N) καθώς και δείκτης ποικιλότητας Shannon (H') ανά σταθμό, ανά περιοχή καθώς και με τον διαχωρισμό των παγίδων (δόλωμα χωρίς δόλωμα).

**Πίνακας 5.3 :** Πλούτος ειδών(S), αφθονίας(N) και δείκτης ποικιλότητας Shannon (H') ανά σταθμό, περιοχή, και διαχωρισμού παγίδων(δόλωμα-χωρίς δόλωμα)

Σταθμός	S	N	H'(loge)	Δόλωμα	S	N	H'(loge)
S1	1	15	0	OXI	18	237	1.186
S2	7	27	0.9279	NAI	20	370	1.25
S3	2	12	0.6365				
S4	3	19	0.5367				
S5	6	14	1.631	<b>Περιοχή</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>H'(loge)</b>
S6	3	11	1.09	ΜΥΤΙΛΗΝΗ	9	74	0.9838
S7	7	18	1.69	ΓΕΡΑ	16	142	1.491
S8	3	194	0.8096	ΚΑΛΛΟΝΗ	13	391	0.9627
S9	5	11	1.367				
S10	6	75	0.9121				
S11	3	88	0.1704				
S12	5	45	1.075				
S13	5	5	1.609				
S14	6	59	0.7224				
S15	2	14	0.2573				

Δύο είδη αρθρόποδων κυριάρχησαν στις καταγραφές, οι πάγουροι *Diogenes rugilator* (Roux,1829) και *Paguristes streaensis* (Pastore, 1984) με 380 και 146 άτομα αντίστοιχα. Τρίτο σε αριθμό ατόμων ήταν το γαστερόποδο *Hexarplex trunculus* (23) και παραδόξως τέταρτο ήταν το ψάρι *Gobius niger* (11). Η εμφάνιση ψαριών στις παγίδες μπορεί να οφείλεται στην τυχαιότητα της στιγμής κατά την συλλογή της παγίδας, αν και σε 2 περιπτώσεις στις παγίδες όπου βρίσκονταν τα ψάρια υπήρχαν και αυγά ψαριών πράγμα που σημαίνει ότι κατά πάσα πιθανότητα οι παγίδες χρησιμοποιήθηκαν σαν φωλιές αναπαραγωγής (στις παγίδες ήταν και αρσενικά και θηλυκά *G.niger*).

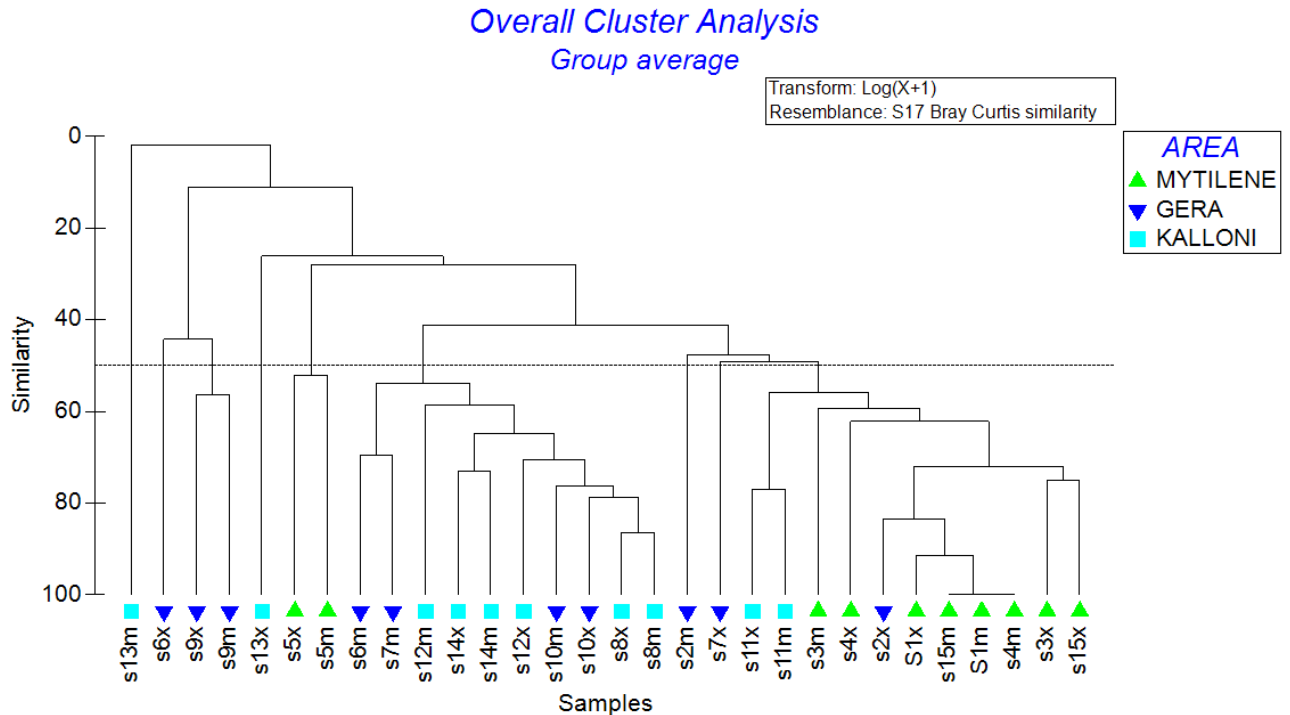
Στον Πίνακα 5.4 περιγράφονται αναλυτικά τα είδη και ο αριθμός των ατόμων που παρατηρήθηκαν σε όλη την μελέτη.

**Πίνακας 5.4 :** Είδη που αναγνωρίστηκαν και αριθμός ατόμων του κάθε είδους (τα είδη με κόκκινα γράμματα έχουν αναγνωρισθεί σε επίπεδο οικογένειας)

Είδος	Αρ. Ατόμων	Είδος	Αρ. Ατόμων
<i>Diogenes pugilator</i>	380	<i>Callista chione</i>	1
<i>Paguristes streaensis</i>	146	Cardiidae sp.	1
<i>Philocheras echinulatus</i>	2	Tellina sp.	1
Crangonidae sp.	2	<i>Philocheras trispinosus</i>	1
Hippolytidae sp.	1	<i>Cymodoce truncata</i>	1
<i>Gobius Niger</i>	11	<i>Lipophrys dalmatinus</i>	1
<i>Sphaeroma serratum</i>	3	<i>Callionymus risso</i>	1
<i>Hexaplex trunculus</i>	23	<i>Corophium volutator</i>	2
Nephtyidae sp.	1	<i>Dosinia exoleta</i>	1
<i>Astropecten spinulosus</i>	5	<i>Ophioderma longicaudum</i>	1
<i>Liocarcinus maculatus</i>	5	<i>Sicyonia carinata</i>	2
<i>Brachynotus sexdentatus</i>	3	<i>Venerupis decussata</i>	2
<i>Derilambrus angulifrons</i>	1	<i>Venerupis pullastra</i>	3
<i>Pisa tetraodon</i>	1	<i>Bolinus brandaris</i>	3
<i>Donax venustus</i>	1	Holothuroidea	1

### 5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ (PRIMERv6)

Τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ανάλυσης ομαδοποίησης που εφαρμόστηκε παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.1. Στο δενδρόγραμμα που προκύπτει περιλαμβάνονται όλα τα είδη όπως και όλοι οι σταθμοί με την διαφοροποίηση των παγίδων (δόλωμα - χωρίς δόλωμα).

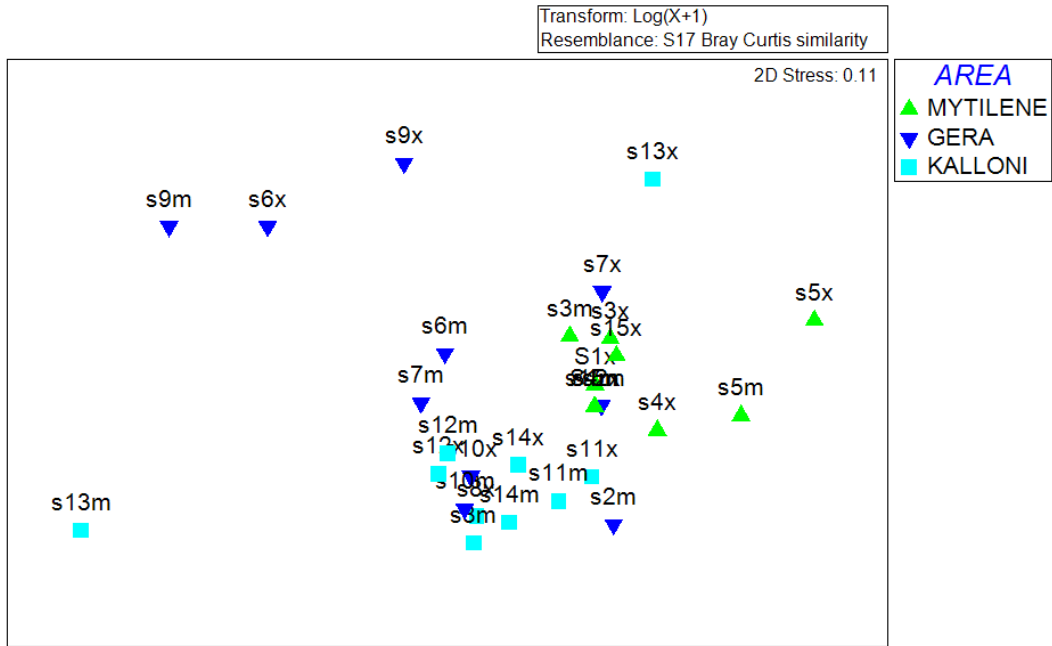


**Εικόνα 5.1 :** Συγκεντρωτικό δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης 15 σταθμών όλων των παγίδων. Ο δείκτης x υποδηλώνει τις καταγραφές στις παγίδες χωρίς δόλωμα, ενώ ο δείκτης m στις παγίδες με δόλωμα.

Από το δενδρόγραμμα μπορούν να διακριθούν οι 3 κύριες ομάδες σταθμών ανά περιοχή σε ένα επίπεδο ομοιότητας 45% ανά περιοχή. Η περιοχή του κόλπου της Καλλονής παρουσιάζει μεγαλύτερο επίπεδο συγχώνευσης (εξαιρουμένων των S11 και S13) με ποσοστό άνω του 55%. Η περιοχή του στενού της Μυτιλήνης παρουσιάζει επίπεδο συγχώνευσης άνω του 51-52% (εξαιρουμένου του S5).

Στην πολυδιάστατη ταξινόμηση (MDS) που εφαρμόστηκε επίσης με όλα τα είδη όπως και όλους τους σταθμούς με την διαφοροποίηση των παγίδων (δόλωμα - χωρίς δόλωμα) (Εικ.5.2), αποτυπώνονται πιο καθαρά οι ομάδες σταθμών ανά περιοχή κυρίως για τον κόλπο της Καλλονής (με εξαίρεση τον σταθμό S13) και την περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης. Οι σταθμοί του κόλπου Γέρας δεν ομαδοποιούνται ξεκάθαρα.

## Overall NMDS Analysis SITE-AREA

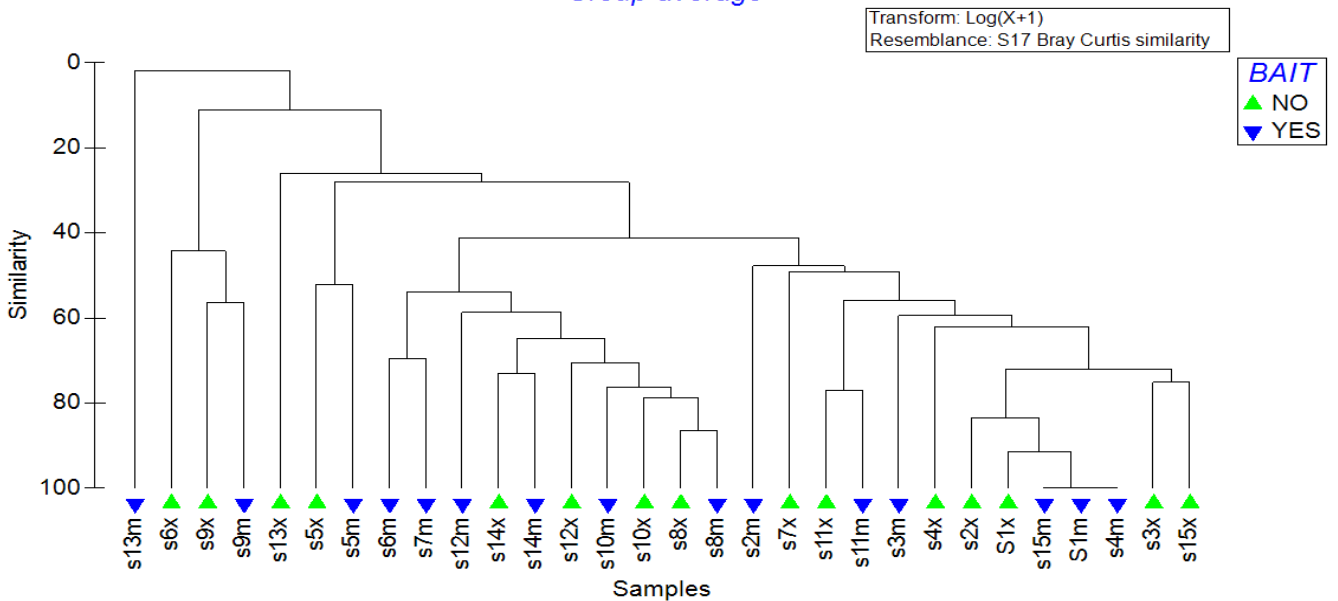


**Εικόνα 5.2 :** Διάγραμμα MDS των σταθμών 15 σταθμών όλων των παγίδων. Ο δείκτης x υποδηλώνει τις καταγραφές στις παγίδες χωρίς δόλωμα, ενώ ο δείκτης m στις παγίδες με δόλωμα.

Η τιμή του Stress είναι <0.2 που σημαίνει ότι μας δίνει μια δυνητικά χρήσιμη ταξινόμηση.

Όσον αφορά τον παράγοντα διαφοροποίησης των παγίδων βάση δολώματος ή όχι τα διαγράμματα της εικόνας δεν μας δίνουν κάποια σημαντική διαφοροποίηση γεγονός που σημαίνει ότι το δόλωμα ίσως να μην παίζει σημαντικό ρόλο στην διαφοροποίηση της σύλληψης.

## Overall Cluster Analysis Group average

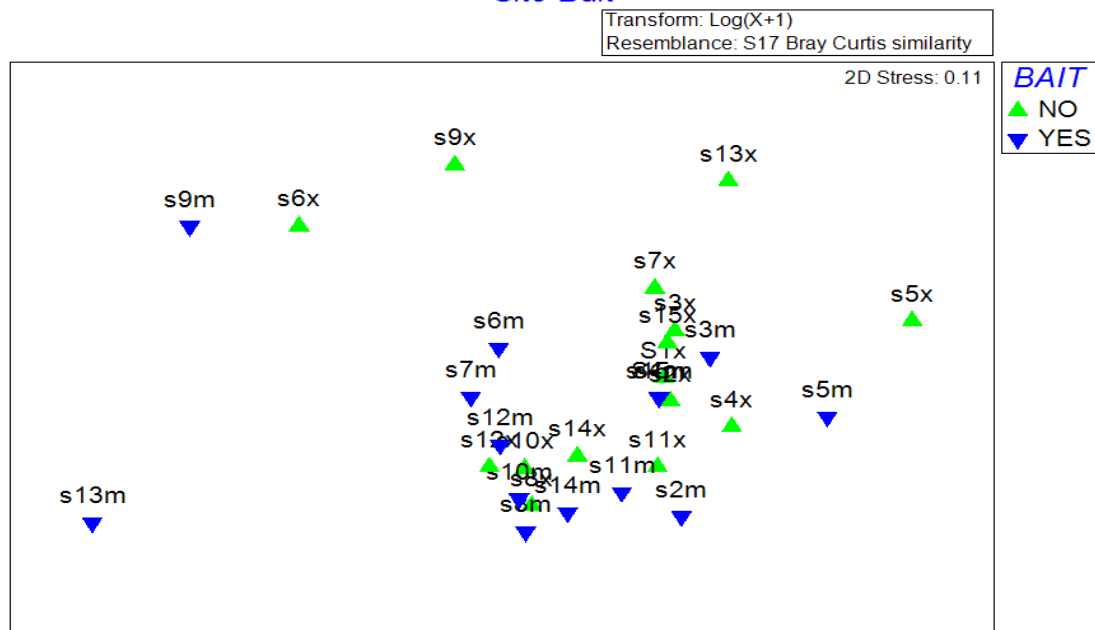


**Εικόνα 5.3 :** Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης όλων των παγίδων βάση δολώματος



## Overall NMDS Analysis

### Site-Bait

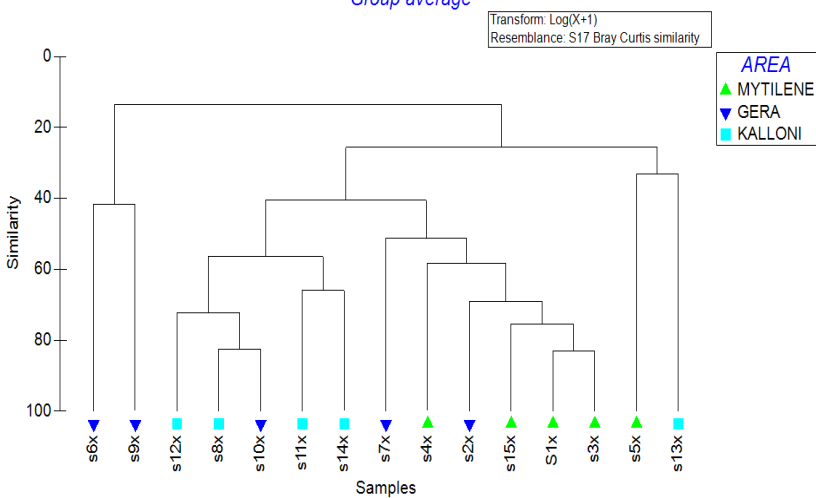


Εικόνα 5.4 : Διάγραμμα MDS των σταθμών όλων των παγίδων βάση δολώματος

Ακολουθώντας εξετάσαμε και την ομαδοποίηση που μπορεί να προκύπτει ανά περιοχή αναλύοντας ξεχωριστά τις παγίδες που είχαν δόλωμα και τις παγίδες που δεν είχαν δόλωμα.

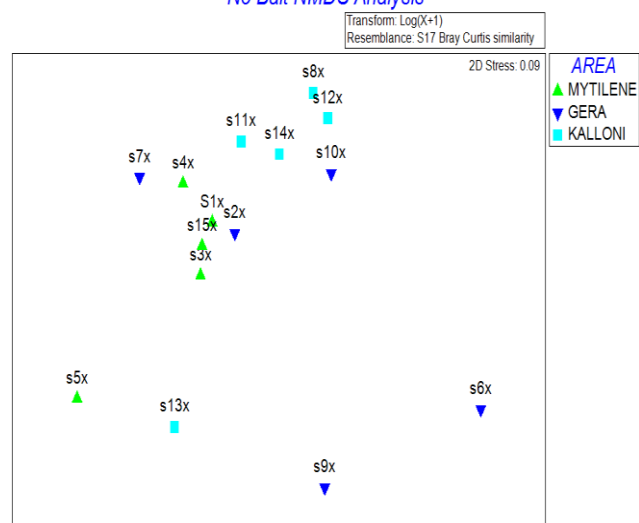
Για την περίπτωση όπου οι παγίδες δεν είχαν δόλωμα δεν είναι τόσο ευδιάκριτη η ομαδοποίηση όλων των περιοχών. Στον κόλπο της Καλλονής εξαιρουμένου του S13 υπάρχει ένα επίπεδο ομοιότητας λίγο πάνω από το 50% όπως επίσης για το στενό της Μυτιλήνης, εξαιρουμένου του S5, λίγο κάτω από το 50%. Για τον κόλπο της Γέρας δεν φαίνεται να υπάρχει ξεκάθαρη ομαδοποίηση των σταθμών του (Εικ.5.5). Αυτό επιβεβαιώνεται και από την MDS ανάλυση. Παρόλο αυτά η τιμή του Stress=0,1 που μας δίνει μια πολύ καλή ταξινόμηση.

### No Bait Cluster Analysis Group average



(α)

### No Bait NMDS Analysis

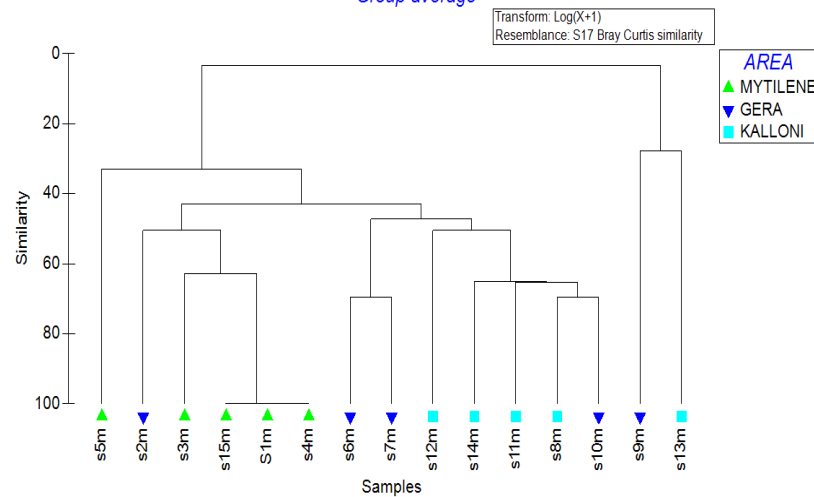


(β)

Εικόνα 5.5 : α) Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης 15 σταθμών των παγίδων χωρίς δόλωμα β) Διάγραμμα MDS των σταθμών των παγίδων χωρίς δόλωμα

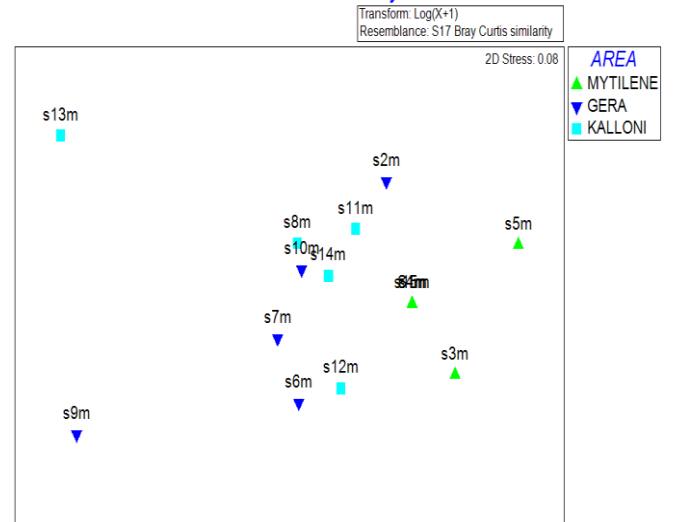
Στις παγίδες όπου είχαν δόλωμα τα αποτελέσματα δεν διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς την γενικότερη εικόνα. Παρατηρούμε όμως ότι για τις δύο περιοχές (κόλπος Καλλονής, Στενό Μυτιλήνης) υπάρχει αντίθετο επίπεδο ομοιότητας σε σχέση με τις παγίδες που δεν είχαν δόλωμα. Στον κόλπο της Καλλονής εξαιρουμένου του S13 υπάρχει ένα επίπεδο ομοιότητας κάτω από 50% ενώ για το στενό της Μυτιλήνης εξαιρουμένου του S5 το επίπεδο ομοιότητας είναι πάνω από 60%. Τέλος δεν υπάρχει ξεκάθαρη ομαδοποίηση για τους σταθμούς του κόλπου της Γέρας (Εικ.5.6). Η MDS ανάλυση σε αυτή την περίπτωση μας έδωσε πολύ καλή τιμή Stress=0,05, που υποδηλώνει μια άριστη ταξινόμηση.

*Bait Cluster Analysis*  
Group average



(α)

*Bait NMDS Analysis*



(β)

**Εικόνα 5.6 :** α) Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης 15 σταθμών των παγίδων με δόλωμα β) Διάγραμμα MDS των σταθμών των παγίδων με δόλωμα

#### 5.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ( GLM )

Στα 2 επικρατέστερα είδη εφαρμόστηκαν μια σειρά από 16 μοντέλα για την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου. Για κάθε είδος και κάθε μοντέλο υπολογίστηκε το Κριτήριο Πληροφορίας του Akaike (Akaike Information Criterion- AIC), η διαφορά AIC ( $\Delta_i$ ), τα σταθμά Akaike για τη στήριξη αυτών ( $w_i$ ), ο αριθμός των παραμέτρων  $k$ . Η εφαρμογή των μοντέλων και ο υπολογισμός των παραπάνω παραμέτρων παρατίθενται στους Πίνακες 5.5 και 5.6 για το κάθε είδος αντίστοιχα και παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αντίστοιχα αποτελέσματα καθώς και οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μοντέλο.

**Πίνακας 5.5 :** Υποψήφια μοντέλα για το είδος *Diogenes rugilator*, αριθμός παραμέτρων ( $k$ ), AIC, διαφορά AIC( $\Delta_i$ ), σταθμά Akaike( $w_i$ )

MODEL		k	AIC <sub>c</sub>	$\Delta_i$	$w_i$
Model1PUGI	$M_z, \sigma_I, \text{Bait, SubRegion}$	6	426.9074	0	0.951693
Model2PUGI	$M_z, \sigma_I, \text{Bait,}$	4	574.7023	147.795	7.70E-33
Model3PUGI	$M_z, \sigma_I, \text{SubRegion}$	5	433.7947	6.887	0.030516
Model4PUGI	$M_z, \text{Bait, SubRegion}$	5	440.3697	13.462	0.001137
Model5PUGI	$M_z, \sigma_I$	3	581.5897	154.682	2.46E-34
Model6PUGI	$M_z, \text{Bait,}$	3	572.964	146.057	1.84E-32
Model7PUGI	$M_z, \text{SubRegion}$	4	447.2571	20.35	3.63E-05
Model8PUGI	$M_z$	2	579.8514	152.944	5.86E-34
Model9PUGI	$\sigma_I, \text{Bait, SubRegion}$	5	435.228	8.321	0.014854
Model10PUGI	$\sigma_I, \text{Bait}$	3	575.6669	148.76	4.74E-33
Model11PUGI	$\sigma_I, \text{SubRegion}$	4	442.1153	15.208	0.000474
Model12PUGI	$\Sigma_I$	2	582.5542	155.647	1.52E-34
Model13PUGI	$\text{Bait, SubRegion}$	4	440.1775	13.27	0.00125
Model14PUGI	$\text{Bait}$	2	575.5087	148.601	5.13E-33
Model15PUGI	$\text{SubRegion}$	3	447.0648	20.157	4.01E-05
ModelNULLPUGI		1	582.3961	155.489	1.64E-34

**Πίνακας 5.6 :** Υποψήφια μοντέλα για το είδος *Paguristes streasensis*, αριθμός παραμέτρων ( $k$ ), AIC, διαφορά AIC( $\Delta_i$ ), σταθμά Akaike ( $w_i$ )

MODEL		k	AIC <sub>c</sub>	$\Delta_i$	$w_i$
Model1STRAEN	$M_z, \sigma_I, \text{Bait, SubRegion}$	6	196.2956	0.000	0.686754391
Model2STRAEN	$M_z, \sigma_I, \text{Bait,}$	4	468.7245	272.429	4.80341E-60
Model3STRAEN	$M_z, \sigma_I, \text{SubRegion}$	5	221.479	25.183	2.33902E-06
Model4STRAEN	$M_z, \text{Bait, SubRegion}$	5	197.8739	1.578	0.313242208
Model5STRAEN	$M_z, \sigma_I$	3	493.9079	297.612	1.62784E-65
Model6STRAEN	$M_z, \text{Bait,}$	3	470.5815	274.286	1.89521E-60
Model7STRAEN	$M_z, \text{SubRegion}$	4	223.0573	26.762	1.06155E-06
Model8STRAEN	$M_z$	2	495.7649	299.469	6.45489E-66
Model9STRAEN	$\sigma_I, \text{Bait, SubRegion}$	5	298.7144	102.419	3.96965E-23
Model10STRAEN	$\sigma_I, \text{Bait}$	3	527.4687	331.173	8.39749E-73
Model11STRAEN	$\sigma_I, \text{SubRegion}$	4	323.8978	127.602	1.34528E-28
Model12STRAEN	$\Sigma_I$	2	552.6521	356.357	2.86011E-78
Model13STRAEN	$\text{Bait, SubRegion}$	4	313.7388	117.443	2.16287E-26
Model14STRAEN	$\text{Bait}$	2	525.4873	329.192	2.27129E-72
Model15STRAEN	$\text{SubRegion}$	3	338.9222	142.627	7.36651E-32
ModelNULLSTRAEN		1	550.6647	354.369	6.65826E-78

Για το *D.pugilator* παρατηρούμε ότι το πρώτο σενάριο αποτελεί το βέλτιστο μοντέλο με σημαντική στήριξη από τα δεδομένα με τιμές  $\Delta AIC=0$  και  $w=0,95$ . Το μοντέλο αυτό συνυπολογίζει όλους τους παράγοντες που του έχουμε θέσει για την εξαγωγή του αποτελέσματος δηλώνοντας ότι η αφθονία του είδους επηρεάζεται από τις 2 παραμέτρους του υποστρώματος, το δόλωμα και την περιοχή. Κανένα άλλο μοντέλο δεν έχει σημαντική στήριξη από τα δεδομένα.

Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου στην R:

```
Call:
glm(formula = yPugi ~ Mz + SI + Bait + as.factor(SubRegion),
     family = poisson(link = "log"), data = dataA11PUGI)

Deviance Residuals:
Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.7064  -2.1793   0.2362   1.4044   6.9867

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    2.01953    0.15540  12.995 < 2e-16 ***
Mz              0.13583    0.04252   3.195 0.001400 **
SI             -0.21251    0.05578  -3.810 0.000139 ***
Bait            0.30767    0.10381   2.964 0.003040 **
as.factor(SubRegion)K  1.01307    0.12589   8.047 8.46e-16 ***
as.factor(SubRegion)M -0.61430    0.17826  -3.446 0.000569 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 474.68  on 29  degrees of freedom
Residual deviance: 309.19  on 24  degrees of freedom
AIC: 426.91

Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου η εξίσωση μας παίρνει την μορφή :

$$\log(N) = 2,019 + 0,135M_z - 0,212\sigma_l + 0,307B + 1,013A_1 - 0,614A_2$$

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του μοντέλου συμπεραίνουμε ότι όλοι οι παράγοντες είναι σημαντικοί για το μοντέλο. Ο συντελεστής του  $M_z$  είναι σημαντικά θετικός ( $p=0.001$ ) που υποδηλώνει ότι η αφθονία του *D. pugilator* αυξάνει όσο μειώνεται η μέση διάμετρος των κόκκων συμπεραίνοντας ότι προτιμά πιο λεπτόκοκκη άμμο από χονδρόκοκα ιζήματα. Ο συντελεστής του  $\sigma_l$  είναι σημαντικά αρνητικός ( $p=0,0001$ ) υποδηλώνοντας ότι όσο πιο καλά ταξινομημένο είναι το ίζημα τόσο πιο αυξημένη θα είναι η αφθονία του είδους. Ο συντελεστής του  $B$  είναι και αυτός θετικός ( $p=0,03$ ) που σημαίνει ότι το δόλωμα παίζει ρολό στην εκτίμηση της αφθονίας και παγίδες που έχουν δόλωμα έχουν αυξημένο αριθμό συλλήψεων. Όσο αφορά τον παράγοντα της περιοχής παρατηρούμε ότι έχουμε μέγιστη αφθονία στον κόλπο της Καλλονής ( $p=8,46e^{-16}$ ) και ελάχιστη στο στενό της Μυτιλήνης ( $p=0,005$ ).

Για το *P.streaensis* δύο μοντέλα μας έδειξαν πως έχουν σημαντική στήριξη από τα δεδομένα καθώς τα ΔΑΙCτους είχαν χαμηλές τιμές ( $\Delta_i < 2$ ).

Στο πρώτο σενάριο το μοντέλο αυτό συνυπολογίζει όλους τους παράγοντες που του έχουμε θέσει για την εξαγωγή του αποτελέσματος δηλώνοντας ότι η αφθονία του είδους επηρεάζεται από τις 2 παραμέτρους του υποστρώματος, το δόλωμα και την περιοχή.

Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου στην R:

```
Call:
glm(formula = yStraen ~ Mz + SI + Bait + as.factor(SubRegion),
     family = poisson(link = "log"), data = dataA11STRAEN)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-5.2982  -0.8160  -0.0046  -0.0001   5.7729

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    0.1493     0.3623   0.412  0.6803
Mz             -1.0801     0.1383  -7.809 5.75e-15 ***
SI              0.3181     0.1654   1.923  0.0544 .
Bait            0.9067     0.1828   4.960 7.07e-07 ***
as.factor(SubRegion)K  3.3221     0.3378   9.834 < 2e-16 ***
as.factor(SubRegion)M -17.3594    1377.6117  -0.013  0.9899
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 507.97 on 29 degrees of freedom
Residual deviance: 143.60 on 24 degrees of freedom
AIC: 196.3

Number of Fisher Scoring iterations: 16
```

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου η εξίσωση μας παίρνει την μορφή :

$$\log(N) = 0,1493 - 1,0801M_z + 0,3181\sigma_I + 0,9067B + 3,3221A_1 - 17,3594A_2$$

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του πρώτου μοντέλου συμπεραίνουμε ότι όλοι οι παράγοντες είναι σημαντικοί για το μοντέλο. Ο συντελεστής του  $M_z$  είναι σημαντικά αρνητικός ( $p=5,75e^{-16}$ ) που υποδηλώνει ότι η αφθονία του *P.streaensis* μειώνεται όσο μειώνεται η μέση διάμετρος των κόκκων συμπεραίνοντας ότι προτιμά πιο χονδρόκοκα ιζήματα από τα λασπώδη ιζήματα. Ο συντελεστής του  $\sigma_I$  είναι σημαντικά θετικός ( $p=0,0544$ ) υποδηλώνοντας ότι όσο λιγότερο καλά ταξινομημένο είναι το ίζημα τόσο πιο αυξημένη θα είναι η αφθονία του είδους. Ο συντελεστής του  $B$  είναι και αυτός θετικός ( $p=7,07e^{-15}$ ) που σημαίνει ότι το δόλωμα οδηγεί σε αυξημένες συλλήψεις. Όσο αφορά τον παράγοντα της περιοχής παρατηρούμε ότι η αφθονία είναι μέγιστη για την περιοχή του κόλπου της Καλλονής και ελάχιστη για την περιοχή του στενού της Μυτιλήνης ( $p=0,989$ ).

Στο δεύτερο μοντέλο με καλή στήριξη στα δεδομένα μας, δεν έχει συμπεριληφθεί ο ένας παράγοντας του υποστρώματος ( $\sigma_I$ ) που του έχουμε θέσει για την εξαγωγή του αποτελέσματος δηλώνοντας ότι η πυκνότητα του είδους επηρεάζεται από την 1 παράμετρο του υποστρώματος ( $M_z$ ), το δόλωμα και την περιοχή.

Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου στην R:

```
Call:
glm(formula = yStraen ~ Mz + Bait + as.factor(SubRegion), family =
poisson(link = "log"),
data = dataAllSTRAEN)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.7107	-0.9549	-0.0002	-0.0001	5.2982

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	0.5899	0.2754	2.142	0.0322 *
Mz	-0.9663	0.1181	-8.179	2.85e-16 ***
Bait	0.9067	0.1828	4.960	7.07e-07 ***
as.factor(SubRegion)K	3.1250	0.3106	10.061	< 2e-16 ***
as.factor(SubRegion)M	-17.6904	1505.6955	-0.012	0.9906

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 507.97 on 29 degrees of freedom  
Residual deviance: 147.18 on 25 degrees of freedom  
AIC: 197.87

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου η εξίσωση μας παίρνει την μορφή :

$$\log(N) = 0,5899 - 0,9663M_z + 0,9067B + 3,1250A_1 - 17,6904A_2$$

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του μοντέλου του δεύτερου σεναρίου καταλήγουμε ακριβώς στα ίδια συμπεράσματα σε σχέση με την επίδραση των παραμέτρων  $M_z$ , 'δόλωμα' και 'περιοχή' με πριν καθώς δεν παρατηρείται διαφοροποίηση στα πρόσημα των εκτιμώμενων παραμέτρων μεταξύ των δύο μοντέλων.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κύριος στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η προσπάθεια οικολογικής παρακολούθησης βενθικής κινητής επιπανίδας, με εφαρμογή της μεθόδου των παγίδων παρεμβολής. Το γενικό αποτέλεσμα της έρευνας αυτής μας έδειξε ότι τελικά οι παγίδες παρεμβολής μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα για την οικολογική παρακολούθηση της κινητικής επιπανίδας του μαλακού υποστρώματος, ιδίως των αρθροπόδων. Παρόλο αυτά οι διαφορές στις τιμές αφθονίας των ειδών των 2 κυρίαρχων ειδών συγκριτικά με τα υπόλοιπα είδη ήταν πολύ μεγάλη. Από τα 30 είδη που καταγράφηκαν στα 26 οι τιμές αφθονίας κυμάνθηκαν από 1-5 άτομα για το κάθε είδος.

Ένα από τα σημαντικά συμπεράσματα της παρούσας μελέτης προήλθε από την εφαρμογή των μοντέλων για τα 2 επικρατέστερα είδη το οποίο μας έδειξε ότι η ύπαρξη δολώματος στις παγίδες αυξάνει την αποτελεσματικότητα της σύλληψης των παγίδων. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί και με παρόμοια αποτελέσματα που έχουν εφαρμοστεί στην ξηρά (Greenslade, 1971 ; Ramsey et. al., 1997). Παρόλο αυτά δεν μπορούμε να πούμε το αν το δόλωμα λειτούργησε για όλα τα είδη ή για κάποια συγκεκριμένα περισσότερο ή για το ότι ίσως κάποια είδη που παγιδεύτηκαν αποτέλεσαν δόλωμα για άλλα είδη που εγκλωβίστηκαν στις παγίδες.

Ενδιαφέρον αποτελεί το ότι καταγράφηκαν 3 είδη ψαριών στις παγίδες με κυρίαρχο είδος το *G.niger* (Linnaeus, 1758). Το *G.niger* είναι ευρέως διαδεδομένο στον Ανατολικό Ατλαντικό και στη Μεσόγειο Θάλασσα (συμπεριλαμβανομένης της Μαύρης Θάλασσας), σε όλη τη Βόρεια Αφρική από το ακρωτήριο Blanc, τη Μαυριτανία βόρεια και ανατολικά μέχρι το κανάλι του Σουέζ, επίσης κατά μήκος των ακτών του ανατολικού Ατλαντικού προς βορρά προς το Trondheim (Νορβηγία) και τη Βαλτική Θάλασσα (Miller, 1986). Συναντάται σε αμμώδη και λασπώδη πυθμένα, σε βάθος μεταξύ 2 και 70 μέτρων (Hureau & Monod, 1973 ; Vesey & Langford, 1985).

Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι σε κάποιες παγίδες στις οποίες βρέθηκαν τα *G.niger* υπήρχαν και αυγά στα τοιχώματα των παγίδων. Σύμφωνα με τον Miller (1986) το αρσενικό *G.niger* προετοιμάζει το έδαφος προσπαθώντας να βρει ένα σκληρό καθαρό υπόστρωμα για το θηλυκό να εναποθέσει τα αυγά και στην συνέχεια μένει και τα προστατεύει κάτι το οποίο επιβεβαιώθηκε και από την παρούσα μελέτη καθώς στις παγίδες βρέθηκαν και αρσενικά και θηλυκά *G.niger*. Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι οι παγίδες αποτέλεσαν ένα είδος φωλιάς για το είδος για την αναπαραγωγή του. Σε παγίδες που δεν βρέθηκαν αυγά ίσως οι υπόλοιποι οργανισμοί να αποτέλεσαν ένα είδος δολώματος για τα ψάρια. Επίσης δεν θα πρέπει να αποκλείσουμε και το γεγονός της τυχαιότητας καθώς και τα είδη ψαριών που βρέθηκαν στις παγίδες όπως και κάποια άλλα είδη με δυνατότητα κίνησης στην στήλη του νερού πιθανόν να εγκλωβίστηκαν τυχαία κατά την συλλογή των παγίδων.

Το είδος που επικράτησε στις καταγραφές ήταν το *Diogenes pugilator*. Είναι ένα γκριζο-καφέ είδος πάγουρου που ανήκει στην οικογένεια των Dioginidae και το μήκος του μπορεί να φτάσει μέχρι τα 7,5mm (Tirelli, 2000). Το *D.pugilator* διαφέρει από του συνήθεις πάγουρους, λόγω του ότι η αριστερή του δαγκάνα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη δεξιά. Είναι ένα βενθικό είδος το οποίο συνήθως απαντάται στην ρηχή διαπαλιρροιακή ζώνη αλλά μπορεί να φτάσει και έως τα 40m (Türkay, 2014). Το είδος αυτό δείχνει μια προτίμηση για μεσαία και λεπτά αμμώδη ιζήματα (d'Udekem d'Acoz, 1999).

Το *D. pugilator* καταγράφηκε σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό γεγονός που δηλώνει ότι το είδος είναι ευρύτατα διαδεδομένο στην περιοχή. Τα περισσότερα άτομα καταγράφηκαν στους 2

κόλπους του νησιού με τις περισσότερες καταγραφές να γίνονται στις δυτικές πλευρές των κόλπων και κυρίως κοντά σε περιοχές όπου υπήρχαν κοντά εκβολές ρεμάτων. Η εφαρμογή του μοντέλου μας έδειξε ότι η ιζηματολογία της περιοχής ( $M_z, \sigma_I$ ) παίζουν σημαντικό ρόλο στις αφθονία του είδους. Το είδος προτιμά πιο λεπτόκοκκα αμμώδη ιζήματα με καλή ταξιθέτηση.

Το δεύτερο είδος που επικράτησε στις καταγραφές ήταν το *Paguristes streaensis*. Είναι και αυτό ένα είδος πάγουρου που απαντάται στην Μεσόγειο και ανήκει στην οικογένεια των *Dioginidae*. Το *P.streaensis* είναι σχετικά ένα νέο είδος πάγουρου το οποίο καταγράφηκε πρώτη φορά στην περιοχή της Μεσογείου το 1984 σε λιβάδια *Cymodocea nodosa* και σε βάθος έως 2m (Pastore, 1984). Έχει παρατηρηθεί σε μελέτες στον κόλπο της Καλλονής στο παρελθόν στην ρηχή υποπαραλιακή ζώνη σε περιοχές με έντονη βλάστηση έως τα 3 m (d'Udekemd'Acoz, 1996 ; Frogliia, 2010). Ωστόσο έχει παρατηρηθεί και σε μεγαλύτερα βάθη κοντά στα 40-65 m (Falciai,1997).

Στην παρούσα μελέτη το *P. streaensis* καταγράφηκε μόνο εντός των 2 κόλπων του νησιού και καθόλου στο στενό της Μυτιλήνης. Τα περισσότερα δείγματα καταγράφηκαν σε περιοχές που υπήρχε *Cymodocea* γεγονός που συμφωνεί με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Pastore, 1984). Τα αποτελέσματα του μοντέλου μας έδειξαν ότι το υπόστρωμα ( $M_z, \sigma_I$ ) επηρεάζει την αφθονία του είδους και ότι το *P. streaensis* προτιμά χονδρόκοκκα αμμώδη ιζήματα με όχι και τόσο καλή ταξιθέτηση.

Η ανάλυση των βιοκοινωνιών και των τριών περιοχών της Λέσβου μας έδειξε ότι υπήρξαν διαφοροποιήσεις στις περιοχές όσο αφορά την βιοποικιλότητα της κάθε περιοχής. Η περιοχή της Γέρας παρόλο που δεν ομαδοποιήθηκε καθαρά στις αναλύσεις ομαδοποίησης είχε τον μεγαλύτερο πλούτο ειδών. Επίσης το γεγονός ότι η αφθονία των ειδών είναι διαφορετική μεταξύ των τριών περιοχών επιβεβαιώθηκε και από την εφαρμογή των μοντέλων.

Η εφαρμογή των παγίδων παρεμβολής στα θαλάσσια οικοσυστήματα είναι μια μέθοδος η οποία μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμα εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων για την οικολογική παρακολούθηση βενθικών κινητών οργανισμών κυρίως αλλά ίσως και όχι μόνο αυτών. Δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε όμως το γεγονός ότι είναι μια μέθοδος που στο θαλάσσιο περιβάλλον έχει περιορισμούς. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές με μαλακό υπόστρωμα καθώς η τοποθέτηση τους σε πιο σκληρά υποστρώματα είναι πιο χρονοβόρα διαδικασία η οποία θα πρέπει να συνυπολογίζεται σε δειγματοληψίες αυτόνομης κατάδυσης. Η αναμόχλευση του εδάφους κατά της τοποθέτηση της παγίδας δημιουργεί θολερότητα στο νερό δυσκολεύοντας την οπτική του ερευνητή ειδικότερα σε κλειστές ή επιβαρυμένες περιοχές με φυτοπλαγκτονικές εξάρσεις, περιοχές με μικρή ανανέωση του νερού ή περιοχές πλούσια σε θρεπτικά, όπου περιορίζουν την οπτική κατά τη διαδικασία της τοποθέτησης. Επίσης ο υδροδυναμισμός της περιοχής μπορεί να μετατοπίσει το ίζημα γύρω από την παγίδα με αποτέλεσμα το χείλος της παγίδας να προεξέχει από την επιφάνεια του εδάφους και στην χειρότερη περίπτωση να παρασύρει την παγίδα ειδικότερα τις μικρές σε μέγεθος παγίδες.

Η παρούσα μελέτη μας έδωσε την δυνατότητα να ερευνήσουμε μια ευρύτερη περιοχή με την μέθοδο των παγίδων παρεμβολής με ικανοποιητικά αποτελέσματα, ιδίως για τα Αρθρόποδα. Το σημαντικότερο αποτέλεσμα όμως είναι ότι αναγνωρίστηκαν τα βασικά προβλήματα, συγκεντρώθηκε ένας αξιόλογος όγκος δεδομένων, και έχει προετοιμαστεί το έδαφος για πιο συστηματική προσέγγιση στο μέλλον.



## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κατοίκης, Α., Θεοχάρης, Α. (1983). Ωκεανογραφική μελέτη στενού Μυτιλήνης και οικολογική μελέτη κόλπου Γέρας, ΕΚΘΕ.
- Παναγιωτίδης, Π., Κλαουδάτος, Σ. (1996). Έρευνα δομής και λειτουργίας του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος του Κόλπου Καλλονής, Λέσβου για την εκτίμηση περιβαλλοντικών προβλημάτων και τη διατύπωση προτάσεων διαχείρισης του. Ενδιάμεση Έκθεση Προόδου, ΕΚΘΕ
- Adis, J. (1979). Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zoologischer Anzeiger*, 202(3-4), 177-184.
- Aldenderfer, M. S., & Blashfield, R. K. (1984). *Cluster analysis*. Newbury Park: Sage, 88 pp
- ASTM, 1985d. *Standard test method for particle-size analysis of soils*. D 422-63 (1972) Annual Book of ASTM Standards 04.08:117-127. Philadelphia : American Society for Testing and Materials
- Barber, H. S. (1931). Traps for cave inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* ,46, 259-266.
- Barnes, M.K.S. (2008). *Diogenes pugilator* A hermit crab. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11), 1237–1248
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2002). *Model Selection and Multimodal Inference*, 2nd Ed. New York : SpringerVerlag.
- Frogia, C. (2010). Checklist of the Mediterranean endemic species of the Order Decapoda (Phylum Arthropoda), known geographic distribution and bathymetric range. , 276-277 In Coll, M., et al., (2010). *The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats*. PLoS ONE 5(8), 36pp.
- Clarke, K. R., Warwick, R. M. (1994). *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. U.K. : Natural Environment Research Council, 144 pp.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, U.K.: Primer-E Ltd, 176pp.
- Dadaliaris, M., Grantounis, P. (2017). Use of pitfall traps for sampling marine benthic arthropods on soft substrate,, Department of Oceanography and Marine Bioscience, Aegean University, Bsc Thesis
- d'Udekem d'Acoz, C. (1996). Contribution à la connaissance des crustacés décapodes helléniques II: Penaeidea, Stenopodidea, Palinuridea, Homaridea, Thalassinidea, Anomura, et note sur les stomatopodes. *Bios (Macedonia, Greece)*, 3, 51-77.

- Everitt, B. S. (1993). *Cluster analysis*. 3rd ed. New York :Halsted Press
- Falciai, L. (1997). Decapod crustaceans of the trawlable sea bed around the island of Lampedusa (Central Mediterranean). *Crustaceana* 70(2), 239-251.
- Falciai, L., Minervini, R. (1992). Guida Dei Crostacei decapodi d'Europa. Franco Muzzio Editore, 282 pp.
- Folk, R.L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62, 344-359.
- Folk, R. L. (1988). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Tex: Hemphills.
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1), 3–26.
- Haight, F. A. (1967). *Handbook of the Poisson distribution*. New York: Wiley.
- Gavlak, R., Horneck, D., Miller, R., Kotuby-Amacher, J., (2003), *Soil, plant and water reference methods for the Western Region*. Fort Collins : WCC-103 Publication, WREP-125 2ndEdition
- Greenslade, P.J.M., (1964). Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, 33(2), pp.301–310.
- Greenslade\*, P., & Greensladed P. J. M. (1971). The Use Of Baits And Preservatives In Pitfall Traps. *Australian Journal of Entomology*, 10(4), 253–260.
- Grosholz, E. D., & Ruiz, G. M. (1995). Spread and potential impact of the recently introduced European green crab, *Carcinus maenas*, in central California. *Marine Biology*, 122(2), 239-247.
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2005). *The insects: an outline of entomology*. New Jersey: Wiley-Blackwell
- Hayward, P. J. E., & Ryland, J. S. E. (1995). *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe*. New York, Oxford University Press, 800 pp.
- Hohbein, R. R., & Conway, C. J. (2018). Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin*, 42(4), 597–606.
- Holland SM (2008) Non-metric Multidimensional Scaling (MDS). Lecture notes, Department of Geology, University of Georgia, Athens, USA, <http://strata.uga.edu/software/pdf/mdsTutorial.pdf>
- Holling, C. S. (1978). *Adaptive environmental assessment and management*. Toronto: JWS. Reprinted by Blackburn Press in 2005

- Hureau, J. C., & Monod, T. (1973). *Check-list of the fishes of the North-eastern Atlantic and of the Mediterranean (Clofnam) = Catalogue des poissons de l'Atlantique du nord-est et de la Méditerranée*. Paris: Unesco.
- Katsanevakis S, Weber A, Pipitone C, Leopold M, Cronin M, Scheidat M, Doyle TK, Buhl-Mortensen L, Buhl-Mortensen P, D'Anna G, de Boois I, Dalpadado P, Damalas D, Fiorentino F, Garofalo G, Maximiliano Giacalone VM, Hawley KL, Issaris Y, Jansen J, Knight CM, Knittweis L, Kröncke I, Mirto S, Muxika I, Reiss H, Skjoldal HR, Vöge S, (2012). Monitoring marine populations and communities: review of methods and tools dealing with imperfect detectability. *Aquatic Biology*, 16(1), 31–52.
- Kotze, D. J., Brandmayr, P., Casale, A., Dauffy-Richard, E., Dekoninck, W., Koivula, M., ... Brandmayr, T. Z. (2011). Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *ZooKeys*, 100, 55–148
- Krumbein, W.C. and Pettijohn, F.J. (1938) *Manual of Sedimentary Petrography*. New York : Appleton Century Crofts, , 549 p.
- Lövei, G. L., & Sunderland, K. D. (1996). Ecology and Behavior of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 41(1), 231–256
- Lyons JE, Runge MC, Laskowski HP, Kendall WL (2008) Monitoring in the context of structured decision-making and adaptive management. *Journal of Wildlife Management*, 72, 1683–1692.
- Manousis T. (2012). *The Sea Shells of Greece*. Thessaloniki: Kyriakidis Brothers S.A.
- Mclvor, C. C., & Smith, T. J. (1995). Differences in the crab fauna of mangrove areas at a southwest Florida and a northeast Australia location: implications for leaf litter processing. *Estuaries and Coasts*, 18(4), 591-597.
- Miller, P.J. (1986). Gobiidae. p. 1019-1085. In Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen J., Tortonese, E (eds.) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Volume 3. Paris: UNESCO.
- Pastore, M. (1984). *Paguristes streagensis* n. sp. della Costa Jonico-Salentina. *Thalassia Salentina*. 14, 16-27.
- Pahl-Wostl, C. (2007). Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water Resource Management*. 21, 49–62.
- Ramsay, K., Kaiser, M. J., Moore, P. G., & Hughes, R. N. (1997). Consumption of Fisheries Discards by Benthic Scavengers: Utilization of Energy Subsidies in Different Marine Habitats. *The Journal of Animal Ecology*, 66(6), 884-896.
- Riedl, R. (2000). *FAUNA Y FLORA DEL MAR MEDITERRANEO* , (3ème édition), Barcelona: Omega, 858p.
- Crocetta, F., & Soppelsa, O. (2004). First record of *Paguristes streagensis* Pastore, 1984 (Decapoda, Anomura, Diogenidae) from the Gulf of Naples (Tyrrhenian Sea). *Crustaceana*, 77(9), 1149–1151.

- Southwood, T.R.E. (1978). *Ecological Methods with particular reference to the study of insect populations*. New York : Wiley, 524pp.
- Southwood, T. R. E. (1994). *Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations*. London: Chapman & Hall.
- Thiele, H.-U. (1977). *Carabid beetles in their environments: a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour*. Berlin: Springer-Verlag.
- Tirelli, T., Dappiano, M., Maiorana, G., &Pessani, D. (2000). Intraspecific relationships of the hermit crab *Diogenes pugilator*: predation and competition. *Hydrobiologia*, 439(1), 43-48.
- Tsatiris, A., Papadopoulos, V., Makri, D., Topouzelis, K., Manoutsoglou, E., Hasiotis, T., & Katsanevakis, S. (2018). Spatial distribution, abundance and habitat use of the endemic Mediterranean fan mussel *Pinna nobilis* in Gera Gulf, Lesvos (Greece): comparison of design-based and model-based approaches. *Mediterranean Marine Science*, 19(3), 642 pp.
- Türkay, M. (2014). On the occurrence of *Diogenes pugilator* in the German Bight (Crustacea: Decapoda Diogenidae). *Helgoland Marine Research*, 68(2), 281–287.
- Udden, J. A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. *Geological Society of America Bulletin*, 25(1), 655–744.
- Vesey, G., & Langford, T. E. (1985). The biology of the black goby, *Gobius niger* L. in an English south-coast bay. *Journal of Fish Biology*, 27(4), 417–429.
- Wentworth, C. K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377–392.
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen J., Tortonese, E. (eds 1984-1986). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean.*, Vol. 1: Paris: UNESCO
- Yoccoz, N. G., Nichols, J. D., & Boulinier, T. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(8), 446–453

## 8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φωτογραφικός Οδηγός των ειδών που παρατηρήθηκαν ( εξαιρούνται τα τάξα που δεν αναγνωρίστηκαν σε επίπεδο είδους)



Εικόνα 8.1 : *Diogenes pugilator* (Roux, 1829)



Εικόνα 8.2 : *Paguristes streaensis* (Pastore, 1984)



Εικόνα 8.3 : *Brachynotus sexdentatus* (Risso, 1827)



Εικόνα 8.4 : *Derilambrus angulifrons* (Latreille, 1825)



Εικόνα 8.5 : *Pisa tetraodon* (Pennant, 1777)



Εικόνα 8.6 : *Liocarcinus maculatus* (Risso, 1827)



Εικόνα 8.7 : *Philocheras echinulatus* (M. Sars, 1862)



Εικόνα 8.8 : *Philocheras trispinosus* (Hailstone, 1835)



Εικόνα 8.9 : *Sicyonia carinata* (Brünnich, 1768)



Εικόνα 8.10 : *Corophium volutator* (Pallas, 1766)



Εικόνα 8.11 : *Astropecten spinulosus* (Philippi, 1837)



Εικόνα 8.12 : *Ophioderma longicauda* (Bruzelius, 1805)



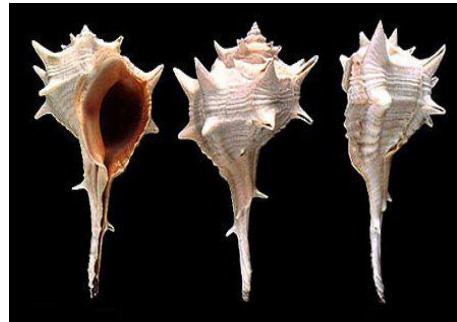
Εικόνα 8.13 : *Cymodoce truncata* (Leach, 1814)



Εικόνα 8.14 : *Sphaeroma serratum* (J. C. Fabricius, 1787)



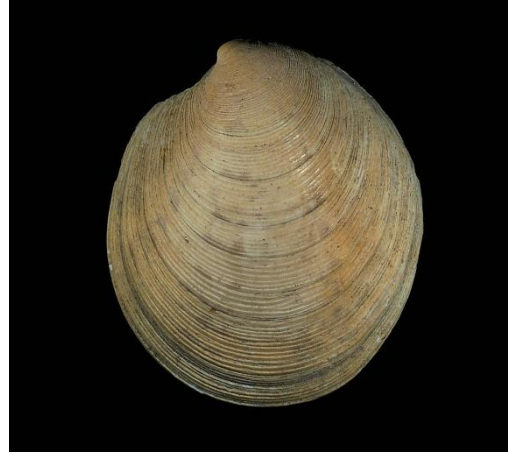
Εικόνα 8.15 : *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758)



Εικόνα 8.16 : *Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758)



Εικόνα 8.17 : *Callista chione* (Linnaeus, 1758)



Εικόνα 8.18 : *Dosinia exoleta* (Linnaeus, 1758)



Εικόνα 8.19 : *Venerupis pullastra*(Montagu, 1803)



Εικόνα 8.20 : *Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758)



Εικόνα 8.21 : *Donax venustus* (Poli, 1795)



Εικόνα 8.22 : *Gobius niger*(Linnaeus, 1758)



Εικόνα 8.23 : *Callionymus risso* (Lesueur, 1814)



Εικόνα 8.24 : *Lipophrys dalmatinus*  
(Steindachner & Kolombatovic, 1883)

Πίνακας 8.1 : Συγκεντρωτικά δεδομένα των παγίδων χωρίς δόλωμα(χ) και των παγίδων με δόλωμα(τ) σύλληψης ανά σταθμό

	S1x	S1m	s2x	s2m	s3x	s3m	s4x	s4m	s5x	s5m	s6x	s6m	s7x	s7m	s8x	s8m	s9x	s9m	s10x	s10m	s11x	s11m	s12x	s12m	s13x	s13m	s14x	s14m	s15x	s15m
<i>Diogenes pugilator</i>	6	9	8	13	3	5	7	9	1	4		3	4	3	29	64	1		36	18	35	50	4	6	1		22	26	4	9
<i>Paguristes streaensis</i>											1	3		2	23	72			4	7			11	17			3	3		
<i>Philocheras echinulatus</i>									1	1																				
<i>Crangonidae</i> sp.							2																							
<i>Hippolytidae</i> sp.									1																					
<i>Gobius niger</i>											2	2		1			3	2	1											
<i>Sphaeroma serratum</i>													3																	
<i>Murex hexaplex</i>				1										3	4	2			3	4		2	3					1		
<i>Nephtyidae</i> sp																	1													
<i>Astropecten spinulosus</i>						4																	1							
<i>Liocarcinus maculatus</i>				1			1		1	2																				
<i>Brachynotus sexdentatus</i>																	1	2												
<i>Derilambrus angulifrons</i>													1																	
<i>Pisa tetraodon</i>																													1	
<i>Donax venustus</i>																								1						
<i>Callista chione</i>			1																											
<i>Cardiidae</i> sp.																					1									
<i>Tellina</i> sp.																											1			
<i>Philocheras trispinosus</i>									1																					
<i>Cymodose truncata</i>				1																										
<i>Microlipohyrs dalmatinus</i>													1																	
<i>Callionymus risso</i>																										1				
<i>Corophium volutator</i>									2																					
<i>Dosinia exoletta</i>																												1		
<i>Ophioderma pongicaudum</i>				1																										
<i>Sicyonia carinata</i>				1																						1				
<i>Venerupis decussata</i>																												2		
<i>Venerupis pullastra</i>																							3							
<i>Murex brandaris</i>																	1		1						1					
<i>Holothuroidea</i>																				1										



## Κώδικας στην R για το *D.pugilator*

```
dataAllPUGI <- read.csv(file.choose(), header=TRUE)

Model1PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+SI+Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model1PUGI)

Model2PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+SI+Bait,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model2PUGI)

Model3PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+SI+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model3PUGI)

Model4PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model4PUGI)

Model5PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+SI,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model5PUGI)

Model6PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+Bait,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model6PUGI)

Model7PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model7PUGI)

Model8PUGI<-glm(formula=yPugi~Mz,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model8PUGI)

Model9PUGI<-glm(formula=yPugi~SI+Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model9PUGI)

Model10PUGI<-glm(formula=yPugi~SI+Bait,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model10PUGI)

Model11PUGI<-glm(formula=yPugi~SI+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model11PUGI)

Model12PUGI<-glm(formula=yPugi~SI,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model12PUGI)

Model13PUGI<-glm(formula=yPugi~Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model13PUGI)

Model14PUGI<-glm(formula=yPugi~Bait,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model14PUGI)

Model15PUGI<-glm(formula=yPugi~as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(Model15PUGI)

ModelNULLPUGI<-glm(formula=yPugi~1,family = poisson(link="log"),data=dataAllPUGI)
summary(ModelNULLPUGI)

Model1listPugi<-
list(Model1PUGI,Model2PUGI,Model3PUGI,Model4PUGI,Model5PUGI,Model6PUGI,Model7PUGI,Model8
PUGI,Model9PUGI,Model10PUGI,Model11PUGI,Model12PUGI,Model13PUGI,Model14PUGI,Model15PUGI,
ModelNULLPUGI)

names(Model1listPugi)<-
c("Model1PUGI","Model2PUGI","Model3PUGI","Model4PUGI","Model5PUGI","Model6PUGI","Model7P
UGI","Model8PUGI","Model9PUGI","Model10PUGI","Model11PUGI","Model12PUGI","Model13PUGI","
Model14PUGI","Model15PUGI","ModelNULLPUGI")

aicTab(cand.set=Model1listPugi, modnames = NULL, second.ord = FALSE, sort=FALSE)
```

### Κώδικας στην R για το *P.streaensis*

```
dataAllSTRAEN <- read.csv(file.choose(), header=TRUE)

Model1STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+SI+Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model1STRAEN)

Model2STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+SI+Bait,family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model2STRAEN)

Model3STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+SI+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model3STRAEN)

Model4STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model4STRAEN)

Model5STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+SI,family = poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model5STRAEN)

Model6STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+Bait,family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model6STRAEN)

Model7STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model7STRAEN)

Model8STRAEN<-glm(formula=yStraen~Mz,family = poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model8STRAEN)

Model9STRAEN<-glm(formula=yStraen~SI+Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model9STRAEN)

Model10STRAEN<-glm(formula=yStraen~SI+Bait,family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model10STRAEN)

Model11STRAEN<-glm(formula=yStraen~SI+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model11STRAEN)

Model12STRAEN<-glm(formula=yStraen~SI,family = poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model12STRAEN)

Model13STRAEN<-glm(formula=yStraen~Bait+as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model13STRAEN)

Model14STRAEN<-glm(formula=yStraen~Bait,family = poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model14STRAEN)

Model15STRAEN<-glm(formula=yStraen~as.factor(SubRegion),family =
poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(Model15STRAEN)

ModelNULLSTRAEN<-glm(formula=yStraen~1,family = poisson(link="log"),data=dataAllSTRAEN)
summary(ModelNULLSTRAEN)

Model1listSTRAEN<-
list(Model1STRAEN,Model2STRAEN,Model3STRAEN,Model4STRAEN,Model5STRAEN,Model6STRAEN,Model
7STRAEN,Model8STRAEN,Model9STRAEN,Model10STRAEN,Model11STRAEN,Model12STRAEN,Model13STRAE
N,Model14STRAEN,Model15STRAEN,ModelNULLSTRAEN)

names(Model1listSTRAEN)<-
c("Model1STRAEN","Model2STRAEN","Model3STRAEN","Model4STRAEN","Model5STRAEN","Model6STRA
EN","Model7STRAEN","Model8STRAEN","Model9STRAEN","Model10STRAEN","Model11STRAEN","Model1
2STRAEN","Model13STRAEN","Model14STRAEN","Model15STRAEN","ModelNULLSTRAEN")

aicTab(cand.set=Model1listSTRAEN, modnames = NULL, second.ord = FALSE, sort=FALSE)
```