



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**



**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**<< Συμβολή στη βιολογία των ειδών *Holothuria polii* Delle Chiaje,  
1823 & *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1790 στην Ανατολική  
Μεσόγειο>>**

**Λαδαλιάρης Μιχαήλ**

**ΒΟΛΟΣ 2020**

**UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES  
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC  
ENVIRONMENT**

**POSTGRADUATE MASTER'S THESIS**

**<<A contribution to the biology of the species *Holothuria polii* Delle Chiaje, 1823  
& *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1790 in the East Mediterranean>>**

**Dadaliaris Michail**

**VOLOS 2020**

<<Συμβολή στη βιολογία των ειδών *Holothuria polii* Delle Chiaje, 1823 & *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1790 στην Ανατολική Μεσόγειο>>

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

**1) Βαφειδής Δημήτριος**, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*.

**2) Νεοφύτου Νικόλαος** , Επίκουρος Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

**3) Κλαουδάτος Δημήτριος** , Επίκουρος Καθηγητής, Αλιεία , Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Βαφείδη Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους 1) Νεοφύτου Νικόλαο, και 2) Κλαουδάτο Δημήτριο για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου και τη σύντροφό μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η συμβολή πληροφοριών στη βιολογία και στη δυναμική των πληθυσμών των ειδών *Holothuria polii* και *Holothuria tubulosa*, στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και ειδικότερα στις Σποράδες. Οι δειγματοληψίες λάβανε χώρα τον Μάιο του 2019 με ελεύθερη και αυτόνομη κατάδυση (SCUBA) και η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν η δειγματοληψία αποστάσεων. Συνολικά αλιεύθηκαν 314 άτομα, 200 του είδους *H.polii* και 114 του είδους *H.tubulosa*. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν συγκρίθηκαν στατιστικά μεταξύ των σταθμών και των ειδών. Η μέση αφθονία ήταν  $40 \pm 36$  άτομα / 20' λεπτά κατάδυσης για το *H.polii* και  $23 \pm 37$  άτομα / 20' λεπτά κατάδυσης για το *H.tubulosa*. Παρατηρήθηκε ότι τα άτομα του είδους *H. tubulosa* είχαν πιο μεγάλο βάρος σε σχέση με το *H. polii*, για το ίδιο μήκος σώματος, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές μέσου μήκους και μέσου βάρους παρουσιάστηκαν στους ίδιους σταθμούς δειγματοληψίας και για τα δύο μελετώμενα είδη. Η μέθοδος Bhattacharya μας έδειξε ότι στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας το *H.polii* παρουσίασε 7 ηλικιακές κλάσεις ενώ το *H.tubulosa* 6 ηλικιακές κλάσεις.

**Λέξεις κλειδιά:** δυναμική πληθυσμών, αφθονία, *Holothuria polii*, *Holothuria tubulosa*, δειγματοληψία αποστάσεων, σχέση μήκους-βάρους, Bhattacharya

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is to contribute information to the biology and population dynamics of *Holothuria polii* and *Holothuria tubulosa* species in the Eastern Mediterranean region and especially in Sporades. Sampling took place in May 2019 with snorkeling and autonomous diving (SCUBA) and the method followed was distance sampling. A total of 314 individuals were caught, 200 of *H.polii* and 114 of *H.tubulosa*. The data collected were statistically compared between stations and species. The mean abundance was  $40 \pm 36$  individuals / 20'dive for *H.polii* and  $23 \pm 37$  individuals / 20'dive for *H. tubulosa*. It was observed that individuals of *H. tubulosa* had a higher weight than *H. polii*, for the same body length, while the highest values for mean length and mean weight were presented in the same sampling stations for both species. The Bhattacharya method showed us that in all sampling stations *H.polii* presented 7 age classes while *H.tubulosa* 6 age classes.

**Key words:** population dynamics, abundance, *Holothuria polii*, *Holothuria tubulosa*, distance sampling, length – weight relationship, Bhattacharya

## Table of Contents

<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u> .....	6
<u>ABSTRACT</u> .....	7
<u>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u> .....	8
1.1 Ολοθούρια.....	9
1.2 Γενικά στοιχεία της βιολογίας του είδους <i>Holothuria polii</i> .....	14
1.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	17
1.3 Γενικά στοιχεία του είδους <i>Holothuria tubulosa</i> .....	19
1.4 Σκοπός της έρευνας.....	22
<u>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</u> .....	23
2.1 Περιοχή έρευνας.....	23
2.2 Μέθοδος δειγματοληψίας.....	25
2.3 Σχέση μήκους - βάρους.....	26
2.4 Στατιστική Ανάλυση.....	27
2.4.1 Βιομετρία.....	27
2.4.2 Γραμμική παλινδρόμηση.....	28
2.4.3 Γραμμικά μοντέλα συσχέτισης μήκους-βάρους.....	28
2.4.4 Μέθοδος <i>Bhattacharya</i> .....	29
<u>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</u> .....	31
3.1 Αφθονία.....	31
3.2 Μέσο μήκος - βάρος.....	32
3.3 Πληθυσμιακές συχνότητες.....	34
3.4 Βιομετρικές συσχετίσεις.....	36
3.5 Υπολογισμός του μέσου βάρους μέσω του συνολικού βάρους ψαριάς.....	44
3.6 Μέθοδος <i>Bhattacharya</i> .....	45
<u>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u> .....	47
<u>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u> .....	50



# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Ολοθούρια

Τα ολοθούρια ή κοινώς αγγούρια της θάλασσας αποτελούν μια ιδιαίτερος ποικιλόμορφη ομάδα ασπόνδυλων βενθικών οργανισμών που ταξινομούνται ως εχινόδερμα (phylum Echinodermata) και ανήκουν στην κλάση Holothuroidea με συνολικά περίπου 1250 είδη να έχουν εντοπιστεί έως τώρα.

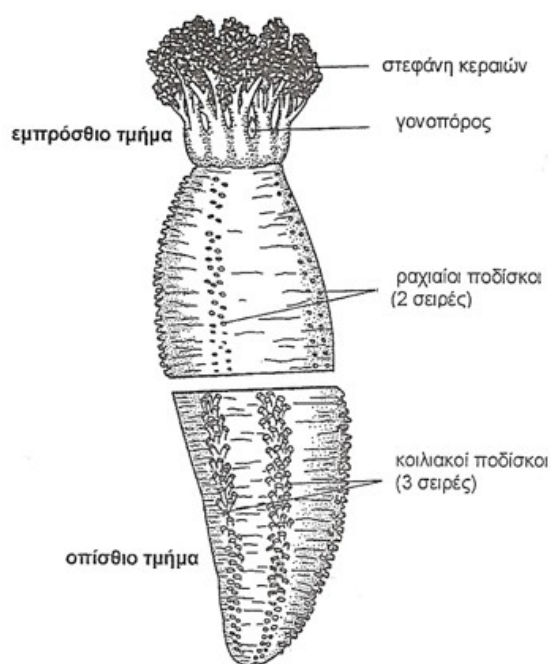
Απαντώνται σε διάφορα θαλάσσια ενδιαιτήματα από τις πολικές έως και τις τροπικές περιοχές και η βαθυμετρική τους κατανομή ποικίλλει από την υποπαραλιακή έως την αβυσσική ζώνη (Purcell et al., 2016). Ζουν σε διαφόρων τύπων υποστρώματα συνήθως μέσα στο ίζημα ή σε ρωγμές βράχων αλλά και σε κοραλλιογενείς υφάλους (Mezali et al., 2003).

Έχουν σώμα μώδες και μαλακό και η υφή τους είναι δερματώδης. Για την προσκόλληση αλλά και για τη μετακίνηση τους στο υπόστρωμα, εξέρχονται από τους υδροφορικούς σωλήνες βαδιστικοί ποδίσκοι, οι οποίοι στη νωτιαία πλευρά φέρουν αισθητήρια φύματα ενώ στην κοιλιακή μυζητικό δίσκο. Πέραν των βαδιστικών ποδίσκων η μετακίνηση τους πραγματοποιείται και από ισχυρές συσπάσεις των κυκλικών και επιμήκων μυών τους.

Το σχήμα τους είναι ασκοειδές ή σκωληκοειδές, επίμηκες ραχιαιοκοιλιακά, με αμφίπλευρη συμμετρία και δεν εμφανίζουν άκανθες όπως οι υπόλοιπες κλάσεις Εχινόδερμων. Με τον ερεθισμό τους, συστέλλουν το σώμα τους μεταβάλλοντας έτσι το σχήμα τους. Το στόμα τους περιβάλλεται από 10-30 στοματικές κεραίες (τροποποιημένοι βαδιστικοί ποδίσκοι) που μπορούν να τραβηχτούν στο εσωτερικό της σωματικής κοιλότητας και ενίοτε συνδράμουν στη μετακίνηση του ζώου (Tortonese & Vadon, 1987).

Ταξινομικό γνώρισμα των ειδών αποτελεί η ύπαρξη δέκα ασβεστιτικών πλακών (σκληρίτες) στον πεπτικό σωλήνα γύρω από τον φάρυγγα, που ονομάζεται “φαρυγγικός δακτύλιος” και οι κεραίες. Η μορφή των κεραιών μπορεί να είναι δενδροειδής, περοειδής ή δακτυλοειδής. Με τη βοήθεια των κεραιών συλλέγουν πλαγκτό και θρύμματα βιολογικής προέλευσης (detritus) από τη στήλη του νερού και το ίζημα (Hickman, 1981).

Το αίμα τους περιέχει βανάδιο (V) για την ένωση και την μεταφορά οξυγόνου, στο οποίο οφείλεται και το κίτρινο χρώμα του. Μπορούν να αναπλάθουν μέρη του σώματός τους, τα οποία μερικές φορές αποκόπτουν για λόγους άμυνας. Ο χρωματισμός τους ποικίλλει αν και οι συνηθέστερες αποχρώσεις τους είναι χρώματος λευκού, μαύρου ή καφέ (Vafidis et al., 2008).

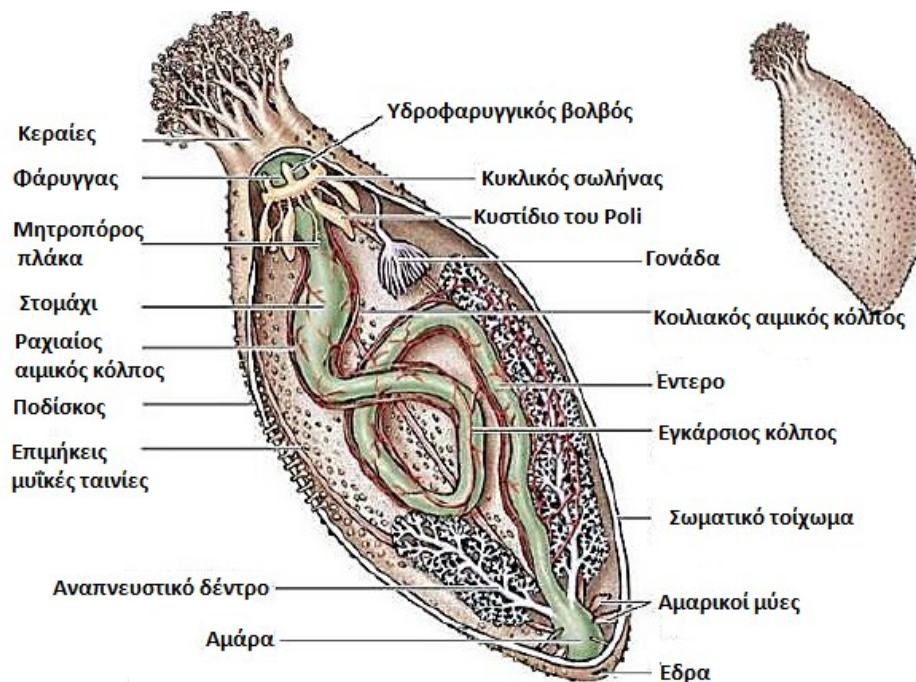


**Εικ. 1.1** Εξωτερική μορφολογία ολοθουρίου

(Κυρίτση – Κρικώνα Βασιλική Σημειώσεις Ζωολογίας I, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2014)

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του Ι.Οντρια (Γενική Ζωολογία Ασπόνδυλων, σ. 647-

649) ,το σωματικό τοίχωμα των ολοθουροειδών περιβάλλεται από το επιδερμίδιο, το οποίο καλύπτει τη χωρίς βλεφαρίδες επιδερμίδα από το δερματοειδές περίβλημα που περιέχει, από μια στιβάδα μυϊκών ταινιών και μικροσκοπικά ασβεστολιθικά πινακίδια. Η εσωτερική οργάνωση του σώματος τους έχει ως εξής: μετά τη στοματική κοιλότητα ακολουθεί ο βραχύς οισοφάγος που συνδέεται με τον ευρύ στόμαχο. Το έντερό τους είναι μακρύ και συγκρατείται με μεσεντέριους συνδέσμους, καταλήγει στη μυώδη αμάρα, η οποία εκβάλλει στην έδρα. Μέσα στην περιτοναϊκή κοιλότητα εκτείνονται διακλαδισμένες εκπτυχώσεις, που αποτελούν τους υδροφόρους πνεύμονες, οι οποίοι είναι τα αναπνευστικά όργανα του οργανισμού. Μέσα στην περιτοναϊκή κοιλότητα βρίσκεται επίσης η μητροπόρος πλάκα.



**Εικ. 1.2** Εσωτερική οργάνωση ολοθουρίου

(Άρτεμις Νικολαΐδου , Σημειώσεις Ζωολογίας I, Τμήμα Βιολογίας , Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών )

Το υδροφορικό σύστημα (εικ. 1.2 ) αποτελείται από τον περιοισοφαγικό κλοιό, από τον οποίο απορρέουν πέντε ακτινωτοί βραχιόνιοι αγωγοί που συνδέονται με τους

βαδιστικούς ποδίσκους. Το κυκλοφορικό τους σύστημα είναι περισσότερο αναπτυγμένο από τα υπόλοιπα εχινόδερμα. Επίσης το νευρικό τους σύστημα αποτελείται από τον περιοισοφαγικό νευρικό κλοιό, από τον οποίο απορρέουν τα ακτινωτά νεύρα.

Ο γεννητικός τους αδένας είναι θυσανοειδής, με λεπτούς γεννητικούς αγωγούς που συνδέονται με τον κοινό αγωγό που εκβάλλει ραχιαία κοντά στις κεραίες.

Μερικά είδη φέρουν σωληνοειδείς, κολλώδεις δομές που εκβάλλουν στη βάση των υδροφόρων πνευμόνων, τα όργανα του Cuvier (Εικ. 1.3). Όταν το ζώο δεχτεί κάποιο έντονο ερέθισμα, τα όργανα του Cuvier μαζί με νερό εξωθούνται μέσω της κλοάκης προς άμυνα. Πολλά είδη ολοθουρίων μπορούν, όταν ερεθιστούν ή εκτεθούν σε δυσμενείς συνθήκες, να αποβάλουν μέρος των σπλάγχνων τους ή και ολόκληρο τον πεπτικό τους σωλήνα, διαδικασία γνωστή ως «εξεντερισμός». Τόσο τα όργανα του Cuvier όσο και ο πεπτικός σωλήνας μπορούν να αναγεννηθούν από το ζώο σε σύντομο χρονικό διάστημα (Tortonese & Vadon, 1987).



**Εικ. 1.3** Τα όργανα του Cuvier κατά τον εξεντερισμό του είδους *Holothuria pardalis* (OceanwideImages.com )

Τα περισσότερα είδη έχουν ενδοσκελετό ενώ σε είδη που διαβιούν στο πέλαγος, συνήθως ο σκελετός απουσιάζει. Το σκελετικό τους σύστημα περιορίζεται στην ύπαρξη ασβεστιτικών σκληριτών εντός του δέρματος, διαφόρων σχημάτων (άγκυρες, ραβδία, βοστρυχοειδή, κάνιστρα, πυργοειδή, πλάκες, πλακίδια, ροζέτες, τροχοί), που αποτελούν και βασικό ταξινομικό χαρακτηριστικό στην αναγνώριση των διαφόρων ειδών. (Tortonese & Vadon, 1987).

Ανάλογα με το είδος, το ολικό τους μήκος κυμαίνεται από 1-2 cm έως κάποια μέτρα. Είναι κατά κύριο λόγο ιζηματοφάγοι οργανισμοί, παρότι υπάρχουν και αιωρηματοφάγα είδη (Walker & Bambach, 1974), που συμβάλλουν στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης και των θρυμμάτων βιολογικής προέλευσης (detritus) αλλά και στη σταθεροποίηση των συνθηκών που επικρατούν στον πυθμένα. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η συμβολή τους στην εξισορρόπηση της ανάπτυξης του βακτηριακού φορτίου, ενισχύοντας την πρωτογενή παραγωγή, μετατρέποντας τα οργανικά θρύμματα σε αζωτούχες ενώσεις (Meysman et al., 2006; MacTavish et al., 2012) . Οι βενθικοί αυτοί οργανισμοί συμβάλλουν επίσης σημαντικά στη μείωση του οργανικού φορτίου και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικό μέσο εξυγίανσης του υποστρώματος στην εκτροφή ψαριών. (Neofitou et al., 2019)

Εκτός όμως της οικολογικής τους σημασίας τα ολοθούρια παρουσιάζουν και υψηλό οικονομικό ενδιαφέρον. Πολλά από τα είδη είναι βρώσιμα και τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η αλιευτική πίεση σε αυτό τον θαλάσσιο πόρο έχει αυξηθεί λόγω της αυξημένης ζήτησης για κατανάλωση “beche-de-mer” ή αλλιώς “trepang” στις ασιατικές αγορές (Dissanayake & Stefanson, 2010).

Η πλειοψηφία της αλιείας θαλάσσιων αγγουριών πραγματοποιούνται από τις ασιατικές χώρες (Choo, 2008) στις περιοχές των Νήσων του Ειρηνικού (Kinch et al., 2008) και στον Ινδικό Ωκεανό (Conand, 2008). Το αγγούρι της θάλασσας που

εκφορτώνεται από τον Μεσοδυτικό Ειρηνικό και τις ασιατικές χώρες εξάγεται κατά κύριο λόγο σε ξηρή μορφή (Aydın, 2008). Υπάρχουν 185 είδη στην οικογένεια Holothuriidae (Class Holothuroidea). 37 είδη ολοθούριων που ανήκουν σε 9 οικογένειες είναι γνωστά στη Μεσόγειο Θάλασσα (Fischer et al., 1987). Ο Aydın (2016) ανέφερε 8 είδη από τις περιοχές της Βόρειας Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας, της Τουρκίας. Τα περισσότερα από αυτά τα είδη, *Holothuria tubulosa*, Gmelin 1790; *Holothuria polii*, Delle Chiaje 1823; *Holothuria mammata*, Grube 1840; *Holothuria* (Platyperona) *sanctori*, Delle Chiaje 1823; *Holothuria forskali*, Delle Chiaje 1823; *Stichopus regalis*, Cuvier 1817; *Synaptula reciprocans*, Forsskål 1775; κατανέμονται στη Μεσόγειο και στη θάλασσα του Μαρμαρά, ενώ ένα από αυτά, το *Stereoderma kirschbergi*, Heller 1868; ανήκει μόνο στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας.

Πρόσφατα στην Ελλάδα έχει ξεκινήσει η στοχευμένη αλιεία τους με σκοπό την εξαγωγή τους ως μεταποιημένο προϊόν. Για την ανάπτυξη όμως οποιασδήποτε δραστηριότητας εκμετάλλευσης των φυσικών αποθεμάτων με ορθολογικό τρόπο, βασική προϋπόθεση αποτελεί η γνώση των σημαντικότερων οικολογικών και βιολογικών παραγόντων του εν λόγω είδους. Στη Μεσόγειο έχουν ερευνηθεί σημαντικές πτυχές της οικολογίας των ειδών *Holothuria polii* και *Holothuria tubulosa* αλλά ειδικότερα στο Αιγαίο Πέλαγος οι πληροφορίες που έχουμε είναι περιορισμένες. Επίσης υπάρχει έλλειψη δημοσιευμένων επιστημονικών δεδομένων για την γενετική ποικιλότητα, τη συμπεριφορά καθώς και για τα αποθέματα των ειδών. Για τον λόγο αυτό θεωρήθηκε ενδιαφέρον και αναγκαίο το ζήτημα της διερεύνησης της βιολογίας του είδους τους.

## 1.2 Γενικά στοιχεία της βιολογίας του είδους *Holothuria polii*

### Συστηματική κατάταξη

**Βασίλειο** : Animalia

**Φύλο** : Echinodermata

**Κλάση**: Holothurioidea

**Τάξη** : Aspidochirota

**Οικογένεια** : Holothuriidae

**Γένος** : *Holothuria*

**Υπογένος** : *Holothuria*

**Είδος** : *Holothuria polii*



**Εικ. 1.4** Το είδος *Holothuria polii* στο φυσικό του ενδιαίτημα (mer-littoral.org )

Το είδος *Holothuria polii* (Delle Chiaje, 1823) γνωστό με την κοινή ονομασία “white spot cucumber”, είναι ένα κοινό είδος θαλάσσιου αγγουριού της Μεσογείου (Tortonese, 1965), που απαντάται συνήθως σε μαλακά ή σκληρά υποστρώματα και

θαλάσσια λιβάδια φανερόγαμων, ενώ μπορεί να επιβιώσει σε νερά με υψηλές αλατότητες. Μάλιστα είναι το μοναδικό είδος του γένους *Holothuria* που εντοπίζεται σε υπεράλυρα ύδατα (Vergara-Chen et al., 2010).

Σύμφωνα με οικολογικές παρατηρήσεις, το *Holothuria polii* είναι ένας σημαντικός αποικοδομητής νεκρής οργανικής ύλης, επιβεβαιώνοντας έτσι τον θεμελιώδη ρόλο του στη δυναμική του βένθους. (Tortonese, 1965; Massin & Jangoux, 1976; Rakaj et al., 2018). Είναι ένα γονοχωριστικό είδος χωρίς σεξουαλικό διμορφισμό, η αναπαραγωγή και η γονιμοποίηση του γίνονται εξωτερικά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, έχοντας ξεχωριστό ετήσιο αναπαραγωγικό κύκλο. (Aydin & Erkan, 2015).

Το *H.polii* είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα είδη θαλάσσιων αγγουριών στη λεκάνη της Μεσογείου. Από περίπου 720.000 με 1.080.000 θαλάσσια αγγούρια που συλλέγονται καθημερινά στα τουρκικά ύδατα ( Gonzalez - Wanguemert et al., 2014), το 80% των αλιευμάτων είναι του είδους *H.polii*.

Από διατροφικής άποψης το *H.polii* έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, μικροθρεπτικά συστατικά, πολυακόρεστα οξέα και πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια. Είναι συνεπώς ένα σημαντικό φαρμακοτρόφιμο και συμπλήρωμα για ανθρώπινη κατανάλωση. (Aydin et al., 2011; Sicuro et al., 2012). Το *H.polii* έχει επίσης επισημανθεί ως μια πιθανή πηγή βιοδραστικών ενώσεων με σημαντική αντιμυκητιακή, αντιφλεγμονώδη και αντιβακτηριακή δράση (Canicatti & Roch, 1989, Ismail et al., 2008, Omran & Allam, 2013). Το είδος αυτό παραμένει το πιο συχνά καλλιεργούμενο είδος ολοθούριου στην περιοχή της Μεσογείου. Αν και είναι λεπτότερο σε σύγκριση με άλλα είδη ολοθούριων, το υψηλότερο ξηρό βάρος του, το καθιστά πιο κερδοφόρο και δημοφιλές.





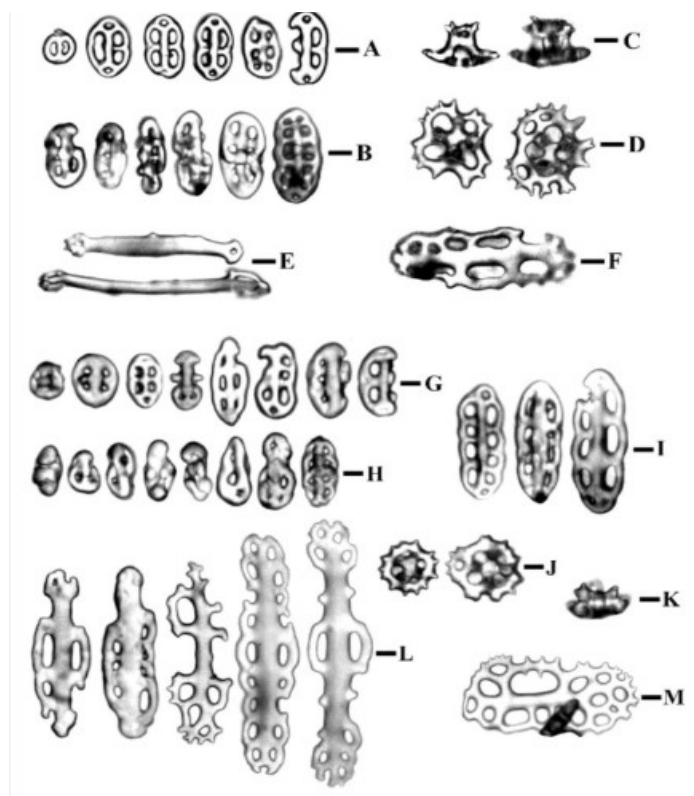
**Εικ. 1.5** Γεωγραφική κατανομή του *Holothuria polii* (IUCNredlist )

### 1.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους *H. polii* όπως παρουσιάζονται και από την έρευνα των Moussa & Wirawati (2018), είναι: το σώμα είναι κυλινδρικό, το πρόσθιο άκρο στενότερο από το οπίσθιο. Το χρώμα του σώματος ήταν καφέ με πιο ανοιχτό χρώμα στο κοιλιακό. Οι ραχιαίες θηλές ήταν λευκές έως κιτρινωπές με σκούρο καφέ κύκλο στη βάση, μικρές και διάσπαρτες στην επιφάνεια. Δεν υπήρχαν αγκάθια στο δέρμα. Οι ποδίσκοι του σωλήνα ήταν λευκοί και πυκνοί. Ο αριθμός των βαδιστικών ποδίσκων ήταν 20-22.

Οι σκληρίτες είχαν τη μορφή δίσκων, τραπεζίων, πλακών και ράβδων. Τα ραχιαία και κοιλιακά δισκία αποτελούνται από τρύπες σε ζεύγη των 1-3 , οι οποίες είναι συνήθως ομαλές και κάποιες φορές μειωμένες. (Εικ. 1.6A, 1.6G) Τα τραχιά κουμπιά ήταν επίσης παρόντα στο ραχιαίο και κοιλιακό , μερικές φορές αναδιπλωμένα (Εικ. 1.7 B). Τα μεγάλα κουμπιά παρουσιάζονται κοιλιακά. (Εικ. 1.6 I) Τα ραχιαία τραπέζια ήταν

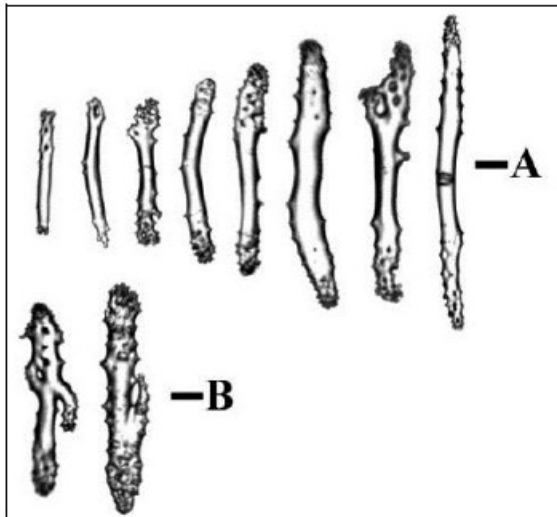
μικρού μήκους , δισκοειδή, στρογγυλεμένα και ακανθώδη με τέσσερις μεγάλες οπές στο κέντρο και 0-4 μικρές τρύπες περιμετρικά, με στεφάνη σε κάθε γωνία. (Εικ. 1.6 C, 1.6 D) Τα κοιλιακά τραπέζια ήταν παρόμοια με τα ραχιαία, αλλά ήταν σχετικά μικρότερα (Εικ. 1.6 J, 1.6 K) και σπάνια βρέθηκαν. Οι ραχιαίες ράβδοι ήταν λεπτές με 1-2 οπές στα άκρα (Εικ. 1.6 E). Ράβδοι που μοιάζουν με πλάκες ήταν παρούσες σε μερικά δείγματα (Εικ. 1.6 F) . Οι ράβδοι των κοιλιακών ήταν με διάτρητες οπές, μερικές φορές με ακανθώδη στεφάνη (Εικ. 1.6 L). Οι διάτρητες και ακανθώδεις πλάκες ήταν παρούσες κοιλιακά (Εικ. 1.6 M). Οι ράβδοι των πλοκαμιών ήταν ακανθώδεις με μερικές οπές στα άκρα (Εικ. 1.7 A) και η παρουσία διακλαδισμένων ράβδων ήταν περιστασιακή (Εικ. 1.7 B).



**Εικ. 1.6** Σκληρίτες του *Holothuria polii* Delle-Chaije, 1823 (Moussa & Wirawati 2018 )

**A:** Λεία ραχιαία κουμπιά **B:** Τραχιά κοιλιακά κουμπιά **C & D :** ραχιαία τραπέζια ( πλάγια και πάνω πλευρά) **E:** Ραχιαίοι ράβδοι **F:** Ραχιαίοι ράβδοι-πλάκες **G:** Λεία κοιλιακά κουμπιά **H:** κουμπωτά ραχιαία κουμπιά **I:** Μεγάλα κοιλιακά κουμπιά **J & K :**

κοιλιακά κουμπιά ( πάνω και πλάγια πλευρά) **L**: Κοιλιακοί ράβδοι **M**: κοιλιακή πλάκα



**Εικ. 1.7** Ράβδοι σκληριτών από πλοκάμια του *Holothuria polii* Delle-Chaije, 1823 (Moussa & Wirawati 2018 )

**A**: Ακανθώδεις ράβδοι **B**: Διακλαδισμένοι ράβδοι

### 1.3 Γενικά στοιχεία του είδους *Holothuria tubulosa*

#### Συστηματική κατάταξη

**Βασίλειο** : Animalia

**Φύλο** : Echinodermata

**Κλάση**: Holothurioidea

**Τάξη** : Aspidochirota

**Οικογένεια** : Holothuriidae

**Γένος** : Holothuria

**Υπογένος** : Holothuria

**Είδος** : *Holothuria tubulosa*



**Εικ. 1.8** Το είδος *Holothuria tubulosa* στο φυσικό του περιβάλλον (WoRMS )

Το είδος *Holothuria tubulosa* αποτελεί ένα από τα πιο κοινά είδη ολοθουρίων στις ακτές του Ατλαντικού και της Μεσογείου ( Kazanidis et al., 2010). Απαντάται σε διάφορους τύπους υποστρωμάτων κυρίως σε κινητά υποστρώματα αλλά και σε βραχώδεις πυθμένες μεγάλης φυκοκάλυψης. Στο κινητό υπόστρωμα απαντάται τόσο σε λειμώνες των φανερόγαμων *Zostera marina* και *Posidonia oceanica*, όσο και σε αμμώδεις, άμμο-ιλυώδεις και θρυμματογενείς πυθμένες.

Εκτείνεται βαθυμετρικά σε όλο το εύρος της υποπαραλιακής ζώνης και στην περιπαραλιακή, συνήθως μέχρι τα 100m (Neofitou, 2016). Συγκαταλέγεται στα χαρακτηριστικά είδη της βιοκοινότητας των παράκτιων άμμο-ιλυωδών πυθμένων προφυλαγμένων περιοχών (SVMC), ενώ λόγω της ευρείας βαθυμετρικής του κατανομής απαντάται και στη βιοκοινότητα των ιλυωδών πυθμένων της βαθύαλης ζώνης (VP) ως κοινό είδος (Vafidis et al., 2008). Το *H.tubulosa* φτάνει σε μήκος τα 45 cm και σε διάμετρο τα 6 cm. Το σχήμα του είναι κατά προσέγγιση κυλινδρικό με

επίπεδη βάση στην οποία υπάρχουν τρεις διαμήκεις σειρές σωλήνων. Έχει σκληρό δέρμα, το γενικό του χρώμα είναι καφέ και η επιφάνεια είναι καλυμμένη με πολλές σκούρες, κωνικές, αγκάθινες προεξοχές γνωστές ως πιπίλες (papillae). Συχνά εμφανίζεται ως γκρίζο, καθώς εκκρίνει ένα προστατευτικό φιλμ βλέννας στο οποίο μπορούν να προσκολληθούν κομμάτια από φύκια ή και ιζήματα (Vafidis et al., 2008).

Το *H. tubulosa* είναι γονοχωριστικό είδος και η αναπαραγωγή του είναι, κατά κανόνα, εγγενής και συνήθως ακολουθεί ετήσιο αναπαραγωγικό κύκλο. Επίσης δεν παρουσιάζει εξωτερικό φυλετικό διμορφισμό. Ο διαχωρισμός του φύλου γίνεται από την εμφάνιση και το χρώμα των γονάδων (Despalatovic et al., 2004). Η ωρίμανση των γονάδων αρχίζει την άνοιξη και φτάνει σε κορύφωση το καλοκαίρι, ενώ η ωοτοκία εντοπίζεται στα τέλη της θερινής περιόδου, δηλαδή τη θερμή περίοδο του έτους. Η απελευθέρωση των γαμετών, διάρκειας περίπου τριάντα λεπτών, πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της θερμότερης περιόδου του έτους και η γονιμοποίηση λαμβάνει χώρα στην υδάτινη στήλη.

Το *H. tubulosa* είναι εδώδιμο, συγκαταλέγεται στα είδη με σημαντική εμπορική αξία, καθώς αλιεύεται και αξιοποιείται ως δόλωμα στη Μεσόγειο ή εξάγεται στην Ασία όπου καταναλώνεται ως μεταποιημένο προϊόν (Tortonese & Vadon, 1987). Στο Αιγαίο πέλαγος αποτελεί είδος εμπορικής εκμετάλλευσης. Σε ορισμένες περιοχές της Τουρκίας (Cakli et al., 2004) εξάγεται ως κατεψυγμένο ή αποξηραμένο σε χώρες της Άπω Ανατολής (Aydin, 2008; Kazanidis et al., 2014), ενώ στην Ελλάδα μεταποιείται και χρησιμοποιείται ως δόλωμα στην αλιεία με παραγάδι (Kazanidis et al., 2010, Antoniadou & Vafidis, 2011). Η υπεραλίευση του είδους αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα στην Τουρκία με αποτέλεσμα τη μείωση του φυσικού πληθυσμού, κυρίως στο νοτιοανατολικό Αιγαίο (Vafidis et al., 2008; Kazanidis et al., 2014; Gunay et al., 2015).



**Εικ. 1.9** Γεωγραφική κατανομή του *Holothuria tubulosa* (IUCNredlist )

#### 1.4 Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η συμβολή πληροφοριών στη βιολογία και στη δυναμική των πληθυσμών των ειδών *Holothuria polii* και *Holothuria tubulosa*, στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και ειδικότερα στην περιοχή των Σποράδων.

## 2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Περιοχή έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 5 σταθμούς δειγματοληψίας σε νησιά των Βόρειων Σποράδων, στο Αιγαίο Πέλαγος σε διάστημα 3 ημερών (20-21-22 / 05 / 2019) με τη μέθοδο δειγματοληψίας αποστάσεων (distance sampling). Συγκεκριμένα ο σταθμός δειγματοληψίας S1 (39°20' 098"N 24° 04' 412"E) ήταν στη θέση Πλανήτης στο νησί της Κυρά Παναγιάς, ο σταθμός S2 (39°19' 138"N 24° 03' 150"E) στη θέση Άγιος Πέτρος επίσης στο νησί της Κυρά Παναγιάς, ο σταθμός S3 (39°16' 466"N 23° 27' 059"E) στη θέση Γέρακας στο νησί της Αλονήσου, ο σταθμός S4 (39°12' 773"N 23° 89' 042"E) στη θέση Λιβαδάκια στο νησί της Περιστεράς και ο σταθμός S5 (39°07' 647"N 23° 44' 254"E) στη θέση Λιμάνι του νησιού της Σκοπέλου. Οι σταθμοί δειγματοληψίας είναι περιοχές που ανήκουν στο Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Αλοννήσου Βορείων Σποράδων.



Εικ. 2.1 Χάρτης απεικόνισης των σταθμών δειγματοληψίας

" Το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Αλοννήσου Βορείων Σποράδων είναι ένας μοναδικός συνδυασμός χερσαίων και θαλάσσιων Μεσογειακών βιοτόπων με εκατοντάδες είδη φυτών και ζώων, αλλά και σημαντικά αρχαιολογικά και ιστορικά μνημεία. Είναι το πρώτο Θαλάσσιο Πάρκο της Ελλάδας, και η μεγαλύτερη προστατευμένη θαλάσσια περιοχή στην Ευρώπη (περίπου 2,220 km<sup>2</sup>). Εκτός από τη θαλάσσια περιοχή, το Πάρκο περιλαμβάνει τη νήσο Αλόνησο, 6 μικρότερα νησιά (Περιστέρα, Κυρά Παναγιά, Ψαθούρα, Πιπέρι, Σκάτζουρα και Γιούρα) καθώς και 22 βραχονησίδες. "

Οι υποβρύχιες διεργασίες έγιναν με ελεύθερη και αυτόνομη κατάδυση (SCUBA) και το βάθος κυμάνθηκε από 0,5 - 5 m. Δείγματα *H.poli* και *H.tubulosa* συλλέχθηκαν τυχαία κατά τη διάρκεια μιας κατάδυσης 20 λεπτών. Η πυκνότητα του πληθυσμού εκτιμήθηκε ως ο αριθμός των ατόμων που συλλέχθηκαν ανά 20 λεπτά κατάδυσης (N / 20' dive). Στο πεδίο, δύτες με εύκαμπτη μετροταινία μέτρησαν το ολικό in situ μήκος του κάθε ατόμου (TL), από το στόμα έως την έδρα, με προσοχή ώστε να μην υπάρξει συρρίκνωση του σώματος του ολοθουρίου (Despalatovic et al., 2004). Στη συνέχεια τα άτομα αριθμούνταν και αλιεύονταν. Έπειτα με ζυγό ακριβείας έγινε μέτρηση του ολικού βάρους (TW) για κάθε άτομο. Οι μετρήσεις μήκους έγιναν με ακρίβεια 1mm και οι μετρήσεις βάρους με ακρίβεια 0,01g.

Τα ολοθούρια αναγνωρίστηκαν επι τόπου (in situ) με βάση την εξωτερική μορφολογία τους.



## 2.2 Μέθοδος δειγματοληψίας

Η Δειγματοληψία Αποστάσεων (ΔΑ) είναι ένα σύνολο στατιστικών μεθόδων εκτίμησης αφθονίας ή/και πληθυσμιακής πυκνότητας που συνεκτιμούν την πιθανότητα ανίχνευσης των ατόμων του πληθυσμού ενδιαφέροντος στο δείγμα. Χρησιμοποιείται για ποικίλο φάσμα πληθυσμών : θηλαστικά ,ερπετά , αμφίβια, ψάρια, έντομα ,πτηνά κ.α. Πρόκειται ουσιαστικά για μια επέκταση της μεθόδου πλήρους καταγραφής σε δειγματοληπτικές επιφάνειες που αμβλύνει τη βασική της παραδοχή, επιτρέποντας την εφαρμογή της μεθόδου σε περιπτώσεις που δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστούν συνθήκες τέλει ανίχνευσης (Thomas et al., 2002). Σε αντιστοιχία με τις δειγματοληψίες λωρίδων και τις δειγματοληψίες κυκλικών επιφανειών της δειγματοληψίας με πλήρη καταγραφή σε δειγματοληπτικές επιφάνειες, η ΔΑ διακρίνεται σε δειγματοληψίες γραμμικών διατομών (line transect sampling) και σε σημειακές δειγματοληψίες (point transect sampling).

Κάθε επιφάνεια δειγματοληψίας ορίζεται στην μεν περίπτωση της δειγματοληψίας γραμμικών διατομών από μια γραμμική διατομή μήκους  $l$  κι ένα εύρος καταγραφής (πλάτος)  $w$  εκατέρωθεν αυτής, στη δε περίπτωση της σημειακής δειγματοληψίας, από ένα σημείο στο χώρο και μια ακτίνα κύκλου  $r$  με αφετηρία το σημείο αυτό. Το εμβαδό των δειγματοληπτικών επιφανειών που προβλέπονται από τη ΔΑ δεν είναι κατ' ανάγκη προκαθορισμένο κατά το σχεδιασμό της δειγματοληψίας και μπορεί να προκύψει μετά από την ολοκλήρωσή της. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως δεν τίθεται αναγκαστικά συγκεκριμένο όριο εύρους διερεύνησης όπως στη δειγματοληψία πλήρους καταγραφής σε δειγματοληπτικές επιφάνειες, αλλά ο παρατηρητής μπορεί να καταγράψει όσα άτομα του πληθυσμού μπορεί να εντοπίσει εκατέρωθεν της γραμμικής διατομής ή περί το σημείο δειγματοληψίας ( Katsanevakis et al., 2016).

### 2.3 Σχέση μήκους - βάρους

Η αύξηση σε μήκος δηλώνει την αξονική σωματική αύξηση, ενώ η αύξηση σε βάρος δηλώνει την αύξηση του σώματος ενός οργανισμού σε όγκο. Οι δύο αυτές μορφές αύξησης σχετίζονται πολύ στενά (Le Cren, 1951). Η γνώση της σχέσης που συνδέει το σωματικό μήκος με το βάρος ενός είδους είναι πολύ σημαντική γιατί: (α) δίνει απαραίτητες πληροφορίες για τη φυσική κατάσταση του είδους, (β) επιτρέπει τη δυνατότητα σύγκρισης των στρατηγικών ζωής ενός είδους σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, (γ) δίνει τη δυνατότητα μετατροπής των εξισώσεων που περιγράφουν την αύξηση σε μήκος σε εξισώσεις που περιγράφουν την αύξηση σε βάρος και (δ) δίνει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί η βιομάζα ενός είδους στις περιπτώσεις που είναι διαθέσιμος μόνο ο συνολικός αριθμός των ατόμων και το μήκος τους (Binohlan & Pauly, 1998; Froese et al., 2011).

Η σχέση που συνδέει το σωματικό μήκος και βάρος των ατόμων ενός ιχθυοποθέματος μπορεί να προκύψει από μετρήσεις του μήκους και του βάρους ενός συγκεκριμένου ατόμου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της ζωής του ή από μετρήσεις του σωματικού μήκους και βάρους των ατόμων ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος του αποθέματος σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Froese 2006). Η σχέση μήκους-βάρους (length-weight relationship) θα πρέπει να βασίζεται σε ικανοποιητικό αριθμό ατόμων (>100) και να καλύπτει ολόκληρο το εύρος μηκών ενός πληθυσμού (από τα νεαρά άτομα μέχρι αυτά που έχουν πλησιάσει το ασυμπτωτικό μήκος τους), ενώ η περίοδος δειγματοληψίας θα πρέπει ιδανικά να καλύπτει όλες τις εποχές του έτους (Froese et al., 2011).

Όταν γίνεται σύγκριση σχέσεων μήκους-βάρους (π.χ. μεταξύ φύλων ή περιοχών) θα πρέπει να συγκρίνονται και οι δύο συντελεστές της εξίσωσης, ενώ σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να μετατρέπεται το μήκος σε cm και το βάρος σε g και να αναφέρονται τα

ελάχιστα και μέγιστα μήκη και βάρη που χρησιμοποιήθηκαν, τα όρια εμπιστοσύνης, καθώς και το μέγεθος του δείγματος (Froese et al., 2011). Οποιαδήποτε σχέση παλινδρόμησης μήκους-βάρους έχει ορθή πρόβλεψη μόνο μέσα στα όρια των τιμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της.

## **2.4 Στατιστική Ανάλυση**

### **2.4.1 Βιομετρία**

Η βιομετρία των ολοθουρίων όσων αφορά τα είδη και τους σταθμούς, υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας μια περιγραφική ανάλυση. Ανάλογα με τον συνολικό αριθμό δειγμάτων, η κανονικότητα των δεδομένων ελέγχθηκε είτε από τα tests Kolmogorov – Smirnov είτε από τα tests Shapiro Wilks. Ανακαλύπτοντας ότι δεν ήταν κανονικά κατανεμημένα όλα τα δεδομένα, διεξήχθησαν δυαδικές και πολλαπλές συγκρίσεις σύμφωνα με τις δοκιμές Mann Whitney U και Kruskal – Wallis αντίστοιχα (Tunca et al., 2013). Σε αυτές τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε ένα επίπεδο σημαντικότητας  $p=0.05$ .

### **2.4.2 Γραμμική παλινδρόμηση**

Η γραμμική παλινδρόμηση είναι μια γραμμική προσέγγιση για τη μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μιας βαθμωτής απόκρισης (ή εξαρτημένης μεταβλητής) και μιας ή περισσότερων επεξηγηματικών μεταβλητών (ή ανεξάρτητων μεταβλητών). Η

περίπτωση μιας επεξηγηματικής μεταβλητής ονομάζεται απλή γραμμική παλινδρόμηση. Για περισσότερες από μία επεξηγηματικές μεταβλητές, η διαδικασία ονομάζεται πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Ο όρος αυτός διακρίνεται από την πολυπαραγοντική γραμμική παλινδρόμηση, όπου προβλέπονται πολλαπλές συσχετισμένες εξαρτώμενες μεταβλητές, και όχι μια ενιαία κλιμακωτή μεταβλητή.

Στην γραμμική παλινδρόμηση, οι σχέσεις διαμορφώνονται χρησιμοποιώντας λειτουργίες γραμμικής πρόβλεψης των οποίων οι άγνωστες παράμετροι μοντέλου υπολογίζονται από τα δεδομένα. Αυτά τα μοντέλα ονομάζονται γραμμικά μοντέλα. Συχνά, ο υπό όρους μέσος όρος της απόκρισης που δίνεται στις τιμές των επεξηγηματικών μεταβλητών (ή των προγνωστικών) θεωρείται ότι είναι συνάρτηση συνάφειας αυτών των τιμών. Λιγότερο συχνά, χρησιμοποιείται ο μέσος όρος υπό όρους ή κάποιο άλλο ποσό. Όπως όλες οι μορφές ανάλυσης παλινδρόμησης, η γραμμική παλινδρόμηση επικεντρώνεται στην κατανομημένη πιθανότητα κατανομής της απόκρισης, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των προγνωστικών, και όχι στην κοινή κατανομή πιθανότητας όλων αυτών των μεταβλητών, η οποία είναι η περιοχή της πολυμεταβλητής ανάλυσης.

#### **2.4.3 Γραμμικά μοντέλα συσχέτισης μήκους-βάρους**

Κατά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δημιουργήθηκαν απλά γραμμικά μοντέλα συσχέτισης των υπό μελέτη μεγεθών θεωρώντας το ολικό *in situ* μήκος (L) ως ανεξάρτητη ενώ το ολικό βάρος (W) ως εξαρτημένη μεταβλητή. Η σχέση μήκους-βάρους εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση  $W = aL^b$  όπου,

W = Βάρος

L = Συνολικό μήκος

a = σταθερά παλινδρόμησης

b = Συντελεστής παλινδρόμησης

Οι τιμές των σταθερών 'a' και 'b' υπολογίστηκαν από τιμές λογαριθμικού μετασχηματισμού του μήκους και του βάρους όπως φαίνεται παρακάτω.

$$\text{Log } W = \log a + b \log L$$

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό λογισμικό (OriginPro 8.5, IBM, USA).

Χρησιμοποιήθηκε επίσης ο τύπος (Salvanes et al., 2018) :

όπου χρησιμοποιώντας τα συνολικά βάρη ατόμων του *H.polii* που αλιεύθηκαν, υπολογίστηκε το μέσο βάρος των ατόμων ανά ψαριά.

$$\text{Total number of species } A = \frac{\text{total catch (g) of species } A}{\text{average individual weight of species } A}$$

#### 2.4.4 Μέθοδος Bhattacharya

Τέλος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Bhattacharya με το στατιστικό πρόγραμμα FISAT II (Gayanilo et al., 2005) . Η μέθοδος Bhattacharya (1967) προτάθηκε από τον συγγραφέα της ως γραφική μέθοδος για τον διαχωρισμό των κανονικά κατανομημένων ομάδων από ένα μείγμα κανονικών κατανομών.

Όταν ο φυσικός λογάριθμος των αναλογιών των διαδοχικών συχνοτήτων καταγράφεται σε σχέση με τα μεσαία σημεία των αντίστοιχων κλάσεων, θα ληφθεί μια ευθεία γραμμή με αρνητική κλίση όταν μια ομάδα έχει εντοπιστεί.

Η ευθεία είναι της μορφής :  $\ln (f_{i+1}/f_i) = a + bx_i$

όπου το b υποδηλώνει αρνητική κλίση.

Χρησιμοποιώντας την τεχνική της γραμμικής παλινδρόμησης, τα a και b αποκτώνται (για σύνολα 3 σημείων το καθένα) χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$b = \frac{\sum xy - \sum x' \sum y/n}{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}$$

$$a = \sum y/n - b \sum x/n$$

Όταν ο απόλυτος συντελεστής συσχέτισης υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση :

$$r = \frac{\sum xy - \sum x' \sum y/n}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2/n) (\sum y^2 - \sum y)^2/n}}$$

είναι υψηλότερη ή ίση με την τιμή εισόδου του κρίσιμου συντελεστή συσχέτισης, ο μέσος όρος ( $\mu$ ),

η τυπική απόκλιση ( $\sigma$ ) και ο αριθμός των στοιχείων στις κατανομές συνιστωσών (N)

υπολογίζονται χρησιμοποιώντας :

$$\mu = (0.5d) - (a/b)$$

$$\delta = \sqrt{(l-b) - (d^2/12)}$$

$$N = \frac{\delta}{d} \exp \left[ \frac{\sum_{i=1}^3 \ln (f_{i+1}/f_i)}{3} + \frac{\sum_{i=1}^3 (x_i - \mu)^2}{6(\delta^2 + (d^2/12))} + \frac{d^2}{24\delta^2} + \ln \sqrt{2\pi} \right]$$

όπου d είναι το πλάτος του διαστήματος κλάσης και  $f_i$ ,  $x_i$  είναι οι τιμές των

συχνοτήτων και των μέσων σημείων των τριών σημείων που εξετάζονται αντιστοίχως.

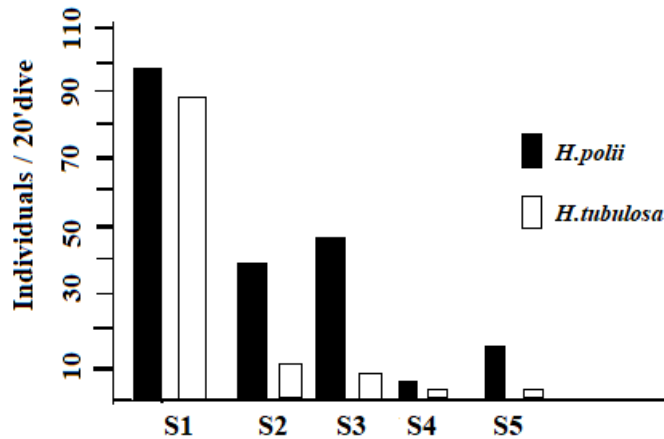
( Goonetilleke & Sivasubramaniam, 1987 )

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Αφθονία

Η αφθονία των ειδών είναι ο αριθμός των ατόμων ανά είδος και η σχετική αφθονία αναφέρεται στην ομαλή κατανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών σε μια κοινότητα. Η αφθονία είναι ίσως η σημαντικότερη οικολογική ποσότητα που είναι απαραίτητη για την κατανόηση της δυναμικής των πληθυσμών και για τη λήψη αποφάσεων στη βιολογική διαχείριση και διατήρηση, για παράδειγμα την εκτίμηση του κινδύνου εξαφάνισης των απειλούμενων ειδών, την παρακολούθηση ειδών εισβολέων αλλά και τη διαχείριση πληθυσμών, ιδιαίτερα απειλούμενων ειδών.

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε συνολικά συλλέχθηκαν 314 άτομα, 200 του είδους *Holothuria polii* και 114 του είδους *Holothuria tubulosa*. Η πληθυσμιακή πυκνότητα εκτιμήθηκε ως ο αριθμός των ατόμων που συλλέχθηκαν ανά 20 λεπτά κατάδυσης (N / 20 λεπτά). Παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αφθονία και για τα δύο είδη στο σταθμό δειγματοληψίας S1, στον όρμο Πλανήτης της νήσου Κυρά Παναγιά. Συγκεκριμένα ο αριθμός των ατόμων για το σταθμό S1 ήταν 97 άτομα για το *H.polii* και 88 άτομα για το *H.tubulosa*, για το σταθμό S2 ήταν 37 άτομα για το *H.polii* και 11 άτομα για το *H.tubulosa*, για το σταθμό S3, 46 άτομα *H.polii* και 9 άτομα *H.tubulosa*, για τον σταθμό S4, 5 άτομα *H.polii* και 3 άτομα *H.tubulosa*, και για τον σταθμό S5, 15 άτομα *H.polii* και 3 άτομα *H.tubulosa*. Η μέση αφθονία ήταν  $40 \pm 36$  άτομα / 20' λεπτά κατάδυσης για το *H.polii* και  $23 \pm 37$  άτομα / 20' λεπτά κατάδυσης για το *H.tubulosa*.



**Σχήμα 3.1** Συνολική αφθονία των ολοθουρίων ανά σταθμό δειγματοληψίας

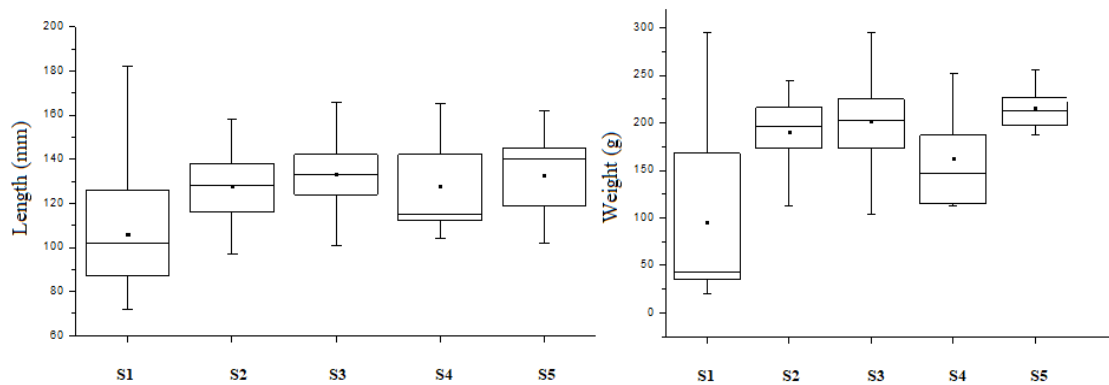
### 3.2 Μέσο μήκος - βάρος

Το μεγαλύτερο μέσο μήκος για το είδος *H. polii* παρατηρήθηκε στο σταθμό δειγματοληψίας S3, στην περιοχή Γέρακας της νήσου Αλόνησος και ήταν  $133 \pm 15$  mm, ενώ το μεγαλύτερο μέσο βάρος στο σταθμό δειγματοληψίας S5 στο λιμάνι της νήσου Σκόπελος και ήταν  $216 \pm 25$  g. Στις ίδιες περιοχές παρατηρήθηκαν και οι μεγαλύτερες τιμές μέσου μήκους και βάρους και για το είδος *H. tubulosa* όπου ήταν  $194 \pm 33$  mm και  $300 \pm 17$  g αντίστοιχα.

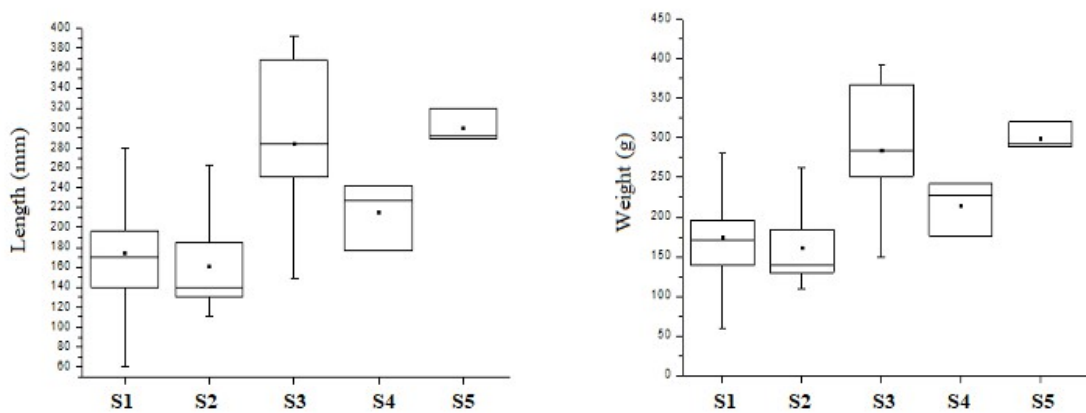
Το ολικό *in situ* μήκος των ατόμων του *H. tubulosa* κυμάνθηκε από 109 mm έως 237 mm και το ολικό μέσο μήκος για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας ήταν  $146 \pm 28$  mm, ενώ το ολικό βάρος κυμάνθηκε από 60g έως 392g και το ολικό μέσο βάρος για όλους τους σταθμούς ήταν  $186 \pm 59$ g. Για το *H. polii* το εύρος του ολικού *in situ* μήκους ήταν από 90 mm έως 182 mm και το ολικό μέσο μήκος όλων των σταθμών



ήταν  $119 \pm 24$  mm, ενώ το ολικό βάρος κυμάνθηκε από 20g έως 295g και το ολικό μέσο βάρος για όλους τους σταθμούς ήταν  $148 \pm 80$ g.



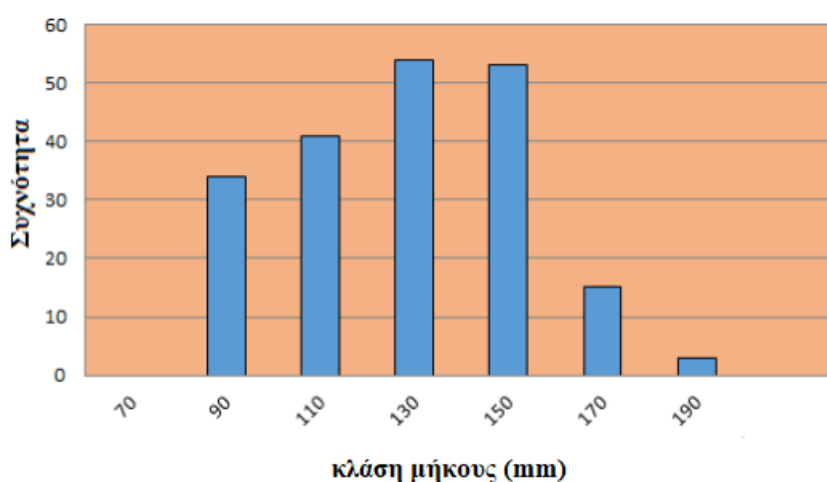
**Σχήμα 3.2** Το μέσο μήκος - βάρος του *H. polii* για κάθε σταθμό δειγματοληψίας



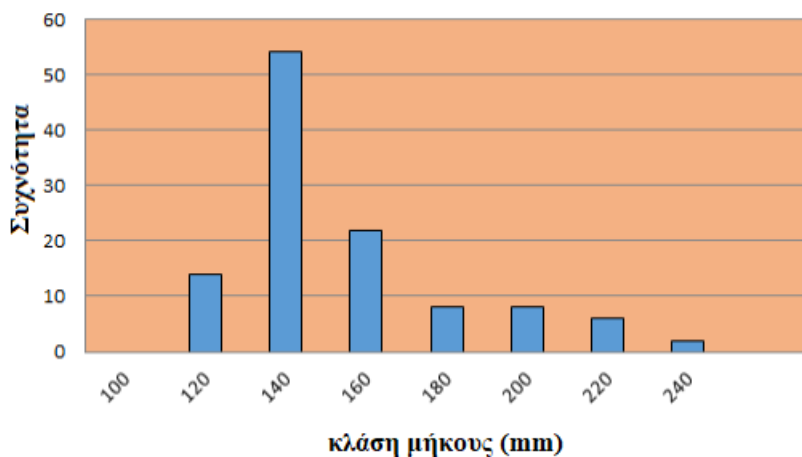
**Σχήμα 3.3** Το μέσο μήκος - βάρος του *H. tubulosa* για κάθε σταθμό δειγματοληψίας

### 3.3 Πληθυσμιακές συχνότητες

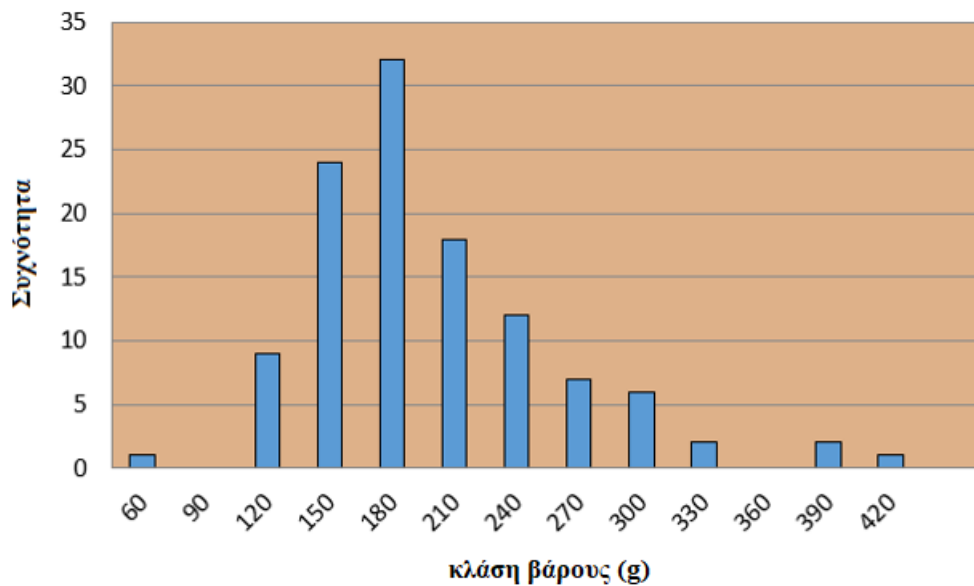
Η μελέτη των πληθυσμιακών συχνοτήτων ανά εποχική περίοδο ή ανά περιοχή δείχνει τον βαθμό στον οποίο οι έντονες φυσικές μεταβολές επηρεάζουν τις δομές των κοινοτήτων. Τέτοιες μεταβολές μπορεί να είναι φυσικές διαταραχές όπως πολύ ψυχροί χειμώνες, έντονα ζεστά καλοκαίρια αλλά και περιστατικά ρύπανσης μεγάλης έκτασης που μπορούν να δείξουν τροποποιήσεις στις δομές των κοινοτήτων. Στις μετρήσεις μας οι μεγαλύτερες συχνότητες μεγέθους για το *H.poli* παρουσιάστηκαν στην κλάση 130-149 mm και 150 – 169 mm ενώ η μεγαλύτερη συχνότητα μεγέθους για το *H.tubulosa* παρουσιάστηκε στην κλάση 140-159 mm . Οι κλάσεις καθορίστηκαν ανά 20mm.



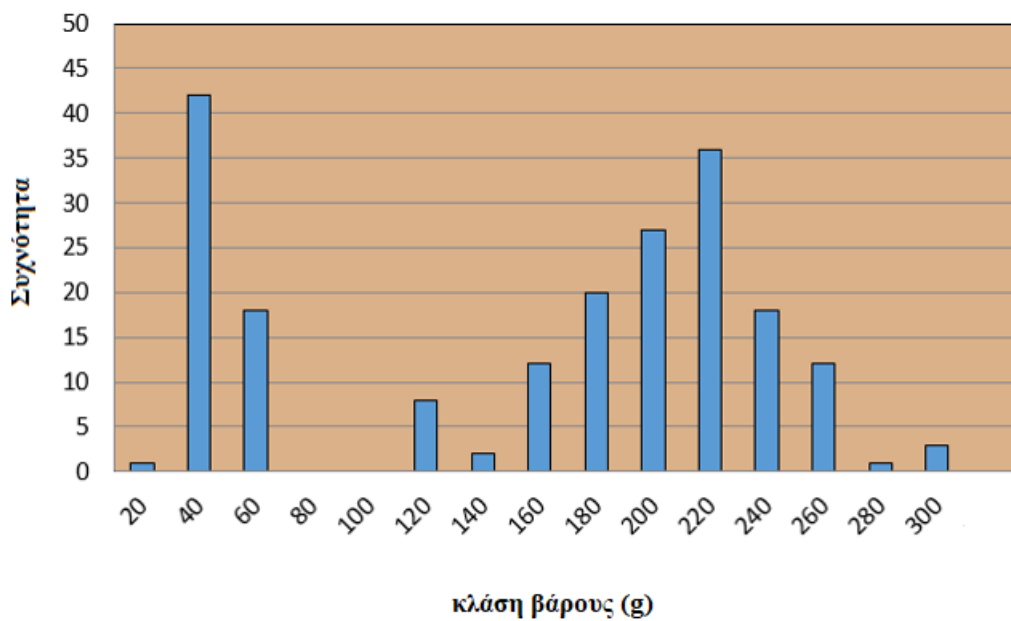
Σχήμα 3.4 Πληθυσμιακή κλάση μήκους του *H.poli*



Οι μεγαλύτερες συχνότητες βάρους αντίστοιχα παρουσιάστηκαν για το *H.polii* στην κλάση 180-209 g και στο *H.tubulosa* στις κλάσεις 20-39 g και 220 – 239g.



Σχήμα 3.6 Πληθυσμιακή κλάση βάρους για το *H.polii*



Σχήμα 3.7 Πληθυσμιακή κλάση βάρους για το *H.tubulosa*

### 3.4 Βιομετρικές συσχετίσεις

Η σχέση μήκους-βάρους εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$W = aL^b$$

όπου,

$$W = \text{Βάρος}$$

$$L = \text{Συνολικό μήκος}$$

a = σταθερά παλινδρόμησης

b = Συντελεστής παλινδρόμησης

Οι τιμές των σταθερών 'a' και 'b' υπολογίστηκαν από τιμές λογαριθμικού μετασχηματισμού του μήκους και του βάρους όπως φαίνεται παρακάτω :

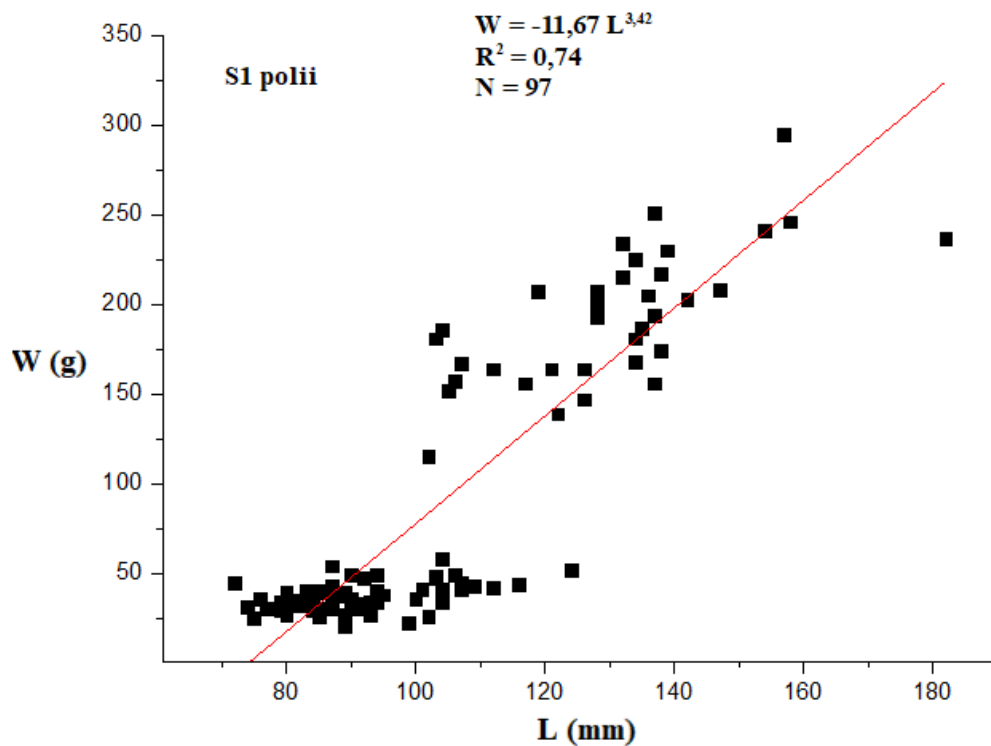
$$\text{Log}W = \log a + b \log L$$

<i>H.polii</i>	a	b	R <sup>2</sup>
S1	-11,67	3,42	0,74
S2	0,63	0,95	0,4
S3	0,98	0,88	0,21
S4	-3,12	1,69	0,85
S5	4,07	0,27	0,06
<i>H.tubulosa</i>			
S1	2,51	0,53	0,07
S2	2,59	0,5	0,06
S3	0,73	0,93	0,15
S4	1,91	0,68	0,54
S5	4,29	0,28	0,97

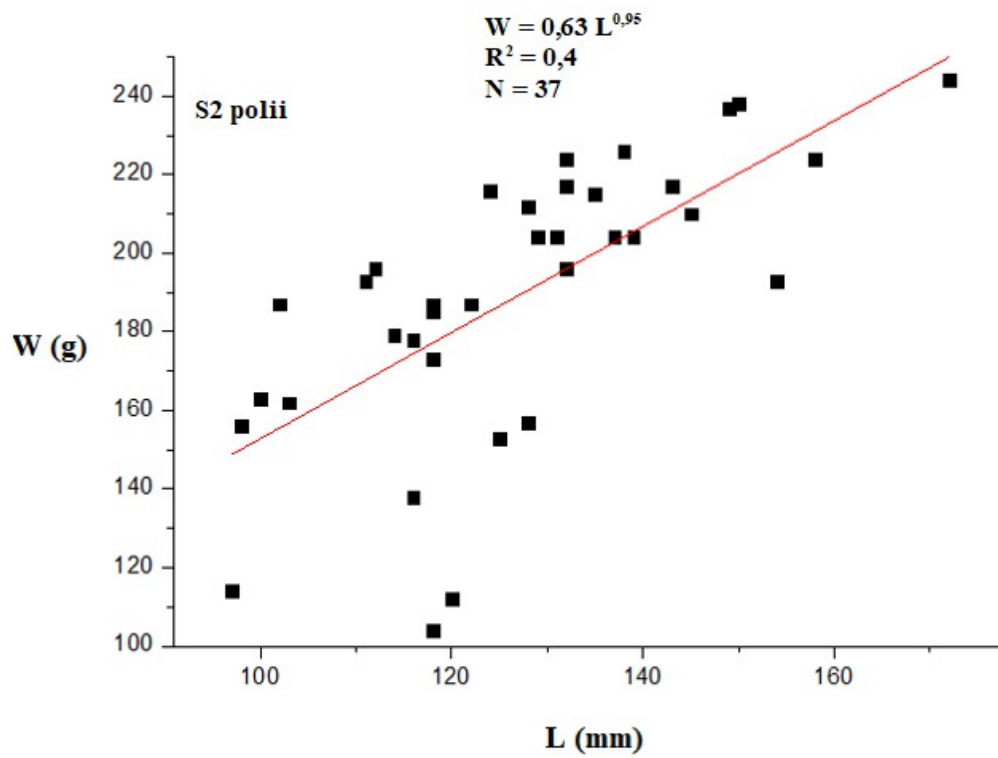
**Πίνακας 1** Αλλομετρικές σχέσεις μήκους-βάρους των ειδών *H.polii* και *H.tubulosa* σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας. Όπου a = σταθερά παλινδρόμησης , b = συντελεστής παλινδρόμησης , R<sup>2</sup>= συντελεστής συσχέτισης

Ο χαμηλός συντελεστής συσχέτισης δεν υπέδειξε κάποια ισχυρή συσχέτιση ( $R^2 < 0,5$ ) στους περισσότερους σταθμούς, εκτός των σταθμών S1 ( $R^2 = 0,74$ ) και S4 ( $R^2 = 0,86$ ) για το *H.polii* και τους σταθμούς S4 ( $R^2 = 0,54$ ) και S5 ( $R^2 = 0,97$ ) για το *H.tubulosa*. Ισχυρή συσχέτιση επίσης έδειξε η στατιστική επεξεργασία του μήκους-βάρους του συνολικού αριθμού των ατόμων από όλους τους σταθμούς, του είδους *H.polii* ( $R^2 = 0,72$ ).

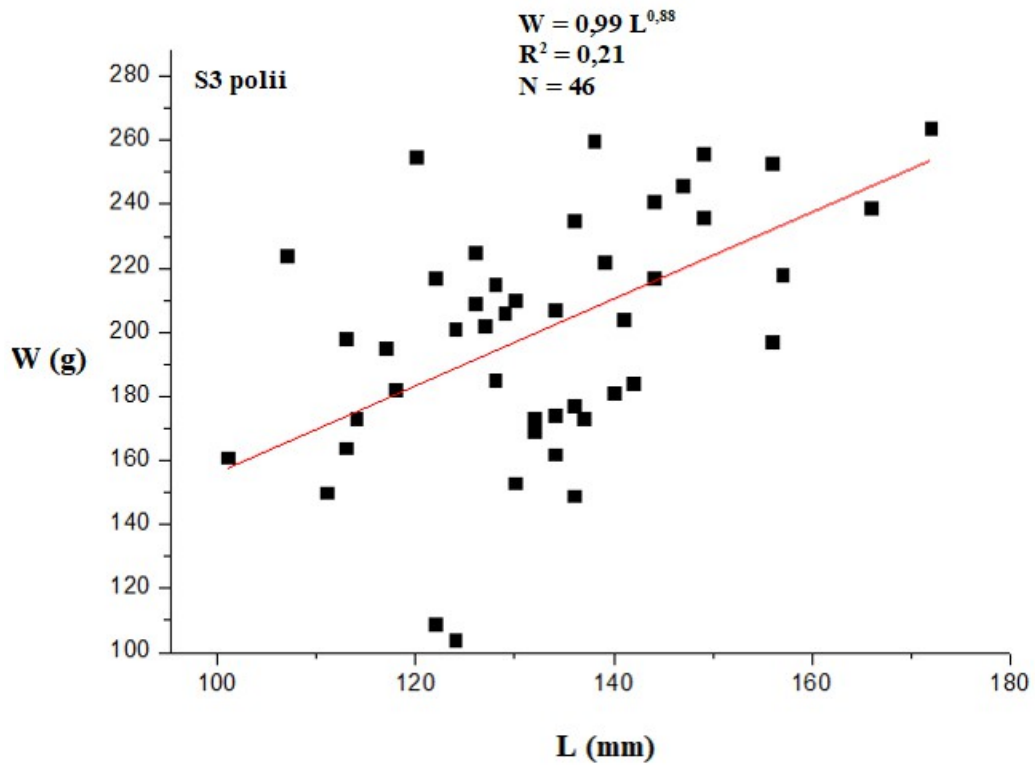
Παρακάτω παρουσιάζεται η διαγραμματική απεικόνιση των γραμμικών μοντέλων συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) και για τα δύο είδη.



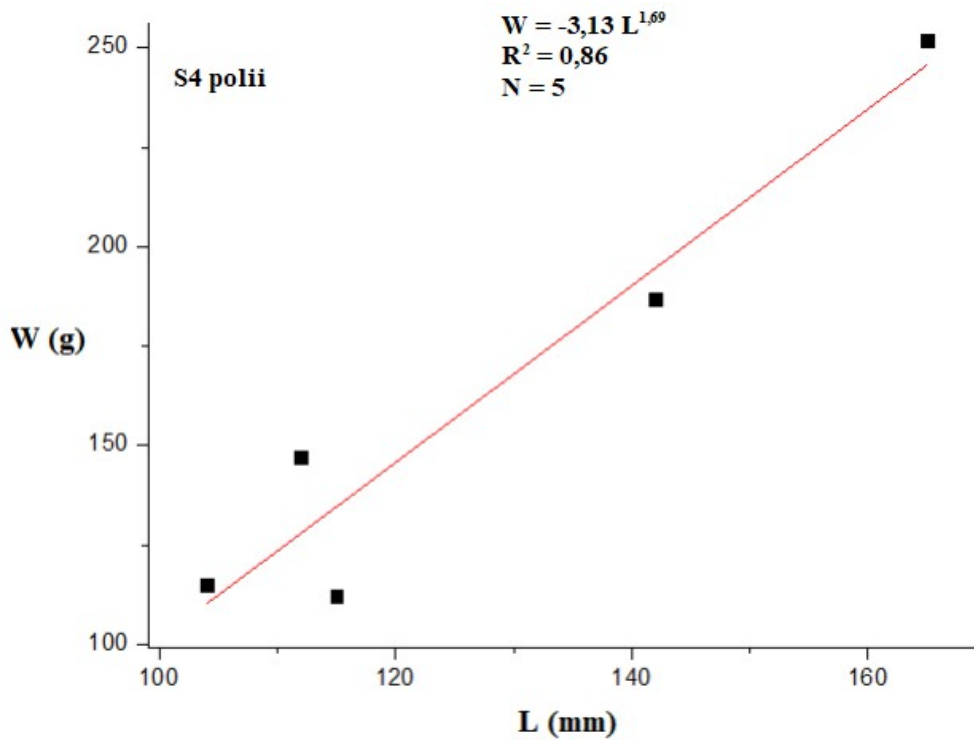
**Σχήμα 3.8** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.polii* στο σταθμό S1



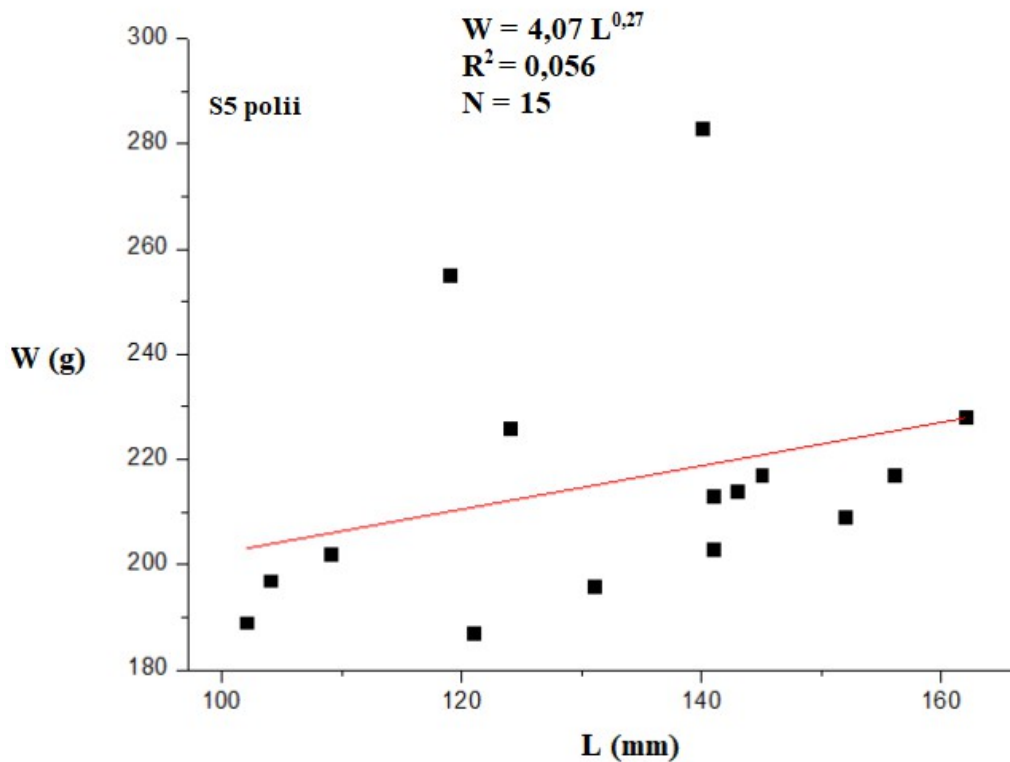
**Σχήμα 3.9** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.polii* στο σταθμό S2



**Σχήμα 3.10** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.polii* στο σταθμό S3

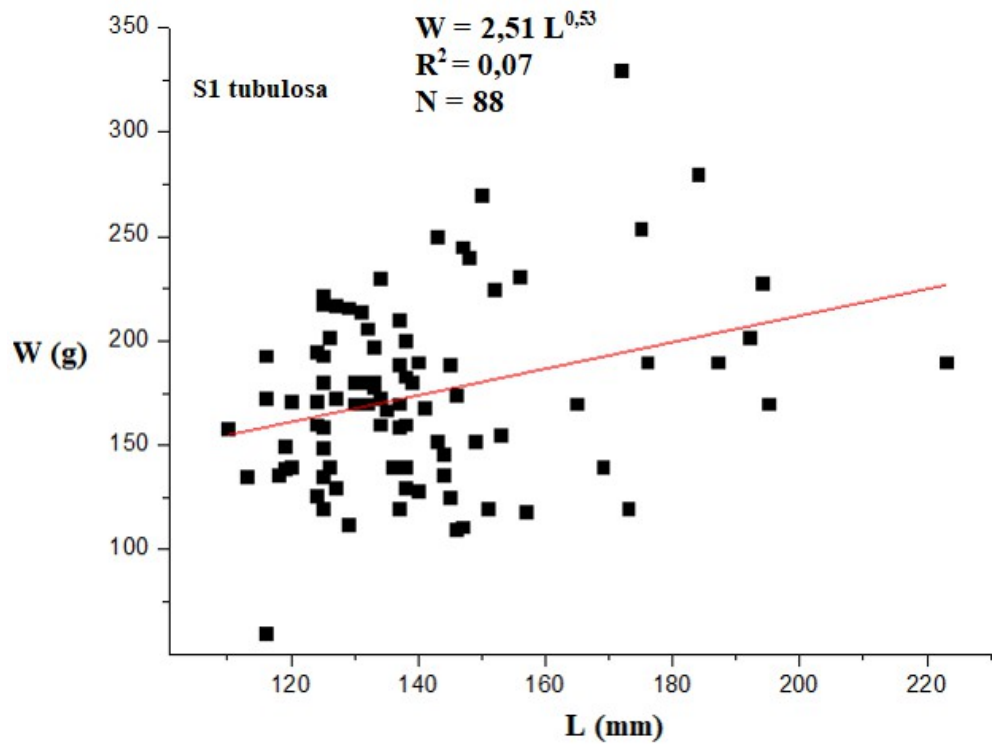


**Σχήμα 3.11** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.polii* στο σταθμό S4

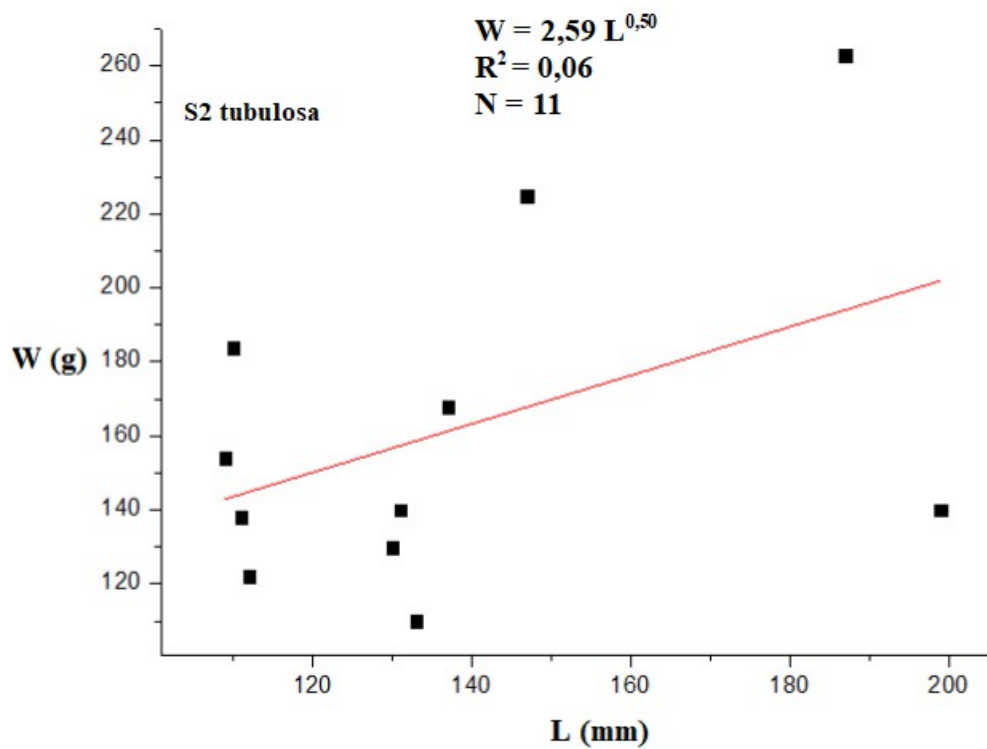


**Σχήμα 3.12** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.polii* στο σταθμό S1

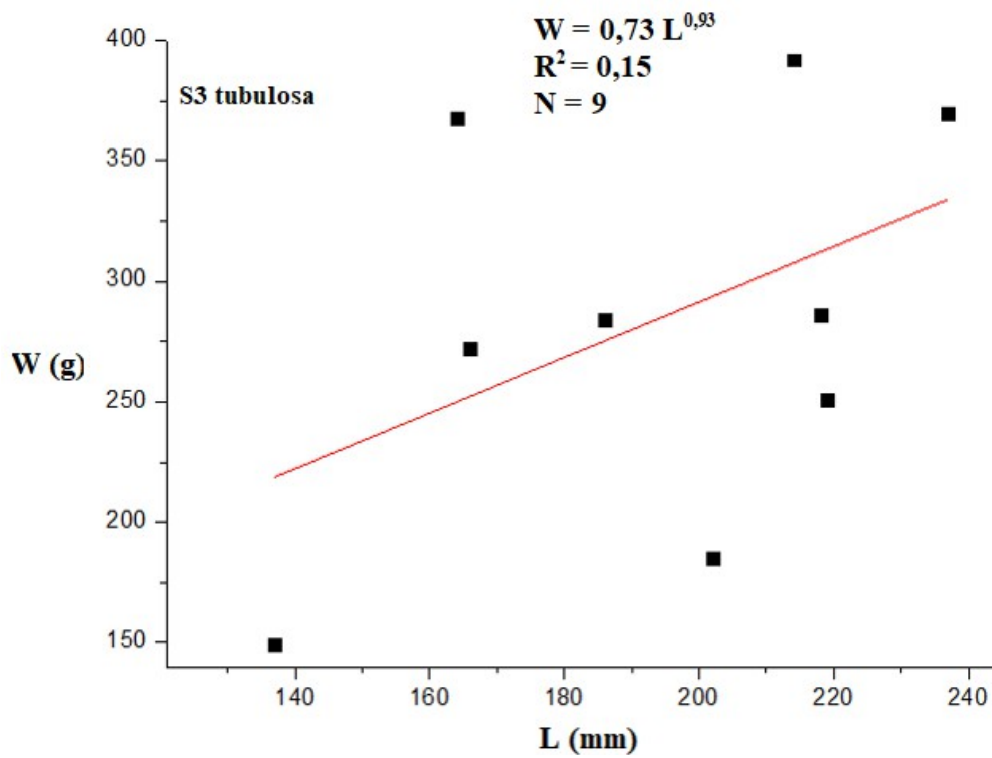




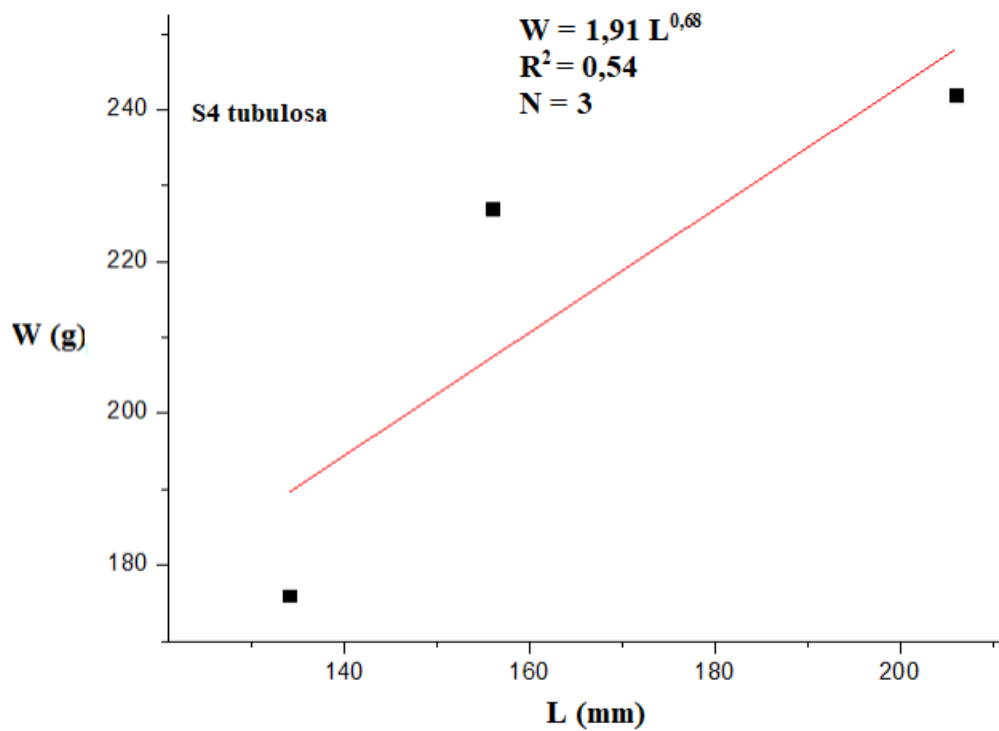
**Σχήμα 3.12** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.tubulosa* στο σταθμό S1



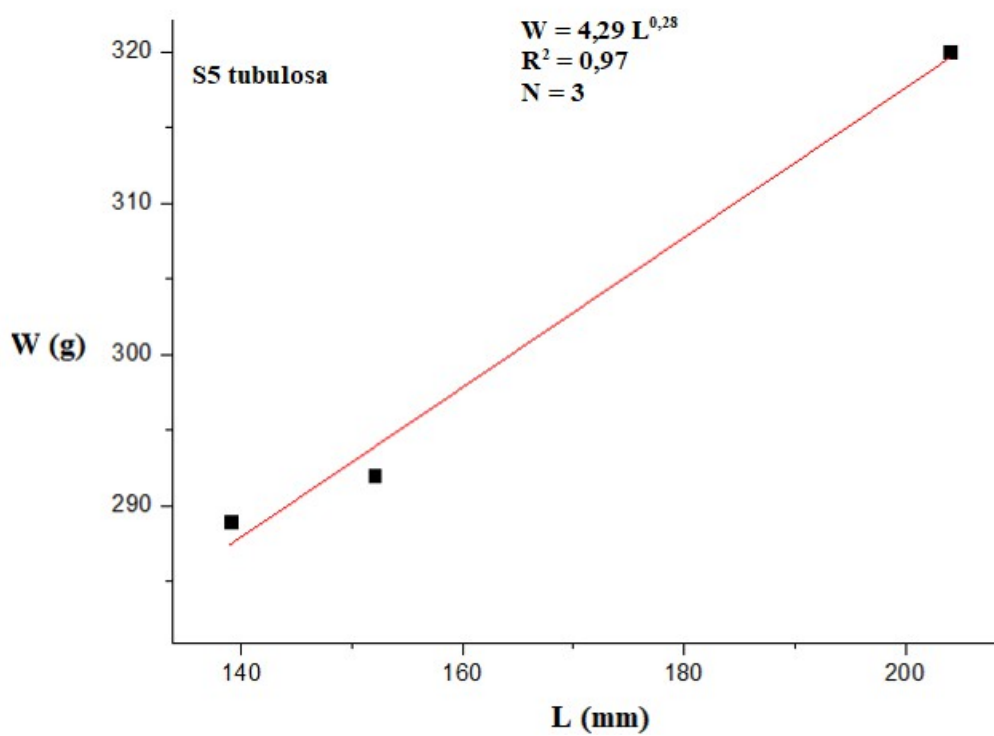
**Σχήμα 3.13** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.tubulosa* στο σταθμό S2



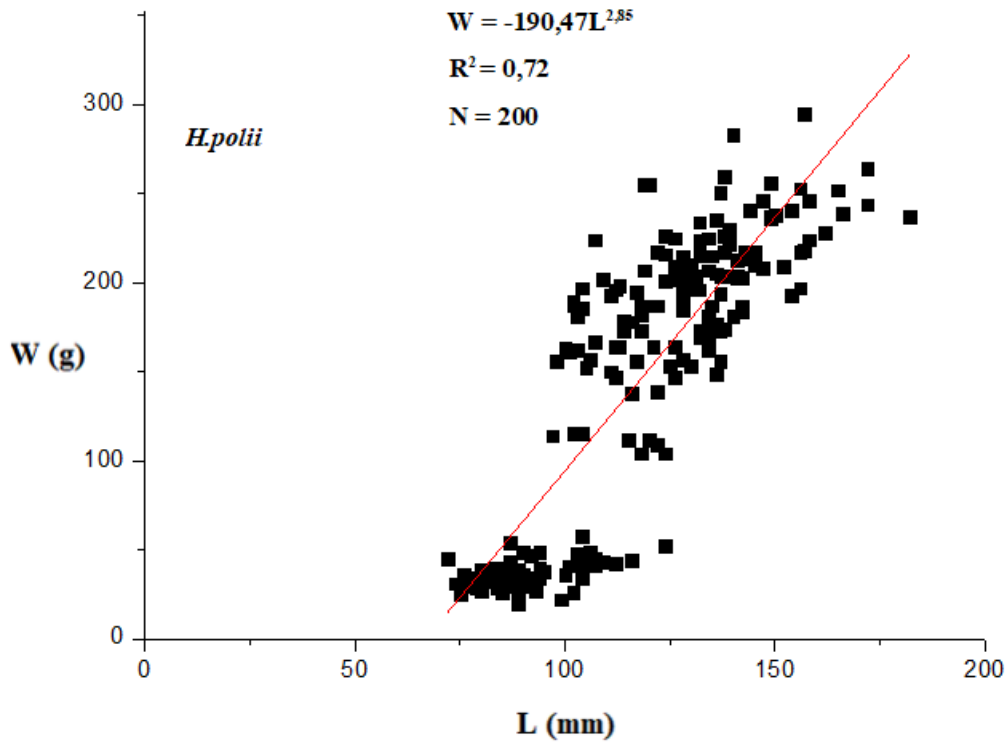
**Σχήμα 3.14** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.tubulosa* στο σταθμό S3



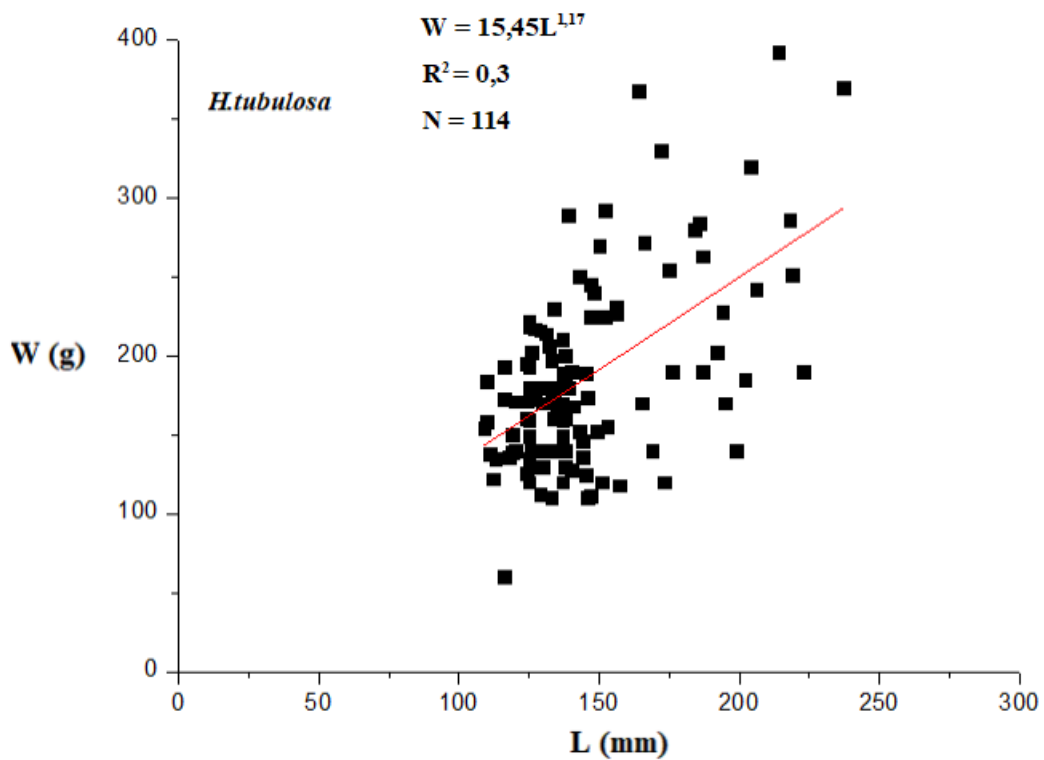
**Σχήμα 3.15** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.tubulosa* στο σταθμό S4



**Σχήμα 3.16** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού in situ μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.tubulosa* στο σταθμό S5



**Σχήμα 3.17** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού *in situ* μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.polii* για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας



**Σχήμα 3.18** Γραμμικό μοντέλο συσχέτισης του ολικού *in situ* μήκους (L) με το ολικό βάρος (W) για το *H.tubulosa* για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας

### 3.5 Υπολογισμός του μέσου βάρους μέσω του συνολικού βάρους ψαριάς

Στην δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε εκτός των μετρήσεων μήκους-βάρους για κάθε άτομο που συλλέχθηκε ξεχωριστά, πάρθηκαν και συνολικά βάρη για σύνολα ατόμων του είδους *H.poli* που κυμάνθηκαν από 17 έως 30 άτομα. Υπολογίστηκε το μέσο βάρος της κάθε ομάδας μέσω του τύπου (Salvanes *et al.*, 2018) :

$$\text{Total number of species A} = \frac{\text{total catch (g) of species A}}{\text{average individual weight of species A}}$$

Το συνολικό βάρος καθώς και το μέσο βάρος για κάθε σύνολο ατόμων φαίνεται παρακάτω.

	Μέσο βάρος Ατόμων	Συνολικό Βάρος Ψαριάς
N 30	35,9	1078
N 17	37,11	631
N 27	37,4	1011
N 24	39,08	938
N 24	39,83	956
N 25	39,92	998
N 23	36,95	850
N 24	40,66	976
N 20	41,2	824
N 23	41,08	945
N 23	37,91	872
N 17	43,47	739
N 23	42,73	983
N 20	43,9	878
N 20	42,5	850
N 25	35,2	880
N 21	43,1	916

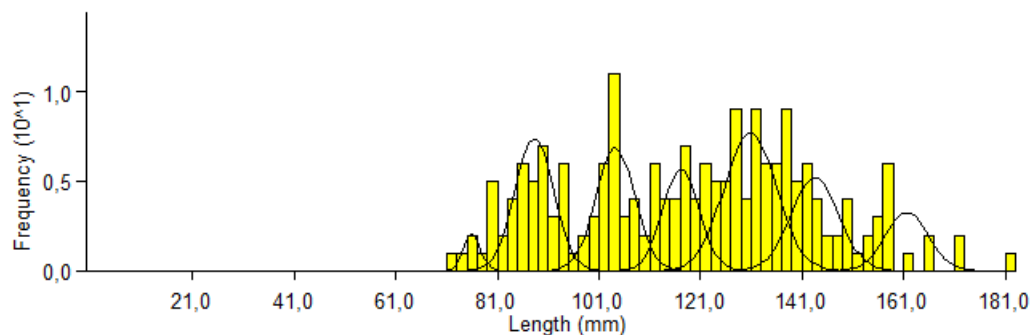
**Πίνακας 2** Μέσο βάρος και συνολικό βάρος ανά ψαριά του είδους *H.poli*

Το ολικό μέσο βάρος των ατόμων όλων των ομάδων ήταν  $39,88 \pm 2,86$  g.

### 3.6 Μέθοδος Bhattacharya

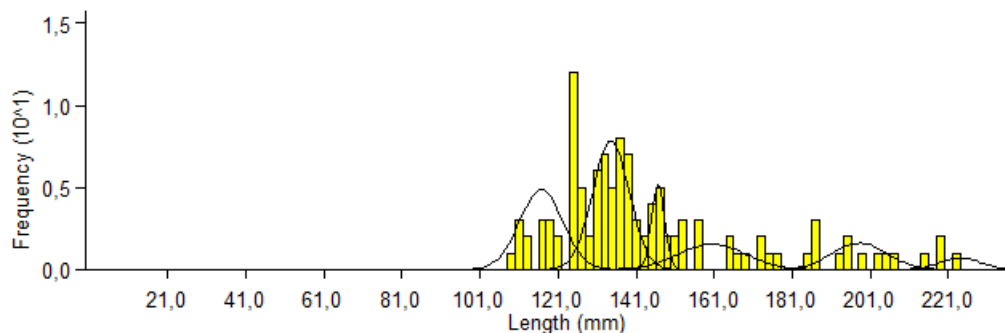
Εξαιτίας των δυσκολιών, της δαπανηρής και απαιτητικής μεθόδου άμεσης εξακρίβωσης της ηλικίας, κρίθηκε αναγκαίο να αναπτυχθούν εναλλακτικές προσεγγίσεις. Μία από τις πιο βολικές μεθόδους είναι η μέθοδος που βασίζεται στο μήκος που αναπτύχθηκε από τον Bhattacharya. Το μοντέλο αποδίδει τον αριθμό των τάξεων έτους σε ολόκληρο το δείγμα χρησιμοποιώντας δεδομένα συχνότητας μήκους. Η μέθοδος Bhattacharya χρησιμοποιήθηκε για να χωρίσει τη σύνθετη κατανομή του μήκους σε ξεχωριστές κανονικές κατανομές, έτσι ώστε να εντοπιστούν οι διαφορετικές ομάδες που περιέχονται στα δείγματα.

Η ανάλυση κατανομής συχνότητας κατά μήκος ήταν πολυτροπική (multimodal) και για τα δύο είδη και μας έδειξε ότι στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας το *H.poli*i παρουσίασε 7 ηλικιακές κλάσεις ενώ το *H.tubulosa* 6 ηλικιακές κλάσεις.



Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	76,00	1,700	4,39	n.a
2	88,27	3,850	35,47	2,170
3	104,22	3,850	33,15	2,180
4	117,16	3,600	25,62	2,100
5	130,80	5,130	49,59	2,080
6	143,55	4,710	30,55	2,040
7	161,67	4,240	17,30	2,120

**Σχήμα 3.19** Γράφημα Bhattacharya του *H.poli* καθώς και οι τιμές της κάθε ηλικιακής ομάδας



Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	116,73	5,500	33,57	n.a
2	134,56	4,660	45,79	2,130
3	146,67	1,660	10,89	2,080
4	160,41	8,560	16,51	2,050
5	198,33	6,860	13,78	2,270
6	224,00	5,150	4,44	2,130

**Σχήμα 3.20** Γράφημα Bhattacharya του *H.tubulosa* καθώς και οι τιμές της κάθε ηλικιακής ομάδας

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε ότι τα άτομα του είδους *H. tubulosa* είχαν πιο μεγάλο βάρος σε σχέση με το *H. polii*, για το ίδιο μήκος σώματος. Συγκρίνοντας τα παρόντα αποτελέσματα με αυτά μελέτης που διεξάχθηκε στον Παγασητικό κόλπο αλλά και στον κόλπο της Γέρας παρατηρούνται παρόμοιες τιμές ολικού βάρους (TW) και ολικού μήκους (TL) για τα άτομα του είδους *H. tubulosa* (Καζανίδης et al., 2009) αλλά και του *H. polii* (Bardanis et al., 2019).

Ακόμα είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκαν άτομα ολικού *in situ* μήκους (TL) μικρότερα των 11cm για το *H. tubulosa* και άτομα των 9cm για το *H. polii* στο εύρος βαθών που μελετήθηκε. Παρόμοιο συμπέρασμα για τα δύο εξεταζόμενα είδη προκύπτει από αντίστοιχη μελέτη στην Γαλλία (Francour, 1989), αλλά και στον κόλπο της Γέρας (Bardanis et al., 2019). Μία πιθανή εξήγηση αυτής της παρατήρησης θα μπορούσε να είναι ότι επειδή τα ενήλικα άτομα μετακινούνται στα ρηγά νερά με εξογκώματα στον πυθμένα για αναπαραγωγή, (Ocaña & Sánchez Tocino, 2005) οι προνύμφες των ολοθουρίων επικάθονται στη ρηγή (<2m) ζώνη ή η ατελής ανιχνευσιμότητά τους λόγω του μικρού μεγέθους τους.

Μια άλλη παρατήρηση ήταν ότι οι μεγαλύτερες τιμές μέσου μήκους (S3 – Γέρακας Αλοννήσου και μέσου βάρους (S5 – Λιμάνι Σκοπέλου) παρουσιάστηκαν στους ίδιους σταθμούς δειγματοληψίας και για τα δύο μελετώμενα είδη. Ενδεχομένως το μεγαλύτερο μέσο βάρος που παρουσιάστηκε στο λιμάνι της Σκοπέλου να έχει να κάνει με την ύπαρξη μεγάλου οργανικού φορτίου λόγω των απορροών από τα σκάφη αναψυχής αλλά και από τους βιολογικούς καθαρισμούς της γύρω περιοχής.



Η μέθοδος Bhattacharya χρησιμοποιήθηκε για να χωρίσει τη σύνθετη κατανομή του μήκους σε ξεχωριστές κανονικές κατανομές, έτσι ώστε να εντοπιστούν οι διαφορετικές ηλικιακές ομάδες που περιέχονται στα δείγματα. Η ανάλυση κατανομής συχνότητας κατά μήκος ήταν πολυτροπική (multimodal) και για τα δύο είδη και μας έδειξε ότι στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας το *H.poli*i παρουσίασε 7 ηλικιακές κλάσεις ενώ το *H.tubulosa* 6 ηλικιακές κλάσεις.

Οι τιμές του *H.poli*i κυμάνθηκαν από 90-182 mm μήκος και 20-295 g βάρος ,το ολικό μέσο μήκος ήταν  $119 \pm 24$  mm και το ολικό μέσο βάρος  $148 \pm 80$ g, ενώ για το *H.tubulosa* κυμάνθηκαν από 109-237 mm μήκος και 60-392 g βάρος και το ολικό μέσο μήκος ήταν  $146 \pm 28$  mm και το ολικό μέσο βάρος  $186 \pm 59$ g.

Οι τιμές του *H.tubulosa* παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές σε σύγκριση με άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Αιγαίο και συγκεκριμένα στα Δωδεκάνησα (Vafeiadou et al., 2010) , όπου οι τιμές του κυμάνθηκαν από 41-197 mm μήκος και 29-350g βάρος. Το ίδιο ισχύει και για το *H.poli*i όπου σε αντίστοιχες μελέτες το ολικό μέσο βάρος ήταν 59,2g (Aydin et al., 2011), 46,3g (Aydin & Erkan, 2015), 44,7g (Moussa & Wirawati, 2018).

Η ύπαρξη σημαντικών διαφορών στο μήκος και το βάρος μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας αλλά και των περιοχών από άλλες μελέτες μπορεί να οφείλεται στη διαθεσιμότητα τροφής, τη βιολογία του είδους, τους ρυθμούς ανάπτυξης και τις διαφορετικές αλιευτικές πιέσεις. Αυτή η διαθεσιμότητα τροφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφορετικά από τα δύο είδη: το *H. poli*i αυξάνει το μήκος του, ενώ το *H. tubulosa* υποστηρίζει την ευρωστία του (πάχος τοιχώματος) και το βάρος. Και οι δύο στρατηγικές φαίνεται να είναι επωφελείς, μειώνοντας τη θνησιμότητα αυτών των δύο ειδών που παραμένουν στον πυθμένα ή στα θαλάσσια λιβάδια αγγειόσπερμων κατά τη διάρκεια της ημέρας (Coulon & Jangoux, 1993; Vergara-Chen et al., 2010;

Kazanidis et al., 2010).

Παρόλο που σε παγκόσμια κλίμακα υπήρξαν την τελευταία δεκαετία αρκετές δημοσιευμένες μελέτες για τα ολοθούρια (Purcell et al., 2012a, b, κ.α) λίγες από αυτές ασχολήθηκαν με την αλιεία των ολοθουρίων στη Μεσόγειο (González-Wangüemert et al., 2014).

Η μελέτη αυτή έρχεται να ενισχύσει τις γνώσεις μας για τη βιολογία των δύο ειδών ολοθουρίων. Ωστόσο, κατά τη γνώμη μας, είναι απαραίτητο να αποκτήσουμε περισσότερο λεπτομερείς πληροφορίες: α) για την κατάσταση των αποθεμάτων των ειδών β) για τα αναπαραγωγικά τους πρότυπα (ώστε να καθιερωθούν ακριβείς αλιευτικές περιόδους) και γ) για το πραγματικό μέγεθος του πληθυσμού τους, τη δυναμική των πληθυσμών αυτών και τους ρυθμούς ανάπτυξης, ώστε να επιτευχθεί ο καθορισμός του ελαχίστου νομικού μεγέθους / βάρους για το κάθε ένα είδος ολοθουρίου και να προστατευθούν από την ανεξέλεγκτη και χωρίς περιορισμούς αλίευση τους.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική βιβλιογραφία

**Κατσανεβάκης Σ**, Ίσσαρης Ι, Κολοβογιάννης Β. (2016) Σημειώσεις Εφαρμοσμένης Θαλάσσιας Οικολογίας : Οικολογική Παρακολούθηση : 28-29

**Καζανίδης Γ**, Λόλας Α, Νεοφύτου Ν, Αντωνιάδου Χ, Βαφείδης Δ, Χιντήρογλου, Νεοφύτου Χ (2009) Πληθυσμιακή δομή του *Holothuria tubulosa* (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) στον Παγασητικό Κόλπο. 9th Symposium on Oceanography & Fisheries 3: 816-821

**Οντριας Ι.** (1994) Γενική Ζωολογία-Ασπόνδυλα : 647-649

### Διεθνής βιβλιογραφία

**Antoniadou C.**, Vafidis D. (2011) Population structure of the traditionally exploited holothurian *Holothuria tubulosa* in the south Aegean Sea. Cahiers de biologie marine, 52:171-175.

**Aydin M.** (2008) The commercial sea cucumber fishery in Turkey. SPC Beche de Mer Inf. Bull., 28: 40–41.

**Aydin, Mehmet & Sevgili, Hüseyin & Tufan, Bekir & Yilmaz, Emre & Köse, Sevim.** (2011). Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *International Journal of Food Science & Technology*. 46. 500 - 508.

**Aydin, Mehmet & Erkan, Serkan.** (2015). Identification and some biological characteristics of commercial sea cucumber in the Turkey coast waters. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 3. 260-265.

**Aydin, M.** (2016). Sea Cucumber (Holothuroidea) Species of Turkey. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*. 2. 49-58.

**Bardanis, Emmanouil & Bardani, Anna & Batjakas, Ioannis.** (2019). A first estimate on length-weight relationships of the sea cucumbers *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1791) and *Holothuria poli* (Delle Chiaje, 1824) of Gera Gulf, Lesvos Island Μια πρώτη εκτίμηση στις σχέσεις μήκους βάρους των ολοθουρίων *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa* (Gmelin, 1791) και *Holothuria* (*Roweothuria*) *poli* (Delle Chiaje, 1824) του κόλπου Γέρας Λέσβου.

**Bhattacharya E.** (1967) A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*; 23: 115-35

**Borrero-Perez, Giomar & Perez-Ruzafa, Angel & Marcos, Concepción & González-**

Wangüemert, Mercedes. (2009). The taxonomic status of some Atlanto-Mediterranean species in the subgenus *Holothuria* (Echinodermata: Holothuroidea: Holothuriidae) based on molecular evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 157. 51 – 69.

**Borrero-Perez, Giomar & Gómez-Zurita, Jesús & González-Wangüemert, Mercedes & Marcos, Concepción & Perez-Ruzafa, Angel.** (2010). Molecular systematics of the genus *Holothuria* in the Mediterranean and Northeastern Atlantic and a molecular clock for the diversification of the Holothuriidae (Echinodermata: Holothuroidea). *Molecular phylogenetics and evolution*. 57. 899-906.

**Cakli S.,** Cadun A., Kislá D., Dincer T. (2004) Determination of quality characteristics of *Holothuria tubulosa*, (Gmelin, 1788) in Turkish Sea (Aegean Region) depending on sun drying process step used in Turkey. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13:69-78.

**Canicatti, C.,** Roch, P., 1989. Studies on *Holothuria polii* (Echinodermata) antibacterial proteins. I. Evidence for and activity of a coelomocyte lysozyme. *Experientia* 45 (8), 756–759.

**Choo, P.S.** (2008) Population Status, Fisheries and Trade of Sea Cucumbers in Asia. In: Toral-Granda, V., Lovatelli, A. and Vasconcellos, M., Eds., *Sea Cucumbers. A Global Review of Fisheries and Trade*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No.516,81-118.

**Conand C.** (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa

and the Indian Ocean. In ToralGranda, V., A. Lovatelli & M. Vasconcellos (eds), Sea Cucumbers: A Global Review of Fisheries and Trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 516, Vol. 516. FAO, Rome: 143–193.

**Cone, R.S.**, (1989). The need to reconsider the use of condition index in fishery science. *Trans. Am. Fish. Soc.* 118: 510-514.

**Coulon, P.**, Jangoux, M., (1993). Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92, 201e204.

**Della Chiaje, S.** (1824). Descrizione zoologica ed anatomica di alcune specie di Oloturie. In: Memorie su la storia e notomia degli animali senza vertebre del Regno di Napoli. Volume 1 Fratelli Fernandes, Napoli. Pp. 77-116, pls. 6-8

**Despalatovic M.**, Grubelic I., Simunovic A., Antolic B., Zuljevic A. (2004) Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata)

**Dissanayake, D.**, & Stefansson, G. (2010). Abundance and distribution of commercial sea cucumber species in the coastal waters of Sri Lanka. *Aquatic Living Resources*, 23(3), 303-313.

**Fischer, W., M.-L.** Bauchot and M. Schneider , (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de Pêche 37. FAO, Rome. 1529 p.

**Francour P** (1989) Repartition and abundance of holothurians (*Holothuria polii* and *H. tubulosa*) from *Posidonia oceanica* bed of Port-Cros (Var, France). International Workshop on Poseidonia beds 2: 231- 241

**Gayanilo, Felimon & Sparre, P. & Pauly, D..** (2005). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). FAO Computerized Information Series (Fisheries). 8.

**Gmelin J.F.** (1791). Vermes. In: Gmelin J.F. (Ed.) Caroli a Linnaei Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Ed. 13. Tome 1(6). G.E. Beer, Lipsiae [Leipzig]. pp. 3021-3910.

**González-Wangüemert, Mercedes & Aydin, Mehmet & Conand, Chantal.** (2014). Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): First insights to sustainable management of new fisheries. Ocean & Coastal Management. 92. 87–94.

**Goonetilleke, H., & Sivasubramaniam, K.** (1987). Separating mixtures of normal distributions: basic programs for Bhattacharya's method and their applications to fish population analysis.

**Gunay D., Emiroglu D., Tolon T., Ozden O., Saygi H.** (2015) Growth and Survival Rate of Juvenile Sea Cucumbers (*Holothuria tubulosa*, Gmelin, 1788) at Various Temperatures. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15:539-547.

**Hickman C.S.,** (1981) Selective deposit-feeding by the deep-sea archaeogastropod

Bathybembix aeola. Mar. Ecol. Prog. Ser. 6:339–342.

**Ismail, H.**, Lemriss, S., Ben Aoun, Z., Mhadhebi, L., Dellai, A., Kacem, Y., Boiron, P., Bouraoui, A., 2008. Antifungal activity of aqueous and methanolic extracts from the Mediterranean Sea cucumber, *Holothuria polii*. J. Mycol. Med. 18, 23–26.

**Kazanidis G.**, Antoniadou C., Lolas A.P., Neofitou N., Vafidis D., Chintiroglou C., Neofitou C. (2010) Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90:895-901.

**Kazanidis G.**, Lolas A.P., Vafidis D. (2014) Reproductive cycle of the traditionally exploited sea cucumber *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Aspidochirotida) in Pagasitikos Gulf, western Aegean Sea, Greece. Turkish Journal of Zoology, 38:306-315.

**Kinch, Jeff & Purcell, Steven & Uthicke, Sven & Friedman, Kim.** (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade, FAO Fisheries and Aquaculture technical paper. 516. 7–55.

**Le Cren, E.** (1951). The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). Journal of Animal Ecology, 20(2), 201-219.



**MacTavish T.,** Stenton-Dozey J., Vopel K., Savage C. (2012) Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. *PloS one* 7:e50031.

**Massin, C. &** Jangoux, Michel. (1976). Observations ecologiques sur holothuria tubulosa. *Cah. Biol. Mar.* 17. 45-59.

**Meysman F.J.,** Middelburg J.J., Heip C.H. (2006) Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:688-695.

**Mezali K.,** Chekaba B., Zupo V., Asslah B. (2003) Comportement alimentaire de cinq especes D'holothuries aspidochirotés (Holothuroidea: Echinodermata) de la presqu'île de Sidi-Fredj (Algerie). *Bulletin de la Societe zoologique de France* 128:46-62.

**Moussa, R., &** Wirawati, I. (2018). Observations on some biological characteristics of *Holothuria polii* and *Holothuria sanctori* from Mediterranean Egypt. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(3), 351-357.

**Neofitou, N.,** Lolas, A., Ballios, I., Skordas, K., Tziantziou, L., & Vafidis, D. (2019). Contribution of sea cucumber *Holothuria tubulosa* on organic load reduction from fish farming operation. *Aquaculture*, 501, 97-103.

**Ocaña & Sánchez Tocino** (2005) Spawning of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea, Echinodermata) in the Alboran Sea (Mediterranean Sea). *Zoologica Baetica* 16: 147-150

**Omran, N.E., Allam, N.G., (2013).** Screening of microbial contamination and antimicrobial

activity of sea cucumber *Holothuria polii*. *Toxicol. Ind. Health* 29 (10), 944–954.

**Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J.F., Toral-Granda, M.V., Lovatelli, A., Uthicke, S., 2012a.** Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish Fish.*

**Purcell, S.W., Samyn, Y., Conand, C., 2012b.** Commercially Important Sea Cucumbers of the World. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6.* FAO, Rome, p. 150.

**Purcell SW, Conand C, Uthicke S, Byrne M. (2016)** Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review.* ; 54:367-386.

**Rakaj, Arnold & Fianchini, Alessandra & Boncagni, Paola & Scardi, Michele & Cataudella, Stefano. (2018).** Artificial reproduction of *Holothuria polii*: A new candidate for aquaculture.

**Salvanes, Anne Gro Veia; Devine, Jennifer Ann; Jensen, Knut Helge; Hestetun, Jon Thomassen; Sjøtun, Kjersti; Glenner, Henrik.(2018)** .*Marine Ecological Field Methods - A guide for marine biologists and fisheries scientists.* John Wiley & Sons.

**Sicuro, Benedetto & Piccinno, M. & Gai, Francesco & Abete, Maria & Danieli, A. & Dapra, F. & Mioletti, S. & Vilella, Sebastiano. (2012).** *Food Quality and Safety of*

Mediterranean Sea Cucumbers *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* in Southern Adriatic Sea. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7. 851-859

**Tortonese E.** (1965) Echinodermata (Fauna d' Italia, n.6). Calderini (Eds), Bologna

**Tortonese E., Vadon C.** (1987) Oursins et Holothuries. In: Fischer W., Bouchon M.L., Schneider M. (eds) Fiches FAO d' identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision I) - Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. FAO Rome, 743-760.

**Tunca, E.,** Ucuncu, E., Ozkan, A. D., Ulger, Z. E., Cansızoğlu, A. E., & Tekinay, T. (2013). *Differences in the Accumulation and Distribution Profile of Heavy Metals and Metalloid between Male and Female Crayfish (Astacus leptodactylus)*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90(5), 570–577.

**Vafidis D.,** Tsagridis A., Chintiroglou C., Stamatis N., Antoniadou C. (2008) Fisheries, processing and trade of the South Aegean holothurian stocks. Ministry of Agricultural Development and Food, Operational Programme for Greek fisheries for the period 2000-2006, Final Technical Report, Greece, 83 p.

**Valente, S.,** Serrão, E.A. and González-Wangüemert, M. (2015), West versus East Mediterranean Sea: origin and genetic differentiation of the sea cucumber *Holothuria polii*. *Mar Ecol*, 36: 485-495.

**Vergara-Chen C.,** M. Gonzalez-Wanguemert C., Marcos & Perez-Ruzafa A. (2010) Genetic diversity and connectivity remain high in *Holothuria polii* (Delle Chiaje 1823)

across a coastal lagoon-open sea environmental gradient. *Genetica* 138: 895–906

**WALKER, K. R.** and **BAMBACH, R. K.** (1974), Feeding by benthic invertebrates: Classification and terminology for paleoecological analysis. *Lethaia*, 7: 67-78.