

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του ολοθουρίου *Holothuria tubulosa* Gmellin, 1788 στον Παγασητικό Κόλπο»

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ε. ΚΑΖΑΝΙΔΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΒΑΦΕΙΔΗΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΛΟΣ 2008



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 6823/1
Ημερ. Εισ.: 14-1-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΙΥΠ
2008
ΚΑΖ

«ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΛΟΘΟΥΡΙΟΥ *HOLOTHURIA TUBULOSA* GMELLIN, 1788 ΣΤΟΝ ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟ ΚΟΛΠΟ»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- **Δημήτριος Βαφείδης**, Επίκουρος Καθηγητής

Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπόνδυλων και άμεση-έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Επιβλέπων

- **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής

Ιχθυολογία-Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

- **Αθανάσιος Εξαδάκτυλος**, Επίκουρος Καθηγητής

Γενετική Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Born to lose, live to win

Ian Kilmister

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα αυτής της πτυχιακής διατριβής, Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτριο Βαφείδη, τον Καθηγητή και Κοσμήτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών κ. Χρήστο Νεοφύτου και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αθανάσιο Εξαδάκτυλο για τις συμβουλές, τις παρεμβάσεις αλλά και την αμέριστη βοήθειά τους τόσο στα πλαίσια της φοίτησής μου στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος όσο και στη διεξαγωγή και ολοκλήρωση της παρούσης διατριβής.

Ακόμη, θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τη Λέκτορα κα Στεριανή Ματσιώρη, τους διδάσκοντες με το Π.Δ 407/80 κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη και κα Μαριάνθη Χατζηιωάννου, την απόφοιτο του Π.Μ.Σ Άννα Δεσποτοπούλου και τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Αικατερίνη Καμπόση, για τη σημαντική βοήθεια και την υποστήριξη που μου παρείχαν σε καίρια σημεία της έρευνας αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς το φίλο, συνάδελφο και υποψήφιο διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Αλέξιο Λόλα για την πολύπλευρη και πολυσήμαντη βοήθειά του, καθώς χωρίς την τελευταία η εκπόνηση της παρούσης διατριβής θα ήταν αν μη τι άλλο αδύνατη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η καταγραφή των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών του ολοθούριου *Holothuria tubulosa* στο κινητό υπόστρωμα της ανώτερης υποπαραλιακής ζώνης του Παγασητικού Κόλπου.

Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες με αυτόνομη κατάδυση σε δεκαπενθήμερη ή μηνιαία βάση (Ιούνιος 2007-Ιούλιος 2008) και σε βάθος 6-8 m, προκειμένου να εκτιμηθεί η πυκνότητα, τα βασικά βιομετρικά χαρακτηριστικά και ο αναπαραγωγικός κύκλος του πληθυσμού του ολοθούριου.

Συνολικά, συλλέχθηκαν 314 άτομα. Η μέση τιμή της πληθυσμιακής πυκνότητας ήταν $9,93 \pm 3,28$ άτομα / 100 m^2 . Η μέση τιμή του ολικού μήκους σώματος ήταν $29,8 \pm 6,34$ cm, του ολικού βάρους $218,33 \pm 84,79$ g, του βάρους σωματικού τοιχώματος $108,46 \pm 35,10$ g, του μήκους του πεπτικού σωλήνα $82,7 \pm 19,93$ cm και της περιμέτρου του περιφaryγγικού δακτυλίου $52,3 \pm 6,02$ mm.

Από τη στατιστική επεξεργασία δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων ($p > 0,05$). Αντιθέτως, σημαντικές διαφορές για το σύνολο των χαρακτηριστικών, παρατηρήθηκαν μεταξύ των δειγματοληψιών ($p < 0,05$). Επίσης, η αναλογία φύλου δε βρέθηκε να διαφέρει από τη σχέση 1:1.

Οι βιομετρικές συσχετίσεις που εξετάστηκαν ακολούθησαν αρνητική αλλομετρία, ενώ η σχέση ολικού βάρους-βάρους σωματικού τοιχώματος παρουσίασε την υψηλότερη τιμή συσχέτισης ($r = 0,94$). Ακόμη, στο σύνολο των μορφομετρικών χαρακτηριστικών, η κατανομή των κλάσεων μεγέθους παρουσίασε μία ξεκάθαρη κορυφή.

Τέλος, το είδος φάνηκε να ακολουθεί ετήσιο αναπαραγωγικό κύκλο, απελευθερώνοντας τους γαμέτες στο τέλος της θερινής περιόδου.

Λέξεις κλειδιά: *Holothuria tubulosa*, αφθονία, βιομετρία, αναπαραγωγή, Αιγαίο

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1. Αντικείμενο και στόχοι της έρευνας	10
1.2. Φυλογένεση ολοθουροειδών	11
1.3. Συστηματική ταξινόμηση των ειδών της Μεσογείου	19
1.4. Γεωγραφική εξάπλωση	21
1.5. Μορφολογία	25
1.6. Αναπαραγωγή	32
1.7. Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά	38
1.8. Υπόστρωμα εγκατάστασης και βαθυμετρική κατανομή	41
1.9. Τροφικές αλληλεπιδράσεις	45
1.10. Συμμετοχή σε βιοκοινωνίες	51
1.11. Εμπορική αξιοποίηση	53
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	57
2.1. Δειγματοληψίες	57
2.2. Πληθυσμιακή πυκνότητα	59
2.3. Μορφομετρικές μετρήσεις	59
2.4. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων	63
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	65
3.1. Πληθυσμιακή πυκνότητα	65
3.2. Μορφομετρικές μετρήσεις	65
3.2.1. Κλάσεις μεγέθους	68
3.2.2. Βιομετρικές σχέσεις	79
3.3. Αναλογία φύλου	83
3.4. Γοναδοσωματικός δείκτης	86

3.5. Στατιστική επεξεργασία	88
Α. Ολικό μήκος σώματος	88
Β. Ολικό βάρος σώματος	89
Γ. Βάρος σωματικού τοιχώματος	89
Δ. Μήκος πεπτικού σωλήνα	90
Ε. Περίμετρος περιφaryγγικού δακτυλίου	91
Ζ. Βάρος γονάδας.....	92
Η. Γοναδοσωματικός δείκτης	93
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	96
4.1. Πληθυσμιακή πυκνότητα	96
4.2. Βαθμετρική κατανομή	97
4.3. Φυλετικός διμορφισμός	98
4.4. Κλάσεις μεγέθους	98
4.5. Βιομετρικές σχέσεις	99
4.6. Διαφοροποιήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δειγματοληψιών	101
4.7. Αναλογία φύλου	101
4.8. Αναπαραγωγή-Γοναδοσωματικός δείκτης- Tubule Recruitment Model..	103
4.9. Συμπεράσματα	105
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106
5.1. Διεθνής βιβλιογραφία	106
5.2. Ελληνική βιβλιογραφία	126
6. ABSTRACT	127

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ολοθούρια -κοινώς «αγγούρια της θάλασσας»- αποτελούν μια ιδιαίτερος ποικιλόμορφη ομάδα ασπόνδυλων βενθικών οργανισμών, η οποία και παρουσιάζει υψηλό ενδιαφέρον από αρκετές απόψεις.

Μία από τις συνιστώσες που διαμορφώνουν το ενδιαφέρον αυτό, είναι ο ρόλος τους στα θαλάσσια οικοσυστήματα και η επακολουθούσα συνεισφορά αυτού. Τα ολοθούρια είναι -ως επί το πλείστον- ιζηματοφάγοι οργανισμοί και μέσω αυτής της μορφής τροφοληψίας συμβάλλουν τόσο στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης αλλά και (μέσω της τελευταίας) στη σταθεροποίηση των συνθηκών που επικρατούν κοντά στο πυθμενικό στρώμα. Φυσικά, από αυτή την κατάσταση δεν μπορεί να εξαιρεθεί το *Holothuria tubulosa*, το οποίο, χάριν στις υψηλές, συνήθως, τιμές αφθονίας που παρουσιάζει, παίζει κυρίαρχο ρόλο στην ανακύκλωση «θρυμμάτων» βιολογικής προέλευσης (detritus)(Bulteel *et al.* 1992).

Ωστόσο, πέραν της σημαντικής οικολογικής τους συνεισφοράς τα ολοθούρια παρουσιάζουν και υψηλό ενδιαφέρον από οικονομικής απόψεως. Στις χώρες της ανατολικής και νοτιοανατολικής Ασίας η χρήση τους κατέχει σημαντική θέση τόσο στη γαστρονομία όσο και την παραδοσιακή αλλά και σύγχρονη φαρμακευτική επιστήμη. Βέβαια, απόρροια των τελευταίων ήταν και είναι η έντονη αλίευσή τους, η οποία πολλές φορές έχει θέσει τα φυσικά αποθέματα σε ιδιαίτερα δυσμενή θέση. Η προαναφερθείσα κατάσταση τείνει να αντιμετωπιστεί, κυρίως, με την ανάπτυξη και εφαρμογή μέτρων αλιευτικής διαχείρισης αλλά και μέσω της ανάπτυξης μεθόδων εκτροφής τους υπό ελεγχόμενες συνθήκες.

Η εμπορική αξιοποίηση του *H. tubulosa* βρίσκεται σε σχετικά πρώιμο στάδιο αν και από τα διαθέσιμα στοιχεία διαφαίνεται πως ο συγκεκριμένος τομέας μπορεί να

αναπτυχθεί σημαντικά (Tortonese & Vadon 1987, Simunovic & Grubelic 1998, Herencia *et al.* 1998, Cakli *et al.* 2004).

Βέβαια, απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη οποιασδήποτε δραστηριότητας εκμετάλλευσης των φυσικών αποθεμάτων με ορθολογικό τρόπο, αποτελεί η γνώση των σημαντικότερων οικολογικών και βιολογικών «συνιστωσών» του εν λόγω είδους. Και ενώ για αρκετές περιοχές της Μεσογείου έχουν ερευνηθεί σημαντικές πτυχές της οικολογίας του *H. tubulosa*, οι πληροφορίες αναφορικά με το Αιγαίο πέλαγος είναι ιδιαίτερος περιορισμένες (Koukouras & Sinis 1981). Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη σημαντική συμβολή του *H. tubulosa* στην «οικολογική ισορροπία» αλλά και την πιθανή εμπορική του αξιοποίηση, θεωρήθηκε ενδιαφέρον και αναγκαίο το ζήτημα της διερεύνησης των σημαντικότερων πληθυσμιακών χαρακτηριστικών του.

1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα διατριβή, αντικείμενο μελέτης ήταν το ολοθούριο *Holothuria tubulosa* Gmellin, 1788 (Echinodermata: Holothuroidea) με περιοχή έρευνας την Κάτω Γατζέα του Παγασητικού Κόλπου.

Οι στόχοι της έρευνας ήταν η καταγραφή α) της πληθυσμιακής πυκνότητας β) των κυριότερων βιομετρικών χαρακτηριστικών και γ) της αναπαραγωγής του είδους. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, ευελπιστώ πως θα συμβάλλουν στη διαμόρφωση μιας πιο «σφαιρικής» και ολοκληρωμένης εικόνας για τα σημαντικότερα οικολογικά χαρακτηριστικά του είδους αλλά και την όποια διαφοροποίηση αυτών. Συνεπώς, μαζί με τα στοιχεία που θα προκύψουν από μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες, η διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης και ορθολογικής διαχειριστικής προσέγγισης θα καταστεί περισσότερο πιθανή.

1.2. ΦΥΛΟΓΕΝΕΣΗ ΟΛΟΘΟΥΡΟΕΙΔΩΝ

Ο Bronn (1860) ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε τα ολοθούρια ως ταξονομική βαθμίδα - κλάση Holothuroidea – και προχώρησε στην υποδιαίρεσή της σε δύο τάξεις η μία εξ' αυτών ήταν μονοτυπική και περιελάμβανε μόνο το γένος *Rhopalodina* (= Rhopalodinidae) ενώ στη δεύτερη εντάχθηκαν τα υπόλοιπα είδη. Σύντομα, ο Selenka (1867) επαναπροσδιόρισε την ταξινόμηση των ειδών μέσα στις δύο τάξεις χρησιμοποιώντας ως κριτήριο την παρουσία ή μη των αναπνευστικών «δένδρων». Ο Ludwig (1889 – 1892), χρησιμοποίησε με τη σειρά του ως κριτήριο την εμβρυολογική προέλευση των ασβεστιτικών σκληριτών. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση επικρίθηκε από το MacBride (1906), ο οποίος θεώρησε πως η τελευταία εξήχθη αυθαίρετα, βασιζόμενη απλά σε ένα σύνολο μορφολογικών διαφορών των σκληριτών και αντιπρότεινε τη δημιουργία έξι τάξεων. Μία από αυτές, η τάξη Pelagothurida (=Pelagothuriidae), αγνοήθηκε από το σύνολο σχεδόν των μετέπειτα συγγραφέων, καθώς για μεγάλο χρονικό διάστημα αναγνωριζόταν απλά ως παράγωγο μέλος της τάξης Elasiopodida (Hansen 1975). Οι Pawson & Fell (1965) αναγνώρισαν μία από τις τάξεις του MacBride σε υποκλάση, διαιρώντας την σε δύο τάξεις – Dendrochirotida και Dactylochirotida – χρησιμοποιώντας ως κριτήριο εμφανείς διαφορές ανάμεσα στις περιστοματικές κεραίες αλλά και σε λοιπά βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά. Επίσης, οι Pawson & Fell πρότειναν την αναγνώριση των υποκλάσεων Aspidochirotaea και Apodacea στις οποίες θα κατατάσσονταν οι τάξεις Aspidochirotida-Elasiopodida και Apodida-Molpadiida, αντίστοιχα (Εικόνα 1.2.1Α).

Το σημαντικότερο κίνητρο που ώθησε τους Pawson & Fell στο να προτείνουν την προαναφερθείσα ταξινόμηση ήταν η ανάγκη να τονιστεί η διαφαινόμενη στενή συγγένεια μεταξύ των dendrochirotide ολοθούριων και των εξαφανισθέντων

edriasteroids (Ορδοβίσιο). Τόσο ο Fell (1965) όσο και οι Fell & Moore (1966) παρουσίασαν ομόλογες συσχετίσεις για αρκετά χαρακτηριστικά των δύο προαναφερθεισών ομάδων. Ακόμη, θα πρέπει να σημειωθεί πως η πρόταση των Pawson & Fell (1965) αντικατοπτρίζει εν μέρει αυτή του Theel (1886) ο οποίος επίσης υποστηρίζει πως ο κοινός πρόγονος των ολοθούριων βρίσκεται πιο κοντά σε αυτούς των Dendrochirotae (=Dendrochirotaea) ενώ οι ομάδες των Aspidochirotae (=Aspidochirotida) και των Elasipoda (=Elasipodida) παρουσιάζουν τον υψηλότερο βαθμό συγγένειας.

Ωστόσο, ο Ludwig (1891) υποστηρίζει πως η τάξη Aspidochirotida μαζί με την Elasipodida αποτελούν, πιθανότατα, αδελφή ομάδα ως προς τα υπόλοιπα ολοθούρια (Εικόνα 1.2.1B). Προς αυτή την κατεύθυνση τάσσονται οι Gerould (1896) και Clark (1898) ενώ ο MacBride (1906), τασσόμενος υπέρ ορισμένων παρατηρήσεων του Theel (1886), σημειώνει πως η τάξη Elasipodida έχει «ξεχωρίσει» πρωτύτερα (Εικόνα 1.2.1Γ). Σε αυτή την πληθώρα προτάσεων έρχονται να προστεθούν και αυτές αρκετών μελετητών (Semper 1868, Huxley 1878, Semon 1888, Cuenot 1891, Ostergren 1907, Seilacher 1961, Haude 1992) οι οποίοι αποδίδουν στην τάξη Apodida το χαρακτήρα της πιο «αποκλίνουσας» ομάδας της κλάσης των ολοθούριων (Εικόνες 1.2.1Δ και 1.2.1Ε). Σχετικά πρόσφατα, οι Littlewood *et al.* (1997) σε μια προσπάθεια να «ξεδιαλύνουν» τις σχέσεις μεταξύ των κλάσεων των εχινόδερμων επεξεργάστηκαν μέσω αλληλούχισης 28 και 18S rRNA από 4 τάξεις ολοθούριων. Η επεξεργασία των στοιχείων έφερε την τάξη Apodida να αποτελεί αδελφή ομάδα των υπόλοιπων ολοθούριων (Smith 1997) (Εικόνα 1.2.1Z).

Ωστόσο, η πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της φυλογένεσης των ολοθούριων παρουσιάστηκε από τους Ker & Kim (2001). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές αξιολογώντας 47 μορφολογικούς χαρακτήρες από 7 τάξεις κατέληξαν στο

φυλογενετικό δένδρο της [Εικόνας 1.2.2](#), βάσει του κριτηρίου της «μεγίστης φειδωλότητας».

Βέβαια, τα ευρήματα της συγκεκριμένης εργασίας είχαν ιδιαίτερη σημασία καθώς αφενός έθεσαν υπό αμφισβήτηση κάποιες από τις ήδη διατυπωθείσες προτάσεις ενώ έδρασαν ενισχυτικά προς άλλες. Πιο συγκεκριμένα, δε φάνηκε να επιβεβαιώνεται η πρόταση των [Pawson & Fell \(1965\)](#) πως οι υποκλάσεις Dendrochirotnacea, Aspidochirotnacea και Apodacea αποτελούν μονοφυλετικά τάξα. Καταρχάς, η υποκλάση Dendrochirotnacea αποτελείται εν μέρει από την, πιθανώς, παραφυλετική ομάδα Dendrochirotnida. Ακόμη, η υποκλάση Aspidochirotnacea, με κλάδους τις τάξεις Aspidochirotnida και Elasirodida, αποτελεί επίσης παραφυλετική ομάδα. Ωστόσο, το εάν η τάξη Molpadiida αποτελεί μονοφυλετικό τάξο παραμένει μυστήριο. Η συγκεκριμένη τάξη περιλαμβάνει τις οικογένειες Euryrgidae και Gephyrothuridae, οι οποίες παρουσιάζουν αρκετές «ιδιορρυθμίες» και η ταξινόμησή τους για αρκετά χρόνια «παλινδρομεί» μεταξύ των τάξεων Aspidochirotnida και Molpadiida ([O'Loughlin 1998](#), [Clark 1907](#), [Heding 1935](#)).

Επίσης, από την εργασία των [Kerr & Kim](#) φάνηκε να επιβεβαιώνεται η στενή συγγένεια των οικογενειών Synaptidae και Chiridotidae της τάξης Apodida. Η ύπαρξη αυτής της κατάστασης είχε προαναφερθεί σε μελέτες που είχαν βασιστεί είτε σε μορφολογικούς χαρακτήρες ([Smirnov 1998](#)) είτε σε καταγραφές απολιθωμάτων ([Gilliland 1993](#)).

Επίσης, «οριοθετήθηκε» η παρουσία της τάξης Apodida, κάτι για το οποίο δεν είχαν γίνει μέχρι τότε ολοκληρωμένες προσπάθειες. Η συγκεκριμένη τάξη, εξαιτίας του πλήθους ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που παρουσιάζει, έχει προκαλέσει τη διατύπωση αρκετών προτάσεων περί της προέλευσης και της συγγενείας της με τις άλλες ομάδες ολοθούριων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της «ιδιορρυθμίας» αυτής

της ομάδας είναι η πρόταση του [Couenot \(1891\)](#) περί της θεώρησης των απόδων μορφών ως μίας ομάδας εχινόδερμων η οποία θα απέχει αρκετά από τα «πραγματικά» ολοθούρια.

Όσο αφορά την προέλευση των μορφών χωρίς βαδιστικούς ποδίσκους, ο [Semper \(1868\)](#) ήταν ο πρώτος που πρότεινε πως οι μορφές αυτές προηγήθηκαν εκείνων που έφεραν. Στο ίδιο «μήκος κύματος» κινήθηκε και η πρόταση του [Semon \(1888\)](#), ο οποίος αφού μελέτησε την ανάπτυξη προνουμφικών μορφών, κατέληξε πως η ομάδα Synaptida (=Arodida) δεν έχει προέλθει από μορφές που έφεραν βαδιστικούς ποδίσκους. Αντιθέτως, ο [Ludwig \(1891\)](#) υποστήριξε, βασιζόμενος και αυτός σε παρατηρήσεις γύρω από την ανάπτυξη των προνουμφών, πως οι ποδίσκοι απωλέσθησαν δευτερογενώς. Παρόλα αυτά, αναγνώρισε τις άποδες μορφές ως ταξονομική βαθμίδα -τάξη Paractinopoda- και τοποθέτησε τα υπόλοιπα ολοθούρια στην τάξη Actinopoda. Βέβαια, προς την κατεύθυνση των [Semper \(1868\)](#) και [Semon \(1888\)](#) στρέφονται και τα αποτελέσματα των [Kerr & Kim \(2001\)](#) – οι οικογένειες Synaptidae, Chiridotidae και Myriotrochidae της τάξης Arodida αποτελούν αδελφή ομάδα προς τα υπόλοιπα ολοθούρια.

Απολιθώματα και περίοδοι εμφάνισης

Το αρχείο των απολιθωμάτων των ολοθούριων έχει μάλλον εύστοχα χαρακτηριστεί ως «πραγματικά φρικτό» ([Smith 1988](#)). Παρόλα αυτά, λίγες ομάδες παρουσιάζουν εκτεταμένες καταγραφές, π.χ οι μορφές που στερούνται βαδιστικών ποδίσκων ([Gilliland 1993](#)). Επίσης, 11 ή 12 οικογένειες που έχουν εξαφανισθεί, τις γνωρίζουμε από τα απολιθώματά τους, δικαιολογώντας έτσι τις όποιες προσπάθειες εκτίμησης των περιόδων εμφάνισης. Οι παλαιότερες καταγραφές παρέχονται από τους [Kerr & Kim \(2001\)](#) (Πίνακας 1.2.1.). Οι συγκεκριμένες περίοδοι εμφάνισης, συμπίπτουν με προγενέστερες αναφορές ([Simms et al. 1993](#)), με τρεις όμως σημαντικές εξαιρέσεις:

καταρχάς, οι σκληρίτες και ο ασβεστιτικός δακτύλιος από το Μέσο Τριαδικό έχουν αποδοθεί στην οικογένεια Molpadiidae (Gilliland 1992, Simms *et al.* 1993)· ωστόσο, η αδιαμφισβήτητη παρουσία σκληριτών από την οικογένεια Molpadiidae ανάγεται στο Ολιγόκαινο (Gilliland 1993)· έπειτα, η εμφάνιση της οικογένειας Synaptidae κατά το Μέσο Τριαδικό έχει πιθανότατα βασιστεί σε στοιχεία από την οικογένεια Chiridotidae (Simms *et al.* 1993)· τέλος, οι σκληρίτες από την οικογένεια Ypsilothuridae που ανάγονται στο Μιτισσίπιο, πιθανότατα ανήκουν στην οικογένεια Paracucumidae (Simms *et al.* 1993).

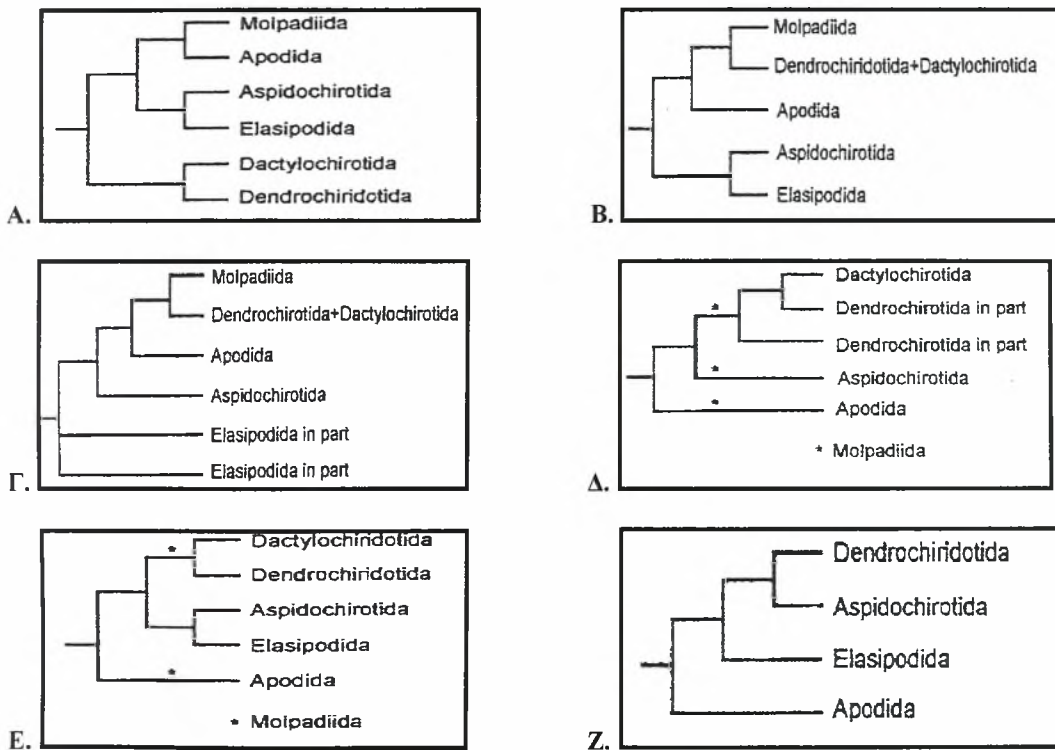
Η χρήση των απολιθωματικών καταγραφών στη διαμόρφωση του φυλογενετικού δένδρου φέρνει στο φως ενδιαφέρουσες πτυχές της εξελικτικής πορείας των ολοθούριων. Το αρχείο των απολιθωμάτων αποδεικνύει πως αρκετές γενεαλογικές γραμμές που υφίστανται σήμερα έχουν «επιβιώσει» της περιόδου Περμίου – Τριαδικού (Gilliland 1993). Με την ενσωμάτωση των Archistridae (Aporida)(Μέσο Δεβόνιο – Κάτω Κρητιδικό), το φυλογενετικό δένδρο δείχνει πως τουλάχιστον έξι (6) ομάδες ολοθούριων επέζησαν της μαζικής εξαφάνισης που έλαβε χώρα στα τέλη του Περμίου. Αυτό το γεγονός έρχεται να αντιπαρατεθεί με την εξαφάνιση αρκετών ομάδων εχινόδερμων κατά το Πέρμιο, από τις οποίες επεβίωσαν μόνο ένα (1) έως δύο (2) γένη (Lewis & Donovan 1998). Βέβαια, περί των αιτίων αυτής της έντονης παρουσίας, μόνο υποθέσεις μπορούν να γίνουν, οι οποίες σχετίζονται, αφενός με τον τύπο του ενδαιτήματος (τα ολοθούρια συναντώνται κυρίως στο βενθικό υπόστρωμα) και αφετέρου με τις μεθόδους τροφοληψίας (ιζηματοφάγοι) – στοιχεία τα οποία έχουν συνδεθεί με την επιβίωση και άλλων θαλάσσιων ασπόνδυλων κατά την περίοδο του Περμίου - Τριαδικού (Vermeij 1993).

Οι πρώτες καταγραφές οικογενειών από τις τάξεις Dactylochirotida, Dendrochirotida, Molpadiida και Aspidochirotida κατά το Πρώιμο Τριαδικό

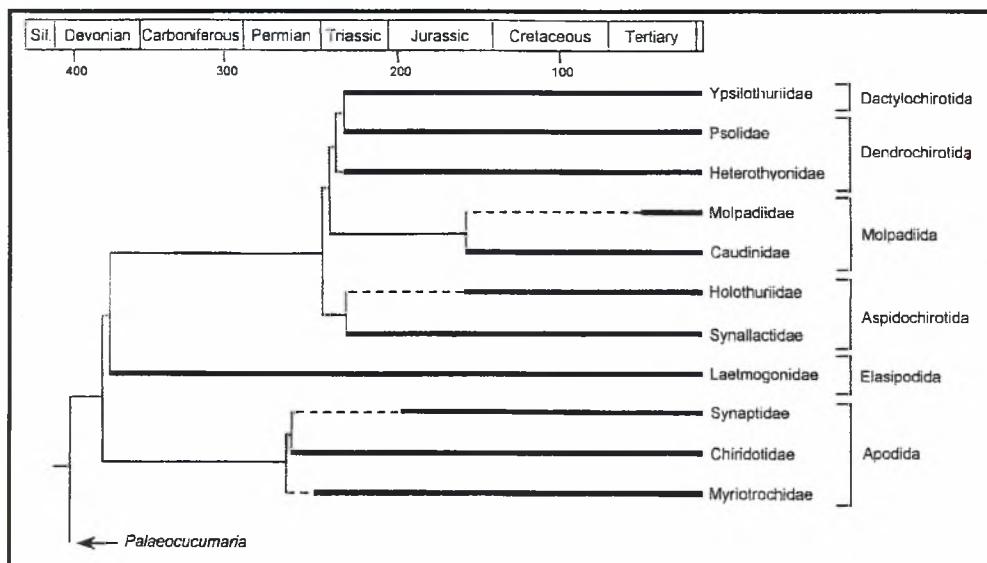
συμπίπτουν με την ταχεία εξάπλωση αυτού του κλάδου κατά τη συγκεκριμένη περίοδο. Μάλιστα, η συγκεκριμένη περίοδος συμπίπτει με εκείνη της έντονης εξάπλωσης αρκετών ομάδων θαλάσσιων ασπόνδυλων -συμπεριλαμβανομένων των εχινόδερμων- (Lafay *et al.* 1995, Smith & Paterson 1995) η οποία και εντοπίζεται μεταξύ των μαζικών εξαφανίσεων των τελών του Περμίου και της «Θαλάσσιας Επανάστασης του Μεσοζωικού» (Vermeij 1993). Ωστόσο, η ταχεία εξάπλωση των ολοθούριων κατά το Τριαδικό αναδεικνύει πως η έλλειψη αποδείξεων, με τη μορφή αδιαμφισβήτητων συναπομορφιών και γενεαλογικών γραμμών που να οδηγούν σε αυτούς τους κλάδους, δεν φαίνεται να αποτελεί το αποτέλεσμα ενός συνόλου επιλογών αλλά ένα «καθρέφτισμα» της ιστορίας. Αυτό με τη σειρά του υποδεικνύει πως η διαλεύκανση των συγκεκριμένων εσωτερικών γενεαλογικών γραμμών θα αποβεί ιδιαίτερα δύσκολη, ακόμη και με τη χρήση μοριακών τεχνικών (Kerr & Kim 2001).

Στην εξάπλωση του Τριαδικού, περιλαμβάνεται και ένας κλάδος ολοθούριων, ο οποίος αναγνωρίζεται εν μέρει από την αύξηση του αριθμού των σκληριτών τύπου table. Αυτή η ομάδα, προφανώς, προέκυψε, από προγονικές μορφές της τάξης *Elasipodida* κατά το Μέσο Δεβόνιο (Εικόνα 1.2.2). Απολιθώματα σκληριτών τύπου table, οι οποίοι εμφανίζονται μεταξύ αυτής της περιόδου και του Τριαδικού -και οι οποίοι έχουν αποδοθεί στις τάξεις *Dendrochirotida* και *Dactylochirotida* (π.χ. *Clavanus spicaudina*, Gutschick & Grill 1967)- πιθανώς αντιπροσωπεύουν ενδιάμεσες μορφές αυτού του κλάδου. Εάν η προέλευση των τάξεων *Dendrochirotida* και *Dactylochirotida* εντοπίζεται στο Τριαδικό (Kerr & Kim 2001), αυτομάτως όποιες αναγωγές αυτών των ομάδων σε προγενέστερες περιόδους είναι λανθασμένες. Πιθανώς, οι σκληρίτες τύπου plate σχετίζονται με την εξάπλωση μορφών, κατά τη διάρκεια του Παλαιοζωικού, από τις οποίες στη συνέχεια προέκυψε η «άνθιση» του

Τριαδικού. Εναλλακτικά, η προέλευση των σκληριτών (αν όντως αυτοί προέρχονται από ολοθούρια) θα πρέπει να αναζητηθεί σε σχετικά «απομακρυσμένες» μορφές, κάτι που με τη σειρά του δηλώνει πως τόσο οι σκληρίτες τύπου plate όσο και οι αβεσπιτικές «σκελετικές» κατασκευές εν γένει, έχουν εμφανισθεί και απολεσθεί πλειστάκις στα άτομα της κλάσης των ολοθούριων.



Εικόνα 1.2.1. Προτάσεις περί της φυλογένεσης των ολοθούριων. (A) Pawson & Fell (1965), (B) Ludwig (1891), (Γ) MacBride (1906), (Δ) Semper (1868), (E) Haude (1992), (Z) Τροποποιημένο από το Smith (1997) με βάση τα δεδομένα των Littlewood *et al.* (1997). Οι σχεδιασμοί των τάξεων είναι από τους Pawson & Fell (1965) ενώ δεν περιλαμβάνονται οι οικογένειες Synallactidae, Euryrgidae και Gephyrothuridae των οποίων η φυλογενετική τοποθέτηση ποικίλλει μεταξύ των συγγραφέων. Οι αστερίσκοι υποδηλώνουν εναλλακτικές θέσεις για την τάξη Molpadiida (Kerr & Kim 2001).



Εικόνα 1.2.2. Φυλογενετικό δένδρο των ολοθούριων όπως προέκυψε από την αξιολόγηση 47 μορφολογικών χαρακτηριστικών και τις αρχαιότερες καταγραφές απολιθωμάτων. Οι λεπτές γραμμές αντιπροσωπεύουν σχέσεις όπως αυτές προέκυψαν από την εργασία των Kerr & Kim (2001) οι γραμμές μεγαλύτερου πάχους υποδηλώνουν το εύρος μεταξύ αρχαιότερης – νεότερης εμφάνισης οι διακεκομμένες γραμμές υποδηλώνουν πιθανές φυλογενετικές σχέσεις (Kerr & Kim 2001).

Πίνακας 1.2.1. Πρώτες καταγραφές ταξινομικών βαθμίδων ολοθούριων (Kerr & Kim 2001).

Taxon	Fossil representative	Earliest record	Age (Mya)	Reference
Ypsilothuriidae	<i>Palaeoypsilus liassicus</i>	L. Jurassic (Sinemurian)	201.9	Gilliland, 1992
Psolidae	<i>Monilipsolus mirabile</i>	M. Triassic (Ladinian)	234.3	Smith & Gallemi, 1991
Heterothyonidae	<i>Strobilothylene rogenti</i>	M. Triassic (Ladinian)	234.3	Smith & Gallemi, 1991
Molpadiidae	<i>Calcanorella spectabilis</i>	Oligocene	35.4	Gilliland, 1993
Caudinidae	<i>Pedatopriscus pinguis</i>	U. Jurassic (Oxfordian)	159.4	Deflandre-Rigaud, 1946
Holothuridae	<i>Calciannella elliptica</i>	U. Jurassic (Oxfordian)	159.4	Deflandre-Rigaud, 1946
Synallactidae	<i>Priscopodatus triassicus</i>	M. Triassic (Anisian)	241.7	Simms <i>et al.</i> , 1993
Laetmogonidae	<i>Protocaudina kansasensis</i>	M. Devonian (Eifelian)	386.0	Ferrigno, 1970
Synaptidae	<i>Theelia synapta</i>	L. Jurassic (Hettangian)	205.7	Gilliland, 1992
Chiridotidae	<i>Protheelia geinitziana</i>	U. Permian (Zechstein)	256.1	Frizzell & Exline, 1955
Myriotrochidae	<i>Theelia praeacuta</i>	U. Permian (Tatarian)	252.0	Mostler & Rahimi-Yazd, 1976
Outgroup	<i>Palaeocucumaria hunsrueckiana</i>	L. Devonian (Lochovian/Pragian)	396.3	Seilacher, 1961

1.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Στη Μεσόγειο συναντώνται 154 είδη από το φύλο των εχινόδερμων (Hansson 1999) με 53 από αυτά να κατατάσσονται στην κλάση των ολοθούριων (Sinis 1977, Koukouras & Sinis 1981, Zavodnik 1981,1997, Tanti & Schembri 2006).

Βασίλειο: Animalia

Φύλο: Echinodermata (Bruguiere, 1791)

Κλάση: Holothuroidea (de Blainville, 1834)

Υποκλάση: Apodacea (Brandt, 1835)

Τάξη: Apodida (Brandt, 1835)

Οικογένειες: Chiridotidae (Ostergren, 1898) **(2 είδη)**

Myriotrochidae (Theel, 1877) **(1)**

Synaptidae (Burmeister, 1837) **(11)**

Τάξη: Molpadiida (Haeckel, 1896)

Οικογένεια: Molpadiidae (Muller, 1850) **(2)**

Υποκλάση: Aspidochirotacea (Grube, 1840)

Τάξη: Aspidochirotida (Grube, 1840)

Οικογένειες: Holothuridae (Ludwig, 1894) **(8)**

Γένος: *Holothuria* (Linnaeus, 1767)

Είδος: *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788)

Stichopodidae (Haeckel, 1896) **(1)**

Synallactidae (Ludwig, 1894) **(3)**

Τάξη: Elasipodida (Theel, 1882)

Οικογένεια: Elpidiidae (Theel, 1879) **(1)**

Υποκλάση: Dendrochirotopacea (Grube, 1840)

Τάξη: Dendrochirotopida (Grube, 1840)

Οικογένειες: Phyllophoridae (Ostergren, 1907) **(4)**

Cucumaridae (Ludwig, 1894) **(19)**

Τάξη: Dactylochirotopida (Pawson & Fell, 1965)

Οικογένεια: Ypsilothuridae (Heding, 1942) **(1)**

1.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Από τις αναφορές περί της γεωγραφικής εξάπλωσης των ολοθούριων προκύπτει ένα πραγματικά εντυπωσιακό εύρος. Ενδεικτικά, αναφέρεται η παρουσία τους σε κοραλλιογενείς σχηματισμούς τροπικών περιοχών (Bakus 1973, Uthicke 1997, Hopper *et al.* 1998), σε λειμώνες φανερόγαμων των εύκρατων περιοχών (Gustato *et al.* 1982, Sewell & Bergquist 1990, Sewell 1992, Bulteel *et al.* 1992) αλλά και σε πολικές περιοχές (Paul & Menzies 1974, Gutt & Piepenburg 1991).

Γεωγραφική εξάπλωση του *Holothuria tubulosa*

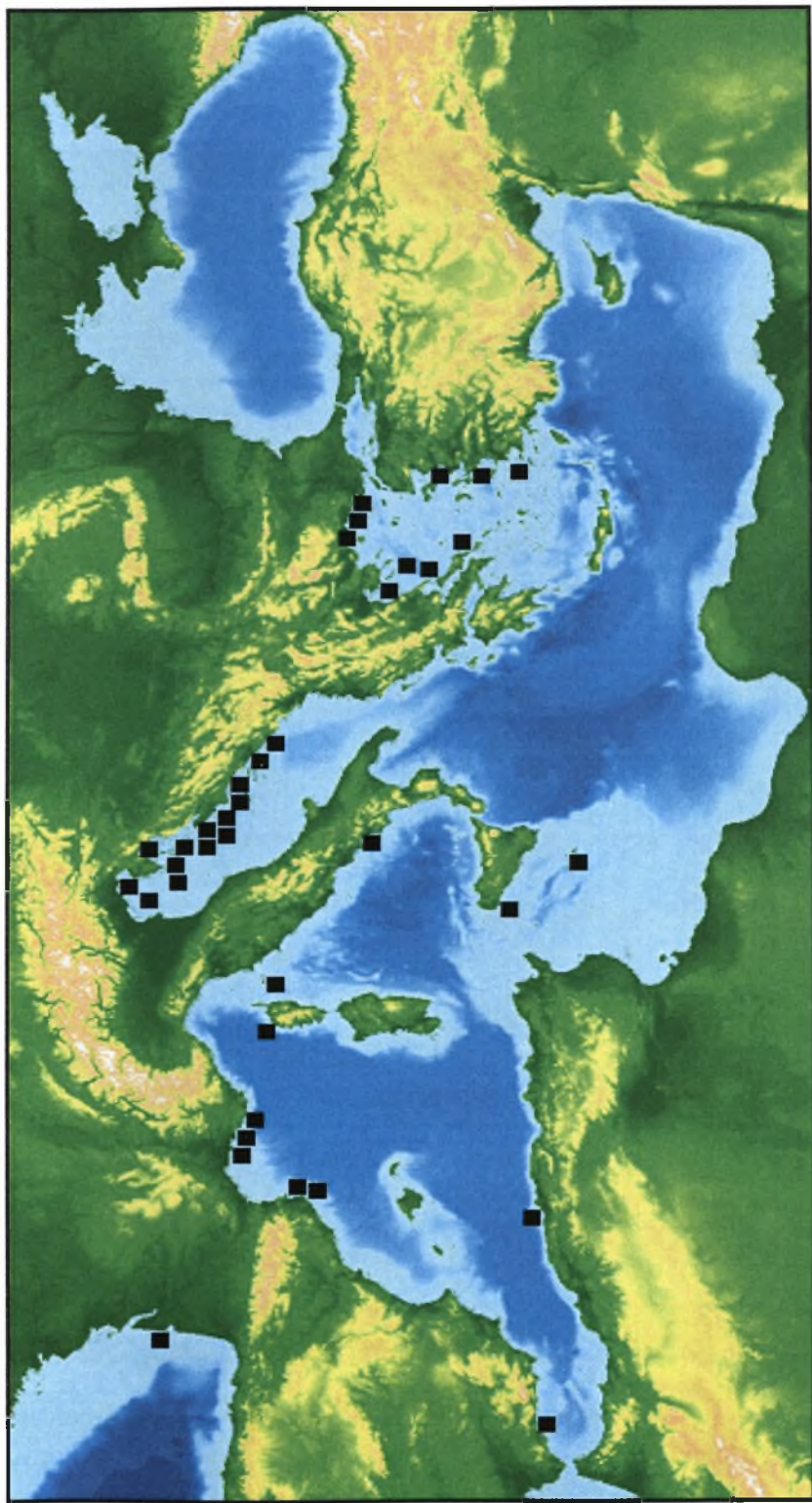
Το *H. tubulosa* συναντάται στη Μεσόγειο θάλασσα και το ανατολικό τμήμα του Ατλαντικού ωκεανού, από το Γιβραλτάρ έως το Βισκαϊκό κόλπο (Tortonese 1965)(Εικόνα 1.4.1) συνεπώς συγκαταλέγεται μεταξύ των **Ατλαντικο-μεσογειακών ειδών**.

Αναλυτικότερα, ξεκινώντας από το ανατολικό κομμάτι της Μεσογείου, η παρουσία του έχει αναφερθεί τόσο στις ακτές της Αλγερίας - χερσονήσος Sidi-Fredj (Mezali *et al.* 2003) αλλά και της Ισπανίας - Province of Gerona (Pladellorens & Subirana 1975), Costa Brava (Valls 2004) και Granada (Ocana & Sanchez-Tocino 2005).

Όσο αφορά το κεντρικό τμήμα, υπάρχουν αναφορές για το ανατολικό κομμάτι των ακτών της Γαλλίας (Massin & Jangoux 1976, Warnau *et al.* 2006) αλλά και την Κορσική (Gallmetzer *et al.* 2005, Warnau *et al.* 2006).

Συνεχίζοντας προς τα δυτικά, το είδος έχει καταγραφεί σε πλήθος περιοχών της Αδριατικής (Zavodnik 1980, 1997, Zavodnik *et al.* 1981, Grubelic 1992, Simunovic & Grubelic 1998, Simunovic *et al.* 2000, Despalatovic *et al.* 2004), στις δυτικές (Gustato *et al.* 1982, Bulteel *et al.* 1992, Coulon & Jangoux 1993, Coulon 1994, Jans *et al.* 1996, Warnau *et al.* 1998, Goldbeck *et al.* 2005) και νοτιοδυτικές ακτές της Ιταλικής χερσονήσου (Vizzini & Mazzola 2004, Tanti & Schembri 2006). Τέλος, όσο

αφορά την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου πελάγους, η παρουσία του αναφέρεται τόσο στο βόρειο (Geldiay & Kocatas 1972, Unsal 1973, Koukouras & Sinis 1981, Akyol 2003, Cakli *et al.* 2004, Isgoren-Emiroglu & Gunay 2007) όσο και το νότιο τμήμα (Panagiotopoulos 1916, Peres & Picard 1958)(Εικόνα 1.4.2).



Εικόνα 1.4.1. Γεωγραφική εξάπλωση του *H. tubulosa*.

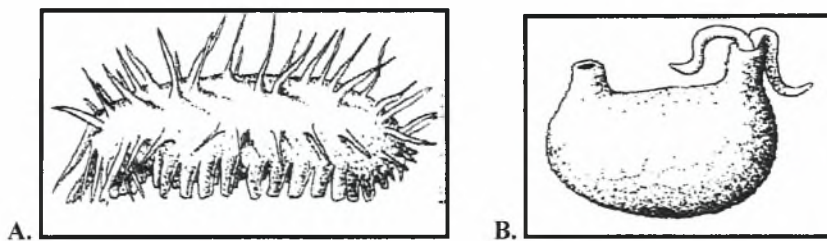


Εικόνα 1.4.2. Γεωγραφική εξάπλωση του *H. tubulosa* στο Αιγαίο πέλαγος.

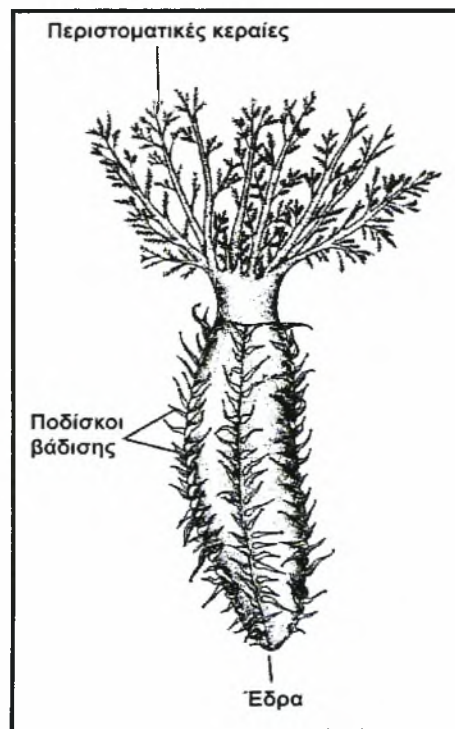
1.5. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Εξωτερικά χαρακτηριστικά

Τα ολοθούρια φέρουν σώμα μαλακό και γλοιώδες, σκωληκοειδούς ή σακοειδούς μορφής (Εικόνα 1.5.1). Τα άκρα τους εντοπίζονται στο στόμα -το οποίο περιβάλλεται από τις περιστοματικές κεραίες (Εικόνα 1.5.2)- και την έδρα. Εξωτερικά παρατηρούνται πέντε σειρές υδροφορικών σωλήνων-πεντακτινωτή συμμετρία- από τους οποίους και εξέρχονται οι ποδίσκοι βάδισης (Λαζαρίδου 1984) (Εικόνα 1.5.2).



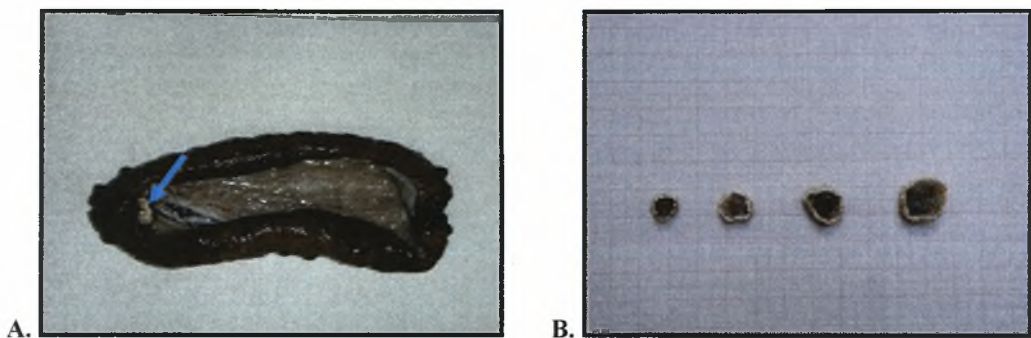
Εικόνα 1.5.1. (A) *Oneirophanta*, Deimatidae, Elapsipodida και (B) *Ypsilothuria*, Ypsilothuriidae, Dactylochirotrida (Kerr & Kim 1999).



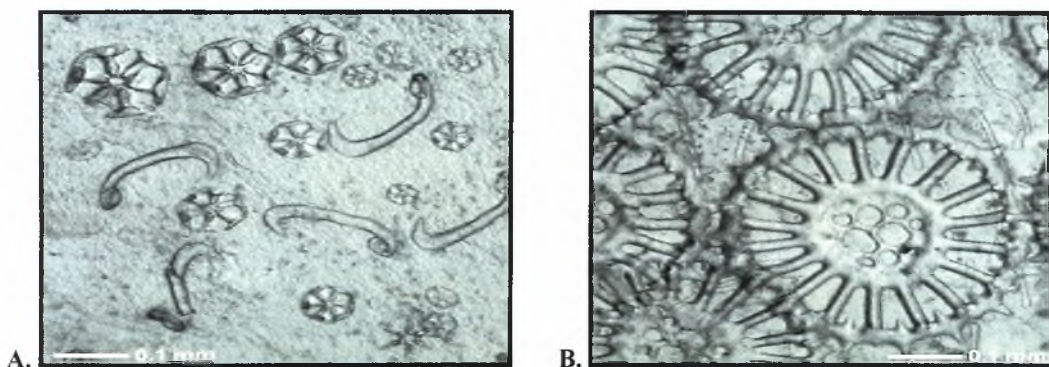
Εικόνα 1.5.2. Σχηματογραφία της εξωτερικής όψης του ολοθούριου *Cucumaria* sp. (Brusca & Brusca 2003, μερικώς τροποποιημένο).

Σκελετικό σύστημα

Στα περισσότερα είδη της κλάσης των ολοθούριων, το σκελετικό σύστημα αποτελείται από τον περιβαρυγγικό δακτύλιο -αποτελείται από 10 ασβεστιτικές πλάκες (Εικόνα 1.5.3)- και τους ασβεστιτικούς σκληρίτες (Kerr & Kim 1999)- μικροσκοπικά στοιχεία εντός της δερμίδας τα οποία και παρουσιάζουν αξιοσημείωτη παραλλακτικότητα (Εικόνα 1.5.4).



Εικόνα 1.5.3. (A) Θέση περιβαρυγγικού δακτυλίου στο *H. tubulosa* και (B) δακτύλιοι ποικίλου μεγέθους (Αρχείο Γ. Καζανίδη).

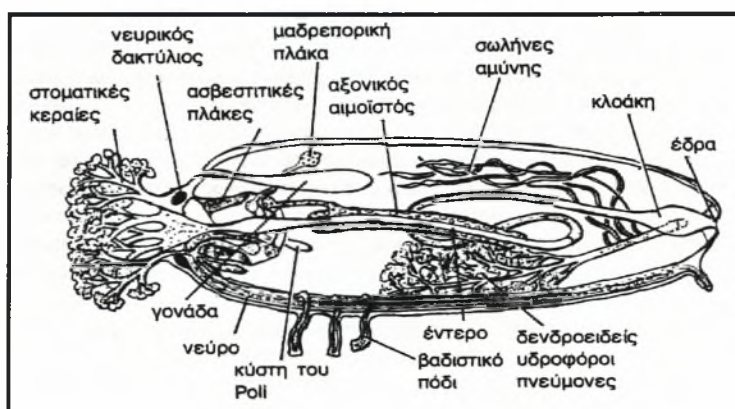


Εικόνα 1.5.4. Ασβεστιτικοί σκληρίτες ολοθούριων. (A) Τροχοειδούς και «αγκιστροειδούς» μορφής του είδους *Trochodota allani* (Aporodida: Chiridotidae). (B) Τροχοειδούς με «διάτρητο» κέντρο μορφής του είδους *Siniotrochus phoxus* (Aporodida: Myriotrochidae) (κλίμακα: 0,1 mm)(Reich 2000).

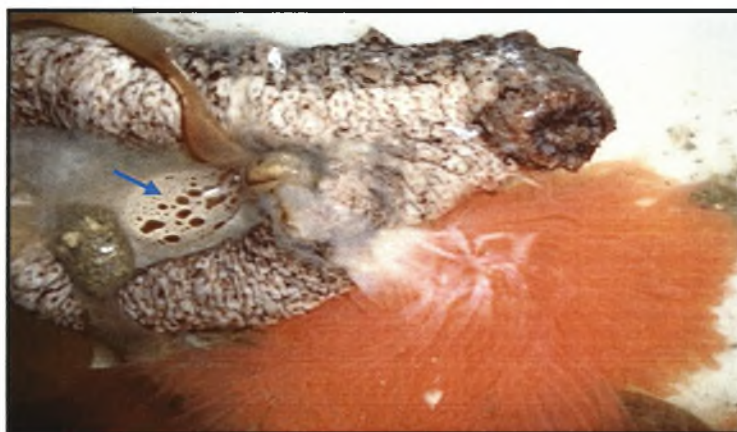
Υδροφορικό σύστημα

Το υδροφορικό σύστημα αποτελείται από ένα σύστημα κλειστών σωλήνων που βρίσκονται στο εσωτερικό του σώματος και συγκοινωνούν με το θαλασσινό νερό μέσα από τη μαδρεπορική πλάκα (Λαζαρίδου 1984)(Εικόνα 1.5.5). Η πλάκα αυτή βρίσκεται κάτω από το φάρυγγα, στην άκρη του πετρώδη σωλήνα. Επίσης, κυκλικός

σωλήνας περιβάλλει το πρόσθιο τμήμα του πεπτικού σωλήνα. Ο τελευταίος φέρει 1 - 50 πέντε αποφύσεις – τις *κύστες του Poli* (Εικόνα 1.5.6). Τέλος, από τον κυκλικό σωλήνα εκφύονται πέντε ακτινωτοί σωλήνες, από τους οποίους προκύπτουν οι περιστοματικές κεραίες και τα πλευρικά σωληνάκια, συνέχεια των οποίων είναι οι ποδίσκοι βάδισης (Brusca & Brusca 2003)(Εικόνα 1.5.5).



Εικόνα 1.5.5. Σχηματογραφία της εσωτερικής οργάνωσης ολοθούριου (Λαζαρίδου 1984).



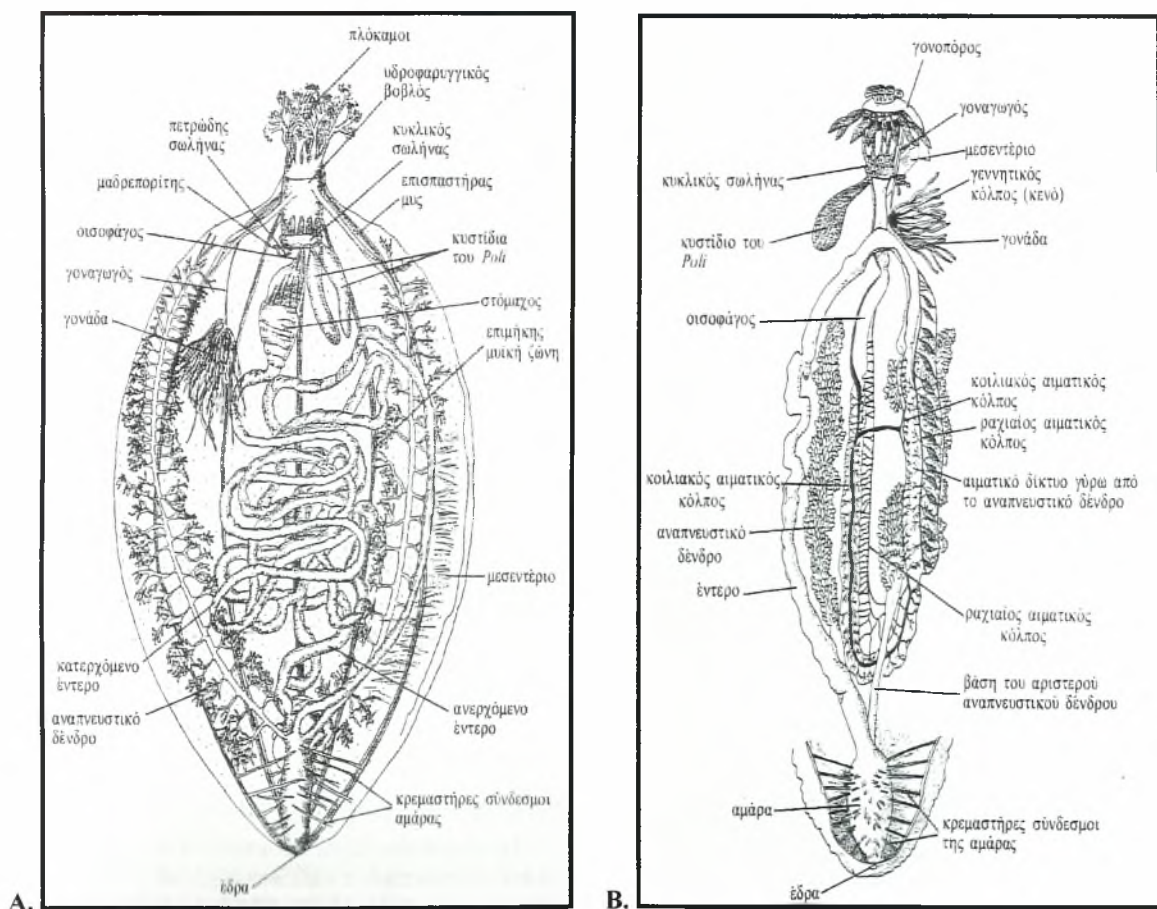
Εικόνα 1.5.6. Κυστίδιο Poli στο *H. tubulosa* (Αρχείο Γ. Καζανίδη).

Πεπτικό σύστημα

Το στόμα βρίσκεται στο μέσο της στοματικής μεμβράνης, στη βάση της κεραϊκής στεφάνης. Στη συνέχεια συναντάται ο φάρυγγας, ο οποίος περιβάλλεται από τον προαναφερθέντα ασβεστιτικό δακτύλιο -ομόλογος του «λύχνου του Αριστοτέλη» των εχινοειδών. Σε μερικά είδη, όπως αυτά του γένους *Thyone*, ο φάρυγγας οδηγεί σε ένα οισοφάγο, ο οποίος με τη σειρά του ανοίγεται σε ένα στόμαχο (Εικόνα 1.5.7).

Το έντερο είναι μεγάλου μήκους, σχηματίζει βρόγχους (Εικόνα 1.5.8) και καταλήγει στην αμάρα. Στην τελευταία καταλήγει και ένα ζεύγος «δενδροειδών» υδροφόρων πνευμόνων που παίζουν το ρόλο βραγχίων (Εικόνα 1.5.13).

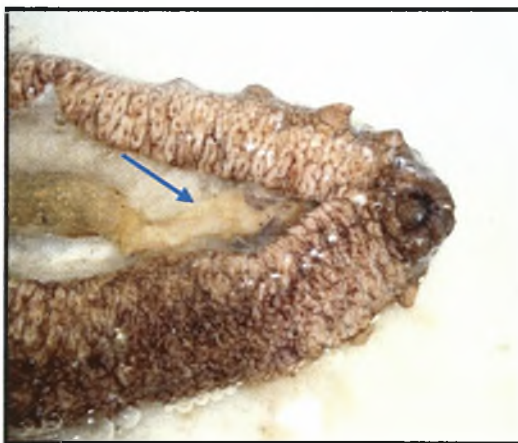
Στον πεπτικό σωλήνα του *H. tubulosa* διακρίνονται τρία τμήματα, το κάθε ένα με διαφορετικό ρόλο (Εικόνα 1.5.7). Στο 1^ο τμήμα – το οποίο ξεκινά από το στόμα και καταλήγει στο «σφιγκτήρα»- συγκεντρώνεται το ίζημα (Εικόνα 1.5.9). Στο 2^ο τμήμα -το οποίο οριοθετείται από την παρουσία του αιματικού συστήματος- λαμβάνει χώρα η διαδικασία της πέψης και για αυτό αποτελεί το τμήμα εντός του οποίου το ίζημα παραμένει για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (Εικόνα 1.5.10). Τέλος, το 3^ο τμήμα -αποτελείται από το δεύτερο κατερχόμενο τμήμα- είναι η ζώνη αποβολής (Εικόνες 1.5.11 και 1.5.12)(Massin & Jangoux 1976, Mezzali *et al.* 2003).



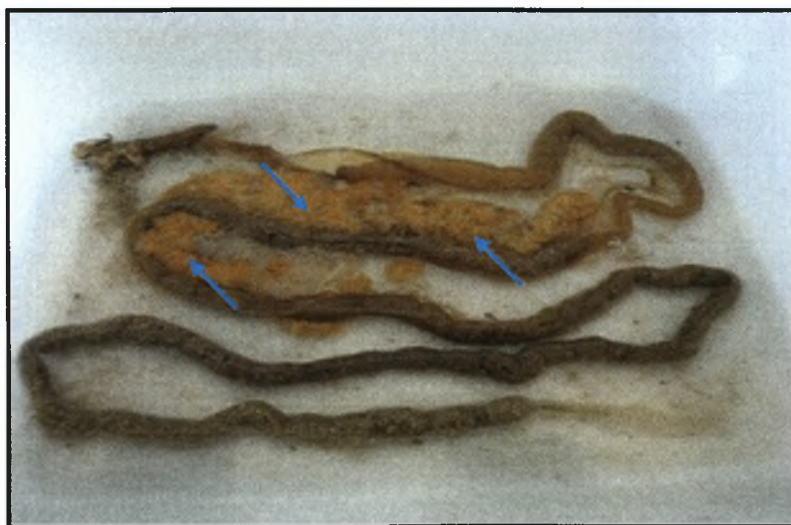
Εικόνα 1.5.7. (Α) Εσωτερική δομή του *Thyone briaereus* και (Β) πεπτικό και αιματικό σύστημα του *H. tubulosa* (Κάττουλας 1985).



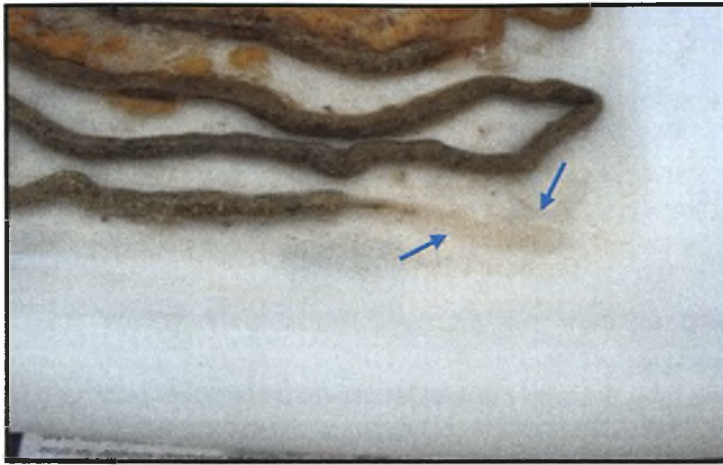
Εικόνα 1.5.8. Βρόγχος πεπτικού σωλήνα στο *H. tubulosa* - διακρίνεται το αγγείο σύνδεσης (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



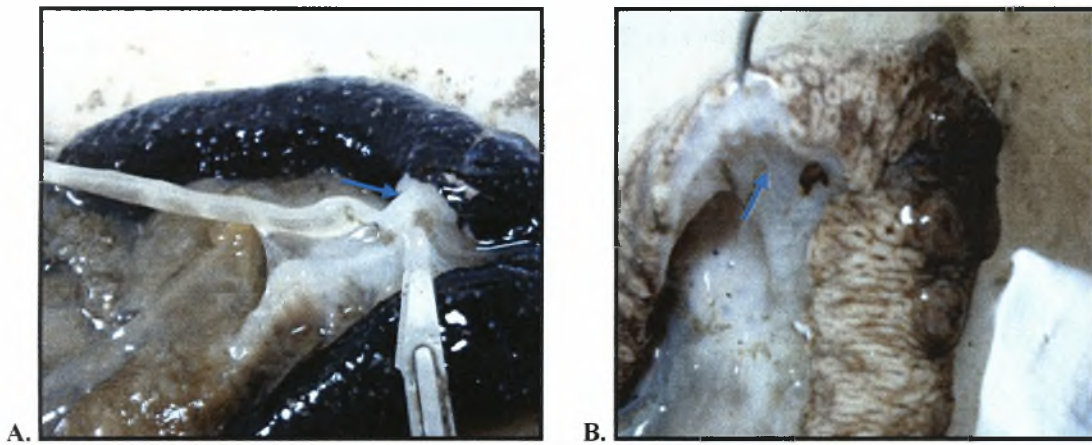
Εικόνα 1.5.9. Κουλιακή όψη του οισοφάγου του *H. tubulosa* (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



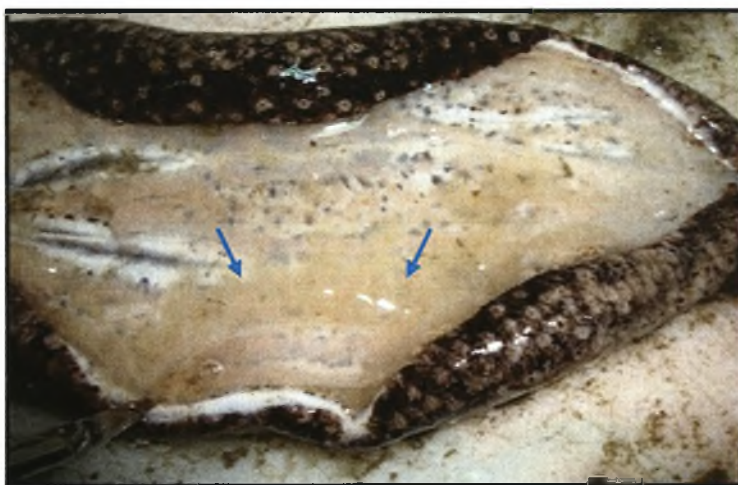
Εικόνα 1.5.10. Πεπτικός σωλήνας του *H. tubulosa* το δεύτερο τμήμα «οριοθετείται» από την παρουσία του *rete mirabile* (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



Εικόνα 1.5.11. Τμήμα εκκένωσης του πεπτικού σωλήνα του *H. tubulosa* (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



Εικόνα 1.5.12. (A) Απόληξη του πεπτικού σωλήνα του *H. tubulosa* στην αμάρα και (B) κρεμαστίρες σύνδεσμοι αυτής (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



Εικόνα 1.5.13. «Δενδρόμορφοι» πνεύμονες του *H. tubulosa* (Αρχείο Γ. Καζανίδη).

Αιματικό σύστημα

Τα ολοθούρια, ιδιαίτερα τα γένη *Holothuria* και *Stichopus* έχουν το πιο αναπτυγμένο αιματικό σύστημα από όλα τα εχινόδερμα. Η γενική οργάνωσή του είναι βασικά όμοια με εκείνη των άλλων εχινόδερμων. Ένας αιματικός δακτύλιος και ακτινωτοί αιματικοί κόλποι είναι παράλληλοι με τον κυκλικό σωλήνα και τους ακτινωτούς σωλήνες του υδροφορικού συστήματος (Εικόνες 1.5.5 και 1.5.7). Ο πιο σημαντικός χαρακτήρας του συστήματος αυτού είναι ένα κοιλιακό και ένα νωτιαίο αγγείο -κόλποι- που συνοδεύουν το έντερο (Εικόνα 1.5.7). Από τα κύρια αυτά εντερικά αγγεία προέρχονται πολλοί μικρότεροι σωλήνες, οι οποίοι ενώνονται με το εντερικό τοίχωμα (Εικόνα 1.5.14).



Εικόνα 1.5.14. Τμήμα του αιματικού συστήματος του *H. tubulosa* διακρίνονται οι συνδέσεις των αγγείων με το εντερικό τοίχωμα (Αρχείο Γ. Καζανίδη).

Στην περιοχή του κατερχόμενου λεπτού εντέρου 120-150 μονοθάλαμες καρδιές, αντλούν αίμα από το ραχιαίο αγγείο, μέσω ενός συστήματος εντερικών ελασμάτων, τα οποία προεκτείνονται μέσα στην εντερική κοιλότητα (Εικόνα 1.5.7). Από τα εντερικά ελάσματα το αίμα συλλέγεται στο κοιλιακό αγγείο. Το αίμα είναι βασικά όμοιο με το κοιλωματικό υγρό. Το αιματικό σύστημα των ολοθούριων χρησιμοποιείται για τη μερική μεταφορά των αερίων και μάλλον παίζει κάποιο ρόλο στην απορρόφηση ή τη μεταφορά τροφής, αλλά η ακριβής λειτουργική του σημασία παραμένει ακόμα αβέβαιη (Κάττουλας 1985).

1.6. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

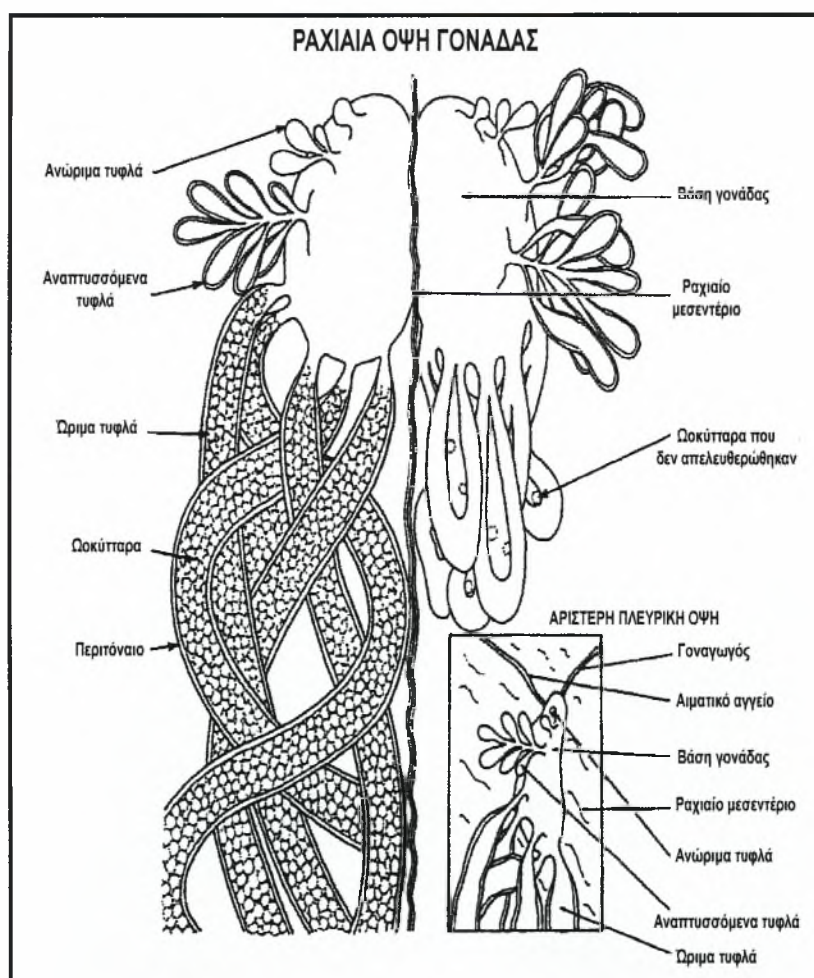
Η αναπαραγωγή των ολοθούριων μπορεί να επιτευχθεί εγγενώς -όπως και συμβαίνει στην πλειοψηφία των ειδών- αλλά και αγενώς (Smiley *et al.* 1991, Mackey 2001). Μεταξύ των σταδίων της εγγενούς διαδικασίας, δύο είναι αυτά που ξεχωρίζουν: i) η δημιουργία και ii) η απελευθέρωση του γεννητικού υλικού (Pearse *et al.* 1987). Βέβαια, η «γονική συμπεριφορά» που έπεται της αναπαραγωγής ποικίλει μεταξύ των ειδών με τη συντριπτική πλειοψηφία να «αρκείται» στην απελευθέρωση των γαμετών (Cameron & Fankboner 1986, McEunen 1988, Smiley *et al.* 1991, Ocana & Sanchez-Tocino 2005) ενώ μόλις 41 είδη συλλέγουν και εκκολάπτουν τα γονιμοποιημένα ωάρια (McEunen 1988, Smiley *et al.* 1991).

Η εγγενής αναπαραγωγή είναι διαδικασία συνυφασμένη με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Έτσι, προκειμένου οι οργανισμοί να μεγιστοποιήσουν την επιτυχία της αναπαραγωγικής διαδικασίας έχουν «συγχρονίσει» τους αναπαραγωγικούς τους κύκλους με τους περιοδικούς κύκλους διάφορων περιβαλλοντικών παραμέτρων. Μεταξύ αυτών των παραμέτρων, οι σημαντικότερες φαίνεται πως είναι η θερμοκρασία (Tanaka 1958, Conand 1981, Costelloe 1985, Cameron & Fankbover 1986, Tuwo & Conand 1992, Conand 1993, Hamel *et al.* 1993, Chao *et al.* 1994, Hopper *et al.* 1998, Morgan 2000, Despalatovic *et al.* 2004), οι φάσεις της σελήνης (Babcock *et al.* 1992, Kubota & Tomari 1998, Morgan 2000, Ocana & Sanchez-Tocino 2005), οι ανθίσεις του φυτοπλαγκτού (Cameron & Fankbover 1986) και χημικά ερεθίσματα (Hamel & Mercier 1996, 1999).

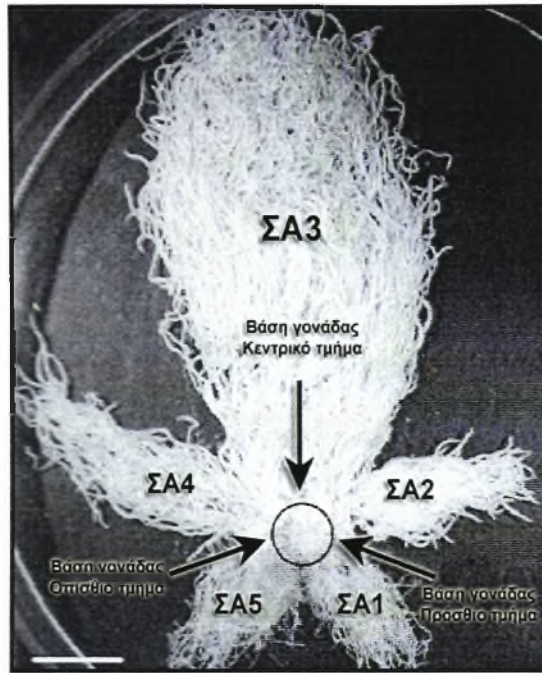
Η αγενής αναπαραγωγή επιτυγχάνεται μέσω διαίρεσης (Crozier 1917, Smiley *et al.* 1991) και η υιοθέτησή της φαίνεται πως καθορίζεται από το μέγεθος του σώματος (Uthicke 2001) και τη διαθεσιμότητα της τροφής (Uthicke 1997).

Tubule Recruitment Model

Το **Tubule Recruitment Model** έχει προταθεί ως πρότυπο περιγραφής του τρόπου ανάπτυξης του γεννητικού συστήματος των ολοθούριων (Smiley 1988)(Εικόνα 1.6.1). Το συγκεκριμένο πρότυπο προτάθηκε στα πλαίσια προσπαθειών να συνδεθούν τα στάδια ανάπτυξης των γαμετών -συνήθως πέντε (5)- με τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των γονάδων (Smiley 1988, 1994, Smiley *et al.* 1991, Sewell *et al.* 1997). Ας σημειωθεί, πως εξαιτίας των ιδιαίτερων απαιτήσεων του συγκεκριμένου μοντέλου, μικρός αριθμός ειδών έχουν ενταχθεί σε αυτό (Tuwo & Conand 1992, Sewell *et al.* 1997, Shiell & Uthicke 2006) (Εικόνα 1.6.2).



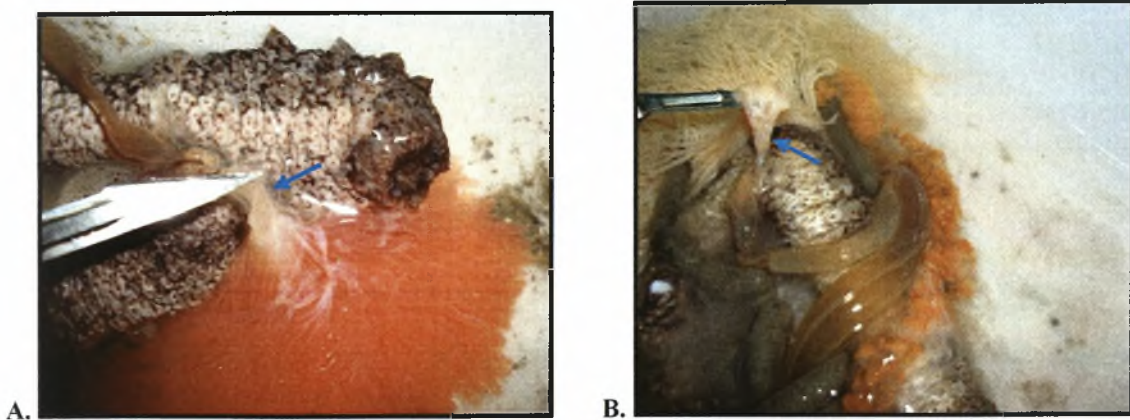
Εικόνα 1.6.1. Σχηματογραφία του Tubule Recruitment Model όπως προτάθηκε από τον Smiley (1988) για το *Parastichopus californicus*. Η αριστερή πλευρά αναπαριστά την υφιστάμενη κατάσταση προ της ωοτοκίας - παρουσία αναπτυσσόμενων και ώριμων ωοκυττάρων σε τυφλά διακριτών χαρακτηριστικών. Η δεξιά πλευρά αναπαριστά τη μεταναπαγωγική κατάσταση— τα τυφλά που απελευθέρωσαν γεννητικό υλικό είναι στη φάση της απορρόφησης ενώ τα αναπτυσσόμενα εισέρχονται στο ώριμο στάδιο (Sewell *et al.* 1997, μερικώς τροποποιημένο).



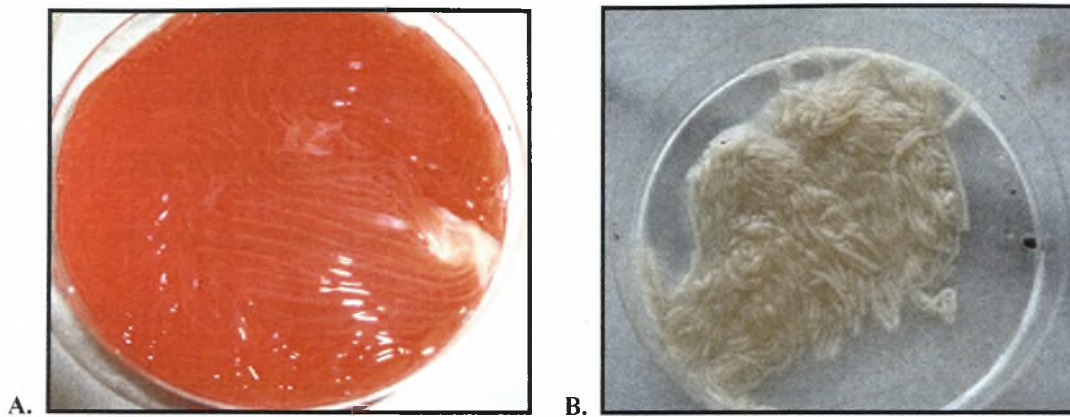
Εικόνα 1.6.2. Συνύπαρξη τυφλών διαφορετικού σταδίου ανάπτυξης (ΣΑ 1-5) στη γονάδα αρσενικού ατόμου του *Holothuria whitmaei*. Η συγκεκριμένη κατάσταση αποτελεί μία από τις προϋποθέσεις του Tubule Recruitment Model (κλίμακα: 15 mm) (Shiell & Uthicke 2006, μερικώς τροποποιημένο).

Αναπαραγωγή του *Holothuria tubulosa*

Όπως έχει παρατηρηθεί για τα περισσότερα είδη της κλάσης των ολοθούριων, έτσι και το *H. tubulosa* είναι δίοικο είδος χωρίς φυλετικό διμορφισμό (Ocana and Sanchez-Tocino 2005). Η αναγνώριση του φύλου πραγματοποιείται, κυρίως, μέσω της παρατήρησης του χρωματισμού της γονάδας, όταν αυτή βρίσκεται στο ώριμο στάδιο (Εικόνες 1.6.3 και 1.6.4).



Εικόνα 1.6.3. (Α) Γονάδα θηλυκού και (Β) αρσενικού ατόμου του *H. tubulosa* - διακρίνεται η βάση της γονάδας στο προσθιοραχιαίο τμήμα του πεπτικού σωλήνα (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



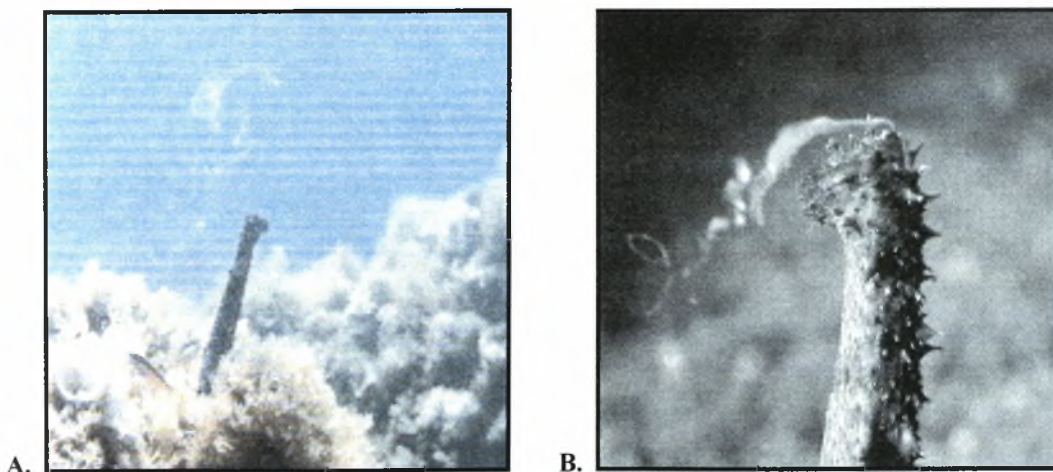
Εικόνα 1.6.4. (Α) Γονάδα θηλυκού και (Β) αρσενικού ατόμου του *H.tubulosa* στο ώριμο στάδιο (Αρχείο Γ. Καζανίδη).

Ο Tortonese (1965), αναφέρει πως το *H. tubulosa* αναπαράγεται καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, στοιχείο όμως που δε φαίνεται να επιβεβαιώνεται για διάφορες περιοχές της Μεσογείου (Bulteel *et al.* 1992, Despalatovic *et al.* 2004). Αντίθετα, εκείνο που έχει προκύψει από τις προαναφερθείσες μελέτες είναι η ύπαρξη ετήσιου αναπαραγωγικού κύκλου εντός του οποίου διακρίνονται πέντε στάδια ανάπτυξης των γαμετών: 1) στάδιο **ανάκαμψης** 2) στάδιο **ανάπτυξης** 3) στάδιο **ωριμότητας** 4) στάδιο **αναπαραγωγής** και 5) **μετααναπαραγωγικό** στάδιο (Despalatovic *et al.* 2004) (Εικόνες 1.6.6 και 1.6.7). Η αναγνώριση του εκάστοτε σταδίου προκύπτει από συνδυασμό μικροσκοπικών (μέγεθος ωοκυττάρων / πάχος τοιχώματος τυφλών) και μακροσκοπικών χαρακτηριστικών (μήκος / διάμετρος / βαθμός διακλάδωσης τυφλών).

Η εξέλιξη του αναπαραγωγικού κύκλου και οι συνεπακόλουθες μεταβάσεις μεταξύ των σταδίων ανάπτυξης των γαμετών φαίνεται να «καθοδηγούνται» από τις εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, τόσο στην περιοχή Kastela Bay της Αδριατικής (Despalatovic *et al.* 2004), όσο και στο Lacco Ameno (κόλπος της Napoli)(Bulteel *et al.* 1992) αλλά και στις περιοχές Costa Brava (Valls 2003) και Granada (Ocana & Sanchez-Tocino 2005) της Ισπανίας, η αναπαραγωγική περίοδος έχει εντοπιστεί εντός της θερινής περιόδου.

Πέραν των μεταβολών της θερμοκρασίας, και ο σεληνιακός κύκλος φαίνεται να λειτουργεί ως ερέθισμα για την έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου. Συγκεκριμένα, ο Valls (2003) αναφέρει πως στην περιοχή Costa Brava η απελευθέρωση των γαμετών πραγματοποιήθηκε σε χρονικό διάστημα 2 ημερών πριν έως 4 ημερών μετά τη νέα σελήνη. Παρομοίως, στην περιοχή Granada, η απελευθέρωση του γεννητικού υλικού καταγράφηκε κατά τη φάση της πανσελήνου (Ocana & Sanchez - Tocino 2005).

Όπως έχει προαναφερθεί, ο συγχρονισμός της αναπαραγωγής με τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα στοχεύει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της όλης διαδικασίας. Επικουρικά, φαίνεται πως λειτουργεί και ο τρόπος απελευθέρωσης των γαμετών. Πιο συγκεκριμένα, πριν την απελευθέρωση των γαμετών, τα άτομα ορθώνουν το πρόσθιο τμήμα του σώματός τους, ενώ το οπίσθιο διατηρεί την επαφή με το υπόστρωμα. Έτσι, ο γεννητικός πόρος, ο οποίος βρίσκεται πλησίον της κεφαλής, είναι όσο το δυνατόν πιο απομακρυσμένος από το υπόστρωμα, εξυπηρετώντας έτσι τη μέγιστη διασπορά των γαμετών (Valls 2003, Ocana & Sanchez-Tocino 2005)(Εικόνα 1.6.5).

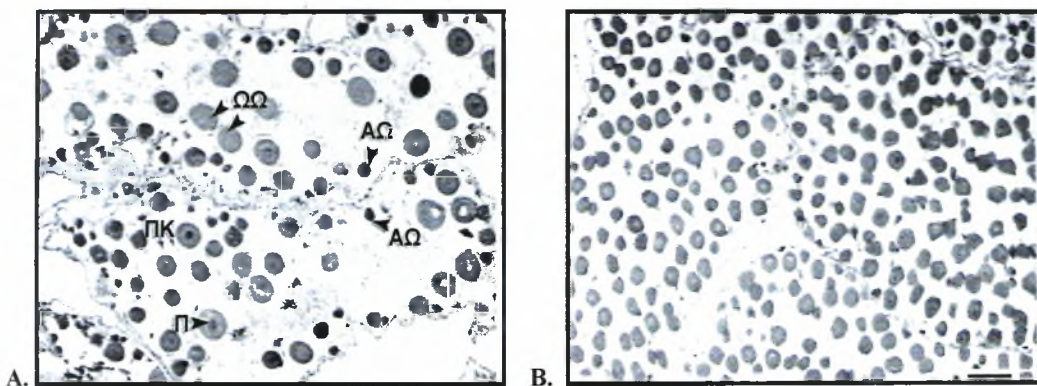


Εικόνα 1.6.5. Στάση απελευθέρωσης γαμετών του *H. tubulosa*. (A) Περιοχή Costa Brava (Valls 2003) και (B) Granada (Ocana & Sanchez – Tocino 2005).

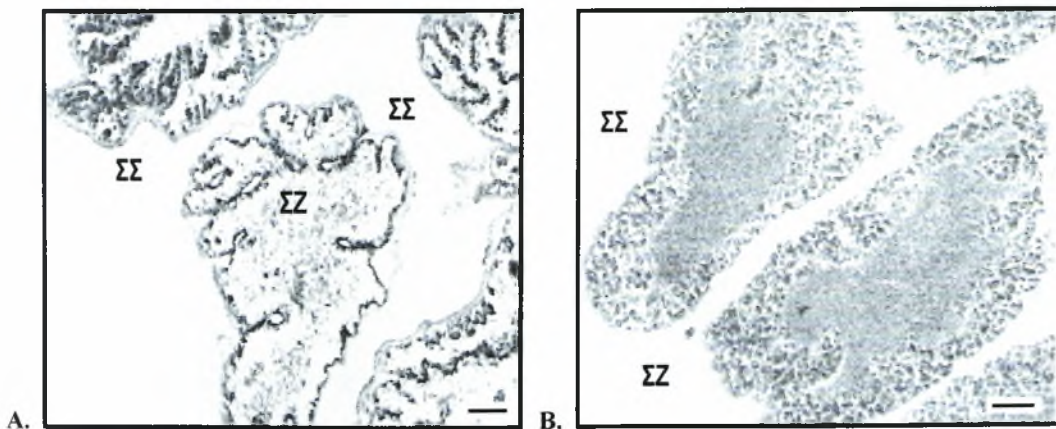
Τέλος, λόγω της «απόκλισης» του τρόπου ανάπτυξης της γονάδας του *H. tubulosa* από τις «αρχές» του Tubule Recruitment Model, το συγκεκριμένο είδος δεν συγκαταλέγεται στη λίστα του εν λόγω «προτύπου». Οι ιδιαιτερότητες έχουν ως εξής (Sewell *et al.* 1997, Despalatovic *et al.* 2004):

- Απουσία ομάδων τυφλών διαφορετικού σταδίου ανάπτυξης, τα οποία θα κατάλαμβάνουν ξεχωριστό τμήμα πάνω στη βάση της γονάδας
- Πλήρης απορρόφηση της γονάδας κατά τους χειμερινούς μήνες
- Συνύπαρξη εντός του ίδιου τυφλού γαμετών διαφορετικού σταδίου

(Εικόνες 1.6.6 και 1.6.7).



Εικόνα 1.6.6. Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά γονάδας θηλυκού ατόμου *H. tubulosa* που βρίσκεται στο στάδιο (A) της ανάπτυξης και (B) της ωριμότητας. ΑΩ: αναπτυσσόμενα ωοκύτταρα, ΩΩ: ώριμα ωοκύτταρα, ΠΚ: πυχιδωτά κύτταρα, Π: πυρήνας (κλίμακα: A 100 μm και B 250 μm)(Despalatovic *et al.* 2004, μερικώς τροποποιημένο).



Εικόνα 1.6.7. Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά γονάδας αρρενοσ ατόμου *H. tubulosa* που βρίσκεται στο στάδιο (A) της ανάπτυξης και (B) της ωριμότητας. ΣΣ: στήλες σπερματοκυττάρων, ΣΖ: σπερματοζωάρια (κλίμακα: 100 μm)(Despalatovic *et al.* 2004, μερικώς τροποποιημένο).

1.7. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι πληροφορίες περί των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών των ολοθούριων δεν χαρακτηρίζονται ιδιαίτερος επαρκείς με τα υπάρχοντα στοιχεία να αφορούν κυρίως την πληθυσμιακή πυκνότητα και τις βιομετρικές σχέσεις (Bonham & Held 1963, Bakus 1968, 1973, Conand 1981, Coulon & Jangoux 1993). Ωστόσο, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απόψεις που έχουν διατυπωθεί σχετικά με το ποια μορφομετρικά χαρακτηριστικά μπορούν να αποτελέσουν τους πιο «αντιπροσωπευτικούς δείκτες» της δυναμικής ενός πληθυσμού (Choe 1963, Conand 1981, Bulteel *et al.* 1992, Despalatovic *et al.* 2004). Τέλος, από τις κατανομές των κλάσεων μεγέθους των βιομετρικών χαρακτηριστικών ορισμένων ειδών, έχει αναφερθεί η ύπαρξη μιας ξεκάθαρης κορυφής - φαινόμενο γνωστό ως «μία κλάση μεγέθους ανά τοποθεσία» (Bakus 1973, Conand 1981).

Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του *Holothuria tubulosa*

Τα στοιχεία σχετικά με τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του *H. tubulosa* αφορούν κυρίως την πληθυσμιακή πυκνότητα και τη σωματική αύξηση καθώς και την επίδραση που ασκούν σε αυτές τις παραμέτρους ο τύπος του υποστρώματος και οι υδρογραφικές συνθήκες.

Μεταξύ των διαφόρων τύπων υποστρώματος, στους λειμώνες της *P. oceanica* έχουν αναφερθεί οι υψηλότερες τιμές σε σχέση με τις περιοχές όπου το συγκεκριμένο φαινόμενο απουσιάζει (Gustato *et al.* 1982, Coulon & Jangoux 1993, Simunovic & Grubelic 1998). Επίσης, διαφορές έχουν παρατηρηθεί και μεταξύ των «απογυμνωμένων» περιοχών, με τις υψηλότερες τιμές αφθονίας να σημειώνονται στις περιοχές αργιλώδους υποστρώματος εν συγκρίσει με αυτές του ιλυώδους ή αμμοίλυδους υποστρώματος (Simunovic *et al.* 2000). Πιθανότατα, η «ειδοποιός διαφορά» μεταξύ των προαναφερθέντων τύπων υποστρώματος είναι η διαφορετική

συγκέντρωση οργανικής ύλης στους λειμώνες της *P. oceanica* υπάρχει υψηλότερη παραγωγή «θρυμμάτων» βιολογικής προέλευσης (detritus) τα οποία αποτελούν την πιο σημαντική πηγή τροφής για αρκετούς ιζηματοφάγους οργανισμούς.

Πέραν του τύπου του υποστρώματος, η πληθυσμιακή πυκνότητα φαίνεται πως επηρεάζεται και από τις υδρογραφικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, οι [Simunovic & Grubelic \(1998\)](#), αναφέρουν πως στο κεντρικό τμήμα της Ανατολικής Αδριατικής, το είδος παρουσίαζε καλύτερη αντιπροσώπευση στις προφυλαγμένες εν αντιθέσει με τις εκτεθειμένες στην κυματική δράση περιοχές.

Ωστόσο, πέραν της διαφαινόμενης επίδρασης επί της πληθυσμιακής πυκνότητας, η συνδυασμένη δράση των προαναφερθέντων παραγόντων φαίνεται πως επιδρά και επί της σωματικής αύξησης. Μάλιστα, η διαφοροποίηση τόσο του τύπου του υποστρώματος όσο και της έντασης του κυματισμού με το βάθος, φαίνεται να συμβάλλει στη διαμόρφωση «προτύπων βαθυμετρικής κατανομής». Πιο συγκεκριμένα, οι [Bulteel et al. \(1992\)](#) αναφέρουν πως στην περιοχή Lacco Ameno (κόλπος της Napolì) παρατηρείται αξιοσημείωτη συσχέτιση ($r > 0,91$) μεταξύ των κυριότερων μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ατόμων -βάρος σώματος και σωματικού τοιχώματος, μήκος πεπτικού σωλήνα και περίμετρος περιφανγγικού δακτυλίου- και του βάθους. Δηλαδή, τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα συναντώνται στα βαθύτερα τμήματα (33 m) και τα μικρότερα στα επιφανειακά (6 m).

Ωστόσο, αυτό που θα πρέπει να διευκρινιστεί είναι πως η συγκεκριμένη βαθυμετρική κατανομή, είναι μάλλον απίθανο να έχει προκύψει, αποκλειστικά και μόνο, από τη μετακίνηση ατόμων από τα επιφανειακά προς τα βαθύτερα τμήματα. Αντίθετα, η ύπαρξη του προτύπου φαίνεται πως είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε ζώνη. Πιο συγκεκριμένα, τόσο η πυκνή κατανομή της *P. oceanica* (392 ± 32 ριζώματα / m²) όσο και η έντονη

με τη ~~τα~~ βαθυμετρική κατανομή των ατόμων
με τη ~~τα~~ βαθυμετρική κατανομή των ατόμων

κυματική δράση στην ανώτερη ζώνη, φαίνεται πως δρουν «επιβραδυντικά» επί των ρυθμών αύξησης. Η μεν πυκνή κατανομή ελαττώνει την «πρόσβαση» στην τροφή ενώ η αντιστάθμιση της δράσης των κυμάτων συνεπάγεται σημαντικές ενεργειακές δαπάνες. Αντίθετα, στα βαθύτερα τμήματα, αφενός η αραιότερη κατανομή του φανερόγαμου (63 ± 29 ριζώματα / m^2) αυξάνει τη «διαθεσιμότητα» της τροφής και αφετέρου οι περισσότερο ήπιες συνθήκες, επιτρέπουν στα άτομα την επίτευξη υψηλότερων ρυθμών αύξησης.

Τέλος, οι περιβαλλοντικές συνθήκες φαίνεται πως επιδρούν και στην ανάπτυξη του γεννητικού συστήματος των ατόμων της προαναφερθείσας περιοχής. Μάλιστα, η διαφοροποίηση του βαθμού ανάπτυξης της γονάδας εντός της καλοκαιρινής περιόδου -περίοδος κατά την οποία η γονάδα βρίσκεται στο ώριμο στάδιο- καταδεικνύει πως τα άτομα της ανώτερης ζώνης μπορεί να μην παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση ως προς το σωματικό μέγεθος αλλά πιθανότατα διαφέρουν ως προς την ηλικία.

για δω
και αν
ωθησώ (τα)
ορυθμός
αύξησης

1.8. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η συντριπτική πλειοψηφία των ολοθούριων αποτελείται από είδη που διαβιούν «προσκολλημένα» στο βενθικό υπόστρωμα. Ξεκινώντας από τις τροπικές περιοχές, υπάρχει πληθώρα αναφορών για την παρουσία τους τόσο σε αβαθείς περιοχές κοραλλιογενών σχηματισμών (Bakus 1968, 1973, Conand 1981, Chao *et al.* 1995, Uthicke 1997, Hopper *et al.* 1998, Conand *et al.* 2002, Shiell & Uthicke 2006) όσο και σε περιοχές εκτός αυτών (Sisak & Sander 1985).

Όσο αφορά τα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, υπάρχουν αναφορές για την παρουσία ειδών σε ηφαιστειογενή πετρώματα της διαπαλιρροιακής ζώνης με έντονη την παρουσία μακροφυκών (Sewell & Bergquist 1990, Sewell 1992) αλλά και σε βραχώδεις ρωγμές της υποπαλιρροιακής ζώνης (Costelloe 1985, Tuwo & Conand 1992). Ακόμη, έχει αναφερθεί η παρουσία ολοθούριων σε αργιλώδες υπόστρωμα βαθύαλης ζώνης πολικών περιοχών (Gutt & Starmans 1998).

Στην περιοχή της Μεσογείου, η πλειοψηφία των ειδών απαντάται σε αμμώδη, αμμοϊλύωδη και πετρώδη υποστρώματα αλλά και σε λειμώνες φανερόγαμων μακροφυκών της υποπαλιρροιακής ζώνης (Zavodnik 1980, 1997, Koukouras & Sinis 1981, Cunha de Jesus & Cansela de Fonseca 1999).

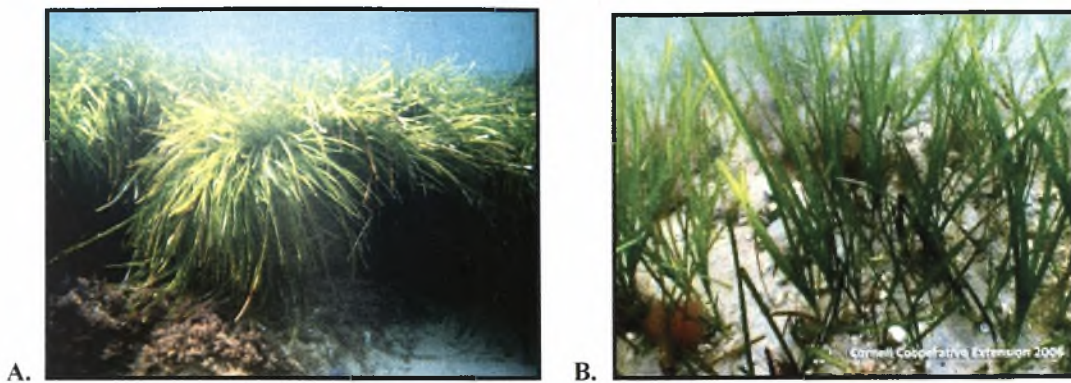
Υπόστρωμα εγκατάστασης του *Holothuria tubulosa*

Το κατεξοχήν ενδιαίτημα εντός του οποίου συναντάται το *H. tubulosa* είναι οι λειμώνες του Μεσογειακού φανερόγαμου *Posidonia oceanica* (Gustato *et al.* 1982, Bulteel *et al.* 1992)(Εικόνα 1.8.1). Η πυκνή βλάστηση του εν λόγω μακροφύκους παρουσιάζει ένα πολύπλοκο δίκτυο οικολογικών λειτουργιών μεταξύ των οποίων είναι η παροχή επιφανειών εγκατάστασης -παρουσία επίφυτων στο φύλλωμα, πολύχαιτων σε ριζικό σύστημα-, η παροχή τροφής -μέσω της αποσύνθεσης του φυλλώματος και της επακολουθούσης παραγωγής «θρυμμάτων»-, η λειτουργία ως

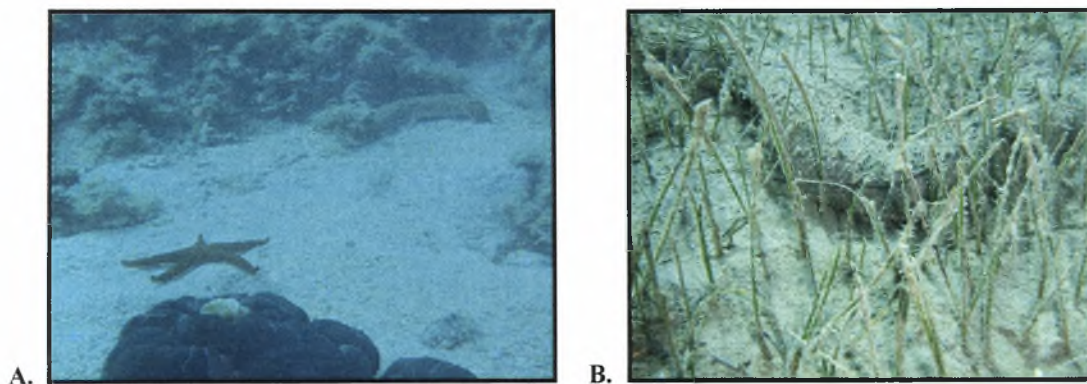
καταφύγιο από υδρογραφικές συνθήκες και θηρευτές αλλά και η λειτουργία της ως νηπιακή περιοχή (Kikuchi 1980).

Βέβαια, πέραν των λειμώνων της *P. oceanica*, η παρουσία του *H. tubulosa* έχει αναφερθεί και σε περιοχές με φανερόγαμα που ανήκουν στα γένη *Zostera* (Koukouras & Sinis 1981) (Εικόνα 1.8.1) και *Cymodocea* (Zavodnik 1980, 1997).

Τέλος, η παρουσία του *H. tubulosa* έχει αναφερθεί και σε περιοχές όπου τα μακροφύκη παρουσιάζουν αραιή κατανομή ή ακόμη και απουσιάζουν. Συνήθως, πρόκειται για «απογυμνωμένες» περιοχές με αμμώδες – αμμοϊλυώδες (Εικόνα 1.8.2) ή βραχώδες υπόστρωμα (Zavodnik 1980, 1997, Koukouras & Sinis 1981, Simunovic & Grubelic 1998, Simunovic *et al.* 2000). Ωστόσο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται πως παρουσιάζουν απογυμνωμένες περιοχές οι οποίες βρίσκονται διασκορπισμένες στο εσωτερικό του λειμώνα ή στις «παρυφές» αυτού. Μάλιστα, ο συγκεκριμένος τύπος ενδιαίτηματος, εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων οργανικού υλικού -κυρίως με τη μορφή οργανικών «θρυμμάτων»- φαίνεται να συνδέεται στενότερα με συγκεκριμένες ομάδες καρκινοειδών (ισόποδα, αμφίποδα), από ότι η περιοχή του λειμώνα στο σύνολό της (Gallmetzer *et al.* 2005). Βέβαια, αν και υπάρχουν ενδείξεις πως και η κατανομή του *H. tubulosa* εντός των λειμώνων της *P. oceanica* διαμορφώνεται βάσει της ύπαρξης του συγκεκριμένου τύπου ενδιαίτηματος, τα υπάρχοντα στοιχεία δεν επαρκούν για την επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης (Bulteel *et al.* 1992).



Εικόνα 1.8.1. (Α) *P. oceanica* και (Β) *Zostera marina* (www.theabyss.gr και zostera.blogspot.com, αντίστοιχα).



Εικόνα 1.8.2. Παρουσία του *H. tubulosa* σε (Α) αμμώδες και (Β) αμμοϊλυώδες υπόστρωμα με μακροφύκη στην Κάτω Γατζέα Μαγνησίας – βάθος 5m (Αρχείο Α. Λόλα).

Βαθυμετρική κατανομή του *Holothuria tubulosa*

Το *H. tubulosa* παρουσιάζει μεγάλο εύρος ως προς την κατακόρυφη κατανομή του, ξεκινώντας από το ανώτερο τμήμα της υποπαραλιακής ζώνης (0 – 40 m) και φθάνοντας μέχρι τα μεσαία βάθη της περιπαραλιακής ζώνης (40 – 200 m) (Tortonese 1965, Matonickin 1981, Ocana & Sanchez-Tocino 2005).

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται η παρουσία του στην υπο- και περιπαραλιακή ζώνη της ευρύτερης περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου (Valls 2003, Mezali *et al.* 2003, Ocana & Sanchez-Tocino 2005), των ανατολικών ακτών της Γαλλίας (Massin & Jangoux 1976, Warnau *et al.* 2006), της Κορσικής (Gallmetzer *et al.* 2005, Warnau *et al.* 2006), της Αδριατικής (Zavodnik 1980, 1997, Simunovic & Grubelic 1998, Simunovic *et al.* 2000, Despalatovic *et al.* 2004), των δυτικών (Gustato *et al.* 1982,

Bulteel *et al.* 1992, Coulon 1994, Jans *et al.* 1996, Warnau *et al.* 2006) και νοτιοδυτικών ακτών της Ιταλίας (Vizzini & Mazzola 2004, Tanti & Schembri 2006).

Τέλος, όσο αφορά την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου, οι Koukouras & Sinis (1981) αναφέρουν για το βόρειο τμήμα, την παρουσία του είδους κυρίως μέχρι τα 10 m (με εύρος 0.3 - 0.83 m) ενώ για το κεντρικό τμήμα των τουρκικών ακτών ο Akyol (2003) αναφέρει την παρουσία του είδους από τα 4 έως τα 30 m.

1.9. ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

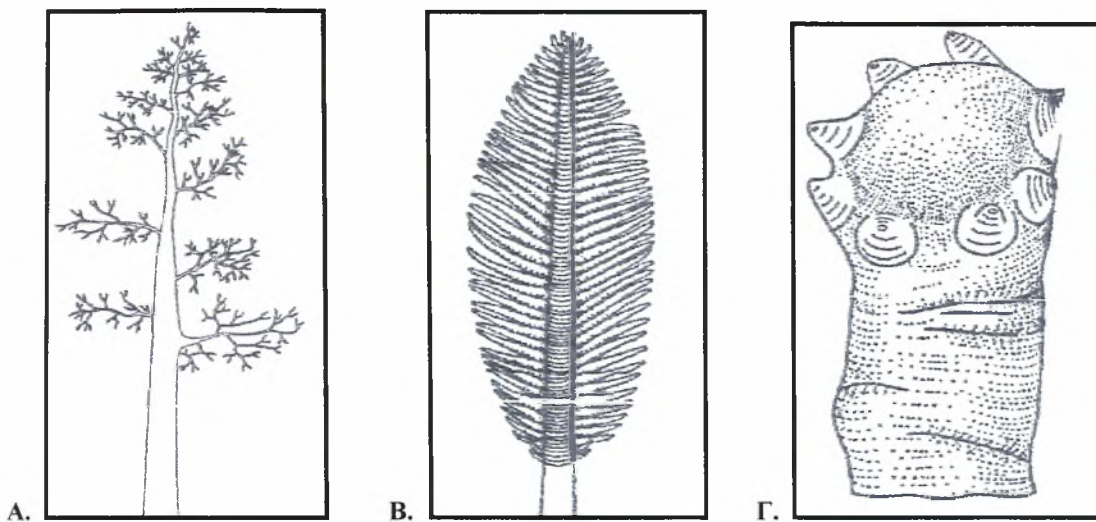
Τα ολοθούρια, βάσει του τρόπου λήψης της τροφής τους, μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1) τα ιζηματοφάγα και 2) τα αιωρηματοφάγα είδη (Walker & Bambach 1974). Σε αμφότερες τις κατηγορίες, πρωταρχικό ρόλο στη λήψη της τροφής παίζουν οι περιστοματικές κεραίες, οι οποίες και παρουσιάζουν τις ανάλογες διαφοροποιήσεις ως προς τη μορφολογία τους (Εικόνα 1.9.1).

Αναφορικά με τις κατηγορίες της λείας, τα ιζηματοφάγα είδη παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με τα αιωρηματοφάγα καθώς υπάρχουν αναφορές για βακτήρια (Bakus 1968, 1973, Yingst 1976, Moriarty 1979, Amon & Herndl 1991), τρηματοφόρα πρωτόζωα (Bakus 1968, Barth *et al.* 1968), κυανοφύκη (Sournia 1976), διάτομα (Lanzi 1904) και διάφορα είδη της μειοπανίδας (Renaud-Mornant *et al.* 1971, Khripounoff 1979). Αντίθετα, τα αιωρηματοφάγα είδη φαίνονται να περιορίζονται σε οργανισμούς που αιωρούνται στη στήλη του νερού (κυρίως φυτοπλαγκτό)(Massin 1982a).

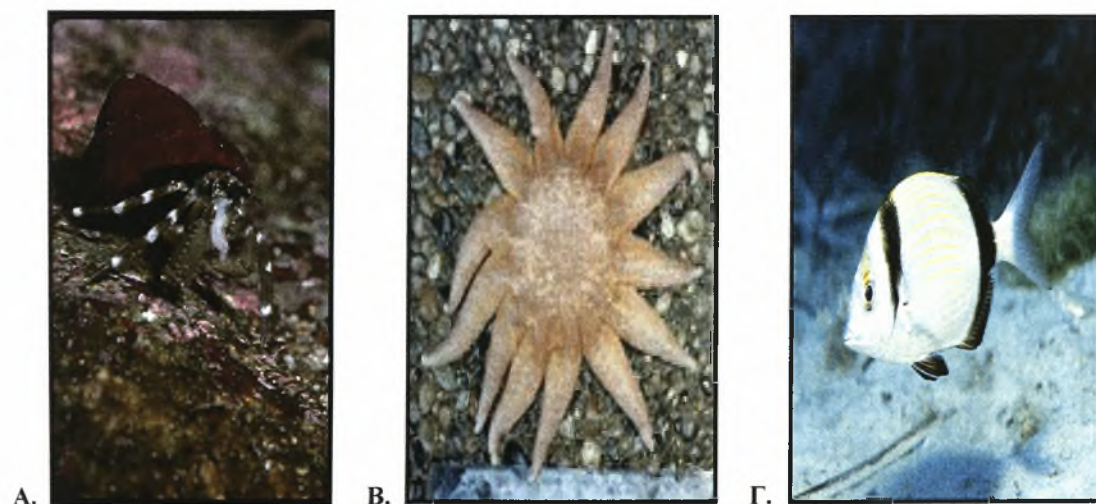
Όσο αφορά τις «περιβαλλοντικές επιδράσεις» των ιζηματοφάγων ειδών, αναφέρονται συνοπτικά η μεταβολή του μεγέθους των καταποθέντων σωματιδίων (Townesley & Townesley 1972) και η βιοαναμόχλευση – η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τη στρωμάτωση των επιφανειακών τμημάτων και τη σταθερότητα του ιζήματος (Crozier 1918, Bakus 1973, Coulon & Jangoux 1993). Όσο αφορά τα αιωρηματοφάγα είδη, οι επιδράσεις επί του ιζήματος θα πρέπει να θεωρηθούν αμελητέες ενώ δεν υπάρχουν στοιχεία περί των επιδράσεων τους στους πληθυσμούς του φυτοπλαγκτού (Massin 1982b).

Τέλος, έχει αναφερθεί ένας αρκετά μεγάλος αριθμός θηρευτών -πάνω από 70- (Francour 1997), μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται καρκινοειδή (Engstrom 1982, Cameron & Fankbover 1989, Coleman 1990), γαστερόποδα (Toscano *et al.* 1992),

αστεροειδή (Birkeland *et al.* 1982, Bingham & Braithwaite 1986, Sewell 1990), ιχθύς (Ara 1937, Bakus 1968, Rosechi 1985, Bingham & Braithwaite 1986), πτηνά (McGinitie & McGinitie 1968) και θαλάσσια θηλαστικά (Finley & Evans 1983)(Εικόνα 1.9.2).



Εικόνα 1.9.1. Διάφορες μορφές περιστοματικών κεραιών: (Α) «Δενδροειδείς» (Dendrochirotida), (Β) «Πτεροειδείς» (Synaptida), (Γ) «Δακτυλιοειδείς» (Elasipodida) (Massin 1982).



Εικόνα 1.9.2. Θηρευτές ολοθούριων (Α) *Pagurus hirsutiusculus*, (Β) *Solaster dawsoni*, (Γ) *Diplodus vulgaris*. (calphotos.berkeley.edu, www.wallawalla.edu και www.fishbase.org, αντίστοιχα).

Τροφικές αλληλεπιδράσεις του *Holothuria tubulosa*

Οι λειμώνες της *P. oceanica* -κατεξοχήν ενδιαίτημα του *H. tubulosa*- συγκαταλλέγονται μεταξύ των πιο παραγωγικών οικοσυστημάτων (Wittman *et al.* 1981, Raso *et al.* 1996). Ωστόσο ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως μόνο ένα μικρό ποσοστό της παραχθείσας οργανικής ύλης εισάγεται στο τροφικό πλέγμα μέσω κατανάλωσης από φυτοφάγους οργανισμούς (Zieman *et al.* 1979, Thayer *et al.* 1984, Nienhuis & Groenendijk 1986, Mann 1988, Mazzela *et al.* 1992): το σύνολο σχεδόν της παραγωγής αξιοποιείται μέσω του μετασχηματισμού της σε «θρύμματα βιολογικής προέλευσης» (detritus)(Ott 1980, Mann 1988, Benner *et al.* 1988).

Τα θρύμματα, μαζί με τα διάφορα είδη που αναπτύσσονται επί αυτών (επίφυτα), αποτελούν τη σημαντικότερη, πιθανότατα, πηγή τροφής του *H. tubulosa*. Επίσης, στη σύνθεση του «διαιτολογίου» φαίνεται πως συμμετέχουν τρηματοφόρα και τροχοφόρα πρωτόζωα (Goldbeck *et al.* 2005) καθώς και βακτήρια (Amon & Herndl 1991). Τέλος, πιθανή θα πρέπει να θεωρηθεί η συμμετοχή βενθικών διατόμων, διαφόρων ειδών της μειοπανίδας αλλά και περιττωμάτων τόσο άλλων οργανισμών αλλά και των ίδιου του *H. tubulosa* (Massin 1982a). Τέλος, έχει αναφερθεί η θήρευσή του από το γαστερόποδο *Tonna galea* (Toscano *et al.* 1992)(Εικόνες 1.9.3 και 1.9.4).



Εικόνα 1.9.3. Το γαστερόποδο *T. galea*, θηρευτής του *H. tubulosa* (www.naturephoto-online.com).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της τροφικής δραστηριότητας των ατόμων του *H. tubulosa*. Μεταξύ αυτών οι σημαντικότεροι φαίνεται πως είναι η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος. Ωστόσο, η επίδραση αυτών των παραμέτρων διαφέρει μεταξύ των μικρών και των μεγαλόσωμων ατόμων.

Πιο συγκεκριμένα, οι Coulon & Jangoux (1993) αναφέρουν πως η τροφική δραστηριότητα των μικρόσωμων ατόμων του πληθυσμού στην περιοχή Lacco Ameno (κόλπος της Napoli) δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ ημέρας-νύχτας ενώ παρουσίασε διαφορές μεταξύ των τιμών της θερμοκρασίας. Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να δικαιολογηθεί εάν ληφθούν υπόψη οι επικρατούσες συνθήκες στο τμήμα του λειμώνα όπου εντοπίζεται η παρουσία των μικρών ατόμων (6m). Σε αυτό το τμήμα, τα μικρόσωμα άτομα διαβιούν μεταξύ της πυκνής βλάστησης των ριζωμάτων της *P. oceanica*, όπου σε σχεδόν μόνιμη βάση, η ένταση του φωτός είναι ιδιαίτερα χαμηλή ενώ σημειώνονται σημαντικές μεταβολές της θερμοκρασίας μεταξύ των εποχών.

Αντίθετα, τα μεγαλόσωμα άτομα διαβιούν κάτω από τη ζώνη του θερμοκλινούς σε περιοχές με αμμώδες υπόστρωμα και αραιότερη κατανομή της *P. oceanica*. Αυτό το τμήμα του λειμώνα υπόκειται σε διαφοροποιήσεις της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ οι τιμές της θερμοκρασίας δεν παρουσιάζουν μεγάλο εύρος διακύμανσης. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να υποστηρίξουν την τροφική συμπεριφορά που παρουσίασαν τα μεγαλόσωμα άτομα. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ ημέρας και νύχτας καλοκαιριού (σχεδόν πενταπλάσια κατανάλωση κατά τη διάρκεια της νύχτας) ενώ η διαφοροποίηση μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα (κατά τη διάρκεια της ημέρας) δεν ήταν σημαντική.

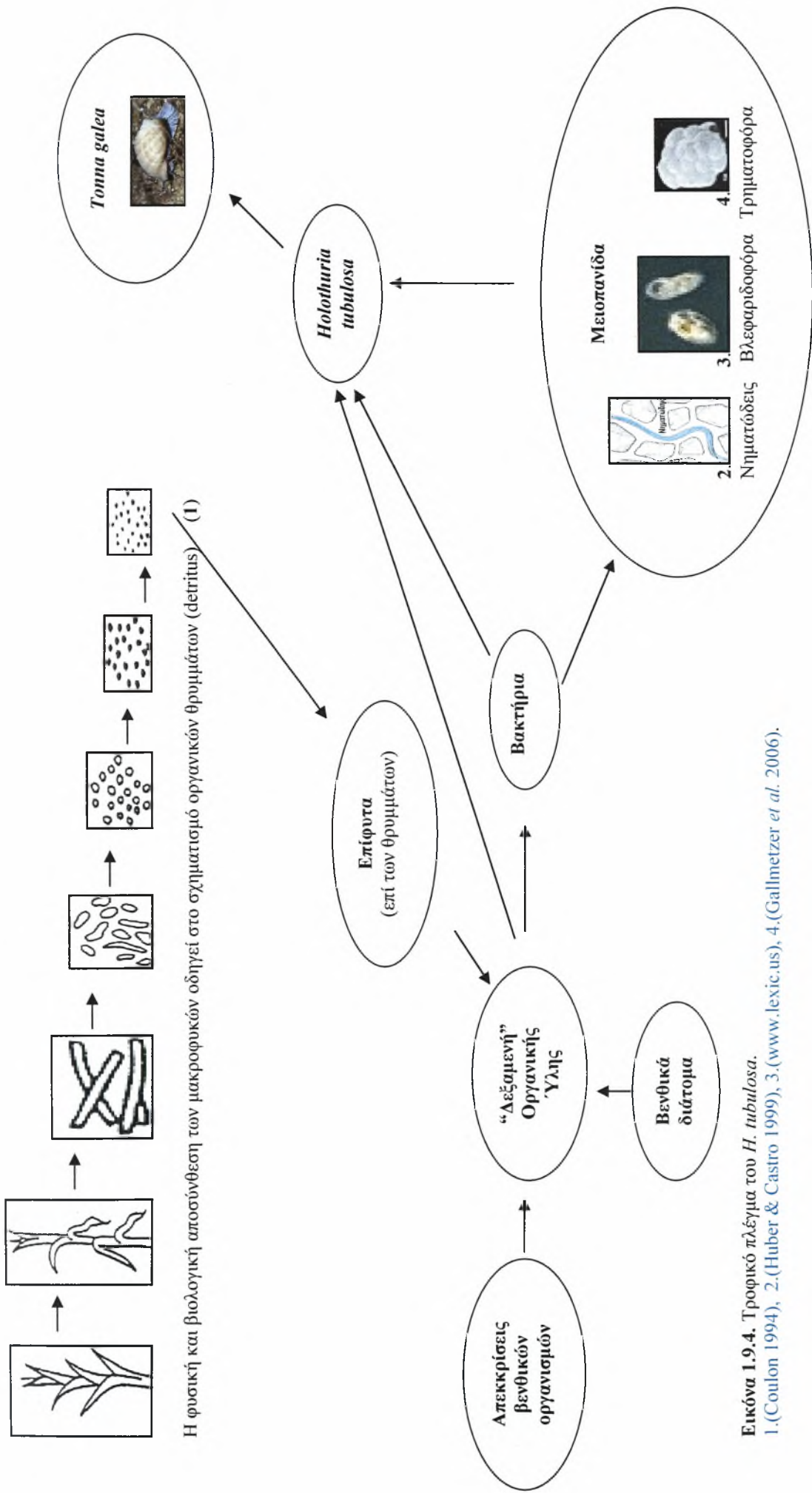
Πέραν των δύο προαναφερθέντων παραγόντων, η κατανάλωση ιζήματος φαίνεται πως επηρεάζεται και από τις τιμές των συγκεντρώσεων της οργανικής ύλης στοσε αυτό. Συγκεκριμένα, οι [Amon & Herndl \(1991I\)](#) αναφέρουν πως σε περιόδους υψηλών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης στο ίζημα, τα άτομα εντατικοποιούσαν τους ρυθμούς πρόσληψης ενώ σε περιόδους χαμηλών συγκεντρώσεων συνέβαινε το αντίθετο.

Περιβαλλοντικές συνέπειες της ιζηματοφαγίας του *Holothuria tubulosa*

Όπως προαναφέρθηκε, το *H. tubulosa* «αποσπά» την απαραίτητη, για την αύξησή του, οργανική ύλη μέσω των θρυμμάτων που προκύπτουν από το φύλλωμα της *P. oceanica* και μέσω αυτής της διαδικασίας συμβάλλει στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης. Μάλιστα, η συμβολή του *H. tubulosa* στην ανακύκλωση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική εξαιτίας των εξής στοιχείων: α) του μεγάλου σωματικού μεγέθους (συγκεκριμένα πρόκειται για το μεγαλύτερο είδος μεταξύ αυτών του μακροβένθους της *P. oceanica* που καταναλώνουν ίζημα) ([Bulteel et al. 1992](#)) και β) των υψηλών τιμών πληθυσμιακής πυκνότητας ([Gustato et al. 1982](#)).

Βέβαια, πέραν της ανακύκλωσης της οργανικής ύλης, το *H. tubulosa* συμβάλλει στην επιστροφή θρεπτικών συστατικών στην υδάτινη στήλη, στην αύξηση της παραγωγικότητας των βακτηρίων που διαβιούν στο ίζημα ([Amon & Herndl 1991II](#)) αλλά και στη σταθεροποίηση των συνθηκών που επικρατούν στο πυθμενικό στρώμα ([Amon & Herndl 1991I](#)). Τέλος, μέσω της συμβολής του στην «ανανέωση» της ποιότητας του νερού (μείωση συγκεντρώσεων αμμωνιακών, νιτρωδών και νιτρικών αλάτων) πιθανολογείται η επιτυχημένη συνεισφορά του σε παράκτιες περιοχές, όπου αναπτύσσονται δραστηριότητες εκτροφής υδρόβιων ζωικών οργανισμών ([Isgören-Emiroglu & Günay 2007](#)).

Μπορούμε να πάρουμε εφό?



Εικόνα 1.9.4. Τροφικό πλέγμα του *H. tubulosa*.
 1.(Coulton 1994), 2.(Huber & Castro 1999), 3.(www.lexic.us), 4.(Gallmetzer et al. 2006).

1.10. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Οι πληροφορίες για τον τύπο και τη δομή των βιοκοινωνιών στις οποίες συμμετέχουν τα ολοθούρια είναι μάλλον λιγοστές. Ενδεικτικά αναφέρεται η συμμετοχή τους στις βιοκοινωνίες των κοραλλιογενών σχηματισμών των τροπικών περιοχών (Bakus 1968, 1973, Conand 1981, Chao *et al.* 1995, Uthicke 1997, Hopper *et al.* 1998, Conand *et al.* 2002, Shiell & Uthicke 2006). Οι συγκεκριμένες βιοκοινωνίες παρουσιάζουν υψηλή ποικιλομορφία και πολυπλοκότητα, φιλοξενώντας πλήθος οργανισμών όπως γοργονίες, γαστερόποδα, γαρίδες και καβούρια, αχινούς, αστερίες και ψάρια (Castro & Huber 1999). Στις εύκρατες περιοχές, έχει αναφερθεί η παρουσία τους σε λειμώνες μακροφυκών (Sewell & Bergquist 1990, Sewell 1992). Τέλος, στη βαθύαλη ζώνη της Ανταρκτικής έχει αναφερθεί η συνύπαρξη τους με σπόγγους, βρυόζωα, εχινόδερμα και ασκίδια (Bullivant 1967, Propp 1970, Dayton *et al.* 1974, Arnaud 1977).

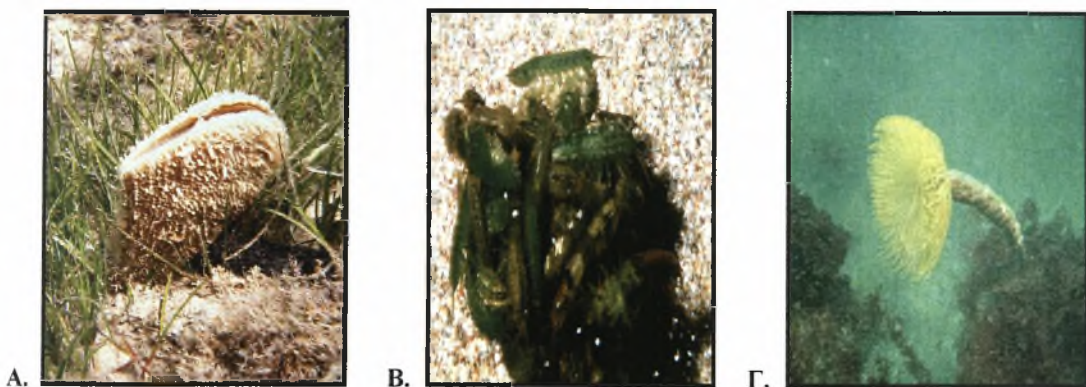
Συμμετοχή του *Holothuria tubulosa* σε βιοκοινωνίες

Εντός του λειμώνα της *P. oceanica* συναντάται μια ποικιλία μικροενδιαιτημάτων, σε κάθε ένα από τα οποία συναντώνται ομάδες ειδών με διαφορετικές οικολογικές απαιτήσεις. Οι σημαντικότερες από τις «υποκοινότητες» που συναντώνται εντός του λειμώνα της *P. oceanica* είναι (Mazzela *et al.* 1992, Κουτσούμπας 2003):

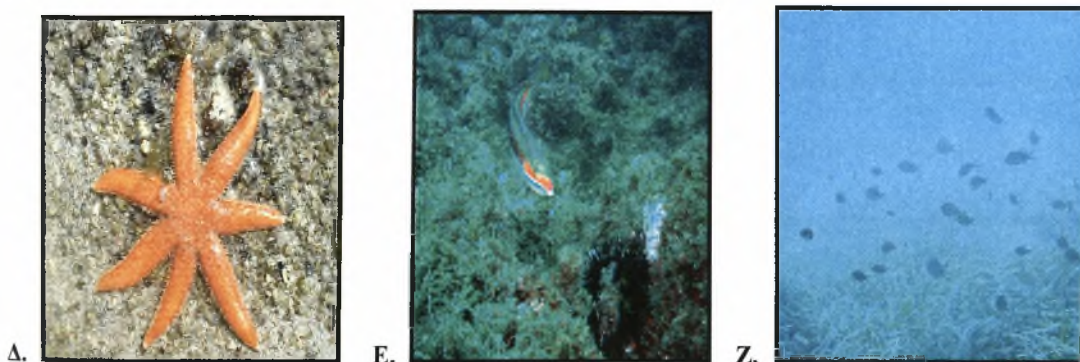
- Υποκοινότητα των φύλλων της *P. oceanica*
- Υποκοινότητα υποστρώματος πάνω στο οποίο αναπτύσσονται οι ρίζες της *P. oceanica* (στην οποία συγκαταλέγεται το *H. tubulosa*)
- Υποκοινότητα που συγκροτείται από οργανισμούς που ζουν εγκατεστημένοι στις ρίζες της *P. oceanica* μέσα στο ίζημα

Όσο αφορά τα υπόλοιπα είδη που απαρτίζουν τον συγκεκριμένο τύπο υποκοινότητας, υπάρχουν αναφορές για τα *Pinna nobilis*, *Octopus vulgaris*,

Phyllonotus sp., *Bittium reticulatum*, *Tricolia pullus* (Μαλάκια), *Palaemon sp.*, *Idotea baltica basteri*, *Gammarus aequicauda*, *Dexamine spinosa* (Καρκίνοειδή), *Spirographus spallanzani*, *Sphaerosyllis hystrix* (Πολύχαιτοι)(Κουτσούμπας 2003, Gallmetzer *et al.* 2005), *Antedon mediterranea*, *Holothuria polii*, *Ocnus planci*, *Leptopentacta elongata*, *Labidoplax digitata*, *Luidia ciliaris*, *Echinaster sepositus*, *Ophiothrix fragilis*, *Arbacia lixula*, *Sphaerechinus granularis* και *Paracentrotus lividus* (Εχινόδερμα), *Sparus aurata*, *Gobius sp.*, *Chromis chromis*, *Coris julis* (Ιχθύς) (Zavodnik 1980, 1997, Koukouras & Sinis 1981, Mazzela *et al.* 1992, Κουτσούμπας 2003)(Εικόνα 1.10.1).



Εικόνα 1.10.1. (Α) *Pinna nobilis*, (Β) *Idotea baltica basteri* και (Γ) *Spirographus spallanzani* (www.animalpicturesarchive.com, www.klissurov.dir, www.corynactis.org, αντίστοιχα).



(Δ) *Luidia ciliaris*, (Ε) *Paracentrotus lividus* και (Ζ) *Chromis chromis* (www.flickr.com και www.fishbase.org, αντίστοιχα).

1.11. ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Δεν έχω

Πέραν της συμβολής τους στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης και τη σταθεροποίηση των συνθηκών των θαλάσσιων βενθικών οικοσυστημάτων, τα ολοθούρια, συνεχίζουν να κεντρίζουν το ενδιαφέρον εξαιτίας του υψηλού οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν. Το τελευταίο είναι αποτέλεσμα του εύρους εφαρμογών που παρουσιάζουν και οι οποίες αφορούν κυρίως την ικανοποίηση (εκλεπτυσμένων) διατροφικών απαιτήσεων και την παραγωγή φαρμακευτικών παρασκευασμάτων (Εικόνα 1.11.1) αλλά και την χρήση ως δόλωμα στην αλιεία άλλων ειδών.

Πιο συγκεκριμένα, το σωματικό τοίχωμα των ολοθούριων καταναλώνεται i) αποξηραμένο («trepang» – κυρίως στην Κίνα) ii) βρασμένο ή αλατισμένο iii) νωπό (κυρίως στην Ιαπωνία) και iv) μαγειρεμένο σε χυμό καρύδας (Conand 1990). Πέραν του σωματικού τοιχώματος καταναλώνονται ο πεπτικός σωλήνας (βρασμένος – konowata) αλλά και οι γονάδες (αποξηραμένες - kuchiko)(Stutterd & Williams 2003).

Όπως προαναφέρθηκε, τα ολοθούρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην παραγωγή φαρμακευτικών παρασκευασμάτων. Έτσι, στην Μαλαισία (Poh-Sze 2004, Baine & Poh-Sze 1999a, b) σκευάσματα από είδη του γένους *Stichopus* χρησιμοποιούνται στην θεραπεία πληγών και στομαχικών λοιμώξεων. Μάλιστα έχει βρεθεί πως η χημική τους σύνθεση συμβάλλει στην αντιμετώπιση της αρθρίτιδας ενώ οι περιεχόμενες σαπωνίνες έχουν αντιπυρετικές και αντικαρκινικές ιδιότητες (Awaluddin 2001). Ακόμη, έλαια και διάφορα υποπροϊόντα συναντώνται σε μια ποικιλία προϊόντων όπως έλαια επάλειψης, οδοντόπαστες, σαμπουάν και σαπούνια (Poh-Sze 2004, Conand 2005b). Αξίζει να σημειωθεί, πως στην Ιαπωνία έχει κατατεθεί ευρεσιτεχνία περί της χρήσης της θεικής χονδροϊτίνης στην καταπολέμηση του HIV (Conand 2005b).

Τέλος, το σωματικό τοίχωμα των ολοθουρίων χρησιμοποιείται ως δόλωμα στην αλιεία κτενιών (*Panope abrupta*), αχινών (*Strongylocentrotus sp.*) (Bruckner 2005a) και ιχθύων (*Sparus aurata*) (Cakli *et al.* 2004).



Εικόνα 1.11.1 (A) Ολοθούριο μαγειρεμένο με χοιρινό κρέας και λαχανικά και (B) αποξηραμένα ολοθούρια σε φαρμακείο της Yokohama (www.nicemeal.com και commons.wikimedia.org, αντίστοιχα).

Αλιεία

Η συστηματική αλιεία των ολοθουρίων πραγματοποιείται κυρίως στις τροπικές περιοχές. Μάλιστα, ο αριθμός των ειδών-στόχων σε αυτές τις περιοχές είναι ιδιαίτερα μεγάλος σε αντίθεση με τη «μονοειδική» αλιεία των εύκρατων περιοχών (Conand 2004, 2005a, b). Συνολικά αλιεύονται περίπου 42 είδη (Conand 2004), με κύριο προορισμό την παραγωγή τροφής. Ας σημειωθεί πως η συλλογή πραγματοποιείται από τις αβαθείς περιοχές -κατά τη φάση της αμπώτιδας- χωρίς κάποιο ιδιαίτερο εργαλείο ενώ για μεγαλύτερα βάθη χρησιμοποιείται συσκευή αυτόνομης κατάδυσης (scuba diving).

Από τις αρχές του 1950 μέχρι το 2000, οι παγκόσμιες εκφορτώσεις των ολοθουρίων παρουσίασαν δραματική αύξηση από 4.300 σε 23.400 τόννους ενώ το 2001 έπεσαν στους 18.900 τόννους (Vannuccini 2004). Η καταγεγραμμένη αύξηση οφείλεται πιθανότατα στο συνδυασμό της αύξησης του αριθμού των χωρών-παραγωγών, του αριθμού των εκμεταλλεύσιμων ειδών, της εντατικοποίησης της αλιευτικής προσπάθειας μέσω στόχευσης σε είδη της βαθύαλης ζώνης καθώς και της

σταδιακής επέκτασης των αλιευτικών πεδίων (Bruckner 2005b). Ωστόσο, ορισμένες χώρες (π.χ ΗΠΑ, Bruckner 2005c, Ecuador, Toral-Granda 2005a) αναφέρουν σημαντική πτώση των εκφορτώσεών τους εξαιτίας της υπεραλίευσης των φυσικών πληθυσμών.

Για το σύνολο των ειδών, με εξαίρεση το *Apostichopus japonicus*, οι μεγαλύτερες ποσότητες παράγονται από την Ινδονησία, τις Φιλιππίνες (Gamboa *et al.* 2004), τις ΗΠΑ και την Papua Νέα Γουινέα (Conand 2005b). Όσο αφορά το *A. japonicus*, οι μεγαλύτερες ποσότητες παράγονται από την Ιαπωνία (>7.000 τόνοι), την Κορέα (900 τόνοι) και την Κίνα (>350 τόνοι)(Conand 2005b).

Εμπορική αξιοποίηση του *Holothuria tubulosa*

Μέχρι στιγμής, η εμπορική αξιοποίηση του *H. tubulosa* βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και περιλαμβάνει τη μεταποίησή του, με στόχο την παραγωγή ενός διατροφικού προϊόντος υψηλού επιπέδου. Η μεταποίηση περιλαμβάνει εξωτερική πλύση, εκσπλαγχνισμό, βρασμό, ψύξη και ξήρανση στον ήλιο (Cakli *et al.* 2004). Το προϊόν που προκύπτει, προωθείται στις χώρες της ανατολικής Ασίας (Κίνα και Ιαπωνία, κυρίως)(Tortonese & Vadon 1987, Simunovic & Grubelic 1998).

Στο Αιγαίο, το *H. tubulosa* αλιεύεται με στόχο να χρησιμοποιηθεί ως δόλωμα, αν και συνήθως συγκαταλέγεται μεταξύ των απορριπτόμενων αλιευμάτων (Akyol 2003, Cakli *et al.* 2004).

Μέτρα αλιευτικής διαχείρισης

Στα πρώτα βήματα της αλιείας των ολοθούριων, τα συστήματα αλιευτικής διαχείρισης που εφαρμόζονταν είχαν αφενός χαρακτήρα τοπικό και αφετέρου χρονικό ορίζοντα ταυτόσημο με αυτό της θητείας των εκάστοτε τοπικών αρχών. Ωστόσο, με την επέκταση των αλιευτικών πεδίων και την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση οι εφαρμοζόμενες πρακτικές διαχείρισης δεν προσαρμόστηκαν στη νέα κατάσταση

αντιθέτως, εφαρμόζονταν καθυστερημένα, μετά την έναρξη της «κατάρρευσης» των αποθεμάτων (Toral-Granda 2006).

Ανάλογα με την περιοχή, το είδος και τα χαρακτηριστικά της αλιείας έχουν εφαρμοσθεί αρκετές διαχειριστικές προσεγγίσεις' κάθε μία με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Τα διαχειριστικά μέτρα που έχουν εφαρμοσθεί είναι τα εξής: περιοχές όπου απαγορεύεται η αλιεία (Uthicke & Benzie 2000, Aguilar-Ibarra & Ramirez-Soberon 2002, Lawrence *et al.* 2004), περιορισμοί ως προς τον αριθμό των αλιέων / σκαφών (Stutterd & Williams 2003, Toral-Granda 2005a), ποσοστάσεις στις συλλήψεις (Bruckner 2005a, b), ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος (Stutterd & Williams 2003), χρονικός περιορισμός αλιευτικής δραστηριότητας (Uthicke & Klumpp 1996, Bruckner 2005a), απαγορεύσεις αλιευτικών εργαλείων (Lokani *et al.* 1996, Uthicke & Benzie 2000, Dance *et al.* 2003, Bell & Nash 2004).

Εκτροφή υπό ελεγχόμενες συνθήκες

Το ολοθούριο *Holothuria scabra* έχει χαρακτηριστεί ως ένα από τα πιο «ελπιδοφόρα» είδη ολοθούριων που μπορούν να αναπτυχθούν σε ελεγχόμενα συστήματα εκτροφής (Stutterd & Williams 2003, Pitt & Dinh Quang Duy 2004). Μέχρι πρόσφατα, δεν έχουν αναφερθεί στοιχεία παραγωγής ολοθούριων από υδατοεκτροφές τις χώρες-μέλη του FAO (Vannuccini 2004). Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τις σύγχρονες τάσεις στην παραγωγή μπορεί να υποτεθεί πως η παραγωγή των υδατοεκτροφών αποτελεί σημαντικό κομμάτι της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής (Vannuccini 2004).

Το έτος 2002, η συνολική παραγωγή ολοθουρίων από την Κίνα έφτασε τους 6.335 τόνους, με τους 5.865 να προέρχονται από τις υδατοεκτροφές (Chen 2004).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Δειγματοληψίες

Το σχέδιο των δειγματοληψιών περιελάμβανε αρχικά την επισκόπηση περιοχών κατά μήκος της ακτογραμμής του Παγασητικού κόλπου. Η επισκόπηση αυτή πραγματοποιήθηκε με αυτόνομη και ελεύθερη κατάδυση, στη διάρκεια της οποίας έγινε παρατήρηση και φωτογράφιση του πυθμένα. Βασικός στόχος της δραστηριότητας αυτής ήταν η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας (πρόσβαση, παρουσία ολοθούριων, ασφάλεια κατάδυσης), ως σταθμού δειγματοληψίας για τη μελέτη.

Τελικά, από τα στοιχεία που προέκυψαν από τις προκαταρκτικές επισκοπήσεις ορίστηκε ως σταθμός δειγματοληψίας η περιοχή Κάτω Γατζέα (N 39° 18' 45'' E 23° 05' 869'') (Εικόνα 2.1.1).

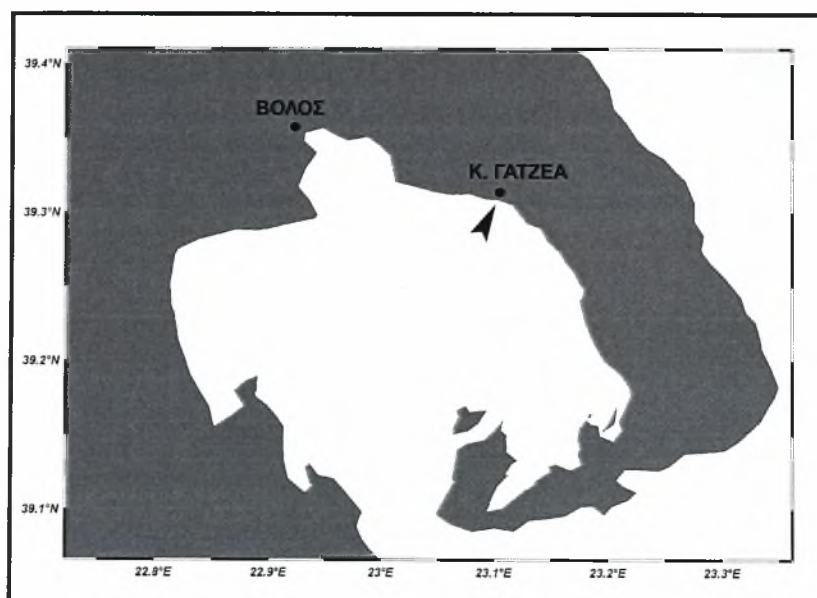
Πραγματοποιήθηκαν 15 δειγματοληψίες από τον Ιούνιο του 2007 μέχρι και τον Ιούλιο του 2008, σε βάθος 6-8 m, με αυτόνομη κατάδυση. Η ημερομηνία της κάθε δειγματοληψίας φαίνεται στον Πίνακα 2.1.1.

Η επιλογή της πραγματοποίησης των δειγματοληψιών σε δεκαπενθήμερη ή μηνιαία βάση έγινε προκειμένου να προκύψει λεπτομερής και ολοκληρωμένη καταγραφή των σταδίων της αναπαραγωγής του *H. tubulosa*, κάτι που θα επέτρεπε τη σύγκριση με τα στοιχεία από διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου.

Κάθε δειγματοληψία περιελάμβανε τα εξής:

- I. Μέτρηση της θερμοκρασίας των υδάτων.
- II. Καταμέτρηση του αριθμού των ατόμων εντός δειγματοληπτικής επιφάνειας 100 m² για την εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας (βάθος 6-8 m).
- III. Συλλογή 20 ατόμων του πληθυσμού.

Το βάθος και η θερμοκρασία του νερού σε κάθε δειγματοληψία, προσδιορίστηκε από το ειδικό καταδυτικό όργανο της εταιρίας SUUNTO (dive wrist computer) - μοντέλο D6.



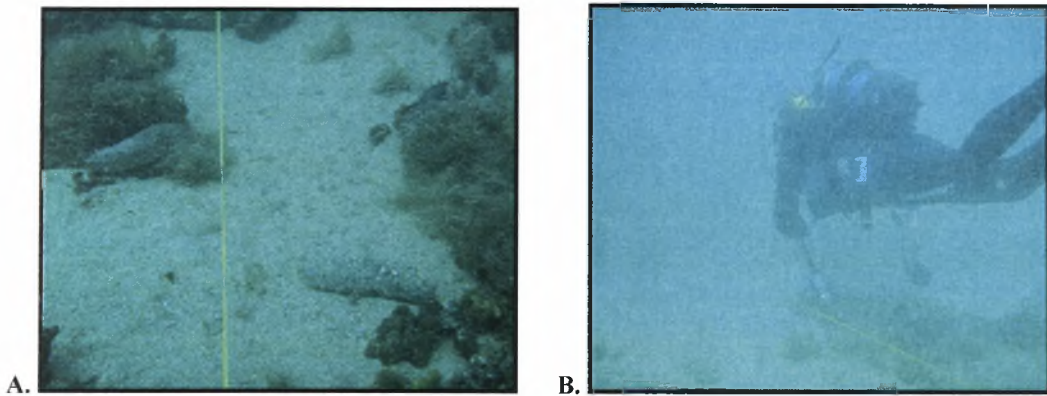
Εικόνα 2.1.1. Χάρτης του Παγασητικού κόλπου όπου φαίνεται η περιοχή των δειγματοληψιών.

Πίνακας 2.1.1. Ημερομηνίες διεξαγωγής δειγματοληψιών.

A/A	Ημερομηνία δειγματοληψίας	8	17-11
1	26-06-2007	9	16-12
2	07-07	10	19-01-2008
3	21-07	11	06-03
4	11-08	12	12-04
5	01-09	13	20-05
6	21-09	14	26-06
7	14-10	15	13-07

2.2. Πληθυσμιακή πυκνότητα

Σε κάθε δειγματοληψία, αρχικά, πραγματοποιούνταν καταγραφή της πληθυσμιακής πυκνότητας. Συγκεκριμένα, καταμετρούνταν ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονταν εντός εκτάσεως 100 m². Για την καταμέτρηση χρησιμοποιήθηκε σχοινί μήκους 10 m, το ένα άκρο του οποίου ήταν δεμένο στο βαρίδι του πλωτήρα και το δεύτερο άκρο σε ξεχωριστό βαρίδι. Από τους δύο δύτες, πραγματοποιούνταν επιθεώρηση του χώρου εκατέρωθεν του σχοινού -πλάτος 2 m- έτσι ώστε μετά από πέντε επαναλήψεις να έχει αλυφθεί επιφάνεια έκτασης 100 m² (Εικόνα 2.2.1).



Εικόνα 2.2.1. (A) Σχοινί για καταγραφή της πληθυσμιακής πυκνότητας και (B) επισκόπηση του χώρου από το δύτε (Αρχείο A. Λόλα).

2.3. Μορφομετρικές μετρήσεις

Σε κάθε άτομο που εντοπιζόταν πραγματοποιούνταν μέτρηση του ολικού μήκους – total length, TL- από το στόμα έως την έδρα (± 0.1 cm), φροντίζοντας ώστε το σώμα του ατόμου να βρίσκεται σε διαστολή (Despalatovic *et al.* 2004)(Εικόνα 2.3.1A). Μετά την καταγραφή του ολικού μήκους, κάθε άτομο τοποθετούνταν σε αριθμημένη πλαστική σακούλα.

Η μεταφορά των ατόμων στο Εργαστήριο Βενθικών Ασπόνδυλων του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος για τη μέτρηση των λοιπών μορφομετρικών χαρακτηριστικών, έγινε σε κλειστό δοχείο σταθερού όγκου 35 lt (Εικόνα 2.3.4A). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός 3 h από τη δειγματοληψία,

ώστε να διατηρηθούν φρέσκα τα άτομα. Οι μορφομετρικοί χαρακτήρες που προσδιορίστηκαν ήταν οι εξής:

- I. Το νωπό ολικό βάρος του ατόμου -total wet weight, Tww- το οποίο προκύπτει μετά την πραγματοποίηση τομής για την αφαίρεση των κοιλωματικών υγρών (Conand 1981) (Εικόνα 2.3.1B).
- II. Το νωπό βάρος της γονάδας -gonad wet weight, Gww (Εικόνα 2.3.2A).
- III. Το μήκος του πεπτικού σωλήνα -digestive tract length, DL- από το οπίσθιο τμήμα του περιφαρυγγικού δακτυλίου μέχρι την αμάρα (Εικόνα 2.3.2B).
- IV. Το νωπό βάρος σωματικού τοιχώματος -body wall wet weight, Bww- το οποίο προκύπτει μετά την αφαίρεση της γονάδας, του πεπτικού σωλήνα και των «δενδρόμορφων» πνευμόνων (Despalatovic *et al.* 2004) (Εικόνα 2.3.3A).
- V. Την περίμετρο του περιφαρυγγικού δακτυλίου -peripharyngeal calcareous crown, PCC- (Εικόνα 2.3.3B).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρονικό ζυγό με ακρίβεια 0,01 g (OHAUS Precision TS 400D) (Εικόνα 2.3.4B) και μεζούρα με ακρίβεια ± 1 cm για το μήκος του πεπτικού σωλήνα και ± 1 mm για το μήκος της περιμέτρου του περιφαρυγγικού δακτυλίου (Bulteel *et al.* 1992).

Κατά την καταγραφή των μορφομετρικών χαρακτήρων γινόταν και ταυτοποίηση του φύλου, σε όσα άτομα αυτό ήταν δυνατό, από την οπτική αναγνώριση του χρώματος των γονάδων. Κατόπιν οι γονάδες από αρσενικά και θηλυκά άτομα, τοποθετήθηκαν σε αριθμημένα φιαλίδια που περιείχαν μονιμοποιητικό διάλυμα φορμαλδεΰδης, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα για μελλοντική επεξεργασία.

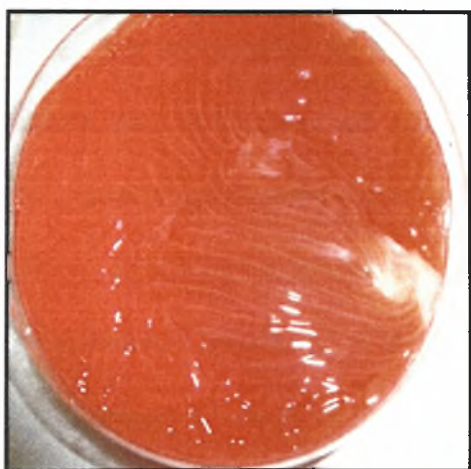


A.



B.

Εικόνα 2.3.1. (A) Μέτρηση ολικό μήκους σώματος στο πεδίο και (B) νωπό ολικό βάρος σώματος (Αρχείο Α. Λόλα).



A.



B.

Εικόνα 2.3.2. (A) Νωπό βάρος γονάδας και (B) μήκος πεπτικού σωλήνα (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



A.



B.

Εικόνα 2.3.3. (A) Νωπό βάρος σωματικού τοιχώματος και (B) περίμετρος περιφάρυγγικού δακτυλίου (Αρχείο Α. Λόλα).



A.



B.

Εικόνα 2.3.4. (Α) Δοχείο μεταφοράς από το πεδίο στο εργαστήριο και (Β) ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας.

Οι μορφομετρικοί χαρακτήρες που προσδιορίστηκαν, είναι άμεσα συνδεδεμένοι μεταξύ τους και περιγράφουν τη σωματική αύξηση του ατόμου και κατά προέκταση τη δυναμική των πληθυσμών των ολοθούριων. Τα αποτελέσματα των βιομετρικών αυτών μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των συχνοτήτων κατανομής των κλάσεων μεγέθους του πληθυσμού και την εκτίμηση των βιομετρικών σχέσεων:

- I. **Κλάσεις μεγέθους.** Για κάθε δειγματοληψία αλλά και συνολικά κατασκευάστηκαν κλάσεις μεγέθους για το σύνολο των μορφομετρικών χαρακτηριστικών. Η επιλογή του βήματος και του αριθμού των κλάσεων προέκυψε από βιβλιογραφικές αναφορές (Conand 1981, Bulteel *et al.* 1992) αλλά και προσωπική εκτίμηση όταν οι τελευταίες απουσίαζαν. Γενικά, στη μελέτη της δομής ενός πληθυσμού, το νωπό ολικό βάρος σώματος και το νωπό βάρος του σωματικού τοιχώματος φαίνεται να αποτελούν τις πιο «αντιπροσωπευτικές» παραμέτρους (Conand 1981, Despalatovic *et al.* 2004) αν και υπάρχουν αναφορές που υποστηρίζουν τη χρήση και άλλων μορφομετρικών χαρακτήρων (Bulteel *et al.* 1992).
- II. **Αλλομετρικές σχέσεις.** Οι αλλομετρικές σχέσεις περιγράφουν τον τρόπο αύξησης ενός οργανισμού, συσχετίζοντας την αύξηση ενός μορφομετρικού χαρακτήρα με την αύξηση κάποιου άλλου. Αυτή η αύξηση, μπορεί να είναι

ανάλογη οπότε να υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ των χαρακτήρων ή να μην υπάρχει καθόλου συσχέτιση.

III. **Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI).** Ο γοναδοσωματικός δείκτης περιγράφει την αναπαραγωγική κατάσταση των ατόμων του πληθυσμού και συνήθως προκύπτει από τις παρακάτω εξισώσεις:

a.
$$GSI = \frac{GW}{GBW} \times 100 \quad (\text{Shiell \& Uthicke 2006})$$

όπου GW το νωπό βάρος της γονάδας και GBW το νωπό βάρος του σωματικού τοιχώματος

b.
$$GSI = \frac{Gdw}{Bdw + Gdw} \times 100 \quad (\text{Bulteel et al. 1992})$$

όπου Gdw το ξηρό βάρος της γονάδας και Bdw το ξηρό βάρος του σωματικού τοιχώματος

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η σχέση $GSI = \frac{GW}{GBW} \times 100$.

2.4. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Πριν από τη στατιστική επεξεργασία, επιβεβαιώθηκε η υπόθεση ότι τα δεδομένα είναι παραμετρικά, ότι ακολουθούν δηλαδή κανονική κατανομή και έχουν ίσες διακυμάνσεις με τον έλεγχο Levinne-Forsythe. Έτσι, δεν χρειάστηκε να γίνει κάποια μετατροπή ή να γίνει μη παραμετρικός έλεγχος.

Καταρχήν εξετάστηκε η πιθανή διαφοροποίηση των μορφομετρικών χαρακτήρων ως προς το φύλλο με τη χρήση του t-κριτηρίου (t-test) (Zar 1984). Ο έλεγχος αυτός έγινε ώστε να αποκλειστεί η πιθανότητα ύπαρξης φυλετικού διμορφισμού. Η αναλογία φύλου εξετάστηκε με το κριτήριο της κατανομής χ^2 (Chi square test).

Επίσης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (one-way ANOVA) με στάθμη σημαντικότητας 95%, για τη σύγκριση των μορφομετρικών

χαρακτηριστικών μεταξύ των δειγματοληψιών. Σκοπός του ελέγχου αυτού ήταν η εξακρίβωση της (πιθανής) διαφοροποίησης των μορφομετρικών χαρακτηριστικών ως προς το χρόνο. Για τον εντοπισμό των επιμέρους διαφοροποιήσεων πραγματοποιήθηκε έλεγχος Tuckey-Kramer HSD.

Οι μετρήσεις από κάθε δειγματοληψία καταχωρήθηκαν σε φύλλα του λογιστικού προγράμματος Microsoft® Excel 2003, ενώ οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος JMP® 6.0.

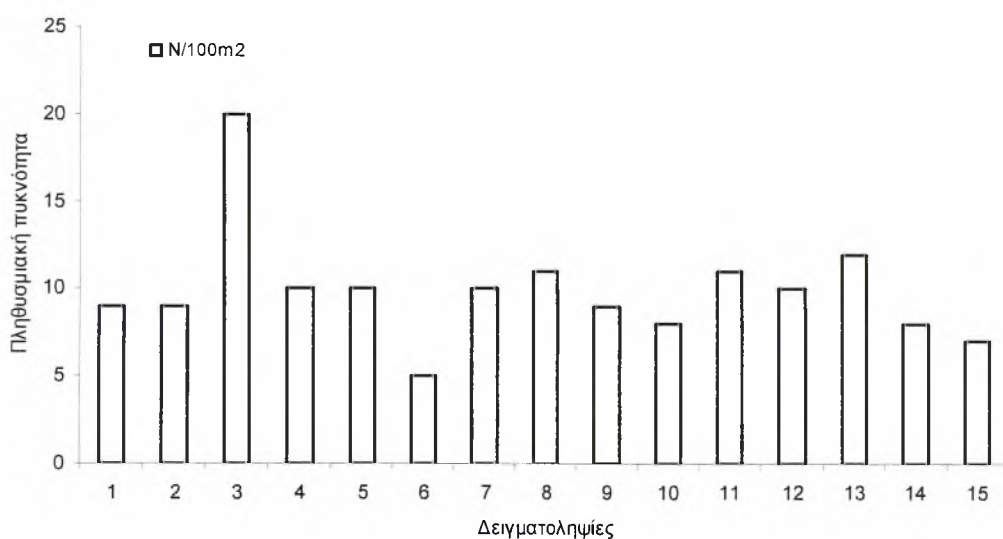
Τα γραφήματα που προέκυψαν από τα στατιστικά προγράμματα, τροποποιήθηκαν γραφικά στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων Adobe Photoshop για την καλύτερη οπτική απόδοση των αποτελεσμάτων.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Πληθυσμιακή πυκνότητα

Η μέση τιμή της πληθυσμιακής πυκνότητας βρέθηκε $9,93 \pm 3,28$ άτομα / 100 m^2 . Η ελάχιστη τιμή -5 άτομα / 100 m^2 - καταγράφηκε στις 21-09-2007 ενώ η μέγιστη -20 άτομα / 100 m^2 - στις 21-07-2007.

Οι ανά δειγματοληψία τιμές απεικονίζονται στο γράφημα της **Εικόνας 3.1.1.**



Εικόνα 3.1.1. Τιμές πληθυσμιακής πυκνότητας ανά δειγματοληψία.

3.2. Μορφομετρικές μετρήσεις

Συνολικά, συλλέχθηκαν και μετρήθηκαν 314 άτομα. Ο αριθμός των ατόμων που συλλέχθηκαν σε κάθε δειγματοληψία καθώς και τα συγκεντρωτικά στοιχεία των μορφομετρικών στοιχείων παρουσιάζονται στους **Πίνακες 3.2.A και 3.2.B.**

Πίνακας 3.2Α. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ολικού μήκους (TL), ολικού βάρους (Tww) και βάρους σωματικού τοιχώματος (Bww).

Δειγματοληψίες	N	TL			Tww			Bww					
		Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
1	20	30,9	5,4	17,2	39,7	254,17	88,12	69,50	435,25	118,25	37,74	39,48	208,45
2	13	33,9	6,6	24,3	45,3	261,72	97,31	150,42	447,85	119,51	39,27	73,63	185,22
3	25	33,0	6,7	23,4	49,4	287,53	93,16	137,40	508,60	132,10	36,95	61,33	202,46
4	15	27,9	3,4	22,4	35,3	225,95	94,90	92,78	429,2	111,91	36,16	63,26	190,13
5	20	31,2	5,3	22,9	47,3	174,97	52,52	107,14	311,24	101,99	26,04	66,36	145,55
6	19	25,3	4,6	18,3	34,1	168,82	38,84	115,14	263,60	93,01	21,19	65,60	139,40
7	30	30,3	5,0	18,2	42,6	209,45	56,11	123,86	377,9	109,98	25,10	64,60	187,24
8	30	30,5	6,0	17,5	43,4	172,15	43,38	90,31	286,54	86,35	17,04	46,59	127,35
9	21	28,3	6,0	13,8	37,6	165,01	35,21	120,48	226,89	89,82	14,81	64,56	113,99
10	20	26,6	6,2	19,4	36,9	182,28	51,30	90,73	297,49	93,31	22,02	48,16	131,96
11	20	34,2	5,0	20,5	42,1	312,62	66,31	155,73	433,18	142,19	29,43	80,35	177,78
12	20	23,9	6,5	14,6	34,9	202,45	67,66	97,27	314,57	106,38	32,57	63,36	183,31
13	22	30,1	5,9	16,7	40,2	198,78	86,41	82,46	361,63	103,76	41,31	46,50	177,30
14	23	30,7	5,0	21,1	41,4	242,29	98,01	103,78	535,47	111,18	37,71	54,58	217,58
15	19	28,6	8,0	18,5	39,7	247,69	110,20	80,46	420,28	117,33	54,51	48,03	226,38
ΣΥΝΟΛΟ	314	29,8	6,34	13,8	49,4	218,33	84,79	69,50	535,47	108,46	35,10	39,48	226,38

Πίνακας 3.2B. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μήκους πεπτικού σωλήνα (DL), περιμέτρου περιφερειακού δακτύλιου (PCC), βάρους γονάδας (Gww) και γοναδοσωματικού δείκτη (GSI %).

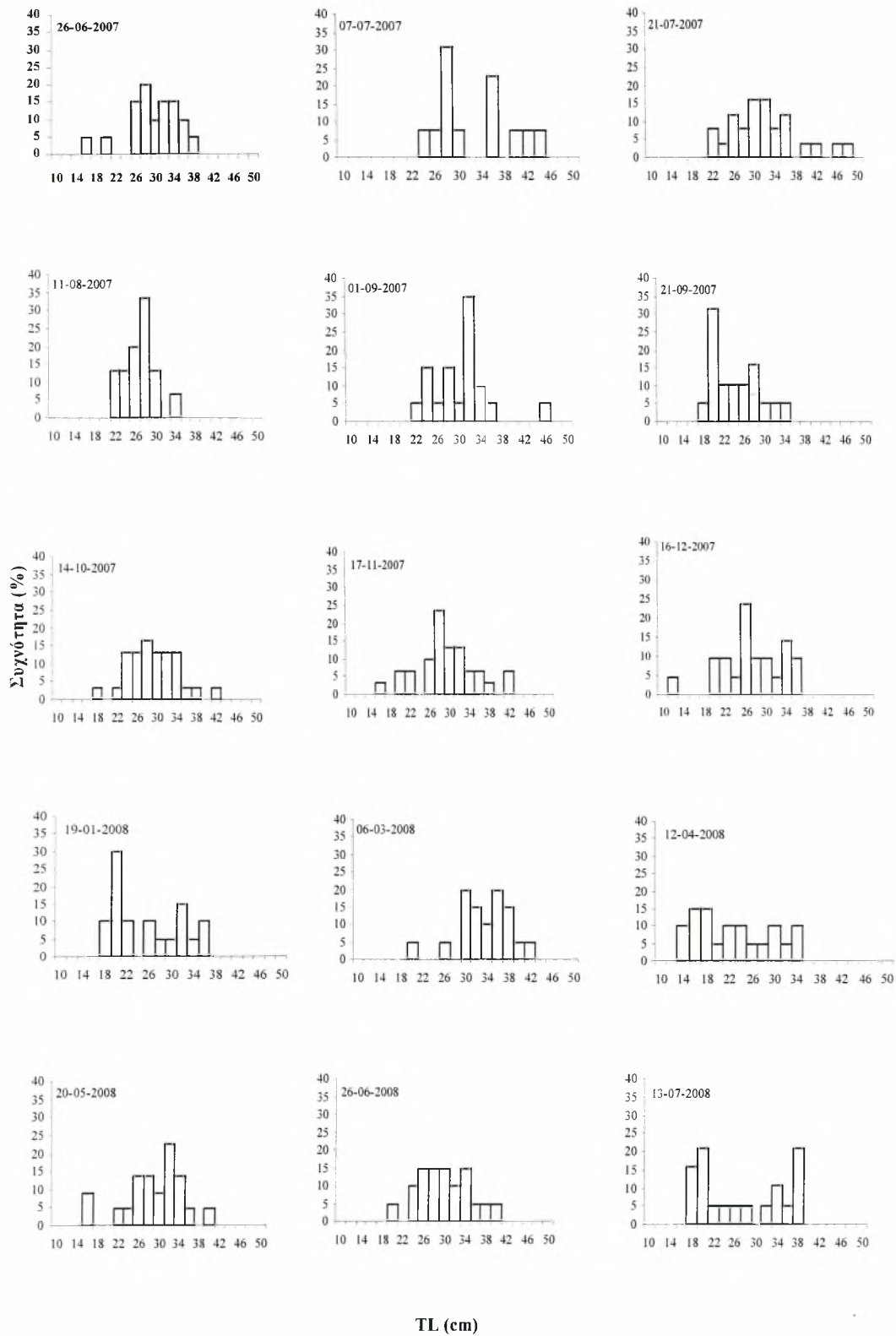
Δειγματοληψίες	N	DL			PCC			Gww			GSI (%)						
		Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max				
1	20	71,7	23,3	32,0	137,0	54,1	3,1	49,0	59,0	26,89	27,27	-	120,62	21,68	20,46	-	91,19
2	13	95,0	18,6	56,0	114,0	55,4	3,1	51,0	60,0	28,40	20,85	10,24	86,88	22,92	11,91	9,78	48,81
3	25	99,0	20,9	58,0	147,0	55,2	2,6	52,0	62,0	32,49	28,07	6,10	129,72	23,47	15,65	5,06	66,89
4	15	84,6	19,4	61,0	131,0	55,2	3,6	50,0	62,0	35,73	33,31	-	105,77	29,73	22,76	-	64,13
5	20	88,0	14,9	59,0	127,0	56,5	8,7	45,0	81,0	12,16	11,82	-	45,38	10,34	8,55	-	31,18
6	19	78,7	14,7	52,0	110,0	48,9	5,2	36,0	57,0	6,46	6,18	-	19,15	6,53	5,82	-	16,68
7	30	88,9	17,3	66,0	135,0	51,1	4,7	41,0	59,0	3,31	3,47	-	13,08	2,93	3,11	-	12,05
8	30	78,2	14,4	47,0	106,0	51,7	4,9	42,0	60,0	0,89	1,12	-	4,62	1,01	1,23	-	5,26
9	21	68,2	8,7	53,0	82,0	55,8	3,7	50,0	63,0	0,73	0,71	-	2,41	0,80	0,78	-	2,57
10	20	77,6	17,4	51,0	116,0	52,4	4,6	44,0	62,0	1,70	2,65	-	11,64	1,69	2,49	-	11,26
11	20	89,6	12,5	61,0	106,0	53,9	4,6	48,0	61,0	8,39	4,39	2,35	16,56	5,94	3,14	2,27	13,37
12	20	75,4	21,7	44,0	112,0	51,2	5,3	42,0	62,0	10,32	9,74	1,49	39,05	9,70	8,00	1,08	29,79
13	22	72,3	19,0	39,0	104,0	48,1	7,8	38,0	60,0	16,51	14,39	0,45	59,95	15,33	11,27	0,77	44,69
14	23	86,1	19,2	58,0	128,0	48,6	5,8	37,0	61,0	27,92	22,87	1,6	90,91	22,93	13,55	2,61	46,52
15	19	89,3	26,9	49,0	133,0	47,8	8,4	38,0	61,0	35,82	30,79	1,46	100,15	28,16	20,86	2,68	83,99
ΣΥΝΟΛΟ	314	82,7	19,9	32,0	147,0	52,3	6,0	36,0	81,0	15,20	21,36	-	129,72	12,44	15,16	-	91,19

3.2.1 Κλάσεις μεγέθους

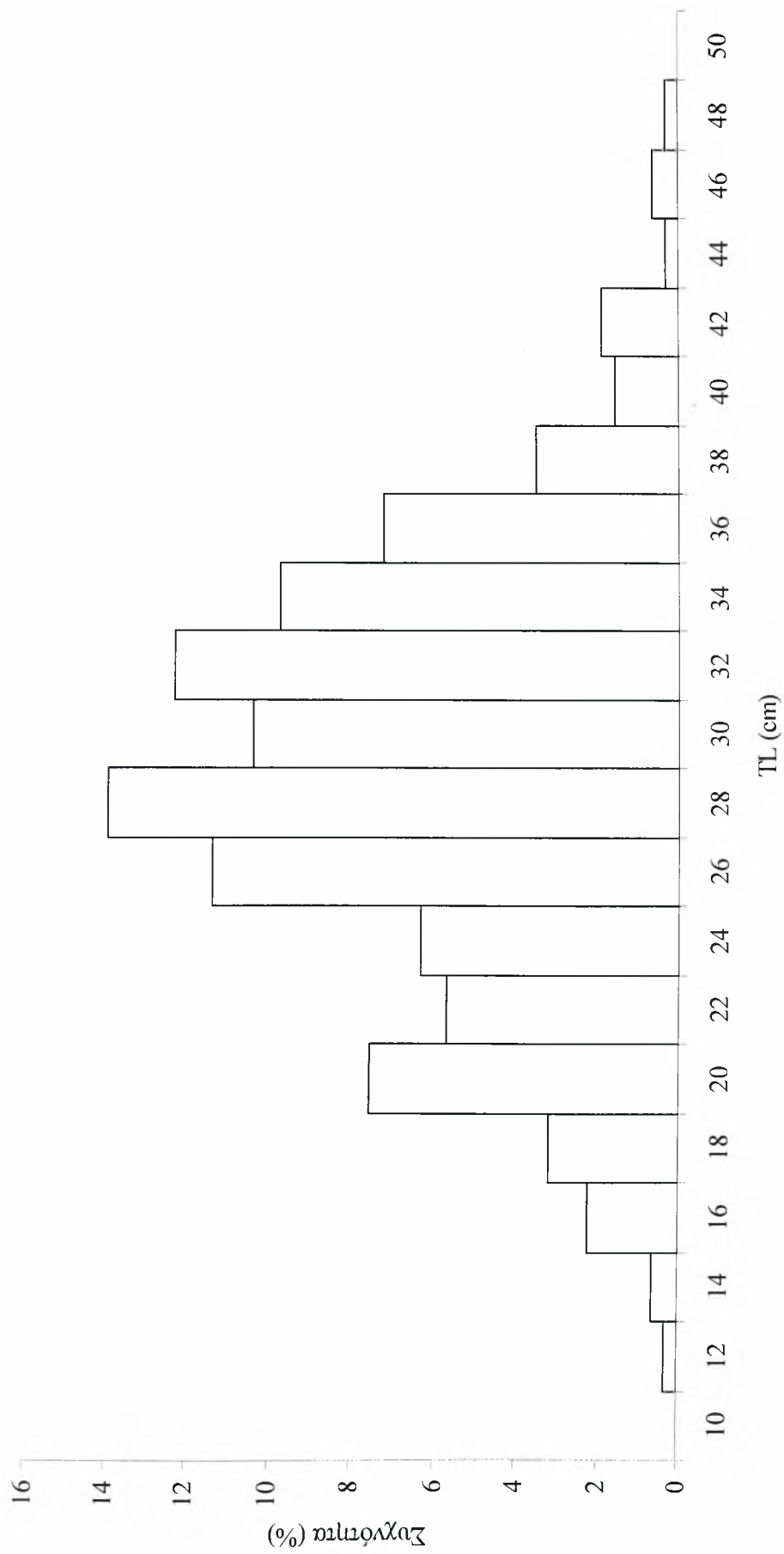
Για τα μορφομετρικά στοιχεία ολικό μήκος (Εικόνες 3.2.1.1 και 3.2.1.2), ολικό βάρος (Εικόνες 3.2.1.3 και 3.2.1.4), βάρος σωματικού τοιχώματος (Εικόνες 3.2.1.5 και 3.2.1.6), μήκος πεπτικού σωλήνα (Εικόνες 3.2.1.7 και 3.2.1.8) και περίμετρος περιφαρυγγικού δακτυλίου (Εικόνες 3.2.1.9 και 3.2.1.10) κατασκευάστηκαν κλάσεις μεγέθους, για το σύνολο των ατόμων, για κάθε δειγματοληψία και συνολικά.

Στις κλάσεις μεγέθους που κατασκευάστηκαν, χρησιμοποιήθηκε η σχετική συχνότητα επί τοις εκατό (%) καθώς ο αριθμός των συλλεχθέντων ατόμων διέφερε μεταξύ των δειγματοληψιών.

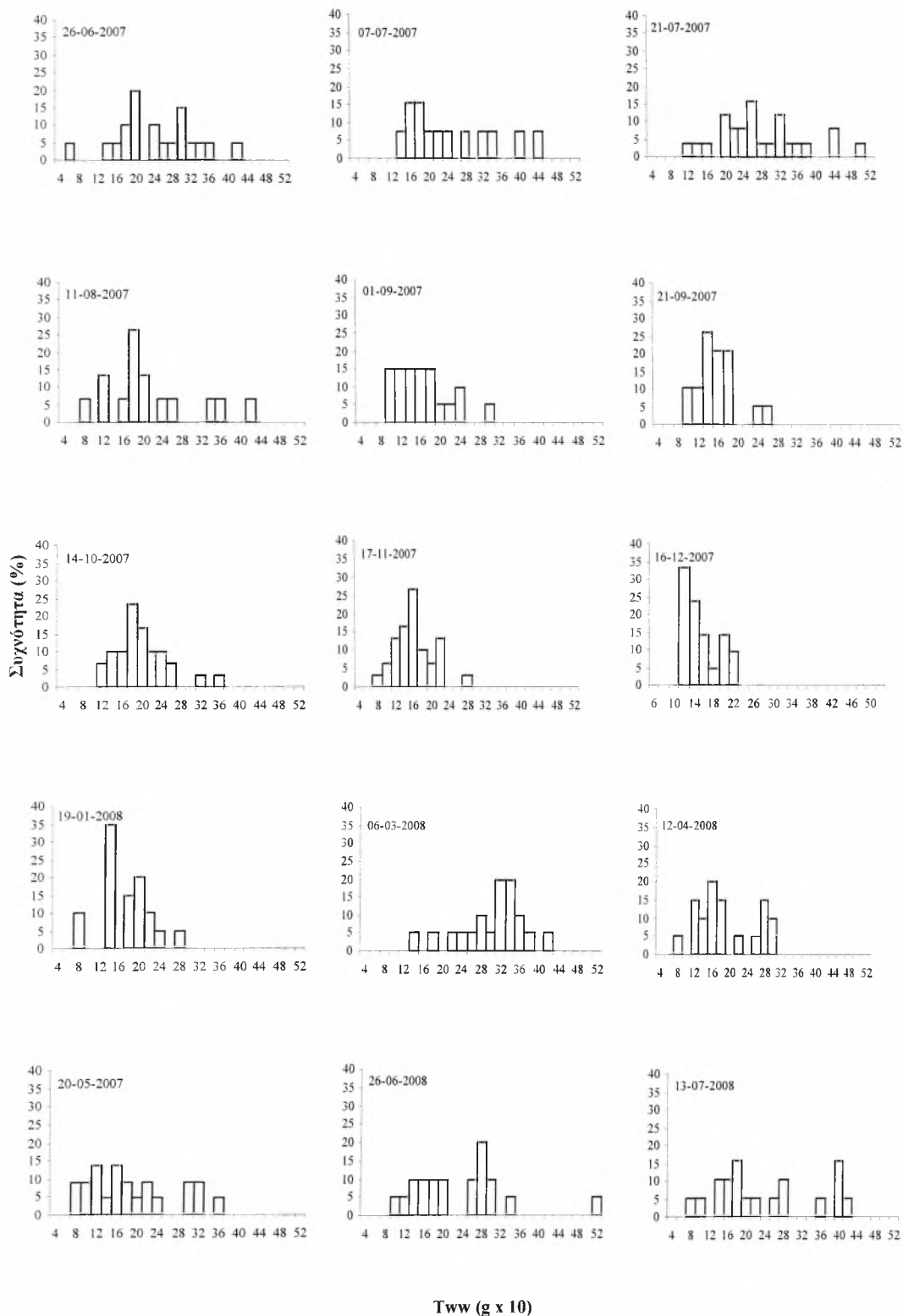
Η μεγαλύτερη τιμή σχετικής συχνότητας (%) για το ολικό μήκος εντοπίστηκε στην κλάση των 28-30 cm (14,0 %), για το ολικό βάρος στα 180-200 g (12,7 %), για το βάρος σωματικού τοιχώματος στα 90-100 g (14,6 %), για το μήκος πεπτικού σωλήνα στα 70-75 cm (12,1 %) και για την περίμετρο του περιφαρυγγικού δακτυλίου στα 52-54 mm (16,2 %).



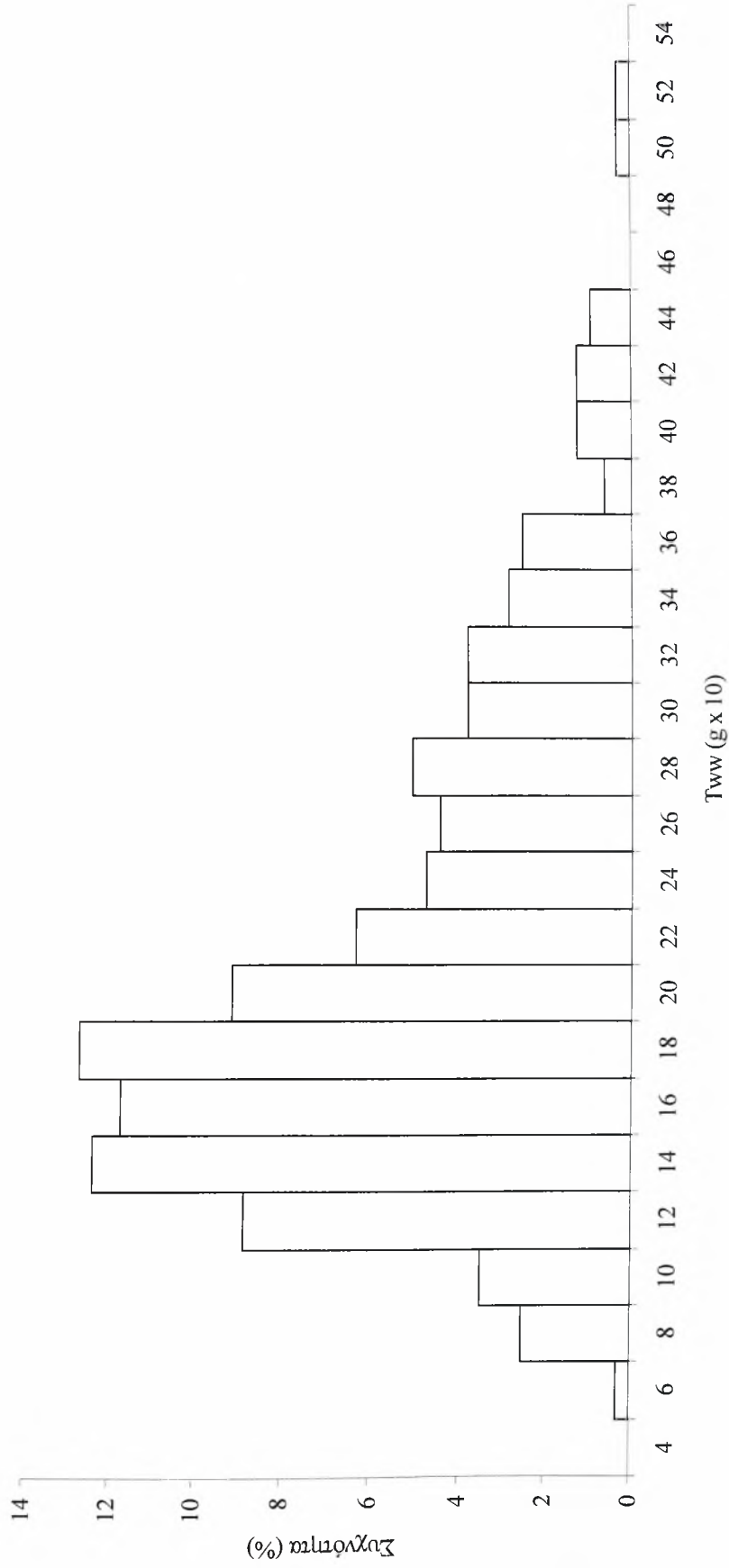
Εικόνα 3.2.1.1. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (ολικό μήκος σώματος σε cm) ανά δειγματοληψία.



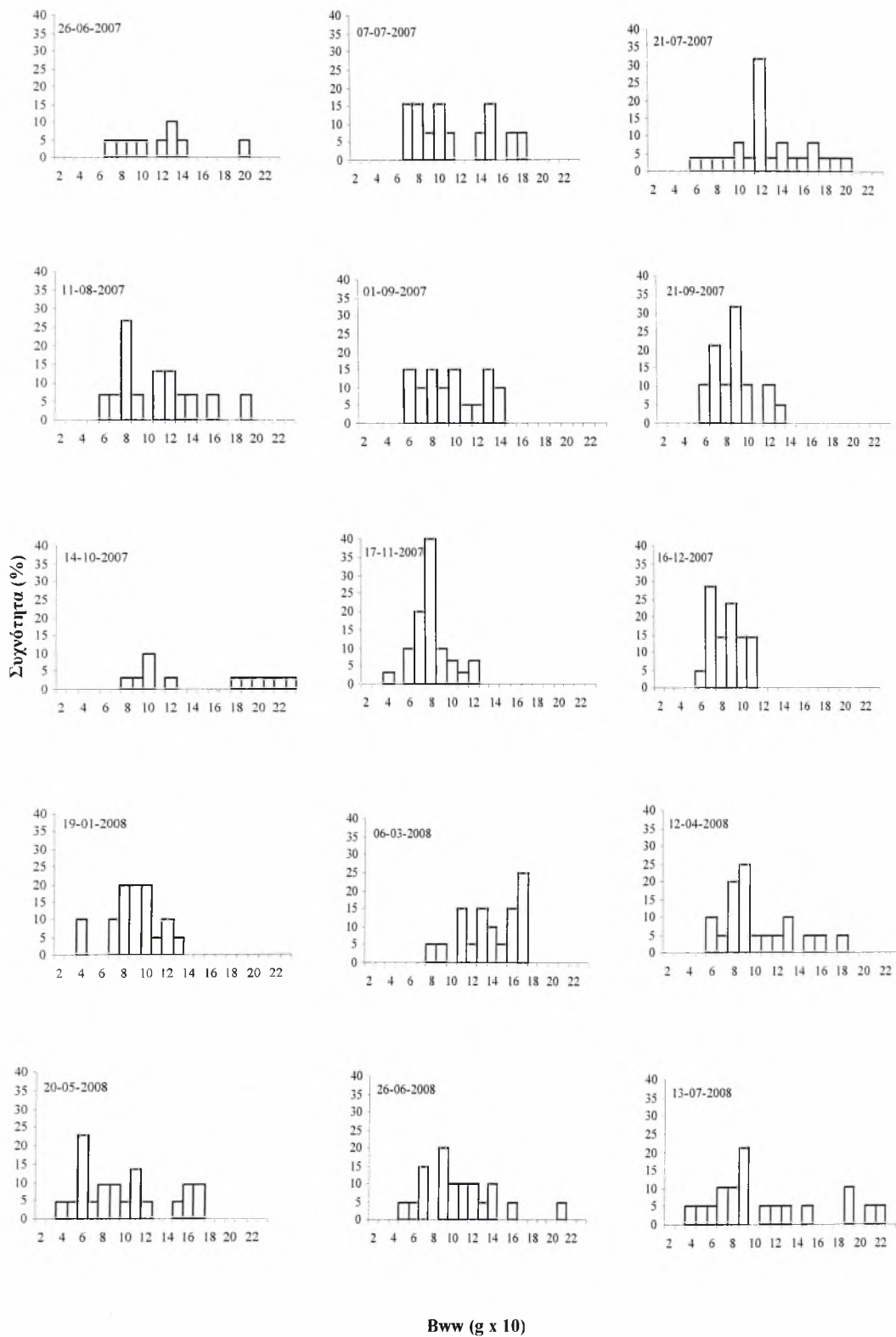
Εικόνα 3.2.1.2. Κατανομή των κλίσεων μεγέθους (ολικό μήκος σώματος σε cm) συνολικά.



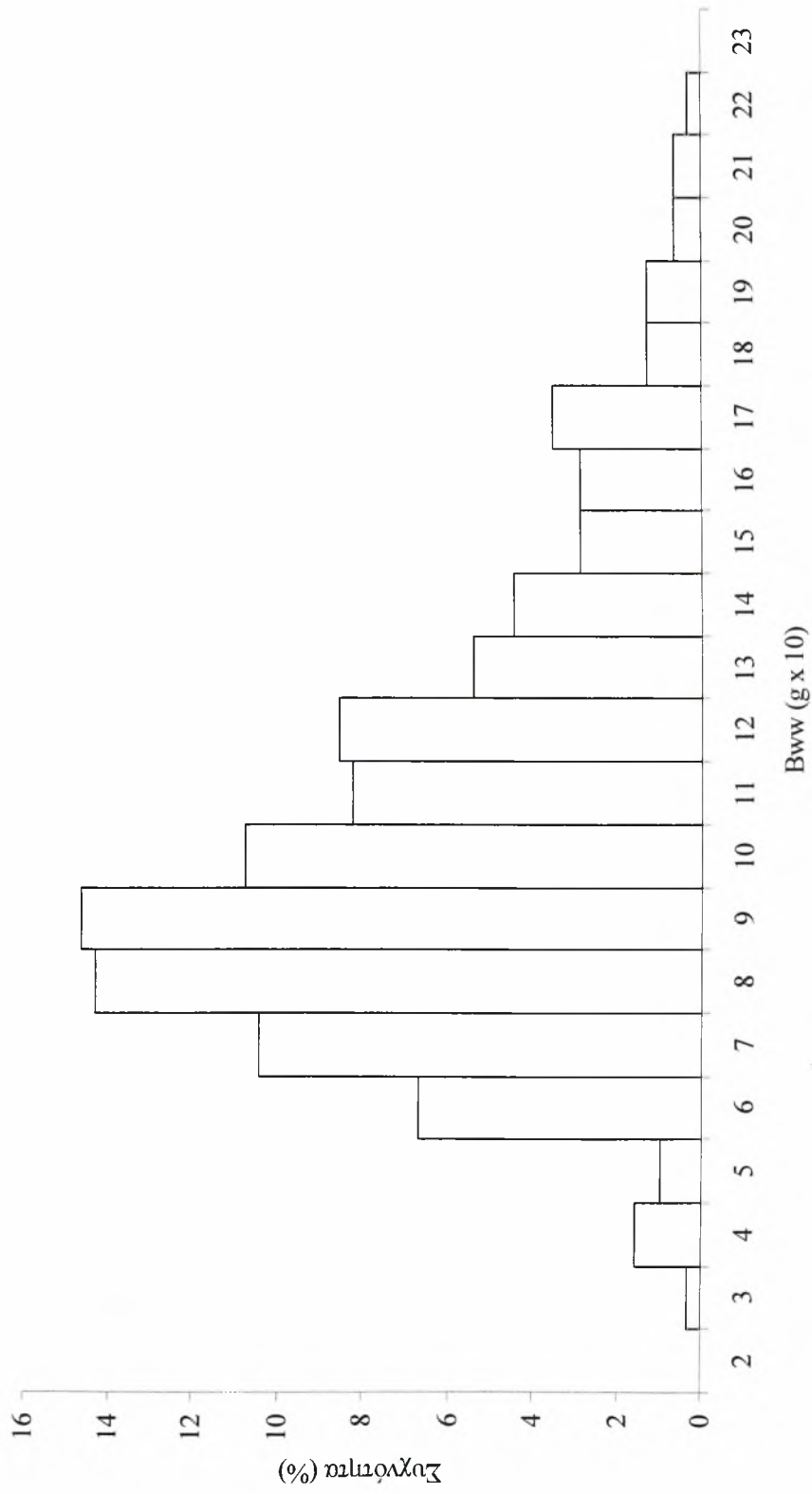
Εικόνα 3.2.1.3. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (ολικό βάρος σώματος σε g x 10) ανά δειγματοληψία.



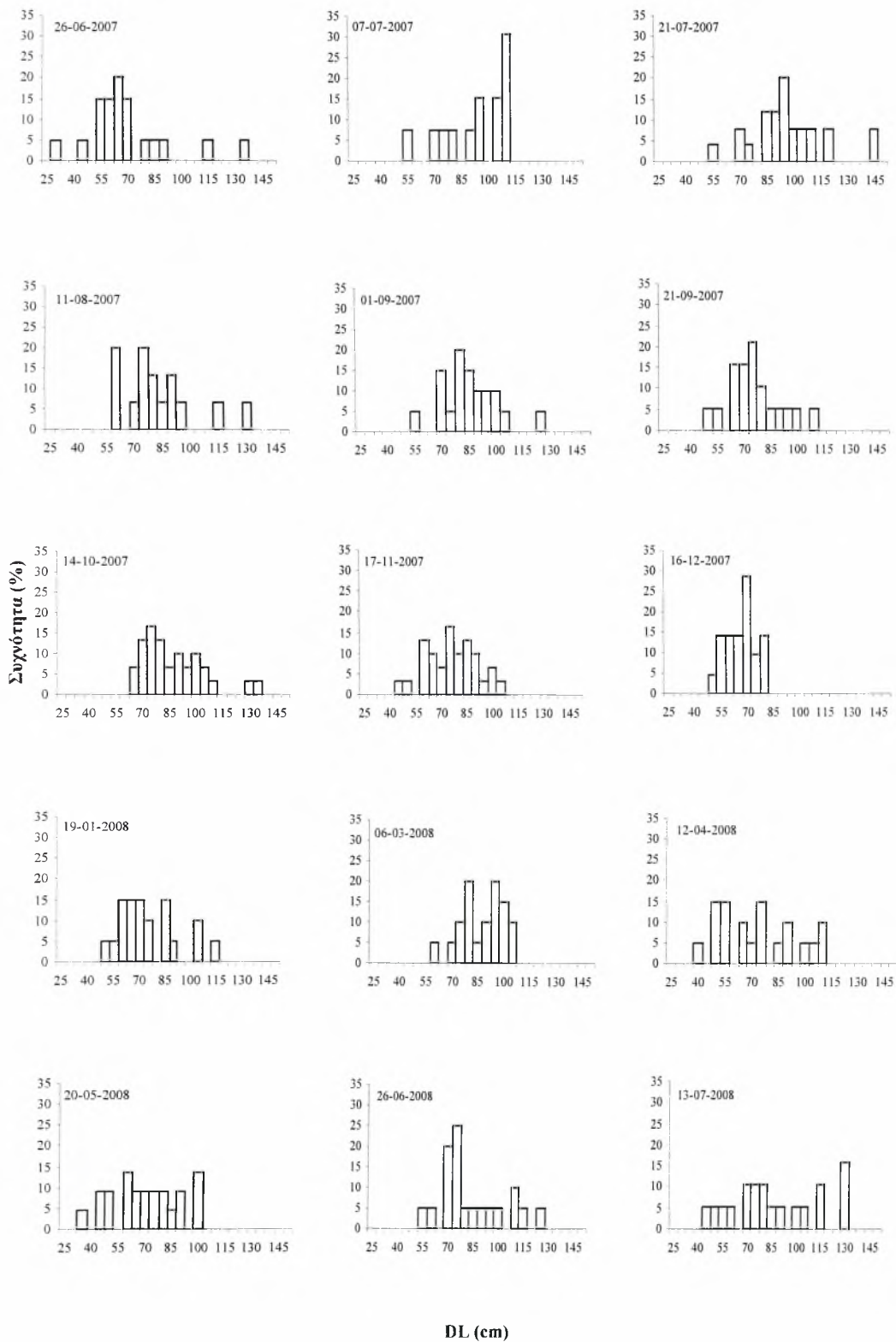
Εικόνα 3.2.1.4. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (ολικό βάρος σωματιδίων σε g x 10) συνολικά.



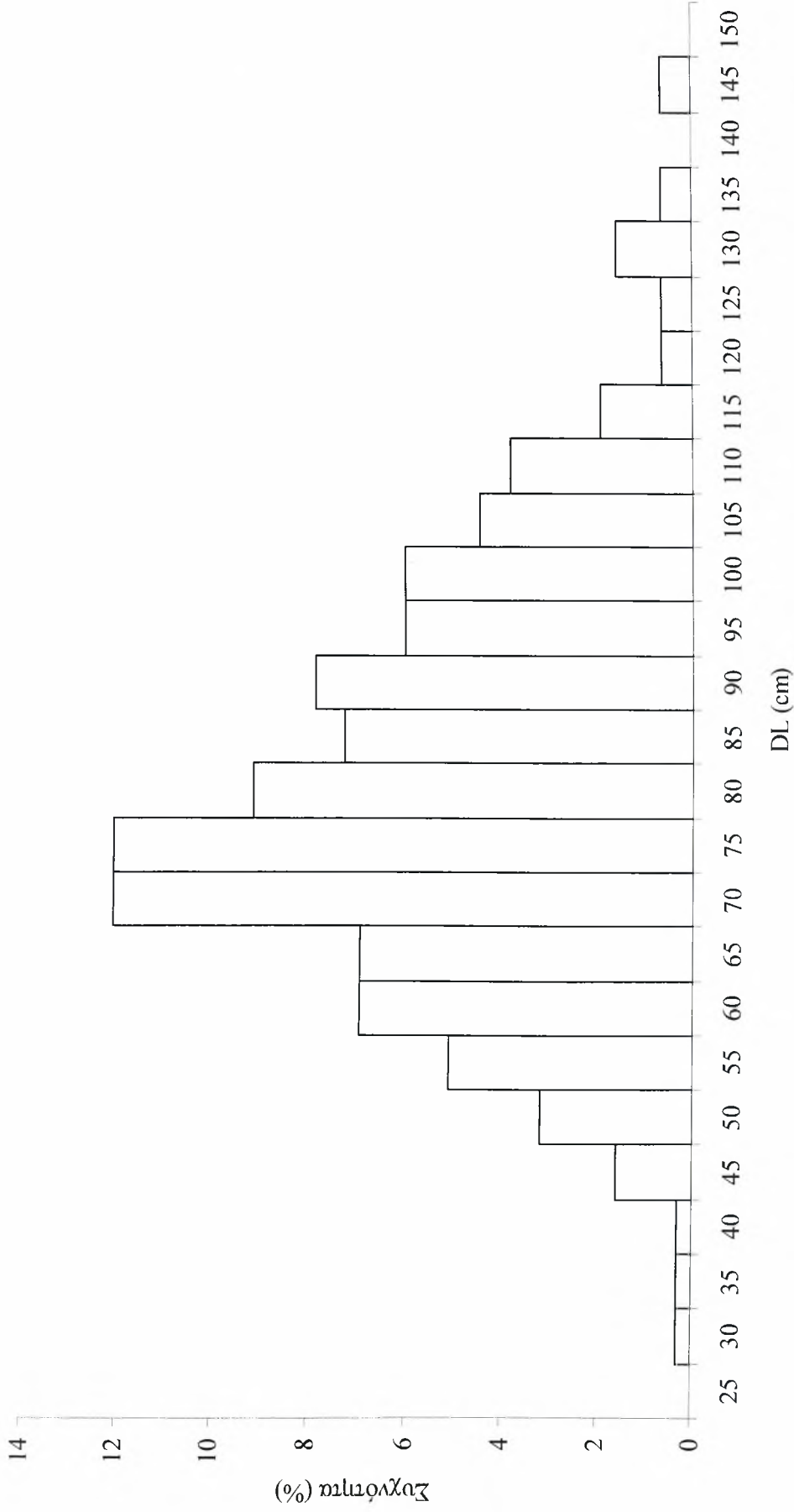
Εικόνα 3.2.1.5. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (βάρους σωματικού τοιχώματος σε g x 10) ανά δειγματοληψία.



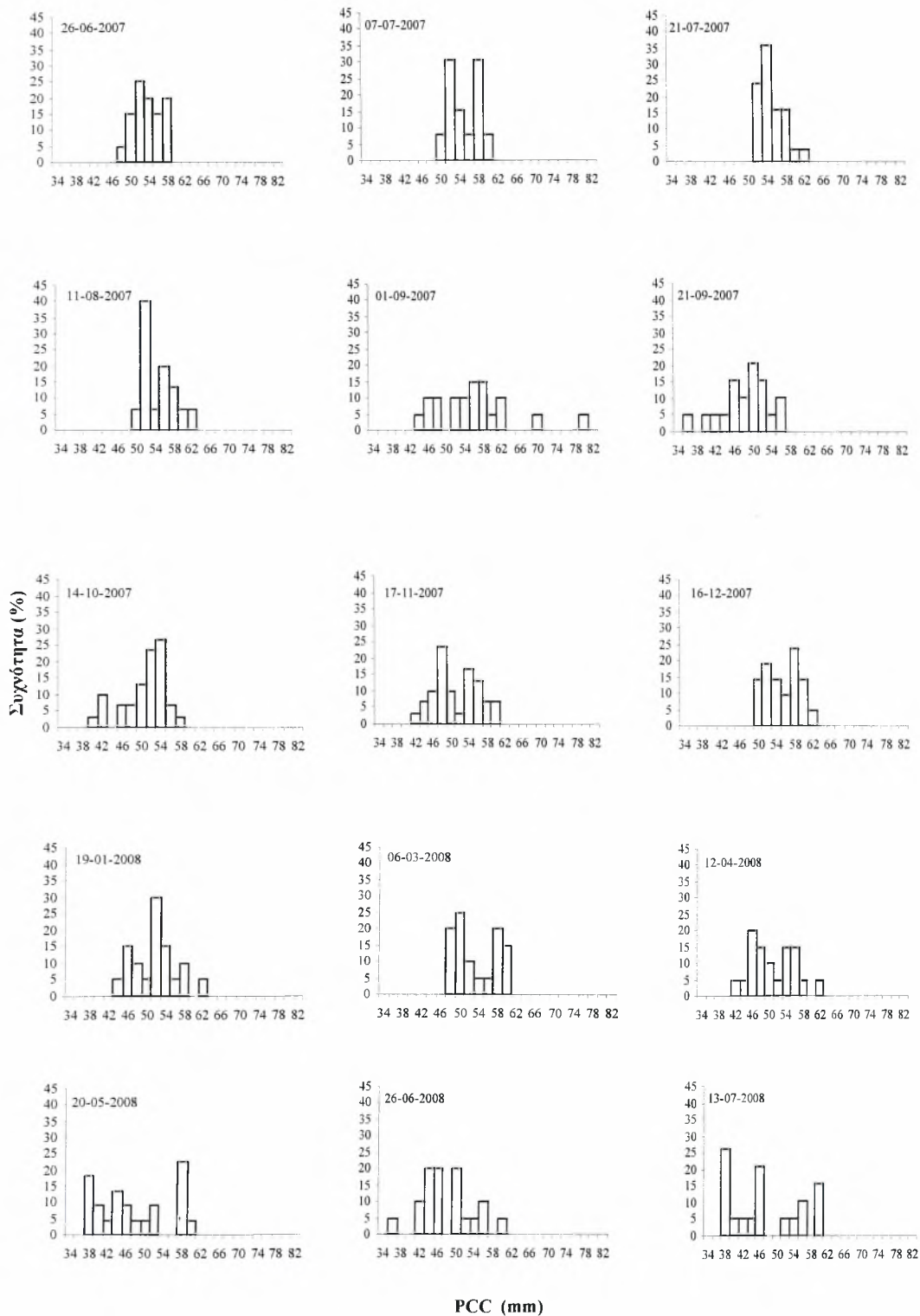
Εικόνα 3.2.1.6. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (βάρους σωματικού τοιχώματος σε g x 10) συνολικά.



Εικόνα 3.2.1.7. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (μήκος πεπτικού σωλήνα σε cm) ανά δειγματοληψία.

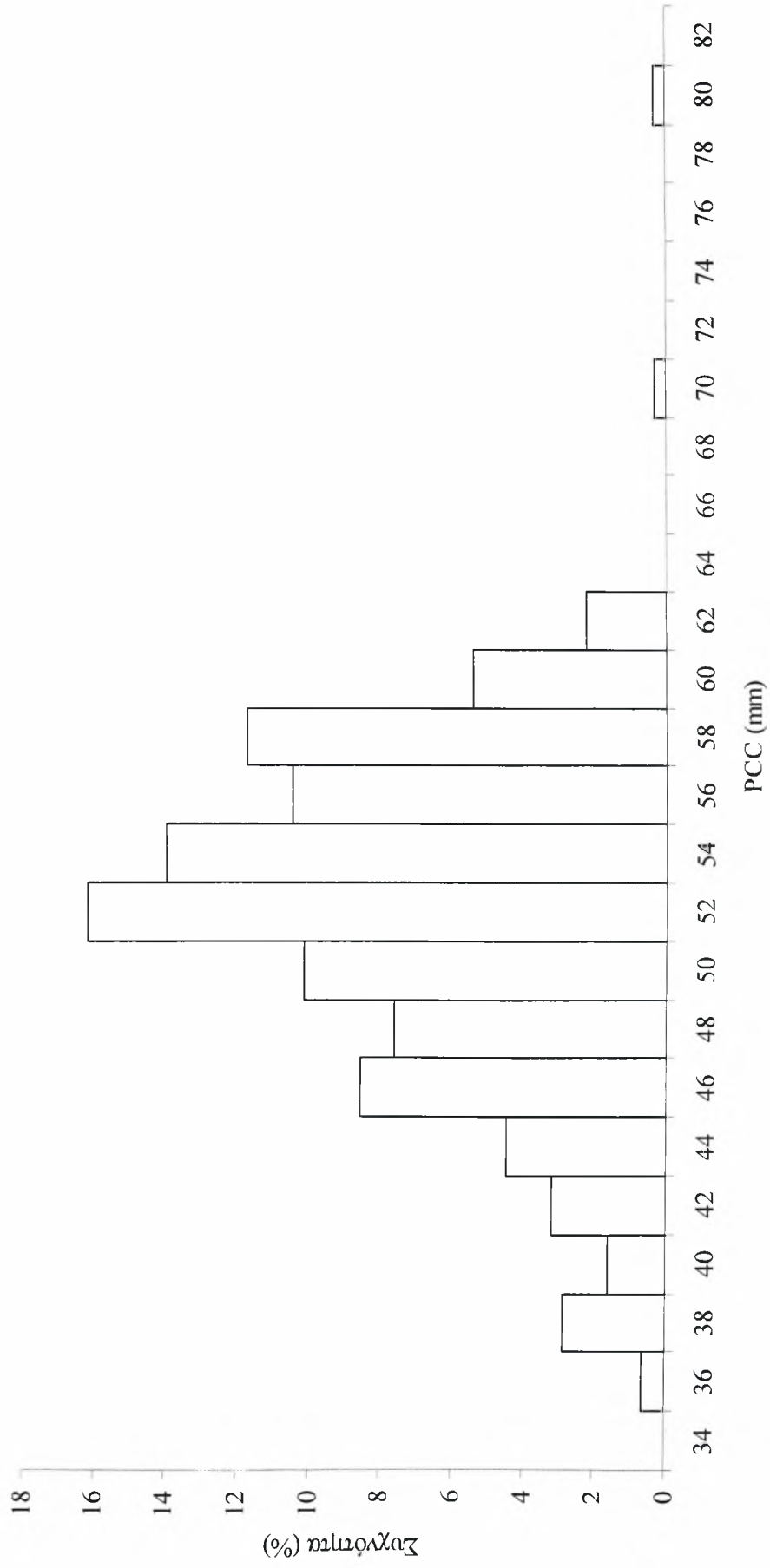


Εικόνα 3.2.1.8. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (μήκος πεπτικού σωλήνα σε cm) συνολικά.



PCC (mm)

Εικόνα 3.2.1.9. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (περίμετρος περιβαρυγτικού δακτυλίου σε mm) ανά δειγματοληψία.

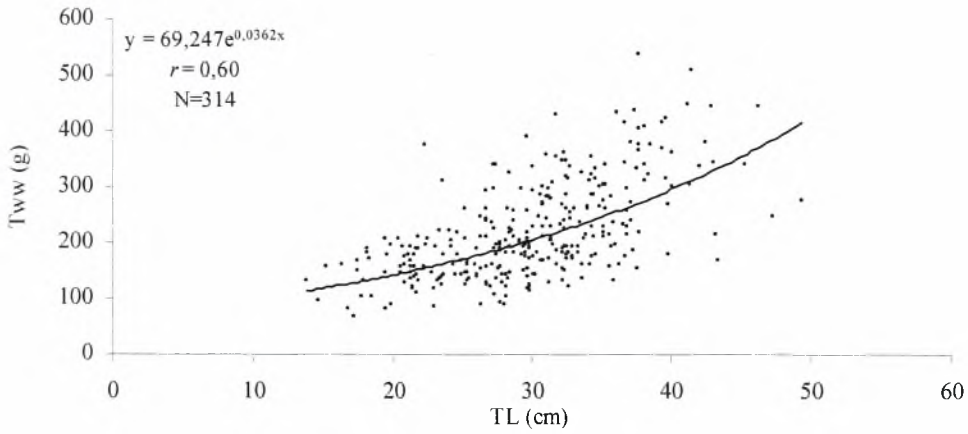


Εικόνα 3.2.1.10. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους (περίμετρος περιφερειακού δακτυλίου σε mm) συνολικά.

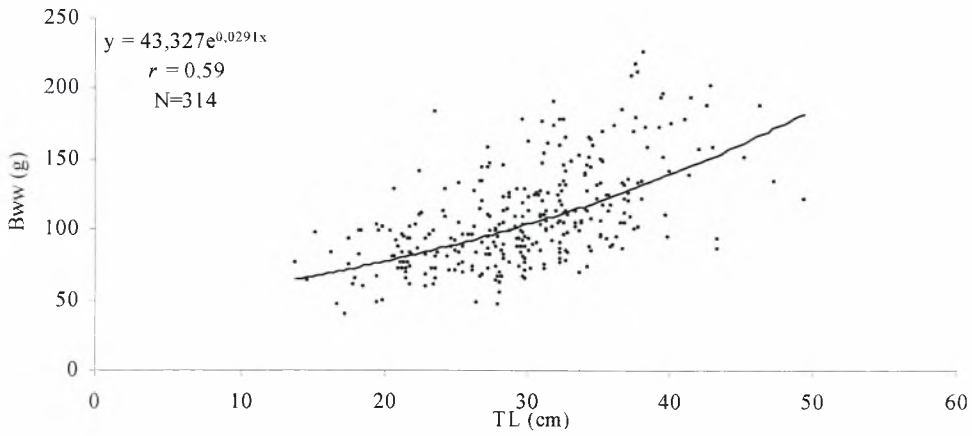
3.2.2 Βιομετρικές σχέσεις

Στην παρούσα εργασία αναζητήθηκαν οι βιομετρικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του ολικού μήκους, ολικού βάρους, βάρους σωματικού τοιχώματος, μήκους πεπτικού σωλήνα και περιμέτρου περιφάρυγγικού δακτυλίου. Αυτό έγινε αφενός με στόχο την εύρεση των πιο ισχυρά συσχετιζόμενων χαρακτηριστικών και αφετέρου με στόχο να συγκριθούν οι συντελεστές συσχέτισης με αυτούς που έχουν προκύψει από άλλες ερευνητικές προσπάθειες τόσο για το *H. tubulosa* (Bulteel & Jangoux 1989, Bulteel *et al.* 1992) όσο και για άλλα είδη (Conand 1981). Για την περιγραφή της σχέσης ολικού μήκους-ολικού βάρους και ολικού μήκους-βάρους σωματικού τοιχώματος χρησιμοποιήθηκε το υπερβολικό μοντέλο ενώ για τα υπόλοιπα 8 ζεύγη το παραβολικό. Η επιλογή βασίστηκε κυρίως στην τιμή του συντελεστή συσχέτισης αλλά και σε μελέτες που περιλαμβάνουν συσχετίσεις των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών (Conand 1981, Bulteel & Jangoux 1989, Bulteel *et al.* 1992).

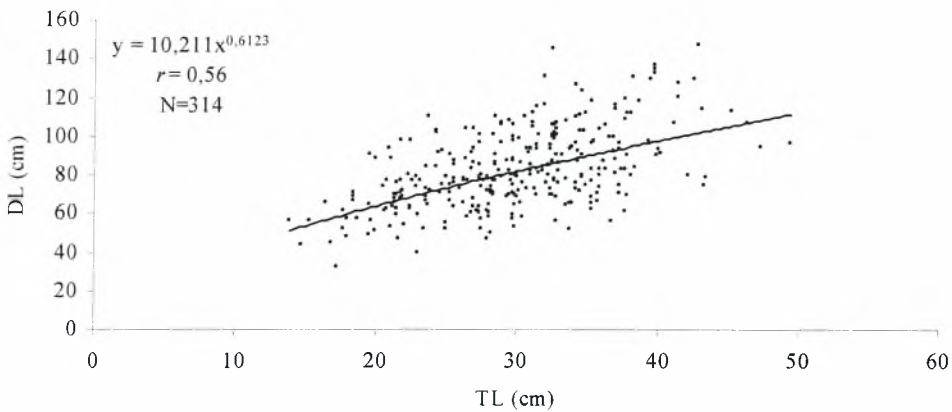
Όλες οι βιομετρικές σχέσεις που εξετάστηκαν βρέθηκε να ακολουθούν αρνητική αλλομετρία ($b < 3$), καθώς ο σχετικός ρυθμός αύξησης των δύο εκάστοτε συσχετιζόμενων μεταβλητών διέφερε ενώ η σχέση ολικό βάρος σώματος-βάρος σωματικού τοιχώματος αποδόθηκε καλύτερα από το μοντέλο (Εικόνες 3.2.2.1-3.2.2.10, Πίνακας 3.2.2.1).



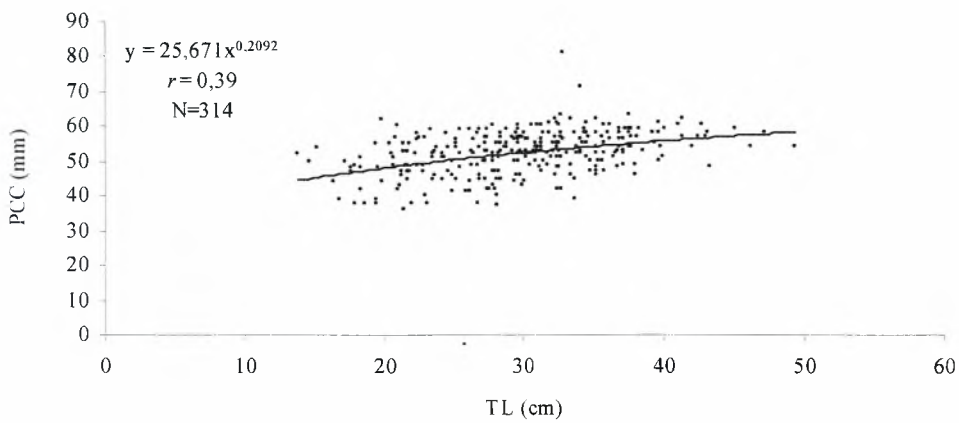
Εικόνα 3.2.2.1. Συσχέτιση ολικού μήκους (TL) - ολικού βάρους σώματος (Tww).



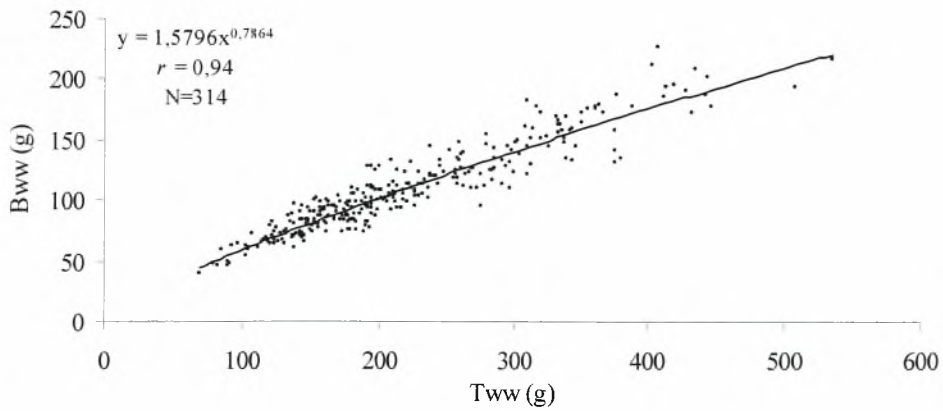
Εικόνα 3.2.2.2. Συσχέτιση ολικού μήκους (TL) - βάρους σωματικού τοιχώματος (Bww).



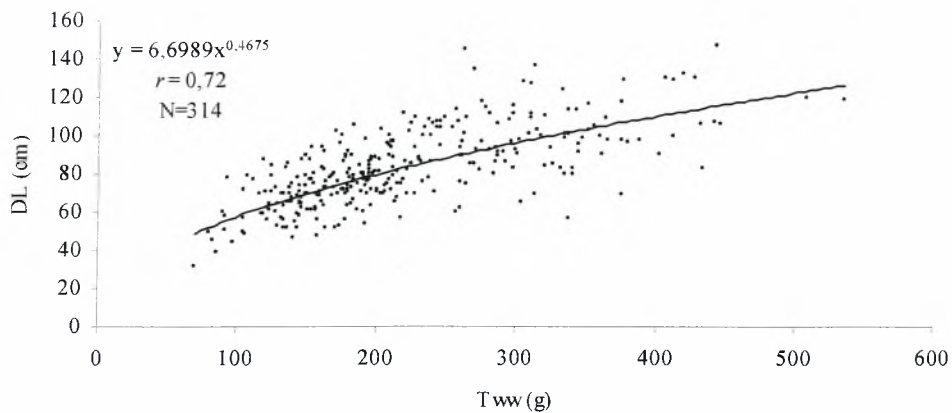
Εικόνα 3.2.2.3. Συσχέτιση ολικού μήκους (TL) - μήκους πεπτικού σωλήνα (DL).



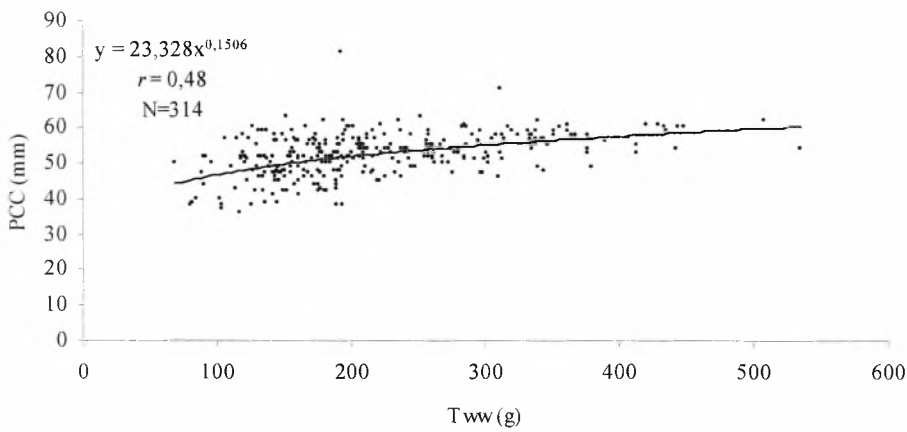
Εικόνα 3.2.2.4. Συσχέτιση ολικού μήκους (TL) - περιμέτρου περιφανγγικού δακτυλίου (PCC).



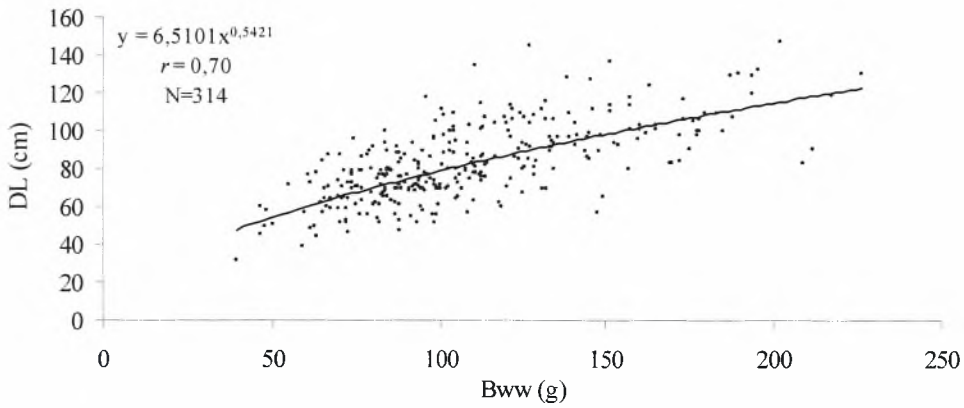
Εικόνα 3.2.2.5. Συσχέτιση ολικού βάρους (Tww) - βάρους σωματικού τοιχώματος (Bww).



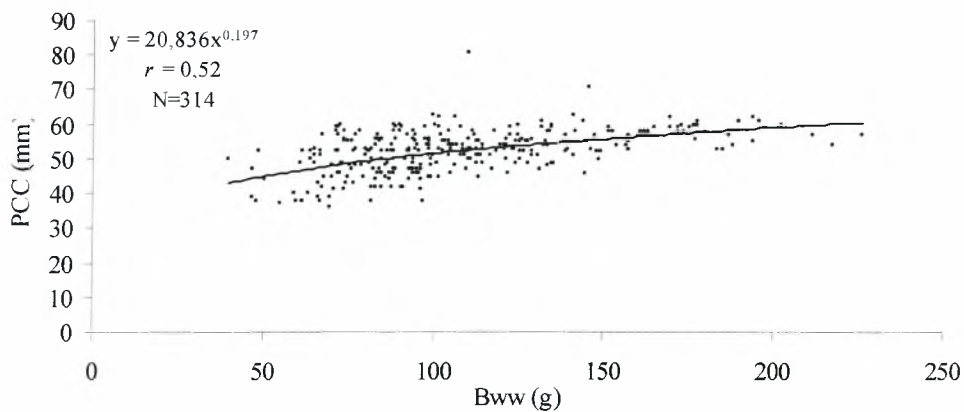
Εικόνα 3.2.2.6. Συσχέτιση ολικού βάρους (Tww) - μήκους πεπτικού σωλήνα (DL).



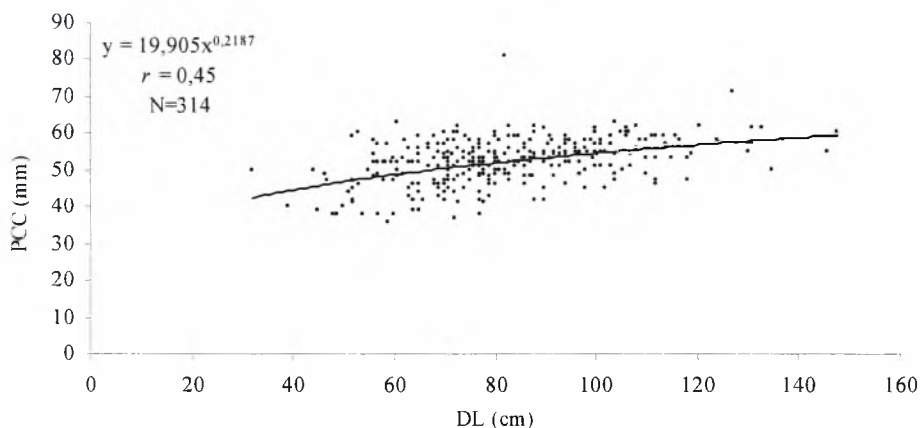
Εικόνα 3.2.2.7. Συσχέτιση ολικού βάρους (Tww) - περιμέτρου περιφaryγγικού δακτυλίου (PCC).



Εικόνα 3.2.2.8. Συσχέτιση βάρους σωματικού τοιχώματος (Bww) - μήκους πεπτικού σωλήνα (DL).



Εικόνα 3.2.2.9. Συσχέτιση βάρους σωματικού τοιχώματος (Bww) - περιμέτρου περιφaryγγικού δακτυλίου (PCC).



Εικόνα 3.2.2.10. Συσχέτιση μήκους πεπτικού σωλήνα (DL) - περιμέτρου περιβαρυγγικού δακτυλίου (PCC).

Πίνακας 3.2.2.1. Συγκεντρωτικά στοιχεία βιομετρικών σχέσεων (r συντελεστής συσχέτισης, b κλίση ευθείας, $N = 314$).

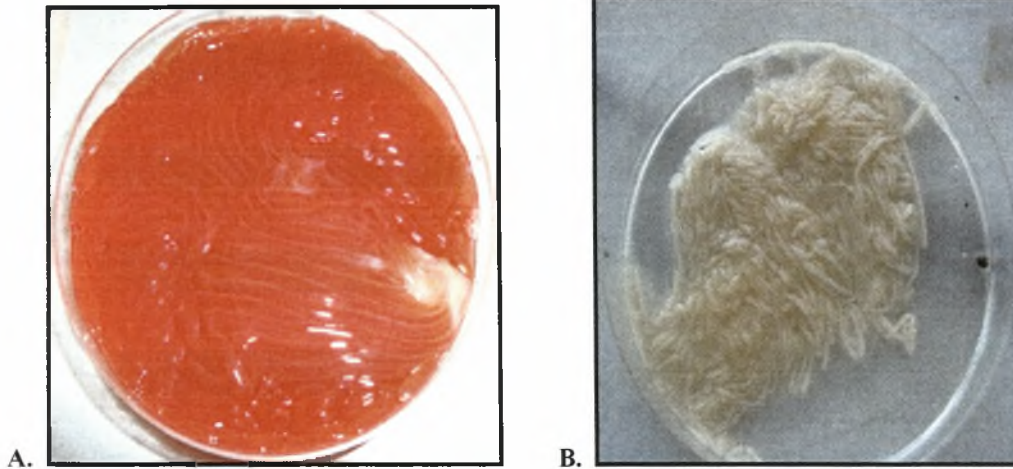
Παράμετροι		Βιομετρική σχέση	r	b
x TL	y	$y=69,247e^{0,0362x}$	0,60	0,0362
	TwW	$y=43,327e^{0,0291x}$	0,59	0,0291
	BwW	$y=10,211x^{0,6123}$	0,56	0,6123
	DL PCC	$y=25,671x^{0,2092}$	0,39	0,2092
TwW	BwW	$y=1,5796x^{0,7864}$	0,94	0,7864
	DL	$y=6,6989x^{0,4675}$	0,72	0,4675
	PCC	$y=23,328x^{0,1506}$	0,48	0,1506
BwW	DL	$y=6,5101x^{0,5421}$	0,70	0,5421
	PCC	$y=20,836x^{0,197}$	0,52	0,197
DL	PCC	$y=19,905x^{0,2187}$	0,45	0,2187

3.3 Αναλογία φύλου

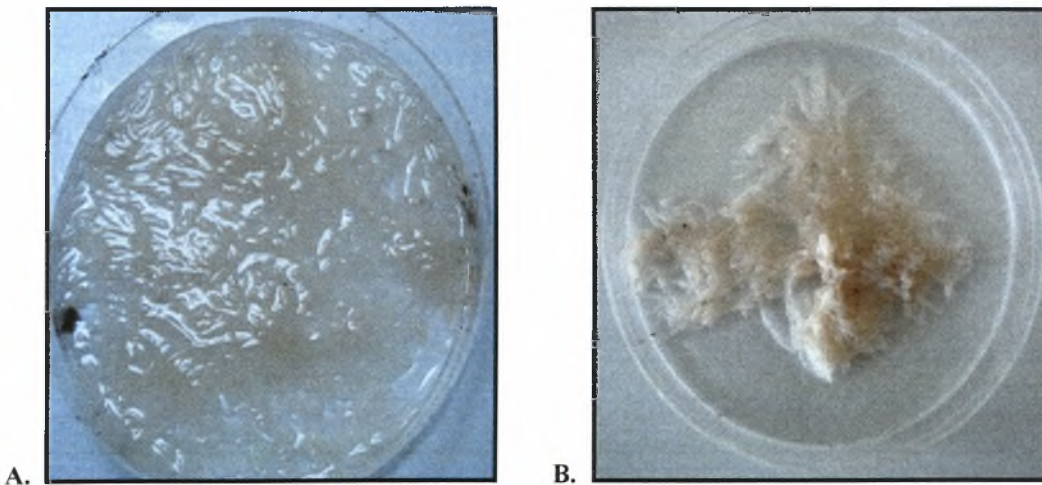
Ο προσδιορισμός του φύλου βασίστηκε στο χρώμα της γονάδας, το οποίο είναι σκούρο πορτοκαλί – κόκκινο στα θηλυκά και λευκό στα αρσενικά (Despalatovic *et al.* 2004). Βέβαια, ο προσδιορισμός βάσει του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού, κατέστη δυνατός μόνο όταν το γεννητικό σύστημα βρισκόταν στο ώριμο στάδιο, το οποίο και εντοπίστηκε εντός της θερινής περιόδου (Εικόνες 3.3.1A και 3.3.1B).

Από τα 314 άτομα που συλλέχθηκαν, τα 84 ήταν αρσενικά (26,75 %), τα 82 θηλυκά (26,11 %) και τα υπόλοιπα 148 απροσδιορίστου φύλου (47,13 %) (Εικόνες 3.3.2A, 3.3.2B και 3.3.3). Από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψε πως η

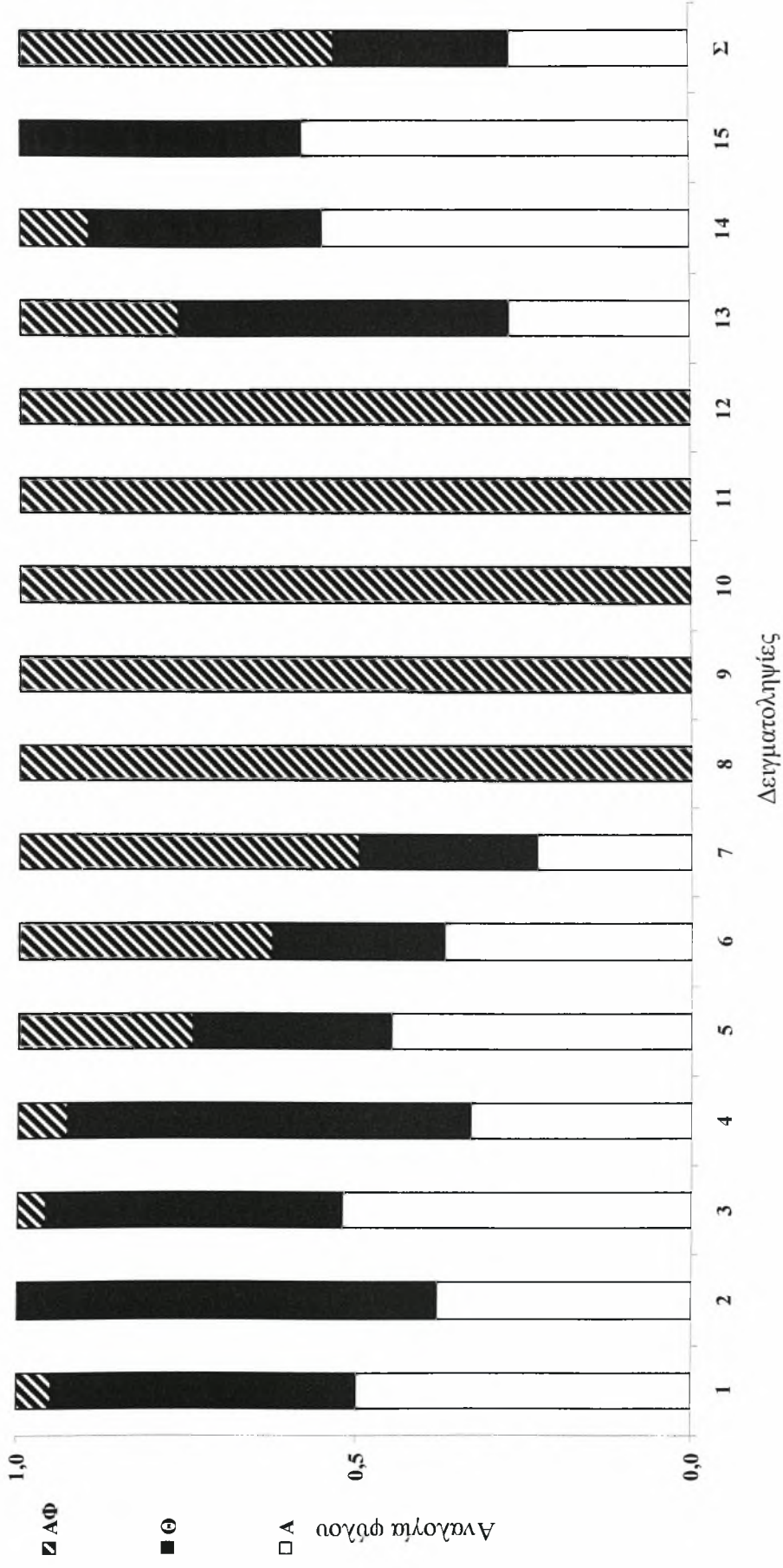
αναλογία φύλου δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τη σχέση 1:1 ($\chi^2=5,88$, $df=9$, $p> 0,05$).



Εικόνα 3.3.1. (A) Γονάδα θηλυκού και (B) αρσενικού ατόμου στο ώριμο στάδιο (Αρχείο Γ. Καζανίδη).



Εικόνα 3.3.2. Γονάδες απροσδιορίστου φύλου σε διαφορετικά στάδια: (A) Στάδιο ανάπτυξης (20-05-2008) και (B) στάδιο αναπαραγωγής (21-09-2007) (Αρχείο Γ. Καζανίδη).

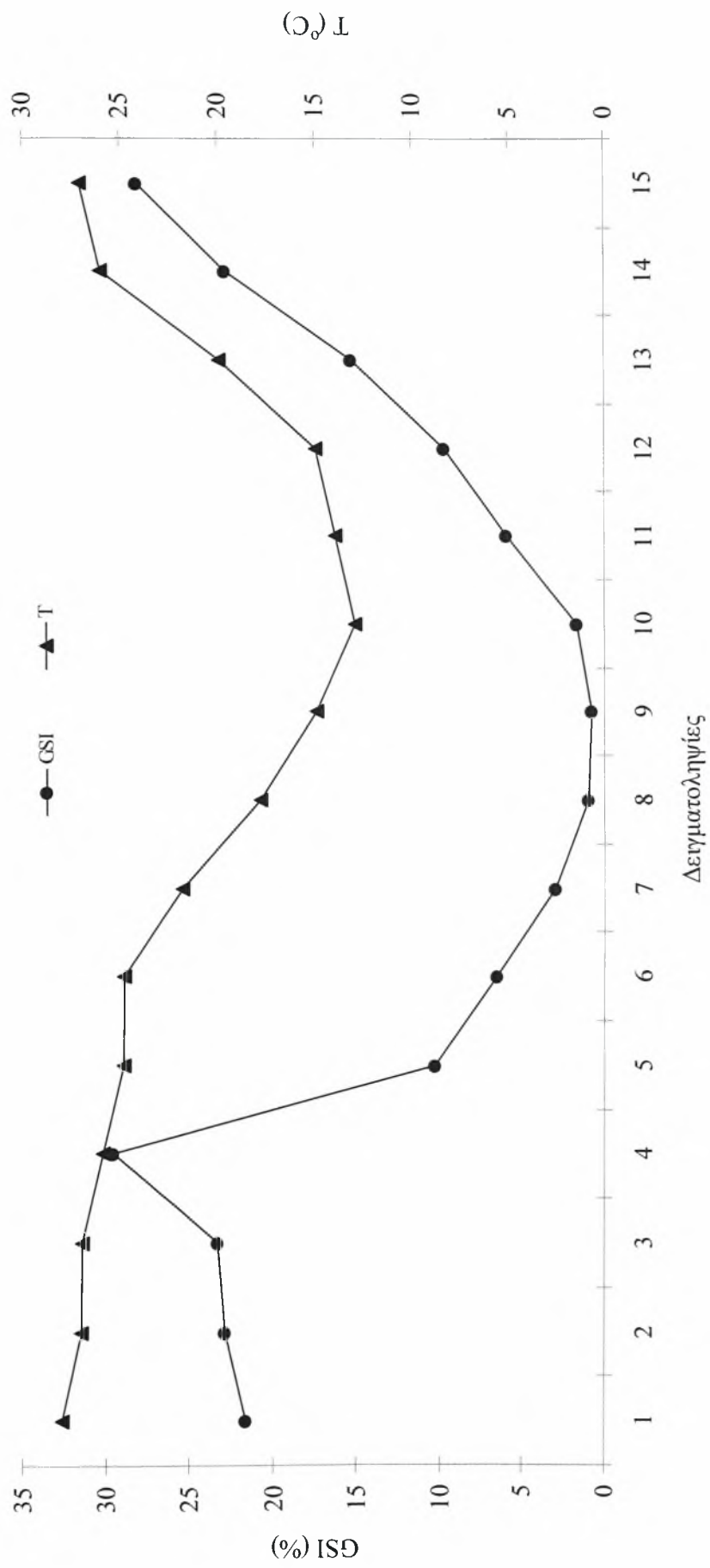


Εικόνα 3.3.3. Αναλογία φύλλου ανά δειγματοληψία και συνολικά (Α= Αρσενικά, Θ= Θηλυκά, ΑΦ= Απροσδιοριστού φύλλου, Σ = Σύνολο).

3.4. Γοναδοσωματικός δείκτης

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των τιμών του βάρους της γονάδας και του γοναδοσωματικού δείκτη ανά δειγματοληψία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2B. Οι τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη διέφεραν σημαντικά μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων ($27,91 \pm 19,85$ % στα θηλυκά έναντι $13,65 \pm 8,71$ % στα αρσενικά).

Ο γοναδοσωματικός δείκτης ακολούθησε ετήσιο κύκλο, με τις υψηλότερες τιμές να σημειώνονται εντός της θερινής περιόδου (29,72 % στις 11-08-2007 και 28,15 % στις 13-07-2008). Στις αρχές του φθινοπώρου η τιμή του δείκτη παρουσίασε σημαντική πτώση (10,33 % στις 01-09-2007). Τις χαμηλές τιμές της φθινοπωρινής περιόδου ακολούθησαν οι ακόμα χαμηλότερες τις χειμερινής (0,79 % στις 16-12-2007). Κατά τη διάρκεια της εαρινής περιόδου, οι τιμές του δείκτη παρουσίασαν σταδιακή αύξηση (9,7 και 15,32 % στις 12-04 και 20-05-2008, αντίστοιχα)(Εικόνα 3.4.1).



Εικόνα 3.4.1. Πορεία γοναδοσωµατικού δείκτη σε σχέση µε τη θεµοκρασία.

3.5 Στατιστική επεξεργασία

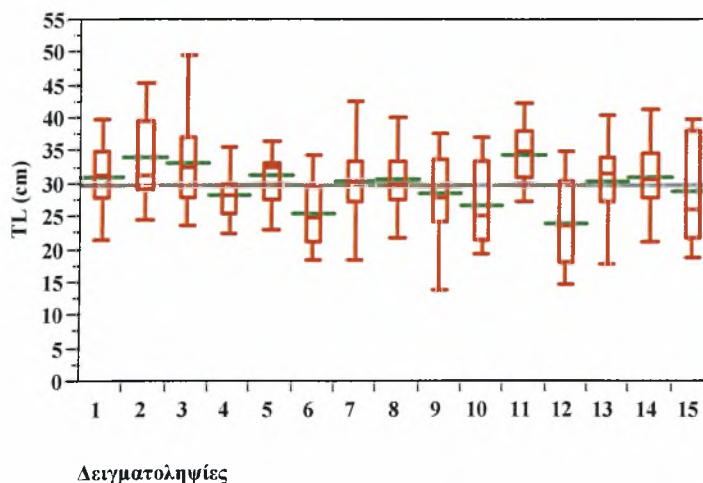
Η σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δειγματοληψιών (26/06/2007 έως 13/07/2008), έγινε με τον παραμετρικό έλεγχο Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (one way ANOVA), με επίπεδο σημαντικότητας 95 % (Πίνακας 3.5.8).

A. Ολικό μήκος σώματος (TL)

Η σύγκριση των μηνιαίων δειγματοληψιών με βάση το ολικό μήκος σώματος (TL) έδειξε ότι μεταξύ τους υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίνακας 3.5.1). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στις 06-03-2008 ενώ οι χαμηλότερες στις 12-04-2008. Στην Εικόνα 3.5.1 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του ολικού μήκους σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.1. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το ολικό μήκος σώματος (TL).

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	2388,501	170,607	4,9973	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	10207,803	34,140		
Σύνολο	313	12596,304			



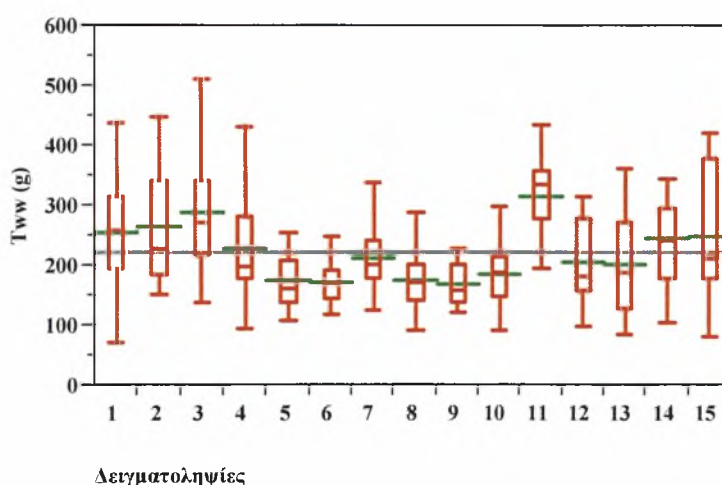
Εικόνα 3.5.1. Ιστόγραμμα του ολικού μήκους σώματος (TL) για κάθε δειγματοληψία.

Β. Ολικό βάρος σώματος (Tww)

Η σύγκριση των δειγματοληψιών με βάση το ολικό βάρος σώματος (Tww) έδειξε ότι μεταξύ τους υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίνακας 3.5.2). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στις 06-03-2008 ενώ οι χαμηλότερες στις 16-12-2007. Στην Εικόνα 3.5.2 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του ολικού βάρους σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.2. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το ολικό βάρος σώματος (Tww).

	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	626085,6	44720,4	8,2317	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	1624377,9	5432,7		
Σύνολο	313	2250463,5			



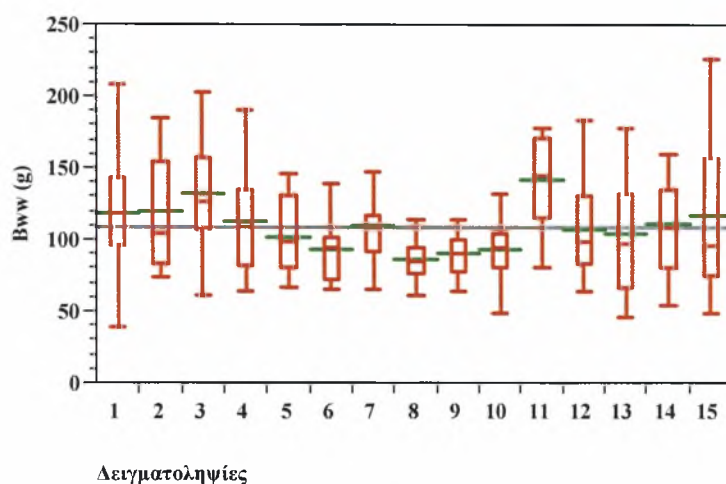
Εικόνα 3.5.2. Ιστόγραμμα του ολικού βάρους σώματος (Tww) για κάθε δειγματοληψία.

Γ. Βάρος σωματικού τοιχώματος (Bww)

Σημαντικές διαφορές μεταξύ δειγματοληψιών προέκυψαν και για το βάρος του σωματικού τοιχώματος (Πίνακας 3.5.3). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στις 06-03-2008 ενώ οι χαμηλότερες στις 17-11-2007. Στην Εικόνα 3.5.3 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του βάρους του σωματικού τοιχώματος σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.3. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το βάρος σωματικού τοιχώματος (Bww).

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	74598,79	5328,48	5,1240	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	310933,1	1039,91		
Σύνολο	313	385531,89			



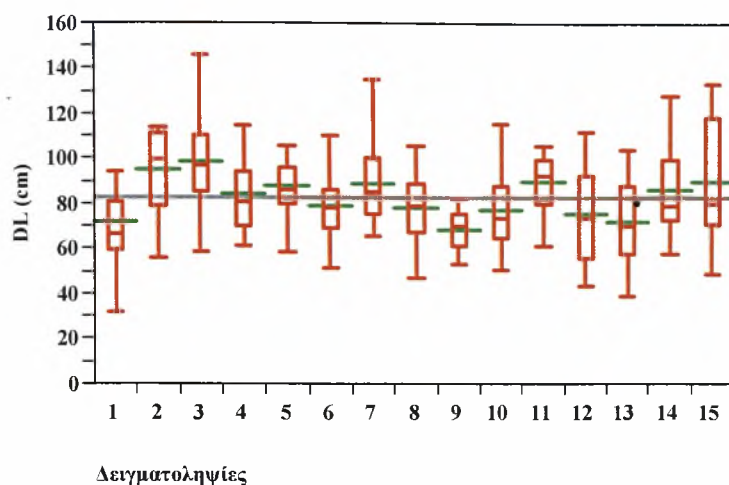
Εικόνα 3.5.3. Ιστόγραμμα του βάρους σωματικού τοιχώματος (Bww) για κάθε δειγματοληψία.

Δ. Μήκος πεπτικού σωλήνα (DL)

Παρομοίως, και για το μήκος του πεπτικού σωλήνα παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών (Πίνακας 3.5.4). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στις 21-07-2007 ενώ οι χαμηλότερες στις 16-12-2007. Στην Εικόνα 3.5.4 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του μήκους του πεπτικού σωλήνα σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.4. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το μήκος πεπτικού σωλήνα (DL).

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	24140,78	1724,34	5,1470	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	100169,84	335,02		
Σύνολο	313	124310,62			



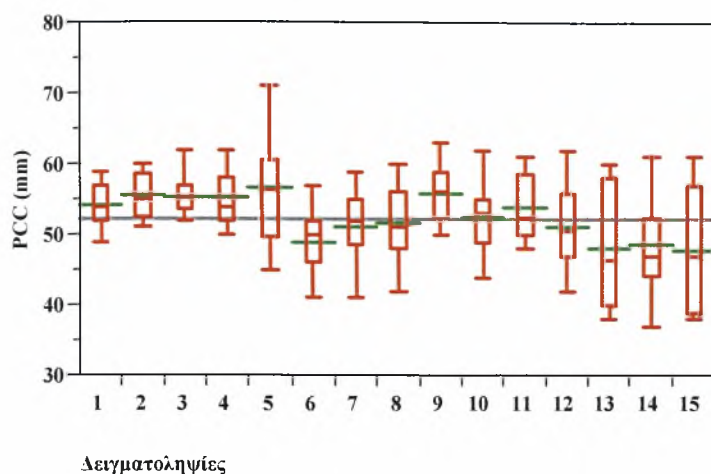
Εικόνα 3.5.4. Ιστόγραμμα του μήκους του πεπτικού σωλήνα (DL) ανά δειγματοληψία.

Ε. Περίμετρος περιβαρυγικού δακτυλίου (PCC)

Παρομοίως με τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά, σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών παρουσιάστηκαν και στις τιμές της περιμέτρου του περιβαρυγικού δακτυλίου (Πίνακας 3.5.5). Οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφηκαν την 01-09-2007 ενώ οι μικρότερες στις 20-05-2008. Στην Εικόνα 3.5.5 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές της περιμέτρου του περιβαρυγικού δακτυλίου σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.5. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για την περίμετρο του περιβαρυγικού δακτυλίου (PCC).

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	2515,528	179,681	6,0822	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	8833,122	29,542		
Σύνολο	313	11348,650			



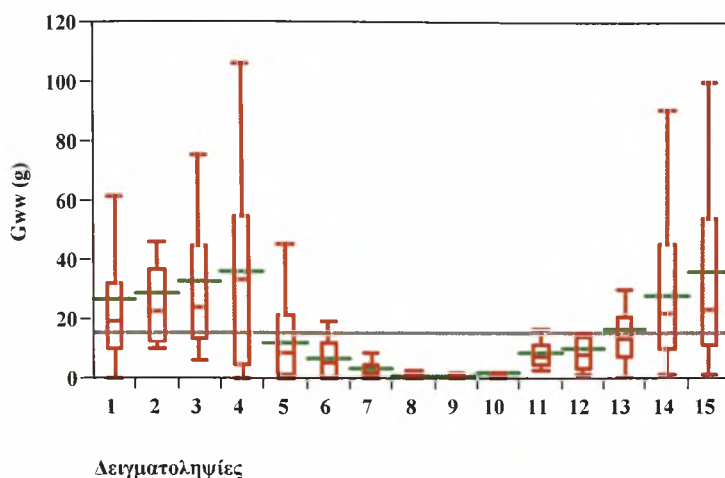
Εικόνα 3.5.5. Ιστόγραμμα της περιμέτρου του περιβαρυγτικού δακτυλίου (PCC) ανά δειγματοληψία.

Z. Νωπό βάρος γονάδας

Οι τιμές του νωπού βάρους της γονάδας παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών (Πίνακας 3.5.6). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν εντός της θερινής περιόδου (21-07, 11-08-2007 και 13-07-2008) ενώ οι χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της χειμερινής (17-11 και 16-12-2007). Στην Εικόνα 3.5.6 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του βάρους της γονάδας σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.6. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το νωπό βάρος της γονάδας (Gww).

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	51619,97	3687,14	12,0854	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	91222,28	305,09		
Σύνολο	313	142842,26			



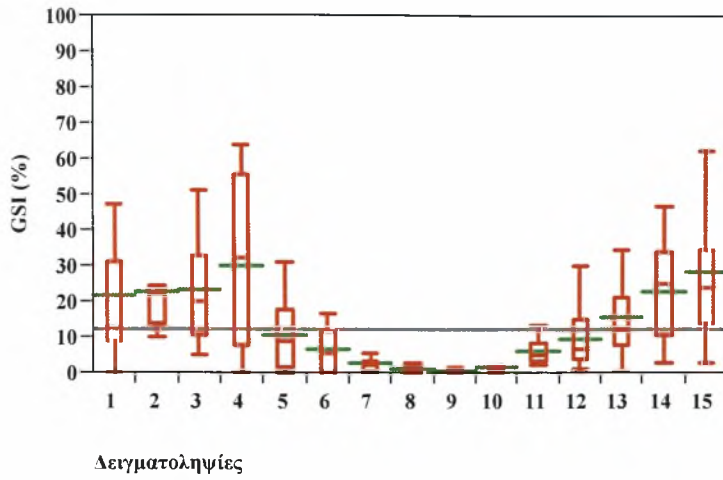
Εικόνα 3.5.6. Ιστόγραμμα του νοπού βάρους της γονάδας (Gww) ανά δειγματοληψία.

Η. Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)

Οι τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη παρουσίασαν παρόμοιες κατανομές με αυτές του νοπού βάρους της γονάδας (Πίνακας 3.5.7). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν εντός της θερινής περιόδου ενώ οι χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της χειμερινής. Στην Εικόνα 3.5.7 φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη σε κάθε δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.7. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το γοναδοσωματικό δείκτη (GSI).

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ δειγματοληψιών	14	31282,462	2234,46	16,4336	<0,0001
Μεταξύ ατόμων	299	40654,662	135,97		
Σύνολο	313	71937,324			



Εικόνα 3.5.7. Ιστόγραμμα του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) ανά δειγματοληψία.

Πίνακας 3.5.8. Μέσοι όροι και τυπική σπόκλιση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών για κάθε δειγματοληψία (N= αριθμός ατόμων δείγματος).

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	N	TL(cm)	Tww (g)	Bww (g)	DL (cm)	PCC(mm)	Gww (g)	GI(%)
26-06-2007	20	30,9±5,4 ^{ab}	254,17±88,12 ^{abc}	118,25±37,74 ^{abc}	71,7±23,3 ^{cd}	54,1±3,1 ^{abc,d}	26,89±27,27 ^{abc,d}	21,68±20,46 ^{abc,d}
07-07	13	33,9±6,6 ^a	261,72±97,31 ^{abc}	119,51±39,27 ^{abc,d}	95,0±18,6 ^{ab}	55,4±2,6 ^{abc}	28,40±20,85 ^{abc,d}	22,92±11,91 ^{abc,d}
21-07	25	33,0±6,7 ^a	287,53±93,16 ^{ab}	132,10±36,95 ^{ab}	99,0±20,9 ^a	55,2±2,6 ^{ab}	32,49±28,07 ^{ab}	23,47±15,65 ^{ab}
11-08	15	27,9±3,4 ^{abc}	225,95±94,90 ^{b,c,d,e}	111,91±36,16 ^{abc,d}	84,6±19,4 ^{abc,d}	55,2±3,6 ^{abc}	35,73±33,31 ^{ab}	29,73±22,76 ^a
01-09	20	31,2±5,3 ^{ab}	174,97±52,52 ^{c,d,e}	101,99±26,04 ^{b,c,d}	88,0±14,9 ^{abc}	56,5±8,7 ^a	12,16±11,82 ^{c,d,e}	10,34±8,55 ^{c,d,e,f}
21-09	19	25,3±4,6 ^{bc}	168,82±38,84 ^{de}	93,01±21,19 ^{cd}	78,7±14,7 ^{b,c,d}	48,9±5,2 ^{c,d,e,f}	6,46±6,18 ^e	6,53±5,82 ^{e,f}
14-10	30	30,3±5,0 ^{ab}	209,45±56,11 ^{c,d,e}	109,98±25,10 ^{b,c,d}	88,9±17,3 ^{abc}	51,1±4,7 ^{b,c,d,e,f}	3,31±3,47 ^e	2,93±3,11 ^f
17-11	30	30,5±6,0 ^{ab}	172,15±43,38 ^e	86,35±17,04 ^d	78,2±14,4 ^{b,c,d}	51,7±4,9 ^{abc,d,e,f}	0,89±1,12 ^e	1,01±1,23 ^f
16-12	21	28,3±6,0 ^{abc}	165,01±35,21 ^e	89,82±14,81 ^{cd}	68,2±8,7 ^d	55,8±3,7 ^{ab}	0,73±0,71 ^e	0,80±0,78 ^f
19-01-2008	20	26,6±6,2 ^{bc}	182,28±51,30 ^{c,d,e}	93,31±22,02 ^{cd}	77,6±17,4 ^{b,c,d}	52,4±4,6 ^{abc,d,e,f}	1,70±2,65 ^e	1,69±2,49 ^f
06-03	20	34,2±5,0 ^a	312,62±66,31 ^a	142,19±29,43 ^a	89,6±12,5 ^{abc}	53,9±4,6 ^{abc,d,e}	8,39±4,39 ^{de}	5,94±3,14 ^{e,f}
12-04	20	23,9±6,5 ^e	202,45±67,66 ^{c,d,e}	106,38±32,57 ^{b,c,d}	75,4±21,7 ^{b,c,d}	51,2±5,3 ^{abc,d,e,f}	10,32±9,74 ^{c,d,e}	9,70±8,00 ^{d,e,f}
20-05	22	30,1±5,9 ^{ab}	198,78±86,41 ^{c,d,e}	103,76±41,31 ^{b,c,d}	72,3±19,0 ^{cd}	48,1±7,8 ^{e,f}	16,51±14,39 ^{b,c,d,e}	15,33±11,27 ^{b,c,d,e}
26-06	20	30,7±5,0 ^{ab}	242,29±98,01 ^{abc,d,e}	111,18±37,71 ^{abc,d}	86,1±19,2 ^{abc,d}	48,6±5,8 ^{d,e,f}	27,92±22,87 ^{ab,c}	22,93±13,55 ^{abc}
13-07	19	28,6±8,0 ^{abc}	247,69±110,20 ^{abc,d}	117,33±54,51 ^{abc,d}	89,3±26,9 ^{abc}	47,8±8,4 ^f	35,82±30,79 ^a	28,16±20,86 ^a

a, b, c, d, e & f: Οι μέσες τιμές σε κάθε γραμμή με διαφορετικό εκθέτη, διαφέρουν (p<0.05).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η μέση τιμή της πυκνότητας του πληθυσμού βρέθηκε $9,93 \pm 3,28$ άτομα / 100 m^2 , με ελάχιστη τιμή τα 5 και μέγιστη τα 20 άτομα / 100 m^2 .

Οι συγκεκριμένες τιμές διαφέρουν σημαντικά από αυτές που έχουν αναφερθεί για ορισμένες περιοχές της Δυτικής Μεσογείου. Συγκεκριμένα, οι [Gustato et al. \(1982\)](#) αναφέρουν για τον κόλπο της Napoli τιμές πληθυσμιακής πυκνότητας από 0,17 έως 0,34 άτομα / m^2 (σε λεπτόκοκκο αργιλώδες υπόστρωμα και πετρώδες υπόστρωμα με μακροφύκη, αντίστοιχα). Ακόμη, οι [Coulon & Jangoux \(1993\)](#) αναφέρουν για την ίδια περιοχή τιμές από 0,34 έως 3,77 άτομα / m^2 (λειμώνες της *P. oceanica* σε βάθος 33 και 6 m, αντίστοιχα).

Από τη σύγκριση των προαναφερθεισών τιμών με αυτές της Κάτω Γατζέας, προκύπτει πως η πυκνότητα στην εν λόγω περιοχή είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αυτό το γεγονός πιθανότατα σχετίζεται με τον τύπο του υποστρώματος και την περιεκτικότητά του σε οργανική ύλη. Στην εν λόγω περιοχή το υπόστρωμα είναι κυρίως αμμώδες-αμμοϊλυώδες, με σχεδόν ολοκληρωτική απουσία μακροφυκών, στοιχείο που πιθανότατα οδηγεί σε χαμηλή προσφορά τροφής.

Όπως έχει προαναφερθεί, η σημαντικότερη συνιστώσα του «διαιτολογίου» του *H. tubulosa* είναι τα «θρύμματα» βιολογικής προέλευσης (detritus) τα οποία προκύπτουν από τη φυσική και βιολογική αποσύνθεση του φυλλώματος της *P. oceanica* ([Bulteel et al. 1992](#), [Gallmetzer et al. 2006](#)). Συνεπώς, η απουσία του εν λόγω μακροφύκους και η συνεπακόλουθη χαμηλή προσφορά τροφής κρατά τις τιμές της πληθυσμιακής πυκνότητας σε αρκετά χαμηλά επίπεδα.

4.2. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας εξετάστηκε και η βαθυμετρική κατανομή των ατόμων του πληθυσμού. Από την πραγματοποίηση καταδύσεων σε διάφορα βάθη (μέγιστο 30 m) προέκυψε πως τα άτομα του πληθυσμού διαβιούν εντός ενός ιδιαίτερα στενού εύρους μεταξύ των 4 και 10 m. Παρόμοια στοιχεία βαθυμετρικής εξάπλωσης έχουν αναφερθεί για αρκετές περιοχές του Βορείου Αιγαίου (Koukouras & Sinis 1981). Ωστόσο, σε ορισμένα τμήματα της Δυτικής Μεσογείου, όπως η ευρύτερη περιοχή της Αδριατικής (Simunovic & Grubelic 1998, Simunovic *et al.* 2000) και οι δυτικές ακτές της Ιταλίας (Bulteel *et al.* 1992, Coulon & Jangoux 1993), υπάρχουν αναφορές περί της παρουσίας και σε βαθύτερα τμήματα της υποπαραλιακής ζώνης.

Ακόμη, η μικρού εύρους βαθυμετρική κατανομή του *H. tubulosa* στην Κάτω Γατζέα δε «συμβαδίζει» με το πρότυπο βαθυμετρικής κατανομής που αναφέρουν οι Bulteel *et al.* (1992) για το Lacco Ameno. Συγκεκριμένα, στα ανώτερα τμήματα του λειμώνα της *P. oceanica* (βάθος 6 m) συναντώνται πολυάριθμα μικρόσωμα άτομα ενώ στα βαθύτερα τμήματα (33 m) διαβιούν λιγότερα αλλά πιο μεγαλόσωμα άτομα.

Τέλος, αναφορικά με το συγκεκριμένο τρόπο κατακόρυφης κατανομής των ατόμων στην Κάτω Γατζέα, ως πιο πιθανά αίτια φαίνονται τόσο ο τύπος του υποστρώματος όσο και η έντονη κλίση του πυθμένα.

4.3. ΦΥΛΕΤΙΚΟΣ ΔΙΜΟΡΦΙΣΜΟΣ

Για τα μορφομετρικά στοιχεία ολικό μήκος, ολικό βάρος, βάρος σωματικού τοιχώματος, μήκος πεπτικού σωλήνα και περίμετρος περιβαρυγγικού δακτυλίου δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων. Αντίθετα, σημαντικές διαφορές παρουσίασαν οι τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη, με την τιμή των θηλυκών ατόμων να υπερέχει αυτής των αρσενικών.

Βέβαια, οι διαφορές που προέκυψαν αναφέρονται μόνο στα δείγματα από τις θερινές περιόδους. Έτσι, προκειμένου να «κατοχυρωθούν» πλήρως, απαιτείται η αναγνώριση του φύλου όλων των ατόμων, κάτι που θα προκύψει από την εφαρμογή ιστολογικής ανάλυσης. Η μέχρι τώρα απουσία διαφορών μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων σημαίνει την έλλειψη φυλετικού διμορφισμού για τον πληθυσμό του ολοθούριου.

Παρόμοια στοιχεία -απουσία δηλαδή φυλετικού διμορφισμού- έχουν αναφερθεί τόσο για πληθυσμούς του *H. tubulosa* (Despalatovic *et al.* 2004) όσο και για το συγγενές *H. forskali* (Tuwo & Conand 1992).

Τέλος, να σημειωθεί πως η υπεροχή της τιμής του γοναδοσωματικού δείκτη των θηλυκών ατόμων έχει αναφερθεί για τα *H. whitmaei* (Shiell & Uthicke 2006) και *Parastichopus californicus* (Cameron & Fankboner 1986).

4.4. ΚΛΑΣΕΙΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

Οι κλάσεις μεγέθους ανά δειγματοληψία παρουσίασαν διαφορετικά πρότυπα κατανομής μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών. Έτσι τα στοιχεία ολικό μήκος, μήκος πεπτικού σωλήνα και περίμετρος περιβαρυγγικού δακτυλίου παρουσίασαν ένα σύνολο από ξεκάθαρες κορυφές και ισοκατανομές χωρίς εμφανή τάση «ομαδοποίησης». Ωστόσο, να σημειωθεί πως ενώ στο ολικό μήκος η ύπαρξη κορυφών φαίνεται να υπερισχύει των ισοκατανομών, στο μήκος του πεπτικού

σωλήνα και την περίμετρο του περιφάρυγγικού δακτυλίου η εμφάνιση των «προτύπων» παρουσιάζεται μοιρασμένη. Αντίθετα, για τα στοιχεία ολικό βάρος και βάρος σωματικού τοιχώματος, εντοπίζονται ξεκάθαρες κορυφές το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ την άνοιξη και το καλοκαίρι υπάρχει μία τάση ισοκατανομής.

Στο σύνολο των μορφομετρικών χαρακτηριστικών προέκυψε παρόμοιο πρότυπο κατανομής των κλάσεων μεγέθους, με την ύπαρξη μίας ξεκάθαρης κορυφής, φαινόμενο γνωστό ως «μία κλάση μεγέθους ανά τοποθεσία» (Bakus 1973).

Πρέπει να σημειωθεί πως το συγκεκριμένο πρότυπο κατανομής των κλάσεων μεγέθους δυσχεραίνει την αναγνώριση διαφορετικών ηλικιακών ομάδων εντός ενός πληθυσμού. Φαίνεται πως η κύρια αιτία του προαναφερθέντος ζητήματος είναι η απουσία «ολοκληρωμένου» σκελετικού συστήματος ενώ «επικουρικά» φαίνεται πως λειτουργεί η υψηλή ικανότητα συστολής του σώματός τους (Bulteel *et al.* 1992).

Πέραν του *H. tubulosa*, το συγκεκριμένο πρότυπο κατανομής έχει αναφερθεί και σε άλλα είδη όπως τα *Thelenota ananas* και *Microthele fuscogilva* (Conand 1981), *H. forskali* (Tuwo & Conand 1992), *Isostichopus badionotus*, *H. mexicana* και *Astichopus multifidus* (Guzman & Guevara 2002, Guzman *et al.* 2003).

4.5. ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Όλες οι βιομετρικές σχέσεις που εξετάστηκαν βρέθηκαν να ακολουθούν αρνητική αλλομετρία ($b < 3$), καθώς ο σχετικός ρυθμός αύξησης των δύο εκάστοτε συσχετιζόμενων μεταβλητών διέφερε. Η παρουσία αρνητικής αλλομετρίας στις βιομετρικές σχέσεις έχει αναφερθεί τόσο για το *H. tubulosa* (Bulteel & Jangoux 1989, Bulteel *et al.* 1992), όσο και για άλλα είδη (Conand 1981).

Ακόμη, μεταξύ των βιομετρικών σχέσεων, προέκυψε ένα σημαντικό εύρος συντελεστών συσχέτισης (r). Η υψηλότερη τιμή βρέθηκε για το ζεύγος ολικό βάρος

σώματος- βάρος σωματικού τοιχώματος (0,94) ενώ τη χαμηλότερη τιμή παρουσίασε το ζεύγος ολικό μήκος σώματος-περίμετρος περιβαρυγγικού δακτυλίου (0,39).

Το σύνολο, σχεδόν, των συντελεστών συσχέτισης που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα, είναι σημαντικά χαμηλότεροι αυτών που αναφέρονται από τους [Bulteel et al. \(1992\)](#) για τον πληθυσμό της περιοχής Lacco Ameno (κόλπος της Napolis). Ενδεικτικά αναφέρονται οι τιμές των ζευγών βάρους σωματικού τοιχώματος-μήκους πεπτικού σωλήνα (0,94 έναντι 0,70), βάρους σωματικού τοιχώματος-περιμέτρου περιβαρυγγικού δακτυλίου (0,94 έναντι 0,52) και μήκους πεπτικού σωλήνα-περιμέτρου περιβαρυγγικού δακτυλίου (0,90 έναντι 0,45). Εξαίρεση φαίνεται να αποτελεί το ζεύγος ολικού βάρους σώματος-βάρους σωματικού τοιχώματος (0,98 έναντι 0,94), στοιχείο που καταδεικνύει την ισχυρή συσχέτιση των δύο αυτών μορφομετρικών χαρακτηριστικών, ανεξαρτήτως γεωγραφικής περιοχής. Σε αυτή την παρατήρηση, έρχονται να προστεθούν και οι ιδιαίτερα υψηλοί συντελεστές συσχέτισης που έχουν προκύψει και για ορισμένα είδη τροπικών περιοχών ([Conand 1981](#)).

Το γεγονός της ασθενούς συσχέτισης που προέκυψε για τα περισσότερα ζεύγη των βιομετρικών χαρακτηριστικών, υποδηλώνει πως μόνο το βάρος του σωματικού τοιχώματος και το ολικό βάρος σώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως «αντιπροσωπευτικά» μορφομετρικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου πληθυσμού, σε αντίθεση με την περιοχή του Lacco Ameno.

Ωστόσο, παρά την προαναφερθείσα σημαντική διαφορά μεταξύ των συντελεστών συσχέτισης των δύο περιοχών, αξίζει να σημειωθεί η παρόμοια «τάση διαβάθμισης» αυτών. Συγκεκριμένα, την υψηλότερη τιμή παρουσιάζει το ζεύγος βάρους σώματος-βάρους σωματικού τοιχώματος, τις ενδιάμεσες τα ζεύγη των βάρους σώματος/βάρος σωματικού τοιχώματος με τα μήκος πεπτικού σωλήνα/περίμετρος περιβαρυγγικού

δακτυλίου, και τη χαμηλότερη το ζεύγος μήκους πεπτικού σωλήνα-περιμέτρου περιφaryγγικού δακτυλίου.

Τέλος, αναφορικά με την υπάρχουσα διαφορά στους συντελεστές συσχέτισης, τα αίτια θα πρέπει να αναζητηθούν στις όποιες περιβαλλοντικές διαφορές υφίστανται μεταξύ των δύο περιοχών (τύπος υποστρώματος, υδρογραφικές συνθήκες) και οι οποίες ασκούν διαφορετική επίδραση στην αύξηση του εκάστοτε μορφομετρικού χαρακτηριστικού.

4.6. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ

Σε αντίθεση με την απουσία διαφορών μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων, το σύνολο των μορφομετρικών χαρακτηριστικών παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών. Μάλιστα, λαμβάνοντας υπόψη το ολικό βάρος και το βάρος σωματικού τοιχώματος διακρίνεται μια διαφοροποίηση μεταξύ των εποχών με τα μεγαλύτερα άτομα να παρουσιάζονται το καλοκαίρι ($261,14 \pm 93,73$ και $121,92 \pm 37,47$ g αντίστοιχα), τα μικρότερα το φθινόπωρο ($183,38 \pm 51,02$ και $97,95 \pm 24,08$ g) και το χειμώνα ($173,43 \pm 44,12$ και $91,53 \pm 18,53$ g), ενώ κατά την άνοιξη υφίσταται μια ενδιάμεση κατάσταση ($236,68 \pm 90,32$ και $117,0 \pm 38,36$ g). Ωστόσο, με βάση τα στοιχεία ολικό μήκος σώματος, μήκος πεπτικού σωλήνα και περίμετρος περιφaryγγικού δακτυλίου, η προαναφερθείσα «εποχική διαφοροποίηση» εξασθενεί σημαντικά.

4.7. ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΦΥΛΟΥ

Η αναλογία φύλου δε βρέθηκε να διαφέρει από τη σχέση 1:1 (26,11 % θηλυκά, 26,75% αρσενικά και 47,13 % απροσδιορίστου φύλου), στοιχείο που συμπίπτει με προηγούμενες αναφορές για το *H. tubulosa* (Despalatovic *et al.* 2004). Η ύπαρξη της συγκεκριμένης αναλογίας στους πληθυσμούς των ολοθούριων, φαίνεται να αποτελεί τον «κανόνα» αν και φυσικά, δε λείπουν οι εξαιρέσεις. Ενδεικτικά, αναφέρεται η

παρουσία της σε πληθυσμούς των *P. californicus* (Cameron & Fankboner 1986), *H. forskali* (Tuwo & Conand 1992), *Actinopyga mauritiana* (Hopper *et al.* 1998), *H. mexicana*, *I. Badionotus* και *A. multifidus* (Guzman & Guevara 2002, Guzman *et al.* 2003) ενώ απουσιάζει από τους πληθυσμούς του *H. whitmaei* -υπεροχή των αρσενικών ατόμων (Shiell & Uthicke 2006).

Ο μη προσδιορισμός του φύλου για το ήμισυ σχεδόν του συνόλου των ατόμων αποδίδεται στην εξέταση μόνο των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών του γεννητικού συστήματος και συγκεκριμένα του χρώματος της γονάδας. Από αυτό το στοιχείο, ο καθορισμός του φύλου είναι δυνατός μόνο όταν η γονάδα βρίσκεται στο ώριμο στάδιο, το οποίο εντοπίζεται εντός της θερινής περιόδου. Την περίοδο που προηγείται της τελευταίας, η γονάδα βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης και τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά δεν είναι ιδιαίτερα ευδιάκριτα. Παρομοίως, τόσο στο στάδιο της αναπαραγωγής όσο και στο μεταναπαραγωγικό στάδιο, η αναγνώριση του φύλου βάσει μακροσκοπικών χαρακτηριστικών δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί. Ωστόσο, ενώ για τις προαναφερθείσες περιόδους, η εφαρμογή ιστολογικής ανάλυσης οδηγεί στην αναγνώριση του φύλου, η τελευταία είναι αδύνατη για τα άτομα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα λόγω της πλήρους απορρόφησης της γονάδας.

Ωστόσο, η αναγνώριση του φύλου δεν κατέστη δυνατή και για μικρό αριθμό ατόμων, τα οποία συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Συγκεκριμένα, στις 26-06-2007 (άτομο χωρίς γονάδα με βάρος σωματικού τοιχώματος 39,48 g), στις 21-07-2007 (άτομο με βάρος γονάδας 6,91 g και βάρος σωματικού τοιχώματος 104,80 g) και στις 11-08-2007 (άτομο χωρίς γονάδα και βάρος σωματικού τοιχώματος 122,64 g). Η απουσία ή η ασθενής παρουσία της γονάδας εντός της θερινής περιόδου -όπου συνήθως βρίσκεται στο ώριμο στάδιο-

αποτελεί ένδειξη πως τα άτομα αυτά είναι νεαρής ηλικίας. Μάλιστα, η διαπίστωση αυτή φαντάζει πιο ρεαλιστική για το άτομο που συλλέχθηκε στις 26-06-2007, καθώς αυτό παρουσίασε και την μικρότερη τιμή βάρους του σωματικού τοιχώματος από το σύνολο του πληθυσμού. Όσο αφορά τα άλλα δύο άτομα, η κατάσταση «περιπλέκεται» καθώς εντός της θερινής περιόδου συλλέχθηκαν άτομα με παρόμοιες ή και χαμηλότερες τιμές βάρους σωματικού τοιχώματος στα οποία η γονάδα παρουσιάστηκε «φυσιολογικώς» αναπτυγμένη.

Ασθενής παρουσία νεαρών ατόμων έχει αναφερθεί τόσο για πληθυσμούς του *H. tubulosa* (Despalatovic *et al.* 2004) όσο και σε αυτούς άλλων ειδών (Conand 1981, Tuwo & Conand 1992).

4.8. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΓΟΝΑΔΟΣΩΜΑΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ – TUBULE RECRUITMENT MODEL

Η πορεία του γοναδοσωματικού δείκτη ακολούθησε ετήσιο κύκλο. Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου του 2007 σημειώθηκαν οι υψηλότερες τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI=21,68 – 29,72%), οι οποίες ακολουθήθηκαν από την κατακόρυφη πτώση των αρχών της φθινοπωρινής περιόδου (GSI=10,33 %). Αυτή η πτώση στην τιμή του δείκτη αποτελεί την πρώτη σημαντική ένδειξη πως η περίοδος της αναπαραγωγής έλαβε χώρα, κυρίως, στα τέλη της θερινής περιόδου και συγκεκριμένα, το 2^ο δεκαπενθήμερο του Αυγούστου. Μάλιστα, από τη σύγκριση των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών των γονάδων της 01-09-2007 και της 21-09-2007, φαίνεται πως η απελευθέρωση των γαμετών συνεχίστηκε μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου.

Η διαφαινόμενη περίοδος της αναπαραγωγής φαίνεται να συμπίπτει σε μεγάλο βαθμό με αυτή που αναφέρουν οι Bulteel *et al.* (1992) για την περιοχή Lacco Ameno. Συγκεκριμένα, η κορύφωση της πορείας του γοναδοσωματικού δείκτη παρατηρήθηκε στα μέσα Αυγούστου ενώ το μήνα Οκτώβριο παρουσιάστηκε αξιοσημείωτη πτώση.

Αντιθέτως, οι [Despalatovic et al. \(2004\)](#)-βασιζόμενοι σε ιστολογικές αναλύσεις-αναφέρουν πως στην περιοχή Kastela Bay της Αδριατικής, η απελευθέρωση του γεννητικού υλικού ξεκίνησε το μήνα Ιούλιο και ολοκληρώθηκε στις αρχές Σεπτεμβρίου.

Τις χαμηλές τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη κατά τη διάρκεια της φθινοπωρινής περιόδου, ακολούθησαν οι ακόμη χαμηλότερες της χειμερινής (0,79 - 1,69 %), στοιχείο που οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην πλήρη απορρόφηση της γονάδας τη συγκεκριμένη περίοδο. Κατά τη διάρκεια της εαρινής περιόδου, οι τιμές του δείκτη παρουσίασαν σταδιακή αύξηση (9,7 και 15,32 % στις 12-04 και 20-05-2008, αντίστοιχα), η οποία ακολούθησε την επίσης σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας. Τέλος, όπως κατά τη διάρκεια του έτους 2007, έτσι και το 2008, ο γοναδοσωματικός δείκτης παρουσίασε τις υψηλότερες ετήσιες τιμές κατά τη θερινή περίοδο (οι οποίες μάλιστα δεν παρουσίασαν ιδιαίτερα σημαντικές αποκλίσεις -29,72% στις 11-08-2007 και 28,15% στις 13-07-2008).

Τα παραπάνω στοιχεία υποδεικνύουν πως η εξέλιξη της πορείας της αναπαραγωγής και κατ'επέκταση του γοναδοσωματικού δείκτη, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό, από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Μάλιστα, η επίδραση της τελευταίας φαίνεται πως είναι εντονότερη κατά την περίοδο της ωρίμανσης και απελευθέρωσης των γαμετών. Η σχέση ανάμεσα στις υψηλές τιμές θερμοκρασίας και την αναπαραγωγική περίοδο έχει ήδη αναφερθεί για ορισμένα είδη ολοθούριων ([Conand 1981](#), [Costelloe 1985](#), [Tuwo & Conand 1992](#), [Hopper et al. 1998](#)).

Τέλος, από τα μέχρι τώρα στοιχεία, προέκυψε πως το γεννητικό σύστημα του *H. tubulosa* δεν αναπτύσσεται βάσει των «αρχών» του Tubule Recruitment Model ([Smilley 1988](#), [Sewell et al. 1997](#)). Καταρχάς, δεν παρατηρήθηκε καθ'όλη τη διάρκεια της έρευνας συνύπαρξη επί της γονάδας τυφλών διαφορετικού σταδίου

ανάπτυξης. Επίσης, κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου παρατηρήθηκε πλήρης απορρόφηση της γονάδας.

Η «απόκλιση» του τρόπου ανάπτυξης της γονάδας του *H. tubulosa* από τις αρχές του Tubule Recruitment Model έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη μελέτη (Despalatovic *et al.* 2004).

4.9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η τιμή της πυκνότητας του πληθυσμού της Κάτω Γατζέας βρέθηκε $9,93 \pm 3,28$ άτομα / 100 m^2 . Η συγκεκριμένη τιμή κρίνεται σημαντικά χαμηλότερη αυτών που αναφέρονται για το δυτικό τμήμα της Μεσογείου-στοιχείο που πιθανότατα σχετίζεται με τον τύπο του υποστρώματος.

2. Από την εξέταση των κυριότερων βιομετρικών χαρακτηριστικών προέκυψε απουσία φυλετικού διμορφισμού. Η μέση τιμή του ολικού μήκους ήταν $29,8 \pm 6,34$ cm, του ολικού βάρους $218,33 \pm 84,79$ g, του βάρους σωματικού τοιχώματος $108,46 \pm 35,10$ g, του μήκους του πεπτικού σωλήνα $82,7 \pm 19,93$ cm και της περιμέτρου του περιβαρυγγικού δακτυλίου $52,3 \pm 6,02$ mm.

3. Οι βιομετρικές σχέσεις που εξετάστηκαν βρέθηκαν να ακολουθούν αρνητική αλλομετρία ενώ η σχέση μεταξύ ολικού βάρους-βάρους σωματικού τοιχώματος παρουσίασε τον υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης ($r=0,94$).

4. Οι κλάσεις μεγέθους, στο σύνολο των βιομετρικών χαρακτηριστικών παρουσίασαν παρόμοιο πρότυπο κατανομής, με την ύπαρξη μίας κορυφής. Το στοιχείο αυτό δυσχεραίνει την αναγνώριση διαφορετικών ηλικιακών ομάδων εντός του πληθυσμού.

5. Το είδος φάνηκε να ακολουθεί ετήσιο αναπαραγωγικό κύκλο απελευθερώνοντας τους γαμέτες στο τέλος της θερινής περιόδου.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aguilar-Ibarra A, Ramírez-Soberón G. 2002.** Economic reasons, ecological actions and social consequences in the Mexican sea cucumber fishery. *SPC Beche-de-Mer Information Bulletin* **17**: 33-26.
- Akyol O. 2003.** Retained and Trash Fish Catches of Beach-Seining in the Aegean Coast of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* **27**: 1111-1117.
- Amon RMW, Herndl GJ. 1991.** Deposit Feeding and Sediment: I. Interrelationship between *Holothuria tubulosa* (*Holothuroidea*, *Echinodermata*) and the Sediment Microbial Community. *Marine Ecology* **12(2)**: 163-174.
- Amon RMW, Herndl GJ. 1991.** Deposit Feeding and Sediment: II. Decomposition of Fecal Pellets of *Holothuria tubulosa* (*Holothurioida*, *Echinodermata*). *Marine Ecology* **12(2)**: 175-184.
- Ara L. 1937.** Contribution allo studio dell'alimentazion dei pesci: *Sargus vulgaris* Geoffr., *Sargus annularis* L., *Sargus sargus* L. *Bol. Pesca Pisc. Idrobiol.*, **13**: 871-881.
- Arnaud PM. 1977.** Adaptations within the Antarctic marine benthic ecosystem. In: Llano, G. A. (ed.) Adaptations within Antarctic ecosystems. Proceedings of the third SCAR Symposium on Antarctic Biology. Washington DC., August 26-30, 1974. Smithsonian Institution, Washington, D. C., 135-157.
- Awaluddin A. 2001.** Pharmaceuticals. P. 118-119. In: The Encyclopaedia of Malaysia: The Seas. Ong JE, Gong WK (Eds). Editions Didier Millet, Kuala Lumpur.

- Babcock R, Mundy C, Keesing J, Oliver J. 1992.** Predictable and unpredictable spawning events: *in situ* behavioral data from free-spawning coral reef invertebrates. *Invertebrate Reproduction and Development* **22**: 213-228.
- Baine M, Poh-Sze C. 1999.** Sea cucumber fisheries and trade in Malaysia. P. 49-63. In: The conservation of sea cucumbers in Malaysia – their taxonomy, ecology and trade: proceedings of an international conference. Department of Agriculture, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Bakus GJ. 1990.** *Quantitative ecology and marine biology*. AA Balkema, Rotterdam. 157pp.
- Bakus GJ. 1973.** The biology and ecology of tropical holothurians. In: Jones OA, Endean R, eds. *Biology and Geology of coral reefs*, Volume 2. Academic Press, New York, pp. 325-367.
- Bakus GJ. 1968.** Defensive mechanisms and ecology of some tropical holothurians. *Marine Biology* **2**: 23-32.
- Barth R, Ribas LB, Osorio e Castro ML. 1968.** Observanues no conteudo intestinal de holotúrias. *Publicação Instituto Pesquisas Marinha, Brasil*. 9: 15 pps.
- Bell J, Nash W . 2004.** When should restocking and stock enhancement be used to manage sea cucumber fisheries? Pp. 173-179. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p.
- Belyaev GM. 1972.** *Hadal Bottom Fauna of the World Ocean*. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations.

- Benner R, K'nees E, Hodson RE. 1988.** Carbon conversion efficiency for bacterial growth on lignocellulose: implications for detritus-based food webs. *Limnology and Oceanography* **33**: 1514-1526.
- Bingham BL, Braithwaite LF. 1986.** Defense adaptations of the dendrochirote holothurian *Psolus chitonoides* Clark. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **98**: 311-322.
- Birkeland C, Dayton PK, Engstrom NA. 1982.** A stable system of predation on a holothurian by four asteroids and their top predator. *Aust. Mus. Mem.* **16**: 175-189.
- Bonham K, Held EE. 1963.** Ecological observations on the sea cucumbers *Holothuria atra* and *H. leucospilota* at Rongelap Atoll, Marshall Islands. *Pacific Science* **17**: 305-314.
- Bronn HG. 1860.** Die Klassen und Ordnungen der Strahlenthiere (Actinozoa), wissenschaftliche dargestellt in Wort und Bild. In: Bronn HG, ed. *Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reiches*, Volume II. Leipzig, 403-404.
- Bruckner A. 2005a.** Doc. 4 Management and Conservation strategies and practices for sea cucumber. In: Bruckner A (editor) The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring, MD 239 pp.
- Bruckner A (editor). 2005b.** The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 44, Silver Spring, MD 239 pp.
- Bruckner AW. 2005c.** The recent status of sea cucumber fisheries in the continental United States of America. *SPC Beche-de-Mer Information Bulletin* **22**: 39-46.
- Brusca RC, Brusca GJ.** Phylum Echinodermata. *Invertebrates* 828-837.

- Bullivant JS. 1967.** *The fauna of the Ross Sea. Part 5. Ecology of the Ross Sea benthos. Bulletin of the New Zealand Department of Scientific and Industrial Research: 176:* 49-75.
- Bulteel P, Jangoux M, Coulon P. 1992.** Biometry, bathymetric distribution, and reproductive cycle of the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in Mediterranean seagrass beds. *Marine Ecology* **13(1):** 53-62.
- Cakli S, Cadun A, Kisla 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(3):** 69-78.
- Cameron JL, Fankboner PV. 1989.** Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson)(Echinodermata: Holothuroidea). II. Observations on the ecology of development, recruitment and the juvenile life stage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **127:** 43-67.
- Cameron JL, Fankbover PV. 1986.** Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea) I. Reproductive periodicity and spawning behavior. *Canadian Journal of Zoology* **64:** 168-175.
- Castro P, Huber ME. 1997.** *Marine Biology.* Boston, Massachusetts: McGraw-Hill.
- Chao SM, Chen CP, Alexander PS. 1995.** Reproductive cycles of tropical sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) in southern Taiwan. *Marine Biology* **122:** 289-295.
- Chao SM, Chen CP, Alexander PS. 1994.** Reproduction and growth of *Holothuria atra* (Echinodermata: Holothuroidea) at two contrasting sites in southern Taiwan. *Marine Biology* **119:** 565 – 570.

- Chen J. 2004.** Present status and prospects of sea cucumber industry in China. Pp 25-38. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p.
- Choe S. 1963.** Biology of the Japanese common sea cucumber *Stichopus japonicus*, Selenka). Pusan National University. 226 p.
- Clark HL. 1898.** *Synapta vivipara*: a contribution to the morphology of echinoderms. *Memoirs of the Boston society of natural History* **5**: 53-88, pl. 11-15.
- Clark HL. 1907.** The apodous holothurians. *Smithsonian Contributions to Knowledge* **35** : 1-231.
- Coleman CO. 1990.** *Bathypanoploea schellenbergi* Holman & Watling 1983, an antarctic amphipod (Crustacea) feeding on Holothuroidea. *Ophelia* **31**: 197-205.
- Conand C. 2005a.** Sea cucumber biology, taxonomy, distribution, biology, conservation status. In: Bruckner A (editor). The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring, MD 239 pp.
- Conand C. 2005b.** Harvest and trade: Utilization of sea cucumbers; sea cucumbers fisheries trade; current international trade, illegal, unreported and unregulated trade; bycatch, socio-economic characteristics of the trade in sea cucumbers. In: Bruckner A (editor) The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring, MD 239 pp.
- Conand C. 2004.** Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. 13-24. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S,

- Hamel JF, Mercier A (eds). Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p.
- Conand C. 1993a.** Reproductive biology of holothurians from the major communities of the New Caledonia Lagoon. *Marine Biology* **116**: 439-450.
- Conand C. 1990.** The fishery resources of Pacific Island Countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper 272(2):143p. Rome.
- Conand C. 1981.** Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin of Marine Science* **31**: 523-543.
- Conand C, Uthicke S, Hoareau T. 2002.** Sexual and asexual reproduction of the holothurian *Stichopus chloronotus* (Echinodermata): a comparison between La Reunion (Indian Ocean) and east Australia (Pacific Ocean). *Invertebrate Reproduction and Development* **41(1-3)**: 235-242.
- Costelloe J. 1985.** The annual reproductive cycle of the holothurian *Aslia lefevrei* (Dendrochirota: Echinodermata). *Marine Biology* **88**: 155-165.
- Coulon P. 1994.** Role du macrobenthos detritivore dans la ecosystemes littoraux : etude de l'holothurie *Holothuria tubulosa*, espece commune des herbiers de posidonie en Mediterranee. Ph.D. thesis, Universite Libre de Bruxelles, Brussels.
- 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. *Marine Ecology Progress Series* **92**: 201-204.
- Coulon P, Jangoux M, Bulteel P. 1992.** Respiratory rate and assessment of secondary production in the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean seagrass beds. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, **13**, 63-68.

- Crozier WJ. 1918.** The amount of bottom material ingested by holothurians (*Stichopus*). *Journal of Experimental Zoology* **26**: 379-389.
- Crozier WJ. 1917.** Multiplication by fission in Holothurians. *American Naturalist* **51**: 560-566.
- Cuenot L. 1891.** Etudes morphologiques sur les echinodermes. *Archives de Biologie* **11**: 313-680, pl. 24-31.
- Cunha de Jesus D, Cancela da Fonseca L. 1999.** First records of 13 echinoderm species on the southwest coast of Portugal. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* **15(1-4)**: 343-349.
- Dance SK, Lane I, Bell JD. 2003.** Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands. *Aquaculture* **220**: 495-505.
- Dayton PK, Robillard GA, Paine RT, Dayton LB. 1974.** Biological accommodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica. *Ecological Monographs* **44(1)**:105-128.
- Despalatovic M, Grubelic I, Simunovic A, Antolic B, Zuljevic A. 2004.** Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in the Adriatic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **84**: 409-414.
- Engstrom NA. 1982.** Brooding behaviour and reproductive biology of a subtidal Puget Sound sea cucumber, *Cucumaria lubrica* (Clark, 1901) (Echinodermata: Holothuroidea). In: Proceedings of the International Echinoderm Conference, Tampa Bay. Lawrence JM, ed., pp. 447-450. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Fell HB. 1965.** The early evolution of the Echinozoa. *Breviora* **219**: 1-17.

- Fell HB, Moore RC. 1966.** Echinozoans. In: Moore RC, ed. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part U, *Echinodermata* 3. Volume 1. Lawrence, Kansas: Geological Society of America and university of Kansas Press, U108-U118.
- Finley KJ, Evans CR. 1983.** Summer diet of the bearded seal (*Erignathus barbatus*) in the Canadian high arctic. *Arctic* **36**: 82-89.
- Francour P. 1997.** Predation on holothurians: a literature review. *Invertebrate Biology* **116(1)**: 52-60.
- Gallmetzer I, Pflugfelder B, Zekely J, Ott JA. 2005.** Macrofauna diversity in *Posidonia oceanica* detritus: distribution and diversity of mobile macrofauna in shallow sublittoral accumulations of *Posidonia oceanica* detritus. *Marine Biology* **147**: 517-523.
- Gamboa R, Gomez A, Nievaes M, Bangi H, MA Juinio-Menez. 2004.** The status of sea cucumber fishery and mariculture in the Philippines. p. 69–78. In: Lovatelli A., Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper no. 463. 425 p.
- Geldiay R, Kocatas A. 1972.** Note preliminaire sur les peuplements benthiques de golfe d'Ismir (en turc). *Sci. Monogr. Fac. Sci., Ege Univ.*, **12** : 1-34.
- Gerould JH. 1896.** The anatomy and histology of *Caudina arenata* Gould. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* **29**: 123-190.
- Gilliland P. 1993.** The skeletal morphology, systematics and evolutionary history of holothurians. *Special Papers in Palaeontology* **47**: 1-147.
- Goldbeck EJ, Houben C, Langer MR. 2005.** Survival of foraminifera in the gut of holothuroids from Elba Island (Mediterranean Sea). *Revue de micropaleontologie* **48**: 169-174.

- Grubelic I. 1992.** Comparative studies of littoral biocoenoses of the Kornati Islands. *Acta Adriatica* **33** (1/2): 127 – 161.
- Gustato G, Villari A, Del Claudio S, Pedata P. 1982:** Ulteriori dati sulla distribuzione di *Holothuria tubulosa*, *Holothuria poli* e *Holothuria stellati* nel Golfo di Napoli. *Boll.Soc.Nat.Napoli* **91**: 1-14.
- Gutschick RC, Grill KG Jr. 1967.** Kinderhook (Mississippian) holothurian ossicles from Montana and Missouri. *Journal of Paleontology* **41**: 1461-1480.
- Gutt J, Piepenburg D. 1991.** Dense aggregations of three deep-sea holothurians in the southern Weddell Sea, Antarctica. *Marine Ecology Progress Series* **68**: 277-285.
- Gutt J, Starmans A. 1998.** Structure and biodiversity of megabenthos in the Weddell and Lazarev Seas (Antarctica): ecological role of physical parameters and biological interactions. *Polar Biology* **20**: 229-247.
- Guzman HM, Guevara CA. 2002.** Population structure, distribution and abundance of three commercial species of sea cucumber (Echinodermata) in Panama. *Caribbean Journal of Science* **38**: 230-238.
- Guzman HM, Guevara CA, Hernandez IC. 2003.** Reproductive cycle of two commercial species of sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from Caribbean Panama. *Marine Biology* **142**: 271-279.
- Hamel JF, Mercier A. 1999.** Mucus as a mediator of gametogenic synchrony in the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea: Echinodermata). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **79**: 121-129.
- Hamel JF, Mercier A. 1996.** Evidence of chemical communication during the gametogenesis of holothuroids. *Ecology* **77**: 1600-1616.
- Hamel JF, Himmelman JH, Dufresne L. 1993.** Gametogenesis and spawning of the sea cucumber *Psolus fabricii* (Duben and Koren). *Biol. Bull.* **184**: 125 – 143.

- Hansen B. 1975.** Systematics and biology of the deep-sea holothurians. Part 1. Elaspodida. Volume 13. In: Wolff T, ed. *Galathea Reports. Scientific Results of the Danish Deep-Sea Expedition Round the World 1950-52*. Copenhagen: Scandinavian Science Press, 1-262.
- Hansson HG. 1999.** European Echinodermata Check-list: a draft for the European Register of Marine Species (part of "Species 2000") compiled at TMBL (Tjarno Marine Biological Laboratory) by Hans G. Hansson; January 1999 (revised 2 March 1999); http://www.tmb.lgu.se/libdb/taxon/neat_pdf/EurEchin.pdf.
- Haude R. 1992.** Fossil holothurians: ossicle aggregates as "good" species. In: Scalera-Liaci L, Canicatti C, eds. *Echinoderm Research 1991*. Rotterdam: Balkema, 29-33.
- Heding SG. 1935.** Holothurioidea. Part I. Apoda – Molpadioidea – Gephyrothurioidea. *Danish Ingolf-Expedition* 4(9): 1-84, pl. I-VIII.
- Hopper DR, Hunter CL, Richmond RH. 1998.** Sexual reproduction of the tropical sea cucumber, *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata: Holothuroidea), in Guam. *Bulletin of Marine Science* 63(1): 1-9.
- Huxley TH. 1878.** *Anatomy of Invertebrated Animals*. London: Murray.
- Isgoren-Emiroglu D, Gunay D. 2007.** The effect of Sea cucumber *Holothuria tubulosa* (G., 1788) on Nutrient and Sediment of Aegean Sea Shores. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(4): 586-589.
- Jans D, Dubois P, Jangoux M. 1996.** Defensive mechanisms of holothuroids (Echinodermata) : Formation, role and fate of intracoelomic brown bodies in the sea cucumber *Holothuria tubulosa*. *Cell Tissue Research* 283: 99-106.
- Kerr AM, Kim J. 2001.** Phylogeny of Holothuroidea (Echinodermata) inferred from morphology. *Zoological Journal of the Linnean Society* 133: 63-81.

- Kerr AM, Kim J. 1999.** Bi-Penta-Bi-Decaradial Symmetry: A Review of Evolutionary and Developmental Trends in Holothuroidea (Echinodermata).
- Khripounoff A. 1979.** Relations Trophiques dans l'Ecosysteme Benthique Abyssal Atlantique: Descriptions et Bilan Energetique. PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Kikuchi T. 1980.** Faunal relationships in temperate seagrass beds. In: Philips RC, McRoy CP, (eds). Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective. Garland STPM Press, New York, pp 153-172.
- Koukouras SA, Sinis IA. 1981.** Benthic fauna of the North Aegean Sea II. *Crinoidea* and *Holothuroidea* (Echinodermata). *Vie Milieu* **31(3-4)** : 271 – 281.
- Kubota T, Tomari M. 1998.** Reproduction in the apodid sea cucumber *Polycheira rufescens*: semilunar spawning rhythm and sex change. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **78**: 249-267.
- Lafay B, Smith AB, Christen R. 1995.** A combined morphological and molecular approach to the phylogeny of asteroids (Asteroidea: Echinodermata). *Systematic Biology* **44**: 190-208.
- Lanzi M. 1904.** Diatomee contenute nel canale alimentare di Oloturie del Mediterraneo. Atti Della Pontificia Accademia Delle Scienze, *Nuovi Lincei*. **57**: 172-179.
- Lawrence AJ, Ahmed M, Hanafy M, Gabr H, Ibrahim A, Gab-Alla A.A-F.A. 2004.** Status of the sea cucumber fishery in the Red Sea – the Egyptian experience. Pp. 79-90. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F, Mercier A (eds). Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463. 425 pp.

- Lewis DN, Donovan SK. 1998.** Fossils explained 23: Palaeozoic echinoids. *Geology Today* (November-December):235-240.
- Littlewood DTJ, Smith AB, Clough KA, Emson RH. 1997.** The interrelationships of the echinoderm classes: morphological and molecular evidence. *Biological Journal of the Linnean Society* **61**: 409-438.
- Lokani , Polon P, Lari R. 1996.** Management of bêche-de-mer fisheries in the western province of Papua New Guinea. *South Pacific Commission Bêche-de-mer Information Bulletin* **8**: 7-11.
- Ludwig H. 1889 – 1892.** Echinodermen. Die Seewalzen. In: Bronn HG, ed. *Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reiches*, Volume II, Section 3. Book 1. Leipzig: pl. 1-17.
- Ludwig H. 1891.** *Ankyroderma musculus* (Risso), eine Molpadiidae des Mittelmeeres, nebst Bemerkungen zur Phylogenie und Systematik der Holothurien. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* **51**: 569-612, pl. XXIX.
- MacBride EW. 1906.** Echinodermata. In: Harmer SF, Shipley AE, eds. *The Cambridge Natural History*, Volume I. London: MacMillan, 425-623.
- Mackey A. 2001.** *Factors that influence the reproduction of sea cucumbers.*
- McEuen FS. 1988.** Spawning behaviors of northeast Pacific sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata). *Marine Biology* **98**: 565-585.
- McGinitie GE, McGinitie N. 1968.** *Natural History of Marine Animals.* McGraw-Hill Book Co., New York. 473 pp.
- Mann KH. 1988.** Production and use of detritus in various freshwater, estuarine and coastal marine ecosystems. *Limnology and Oceanography* **33**: 910-930.
- Massin C. 1982a.** Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. In: Echinoderm Nutrition. Jangoux M, Lawrence JM (eds). Balkema, Rotterdam, 43-55.

- Massin C. 1982b.** Effects of feeding on the environment: Holothuroidea. In: Echinoderm Nutrition, Jangoux M, Lawrence JM (eds). Balkema. Rotterdam, 193-197.
- Massin C, Jangoux M. 1976.** Observations ecologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. poli* et *H. forskali* (Echinodermata-Holothuroidea) et comportement alimentaire de *H. tubulosa*. Cahiers de Biologie Marine, Tome XVII 45-59.
- Matonickin I. 1981.** Beskraljeznjaci, biologija visih avertebrata. Skolska knjiga. Zagreb, 535-557.
- Mazzela L, Buia MC, Gambi MC, Lorenti M, Russo GF, Scipione MB, Zupo V. 1992.** Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the mediterranean Sea: a review. In: John DM, Hawkins SJ, Price JH (eds). Plant-animal interactions in the marine benthos. Clarendon Press, Oxford, 165-187.
- 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(1-2)**: 49-62.
- Morgan AD. 2000.** Induction of spawning in the sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothurioidea). *Journal of the World Aquaculture Society* **31**: 186-194.
- Moriarty DJW. 1979.** Biomass of suspended bacteria over coral reefs. *Marine Biology* **53**: 193-200.
- Nienhuis PH, Groenendijk AM. 1986.** Consumption of eelgrass (*Zostera marina*) by birds and invertebrates: an annual budget. *Marine Ecology Progress Series* **29**: 29-35.

- Ocana A, Sanchez Tocino L. 2005.** Spawning of *Holothuria tubulosa* (Holothurioidea, Echinodermata) in the Alboran Sea (Mediterranean Sea). *Zool. baetica* **16**: 147-150.
- O'Loughlin PM. 1998.** A review of the holothurian family Gephyrothuriidae. In: Mooi R, Telford M, eds. Echinoderms: San Francisco. Rotterdam: Balkema, 493-498.
- Ostergren H. 1907.** Zur Phylogenie und Systematik der Seewalzen. *Sartryk ur Zoologiska Studier* **1**: 191-215.
- Ott J. 1980.** Growth and production in *Posodonia oceanica* (L) Delile. *Marine Ecology* **1**: 47-64.
- Panagiotopoulos P. 1916.** An account of the Hydrobiological station. *Edition of the Ministry of National Economy* (in greek). Athens.
- Paul AZ, Menzies RJ. 1974.** Benthic Ecology of the High Arctic Deep Sea. *Marine Biology* **27**: 251-262.
- Pawson DI, Fell HB. 1965.** A revised classification of the dendrochirote holothurians. *Breviora* **214**: 1-7.
- Pearse V, Pearse J, Buchsbaum M, Buchsbaum R. 1987.** Living Invertebrates. Boxwood Press, Pacific Grove, California, USA.
- Peres JM, Picard J. 1958.** Campagne de la «Calypso» en Mediterranee Nord-Orientale. 2. Recherches sur les peuplements benthiques de la Mediterranee Nord-Orientale. *Ann. Inst. Oceanogr.* **34**: 213-281.
- Pitt R, Dinh Quang Duy N . 2004.** Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in VietNam. Pp. 333-346. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A (eds). Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p.

- Pladellorens M, Subirana JA. 1975.** Spermiogenesis in the sea cucumber *Holothuria tubulosa*. *Journal of Ultrastructure Research* **52**: 235-242.
- Poh-Sze C. 2004.** Fisheries, trade and utilization of sea cucumbers in Malaysia. Pp. 57-68. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p.
- Propp MV. 1970.** The study of bottom fauna at Haswell Islands by Scuba diving. In: Holdgate MW. (ed.) *Antarctic ecology*, Volume. **1**. Academic Press, London, 239-241.
- Raso JE, Lopez de la Rosa I, Rosales JM. 1996.** Decapod crustacean communities from calcareous seaweed and *Posidonia oceanica* (rhizome stratum) in shallow waters. *Ophelia* **45**: 143-158.
- Renaud-Mornant JC, Salvat B, Bossy C. 1971.** Macrobenthos and meiobenthos from the closed lagoon of a Polynesian atoll. Maturei Vavao (Tuamotu). *Biotropica* **3**: 36-55.
- Rosechi E. 1985.** Ethologie alimentaire des Sparidae *Diplodus annularis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Pagellus erythrinus*, *Sparus aurata* du golfe du Lion et des etangs palavaisiens. Thesis, University of Languedoc. 282 pp.
- Selenka E. 1867.** Beitrage zur Anatomie und Systematik der Holothurien. *Zeitschrift fur wissenschaftliche Zoologie* **17**: 291-372, pl. XVII-XX.
- Seilacher A. 1961.** Holothurien im Hunsruckschiefer (Unter Devon). *Notizblatt des hessischen Landesamtes fur Bodenforschung zu Wiesbaden* **89**: 66-72.
- Semon R. 1888.** Die Entwicklung der *Synapta digitata* und die Stammesgeschichte der Echinodermen. *Jenaische Zeitschrift fur Naturwissenschaft* **22**: 1-135, pl. VI-XII.

- Semper C. 1868.** *Reisen im Archipel der Philippinen. 2. Wissenschaftliche Resultate. 1. Holothurien.* Leipzig: Wilhelm Engelmann.
- Sewell MA. 1992.** Reproduction of the temperate aspidochirote *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in New Zealand. *Ophelia* **35**:103 – 121.
- Sewell MA, Bergquist PR. 1990.** Variability in the reproductive cycle of *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea). *Invertebrate Reproduction and Development* **17**:1 – 7.
- Sewell MA, Tyler PA, Young CM, Conand C. 1997.** Ovarian development in the class Holothuroidea: a reassessment of the “tubule recruitment model”. *Biological Bulletin* **192**: 17-26.
- Shiell GR, Uthicke S. 2006.** Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria whitmaei* [Holothuroidea: Aspidochirotida] in the Indian and Pacific Ocean regions of Australia. *Marine Biology* **148**: 973-986.
- Simms MJ, Gale AS, Gilliland P, Rose EPF, Sevastopulo GD. 1993.** Echinodermata. In: Benton MJ, ed. *The Fossil Record 2*. London: Chapman & Hall, 491-528.
- Simunovic A, Grubelic I. 1998.** A contribution to the knowledge of the species *Holothuria tubulosa* Gmellin, 1788 (Holothuria, Echinodermata) in the coastal area of the central eastern Adriatic. *Acta Adriatica* **39(1)**: 13-23.
- Simunovic A, Piccinetti C, Bartulovic M, Grubelic I. 2000.** Distribution and abundance of the species *Holothuria tubulosa* Gmellin, 1788 and *Holothuria forskali* Delle Chiaje, 1823 (Holothuria, Echinodermata) in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, **41**: 3-16.

- Sinis A. 1977.** Keys for the identification of the Mediterranean Echinoderms (Echinodermata). I. Crinoidea & Holothurioidea (in Greek). *Sci. Annals, Fac. Phys. & Mathem., Univ. Thessaloniki* **17(2)**: 223-265.
- Sisak MM, Sander F. 1985.** Respiratory behaviour of the western Atlantic holothuroidian (Echinodermata) *Holothuria glaberrima* (Selenka) at various salinities, temperatures and oxygen tensions. *Comparative Biochemistry and Physiology* **80A(1)**: 25-29.
- Smilley S. 1994.** Holothuroidea. Pp. 401 – 471 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates, Vol. 14, Echinodermata*, F. W. Harisson and F-S. Chia, eds. Wiley – Liss, New York.
- Smilley S. 1988.** The dynamics of oogenesis and the annual ovarian cycle of *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea). *Biological Bulletin. Marine Biological Laboratory, Woods Hole* **175**: 79-93.
- Smiley S, McEuen FS, Chaffee C, Krishan S. 1991.** Echinodermata: Holothuroidea. Pages 663-750. In: Giese AC, Pearse JS, Pearse VB (eds). *Reproduction of marine invertebrates, echinodermata and lophophorates*. Volume VI. Boxwood Press, Pacific Grove, California, USA.
- Smirnov AV. 1998.** On the classification of the apodid holothurians. In: Mooi R, Telford M, eds. *Echinoderms*: San Francisco. Rotterdam: Balkema, 517 – 522.
- Smith AB. 1988.** Fossil evidence for the relationships of extant echinoderm classes and their times of divergence. In: Paul CRC, Smith AB, eds. *Echinoderm Phylogeny and Evolutionary Biology*. Oxford: Clarendon, 87-97.
- Smith AB. 1997.** Echinoderm larvae and phylogeny. *Annual Review of Ecology and Systematics* **28**: 219-241.

- Sournia A. 1976.** Primary production of sands in the lagoon of an atoll, and the role of foraminiferan symbionts. *Marine Biology* **37**: 29-32.
- Stutterd E, Williams G. 2003.** The future of bêche-de-mer and trochus fisheries and aquaculture in Australia. Final report to the Fisheries Resources Research Fund.
- Tanaka Y. 1958.** Seasonal changes occurring in the gonad of *Stichopus japonicus*. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University* **9**: 29-36.
- Tanti CM, Schembri PJ. 2006.** A synthesis of the echinoderm fauna of the Maltese islands. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **86**: 163-165.
- Thayer GW, Biorndal KA, Ogden JC, Williams SL, Zieman JC. 1984.** The role of large herbivores in seagrass communities. *Estuaries* **7**: 351-376.
- Theel H. 1886.** Report on the Holothuroidea dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876. Part II. *Report on the Scientific Results of the voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873-1876. Zoology* **14(39)**:1-290.
- Toral-Granda V. 2006.** The biological and trade status of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichpodidae. Discussion paper. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. Twenty-second meeting of the Animals Committee Lima (Peru).
- Tortonese E. 1965.** *Fauna d'Italia-Echinodermata*. Bologna: Calderini.
- Tortonese E, Vadon C. 1987.** Oursins et Holothuries. P. 743-760. In: Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche (revision 1)-Mediterranee et Mer Noire. Zone de peche 37. Volume I/ W. Fischer, M.L. Bouchon & M. Schneider (Eds). FAO publications, Rome.

- Toscano A, Bentivegna F, Cirino P. 1992.** Holothurians' responses to attack by the tonnid gastropod *Tonna galea*. In: Echinoderm Research. Scalera-Liaci L, Canicatti C, eds., p. 204. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Townsley SL, Townsley MP. 1972.** A preliminary investigation of the biology and ecology of the holothurians Fanning Island. Rep. Fanning Isl. Exp. Hawaii Inst. phys. Univ. Hawaii. Report HIG73, p. 173-183.
- Tuwo A, Conand C. 1992.** Reproductive biology of the holothurian *Holothuria forskali* (Echinodermata). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **72**: 745-758.
- Unsal S. 1973.** Ege Denizinin Turkiye Karasularinda Yasamakta Olan Derisi Dikenliler (Echinodermata). Uzerine Bio-Ecolojik Arastirmalar. *Doctora tezi. Ismir.*
- Uthicke S. 2001.** Influence of asexual reproduction of the structure and dynamics of *Holothuria (Halodeima) atra* and *Stichopus chloronotus* populations of the Great Barrier Reef. *Marine and Freshwater Research* **52**: 205-215.
- Uthicke S. 1997.** Seasonality of asexual reproduction in *Holothuria (Halodeima) atra*, *H. (H.) edulis* and *Stichopus chloronotus* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef. *Marine Biology* **129**: 435 – 441.
- Uthicke S, Benzie JAH. 2000.** Effect of beche-de-mer fishing on densities and size esturcture of *Holothuria nobilis* (Echinodermata, Holothoroidea) populatons on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* **19**: 271-276.
- Uthicke S, Klumpp D. 1996.** Bêche-de-mer: A Literature Review on Holothurian Fishery and Ecology. Prepared for the Cape York Land Council. Australian Institute of Marine Science, Townsville.

- Valls A. 2004.** Natural spawning observation in *Holothuria tubulosa*. *SPC Beche-de-Mer information Bulletin* **19**: 40.
- Vannuccini S. 2004.** Sea cucumbers: a compendium of fishery statistics. Pp. 399–412. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p.
- Vermeij G. 1993.** *Evoloution and Escalation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vizzini S, Mazzola A. 2004.** Stable isotope evidence for the environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* **49**: 61-70.
- Walker KR, Bambach RK. 1974.** Feeding by benthic invertebrates: Classification and terminology for paleoecological analysis. *Lethaia*, Blackwell Synergy.
- Warnau M, Dutrieux S, Ledent G, Rodriguez y Baena AM, Dubois P. 2006.** Heavy metals in the sea cucumber *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from the Mediterranean *Posidonia oceanica* Ecosystem: Body Compartment, Seasonal, Geographical and Bathymetric Variations. *Environmental Bioindicators* **1**: 268-285.
- Warnau M, Temara A, Ameye L, Jangoux M. 1998.** The excretory function of the posteriormost part of the echinoid and holothuroid gut (Echinodermata). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* **120**: 687-691.
- Wittmann K, Scipione MB, Fresi E. (1981).** Some laboratory experiments on the activity of the fragmentation of detrital leaves of *Posidonia oceanica* (L.) DELILE. *Rapp P-V Reun. Comm. Int. Mer Mediterr. Monaco* **27**: 1-205.

- Yingst JY. 1976.** The utilization of organic matter in shallow marine sediments by an epibenthic deposit-feeding holothurian. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **23**: 55–69.
- Zar J.H. 1984.** *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 718 p.
- Zavodnik D. 1980.** Distribution of Echinodermata in the north Adriatic insular region. *Acta Adriatica* **21(2)**: 437 – 468.
- Zavodnik D. 1997.** Echinodermata of the marine National park “Kornati” (Adriatic Sea). *Periodicum Biologorum* **99 (3)**: 367-380.
- Zavodnik D, Span A, Zavodnik N, Simunovic A, Antolic B. 1981.** Benthos of the western coast of the island Krk (Rijeka Bay, the North Adriatic Sea). *Thalassia Jugoslav.*, **17(3/4)**: 285 – 337.
- Zieman JC, Thayer GW, Roblee MB, Zieman RT. 1979.** Production and export of seagrasses from a tropical bay. In: Livingston RJ (ed). *Ecological processes in coastal and marine systems*. Plenum Press, New York, p 21-33.

5.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κάττουλας Μ. 1985.** Κλάση Ολοθουροειδή (Holothuroidea). *Ζωολογία* 930-940.
- Κουτσούμπας Δ. 2003.** *Βενθικά Οικοσυστήματα (Σημειώσεις)*. Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Λαζαρίδου – Δημητριάδου Μ. 1984.** Holothuroidea (Ολοθουροειδή). *Γενική Ζωολογία* 264-267.

6. ABSTRACT

The present study aims to describe the population structure of the species *Holothuria tubulosa* in mobile substratum at the upper part of sublittoral zone in Pagasitikos Gulf.

Sampling was carried out with SCUBA-diving on a 15-days or monthly basis (June 2007-July 2008) at 6-8 m depth focusing on the assessment of density, biometry and reproductive cycle of the species.

Overall, 314 individuals were collected and measured. Mean population density was 9.93 ± 3.28 ind / 100 m². The mean value of total length was 29.8 ± 6.34 cm, of total weight 218.33 ± 84.79 g, of gutted weight 108.46 ± 35.10 g, of the length of the digestive tract 82.7 ± 19.93 cm and of the perimeter of the peripharyngeal crown was 52.3 ± 6.02 mm.

The statistical analysis showed significant differences between samplings for every characteristic ($p < 0.05$). Sex ratio was found to be 1:1 while no significant differences were observed between the sexes ($p > 0.05$).

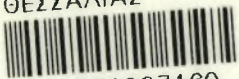
The estimated biometric relationships followed negative allometry and the pair total weight - gutted weight showed the highest correlation coefficient ($r = 0.94$). Also, frequency distributions of all the biometric characteristics appeared to be unimodal.

Finally, the species showed an annual reproductive cycle and spawning occurred at the end of the summer.

Key words: *Holothuria tubulosa*, density, biometry, reproduction, Aegean



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097460