

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ – ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ *Paracentrotus lividus*  
(Lamarck, 1816) ΣΤΟΝ ΑΜΒΡΑΚΙΚΟ ΚΟΛΠΟ



ΜΑΓΙΑΦΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΜ 11732

Επιβλέπων Καθηγητής: ΡΑΜΦΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ, 2018

## Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η εκτίμηση των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών του αχινού *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), στον Αμβρακικό κόλπο. Πραγματοποιήθηκαν 6 μηνιαίες δειγματοληψίες (02/2017–07/2017) στην περιοχή της Βόνιτσας. Σε κάθε δειγματοληψία συλλέχθηκαν τυχαία άτομα αχινού με ελεύθερη κατάδυση σε βάθος 0-2m και λήφθηκαν ψηφιακές φωτογραφίες για την εκτίμηση της αφθονίας και του μεγέθους των αχινών. Στο εργαστήριο έγιναν μετρήσεις των κύριων μορφομετρικών χαρακτηριστικών (διάμετρος κελύφους και νωπό βάρος). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στη ζώνη 0-2μ η μέση αφθονία κατά την περίοδο Φεβρουάριος-Ιούλιος ήταν ιδιαίτερα υψηλή και κυμάνθηκε από 112.5 έως 228.3 άτομα/m<sup>2</sup>. Η υψηλότερη μέση αφθονία (284.1 άτομα/m<sup>2</sup>) παρατηρήθηκε στο βραχώδες υπόστρωμα συγκριτικά με το αμμώδες ή το χαλικώδες υπόστρωμα που υπήρχε στην περιοχή. Το μέσο μέγεθος του κελύφους του πληθυσμού κυμάνθηκε μεταξύ 17.9mm και 21.4mm κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου και ήταν υψηλότερο τον Απρίλιο.

## Abstract

The population of the sea urchin *Paracentrotus lividus* was studied for a six month period in a rocky shore at the western part of Amvrakikos Gulf (Western Greece). The sampling period started in February 2017 and ended in July 2017. In each sampling population density was estimated by photographs of the substrate taken with free diving in the depth range of 0-2m. The size of the individuals (test diameter) was measured digitally in the images. In each month a random sample of sea urchins was also collected in order to estimate the size-weight relationship. Results showed that mean density of the population was highest in July (228.3ind/m<sup>2</sup>) and lowest in February (112.5ind/m<sup>2</sup>). Sea urchin showed a clear preference for the hard rocky substrate in comparison to sandy substrate or pebbles with mean density of 284.1 ind/m<sup>2</sup>. Mean test diameter ranged between 19.4mm and 21.4mm during the study period showing highest values in April and lowest in July.

# Περιερχόμενα

<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>4</b>
1.1.    Συστηματική κατάταξη .....	4
1.2.    Γεωγραφική εξάπλωση.....	5
1.3.    Κίνηση .....	6
1.4.    Διατροφή .....	7
1.5.    Μορφολογία και Ανατομία .....	8
1.6.    Αναπαραγωγή.....	10
1.7.    Περιοχή μελέτης .....	13
<b>2. Υλικά και Μέθοδοι.....</b>	<b>16</b>
<b>3. Αποτελέσματα .....</b>	<b>21</b>
3.1.    Αφθονία.....	21
3.2.    Μέγεθος κελύφους – Κατανομές μεγεθών .....	23
3.3.    Σωματομετρικές σχέσεις .....	27
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>29</b>
<b>5. Βιβλιογραφία .....</b>	<b>30</b>

## Εισαγωγή

Ο κοινός αχινός *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), είναι από τα πιο γνωστά είδη Εχινοειδών της Μεσογείου (Lozano et al. 1995, Boudouresque & Verlaque, 2001). Είναι πάρα πολύ κοινός στις ελληνικές θάλασσες και μαζί με τους αχινούς *Arbacia lixula* και *Sphaerechinus granularis*, απαντά σχεδόν σε ολόκληρη τη μεσογειακή παραλιακή και υποπαραλιακή ζώνη. Τα εχινοειδή αυτά θεωρείται ότι ασκούν σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση και την εξέλιξη των βενθικών κοινοτήτων και αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την αφθονία και την εξάπλωση των φυτών στα θαλάσσια αβαθή περιβάλλοντα. Ως εδωδιμο είδος, ο αχινός παρουσιάζει παγκοσμίως έντονο οικονομικό ενδιαφέρον, αφού οι γονάδες του αποτελούν είδος πολυτελείας σε Ασία και Νότια Ευρώπη όπου και καταναλώνονται ωμές ή μαγειρεμένες, πετυχαίνοντας ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Ο κύριος αποδέκτης των αλιευμάτων του αχινού είναι η Ιαπωνική αγορά, ενώ σημαντική είναι και η κατανάλωση στη Γαλλία (Guidetti et al. 2004). Πέρα από το οικονομικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει το είδος εμφανίζει και οικολογικό ενδιαφέρον (Sellem & Guillou 2007). Παρόλα αυτά οι πληροφορίες για τις ελληνικές θάλασσες και για την ευρύτερη περιοχή της ανατολικής μεσογείου είναι περιορισμένες και επικεντρώνονται κυρίως σε πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του είδους (Antoniadou & Vafidis 2009).

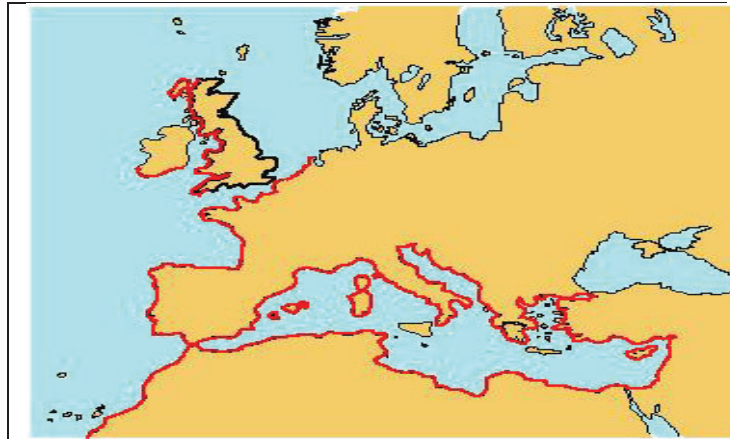
### 1.1. Συστηματική κατάταξη

Πίνακας 1.1

<b>Βασίλειο:</b>	<i>Animalia</i>	<b>Ζώων</b>
<b>Συνομοταξία:</b>	<i>Echinodermata</i>	<b>Εχινόδερμα</b>
<b>Ομοταξία:</b>	<i>Echinoidea</i>	<b>Εχινοειδή</b>
<b>Υπέρταξη:</b>	<i>Echinacea</i>	<b>Εχινόμορφα</b>
<b>Σειρά:</b>	<i>Camarodonta</i>	<b>Καμερόδοντα</b>
<b>Οικογένεια:</b>	<i>Parechinidae</i>	<b>Εχινίδες</b>
<b>Γένος:</b>	<i>Paracentrotus</i>	<b>Παρακεντρωτός</b>
<b>Είδος :</b>	<i>P. lividus</i>	<b>Παρακεντρωτός ο μολυβδό- χρωμος</b>

## 1.2. Γεωγραφική εξάπλωση

Το είδος *Paracentrotus lividus* εξαπλώνεται σε όλη τη Μεσόγειο Θάλασσα και στο βορειοανατολικό Ατλαντικό, από τη Σκωτία και την Ιρλανδία μέχρι το νότιο Μαρόκο και τα Κανάρια Νησιά. Είναι ιδιαίτερα συχνό σε περιοχές όπου οι



Εικόνα 1. Γεωγραφική εξάπλωση

θερμοκρασίες το χειμώνα στο νερό κυμαίνονται από 10 έως 15°C, και το καλοκαίρι από 18 έως 25° C, όπως στη δυτική Μεσόγειο, τη Πορτογαλία και τον Βισκαϊκό Κόλπο. Το *P. lividus* είναι είδος της υποπαραλιακής ζώνης, συναντάται μέχρι βάθος 10 με 20m και προτιμά κυρίως το σκληρό υπόστρωμα (Turonet et al. 1995). Στη Μεσόγειο που χαρακτηρίζεται από άμπωτη μεγάλου πλάτους, όταν το επίπεδο της θάλασσας πέφτει σε ασυνήθιστα χαμηλά επίπεδα, άτομα του *P. lividus* συνήθως πεθαίνουν σε πολύ γρήγορους ρυθμούς. Στην ανοικτή θάλασσα το *P. lividus* εμφανίζεται κυρίως σε σκληρό υπόστρωμα και λιβάδια των *Posidonia oceanica* και *Zostera marina*.

Το είδος φαίνεται να επηρεάζεται από την οργανική ρύπανση, κάτι που επηρεάζει την ανάπτυξη του είδους. Το *P. lividus* αντέχει τα υψηλά επίπεδα βαρέων μετάλλων, αν και ο ρυθμός ανάπτυξης τους μειώνεται (Pancucci & Panayotidis, 1994). Άτομα μικρού μεγέθους (<1-2cm) τα οποία είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στη θήρευση, ζουν μόνιμα σε ρωγμές και τρύπες, κάτω από βότσαλα και πέτρες και πλαισιωμένα από το φανερόγαμο *P. oceanica* και από άλλους πολυκύτταρους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (Bulleri et. al., 1999).

### 1.3. Κίνηση

Το *P. lividus* παρουσιάζει καθημερινές μεταναστευτικές κινήσεις μικρής κλίμακας μεταξύ των περιοχών που προσφέρουν καταφύγιο και προστασία από αρπακτικά ζώα και των περιοχών στις οποίες τρέφονται. Οι πληθυσμοί της Μεσογείου εμφανίζουν συνήθως έντονη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας μία συμπεριφορά που είναι κοινή μεταξύ όλων των εχινοειδών. Στην αιχμή της καθημερινής δραστηριότητας, η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένα άτομο μπορεί να φτάσει και τα 40 cm/h (*Flukes et. al., 2012*). Η καθαρή κίνηση ενός ατόμου μέσα σε 24 ώρες, δηλαδή η ευθεία απόσταση μεταξύ της αρχικής και τελικής θέσης ενός ατόμου, κυμαίνεται μεταξύ 0 και 260cm (μέσος όρος: 50 cm). Αυτή η απόσταση δεν επηρεάζεται από το μέγεθος του σώματος του ατόμου, το βάθος, την εποχή ή τον τύπο του υποστρώματος. Η κίνηση τους επηρεάζεται από την κίνηση του νερού καθώς η δραστηριότητα μειώνεται κάτω από ταραχώδεις συνθήκες. Άτομα που ζουν σε εκτεθειμένες περιοχές, σε λαγούμια ή σε περιοχές με έντονη παλίρροια δεν μπορούν να μετακινηθούν σχεδόν καθόλου (*Flukes et. al., 2012*). Επίσης έχει παρατηρηθεί στο φυσικό περιβάλλον ότι το *P. lividus* καλύπτεται από μία μεγάλη ποικιλία υλικών: όπως φύλλα του φυτού *P. oceanica*, άδεια κελύφη, μικρά βότσαλα, πλαστικά κομμάτια κλπ. Αυτή η συμπεριφορά («συμπεριφορά κάλυψης»), η οποία είναι πιο έντονη κατά την καλοκαιρινή περίοδο, θεωρείται πως είναι για την προστασία του είδους από το φως και αποτελεί προστασία από θηρευτές (*Bonaviri et. al., 2009*).

#### 1.4. Διατροφή

Το μεγαλύτερο μέρος των προτιμήσεων της τροφής του *P. lividus* έχει καθοριστεί με τη βοήθεια εργαστηριακών πειραμάτων. Περαιτέρω πληροφορίες προέρχονται από τη σύγκριση της αφθονίας στο περιεχόμενο του εντέρου και στο βιότοπο από όπου τα άτομα έχουν συλλεχθεί (Psaras, 1995). Το *P. lividus* είναι κυρίως φυτοφάγο και καταναλώνει κυρίως μακροφύκη καθώς και όλα τα μέρη του *P. oceanica*: ζωντανά φύλλα με ή χωρίς επίφυτα, νεκρά φύλλα ακόμα και ριζώματα και ρίζες. Το γεγονός ότι το *P. lividus* τρέφεται από διάφορα μέρη των φυτών και όχι από ολόκληρο το φυτό οδήγησε στο χαρακτηρισμό του είδους ως «ψευδοβοσκητή» (Guidetti et. al., 2004). Η επιλογή της τροφής εξαρτάται από τη σχετική αφθονία και τη διαθεσιμότητά της στο περιβάλλον. Στη Μεσόγειο, φύλλα του *P. oceanica* μπορεί να αποτελέσουν έως και το 40% του περιεχομένου του εντέρου ακόμα και σε άτομα που βρίσκονται εκατοντάδες μέτρα μακριά από ένα λιβάδι *P. oceanica* (Bulleri et. al., 1999)

Η επιλογή της τροφής μπορεί να εξαρτηθεί από τη μορφολογία και την υφή της και την ευκολία με την οποία ο αχινός μπορεί να την προσλάβει. Η περιεκτικότητα σε άζωτο των τροφών συχνά θεωρείται ότι συσχετίζεται θετικά με την επιλογή τους από τους αχινούς. Παρά το γεγονός ότι έχει αποδειχθεί ότι η κύρια πηγή τροφής του *P. lividus* είναι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, φαίνεται ότι είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί οποιοδήποτε είδος τροφής, ιδιαίτερα κάτω από συνθήκες περιορισμένων πόρων. Πράγματι, σφουγγάρια, μέδουσες, κωπήποδα, κλπ. μπορούν να βρεθούν στο περιεχόμενο του εντέρου του *P. lividus*. Έπισης τα άτομα του *P. lividus* τρέφονταν ακόμα και με νεκρά ψάρια που βρίσκονταν στον πυθμένα. (Psaras, 1995). Τέλος, μπορεί να παρουσιαστεί κανιβαλισμός αφού έχουν βρεθεί υπολείμματα αχινών στο περιεχόμενο του εντέρου αχινών. Αυτό εντοπίζεται κυρίως σε εξαιρετικά πυκνούς πληθυσμούς του *P. lividus*.

### 1.5. Μορφολογία και Ανατομία



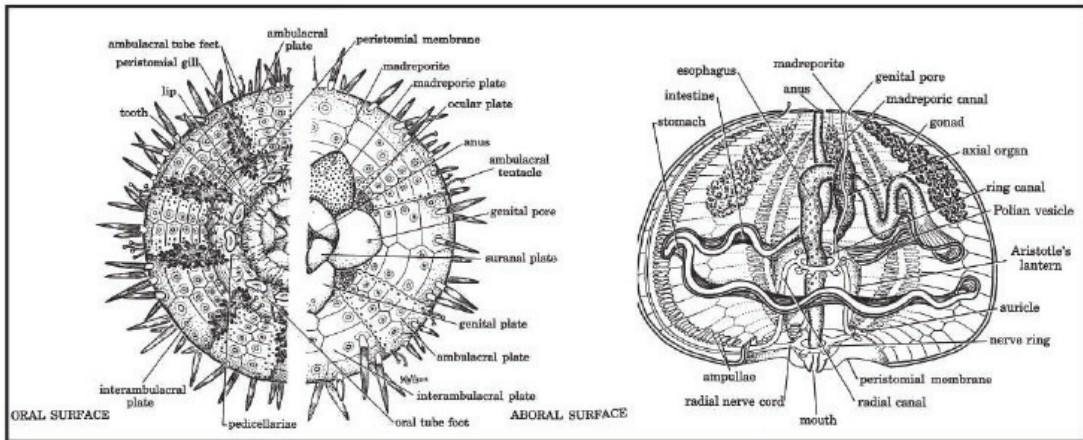
**Εικόνα 2.** Ο αχινός *Paracentrotus lividus*

Ο αχινός *Paracentrotus lividus*, είναι ο κοινός πετροαχινός (Εικόνα 2). Η αναλυτική συστηματική του κατάταξη παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Το είδος αυτό απαντάται ευρύτατα στη Μεσόγειο, σε ρηχά νερά και τρέφεται με φωτόφιλα φύκη. Όπως όλα τα εχινόδερμα, έτσι και ο *P. lividus* χαρακτηρίζεται από πεντακτινωτή συμμετρία, η οποία προκύπτει δευτερογενώς μετά από μια περίοδο

αμφίπλευρης συμμετρίας, κατά την πρώιμη οντογένεση. Το σώμα είναι σφαιρικό, πεπλατυσμένο στους δύο πόλους και φέρει ισχυρές άκανθες, μεταξύ των οποίων υπάρχουν οι βαδιστικοί ποδίσκοι και οι ποδολαβίδες. Η κίνηση των άκανθων επιτυγχάνεται με μύες προσφύμενους στη βάση τους.

Κάτω από το εξωδερμικό περίβλημα υπάρχει ο ενδοδερμικός σκελετός που αποτελείται από τα ασβεστολιθικά πινακίδια. Η διάμετρος του σώματος μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 9-10 εκ. χωρίς τις άκανθες. Οι άκανθες είναι οξύληκτες, φτάνουν τα 3 εκ. σε μήκος και κινούνται με τη βοήθεια μυών. Όπως και στα άλλα μέλη της συνομοταξίας των εχινόδερμων δεν παρατηρείται κεφαλοποίηση. Υπάρχει ωστόσο ένας στοματικός-αντιστοματικός άξονας. Στην Εικόνα 3 φαίνεται η εσωτερική δομή του αχινού. Στο κέντρο της στοματικής επιφάνειας διακρίνεται το στόμα, ενώ στην αντιστοματική περιοχή, η έδρα. Χαρακτηριστική είναι επίσης, η μασητική συσκευή των εχινόειδών από την οποία ξεκινά το πεπτικό σύστημα. Η μασητική συσκευή, η οποία είναι γνωστή και ως λύχνος του Αριστοτέλη, εκτείνεται ως το φάρυγγα και αποτελείται από τα δόντια και τις γνάθους (Hickman, 2011).





**Εικόνα 3.** Τα ανατομικά χαρακτηριστικά του αχινού

Τα πέντε μακριά κυρτά δόντια εκφύονται από τις πέντε γνάθους και προεξέχουν από το στόμα. Οι γνάθοι συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια μικρών σκελετικών τεμαχίων από ανθρακικό ασβέστιο που ονομάζονται επιφύσεις. Η κίνηση των γνάθων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια προσαγωγών και απαγωγών μασητήρων μυών. Συνέχεια της μασητικής συσκευής αποτελεί ο οισοφάγος, ο διευρυμένος στόμαχος και το σωληνοειδές περιελιγμένο έντερο που καταλήγει στην έδρα. Ο σίφωνας είναι τυφλός σωλήνας που εκφύεται από τον οισοφάγο και ενώνεται με το πρόσθιο τμήμα του τελικού εντέρου. Χρησιμεύει για την απομάκρυνση της περίσσειας του θαλασσινού νερού που εισέρχεται στη στοματική κοιλότητα με την τροφή. Στο κοίλωμα του αχινού περιφέρονται τα κοιλωματικά κύτταρα με φαγοκυτταρική δράση και ικανότητα επούλωσης των τραυμάτων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το υδροφορικό σύστημα του αχινού που ξεκινά από τη μητροπόρα πλάκα και οδηγεί το νερό στον περιοισοφαγικό υδροφορικό κλοιό. Το νερό μέσα από ένα σύστημα τυφλών σωλήνων και υδροφόρων αγωγών καταλήγει σε σωληνοειδείς τυφλούς βαδιστικούς ποδίσκους οι οποίοι εξέρχονται από τους πόρους των βαδιστικών πινακιδίων και προβάλλουν στην εξωτερική επιφάνεια. Οι βαδιστικοί ποδίσκοι διατείνονται από το περιεχόμενο νερό και προκαλούν την κίνηση του ζώου με τη βοήθεια και ζευγών μυών. Το

νευρικό σύστημα του αχινού αποτελείται από τον περιοισοφαγικό νευρικό κλοιό, από τον οποίο εκφύονται πέντε πλευρικά νευρικά στελέχη.

### 1.6. Αναπαραγωγή

Ο αχινός είναι γονοχωριστικός οργανισμός και φέρει πέντε γονάδες που διατάσσονται ακτινωτά ως προς τον στοματικό-αντιστοματικό άξονα αν και έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού. Η σεξουαλική ωρίμανση συμβαίνει όταν το άτομο έχει 13-20mm διάμετρο και κάθε χρόνο συμβαίνει ένας κύκλος γαμετογένεσης αν και μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να παρατηρηθούν και δύο. Παρατηρείται διαφορά ως προς το χρώμα των γονάδων και συγκεκριμένα οι αρσενικές είναι υποκίτρινες ενώ οι θηλυκές είναι πορτοκαλί (Εικόνα 4) (Grosjean, 2001).



**Εικόνα 4. Αριστερά:** Οι θηλυκές γονάδες με χρώμα πορτοκαλί **Δεξιά:** Οι αρσενικές γονάδες που είναι υποκίτρινες.

Κατά την αναπαραγωγή, αρσενικοί και θηλυκοί αχινοί συγκεντρώνονται και απελευθερώνουν σχεδόν ταυτόχρονα τους γαμέτες τους για να συμβεί εξωτερική γονιμοποίηση. Τα γεγονότα απελευθέρωσης των γαμετών μάλλον πυροδοτούνται

από την διάρκεια της μέρας και την θερμοκρασία. Γι' αυτό το λόγο η περίοδος της ωοτοκίας σχετίζεται άμεσα με την περιοχή διαβίωσης του αχινού. Στην Ελλάδα οι γεννητικά ώριμοι αχινοί συλλέγονται μεταξύ Νοεμβρίου και Μαΐου οπότε και έχουν ώριμες γονάδες που μπορούν να δώσουν γαμέτες (Sellem, 2007). Το πόσες αναπαραγωγικές περιόδους θα εμφανίσει ένα πληθυσμός είναι ανεξάρτητος από την τοποθεσία, τον οικότοπο και τη διακύμανση μεταξύ των ατόμων και μεταξύ των ετών. Αυτό μπορεί να αποτελεί στρατηγική ώστε να αποφεύγονται οι απώλειες πλαγκτονικών προνυμφών, απώλειες που οφείλονται σε κακές συνθήκες ή σε ανεπάρκεια της τροφής.

Η αύξηση του δείκτη των γονάδων εμφανίζεται μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου, που συμπίπτει με την αρχή μιας περιόδου παραγωγής φυκιών, παράλληλα με τις αυξήσεις στη θερμοκρασία του νερού και στους ρυθμούς κατανάλωσης τροφίμων. Αυτό η αύξηση του δείκτη γονάδων ακολουθείται από μία μόνο ωοτοκία περίοδο μεταξύ Μαρτίου και Ιουνίου ενδεχομένως προκληθεί από το φυτοπλαγκτόν ανθίζει στην περιοχή. (Murillo et. al., 2012).

Η εμφάνιση των γονάδων εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της κύριας που γεννούν την άνοιξη ή το καλοκαίρι, υποδηλώνοντας ότι η αφθονία του φυτοπλαγκτού έχει αντίκτυπο στην έναρξη εγκατάστασης. (Sellem & Guillou, 2007)

Όσον αφορά τα στάδια ωριμότητας υπάρχουν πολλές εκδοχές για τον αριθμό των σταδίων.

- Ο Byrne (1990), χρησιμοποίησε κλίμακα 6 σταδίων ωριμότητας και για τα δύο φύλα: στάδιο I: στάδιο αναδιοργάνωσης (*recovery stage*), στάδιο II: στάδιο ανάπτυξης (*growing stage*), στάδιο III: ανώριμο στάδιο (*premature stage*), στάδιο IV: ώριμο στάδιο (*mature stage*), στάδιο V: στάδιο ωοτοκίας (*partly spawned stage*) και στάδιο VI: κενές γονάδες (*spent stage*)
- Οι Spirlet et al. (1998) αναγνώρισαν 8 στάδια και για τα δύο φύλα: στάδιο I: κενές γονάδες με υπολειμματικά ωοκύτταρα και σπέρμα (*spent with relict gametes in the resorbing process*), στάδιο II: εντελώς κενές γονάδες (*spent empty*), στάδιο III: αναδιοργάνωση (*recovery*), στάδιο IV: ανάπτυξη (*growing*), στάδιο V: ανώριμοι γαμέτες

(*premature*), στάδιο VI: ώριμοι γαμέτες (*mature*), στάδιο VII: στάδιο ωοτοκίας (*partly spawned*), στάδιο VIII: προχωρημένη ωοτοκία (*post spawned*).

- Και τέλος οι Sanchez – Espana et al. (2004) προσδιόρισαν 4 στάδια ωριμότητας για τα θηλυκά και 2 για τα αρσενικά άτομα. Για τα θηλυκά άτομα: H1: κενές γονάδες (*spent condition*), H2: ωρίμανση ωοκυττάρων (*phase of oocyte maturation*), H3: ώριμα ωοκύτταρα (*mature state with ova*) και H4: στάδιο αναδιοργάνωσης των γονάδων με το μέγιστο πάχος του θρεπτικού υλικού (*phase of gonadal reconstitution with maximum thickness of the nutritive layer*). Για τα αρσενικά: στάδιο M0: κενές γονάδες (*spent condition*), στάδιο M1: ώριμες γονάδες με παρουσία σπέρματος (*mature gonad with sperm*).

Οι αχινοί ελευθερώνουν τους γαμέτες τους στο θαλάσσιο περιβάλλον από τους πόρους των γεννητικών πινακιδίων και έτσι επιτυγχάνεται εξωτερική γονιμοποίηση. Το ώριμο ωάριο του αχινού περιβάλλεται από ένα παχύ βλενώδες- ζελατινώδες περίβλημα (*gel coat*) που χρησιμεύει για την ενεργοποίηση του σπερματοζωαρίου κατά την γονιμοποίηση. Παράγοντες σε αυτό το βλενώδες περίβλημα προκαλούν την αντίδραση του ακροσώματος στο σπερματοζωάριο και είναι ειδικοί για κάθε είδος. Στην εσωτερική πλευρά αυτού του περιβλήματος βρίσκεται η λεκιθική μεμβράνη που καλύπτει την κυτταρική μεμβράνη. Το ώριμο σπερματοζωάριο, το οποίο αποτελείται από την κεφαλή, τον αυχένα, το μέσο τμήμα και την ουρά, φέρει στο πρόσθιο άκρο της κεφαλής του, το ακρόσωμα. Το ακρόσωμα περιέχει πρωτεολυτικά ένζυμα που πέπτουν τη λεκιθική μεμβράνη και στον αχινό σχηματίζει το ακροσωμικό νημάτιο με τη διαδικασία της αντίδρασης του ακροσώματος. Σε αντίθεση με τα σπερματοζωάρια των θηλαστικών που χρησιμοποιούν θρεπτικά συστατικά από το θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα ως πηγή ενέργειας για την κίνησή τους, τα σπερματοζωάρια του αχινού κολυμπούν στη θάλασσα και επομένως διαθέτουν ενδογενείς ενεργειακούς πόρους όπως φωσφολιπίδια ή τριγλυκερίδια τα οποία παράχθηκαν κατά τη

σπερματογένεση και αποθηκεύτηκαν. Κατά τη διάρκεια της γονιμοποίησης, το ωάριο συντήκεται με το σπερματοζωάριο, αφού το δεύτερο διασχίσει το ζελατινώδες περίβλημα με τη βοήθεια των ακροσωμικών ενζύμων. Στη συνέχεια συντήκονται οι προπυρήνες ωαρίου και σπερματοζωαρίου με αποτέλεσμα τον σχηματισμό του ζυγωτού κάτι το οποίο σηματοδοτεί την έναρξη των αυλακώσεων (Sellem, 2007).

### 1.7. Περιοχή μελέτης

Ο Αμβρακικός Κόλπος δημιουργήθηκε μετά από μακροχρόνια εξέλιξη. Η έντονη γεωφυσική δραστηριότητα, πριν από 2 εκατ. χρόνια δημιούργησε ένα βύθισμα που γέμιζε με τις αποθέσεις των ποταμών Λούρου και Άραχθου. Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας επέτρεψε στα νερά του Ιονίου να πλημμυρίσουν τον Κόλπο δίνοντάς του τη σημερινή μορφή (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Αμβρακικός κόλπος

Η περιοχή προστατεύεται από τη διεθνή σύμβαση Ramsar, έχει χαρακτηριστεί ως περιοχή ειδικής προστασίας (SPA) σύμφωνα με την οδηγία 79/409/ΕΕ της

Ευρωπαϊκής Ένωσης και περιλαμβάνεται στο δίκτυο *Natura 2000* (Kehayias et al., 2014).

Έχει έκταση 405 τετ. χιλ., αποτελεί μία κλειστή εσωτερική θάλασσα που επικοινωνεί με το Ιόνιο Πέλαγος μέσω ενός στενού δίαυλου (600 περίπου μέτρων), Ακτίου-Πρέβεζας. Η ποικιλομορφία των βιοτόπων που απαντώνται στον Αμβρακικό διαμορφώνεται από τα δύο ποτάμια που καταλήγουν στον κόλπο, μεγάλες και μικρές λιμνοθάλασσες, νησίδες που χωρίζουν τις λιμνοθάλασσες από τη θάλασσα, παραποτάμιες ζώνες, υγρά λιβάδια, κλπ. Ο Αμβρακικός περιβάλλεται από 20 λιμνοθάλασσες, συνολικής έκτασης 70 τετρ χιλιομέτρων. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιολογική παραγωγικότητα, και λειτουργούν ως φυσικά εκτροφεία ψαριών και καρκινοειδών που αποτελούν τροφή για πολλά είδη πτηνών και άλλων οργανισμών.

Οι εκτεταμένες γεωργικές δραστηριότητες στην κοντινή περιοχή οδηγούν σε υψηλή εκροή των θρεπτικών ουσιών. Πρόσφατα δείχνουν ότι η συγκέντρωση των πυριτικών είναι περίπου 13 φορές πάνω από το υπόβαθρο ενώ η συγκέντρωση φωσφορικών αλάτων και νιτρικών αλάτων είναι 4 φορές πάνω από το επίπεδο. Επιπλέον, οι εντατικές καλλιέργειες καθώς και οι πολύ υψηλές τιμές αφθονίας του ζωοπλαγκτού έχουν αναφερθεί, συγκρίσιμες με εκείνες των πιο ευτροφικών κόλπων στη Μεσόγειο (Pancucci & Panayotides, 1994). Σε όλο τον κόλπο, εκτός από τις λιμνοθάλασσες ή στο άμεσο περιβάλλον των ποταμών, όπου η αλατότητα είναι ένας απαγορευτικός παράγοντας για την επιβίωση του εχινόδερμου, οι βραχώδεις ακτές παρουσιάζουν γυμνούς βράχους καλυμμένους από μικρούς αχινούς, που φαίνεται να ανήκουν στην ίδια ομάδα μεγεθών. Μία περαιτέρω σημαντική παρατήρηση είναι η απουσία άλλων κοινών εχινοειδών, π.χ. *Arbacia lixula*, από όλες τις τοποθεσίες που επισκέφτηκαν, σε συνδυασμό με την απόλυτη κυριαρχία του *Paracentrotus lividus* (Pancucci & Panayotides, 1994).

Από ότι φαίνεται το είδος *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο είναι προσαρμοσμένο στον ευτροφισμό, που προέρχεται κυρίως από γεωργικά απόβλητα. Είναι πιθανό ότι τα υψηλά επίπεδα οργανικής ύλης αρχικά οδήγησαν σε ταχεία ανάπτυξη του *P. lividus*, με υψηλή αναπαραγωγική ικανότητα και τον επακόλουθο υπερπληθυσμό του αλλά και την εξαφάνιση άλλων ειδών λιγότερο ανεκτικών ή πιο επιλεκτικών στις

τροφικές τους συνήθειες. Αυτό το φαινόμενο έχει ανατροφοδοτήσει το μέγεθος του σώματος, το οποίο σχετίζεται με το τροφικό. Σε ένα τέτοιο ευτροφικό περιβάλλον, ο *P. lividus* φαίνεται να προσαρμόζει τις τροφικές συνήθειες, διατηρώντας τον τροφικό τρόπο τις μικροφαγίας. Ως αποτέλεσμα, ενώ η επιβίωση είναι δυνατή, πολλή ενέργεια καταναλώνεται στη σίτιση, με αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη του σώματος (*Pancucci & Panayotides, 1994*).

Το επιφανειακό στρώμα νερού το καλοκαίρι (Ιούλιο) έχει αλατότητα που κυμαίνεται από 31 έως 33 ppt και θερμοκρασία που κυμαίνεται από 23,5 έως 27 °C. Το κάτω στρώμα νερού έχει αλατότητες μεταξύ 37 και 38 ppt και θερμοκρασία μεταξύ 17,3 και 19,0 °C. Ο Κόλπος χαρακτηρίζεται από υψηλή πρωτεύουσα παραγωγικότητα με πυκνότητες φυτοπλαγκτού μεταξύ 7,5-105 και 2.0-107 κύτταρα/l και υψηλά επίπεδα ευτροφισμού με μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N και NO<sub>3</sub>-N περίπου 0,45 και 2,2 mg ανά l, αντίστοιχα. Επιπλέον, ο Αμβρακικός Κόλπος περιέχει 3,8, 1,4 και 3,9 φορές περισσότερο PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N και NO<sub>3</sub>-N, αντίστοιχα, από το Ιόνιο και το Αιγαίο Πέλαγος (*Ferentinos et al., 2010*)

Τα τελευταία χρόνια, οι μελέτες αποκάλυψαν ότι ο Αμβρακικός Κόλπος πάσχει από εποχική υποξία (συγκέντρωση οξυγόνου <2 mg/l) στο δυτικό τμήμα του και εποχιακή ανοξία (συγκεντρώσεις οξυγόνου <0,5 mg/l). Αυτό οφείλεται στην υπερβολική χρήση γεωργικών λιπασμάτων στη γύρω περιοχή καθώς και στην αύξηση των αποθεμάτων των ζώων, στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια και στα οικιακά απόβλητα τα τελευταία 20 με 30 χρόνια. Ο Αμβρακικός κόλπος είναι μεσοτροφικός και εποχιακά ευτροφικός κόλπος (*Kehayias et al., 2014*).

## 2. Υλικά και μέθοδοι

Οι δειγματοληψίες για τη μελέτη του είδους *P. Lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο πραγματοποιήθηκαν στις 12/02/2017 έως 29/07/2017. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 6 δειγματοληψίες στη νότια και δυτική ακτογραμμή του Κόλπου (Εικόνα , Πίνακας 1).

**Πίνακας 1. Στοιχεία των θέσεων όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία του είδους *P. Lividus* στην περιοχή μελέτης.**

Θέση	Ημερομηνία	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	Βάθος δειγμ/ψίας
Βόνιτσα	Αμβρακικός Κόλπος			
	12/02/2017			0-2m
	12/03/2017			0-2m
	08/04/2017			0-2m
	13/05/2017			0-2m
	24/06/2017			0-2m
	29/07/2017			0-2m

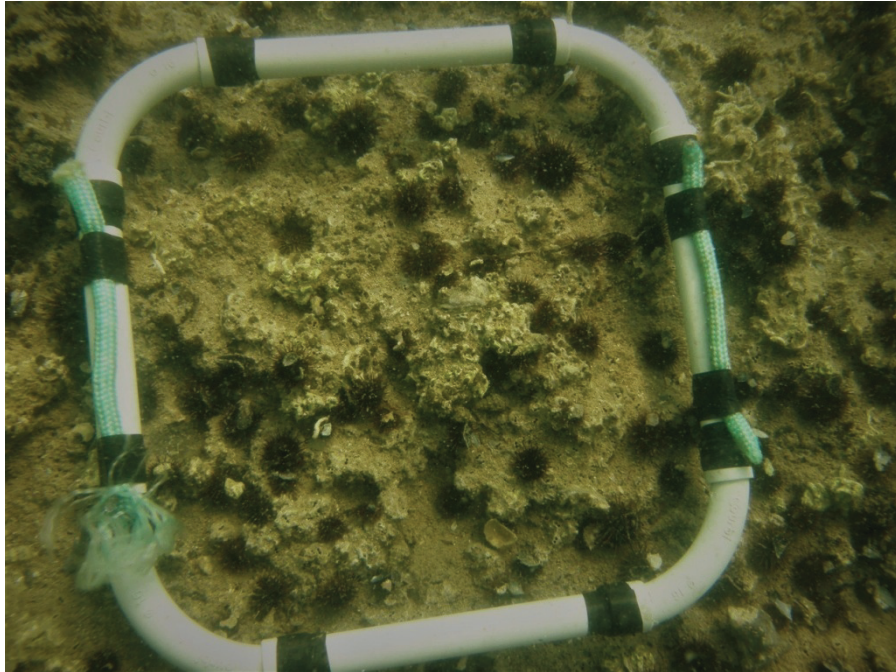
Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και κατά την επεξεργασία των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

1. Λήψη φωτογραφιών του υποστρώματος με ελεύθερη κατάδυση στη ζώνη βάθους 0-2m. Για τη μελέτη της αφθονίας των αχινών, καθώς και για την ψηφιακή μέτρηση των διαστάσεων των αχινών από τις φωτογραφίες, φωτογραφήθηκε πλαστικό πλαίσιο διαστάσεων 20x20cm (Εικόνα 9) το οποίο τοποθετούνταν αρχικά τυχαία και κατόπιν ανά ένα μέτρο στον πυθμένα. Η φωτογράφιση πραγματοποιήθηκε με υποβρύχια φωτογραφική μηχανή τύπου Olympus 550UZ. Συνολικά λήφθηκαν 314 φωτογραφίες (Πίνακας 2). Ακολούθως, σε κάθε φωτογραφία μετρήθηκε ο αριθμός των αχινών που βρίσκονταν εντός του πλαισίου για την εκτίμηση της αφθονίας σε άτομα/m<sup>2</sup>. Επίσης σε κάθε φωτογραφία μετρήθηκε η διάμετρος του κελύφους των ατόμων, σε όλα τα άτομα που βρίσκονταν κατά τη στιγμή της λήψης σε κατάλληλη θέση. Η μέτρηση της διαμέτρου του κελύφους έγινε με εξειδικευμένο λογισμικό απευθείας επάνω στην ψηφιακή φωτογραφία χρησιμοποιώντας ως κλίμακα το πλαστικό πλαίσιο (Εικόνες 7 & 8).





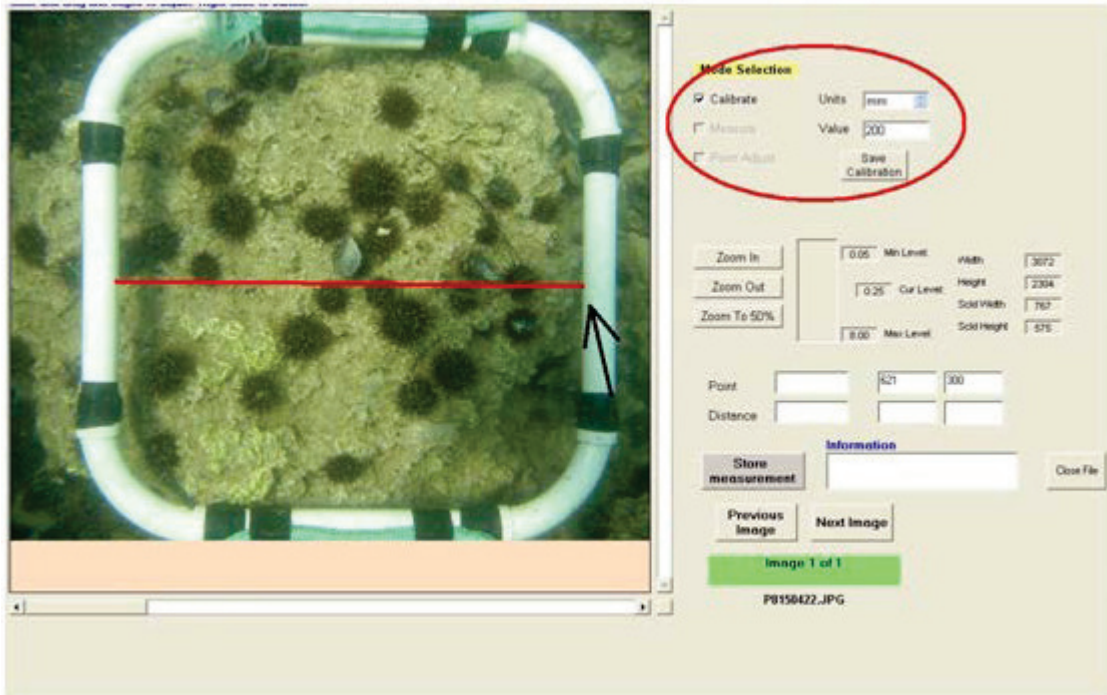
Εικόνα 6: Στις παραπάνω εικόνες παρουσιάζονται οι θέσεις με κίτρινο περίγραμμα της περιοχής στην οποία έγινε η δειγματοληψία του αχινού *P. lividus*, στον Αμβρακικό κόλπο το 2017.



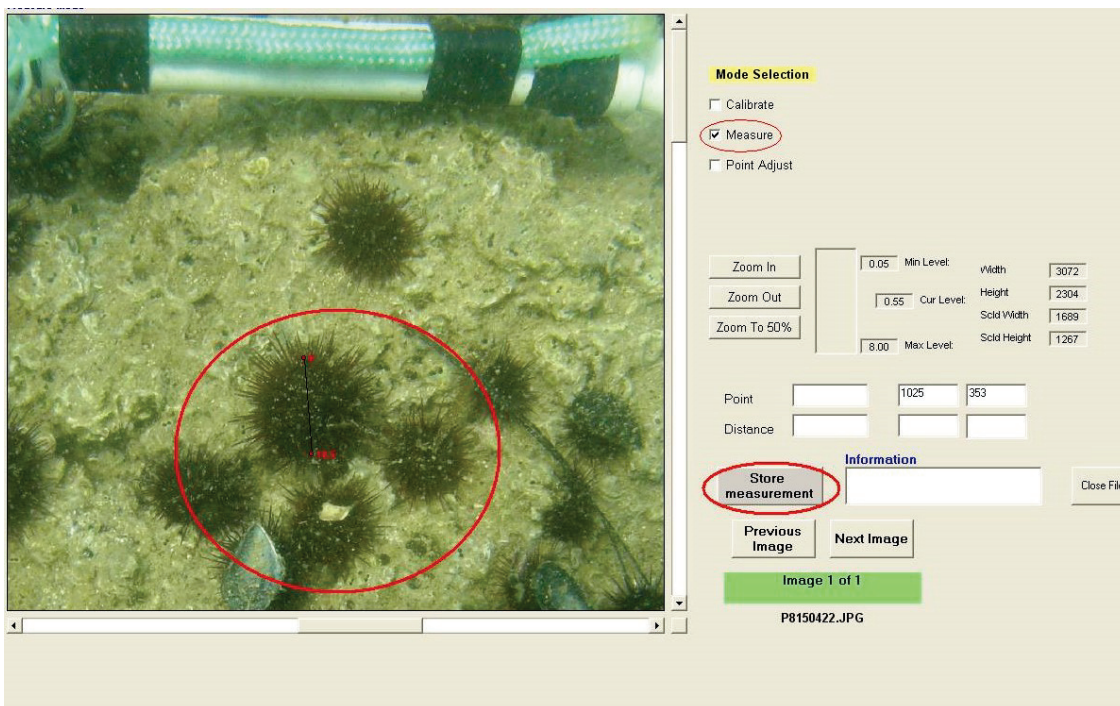
Εικόνα 9: Το πλαίσιο διαστάσεων 20x20cm τοποθετημένο σε βραχώδες υπόστρωμα, που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της αφθονίας των αχινών.

**Πίνακας 2: Αριθμός των φωτογραφιών που λήφθηκαν για την εκτίμηση της αφθονίας των αχινών σε κάθε περιοχή και ζώνη βάθους.**

Περιοχή	Ζώνη βάθους	Αριθμός φωτογραφιών
Βόνιτσα	0-2m	314



Εικόνα 7: Βαθμονόμηση στο λογισμικό FishMorpho. Η εσωτερική διάσταση του πλαισίου (20cm) χρησιμοποιήθηκε ως κλίμακα για τη μετατροπή από pixels σε χιλιοστόμετρα.



Εικόνα 8: Ψηφιακή μέτρηση της διαμέτρου του αχινού στην ψηφιακή φωτογραφία.

Με σκοπό την εκτίμηση της σχέσης διαμέτρου κελύφους– νωπού βάρους και ύψος κελύφους του αχινού, συλλέχθηκαν άτομα από όλο το διαθέσιμο εύρος μεγεθών που βρέθηκε σε συγκεκριμένες περιοχές. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετρήθηκαν παχύμετροτων κύριων μορφομετρικών χαρακτηριστικών, όπως η διάμετρος και το ύψος του κελύφους (ακρίβεια 0.1mm) και το ολικό νωπό βάρος κάθε ατόμου σε ηλεκτρονικό ζυγό (ακρίβεια 0.1g). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 655 άτομα.

Για τους σκοπούς της έρευνας, επιλέχθηκε ο πληθυσμός την τοποθεσίας της Βόνιτσας. Στην τοποθεσία Βόνιτσας το υπόστρωμα ήταν κυρίως βοτσαλώδες – βραχώδες και αμμώδης.

Πραγματοποιήθηκαν 6 μηνιαίες δειγματοληψίες από Φεβρουάριο 2017 έως το Ιούλιο 2017 με αυτόνομη κατάδυση (Scuba) σε βάθος 0-2m. Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την τυχαία συλλογή ατόμων του πληθυσμού ενώ καταγράφηκε και η θερμοκρασία του νερού.

### 3. Αποτελέσματα

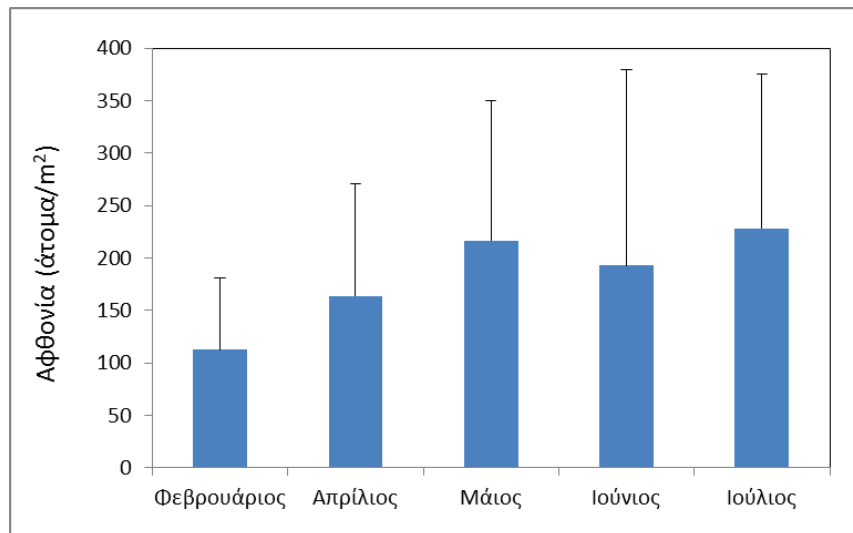
#### 3.1. Αφθονία

Η μέση αφθονία του αχινού *P.lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο παρουσίασε αύξηση από τον Φεβρουάριο (112.5 άτομα/m<sup>2</sup>) μέχρι και τον Μάιο (216.8 άτομα/m<sup>2</sup>) ενώ από τον Μάιο μέχρι και τον Ιούλιο ήταν σχετικά σταθερή (Πίνακας 3, Εικόνα 9). Η στατιστική σύγκριση της αφθονίας ανά μήνα έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της χαμηλότερης τιμής (Φεβρουάριος), των ενδιάμεσων τιμών (Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος) και της υψηλότερης τιμής (Ιούλιος) (One-way ANOVA, SNK-test).

Η ελάχιστη τιμή των αχινών που μετρήθηκαν στις φωτογραφίες ήταν σε όλους τους μήνες ίση με το μηδέν, ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφεται στον μήνα Μάιο με 1150 άτομα/m<sup>2</sup> (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3.** Μέση αφθονία, τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστη και μέγιστη αφθονία και πλήθος μετρήσεων (N), για τον αχινό *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο την περίοδο Φεβρουάριος 2017 – Ιούλιος 2017.

Μήνας	Αφθονία (άτομα/m <sup>2</sup> )	SD (άτομα/m <sup>2</sup> )	Ελάχιστη (άτομα/m <sup>2</sup> )	Μέγιστη (άτομα/m <sup>2</sup> )	N
Φεβρουάριος	112.5	68.9	0	275	28
Απρίλιος	164.0	107.2	0	475	82
Μάιος	216.8	133.5	0	550	64
Ιούνιος	192.9	187.2	0	1150	56
Ιούλιος	228.3	147.6	0	675	84
<b>Σύνολο</b>	<b>192.5</b>	<b>142.0</b>	<b>0</b>	<b>1150</b>	<b>314</b>

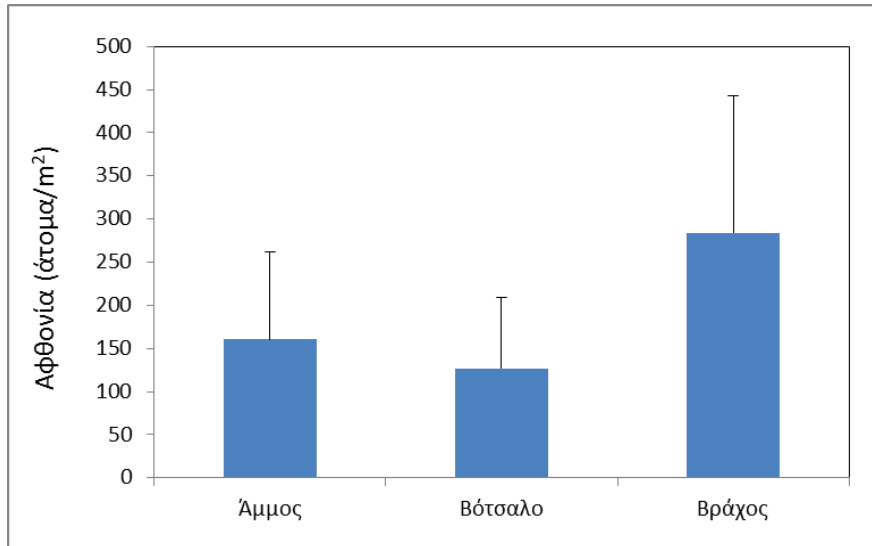


**Εικόνα 9:** Μέση αφθονία (οι κάθετες γραμμές δείχνουν την τυπική απόκλιση) του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο, την περίοδο Φεβρουάριος – Ιούλιος 2017.

Μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων που εξετάστηκαν (βραχώδες, αμμώδες, χαλικώδες) η μέση αφθονία του αχινού *P. lividus* παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 4, Εικόνα 10). Η υψηλότερη μέση αφθονία βρέθηκε στο βραχώδες υπόστρωμα με τιμή περίπου δύο φορές υψηλότερη συγκριτικά με τους άλλους δύο τύπους υποστρώματος και στατιστικά υψηλότερη τιμή από τους άλλους δύο τύπους υποστρώματος. Μεταξύ του αμμώδους και του χαλικώδους υποστρώματος δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (One-way ANOVA, SNK-test).

**Πίνακας 4.** Μέση αφθονία (ατ./μ<sup>2</sup>), τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστη, μέγιστη αφθονία και αριθμός μετρήσεων (N) του αχινού *P. lividus*, για τρεις διαφορετικούς τύπων υποστρωμάτων (Αμμώδες, χαλικώδες και βραχώδες).

Υπόστρωμα	Αφθονία (ατ./μ <sup>2</sup> )	SD (ατ./μ <sup>2</sup> )	Ελάχιστο (ατ./μ <sup>2</sup> )	Μέγιστο (ατ./μ <sup>2</sup> )	N (ατ./μ <sup>2</sup> )
Αμμώδες	160.5	101.1	0	325	19
Χαλικώδες	126.9	82.2	0	475	168
Βραχώδες	284.1	159.1	25	1150	127
<b>Σύνολο</b>	<b>192.5</b>	<b>142.0</b>	<b>0</b>	<b>1150</b>	<b>314</b>

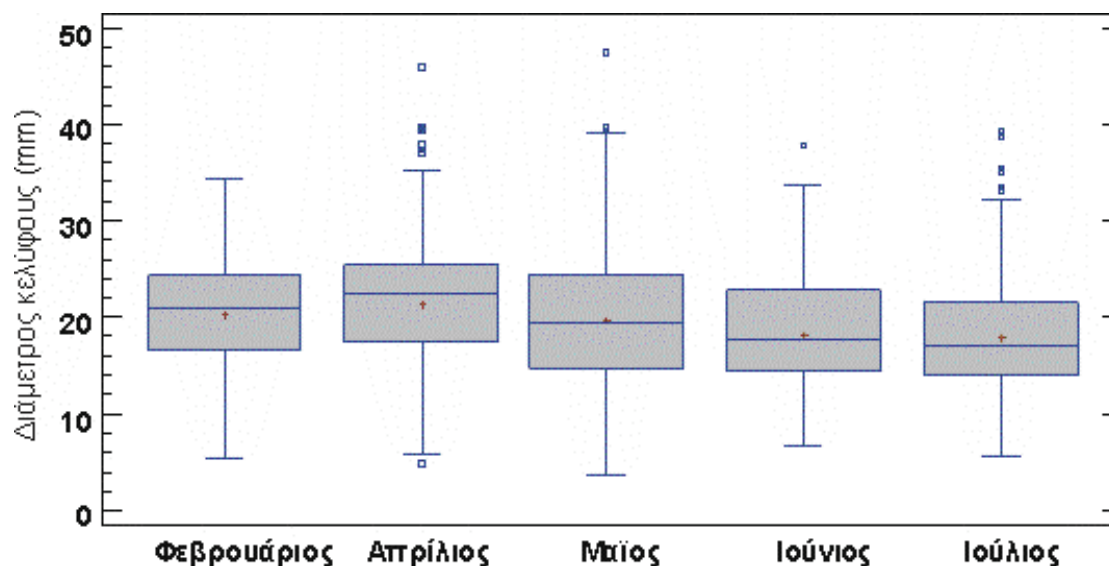


Εικόνα 10: Μέση αφθονία (οι κάθετες γραμμές δείχνουν την τυπική απόκλιση) του αχινού *P. lividus* ανά τύπο υποστρώματος.

### 3.2. Μέγεθος κελύφους – Κατανομές μεγεθών

Κατά τη δειγματοληπτική περίοδο μετρήθηκε συνολικά από τις ψηφιακές φωτογραφίες η διάμετρος του κελύφους σε 3087 άτομα αχινών. Η ελάχιστη διάμετρος που βρέθηκε ήταν 3.7mm και η μέγιστη 47.4mm (Πίνακας 5).

Για τον έλεγχο στατιστικά σημαντικών διαφορών στη διάμετρο του κελύφους μεταξύ των μηνών και του τύπου υποστρώματος πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος (Multifactor ANOVA & SNK test). Η μέση διάμετρος των αχινών παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μηνών (Multifactor ANOVA,  $p < 0.05$ ). Η υψηλότερη τιμή στη διάμετρο του κελύφους παρατηρήθηκε τον Απρίλιο με μέση διάμετρο 21.4mm ενώ μεταξύ των υπολοίπων μηνών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη διάμετρο του κελύφους (Εικόνα 11) αν και η μέση διάμετρος παρουσίασε μια τάση μείωσης (από 21.4mm τον Απρίλιο σε 17.9mm τον Ιούλιο) (Πίνακας 5).



Εικόνα 11: Μέση διάμετρος (γραφήματα box-plot) του κελύφους του αχινού *P. lividus* ανά μήνα στον Αμβρακικό Κόλπο το 2017.

Ως προς το υπόστρωμα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη διάμετρο του κελύφους (Multifactor ANOVA,  $p=0.12$ ). Η μέση διάμετρος του κελύφους κυμάνθηκε από 19.4mm (Βραχώδες και χαλικώδες υπόστρωμα) έως 20.6mm (αμμώδες υπόστρωμα) (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Μέση διάμετρος του κελύφους (mm), τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστη, μέγιστη διάμετρος και πλήθος μετρήσεων, από τις ψηφιακές φωτογραφίες για το είδος *Paracentrotus lividus* ανά μήνα και ανά τύπο υποστρώματος στον Αμβρακικό Κόλπο το 2017.

Μήνας	Μέση Διάμετρος (mm)	SD (mm)	Ελάχιστη Διάμετρος (mm)	Μέγιστη Διάμετρος (mm)	Πλήθος Μετρήσεων
Φεβρουάριος	20.2	5.6	5.5	34.4	144
Απρίλιος	21.4	6.1	4.8	45.9	738
Μάιος	19.7	6.7	3.7	47.4	937
Ιούνιος	18.2	5.1	6.6	37.8	343
Ιούλιος	17.9	5.2	5.6	39.1	925
<b>Σύνολο</b>	<b>19.4</b>	<b>6.1</b>	<b>3.7</b>	<b>47.4</b>	<b>3087</b>

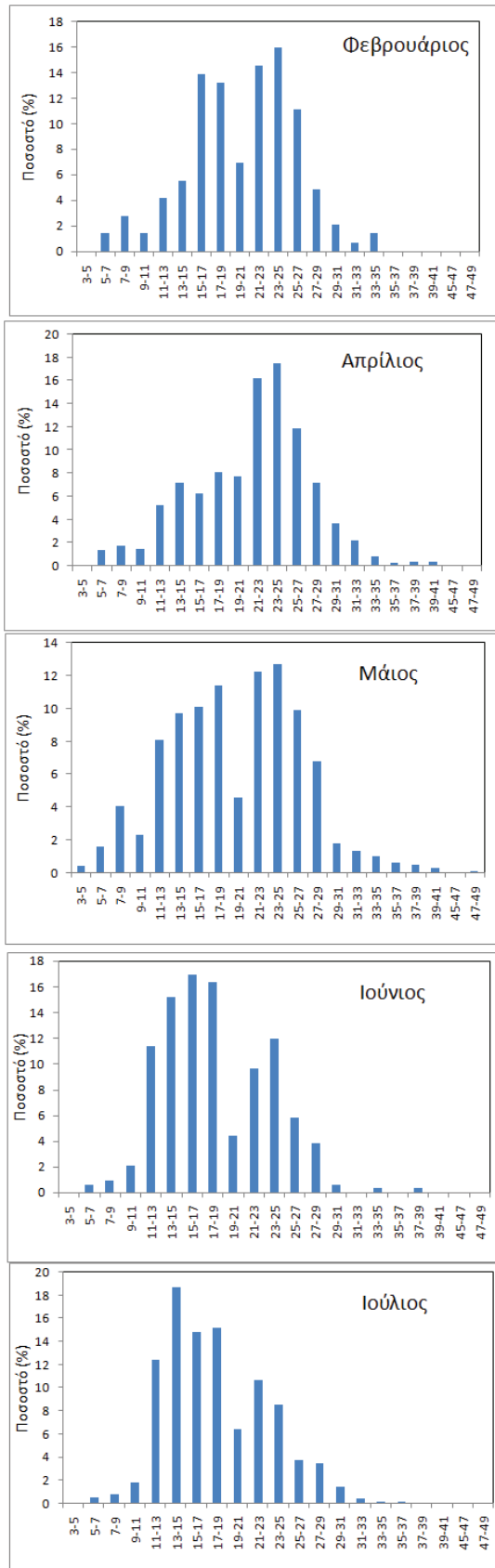
Υπόστρωμα	Μέση Διάμετρος (mm)	SD (mm)	Ελάχιστη Διάμετρος (mm)	Μέγιστη Διάμετρος (mm)	Πλήθος Μετρήσεων
Χαλικώδες	19.4	6.2	3.7	39.8	1442
Βραχώδες	19.4	5.9	5.5	47.4	1561
Αμμώδες	20.6	6.4	5.5	33.4	84
<b>Σύνολο</b>	<b>19.4</b>	<b>6.1</b>	<b>3.7</b>	<b>47.4</b>	<b>3087</b>



Οι κατανομές της διαμέτρου του κελύφους σε κάθε μήνα παρουσιάζονται στην Εικόνα 12. Μεταξύ των μηνών, οι κατανομές της διαμέτρου παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών τους.

Η διάμεσος των κατανομών ήταν στην κλάση 21-23mm τους πρώτους δύο μήνες της δειγματοληπτικής περιόδου (Φεβρουάριος & Απρίλιος), στην κλάση 19-21mm τον Μάιο, ενώ τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο βρέθηκε στην κλάση 17-19mm (Εικόνα 12).

Αντίστοιχο πρότυπο παρουσίασε και η επικρατούσα τιμή των κατανομών. Τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο και Μάιο η επικρατούσα τιμή βρέθηκε στη κλάση 23-25mm ενώ τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο βρέθηκε στην κλάση 15-17mm και 17-19mm, αντίστοιχα (Εικόνα 12).



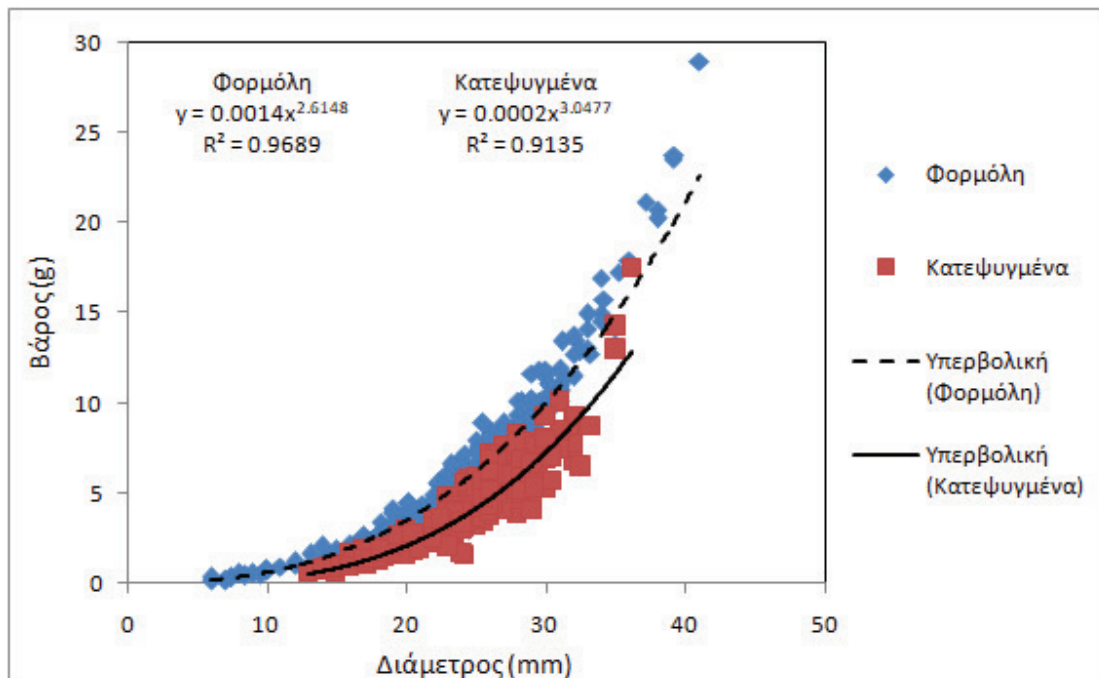
Εικόνα 13: Κατανομές διαμέτρων κελύφους του αχινού *P. lividus* για κάθε μήνα στον Αμβρακικό Κόλπο κατά την περίοδο Φεβρουάριος – Ιούλιος 2017.

### 3.3. Σωματομετρικές σχέσεις

Τα δείγματα των ατόμων του είδους που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου συντηρήθηκαν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Κάποια άτομα τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο συντηρήθηκαν στην κατάψυξη ενώ τα υπόλοιπα συντηρήθηκαν σε δοχεία με φορμόλη (4%).

Το εύρος των διαμέτρων κελύφους του δείγματος που συντηρήθηκε στη φορμόλη ήταν μεταξύ 0.56mm και 41mm, ενώ αντίστοιχα το βάρος ήταν μεταξύ 0.15g και 29.0g. Το δείγμα που συντηρήθηκε στην κατάψυξη είχε εύρος διαμέτρου κελύφους από 13.5mm έως 35.0mm και εύρος βάρους από 0.22g έως 14.8g.

Οι σχέσεις [Διαμέτρου κελύφους] – [Νωπού βάρους] διέφεραν μεταξύ των δύο τύπων συντήρησης και παρουσιάζονται στην Εικόνα 13. Τα δύο μεγέθη (διάμετρος κελύφους & ολικό βάρος) συσχετίστηκαν μεταξύ τους και στις δύο περιπτώσεις με εκθετικές σχέσεις αλλά στην περίπτωση της συντήρησης σε φορμόλη η συσχέτιση ήταν πιο ισχυρή (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Σχέση [Διαμέτρου κελύφους] – [Νωπού βάρους] του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο 2017 έπειτα από δύο διαφορετικούς τύπους συντήρησης (φορμόλη και κατάψυξη).

## 4. Συζήτηση

Η υψηλή αφθονία του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο όπως αναφέρεται από τους *Pancucci & Panayiotidis* (1994) επιβεβαιώθηκε από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και είναι πιθανό ότι η αφθονία του είδους στην ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη (0-2m) έχει αυξηθεί τα τελευταία 30 έτη. Οι *Pancucci & Panayiotidis* (1994) αναφέρουν μέγιστη μέση αφθονία στην περιοχή του Κόλπου της Πρέβεζας ίση με 76 άτομα/m<sup>2</sup> στη ζώνη βάθους 0-1m, ενώ στην παρούσα μελέτη η μέση αφθονία στη ζώνη 0-2m ήταν σχεδόν τριπλάσια 192,5215 άτομα/m<sup>2</sup>. Η αφθονία του αχινού στο βραχώδες υπόστρωμα του Αμβρακικού Κόλπου είναι από τις υψηλότερες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Οι αχινοί ως κυρίως φυτοφάγοι οργανισμοί, μπορούν να μεταβάλλουν την εικόνα των παράκτιων οικοσυστημάτων καταναλώνοντας σημαντικές ποσότητες μακροφυκών και σε κάποιες περιπτώσεις απογυμνώνουν το σκληρό υπόστρωμα δημιουργώντας αφυτικές ζώνες (*barrens*) (*Guidetti & Dulcic, 2007*). Η γενική εικόνα της σχεδόν ολοκληρωτικής απουσίας μακροφυκών στο βραχώδες υπόστρωμα της υποπαραλιακής ζώνης, σε όλη την περιοχή του Κόλπου, είναι γνωστή από το 1991 (*Pancucci & Panayotides, 1994*) και αποδίδεται στην ιδιαίτερα υψηλή αφθονία των αχινών του είδους *Paracentrotus lividus*. Οι παραπάνω συγγραφείς αποδίδουν την υψηλή πυκνότητα του πληθυσμού του είδους, στην προσαρμογή του στις εύτροφες συνθήκες της περιοχής καθώς και σε μεταβολή των διατροφικών συνηθειών του. Η προσαρμογή αυτή, επέτρεψε την αρχική επιτυχημένη εγκατάσταση του είδους στην περιοχή και την επικράτηση είτε λόγω έλλειψης ανταγωνισμού με τα άλλα είδη είτε λόγω αδυναμίας προσαρμογής των άλλων ειδών στις ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής (*Pancucci & Panayotides, 1994*). Από τη μοναδική καταγραφή της κατάστασης των *Pancucci & Panayotides* (1994) πριν από 26 έτη (τα στοιχεία συλλέχθηκαν το 1991), μέχρι την καταγραφή της παρούσας μελέτης, η εικόνα που παρατηρείται στο βραχώδες υπόστρωμα της περιοχής φαίνεται να είναι αμετάβλητη. Φαίνεται συνεπώς, ότι η ιδιαίτερα υψηλή πυκνότητα των αχινών του είδους *P. lividus* στην περιοχή αποτελεί μια παγιωμένη κατάσταση αρκετών δεκαετιών, και η θηρευτική πίεση των ατόμων του είδους στη μακροφυτική χλωρίδα δεν επιτρέπει την ανάπτυξη των μακροφυκών.

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε εκτίμηση της αφθονίας του είδους και σε βάθη 2m, όπου το υπόστρωμα ήταν βραχώδες αλλά και αμμώδες/βοτσαλώδες. Και σε αυτό το υπόστρωμα, που συνήθως δεν προτιμάται από το είδος *P. lividus* η αφθονία ήταν υψηλή, αν και σημαντικά χαμηλότερη συγκριτικά με το βραχώδες υπόστρωμα.

Εκτός από την ιδιαίτερα υψηλή αφθονία, ο αχινός *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο χαρακτηρίζεται και από μικρό μέγεθος. Τα στοιχεία της παρούσας μελέτης βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των *Pancucci & Panayotides* (1994) οι οποίοι αποδίδουν το μικρό μέγεθος των ατόμων του είδους στον Αμβρακικό Κόλπο στη διατροφή. Η έλλειψη της προτιμώμενης τροφής (μακροφύκη) φαίνεται ότι έχει αναγκάσει το είδος να διατρέφεται με μικρά φυτικά είδη (π.χ. ασβεστολιθικά φύκη) καθώς και ζωικούς οργανισμούς (μύδια) δαπανώντας έτσι περισσότερη ενέργεια και συνεπώς έχει μικρότερο ρυθμό αύξησης (*Pancucci & Panayotides*, 1994).

Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν και οι *Turon et al.* (1995) όταν συνέκριναν τους πληθυσμούς του *P. lividus* σε δύο περιοχές της Μεσογείου με διαφορετικά υδρολογικά χαρακτηριστικά και διαφορετική διαθεσιμότητα τροφής. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι στην περιοχή με έντονες διακυμάνσεις στα υδρολογικά χαρακτηριστικά και με περιορισμένη τροφή, τα άτομα του *P. lividus* αναπτύσσονται πιο αργά και επενδύουν περισσότερο στην αναπαραγωγή με αποτέλεσμα την πιο αργή ανάπτυξη και το μικρότερο τελικό μέγεθος.

Τα νεαρά άτομα με διάμετρο μικρότερη από 15mm εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης με υψηλότερη αφθονία το Μάιο. Σύμφωνα με τους *Murillo-Navarro & Jimenez-Guirado* (2012), το είδος *P. lividus* στη Μεσόγειο, γεννά τα αυγά στην περίοδο αρχές άνοιξης – αρχές καλοκαιριού έτσι ώστε η αναπαραγωγή να συγχρονίζεται με την εαρινή άνθιση του φυτοπλαγκτού. Οι προνύμφες περνούν μερικές εβδομάδες στο πλαγκτό και έπειτα μεταμορφώνονται και εγκαθίστανται στον πυθμένα. Σύμφωνα με το μέγεθος των μικρών ατόμων που ήταν δυνατόν να εντοπισθούν στις φωτογραφίες θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι η κύρια αναπαραγωγική περίοδος του αχινού στον Αμβρακικό συντελείται στις αρχές της άνοιξης.

## 5. Βιβλιογραφία

Antoniadou C., Vafidis D. (2009) Population structure and morphometric relationships of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in the South Aegean Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 50: 293- 301.

Bonaviriet. Al (2009) Fish versus starfish predation in controlling sea urchin populations in Mediterranean rocky shores.

Boudouresque C. F., Verlaque M. (2001). Ecology of *Paracentrotus lividus*. In: Lawrence J.M. (ed) *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier, Amsterdam, p 177–216.

Bulleri et. al (1999) Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean.

C. Hickman, L. Roberts, S. Keen, A. Larson, H. Anson, D. Eisenhour (2011) *Zoology*, fourteenth edition.

E. B. Flukes\*, C. R. Johnson, S. D. Ling (2012) Forming sea urchin barrens from the inside out: an alternative pattern of overgrazing.

G.Kehayiasand M. Aposporis (2014) Zooplankton variation in relation to hydrology in an enclosed hypoxic bay (Amvrakikos Gulf, Greece).

G. Ferentinos et al (2010) Fjord water circulation patterns and dysoxic/anoxic conditions in a Mediterranean semi-enclosed embayment in the Amvrakikos Gulf, Greece

Grosjean, P., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus Lividus* (Lamarck, 1816). *UniversiteLibre de Bruxelles*.

Murillo – Navarro R. & Jimenez-Guirado D. (2012). Relationships between algal food and gut and gonad conditions in the Mediterranean sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lam.). *Mediterranean Marine Science*, 13/2: 227 – 238.

Pancuccy and Panayotidis (1994) Impact of eutrophication on sea-urchin populations of the Amvrakikos gulf (Ionian sea, Greece).

Psaras S., Pancucci M.A., Panayotidis P. (1995) Gut contents of th sea-urchin *Paracentrotus lividus* in an Ionian embayment (Amvrakikos gulf-Greece).

P. Guidetti et. al. (2004) Effects of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, fishery along the Apulian rocky coast (SE Italy, Mediterranean Sea).

Sellem F., Guillou M. (2007) Reproductive biology of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats of northern Tunisia (south – east Mediterranean). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87: 763 – 767.

X. Turon, G. Giribet, S. Lopez, C. Palacin (1995) Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats.