

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΜΥΔΙΑ (*Mytilus*
sp.) ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Αλεξανδρίδης Μαρίνος

Εισηγητής : Ράμφος Αλέξιος

Μεσολόγγι, 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 3 |
| 1.1. Εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας στη βιολογία..... | 5 |
| 1.2. Είδος | 6 |
| 1.3 Διατροφή | 6 |
| 1.4 Αναπαραγωγή..... | 7 |
| 1.5 Ανάπτυξη | 10 |
| 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ..... | 12 |
| 2.1 Εργασία πεδίου | 12 |
| 2.2 Επεξεργασία δειγμάτων | 12 |
| 2.3 Στατιστική επεξεργασία..... | 16 |
| 3. Αποτελέσματα | 18 |
| 3.1 Συσχέτιση σωματομετρικών παραμέτρων..... | 18 |
| 3.2 Συσχέτιση ψηφιακών και χειροκίνητων μετρήσεων..... | 21 |
| 3.3 Συσχέτιση βιομετρικών παραμέτρων μικρών ατόμων. | 21 |
| 3.4 Συσχέτιση βιομετρικών παραμέτρων μυδιών όλων των μεγεθών..... | 24 |
| 4. Συμπεράσματα – Συζήτηση..... | 26 |
| 5. Βιβλιογραφία..... | 27 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο γόνος των μυδιών αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο των παράκτιων οικοσυστημάτων που ενώνει την υδάτινη στήλη με το βενθικό σύστημα. Κατά την περίοδο της εγκατάστασης, τα νεαρά μύδια εγκαθίστανται στο σκληρό υπόστρωμα με πολύ υψηλή αφθονία. Οι μελέτες των βιοκοινωνιών των μυδιών περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, εκτίμηση της αφθονίας τους στο υπόστρωμα και μέτρηση των βιομετρικών χαρακτηριστικών των μυδιών όπως το μήκος του κελύφους και το ατομικό βάρος. Η μέτρηση αυτών των χαρακτηριστικών είναι σε πολλές περιπτώσεις επίπονη αφού περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ατόμων, συνήθως με μικρό μέγεθος. Η παρούσα εργασία στοχεύει στη δημιουργία μιας νέας, πιο γρήγορης μεθόδου για την εκτίμηση αυτών των παραμέτρων μέσω ψηφιακών φωτογραφιών.

Η μέθοδος που προτείνεται βασίζεται σε ένα εξειδικευμένο λογισμικό το οποίο πραγματοποιεί αυτόματη αναγνώριση και καταμέτρηση των μυδιών στις ψηφιακές φωτογραφίες καθώς επίσης και εκτίμηση της επιφάνειας του κελύφους των μυδιών. Το μήκος του κελύφους και το βάρος των μυδιών εκτιμήθηκε ακολούθως από τις σχέσεις [Επιφάνεια κελύφους – Μήκος κελύφους] και [Επιφάνεια κελύφους – Νωπό βάρος]. Οι σχέσεις αυτές προέκυψαν από ένα δείγμα 165 μυδιών που συλλέχθηκαν από τον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016. Στο δείγμα των μυδιών που χρησιμοποιήθηκε το μήκος του κελύφους ήταν από 3.7mm έως 74mm και το ατομικό νωπό βάρος από 0.005g έως 15.89g. Η επιφάνεια του κελύφους έδειξε ισχυρή συσχέτιση τόσο με το μήκος του κελύφους [Επιφάνεια (mm²) = 1.361·[Μήκος (mm)]^{0.523} (R²=0.995), όσο και με το βάρος [Επιφάνεια (mm²) = 0.008·[Βάρος (g)] – 0.360 (R²=0.986)].

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επιφάνεια του κελύφους των μυδιών είναι μια παράμετρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του μήκους και του βάρους των μυδιών. Η προτεινόμενη μέθοδος φάνηκε ότι μπορεί να καταμετρά με ακρίβεια τα μύδια στις ψηφιακές εικόνες εξοικονομώντας χρόνο και προσφέροντας τη δυνατότητα καταμέτρησης μεγάλου αριθμού ατόμων.

ABSTRACT

Mussel spat can be an important component of coastal ecosystems acting as a link between the pelagic and benthic systems. During recruitment periods, mass settlement of juvenile mussels is often observed mainly on the hard substrates, forming dense aggregations. The study of such mussel communities includes, among other, estimations concerning mussel abundance, average individual weight and shell-length frequency distributions. Yet, acquisition of such information can be a cumbersome procedure as it usually involves the counting and handling of thousands of individuals. Aiming to the reduction of the requisite effort for obtaining the aforementioned parameters, we propose a new method based on digital images of mussel samples.

The proposed method uses a specialized software that permits automatic recognition of mussels and the scale in the image, along with batch image processing. Apart from the automatic counting of individuals in the image, the software estimates the surface of each mussel (mm²). Length and weight of individuals are subsequently estimated by [Surface–Length] and [Surface–Weight] equations. These equations were created from a sample of 165 mussels (*Mytilus* sp.) collected in Amvrakikos Gulf (Western Greece) in summer 2016. Individual shell length and weight in the sample ranged from 3.7 to 74mm and from 0.005 to 15.89g, respectively. Subsequently, shell surface of each mussel was estimated by the

software. Both shell-length and weight were strongly correlated with shell surface by the relationships: $[\text{Surface (mm}^2)] = 1.361 \cdot [\text{Length (mm)}]^{0.523}$ ($R^2=0.995$) and $[\text{Surface (mm}^2)] = 0.008 \cdot [\text{Weight (g)}] - 0.360$ ($R^2=0.986$).

The digital method allows fast and accurate enumeration of the individuals in the images as well as length and weight estimation of all individuals in the sample, resulting to a large data set concerning length and weight frequency distributions of mussel populations.

Ελληνικός Τίτλος:

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΜΥΔΙΑ (*Mytilus sp.*) ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Αγγλικός Τίτλος:

ESTIMATION OF BIOMETRICS IN MUSSELS (*MYTILUS SP.*) IN DIGITAL IMAGES.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας στη βιολογία.

Τα τελευταία 20 χρόνια η ανάλυση ψηφιακών εικόνων έχει προσφέρει σημαντικές δυνατότητες σχετικά με την απόκτηση βιολογικών πληροφοριών. Οι πλέον χαρακτηριστικές εφαρμογές επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων αφορούν τη μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων σε χερσαία φυτά. Η επιφάνεια των φύλλων αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος για μελέτες που σχετίζονται με την φυσιολογία φυτών, τη φυτική παραγωγή και τη φυτοπαθολογία και σε αρκετές περιπτώσεις η εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας μπορεί να είναι αρκετά δύσκολη. Για το λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί αρκετές ψηφιακές μέθοδοι καθώς και εξειδικευμένος επιστημονικός εξοπλισμός που καλύπτει αυτή την ανάγκη (Hunt & Hodson, 1999 και αναφορές σε αυτούς).

Στη θαλάσσια έρευνα, τα τελευταία κυρίως 10 χρόνια, προτείνονται όλο και περισσότερες μέθοδοι που σχετίζονται με την απόκτηση βιολογικής πληροφορίας από ψηφιακές εικόνες. Οι μέθοδοι αυτές σχετίζονται μεταξύ άλλων, με την βιολογία, την οικολογία και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά θαλάσσιων προϊόντων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι μετρήσεις των βιομετρικών χαρακτηριστικών των φύλλων σε θαλάσσια φανερόγαμα όπως τα *Posidonia oceanica* και *Zostera marina* (Echevarria-Heras et al., 2011; Ramfos et al., 2012), η εκτίμηση του βάρους ψαριών από τη μέτρηση της επιφάνειας τους σε ψηφιακές φωτογραφίες (Balaban et al., 2010), η εκτίμηση του βάρους και του όγκου των στρειδιών από ψηφιακές φωτογραφίες (Damar et al., 2006) και η εκτίμηση μορφομετρικών χαρακτηριστικών σε ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας (Navarro et al., 2016).

Στην παρούσα μελέτη διερευνάται η δυνατότητα συσχέτισης της επιφάνειας του κελύφους των μυδιών (*Mytilus* sp.), όπως αυτή μπορεί να μετρηθεί από ψηφιακές φωτογραφίες, με τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των μυδιών, όπως είναι το μήκος του κελύφους και το νωπό βάρος.

1.2. Είδος

Το μύδι (*Mytilus sp.*) είναι γένος θαλάσσιων οργανισμών, ανήκει στην κλάση Bivalvia, στην Υπο-κλάση Pteriomorpha, στην τάξη Anisomyaria, στην Οικογένεια Mytilidae, στο γένος *Mytilus*. Το γένος *Mytilus* το συναντάμε στην Μεσόγειο με δύο διαφορετικά είδη. Το πρώτο είναι το *M. edulis* γνωστό και ως μπλε μύδι (blue mussel) το οποίο κυρίως απαντάται στο Βόρειο Ατλαντικό και κυρίως στη Βόρεια θάλασσα καθώς χρησιμοποιείται αρκετά στις καλλιέργειες. Το δεύτερο είδος, είναι το *Mytilus galloprovincialis* το οποίο ονομάζεται και μεσογειακό μύδι και το οποίο το συναντάμε κυρίως στη Μεσόγειο καθώς και στα παράλια της δυτικής Ευρώπης. Από θέμα διατροφής τα μύδια τρώνε κυρίως φυτικούς οργανισμούς και για το λόγο αυτό τα ονομάζουμε καταναλωτές Ά Τάξης. Είναι διηθηματοφάγοι οργανισμοί και τρέφονται κυρίως με φυτοπλαγκτό και σωματιδιακό οργανικό ύλικό από την υδάτινη στήλη. Το σώμα τους από πλευράς σύστασης αποτελείται κατά 81,6% από νερό, 11% πρωτεΐνες, 1,5% λίπη και το 5% υδατάνθρακες και τέφρα. Το σύνηθες μήκος του *M. edulis* είναι 3-8 cm με δυο συμμετρικά κελύφη τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με την βοήθεια δύο προσαγωγών μυών (Βιδάλης & Αργυρίου, 2006).

1.3 Διατροφή

Τα μύδια είναι διηθηματοφάγοι οργανισμοί δηλαδή φιλτράρουν το νερό για να κατακρατήσουν την τροφή τους, η οποία είναι αιωρούμενα σωματίδια στο νερό, φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί και άλλες οργανικές ουσίες. Το φυτοπλαγκτόν αναπτύσσεται με την μέθοδο της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιώντας CO_2 , H_2O και ανόργανα άλατα, μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε χημική. Με την διαδικασία αυτή το φυτοπλαγκτό αποτελεί μια πολύ καλή πηγή οργανικής ύλης κατάλληλης για την διατροφή των μυδιών. Τα μύδια όπως και άλλα δίθυρα μαλάκια, μετατρέπουν άμεσα αυτή την φυτική χημική ενέργεια σε ζωική πρωτεΐνη. Το όργανο που επιτελεί την διήθηση είναι τα βράγχια. Άρα για την διατροφή του μυδιού οι κύριες λειτουργίες είναι: η ταχύτητα διήθησης, η κατάποση και η πέψη όπου αυτές σχετίζονται μεταξύ τους άμεσα (Βιδάλης & Αργυρίου, 2006).

Ως ταχύτητα διήθησης ορίζεται η ποσότητα του διερχόμενου νερού (λίτρα ανα ώρα lit\h) για κάθε άτομο. Η ταχύτητα διήθησης είναι διαφορετική από την ταχύτητα άντλησης του νερού που δεν φιλτράρεται. Η ταχύτητα διήθησης διαφέρει από άτομο σε άτομο και είναι μεταξύ 2-5 lit\h καθώς εξαρτάται από τους παράγοντες που επιδρούν στο μεταβολισμό του κάθε ατόμου κυρίως την θερμοκρασία και την θολερότητα του νερού.

Όσο αναφορά την λειτουργία της κατάποσης, είναι εκείνη με την οποία τα σωματίδια μετά την διήθησή τους από τα βράγχια και την κατακράτησή τους σε αυτά μέσω κάποιων αυλακώσεων οδηγούνται τελικά στο στόμα του οργανισμού. Ο ρυθμός κατάποσης εξαρτάται από την ταχύτητα διήθησης καθώς και την πυκνότητα των σωματιδίων. Όταν αυξηθεί η πυκνότητα των σωματιδίων θα μειωθεί η ταχύτητα διήθησης και ο ρυθμός κατάποσης.

Η πέψη της τροφής γίνεται στο πεπτικό σύστημα όπως και σε κάθε οργανισμό. Το πεπτικό σύστημα των μυδιών αποτελείται από το στόμα, το οποίο με τα πλευρικά χείλη προεκτείνεται προς τα εμπρός, ενώ εσωτερικά συνεχίζει με τον οισοφάγο μέχρι το στομάχι. Το έντερο είναι τοποθετημένο προς τα πίσω όπου στη περιοχή της έδρας σχηματίζει έναν σάκο και επανέρχεται προς τα εμπρός. Στον σάκο γίνεται η σύνθλιψη της τροφής και εκεί τα πεπτικά ένζυμα απελευθερώνονται. Οι πεπτικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα πέρα από του πεπτικού συστήματος (εξωκυτταρικά), αλλά και μέσα στο κύτταρο του ζώου (ενδοκυτταρικά). (Βιδάλης & Αργυρίου, 2006).

1.4 Αναπαραγωγή

Τα μύδια είναι γονοχωριστικά είδη. Φέρουν ένα ζεύγος γονάδων. Οι γονάδες καταλαμβάνουν ένα μεγάλο μέρος του σώματός τους κατά την περίοδο της γεννητικής ωρίμανσης.

Η γεννητική ωρίμανση καθώς και η αναπαραγωγή την βλέπουμε σε μικρή ηλικία να εμφανίζεται αλλά ο κύκλος της αναπαραγωγής είναι μακρύς και η σεξουαλική δραστηριότητα είναι σχεδόν συνεχής ανάλογη πάντα και την θερμοκρασία.

Τα στάδια της γεννητικής ωριμότητας ταξινομούνται ως εξής :

ΣΤΑΔΙΟ 0 : Φάση της σεξουαλικής ηρεμίας. Κατά τη φάση αυτή αποθηκεύονται πολυάριθμα αποθέματα ενέργειας (γλυκίδια, λίπη κ.τ.λ.). Ο μανδύας παίρνει μορφή ομοιογενή και εμφανίζει χρώμα ελαφρά πορτοκαλί και δεν διακρίνονται οι γονάδες.

ΣΤΑΔΙΟ 1 : Αρχίζουν να διαμορφώνονται οι γονάδες και ο μανδύας εμφανίζεται λιγότερο ομοιογενείς

ΣΤΑΔΙΟ 2 : Οι γονάδες πλέον έχουν διαμορφωθεί πλήρως και είναι εμφανείς. Ο μανδύας παίρνει το χρώμα του φύλου. Κόκκινο – πορτοκαλί για το θηλυκό και κίτρινο – κρεμ για το αρσενικό συνήθως. Όσο αναφορά τα σπερματοζωάρια και ωάρια είναι σχηματισμένα αλλά παραμένουν ανώριμα.

ΣΤΑΔΙΟ 3 : Ολοκλήρωση της γεννητικής ωριμότητας. Έναρξη της περιόδου αναπαραγωγής. Η ωρίμανση των γονάδων εξαρτάται από την αλατότητα, ενώ η διάρκεια της γεννητικής περιόδου καθορίζεται από την θερμοκρασία. Έτσι όσο μικρότερη είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία τόσο διαρκεί και η γεννητική περίοδος. Στη Μεσόγειο συναντάμε την γεννητική περίοδο παρατεταμένη την Άνοιξη και το Φθινόπωρο. Ο παράγοντας που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση της γεννητικής ωριμότητας είναι η διατροφή, αφού όπως είναι λογικό σε περίπτωση μειωμένης ποσότητας τροφής έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση παραγωγής γεννητικών προϊόντων.

Η αναπαραγωγή γίνεται συνεχώς σε περιπτώσεις θερμοκρασίας που κυμαίνονται μεταξύ 10 – 20 °C ενώ αναστέλλεται σε θερμοκρασίες όπου βρίσκονται κάτω από 7 °C .

Η γονιμοποίηση γίνεται μέσα στη βραγχιακή κοιλότητα του θηλυκού μυδιού. Τα σπερματοζωάρια εισχωρούν μέχρι αυτό το σημείο, παρασυρόμενα από το νερό, όπου απελευθερώνονται. Η επώαση διαρκεί περίπου 4 ώρες (ανάλογα και την θερμοκρασία). Στον ίδιο χώρο γίνεται και η εκκόλαψη.

Η νεαρή προνύμφη έχει στρογγυλό σχήμα και το μέγεθος της φτάνει τα 90-100 μm. Η μορφή αυτής της προνύμφης διατηρείται ανάλογα και με την θερμοκρασία

24-48 ώρες και έπειτα αναπτύσσεται. Μέσα σε διάστημα 3-8 ημερών, και σε μέγεθος περίπου 200 μm αρχίζει να εμφανίζεται ο πόδας. Η ανάπτυξη αυτού του οργάνου είναι ταχύτατη και είναι το όργανο που βοηθάει την προνύμφη να βρει κάποιο σταθερό υπόστρωμα στο πυθμένα για να προσκολληθεί (Βιδάλης & Αργυρίου, 2006).

Εάν η προνύμφη εξασφαλίσει κάποιο σταθερό υπόστρωμα τότε θα αρχίζει σταδιακά να μεταμορφώνεται. Οι βλεφαρίδες ατροφούν και αμέσως αναπτύσσονται τα βράγχια και τα υπόλοιπα όργανα. Εάν κάποια προνύμφη δεν καταφέρει για κάποιο λόγο να βρει σταθερό υπόστρωμα δεν θα καταφέρει να επιβιώσει κυρίως λόγω ασιτίας. Οι προνύμφες προσκολλώνται σε σταθερά φυσικά υποστρώματα όπως βράχια, πέτρες ή, σε κάποιες περιπτώσεις, φύκη και θαλάσσια φυτά καθώς επίσης και σε τεχνητά υποστρώματα όπως είναι οι ανθρώπινες κατασκευές (κεραμίδια, τσιμέντο, εγκαταστάσεις υδατοκαλλιεργειών κλπ) (Ardizzone et al., 1996; Bologna et al., 2005).

Η επιβίωση των προνυμφών και ο σχηματισμός αποικίας μυδιών εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη θερμοκρασία. Σε θερμοκρασίες μεταξύ 10-20 °C η εξέλιξη και η αναπαραγωγή είναι ικανοποιητική, σε αντίθεση όταν η θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από αυτά τα όρια ή κάτω από αυτά τα όρια τότε οι πιθανότητες θνησιμότητας είναι ιδιαίτερα αυξημένες.

Στη μεταμόρφωση των προνυμφών κύριο λόγο παίζει η θερμοκρασία, καθώς σε θερμοκρασίες μεταξύ 20-22 °C η μεταμόρφωση διαρκεί 48 ώρες ενώ σε θερμοκρασίες 10-12 °C η μεταμόρφωση διαρκεί 30-45 ημέρες.

Όμως εκτός από την θερμοκρασία άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση των προνυμφών είναι:

- Τα θαλάσσια ρεύματα, που ενδέχεται να παρασύρουν τις προνύμφες μακριά από την ακτή και δεν θα καταφέρουν να προσκολληθούν ή σε βάθη που η τροφή είναι ανεπαρκής.
- Η θήρευση (από πλαγκτοφάγους οργανισμούς).

- Η ύπαρξη μερικών χημικών ουσιών (είτε από φυσικούς παράγοντες προερχόμενοι από άλλους οργανισμούς, είτε τεχνητές).

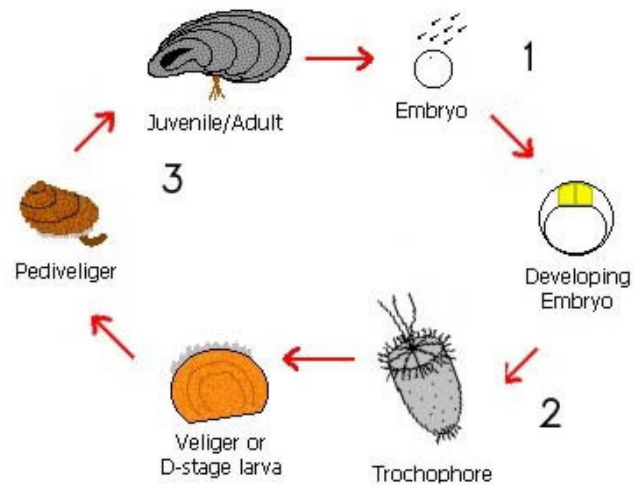
Μετά την προσκόλληση και σε διάστημα 3-4 ημερών η προνύμφη μεταμορφώνεται σε νεαρό άτομο, και έχει το σχήμα, τα χαρακτηριστικά καθώς και την πλήρη κατασκευή ενός ενήλικου μυδιού. Το εμπορεύσιμο μέγεθος αποκτάται στη φύση κατά μέσο όρο στα 3 χρόνια, ενώ στην καλλιέργεια το μύδι φτάνει το εμπορεύσιμο μέγεθος σε 12-18 μήνες.

1.5 Ανάπτυξη

Το μύδι είναι ευρύαλο και ευρύθερμο είδος και επιβιώνει σε μεγάλο εύρος θερμοκρασίας και αλατότητας. Οι καταλληλότερες θερμοκρασίες είναι 15-19 °C ενώ συχνά σε θερμοκρασία κάτω από 7 °C δεν επιβιώνει. Η ικανοποιητική αλατότητα είναι 32-37 ‰, αλλά ανέχεται και πολύ χαμηλότερες.

Ο φωτισμός, η διαφάνεια και το βάθος του νερού είναι σημαντικοί παράγοντες καθώς το μύδι είναι θετικά φωτοτροπικός οργανισμός. Η παρουσία φωτός ευνοεί την ανάπτυξή του. Ο φωτισμός όμως εξαρτάται από το βάθος του νερού καθώς και τα αιωρούμενα στο νερό συστατικά. Η θολότητα των νερών επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των μυδιών, αλλά από την άλλη μεριά, η θολότητα συχνά οφείλεται στην ανάπτυξη του πλαγκτού, η οποία αποτελεί την τροφή του μυδιού. Όσο αναφορά το βάθος όπου γίνεται η ανάπτυξη του μυδιού είναι στα 7-8 μέτρα.

Blue Mussel (*Mytilus edulis*) Life Cycle



Εικόνα 1: Κύκλος ζωής μυδιού



Εικόνα 2: Μύδια προσκολλημένα σε βραχώδες υπόστρωμα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Εργασία πεδίου

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στις 29-31/5/2016, 31/6 - 2/7/2016 και 13-15/8/2016 στον Αμβρακικό κόλπο σε 4 διαφορετικά σημεία. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με ελεύθερη κατάδυση μέχρι 1,5 μέτρα. Η μεταφορά από το ένα σημείο στο άλλο έγινε οδικώς καθώς και με βάρκα. Τα δείγματα μυδιών αποκολλήθηκαν από το βραχώδες υπόστρωμα με μαχαίρι, με προσοχή ώστε να μην θρυμματίζεται όσο το δυνατόν το κέλυφος τους και έπειτα τοποθετήθηκαν το κάθε ένα ξεχωριστά σε μια πλαστική σακούλα. Ακολούθως τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία και συντηρήθηκαν με διάλυμα φορμαλδεΐδης 4%.

Συμπληρωματικά, τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο 2017 συλλέχθηκαν επιλεκτικά από εγκαταστάσεις ιχθυοκαλλιέργειας στην περιοχή της Βόνιτσας άτομα με μεγαλύτερο μέγεθος έτσι ώστε να συμπληρωθεί το εύρος μεγέθους του πληθυσμού.

2.2 Επεξεργασία δειγμάτων

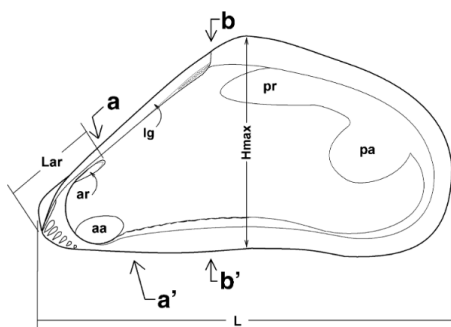
Με την επιστροφή στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε η διαλογή των ατόμων μυδιών, καθαρίστηκαν από επιφυτικούς και επιζωικούς οργανισμούς και τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστά δοχεία με διάλυμα φορμαλδεΐδης 4%. Επιλέχθηκαν μόνο ακέραια άτομα μυδιών χωρίς εμφανή ίχνη τραυματισμών. Από κάθε δείγμα επιλέχθηκαν άτομα σύμφωνα με το μήκος κελύφους τους έτσι ώστε σε κάθε δείγμα να καλύπτεται όλο το φάσμα μεγεθών. Ο συνολικός αριθμός ατόμων που μετρήθηκαν καθώς και το εύρος μεγεθών σε κάθε δείγμα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Αριθμός ατόμων (N), ελάχιστο και μέγιστο μήκος (mm) και βάρος (g) των μυδιών που χρησιμοποιήθηκαν από τις δειγματοληψίες κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο στον Αμβρακικό Κόλπο.

| | Ιούνιος 2016 | Ιούλιος 2016 | Αύγουστος 2016 | Φεβρουάριος 2017 | Απρίλιος 2017 |
|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Πλήθος ατόμων (N) | 48 | 37 | 38 | 19 | 23 |
| Ελάχιστο μήκος (mm) | 3,66 | 4,90 | 7,10 | 23,28 | 32,00 |
| Μέγιστο Μήκος (mm) | 30,41 | 32,20 | 33,20 | 57,84 | 74,00 |
| Ελάχιστο Βάρος (gr) | 0,01 | 0,01 | 0,04 | – | 2,29 |
| Μέγιστο Βάρος (gr) | 2,88 | 3,10 | 3,49 | – | 15,89 |

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα που συλλέχθηκαν από πέντε διαφορετικούς μήνες. Τους θερινούς μήνες συλλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα 40 περίπου ατόμων (Ιούνιος – Αύγουστος) ενώ τους χειμερινούς (Φεβρουάριο και τον Απρίλιο) συλλέχθηκαν όσα μεγάλα άτομα βρέθηκαν στην περιοχή δειγματοληψίας. Τα άτομα από κάθε δείγμα ταξινομήθηκαν από το μικρότερο στο μεγαλύτερο και έπειτα τα τοποθετήθηκαν σε μικρά αριθμημένα μπουκαλάκια γνωρίζοντας την ταυτότητα του κάθε ατόμου ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε κάποιο άτομο μετά το πέρας των μετρήσεων. Παίρνοντας ένα-ένα άτομο κάθε φορά μετρήθηκε μήκος, πλάτος και βάρος (Εικόνα 3). Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ένας ηλεκτρονικός βερνιέρος (παχύμετρο) για το μήκος και το πλάτος (ακρίβεια 1mm) και μία ζυγαριά ακριβείας (ακρίβεια 0.001g) για τη μέτρηση του βάρους. Μετά το τέλος των μετρήσεων περάστηκαν όλα τα δεδομένα σε excel. Τελειώνοντας τις χειροκίνητες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν οι ψηφιακές μετρήσεις από το λογισμικό όπου εκεί τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Ένα λευκό ταμπλό με μία μαύρη ταινία διαστάσεων 20cm x 2cm κολλημένη στο κέντρο του ταμπλό (κλίμακα)
- Μια φωτογραφική μηχανή Nikon D5000
- Τρίποδο για να στερεωθεί η φωτογραφική μηχανή

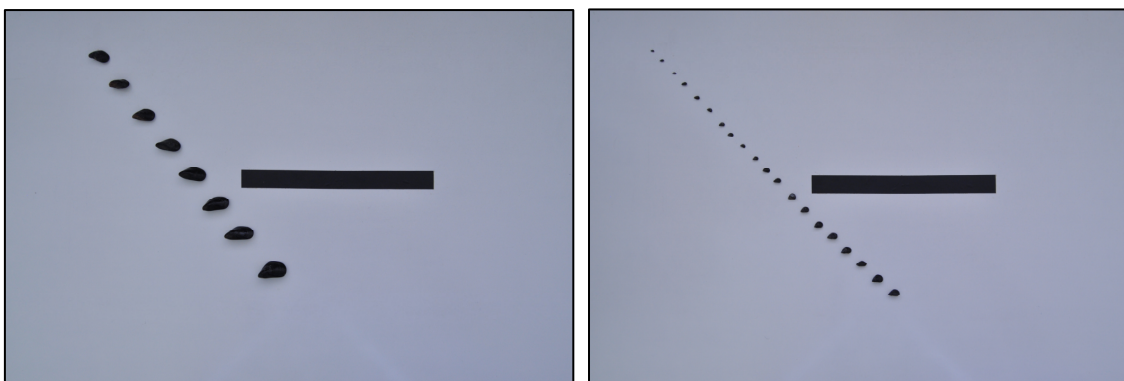


Εικόνα 3: Μέτρηση διαστάσεων μυδιού. L: Μήκος κελύφους. Bb': Πλάτος κελύφους.

Εφαρμογή:

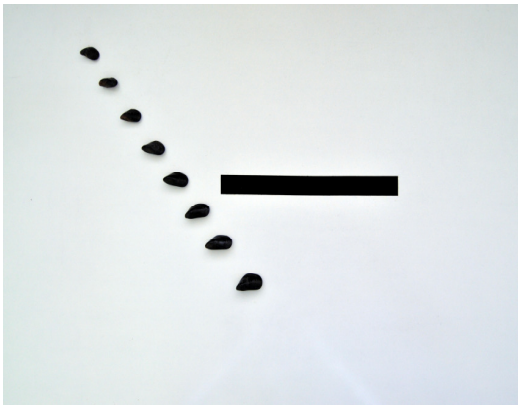
Αφού τοποθετήθηκε η κάμερα στο τρίποδο, ρυθμίστηκε ώστε να σχηματίζει γωνία 90° με το ταμπλό και ταυτόχρονα έτσι ώστε η κλίμακα να είναι ευθεία τοποθετημένη ως προς τον οριζόντιο άξονα της φωτογραφίας. Έπειτα εισήχθησαν τα άτομα κατά μήκος του ταμπλό γνωρίζοντας την ταυτότητα τους, προσέχοντας να μην ακουμπάνε στη κλίμακα, ούτε μεταξύ τους και δίνοντας προσοχή στο φωτισμό ώστε να μην δημιουργούνται σκιές. Όλα τα άτομα τοποθετήθηκαν με τον μεγάλο άξονα του κελύφους (μέγιστο μήκος) παράλληλο, όσο το δυνατόν, με την κλίμακα.

Η επεξεργασία των φωτογραφιών από το λογισμικό περιλαμβάνει την αναγνώριση όλων των αντικειμένων από επάνω αριστερά προς κάτω δεξιά. Για το λόγο αυτό τα μύδια τοποθετούνταν το ένα ελάχιστα πιο κάτω από το άλλο κατά μήκος μιας διαγωνίου. Μεταξύ των φωτογραφιών το ταμπλό καθαριζόταν σχολαστικά ώστε να αφαιρεθούν τυχόν υπολείμματα σκουπιδιών.

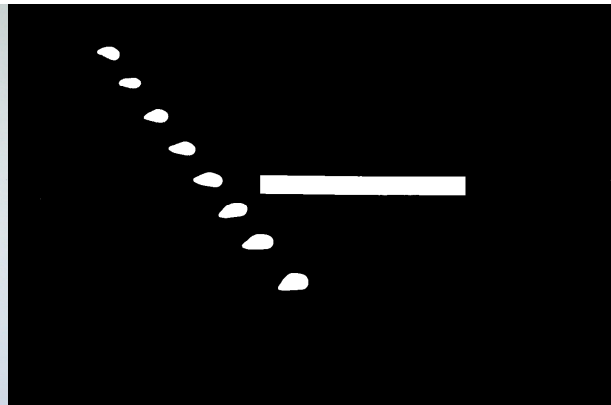


Εικόνα 4: Δείγματα μυδιών από όλο το εύρος μεγεθών, όπως φωτογραφήθηκαν

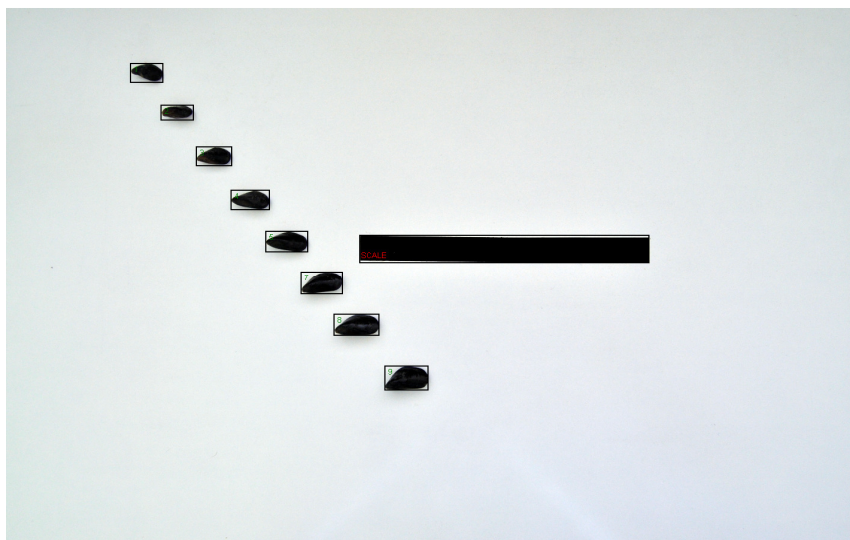
Το λογισμικό αρχικά μετατρέπει τις φωτογραφίες σε ασπρόμαυρες, εντοπίζει τα διαφορετικά αντικείμενα σε αυτές, αναγνωρίζει την κλίμακα και έπειτα επεξεργάζεται κάθε αντικείμενο ξεχωριστά μετρώντας την επιφάνεια του και τις διαστάσεις του ορθογωνίου παραλληλογράμμου που περιβάλλει κάθε αντικείμενο (Εικόνα 7). Τέλος ανάγει σε πραγματικές διαστάσεις χρησιμοποιώντας τις γνωστές διαστάσεις της κλίμακας.



Εικόνα 5: Η φωτογραφία μετά την αρχική επεξεργασία εξισορρόπησης ιστογράμματος.



Εικόνα 6: Μετατροπή της φωτογραφίας σε ασπρόμαυρη.



Εικόνα 7: Τελικό αποτέλεσμα μετά από την επεξεργασία. Εντοπίζονται και απαριθμούνται η κλίμακα και όλα τα ξεχωριστά αντικείμενα (μύδια) σε αυτή.

| ObjNo | Surface_mm | Rec_X_mm | Rec_Y_mm |
|-------|------------|----------|----------|
| 1 | 7,00 | 3,80 | 1,60 |
| 2 | 9,00 | 4,20 | 2,00 |
| 3 | 10,00 | 4,20 | 2,40 |
| 4 | 16,00 | 5,80 | 3,20 |
| 5 | 18,00 | 6,20 | 3,20 |
| 6 | 15,00 | 5,40 | 3,20 |
| 7 | 20,00 | 5,80 | 3,60 |
| 8 | 19,00 | 6,20 | 3,60 |
| 9 | 15,00 | 5,00 | 3,20 |
| 10 | 19,00 | 5,80 | 3,60 |
| 11 | 31,00 | 7,50 | 4,80 |

Εικόνα 8: Εξαγωγή αποτελεσμάτων στο Excel για κάθε αντικείμενο όπως εντοπίστηκε και μετρήθηκε από το λογισμικό. ObjNo: Αριθμός αντικειμένου, Surface_mm²: Επιφάνεια μυδιού σε mm², Rec_X_mm: μήκος παραλληλογράμμου που περιβάλλει το αντικείμενο, Rec_Y_mm: πλάτος παραλληλογράμμου που περιβάλλει το αντικείμενο

2.3 Στατιστική επεξεργασία.

Για τις συσχετίσεις μεταξύ των βιομετρικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στα δείγματα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Microsoft® Excel v.2007.

Πραγματοποιήθηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ των ακόλουθων παραμέτρων:

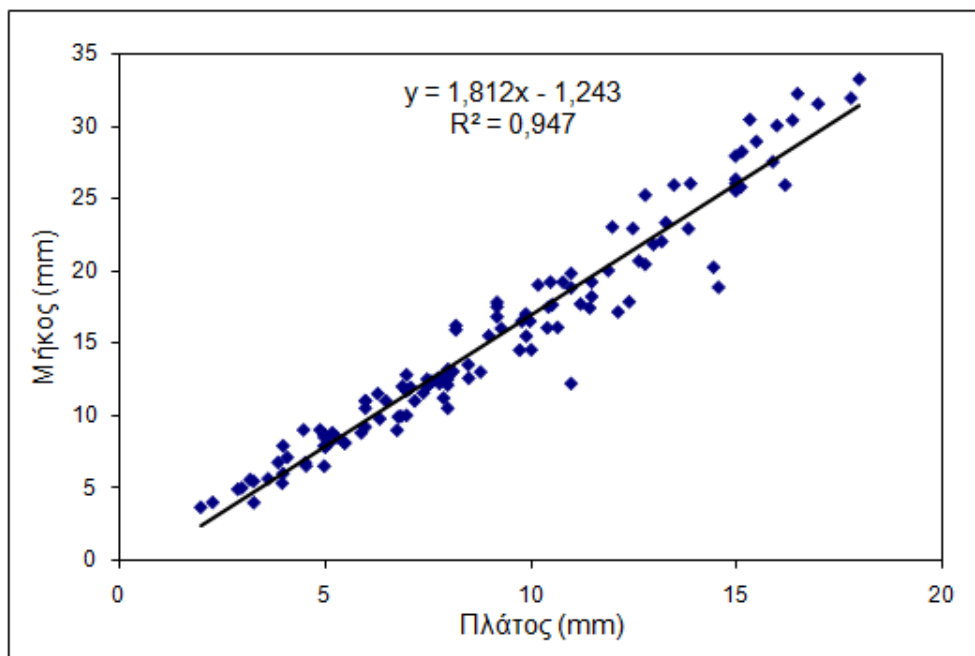
- Μήκος κελύφους (χειροκίνητη μέτρηση) – Νωπό Βάρος
- Πλάτος κελύφους (χειροκίνητη μέτρηση) – Νωπό Βάρος
- Μήκος κελύφους (χειροκίνητη μέτρηση) – Πλάτος κελύφους (χειροκίνητη μέτρηση)
- Μήκος κελύφους (χειροκίνητη μέτρηση) – Μήκος κελύφους (ψηφιακή μέτρηση)
- Μήκος κελύφους (χειροκίνητη μέτρηση) – Επιφάνεια κελύφους (ψηφιακή μέτρηση)
- Νωπό βάρος (χειροκίνητη μέτρηση) – Επιφάνεια κελύφους (ψηφιακή μέτρηση)

Στις περιπτώσεις των θερινών δειγμάτων (Ιούνιος, Ιούλιος & Αύγουστος) πραγματοποιήθηκε στατιστική σύγκριση των παραμέτρων μεταξύ των εξισώσεων που προέκυψαν για κάθε μήνα. Επειδή οι σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών παραμέτρων δεν ήταν γραμμικές (σχέσεις δύναμης της μορφής $Y=aX^b$), για να πραγματοποιηθεί η σύγκριση των παραμέτρων a και b μεταξύ των μηνών, τα πραγματοποιήθηκε λογαρίθμηση στα δεδομένα (\log_{10}). Η στατιστική σύγκριση έγινε με το στατιστικό πακέτο StatGraphics®

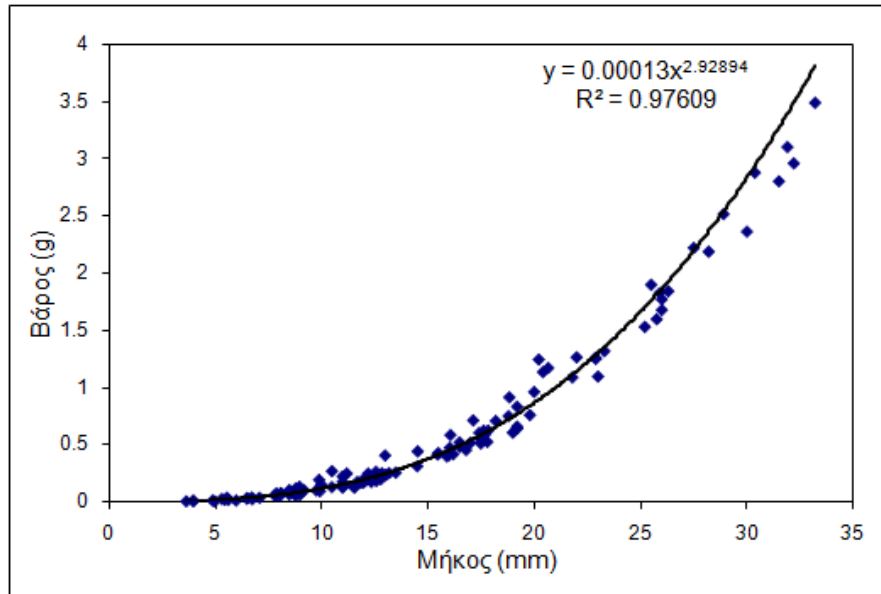
3. Αποτελέσματα

3.1 Συσχέτιση σωματομετρικών παραμέτρων.

Οι σωματομετρικές μετρήσεις που πραγματοποιηθήκαν χειροκίνητα (μήκος κελύφους, πλάτος κελύφους και νωπό βάρος) χρησιμοποιήθηκαν για να εξαχθούν οι εξισώσεις που περιγράφουν τις μεταξύ τους συσχετίσεις. Το μήκος του κελύφους συσχετίστηκε γραμμικά με το πλάτος του κελύφους (Εικόνα 9), ενώ το μήκος του κελύφους και το πλάτος του κελύφους συσχετίστηκαν με το βάρος με σχέση δύναμης (Εικόνες 10 & 12). Σε όλες τις περιπτώσεις η παρουσιάστηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων.

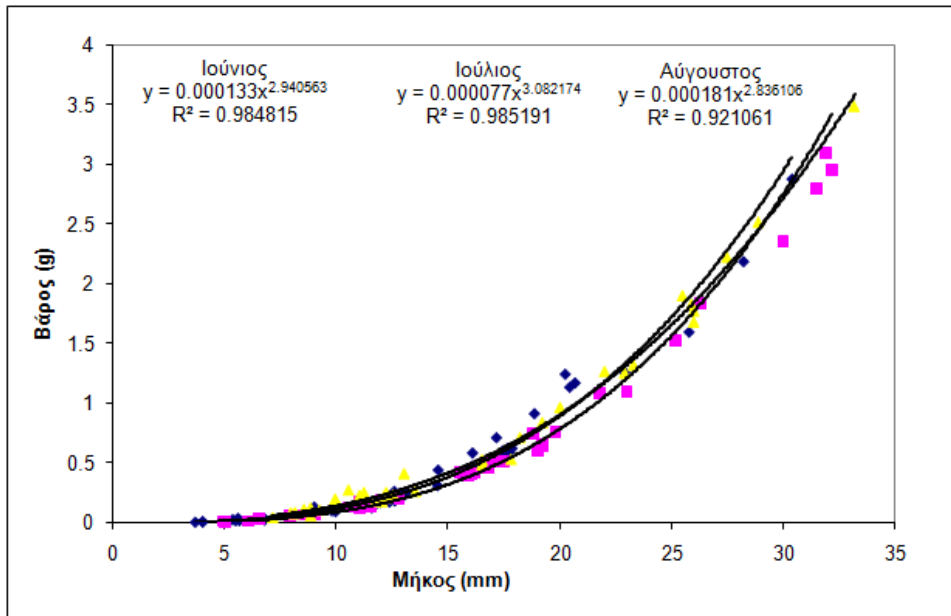


Εικόνα 9: Συσχέτιση μήκους κελύφους μυδιού και πλάτους κελύφους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.

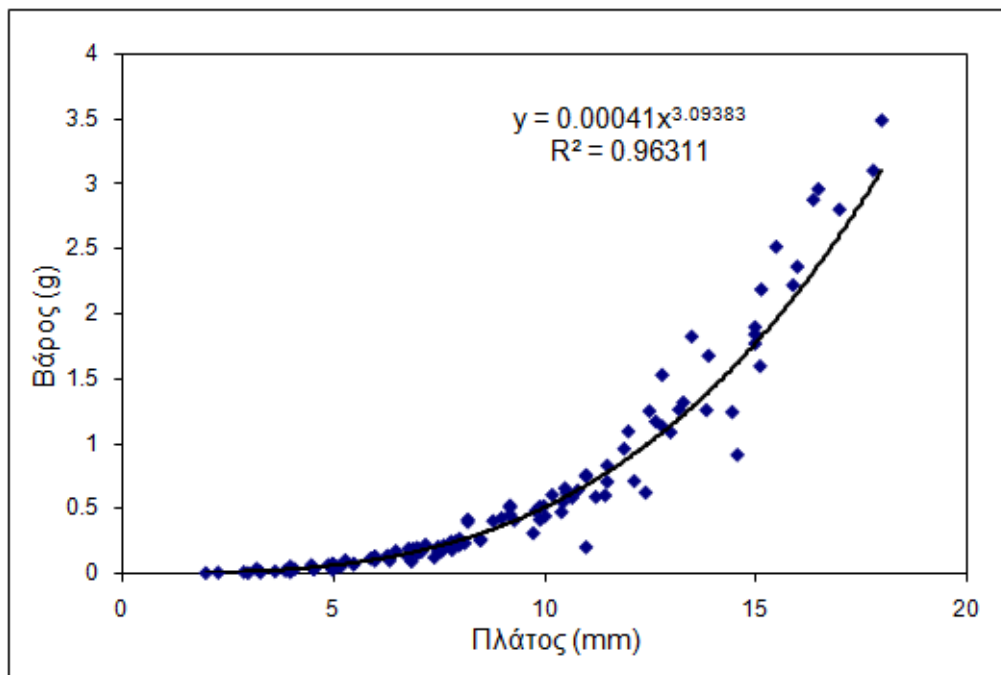


Εικόνα 10 : Συσχέτιση μήκους κελύφους μυδιού και νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.

Στη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των παραμέτρων a (κλίση) και b (σημείο τομής με τον άξονα) των σχέσεων μήκους κελύφους – βάρους για τους τρεις μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις δύο παραμέτρους μεταξύ των τριών μηνών (ANOVA, $p < 0.05$).



Εικόνα 11: Συσχέτιση μήκους κελύφους μυδιού και νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις ξεχωριστά για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.



Εικόνα 12: Συσχέτιση πλάτους κελύφους μυδιού και νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.

3.2 Συσχέτιση ψηφιακών και χειροκίνητων μετρήσεων.

Οι ψηφιακές μετρήσεις που παρήχθησαν από το λογισμικό (μήκος κελύφους, επιφάνεια κελύφους) καθώς και οι χειροκίνητες (μήκος κελύφους, πλάτος κελύφους και νωπό βάρος) χρησιμοποιήθηκαν για να εξαχθούν οι εξισώσεις που περιγράφουν τις μεταξύ τους συσχετίσεις. Τα δεδομένα παρουσιάζονται για δύο ξεχωριστές περιπτώσεις:

A) για τα άτομα που συλλέχθηκαν τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο & Αύγουστο), όπου τα μύδια ήταν μικρά σε μέγεθος

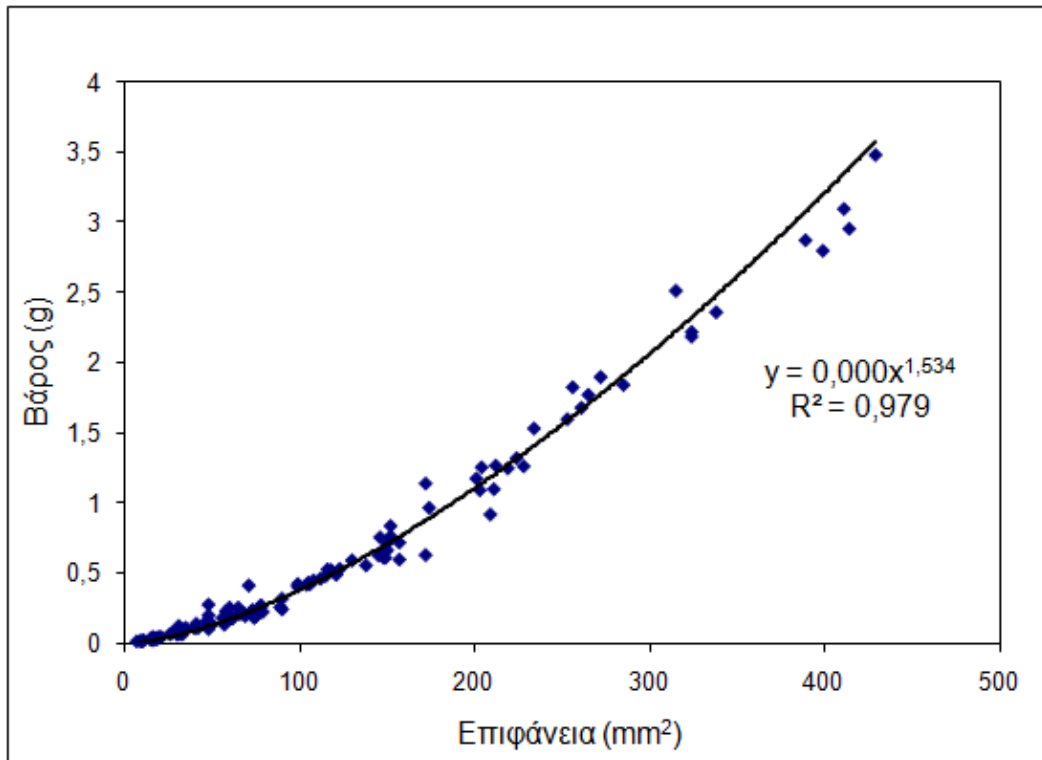
B) για το σύνολο των ατόμων που συλλέχθηκαν σε όλη την περίοδο (μήνες Ιούνιος – Απρίλιος) ώστε να εξαχθούν οι συσχετίσεις των βιομετρικών χαρακτηριστικών για όλο το εύρος μεγέθους του είδους στην περιοχή μελέτης.

3.3 Συσχέτιση βιομετρικών παραμέτρων μικρών ατόμων.

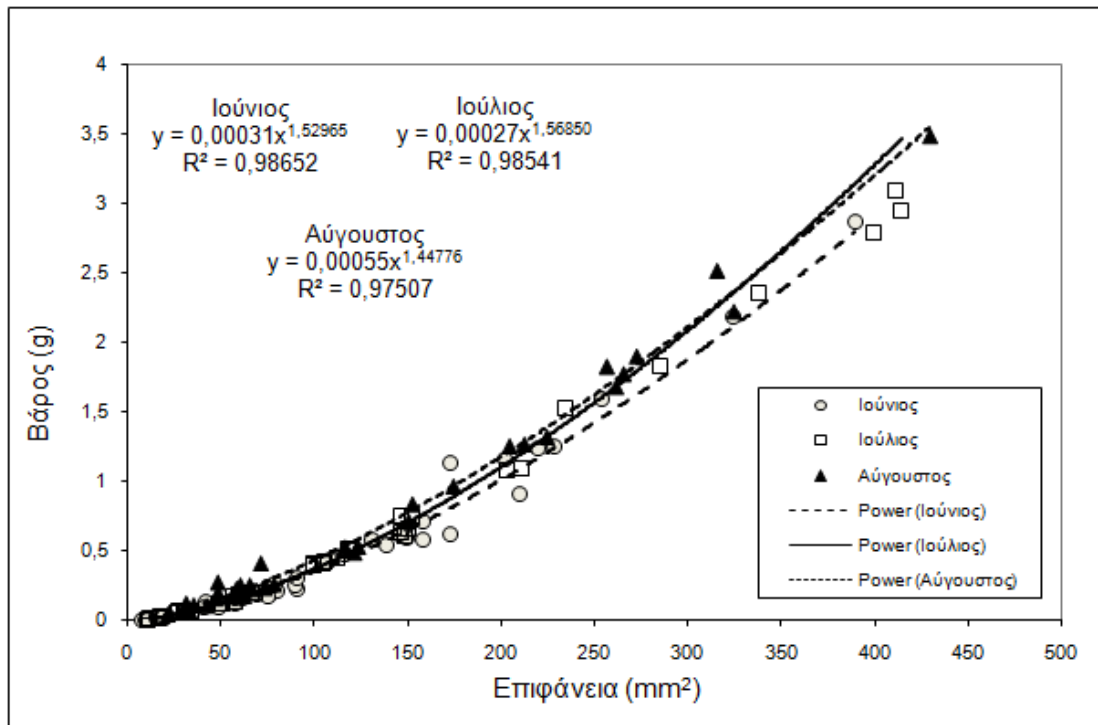
Στα μικρά άτομα μυδιών (μήνες Ιούνιος – Αύγουστος) τόσο το μήκος του κελύφους όσο και το βάρος των ατόμων συσχετίστηκαν με εξίσωση δύναμης με την επιφάνεια του κελύφους (Εικόνες 15, 13).

Αντίστοιχα, η σύγκριση των παραμέτρων a (κλίση) και b (σημείο τομής με τον άξονα) των σχέσεων βάρους – επιφάνειας δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές των παραμέτρων μεταξύ των μηνών (ANOVA, a : $p=0.45$; b : $p=0.08$).

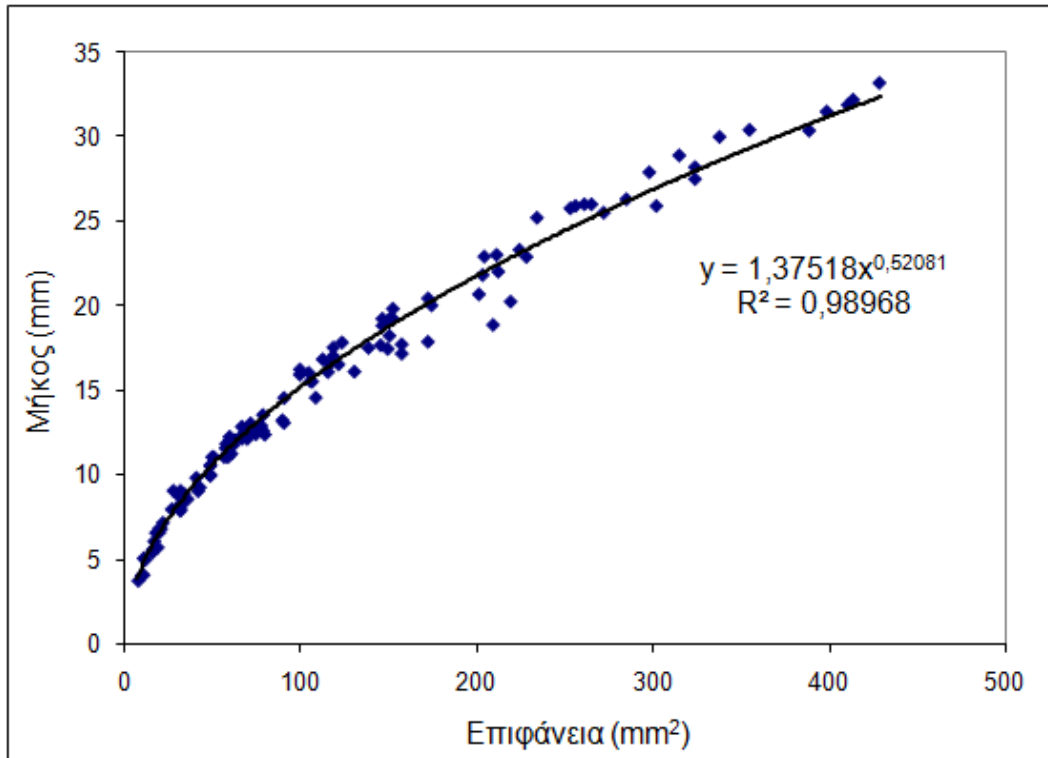
Στη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των παραμέτρων a (κλίση) και b (σημείο τομής με τον άξονα) των σχέσεων μήκους κελύφους – επιφάνειας για τους τρεις μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) (Εικόνα 16) βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για την παράμετρο b (σημείο τομής με το άξονα) (ANOVA, $p<0.05$) ενώ για την παράμετρο a (κλίση της ευθείας) δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (ANOVA, $p=0.08$) μεταξύ των τριών μηνών (ANOVA, $p<0.05$).



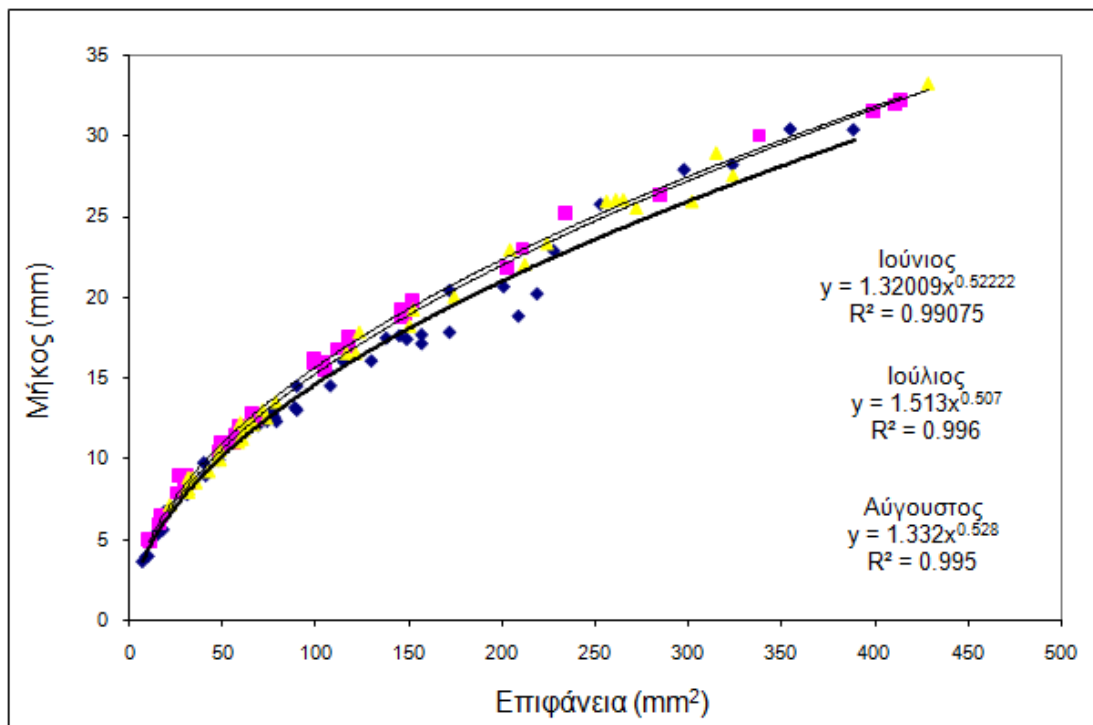
Εικόνα: 13: Συσχέτιση νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.



Εικόνα 14: Συσχέτιση νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια τους ξεχωριστά για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.

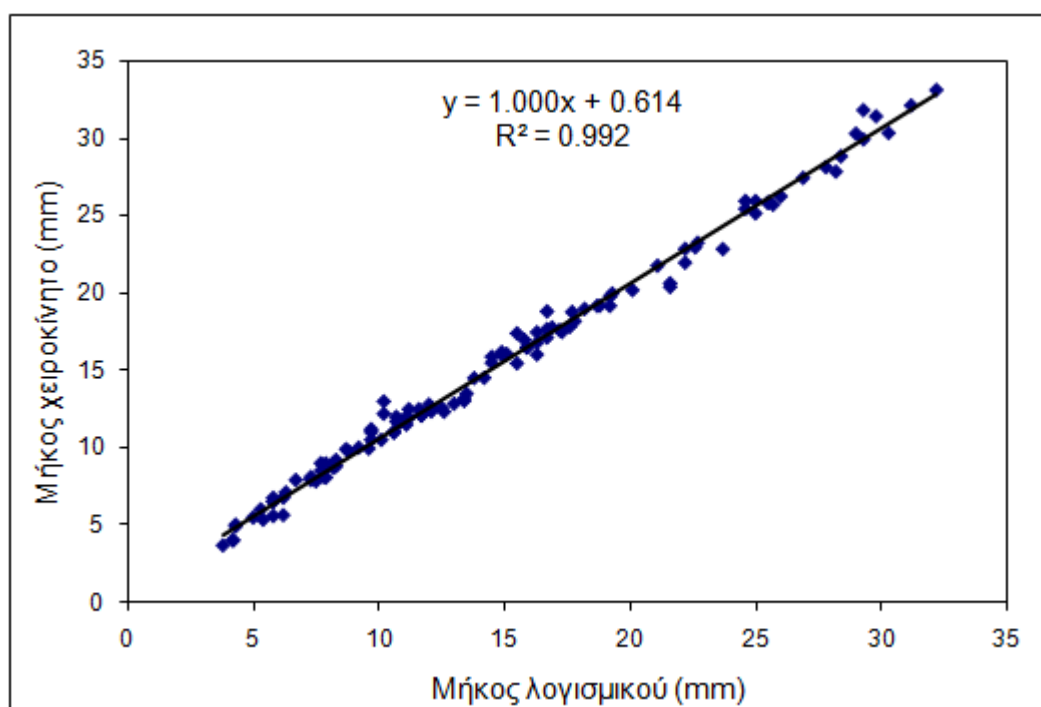


Εικόνα 15: Συσχέτιση μήκους κελύφους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.



Εικόνα 16: Συσχέτιση μήκους κελύφους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια ξεχωριστά για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.

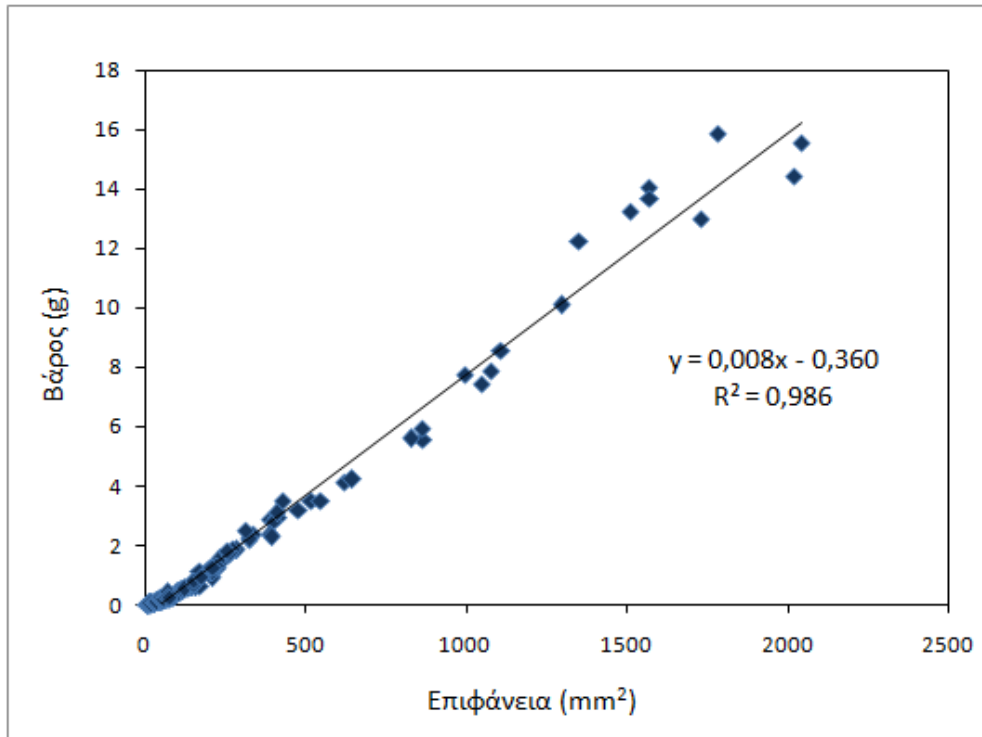
Επειδή τα μύδια είχαν τοποθετηθεί κατά τη φωτογράφιση, με το μεγάλο τους άξονα (μήκος) παράλληλα με την κλίμακα, από το λογισμικό πραγματοποιήθηκε και η εκτίμηση μήκους του κελύφους (μέτρηση λογισμικού Rect_X). Η συσχέτιση μεταξύ του πραγματικού μήκους (χειροκίνητη μέτρηση) με τη μέτρηση του λογισμικού ήταν γραμμική με την κλίση της ευθείας ίση με τη μονάδα και το σημείο τομής με τον άξονα με πολύ μικρή απόκλιση από το μηδέν (0.61mm) (Εικόνα 17).



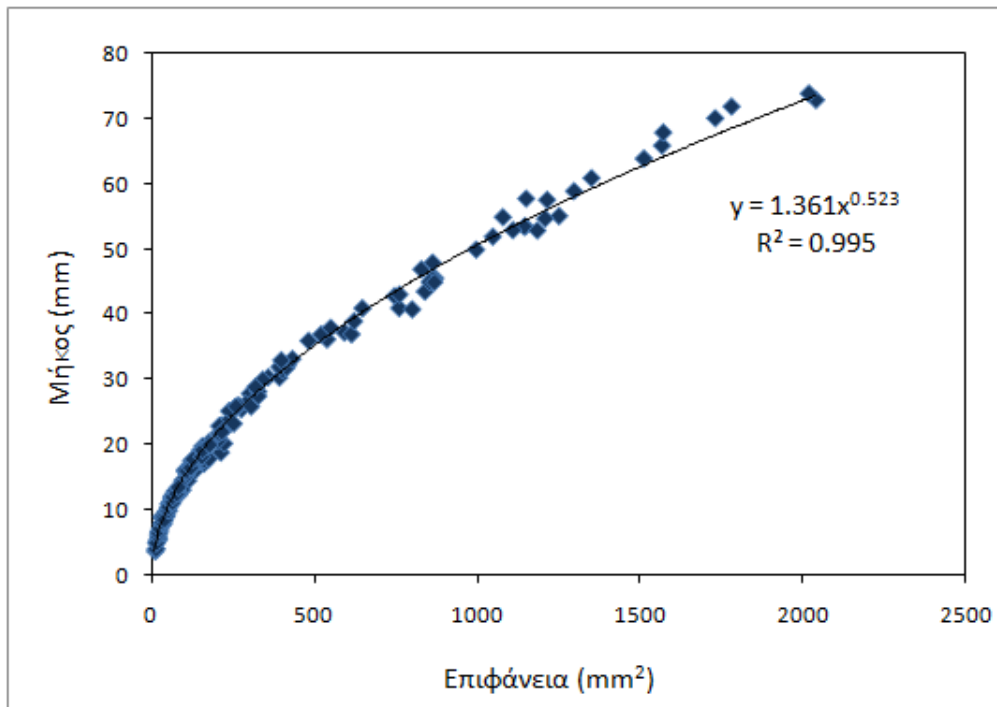
Εικόνα 17: Συσχέτιση μήκους κελύφους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με το μήκος τους όπως εκτιμήθηκε από το λογισμικό για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο στον Αμβρακικό κόλπο.

3.4 Συσχέτιση βιομετρικών παραμέτρων μυδιών όλων των μεγεθών.

Στο σύνολο των ατόμων μυδιών που εξετάστηκαν, το βάρος των μυδιών συσχετίστηκε γραμμικά με την επιφάνεια του κελύφους (Εικόνα 18) ενώ το μήκος του κελύφους συσχετίστηκε με την επιφάνεια με σχέση δύναμης (Εικόνα 19).



Εικόνα 18: Συσχέτιση νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια τους για όλα τα δείγματα (μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Φεβρουάριο, Απρίλιο) στον Αμβρακικό κόλπο.



Εικόνα 19: Συσχέτιση νωπού βάρους μυδιού από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια τους για όλα τα δείγματα (μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Φεβρουάριο, Απρίλιο) στον Αμβρακικό κόλπο.

4. Συμπεράσματα – Συζήτηση.

Τα μύδια είναι ηθμοφάγοι οργανισμοί με ιδιαίτερα υψηλό ρυθμό φιλτραρίσματος φυτοπλαγκτικών κυττάρων και σωματιδιακού υλικού από την υδάτινη στήλη. Λόγω της ιδιότητας τους αυτής θεωρούνται σε πολλές περιοχές του πλανήτη ως «είδη-κλειδιά» (keystone species) και οι πληθυσμοί τους μελετώνται συστηματικά από την φάση της εγκατάστασης. Η μελέτη των πληθυσμών του γόνου των μυδιών στην παράκτια ζώνη αποτελεί μια επίπονη διαδικασία και βασίζεται σε δειγματοληπτική συλλογή του γόνου από το υπόστρωμα, καταμέτρηση των ατόμων κάθε δείγματος και μέτρηση του μήκους του κελύφους σε ένα υποσύνολο των ατόμων του δείγματος με σκοπό τη δημιουργία κατανομών μήκους του πληθυσμού τους (Ardizzone et al., 1996; Bologna et al., 2005).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η επιφάνεια του κελύφους του μυδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για την εκτίμηση του μήκους κελύφους και του σωματικού βάρους των μυδιών *Mytilus* sp. Η επιφάνεια του κελύφους του μυδιού είναι ένα μέγεθος το οποίο μπορεί να μετρηθεί εύκολα από ψηφιακές εικόνες εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο πολύτιμο χρόνο σε μελέτες που απαιτούν μεγάλο αριθμό δειγμάτων και περιλαμβάνουν μικρά σε μέγεθος άτομα τα οποία είναι σχετικά δύσκολο να μετρηθούν με ακρίβεια.

Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρήθηκαν στις παραμέτρους των εξισώσεων [επιφάνειας – μήκος κελύφους] και [επιφάνειας – βάρος] μεταξύ των διαφορετικών μηνών δειγματοληψίας, υποδεικνύουν ότι σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να δημιουργούνται ξεχωριστές πρότυπες εξισώσεις από ένα μικρό αριθμό ατόμων για κάθε εποχή, περιοχή και είδος. Από τη στιγμή που θα δημιουργηθούν οι πρότυπες αυτές σχέσεις, το λογισμικό μπορεί εύκολα και γρήγορα να πραγματοποιήσει την καταμέτρηση των ατόμων και τη μέτρηση της επιφάνειας κάθε ατόμου από την οποία θα εκτιμηθεί ακολούθως το μήκος του κελύφους και το ατομικό βάρος των μυδιών. Σε αυτή την περίπτωση, οι κατανομές συχνοτήτων του μήκους κελύφους του εκάστοτε δείγματος θα προέρχονται από όλο το δείγμα που

συλλέχθηκε και όχι από υποσύνολο αυτού, όπως συνήθως γίνεται όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται χειροκίνητα.

Η μεθοδολογία που προτείνεται στην παρούσα εργασία αποδίδει πιο αποτελεσματικά σε εξοικονόμηση εργατικού χρόνου όταν πρόκειται να εφαρμοσθεί σε μελέτες που αφορούν τον γόνο των μυδιών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όπου τα άτομα που συλλέγονται είναι αφενός πάρα πολλά (συνήθως δεκάδες χιλιάδες) και μικρά σε μέγεθος (1-10mm), η ψηφιακή μέτρηση των δειγμάτων είναι ιδιαίτερα συμφέρουσα. Στις περιπτώσεις όπου τα μύδια που συλλέγονται είναι σχετικά μεγάλα σε μέγεθος (>30mm), αν και η ψηφιακές μετρήσεις είναι εξίσου αξιόπιστες, ενδέχεται η χειροκίνητη μέθοδος μέτρησης να είναι ταχύτερη. Σε κάθε περίπτωση όμως, η ψηφιακή εικόνα των δειγμάτων αποτελεί έναν καλό τρόπο συμπληρωματικής «αποθήκευσης» των δειγμάτων για μελλοντική χρήση.

5. Βιβλιογραφία.

- Ardizzone G.G., Belluscio A., Gravina M.F., Somaschini A. (1996). Colonization and Disappearance of *Mytilus galloprovincialis* Lam. on an Artificial Habitat in the Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 43: 665–676.
- Balaban M.O., Chombeau M., Cirban D., Gumus B. (2010). Prediction of the Weight of Alaskan Pollock Using Image Analysis. *Journal of Food Science*, 75: 552–556.
- Bologna P.A.X., Fetzer M.L., McDonell S., Moody E.M. (2005). Assessing the potential benthic–pelagic coupling in episodic blue mussel (*Mytilus edulis*) settlement events within eelgrass (*Zostera marina*) communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 316: 117–131.
- Damar S., Yagiz Y., Balaban M.O., Ural S., Oliveira A.C.M., Crapo C.A. (2006). Prediction of Oyster volume and Weight Using Machine Vision. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 15(4): 3–15.
- Echavarria-Heras, H., E. Solana-Arellano, C. Leal-Ramirez and E. Franco-Vizcaino. (2011). The length-times-width proxy for leaf area of eelgrass: Criteria for evaluating the representativeness of leaf-width measurements. *Aquatic Conservation*, 21: 604–613.

Hunt M.A., Hodson S.L. (1999). Accurate area determination of complex leaves using digital image analysis. *Australian Journal of Plant Physiology*, 26: 767–772.

Navarro A., Lee-Montero I., Santana D., Henríquez P., Ferrer M.A., Morales A., Soula M., Badilla R., Negrín-Báez D., Zamorano M.J., Afonso J.M. (2016). IMAFISH_ML: A fully-automated image analysis software for assessing fish morphometric traits on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.), meagre (*Argyrosomus regius*) and red porgy (*Pagrus pagrus*). *Computers and electronics in Agriculture*, 121: 66–73.

Βιδάλης Κ. & Αργυρίου Θ. (2006). Υδατοκαλλιέργειες ασπονδύλων. Σημειώσεις Θεωρίας. ΤΕΙ Μεσολογίου.