

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Κατανάλωση τροφής από το είδος *Nephrops norvegicus* σε συνθήκες
εκτροφής: διατροφική αγωγή με μύδια»**

Κεφεκέ Βασιλική

ΒΟΛΟΣ 2010

**Κατανάλωση τροφής από το είδος *Nephraps norvegicus* σε συνθήκες εκτροφής:
διατροφική αγωγή με μύδια»**

Τριμελής Εξεταστική επιτροπή :

- 1) **Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**,
- 2) **Ελένη Μεντέ**, Μόνιμη Επίκουρος Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**,
- 3) **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, Ιχθυολογίας – Υδροβιολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

*Στους γονείς μου Στυλιανό, Χριστίνα
στις αδελφές μου Ολυμπία και Μαρία και
στον ανηψιό μου Παναγιώτη*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τη Μόνιμη Επίκουρη Καθηγήτρια κα Ελένη Μεντέ και τον Καθηγητή κ. Χρήστο Νεοφύτου, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου Μαρία Σακκομήτρου, Κωνσταντίνο Κρούπη και Ζήση Πετμεζιά, καθώς επίσης την υποψήφια διδάκτορα Αλεξάνδρα Μεζίτη για την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.

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

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επιβίωση και η κατανάλωση τροφής του *Nephrops norvegicus* σε εργαστηριακές συνθήκες. Το πείραμα διήρκησε 20 εβδομάδες και χρησιμοποιήθηκαν αρσενικά άτομα τα οποία είχαν μέσο σωματικό βάρος $46,7 \pm 9,2$ g. Οι караβίδες τοποθετήθηκαν μεμονωμένα σε ατομικά κλουβιά τα οποία βρίσκονταν σε γυάλινες δεξαμενές με θαλασσινό νερό. Η μια ομάδα αποτελούνταν από 19 караβίδες που παρέμεναν σε ασιτία και η άλλη από 16 караβίδες στις οποίες χορηγούνταν μύδι. Η ομάδα караβιδών που παρέμενε σε ασιτία είχε επιβίωση 63,2%, ενώ αυτή που της χορηγούνταν μύδι είχε επιβίωση 100%. Η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής για τη *N. norvegicus* εκτιμήθηκε στο 0,15% επί του σωματικού βάρους όταν τρέφεται με μύδια. Τέλος, από την ομάδα των караβιδών που διατράφηκαν με μύδι, κάποια άτομα αύξησαν ελαφρώς το σωματικό τους βάρος, ενώ άλλα απώλεσαν σωματικό βάρος παρουσιάζοντας μέσο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης ίσο με $-0,002$ %/ημέρα, με μέγιστο SGR 0,029 % και με ελάχιστο $-0,072$ %, ενώ η ομάδα της ασιτίας παρουσίασε αρνητικό ειδικό ρυθμό αύξησης με μέση τιμή ίση με $-0,031$ %/ημέρα.

Λέξεις κλειδιά: *Nephrops norvegicus*, καρκινοειδή, υδατοκαλλιέργειες, διατροφή, φυσιολογία θρέψης, κατανάλωση τροφής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Βιολογία του είδους <i>Nephrops norvegicus</i>	1
1.2 Διατροφή του είδους <i>Nephrops norvegicus</i>	6
1.3. Εκτροφή караβίδας.....	9
1.4. Σκοπός της έρευνας.....	9
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	10
2.1 Συλλογή πειραματόζων.....	10
2.2 Συνθήκες εκτροφής	12
2.3 Μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού.....	14
2.4 Χορήγηση τροφής	15
2.4.1 Χημική σύσταση τροφής.....	16
2.5 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών	17
2.6 Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής.....	18
2.7 Θανάτωση караβίδων και συλλογή ιστών.....	19
2.8 Προσδιορισμός παραμέτρων αύξησης	20
2.8.1 Αύξηση βάρους	20
2.8.2 Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR)	20
2.9 Χημικές αναλύσεις	20
2.9.1 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας.....	20
2.9.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	21
2.9.3 Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων	23
2.9.4 Προσδιορισμός τέφρας	24

2.10 Στατιστική ανάλυση	25
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	26
3.1 Επιβίωση.....	26
3.2 Κατανάλωση τροφής	26
3.3 Έκδυση	34
3.4 Αύξηση	35
3.4.1. Ειδικός ρυθμός αύξησης SGR.....	35
3.5 Χημική σύσταση μυϊκού ιστού καραβίδων.....	38
3.5.1 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις.....	38
3.5.2 Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια.....	40
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	42
4.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων	42
4.2 Συμπεράσματα.....	47
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49
6. ABSTRACT	53

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Βιολογία του είδους *Nephrops norvegicus*

Η караβίδα (Εικ. 1) ή νορβηγικός αστακός (*Nephrops norvegicus*) ανήκει στην κλάση των δεκάποδων καρκινοειδών (Campbell *et al.* 2009). Ο εξώσκελετός του αποτελείται από μεγάλες ποσότητες ασβεστίου, με έντονες προεξοχές (Relini *et al.* 1999).

Το σώμα της караβίδας είναι μακρύ και επίπεδο πλευρικά και συνίσταται από 3 βασικά τμήματα: την κεφαλή, το θώρακα και την κοιλιά. Η κεφαλή με το θώρακα είναι συμπυκνμένα αποτελώντας τον κεφαλοθώρακα. Το σώμα αποτελείται συνολικά από 20 μεταμερή (Fox 2006). Η κοιλιά είναι μακριά και καταλήγει στο τέλος που είναι το τελευταίο τμήμα του σώματος, το οποίο περιβάλλεται από τα πλεοπόδια. Αυτό το τμήμα επιτρέπει στην караβίδα να κολυμπάει. Πολλές φορές, όμως, η караβίδα μετακινείται βαδίζοντας παρά κολυμπώντας (Fisher *et al.* 1987).

Στο πρώτο ζεύγος των κεφαλικών παραρτημάτων βρίσκονται οι μετακινούμενοι οφθαλμοί. Το πρώτο ζεύγος κεραιών είναι μικρό και διχαλωτό (Relini *et al.* 1999). Όπως όλα τα δεκάποδα, διαθέτει πέντε ζεύγη βαδιστικών ποδιών, τα οποία βρίσκονται στην περιοχή του κεφαλοθώρακα. Το πρώτο ζεύγος των ποδιών, που βρίσκεται κοντά στο στόμα, είναι περισσότερο αναπτυγμένο από ότι τα υπόλοιπα και στην άκρη τους απολήγουν σε δύο δαγκάνες που χρησιμοποιούνται τόσο για την άμυνα όσο και για τη σύλληψη της τροφής (Farmer 1975).



Εικόνα 1: Καραβίδα (*Nephrops norvegicus*) Πηγή: <http://en.wikipedia.org>

Η караβίδα είναι είδος με ευρεία γεωγραφική εξάπλωση, η οποία εκτείνεται από το πάνω μέρος της ηπειρωτικής κατωφέρειας του Βορειοανατολικού Ατλαντικού μέχρι την ανατολική Μεσόγειο (Farina *et al.* 2002). Η βαθυμετρική κατανομή του στη Μεσόγειο εκτείνεται από την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα μέχρι πυθμένες μεγάλου βάθους, που φθάνουν στα βάθη 871 m στη δυτική Μεσόγειο, αν και οι μέγιστες πυκνότητες βρίσκονται μεταξύ 245 και 485 m (Cartes *et al.* 1994).

Κατοικεί σε λαγούμια, τα οποία κατασκευάζει σε λασπώδη ιζήματα στον πυθμένα των θαλασσών (Campbell *et al.* 2009). Η караβίδα μπορεί να χρησιμοποιήσει για βιότοπο ένα μαλακό πυθμένα από άργιλο, άμμο ή λάσπη, όπου σκάβει εκτεταμένες σήραγγες (Rice & Charman 1971). Σε εργαστηριακά πειράματα που πραγματοποίησαν οι Hagerman και Baden (1988), παρατήρησαν ότι όταν το επίπεδο κορεσμού σε οξυγόνο είναι λιγότερο από 25% η *N. norvegicus* αναδύεται από τις υπόγειες φωλιές για να φθάσει σε νερά με μεγαλύτερα επίπεδα οξυγόνου.

Τα νεαρά άτομα της *N. norvegicus* είναι εγκατεστημένα κάτω από λεπτό ίζημα κατασκευάζοντας λαγούμια για την επιβίωση και την προστασία τους από τους θηρευτές τους, όπως ο μπακαλιάρος, για την εύρεση τροφής και έμμεσα για την στρατολόγηση τους (Eriksson & Baden 1997). Άτομα με μήκος κεφαλοθώρακα μικρότερο από 20 mm παραμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσα στα λαγούμια, σε αντίθεση με αυτά που το μήκος τους ξεπερνάει τα 40 mm (Hudon 1987).

Οι Maynou και Sarda (1996), απέδειξαν ότι τα υποστρώματα που αποτελούν τόπο διαμονής για την караβίδα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης της, ενώ ειδικότερα για τα θηλυκά άτομα το υπόστρωμα που επιλέγεται από αυτά εξαρτάται από το στάδιο της γεννητικής τους ωριμότητας. Έτσι λοιπόν, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των βιολογικών διαφορών και την ποικιλία των ιζημάτων, το μέγεθος του κόκκου και το οξειδοαναγωγικό δυναμικό των υποστρωμάτων. Προβάλλεται το επιχείρημα ότι το μέγεθος των κόκκων και, σε μικρότερο βαθμό, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ρυθμό ανάπτυξης και τις μορφομετρικές διαφορές στους πληθυσμούς της караβιδας της βορειοδυτικής Μεσογείου. Διαφορές θερμοκρασίας διαδραματίζουν ένα δευτερεύοντα ρόλο, εξηγώντας μόνο την πρόοδο της γεννητικής ωρίμανσης για τα θηλυκά άτομα (Maynou & Sarda 1996).

Η *N. norvegicus* είναι γονοχωριστικό είδος (Relini *et al.* 1999) με κανιβαλικές τάσεις (Harris & Ulmestrand 2004). Τα αρσενικά, κατά μέσο όρο, είναι μεγαλύτερα από τα θηλυκά (Relini *et al.* 1999). Το μέγιστο μήκος σώματος του είδους φθάνει τα 24 cm, με τα μεγαλύτερα άτομα να έχουν συλληφθεί στη βόρεια Αδριατική (Fisher *et al.* 1987).

Για τα θηλυκά άτομα, η πρώτη γενετική ωρίμανση εμφανίζεται μεταξύ 3 έως 3,5 ετών, ενώ τα αρσενικά ωριμάζουν λίγο αργότερα σε ηλικία 4 έως 4,5 ετών. Στα θηλυκά άτομα οι ωοθήκες ωριμάζουν κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Morizur 1983). Το μέγεθος (μήκος κεφαλοθώρακα) των караβίδων κατά την αναπαραγωγική τους ωρίμανση ποικίλλει ανάλογα τον πληθυσμό, τη γεωγραφική θέση και το βάθος του βιότοπου: 21 έως 34 mm για τα θηλυκά και από 29 έως 46 mm για τα αρσενικά (Tuck *et al.* 2000). Βάση έρευνας η οποία εκπονήθηκε στον Παγασητικό κόλπο δείχτηκε ότι το μέγεθος στο οποίο το 50% των θηλυκών ατόμων του πληθυσμού που φτάνουν σε αναπαραγωγική ωριμότητα έχει εκτιμηθεί στο 28,1 mm του μήκους του κεφαλοθώρακα (Mente *et al.* 2009).

Τα ενήλικα θηλυκά κάνουν έκδυση μια φορά το χρόνο στα τέλη του χειμώνα ή την άνοιξη, μετά την εκκόλαψη των αυγών. Κατά τη διάρκεια του έτους, το ζευγάρι λαμβάνει χώρα την άνοιξη ή το χειμώνα, αφού τα θηλυκά άτομα έχουν πραγματοποιήσει την έκδυση και είναι αρκετά μαλακά (Phillips 2006). Οι ωοθήκες ωριμάζουν καθ' όλη τη διάρκεια των ανοιξιάτικων και καλοκαιρινών μηνών, και η ωοτοκία πραγματοποιείται στις αρχές του φθινοπώρου ή στο τέλος του καλοκαιριού (Farmer 1975). Αντίθετα, τα αρσενικά δεν παρουσιάζουν ένα χαρακτηριστικό αναπαραγωγικό κύκλο και η σπερματογένεση λαμβάνει χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Farmer 1974). Κατά τη διάρκεια της επώασης, είναι γενικά αποδεκτό ότι τα θηλυκά έχουν την τάση να παραμένουν εντός των λαγουμιών τους μέχρι να ολοκληρωθεί η επώαση (Farmer 1975). Οι θηλυκές караβίδες βγαίνουν από τις φωλιές τους για να πραγματοποιηθεί η εκκόλαψη (Farmer 1974). Σύντομα μετά την εκκόλαψη, τα θηλυκά θα αλλάξουν τον εξωσκελετό τους και θα ζευγαρώσουν (Farmer 1975). Τα αυγά εκκολάπτονται στο τέλος της άνοιξης έως τις αρχές

του καλοκαιριού (ανάλογα με τη θερμοκρασία των υδάτων) και οι προνύμφες θα διέλθουν από τρία πελαγικά στάδια πριν την μεταμόρφωση των ανηλίκων σε νεαρά άτομα, στάδιο που θα διαρκέσει μέχρι το φθινόπωρο (Eriksson & Baden 1997).

Οι *Mente et al.* (2009) πραγματοποίησαν μελέτη για την αναπαραγωγή της караβίδας στον Παγασητικό κόλπο. Βάση αυτής της έρευνας, η ωρίμανση των γονάδων των θηλυκών πραγματοποιείται κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι όπου αρχίζει να πραγματοποιείται η εναπόθεση των αυγών στα πλεοπόδια (*Mente et al.* 2009). Η απώλεια των αυγών αποτελεί ένα συχνό φαινόμενο για τις караβίδες. Ο λόγος είναι η αδυναμία συγκράτησης των αυγών από τα πλεοπόδια κατά την περίοδο της ωοτοκίας και κατά τη διάρκεια της μακράς περιόδου ανάπτυξης (*Tuck et al.* 2000).

Βάση έρευνας που πραγματοποίησε ο *Hill* (1990) για τις λάρβες της караβίδας δείχτηκε ότι η διάρκεια ζωής των πλαγκτονικών προνυμφών είναι περίπου πενήντα ημέρες. Η διασπορά των νεοεκκολαφθείσων λαρβών εξαρτάται από τα θαλάσσια ρεύματα καθώς στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης τους δε διαθέτουν την ικανότητα κολύμβησης (*Hill et al.* 1994). Μετά το τελικό στάδιο της λάρβας, η караβίδα μεταμορφώνεται σε μεταπρονύμφη. Η μεταπρονύμφη μοιάζει αρκετά με ενήλικο άτομο και αρχίζει να ζει στο βένθος (*Phillips* 2006). Στο στάδιο της μεταπρονύμφης το μέγεθος του κεφαλοθώρακα κυμαίνεται από 3,3-4,0 mm (*Morizur* 1983). Ο *Hudon* (1987) με βάση τις παρατηρήσεις συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια της σύλληψης, χώρισε τις караβίδες σε μεταπρονύμφη (<25 mm μήκος κεφαλοθώρακα), νεαρών (25 - 76 mm μήκος κεφαλοθώρακα), και ενήλικες (> 76 mm μήκος κεφαλοθώρακα).

1.2. Διατροφή του είδους *Nephrops norvegicus*

Η караβίδα είναι ένα μη εκλεκτικό ως προς την τροφή του είδος, που τρέφεται με μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών όπως άλλα καρκινοειδή, ψάρια και μαλάκια, είτε ως δραστήριο αρπακτικό ζώο είτε ως σαπροφάγος (Cristo & Cartes 1998). Σε εργαστηριακή ανάλυση του περιεχομένου του εντέρου της караβίδας διαπιστώθηκε ότι η διαίτα του ζώου αποτελείται από ευρεία ποικιλία βενθικών και επιβενθικών οργανισμών όπως πολύχαιτοι, εχινόδερμα και ευφασιώδη (Aguzzi *et al.* 2004). Επιπλέον μπορεί να τραφεί με διάφορα ασπόνδυλα και απορριπτόμενα ψάρια (Parslow-Williams *et al.* 2002). Επίσης, η *N. norvegicus* είναι είδος με κανιβαλιστικές τάσεις (Relini *et al.* 1999).

Οι Elner και Campbell (1987), ανέλυσαν το περιεχόμενο των στομάχων από 1032 караβίδες τις οποίες είχαν αλιεύσει από τη θαλάσσια περιοχή ανοιχτά του Καναδά. Η διαίτα τους περιελάμβανε ένα ευρύ φάσμα που αποτελούνταν από φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς με κυρίαρχα τα μαλάκια, καρκινοειδή, εχινόδερμα και πολύχαιτους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η συχνή εμφάνιση μυδιών των ειδών *Modiolus modiolus* και *Mytilus edulis* στα στομάχια των караβίδων. Δεδομένου ότι σημαντικό ρόλο για τις караβίδες διαδραματίζει το μέγεθος της λείας τους, τα *Mytilus edulis* αποτελούν σημαντικότερο κομμάτι της διατροφής τους λόγω ευάλωτης κατηγορίας μεγέθους από ότι τα *Modiolus modiolus*.

Μια συγκριτική μελέτη για την οικολογία της διατροφής της *N. norvegicus* διεξήχθη σε εποχιακή βάση ταυτόχρονα σε εφτά σημεία της ανατολικής και δυτικής Μεσογείου και του Ατλαντικού (Cristo & Cartes 1998). Οι κυριότερες ομάδες που παρατηρήθηκαν στα στομάχια των караβίδων ήταν δεκάποδα μαλακόστρακα, άλλα μαλακόστρακα (Euphausiacea και Peracaridae) και ψάρια. Τα αποτελέσματα της

έρευνας δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τόπων και των εποχών. Όλες οι μεγάλες τάξεις ήταν παρούσες στη δίαιτα σε όλες τις περιοχές και σε όλες τις εποχές, γεγονός που εξηγείται από τη μεγάλη ομοιότητα της βενθικής πανίδας σε όλες τις περιοχές, η οποία αποτελεί πλούσια πηγή τροφής για την *N. norvegicus*. Το ποσοστό πληρότητας των στομάχων εκτιμήθηκε επίσης βάση εποχής και περιοχής και παρατηρήθηκε σαφής μείωση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για όλες τις περιοχές (Cristo & Cartes 1998).

Η ποικιλία τροφών που απαρτίζουν τη διατροφή της караβίδας εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος των ζώων (Mytilineou *et al.* 1992). Οι διατροφικές απαιτήσεις αλλάζουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται η караβίδα. Οι προνύμφες καταναλώνουν κυρίως ζωοπλαγκτόν, καθώς και αιωρούμενα σωματίδια που βρίσκονται μέσα στο νερό (Phillips 2006). Είναι γενικά αποδεκτό ότι στο πλαγκτονικό στάδιο η λάρβα μπορεί να περνάει περιόδους ασιτίας εξαιτίας της έλλειψης διαθέσιμων θηραμάτων στο πλαγκτόν (Pochelon *et al.* 2009). Στο στάδιο των μεταπρονυμφών και των μικρών ατόμων οι δαγκάνες τεμαχισμού και θρυμματοποίησης είναι λιγότερο ισχυρές και έτσι προτιμούν να καταναλώνουν κυρίως πιο μαλακά ζώα (Mytilineou *et al.* 1992). Οι προνύμφες του γένους *Homarus*, εκτρέφονται κυρίως με διάφορα μαλακόστρακα, καθώς τους προσφέρουν γρήγορη ανάπτυξη (Lee & Wickins 1992).

Οι νεοκκολαφήσες *N. norvegicus* από τη Μεσόγειο, βάση έρευνας που διεξήχθη, είναι μεγαλύτερες στο μέγεθος καθώς και πλουσιότερες σε λιπίδια και πρωτεΐνες από αυτές τις θάλασσας της Ιρλανδίας (Rotll& *et al.* 2004). Τα λιπίδια τα οποία μεταβολίζονται στον πεπτικό αδένα στα δεκάποδα, μπορεί να τροφοδοτήσουν την απαιτούμενη ενέργεια στη *N. norvegicus* σε περιόδους ασιτίας, αλλά επιπλέον

παίζουν πρωταρχικό ρόλο στη διαδικασία της έκδυσης και δευτερεύοντα στην ωογένεση (Dall 2003).

Η τροφοληπτική συμπεριφορά της караβίδας εξαρτάται, τόσο από το θήραμα που συλλαμβάνει, όσο και από την δραστηριότητα αναζήτησης της τροφής (Cristo & Cartes 1998). Για παράδειγμα, το μέγεθος του σώματος του θηράματος επηρεάζει τη διάθεση αρπακτικότητας που θα επιδείξει η караβίδα (*N. norvegicus*), όπως εξάλλου συμβαίνει σε όλα τα δεκάποδα καρκινοειδή. Η σύσταση της τροφής της δε διαφέρει μεταξύ των εποχών, καθώς και μεταξύ αρσενικών και θηλυκών (Mytilineou *et al.* 1992). Ωστόσο, υπάρχουν εποχιακές διαφοροποιήσεις στην τροφοληπτική συμπεριφορά και στο επίπεδο σίτισης μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων. Συμφωνά με έρευνα που εκπονήθηκε στο Αιγαίο πέλαγος, το ποσοστό των κενών στομάχων στα θηλυκά άτομα ήταν μεγαλύτερο από 50% την περίοδο Σεπτεμβρίου-Δεκεμβρίου, το οποίο οφείλονταν στη διακοπή σίτισης τους κατά την περίοδο αυτή που συμπίπτει με την περίοδο της ωοτοκία τους (Mytilineou *et al.* 1992).

Στα πλαίσια εργαστηριακού πειράματος που πραγματοποίησαν οι Wickins *et al.* (1996) σε νεαρά άτομα του είδους *Homarus gammarus* παρατηρήθηκε η διατροφική συμπεριφορά τους μέσα στις φωλιές τους. Έτσι, τα ανήλικα άτομα έθιαν την τροφή τους στα λαγούμια τους με την έντονη κίνηση των πλεοπόδιων, και την ανακτούσαν όταν ήθελαν να τραφούν (Wickins *et al.* 1996). Ο Hudon (1987) διαπίστωσε για τα ενήλικα άτομα ότι δεν εγκαταλείπουν την περιοχή στην οποία έχουν κατασκευάσει τα λαγούμια τους σε περίπτωση εμφάνισης θηρευτών, αφού μπορούν να τους αντιμετωπίσουν με τις δαγκάνες τους.

1.3. Εκτροφή караβίδας

Η караβίδα (*N. norvegicus*) είναι ένα από τα πιο σημαντικά βενθοπελαγικά εμπορικά είδη στη Μεσόγειο με τις μέγιστες εκφορτώσεις να πραγματοποιούνται στην Αδριατική (Smith & Papadopoulou 2003). Στην Ελλάδα οι εκφορτώσεις για την περίοδο 1994-2000 εκπροσωπούσαν κατά μέσο όρο το 9,7 % των συνολικών εκφορτώσεων για τη Μεσόγειο (Smith & Papadopoulou 2003). Βάση έρευνας που πραγματοποίησαν οι Paraconstantinou *et al.* (2007), η αλιευτική παραγωγή το 1980 στην Ελλάδα ανέρχονταν στους 100 t, ενώ μέσα στην επόμενη δεκαετία η παραγωγή τριπλασιάστηκε. Η παγκόσμια αλιευτική παραγωγή, σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2008), το 2006 ανέρχονταν στους 70.397 t, το 2007 στους 76.005 t και το 2008 ήταν 72.548 t.

Η *N. norvegicus* θα μπορούσε να αποτελέσει ένα από τα υποψήφια είδη για εκτροφή δεδομένης της μεγάλης εμπορικής αξίας της. Επιπλέον, πέρα από την οικονομική σκοπιά, μέσα από την εκτροφή του είδους θα μπορούσε να δοθεί μία ευκαιρία ανάκαμψης των αποθεμάτων, καθώς πιθανόν να μειωθεί η έντονη αλιευτική πίεση που ασκείται στη *N. norvegicus*.

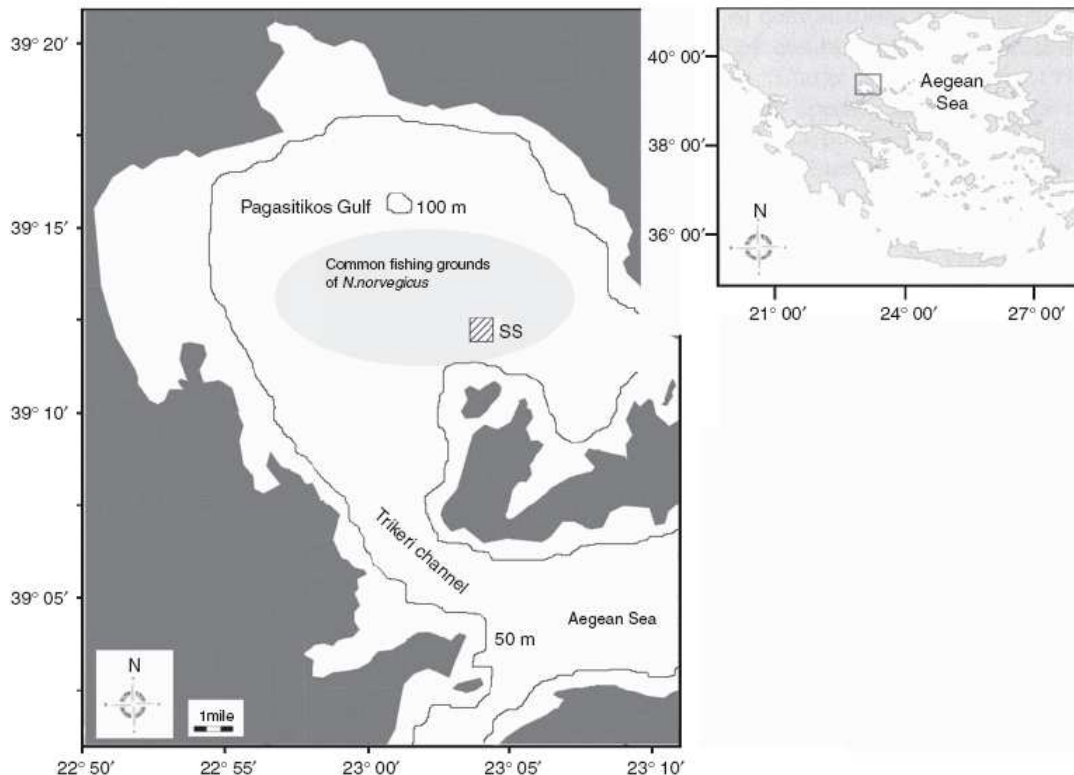
1.4. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της κατανάλωσης τροφής του είδους *N. norvegicus* και της επίδρασής της στην επιβίωση και ανάπτυξη του σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Για το σκοπό αυτό, διενεργήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 20 εβδομάδων κατά το οποίο άτομα του είδους σιτίστηκαν ατομικά και διατράφηκαν με κατεψυγμένη σάρκα μυδιών προκειμένου να εξεταστεί η καταλληλότητα τους ως σιτηρέσιο εκτροφής.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Συλλογή πειραματόζων

Τα πειραματόζωα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα συλλέχτηκαν τον Απρίλιο του 2009 με τη βοήθεια αλιεία από τη θαλάσσια περιοχή του Παγασητικού κόλπου που δείχνεται στο Σχήμα 2.1. Συνολικά συλλέχτηκαν 35 καραβίδες, οι οποίες ήταν αρσενικού φύλου.



Σχήμα 2.1. Αλιευτικό πεδίο της καραβίδας *N. norvegicus* στον Παγασητικό κόλπο (γκριζωπή έλλειψη). Η περιοχή με τις γραμμώσεις αντιπροσωπεύει την περιοχή σύλληψης των πειραματόζων (Mente *et al.* 2009).

Για την αλιεία των καραβίδων χρησιμοποιήθηκαν ειδικές παγίδες οι οποίες είχαν διαστάσεις 60cm × 45cm × 30cm (μήκος × πλάτος × ύψος) με άνοιγμα ματιού 28cm. Το βάθος στο οποίο ρίχθηκαν και ανασύρθηκαν οι παγίδες ήταν 85-90m. Έπειτα οι καραβίδες τοποθετήθηκαν σε ατομικές παγίδες (Σχ. 2.2), για να αποφευχθεί το

φαινόμενο του κανιβαλισμού. Το υλικό από το οποίο είχαν κατασκευαστεί οι ατομικές παγίδες ήταν πλαστικό δίκτυο το οποίο κλείστηκε με πλαστικούς σφιγκτήρες. Στη συνέχεια, για να πραγματοποιηθεί η μεταφορά τους από την περιοχή αλιείας στον πειραματικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος τοποθετήθηκαν σε μια κλειστή δεξαμενή η οποία περιείχε θαλασσινό νερό από την περιοχή δειγματοληψίας.

Μόλις μεταφέρθηκαν τα πειραματόζωα στον πειραματικό σταθμό ακολούθησαν οι παρακάτω μορφομετρικές καταγραφές για κάθε караβίδα:

- Μήκος κεφαλοθώρακα (CL σε mm): από τον οφθαλμό μέχρι την άκρη του κεφαλοθώρακα. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό παχύμετρο (Σχ. 2.3.).
- Ολικό βάρος ατόμου (σε g). Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό ζυγό.



Σχήμα 2.2: Ατομικές παγίδες μεταφοράς.



Σημα 2.3: Ηλεκτρονικό παχύμετρο.

2.2. Συνθήκες εκτροφής

Οι τριάντα πέντε караβίδες τοποθετήθηκαν σε ατομικά κλουβιά σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, που το μήκος τους ήταν 20 cm, το ύψος τους ήταν 17 cm και το πλάτος τους ήταν 15 cm. Έπειτα τα κλουβιά με τις караβίδες τοποθετήθηκαν μέσα σε γυάλινα ενυδρεία που περιείχαν θαλασσινό νερό. Επιπλέον, προκειμένου να διευκολυνθούν οι καθημερινές εργασίες ταΐσματος και καθαρισμού των κλωβών, κάτω από τα κλουβιά τοποθετήθηκαν τούβλα για την ανύψωση τους. Με αυτόν τον τρόπο, επίσης, αποφεύχθηκαν και οι αποδράσεις των караβίδων από τα κλουβιά, μιας και η στάθμη του νερού ρυθμίστηκε να είναι ελαφρώς χαμηλότερη από την κορυφή των κλωβών.

Για την κατασκευή των ατομικών κλουβιών χρησιμοποιήθηκαν κομμάτια πλεξιγκλάς, κατάλληλων διαστάσεων τα οποία κολλήθηκαν μεταξύ τους με ειδική μη τοξική σιλικόνη, δημιουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, πάνω στο οποίο κολλήθηκε δίχτυ με μικρό άνοιγμα ματιού

(μεγέθους 2 mm), αφήνοντας μόνο την πάνω πλευρά ανοικτή, ώστε να είναι δυνατή η παροχή τροφής καθώς και η δυνατότητα σιφωνισμού.

Τα ενυδρεία καλύφθηκαν εξωτερικά με ένα σκουρόχρωμο μονωτικό υλικό (φελιζόλ) προκειμένου να διατηρηθεί η χαμηλή θερμοκρασία του νερού, καθώς επίσης καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες για να μειωθεί η διείσδυση του φωτός. Οι χαμηλές συνθήκες φωτισμού προσομοιάζουν το φυσικό περιβάλλον διαβίωσης των караβίδων.

Το σύστημα κυκλοφορίας του νερού ήταν κλειστό (συνεχής ανακύκλωση) και αποτελούνταν από:

- Πέντε γυάλινα ενυδρεία εκ των οποίων τα τέσσερα ήταν χωρητικότητας 100 l το καθένα και ένα χωρητικότητας 190 l.
- Έξι φίλτρα καθαρισμού νερού (τρία ατομικά για τα τρία ενυδρεία των 100 l και ένα τύπου IHEIM που εξυπηρετούσε τα άλλα δύο ενυδρεία)
- Δύο ψυκτικές συσκευές
- Σύστημα πλαστικών σωλήνων
- Σύστημα παροχής οξυγόνου.

Το νερό παρέχονταν στο κύκλωμα μέσω εγκατεστημένου συστήματος ροής στο σταθμό, το οποίο συνδέονταν με ειδικό εξωτερικό υδατόπυργο χωρητικότητας τριών κυβικών μέτρων, γεμισμένο με θαλασσινό νερό, που είχε συλλεχθεί με τη βοήθεια του οχήματος του δήμου της Νέας Ιωνίας από την περιοχή των Αλυκών Βόλου.

Στο συγκεκριμένο πείραμα το νερό από τα ενυδρεία διέρχονταν από τις δύο ψυκτικές συσκευές από μια είσοδο, και στη συνέχεια εξέρχονταν από την έξοδο. Η θερμοκρασία του νερού με τη βοήθεια των ψηκτρών διατηρούνταν στους 13 °C. Μέσω των πλαστικών σωλήνων το νερό μοιράζονταν στα ενυδρεία και εξέρχονταν από αυτά μέσω αντλιών που υπήρχαν μέσα σε αυτά. Το εξερχόμενο νερό κατευθυνόταν ξανά στις

ψυκτικές συσκευές. Με την παραπάνω διαδικασία το νερό συνεχώς ανανεώνονταν και κατευθύνονταν από τα ενυδρεία στους δύο ψύκτες με αποτέλεσμα να διατηρείται στα επιθυμητά όρια θερμοκρασίας, καθώς και να διατηρείται η στάθμη σταθερή σε όλα τα ενυδρεία. Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία μέσα στο σταθμό διατηρούνταν σταθερή στους 19 °C και ρυθμίζονταν με κλιματιστικό μηχανισμό.

Για τον καθαρισμό του νερού χρησιμοποιήθηκε υαλοβάμβακας, ο οποίος είχε τοποθετηθεί στο εσωτερικό του μηχανικού φίλτρου που βρίσκονταν εντός των ενυδρείων ή εκτός αυτών (στην περίπτωση των 2 ενυδρείων που ήταν συνδεδεμένα με φίλτρο τύπου HEIM). Επίσης, προκειμένου για την απονιτροποίηση της διαλυμένης αμμωνίας στο νερό χρησιμοποιήθηκαν εμπορικά υγρά διαλύματα βακτηρίων που διοχετεύονταν στο βιολογικό φίλτρο των ενυδρείων. Τα διαλύματα αυτά χορηγούνταν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αξίζει να σημειωθεί πως πραγματοποιήθηκε ανανέωση του νερού την 10^η εβδομάδα του πειράματος προκειμένου να αποβληθούν οι όποιοι επιβλαβείς μεταβολίτες είχαν συσσωρευτεί στο κύκλωμα.

2.3. Μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού

Η θερμοκρασία, η αλατότητα, η αλκαλικότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και η αμμωνία αποτελούν μερικές βασικές φυσικοχημικές παραμέτρους που είναι απαραίτητο να εξετάζονται κατά την διάρκεια εκτροφής. Οι ιδιότητες των προαναφερθέντων παραμέτρων έχουν επιπτώσεις πάνω στην αύξηση και στην υγεία των καραβίδων, για αυτό το λόγο γίνεται επιτακτική η ανάγκη για καθορισμένες μετρήσεις αυτών σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων γινόταν τρεις φορές την εβδομάδα. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρονικά όργανα όπως ηλεκτρονικό

θερμόμετρο, πεχάμετρο, ηλεκτρονικό οξυγονόμετρο και ηλεκτρονικό αλατόμετρο. Τέλος, για την μέτρηση της αμμωνίας έγινε χρήση ειδικού τεστ του εμπορίου. Η θερμοκρασία του νερού διατηρούνταν στους $13^{\circ} \pm 0,5$ C με την βοήθεια της ψήκτρας, το διαλυμένο οξυγόνο στους $8,5 \pm 0,3$ mg/l με συνεχή οξυγόνωση του νερού, το pH κυμαίνονταν στο 7 με 7,5 ενώ η αλατότητα στο $38 \pm 0,5$ ‰.

2.4. Χορήγηση τροφής

Η περίοδος εγκλιματισμού των караβιδών στις συνθήκες αιχμαλωσίας διήρκησε δεκατέσσερις μέρες κατά την οποία παρέμειναν σε ασιτία. Μετά το πέρας αυτών των ημερών οι караβίδες χωρίστηκαν σε δύο διατροφικές ομάδες ανάλογα τη διατροφική τους αγωγή. Σε δεκαέξι (16) караβίδες χορηγούνταν κατεψυγμένη σάρκα μυδιού, ενώ (19) караβίδες παρέμειναν σε ασιτία καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Μετά από το πέρας της περιόδου εγκλιματισμού, ξεκίνησε η διαδικασία παροχής τροφής στις караβίδες. Στις δεκαέξι караβίδες που ήταν τοποθετημένες στα τρία ενυδρεία των 100 l (5-6 ατομικά κλουβιά ανά ενυδρείο) χορηγήθηκε κατεψυγμένη σάρκα μυδιού του εμπορίου, ενώ οι υπόλοιπες δεκαεννέα караβίδες, που ήταν τοποθετημένες στο ενυδρείο των 100 l (5 ατομικά κλουβιά) και στο ενυδρείο των 190 l, (11 ατομικά κλουβιά) παρέμεναν σε ασιτία. Η σάρκα του μυδιού αποψύχονταν πρωτού χορηγηθεί στις караβίδες. Η τροφή χορηγούνταν ατομικά και τοποθετούνταν μέσα στα κλουβιά που βρίσκονταν οι караβίδες. Το τάισμα με μύδια πραγματοποιούνταν τρεις μέρες την εβδομάδα (Δευτέρα, Τετάρτη, Παρασκευή) και το ακριβές βάρος της τροφής (γύρω στα 2-3 g υγρού βάρους) που χορηγούνταν σε κάθε караβίδα καταγράφονταν .

Για την ακριβή ζύγιση της τροφής, ήταν απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικής ζυγαριάς, ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Αρχικά, τοποθετούνταν στη ζυγαριά

αριθμημένο (με το όνομα και τον αριθμό κάθε караβίδας) αλουμινένιο δισκίο, το οποίο ήταν χρησιμοποιούνταν για την μεταφορά της τροφής στον πειραματικό σταθμό. Στη συνέχεια ζυγίζονταν και το βάρος του καταγράφονταν σε συγκεκριμένο φύλλο χορήγησης τροφής. Έπειτα, η ζυγαριά μηδενιζόταν και χωρίς να μετακινήσουμε το δισκίο τοποθετούσαμε σε αυτό την επιθυμητή ποσότητα μυδιού. Τέλος, το βάρος της τροφής καταγράφονταν και αυτό με τη σειρά του στο φύλλο χορήγησης τροφής, ώστε να υπάρχουν ακριβή στοιχεία με την ποσότητα που ταΐστηκε κάθε ζώο.

2.4.1. Χημική σύσταση τροφής

Στον Πιν. 2.2 δίνεται η χημική σύσταση των μυδιών που χορηγήθηκαν στις 16 караβίδες.

Πίνακας 2.1: Ποσοστιαία (%) χημική σύσταση των μυδιών.

Χημική σύσταση	Περιεκτικότητα (%)
Ξηρή ουσία	21,13 ± 1,81
Ολικές πρωτεΐνες	11,18 ± 0,09
Ολικά λιπίδια	2,23 ± 0,05
Υδατάνθρακες ¹	5,77
Τέφρα	1,93 ± 0.61

Σημ.: Οι τιμές αναπαριστούν το μέσο όρο από 2 δείγματα, εκτός της υγρασίας όπου ο μέσος όρος προέρχεται από 10 δείγματα. ¹οι υδατάνθρακες εκτιμήθηκαν μέσω της σχέσης: υδατ. = ξηρή ουσία – (ολικές πρωτεΐνες + ολικά λιπίδια + τέφρα).

2.5 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών

Το βάρος και το μήκος κεφαλοθώρακα αποτελούν τις σημαντικότερες ενδείξεις αύξησης των καραβίδων. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν μόνο αρσενικά άτομα για να αποφευχθούν τυχόν φυλετικές διαφοροποιήσεις. Στον Πιν. 2.2. παρουσιάζονται τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά (ολικό βάρος ζώου, μήκος κεφαλοθώρακα) του πληθυσμού των καραβίδων που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα.

Πίνακας 2.2 : Βάρος και μήκος κεφαλοθώρακα των καραβίδων του πειράματος.

ΑΤΟΜΟ	ΒΑΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ
	(g)	ΚΕΦΑΛΟΘΩΡΑΚΑ (mm)
S1	58,47	44,0
S2	72,17	48,9
S3	47,06	43,7
S4	48,80	41,6
S5	26,18	33,3
S6	42,04	37,0
S7	24,77	32,3
S8	49,05	40,5
S9	33,58	36,4
S10	26,47	34,3
S11	40,95	40,5
S12	21,58	34,3
S13	39,65	38,5
S14	18,54	30,2

S15	42,47	40,5
S16	33,34	37,5
M1	51,34	41,6
M2	49,35	41,6
M3	43,14	40,6
M4	29,68	34,3
M5	35,87	29,4
M6	50,35	41,6
M7	32,43	33,3
M8	44,14	40,6
M9	52,94	41,6
M10	59,61	44,7
M11	41,75	36,5
M12	39,59	38,5
M13	48,68	40,6
M14	60,05	44,6
M15	35,44	34,3
M16	59,50	42,7

Σημ.: S1 έως S16, τα άτομα που παρέμειναν σε ασιτία. M1 έως M16 τα άτομα που διατράφηκαν με μύδι.

2.6. Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής

Κάθε φορά που πραγματοποιούνταν νέο τείσμα μαζεύονταν η εναπομείνουσα τροφή από το προηγούμενο με την χρησιμοποίηση λαβίδας. Έπειτα, η τροφή που δεν είχε καταναλωθεί τοποθετούνταν μέσα σε δισκάκι, του οποίου το βάρος ήταν

υπολογισμένο, και θερμαινόταν στους 105 °C σε φούρνο ξήρανσης. Με αυτή την διαδικασία υπολογίζονταν η ξηρά ουσία (ΞΟ) της εναπομείνουσας τροφής. Για τον υπολογισμό της καταναλωθείσας τροφής, η ξηρά ουσία της εναπομείνουσας τροφής αφαιρούνταν από την ξηρή ουσία της χορηγούμενης τροφής σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$KT(g) \text{ \textit{καραβίδας}} = [\text{ΞΟ}_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - (\text{ΞΟ}_{\text{χορηγούμενης τροφής}} \times \Sigma\Delta) / 100] - \text{ΞΟ}_{\text{εναπομείνουσας τροφής}}$$

Όπου,

$\Sigma\Delta$: συντελεστής διόρθωσης που εκτιμά την ποσότητα της τροφής η οποία διαλυθηκε στο νερό κατά την παραμονή μεταξύ δύο διαδοχικών ταΐσμάτων. Η ποσοστιαία (%) αυτή διαφοροποίηση εκτιμήθηκε ως συντελεστής διόρθωσης ($\Sigma\Delta$), ως εξής:

$$\Sigma\Delta = [100 \times (\text{ΞΟ}_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - \text{ΞΟ}_{\text{τροφής μετά από 48 ώρες}})] / \text{ΞΟ}_{\text{χορηγούμενης τροφής}}$$

2.7. Θανάτωση καραβίδων και συλλογή ιστών

Η θανάτωση των καραβίδων πραγματοποιήθηκε στις 17/9/2009 έπειτα από 169 ημέρες διεξαγωγής πειράματος. Η θανάτωση των καραβίδων πραγματοποιήθηκε με τρύπημα του κεφαλοθώρακα στην περιοχή του εγκεφάλου. Στη συνέχεια γινόταν συλλογή του λευκού μυϊκού ιστού και του ιστού του ηπατοπαγκρέατος από όλα τα επιζήσαντα άτομα. Οι ιστοί αποθηκεύτηκαν στην κατάψυξη στους -20 °C μέχρι τη στιγμή της ανάλυσης της χημικής τους σύστασης.

2.8. Προσδιορισμός παραμέτρων αύξησης

2.8.1. Αύξηση βάρους

Μετά το πέρας του πειράματος μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας το τελικό σωματικό βάρος των ζώων και συγκρίθηκε με το αρχικό.. Η διαφορά της αρχικής από την τελική τιμή βάρους αποτελεί την αύξηση βάρους και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Αύξηση βάρους (g)} = \text{Βάρος}_{\text{Τελικό}} \text{ (g)} - \text{Βάρος}_{\text{Αρχικό}} \text{ (g)}$$

2.8.2. Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR)

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους της καραβίδας στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ειδικός ρ. ανάπτυξης (SGR, σε \%/\text{ημέρα})} = 100 \times [(\text{Ln} (W_2) - \text{Ln} (W_1))] / \text{ημέρες σίτισης}$$

Όπου,

$\text{Ln} (W_2)$ = ο φυσικός λογάριθμός του τελικού σωματικού βάρους

$\text{Ln} (W_1)$ = ο φυσικός λογάριθμός του αρχικού σωματικού βάρους

2.9. Χημικές αναλύσεις

2.9.1. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας – υγρασίας των πειραματικών σιτηρεσίων πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 2g δείγματος από κάθε σιτηρέσιο σε πυραντήριο (φούρνο) για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105 °C (AOAC, 1990). Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν τα δισκία με το ξηρό πλέον δείγμα από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η ξηρή ουσία των σιτηρεσίων υπολογίστηκε ως εξής:

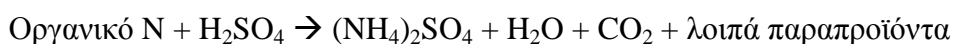
$$W_{\text{ξηρού δείγματος}} = W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} - W_{\text{δισκίου}}$$

$$\text{Ξηρή Ουσία (\%)} = (W_{\text{ξηρού δείγματος}} / W_{\text{αρχικού δείγματος}}) * 100$$

2.9.2. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

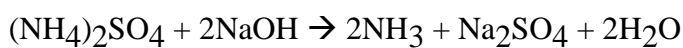
Ο προσδιορισμός των αζωτούχων ενώσεων (ολικών πρωτεϊνών) πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο προσδιορισμού αζωτούχων ενώσεων Kjeldahl. Αρχικά, με τη βοήθεια ενός μικρού κομματιού από αλουμινόχαρτο που τοποθετήθηκε πάνω στο ζυγό ακριβείας ζυγίστηκαν 200 mg δείγματος και καταγράφηκαν τα βάρη τους. Κατόπιν τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδικές φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl.

Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της πέψης των δειγμάτων. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμαίνονται παρουσία πυκνού θεικού οξέος (παράγοντας οξείδωσης με τον οποίο πέπτεται το δείγμα) και πραγματοποιείται η διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθερώνεται το άζωτο (N) του δείγματος, το οποίο κατόπιν δεσμεύεται σε θεικό αμμώνιο, σύμφωνα με την παρακάτω χημική αντίδραση:



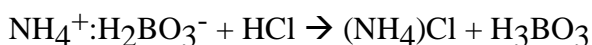
Έτσι, σε κάθε φιάλη βρασμού προστέθηκαν, χρησιμοποιώντας τον ειδικό δοσομετρητή 15ml πυκνού H_2SO_4 και δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (περιείχε θείο) για να επιταχύνει την αντίδραση. Οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης που ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να χωνευτούν στους 150 °C για 85 min. Τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για περίπου 30 min αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της απόσταξης κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο. Η αμμωνία έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Για τη διαδικασία της απόσταξης, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή απόσταξης. Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν 100 ml απεσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Ο συνολικός χρόνος της απόσταξης κάθε δείγματος ήταν 6 min. Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνονταν σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ενός δείκτη pH.

Έπειτα ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης κατά την οποία το βορικό αμμώνιο τιτλοδοτείται με υδροχλωρικό οξύ χρησιμοποιώντας ένα δείκτη για το τελικό σημείο της παρακάτω χημικής αντίδρασης:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα.

Έτσι, η κωνική φιάλη που περιείχε βορικό αμμώνιο τοποθετήθηκε σε θέση συνεχούς ανακίνησης και προσθέτονταν σε αυτήν με αργό ρυθμό καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1N) HCl. Η αλλαγή του χρώματος στο διάλυμα ομολογούσε το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση :

$$N\% = \frac{(ml \ HCl - ml \ Blank) \times N_{\delta/\tau\omicron\varsigma HCl} \times 0,014007}{\text{Βάρος Δείγματος, g}} \times 100$$

Όπου, Blank = η τιτλοδότηση κενής φιάλης (χωρίς δείγμα), η οποία χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

Κατόπιν, από τη συγκέντρωση του αζώτου (N) στο δείγμα μπορεί να υπολογιστεί η περιεχόμενη πρωτεΐνη του σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Πρωτεΐνη (\%)} = \text{N (\%)} \times 6,25$$

Όπου, ο συντελεστής 6,25 προκύπτει από την παραδοχή ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% N.

2.9.3. Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπιδίων έγινε με τη μέθοδο Soxhlet. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα δοχεία εκχύλισης στα οποία προστέθηκαν 3-4 πέτρες βρασμού, το μικτό βάρος των οποίων προζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Κατόπιν, σε κάθε γυάλινο δοχείο εκχύλισης τοποθετήθηκε ένα χάρτινο δοχείο ηθμού μέσα στο οποίο προστέθηκε 1 g ξηρής ουσίας δείγματος. Σε κάθε δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου και το χάρτινο δοχείο ηθμού σκεπάστηκε με βαμβάκι για την αποφυγή εκτίναξης του δείγματος κατά τη διάρκεια του βρασμού που θα ακολουθούσε.

Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5 ώρες, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15 λεπτά της ώρας με

αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Μετά το πέρας της εκχύλισης, τα δοχεία με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 75° C για 0,5 ώρες προκειμένου να εξατμιστεί εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που τυχόν παρέμεινε στο δείγμα. Στη συνέχεια τα δοχεία εκχύλισης μεταφέρθηκαν στο ξηραντήρα για 1 ώρα περίπου ώστε να κρυώσουν. Αφού απομακρύνθηκε το χάρτινο δοχείο ηθμού που περιείχε το απολιπασμένο δείγμα, ακολούθησε επαναζύγιση των γυάλινων δοχείων εκχύλισης (που περιείχαν και τις πέτρες βρασμού) και καταγράφηκε το βάρος τους. Με τη βοήθεια της παρακάτω σχέσης προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια:

$$\text{Ολικά λιπίδια} = (\text{τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης} - \text{αρχικό βάρος}) * 100$$

2.9.4. Προσδιορισμός τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία του δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας των πειραματικών σιτηρεσίων πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 1g ξηρής ουσίας δείγματος από κάθε σιτηρέσιο σε αποτεφρωτήρα για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C (AOAC, 1990). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, οποία τοποθετήθηκαν τα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά την αποτέφρωση, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Ο προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής:

$$W \text{ αποτεφρωμένου δείγματος} = W \text{ μικτού αποτεφρωμένου δείγματος \& δισκίου} - W \text{ δισκίου}$$

$$\text{Τέφρα (\%)} = (W \text{ αποτεφρωμένου δείγματος} / W \text{ αρχικού δείγματος}) * 100$$

2.10. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης μεταξύ των δύο διατροφικών ομάδων αναλύθηκαν στατιστικώς κάνοντας χρήση του «ανεξάρτητου T – test» με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού (SPSS 13.0). Τα αποτελέσματα κρίθηκαν στατιστικώς σημαντικά για τιμή $P = 0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Επιβίωση

Κατά τη διάρκεια του πειράματος υπήρξαν θνησιμότητες των караβίδων. Στην ομάδα που παρέμενε σε ασιτία (S ομάδα) πέθαναν επτά από τις δεκαεννέα караβίδες, το οποίο ισοδυναμεί με 36,8% του πληθυσμού της ομάδας (Πίν. 3.1). Από την ομάδα του μυδιού (M ομάδα) δεν είχαμε απώλειες κατά την διάρκεια του διατροφικού πειράματος.

Πίνακας 3.1: Ποσοστό θνησιμότητας για της ομάδα που τρέφονταν με μύδι και για αυτήν που παρέμενε σε ασιτία .

Ομάδα	Νεκρά άτομα / Συνολικά άτομα	Ποσοστό θνησιμότητας
Μύδι (M ομάδα)	0 / 16	0%
Ασιτία (S ομάδα)	7 / 19	36,8%

3.2. Κατανάλωση τροφής

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν τριάντα οχτώ μετρήσεις κατανάλωσης τροφής (ζύγιση εναπομείνουσας τροφής). Στον Πίνακα 3.2 παρατίθενται οι μετρήσεις σχετικά με την ποσότητα συνολικής χορηγηθείσας τροφής (g), την ημερήσια κατανάλωση τροφής (g/ημέρα), την ημερήσια κατανάλωση τροφής σε σχέση με το σωματικό βάρος (% επί του σωματικού βάρους), την ημερήσια κατανάλωση τροφής ανά γραμμάριο σωματικού βάρους (g/g σ.β.), καθώς και το τελικό βάρος που λαμβάνονταν όταν απεβίωναν ή θανατώνονταν τα πειραματόζωα.

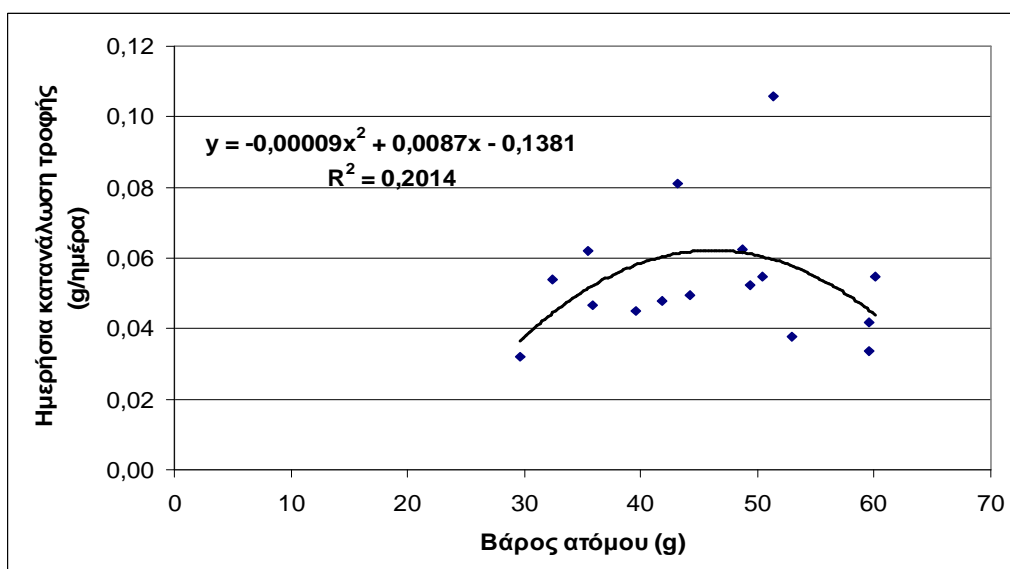
Πίνακας 3.2: Ποσότητα συνολικής χορηγηθείσας τροφής (g), ημερήσιας κατανάλωσης (g), ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (% του σωματικού βάρους), ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g/g σ.β.) και βάρους σώματος των ατόμων (g).

Ατομο	Αρχικό Βάρος ατόμου (g)	Συνολική χορήγηση τροφής (g)	Συνολική κατανάλωση τροφής (g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (% σ.β.)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g/g σ.β.)	Ημέρες Ταΐσματος
M1	51,34	32,5619	9,2204	0,1060	0,21	0,0021	87
M2	49,35	27,6235	4,5458	0,0523	0,11	0,0011	87
M3	43,14	28,4553	7,0479	0,0810	0,19	0,0019	87
M4	29,68	14,2016	1,8924	0,0321	0,11	0,0011	59
M5	35,87	16,4918	2,7425	0,0465	0,13	0,0013	59
M6	50,35	24,8510	4,1128	0,0548	0,11	0,0011	75
M7	32,43	33,7508	4,0345	0,0538	0,17	0,0017	75
M8	44,14	29,2727	3,7207	0,0496	0,11	0,0011	75
M9	52,94	32,0623	2,8354	0,0378	0,07	0,0007	75
M10	59,61	31,2121	3,1240	0,0417	0,07	0,0007	75
M11	41,75	32,5465	3,5803	0,0477	0,11	0,0011	75
M12	39,59	29,9499	3,3739	0,0450	0,11	0,0011	75
M13	48,68	27,7110	4,6703	0,0623	0,13	0,0013	75
M14	60,05	29,2451	4,0573	0,0548	0,09	0,0009	75
M15	35,44	28,6977	4,6466	0,0620	0,17	0,0017	75
M16	59,50	28,9402	2,5195	0,0336	0,06	0,0006	75
Μέσος όρος	45,87 ±	27,9733 ±	4,1327 ±	0,0538±	0,1218±	0,0122 ±	
± τυπική απόκλιση	9,71	5,4337	1,7968	0,0183	0,0433	0,0004	

Η συνολική κατανάλωση τροφής διακυμάνθηκε από 2,5 g έως 9,2 g για όλα τα άτομα με μέσο όρο $4,13 \pm 1,80$ g (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση). Η караβίδα M1 επέδειξε τη μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση τροφής (9,2204 g), ενώ η караβίδα M4 επέδειξε τη μικρότερη (1,8924 g). Η ημερήσια κατανάλωση τροφής διακυμάνθηκε από 0,03 g έως 0,1 g για όλα τα άτομα με μέσο όρο $0,12 \pm 0,04$ g. Η караβίδα M1 επέδειξε τη μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση τροφής (0,1060 g), ενώ η караβίδα M4 επέδειξε τη μικρότερη (0,0321 g). Για όλα τα άτομα της ομάδας M (ομάδα που τρέφονταν με μύδι) ο μέσος όρος της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής ήταν $0,12 \pm 0,04$ g (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Η συσχέτιση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) με το σωματικό βάρος των ατόμων (g) δείχνεται στο Σχ. 3.1. Η πιο ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στο βάρος του ατόμου και στην ημερήσια κατανάλωση τροφής ήταν η πολυωνυμική:

$$\text{Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g)} = 0,00009x^2 + 0,0087x - 0,1381$$



Σχήμα 3.1: Σχέση ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g/ημέρες) με το βάρος ατόμου (g).

Ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) της παραπάνω εξίσωσης είναι πολύ χαμηλός, το οποίο συνεπάγεται πως η ημερησία κατανάλωση τροφής (μυδιού) από τις καραβίδες ήταν ανεξάρτητη του σωματικού τους βάρους.

Στους Πίνακες 3.3, 3.4 και 3.5 δείχνεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης τροφής ανά καραβίδα όπως καταγράφηκε ανά εβδομάδα διεξαγωγής του πειράματος.

Πίνακας 3.3: Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g) ανά εβδομάδα για τις καραβίδες M1 έως M5.

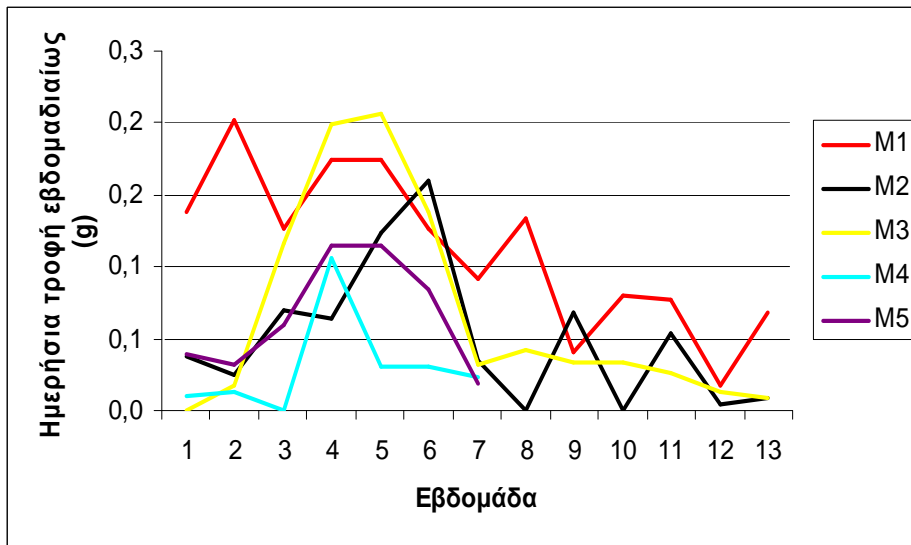
Εβδομάδα	M1	M2	M3	M4	M5
1	0,1381	0,0372	0,0000	0,0109	0,0397
2	0,2024	0,0244	0,0181	0,0131	0,0321
3	0,1257	0,0703	0,1159	0,0000	0,0596
4	0,1745	0,0638	0,1991	0,1064	0,1152
5	0,1745	0,1242	0,2066	0,0303	0,1143
6	0,1270	0,1592	0,1374	0,0309	0,0840
7	0,0919	0,0344	0,0314	0,0233	0,0187
8	0,1344	0,0000	0,0425		
9	0,0403	0,0685	0,0330		
10	0,0798	0,0000	0,0334		
11	0,0769	0,0541	0,0258		
12	0,0177	0,0050	0,0125		
13	0,0686	0,0082	0,0084		

Πίνακας 3.4: Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g) ανά εβδομάδα για τις καραβίδες M6 έως M10.

Εβδομάδα	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1	0,1040	0,0629	0,0460	0,0000	0,0010	0,0306
2	0,1179	0,0431	0,0414	0,1501	0,0339	0,0657
3	0,0932	0,0710	0,1630	0,0084	0,1356	0,1042
4	0,0749	0,0668	0,0636	0,0726	0,1104	0,1093
5	0,0017	0,1073	0,0195	0,0142	0,0211	0,1189
6	0,0070	0,0280	0,0000	0,0000	0,0316	0,0430
7	0,1330	0,0899	0,0043	0,1134	0,0447	0,0026
8	0,0649	0,0139	0,0334	0,0210	0,0064	0,0049
9	0,0416	0,0842	0,0578	0,0000	0,0180	0,0021
10	0,0000	0,0092	0,0416	0,0183	0,0085	0,0119
11	0,0050	0,0000	0,0611	0,0071	0,0351	0,0184

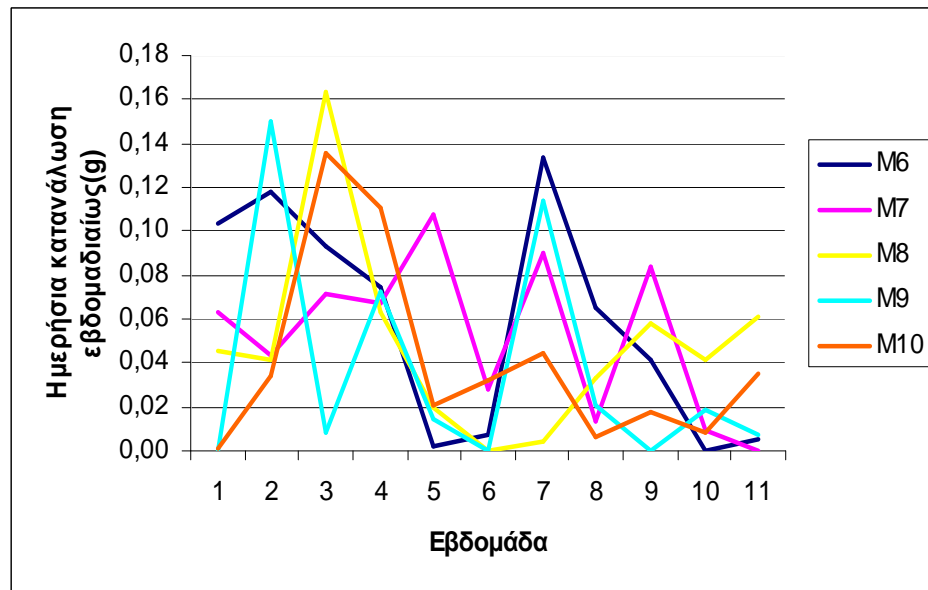
Πίνακας 3.5: Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g) ανά εβδομάδα για τις καραβίδες M11 έως M16.

Εβδομάδα	M11	M12	M13	M14	M15	M16
1	0,0306	0,0668	0,0860	0,0935	0,0586	0,0605
2	0,0657	0,1404	0,1344	0,1491	0,1458	0,0382
3	0,1042	0,1211	0,1142	0,0940	0,1397	0,0192
4	0,1093	0,0587	0,2054	0,1121	0,1130	0,0373
5	0,1189	0,0313	0,0925	0,0265	0,0861	0,0303
6	0,0430	0,0042	0,0000	0,0000	0,0098	0,0155
7	0,0026	0,0184	0,0073	0,0461	0,0578	0,1106
8	0,0049	0,0114	0,0036	0,0009	0,0097	0,0000
9	0,0021	0,0086	0,0000	0,0017	0,0259	0,0128
10	0,0119	0,0000	0,0218	0,0000	0,0028	0,0000
11	0,0184	0,0212	0,0019	0,0210	0,0145	0,0352



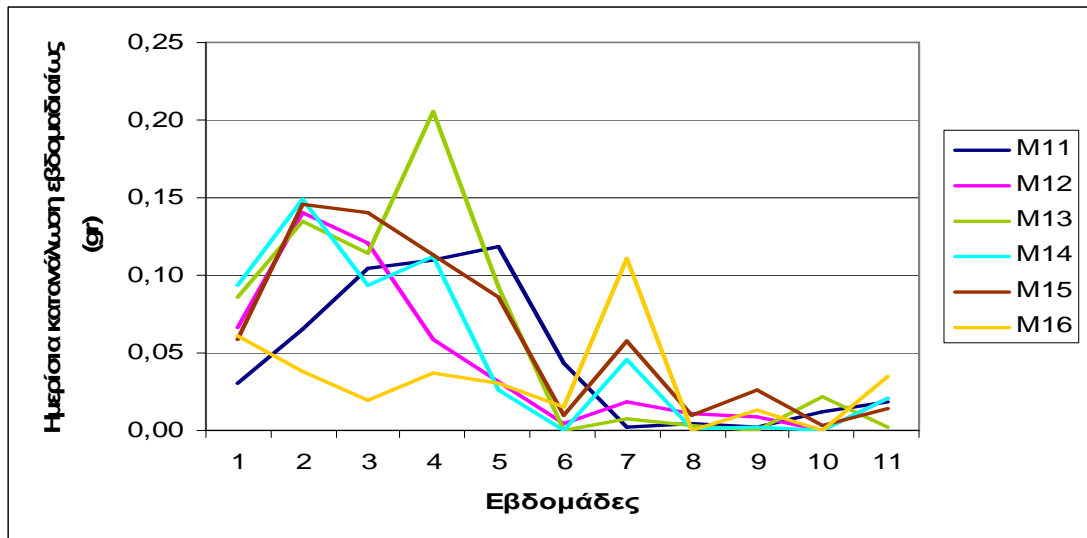
Σχήμα 3.2 : Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής στις πρώτες 10 εβδομάδες για τις караβίδες M1 έως M5.

Από το Σχήμα 3.2 φαίνεται ότι τις πρώτες 5-6 εβδομάδες υπήρξε αυξανόμενη πρόσληψη τροφής από τις караβίδες M2, M3 και M5. Μετά την 6 εβδομάδα, όμως, η πρόσληψη τροφής μειώνεται με διάφορες διακυμάνσεις. Η караβίδα M4 προσλάμβανε μικρές ποσότητες τροφής τις πρώτες 3 εβδομάδες, ενώ κατόπιν αύξησε την πρόσληψη τροφής έως την έβδομη εβδομάδα όπου και θανατώθηκε. Τέλος, η M1 εμφανίστηκε στην αρχή της εκτροφής να προσλαμβάνει πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από τις προηγούμενες караβίδες, αλλά μείωσε την πρόσληψη με το πέρας των εβδομάδων.



Σχήμα 3.3: Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής στις πρώτες 10 εβδομάδες για τα τις καραβίδες M6 έως M10.

Από το Σχήμα 3.3 φαίνεται ότι αρχικά υπήρχε αυξημένη πρόσληψη τροφής από τις καραβίδες M8 και M10 με μέγιστη κατανάλωση 0,16 g που πραγματοποίησε η καραβίδα M8. Έπειτα η κατανάλωση μειώνεται συνεχώς με μερικές διακυμάνσεις στην πρόσληψη μετά την 6η εβδομάδα. Η καραβίδα M6 τις 6 πρώτες εβδομάδες λαμβάνει όλο και λιγότερες ποσότητες τροφής, αλλά την 6η και 7η εβδομάδα αυξάνει την κατανάλωση τροφής και κατόπιν παρουσιάζει μειωμένη κατανάλωση. Τέλος, η M7 και M9 καθ' όλη την διάρκεια των εβδομάδων παρουσιάζουν έντονη διακύμανση στην κατανάλωση τροφής.



Σχήμα 3.4: Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής στις πρώτες 10 εβδομάδες για τα τις караβίδες M11 έως M16.

Στο Σχήμα 3.3 απεικονίζεται η ημερήσια κατανάλωση τροφής από τις караβίδες M11 έως M16 κατά την διάρκεια των έντεκα εβδομάδων. Η M11 παρουσιάζει για τις 5 πρώτες εβδομάδες αύξηση στην πρόσληψη της τροφής με μέγιστο περίπου 0,13 g. Έπειτα, ολοένα και μειώνει την κατανάλωση τροφής και από την 7η εβδομάδα λαμβάνει ελάχιστες ποσότητες τροφής. Για τις караβίδες M12, M14 και M15, παρατηρείται ότι στις πρώτες δύο εβδομάδες η κατανάλωση τροφής από αυτές αυξάνεται και έπειτα ακολουθεί φθίνουσα πορεία. Η M13 για τις πρώτες τέσσερις εβδομάδες ακολουθεί και αυτή μια αυξητική πορεία με μέγιστο την κατανάλωση 0,20 g. Τέλος, η караβίδα M16 με το πέρας των εβδομάδων λαμβάνει όλο και λιγότερες ποσότητες τροφής (κυρίως τις πρώτες έξι εβδομάδες). Η κατανάλωση της M6 αυξάνεται μόνο κατά τη διάρκεια της 6ης μέχρι την 7η εβδομάδα με μέγιστη κατανάλωση 0,11 g. Από την 8η εβδομάδα και έπειτα παρατηρείται ότι οι караβίδες λαμβάνουν πολύ μικρές ποσότητες τροφής με μια μικρή ανάκαμψη τη δέκατη εβδομάδα.

3.3. Έκδυση

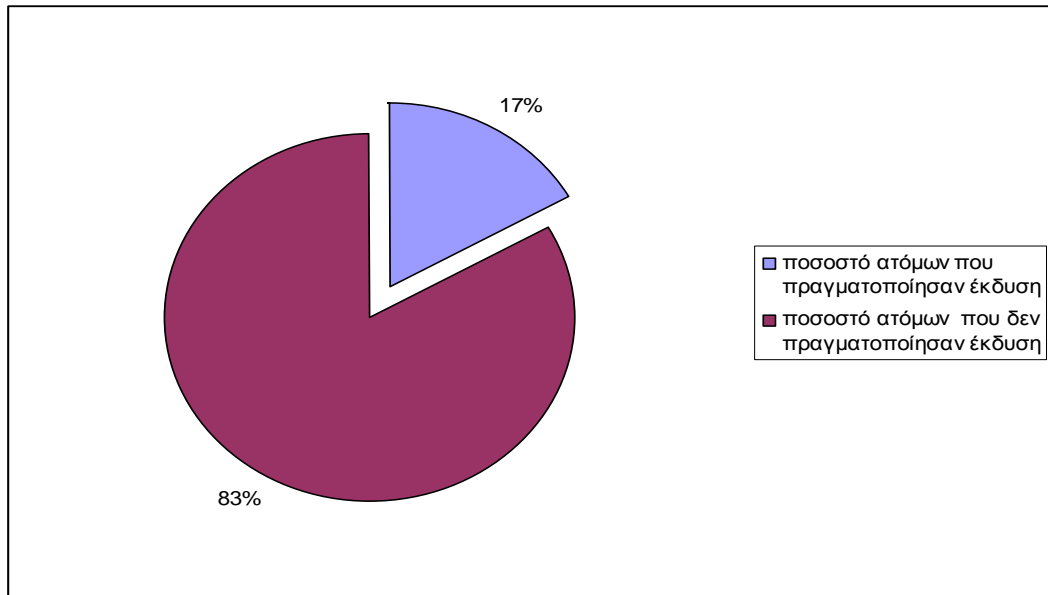
Κατά τη διάρκεια του πειράματος μερικές караβίδες πραγματοποίησαν έκδυση, τόσο από την ομάδα της ασιτίας όσο και από την ομάδα που διατράφηκαν με μύδια. Στον Πίνακα 3.6. αναφέρεται ο αριθμός των караβίδων που πραγματοποίησαν έκδυση από την κάθε διατροφική ομάδα, καθώς και τα ποσοστά αυτών στο σύνολο του πληθυσμού της διατροφικής ομάδας.

Πίνακας 3.6: Ποσοστό (% του πληθυσμού της διατροφικής ομάδας) εκδυθέντων ατόμων.

Ομάδα	Εκδυθέντα άτομα / Συνολικά άτομα ομάδας	Ποσοστό έκδυσης
Μύδι (M ομάδα)	2 / 16	12,5 %
Ασιτία (S ομάδα)	4 / 19	21,0 %

Συνολικά και από τις δύο διατροφικές ομάδες παρατηρήθηκαν έξι (6) άτομα που πραγματοποίησαν έκδυση (ποσοστό 17,1% επί του συνολικού πληθυσμού) (Σχ. 3.5.). Από την ομάδα των караβίδων που τρέφονταν με μύδι πραγματοποίησαν δύο από τα δεκαέξι άτομα. Συγκεκριμένα, την 44^η ημέρα εκτροφής, η караβίδα M6 επέτυχε έκδυση και συνέχισε να ζει έπειτα από αυτή. Επιπλέον, η караβίδα M8 πραγματοποίησε έκδυση και συνέχισε και αυτή να ζει. Στην ομάδα της ασιτίας τέσσερις από τις δεκαεννέα караβίδες επέτυχαν έκδυση (21,0 % του πληθυσμού της ομάδας). Ωστόσο, από τις 4 караβίδες σε ασιτία που έκαναν έκδυση, μόνο η μία κατάφερε να επιζήσει, ενώ οι υπόλοιπες 3 απεβίωσαν κατά την προσπάθεια έκδυσης (βρέθηκαν πεθαμένες με το νέο έκδυμα δίπλα τους). Συγκεκριμένα, η караβίδα S1 απεβίωσε στην προσπάθεια της να επιτύχει έκδυση την 78^η ημέρα εκτροφής (βρέθηκε με μαλακό και προτεταμένο εξωσκελετό). Η караβίδα S5 έκανε έκδυση την 37^η ημέρα εκτροφής, αλλά απεβίωσε μετά από αυτή (βρέθηκε πεθαμένη με το νέο έκδυμα δίπλα της). Η

καραβίδα S16 έκανε έκδυση την 98^η ημέρα εκτροφής, αλλά και αυτή δεν κατάφερε να επιβιώσει. Τέλος, η μοναδική караβίδα από την ομάδα της ασιτίας που έκανε έκδυση και έζησε μετά από αυτή ήταν η S11.



Σχήμα 3.5: Απεικόνιση του ποσοστού των ατόμων που πραγματοποίησαν έκδυση (17%) σε σχέση με το συνολικό ποσοστό ατόμων από τις δύο ομάδες (ομάδα μύδι και ομάδα ασιτίας).

3.4. Αύξηση

3.4.1. Ειδικός ρυθμός αύξησης SGR

Στους Πίνακες 3.6 και 3.7 παρουσιάζονται οι μετρήσεις του τελικού βάρους των ατόμων έπειτα από 169 συνολικές ημέρες εκτροφής για τα ζώντα άτομα ή την ημέρα θανάτωσης για όσα άτομα απεβίωσαν. Στον ίδιο Πίνακα δείχνεται η αύξηση/μείωση του τελικού βάρους συγκριτικά με το αρχικό, καθώς επίσης και ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) κάθε ατόμου. Θα πρέπει να επισημανθεί πως από τις μετρήσεις της αύξησης των Πινάκων 3.6 και 3.7 εξαιρέθηκαν τα άτομα τα οποία απώλεσαν μία ή και τις δύο δαγκάνες τους κατά τη διάρκεια του πειράματος και ως εκ

τούτου δεν συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα της αύξησης. Επίσης, η αύξηση/μείωση του σωματικού βάρους μικρότερη του 0,5g θεωρήθηκε εντός του ορίου σφάλματος κατά την μέτρηση του ζώντος βάρους και ως εκ τούτου ορίστηκε ως αμετάβλητη.

Πίνακας 3.6: Αρχικό και τελικό βάρος (g), αύξηση βάρους(g), ημέρες διαβίωσης και ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) για τις καραβίδες που τους χορηγούνταν μύδι.

Άτομο	Αρχικό βάρος (g)	Τελικό βάρος (g)	Αύξηση / Μείωση βάρους (g)	Ημέρες επιβίωσης	SGR (% σ.β./ημέρα)
M1	51,34	53,44	2,10	148	0,027
M2	49,35	51,48	2,13	148	0,029
M3	43,14	43,45	Αμετάβλητη	148	---
M6	50,35	46,32	-4,03	118	-0,071
M8	44,14	44,55	Αμετάβλητη	169	---
M9	52,94	55,06	2,12	162	0,024
M13	48,68	48,21	Αμετάβλητη	169	---
M14	60,05	58,89	-1,16	169	-0,012
M15	35,44	34,67	-0,77	162	-0,014
M16	59,50	58,83	-0,67	162	-0,007
Μέσος όρος ομάδας M ± τυπική απόκλιση	49,49±7.41	49,49 ± 7,58	-0.04	252	-0,002±0,028
P (T-test)	0,728				

Σημ.: SGR. = ειδικός ρυθμός ανάπτυξης. Στον Πίνακα εξαιρέθηκαν τα άτομα τα οποία απώλεσαν μία ή και τις δύο δαγκάνες τους κατά τη διάρκεια του πειραμα-

τος και ως εκ τούτου δεν συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα της αύξησης. Αύξηση/μείωση του σωματικού βάρους μικρότερη του 0,5 g θεωρήθηκε εντός του ορίου σφάλματος κατά την μέτρηση του ζώντος βάρους και ως εκ τούτου ορίστηκε ως αμετάβλητη

Πίνακας 3.7: Αρχικό και τελικό βάρος (g), αύξηση βάρους(g), ημέρες διαβίωσης και ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) για τις καραβίδες (σε υγρή μορφή) που παρέμεναν σε ασιτία.

Άτομο	Αρχικό βάρος (g)	Τελικό βάρος (g)	Μείωση βάρους (g)	Ημέρες επιβίωσης	SGR (% σ.β./ημέρα)
S2	72,17	72,80	αμετάβλητη	85	0,000
S9	33,58	32,34	-1,24	169	-0,022
S10	26,47	26,53	αμετάβλητη	153	0,000
S11	40,95	38,00	-2,95	162	-0,046
S12	21,58	18,31	-2,95	162	-0,097
S16	33,34	32,36	-0,98	162	-0,018
Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση	38,01±18,00	36,72±18,89	-1,055	162	-0,031±0,037
P (T-test)	0,991				

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.6, οι καραβίδες M1, M2 και M9 αύξησαν το βάρος τους. Το σωματικό βάρος των καραβίδων M3, M8 και M13 παρέμεινε

αμετάβλητο, ενώ οι караβίδες M6, M14, M15 και M16 απώλεσαν σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια του πειράματος. Για το σύνολο της ομάδας που διατράφηκε με μύδι το μέσο τελικό βάρος δε διέφερε σημαντικά από το μέσο αρχικό βάρος (T-test, $P=0,728$). Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.7, από τα οκτώ (8) άτομα της ομάδας S, τα τέσσερα (S9, S11, S12, S16) απώλεσαν σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια της ασιτίας τους, ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα (S2, S3, S10, S13) το σωματικό τους βάρος παρέμεινε αμετάβλητο. Για το σύνολο της ομάδας της ασιτίας το μέσο τελικό βάρος δε διέφερε σημαντικά από το μέσο αρχικό βάρος (T-test, $P=0,991$).

3.5. Χημική σύσταση μυϊκού ιστού караβίδων

3.5.1. Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις

Στους Πίνακες 3.8 και 3.9 εμφανίζονται οι τιμές των ολικών αζωτούχων ενώσεων που ανιχνεύτηκαν στο μυϊκό ιστό κάθε караβίδας. Η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις στις караβίδες της ομάδας S διακυμάνθηκε από 53,79% (καραβίδα S9) έως 88,62% (καραβίδα S1) με μέσο όρο $80,91 \pm 5,14$ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).ς αζωτούχες ενώσεις διακυμάνθηκε από $72,13 \pm 0,74$ (καραβίδα M4) έως $89,52 \pm 0,43$ (καραβίδα M12) με μέσο όρο $84,62 \pm 4,95$.

Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ενώσεων ήταν υψηλότερος στην ομάδα M από αυτόν στην ομάδα S. Ωστόσο, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η παραπάνω διαφορά των μέσων όρων μεταξύ των δύο ομάδων δεν ήταν σημαντική ($P > 0,05$).

Πίνακας 3.8: Περιεκτικότητα (% , μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση, n=2) αζωτούχων ενώσεων στον μυϊκό ιστό σε ξηρή μορφή ανά άτομο για την ομάδα της ασιτίας.

Άτομο	Ο.Α.Ε. (%)
S1	88,62 \pm 2,02
S6	85,63 \pm 0,09
S8	83,06 \pm 1,09
S9	53,79 \pm 12,04
S13	64,11 \pm 3,57
S16	81,98 \pm 0,48
S17	80,53 \pm 0,38
S18	82,34 \pm 0,96
Μέσος όρος ομάδας S \pm τυπική απόκλιση	80,91 \pm 5,14

Πίνακας 3.9: Περιεκτικότητα (% , μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση, n=2) αζωτούχων ενώσεων στον μυϊκό ιστό σε ξηρή μορφή ανά άτομο για την ομάδα που διατράφηκε με μύδια.

Άτομο	Ο.Α.Ε. (%)
M4	72,13 \pm 0,74
M5	88,10 \pm 2,79
M7	88,81 \pm 0,43
M8	85,72 \pm 0,42
M9	84,82 \pm 0,17
M11	84,82 \pm 0,53
M12	89,52 \pm 0,43
M13	82,08 \pm 0,63
M14	83,95 \pm 0,07
M16	86,26 \pm 1,32
Μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση	84,62 \pm 4,95

3.5.2. Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια

Στον Πίνακα 3.10 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια του μυϊκού ιστού των караβίδων στο τέλος του πειράματος. Στην ομάδα ασιτίας, ο μυϊκός ιστός των караβίδων περιείχε 1,26 \pm 0,14% (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) ολικά λιπίδια, ενώ στην ομάδα των караβίδων που διατράφηκαν με μύδι 0,89 \pm 0,39 % ολικά λιπίδια. Αν και η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια του μυϊκού ιστού των караβίδων που

διατράφηκαν με μύδι ήταν πιο χαμηλή από ότι αυτή της ασιτίας, ωστόσο τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικώς σημαντικά ($P>0,05$).

Πίνακας 3.10: Περιεκτικότητα (%) ολικών λιπιδίων του μυϊκού ιστού των καραβίδων επί της ξηρής ουσίας του δείγματος.

Ομάδα	Ολικά λιπίδια (%)
Μέσος όρος (S ομάδας)	1,26 ± 0,14
Μέσος όρος (M ομάδας)	0,89 ± 0,39

Σημ.: Η ανάλυση της περιεκτικότητας σε ολικά λιπίδια έγινε κατόπιν ομογενοποίησης των σωμάτων των καραβίδων ανά ομάδα και ο μέσος όρος προέκυψε από 3 ομογενοποιημένα δείγματα.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Συζήτηση αποτελεσμάτων

Οι εγκλεισμένες караβίδες *N. norvegicus* κατά τη διάρκεια των 20 εβδομάδων, επέδειξαν υψηλά ποσοστά επιβίωσης. Στην ομάδα των караβίδων που διατρέφονταν με μύδι δεν παρουσιάστηκαν θνησιμότητες καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Αξίζει, ωστόσο να αναφερθεί πως κάποιες από τις караβίδες της ομάδας M θανατώθηκαν για τις ανάγκες παράλληλου πειράματος. Ένα πιθανό αίτιο για την απουσία θνησιμοτήτων της ομάδας M είναι ότι αυτές διατρέφονταν με φυσική τροφή όπως είναι τα μύδια, την οποία προσλαμβάνουν και στο φυσικό περιβάλλον διαβίωσης τους. Όταν σε άτομα του είδους *J. edwardsii* χορηγήθηκε μύδι, αντί για ξηρά τροφή, έδειξαν υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης (Simon & James 2007). Αντίθετα, οι Juinio-Menez και Ruinata (1996) όταν διέθρεψαν άτομα του είδους *Panulirus ornatus*, τα οποία ήταν εγκλεισμένα υπό εργαστηριακές συνθήκες, με κατεψυγμένα μύδια (*Perna viridis*) διαπίστωσαν υψηλές θνησιμότητες, με την επιβίωση να φτάνει μόλις στο 6% του συνολικού πληθυσμού έπειτα από τέσσερις εβδομάδες πειράματος. Επίσης σε πολυάριθμες εργαστηριακές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν δείχθηκε ότι η διαίτα με μύδια σε αστακούς όπως *Palinurus ornatus*, *Jasus edwardsii* και *Palinurus cygnus* προσφέρει καλύτερη ανάπτυξη και επιβίωση σε σχέση με τη διατροφή με σύμπηκτα (Williams 2007). Η mente (2010), παρατήρησε ότι η ομάδα της *N. norvegicus* που διατράφηκε με κατεψυγμένο μύδι είχε επιβίωση η οποία ανέρχονταν στο 90%.

Όπως ήταν αναμενόμενο, στην ομάδα που παρέμενε σε ασιτία πέθαναν επτά από τις δεκαεννέα караβίδες, το οποίο ισοδυναμεί με 36,8% του πληθυσμού της ομάδας. Η mente (2010), σε αντίστοιχο πείραμα που πραγματοποίησε (διάρκειας 6 μηνών) διαπίστωσε ότι η θνησιμότητα της ομάδας των караβίδων που παρέμειναν σε

ασυτία ήταν μεγαλύτερη του 50%. Οι Karapanagiotidis *et al.* (2008), παρατήρησαν ότι η караβίδα είναι ένα αρκετά ανθεκτικό είδος, τόσο κατά τη διαχείρισή του όσο και κατά τη διαβίωσή του σε συνθήκες εργαστηρίου, λαμβάνοντας υπόψη ότι το βενθικό αυτό είδος ζει σε βάθος άνω των 70 m χτίζοντας «λαγούμια» στον πυθμένα. Το γενικό συμπέρασμα που εξάγεται από το παρόν πείραμα είναι πως η διατροφή με μύδι, αν και χορηγήθηκε κατεψυγμένη ψίχα μυδιού και όχι φρέσκο μύδι, επηρέασε σημαντικά την επιβίωση της *N. norvegicus* σε εργαστηριακές συνθήκες εκτροφής.

Η ημερήσια κατανάλωση τροφής μυδιών για τις караβίδες *N. norvegicus* ήταν αρκετά χαμηλή και κυμάνθηκε στο 0,15 % του σωματικού βάρους/ημέρα (επί της ξηρής ουσίας τροφής). Η Mente (2010), διαπίστωσε ότι η ημερήσια κατανάλωση τροφής στην ομάδα που διατράφηκε με μύδι ήταν 0,6 g/ημέρα. Σε παράλληλο διατροφικό πείραμα που διαξήχθει στις εγκαταστάσεις του Τμήματος από τον Πετμεζά (2010), το *N. norvegicus* διατρεφόμενο με σύμπηκτα του εμπορίου επέδειξε χαμηλότερη πρόσληψη τροφής (0,10 % του σ.β./ημέρα) από αυτήν που αναφέρεται στο παρόν πείραμα για την ομάδα που διατράφηκε με μύδια. Τα καρκινοειδή, γενικά, έχουν υψηλή πρωτεολυτική και σχετικά χαμηλή λιπολυτική δραστηριότητα (Johnston 2003), γεγονός που μπορεί να επηρέασε ανάλογα τη διατροφή τους με μύδια στο παρόν πείραμα, μιας και τα πρώτα περιέχουν υψηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης και χαμηλότερα επίπεδα λιπιδίων (επί της ξηρής ουσίας τροφής) από τα σύμπηκτα.

Οι Sandra και Valladares (1990) πραγματοποίησαν εργαστηριακό πείραμα με το *N. norvegicus* διατρέφοντας το με γάυρο ή με πολύχαιτους ή με μικρά καρκινοειδή. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η πρόσληψη τροφής από τις караβίδες παρουσίαζε διακυμάνσεις με τη μέγιστη κατανάλωση να φτάνει στο 2,5 % του σωματικού βάρους (επί της υγρής ουσίας τροφής), ενώ από τη μελέτη εκκένωσης του στομάχου

διαπίστωσαν ότι η τροφή πέπτονταν πλήρως μετά από 48 ώρες. Οι συγγραφείς πρότειναν πως η συχνότητα ταΐσματος για το είδος θα πρέπει να είναι κάθε δεύτερη ημέρα. Επίσης, διατύπωσαν ότι αν το μέσο βάρος από έναν πληθυσμό της *N. norvegicus* είναι 20 g, η ημερήσια πρόσληψη τροφής από αυτά θα ανέρχεται στα 0,5 g. Οι Cristo και Castro (2005) αλιεύσαν με εμπορική τράτα αρσενικές και θηλυκές караβίδες του είδους *N. norvegicus* από τη Νότια Πορτογαλία και έπειτα έκαναν ανάλυση του περιεχόμενου του στομάχου τους. Οι συγγραφείς υπολόγισαν ότι το ημερήσιο σιτηρέσιο των караβίδων ήταν από 1,098 g έως 1,170 g ανά 100g υγρού βάρους για τα αρσενικά άτομα και από 1,642 έως 1,755 g για τα θηλυκά άτομα.

Η *N. norvegicus* υπό τις παρούσες εργαστηριακές και διατροφικές συνθήκες επέδειξε έντονη διακύμανση στην πρόσληψη τροφής. Στις πρώτες εβδομάδες του πειράματος, η πλειοψηφία των караβίδων προσλάμβανε μεγαλύτερες ποσότητες μυδιών, αλλά με την πάροδο του χρόνου η πρόσληψη τροφής μειώνονταν. Παρόμοια συμπεριφορά παρατήρησαν οι Smith *et al.* (2005) με τον αστακό του είδους *P. ornatus*. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι οι αστακοί που τους παρέχονταν μύδι ως δίαιτα, μεγάλωναν και επιβίωναν ικανοποιητικά κατά τη διάρκεια των πρώτων 4 εβδομάδων του πειράματος, αλλά κατά τη διάρκεια των υπολοίπων τεσσάρων εβδομάδων η ανάπτυξή και η επιβίωσή τους μειώθηκε απότομα (Smith *et al.* 2005).

Κατά τη διάρκεια του παρόντος διατροφικού πειράματος υπήρξαν άτομα, και από τις δυο ομάδες, τα οποία πραγματοποίησαν έκδυση. Από την ομάδα που διατρέφονταν με μύδι μόλις το 12 % των ατόμων έκανε έκδυση, ενώ από αυτήν που δεν της χορηγούνταν τροφή έκανε το 25% του συνολικού πληθυσμού. Οι δύο караβίδες που διατράφηκαν με μύδι και έκαναν έκδυση επέζησαν μετά την έκδυση, ενώ από τις τέσσερις караβίδες σε ασιτία που έκαναν έκδυση, μόνο η μία κατάφερε να επιζήσει,

ενώ οι υπόλοιπες τρεις απεβίωσαν κατά την προσπάθεια έκδυσης. Αν και το δείγμα είναι μικρό, από το παραπάνω αποτέλεσμα διαφαίνεται πως η διατροφή με μύδι βοήθησε στην επιβίωση μετά την έκδυση. Σύμφωνα με τους Smith *et al.* (2005), οι περισσότεροι θάνατοι που παρατηρήθηκαν στους πληθυσμούς του *P. ornatus* που διατρέφονταν με κατεψυγμένα μύδια ήταν κατά την περίοδο που τα νεαρά άτομα θα πραγματοποιούσαν έκδυση (Smith *et al.* 2005). Σύμφωνα με τους Glencross *et al.* (2001), ο αριθμός εκδύσεων των αστακών και караβίδων μειώνεται δραστικά όταν η διαίτα τους αποτελούνταν από μύδια.

Στο παρόν πείραμα, κάποιες караβίδες που διατράφηκαν με μύδι είχαν μικρή αύξηση του σωματικού τους βάρους, ενώ κάποιες άλλες μείωση με μέση τιμή ειδικού ρυθμού αύξησης για την ομάδα ίση με -0.002 %/ημέρα. Αυτό συνεπάγεται πως το είδος, εγκλεισμένο υπό τις παρούσες εργαστηριακές συνθήκες, δεν κατάφερε να αυξήσει το σωματικό του βάρος. Αυτό οφείλεται στην αποτυχία πραγματοποίησης έκδυσης από την πλειοψηφία των караβίδων που διατράφηκαν με μύδια. Αυτό εξάλλου φαίνεται και από τις περιπτώσεις εκείνες των δύο караβίδων που επέτυχαν έκδυση αύξησαν το σωματικό τους βάρος. Ένας άλλος λόγος που μπορεί να οδήγησε σε αποτυχία έκδυσης και στασιμότητα της ανάπτυξης των караβίδων είναι το γεγονός ότι η πειραματική διαίτα που τους προσφέρθηκε ήταν κατεψυγμένη και όχι φρέσκια ψίχα μυδιού. Ο Williams (2007) αναφέρει ότι τα κατεψυγμένα μύδια, συγκριτικά με τα νωπά, ενδέχεται να έχουν υποβαθμισμένη διατροφική αξία (π.χ. μειωμένη δραστικότητα βιταμινών) ή μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα κάποιων κρίσιμων θρεπτικών συστατικών και να οδηγούν σε θνησιμότητες και μικρή ανάπτυξη.

Ο Στρατάκος (2007), σε αντίστοιχη μελέτη που πραγματοποίησε στις εγκαταστάσεις του σταθμού υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος ανέφερε ότι ο ειδικός

ρυθμός ανάπτυξης του *N. norvegicus* που διατράφηκε με μύδια ήταν 0,11%/ημέρα, ο οποίος δε μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλός. Η mente (2010), στην ομάδα των караβίδων που χορηγούνταν καταψυγμένο μύδι παρατήρησε ότι ο ειδικός ρυθμός αύξησης ήταν 0,08%/ημέρα. Συγκριτικά με άλλα είδη καρκινοειδών, το *N. norvegicus* έχει πολύ χαμηλή ανάπτυξη σε συνθήκες εκτροφής. Ο αστακός *Panulirus ornatus* που διατράφηκε με μύδι επέδειξε ρυθμό αύξησης 0,80%/ημέρα (Smith *et al.* 2005). Επίσης, ο *P. ornatus* είχε καλύτερη ανάπτυξη όταν του χορηγούνταν τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και λιπίδια, παρά αποψυγμένα μύδια (Smith *et al.* 2005). Περαιτέρω, η αύξηση της συχνότητας παροχής της τροφής από δύο σε τέσσερις φορές την ημέρα ήταν ένας παράγοντας υπεύθυνος για την βελτίωση του ρυθμού αύξησης για το *P. ornatus* (Smith *et al.* 2005). Επίσης, το *P. argus* είχε καλύτερη ανάπτυξη όταν διατράφηκε με νωπά είδη πλούσια σε πρωτεΐνες όπως μύδια, γαρίδες και στρείδια (Johnston *et al.* 2008). Στο πείραμα των Glencross *et al.* (2001), η αύξηση των μεταπρονυμφών του *Panulirus cygnus* ήταν καλύτερη όταν τα επίπεδα πρωτεΐνης της τροφής ήταν υψηλότερα από 55 %. Στο ίδιο πείραμα επίσης, παρατηρήθηκε ότι η αύξηση των караβίδων ήταν υψηλότερη όταν αυτές διατρέφονταν με δίαιτες που περιείχαν χαμηλά επίπεδα λιπιδίων ίσα με 6%. Για το *P. cygnus* οι συγγραφείς συμπέραναν πως η διατροφή του με σύμπηκτο του εμπορίου ήταν καταλληλότερη από αυτή με μύδια για πιο γρήγορη αύξηση.

Για τις γαρίδες, η διατροφή τους με φρέσκα μύδια αποδίδει αρκετά καλή ανάπτυξη, ενώ για τις караβίδες και τους αστακούς όταν αυτοί τρέφονται με ξηρά τροφή επιδεικνύουν μικρή κατανάλωση τροφής. Η έκλυση χημικών ουσιών και οι γευστικές ιδιότητες της ξηράς τροφής σε σύγκριση με τη φυσική τροφή, θεωρείται η μεγαλύτερη αιτία για την περιορισμένη ανάπτυξη και την μικρή κατανάλωση τροφής

για τα περισσότερα είδη караβίδων (Simon & Jeffs 2008). Οι νεαρές *J. edwardsii* έχουν μεγαλύτερη αύξηση στη σωματική μάζα όταν τρέφονταν με φρέσκα μύδια αντί για ξηρά τροφή (Simon & Jeffs, 2008). Οι Tolomei *et al.* (2003) επεσήμαναν ότι η καλή ανάπτυξη του *J. edwardsii* όταν διατρέφεται με μύδια (*Mytilus edulis*) οφείλεται στην υψηλή διατροφική αξία αυτών, καθώς και στην υψηλή τους πεπτικότητα (Tolomei *et al.* 2003). Οι Rotllald *et al.* (2001), κατάφεραν να εκθρέψουν μεταπρονύμφες της *N. norvegicus* με τη χρήση φρέσκων εμπλουτισμένων ναυπλίων της *Artemia salina* ως τροφή. Οι караβίδες επέδειξαν μικρό ρυθμό αύξησης χρησιμοποιώντας αυτό το σιτηρέσιο.

4.2 Συμπεράσματα

- Οι караβίδες *N. norvegicus* εγκλισμένες για 6 μήνες υπό εργαστηριακές συνθήκες εκτροφής, είτε σιτιζόμενες είτε παραμένοντας σε ασιτία, επέδειξαν υψηλά ποσοστά επιβίωσης. Ωστόσο, η διατροφή τους με κατεψυγμένη ψίχα μυδιών βελτίωσε το ποσοστό επιβίωσης τους.
- Το *N. norvegicus* επέδειξε σχετικά χαμηλή κατανάλωση τροφής διατρεφόμενο με κατεψυγμένα μύδια που εκτιμήθηκε στο 0,15% του σ.β./ημέρα (επί της ξηρής ουσίας τροφής). Αυτό αποδεικνύει ότι το *N. norvegicus* είναι ένας αργοφάγος ζωικός οργανισμός επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα άλλης μελέτης η οποία έδειξε πως η πλήρης πέψη της τροφής στο στόμαχο διαρκεί τουλάχιστον 48 ώρες (Sandra και Valladares, 1990).
- Η διατροφή του *N. norvegicus* με μύδια οδήγησε σε ελαφρώς υψηλότερη περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού του σε ολικές αζωτούχες ουσίες και ελαφρώς χαμηλότερη περιεκτικότητα λιπιδίων από τις караβίδες που παρέμειναν σε

ασιτία. Αυτό οφείλεται στο ότι τα μύδια είναι μία τροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες και χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια. Ωστόσο, οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές.

- Το *N. norvegicus* διατρεφόμενο με κατεψυγμένα μύδια, υπό τις παρούσες εργαστηριακές συνθήκες, δεν οδήγησε σε υψηλά ποσοστά έκδυσης και ως εκ τούτου σε αύξηση σωματικού βάρους. Περαιτέρω, στις περιπτώσεις που επιτεύχθει έκδυση, ο ρυθμός αύξησης του *N. norvegicus* ήταν χαμηλός. Αυτό υποδηλώνει πως το *N. norvegicus* έχει χαμηλή προσαρμοστικότητα σε εργαστηριακές συνθήκες εκτροφής και χαμηλούς ρυθμούς αύξησης σωματικού βάρους. Πιθανώς αυτό να οφείλεται στην απουσία βέλτιστων συνθηκών εκτροφής, αλλά και στη μη καταλληλότητα του κατεψυγμένου μυδιού ως τροφή. Μελλοντικές προσπάθειες για τη βελτίωση των εργαστηριακών συνθηκών είναι αναγκαίες.
- Οι επιστημονικές γνώσεις μας σχετικά με τη διατροφή του είδους παραμένουν ελλιπείς, τόσο ως προς τη διατροφική του συμπεριφορά, όσο και ως προς τις διατροφικές του απαιτήσεις. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να διεξαχθούν περαιτέρω μελέτες διερεύνησης της καταλληλότητας άλλων φυσικών τροφών, αλλά και τεχνητών, ως προς την επιβίωση και αύξηση του είδους σε συνθήκες εκτροφής.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- Aguzzi J., Sarda, F. (2008). A history of recent advancements on *Nephrops norvegicus* behavioral and physiological rhythms. *Rev Fish Biol Fisheries*, 18:235–248.
- Aguzzi J., Company J. B., Sarda F. (2004). Feeding activity rhythm of *Nephrops norvegicus* of the western Mediterranean shelf and slope grounds. *Marine Biology*, 144: 463–472.
- Campbell N., Allan L., Weetman A., Dobby H. (2009). Investigating the link between *Nephrops norvegicus* burrow density and sediment composition in Scottish waters. *Ices Journal of Marine Science*, 66:2052–2059.
- Cartes J.E., Company J.B., Maynou F. (1994). Deep-water decapod crustacean communities in the Northwestern Mediterranean: influence of submarine canyons and season. *Mar. Biol.* 120: 221-230.
- Cristo M., Cartes J.E. (1998). A comparative field study of feeding ecology of *Nephrops norvegicus* (L) (Decapoda: Nephropidae) in the bathyal Mediterranean and adjacent Atlantic. *Sci Mar*, 62:81-90.
- Cristo M., Castro M. (2005). Field estimation of daily ration of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in south of Portugal. *New Zealand journal of Marine and fresh water Research* 39:485-491.
- Dall W. (2003). Lipid absorption and utilization in the Norwegian lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 56:101-120.
- Elnor R.W., Campbell A. (1987). Diets of lobster *Homarus americanus* from barren ground and macroalgal habitats off southwestern Nova Scotia, Canada. *Marine ecology*, 131-140, 198.
- Eriksson S. P., Baden S. P. (1997). Behaviour and tolerance to hypoxia in juvenile Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) of different ages. *Marine Biology*, 128:49-54.
- Farina P., Celso A., Gonzalez H., Botana I.F., Ramon J. (2002). Exploring long-term variability of *Nephrops norvegicus* population and fishery off North Galicia (NW Spain). <http://hdl.handle.net/2183/135>.
- Farmer A.S.D. (1974). Reproduction in *Nephrops norvegicus*. *Journal of Zoology*, 174: 161-183.
- Farmer A.S.D. (1975). Synopsis of the biological data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *FAO Fisheries Synopsis*, 112:1-97.
- Fisher W., Schneider M., Bauchot M.L. (1987). *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Vol. I – II.*, Rome, FAO. 1-2: 760.
- Fox R. (2006). *Invertebrate Anatomy On Line Homarus americanus American Lobster with notes on crayfish.* Lander University.
- Harris R. and Ulmestrand M. (2004). Discarding Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Lineaus, 1758) through low salinity layers mortality and

- damage seen in simulation experiment. ICES journal of marine Science, 61: 127-139.
- Hagerman L., Baden S.P. (1988). Nephrops norvegicus: field study of effects of oxygen deficiency on haemocyanin concentration. *J exp mar Biol Eco* 116: 135-142.
- Hill A. E. (1990). Pelagic dispersal of Norway lobster *Nephrops norvegicus* larvae examined using an advection-diffusion-mortality model. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 64: 217-226.
- Hill A. E., Durazo R., Smeed D. A. (1994). Observations of a cyclonic gyre in the western Irish Sea. *Cont. Shelf Res.*, 14: 479-490.
- Hudon C. (1987). Ecology and Growth of Postlarval and Juvenile Lobster, *Homarus americanus*, off Îles de la Madeleine (Quebec). *Can. J. fish Aquatic Sciences*, 44: 1855–1869.
- Johnston D., Melville-Smith R., Hendriks B., Phillips B. (2008). Growth rates and survival of western rock lobster (*Panulirus cygnus*) at two temperatures (ambient and 23 °C) and two feeding frequencies. *Aquaculture* 279: 7–84.
- Juinio-Menez, M.A., Ruinata J. (1996). Survival, growth and food conversion efficiency of *Panulirus ornatus* following eyestalk ablation. *Aquaculture*, 146:225–235.
- Karapanagiotidis, I., Mente, E., Stratakos, A., Bantidos, S. and Vafidis, D. (2008). Nutrition and growth of *Nephrops norvegicus* in laboratory conditions. 3rd International Symposium on Hydrobiology and Fisheries – Sustainable Aquaculture, Arta 8-10 October, Greece.
- Lee D.O.C., Wickins, J.F. (1992). *Crustacean Farming*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Maynou, F., Sarda F. (1997). *Nephrops norvegicus* population and morphometrical characteristics in relation to substrate heterogeneity. *Fisheries Research*, 30:39-149.
- Mente E. (2010). Survival, food consumption and growth of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) kept in laboratory conditions. *Journal of Zoology*, 5: 256-263.
- Mente E., Karapanagiotidis I., Logothetis P., Vafidis D., Malandrakis E., Neofitou, N., Exadactylos A., Stratakos, A. (2009). The reproductive cycle of Norway Lobster. *Journal of Zoology*, 278:324-332.
- Morizur Y. (1983). Use of functional criteria (presence of spermatophores, maturity of ovaries) for the determination of length and age of sexual maturity of *Nephrops norvegicus* females from South Brittany. *J Cons CIEM*, 41:28–36.
- Morizur Y., Conan G., Guenole A., Omnes M. H. (1981). Fecondite de *Nephrops norvegicus* dans le golfe de Gascogne. *Marine Biology*, 63: 319–324.
- Mytilineou Ch, Fourtuni A., Papacostantinou, C. (1992). Stomach content analysis of Norway Lobster, *Nephrops norvegicus*, in the North Aegean Sea (Greece). *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 33:46.
- Papaconstantinou C., Zaetos A., Vassilopoulou V., Tsaepes, G. (2007). State of Hellenic Fisheries. Hellenic Center for Marine Research.
- Parslow-Williams P. J., Atkinson R. J. A., Taylor, A. C. (2001). Nucleic acids as indicators of nutritional condition in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Marine Ecology Progress Series*, 211: 235–243.

- Parslow-Williams P., Goodheir C., Atkinson R. J. A., Taylor, A. C. (2002). Feeding energetics of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* in the Firth of Clyde, Scotland. *Ophelia*, 56: 101-120.
- Phillips B.F. (2006). *Lobsters, Biology, Management, Aquaculture and Fisheries*. Blackwell Publishing, 420-422.
- Pochelon P.N., Calado R., Dos Santos A., Queiroga, H. (2009). Feeding Ability of Early Zoeal Stages of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (L.). *Biol. Bull.* 216: 335–343.
- Relini G., Bertrand J., Zamboni A. (1999). Synthesis of the knowledge on bottom fishery resources in central Mediterranean (Italy and Corsica). *Biol. Mar. Medit.* 6: 530-540.
- Revill A.S., Catchpole T.L., Dunlin, G. (2007). Recent work to improve the efficacy of square-mesh panels used in a North Sea *Nephrops norvegicus* directed fishery. *Fish Res.*, 85: 321–327.
- Rice A. L., Chapman, C. J. (1971). Observations on the burrows and burrowing behaviour of two mud-dwelling decapod crustaceans, *Nephrops norvegicus* and *Goneplax rhomboides*. *Marine Biology*, 10: 330-342.
- Rotlland G., Anger K., Durfort M., Sarda F. (2004). Elemental and biochemical composition of *Nephrops norvegicus* (Linnaeus 1758) larvae from the Mediterranean and Irish Seas. *Helgol. Mar. Res.* 58: 206–210.
- Rotlland G., Chartier-Daures M., Charmantier G., Anger K., Sandra F. (2001). Effect of diet on *Nephrops norvegicus* larval and postlarval development, growth, and elemental composition. *Journal of shellfish research*, 20: 347-352.
- Sandra F., Valladares F.J. (1990). Gastric evacuation of different foods by *Nephrops norvegicus* (Crustacea: Decapoda) and estimation of soft tissue ingested, maximum food intake and cannibalism in captivity. *Marine biology*, 104: 25-30.
- Simon C., Jeffs, A. (2008). Feeding and gut evacuation of cultured juvenile spiny lobsters, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture*, 280: 211-219.
- Simon C.J., James P.J. (2007). The effect of different holding systems and diets on the performance of spiny lobster juveniles, *Jasus edwardsii* (Hutton, 1875). *Aquaculture*, 266: 166–178.
- Smith C.J., Papadopoulou, K.N. (2003). Burrow density and stock size fluctuations of *Nephrops norvegicus* in a semi-enclosed bay. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 798–805.
- Smith D.M., Williams K.C, Irvin S.J. (2005). Response of the tropical spiny lobster *Panulirus ornatus* to protein content of pelleted feed and to diet of mussel fish. *Aquaculture Nutrition*, 11: 209-217.
- Tolomei A., Crear B., Johnston D. (2003). Diet immersion time: effects on growth, survival and feeding behaviour of juvenile southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture*, 219: 303–316.
- Tuck I. D., Atkinson R.J.A, Chapman C.J. (2000). Population biology of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) in the Firth of Clyde, Scotland – II: Fecundity and size at onset of sexual maturity. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1227–1239.

- Tuck I. D., Chapman C. J., Atkinson R. J. A. (1997). Population biology of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) in the Firth of Clyde, Scotland – I: Growth and density. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 125–135.
- Wickins J. F., Roberts J. C., Heasman M. S. (1996). Within-burrow behaviour of juvenile European lobsters *homarus gammarus* (L.). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 28: 229 – 253.
- Williams K.C. (2007). Nutritional requirement and feeds development for post-larval spiny lobster: A review. *Aquaculture*, 263: 1-14.
- Farmer A.S.D. (1974). Reproduction in *Nephrops norvegicus* (Decapoda :Nephropidae). *J. Zool*, 174: 161-183.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Στρατάκος, Α.Χ (2007). Βιολογία, αναπαραγωγή και οικολογία της караβίδας *Nephrops norvegicus* στον Παγασητικό κόλπο. Προπτυχιακή διπλωματική εργασία Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, σελ. 58-59.
- Πετμεζάς, Ζ. (2010). Κατανάλωση τροφής από το είδος *Nephrops norvegicus* σε εργαστηριακές συνθήκες: διατροφική αγωγή με σύμπηκτο του εμπορίου. Προπτυχιακή διπλωματική εργασία Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, σελ. 5.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- Hillewaert Hans (2006). "Nephrops norvegicus" Cetaquarium. Crete: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nephrops_norvegicus.jpg.
- Holtuis, L.B. (1991). An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date L. (No. 125, Vol. 13): <http://www.fao.org/fishery/species/2647/en>.

6. ABSTRACT

Food consumption and survival were studied in *Nephrops norvegicus* reared in captivity for 20 weeks. Male lobsters of an average body weight 46.7 ± 9.2 g (mean \pm SD) were kept individually in net cages suspended in glass aquaria with recirculating seawater. A group of 16 lobsters were fed a mussel diet and 19 lobsters were kept in starvation. The food consumption of lobsters fed the mussel diet was estimated at 0.15% of body weight/day (as dry matter of feed). Our scientific knowledge on the nutrition of the species is still limiting.

Keywords: *Nephrops norvegicus*, crustacean, aquaculture, nutrition, food consumption.