



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ»
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

Πανεπιστημιούπολη Βουτών, Τ.Κ. 70013, Βούτες, ΗΡΑΚΛΕΙΟ.

Διατριβή μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
με τίτλο:

«Μελέτη της συμπεριφοράς διαφυγής του λαβρακιού *Dicentrarchus labrax* σε συνθήκες εκτροφής»



Πετρούτσος Σπυρίδων-Ιάσων

Εξεταστική επιτροπή:

Επιβλέπουσα: Καθηγήτρια: κ. Μ. Κεντούρη

Εξεταστές: Καθηγητής Ι. Καρακάσης
Dr. P. Divanach

Ηράκλειο, 2012

Στην οικογένειά μου...

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	- 5 -
Περίληψη.....	- 6 -
Abstract	- 7 -
1 Εισαγωγή.....	- 8 -
1.1 Το είδος <i>Dicentrarchus labrax</i>	- 8 -
1.2 Ταξινόμια και Γεωγραφική Κατανομή	- 9 -
1.3 Στοιχεία οικολογίας και βιολογίας.....	- 10 -
1.4 Λαβράκι και σύγχρονη ιχθυοκαλλιέργεια.....	- 11 -
1.5 Το πρόβλημα των διαφυγών	- 13 -
2 Υλικά και Μέθοδοι.....	- 15 -
2.1 Σχεδιασμός πειραματικών εγκαταστάσεων.....	- 15 -
2.2 Πειραματικός σχεδιασμός.....	- 18 -
2.3 Παρακολούθηση της δραστηριότητας των ψαριών	- 19 -
2.4 Εξαγωγή και Ανάλυση Δεδομένων.....	- 20 -
2.5 Στατιστική Ανάλυση.....	- 21 -
3 Αποτελέσματα	- 22 -
3.1 Πείραμα Α.....	- 23 -
3.1.1 Ανάλυση ανά πειραματικές ημέρες	- 23 -
3.1.2 Ανάλυση κατά την 1 ^η μέρα.....	- 27 -
3.1.3 Ανάλυση συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια του ταΐσματος	- 28 -
3.2 Πείραμα Β.....	- 31 -
3.2.1 Ανάλυση ανά πειραματικές ημέρες	- 31 -
3.2.2 Ανάλυση κατά την 1 ^η ημέρα.....	- 36 -

3.3	Σύγκριση μεταξύ των των δύο πειραμάτων	- 37 -
4	Συζήτηση	- 40 -
4.1	Συμπεριφορά πριν τη διαφυγή και κατά τη διαφυγή του <i>D. Labrax</i>	- 40 -
4.2	Η επίδραση ενός οπτικού εμποδίου	- 41 -
4.3	Συμπεριφορά διαφυγής και μάθηση.....	- 42 -
4.4	Επίλογος.....	- 45 -
5	Βιβλιογραφία	- 46 -

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο των Υδατοκαλλιεργειών του Βιολογικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Κρήτης, υπό την επίβλεψη και ευθύνη της καθηγήτριας του τμήματος κ. Μαρουδιώς Κεντούρη. Η διατριβή αυτή εντάχθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος "Commission of the European Communities under the Seventh Research Framework Program "Food, Agriculture and Fisheries and Biotechnology, Area 276 2.1.2 Increased sustainability of all production systems (agriculture, forestry, fisheries and aquaculture); plant health and crop protection", 226885 "PREVENT ESCAPE - Assessing the causes and developing measures to prevent the escape of fish from sea cage aquaculture. Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, ολοκληρώνεται ταυτόχρονα ο μεταπτυχιακός κύκλος σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Κρήτης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους, φίλους και γνωστούς, που συνέβαλαν άμεσα ή έμμεσα στη διεκπεραίωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Dr. Μαρουδιώ Κεντούρη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και με κινητοποίησε έτσι ώστε να θέλω να μάθω και να παράγω έργο μέσα στο εργαστήριό της. Η βοήθειά της ήταν καίρια και ουσιαστική και η καθοδήγησή της πάντα πολύτιμη και πολυεπίπεδη. Θα ήθελα ιδιαίτερα να την ευχαριστήσω για την υπομονή και την επιμονή που έδειξε τόσο στο το πρόσωπό μου όσο και ως προς αυτή την προσπάθεια. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής, τον καθηγητή κ. Καρακάση Ιωάννη και τον Dr. Pascal Divanach, για τη συμβολή και τη βοήθεια που παρείχαν απλόχερα στην εκπόνηση κι ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Εν συνεχεία θα ήθελα να ευχαριστήσω, αναφέροντάς τους ονομαστικά, τους Dr. Παπαδάκη Βασίλη, Dr. Παπαδάκη Ιωάννη και τον υποψήφιο διδάκτορα. Γλαρόπουλο Αλέξη καθότι ήταν και είναι πολύτιμοι συνεργάτες μα πάνω απ' όλα φίλοι, και μες το εργαστήριο αποτέλεσαν ένα δυνατό πυρήνα μιας ομάδας όπου είχα την τιμή να συμμετάσχω, να συνεργαστώ και να δημιουργήσω. Ένα μεγάλο ευχαριστώ και σε όλα τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου, από προπτυχιακούς μέχρι και μετα-διδασκατορικούς που έκαναν την κάθε μέρα ξεχωριστή.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που από πάντα με στηρίζουν και πιστεύουν σε μένα, τη μητέρα μου και τον αδελφό μου, για όλα όσα μου έχουν προσφέρει, υλικά και άυλα, και γιατί σίγουρα αποτελούν το βασικότερό μου κίνητρο για να πραγματοποιώ τα όνειρα και τις επιθυμίες μου. Η εργασία τους αφιερώνεται εξαιρετικά.

Περίληψη

Το λαβράκι, *Dicentrarchus labrax*, είναι ένα σημαντικό εμπορικό εκτρεφόμενο είδος στη Μεσόγειο, κι ενώ έχουν αναφερθεί διαφυγές ατόμων από διάφορες ιχθυοκαλλιεργητικές εγκαταστάσεις εντούτοις δεν έχουν μελετηθεί οι αιτίες αυτής της συμπεριφοράς. Οι διαφυγές των ψαριών μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στους τοπικούς άγριους πληθυσμούς κυρίως μέσω του ζευγαρώματος μεταξύ διαφυγόντων και άγριων ψαριών, του ανταγωνισμού για θήρευση καθώς και της μεταφοράς παθογόνων μικροοργανισμών. Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εξεταστεί και να προσδιοριστεί η συμπεριφορά διαφυγής του λαβρακιού και κατά πόσο η παρουσία ή η απουσία ενός ορατού εμποδίου μπροστά από κάποιο σημείο διαφυγής μπορεί να επηρεάσει την τάση του να διαφύγει. Προς τούτο, ψάρια βάρους $110 \pm 22\text{g}$ τοποθετήθηκαν σε πειραματικούς ιχθοκλωβούς, ($0,288\text{ m}^3$ ο καθένας) τοποθετημένους σε μια δεξαμενή των 30m^3 . Η μελέτη της συμπεριφοράς τους έγινε με την χρήση πρότυπου ηλεκτρονικού συστήματος παρακολούθησης, το οποίο αναπτύχθηκε για τις ανάγκες του πειράματος. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το λαβράκι έχει την ικανότητα να εντοπίζει αμέσως μια τρύπα στο δίχτυ από τη στιγμή που αυτή εμφανίζεται. Παρόλα αυτά, η παρουσία ενός εμποδίου μπροστά από την τρύπα αυτή καθυστερεί σημαντικά το ρυθμό διαφυγής του είδους αυτού. Επίσης η μάθηση διέλευσης μέσω της οπής και η κοινωνική συμπεριφορά του λαβρακιού φάνηκε να είναι στενά συνδεδεμένες με την ανάγκη του για τροφή. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορούν να λειτουργήσουν επιβοηθητικά στον επαναπροσδιορισμό της χωροθέτησης των θαλάσσιων κλωβών. Παράλληλα, η τοποθέτηση ενός βοηθητικού δικτύου περιφερειακά των κλωβών καθώς και η παρουσία φυσικών ή τεχνητών εμποδίων στην περιοχή των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος διαφυγών του λαβρακιού.

Abstract

European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), a mainly farmed species in the Mediterranean aquaculture has been sporadically reported to escape from sea cage facilities. However, this specific behavior has been occasionally documented. Fish escapes raise a number of concerns due to potential impact with the wild stocks through interbreeding, competition for food and mate as well as transfer of pathogens. The present study aims at the examination and monitor of sea bass escape behavior along with the investigation of the influence that a presence/absence of a visible obstacle could have of sea bass propensity to escape. Fish were initially confined into handmade sea cages, placed into a 30m³ tank. A tear was created at one side of the cages, allowing fish crossings. Fish activity was monitored by a computer vision system that developed for this purposes. From the result obtained, it is clearly demonstrated that sea bass is able to escape right after a tear appeared on the net surface. However, the presence of an obstacle close to the point of escape significantly reduced the escape rate of this species. Additionally, learning behavior and social interactions of sea bass were close related to the food provided at the specific time period. It is highly recommended on the aquaculturists to reconsider the orientation and location of sea bass culture facilities. Furthermore, the use of an extra net pen around the cage facilities as well as the presence of natural/artificial obstacle close the area of the cages could be considered as an efficient tool to mitigate the escape risk of farmed sea bass.

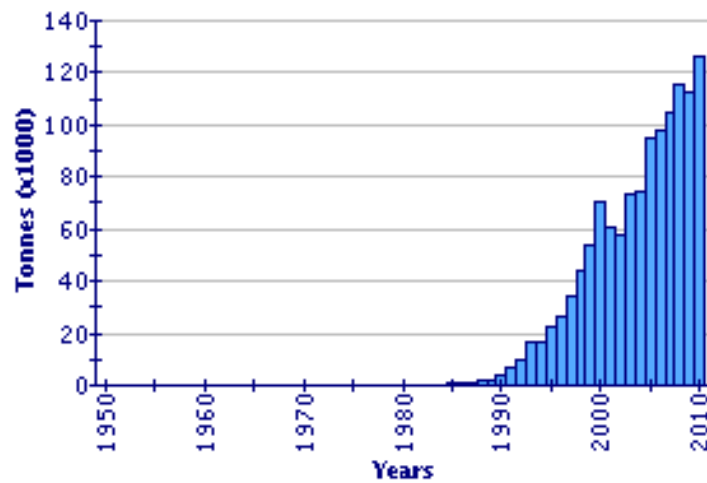
1 Εισαγωγή

1.1 Το είδος *Dicentrarchus labrax*



Εικόνα 1. Το ευρωπαϊκό λαβράκι *Dicentrarchus labrax*, (www.fishbase.org).

Το ευρωπαϊκό λαυράκι (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus, 1758) ή European sea bass όπως συναντάται στη διεθνή βιβλιογραφία, αποτελεί ένα είδος ψαριού που είναι γνωστό από την εποχή της αρχαίας Ελλάδας, όταν πρώτος ο Αριστοτέλης το ονόμασε «λύκο της θάλασσας» (Pickett & Pawson, 1994). Σήμερα θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους τελεόστεους ιχθύες καθώς αποτελεί ένα από τα πιο μελετημένα είδη που παράγονται μαζικά από τις υδατοκαλλιέργειες (Εικόνα 1). Ήδη, από τα τέλη της δεκαετίας του 1960, η Γαλλία και η Ιταλία επιδόθηκαν συστηματικά στην εξεύρεση αξιόπιστων τεχνικών για μαζική παραγωγή νεαρών ιχθυδίων λαυρακιού, ενώ στα τέλη του 1970 οι τεχνικές αυτές είχαν αναβαθμιστεί σημαντικά στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου, σε βαθμό που εξασφάλιζαν την παραγωγή εκατοντάδων χιλιάδων ιχθυδίων υπό ελεγχόμενες συνθήκες (FAO Fishery Statistics, 2006). Σήμερα, η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα σε παραγωγή λαυρακιού στη Μεσόγειο με τη συνολική της παραγωγή να ξεπερνά τους 120.000 μετρικούς τόνους. Άλλες χώρες όπου γίνεται επίσης μαζική παραγωγή είναι, η Τουρκία, η Ιταλία, η Ισπανία, η Κροατία και η Αίγυπτος (Εικόνα 2).



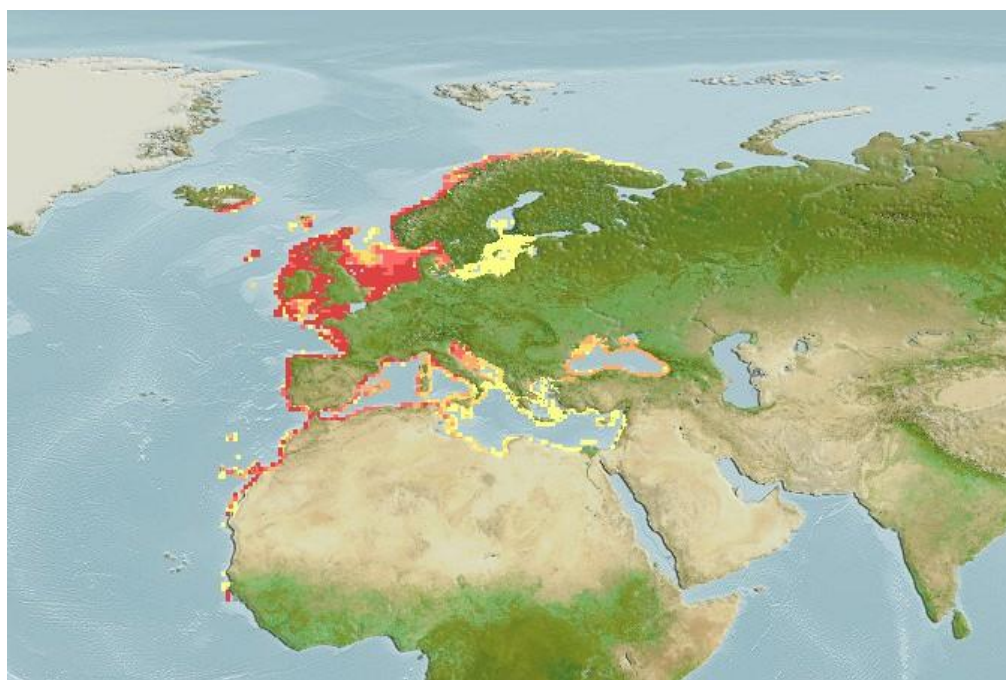
Εικόνα 2. Παραγωγή λαβρακιού από ιχθυοκαλλιέργειες στη Μεσόγειο Θάλασσα (FAO, 2012)

1.2 Ταξινόμια και Γεωγραφική Κατανομή

	Λατινική Ονομασία	Ελληνική Ονομασία
Βασίλειο	Animalia	Ζώα
Φύλο	Chordata	Χορδωτά
Υπόφυλο	Vertebrata	Σπονδυλωτά
Υπερομοταξία	Gnathostomata	Γναθόστομα
Ομοταξία	Actinopterygii	Ακτινοπτερύγιοι
Υφομοταξία	Teleostei	Τελεόστεοι
Τάξη	Perciformes	Περκόμορφα
Υπόταξη	Percoidei	
Οικογένεια	Moronidae	Μορονίδες
Γένος	<i>Dicentrarchus</i>	
Είδος	<i>Dicentrarchus labrax</i>	

Πίνακας 1. Ταξινόμια κατάταξη του λαβρακιού κατά το Integrated Taxonomic Information System (IT IS).

Η γεωγραφική κατανομή του λαυρακιού κυμαίνεται μεταξύ των 72°B - 11°B και 19°Δ - 42°Α (Lloris, 2002). Επίσης έχει έντονη παρουσία στη Μεσόγειο και στη Μαύρη θάλασσα (Bauchot, 1987). Εκτείνεται από τα βόρεια παράλια της Νορβηγίας μέχρι και τις ακτές του Μαρόκου στην Αφρική, στον ανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό, συμπεριλαμβανομένων και των Κανάριων νήσων. Αναφορές για την παρουσία του υπάρχουν και στην Ισλανδία (Jonsson, 1992), (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Κατανομή του *D. Labrax* στο φυσικό του περιβάλλον, (www.fishbase.org).

1.3 Στοιχεία οικολογίας και βιολογίας

Το λαυράκι είναι ένα γονοχωριστικό είδος (Bauchot, 1987) με τα αρσενικά να ωριμάζουν σε ηλικία δύο χρονών, ενώ τα θηλυκά σε ηλικία τριών χρονών (Brusle and Roblin, 1984). Η αναπαραγωγή του λαμβάνει χώρα κοντά στις ακτές, τους μήνες από Δεκέμβρη μέχρι Μάρτη στη λεκάνη της Μεσογείου και από Φλεβάρη μέχρι Απρίλη (στη Βρετάνη) έως και Ιούνιο (στην Ιρλανδία) (Bertignac, 1988). Είναι ευρύαλο και ευρύθερμο είδος, δεδομένου ότι μπορεί να επιβιώσει από μηδενική αλατότητα έως και 38‰ (Chervinsky, 1974), ενώ το εύρος θερμοκρασίας στο οποίο μπορεί να διαβιώσει ένα ενήλικο λαυράκι, μπορεί να κυμαίνεται από 2°C μέχρι 32°C (Barnabé, 1990). Παρόλα αυτά θεωρείται υποτροπικό είδος και απαντά κυρίως σε θερμοκρασίες νερού από 8°C μέχρι 24°C (Moreira et al, 1992).

Συνήθως συναντάται σε παράκτιες περιοχές όπως βραχώδεις ακτές, λιμνοθάλασσες και εκβολές ποταμών, ενώ δεν είναι σπάνιο να βρεθεί και μέσα σε ποτάμια. Το μεγαλύτερο μέγεθος που έχει μέχρι τώρα καταγραφεί για άτομο του είδους είχε ολικό μήκος 103 cm, ενώ το βαρύτερο έφτανε τα 12 kg (Fiedler, 1991) ενώ υπάρχουν μαρτυρίες και για μεγαλύτερα ακόμη άτομα. Η μεγαλύτερη ηλικία που προσδιορίστηκε πως φτάνει, μετά από σύλληψη άγριου ατόμου στο φυσικό του περιβάλλον, ήταν 15 χρόνια (Campillo, 1992). Το λαυράκι θεωρείται αδηφάγος θηρευτής, καταναλώνοντας κωπήποδα, καρκινοειδή, πολύχαιτους, μαλάκια, καθώς και ψάρια μικρότερου μεγέθους, ενώ σύμφωνα με τον Kelley (1987) χαρακτηρίζεται από έναν ευκαιριακό τρόπο διατροφής.

1.4 Λαβράκι και σύγχρονη ιχθυοκαλλιέργεια

Οι μέθοδοι εκτροφής του λαβρακιού είναι η εκτατική, η ημι-εντατική και η εντατική όπου η κύρια αλλαγή είναι η ιχθυοφόρτιση στον καλλιεργούμενο πληθυσμό. Ολόκληρος ο κύκλος παραγωγής από τη γενετική ωρίμανση και την αναπαραγωγή μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος, που κυμαίνεται ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις των καταναλωτών, από 250 g έως 500 g, πραγματοποιείται σε καθαρά ελεγχόμενες συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα το λαβράκι αναπτυσσόμενο περνά από τα παρακάτω στάδια:

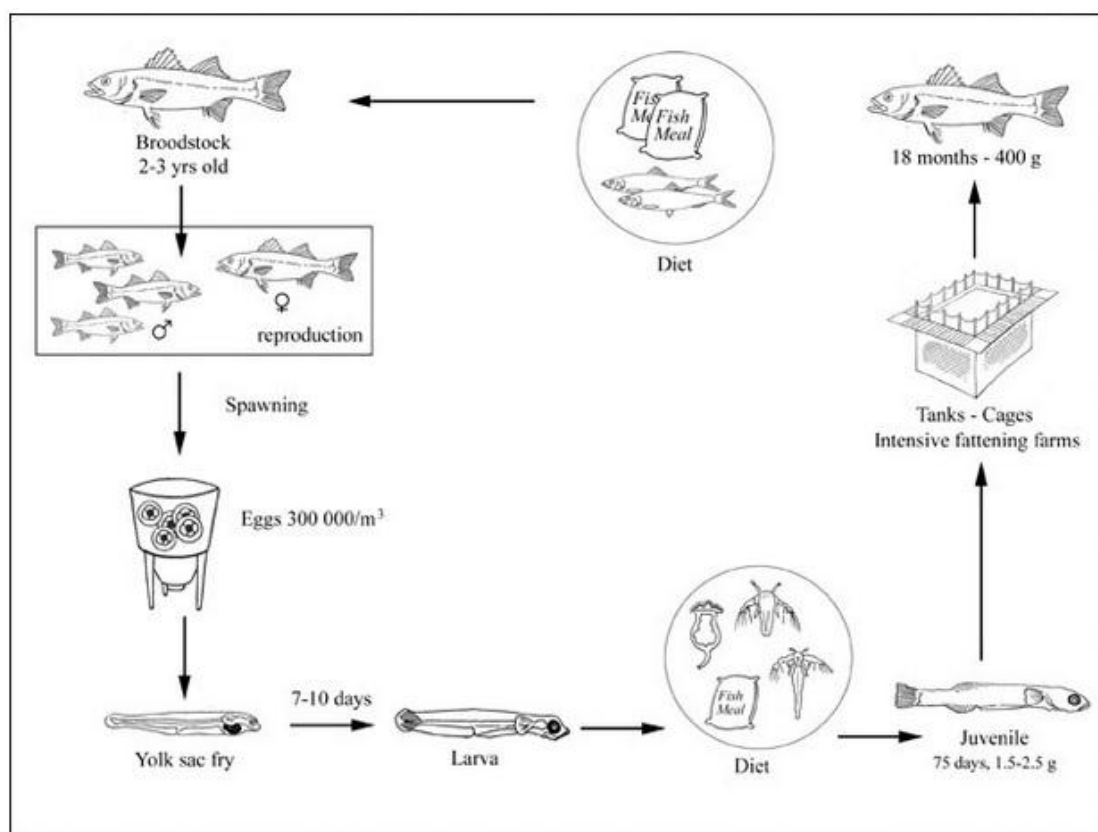
A) Αυγά: Η φυσική ωοτοκία μπορεί να προεκταθεί τεχνητά με τη ρύθμιση της φωτοπεριόδου και της θερμοκρασίας από αρχές Νοεμβρίου μέχρι τέλη Μαΐου. Η γονιμοποίηση των αυγών γίνεται με ή χωρίς την επέμβαση του ανθρώπου στις δεξαμενές γεννητόρων και η εμβρυική ανάπτυξη διαρκεί ανάλογα με τη θερμοκρασία, 3-5 ημέρες.

B) Προνύμφη: Είναι τροφικά αυτόνομοι οργανισμοί λόγω των λεκιθικών αποθεμάτων που φέρουν από το στάδιο του αυγού. Ο ρυθμός ανάπτυξής τους εξαρτάται από τη θερμοκρασία και διαρκεί 4-5 ημέρες.

Γ) Νύμφες: Πρόκειται για οργανισμούς με ενεργητική πρόσληψη τροφής από το περιβάλλον. Αρχικά (1^η – 50^η ημέρα) τους χορηγείται φυσική τροφή (κυρίως ζωντανοί πλαγκτονικοί οργανισμοί. Στη συνέχεια παρέχεται τεχνητή τροφή (υποπροϊόντα κατεργασίας ζωικών ως επί το πλείστον οργανισμών). Το νυμφικό στάδιο διαρκεί περίπου 4 μήνες, διάστημα κατά το οποίο οι νύμφες φτάνουν το ατομικό βάρος των 0,5 g.

Δ) Νεαρά άτομα: Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει όλα τα άτομα από το βάρος των 0,5 g μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος. Τρέφονται αποκλειστικά με βιομηχανικές τροφές. Τα χρονικά πλαίσια για την ολοκλήρωση της ανάπτυξης είναι τα εξής: άτομα μέσου βάρους 0,5 g φτάνουν στα 5 g σε διάστημα 2 μηνών. Άτομα των 5 g αυξάνουν το βάρος τους στα 50 g σε 4-5 μήνες και τέλος από τα 50 g στα 100 g σε 4 μήνες επιπλέον.

Τελικά, στο στάδιο της πάχυνσης, το λαβράκι βρίσκεται σε θαλάσσιους κλωβούς ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων συνήθως έτσι τοποθετημένους ώστε να επηρεάζονται όσο το δυνατόν λιγότερο από τις αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες ενώ ταυτόχρονα να πετυχαίνεται η συνεχής ανανέωση του νερού λόγω των θαλάσσιων ρευμάτων χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στις εγκαταστάσεις (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Κύκλος παραγωγής εντατικού συστήματος καλλιέργειας του λαβρακιού, (FAO 2006).

1.5 Το πρόβλημα των διαφυγών

Οι διαφυγές των ψαριών από τις ιχθυοκαλλιερητικές εγκαταστάσεις εγείρουν σημαντικούς προβληματισμούς για το θαλάσσιο οικοσύστημα (Naylor et al. 2005; Triantafyllidis 2007). Σχετικές μελέτες που αφορούσαν το γάδο του Ατλαντικού (*Gadus morhua*) καθώς και το σολομό (*Salmo salar*) έχουν δείξει πως τα ψάρια που διαφεύγουν μπορούν να αναμειχθούν με τα άγρια άτομα του είδους τους καθώς εισέρχονται στα ποτάμια κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου (Hansen 2006; Uglem et al. 2008). Η αναπαραγωγή μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων ψαριών μπορεί να απειλήσει την γενετική ποικιλομορφία του άγριου πληθυσμού (Jensen et al. 2010). Ένας ακόμη περιβαλλοντικός αντίκτυπος είναι πως τα διαφυγόντα ψάρια είναι πιθανόν να μεταφέρουν παθογόνους μικροοργανισμούς κι ασθένειες με αποτέλεσμα να κινδυνεύουν οι άγριοι πληθυσμοί του είδους τους να επιμολυνθούν. Στη Νορβηγία, μελέτη απέδειξε πως εκτρεφόμενοι σολομοί μπορούν να αποτελέσουν πηγή μόλυνσης από θαλάσσιες ψείρες, κοντά στις ακτές (Heuch and Mo 2001). Επιπροσθέτως, ο ανταγωνισμός για την εύρεση τροφής καθώς και τη αναπαραγωγή μεταξύ των διαφυγόντων ψαριών θεωρούνται ως περιβαλλοντικές απειλές της ιχθυοκαλλιέργειας για το φυσικό περιβάλλον (McGinnity et al. 2003).

Παράλληλα με τις επιπτώσεις που προκαλούνται στο περιβάλλον από τις διαφυγές παρουσιάζονται και οικονομικά προβλήματα τόσο για τους ιχθυοπαραγωγούς όσο και για τις εταιρείες που ασχολούνται με τις ιχθυοκαλλιέργειες. Η αντικατάσταση του προβληματικού εξοπλισμού καθώς και οι προσπάθειες επανασύλληψης των διαφυγόντων ψαριών αυξάνουν το συνολικό κόστος της βιομηχανίας της ιχθυοκαλλιέργειας (Naylor et al. 2005). Ωστόσο, η σημαντικότερη συνέπεια για τους ιχθυοκαλλιεργητές είναι η φήμη της εταιρείας καθώς και η διαμάχη με τις περιβαλλοντικές οργανώσεις που δημιουργείται για όλους τους παραπάνω λόγους (Jensen et al. 2010).

Διαφυγές ψαριών από μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας έχουν αναφερθεί σχεδόν για όλα τα είδη ψαριών που καλλιεργούνται στην ευρωπαϊκή ιχθυοκαλλιέργεια (*Sparus aurata*, *D. labrax*, *S. salar*, *G. morhua*), ενώ έχουν παρατηρηθεί σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (Haffray et al. 2007), όπως κατά την αναπαραγωγή, στο στάδιο των αυγών και των νυμφών καθώς και κατά την πάχυνση των ψαριών. Αυτό το πανευρωπαϊκό πρόβλημα που επίσης συμβαίνει και σε άλλες χώρες επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη σταθερότητα της βιομηχανίας της ιχθυοκαλλιέργειας.

Ο κύριος λόγος για τη διαφυγή των ψαριών είναι ο συνδυασμός των κατασκευαστικών προβλημάτων του εξοπλισμού και των ακραίων καιρικών συνθηκών. Σημαντικός αριθμός από διαφυγές σολομού έχει αναφερθεί μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα όπως καταιγίδες στις ακτές της Νορβηγίας (Norwegian Fisheries Directorate, 2007). Επίσης, οι θαλάσσιοι θηρευτές που επιτίθενται στα δίχτυα των ιχθυοκλωβών έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σκισιμάτων και οπών πάνω στα δίχτυα (Dempster et al. 2002; Jensen et al. 2010). Πρόσφατα, ένας σημαντικός αριθμός από μελέτες εστίασαν στη συμπεριφορά των εκτρεφόμενων ψαριών πριν από τη διαφυγή όπως το ψάξιμο του δικτύου και τα δαγκώματα πάνω σε αυτό καθώς μπορεί να θεωρηθεί ακόμη μια αιτία που θα δημιουργήσει κάποιο σημείο διαφυγής (Moe et al. 2007). Ο γάδος (Hansen et al. 2008; Jensen et al. 2010) και η τσιπούρα (Glaropoulos et al. 2012; Papadakis et al. 2012) είναι χαρακτηριστικά είδη εκτρεφόμενων ψαριών που παρουσιάζουν την ανωτέρω συμπεριφορά.

Το λαβράκι καλλιεργείται κυρίως στη Μεσόγειο Θάλασσα (Belias et al. 2003), και κατά την καλλιέργειά του αρέσκειται στο να δημιουργεί κοπάδια, όπως κάνει άλλωστε και στο φυσικό του περιβάλλον (Herskin 1999). Επιπροσθέτως δε φαίνεται να υπάρχει αλληλεπίδραση με το δίχτυ όπως δαγκώματα και δημιουργία οπών καθώς δεν έχει καταγραφεί ή συσχετιστεί με το συγκεκριμένο είδος.

Ένας σημαντικός αριθμός από λαβράκια έχει αναφερθεί πως έχουν καταφέρει να διαφύγουν από μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας (Arechavala-Lopez et al. 2012; Dempster et al. 2002) αμέσως μετά την εμφάνιση κάποιας τρύπας/οπής πάνω στο δίχτυ του κλωβού. Αυτό σημαίνει πως τα λαβράκια έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν εύκολα την οδό διαφυγής τους οπότε είναι σημαντικό να προσδιοριστούν οι παράγοντες που οδηγούν τα ψάρια να ψάξουν να εντοπίσουν κάποιο άνοιγμα πάνω στο δίχτυ και να δραπετεύσουν. Επιπλέον, ο καθορισμός των οπτικών ερεθισμάτων που προέρχονται από τον περιβάλλοντα χώρο των κλωβών και επηρεάζουν την κίνηση των ψαριών μέσα σε αυτούς, μπορεί να μας οδηγήσει στην ταυτοποίηση συγκεκριμένων συμπεριφορών των υπό εκτροφή ψαριών που θα τα οδηγούσαν στη διαφυγή.

Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να μελετηθεί η συμπεριφορά διαφυγής του λαβρακιού από κλωβούς εκτροφής, υπό την επίδραση διαφορετικών τύπων εμποδίων μπροστά από την οπή διαφυγής.

2 Υλικά και Μέθοδοι

Τα πειράματα διεξήχθησαν στο Ινστιτούτο των Ιχθυοκαλλιεργειών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) που στεγάζεται στο χώρο της πρώην Αμερικανικής Βάσης στις Γούρνες του νομού Ηρακλείου, ενώ η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων έλαβε χώρα στο εργαστήριο των Ιχθυοκαλλιεργειών του τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν 420 (2 x 210) άτομα λαβρακιού. Ως νύμφες αρχικά, τα λαβράκια μεγάλωσαν σε συνθήκες μεσοκόσμου (Divanach and Kentouri 2000) σε δεξαμενές των 40m³. Μετά τη μεταμόρφωση τα ψάρια μεταφέρθηκαν σε δεξαμενές προπάχυνσης συνολικού όγκου 10m³ όπου και έμειναν για 150 ημέρες υπό τις ίδιες συνθήκες εκτροφής. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν οι δύο υποπληθυσμοί που συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία, όπου τα ψάρια είχαν το ίδιο μέγεθος (110 ± 22 g) και το ίδιο μήκος (24.6 ± 1.2 cm) και τοποθετήθηκαν μέσα σε έξι μικρούς χειροποίητους κλωβούς.

2.1 Σχεδιασμός πειραματικών εγκαταστάσεων

Έξι χειροποίητοι κλωβοί μήκους 60cm, ύψους 80cm και πλάτους 60cm κατασκευάστηκαν για τις ανάγκες των πειραμάτων (Εικόνα 5). Το δίκτυ που χρησιμοποιήθηκε ήταν το κοινό άσπρο δίκτυ ιχθυοκαλλιέργειας Και τα έξι κλουβιά αγκυροβολήθηκαν μέσα σε μια μεγάλη δεξαμενή συνολικού όγκου 17m³. Μια οπή δημιουργήθηκε σε μια πλευρά κάθε κλουβιού η οποία ήταν αρκετά μεγάλη (5cm) ώστε να επιτρέπει τη διαφυγή των ψαριών (Εικόνα 6).



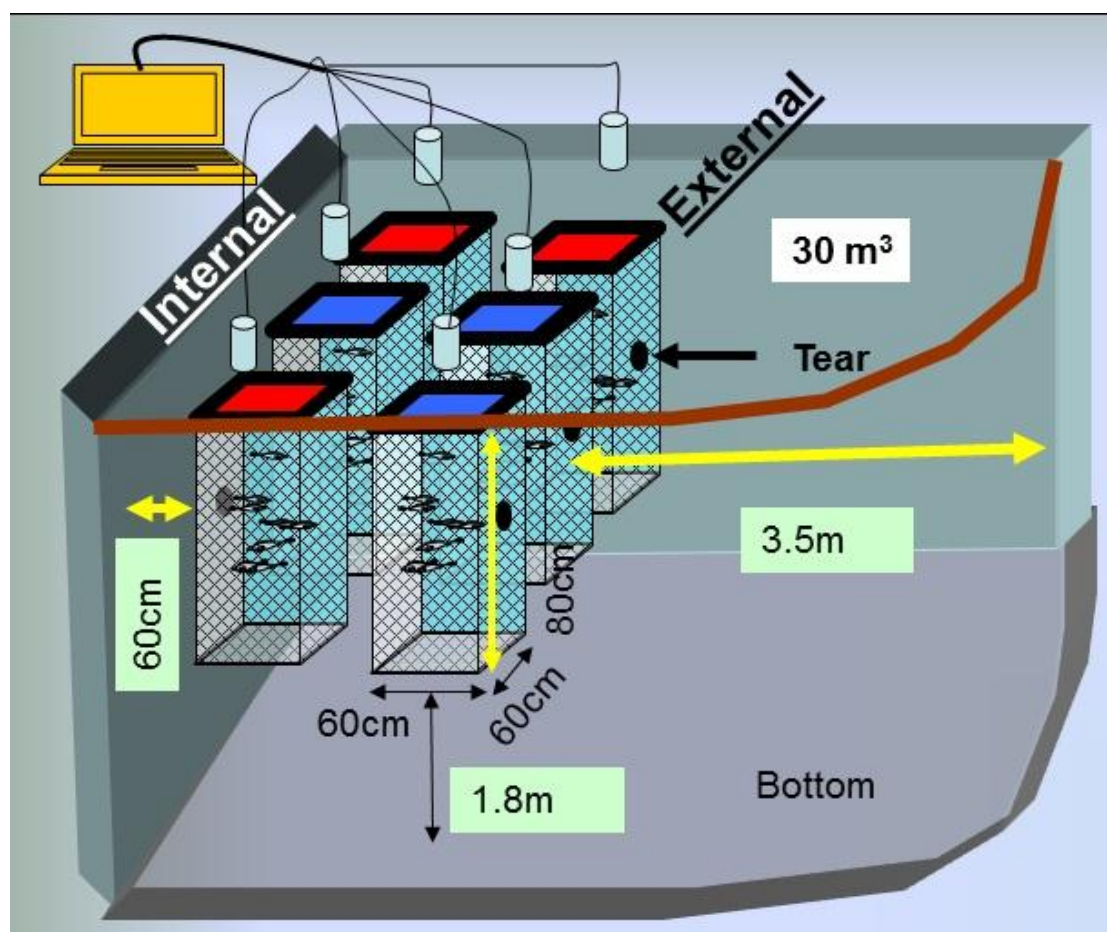
Εικόνα 5. Χειροποίητος κλωβός (x6) για τη διεξαγωγή πειραμάτων συμπεριφοράς.



Εικόνα 6. Οπή διαφυγής πάνω στο δίχτυ ύψους 5cm στη μια πλευρά του κάθε κλωβού.

Η ροή του θαλασσινού νερού στην δεξαμενή ήταν συνεχής ($10\% h^{-1}$), η θερμοκρασία σταθερή στους $20^{\circ}C$, ενώ η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ήταν πάνω από 95% καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η φωτοπερίοδος ήταν φυσική και η φωτοφάση διαρκούσε από τις 06.00 έως τις 20.00.

Οι κλωβοί ήταν τοποθετημένοι σε 2 παράλληλες σειρές (3 κλωβοί ανά σειρά, για στατιστικούς λόγους). Οι πρώτοι τρεις τοποθετήθηκαν δίπλα στον τοίχο της δεξαμενής (απόσταση $<60cm$) και οι άλλοι 3 ακριβώς απέναντι σε απόσταση μικρότερη από 30cm από τους πρώτους. Οι κλωβοί δίπλα στον τοίχο, που εφεξής θα ονομάζονται «εσωτερικά κλουβιά», ήταν τοποθετημένοι κατά τρόπο ώστε η τρύπα του διχτυού, που θα επέτρεπε τη διαφυγή, να κοιτάζει τον τοίχο της δεξαμενής. Αντίθετα, στους διπλανούς κλωβούς, που θα ονομάζονται εφεξής «εξωτερικά κλουβιά», η τρύπα του διχτυού ήταν στραμμένη προς την ανοιχτή μεριά της δεξαμενής όπου η απόσταση από τον απέναντι τοίχο ήταν 3,5m (Εικόνα 7). Η απόσταση από τον πυθμένα της δεξαμενής ήταν 1,8m και ήταν η ίδια και για τα έξι κλουβιά.



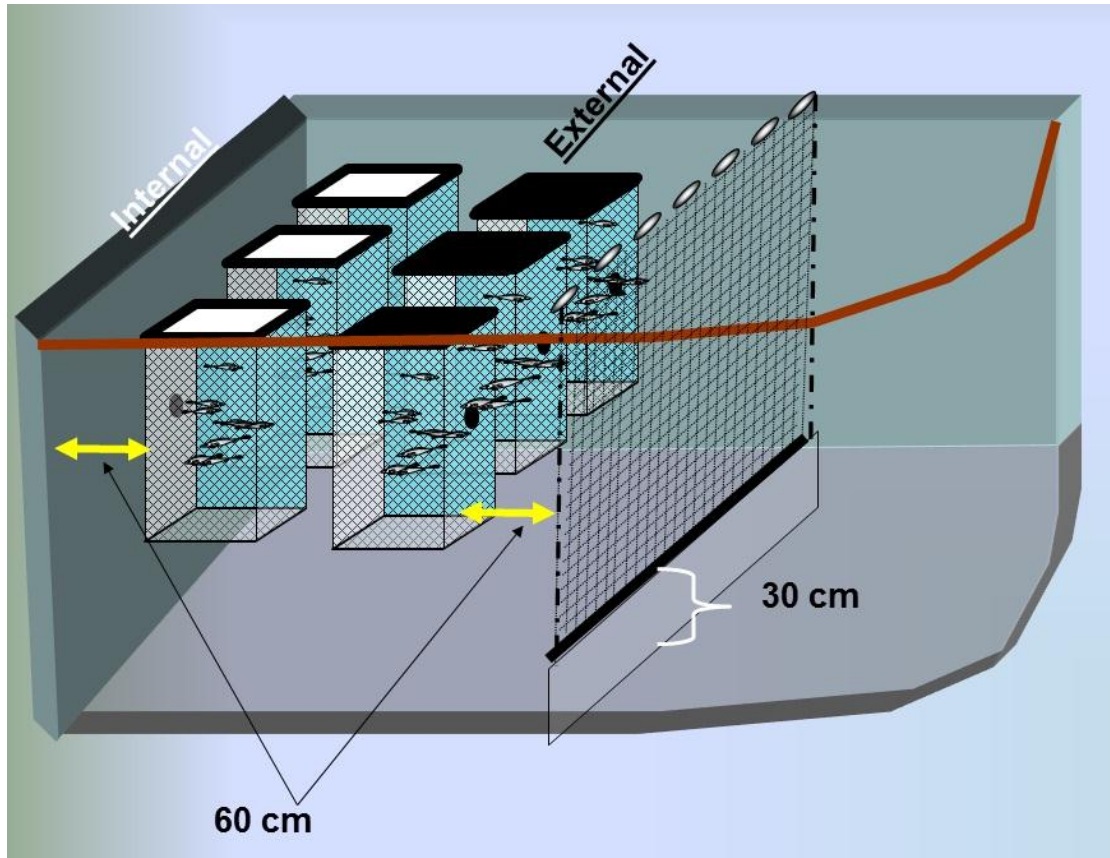
Εικόνα 7. Αναπαράσταση της δεξαμενής με τους τοποθετημένους κλωβούς για το πρώτο πείραμα.

2.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Από τον αρχικό πληθυσμό των ψαριών πάρθηκαν 2 υποπληθυσμοί λαβρακιών (2x210 ψάρια), για τη διενέργεια 2 πειραμάτων διάρκειας 17 ημερών το καθένα. Σε κάθε πείραμα, τριάντα πέντε (35) άτομα λαβρακιού τοποθετήθηκαν μέσα σε κάθε έναν από τους έξι κλωβούς πετυχαίνοντας έτσι συνθήκες ιχθυοφόρτισης εντατικής καλλιέργειας (13,37 kg/m³). Η παροχή τροφής λάμβανε χώρα μια φορά κάθε μέρα, σε ίσες ποσότητες για κάθε κλωβό (2% του μέσου αρχικού σωματικού βάρους των ψαριών, ανά κλωβό). Η διαδικασία γινόταν με το χέρι κι όχι με τη χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος και σε μικρές ποσότητες ούτως ώστε να αποφεύγεται η διαφυγή της βιομηχανικής τροφής έξω από τα κλουβιά και ταυτόχρονα τα ψάρια να έχουν το χρόνο να τραφούν επαρκώς.

Στο πρώτο πείραμα η οπή των διχτύων στα εσωτερικά κλουβιά είχε προσανατολισμό προς τον τοίχο της δεξαμενής, ενώ η αντίστοιχη οπή των εξωτερικών κλουβιών είχε προσανατολισμό προς τον υπόλοιπο όγκο της δεξαμενής (Εικόνα 7).

Στο δεύτερο πείραμα, ένα δίχτυ μήκους 3,3m και ύψους 2,2m τοποθετήθηκε μπροστά από τις τρύπες των εξωτερικών κλουβιών (<60cm) και σε απόσταση 30cm από τον πάτο της δεξαμενής (Εικόνα 8) λειτουργώντας ως ένα οπτικό εμπόδιο όπως και ο τοίχος της δεξαμενής.



Εικόνα 8. Αναπαράσταση της δεξαμενής για το δεύτερο πείραμα μαζί με το επιπρόσθετο δίχτυ από την εξωτερική πλευρά των εξωτερικών κλουβιών.

2.3 Παρακολούθηση της δραστηριότητας των ψαριών

Έξι εξωτερικές κάμερες είχαν τοποθετηθεί ανά μία πάνω από κάθε ένα κλουβί καταγράφοντας κάθε μέρα τη δραστηριότητα των ψαριών μέσα στα κλουβιά. Οι κάμερες ήταν συνδεδεμένες με έναν επιτραπέζιο υπολογιστή ο οποίος ήταν τοποθετημένος σε σημείο άλλο από αυτό που γινόταν το πείραμα ούτως ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η όχληση των ψαριών από την ανθρώπινη παρουσία και ως συνέπεια να μην τροποποιείται η συμπεριφορά τους. Για να επιτευχθεί η ταυτόχρονη καταγραφή απ' όλες τις κάμερες, ο υπολογιστής ήταν εξοπλισμένος με μια ικανή κάρτα γραφικών, την GV-1120, Geovision. Ο ρυθμός των λήψης ήταν ρυθμισμένος στα 30 frames/sec. Η καταγραφή των καμερών ήταν ρυθμισμένη ώστε να ξεκινά και να σταματά ταυτόχρονα για όλες τις κάμερες, από τις 07.00 μέχρι τις 19.00, κάθε μέρα, δηλαδή κατά τη διάρκεια της φυσικής φωτοπερίοδου. Τα δεδομένα από τις καταγραφές αποθηκεύονταν στον υπολογιστή σε αρχεία «.avi» μορφής.

2.4 Εξαγωγή και Ανάλυση Δεδομένων

Όλα τα βίντεο (για κάθε κλουβί, για κάθε μέρα) αναλύθηκαν στο εργαστήριο των Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Κρήτης μέσω του Windows Media Player (Microsoft), ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά των παρακολουθούμενων ψαριών. Μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός των διαφυγών και των επιστροφών, όπου ως διαφυγή ορίζεται το πέρασμα κάθε ψαριού μέσα από το κλουβί στον εξωτερικό χώρο της δεξαμενής ενώ ως επιστροφή ορίζεται η ακριβώς αντίθετη διαδικασία, δηλαδή η είσοδος ψαριών από την οπή του διχτυού στο χώρο των κλουβιών. Σε κάθε διαφυγή κι επιστροφή σημειωνόταν ο ακριβής χρόνος που συνέβη ώστε να υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά των λαβρακιών ενώ στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας καταμετρούνταν όλα τα άτομα που υπήρχαν σε κάθε κλουβί. Περαιτέρω ανάλυση πραγματοποιήθηκε ώστε να αποσαφηνιστεί κατά πόσο η διαδικασία του ταΐσματος μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά των λαβρακιών. Έτσι, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των γεγονότων κατά τη διάρκεια της ημέρας η οποία χωρίστηκε για στατιστικούς λόγους σε 5 διαφορετικές χρονικές περιόδους: Πιο συγκεκριμένα 2 περίοδοι μέχρι πριν την έναρξη του ταΐσματος, a: 07.00- 09.30, b: 10.00-12.00, στη συνέχεια η περίοδος ταΐσματος, feeding time: 12.00-14.00, και τέλος άλλες 2 περίοδοι μετά το ταΐσμα d: 14.30- 16.30, και e: 17.00- 19.00.

Με επιπλέον ανάλυση υπολογίστηκε το % ποσοστό του ρυθμού διαφυγής ανά ώρα (διαφυγές/σύνολο ιχθύων)*100/ώρα) των ψαριών. Αυτός ο ρυθμός υπολογίστηκε μόνο για την 1^η πειραματική ημέρα καθώς στο 1^ο πείραμα όλα τα εξωτερικά κλουβιά άδειασαν στο τέλος της ημέρας (δες αποτελέσματα). Επιπλέον ανάλυση έγινε ούτως ώστε να συγκριθούν οι μεταβολές στη συμπεριφορά διαφυγής των λαβρακιών λόγω της παρουσίας/απουσίας του έξτρα διχτυού που λειτουργούσε σαν εμπόδιο. Ο εναπομείναντας πληθυσμός τόσο στα εσωτερικά όσο και στα εξωτερικά κλουβιά καταγραφόταν στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο κανονικοποιημένος αριθμός εναπομεινάντων ψαριών (NRNF) ούτως ώστε να φανεί η διαφορά μεταξύ των δύο πειραμάτων. Οι πληθυσμοί των εσωτερικών κλουβιών και στα 2 πειράματα, αφού δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά θεωρούνται ως κοινός παρονομαστής επιτρέποντας έτσι τη διαίρεση του αριθμού των εξωτερικών κλουβιών προς τον αντίστοιχο αριθμό των εσωτερικών.

2.5 Στατιστική Ανάλυση

Τα ψάρια δεν είχαν σημειωθεί και δεν μπορούσαν να ταυτοποιηθούν ατομικά από το σύστημα παρακολούθησης. Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε έγινε με two-way ANOVA (SIGMASTAT statistical package; Systat Software, San Jose, Calif.). Οι «πειραματικές ημέρες» καθώς και η «θέση» των κλωβών ήταν οι σταθερές μεταβλητές ενώ ο αριθμός των διαφυγών ορίστηκε ως η εξαρτημένη μεταβλητή.

Όταν τα δεδομένα ακολουθούσαν κανονική κατανομή, οι διαφορές μεταξύ των ομάδων εντοπίστηκαν χρησιμοποιώντας το Student–Newman–Keuls τεστ. Όταν όμως δεν ακολουθούταν κανονική κατανομή τότε χρησιμοποιούνταν τα μη παραμετρικά τεστ των Kruskal–Wallis καθώς και των Mann–Whitney. Ο σχεδιασμός του πειράματος ήταν τέτοιος ώστε τα δεδομένα να έχουν 3πλή επαναληψιμότητα ($n=3$). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 5% ($p<0.05$), ενώ σε όλες τις μέσες τιμές, υπολογιζόταν η τιμή του τυπικού σφάλματος.

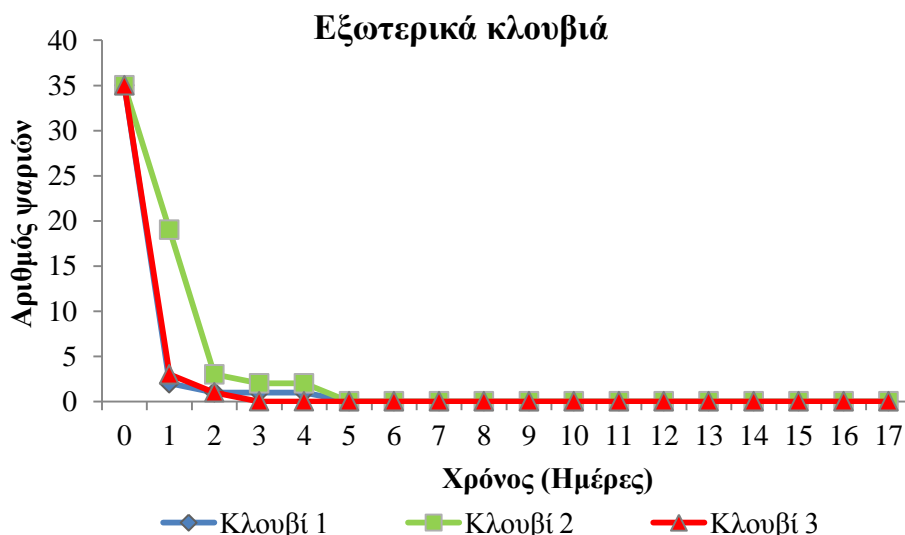
3 Αποτελέσματα

Κανένα περιστατικό θνησιμότητας ή κανιβαλισμού δεν παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Τα λαβράκια παρουσίαζαν μηδαμινή κινητικότητα στην αρχή όταν τοποθετήθηκαν στους κλωβούς -πιθανότατα λόγω του στρες που προέκυψε από τη μεταφορά τους σε αυτούς και χρειάστηκαν μια μικρή περίοδο εγκλιματισμού (<1h) πριν αρχίσουν να διερευνούν τον χώρο τους. Η κινητικότητά τους αυξήθηκε βαθμιαία στη συνέχεια όπου και άρχισαν να εξερευνούν και να σπρώχνουν το δίχτυ, χωρίς ωστόσο να το δαγκώνουν. Ο εντοπισμός της τρύπας έγινε εξίσου σύντομα και φαινόταν από τη στιγμιαία αλλαγή στον τρόπο κολύμβησης. Σημαντικός ήταν ο αριθμός των διαφυγών που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ενώ αρκετές από αυτές συνέβαιναν διαδοχικά όπως φάνηκε από τις ηλεκτρονικές καταγραφές.

3.1 Πείραμα Α

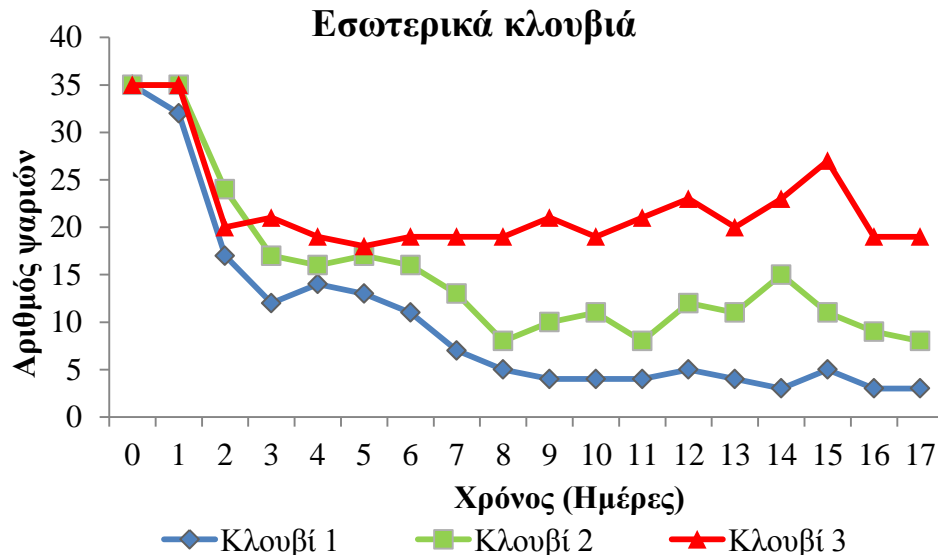
3.1.1 Ανάλυση της συμπεριφοράς διαφυγής ημέρα προς ημέρα

Η πρώτη διαφυγή συνέβη σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα από την τοποθέτηση των ψαριών στους κλωβούς ($\approx 12\text{min}$). Στους εξωτερικούς κλωβούς, περίπου το 80% του πληθυσμού των ψαριών είχε καταφέρει να διαφύγει κατά τη διάρκεια της πρώτης ημέρας, ενώ τη δεύτερη ημέρα το ποσοστό αυτό έφτασε στο 90% του αρχικού πληθυσμού. Από το τέλος της πέμπτης μέρας και μέχρι το τέλος του πειράματος, δεν είχε μείνει κανένα ψάρι σε κάποιον από τους τρεις εξωτερικούς κλωβούς, ούτε και εισήλθε κάποιο μέσα σε αυτούς (Διάγραμμα 1). Ως εκ τούτου, η χορήγηση τροφής σταμάτησε στα εξωτερικά κλουβιά μετά το πέρας της 5^{ης} ημέρας.



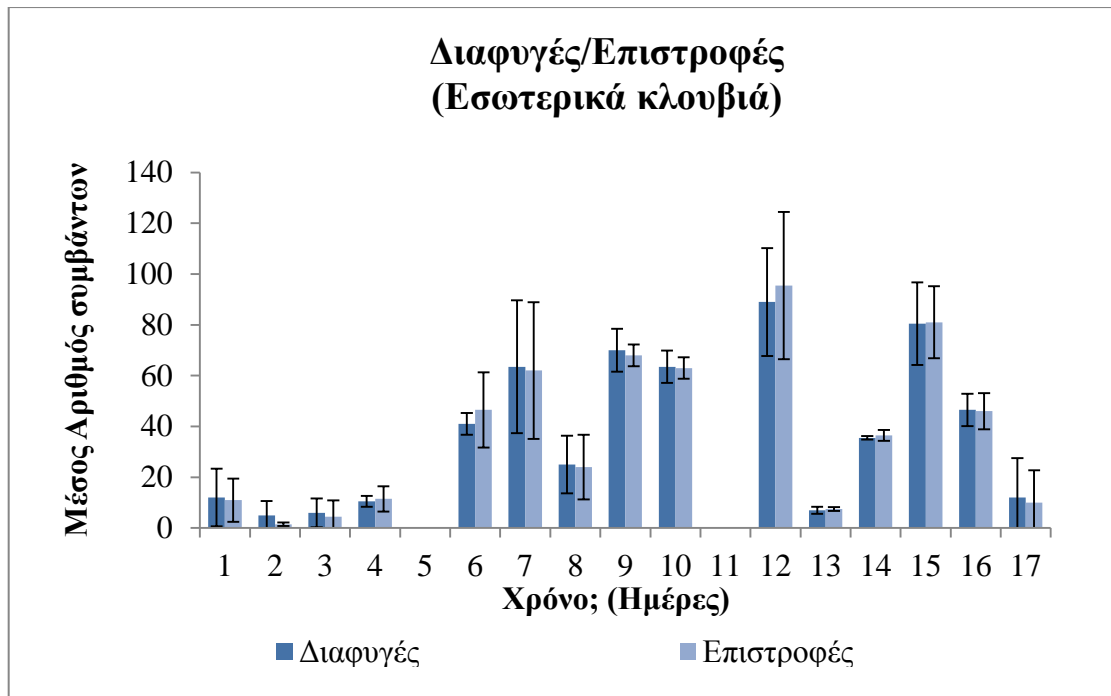
Διάγραμμα 1. Διακύμανση του πληθυσμού των λαβρακιών στα εξωτερικά κλουβιά κατά τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος. Ο αριθμός των ψαριών είναι μετρημένος στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας.

Η παρουσία του τοιχώματος της δεξαμενής (στερεό εμπόδιο) απέναντι από τα εσωτερικά κλουβιά φάνηκε να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις διαφυγές, συντηρώντας ψάρια μέσα σε κάθε εσωτερικό κλουβί καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (Διάγραμμα 2). Στους εσωτερικούς κλωβούς, μόνο το 3% του αρχικού αριθμού των ψαριών κατάφερε να διαφύγει κατά τη διάρκεια της πρώτης ημέρας. Επιπλέον, περίπου το ένα τρίτο του πληθυσμού παρέμεινε μέσα στους κλωβούς μέχρι και το τέλος του πειράματος.

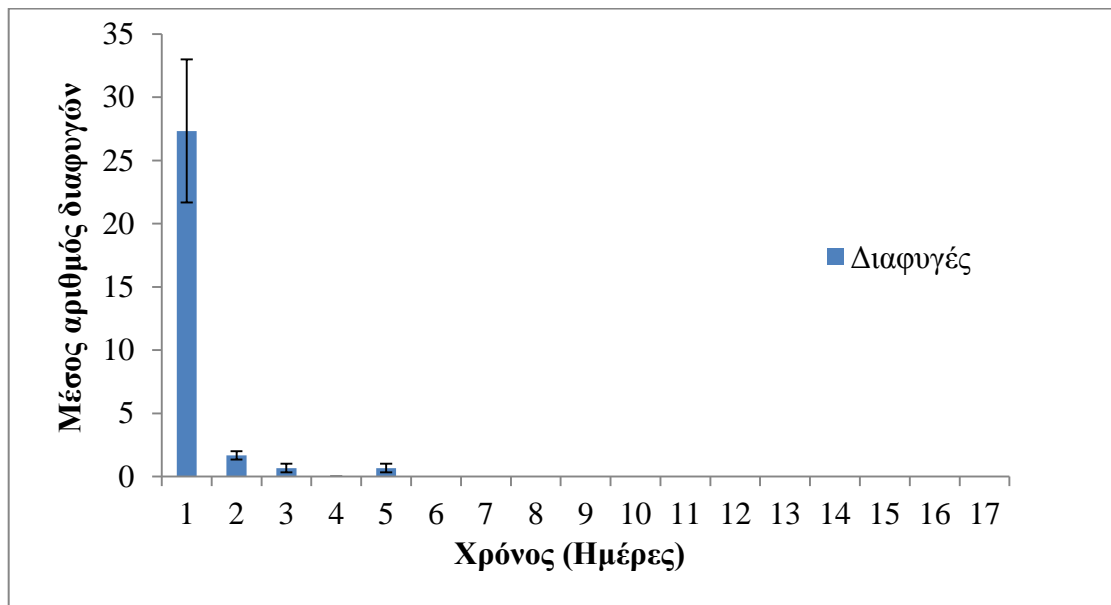


Διάγραμμα 2. Διακύμανση του πληθυσμού των εσωτερικών κλουβιών κατά τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος. Ο αριθμός των ψαριών είναι μετρημένος στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας.

Τα ψάρια στα εσωτερικά κλουβιά όμως, όπου η τρύπα στο δίχτυ ήταν απέναντι από τον τοίχο της δεξαμενής (στερεό εμπόδιο) φάνηκε να ακολουθούν ένα τελείως διαφορετικό πρότυπο συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στο Διάγραμμα 3 και στο Διάγραμμα 4, φαίνεται η διαφορά στη συμπεριφορά διαφυγής που παρουσίασε ο πληθυσμός των εσωτερικών και των εξωτερικών κλουβιών αντίστοιχα καθ' όλη τη διάρκεια του πρώτου πειράματος.



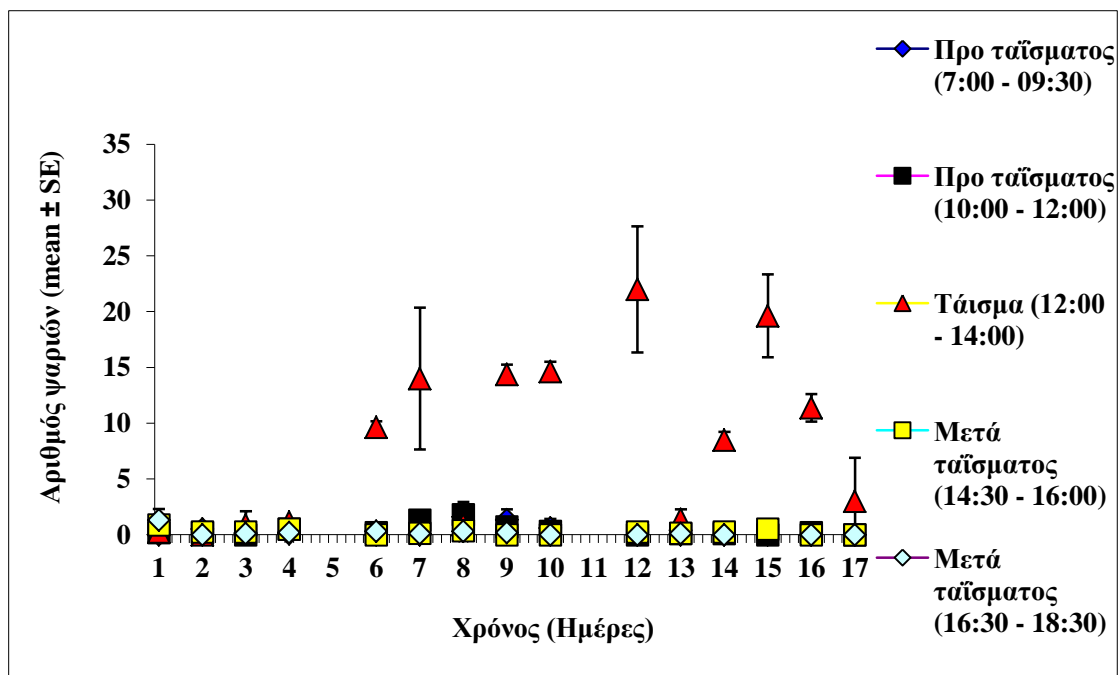
Διάγραμμα 3. Μέσος αριθμός των διαφυγών και των επιστροφών για τα εσωτερικά κλουβιά του 1^{ου} πειράματος (\pm SE), για όλες τις πειραματικές ημέρες.



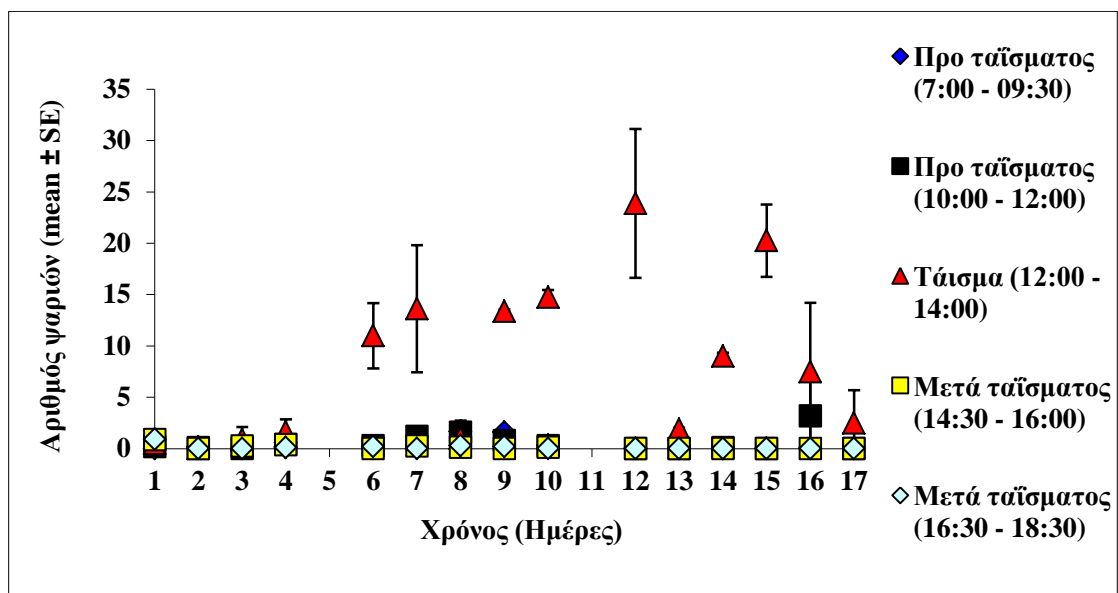
Διάγραμμα 4. Μέσος αριθμός των διαφυγών για τα εξωτερικά κλουβιά του 1^{ου} πειράματος (\pm SE), για όλες τις πειραματικές ημέρες. Επιστροφές δεν παρατηρήθηκαν.

Σε συνέχεια της ανάλυσης των δεδομένων για τα εσωτερικά κλουβιά, μετρήθηκαν οι διαφυγές και οι επιστροφές για κάθε μια από τις 5 χρονικές περιόδους που επελέγησαν (βλέπε μεθοδολογία) και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των 3 κλουβιών για κάθε χρονική περίοδο καθώς και το τυπικό σφάλμα, για κάθε μία από τις πειραματικές ημέρες (Διάγραμμα 5a, b). Για τις περισσότερες μέρες του

πειράματος παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο για τις διαφυγές όσο και για τις επιστροφές των ψαριών στα κλουβιά κατά τη διάρκεια του ταΐσματος, σε σχέση με τις άλλες 4 χρονικές περιόδους.

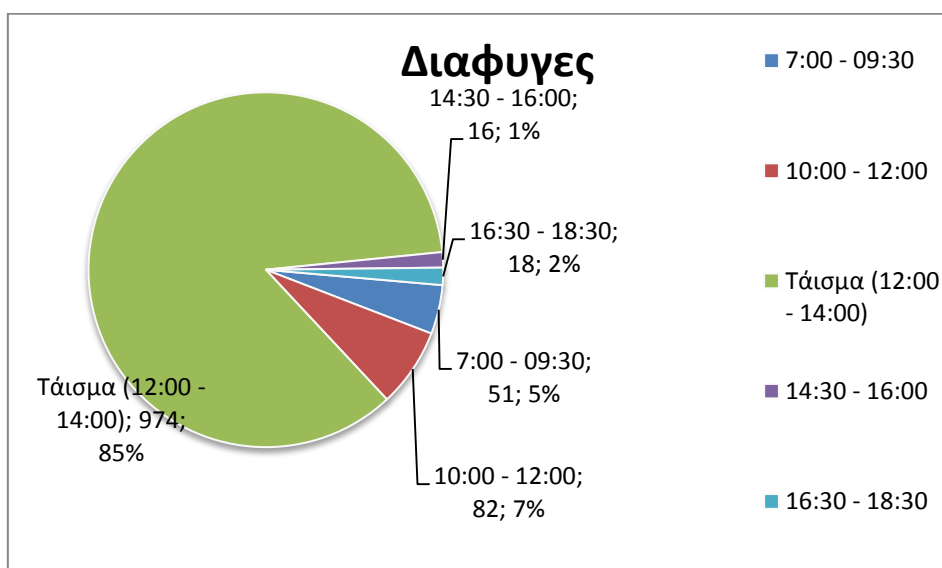


Διάγραμμα 5a. Μέσος αριθμός διαφυγών (\pm SE) στις επιμέρους χρονικές περιόδους, για όλες τις πειραματικές ημέρες στα εσωτερικά κλουβιά του 1^{ου} πειράματος.

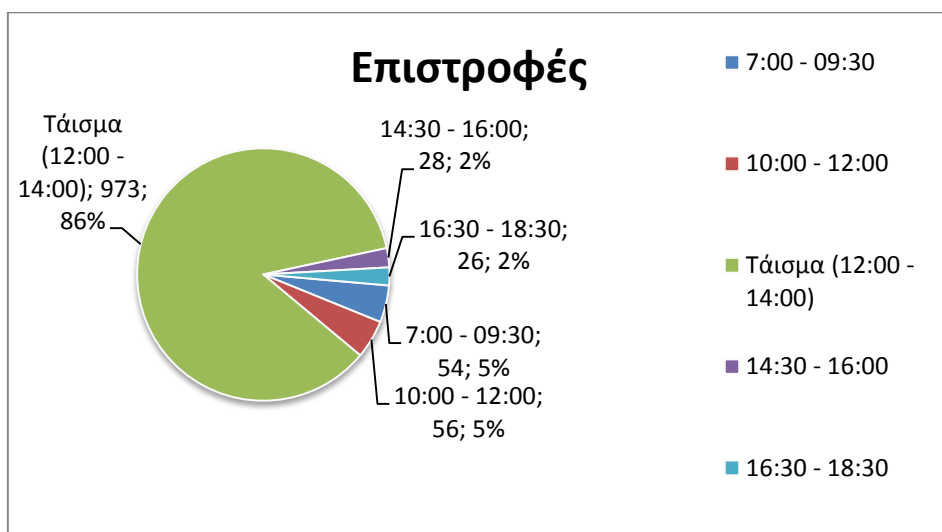


Διάγραμμα 5b. Μέσος αριθμός επιστροφών (\pm SE) στις επιμέρους χρονικές περιόδους, για όλες τις πειραματικές ημέρες στα εσωτερικά κλουβιά του 1^{ου} πειράματος.

Αυτό επιβεβαιώνεται και από την επί τοις εκατό (%) αναλογία των διαφυγών και των επιστροφών (Διαγράμματα 6α, 6β) όπου φαίνεται ότι την ώρα του ταΐσματος οι διαφυγές και οι επιστροφές ήταν αντίστοιχα 85% και 86%



Διάγραμμα 6α. Επί τοις εκατό (%) αναλογία των διαφυγών ανά χρονική περίοδο για τα εσωτερικά κλουβιά καθ' όλη τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος.

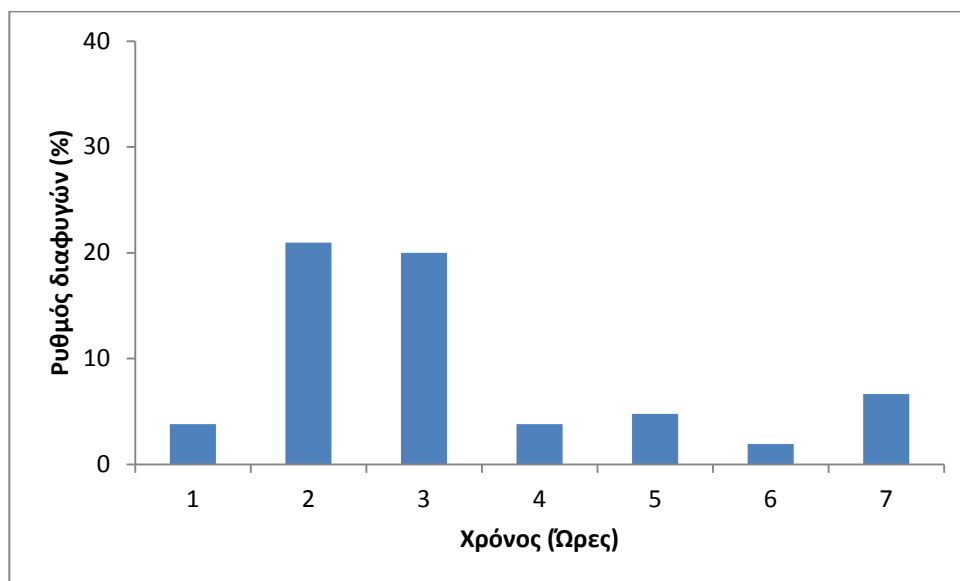


Διάγραμμα 6β. Επί τοις εκατό (%) αναλογία των επιστροφών ανά χρονική περίοδο για τα εσωτερικά κλουβιά καθ' όλη τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος.

3.1.2 Ανάλυση της συμπεριφοράς διαφυγής κατά την διάρκεια της 1^{ης} ημέρας

Περαιτέρω ανάλυση της συμπεριφοράς διαφυγής κατά την διάρκεια της φωτόφασης την πρώτη πειραματική ημέρα, απέδειξε σαφώς ότι οι περισσότερες περιπτώσεις διαφυγής (>40%) παρατηρήθηκαν στους εξωτερικούς κλωβούς και

ιδιαίτερα μέχρι και 3 ώρες μετά την έναρξη του πειράματος (Διάγραμμα 7). Διαφυγές παρατηρήθηκαν ωστόσο και μέχρι το τέλος της πρώτης ημέρας. Δεν παρατηρήθηκαν όμως σημαντικές διαφορές σχετικά με το ποσοστό διαφυγής μεταξύ των διαφόρων ωρών της ημέρας ή μεταξύ των τριών εξωτερικών κλωβών ($p>0.05$). Εν τούτοις, σύμφωνα με τις μετρήσεις, τα ψάρια ήταν πιο πρόθυμα να διαφύγουν κυρίως στην πρώτη παρά στις τελευταίες ώρες του πειράματος.



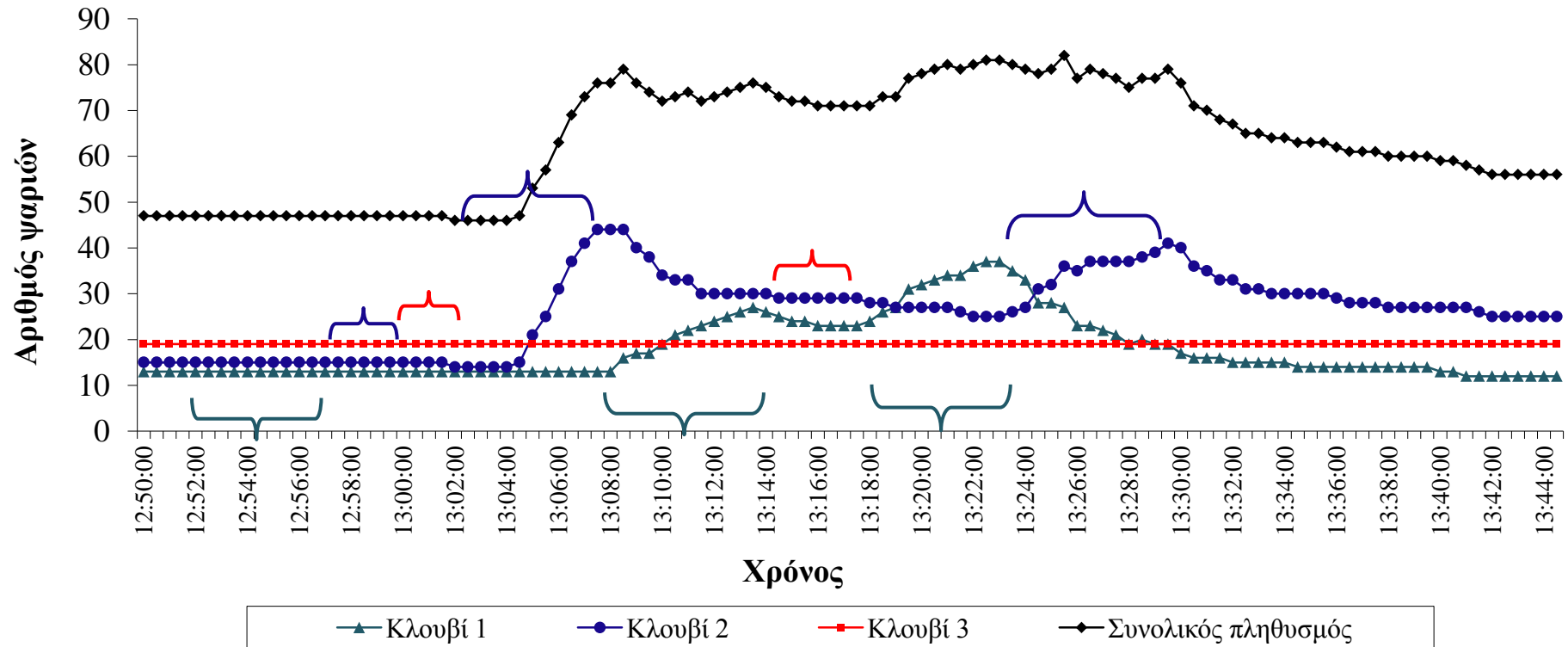
Διάγραμμα 7. Ποσοστιαία απεικόνιση των διαφυγών στα εξωτερικά κλουβιά κατά την πρώτη πειραματική ημέρα του πρώτου πειράματος.

3.1.3 Ανάλυση της συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια του ταΐσματος

Κατά τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος, όπως φάνηκε παραπάνω (παράγραφος 3.1.1), υπήρξε πλήθος γεγονότων που σχετίζονταν με την περίοδο του ταΐσματος παρουσιάζοντας, ως προς την συχνότητά τους, στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες χρονικές περιόδους της ημέρας. Ενδεικτικά επιλέχθηκαν οι μέρες με την εντονότερη κινητικότητα (6^η & 12^η) και αναλύθηκε η διακύμανση του πληθυσμού των ψαριών μέσα στα εσωτερικά κλουβιά με τη μέτρηση να πραγματοποιείται ανά 30sec ούτως ώστε να παρουσιαστεί ακριβέστερα η μετακίνηση προς και από τα κλουβιά, λόγω του ερεθίσματος της τροφής.

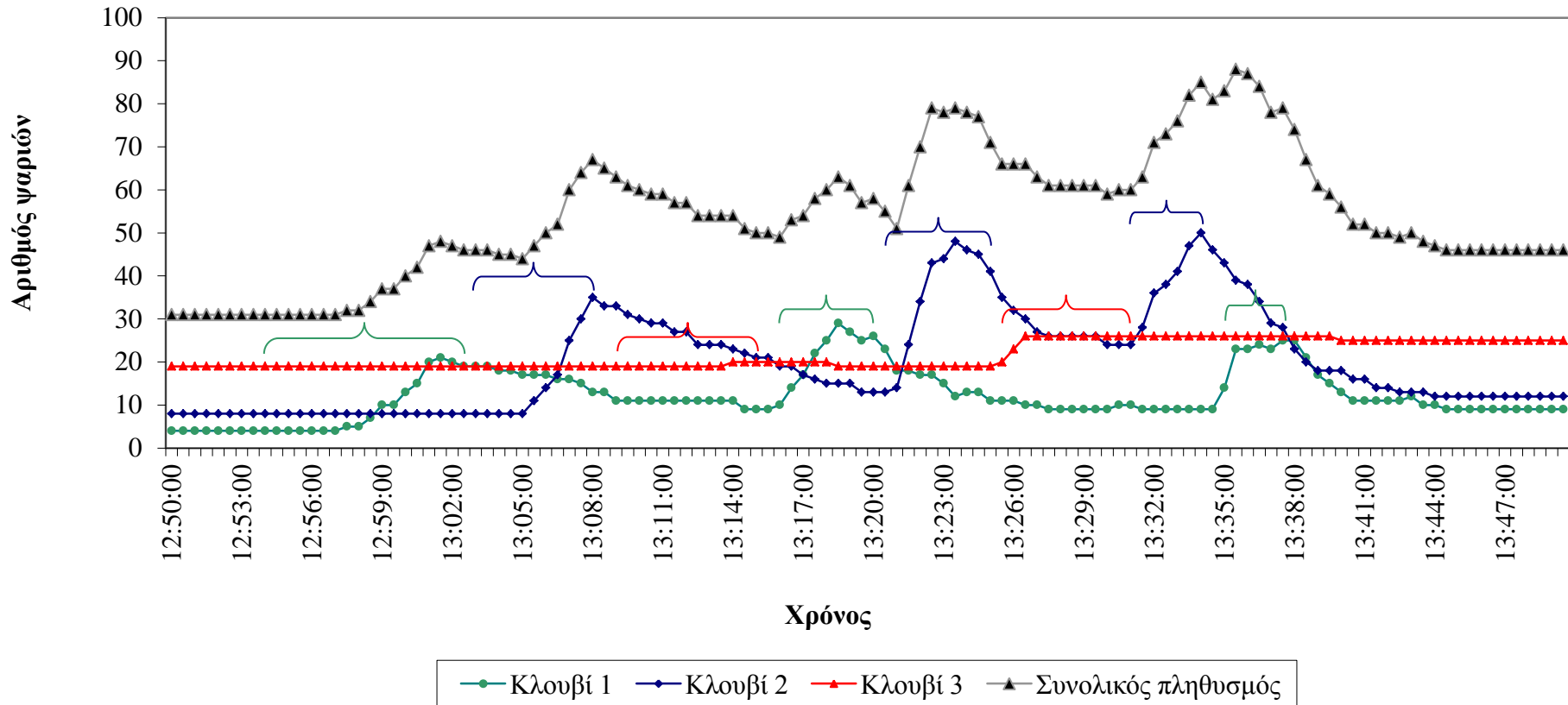
Οι μεταβολές αυτές παρουσιάζονται στα διαγράμματα 8 και 9.

Εσωτερικά κλουβιά 1, 2 & 3 - Ημέρα 6 (Περίοδος ταΐσματος)



Διάγραμμα 8. Μεταβολή του πληθυσμού των επιμέρους κλουβιών καθώς και σαν ομάδα συνολικά, κατά τη διάρκεια του ταΐσματος την 6^η ημέρα στο 1^ο πείραμα. Οι αγκύλες υποδηλώνουν την έναρξη, το πέρας καθώς και τη διάρκεια του κάθε ταΐσματος στα κλουβιά κατά χρωματική αντιστοιχία.

Εσωτερικά κλουβιά 1, 2 & 3 - Ημέρα 12 (Περίοδος ταΐσματος)

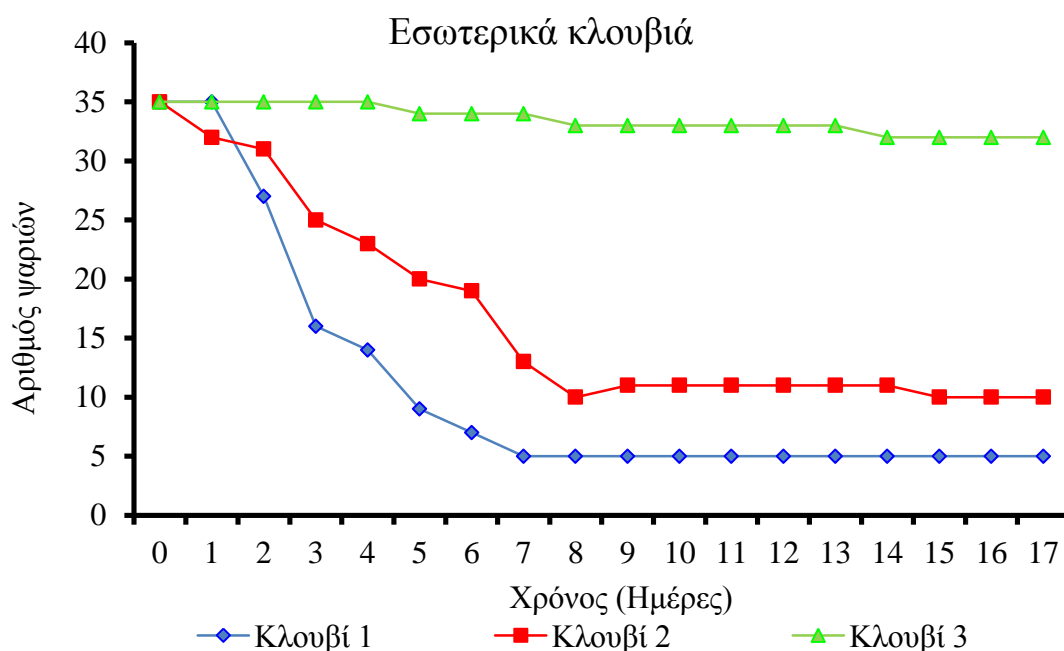


Διάγραμμα 9. Μεταβολή του πληθυσμού των επιμέρους κλουβιών καθώς και σαν ομάδα συνολικά, κατά τη διάρκεια του ταΐσματος την 12^η ημέρα στο 1^ο πείραμα. Οι αγκύλες υποδηλώνουν την έναρξη, το πέρας καθώς και τη διάρκεια του κάθε ταΐσματος στα κλουβιά κατά χρωματική αντιστοιχία.

3.2 Πείραμα Β

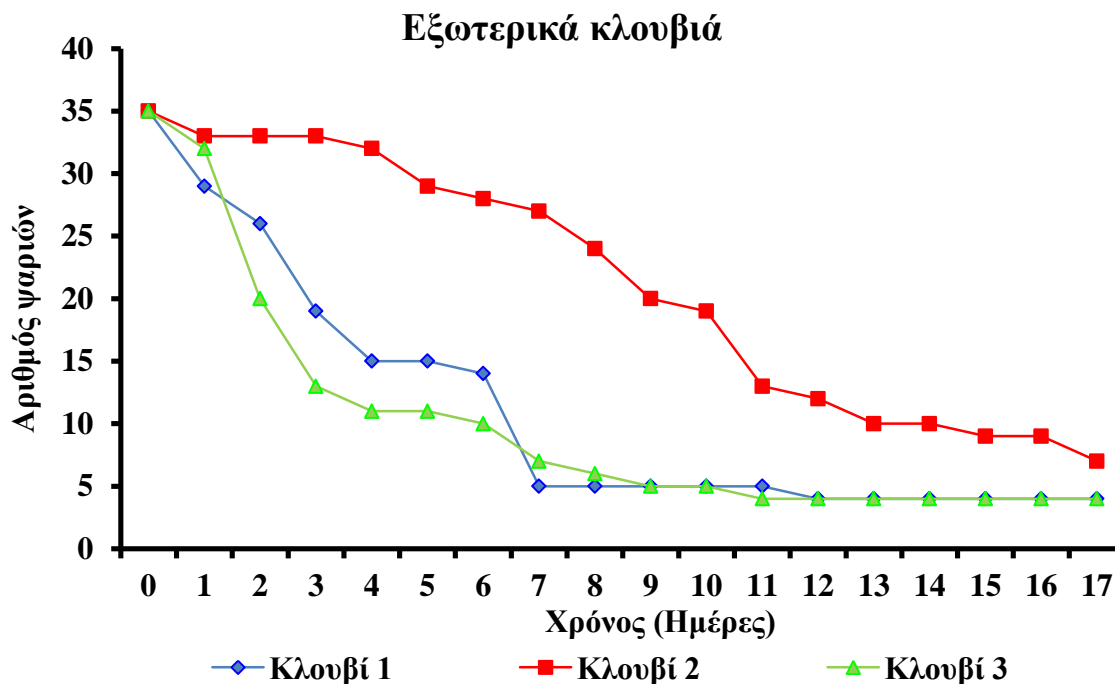
3.2.1 Ανάλυση της συμπεριφοράς διαφυγής από ημέρα σε ημέρα

Τα λαυράκια που τοποθετήθηκαν στους εσωτερικούς κλωβούς πλησίον του τοίχου της δεξαμενής, παρουσίασαν παρόμοιο πρότυπο διαφυγής με αυτό που περιγράφηκε στο πείραμα Α, δεδομένου ότι το 47% του αρχικού πληθυσμού παρέμεινε εντός των κλωβών μέχρι το τέλος του πειράματος (Διάγραμμα 10).



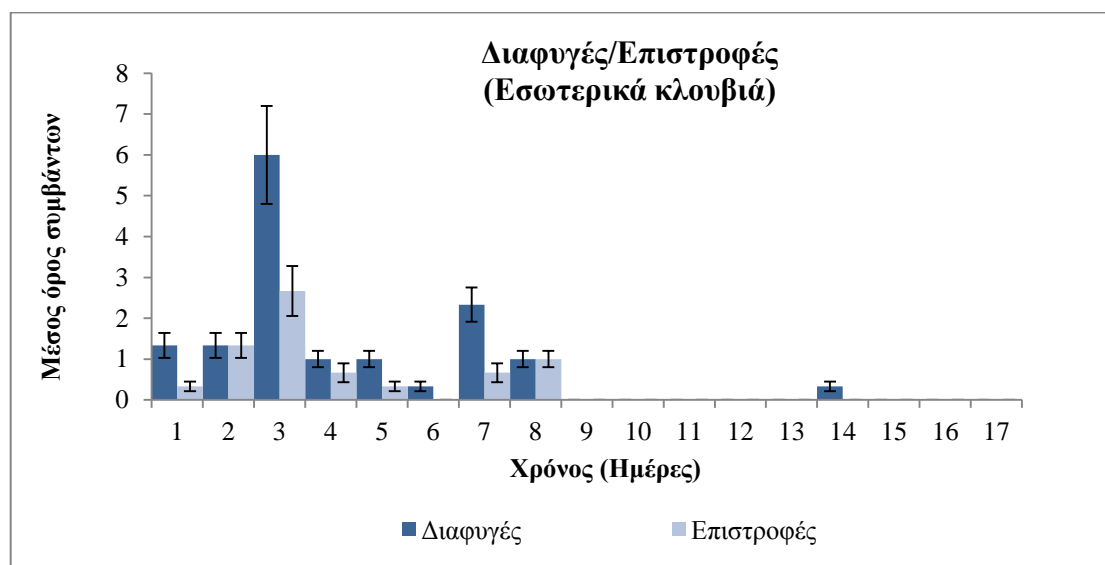
Διάγραμμα 10. Διακύμανση του πληθυσμού των εσωτερικών κλωβιών κατά τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος. Ο αριθμός των ψαριών είναι μετρημένος στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας.

Στα εξωτερικά κλουβιά, η παρουσία του διχτυού που τοποθετήθηκε σε απόσταση 60 εκατοστών από τις οπές διαφυγής από αυτές μείωσε σημαντικά την τάση διαφυγής των ψαριών, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 11. Επιπλέον, στο τέλος του πειράματος, περίπου 18% του αρχικού πληθυσμού παρέμεινε εντός των κλωβών.

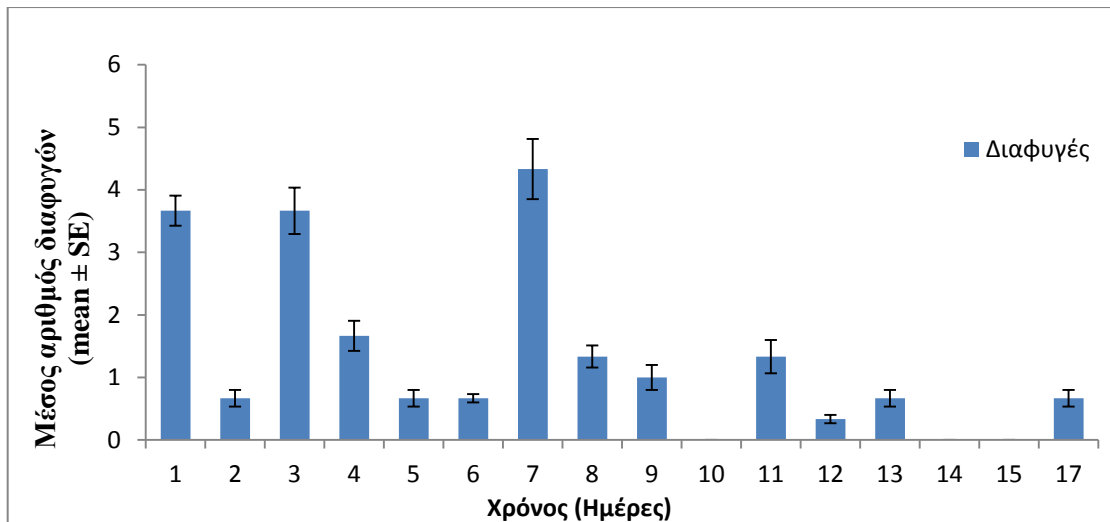


Διάγραμμα 11. Διακύμανση του πληθυσμού των εξωτερικών κλουβιών κατά τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος. Ο αριθμός των ψαριών είναι μετρημένος στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας.

Στα διαγράμματα 12a & b παρουσιάζεται η κινητικότητα των ψαριών των εσωτερικών κλωβών δηλαδή ο μέσος αριθμός των διαφυγών (\pm SE) και των επιστροφών (\pm SE) καθώς και ο αριθμός των διαφυγών (\pm SE) που μετρήθηκαν στα εξωτερικά κλουβιά καθότι δεν υπήρξαν επιστροφές.

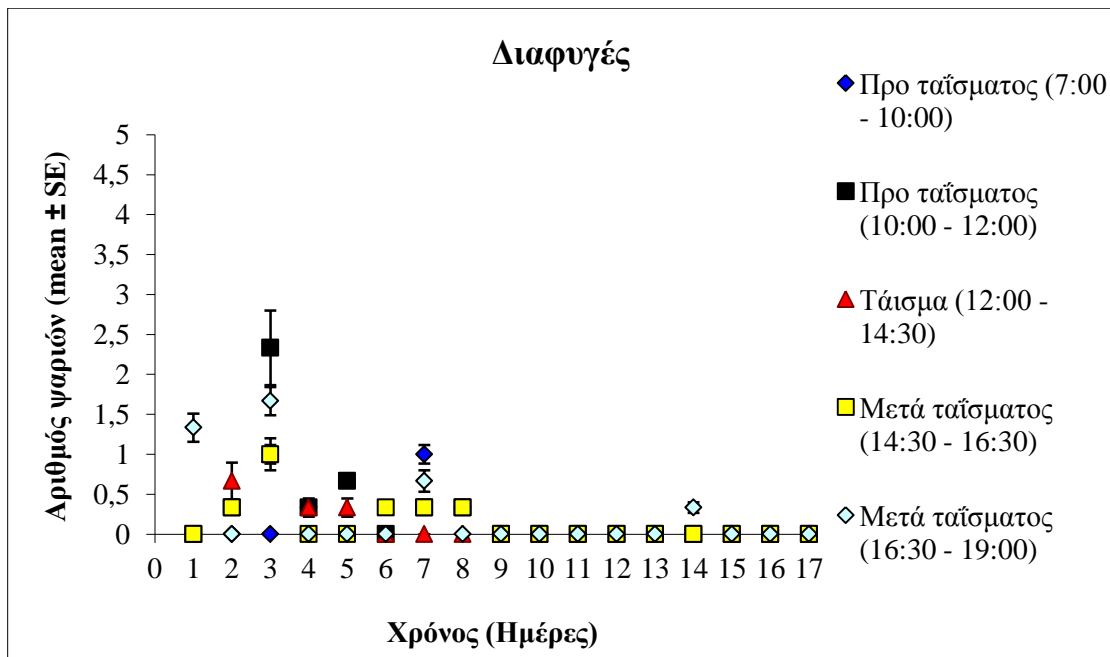


Διάγραμμα 12a. Μέσος αριθμός των διαφυγών και των επιστροφών για τα εσωτερικά κλουβιά (πλησίον του τοίχου) του 2^{ου} πειράματος (\pm SE) για όλες τις πειραματικές ημέρες.

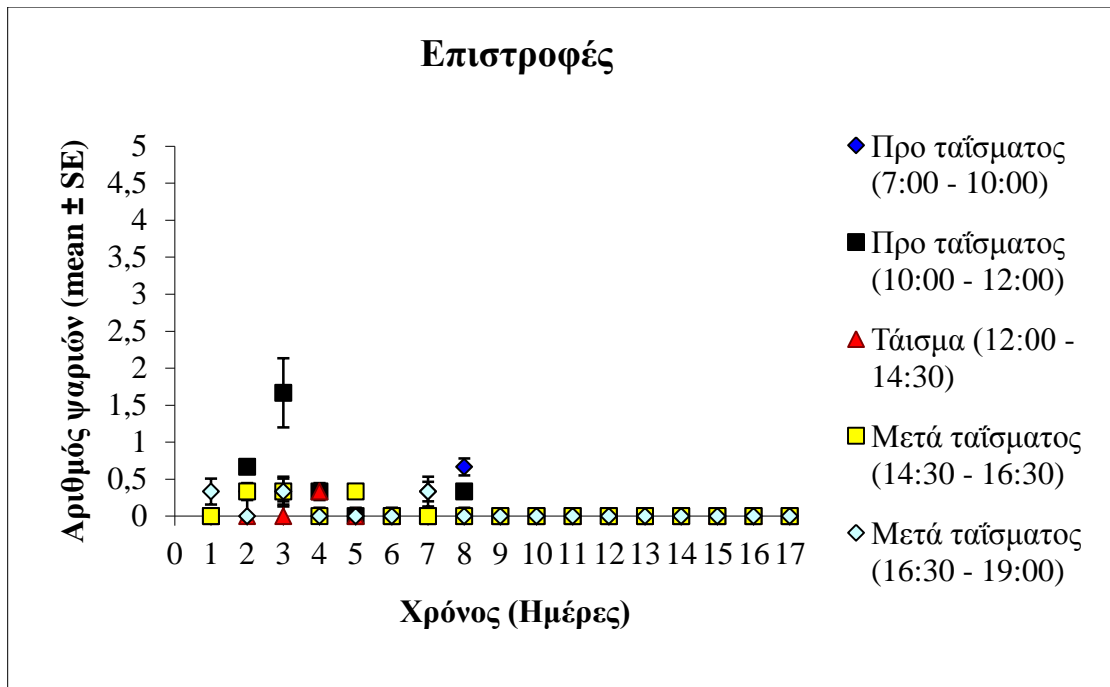


Διάγραμμα 12b. Μέσος αριθμός των διαφυγών (\pm SE) για τα εξωτερικά κλουβιά (πλησίον του διχτυού) του 2^{ου} πειράματος για όλες τις πειραματικές ημέρες.

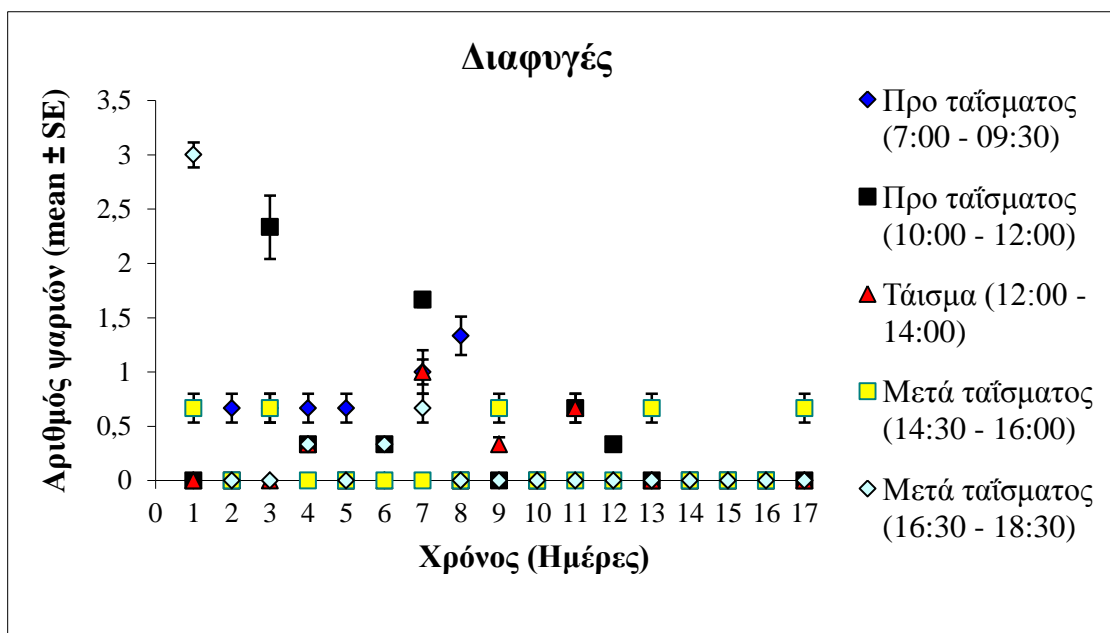
Σε συνέχεια της ανάλυσης, υπολογίστηκε η κατανομή των συμβάντων διαφυγής και επιστροφής (mean \pm SE) σε 5 διαφορετικές χρονικές περιόδους για όλες τις πειραματικές ημέρες καθώς και για τις 2 ομάδες κλωβών (εσωτερικούς κι εξωτερικούς) κι αποτυπώνεται στα διαγράμματα 13a, b & c). Οι τάση που είχαν τα ψάρια στο 1^ο πείραμα να δραστηριοποιούνται περισσότερο κατά τη διάρκεια του ταΐσματος δε φαίνεται να ισχύει σε αυτό το πείραμα.



Διάγραμμα 13a. Μέσος αριθμός διαφυγών (\pm SE) στις επιμέρους χρονικές περιόδους, για όλες τις πειραματικές ημέρες στα εσωτερικά κλουβιά του 2^{ου} πειράματος.

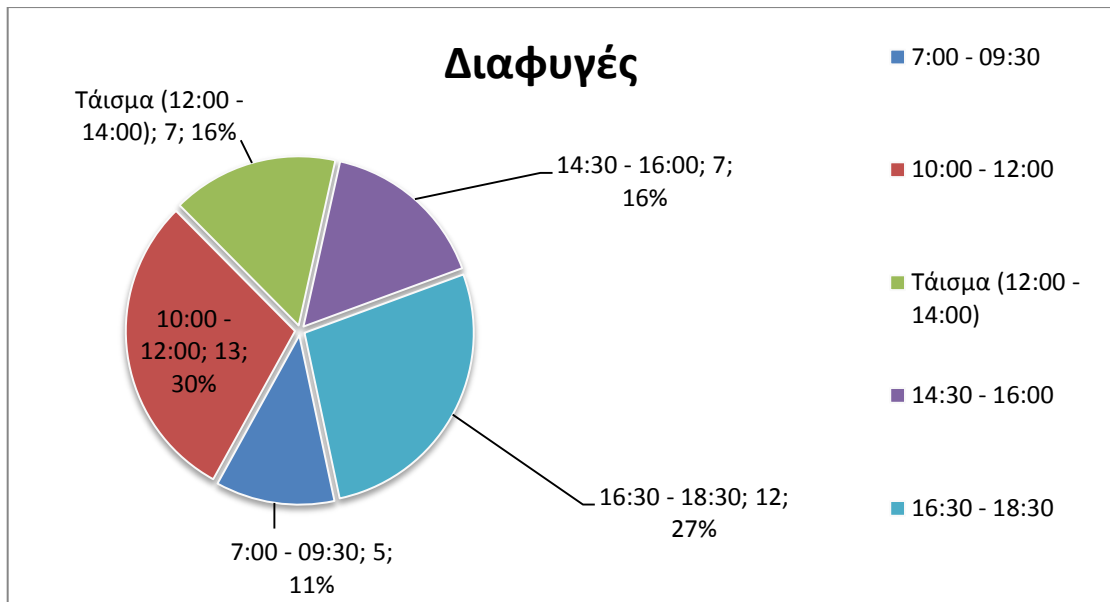


Διάγραμμα 13b. Μέσος αριθμός επιστροφών (\pm SE) στις επιμέρους χρονικές περιόδους, για όλες τις πειραματικές ημέρες στα εσωτερικά κλουβιά του 2^{ου} πειράματος.

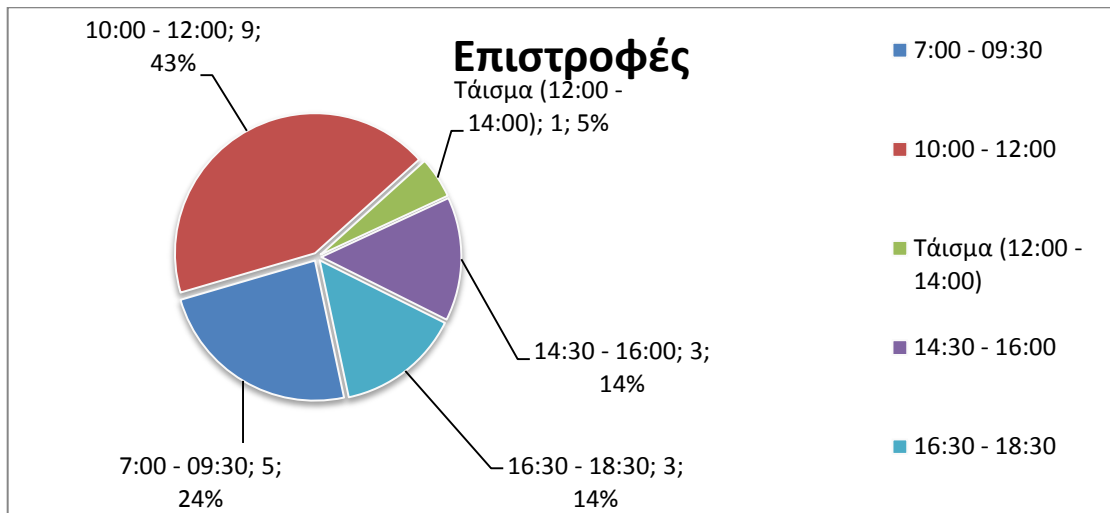


Διάγραμμα 13c. Μέσος αριθμός διαφυγών (\pm SE) στις επιμέρους χρονικές περιόδους, για όλες τις πειραματικές ημέρες στα εξωτερικά κλουβιά του 2^{ου} πειράματος.

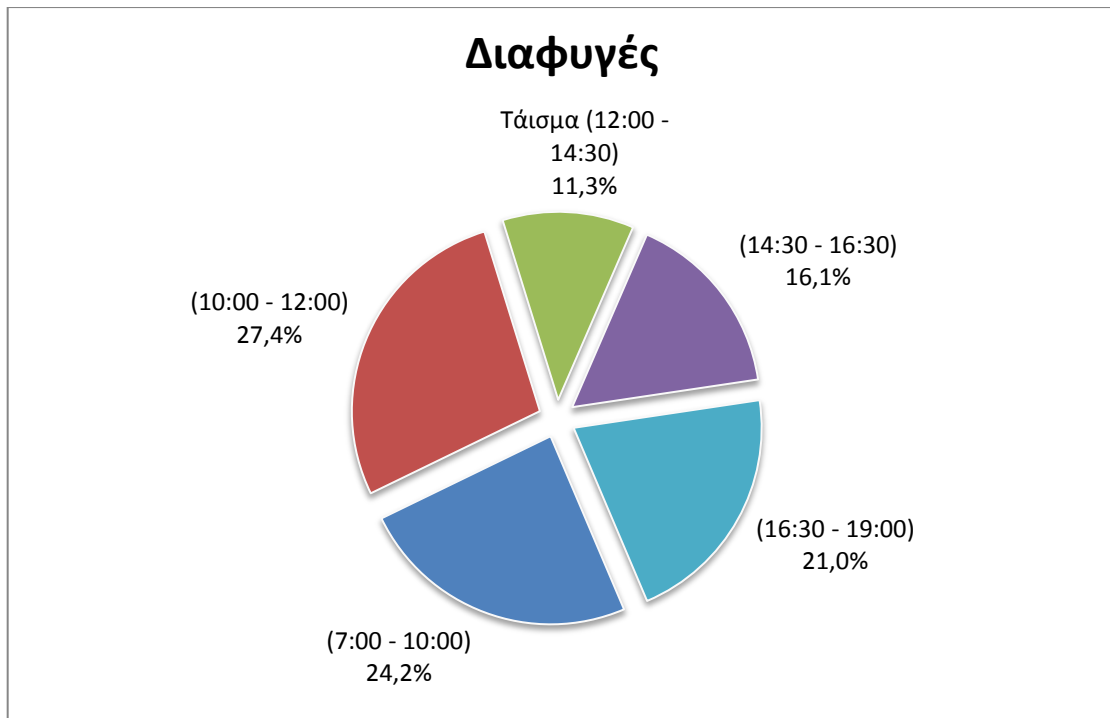
Οι επί τοις εκατό (%) αναλογίες τόσο των επιστροφών όσο και των διαφυγών κατά τις διαφορετικές χρονικές περιόδους υπολογίστηκαν εξίσου και στο 2^ο πείραμα για τα εσωτερικά και τα εξωτερικά κλουβιά (Διάγραμμα 13a, b & c).



Διάγραμμα 13a. Επί τοις εκατό (%) αναλογία των διαφυγών ανά χρονική περίοδο για τα εσωτερικά κλουβιά καθ' όλη τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος.



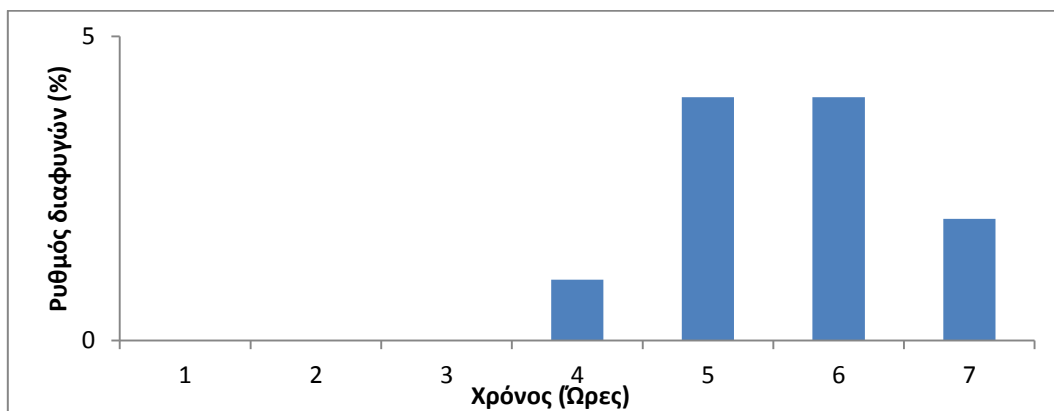
Διάγραμμα 13b. Επί τοις εκατό (%) αναλογία των επιστροφών ανά χρονική περίοδο για τα εσωτερικά κλουβιά καθ' όλη τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος.



Διάγραμμα 13c. Επί τοις εκατό (%) αναλογία των διαφυγών ανά χρονική περίοδο για τα εξωτερικά κλουβιά καθ' όλη τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος.

3.2.2 Ανάλυση της συμπεριφοράς διαφυγής κατά την διάρκεια της 1^{ης} ημέρας

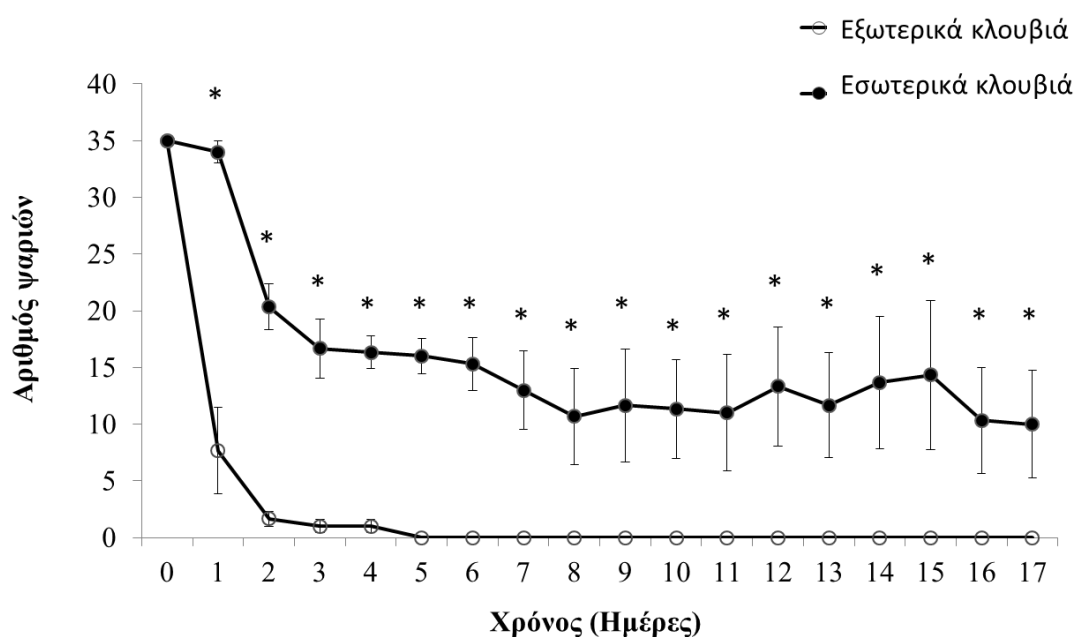
Τα ψάρια των εξωτερικών κλωβών, σε όλες τις περιπτώσεις παρουσίασαν μεγαλύτερα ποσοστά διαφυγής, όπως και στο προηγούμενο πείραμα. Ωστόσο, στο παρόν πείραμα, μόνο το 10% του αρχικού πληθυσμού διέφυγε κατά τη διάρκεια της πρώτης ημέρας. Η παρουσία του διχτυού προκάλεσε μία καθυστέρηση στις περιπτώσεις διαφυγής που μετρήθηκαν, δεδομένου ότι η πρώτη διαφυγή παρατηρήθηκε περίπου τέσσερις ώρες μετά την έναρξη του πειράματος.



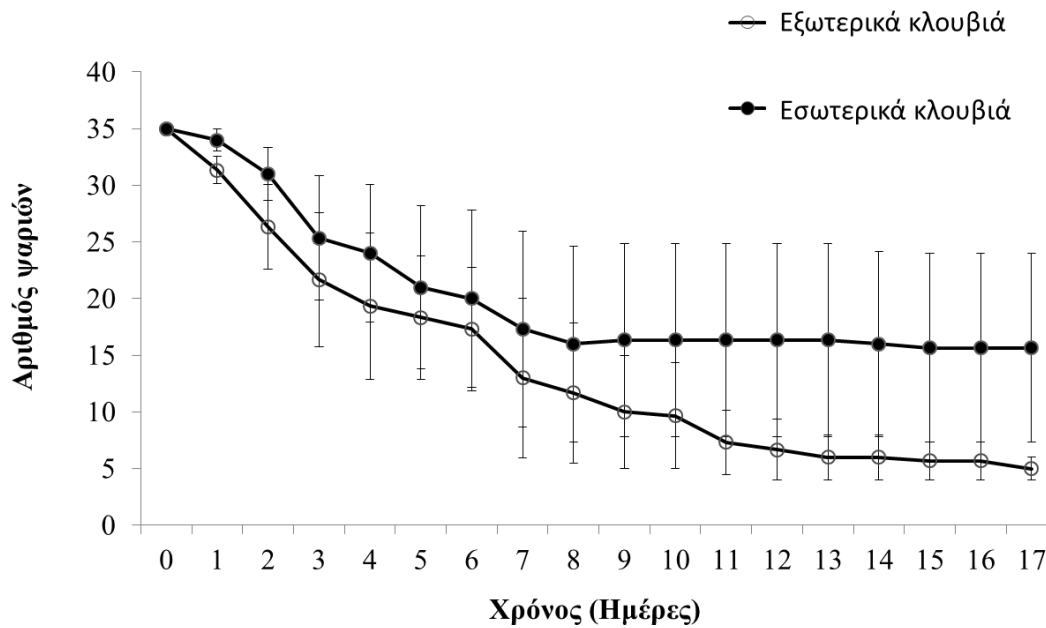
Διάγραμμα 14. Ποσοστιαία απεικόνιση (%) των διαφυγών στα εξωτερικά κλουβιά κατά την 1^η πειραματική ημέρα του δεύτερου πειράματος.

3.3 Σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο πειραμάτων

Στο πείραμα A, ο μέσος όρος της διακύμανσης των δύο πληθυσμών δείχνει πως η διαφορά στον αριθμό των διαφυγών που προήλθαν από τα ψάρια των εσωτερικών και των εξωτερικών κλουβιών διαφέρει σημαντικά ($p < 0.05$) όπως αυτό αποτυπώνεται και στο Διάγραμμα 15. Στην αντίστοιχη περίπτωση όμως του πειράματος B, παρότι υπάρχει αριθμητική διαφορά, εντούτοις δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των εσωτερικών κι εξωτερικών κλωβών ($p > 0,05$, Διάγραμμα 16).

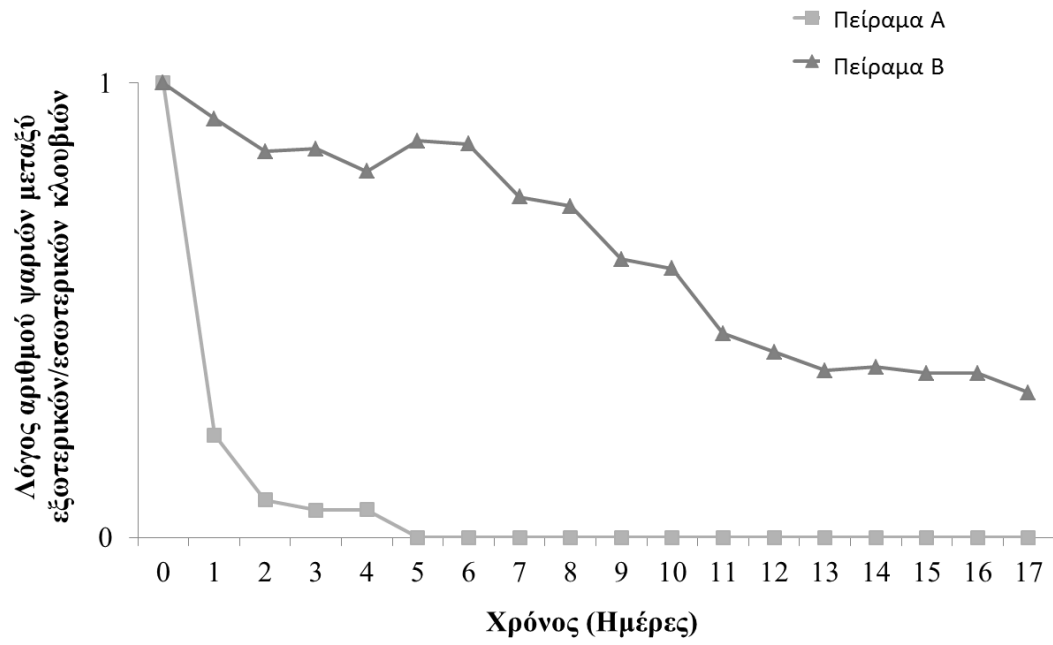


Διάγραμμα 15. Διακύμανση του μέσου πληθυσμού (\pm SE) των ψαριών των εσωτερικών κι εξωτερικών κλουβιών κατά τη διάρκεια του πρώτου πειράματος. Η καταμέτρηση των ψαριών γινόταν στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας. Ο αστερίσκος υποδηλώνει τη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων κλουβιών ανά πειραματική ημέρα ($p < 0.05$) (two-way ANOVA).



Διάγραμμα 16. Διακύμανση του μέσου πληθυσμού (\pm SE) των ψαριών των εσωτερικών κι εξωτερικών κλουβιών κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος. Η καταμέτρηση των ψαριών γινόταν στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας. Δε μετρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0.05$) (two-way ANOVA).

Ολοκληρώνοντας τη σύγκριση μεταξύ των δύο πειραμάτων, υπολογίστηκε ο κανονικοποιημένος αριθμός εναπομεινάντων ψαριών στα εξωτερικά κλουβιά (NRNF) με δεδομένο ότι ο παράγοντας "σταθερό εμπόδιο" απέναντι από τα εξωτερικά κλουβιά είναι ο ίδιος και στα δύο πειράματα. Έτσι προκύπτει σημαντική διαφορά στη συμπεριφορά των πληθυσμών των εξωτερικών κλουβιών μεταξύ των πειραμάτων κι αυτό αποτυπώνεται στο διάγραμμα 17.



Διάγραμμα 17. Κανονικοποιημένος αριθμός εναπομεινάντων ψαριών για τα εξωτερικά κλουβιά μεταξύ των δύο πειραμάτων και για όλες τις πειραματικές ημέρες.

4 Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη αποδεικνύει ότι το λαβράκι μπορεί να διαφύγει όταν εμφανιστεί οπή στο δίχτυ, κάτι που συμφωνεί και με άλλες σχετικές μελέτες (Arechavala-Lopez et al. 2012; Dempster et al. 2002). Επιπλέον, αυτή η μελέτη παρέχει περαιτέρω πληροφορίες για το χρόνο που χρειάστηκε για τη διαφυγή του ψαριού (μετά τη δημιουργία οπής στο δίχτυ) και για το ποσοστό των ψαριών που διέφυγαν. Οι συνέπειες διαφυγής από τους θαλάσσιους κλωβούς στους άγριους πληθυσμούς θα μπορούσαν να είναι επιβλαβείς (Dempster et al. 2009; Jensen et al. 2010; Naylor et al. 2005; Naylor et al. 2000; Pitta et al. 2005; Porrello et al. 2005; Sanchez-Jerez et al. 2008; Sudirman et al. 2009) και υπάρχουν αποδείξεις από διασταυρώσεις υβριδισμού σε μερικά είδη με άγρια ψάρια (σολομός ατλαντικού) που μπορούν εν δυνάμει να οδηγήσουν σε γενετική τροποποίηση των άγριων πληθυσμών, να μειώσουν τη βιοποικιλότητά τους και τελικά να επηρεάσουν τη βιωσιμότητά τους (Jensen et al. 2010). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με μελέτες της συμπεριφοράς μετά τη διαφυγή (Arechavala-Lopez et al. 2011), το λαβράκι φαίνεται να περιφέρεται μεταξύ γειτονικών ιχθυοκαλλιεργητικών εγκαταστάσεων. Η διασπορά και η δυνατότητα μετακίνησής του μπορούν δυνητικά να οδηγήσουν σε μεταφορά παθογόνων όχι μόνο στους άγριους πληθυσμούς αλλά επίσης και μεταξύ των διαφορετικών πληθυσμών των ιχθυοκαλλιεργητικών εγκαταστάσεων. Παρ' όλα αυτά, κανένα κρούσμα μεταφοράς παθογόνων δεν έχει καταγραφεί ακόμα, ενώ αντίθετα στα ψάρια που έχουν διαφύγει παρατηρείται υψηλός βαθμός θνησιμότητας, ιδιαίτερα εξαιτίας των φυσικών τους θηρευτών.

4.1 Συμπεριφορά πριν τη διαφυγή και κατά τη διαφυγή του *D. Labrax*

Περιστατικά διαφυγής από μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας έχουν ευρέως τεκμηριωθεί (Arechavala-Lopez et al. 2012; Dempster et al. 2002). Ωστόσο, η σχετιζόμενη με τη διαφυγή συμπεριφορά του *D. Labrax*, δεν έχει μελετηθεί κατά την παραμονή του στην δομή εκτροφής του (ιχθυοκλωβό), το λαβράκι αρέσκεται να σχηματίζει κοπάδι (Malavasi et al. 2004), ενώ κατά την εξερεύνηση του δικτυού των κλωβών δε έχουν παρατηρηθεί, μέχρι στιγμής, αλληλεπιδράσεις όπως δαγκώματα. Αντίθετα, σχετικές έρευνες πάνω στη τσιπούρα έχουν δείξει πως η μεγάλη πυκνότητα στον πληθυσμό των ψαριών (Papadakis et al. 2012) και η στέρηση/έλλειψη τροφής

(Glaropoulos et al. 2012) αυξάνουν την αλληλεπίδραση των ψαριών με το δίκτυ και συνεπώς την τάση τους για διαφυγή. Τοιουτοτρόπως, η τάση του λαβρακιού για διαφυγή θα πρέπει να ερευνηθεί παραπάνω και υπό διαφορετικές συνθήκες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, τα οπτικά ερεθίσματα γύρω από το περιβάλλον του κλωβού φαίνεται να επηρεάζουν και να διαμορφώνουν την συμπεριφορά διαφυγής του είδους. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα και με εκείνα που καταγράφηκαν από τον Brown (2001) για το είδος crimson spotted rainbowfish, δείχνοντας ότι τα ψάρια αρχικά κρύβονταν ή παρέμεναν ακίνητα αλλά σταδιακά άρχιζαν να περιπλανούνται/ κινούνται τριγύρω, να εξερευνούν και να αποικίζουν το νέο περιβάλλον. Από τη στιγμή που το λαβράκι εντοπίζει την οπή στο δίκτυ, ο τρόπος κολύμβησής του αλλάζει έτσι ώστε να μπορέσει να δραπετεύσει με μία κίνηση από τον κλωβό προς τον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο. Το επίμηκες σώμα του λαβρακιού (Volcaert et al. 2008) και η αξιοσημείωτη ικανότητα του στην κολύμβηση (Pickett and Pawson 1994) μπορούν επίσης να έχουν συνεισφέρει στον υψηλό ρυθμό διαφυγής που μετρήθηκε στην παρούσα μελέτη. Ο υψηλός ρυθμός διαφυγής του *D. Labrax* που παρατηρήθηκε στις πρώτες ώρες του πειράματος A (Διάγραμμα 7) θα μπορούσε να ερμηνευτεί από την αρχικά αυξημένη πυκνότητα του πληθυσμού καθότι το πείραμα ξεκίνησε με ιχθυοφόρτιση αντίστοιχη μιας πραγματικής καλλιέργειας, δηλαδή εντατική. Επιπλέον, ο μεγάλος κενός εξωτερικός χώρος της δεξαμενής μπορεί να έχει αποτελέσει σημαντικό κίνητρο για τα ψάρια ούτως ώστε να διαφύγουν, με σκοπό να μπορέσουν να "εκμεταλλευτούν" αυτό το χώρο, αφού αρχικά είχαν ανατραφεί σε δεξαμενές 40m³, ενώ μετά περιορίστηκαν σε θαλάσσια κλουβιά 0.3m³. Παρόμοιες αποκρίσεις έχουν παρατηρηθεί σε μελέτες που σχετίζονται με διαχείριση ιχθυοτόπων, όπου εμφανίστηκε μεγάλη τάση διαφυγής όταν τα ψάρια παγιδεύτηκαν από αλιευτικά εργαλεία (Brown 2001).

4.2 Η επίδραση ενός οπτικού εμποδίου

Σημαντικές διαφορές στο ρυθμό διαφυγής βρέθηκαν μεταξύ των πληθυσμών του εσωτερικού και του εξωτερικού κλωβού στο Πείραμα A, με τον πληθυσμό στα εσωτερικά κλουβιά να παρουσιάζει ένα σημαντικά χαμηλότερο ρυθμό διαφυγής (Διάγραμμα 15). Οι κύριες διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων κλωβών ήταν η παρουσία/απουσία και ο τύπος του οπτικού εμποδίου στο σημείο της διαφυγής.

Τόσο στο πρώτο, όσο και στο δεύτερο πείραμα, η απόσταση (<60cm) μεταξύ του τοίχου της δεξαμενής και της οπής στο δίχτυ των εσωτερικών κλουβιών ήταν αρκετά μικρή έτσι ώστε να προσφέρει στα ψάρια τη δυνατότητα να διακρίνουν καθαρά το εμπόδιο. Επιπλέον, ο πληθυσμός των ψαριών που χρησιμοποιήθηκαν για αυτά τα πειράματα ήταν εξοικειωμένος με τον μαύρο τοίχο της δεξαμενής δεδομένου ότι είχαν προηγουμένως ανατραφεί σε δεξαμενές με παρόμοιο χρώμα τοιχωμάτων. Έτσι, η «απροθυμία» τους να δραπετεύσουν θα μπορούσε να εξηγηθεί από αυτήν την εξοικείωση μιας και ήξεραν ήδη ότι δε θα μπορούσαν να διαπεράσουν το μαύρο τοιχίο της δεξαμενής. Μία αντίστοιχη υπόθεση διερευνήθηκε από τον Brown (2001) στο είδος *Melanotaenia duboulayi*, ο οποίος απέδειξε πως ψάρια, που δεν ήταν εξοικειωμένα με τα γυάλινα τοιχώματα του ενυδρείου εκτροφής τους, προσπαθούσαν να δραπετεύσουν μέσα από αυτά, αντί μέσα από ένα δίχτυ, ενώ, ψάρια εξοικειωμένα με αυτά, αναζητούσαν το δίχτυ με σκοπό να εντοπίσουν μια σχισμή και να δραπετεύσουν από εκεί. Και τα δύο αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ξεκάθαρα ότι η ικανότητα των ψαριών να ανταπεξέλθουν στις νέες περιβαλλοντικές προκλήσεις (κλωβοί-τοίχος δεξαμενής) συνδέεται με την ικανότητα να επιτύχουν διαφυγές από τα κλουβιά εκτροφής. Αυτό έρχεται να συμφωνήσει με άλλες μελέτες, όπου έχει αποδειχθεί ότι προηγούμενη γνώση και εμπειρία των ψαριών μπορεί να έχει επίδραση στην τρέχουσα συμπεριφορά τους (Berejikian et al. 2001; Coves et al. 2006; Salvanes and V 2006).

Από την άλλη πλευρά, στους εξωτερικούς κλωβούς του πειράματος A, τα ψάρια αναγνώρισαν τη σχισμή στο δίχτυ πιθανότητα χάρη στις διαφορές της οπτικής ομοιογένειας του δικτιού (παρουσία οπής). Όμως, στους εξωτερικούς κλωβούς του πειράματος B, τα ψάρια φάνηκαν να εντοπίζουν συμπτωματικά την οπή στο δίχτυ, όταν βρέθηκαν πολύ κοντά, καθώς εξερευνούσαν όλη την περιοχή του δικτυού των κλωβών. Φάνηκε να δυσκολεύονται να διακρίνουν την οπή στο δίχτυ, πιθανόν λόγω της ύπαρξης του επιπλέον δικτυού στο φόντο που είχε σαν αποτέλεσμα τη σύγχυση στη συμπεριφορά τους και το δισταγμό τους στο να διαφύγουν.

4.3 Συμπεριφορά διαφυγής και μάθηση

Είναι αξιοπρόσεκτο ότι κατά την διάρκεια του πρώτου πειράματος η δραστηριότητα διαφυγής του λαυρακιού από τα κλουβιά ήταν εξίσου σημαντική με

την δραστηριότητα επιστροφής του σε αυτά. Οι επιστροφές που πραγματοποιήθηκαν στα εσωτερικά κλουβιά του πειράματος Α μετά την 5^η μέρα συσχετίζονται με την χορήγηση τροφής, δηλαδή φαίνεται να δημιουργείται ένα μοτίβο μάθησης στα ήδη διαφυγόντα ψάρια όπου το αρχικό ερέθισμα είναι η εύρεση τροφής, σε συνδυασμό με την ώρα και το μέρος. Αυτό στη συνέχεια επηρέασε άμεσα τη συμπεριφορά επιστροφής στα κλουβιά. Από την 1^η κιόλας μέρα φάνηκε από τα αποτελέσματα πως το 80% περίπου του πληθυσμού (Διάγραμμα 7) είχε διαφύγει. Έως την 5^η ημέρα, τα ψάρια που είχαν αφήσει άδειους τους εξωτερικούς κλωβούς (Διάγραμμα 1) και δεν ταΐζονταν (αφού το τάϊσμα γινόταν *ad libidum* μονό στα κλουβιά που υπήρχαν ψάρια), ήταν περισσότερο πεινασμένα από αυτά που ήταν στα κλουβιά και ταΐζονταν συστηματικά. Η κατάσταση πείνας οδήγησε σε μεγαλύτερη κινητικότητα και στην κατεύθυνση για την λήψη «επικίνδυνων αποφάσεων» (Millot et al. 2009) όπως είναι η επανεισόδος σε ένα μη οικείο περιβάλλον σαν αυτό του κλουβιού.

Όταν τα ψάρια είναι πεινασμένα είναι πιο εύκολο να αναπτύξουν την ικανότητα της μάθησης σε θέματα διατροφικής συμπεριφοράς τους (Warburton, 2003). Επίσης η μάθηση και το κίνητρο (τροφή στην υπό εξέταση περίπτωση) μπορούν μαζί να ενδυναμώσουν την προσαρμογή και διαμέσου της επαναλαμβανόμενης εμπειρίας μπορεί να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα στο να αναγνωρίζουν το θήραμα (τροφή), την επίθεση σε αυτό, την διαχείρισή του και την πέψη του (Warburton, 2003).

Συνεπώς, το χρονικό διάστημα που γινόταν η έναρξη του ταΐσματος σε συνδυασμό με την επιθυμία των ψαριών να τραφούν, ήταν το κατάλληλο ερέθισμα ώστε να επαχθεί η παρατηρηθείσα συμπεριφορά των ψαριών που εκφραζόταν από τις επισκέψεις τους στα κλουβιά ακολουθώντας την διαδρομή χορήγησης της τροφής σε αυτά (Διαγράμματα 8 & 9). Σε παρόμοια μελέτη που έγινε με το *angelfish* φάνηκε πως αυτό μπορεί να μάθει πότε και που θα βρει την τροφή του κι έτσι να κινείται γύρω από το μέρος απ' όπου θα την προσλάβει, είτε παρουσία είτε απουσία ταΐσματος (Reebs, 1999). Ως φυσική συνέπεια, δεδομένου ότι στα εξωτερικά κλουβιά σταμάτησε η παροχή τροφής μετά την 5^η ημέρα (αφού δεν υπήρχαν ψάρια μέσα σε αυτά) έπαψαν να αναγνωρίζονται ως σημεία ταΐσματος από τα ψάρια.

Επιπροσθέτως, η αγελαία συμπεριφορά του λαυρακιού είναι πιθανό να αποτελεί επιπρόσθετο πλεονέκτημα μάθησης δίδοντας στον πληθυσμό την ικανότητα να συνεχίσει την ομαδική συμπεριφορά τόσο για την διαφυγή του όσο και για την επανεισδό του στα κλουβιά εκτροφής (Brown and Laland 2003).

Η μη πραγματοποίηση όμως επιστροφών στα εξωτερικά κλουβιά στο πείραμα B πιθανόν να συνδέεται με την παρουσία ενός "τοιχού" από δίκτυο στο χώρο της κεντρικής δεξαμενής το οποίο σαν συνέπεια είχε να αλλάξει τη χωροταξία της. Έτσι, τα άτομα που είχαν διαφύγει είχαν ελεύθερο μόλις ένα διάστημα 30 εκατοστών που δημιουργούταν μεταξύ του πυθμένα και του δικτυού για να έχουν πρόσβαση στο υπόλοιπο της δεξαμενής. Ταυτόχρονα, λόγω της παρουσίας του δικτυού, τα ψάρια δεν μπορούσαν να αντιληφθούν εύκολα την διαδικασία του ταΐσματος στα εσωτερικά κλουβιά και αυτό διότι οι πιθανές διαδρομές προς τα κλουβιά είχαν πλέον γίνει πιο σύνθετες. Αυτό φαίνεται να ενισχύεται σαν άποψη και από τους Tatrai and Herzig (1995), οι οποίοι διατύπωσαν πως ο χρόνος ανάπτυξης μιας ιδιαίτερης συμπεριφοράς όπως η μάθηση του σημείου ταΐσματος και ο χρόνος ταΐσματος, πιθανόν να συσχετίζεται και με την πολυπλοκότητα του ενδιαίτηματος στο οποίο διαβιούν τα ψάρια.

4.4 Επίλογος

Η παρούσα μελέτη υποδεικνύει ξεκάθαρα ότι η συμπεριφορά διαφυγής του λαβρακιού σχετίζεται με τα οπτικά ερεθίσματα στο σημείο της διαφυγής. Απουσία οποιουδήποτε τύπου οπτικών εμποδίων, παρατηρήθηκε σημαντικά μεγάλος αριθμός περιστατικών διαφυγής. Αντίθετα, στους κλωβούς όπου υπήρχε οπτικό εμπόδιο στο σημείο της διαφυγής, ο ρυθμός διαφυγής ήταν σημαντικά χαμηλότερος.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής δίνουν επίσης χρήσιμες πληροφορίες οι οποίες μένει να επιβεβαιωθούν στο πεδίο, υπό πραγματικές συνθήκες εκτροφής. Πιθανότατα, μια διαχειριστική προσέγγιση που προβλέπει μια διαφορετική χωροταξική τοποθέτηση των κλωβών πάχυνσης του λαβρακιού στο εσωτερικό μιας μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας να αποτελεί μια απλή αλλά σημαντική λύση όσον αφορά στο πρόβλημα των διαφυγών των ψαριών.

Επιπροσθέτως, η κατασκευή κάποιου εύκολα διαχειριζόμενου δίχτυου το οποίο θα τοποθετείται ως εμπόδιο εξωτερικά των κλωβών σε έκτατες περιπτώσεις αντίξοων συνθηκών, όταν έχουν δημιουργηθεί τρύπες διαφυγής στο δίχτυ των κλωβών, μπορεί να συμβάλει στην μείωση των διαφυγών δίδοντας το απαραίτητο χρονικό διάστημα για την επισκευή ή την αντικατάσταση του δίχτυου των κλωβών από τους ιχθυοκαλλιεργητές.

5 Βιβλιογραφία

- Arechavala-Lopez P, Uglem I, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere JT, Sanchez-Jerez P (2011) Immediate post-escape behaviour of farmed seabass (*Dicentrarchus labrax* L.) in the Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 1375-1378.
- Arechavala-Lopez P, Uglem I, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere JT, Sanchez-Jerez P (2012) Post-escape dispersion of farmed seabream (*Sparus aurata* L.) and recaptures by local fisheries in the Western Mediterranean Sea. *Fisheries Research* 121-122: 126-135.
- BARNABE, G. 1990. Rearing bass and gilthead bream. In: Barnabé, G. (Ed.), *Aquaculture. Ellis Horwood, New York, pp. 647–686.*
- BAUCHOT, M.-L. 1987. Poissons osseux. p. 891-1421. In W. Fischer, M.L. Bauchot and M. Schneider (eds.) Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II. Commission des Communautés Européennes and FAO, Rome.
- Belias CV, Bikas VG, Dassenakis MJ, Scoulios MJ (2003) Environmental impacts of coastal aquaculture in eastern Mediterranean bays the case of Astakos Gulf, Greece. *Environmental Science and Pollution Research* 5: 287-295.
- Berejikian BA, Tezak EP, Riley SC, LaRae AL (2001) Competitive ability and social behaviour of juvenile steelhead reared in enriched and conventional hatchery tanks and a stream environment. *Journal of Fish Biology* 59: 1600-1613.
- BERTIGNAC, M. 1988. Le Bar, Effort de Pêche en Hausse ... Gare au Stock, *Equinoxe, 19: 21 – 2.*
- Brown C (2001) Familiarity with the test environment improves escape responses in the crimson spotted rainbowfish, *Melanotaenia duboulayi*. *Animal Cognition* 4: 109-113.
- Brown C, Laland KN (2003) Social learning in fishes: a review. *Fish and Fisheries* 4: 280-288.
- BRUSLE, J. ROBLIN, C., 1984. Sexualite du loup *Dicentrarchus labrax* en condition d'élevage controle. In: G. Barnabe and R. Billard (Editors). *L'Aquaculture du Bar et des Sparides. INRA Publ., Paris. pp. 33-43.*

- CAMPILLO, A. 1992. Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances.
- CHERVINSKY J. 1974. Sea bass, *Dicentrarchus labrax* Linnaeus (Pisces, Serranidae) a “police-fish” in fresh water ponds and its adaptability to various saline conditions, *Badmige* 26 , pp. 110–113.
- Coves D, Beauchaud M, Attia J, Dutto G, Bouchut C, et al. (2006) Long-term monitoring of individual fish triggering activity on a self-feeding system: An example using European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 253: 385-392.
- Dempster T, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Gimenez-Casaldueiro F, Valle C (2002) Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. *Marine Ecology-Progress Series* 242: 237-252.
- Dempster T, Uglem I, Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, et al. (2009) Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology-Progress Series* 385: 1-14.
- Divanach P, Kentouri M (2000) Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. Proceeding of the CIHEAM–TECAM network held in Zaragoza, 24–28 May 1999 *Cah Options Mediterr* 47: 75–87.
- FAO Fishery Statistics, 2006.
- FAO Fishery Statistics, 2012.
- FIEDLER, K. 1991. Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Band II: Wirbeltiere. 2. Teil: Glaropoulos A, Papadakis IE, Papadakis VM, Kentouri M (2012) Escape-related behavior and coping ability of sea bream due to food supply. *Aquaculture International*.
- Haffray P, Pincent C, Dupont-Nivet M, Vandeputte M, Merdy O, et al. (2007) Heritabilities and G x E interactions for quality traits in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 272: S265-S265.
- Hansen LA, Dale T, Damsgard B, Uglem I, Aas K, et al. (2008) Escape-related behaviour of Atlantic cod, *Gadus morhua* L., in a simulated farm situation. *Aquaculture Research* 40: 26-34.
- Hansen LP (2006) Migration and survival of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from two Norwegian fish farms. *Ices Journal of Marine Science* 63: 1211-1217.

- Herskin J (1999) Effects of social and visual contact on the oxygen consumption of juvenile sea bass measured by computerized intermittent respirometry. *Journal of Fish Biology* 55: 1075-1085.
- Heuch PA, Mo TA (2001) A model of salmon louse production in Norway: effects of increasing salmon production and public management measures. *Diseases of Aquatic Organisms* 45: 145-152.
- Jensen O, Dempster T, Thorstad EB, Uglem I, Fredheim A (2010) Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 71-83.
- JONSSON, G. 1992. *Islenskir fiskar*. Fiolvi, Reykjavik, 568 pp.
- KELLEY, D. F. 1987. Food of Bass in U.K. waters, *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 67(2): 275 – 286.
- LLORIS, D. 2002. A world overview of species of interest to fisheries. Chapter: *Dicentrarchus labrax*.
- Malavasi S, Georgalas V, Lugli M, Torricelli P, Mainardi D (2004) Differences in the pattern of antipredator behaviour between hatchery-reared and wild European sea bass juveniles. *Journal of Fish Biology* 65: 143-155.
- McGinnity P, Prodohl P, Ferguson K, Hynes R, O'Maoileidigh N, et al. (2003) Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 270: 2443-2450.
- Millot S, Begout ML, Chatain B (2009) Risk-taking behaviour variation over time in sea bass *Dicentrarchus labrax*: effects of day-night alternation, fish phenotypic characteristics and selection for growth. *Journal of Fish Biology* 75: 1733-1749.
- Moe H, Dempster T, Sunde LM, Winther U, Fredheim A (2007) Technological solutions and operational measures to prevent escapes of Atlantic cod (*Gadus morhua*) from sea cages. *Aquaculture Research* 38: 91-99.
- MOREIRA, F., ASSIS, C.A., ALMEIDA, P.R., COSTA J.L., COSTA M.J. 1992. Trophic relationships in the community of the Upper Tagus Estuary (Portugal: a preliminary approach.)
- Naylor R, Hindar K, Fleming IA, Goldburg R, Williams S, et al. (2005) Fugitive salmon: Assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *Bioscience* 55: 427-437.

- Naylor RL, Goldberg RJ, Primavera JH, Kautsky N, Beveridge MCM, et al. (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- Papadakis VM, Papadakis IE, Lamprianidou F, Glaropoulos A, Kentouri M (2012) A computer-vision system and methodology for the analysis of fish behavior. *Aquacultural Engineering* 46: 53-59.
- Pickett GD, Pawson MG (1994) *Sea bass-biology, exploitation and conservation*. London: Chapman & Hall [Fish and Fisheries series] 12: 337.
- Pitta P, Apostolaki ET, Giannoulaki M, Karakassis I (2005) Mesoscale changes in the water column in response to fish farming zones in three coastal areas in the Eastern Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 65: 501-512.
- Porrello S, Tomassetti P, Manzueto L, Finoia MG, Persia E, et al. (2005) The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture* 249: 145-158.
- Reebs, S.G., 1999. Time-place learning based on food but not on predation risk in a fish, the inanga (*Galaxias maculatus*). *Ethology*. 105, 361-371.
- Salvanes AGV, V B (2006) The need to understand the behaviour of fish reared for mariculture or restocking. *Ices Journal of Marine Science* 63: 345-354.
- Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, Valle C, Dempster T, et al. (2008) Interactions between bluefish *Pomatomus saltatrix* (L.) and coastal sea-cage farms in the Mediterranean Sea. *Aquaculture* 282: 61-67.
- Sudirman, Halide H, Jompa J, Iswahyudin Z, McKinnon AD (2009) Wild fish associated with tropical sea cage aquaculture in South Sulawesi, Indonesia. *Aquaculture* 286: 233-239.
- Tatrai, I., Herzig, A., 1995. Effect of habitat structure on the feeding efficiency of young stages of razor fish (*Pelecus cultratus* (L.)): an experimental approach. *Hydrobiologia*. 299, 75-81.
- Triantafyllidis A (2007) Aquaculture escapes: new DNA based monitoring analysis and application on sea bass and sea bream. *CIESM Workshop Monogr* 32: 67–71.
- Uglem I, Bjorn PA, Dale T, Kerwath S, Okland F, et al. (2008) Movements and spatiotemporal distribution of escaped farmed and local wild Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 39: 158-170.

- Volcaert FAM, Batargias C, Canario A, Chatziplis D, Chistiakov D, et al. (2008)
European sea bass. In: Genome Mapping and Genomics in Animals. (Ed by
TD Kocher & C Kole) Springer-Heidelberg, Berlin 12: 117-133.
- Warburton, K., 2003. Learning of foraging skills by fish. *Fish Fish.* 4, 203-215.