



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ-ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πειράματα συμπεριφοράς
στο ευρωπαϊκό χέλι *Anguilla anguilla* σε μικρά ενυδρεία



Σπύρου Γεωργία Α.Μ. 1113201000084
Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ. Περσεφόνη Μεγαλοφώνου
Αθήνα 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A/A	ΤΙΤΛΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
	Αλφαβητικός πίνακας συντομογραφιών	3
	Ευχαριστίες	4
	Περίληψη	5
	Abstract	7
1	Εισαγωγή	9
1.1	Γενικές πληροφορίες για τα χέλια	9
1.2	Περιγραφή του είδους <i>Anguilla anguilla</i>	10
1.2.1	Συστηματική ταξινόμηση	10
1.2.2	Γενικά διαγνωστικά χαρακτηριστικά	10
1.2.3	Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση	11
1.2.4	Ενδιαίτημα και διατροφή στο φυσικό περιβάλλον	12
1.2.5	Βιολογικός κύκλος και αναπαραγωγή	13
1.2.6	Μετανάστευση και περιβαλλοντικοί παράγοντες	14
1.3	Αλιεία ευρωπαϊκού χελιού	15
1.4	Καλλιέργεια ευρωπαϊκού χελιού	16
1.5	Κινητικές αποκρίσεις στα χέλια	18
1.5.1	Θιγμοτακτισμός	18
1.5.2	Φωτοτακτισμός	19
1.6	Επιθετική συμπεριφορά στα χέλια	19
1.7	Διατροφική συμπεριφορά στα χέλια	20
1.8	Σκοπός της εργασίας	21
2	Υλικά και μέθοδοι	23
3	Αποτελέσματα	39
4	Συζήτηση	56
5	Συμπεράσματα	68
6	Βιβλιογραφία	69
7	Παράρτημα	74

Αλφαβητικός Πίνακας Συντομογραφιών

ΑΜ	Άμμος
ΑΜ + Ρ	Άμμος + Pellets
ΑΜ + Σ	Άμμος + Σωλήνες
ΑΜ + Σκ	Άμμος + Σκώληκες
ΑΣ	Ανάμεσα στους Σωλήνες
ΓΕ	Γωνίες Ενυδρείου
ΕΚΔ	Έντονη Κινητική Δραστηριότητα
ΚΕ	Κέντρο Ενυδρείου
ΜΑ	Μέσα στην Άμμο
ΜΠΣ	Μπροστά από τους Σωλήνες
ΜΣ	Μη Σημαντικό
ΜΣ	Μέσα στους Σωλήνες
ΌΧΙ ΥΠ.	ΌΧΙ Υπόστρωμα
ΌΧΙ ΥΠ. + Ρ	ΌΧΙ Υπόστρωμα + Pellets
ΌΧΙ ΥΠ. + Σκ	ΌΧΙ Υπόστρωμα + Σκώληκες
ΠΑ	Πάνω στην Άμμο
ΠΕ	Πλευρές Ενυδρείου
ΠΣ	Πίσω από τους Σωλήνες
Σ	Σωλήνες
Σ + Ρ	Σωλήνες + Pellets
Σ + Σκ	Σωλήνες + Σκώληκες
ΣΗ	Σημαντικό
Φ	Φίλτρο

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Κατά κύριο λόγο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα Αναπλ. Καθηγήτρια Περσεφόνη Μεγαλοφώνου, γιατί επέλεξε να με εμπιστευτεί και να μου αναθέσει την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας καθώς και για την βοήθειά της και την κατανόησή της καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράστασή τους στην προσπάθεια μου και ειδικά την μητέρα μου και τις φίλες μου για την πολύτιμη βοήθειά τους και την αμέριστη ψυχολογική υποστήριξη που μου πρόσφεραν απλόχερα.

Πειράματα συμπεριφοράς στο ευρωπαϊκό χέλι *Anguilla anguilla* σε μικρά ενυδρεία

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξεταστούν διάφοροι παράμετροι συμπεριφοράς του ευρωπαϊκού χελιού (*Anguilla anguilla*) όπως η επιλογή υποστρώματος, οι επιθετικές ενέργειες, η διατροφική συμπεριφορά.

Στο πρώτο πείραμα, διαπιστώθηκε ότι όταν νεαρά χέλια εκτράφηκαν (20 μέρες) σε ενυδρεία με διαφορετικό υπόστρωμα (άμμος, σωλήνες, άμμος και σωλήνες, χωρίς υπόστρωμα) επέλεξαν πάντα να είναι κρυμμένα και σε επαφή, είτε μεταξύ τους, είτε με κάποια στερεή επιφάνεια (θιγμοτροπισμός). Ακόμη διαπιστώθηκε λίγο περισσότερο έντονη κινητική δραστηριότητα μετά το σούρουπο. Ο κύκλος μέρας-νύχτας φάνηκε ως σημαντικός παράγοντας που επηρέασε τον αρνητικό φωτοτακτισμό και την κινητική δραστηριότητα των χελιών. Σε μια προσπάθεια να αποφύγουν το φως, προτίμησαν την άμμο (με ποσοστό προτίμησης 72,25%) έναντι των σωλήνων για καταφύγιο (με ποσοστό προτίμησης 10,75%). Στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών ήταν ιδιαίτερα υψηλός στα ενυδρεία χωρίς υπόστρωμα ($3,65 \pm 0,309$) συγκριτικά με τα υπόλοιπα ενυδρεία.

Στο δεύτερο πείραμα, μελετήθηκε η επιθετική συμπεριφορά που σχετίζεται με την διαφοροποίηση της πυκνότητας στα πειραματικά ενυδρεία (20 μέρες). Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν νεαρά χέλια (elvers) και σε κάθε ενυδρείο διοχετεύθηκε διαφορετικός αριθμός ατόμων, δηλαδή τα ενυδρεία παρουσίαζαν πυκνότητα 230 χέλια/ m^3 (5 άτομα/ ενυδρείο) και 450 χέλια/ m^3 (10 άτομα/ ενυδρείο). Στα τελευταία δύο ενυδρεία τοποθετήθηκε 1 χέλι/ενυδρείο για να μελετηθεί η συμπεριφορά των ατόμων απουσία αλληλεπίδρασης με άλλα άτομα του ίδιου είδους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, μεγαλύτερος αριθμός επιθετικών ενεργειών διαπιστώθηκε στα ενυδρεία με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ($2,34 \pm 0,186$). Ακόμη, δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερα μεγάλη απόκλιση όσον αφορά τις επιθετικές συμπλοκές μεταξύ των δύο παρατηρήσεων που πραγματοποιούνταν κάθε μέρα. Τα χέλια τα οποία βρισκόντουσαν μόνα τους το καθένα σε ένα ενυδρείο, παρουσίασαν απόλυτη αδράνεια, επέλεξαν να παραμένουν κρυμμένα σε καταφύγια ενώ δεν έδειξαν να αποκρίνονται κατά τη χορήγηση τροφής και να συμμετέχουν στο γεύμα.

Τέλος, στο τρίτο πείραμα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές προτίμησης με σκοπό να δοθούν πληροφορίες σχετικά με την επιλογή προτίμησης τροφής αλλά μελετήθηκε συνολικά και η έκφραση της διατροφικής συμπεριφοράς του είδους και η συσχέτισή της με την ώρα παρατήρησης και το διαφορετικό υπόστρωμα σε κάθε ενυδρείο (20 μέρες). Για το σκοπό αυτό νεαρά χέλια (elvers) εκτράφηκαν σε

ενυδρεία (5 άτομα/ενυδρείο) που έφεραν διαφορετικό υπόστρωμα (άμμο, σωλήνες, χωρίς υπόστρωμα) και χορηγήθηκαν σε αυτά δύο είδη τροφής (τροφή σε μορφή pellets και σκώληκες Tubifex). Παρατηρήθηκε ότι ο κύκλος ημέρας-νύχτας είναι σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διατροφική συμπεριφορά. Η διατροφική συμπεριφορά και η κινητική δραστηριότητα ήταν πιο έντονες από το απόγευμα και μετά και ήταν καλά συγχρονισμένες. Φαίνεται ότι τα άτομα στηρίζονταν στην όραση παρά στην όσφρηση για την ανίχνευση της τροφής ενώ έδειξαν ιδιαίτερη προτίμηση στους σκώληκες. Σχετικά με τη διατροφική συμπεριφορά και τη συμμετοχή των χελιών στο γεύμα κάθε φορά, σε σχέση με το υπόστρωμα που διέθετε το κάθε ενυδρείο, παρατηρήθηκε ότι το υψηλότερο ποσοστό των ατόμων που τράφηκαν ήταν στα ενυδρεία που δεν είχαν κανένα υπόστρωμα (66% στα ενυδρεία που χορηγήθηκε τροφή σε μορφή συμπύκνων και 96,5% στα ενυδρεία που χορηγήθηκαν σκώληκες).

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας υποδεικνύουν ότι όταν υπάρχει υπόστρωμα στο περιβάλλον των χελιών, εκείνα επιλέγουν να το αξιοποιούν παρά να είναι ιδιαίτερα δραστήρια. Τα χέλια κρύβονται σε καταφύγια κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας για να αποφύγουν το φως καθώς παρουσιάζουν αρνητικό φωτοτακτισμό. Όσον αφορά την προτίμηση σε καταφύγιο επιλέχθηκε η άμμος πιθανότατα γιατί είναι πιο κοντά στο φυσικό τους περιβάλλον και ήταν πιο εύκολα προσβάσιμη στα ενυδρεία. Ακόμη διαπιστώθηκε ότι η επιθετική συμπεριφορά επηρεάζεται από το υπόστρωμα και από την πληθυσμιακή πυκνότητα. Τέλος, σχετικά με το είδος τροφής, διαπιστώθηκε ότι τα χέλια επέλεξαν τους σκώληκες έναντι της ξηράς τροφής, ενώ η διατροφική συμπεριφορά επηρεάζεται από το υπόστρωμα και την εναλλαγή ημέρας-νύχτας.

Λέξεις κλειδιά: *Anguilla anguilla*, φωτοτακτισμός, καταφύγιο, επιθετική συμπεριφορά, διατροφική συμπεριφορά

Behavioral experiments in European eel *Anguilla anguilla* in small tanks

Abstract

The aim of our study was to examine various behavioral parameters of European eel (*Anguilla anguilla*) such as shelter choice, aggressive behavior, feeding behavior.

In the first experiment, we found out that young eels, which were bred in tanks with different substrate, chose to be hidden and in touch with a solid surface. We found out that when young eels bred (20 days) in tanks with different substrate (sand, tubes, sand and tubes, no substrate), they chose to be hidden in touch with a solid surface or to be in touch with each other (thigmotaxis). We also realized that their locomotor activity was a little bit higher after dusk. The light-dark cycle seemed to be an important factor that influenced the negative phototaxis and locomotor activity of eels. In an effort to avoid the light, they preferred the sand (with percentage of preference 72,25%) to the tubes as a shelter (with percentage of preference 10,75%). In this experiment it was observed that the number of aggressive actions was particularly high in tanks without substrate ($3,65 \pm 0,309$) compared to other tanks.

In the second experiment, we studied the aggressive behavior related to the modulation of the density in experimental tanks (20 days). In this experiment, we used young eels (elvers) and we put different number of individuals, in each different tank, so some tanks had a density of 230 eels/ m^3 (5 individuals / tank) and some others 450 eels/ m^3 (10 individuals / tank). In the latter two tanks we placed one eel / tank to study the behavior of individuals in the absence of interaction with other individuals of the same species. According to the results, a greater number of aggressive actions was detected in the tanks with the highest density ($2,34 \pm 0,186$). Furthermore, we didn't observe a big difference concerning the number of aggressive encounters between the two observations that took place each day. Eels that were alone in a tank displayed absolute inertia, chose to remain hidden in shelters and they didn't seem to respond during feeding nor participate in meal.

Finally, in the third experiment preference tests were performed, in order to realize what eels prefer to eat and to study generally the feeding behavior of this species and its correlation with time and the different substrate in each tank (20 days). For this purpose young eels (5 individuals / tank) were bred in tanks with different substrates (sand, tubes, no substrate) and were given two kinds of food (micropellets and Tubifex worms). It was observed that the light-dark cycle is an

important factor that influences feeding behavior. Feeding and locomotor activities of the glass eels were more intense after dusk and well synchronized. Eels appeared to depend on olfaction rather than vision to detect and capture prey and they showed preference for Tubifex worms. It was also observed that the highest percentage of eels that fed, was in tanks with no substrate (66% in tanks that we provided pellets to eels and 96.5% in tanks that we provided Tubifex worms to eels).

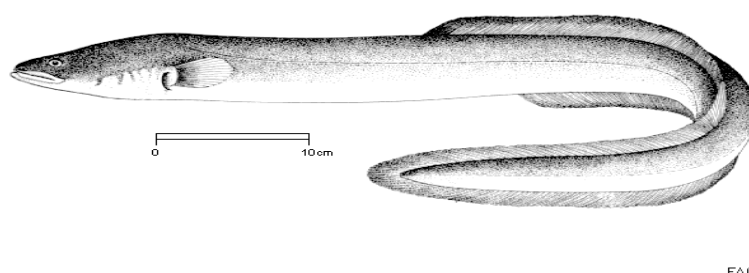
In conclusion, the results of this thesis work indicate that when there is a substrate in the environment, eels choose to utilize it and they reduce their locomotor activity. Eels remained in shelters mainly during the day to avoid light so they expressed photonegative behavior. They chose sand over tubes as a shelter probably because it is closer to their natural environment and was more easily accessible to them in tanks. We also realized that aggressive behavior is influenced by substrate and population density. Finally, concerning the type of food, it was found out that eels preferred worms to dry food in the form of pellets, and feeding behavior is influenced by substrate the light-dark cycle.

Keywords: *Anguilla anguilla*, phototaxis, shelter, aggressive behavior, feeding behavior

1.Εισαγωγή

1.5 Γενικές πληροφορίες για τα χέλια

Τα **χέλια** είναι ψάρια της τάξης *Εγγελυόμορφα* (Anguilliformes). Η τάξη περιλαμβάνει 20 οικογένειες, 111 γένη και 800 είδη. Τα περισσότερα χέλια είναι αρπακτικά ψάρια. Ο όρος χέλι χρησιμοποιείται και για άλλα είδη που δεν είναι μέλη της τάξης, όπως για παράδειγμα το ηλεκτροφόρο χέλι.



Εικόνα 1: Ώριμο άτομο χελιού.

Τα περισσότερα χέλια ζουν στον ωκεανό, σε ρηχά κυρίως νερά, χωμένα στην άμμο, τη λάσπη ή ανάμεσα σε βράχια. Είναι νυκτόβια και σπάνια παρατηρούνται.

Τα χέλια είναι ιδιαίτερα δημοφιλή πειραματόζωα. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στην εξαιρετικά σημαντική αντοχή τους σε πειραματικές συνθήκες, αλλά και σε πολλά διακριτικά χαρακτηριστικά που φέρουν, όπως η αντοχή τους σε μεγάλες μεταβολές αλατότητας (ευρύαλα είδη), τα διαφορετικά πρότυπα συμπεριφοράς, η πολυσταδιακή μεταμόρφωση κατά την οντογένεση, η μεγάλη αντοχή και η ικανότητα να πλοηγούνται κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης και τέλος, ακόμα και το ασυνήθιστο σχήμα του σώματός τους [1].

1.2 Περιγραφή του είδους *Anguilla anguilla*

1.2.1 Συστηματική ταξινόμηση

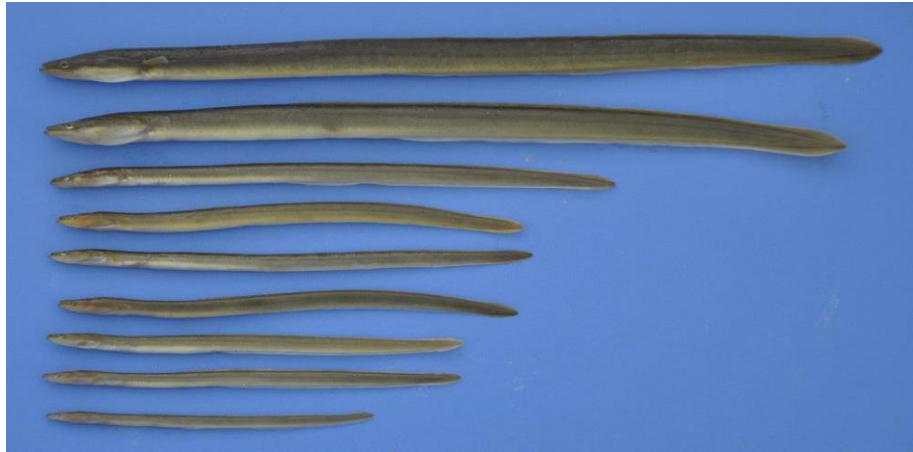
Σύμφωνα με τον L. S. Berg (1940) η ταξινόμηση του ευρωπαϊκού χελιού είναι η ακόλουθη:

- Βασίλειο: Ζώα (Animalia)
- Συνομοταξία-Φύλο: Χορδωτά (Chordata)
- Ομοταξία: Ακτινοπτερύγιοι (Actinopterygii)
- Υφομοταξία: Νεοπτερύγιοι (Neopterygii)
- Ανθυφομοταξία: Τελεόστεοι (Teleostei)
- Τάξη: Εγγελυόμορφα (Anguilliformes)
- Υποτάξη: Anguilloidei
- Οικογένεια: Anguillidae
- Γένος: *Anguilla*
- Είδος: *Anguilla anguilla*

1.2.2 Γενικά διαγνωστικά χαρακτηριστικά

Είναι σχετικά μεγάλα ψάρια. Διαθέτουν επίμηκες σώμα, κυλινδρικό μπροστά και κάπως πεπιεσμένο πλευρικά στο πίσω μέρος. Το κεφάλι που διαθέτουν είναι στενό και αυτό τα βοηθά να κρύβονται στην άμμο, στη λάσπη και σε μικρές τρύπες. Τα μάτια είναι στρογγυλεμένα, μικρά στα νεαρά χέλια και στα κιτρινόχελα, μεγάλα σε αργυρόχελα. Η κάτω σιαγόνα προεξέχει σε σχέση με την πάνω. Τα δόντια είναι λεπτά και τοποθετούνται σε ζώνες και στις δύο σιαγώνες. Τα βραγχιακά ανοίγματα είναι μικρά και κάθετα, ενώ περιορίζονται στα πλάγια. Τα ραχιαία και τα εδρικά πτερύγια έχουν ενωθεί με το ουραίο πτερύγιο. Δεν υπάρχουν κοιλιακά πτερύγια και πυελική ζώνη. Οι σπόνδυλοι είναι 110-119 και η πλευρική γραμμή είναι γενικά εμφανής. Το σώμα καλύπτεται από λεπτά, ελλειπτικά λέπια.

Τα ευρωπαϊκά χέλια έχουν έναν ιδιαίτερο κύκλο ζωής. Τα χαρακτηριστικά που φέρουν διαφέρουν ανάλογα με το αναπτυξιακό στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, οι ενήλικες του γλυκού νερού διαθέτουν χρώμα πρασινωπό-καφέ και μαύρο, κιτρινωπό στην κοιλιά (κιτρινόχελο), ενώ το χρώμα αυτό αλλάζει σταδιακά σε μαυριδερό στην πλάτη και φωτεινό ασημί στις πλευρές και την κοιλιά (αργυρόχελο) κατά την περίοδο της μετανάστευσης για αναπαραγωγή και ωοτοκία. Ο λεπτοκέφαλος, το γυαλόχελο είναι διαφανείς και τα άτομα του αναπτυξιακού σταδίου elver έχουν πρασινωπό-καφέ χρώμα και πολύ σπάνια έχουν εντοπιστεί άτομα χρώματος πορτοκαλί. Όσον αφορά το μέγεθος, τα θηλυκά φτάνουν μέχρι 137cm και τα αρσενικά μέχρι 51cm αλλά συνήθως τα θηλυκά είναι 40-60cm και τα αρσενικά 30-40cm. Μέγιστο βάρος του είδους μπορεί να είναι και τα 9 κιλά [2].



Εικόνα 2: Χέλια του αναπτυξιακού σταδίου elver (φωτογραφία από τον Salim Serkan G, <http://www.fishbase.org/photos/thumbnailsummary.php?ID=35#>).

1.2.3 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση

Τα χέλια του γένους *Anguilla* αποτελούνται από 18 είδη/υποείδη και είναι ευρέως διαδεδομένα σε ολόκληρο τον κόσμο. Εξαπλώνονται στις πιο τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές, εκτός από το Βόρειο Ατλαντικό και στις δυτικές ακτές της Βόρειας και Νότιας Αμερικής. Τα χέλια είναι κατάδρομα είδη, με τα νεαρά στάδια να διαβιούν σε δέλτα ποταμών, ποτάμια και λίμνες και με την ωτοκία να συμβαίνει στον ωκεανό.

Ο κατάδρομος κύκλος ζωής των *Anguillids* είναι μοναδικός, επειδή έχουν σχετικά μεγάλη ανάπτυξη προνυμφών κάτι που είναι μια ιδιόμορφη περίπτωση προνύμφης των Ελοπόμορφων ψαριών [3]. Αφού οι λεπτοκέφαλοι φθάσουν στις παράκτιες περιοχές, μεταμορφώνονται σε γυαλόχελα και καταλήγουν σε γλυκά νερά. Ιστορικά, ήταν γνωστό μόνο ότι τα αργυρόχελα μετανάστευαν πίσω στον ωκεανό, αλλά το πού γίνεται η ωτοκία και το πού γίνεται η ανάπτυξη των προνυμφών δεν ήταν γνωστό.

Αυτό άλλαξε όταν στην αρχή του περασμένου αιώνα ο Δανός βιολόγος Johannes Schmidt ανακάλυψε ότι το μέρος αναπαραγωγής των χελιών του Ατλαντικού, *Anguilla anguilla* ήταν η θάλασσα των Σαργασσών, μετά από περίπου 20 χρόνια μελετών σε όλο το βόρειο Ατλαντικό ωκεανό [4]. Αυτή η ανακάλυψη υπέδειξε καθαρά ότι το Ευρωπαϊκό χέλι κάνει μια σημαντικά μεγάλη μετανάστευση πολλών χιλιάδων χιλιομέτρων. Το *A. anguilla* εξαπλώνεται κατά μήκος των ακτών του Βορείου Ατλαντικού, από τη Σκανδιναβία έως τη βόρεια Αφρική και από τις Αζόρες έως την ανατολική Μεσόγειο. Όλα τα είδη βρίσκονται και στα αντίστοιχα εσωτερικά ύδατα των περιοχών που βρέχονται από τις θάλασσες αυτές. Τα χέλια

απουσιάζουν από τα παράλια της Νότιας Αμερικής, ενώ, δεν απαντώνται στις δυτικές ακτές της Αμερικής, της Αφρικής και της Αυστραλίας. Πιθανώς, το πρότυπο κατανομής των χελιών σχετίζεται με την κυκλοφορία των ωκεανών [1].



Εικόνα 3: Περιοχή εξάπλωσης του *Anguilla anguilla* (Oceana –Protecting the World’s Ocean).

1.2.4 Ενδιαίτημα και διατροφή στο φυσικό περιβάλλον

Το ευρωπαϊκό χέλι βρίσκεται σε μια ποικιλία ενδιαιτημάτων από μικρά ρυάκια μέχρι μεγάλους ποταμούς και λίμνες, και σε εκβολές ποταμών, λιμνοθάλασσες και παράκτια ύδατα. Τα παραπάνω υδάτινα οικοσυστήματα καταλήγουν πάντα στη θάλασσα [5].

Το είδος *Anguilla anguilla* έχει εντελώς διαφορετικές δίαιτες κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων της ζωής του. Δεν έχει ανακαλυφθεί τροφικό περιεχόμενο ποτέ στον πεπτικό σωλήνα του λεπτοκέφαλου, ως εκ τούτου, η διατροφή τους είναι άγνωστη [6]. Τα γυαλόχελα καταναλώνουν προνύμφες εντόμων, νεκρά ψάρια, και μικρά καρκινοειδή. Τα ενήλικα χέλια τρέφονται με μια ποικιλία οργανισμών αλλά γενικά επιλέγουν πανίδα χερσαίου ή θαλάσσιου περιβάλλοντος ή γλυκών υδάτων. Βασική πηγή τροφής τους είναι τα υδρόβια ασπόνδυλα, αλλά τρέφονται ουσιαστικά με οποιαδήποτε τροφή μπορούν να βρουν, ακόμα και με νεκρούς οργανισμούς [7]. Έχει αναφερθεί ότι το ευρωπαϊκό χέλι εκτελεί άλματα έξω από το νερό κατά τη διάρκεια του χειμώνα και τρέφεται με χερσαία ασπόνδυλα [8].

1.2.5 Βιολογικός κύκλος και αναπαραγωγή

Τα χέλια διαθέτουν έναν ασυνήθιστο και πολύπλοκο κύκλο ζωής. Είναι κατάδρομα είδη, που σημαίνει ότι περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους σε υφάλμυρα και γλυκά νερά αλλά μεταναστεύουν στη θάλασσα για να ωοτοκήσουν. Σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη, τα ώριμα άτομα *A. anguilla* μετακινούνται από τα ύδατα που διαβιούν στη Θάλασσα των Σαργασσών (Δυτικός Ατλαντικός ωκεανός) για να αναπαραχθούν την περίοδο Ιανουαρίου-Απριλίου [4].

Όλα τα άτομα του είδους αναπαράγονται στην ίδια περιοχή και δεν έχει παρατηρηθεί στα ενήλικα άτομα το φαινόμενο της επιστροφής στις προγονικές περιοχές, δηλαδή εκεί όπου γεννήθηκαν (homing), γεγονός που οδηγεί στην υπόθεση ότι τα χέλια αναπαράγονται μία μόνο φορά και πεθαίνουν (χρόνος ζωής 25 έτη περίπου).

Αναφορικά με το ευρωπαϊκό χέλι, μετά την ωοτοκία και αφού ολοκληρωθεί η εκκόλαψη ακολουθεί το στάδιο του προ-λεπτοκέφαλου και αργότερα του λεπτοκέφαλου (πρόκειται για μικροσκοπικές ιχθυονύμφες). Στη συνέχεια, οι λεπτοκέφαλοι, μεταφέρονται με τη βοήθεια των ρευμάτων (Ρεύμα του Κόλπου & Ρεύμα του Βορείου Ατλαντικού), στις παράκτιες περιοχές εξάπλωσης τους. Κατά τη διάρκεια της μετακίνησής τους ο λεπτοκέφαλος μεταμορφώνεται σε γυαλόχελο.

Το γυαλόχελο κινείται στις παράκτιες περιοχές και στις εκβολές. Καθώς τα γυαλόχελα συνεχίζουν τη μετανάστευσή στα γλυκά νερά συσσωρεύονται σταδιακά χρωστικές στο δέρμα τους, το οποίο αποκτά σκουρότερο χρώμα. Σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής τα χέλια αναφέρονται ως elvers (δεν υπάρχει δόκιμος όρος στα ελληνικά γι' αυτό το στάδιο). Τα elvers εξελίσσονται σε κιτρινόχελα. Τα κιτρινόχελα θα φτάσουν τελικά μετά από 5-7 χρόνια στη γεννητική ωριμότητα οπότε και σηματοδοτείται το στάδιο του αργυρόχελου. Το αργυρόχελο σταματά να τρέφεται και μεταναστεύει το φθινόπωρο και νωρίς το χειμώνα (κυρίως Οκτώβρη-Νοέμβρη) στη θάλασσα. Ακολούθως, ξεκινά το ταξίδι για ωοτοκία στη Θάλασσα των Σαργασσών.



Εικόνα 4: Κύκλος ζωής ευρωπαϊκού χελιού (Τροποποιημένη από cefas.defra.gov.uk).

1.2.6 Μετανάστευση και περιβαλλοντικοί παράγοντες

Τα χέλια μεταναστεύουν σε μεγάλες ομάδες κατά τη διάρκεια μεταναστευτικών περιόδων: συγκεντρώνονται από ρεύματα και μικρά ποτάμια συστήματα λεκανών απορροής μεγάλων ποτάμιων συστημάτων της Ευρώπης. Όπως έγραψε ο Lowe (1952), η καθοδική μετανάστευση των αργυρόχελων εξαρτάται από τρία πράγματα: τον αριθμό των διαθέσιμων αργυρόχελων στη λίμνη ή στο ποτάμι, τις εξωτερικές συνθήκες (όπως παροχή νερού, συνθήκες φωτισμού) και την απόκριση του χελιού σε αυτές τις εξωτερικές συνθήκες.

Όταν το χέλι μεταμορφωθεί σε αργυρόχελο, είναι έτοιμο να ξεκινήσει την καθοδική του μετανάστευση. Αλλάζει η μεταναστευτική του συμπεριφορά και γίνεται δεκτικό σε συγκεκριμένους μεταναστευτικούς παράγοντες οι οποίοι θα προκαλέσουν την κατάδρομη μετανάστευση. Η ανάγκη για μετανάστευση είναι τόσο ισχυρή, ώστε τα χέλια πολλές φορές αφήνουν το νερό προκειμένου να διαφύγουν [1].

Η περισσότερη πληροφορία για το χρόνο και τη δυναμική των κατάδρομων μεταναστεύσεων, προέρχεται από τη βιομηχανία της εμπορικής αλιείας. Οι κατάδρομες κινήσεις του Ευρωπαϊκού αργυρόχελου ξεκινούν, τυπικά, το φθινόπωρο και διαρκούν έως νωρίς την άνοιξη. Υπάρχουν αναφορές ότι καθοδικές κινήσεις λαμβάνουν χώρα και την άνοιξη. Αυτές συχνά συμβαίνουν σε περιοχές συνδεδεμένες με φράγματα, όπως αναφέρεται στη μελέτη του Feunteun et al. (2000) [9] και Acou et al. (2008) [10]. Από μελέτες, εμφανίζεται ότι τα χέλια ξεκινούν

τη μετανάστευση νωρίτερα στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, όπως στον ποταμό Imsa στη Νορβηγία [11]. Ίσως αυτή η πρόωρη μετανάστευση από αυτές τις περιοχές να συμβαίνει γιατί τα χέλια έχουν μεγαλύτερη απόσταση να διανύσουν από αυτά τα σημεία, σε σχέση με άλλες περιοχές, και έτσι να φθάνουν την ίδια χρονική στιγμή στην περιοχή ωοτοκίας μαζί με τους άλλους υποπληθυσμούς.

Η μετανάστευση των χελιών τυπικά συμβαίνει τη νύχτα και κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Οι μεταναστευτικές κινήσεις έχουν συσχετισθεί με περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της παροχής του νερού (βροχόπτωση, πλημμύρες, ροή από τα φράγματα) και χαμηλές συνθήκες φωτισμού (άνεμος, αύξηση θολερότητας, φάσεις σελήνης) [12]. Η μετανάστευση, όμως, συμπίπτει με μείωση της θερμοκρασίας το χειμώνα. Η μετανάστευση των αργυρόχελων συμβαίνει κυρίως μετά την πανσέληνο και αυξάνεται με τη ροή του νερού, συχνά τις βροχερές περιόδους το φθινόπωρο. Τα κύρια καθοδικά γεγονότα συμβαίνουν μετά το ηλιοβασίλεμα και πριν τα μεσάνυχτα. Οι πιο σημαντικές παράμετροι που μειώνουν τη μετανάστευση των αργυρόχελων φαίνεται να είναι η μείωση της ροής του νερού, η μείωση της θολερότητας και το σκοτάδι. Αυτά τα εναύσματα έχει βρεθεί ότι είναι σημαντικά και σε σχέση με την έναρξη της μετανάστευσης στις περισσότερες μελέτες. Ωστόσο, αν και τα αργυρόχελα κατεβαίνουν τα ποτάμια όταν η ροή αυξάνεται [13], δεν συνδέεται η ροή του ποταμού με τα γεγονότα μετανάστευσης. Επίσης, το σκοτάδι φαίνεται να είναι προαπαιτούμενο για να συμβεί η μετανάστευση. Αυτοί οι παράγοντες πιστεύεται ότι παίζουν ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα ζώα και ότι τα προστατεύουν από θηρευτές κατά τη διάρκεια της κατάδρομης μετανάστευσης [14].

1.3 Αλιεία ευρωπαϊκού χελιού

Η αλιεία του είδους *Anguilla anguilla* πραγματοποιείται σε δύο διαφορετικά ηλικιακά στάδια, στα νεαρά άτομα (γυαλόχελο, elver) και στα ενήλικα άτομα, (κιτρινόχελο, αργυρόχελο). Η αλιεία γυαλόχελου σε όλη την Ευρώπη δείχνει μια χρονική κατανομή από τον Οκτώβριο μέχρι το Μάιο. Η αλιεία κιτρινόχελου ξεκινά κυρίως τον Απρίλιο με μέγιστο σημείο τους μήνες Ιούνιο/Ιούλιο και ακολουθεί μια μείωση μέχρι τον Οκτώβριο όπου και η περίοδος τελειώνει. Το πρότυπο αλιείας για το αργυρόχελο είναι παρόμοιο με αυτό για το κιτρινόχελο, αλλά το μέγιστο σημειώνεται τους μήνες Αύγουστο-Οκτώβριο. Τα ευρωπαϊκά χέλια αλιεύονται με διάφορους τρόπους όπως με τράτες, ηλεκτρικό ψάρεμα, παγίδες, φράγματα κ.α. Τα νεαρά χέλια παγιδεύονται γιατί αποτελούν τροφή αλλά χρησιμοποιούνται και για εντατική καλλιέργεια σε λίμνες όπως στην Ιαπωνία.

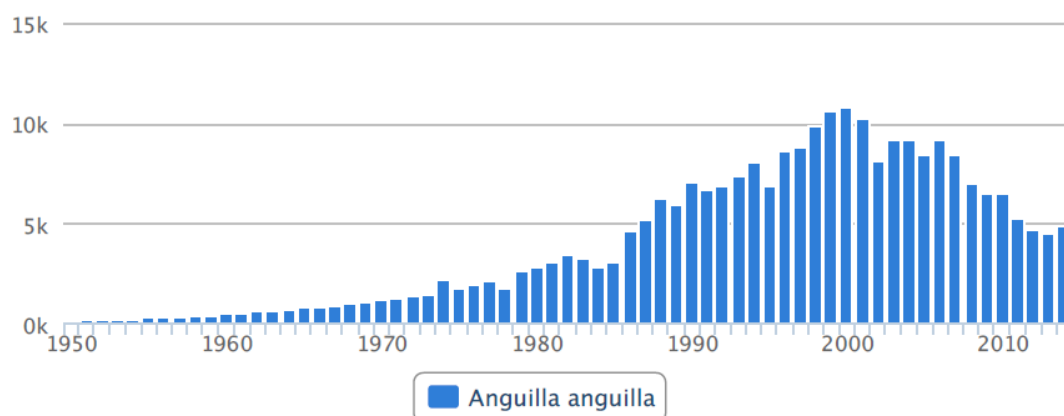
1.4 Καλλιέργεια ευρωπαϊκού χελιού

Η παγκόσμια ζήτηση για χέλια ικανοποιείται σε μεγάλο βαθμό από την ιχθυοκαλλιέργεια δύο ειδών, του *Anguilla japonica* και του ευρωπαϊκού χελιού *Anguilla anguilla*. Η τιμή αγοράς των χελιών είναι υψηλή, έτσι η οικονομική αξία των καλλιεργημένων χελιών είναι σημαντική. Έχει παρατηρηθεί ότι η σημασία του ευρωπαϊκού χελιού ως καλλιεργούμενο είδος έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια [1].

Στην εικόνα 5 απεικονίζεται η συνολική παραγωγή ευρωπαϊκού χελιού σε τόνους. Το 2002, οι τρεις κορυφαίες χώρες παραγωγής των εκτρεφόμενων ευρωπαϊκών χελιών ήταν η Ολλανδία, η Ιταλία, και τη Δανία. Σημαντικές ποσότητες εκτρέφονται στην Ισπανία, την Ελλάδα, τη Σουηδία και τη Γερμανία, μαζί με μικρότερες ποσότητες σε ευρωπαϊκές και βορειοαφρικανικές χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Αλγερίας, την Ουγγαρία, τη Μακεδονία, και το Μαρόκο [15].

Global Aquaculture Production for species (tonnes)

Source: FAO FishStat



Εικόνα 5: Συνολική παραγωγή ευρωπαϊκού χελιού (σε τόνους).

Η παραγωγή ευρωπαϊκών χελιών στηρίζεται σε αλιεύματα από γυαλόχελα που χρησιμοποιούνται για περαιτέρω εκτροφή. Μέθοδος παραγωγής αποτελεί η εντατική παραγωγή με τη χρήση της τεχνολογίας επανακυκλοφορίας, διατηρώντας έτσι τη θερμοκρασία του νερού σταθερή περίπου στους 24°C. Τα χέλια συλλαμβάνονται γύρω από τις ακτές της Γαλλίας, της Πορτογαλίας, της Ισπανίας και του Ηνωμένου Βασιλείου και είτε χρησιμοποιούνται σε εθνικό επίπεδο ή εξάγονται σε καλλιεργητές χελιού σε διάφορες χώρες. Μερικά γυαλόχελα αλιεύονται στην Ισπανία και την Πορτογαλία με τη χρήση μεγάλων διχτυών (scour nets). Στη Γαλλία χρησιμοποιούνται μικρές μηχανότρατες.

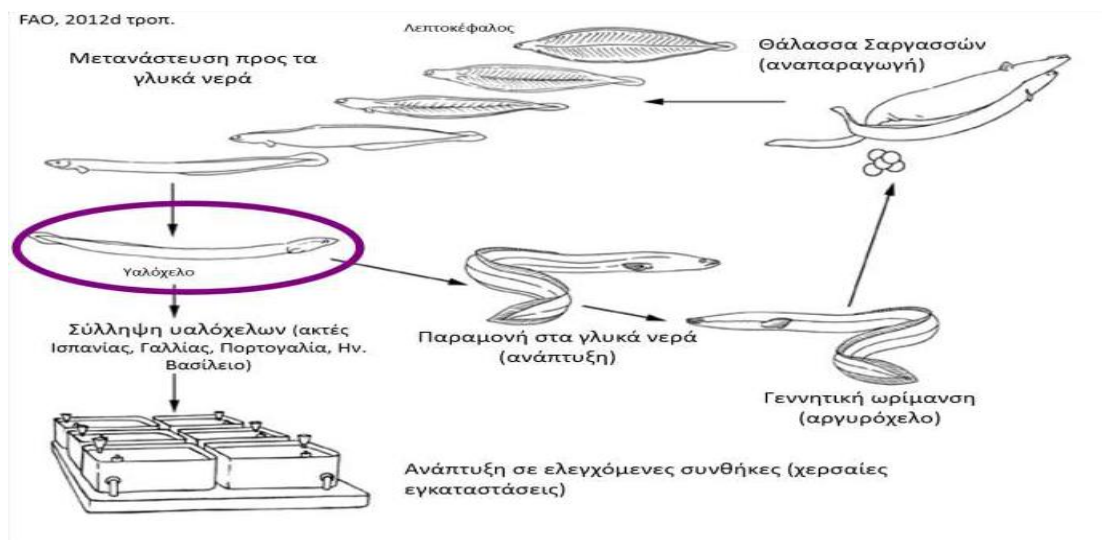
Στην αρχή τα γυαλόχελα (~ 0,33g το καθένα) διατηρούνται σε μικρές δεξαμενές των 3-4m². Η πυκνότητα σε αυτή τη φάση είναι 10-15kg/m². Τα χέλια εξετάζονται για ασθένειες και μετά τη διάγνωση, ακολουθεί θεραπεία. Την πρώτη περίοδο τα χέλια προσαρμόζονται αρχικά σε τεχνητές δίαιτες που περιλαμβάνουν αυγά Γάδου και αργότερα ξηρά τροφή.

Όταν τα χέλια φτάσουν περίπου σε βάρος τα 5g μεταφέρονται σε μια νέα μονάδα παραγωγής με μεγαλύτερες δεξαμενές (6-8m²) και σε διαφορετική πυκνότητα καλλιέργειας (50-75kg/m²). Σε αυτό το σημείο χορηγείται στα άτομα ξηρά τροφή σε μορφή συμπίκτων (1mm).

Η παραδοσιακή καλλιέργεια των χελιών στην Ευρώπη είναι σε υδατοσυλλογές περίπου των 100-350τ.μ. Όταν τα χέλια φτάσουν το μέγεθος με το οποίο μπορούν να εισέλθουν στο εμπόριο, μεταφέρονται σε μεγαλύτερης έκτασης υδατοσυλλογές (1000-1500m²). Το καλύτερο εύρος θερμοκρασιών είναι 18-25°C. Τα συστήματα επανακυκλοφορίας (circulation systems) αποτελούνται από τετράγωνες ή κυκλικές δεξαμενές των 25-100τ.μ., συνήθως από τσιμέντο ή γυαλί. Τα χέλια που εκτρέφονται σε αυτά τα συστήματα έχουν βάρος περίπου 50g. Οι πυκνότητες φτάνουν μέχρι 100-150kg/m². ενώ οι δεξαμενές τροφοδοτούνται με ξηρά τροφή (1,5-3mm) αυτόματα αρκετές φορές την ημέρα. Τα χέλια καλλιεργούνται εκτενώς σε θαλάσσια και υφάλμυρα νερά, μια μορφή υδατοκαλλιέργειας γνωστή ως «valliculture». Σε αυτά τα συστήματα της Μεσογείου, κυρίως στην Ιταλία, στη Βόρεια Αδριατική, τα νεαρά χέλια (elvers) έχουν βάρος 15-35g.

Η μερική συγκομιδή είναι σημαντική πτυχή της επιτυχούς καλλιέργειας χελιών. Η πραγματική τεχνική που χρησιμοποιείται είναι απλή αλλά η φροντίδα για ελαχιστοποίηση του stress των ατόμων είναι απαραίτητη. Η σίτιση διακόπτεται 1-2 μέρες πριν από την συγκομιδή. Τα χέλια που δεν έχουν φτάσει το απαιτούμενο μέγεθος για την αγορά επιστρέφουν στις δεξαμενές εκτροφής για περαιτέρω εκτροφή. Κατά τη διάρκεια όμως συγκομιδής, λαμβάνονται μέτρα για τη διατήρηση του οξυγόνου σε υψηλά επίπεδα. Μετά τη συγκομιδή, τα χέλια γρήγορα ταξινομούνται σε διαφορετικά μεγέθη, χρησιμοποιώντας συστήματα ταξινόμησης. Διατηρούνται σε δεξαμενές χωρίς τροφή για αρκετές ημέρες για την εκκαθάριση των στομάχων τους. Αν πρόκειται να καταναλωθούν φρέσκα ψύχονται, συσκευάζονται σε ισχυρά οξυγονωμένες πλαστικές σακούλες με τόσο νερό όσο χρειάζεται για να παραμένει το δέρμα των χελιών υγρό και μεταφέρονται στην αγορά. Αν προορίζονται για επεξεργασία μεταφέρονται ζωντανά απευθείας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Οι καλλιεργητές χελιών ανησυχούν κυρίως για την μελλοντική πρόσβαση σε νεαρά χέλια. Η εκτροφή των νεαρών χελιών χρησιμοποιείται σαν μια προσπάθεια να στηρίξει τα αποθέματα των χελιών στη φύση. Γενικά, η εμπορική αναπαραγωγή του ευρωπαϊκού χελιού στην αιχμαλωσία δεν είναι ακόμη επιτυχημένη, και είναι απίθανο να γίνει στο εγγύς μέλλον. [15]



Εικόνα 6: Κύκλος παραγωγής ευρωπαϊκού χελιού.

1.5 Κινητικές αποκρίσεις στα χέλια

Οι κατευθυνόμενες μη τυχαίες, αντανakλαστικές κινήσεις των οργανισμών σε ερεθίσματα ορίζονται ως τακτισμός. Ο τακτισμός μπορεί να είναι θετικός ή αρνητικός, ανάλογα με τα ερεθίσματα που τον προκαλούν. Χαρακτηριστικοί τακτισμοί στα χέλια είναι ο φωτοτακτισμός (προσανατολισμός σε σχέση με το φως) και ο θιγμοτακτισμός (απόκριση στην επαφή με επιφάνειες) [16].

1.5.1 Θιγμοτακτισμός

Έντονη θιγμοτακτική συμπεριφορά παρουσιάζει το ευρωπαϊκό χέλι όπως και όλα τα χέλια, όπου έρχονται σε επαφή με άλλα άτομα του είδους και με σταθερές επιφάνειες. Η επιλογή υποστρωμάτων με συγκεκριμένες ιδιότητες από τα χέλια όπως τα βράχια, οι πέτρες, ή το μαλακό ίζημα στο οποίο θάβονται, σχετίζονται με την κρυπτική συμπεριφορά που επιδεικνύουν για την επιβίωσή τους. Τα χέλια δεν έρχονται σε επαφή μόνο με υποστρώματα στο ενδιαίτημα διαβίωσής τους κάθε φορά αλλά και με άλλα άτομα, όπου συγκεντρώνονται το ένα πάνω στο άλλο προσπαθώντας να μεγιστοποιήσουν την επαφή τους με άλλες επιφάνειες. Η θιγμοτακτική συμπεριφορά στα χέλια είναι φανερό ότι προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς γνωρίζουμε κυρίως ότι είναι νυκτόβια πλάσματα και

τρέφονται την νύκτα όπου η αίσθηση της όρασης δεν τους είναι ιδιαίτερα χρήσιμη [16].

1.5.2 Φωτοτακτισμός

Τα χέλια όπως και το *Anguilla anguilla* εμφανίζουν αρνητικό φωτοτακτισμό. Ο αρνητικός φωτοτακτισμός συνδέεται με την κρυπτική συμπεριφορά των χελιών τα οποία επιλέγουν να κρύβονται κάτω από βράχια, πέτρες ή θάβονται σε αμμώδη και λασπώδη υποστρώματα. Οι εποχιακές και καθημερινές αντιδράσεις λόγω της φυσιολογίας αναπαραγωγής του είδους επηρεάζονται μέχρι κάποιου βαθμού από το φως. Στο αναπαραγωγικό ταξίδι τα άτομα του είδους, κολυμπούν σε βάθη μεγαλύτερα των 400 μέτρων κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά το βράδυ ανεβαίνουν σε πιο επιφανειακά νερά, από 50 έως 15 μέτρα βάθος [16].

1.6 Επιθετική συμπεριφορά

Τα ψάρια αποτελούν πλέον δημοφιλή και επιτυχημένα πειραματόζωα σπονδυλωτών οργανισμών για την μελέτη των κοινωνικών σχέσεων. Αυτό συμβαίνει διότι για παράδειγμα οι επιθετικές συμπεριφορές των ψαριών παρατηρούνται με ευκολία (κυνήγι, απειλές κτλ), τα μέλη της ομάδας είναι ευδιάκριτα, διατηρούν την θέση που έχουν στην ιεραρχία για μεγάλα χρονικά διαστήματα, καθώς επίσης ο χειρισμός τους σε εργαστηριακές συνθήκες είναι εύκολος.

Μια από τις βασικές μορφές των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων είναι η επιθετική συμπεριφορά. Τα ζώα εκφράζουν επιθετική συμπεριφορά ώστε να ελέγξουν έναν πόρο. Ένας απλός ορισμός της επιθετικότητας είναι: η συμπεριφορά ενός ζώου που πιθανώς μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε ένα άλλο ζώο. Από αυτόν τον ορισμό εξαιρούνται τα πρότυπα συμπεριφοράς που αφορούν την τροφή και τις επιθέσεις σε πιθανούς θηρευτές [17]. Η επιθετικότητα είναι μια φυσική αντίδραση ανταγωνισμού μεταξύ των ειδών. Τα ψάρια δεν αποτελούν εξαίρεση, αγωνίζονται για πόρους όπως η τροφή, οι περιοχές στις οποίες χορηγείται τροφή, οι περιοχές ωοτοκίας και οι φωλιές. Όσον αφορά στην ευκολία και στην ένταση με την οποία ένα ψάρι αγωνίζεται, υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεταξύ των ειδών και αυτό έχει επιπτώσεις στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας [17].

Η επιθετική συμπεριφορά φαίνεται να έχει γενετική βάση αλλά επίσης επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η συχνότητα των επιθετικών συμπλοκών μεταβάλλεται κατά την διάρκεια ανάπτυξης των ιχθύων, για παράδειγμα όταν τα ψάρια αλλάζουν περιβάλλον διαβίωσης ή όταν ωριμάζουν γεννητικά. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της επιθετικότητας επηρεάζεται από μια

πληθώρα περιβαλλοντικών παραγόντων. Η αλληλεπίδραση των γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων καθορίζει την συμπεριφορά των ψαριών σε μια επιθετική ενέργεια σε όλα τα στάδια της ζωής τους. Ενδεχομένως λοιπόν σε συνθήκες εκτροφής να υπάρχει δυνατότητα τροποποίησης αυτής της συμπεριφοράς [17].

Η συμμετοχή ή όχι σε μια επιθετική συμπλοκή φαίνεται να καθορίζεται από την κατάσταση του ψαριού και κάποιου είδους μη συνειδητής εξισορρόπησης μεταξύ του οφέλους-κόστους που θα προέκυπτε από τη συμπλοκή [18], [19]. Το ψάρι που αναδεικνύεται νικητής, αποκτά οφέλη με τη μορφή της αποκλειστικής ή προνομιακής πρόσβασης σε πόρους που είναι ζωτικής σημασίας [17]. Οι επιθετικές ενέργειες επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο όλων των ψαριών που συμμετέχουν, ανεξαρτήτως εάν ένα ψάρι αναδεικνύεται νικητής ή ηττημένος.

Το είδος *Anguilla anguilla* παρουσιάζει γενικά μοναχική και χωροκρατική συμπεριφορά (εκτός από την περίοδο της μετανάστευσης) έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι σε περιβάλλοντα όπου συνυπάρχουν πολλά άτομα του είδους μαζί, διαφοροποιείται η συμπεριφορά των χελιών και αναπτύσσονται κοινωνικές σχέσεις και συγκεκριμένα εκφράζεται επιθετική συμπεριφορά, με σημαντική επίδραση στα άτομα.

1.7 Διατροφική συμπεριφορά

Η διατροφική συμπεριφορά των ψαριών είναι σύνθετη και έχει μελετηθεί εκτενώς σε εκτρεφόμενα ψάρια και σε ψάρια στο φυσικό περιβάλλον. Επιστημονικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και στα χέλια. Πολλές συμπεριφορικές αποκρίσεις έχουν συνδεθεί με τους τρόπους και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση τροφής, σίτισης, τις διατροφικές συνήθειες, τη συχνότητα της σίτισης, τους μηχανισμούς ανίχνευσης των τροφών και τις διατροφικές προτιμήσεις. Είναι γνωστό ότι διάφοροι συνδυασμοί αισθητηρίων συστημάτων κατά τη διάρκεια των διάφορων φάσεων της αναγνώρισης της γεύσης και της σίτισης είναι αναγκαίοι για την επίτευξη της επιθυμητής κατανάλωσης τροφής. Ωστόσο, η αποδοχή ή η απόρριψη ενός είδους τροφής εξαρτάται συνήθως από τα ερεθίσματα που λαμβάνουν οι χημειοϋποδοχείς. Τα ψάρια διαθέτουν χημειοαισθητήρια συστήματα. Ο ρόλος του κάθε συστήματος είναι συχνά δύσκολο να διακριθεί, επειδή κάθε σύστημα ανταποκρίνεται σε υδατικά χημικά ερεθίσματα, μερικά από τα οποία μπορεί να είναι κοινά σε αυτά τα διαφορετικά συστήματα.

Οι κυριότεροι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη διατροφική συμπεριφορά των ψαριών είναι η πυκνότητα εκτροφής, η αναλογία των φύλων, η αναπαραγωγική κατάσταση και οι βιολογικοί ρυθμοί, και έχουν υποβληθεί σε

περιορισμένη έρευνα με τα αποτελέσματα συχνά να ποικίλουν ανάμεσα στα είδη αλλά και μέσα στο ίδιο είδος. Κυρίως περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η διάρκεια της ημέρας ή της θερμοκρασίας μπορούν να λειτουργούν ως ρυθμιστές της διατροφικής συμπεριφοράς. Πολλά είδη ψαριών αλλάζουν την προτιμώμενη ώρα σίτισης καθ' όλη την ημέρα με βάση τις επιδράσεις των βιοτικών παραγόντων (όπως απειλή της θήρευσης) και αβιοτικών παραγόντων (όπως συνθήκες φωτισμού). Η προτίμηση τροφής των ψαριών μπορεί επίσης να επηρεαστεί από άλλους περιβαλλοντικούς ρυθμούς, όπως οι ετήσιες (εποχικές) αλλαγές και η παλιρροϊκή ενέργεια (σεληνιακές φάσεις).

Τα ψάρια εντοπίζουν την τροφή στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον κυρίως μέσω της όσφρησης. Ωστόσο, η εμφάνιση, η οσμή και η γεύση της τροφής είναι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν αν αυτή θα πρέπει να καταποθεί ή να απορριφθεί [20].

Τα ευρωπαϊκά χέλια έχουν εντελώς διαφορετικές δίαιτες κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων της ζωής τους. Τα νεαρά χέλια καταναλώνουν κυρίως pronύμφες εντόμων, νεκρά ψάρια, μικρά καρκινοειδή, σκώληκες. Οπτικά, μηχανικά και ηλεκτρικά ερεθίσματα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με κάποια χαρακτηριστικά μιας πιθανής λείας αλλά δεν παρέχουν καμία πληροφορία για την θρεπτικής της σύσταση. Αντίθετα οι χημειοϋποδοχείς μπορούν να παρέχουν τέτοιες πληροφορίες. Τα χέλια ανάλογα με το αναπτυξιακό στάδιο εντοπίζουν την τροφή με την όραση ή την όσφρηση. Όπως είναι γνωστό ως νυκτόβιοι οργανισμοί, βγαίνουν από της κρυψώνες τους μετά τη δύση του ηλίου κυρίως για να τραφούν. Αυτό το επιτυγχάνουν με την ιδιαίτερα ανεπτυγμένη αίσθηση της όσφρησης που παρουσιάζουν έναντι της όρασης και την θιγμοτακτική συμπεριφορά που εκδηλώνουν. Τέλος, δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερη συμπεριφορά πριν την κατάποση της τροφής όπως ακριβώς και οι υπόλοιποι Τελεόστεοι [21].

1.8 Σκοπός της εργασίας

Στις τεχνικές εκτροφής όλες οι πληροφορίες για την συμπεριφορά των ζώων είναι σημαντικές [22]. Ιδιαίτερης σημασίας είναι και η εκτίμηση των αναγκών των ψαριών όπου πραγματοποιείται μέσω δοκιμών προτίμησης που μπορεί να δώσουν πληροφορίες σχετικά με την επιλογή καταφυγίου, με την επιλογή προτίμησης τροφής κλπ.

Συγκεκριμένα όσον αφορά τη συμπεριφορά στα χέλια έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες πάνω στην διατροφική συμπεριφορά [23]-[28] την επιθετική συμπεριφορά [25], [26] και την κινητική δραστηριότητα [23], [27]-[31] σε σχέση με μεταβλητούς παράγοντες, όπως η ροή του νερού [28], [32]-[34] η θερμοκρασία [28], [29], [31] η επίδραση του φωτός [28], [30], [33], [34] η

διαθεσιμότητα του καταφυγίου [35], [36] το μέγεθος του σώματος [31] και η πυκνότητα εκτροφής [35], [36].

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξεταστούν διάφορες παράμετροι συμπεριφοράς όπως η επιλογή υποστρώματος, οι επιθετικές ενέργειες, η διατροφική συμπεριφορά.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Πειραματόζωα

Για τους σκοπούς των τριών πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν 122 άτομα του είδους *Anguilla anguilla* με μέσο βάρος $1,94 \pm 0,253$ g και μήκος $10,23 \pm 0,275$ cm (πίνακας 1). Τα άτομα των ιχθύων επιλέχθηκαν ύστερα από προζύγισμα ενώ είχαν εγκλιματιστεί στις συνθήκες εργαστηρίου. Τα χέλια προέρχονταν από ένα ιχθυοτροφείο στα Γιάννενα και είχαν αλιευθεί πριν προσαρμοστούν σε συνθήκες εκτροφής, το χρονικό διάστημα Ιανουάριος-Μάιος από εκβολές ποταμών στην Αγγλία. Τα άτομα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι πειραματικές επεμβάσεις βρίσκονταν στο αναπτυξιακό στάδιο elver. Όλα τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν δεν είχαν συμμετάσχει στο παρελθόν σε άλλα πειράματα.

Πίνακας 1: Μήκος και βάρος ατόμων που εκτράφηκαν στα ενυδρεία για την διεξαγωγή των πειραμάτων.

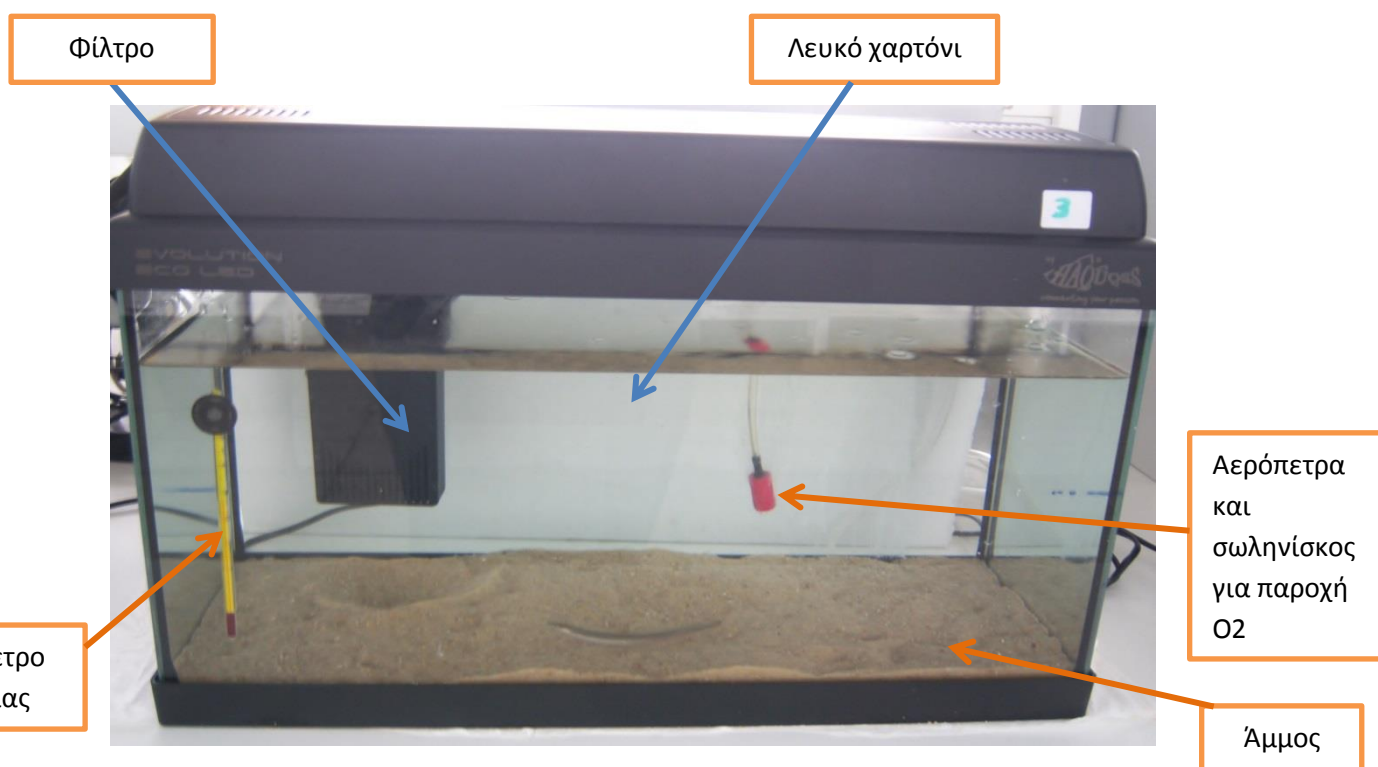
	Μέση Τιμή	Τυπικό σφάλμα	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή
Μήκος (cm)	10,23	0.275	14	7,5
Βάρος (g)	1,94	0,253	4,4	0,3

Στο εργαστήριο αφού παραλείφθηκαν συνολικά 200 πειραματόζωα κατανεμήθηκαν σε δύο μεγάλες πλαστικές δεξαμενές. Η κάθε δεξαμενή διέθετε φίλτρο με υαλοβάμβακα και υλικά φιλτραρίσματος καθώς και αεραντλίες με αερόπετρες. Μετά από δύο μέρες εγκλιματισμού χορηγήθηκε στα χέλια ιχθυοτροφή υπό μορφή συμπήκτων (micropellets). Δεν παρατηρήθηκε τις πρώτες μέρες ιδιαίτερη συμμετοχή των ψαριών στο γεύμα.

2.2 Περιγραφή πειραματικών ενυδρείων και εξοπλισμού

Για τις παρατηρήσεις χρησιμοποιήθηκαν 13 υάλινα ορθογώνια ενυδρεία διαστάσεων 51x23x35 (μήκος x πλάτος x ύψος) και συνολικού όγκου 33L ανά ενυδρείο. Σε κάθε ενυδρείο τοποθετήθηκε ακριβώς 22L νερού βρύσης (στο οποίο είχε χορηγηθεί σύμφωνα με συγκεκριμένο πρόγραμμα βελτιωτικό νερού με βακτήρια και αντιχλώριο) και θερμόμετρο ακριβείας για τη μέτρηση θερμοκρασίας. Ανάλογα με το πείραμα που πραγματοποιούνταν κάθε φορά, στα ενυδρεία είχαν τοποθετηθεί άμμος, άμμος και σωλήνες, μόνο σωλήνες ή κανένα υπόστρωμα. Η άμμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν λεπτόκοκκη και χρώματος μπεζ και τοποθετήθηκε στα ενυδρεία σε ύψος 2cm. Η επιλογή του συγκεκριμένου υποστρώματος έγινε κυρίως διότι δεν προκαλεί αλλαγές στην ποιότητα του νερού αφού δεν αντιδρά χημικά με αυτό. Οι σωλήνες ήταν πλαστικοί και σκουρόχρωμοι-

γκρι (για να μην αντανakλούν έντονα το φως και ενοχλούν τα πειραματόζωα) μήκους 34cm και διαμέτρου 5cm. Για τον καθαρισμό του νερού κάθε ενυδρείο διέθετε μηχανικά (υαλοβάμβακας) και βιολογικά (χαλίκια) φίλτρα. Κάθε ενυδρείο διέθετε ακόμη σύστημα παροχής ατμοσφαιρικού αέρα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας στο νερό διοχετεύονταν μέσω πλαστικών σωληνίσκων διαμέτρου 6mm, οι οποίοι κατέληγαν σε ειδικές κατασκευές ομοιόμορφης απελευθέρωσης αέρα στο νερό με τη μορφή μικροσκοπικών φυσαλίδων (αερόπετρες). Τα πίσω τοιχώματα του κάθε ενυδρείου ήταν καλυμμένα με λευκό χαρτόνι.



Εικόνα 10: Διαμόρφωση ενυδρείων παρατήρησης. Το παραπάνω ενυδρείο συμμετείχε σε δύο πειράματα. Τα υπόλοιπα ενυδρεία διαμορφώθηκαν με τον ίδιο τρόπο με την μόνη διαφορά ότι τα υπόλοιπα διέθεταν διαφορετικό υπόστρωμα (άμμο και σωλήνες, σωλήνες, καθόλου υπόστρωμα) ή διαφορετικό αριθμό ατόμων (2^ο πείραμα).

2.3 Πειραματικός σχεδιασμός

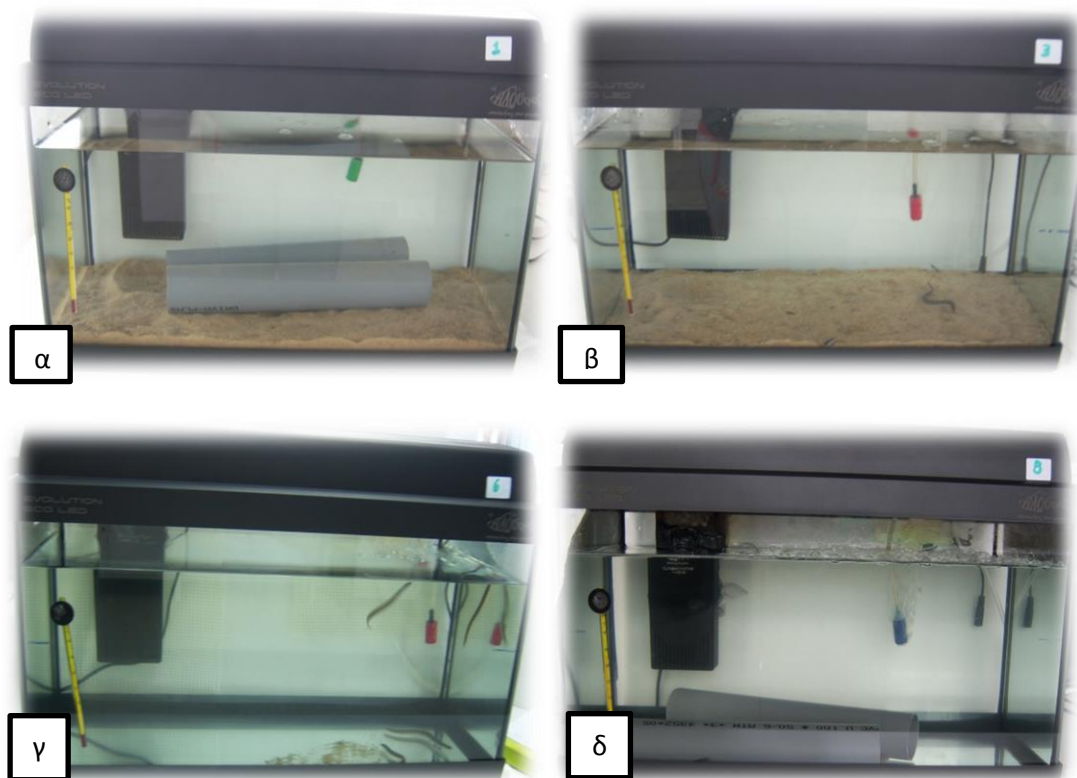
Συνολικά η διάρκεια της κύριας πειραματικής περιόδου ήταν 43 ημέρες από 11/5/2015 έως 22/6/2015, ενώ προηγήθηκε προπειραματική περίοδος διάρκειας πέντε ημερών (6/5/2015-10/5/2015), ώστε να εγκλιματιστούν στις πειραματικές συνθήκες τα άτομα.

Για το 1^ο πείραμα πραγματοποιήσαμε τέσσερις επεμβάσεις (σε δύο επαναλήψεις η κάθε επέμβαση) στο χρονικό διάστημα 11/5/2015-20/5/2015. Σε 8 ενυδρεία που διαθέταμε, διανεμήθηκαν 40 χέλια (5 χέλια στο κάθε ενυδρείο). Το χρονικό διάστημα 22/5/2015-31/5/2015 πραγματοποιήθηκε η επανάληψη του πειράματος. Στις 21/5/2015 δεν έγινε παρατήρηση, αφαιρέθηκαν τα χέλια από τα ενυδρεία, ζυγίστηκαν και προετοιμάστηκε η επανάληψη του πειράματος με άλλα χέλια από τις πλαστικές δεξαμενές εγκλιματισμού.

Στον πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι εφαρμοζόμενες επεμβάσεις του 1^{ου} πειράματος.

Πίνακας 2: Σύνολο επεμβάσεων πρώτου πειράματος (επιλογή καταφυγίου, εντοπισμός θέσης χελιών, κινητική δραστηριότητα και επιθετική συμπεριφορά).

Αριθμός ενυδρείων	Περιγραφή Επέμβασης	Αριθμός ατόμων/ενυδρείο
2	Άμμος και δύο σωλήνες	5
2	Άμμος	5
2	Καθόλου υπόστρωμα	5
2	Δύο σωλήνες	5



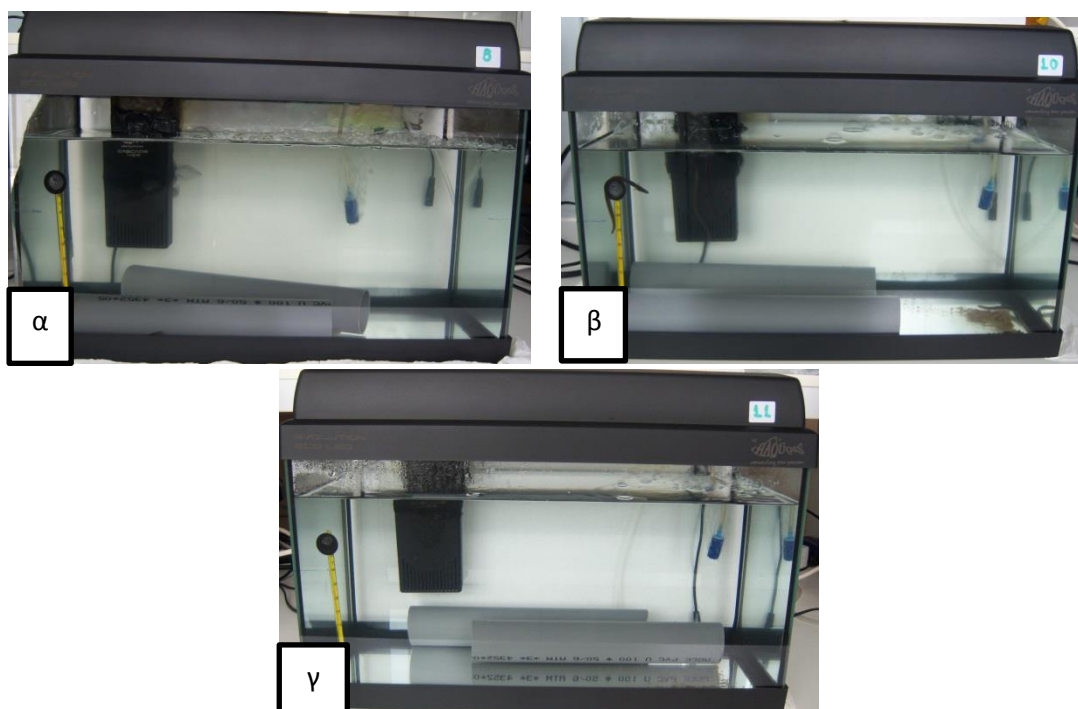
Εικόνα 7: Πειραματικά ενυδρεία, με άμμο και σωλήνες (α), με άμμο (β), χωρίς υπόστρωμα (γ), με σωλήνες (δ).

Για το 2^ο πείραμα πραγματοποιήσαμε τρεις επεμβάσεις (σε δύο επαναλήψεις η κάθε επέμβαση) στο χρονικό διάστημα 11/5/2015-20/5/2015. Σε 6 ενυδρεία που διαθέταμε, διανεμήθηκαν 32 χέλια. Το χρονικό διάστημα 22/5/2015-31/5/2015 πραγματοποιήθηκε η επανάληψη του πειράματος. Στις 21/5/2015 δεν έγινε παρατήρηση, αφαιρέθηκαν τα χέλια από τα ενυδρεία, ζυγίστηκαν και προετοιμάστηκε η επανάληψη του πειράματος με άλλα χέλια από τις πλαστικές δεξαμενές εγκλιματισμού. Στις 1/6/2015 δεν έγινε παρατήρηση, αφαιρέθηκαν τα χέλια από τα ενυδρεία, ζυγίστηκαν και προετοιμάστηκε το επόμενο πείραμα.

Στον πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι εφαρμοζόμενες επεμβάσεις του 2^{ου} πειράματος.

Πίνακας 3: Σύνολο επεμβάσεων δεύτερου πειράματος (επιθετικές ενέργειες και πυκνότητα).

Αριθμός ενυδρείων	Περιγραφή Επέμβασης	Αριθμός ατόμων/ενυδρείο
2	Δύο σωλήνες	5
2	Δύο σωλήνες	10
2	Δύο σωλήνες	1



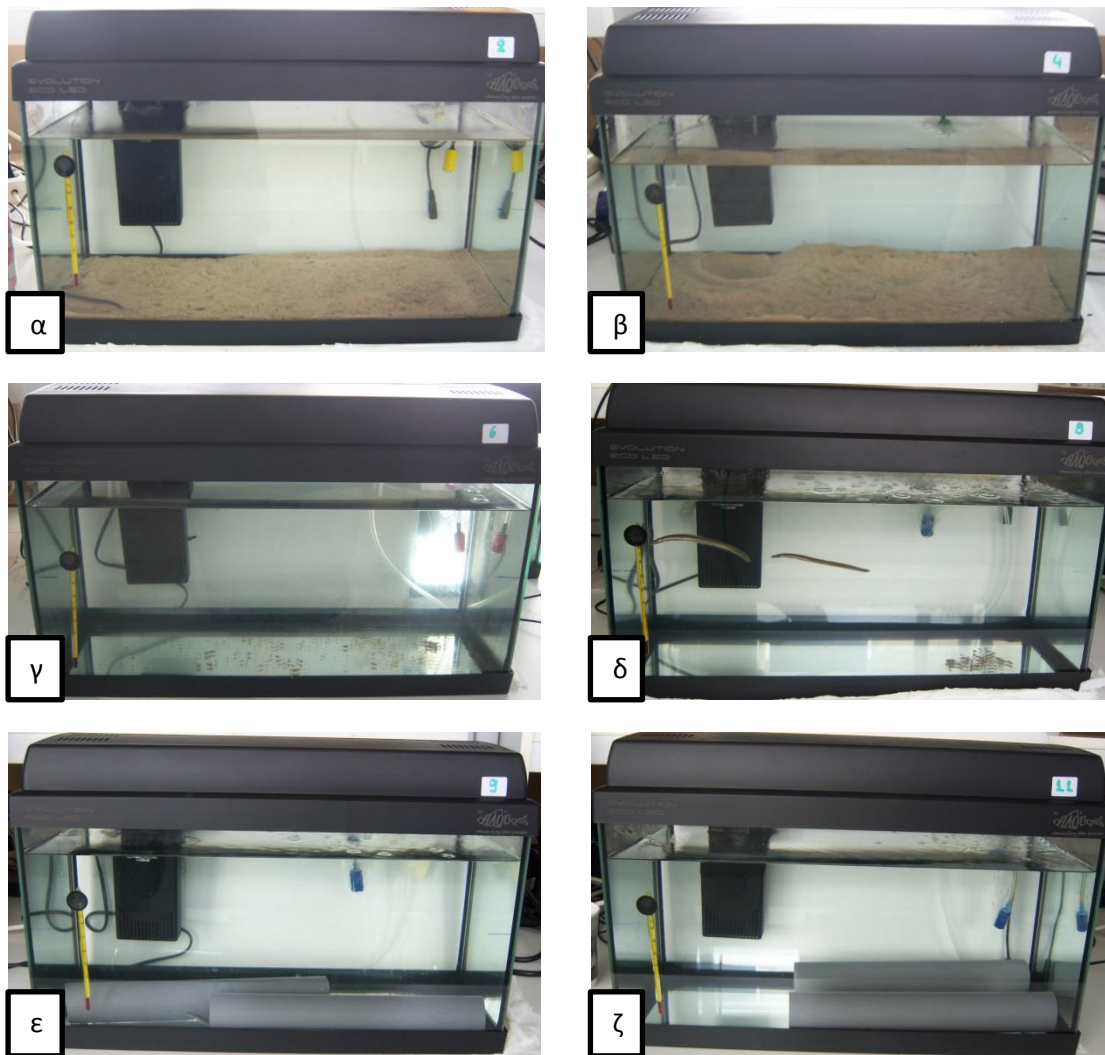
Εικόνα 8: Πειραματικά ενυδρεία, με σωλήνες και 5 άτομα (α), με σωλήνες και 10 άτομα (β), με σωλήνες και 1 άτομο (γ).

Για το 3^ο πείραμα πραγματοποιήσαμε έξι επεμβάσεις (σε δύο επαναλήψεις η κάθε επέμβαση) στο χρονικό διάστημα 2/6/2015-11/6/2015. Σε 12 ενυδρεία που διαθέταμε, διανεμήθηκαν 60 χέλια (5 χέλια σε κάθε ενυδρείο) από τις πλαστικές δεξαμενές εγκλιματισμού. Το χρονικό διάστημα 13/6/2015-22/6/2015 πραγματοποιήθηκε η επανάληψη του πειράματος. Στις 12/6/2015 δεν έγινε παρατήρηση, αφαιρέθηκαν τα χέλια από τα ενυδρεία, ζυγίστηκαν και προετοιμάστηκε η επανάληψη του 3^{ου} πειράματος με άλλα χέλια από τις πλαστικές δεξαμενές εγκλιματισμού.

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι εφαρμοζόμενες επεμβάσεις του 3^{ου} πειράματος.

Πίνακας 4: Σύνολο επεμβάσεων τρίτου πειράματος (διατροφική συμπεριφορά).

Αριθμός ενυδρείων	Περιγραφή Επέμβασης	Αριθμός ατόμων/ενυδρείο
2	Άμμος/ Pellets	5
2	Άμμος/ Σκώληκες	5
2	Όχι υπόστρωμα/ Pellets	5
2	Όχι υπόστρωμα/ Σκώληκες	5
2	Δύο σωλήνες/ Pellets	5
2	Δύο σωλήνες/ Σκώληκες	5



Εικόνα 9: Πειραματικά ενυδρεία, με άμμο που χορηγήθηκαν pellets (α), με άμμο που χορηγήθηκαν σκώληκες (β), χωρίς υπόστρωμα που χορηγήθηκαν pellets (γ), χωρίς υπόστρωμα που χορηγήθηκαν σκώληκες (δ), με σωλήνες που χορηγήθηκαν pellets (ε), με σωλήνες που χορηγήθηκαν σκώληκες (ζ).

Τέλος, και για τα τρία πειράματα διαθέσαμε και ένα επιπλέον 13^ο ενυδρείο ως μάρτυρα για να διαπιστωθεί η θνησιμότητα σε σχέση με τις μεταβολές που προκαλούν οι εκάστοτε επεμβάσεις σε κάθε πείραμα. Στον μάρτυρα τοποθετήσαμε 5 χέλια και δεν διέθετε καθόλου υπόστρωμα. Η τροφή που χορηγούνταν ήταν ιχθυοτροφή υπό μορφή συμπύκνων (pellets). Τα άτομα του μάρτυρα αντικαθιστούνται κάθε φορά από τις δεξαμενές εγκλιματισμού όποτε συνέβαινε αντικατάσταση των ατόμων των πειραματικών ενυδρείων. Δεν παρατηρήθηκε θνησιμότητα στον μάρτυρα σε κανένα από τα 3 πειράματα. Απεναντίας παρατηρήθηκαν δύο νεκρά άτομα στο 3^ο πείραμα κατά τη διάρκεια της επανάληψης του πειράματος πιθανότατα λόγω αυξημένης θερμοκρασίας.

2.4 Πραγματοποιούμενες επεμβάσεις

Προκειμένου όλα τα άτομα να δέχονται τις ίδιες εξωτερικές επεμβάσεις, κρίθηκε αναγκαίο οι επεμβάσεις να γίνονται σε προκαθορισμένα τακτικά χρονικά διαστήματα και όσο το δυνατόν κάτω από τις ίδιες συνθήκες για όλους τους πληθυσμούς. Επίσης, βασική επιδίωξη κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων ήταν η ελάχιστη παρενόχληση των ιχθύων προς αποφυγή εκδήλωσης συμπτωμάτων stress. Στις επόμενες παραγράφους ακολουθεί περιγραφή του είδους, του τρόπου και του χρόνου εφαρμογής των επεμβάσεων αυτών, οι οποίες είναι κοινές για όλα τα ενυδρεία των πειραμάτων.

2.4.1 Καθημερινές επεμβάσεις

Στη συνέχεια ακολουθεί λεπτομερής περιγραφή του είδους και του χρόνου εφαρμογής των επεμβάσεων των πειραμάτων, οι οποίες πραγματοποιούνταν σε καθημερινή βάση και ήταν πανομοιότυπες για όλα τα άτομα.

2.4.1.1 Χορήγηση τροφής

Στο 1^ο και στο 2^ο πείραμα για τη διατροφή των χελιών χρησιμοποιήθηκε ιχθυοτροφή υπό μορφή συμπύκτων (pellets) των 0,5mm, ενώ η καταλληλότητα του μεγέθους προσδιορίστηκε ανάλογα με το μέγεθος του στόματος των χελιών. Κατά τη διάρκεια της κύριας πειραματικής περιόδου χορηγήθηκε ένα είδος ιχθυοτροφής. Η ποσότητα της τροφής ανά γεύμα που χορηγήθηκε, ήταν 4% του βάρους τους (0,08g). Η παροχή τροφής στα χέλια γινόταν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Από Δευτέρα έως Κυριακή η χορήγηση της τροφής γινόταν σε δύο γεύματα. Το κάθε γεύμα προκειμένου να ολοκληρωθεί απαιτούσε 5 λεπτά και συγκεκριμένα το πρώτο πραγματοποιούνταν στις 12.00π.μ. και το δεύτερο στις 20.00μ.μ. Η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι από το επάνω μέρος του καλύμματος της επιφάνειας των ενυδρείων από ένα μικρό πορτάκι που άνοιγε μόνο για το λόγο αυτό. Η παροχή της τροφής πραγματοποιούνταν σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία με την ίδια σειρά. Κατά τη χορήγηση κάθε γεύματος ελεγχόταν η κατανάλωση της τροφής και η συμμετοχή των ατόμων του ενυδρείου στο γεύμα, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή ώστε όλες οι ενέργειες να προκαλούν το λιγότερο δυνατό stress στα χέλια.

Στο 3^ο πείραμα για τη διατροφή των χελιών χρησιμοποιήθηκε ιχθυοτροφή υπό μορφή συμπύκτων (pellets) και ζωντανοί σκώληκες Tubifex (κοσμοπολίτικο γένος δακτυλιοσκώληκα που διαβιεί σε λίμνες και ποτάμια). Η ποσότητα της τροφής εμπορίου που χορηγήθηκε ήταν 4% του ζώντος βάρους τους και η ποσότητα των σκουληκιών ήταν αρκετά μεγαλύτερη συγκριτικά (1g τροφής εμπορίου αντιστοιχεί σε 3g σκουληκιών). Από Δευτέρα έως Κυριακή η χορήγηση της τροφής γινόταν σε δύο γεύματα. Το πρώτο γεύμα πραγματοποιούνταν στις 09.00π.μ. και το δεύτερο

στις 17.00μ.μ. Η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι από το επάνω μέρος του καλύμματος της επιφάνειας των ενυδρείων από ένα μικρό πορτάκι που άνοιγε μόνο για το λόγο αυτό. Η παροχή της τροφής πραγματοποιούνταν σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία με την ίδια σειρά. Κατά τη χορήγηση κάθε γεύματος ελεγχόταν η κατανάλωση της τροφής και η συμμετοχή των ατόμων του ενυδρείου στο γεύμα καθώς και η διατροφική συμπεριφορά των χελιών.



Εικόνα 11: Οι τροφές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Αριστερά απεικονίζεται η ξηρά τροφή (pellets) και δεξιά απεικονίζεται η ζωντανή τροφή (σκώληκες Tubifex)

Παρακάτω ακολουθούν πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή των παρατηρήσεων συμπεριφοράς και των μετρήσεων των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του νερού.

Πίνακας 5. Καταγραφή παρατηρήσεων και μετρήσεων φυσικών-χημικών παραγόντων στα ενυδρεία.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	4 ^ο	5 ^ο	6 ^ο	7 ^ο	8 ^ο	9 ^ο	10 ^ο	11 ^ο	12 ^ο	Μάρτυρας
Αριθμός χελιών													
Ώρα/Αλλαγή νερού/καθαριότητα ενυδρείων-φίλτρων													
Ώρα/Θολότητα νερού 1*													
Ώρα/Θολότητα νερού 2*													
Ώρα/Απεκκρίματα (ποσότητα-περιγραφή) 1													
Ώρα/Απεκκρίματα (ποσότητα-περιγραφή) 2													
Ώρα/O ₂													
Ώρα/KH, gh,NO ₃ ,NO ₂													
Ώρα/θ°C (α)													
Ώρα/θ°C (β)													
Ώρα/pH													
Ώρα/Γεύμα 1 ^ο													
Ώρα/Γεύμα 2 ^ο													
Θνησιμότητα													

*Οι αριθμοί 1,2 αντιπροσωπεύουν την 1^η παρατήρηση που γίνεται πριν το 1^ο γεύμα και την 2^η παρατήρηση που γίνεται πριν το 2^ο γεύμα.

Πίνακας 6. Καταγραφή παρατηρήσεων συμπεριφοράς χελιών για κάθε ενυδρείο.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
Θιγμοτακτισμός	
Επιλογή καταφυγίου (shelter choice)	
Ανθρώπινη όχληση	
Κινητική δραστηριότητα	
Επιθετική συμπεριφορά	
Διατροφική συμπεριφορά	

2.4.1.2 Μέτρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού

Καθημερινά, πριν τη χορήγηση του πρώτου γεύματος και μετά τη χορήγηση του δεύτερου γεύματος, λαμβάνονταν οι τιμές της θερμοκρασίας. Οι τιμές της συγκέντρωσης του δεσμευμένου οξυγόνου και του pH λαμβάνονταν μία φορά την ημέρα πριν το πρώτο γεύμα. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας γινόταν χρήση των θερμομέτρων που υπήρχαν μέσα στα πειραματικά ενυδρεία και για τη μέτρηση του δεσμευμένου οξυγόνου χρησιμοποιήθηκε φορητός μετρητής ο οποίος στο ηλεκτρόδιο διέθετε ενσωματωμένο ψηφιακό θερμόμετρο. Το pH μετρήθηκε με πεχαμετρικές ταινίες και με φορητό ψηφιακό πεχάμετρο νερού. Όλες οι μετρήσεις καταγράφονταν σε ημερησία βάση, σε πρωτόκολλα για κάθε ενυδρείο του πειράματος.

Επιπροσθέτως, κάθε 5 μέρες λαμβάνονταν τιμές των νιτρωδών, αμμωνίας, αλκαλικής σκληρότητας και γενικής σκληρότητας με τη χρήση πεχαμετρικών ταινιών και υγρών τεστ (Liquid Ammonia Test Kits).

2.4.2 Περιοδικές επεμβάσεις

Πέραν των καθημερινών, απαραίτητες ήταν και άλλες επεμβάσεις που πραγματοποιούνταν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η καθεμία από αυτές καθώς και ο χρόνος εφαρμογής τους περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω.

2.4.2.1 Καθαρισμοί

Όλα τα ενυδρεία καθαρίζονταν επιμελώς μετά το πέρας κάθε πειράματος δηλαδή κάθε δέκα μέρες. Το καθάρισμα περιλάμβανε το τρίψιμο των τοιχωμάτων (με σφουγγάρι) και του πυθμένα και απομάκρυνση του 1/3 του νερού του ενυδρείου. Στα ενυδρεία που διέθεταν άμμο ως υπόστρωμα αυτό δεν αφαιρούταν. Αντίθετα, πραγματοποιούνταν ανάδευση της άμμου ώστε το οργανικό φορτίο να ανέβει στην επιφάνεια του υποστρώματος και στη συνέχεια να απομακρυνθεί μέσω σιφωνισμού με τη χρήση ενυδρειακής σκούπας. Η σκούπα χρησιμοποιούνταν και στα υπόλοιπα ενυδρεία που διέθεταν διαφορετικό υπόστρωμα ή δεν διέθεταν υπόστρωμα για την απομάκρυνση τυχόν υπολειμμάτων τροφής και οργανικού υλικού.

2.4.2.2 Ζύγισμα

Κάθε δέκα μέρες πραγματοποιούνταν στους πειραματικούς πληθυσμούς ατομικό ζύγισμα με σκοπό την διαπίστωση διαφοροποίησης του βάρους των χελιών σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις. Το ατομικό ζύγισμα γινόταν με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας 0,1g.

2.5 Παρατηρήσεις συμπεριφοράς

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου γινόταν καταγραφή της συμπεριφοράς των χελιών. Η καταγραφή της συμπεριφορά πραγματοποιούνταν κυρίως με οπτικές παρατηρήσεις απευθείας από όλες τις πλευρές των ενυδρείων. Κάθε μέρα πραγματοποιούνταν δύο παρατηρήσεις.

Για τα πρώτα δύο πειράματα η μία παρατήρηση σε όλα τα ενυδρεία πραγματοποιούνταν το χρονικό διάστημα 09.00-12.00 και η δεύτερη το χρονικό διάστημα 17.00-20.00. Η κάθε παρατήρηση και καταγραφή είχε διάρκεια 15 λεπτά και πραγματοποιούνταν σε όλα τα ενυδρεία κάθε φορά.

Για το τρίτο πείραμα η παρατήρηση σε όλα τα ενυδρεία πραγματοποιούνταν το χρονικό διάστημα 09.00-13.00 σε κάθε ενυδρείο αμέσως μετά την χορήγηση τροφής και η δεύτερη το χρονικό διάστημα 17.00-21.00.

Κάποιες μέρες πραγματοποιήθηκε συμπληρωματικά και λήψη video διάρκειας 5 λεπτών και στα τρία πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας από την μπροστινή πλευρά του ενυδρείου. Επειδή τα χέλια δεν ήταν εξοικειωμένα με την παρουσία του πειραματιστή, το πρώτο λεπτό από κάθε λήψη αφαιρούνταν για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα συνυπολογισμού της αναστάτωσης των χελιών κατά την τοποθέτηση της κάμερας.

Παρακάτω ακολουθούν πίνακες με τις λήψεις video που πραγματοποιήθηκαν στα τρία πειράματα.

Πίνακας 7: Λήψεις video για την παρατήρηση της συμπεριφοράς των χελιών στο 1^ο πείραμα (επιλογή καταφυγίου, εντοπισμός θέσης χελιών, κινητική δραστηριότητα και επιθετική συμπεριφορά).

Ημερομηνία	Ενυδρεία που πραγματοποιήθηκε λήψη
22/5/2015	Όλα τα ενυδρεία
23/5/2015	Όλα τα ενυδρεία
24/5/2015	Όλα τα ενυδρεία
28/5/2015	Όλα τα ενυδρεία
29/5/2015	Όλα τα ενυδρεία
30/5/2015	Όλα τα ενυδρεία
31/5/2015	Όλα τα ενυδρεία

Πίνακας 8: Λήψεις video για την παρατήρηση της συμπεριφοράς των χελιών στο 2^ο πείραμα (επιθετικές ενέργειες και πυκνότητα).

Ημερομηνία	Ενυδρεία που πραγματοποιήθηκε λήψη
22/5/2015	7,8,9,10*
23/5/2015	7,8,9,10
24/5/2015	7,8,9,10
28/5/2015	7,8,9,10
29/5/2015	7,8,9,10
30/5/2015	7,8,9,10
31/5/2015	7,8,9,10

*Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν τα αριθμημένα πειραματικά ενυδρεία.

Πίνακας 9: Λήψεις video για την παρατήρηση της συμπεριφοράς των χελιών στο 3^ο πείραμα (διατροφική συμπεριφορά).

Ημερομηνία	Ενυδρεία που πραγματοποιήθηκε λήψη
4/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
5/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
7/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
8/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
9/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
10/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
11/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
12/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
13/6/2016	Όλα τα ενυδρεία
14/6/2016	Όλα τα ενυδρεία

Πιο αναλυτικά:

Στο 1^ο πείραμα πραγματοποιήθηκε μελέτη της επιλογής του καταφυγίου σε κάθε πειραματικό ενυδρείο κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη διάρκεια της επανάληψης του πειράματος. Συγκεκριμένα, καταγράφονταν με οπτική παρατήρηση και λήψη video (κάποιες φορές) η θέση των χελιών σε κάθε ενυδρείο και προσμετρούνταν ο αριθμός εκείνων που βρίσκονταν μέσα στους σωλήνες και εκείνων που ήταν θαμμένα μέσα στην άμμο για να υπολογιστεί το ποσοστό απόκρυψης (ποσοστό χελιών που παραμένουν μέσα στους σωλήνες ή είναι θαμμένα στην άμμο προς τον συνολικό αριθμό των χελιών του πειράματος). Στα ενυδρεία που δεν υπήρχε κάποιο υπόστρωμα καταγράφηκε η θέση των χελιών και η προσπάθειά τους για εύρεση καταφυγίου πίσω ή εντός του φίλτρου. Ακόμη στο πείραμα αυτό εξετάστηκε η εκδήλωση επιθετικών συμπεριφορών και η κινητική δραστηριότητα ανάλογα με το είδος του υποστρώματος. Η κινητική δραστηριότητα μελετήθηκε σε σχέση και με το χρονικό διάστημα παρατήρησης και βιντεοσκόπησης (πρωί ή απόγευμα προς βράδυ).

Στο 2^ο πείραμα (που πραγματοποιήθηκε την ίδια χρονική περίοδο με το 1^ο πείραμα) μελετήθηκε η κοινωνική συμπεριφορά και πιο συγκεκριμένα η επιθετική συμπεριφορά που σχετίζεται με την διαφοροποίηση της πυκνότητας στα πειραματικά ενυδρεία. Η επιθετικότητα εκτιμήθηκε με την καταμέτρηση των επιθετικών ενεργειών, δηλαδή του κυνηγητού, των τσιμπημάτων ή των δαγκωμάτων μεταξύ των ψαριών. Τα δεδομένα αφορούν στο σύνολο των ψαριών αφού τα χέλια δεν ήταν μαρκαρισμένα και ήταν αδύνατο να αναγνωριστεί το ψάρι που πραγματοποιούσε ή δεχόταν μια επίθεση. Επίσης, έγινε συσχέτιση των επιθετικών ενεργειών με το χρονικό διάστημα παρατηρήσεων ή και βιντεοσκοπήσεων των ενεργειών αυτών (πρωί ή απόγευμα προς βράδυ) και πραγματοποιήθηκε ερμηνεία της αιτιότητας της εκδήλωσης των επιθετικών ενεργειών (για παράδειγμα ανταγωνισμός για τροφή ή καταφύγιο).

Στο 3^ο πείραμα πραγματοποιήθηκε μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς των χελιών. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε η διαφοροποίηση της συμπεριφοράς απέναντι σε ζωντανή ή ξηρά τροφή και παρατηρήθηκαν όλα τα συμπεριφορικά στάδια που ακολουθούνται για την κατανάλωση τροφής (αντίληψη, κίνηση προς τροφή, ηρεμία, προετοιμασία, επίθεση). Ακόμη, μελετήθηκε η προτίμηση του είδους τροφής (ζωντανή και μη) και η αναζήτηση τροφής ή η προσμονή για χορήγησή της τις ώρες που αυτή δεν πραγματοποιούνται. Τέλος, εξετάστηκε η διατροφική συμπεριφορά σε σχέση με το είδος υποστρώματος και την ώρα παρατήρησης.

2.6 Στατιστική επεξεργασία

Και στα τρία πειράματα η στατιστική ανάλυση των δεδομένων συμπεριφοράς πραγματοποιήθηκε με ANOVA και t-test μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS. Σε όλα τα πειράματα η επίδραση της επέμβασης, του υπό εξέταση παράγοντα ή της αλληλεπίδρασης των παραγόντων θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική όταν $P < 0.05$.

Στους πίνακες και στα διαγράμματα που ακολουθούν καθώς και τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο κείμενο αφορούν τους μέσους όρους $\pm$ τυπικό σφάλμα.

3. Αποτελέσματα

3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής

Η ποιότητα του νερού δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

Η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρώδη ιόντα ήταν λίγο αυξημένη, ειδικά στα ενυδρεία με υπόστρωμα, σε όλα τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια και των τριών πειραμάτων, παρουσίασε αύξηση ειδικά τις τελευταίες 20 μέρες κατά τη διάρκεια του τρίτου πειράματος, ενώ η ελάχιστη τιμή που σημειώθηκε ήταν οι 24,6°C και η μέγιστη, οι 26,9°C.

Πίνακας 10 : Επίδραση των επεμβάσεων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής στο 1ο πείραμα.

Επέμβαση	DO,ppm	pH	T (°C)	NO ₂ -N,ppm	KH, °d	GH, °d	NH ₃ -N,ppm
1 ^η : Άμμος και σωλήνες	6,7±0,096	7,1±0,047	25,9±0,147	0,164±0,005	8±0,275	11±0,408	0,001±0,000
2 ^η : Άμμος	6,5±0,112	7,2±0,067	25,8±0,152	0,167±0,005	8±0,223	11±0,399	0,001±0,000
3 ^η : Χωρίς υπόστρωμα	6,4±0,112	7,1±0,100	26,3±0,189	0,169±0,009	8±0,210	11±0,579	0,001±0,000
4 ^η : Δύο σωλήνες	6,4±0,113	7,2±0,100	26,3±0,177	0,170±0,009	8±0,210	11±0,595	0,001±0,000
Επίπεδο σημαντικότητας	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

DO: δεσμευμένο οξυγόνο (ppm), NH₃-N: τοξική αμμωνία (ppm), NO₂-N: νιτρώδη ιόντα (ppm), KH: σκληρότητα νερού λόγω ανθρακικών αλάτων (°d), GH: Ολική σκληρότητα νερού (°d), ΜΣ: Μη σημαντικό.

Πίνακας 11: Επίδραση των επεμβάσεων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής στο 2ο πείραμα.

Επέμβαση	DO,ppm	pH	T (°C)	NH ₃ -N,ppm	NO ₂ -N,ppm	KH, °d	GH, °d
1 ^η : Δύο σωλήνες,5 χέλια/ ενυδρείο	6,4±0,113	7,2±0,100	26,3±0,177	0,001±0,000	0,164±0,005	8±0,275	11±0,408
2η: Δύο σωλήνες,10 χέλια/ ενυδρείο	6,5±0,100	7,2±0,102	26,3±0,140	0,001±0,000	0,170±0,009	7±0,274	10±0,584
3η: Δύο σωλήνες,1 χέλι/ ενυδρείο	6,5±0,100	7,2±0,127	26,4±0,132	0,001±0,000	0,171±0,009	7±0,275	10±0,595
Επίπεδο σημαντικότητας	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

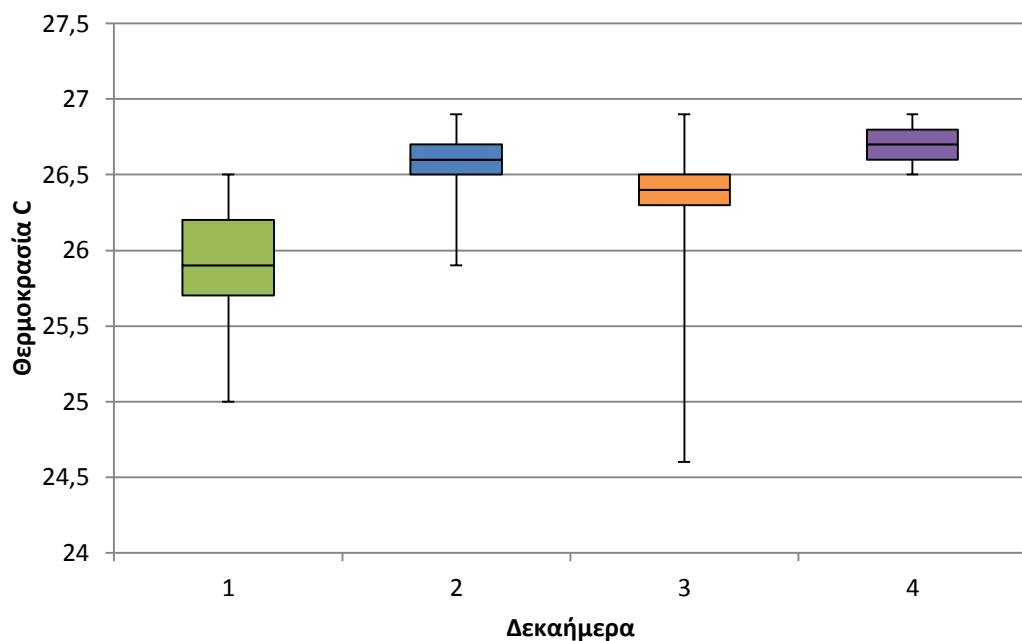
DO: δεσμευμένο οξυγόνο (ppm), NH₃-N: τοξική αμμωνία (ppm), NO₂-N: νιτρώδη ιόντα (ppm), KH: σκληρότητα νερού λόγω ανθρακικών αλάτων (°d), GH: Ολική σκληρότητα νερού (°d), ΜΣ: Μη σημαντικό.

Πίνακας 12: Επίδραση των επεμβάσεων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφή στο 3ο πείραμα.

Επέμβαση	DO,ppm	pH	T (°C)	NH ₃ -N,ppm	NO ₂ -N,ppm	KH, °d	GH, °d
1 ^η : Άμμος, τροφή εμπορίου	6,5±0,113	7,2±0,100	26,5±0,157	0,001±0,000	0,181±0,005	7±0,352	10±0,412
2 ^η : Άμμος, ζωντανή τροφή (Tubifex)	6,5±0,113	7,2±0,125	26,5±0,149	0,001±0,000	0,181±0,003	8±0,369	11±0,397
3 ^η : Χωρίς υπόστρωμα, τροφή εμπορίου	6,5±0,116	7,2±0,065	26,6±0,188	0,001±0,000	0,181±0,006	7±0,311	10±0,416
4 ^η : Χωρίς υπόστρωμα, ζωντανή τροφή (Tubifex)	6,5±0,105	7,2±0,091	26,6±0,156	0,001±0,000	0,181±0,006	8±0,280	11±0,387
5 ^η : Δύο σωλήνες, τροφή εμπορίου	6,5±0,104	7,2±0,084	26,6±0,168	0,001±0,000	0,182±0,009	7±0,193	10±0,400
6 ^η : Δύο σωλήνες, ζωντανή τροφή (Tubifex)	6,6±0,102	7,2±0,077	26,6±0,166	0,001±0,000	0,181±0,005	7±0,200	10±0,406
Επίπεδο σημαντικότητας	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

DO: δεσμευμένο οξυγόνο (ppm), NH₃-N: τοξική αμμωνία (ppm), NO₂-N: νιτρώδη ιόντα (ppm), KH: σκληρότητα νερού λόγω ανθρακικών αλάτων (°d), GH: Ολική σκληρότητα νερού (°d), ΜΣ: Μη σημαντικό.

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 1) παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια και των τριών πειραμάτων που έλαβαν χώρα.



Διάγραμμα 1: Διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια και των τριών πειραμάτων.

3.2 Συμπεριφορά χελιών

Σε όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια των πειραμάτων σε καμία περίπτωση δε διαπιστώθηκε τα χέλια να μένουν ακίνητα στα ενυδρεία ή στο διαμέρισμα που τελικά έδειξαν προτίμηση εκτός από κάποιες περιπτώσεις (ενυδρεία που διέθεταν σαν υπόστρωμα άμμο).

3.2.1 Πείραμα 1^ο: Επιλογή καταφυγίου, εντοπισμός θέσης χελιών, κινητική δραστηριότητα και επιθετική συμπεριφορά σε ενυδρεία με διαφορετικό υπόστρωμα.

Όσον αφορά την επιλογή συγκεκριμένης περιοχής μέσα στο ενυδρείο από τα χέλια στα παρακάτω διαγράμματα και στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η ιδιαίτερη συμπεριφορά των ατόμων, εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης κατά τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος.

Πίνακας 13: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην πρώτη επέμβαση (ΑΜ+Σ).

Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Παρατηρήσεις/μέρα	Σύνολο παρατηρήσεων	ΜΑ	ΠΑ	ΜΣ	Φ	ΕΚΔ
A	ΑΜ+Σ	1	5	20	2	200	178	9	12	1	0
A	ΑΜ+Σ	2	5	20	2	200	111	26	31	13	19
Σύνολο						400	289	35	43	14	19
Ποσοστό							72,25	8,75	10,75	3,5	4,75

Πίνακας 14: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην δεύτερη επέμβαση (ΑΜ).

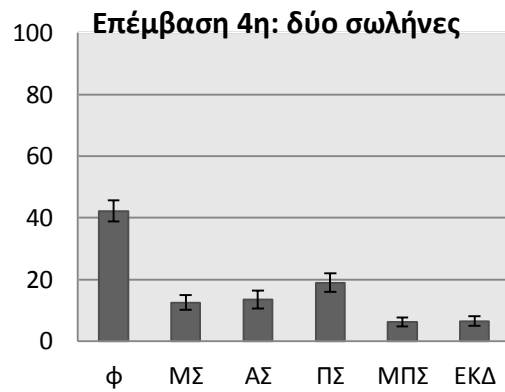
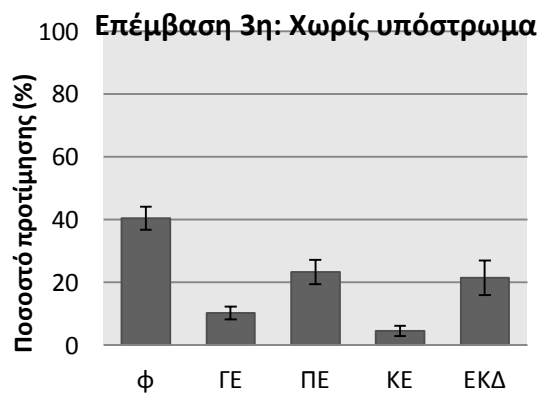
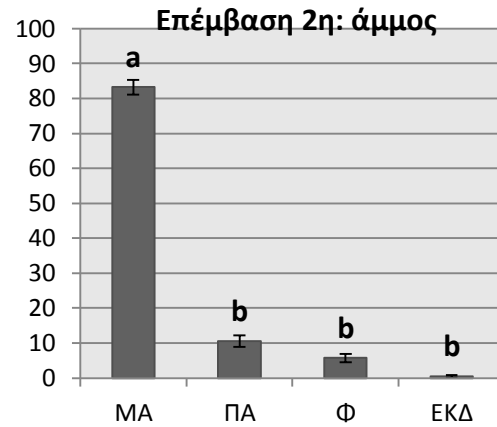
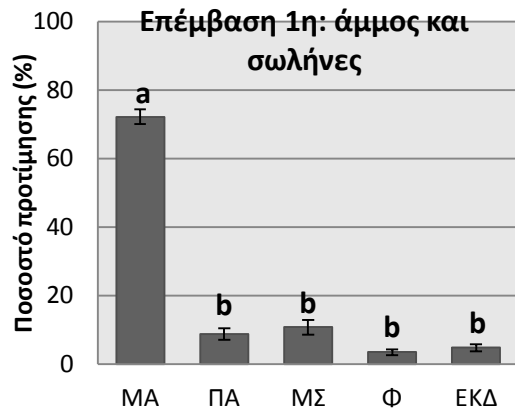
Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Παρατηρήσεις/μέρα	Σύνολο παρατηρήσεων	ΜΑ	ΠΑ	Φ	ΕΚΔ
A	ΑΜ	3	5	20	2	200	175	10	13	0
A	ΑΜ	4	5	20	2	200	158	32	10	2
Σύνολο						400	333	42	23	2
Ποσοστό							83,25	10,5	5,75	0,5

Πίνακας 15: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην τρίτη επέμβαση (ΟΧΙ ΥΠ.).

Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Παρατηρήσεις/μέρα	Σύνολο παρατηρήσεων	Φ	ΓΕ	ΠΕ	ΚΕ	ΕΚΔ
A	ΌΧΙ ΥΠ.	5	5	20	2	200	108	5	26	5	56
A	ΌΧΙ ΥΠ.	6	5	20	2	200	54	36	67	13	30
Σύνολο						400	162	41	93	18	86
Ποσοστό							40,5	10,25	23,25	4,5	21,5

Πίνακας 16: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην τέταρτη επέμβαση (Σ).

Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Παρατηρήσεις/μέρα	Σύνολο παρατηρήσεων	Φ	ΜΣ	ΑΣ	ΠΣ	ΜΠΣ	ΕΚΔ
A	Σ	7	5	20	2	200	118	12	40	20	9	1
A	Σ	8	5	20	2	200	51	30	22	56	19	22
Σύνολο						400	169	42	62	76	28	23
Ποσοστό							42,25	12,5	13,5	19	6,25	6,5



Διάγραμμα 2 : Προτίμηση ατόμων σε περιοχές του ενυδρείου (αριθμός χελιών σε κάθε περιοχή του ενυδρείου προς το σύνολο των παρατηρήσεων) καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 1^{ου} πειράματος. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

Πίνακας 17: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην πρώτη επέμβαση (ΑΜ+Σ) ανάλογα με το χρονικό διάστημα παρατήρησης (πρωί-απόγευμα).

Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Πρωί(Π)/Απόγευμα(Α)	Αριθμός παρατηρήσεων	Σύνολο παρατηρήσεων	ΜΑ	ΠΑ	ΜΣ	Φ	ΕΚΔ
A	ΑΜ+Σ	1	5	20	Π	1	100	87	5	7	0	0
A	ΑΜ+Σ	1	5	20	Α	1	100	71	4	5	1	0
A	ΑΜ+Σ	2	5	20	Π	1	100	54	15	15	7	10
A	ΑΜ+Σ	2	5	20	Α	1	100	57	12	16	6	9
Σύνολο					Π		200	141	20	22	7	10
					Α		200	128	16	20	7	9
Ποσοστό					Π			70,5	10	11	3,5	5
					Α			74	8	10	3,5	4,5

Πίνακας 18: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην δεύτερη επέμβαση (ΑΜ) ανάλογα με το χρονικό διάστημα παρατήρησης (πρωί-απόγευμα).

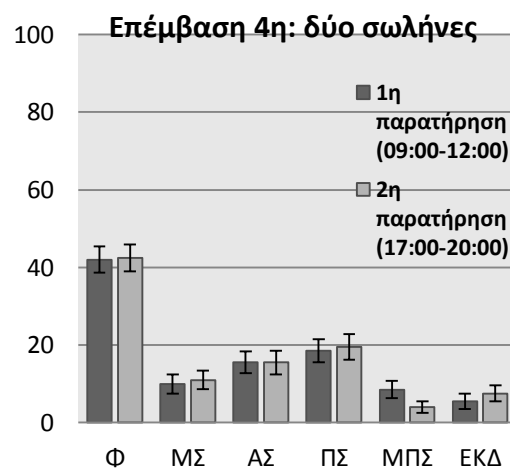
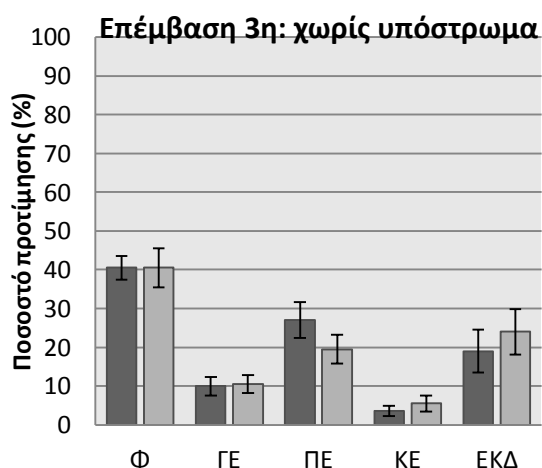
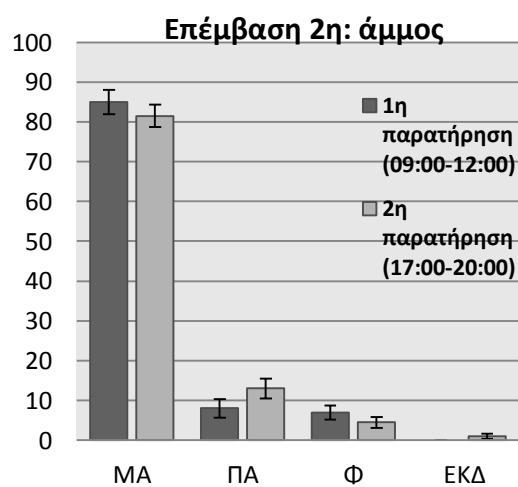
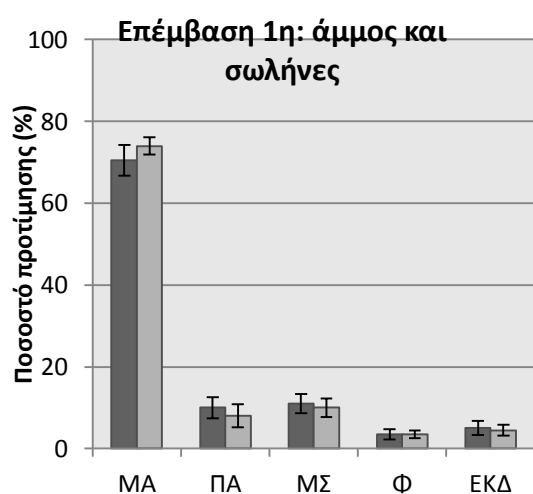
Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Πρωί(Π)/Απόγευμα(Α)	Αριθμός παρατηρήσεων	Σύνολο παρατηρήσεων	ΜΑ	ΠΑ	Φ	ΕΚΔ
A	ΑΜ	3	5	20	Π	1	100	89	3	8	0
A	ΑΜ	3	5	20	Α	1	100	86	7	5	0
A	ΑΜ	4	5	20	Π	1	100	81	13	6	0
A	ΑΜ	4	5	20	Α	1	100	77	19	4	2
Σύνολο					Π		200	170	16	14	0
					Α		200	163	26	9	2
Ποσοστό					Π			85	8	7	0
					Α			81,5	13	4,5	1

Πίνακας 19: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην τρίτη επέμβαση (ΟΧΙ ΥΠ.) ανάλογα με το χρονικό διάστημα παρατήρησης (πρωί-απόγευμα).

Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Πρωί(Π)/Απόγευμα(Α)	Αριθμός παρατηρήσεων	Σύνολο παρατηρήσεων	Φ	ΓΕ	ΠΕ	ΚΕ	ΕΚΔ
A	ΟΧΙ ΥΠ.	5	5	20	Π	1	100	50	3	20	1	26
A	ΟΧΙ ΥΠ.	5	5	20	Α	1	100	58	2	6	4	30
A	ΟΧΙ ΥΠ.	6	5	20	Π	1	100	31	17	34	6	12
A	ΟΧΙ ΥΠ.	6	5	20	Α	1	100	23	19	33	7	18
Σύνολο					Π		200	81	20	54	7	38
					Α		200	81	21	39	11	48
Ποσοστό					Π			40,5	10	27	3,5	19
					Α			40,5	10,5	19,5	5,5	24

Πίνακας 20: Προτίμηση (ποσοστό) ατόμων σε περιοχές σε κάθε ενυδρείο στην τέταρτη επέμβαση (Σ) ανάλογα με το χρονικό διάστημα παρατήρησης (πρωί-απόγευμα).

Πείραμα	Επέμβαση	Ενυδρείο	Χέλια	Ημέρες	Πρωί(Π)/Απόγευμα(Α)	Αριθμός παρατηρήσεων	Σύνολο παρατηρήσεων	Φ	ΜΣ	ΑΣ	ΠΣ	ΜΠΣ	ΕΚΔ
A	Σ	7	5	20	Π	1	100	59	5	20	11	5	0
A	Σ	7	5	20	Α	1	100	59	7	20	9	4	1
A	Σ	8	5	20	Π	1	100	25	15	11	26	12	11
A	Σ	8	5	20	Α	1	100	26	15	11	30	7	11
Σύνολο					Π		200	84	20	31	37	17	11
					Α		200	85	22	31	39	11	12
Ποσοστό					Π			42	10	15,5	18,5	8,5	5,5
					Α			42,5	11	15,5	19,5	4	7,5



Διάγραμμα 3 : Προτίμηση ατόμων σε περιοχές του ενυδρείου (αριθμός χελιών σε κάθε περιοχή του ενυδρείου προς το σύνολο των παρατηρήσεων) καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 1^{ου} πειράματος ανάλογα με το χρονικό διάστημα παρατήρησης.

Στην 1^η επέμβαση όπου το υπόστρωμα που διέθεταν τα ενυδρεία ήταν άμμος και σωλήνες, τα χέλια προτιμούσαν να παραμένουν θαμμένα μέσα στην άμμο κατά τη διάρκεια της πρώτης παρατήρησης που πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 09:00-12:00 αλλά και κατά τη διάρκεια της δεύτερης παρατήρησης που πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 17:00-20:00. Πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε στο φίλτρο (μέσα ή πίσω από αυτό), πάνω στην άμμο (είτε ανάμεσα στους σωλήνες, είτε σε κάποια άλλη περιοχή του ενυδρείου) και μέσα στους σωλήνες. Ενώ μικρός αριθμός ατόμων εμφάνισαν έντονη κινητική δραστηριότητα. (διαγράμματα 2,3 και πίνακες 13,17). Στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά την προτίμηση των χελιών σε περιοχές ενυδρείου παρατηρήθηκε μόνο μεταξύ της άμμου (μέσα στην άμμο, θαμμένα) και των υπόλοιπων περιοχών του ενυδρείου ($P=0.001<0.05$).

Στην 2^η επέμβαση όπου το υπόστρωμα που διέθεταν τα ενυδρεία ήταν άμμος, τα χέλια προτίμησαν και εδώ να παραμείνουν θαμμένα μέσα στην άμμο κατά τη διάρκεια της πρώτης παρατήρησης που πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 09:00-12:00 αλλά και κατά τη διάρκεια δεύτερης παρατήρησης πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 17:00-20:00. Πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε στο φίλτρο (μέσα ή πίσω από αυτό) και πάνω στην άμμο. Ενώ μικρός αριθμός ατόμων εμφάνισαν έντονη κινητική δραστηριότητα (διαγράμματα 2,3 και πίνακες 14,18). Όπως και στην προηγούμενη επέμβαση στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά την προτίμηση των χελιών σε περιοχές ενυδρείου παρατηρήθηκε μόνο μεταξύ της άμμου (μέσα στην άμμο, θαμμένα) και των υπόλοιπων περιοχών του ενυδρείου ($P=0.001<0.05$).

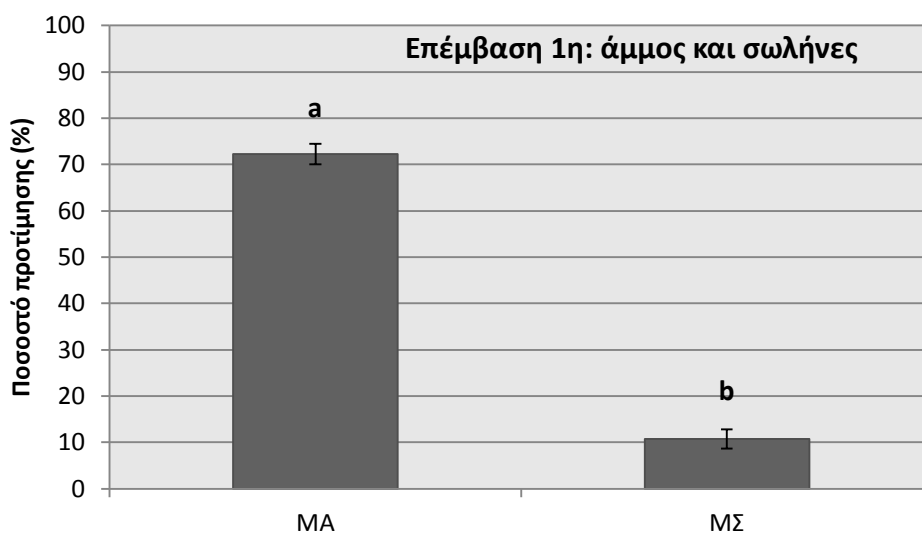
Στην 3^η επέμβαση όπου δεν υπήρχε κανένα υπόστρωμα, μεγαλύτερος αριθμός ατόμων εκδήλωσαν προτίμηση στην περιοχή του φίλτρου (μέσα ή πίσω από αυτό) ενώ αρκετά χέλια εντοπίστηκαν σε επαφή με πλευρές του ενυδρείου ή εκδήλωσαν αρκετά έντονη κινητική δραστηριότητα, κολυμπώντας σε όλο το χώρο του ενυδρείου κατά τη διάρκεια της πρώτης παρατήρησης που πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 09:00-12:00 αλλά και κατά τη διάρκεια δεύτερης που πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 17:00-20:00. Πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε σε επαφή με τις γωνίες του ενυδρείου ή στο κέντρο αυτού (συνήθως πάνω από υπολείμματα τροφής), (διαγράμματα 2,3 και πίνακες 15,19). Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε μεταξύ της επιλογής «στο φίλτρο» με τις επιλογές «γωνίες ενυδρείου» και «στο κέντρο του ενυδρείου» ($P=0.001<0.05$).

Στην 4^η επέμβαση όπου το υπόστρωμα που διέθεταν τα ενυδρεία ήταν δύο πλαστικοί σωλήνες, μεγαλύτερος αριθμός ατόμων εκδήλωσαν προτίμηση στην περιοχή του φίλτρου (μέσα ή πίσω από αυτό) και σε αυτή την επέμβαση ενώ αρκετά χέλια εντοπίστηκαν πίσω από τους σωλήνες (ανάμεσα στους σωλήνες και την πίσω πλευρά του ενυδρείου) κατά τη διάρκεια της πρώτης παρατήρησης

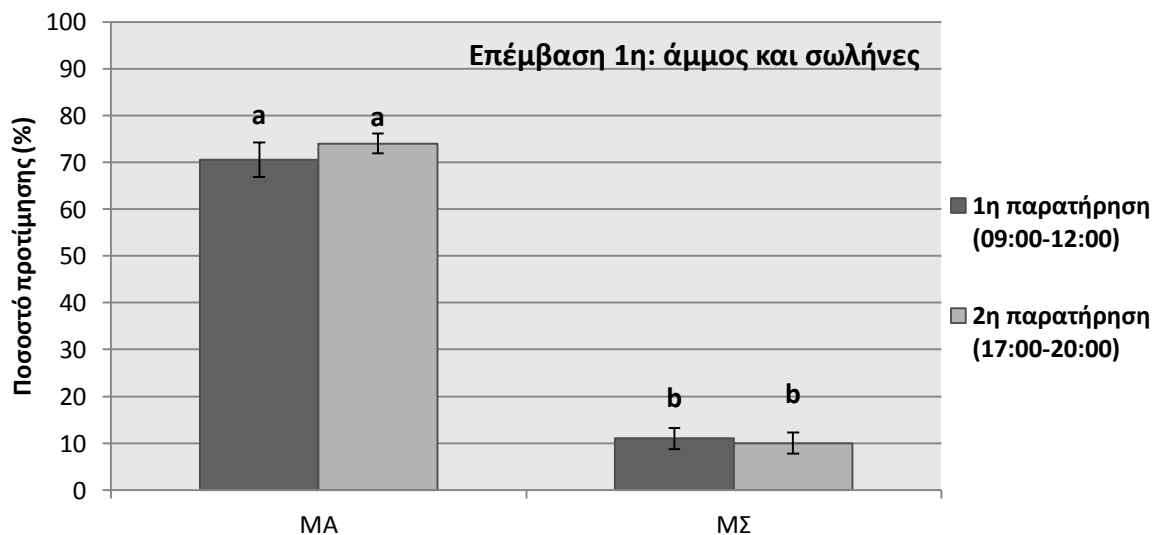
πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 09:00-12:00 αλλά και κατά τη διάρκεια δεύτερης το χρονικό διάστημα 17:00-20:00. Ίσος περίπου αριθμός ατόμων εντοπίστηκε ανάμεσα στους σωλήνες ή μέσα σε αυτούς και στις δύο χρονικές περιόδους παρατήρησης. Τέλος πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε στην μπροστινή πλευρά του ενυδρείου (από την οποία πραγματοποιούνταν οι παρατηρήσεις και οι βιντεοσκοπήσεις) ή εμφάνισε έντονη κινητική δραστηριότητα (διαγράμματα 2,3 και πίνακες 16,20). Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε ανάμεσα στην προτίμηση των χελιών «στο φίλτρο» με όλες τις υπόλοιπες θέσεις ($P=0.001<0.05$), ενώ διαφορά παρατηρήθηκε ακόμη ανάμεσα στις επιλογές «κινητική δραστηριότητα» και «πίσω από τους σωλήνες» ($P=0.001<0.05$), ανάμεσα στις επιλογές «πίσω από σωλήνες» και «κινητική δραστηριότητα» ($P=0.001<0.05$) και ανάμεσα στις επιλογές «πίσω από τους σωλήνες» και «μπροστά από τους σωλήνες» ($P=0.001<0.05$).

Σε όλες τις παραπάνω επεμβάσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά ανάμεσα στην πρώτη παρατήρηση που πραγματοποιήθηκε το χρονικό διάστημα 09:00-12:00 και την δεύτερη που πραγματοποιήθηκε το διάστημα 17:00-20:00.

Σχετικά με την προτίμηση υποστρώματος στην πρώτη επέμβαση τα χέλια παρουσίασαν σημαντική προτίμηση στην άμμο (διάγραμμα 4), όπου και εντοπίστηκαν θαμμένα βαθιά έως και τους οφθαλμούς ενώ μικρότερο ποσοστό ατόμων προτίμησαν ως καταφύγιο τους σωλήνες κατά τη διάρκεια της πρώτης παρατήρησης (09:00-12:00) αλλά και κατά τη διάρκεια της δεύτερης (17:00-20:00) (διάγραμμα 5). Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε μεταξύ των δύο καταφυγίων που επιλέχθηκαν από τα χέλια ($P=0.01<0.05$), ενώ δεν διαπιστώθηκε διαφορά ανάμεσα στην πρώτη και την δεύτερη παρατήρηση.

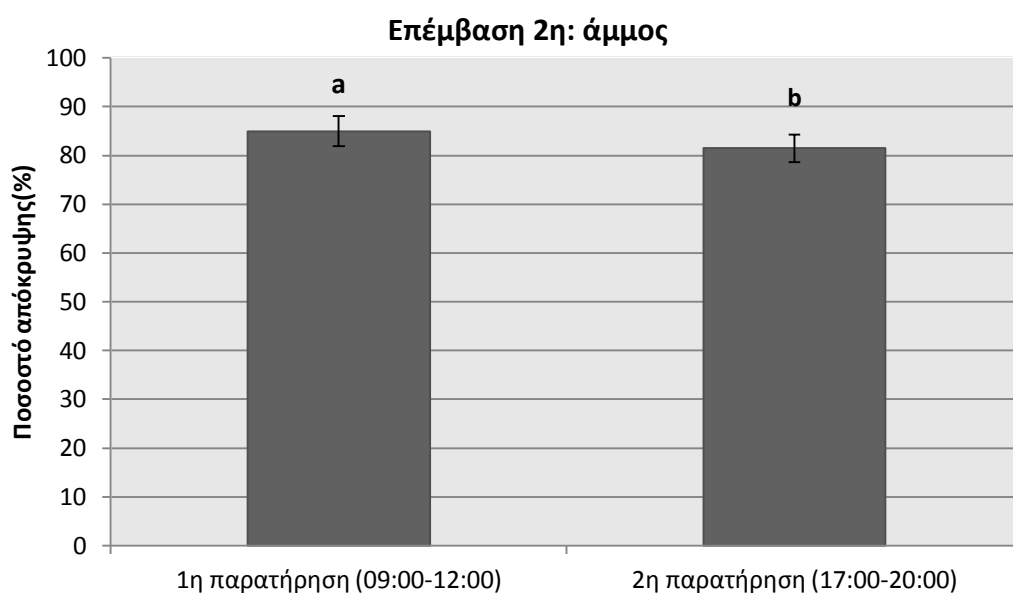


Διάγραμμα 4 : Προτίμηση ατόμων [αριθμός χελιών σε κάθε περιοχή του ενυδρείου (% ολικού αριθμού χελιών)] σε καταφύγιο καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 1^{ου} πειράματος. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

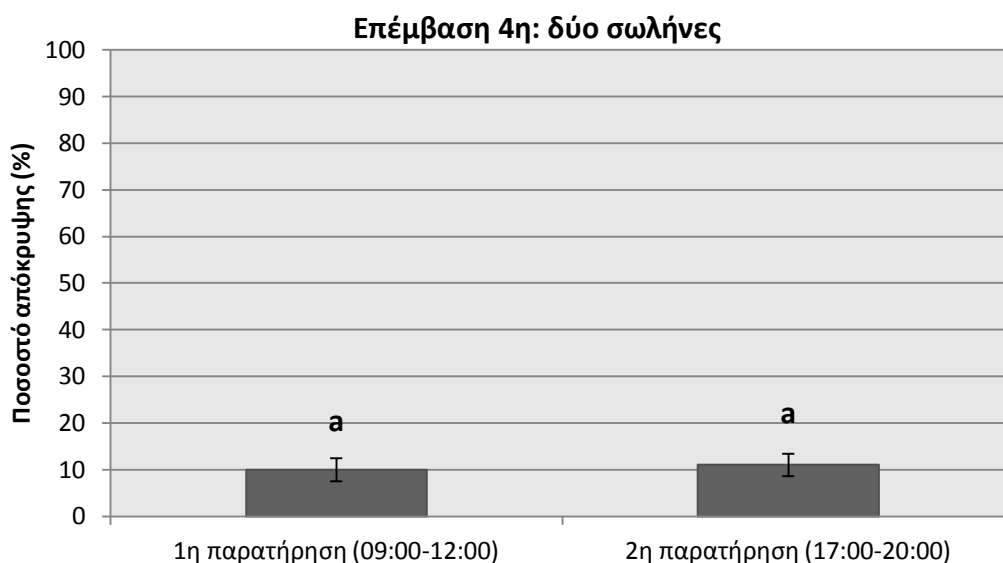


Διάγραμμα 5 : Προτίμηση ατόμων σε καταφύγιο καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 1^{ου} πειράματος ανάλογα με το χρονικό διάστημα παρατήρησης. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

Στην 2^η και 4^η επέμβαση υπολογίστηκε το ποσοστό απόκρυψης (burying rate) δηλαδή το ποσοστό ατόμων που εντοπίζονται θαμμένα στην άμμο ή μέσα στους σωλήνες, ανάλογα με την χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις. Στο χρονικό διάστημα 09:00-12:00 (1^η παρατήρηση το ποσοστό ήταν υψηλότερο σε σχέση με το χρονικό διάστημα 17:00-20:00 (2^η παρατήρηση). Επίσης συγκρίνοντας τα δύο ποσοστά στις δύο επεμβάσεις καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό απόκρυψης ήταν αρκετά υψηλότερο στην επέμβαση με την άμμο, σε σχέση με την επέμβαση με τους σωλήνες (διάγραμμα 6 και διάγραμμα 7). Όσον αφορά το ποσοστό απόκρυψης στην άμμο, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πρώτη παρατήρηση (09:00-12:00) και την δεύτερη (17:00-20:00) ($P=0,018<0,05$), ενώ όσον αφορά το ποσοστό απόκρυψης στους σωλήνες, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά.

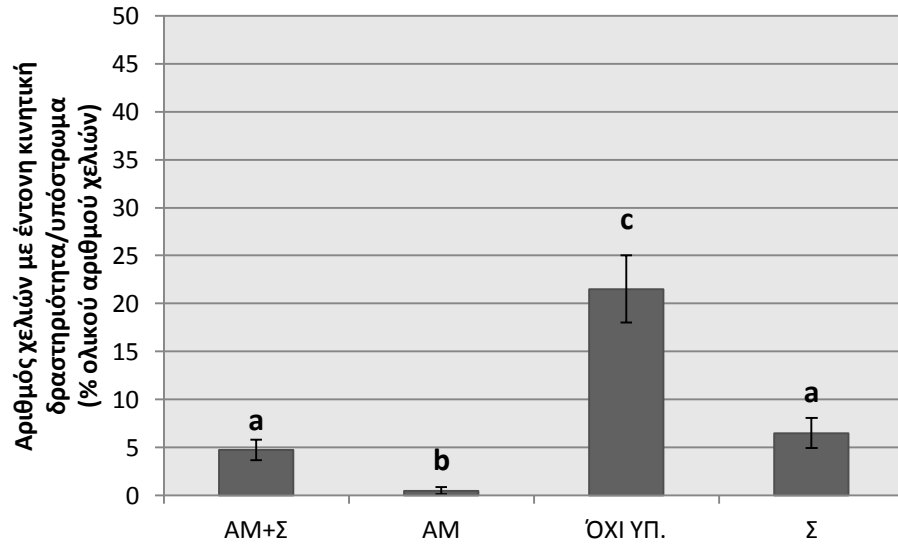


Διάγραμμα 6: Ποσοστό απόκρυψης (αριθμός χελιών στην άμμο προς το σύνολο των παρατηρήσεων) καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος ανάλογα με την χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις. 1^η παρατήρηση από 09:00 έως 12:00 (έντονο φως στο εργαστήριο) και 2^η παρατήρηση από 17:00 έως 20:00 (λιγότερο φως στο εργαστήριο). Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

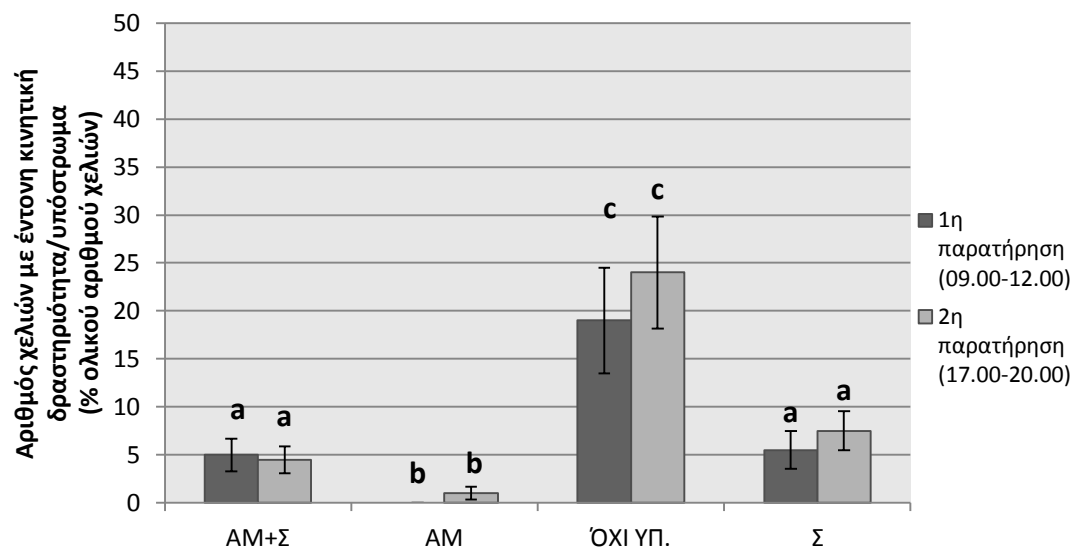


Διάγραμμα 7: Ποσοστό απόκρυψης (αριθμός χελιών στους σωλήνες προς το σύνολο των παρατηρήσεων) καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος ανάλογα με την χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις. 1^η παρατήρηση από 09:00 έως 12:00 (έντονο φως στο εργαστήριο) και 2^η παρατήρηση από 17:00 έως 20:00 (λιγοστό φως στο εργαστήριο). Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$). Στήλες με ίδια γράμματα υποδηλώνουν μη στατιστική διαφορά.

Ανάλογα με την επέμβαση και το υπόστρωμα που διέθεταν κάθε φορά τα ενυδρεία και ανάλογα με το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις (οι οποίες σχετίζονται με τις διαφορετικές συνθήκες που επικρατούσαν κάθε φορά στο εργαστήριο) παρατηρήθηκε η κινητική δραστηριότητα των χελιών. Διαπιστώθηκε ότι έντονη κινητική δραστηριότητα εμφάνιζαν τα άτομα του ενυδρείου που δεν διέθετε υπόστρωμα ενώ ιδιαίτερα μειωμένη κινητική δραστηριότητα παρουσίαζαν τα άτομα του ενυδρείου με υπόστρωμα την άμμο. (διάγραμμα 8). Σε όλες σχεδόν τις επεμβάσεις, εκτός από την πρώτη όπου τα ενυδρεία επανάληψης είχαν ως υπόστρωμα σωλήνες και άμμο παρατηρήθηκε λίγο εντονότερη κινητική δραστηριότητα κατά τη δεύτερη χρονική περίοδο παρατήρησης (17:00-20:00) όπου και το φως στο εργαστήριο ήταν λιγοστό. (διάγραμμα 9). Στατιστικά σημαντική διαφορά σχετικά με την κινητικότητα παρατηρήθηκε ανάμεσα στην επέμβαση που δεν υπήρχε υπόστρωμα στα ενυδρεία και με όλες τις υπόλοιπες και ανάμεσα στην επέμβαση που είχε ως υπόστρωμα άμμο με τις επεμβάσεις που έφεραν άμμο και σωλήνες ή μόνο δύο σωλήνες. Δεν διαπιστώθηκε στατιστική διαφορά σχετικά με την κινητική δραστηριότητα που παρατηρήθηκε στην πρώτη παρατήρηση, το χρονικό διάστημα 09:00-12:00 και στην δεύτερη παρατήρηση που πραγματοποιήθηκε το διάστημα 17:00-20:00.



Διάγραμμα 8 : Αριθμός χελιών με έντονη κινητική δραστηριότητα ανά υπόστρωμα (% ολικού αριθμού χελιών) καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 1^{ου} πειράματος. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

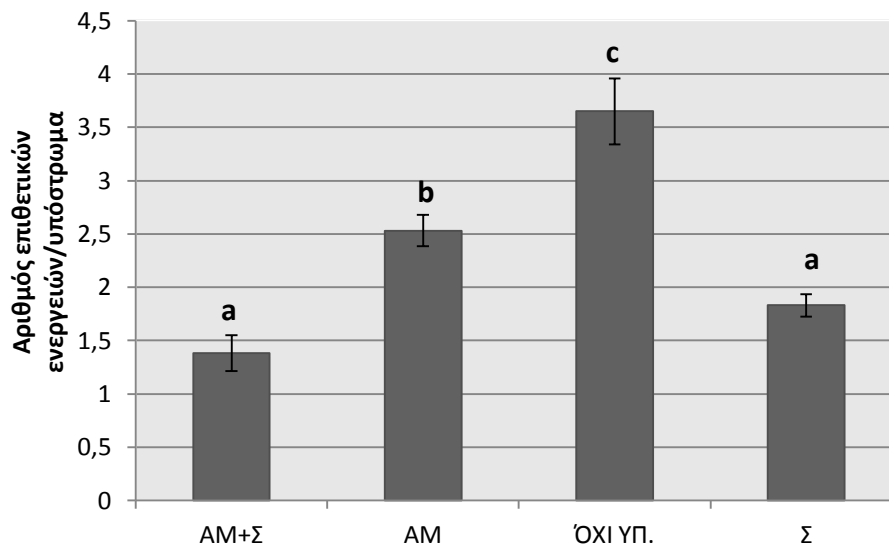


Διάγραμμα 9 : Αριθμός χελιών με έντονη κινητική δραστηριότητα ανά υπόστρωμα (% ολικού αριθμού χελιών) καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 1^{ου} πειράματος. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

Κατά τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος πραγματοποιήθηκε ακόμη, μέτρηση των επιθετικών ενεργειών που σημειώθηκαν μεταξύ των ατόμων και συσχετίσή τους με το υπόστρωμα που διέθεταν κάθε φορά τα ενυδρεία. Παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών ήταν υψηλός στα ενυδρεία που δεν έφεραν υπόστρωμα και μικρότερος αλλά περίπου ίδιος στα ενυδρεία με υπόστρωμα την άμμο με τους σωλήνες και σε εκείνα με τους σωλήνες. Σχετικά υψηλός παρατηρήθηκε στα ενυδρεία με υπόστρωμα την άμμο (διάγραμμα 10, πίνακας 21). Τα άτομα που έκαναν επίθεση κολυμπούσαν με ορμή προς το χέλι στο οποίο επιτίθονταν και του κατάφερναν κάποιες δαγκωματιές, ενώ κάποια καταδίωκαν για αρκετή ώρα τον στόχο τους και πραγματοποιούσαν πολλές επιθέσεις. Αντίθετα τα χέλια που δέχονταν μια επίθεση είτε απαντούσαν με μία εκ νέου επίθεση από την πλευρά τους, είτε απομακρύνονταν από αυτά που επιτίθονταν. Δεν παρατηρήθηκαν χέλια με πληγές, αμυχές ή τραυματισμούς στο σώμα των ατόμων. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά την επιθετικότητα ανάμεσα στις επεμβάσεις. Στατιστικά σημαντική διαφορά σχετικά με την επιθετικότητα παρατηρήθηκε μεταξύ της επέμβασης «χωρίς υπόστρωμα» σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις και μεταξύ της επέμβασης «άμμος» σε σχέση με όλες τις άλλες.

Πίνακας 21: Μέση τιμή επιθετικών ενεργειών χελιών σε σχέση με κάθε επέμβαση στο σύνολο της πειραματικής περιόδου (20 ημέρες).

Ενυδρείο	Επέμβαση	Επιθετικές ενέργειες
1+2	ΑΜ+Σ	1,38±0,168
3+4	ΑΜ	2,53±0,147
5+6	ΌΧΙ ΥΠ.	3,65±0,309
7+8	Σ	1,83±0,106
Επίπεδο σημαντικότητας		ΣΗ



Διάγραμμα 10 :Αριθμός επιθετικών ενεργειών (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν ή δέχτηκαν) που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των ατόμων που εκτράφηκαν σε ενυδρεία με διαφορετικά υποστρώματα καθ' όλη τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος.

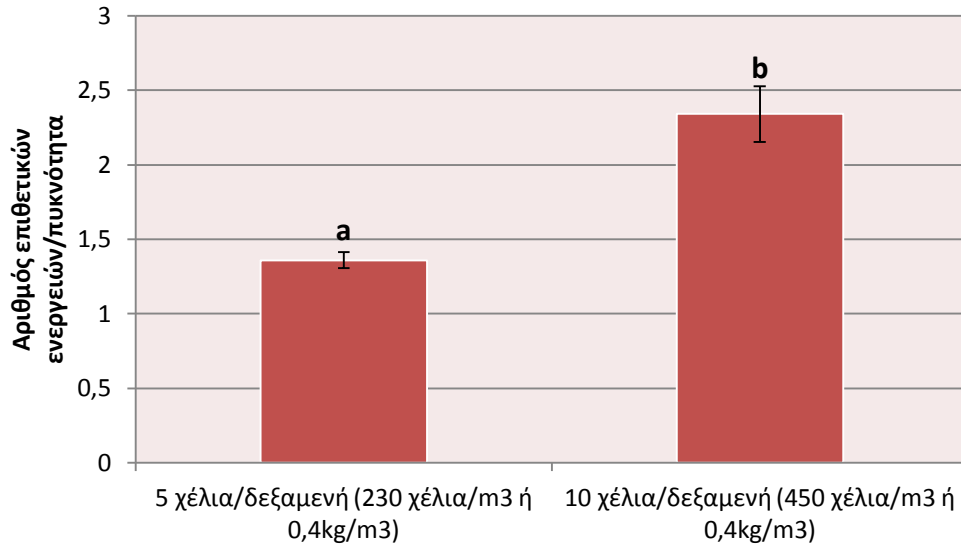
Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του 1^{ου} πειράματος εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη συμμετοχή των ατόμων στη τροφή, μονοπώληση της τροφής ή εκτεταμένη συμπεριφορά ανεύρεσης τροφής.

3.2.2 Πείραμα 2^ο: Επιθετικές ενέργειες και πυκνότητα

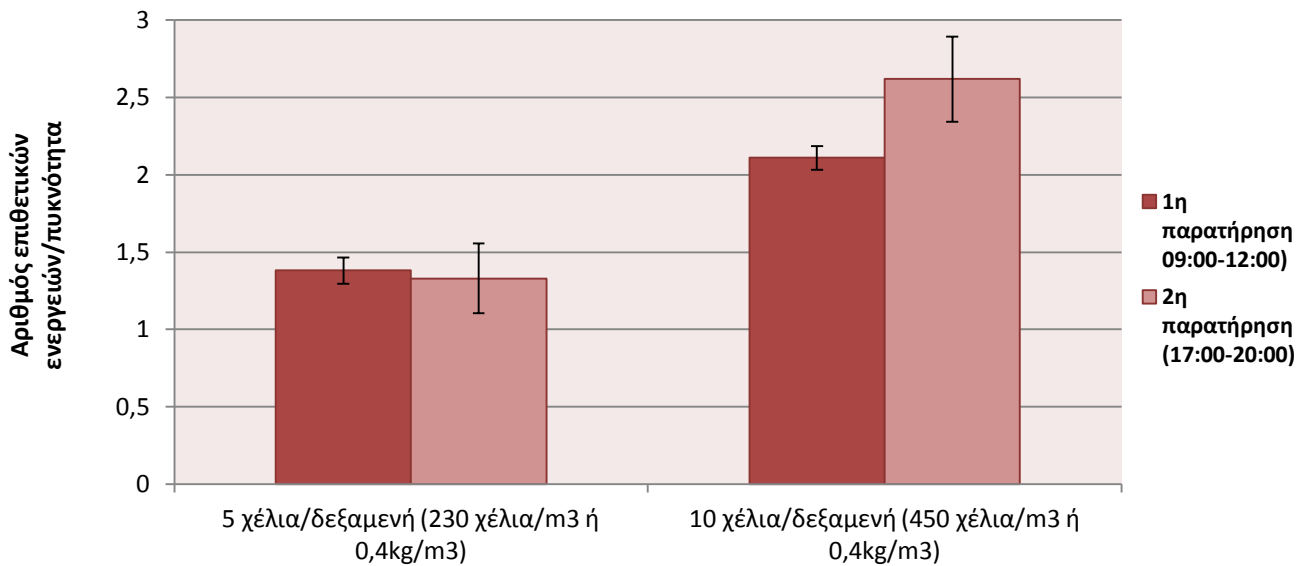
Ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών ήταν μεγαλύτερος στα ενυδρεία με τη μεγαλύτερη πυκνότητα (διάγραμμα 11 και πίνακας 22). Ακόμη όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα 12 και στον πίνακα 22 ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών παρατηρήθηκε ελάχιστα αυξημένος κατά τη δεύτερη χρονική περίοδο παρατηρήσεων (17:00-20:00) μόνο στα ενυδρεία με τη μεγαλύτερη πυκνότητα σε σχέση με την πρώτη (09:00-12:00). Όπως και στο 1^ο πείραμα τα άτομα που έκαναν επίθεση κολυμπούσαν με ορμή προς το χέλι στο οποίο επιτίθονταν και του κατάφερναν κάποιες δαγκωματιές, ενώ κάποια καταδίωκαν για αρκετή ώρα τον στόχο τους και πραγματοποιούσαν πολλές επιθέσεις. Αντίθετα τα χέλια που δέχονταν μια επίθεση είτε απαντούσαν με μία εκ νέου επίθεση από την πλευρά τους, είτε απομακρύνονταν από αυτά που επιτίθονταν. Δεν παρατηρήθηκαν χέλια με πληγές, αμυχές ή τραυματισμούς στο σώμα των ατόμων. Στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε όσον αφορά τις επιθετικές ενέργειες μεταξύ των δύο πυκνοτήτων στα ενυδρεία αλλά δεν διαπιστώθηκε μεταξύ των δύο χρονικών διαστημάτων που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις (νωρίς το πρωί μέχρι μεσημέρι και αργά το απόγευμα μέχρι το βράδυ).

Πίνακας 22: Μέση τιμή επιθετικών ενεργειών χελιών σε σχέση με κάθε επέμβαση στο σύνολο της πειραματικής περιόδου (20 ημέρες).

Ενυδρείο	Επέμβαση	Πρωί(Π)/Απόγευμα(Α)	Επιθετικές ενέργειες
7+8	5 άτομα	Π	1,38±0,085
7+8	5 άτομα	Α	1,33±0,076
9+10	10 άτομα	Π	2,11±0,227
9+10	10 άτομα	Α	2,62±0,275
Επίπεδο σημαντικότητας			ΜΣ



Διάγραμμα 11 :Αριθμός επιθετικών ενεργειών (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν ή δέχτηκαν) που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των ατόμων που εκτράφηκαν σε ενυδρεία με διαφορετικές πυκνότητες καθ' όλη τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P<0,05$).

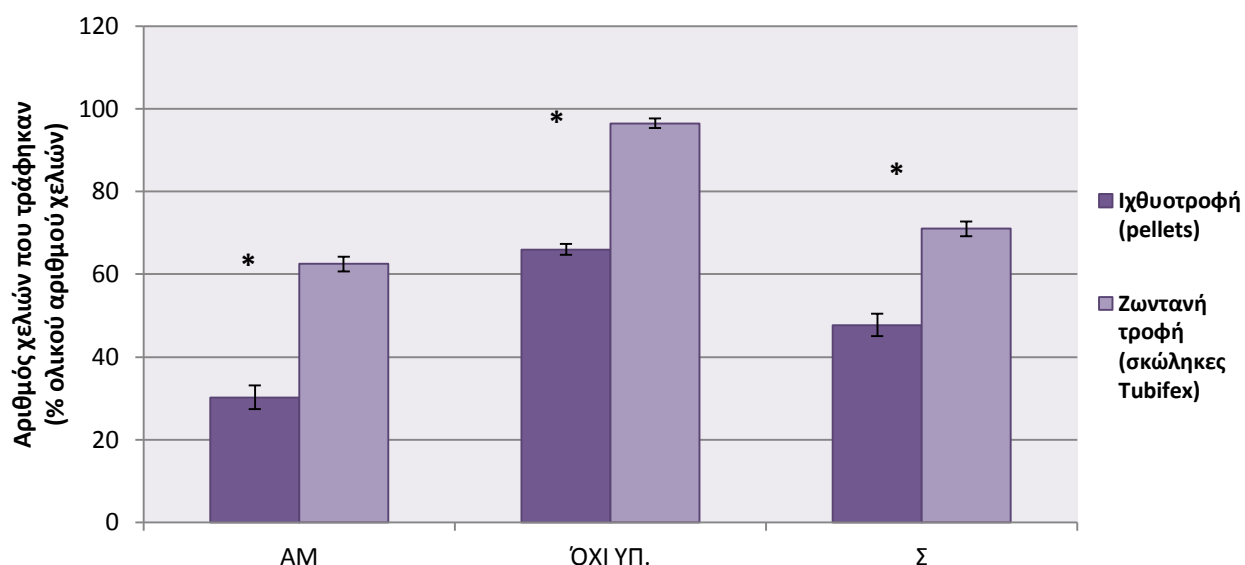


Διάγραμμα 12 :Αριθμός επιθετικών ενεργειών (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν ή δέχτηκαν) που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των ατόμων που εκτράφηκαν σε ενυδρεία με διαφορετικές πυκνότητες καθ' όλη τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του 2^{ου} πειράματος όπως και στο 1^ο πείραμα, παρατηρήθηκε σχετικά μικρή συμμετοχή των ατόμων στη τροφή και όχι ιδιαίτερα εκτεταμένη συμπεριφορά ανεύρεσης τροφής.

3.2.3 Πείραμα 3^ο: Διατροφική συμπεριφορά

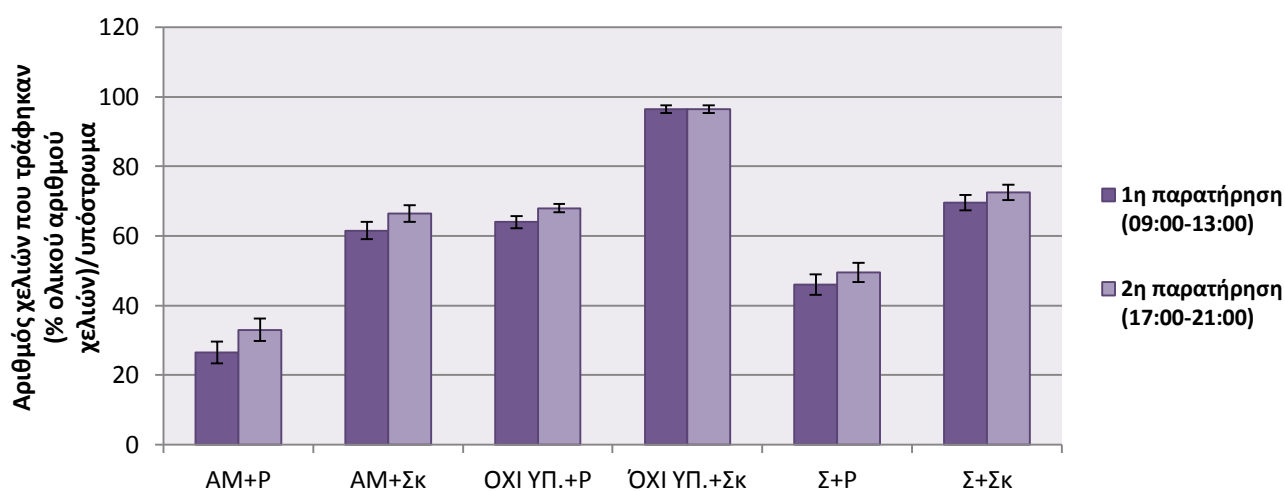
Παρατηρείται ότι το ποσοστό των ατόμων που τράφηκαν είναι ιδιαίτερα ψηλό στα ενυδρεία που διέθεταν δύο σωλήνες ως υπόστρωμα ενώ τα περισσότερα άτομα που τράφηκαν παρατηρήθηκαν στα ενυδρεία που δεν είχαν κανένα υπόστρωμα. Το μικρότερο ποσοστό ατόμων που τράφηκαν (ανεξάρτητα από το είδος της τροφής) διαπιστώθηκε στα ενυδρεία με άμμο. Ανεξάρτητα από το είδος του υποστρώματος, παρατηρήθηκε σε όλα τα ενυδρεία ιδιαίτερα μεγάλη προτίμηση της ζωντανής τροφής έναντι της ιχθυοτροφής (pellets) καθώς τα άτομα σε όλα τα ενυδρεία που τρέφονταν περισσότερο ήταν αυτά που τους χορηγούνταν σκώληκες *Tubifex* (Διάγραμμα 13). Στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε όσον αφορά το είδος τροφής αλλά και συνολικά όσον αφορά το υπόστρωμα (οριακά σημαντική, $P=0,055$) και μεγαλύτερη στατιστικά διαφορά υπολογίστηκε μεταξύ της επέμβασης που έφεραν ως υπόστρωμα άμμο και εκείνης που δεν έφερε καθόλου υπόστρωμα.



Διάγραμμα 13: Αριθμός ατόμων που τράφηκαν (% ολικού αριθμού χελιών) ανά υπόστρωμα και ανάλογα με το είδος της τροφής καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 3^{ου} πειράματος.

*Διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το είδος τροφής ($P<0,05$).

Ακόμη, παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του 3^{ου} πειράματος ότι σε όλες τις επεμβάσεις (εκτός από το ενυδρείο χωρίς υπόστρωμα που χορηγούνταν στα χέλια ζωντανή τροφή) ανεξάρτητα από το είδος τροφής ή υποστρώματος, το ποσοστό των ατόμων που τρέφονταν ήταν ελάχιστα αυξημένο την χρονική περίοδο παρατήρησης (17.00-21.00) μετά τη 2^η χορήγηση της τροφής (διάγραμμα 14). Σημαντική διαφορά στατιστικά δεν διαπιστώθηκε όσον αφορά τα χρονικά διαστήματα των παρατηρήσεων (νωρίς το πρωί μέχρι μεσημέρι και αργά το απόγευμα μέχρι το βράδυ).



Διάγραμμα 14: Αριθμός ατόμων που τράφηκαν (% ολικού αριθμού χελιών) ανά επέμβαση και ανάλογα με το αν η περίοδος παρατήρησης πραγματοποιήθηκε μετά την 1^η πρωινή χορήγηση τροφής ή μετά την 2^η απογευματινή χορήγηση τροφής, καθ' όλη τη διάρκεια των 20 ημερών του 3^{ου} πειράματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο 3^ο πείραμα παρατηρήθηκε κυρίως στα ενυδρεία που χορηγούνταν ζωντανή τροφή (σκώληκες *Tubifex*) μονοπώληση της τροφής, εκτεταμένη συμπεριφορά ανεύρεσης τροφής και έντονος ανταγωνισμός συνοδευόμενος από επιθετικές συμπλοκές μεταξύ ατόμων που τρέφονταν.

4. Συζήτηση

4.1 Πείραμα 1^ο: Επιλογή καταφυγίου, εντοπισμός θέσης χελιών, κινητική δραστηριότητα και επιθετική συμπεριφορά σε ενυδρεία με διαφορετικό υπόστρωμα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα νεαρά χέλια (στο στάδιο του γυαλόχελου) εισέρχονται στις εκβολές ποταμών και αποικίζουν τα ποτάμια και τις λίμνες. Μέσα σε αυτό το υδρόβιο περιβάλλον εντοπίζονται σε βραχώδεις περιοχές, ανάμεσα στις πέτρες ή στους βράχους ή σε περιοχές με ήπιους πυθμένες που καλύπτονται από διάφορα υλικά όπως άμμο και λάσπη στα οποία θάβονται.

Προηγούμενη εμπειρία ή εξοικείωση με μία συγκεκριμένη συνθήκη είναι σημαντικός παράγοντας που καθορίζει το αποτέλεσμα μιας δοκιμής προτίμησης [37], [38] παρόλα' αυτά στα ενυδρεία που πραγματοποιήθηκε εντοπισμός της θέσης των χελιών, σε κάθε επέμβαση συνολικά επέλεξαν να κρυφτούν σε κάποιο καταφύγιο, όπου αυτό υπήρχε, παρά το γεγονός ότι ήταν εγκλιματισμένα προηγουμένως σε μεγάλα πλαστικά ενυδρεία χωρίς υπόστρωμα. Η παρουσία των υποστρωμάτων ή οι άλλοι χώροι που κατέλαβαν τα χέλια μέσα στα ενυδρεία ενδεχομένως να έγιναν αντιληπτά από τα χέλια ως πιο όμοια στο φυσικό τους περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα για παράδειγμα, στην 1^η επέμβαση όπου το υπόστρωμα που διέθεταν τα ενυδρεία ήταν άμμος και σωλήνες, τα χέλια προτιμούσαν να παραμένουν κυρίως θαμμένα μέσα στην άμμο. Πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε στο φίλτρο, πάνω στην άμμο, και μέσα στους σωλήνες. Στην 2^η επέμβαση όπου το υπόστρωμα που διέθεταν τα ενυδρεία ήταν άμμος, τα χέλια προτίμησαν και εδώ να παραμείνουν θαμμένα μέσα στην άμμο. Πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε στο φίλτρο και πάνω στην άμμο. Στην 3^η επέμβαση όμως, όπου δεν υπήρχε κανένα υπόστρωμα μεγαλύτερος αριθμός ατόμων εκδήλωσαν προτίμηση στην περιοχή του φίλτρου ενώ αρκετά χέλια εντοπίστηκαν σε επαφή με πλευρές του ενυδρείου ή εκδήλωσαν αρκετά έντονη κινητική δραστηριότητα, δηλαδή η συμπεριφορά που εμφάνισαν κολυμπώντας σε όλο το χώρο του ενυδρείου ομοιάζε με την συμπεριφορά που παρατηρήθηκε στα ενυδρεία εγκλιματισμού. Ακόμη μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε σε επαφή με τις γωνίες του ενυδρείου ή στο κέντρο αυτού (συνήθως πάνω από υπολείμματα τροφής). Στην 4^η επέμβαση όπου το υπόστρωμα που διέθεταν τα ενυδρεία ήταν δύο πλαστικοί σωλήνες, μεγαλύτερος αριθμός ατόμων εκδήλωσαν προτίμηση την περιοχή του φίλτρου και σε αυτή την επέμβαση, ενώ αρκετά χέλια εντοπίστηκαν πίσω από τους σωλήνες (ανάμεσα στους σωλήνες και την πίσω πλευρά του ενυδρείου). Ίσος περίπου αριθμός ατόμων εντοπίστηκαν ανάμεσα στους σωλήνες ή μέσα σε αυτούς. Τέλος, πολύ μικρότερος αριθμός χελιών παρατηρήθηκε στην μπροστινή πλευρά του ενυδρείου όπου από εκεί πραγματοποιούνταν οι παρατηρήσεις πιθανότατα λόγω αυξημένης όχλησης. Σε

όλες τις επεμβάσεις τα χέλια που εντοπίστηκαν στο φίλτρο επέλεξαν να κρυφτούν μέσα ή πίσω από αυτό. Επίσης οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην προτίμηση συγκεκριμένων θέσεων από τα χέλια δεν ήταν σημαντικές μεταξύ των παρατηρήσεων και βιντεοσκοπήσεων που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ του χρονικού διαστήματος 09:00-12:00 (έντονο φως στο εργαστήριο) και του διαστήματος 17:00-20:00 (λιγοστό φως στο εργαστήριο).

Στις δοκιμές επιλογής μεταξύ δύο διαφορετικών υποστρωμάτων (επέμβαση 1η) τα χέλια και των δύο ενυδρείων διάλεξαν την άμμο (72,25%) ως υπόστρωμα έναντι των σωλήνων (10,75%) και στα δύο χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της 1^{ης} παρατήρησης (αρκετό φως-ημέρα) και της 2^{ης} (λιγοστό φως-απόγευμα). Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας υπολογίστηκε και το ποσοστό απόκρυψης (ποσοστό ατόμων που εντοπίστηκαν στο εσωτερικό των σωλήνων ή θαμμένα μέσα στην άμμο) στην 2^η και 4^η επέμβαση σε σχέση με το χρονικό διάστημα παρατήρησης. Την ημέρα το ποσοστό απόκρυψης που θάβονται στην άμμο ήταν 85% και το απόγευμα (17:00-20:00) ήταν 81,5% ενώ το ποσοστό απόκρυψης για τα άτομα που επιλέγουν τους σωλήνες ήταν 10% για την ημέρα και 11% για το απόγευμα. Επομένως και τις δύο χρονικές περιόδους διαπιστώνουμε την προτίμηση στην άμμο έναντι των σωλήνων και σε αυτές τις επεμβάσεις. Τα χέλια που θάβονταν, εισχωρούσαν πολύ βαθιά στην άμμο, μέχρι τους οφθαλμούς, αφήνοντας το στόμα έξω για την αναπνοή. Επίσης, επέλεξαν να θάβονται είτε σε επαφή με άλλα χέλια, είτε σε επαφή με κάποιο σταθερό αντικείμενο μέσα στο ενυδρείο (όπως, γωνίες, πλευρές, σωλήνες). Αυτή η συμπεριφορά εξηγείται από το γεγονός ότι τα χέλια εκφράζουν έντονο θιγμοτακτισμό. Καταρχάς, από πρόσφατες εργαστηριακές παρατηρήσεις υποδεικνύεται ότι τα χέλια κρύβονται σε καταφύγιο στο στάδιο του γυαλόχελου (η συμπεριφορά αυτή ενισχύεται κατά την μεταμόρφωση προς κιτρινόχελα) ως απόρροια της αρνητικής φωτοτακτικής συμπεριφοράς τους. Συγκεκριμένα η επιλογή της άμμου ως καταφύγιο θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι ήταν πιο εύκολα προσβάσιμη για τα άτομα και ότι στην άμμο το σώμα τους ήταν ολόκληρο σε επαφή με κάποια σταθερή επιφάνεια από ότι στους σωλήνες που είχαν σχετικά μεγάλη διάμετρο. Κάποια άτομα που επέλεξαν τους σωλήνες για να αντισταθμίσουν το πρόβλημα αυτό, επέλεξαν εκείνους στους οποίους βρίσκονταν και άλλα άτομα μέσα για να έρχονται σε επαφή με αυτά. Επίσης, η επιλογή της άμμου ως καταφύγιο θα μπορούσε να οφείλεται και σε παράγοντες όπως το φύλο των ατόμων, η ηλικία και οι οπτικές ικανότητες των ατόμων.

Πραγματοποιώντας σύγκριση των αποτελεσμάτων της εργασίας αυτής με τα αποτελέσματα της έρευνας των Shuo-Zeng Dou & Katsumi Tsukamoto [27] παρατηρείται διαφοροποίηση όσον αφορά το καταφύγιο που επέλεξαν. Μεγαλύτερο ποσοστό ατόμων παρατηρήθηκαν στους σωλήνες παρά στην άμμο, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσης διπλωματικής εργασίας όπου

περισσότερα άτομα επέλεξαν την άμμο έναντι των σωλήνων. Αυτό είναι πιθανό να εξηγείται από το γεγονός ότι τα πειραματόζωα στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε ανήκαν στο είδος *Anguilla japonica* και στο αναπτυξιακό στάδιο του γυαλόχελου. Αντίθετα στην παρούσα εργασία τα πειραματόζωα που εκτράφηκαν ανήκουν σε διαφορετικό είδος (*Anguilla anguilla*) και σε διαφορετικό αναπτυξιακό στάδιο (elver). Ακόμη ως άλλη αιτία θα μπορούσε να εξεταστεί το γεγονός ότι οι σωλήνες που χρησιμοποιήσαμε στην επέμβαση αυτή μπορεί να συνιστούσαν αφιλόξενο χώρο για τα χέλια και αυτό να οδήγησε στην μη προτίμησή τους.

Από την παρατήρηση της κινητικής δραστηριότητας των χελιών ανάλογα με το υπόστρωμα και το χρονικό διάστημα παρατηρήσεων διαπιστώθηκε ότι την εντονότερη κινητική δραστηριότητα εμφάνισαν τα άτομα του ενυδρείου που δεν διέθετε υπόστρωμα ενώ επίσης σημειώθηκαν οι περισσότερες προσπάθειες διαφυγής. Μικρότερη κολυμβητική δραστηριότητα εξέφρασαν τα άτομα στα ενυδρεία με υπόστρωμα άμμο και σωλήνες και σε εκείνα με σωλήνες, ενώ ιδιαίτερα μειωμένη παρουσίαζαν τα άτομα του ενυδρείου με υπόστρωμα την άμμο. Πολλές μελέτες δείχνουν ότι η παρουσία ή η απουσία υποστρωμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καταφύγια μπορούν να επηρεάσουν την κινητική δραστηριότητα των χελιών που βρίσκονται στο αναπτυξιακό στάδιο των κιτρινόχελων και αργυρόχελων [27]. Ο Edel (1979) ανέφερε ότι η συνολική καθημερινή δραστηριότητα των *Anguilla rostrata* μειώθηκε σημαντικά υπό την παρουσία καταφυγίου. Η αφαίρεση των καταφυγίων αύξησε σημαντικά το επίπεδο δραστηριότητας παρουσία ή και απουσία φωτός. Τα παραπάνω δεδομένα επιβεβαιώνονται και από τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας επομένως φαίνεται να ισχύουν και για το είδος και το αναπτυξιακό στάδιο των πειραματόζωων που χρησιμοποιήθηκαν

Μειωμένη ή ιδιαίτερα αυξημένη δραστηριότητα έχει αναφερθεί ότι μπορεί επίσης να υποδηλώνει και ανησυχία ή stress [39]. Ένα χέλι στο ένα ενυδρείο με την άμμο παρουσίαζε καθόλη τη διάρκεια των παρατηρήσεων έντονη κολυμβητική ικανότητα, εκτελώντας κυκλικές επαναλαμβανόμενες κινήσεις κοντά στην πλάγια πλευρά του ενυδρείου. Το χέλι αυτό δεν τράφηκε καθόλου κατά τη διάρκεια του πειράματος πιθανότατα λόγω έντονου stress.

Θα πρέπει να σημειωθεί επιπλέον ότι έντονη κολυμβητική δραστηριότητα σημειώθηκε σε όλα τα ενυδρεία όταν διανεμόνταν τα χέλια πριν τα πειράματα. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει αυξημένη εξερευνητική συμπεριφορά που όμως ελαττώνεται εντός τεσσάρων ωρών [π.χ. *Poecilia reticulata* [40] και *Gambusia holbrooki* [41].

Ακόμη, σε όλες τις επεμβάσεις, εκτός από την πρώτη όπου τα ενυδρεία επανάληψης είχαν ως υπόστρωμα σωλήνες και άμμο παρατηρήθηκε λίγο εντονότερη κινητική δραστηριότητα κατά τη δεύτερη χρονική περίοδο

παρατήρησης (17:00-20:00) δηλαδή το απόγευμα προς βράδυ όπου και το φως στο εργαστήριο ήταν λιγοστό. Το παραπάνω ερμηνεύεται από το γεγονός ότι τα χέλια του είδους *Anguilla anguilla* γενικά παρουσιάζουν έντονη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας (όπου εγκαταλείπουν το καταφύγιό τους για να τραφούν) και αρνητική φωτοτακτική συμπεριφορά. Επομένως κατά τη διάρκεια της μέρας επέλεξαν να παραμένουν στα καταφύγια τους, για να αποφύγουν το φως, ή τυχόν ενόχληση που θα μπορούσε να προκαλεί η παρουσία κάποιου ατόμου στο εργαστήριο κάποιες φορές κατά την παρατήρηση αλλά και για να είναι σε επαφή με κάποια σταθερή επιφάνεια ή και μεταξύ τους, παρουσιάζοντας μηδαμινή κινητικότητα. Ενώ το απόγευμα προς τη νύκτα περισσότερα άτομα παρατηρήθηκαν να βγαίνουν από τα καταφύγια τους, να έρπουν στην άμμο, να κολυμπούν ενεργητικά ή και να εμφανίζουν συμπεριφορά αναζήτησης τροφής. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στο φυσικό περιβάλλον, η δραστηριότητα των χελιών τη νύκτα δεν επηρεάζεται μόνο από τη διαθεσιμότητα του φωτός αλλά ενεργοποιείται και από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες [42]–[46]. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση και οι φάσεις της σελήνης [45]. Οι παραπάνω παράγοντες δεν εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία.

Η επιθετική συμπεριφορά των χελιών επηρεάστηκε από την παρουσία υποστρώματος. Στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών ήταν ιδιαίτερα υψηλός στα ενυδρεία χωρίς υπόστρωμα, ενώ στις υπόλοιπες ήταν περίπου ο ίδιος. Το παραπάνω θα μπορούσε να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι η κινητική δραστηριότητα ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στα ενυδρεία αυτά, οπότε τα άτομα έρχονταν σε επαφή περισσότερες φορές μεταξύ τους κολυμπώντας και έτσι συμμετείχαν σε περισσότερες επιθετικές συμπλοκές. Ακόμη αυτά τα πειραματόζωα τρέφονταν και περισσότερο οπότε ανταγωνίζονταν και περισσότερο συγκριτικά με τα υπόλοιπα για την τροφή. Επιπροσθέτως, στα ενυδρεία με καταφύγιο, αυτό λειτούργησε σαν φυσικό εμπόδιο που μείωσε την οπτική επαφή μεταξύ των ατόμων με αποτέλεσμα να μειώσει και τις αλληλεπιδράσεις τους. Τέλος, σύμφωνα με μελέτες, αλλαγές στο χρώμα του περιβάλλοντος των χελιών επηρεάζουν τη συμπεριφορά οπότε αυτό θα μπορούσε να αποτελεί μια πιθανή εξήγηση (τα ενυδρεία με άμμο μπεζ χρώμα σε σχέση με τις υπόλοιπες που δεν διέθεταν). Κάποιες επιθετικές ενέργειες εκτυλίχθηκαν και στα υπόλοιπα ενυδρεία κυρίως κατά τη διεκδίκηση κοινού καταφυγίου.

4.2 Πείραμα 2^ο: Επιθετικές ενέργειες και πυκνότητα

Το είδος *Anguilla anguilla* παρουσιάζει μοναχική και χωροκρατική συμπεριφορά (εκτός από την περίοδο της μετανάστευσης), έτσι οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλούν μεταβολές στην ανάπτυξή τους [26]. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα επομένως, ότι σε διαφορετικές συγκεντρώσεις διαφοροποιείται η συμπεριφορά των χελιών και αναπτύσσονται κοινωνικές σχέσεις με σημαντική επίδραση στα άτομα. Τέτοιες κοινωνικές σχέσεις όπως οι επιθετικές συμπλοκές, είναι υπεύθυνες για την πρόκληση stress, απώλεια ενέργειας, μη συμμετοχή στο γεύμα, εγκαθίδρυση κυριαρχίας και ιεραρχικών σχέσεων που σχετίζονται με το μέγεθος σώματος σε πολλά είδη καλλιέργειας [47], [48] συμπεριλαμβανομένων και των χελιών [49], [50].

Η κυριαρχία στα ψάρια και γενικά οι επιθετικές ενέργειες πραγματοποιούνται από άτομα με μεγαλύτερο σώμα από τους δέκτες των επιθέσεων [51]. Οι διαφοροποιήσεις των χελιών όσον αφορά τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντική στα ενυδρεία. Ωστόσο υπήρχαν κάποια άτομα που παρουσίαζαν λίγο μεγαλύτερο σώμα από τα υπόλοιπα στα ενυδρεία. Αυτά παρατηρήθηκαν να εκφράζουν έντονη επιθετική συμπεριφορά απέναντι στα πιο μικρόσωμα, τα οποία συνήθως υποχωρούσαν όταν τα πρώτα κολυπούσαν με μεγάλη ταχύτητα και απειλητικά προς το μέρος τους απωθώντας τα και ακουμπώντας το στόμα τους στο δικό τους. Επομένως σε αυτές τις περιπτώσεις δεν πραγματοποιούνταν μάχη ανάμεσα στα άτομα. Μάχη παρατηρούνταν ανάμεσα σε χέλια με το ίδιο σωματικό μέγεθος. Τα λίγο πιο μεγαλόσωμα κάποιες φορές καταδίωκαν για αρκετή ώρα τον στόχο τους και πραγματοποιούσαν πολλές επιθέσεις. Επιθετικές συμπλοκές παρατηρούνταν στις περιπτώσεις μονοπώλησης ενός χώρου ή καταφυγίου σε όλα τα ενυδρεία καθώς κάποια χέλια διεκδικούσαν το χώρο ή το καταφύγιο που καταλάμβαναν κάποια άτομα, μερικά από τα οποία αμύνονταν εκφράζοντας χωροκρατικότητα. Επιθετικές συμπλοκές παρατηρήθηκαν επίσης κατά τη διάρκεια του πειράματος όταν τα χέλια ήταν αρκετά δραστήρια και έρχονταν σε επαφή. Και τέλος, επιθετικές ενέργειες διαπιστώθηκαν κατά τη χορήγηση τροφής. Σε περίπτωση που κάποιο χέλι πλησίαζε κάποιο άλλο την ώρα που τρέφονταν εκείνο επιτίθονταν και απομάκρυνε το άτομο αυτό.

Παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει κάποιες μελέτες για την επίδραση της πυκνότητας στα εκτρεφόμενα χέλια οι λεπτομέρειες των πειραματικών σχεδιασμών δυσκολεύουν τη σύγκριση μεταξύ των εργασιών, ιδιαίτερα συνυπολογίζοντας τους πολλαπλούς παράγοντες που επηρεάζουν την πυκνότητα αλλά και εκείνους που η πυκνότητα επηρεάζει [52], [53]. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του 2^{ου} πειράματος που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, μεγαλύτερος αριθμός των επιθετικών ενεργειών διαπιστώθηκε στα ενυδρεία με τη

μεγαλύτερη πυκνότητα. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί από την υπόθεση ότι στα ενυδρεία που παρουσίαζαν μεγαλύτερη πυκνότητα τα χέλια εξέφραζαν έντονη κολυμβητική δραστηριότητα και έτσι έρχονταν σε οπτική και σωματική επαφή πολύ συχνά με αποτέλεσμα να επιτίθενται το ένα στο άλλο. Επίσης, ένα σοβαρό λόγο που οδήγησε στο ακόλουθο αποτέλεσμα θα μπορούσε να αποτελεί και ο ανταγωνισμός για τον περιορισμένο αριθμό καταφυγίων (δύο σωλήνες υπήρχαν σε όλα τα ενυδρεία ανεξάρτητα από την πυκνότητα). Τέλος, παρατηρήθηκαν περισσότερες προσπάθειες διαφυγής στα ενυδρεία με τη μεγαλύτερη πυκνότητα σε μια προσπάθεια να απομακρυνθούν από έναν χώρο με πολλά άτομα και να αποφευχθούν τυχόν επιθετικές ενέργειες.

Στο πείραμα αυτό διαπιστώθηκε ακόμη, ότι ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών ήταν λίγο αυξημένος κατά τη δεύτερη χρονική περίοδο παρατηρήσεων (17:00-20:00) σε σχέση με την πρώτη (09:00-12:00) στη μεγαλύτερη πυκνότητα. Αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως μία ενδεχόμενη συμβολή των συνθηκών φωτισμού που επικρατούσαν στο εργαστήριο [το χρονικό διάστημα 09:00-12:00 υπήρχε άπλετο φως και το χρονικό διάστημα (17:00-20:00) δεν υπήρχε σχεδόν καμία πηγή φωτός στο χώρο με τα ενυδρεία] στην επιθετική συμπεριφορά. Για παράδειγμα, χαμηλή ή υψηλή ένταση φωτισμού έχει παρατηρηθεί ότι μειώνει την επιθετικότητα των ψαριών είτε εξαιτίας μειωμένης ορατότητας ή λόγω αυξημένου κινδύνου θήρευσης [54]. Δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε και το γεγονός ότι τα παραπάνω αποτελέσματα θα μπορούσε να είναι και απόρροια τυχαιότητας όπου επίθεση εκδηλώνονταν κάθε φορά κυρίως που κάποιο χέλι εισέβαλε στο οπτικό πεδίου κάποιου άλλου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι συνολικά ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών που εκδηλώθηκαν μεταξύ των ατόμων ήταν μικρός. Έχει βρεθεί γενικά ότι η επιθετικότητα που εκφράζουν τα νεαρά χέλια είναι ιδιαίτερα χαμηλή [26]. Ακόμη καννιβαλιστική συμπεριφορά δεν παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος σε κανένα ενυδρείο (ούτε και σε εκείνες με αυξημένη πυκνότητα).

Τέλος, τα χέλια τα οποία βρισκόντουσαν μόνα τους, το καθένα σε ένα ενυδρείο εξέφραζαν απόλυτη αδράνεια, επέλεγαν να παραμένουν κρυμμένα μέσα στους σωλήνες, ανάμεσα στους σωλήνες και πίσω από το φίλτρο, ενώ δεν έδειχναν να αποκρίνονται κατά τη χορήγηση τροφής και να συμμετέχουν στο γεύμα. Δεν παρουσίαζαν κινητική δραστηριότητα εν αντιθέσει με τα υπόλοιπα χέλια στα υπόλοιπα ενυδρεία οπότε αυτό υποδεικνύει πιθανά ότι η υψηλή κινητική δραστηριότητα προσδιορίζεται από κοινωνικές αλληλεπιδράσεις παρά από γενετικούς παράγοντες όταν τα νεαρά χέλια περιορίζονται σε ένα περιβάλλον με υψηλή πυκνότητα [26].

4.3 Πείραμα 3^ο: Διατροφική συμπεριφορά

Στο συγκεκριμένο πείραμα χορηγήθηκε ζωντανή τροφή (σκώληκες *Tubifex*) και τροφή ως micropellets σε άτομα που εκτρέφονταν σε ενυδρεία με διαφορετικό υπόστρωμα κάθε φορά. Αρχικά παρατηρήθηκε η προτίμηση που παρουσίαζαν τα χέλια σε κάποιο από τα δύο είδη τροφής και ποιοι παράγοντες συμβάλλουν στην έκφραση αυτής της επιλογής. Εν συνεχεία, διαπιστώθηκε η συμμετοχή των ατόμων στην τροφή ανάλογα με το υπόστρωμα του κάθε ενυδρείου αλλά ανάλογα και με το χρόνο χορήγησης της τροφής (πρωί- απόγευμα).

Τα χέλια είναι σαρκοφάγα και στο φυσικό περιβάλλον επιλέγουν να τρέφονται κυρίως με καρκινοειδή, μαλάκια, δακτυλιοσκώληκες και προνύμφες εντόμων [55]. Ως κατάδρομα μεταναστευτικά είδη έχουν όμως τη δυνατότητα να προσαρμόζονται αλλάζοντας το διατροφικό τους πρόγραμμα ανάλογα με τους ενεργειακούς πόρους που προσφέρει το εκάστοτε οικοσύστημα στο οποίο διαβιούν. Οι διατροφικές συνήθειες των χελιών αλλά και όλων των ψαριών γενικότερα και η προτίμηση που εκφράζουν απέναντι σε συγκεκριμένο είδος τροφής εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Αυτοί οι παράγοντες είναι συνήθως γενετικοί, οντογενετικοί (αναπτυξιακό στάδιο), οικολογικοί (προτίμηση τροφής με συγκεκριμένο περιεχόμενο σε απαραίτητες ουσίες), περιβαλλοντολογικοί (για παράδειγμα η εποχική διακύμανση επηρεάζει την επιλογή τροφής καθώς συγκεκριμένα είδη που αποτελούν λεία είναι διαθέσιμα κάθε φορά σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα), εσωτερικοί παράγοντες που συνδέονται με την φυσιολογία του κάθε είδους ή που σχετίζονται με το κίνητρο που έχουν τα άτομα για να τραφούν (ύπαρξη ασιτίας). Η προτίμηση τροφής δεν φαίνεται να επηρεάζεται πάντα από τον πληθυσμό των ατόμων, από το φύλο και από προηγούμενη διατροφική εμπειρία.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όσον αφορά την προτίμηση του είδους τροφής δείχνουν ότι ανεξάρτητα από το είδος του υποστρώματος, σε όλα τα ενυδρεία η επιλογή της ζωντανής τροφής έναντι της ιχθυοτροφής ως pellets είναι αδιαμφισβήτητη καθώς, σε όλα τα ενυδρεία, τα άτομα που τρέφονταν περισσότερο ήταν αυτά που τους χορηγούνταν σκώληκες *Tubifex*. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη χορήγηση *Tubifex* τα περισσότερα χέλια φαίνονταν να αντιλαμβάνονται σχετικά γρήγορα την ύπαρξη των σκουληκιών και έτσι πρόβαλλαν σιγά σιγά από το καταφύγιό τους. Έπειτα κινούνταν εκτελώντας οφιοειδής κίνηση σε κοντινή απόσταση με την άμμο και με το κεφάλι σε επαφή με αυτή, προς την κατεύθυνση της λείας. Όταν πλησίαζαν τους σκώληκες αμέσως επιτίθονταν σε αυτούς και κατάπιναν τη λεία. Δεν παρουσίαζαν κάποια ιδιαίτερη συμπεριφορά πριν την κατάποση της τροφής όπως ακριβώς και οι υπόλοιποι Τελεόστεοι [27]. Τα χέλια στα οποία χορηγούνταν τροφή ως pellets φαίνεται να μην αντιλαμβάνονταν τα περισσότερα αμέσως την τροφή σε όλα τα υποστρώματα και ήταν λιγότερα σε

αριθμό από αυτά που τρέφονταν με ζωντανή τροφή (σχεδόν όλα τρέφονταν). Εκείνα όμως που αντιλαμβάνονταν την τροφή, την πλησίαζαν κολυμπώντας πολύ κοντά στην άμμο και εκτελώντας στριφογυριστές οφιοειδείς κινήσεις (σχηματίζοντας με το σώμα τους ένα σίγμα τελικό) προσέγγιζαν την τροφή και κατόρθωναν την κατάποσή της. Λιγοστά ήταν αυτά που προτιμούσαν να τρέφονται από την επιφάνεια του νερού (την ώρα που έπεφτε η τροφή) ανοίγοντας το στόμα τους και κολυμπώντας προς την τροφή και έτσι κατάφερναν να τραφούν με παθητική- αδρανή κατάποση.

Οπτικά, μηχανικά και ηλεκτρικά ερεθίσματα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με κάποια χαρακτηριστικά μιας πιθανής λείας αλλά δεν παρέχουν καμία πληροφορία για την θρεπτική της σύσταση. Αντίθετα οι χημειοϋποδοχείς μπορούν να παρέχουν τέτοιες πληροφορίες (μεγάλη σημασία για την επιλογή τροφής τα χημικά ερεθίσματα). Όπως γνωρίζουμε για τα χέλια του συγκεκριμένου αναπτυξιακού σταδίου στο πείραμα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν την όραση για τον εντοπισμό της τροφής αλλά η όσφρηση που είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη οδηγεί τελικά στην αποτελεσματική εύρεση της τροφής. Επομένως θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι τα χέλια στο πείραμά μας επέλεξαν τη ζωντανή τροφή καθώς μπορούσαν με τις οσφρητικές τους ικανότητες να την εντοπίσουν ευκολότερα, αφού οι σκώληκες περιέχουν συγκεκριμένες ουσίες οι οποίες μπορεί να προβάλουν διεγερτικά αποτελέσματα. Τα χέλια εμφανίζουν γενικά υψηλή ευαισθησία σε μια σειρά χημικών ουσιών (όπως αμινοξέα). Ακόμη κάποια από τα χέλια που δεν αντιλαμβάνονταν την ζωντανή τροφή άμεσα, πιθανότατα διεγείρονταν προοδευτικά από την αύξηση της δραστηριότητας και τη συμπεριφορά αναζήτησης τροφής των υπολοίπων, τα οποία στη συνέχεια μιμούνταν. Επίσης, παρατηρήθηκε κυρίως στα ενυδρεία με τους σκώληκες μονοπώληση της τροφής, εκτεταμένη συμπεριφορά ανεύρεσης τροφής και έντονος ανταγωνισμός συνοδευόμενος από επιθετικές συμπλοκές μεταξύ ατόμων που τρέφονταν. Αντίθετα, στα ενυδρεία που χορηγούνταν pellets ήταν δυσκολότερος ο εντοπισμός της τροφής καθώς αποτελούσαν μικρό οπτικό στόχο και αδρανές χημικό ερέθισμα [56]. Έτσι η συμμετοχή των ατόμων στην τροφή εμπορίου ήταν σημαντικά μικρότερη έναντι εκείνης απέναντι στη ζωντανή.

Σχετικά με διατροφική συμπεριφορά και τη συμμετοχή των χελιών στο γεύμα (ανεξάρτητα από το είδος της τροφής) κάθε φορά σε σχέση με το υπόστρωμα που διέθετε το κάθε ενυδρείο, παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό των ατόμων που τράφηκαν ήταν ιδιαίτερα ψηλό στα ενυδρεία που διέθεταν δύο σωλήνες ως υπόστρωμα ενώ τα περισσότερα άτομα που τράφηκαν παρατηρήθηκαν στα ενυδρεία που δεν είχαν κανένα υπόστρωμα. Το μικρότερο ποσοστό ατόμων που τράφηκαν διαπιστώθηκε στα ενυδρεία με άμμο. Τα παραπάνω μπορούν να ερμηνευτούν από το γεγονός ότι για τα χέλια που βρίσκονταν σε ενυδρεία με άμμο ή σωλήνες η αντίληψη της τροφής δεν ήταν άμεση και αποτελεσματική οπότε δεν

έβγαιναν από το καταφύγιό τους για να τραφούν. Ακόμη, κάποια άτομα που βρίσκονταν μέσα στην άμμο όταν αντιλαμβάνονταν την τροφή δεν έδειχναν τη διάθεση να βγουν για να τραφούν. Πιθανότατα αυτό συνέβαινε λόγω δυσκολίας να απομακρυνθούν από το καταφύγιό τους. Η δυσκολία ήταν μεγαλύτερη στα ενυδρεία με υπόστρωμα την άμμο σε σχέση με τα ενυδρεία με υπόστρωμα τους σωλήνες στις οποίες τα άτομα φαίνεται να τρέφονταν περισσότερο από εκείνες με την άμμο. Φυσικά, απέναντι στη ζωντανή τροφή η διάθεση για συμμετοχή στο γεύμα ήταν μεγαλύτερη. Απεναντίας, στα ενυδρεία που δεν διέθεταν υπόστρωμα τα άτομα τρέφονταν περισσότερο, καθώς δεν ήταν κρυμμένα σε καταφύγια και εμφάνιζαν έντονη κινητική δραστηριότητα, οπότε και μπορούσαν να αντιληφθούν την τροφή άμεσα. Ακόμη μια άλλη ερμηνεία που θα είχε ενδιαφέρον να αναφερθεί θα μπορούσε να είναι η μεγάλη ανάγκη των ατόμων στα ενυδρεία χωρίς υπόστρωμα σε ενέργεια, καθώς όπως παρατηρήθηκε και στο 1^ο πείραμα, αυτά εμφάνιζαν την πιο έντονη κινητική δραστηριότητα και παρουσίαζαν συμπεριφορά αναζήτησης τροφής και προσμονής όταν αυτή δεν χορηγούνταν.

Όσον αφορά τη συμμετοχή των ατόμων στο γεύμα σε σχέση με το χρόνο χορήγησης της τροφής, λίγο πιο έντονη ήταν η συμμετοχή τους το χρονικό διάστημα μετά την 2^η χορήγηση τροφής για όλες τις επεμβάσεις συνολικά. Αυτό υποδεικνύει ότι τα χέλια του αναπτυξιακού σταδίου του συγκεκριμένου πειράματος, τράφηκαν πιο ενεργητικά και αποτελεσματικά το απόγευμα προς το βράδυ. Στο εργαστήριο μετά τις 18:00 το φως ήταν λιγοστό αφού νύκτωνε και δεν υπήρχε πηγή φωτός στο χώρο με τα ενυδρεία. Ως συνέπεια αυτού, περισσότερα χέλια σε σχέση με εκείνα που παρατηρούνταν κατά τις πρωινές ώρες, εγκατέλειπαν τα καταφύγια τους και παρουσίαζαν έντονη κολυμβητική ικανότητα και έτσι δεν βρίσκονταν κρυμμένα ή θαμμένα με αποτέλεσμα η συμμετοχή τους στο γεύμα να είναι μεγαλύτερη. Γνωρίζουμε ότι η διατροφική συμπεριφορά και η κινητική δραστηριότητα των χελιών της οικογένειας Anguillidae είναι καλά συγχρονισμένες [27]. Η κολυμβητική δραστηριότητα από κάποια είδη *Anguilla* συχνά παρουσιάζει αύξηση όταν τα φώτα σβήνουν [30], [57]. Ακόμη, στο φυσικό περιβάλλον, στα νεαρά χέλια του είδους *Anguilla rostrata* η διατροφική συμπεριφορά και η κινητική δραστηριότητα πραγματοποιούνταν κατά τη διάρκεια της νύχτας, με τα περισσότερα άτομα να τρέφονται μετά το σούρουπο [58]. Επομένως όπως παρουσιάζεται και σε αυτό το πείραμα υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της κινητικής δραστηριότητας που στα χέλια είναι νυκτερινή με τη διατροφική συμπεριφορά στις εργαστηριακές συνθήκες. Παρόλα αυτά και κατά την πρώτη χορήγηση της τροφής στις 09:00, όπου το φως στο εργαστήριο ήταν αρκετό, η ανάγκη για τροφή αποτελούσε την κινητήρια δύναμη που οδηγούσε να χέλια να απομακρυνθούν από τα καταφύγια τους για αυτό και υπήρχαν άτομα που τρέφονταν και την ημέρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις μεγάλες πλαστικές δεξαμενές που εκτρέφονταν τα χέλια πριν τη διανομή τους στα ενυδρεία και τη συμμετοχή τους στο πείραμα,

διαπιστώθηκε κανιβαλισμός. Κάποιο πιο μεγαλόσωμο χέλι φαινόταν να τρέφεται από ένα νεκρό άτομο ενώ αργότερα κι άλλα άτομα το ακολούθησαν και τράφηκαν και αυτά. Είναι πιθανό το μικρόσωμο νεκρό χέλι να προέκυψε από επιθετική συμπλοκή με το πιο μεγαλόσωμο καθώς τα άτομα που τρέφονται με άλλα άτομα του ίδιου είδους επιλέγουν μικρόσωμη λεία εξαιτίας των μειονεκτημάτων που θα εμφάνιζε το κυνήγι και η τροφή με ένα μεγαλύτερο. Αυτά τα μειονεκτήματα μπορεί να είναι η μικρή επιτυχία αιχμαλώτισης του αντιπάλου, ο περισσότερος χρόνος πάλης [59], το ρίσκο τραυματισμού [60]. Αυτή η κανιβαλιστική συμπεριφορά σχετίζεται πιθανότατα με την υψηλή πυκνότητα (60 χέλια/ ενυδρείο) στις δεξαμενές εγκλιματισμού.

Τέλος, ένα θέμα που δεν πρέπει να αγνοηθεί είναι τα λίγο αυξημένα επίπεδα νιτρωδών ιόντων του νερού στα ενυδρεία και κυρίως σε εκείνα με υπόστρωμα, σε όλα τα πειράματα καθώς ιδανικά οι τιμές των νιτρωδών πρέπει να είναι $<0.1\text{mg/l}$. Συγκεκριμένα στα ενυδρεία με υπόστρωμα η αύξηση των νιτρωδών ιόντων οφείλεται πιθανότατα στην ανομοιόμορφη επιφάνεια του υποστρώματος που οδηγεί στη συγκράτηση οργανικού φορτίου. Αν και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν αποτελεσματικότεροι μέθοδοι καθαρισμού των πειραματικών ενυδρείων, η διαδικασία αυτή θα προκαλούσε ιδιαίτερη ανησυχία στα χέλια και απορρίφθηκε. Δεν ήταν πολύ μεγάλη η απόκλιση από τις ιδανικές τιμές σε όλα τα ενυδρεία οπότε πιθανότατα δεν επηρεάστηκαν ιδιαίτερα τα αποτελέσματα.

5. Συμπεράσματα

- Όταν υπάρχει υπόστρωμα στο περιβάλλον των χελιών επιλέγουν να το αξιοποιούν παρά να είναι ιδιαίτερα δραστήρια. Επιλέγουν να κρύβονται σε κάποιο υπόστρωμα μόνα τους ή και σε επαφή μεταξύ τους καθώς εκφράζουν έντονη θιγμοτακτική συμπεριφορά.
- Τα χέλια κρύβονται σε καταφύγια κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας για να αποφύγουν το φως καθώς παρουσιάζουν αρνητικό φωτοτακτισμό. Πιο έντονη κολυμβητική δραστηριότητα εκδηλώνεται κυρίως μετά το σούρουπο.
- Στην παρούσα εργασία τα χέλια έδειξαν προτίμηση στην άμμο ως υπόστρωμα πιθανόν γιατί είναι πιο κοντά στο φυσικό τους περιβάλλον αφού εντοπίζονται ανάμεσα στις πέτρες ή σε βράχους ή θαμμένα στην άμμο.
- Διαπιστώθηκε ότι η επιθετική συμπεριφορά επηρεάζεται από το υπόστρωμα και από την πυκνότητα.
- Όσον αφορά το είδος τροφής, διαπιστώθηκε ότι τα χέλια επέλεξαν τους σκώληκες έναντι των pellets αφού είναι σαρκοφάγα και στο φυσικό περιβάλλον επιλέγουν να τρέφονται κυρίως με καρκινοειδή, μαλάκια, δακτυλιοσκώληκες και προνύμφες εντόμων. Επίσης, η διατροφική συμπεριφορά επηρεάζεται από το υπόστρωμα και την εναλλαγή ημέρας-νύχτας.
- Τέλος, εκδηλώθηκε καννιβαλιστική συμπεριφορά στα ενυδρεία που παρουσίαζαν υψηλή πυκνότητα (δεξαμενές εγκλιματισμού).

6. Βιβλιογραφία

- [1] F. W. Tesch, The Eel, vol. 65, no. 3. 2004.
- [2] A. Wheeler, The Fishes of the British Isles and North-West Europe. Macmillan and Co. London., 1969.
- [3] E. Pfeiler, “Developmental physiology of elopomorph leptocephali,” *Comperative Biochem. Physiol.*, vol. 123, pp. 113–128, 1999.
- [4] J. Schmidt, “The breeding places of the eel,” *Phil. Trans. R. Soc.*, vol. 211, pp. 179–210, 1922.
- [5] M. and J. F. Kottelat, Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, 2007.
- [6] Melissa Skupin, “*Anguilla anguilla*, Common eel.” [Online]. Available: http://animaldiversity.org/accounts/Anguilla_anguilla/. [Accessed: 14-Feb-2017].
- [7] J. W. Sinha, V.R.P. & Jones, The European Freshwater Eel. Liverpool University Press, 1975.
- [8] C. Deelder, “Synopsis of biological data of the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758),” *FAO Fish. Synop*, vol. 80, p. 68, 1970.
- [9] L. A. Feunteun E., Acou A., Laffaille P., “European eel (*Anguilla anguilla*): prediction of spawner escapement from continental population parameters,” *Can. J. Fish Aquat. Sci*, vol. 57, pp. 1627–1635, 2000.
- [10] E. Acou, A., Laffaille, P. Legault, A., Feunteun, “Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system,” *Ecol. Freshw. Fish*, vol. 17, pp. 432–442, 2008.
- [11] O. H. and J. R.-H. Vollestad, L. A., B. Jonsson, N. A. Hvidsten, T. F. Naesje, “Environmental factors regulating the seaward migration of European silver eels (*Anguilla anguilla*),” *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 43, pp. 1909–1916, 1986.
- [12] O. H. P. Okamura, A., Yamada, Y., Mikawa N., Tanaka S., “Exotic silver eels *Anguilla anguilla* in Japanese waters: seaward migration and environmental factors,” *Aquat. Living Resour.*, vol. 15, pp. 335–341, 2002.
- [13] C. L. Euston, E.T., Royer, D.D. & Simons, “Relationship of emigration of silver American eels (*Anguilla rostrata*) to environmental variables at a low head hydro station,” 1997.
- [14] M. Bruijs, Maarten C.M., Durif Caroline, “Silver Eel Migration and Behaviour,” in *Spawning Migration of the European Eel*, 2009.

- [15] E. N. N. E. Ne, "*Anguilla anguilla*," no. Tesch 1977, pp. 67–68, 1994.
- [16] Π. Μεγαλοφώνου, Βιολογία και Ηθολογία Ιχθύων. Αθήνα: Εθνικό Και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2008.
- [17] F. Damsgård, B., Huntingford, Aquaculture and Behaviour. Wiley-Blackwell, 2012.
- [18] S. A. Davies, N.B., Krebs, J.R., West, An introduction to behavioural ecology. Blackwell Scientific Publications, 1987.
- [19] J. Maynard-Smith, Evolution and the Theory of Games. Cambridge University Press, 1982.
- [20] S. M. Lall, S.P., Tibbetts, "Nutrition, Feeding and Behavior of Fish," Vet. Clin. Exot. Anim., vol. 12, pp. 361–372, 2009.
- [21] K. Dou, S., Miller, M.J. & Tsukamoto, "Growth, pigmentation and activity of juvenile Japanese eels in relation to temperature and fish size," J. Fish Biol., vol. 63, pp. 152–165, 2003.
- [22] J. F. Huntingford, F.A., Adams, C., Braithwaite, V.A., Kadri, S., Pottinger, T.G., Sandøe, P., Turnbull, "Current issues in fish welfare," J. Fish Biol., vol. 68, pp. 332–372, 2006.
- [23] J. F. Lopez-Olmeda, I. Lopez-Garcia, M. J. Sanchez-Muros, B. Blanco-Vives, R. Aparicio, and F. J. Sanchez-Vazquez, "Daily rhythms of digestive physiology, metabolism and behaviour in the European eel (*Anguilla anguilla*)," Aquac. Int., vol. 20, pp. 1085–1096, 2012.
- [24] J. L. Bouchereau, C. Marques, P. Pereira, O. Guelorget, S. M. Lourié, and Y. Vergne, "Feeding behaviour of *Anguilla anguilla* and trophic resources in the Ingril Lagoon (Mediterranean, France)," Cah. Biol. Mar., vol. 50, pp. 319–332, 2009.
- [25] M. Prchalová et al., "Eel attacks-A new tool for assessing European eel (*Anguilla anguilla*) abundance and distribution patterns with gillnet sampling," Limnologica, vol. 43, pp. 194–202, 2013.
- [26] B. Knights, "Agonistic behaviour and growth in european eel, *Anguilla anguilla* L., in relation to warm-water aquaculture," J. Fish Biol., vol. 31, pp. 265–276, 1987.
- [27] S. Z. Dou and K. Tsukamoto, "Observations on the nocturnal activity and feeding behavior of *Anguilla japonica* glass eels under laboratory conditions," Environ. Biol. Fishes, vol. 67, pp. 389–395, 2003.

- [28] A. M. Walker, M. J. Godard, and P. Davison, "The home range and behaviour of yellow-stage European eel *Anguilla anguilla* in an estuarine environment," *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, vol. 24, pp. 155–165, 2014.
- [29] E.D. Linton, B. Jónsson, and D. L. G. Noakes, "Effects of water temperature on the swimming and climbing behaviour of glass eels, *Anguilla* spp.," *Environ. Biol. Fishes*, vol. 78, pp. 189–192, 2007.
- [30] T. van Veen, H. G. Hartwig, and K. Müller, "Light-dependent motor activity and photonegative behavior in the eel (*Anguilla anguilla* L.)," *J. Comp. Physiol.*, vol. 111, pp. 209–219, 1976.
- [31] S. Dou, M. J. Miller, and K. Tsukamoto, "Growth, pigmentation and activity of juvenile Japanese eels in relation to temperature and fish size," *J. Fish Biol.*, vol. 63, pp. 152–165, 2003.
- [32] I. J. Russon and P. S. Kemp, "Advancing provision of multi-species fish passage: Behaviour of adult European eel (*Anguilla anguilla*) and brown trout (*Salmo trutta*) in response to accelerating flow," *Ecol. Eng.*, vol. 37, pp. 2018–2024, 2011.
- [33] R. Hadderingh, G. VanAerssen, R. De Beijer, and G. Van Der Velde, "Reaction of silver eels to artificial light sources and water currents: an experimental deflection study," *Regul. Rivers Res. Manag.*, vol. 371, pp. 365–371, 1999.
- [34] S. B. Du Colombier, V. Bolliet, and A. Bardonnnet, "Swimming activity and behaviour of European *Anguilla anguilla* glass eels in response to photoperiod and flow reversal and the role of energy status," *J. Fish Biol.*, vol. 74, pp. 2002–2013, 2009.
- [35] G. J. Glova, "Density effects on juvenile shortfinned eel (*Anguilla australis*) cover preferences in replicate channels," *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.*, vol. 36, pp. 483–490, 2002.
- [36] A. Bardonnnet, C. Rigaud, and J. Labonne, "Étude Experimental Des Comportements," pp. 47–65, 2005.
- [37] A. Gómez-Laplaza, L.M., Fuente, "Shoaling decisions in angelfish: the roles of social status and familiarity," *Ethology*, vol. 113, pp. 847–855, 2007.
- [38] D. Petherick, J.C., Duncan, I.J.H., Waddington, "Previous experience with different floors influences choice of peat in a Y-maze by domestic fowl," *Appl. Anim. Behav. Sci.*, vol. 27, pp. 177–182, 1990.
- [39] M. K. Ahmad, F., Richardson, "Exploratory behaviour in the open field test adapted for larval zebrafish: Impact of environmental complexity," *Behav. Processes*, vol. 92, pp. 88–98, 2013.

- [40] O. A. Mikheev, V.N., Andreev, "Two-phase exploration of a novel environment in the guppy, *Poecilia reticulata*," J. Fish Biol., vol. 42, pp. 375–383, 1993.
- [41] A. J. W. Ward, "Social facilitation of exploration in mosquitofish (*Gambusia holbrooki*)," Behav. Ecol. Sociobiol., vol. 66, pp. 223–230, 2012.
- [42] C. L. Deelder, "On the behaviour of elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) migrating from the sea into fresh water," J. Cons. Int. Explor. Mer, vol. 24, pp. 135–146, 1958.
- [43] M. P. & P. T. Gandolfi, G., "Environmental factors affecting the ascent of elvers, *Anguilla anguilla* (L.), into the Arno River," Oebalia X, pp. 17–35, 1984.
- [44] J. D. & G. S. W. McCleave, "Behavioral aspects of selective tidal stream transport in juvenile American eels (*Anguilla rostrata*)," Am. Fish. Soc. Symp., vol. 1, pp. 138–150, 1987.
- [45] D. J. Jellyman, "Factors affecting the activity of two species of eel (*Anguilla* spp.) in a small New Zealand lake," J. Fish Biol., vol. 39, pp. 7–14, 1991.
- [46] D. L. & K. T. Sugeha, H.Y., T. Arai, M.J. Miller, "Inshore migration of the tropical eels *Anguilla* spp. recruiting to the Poigar River estuary on north Sulawesi Island," Mar. Ecol. Prog. Ser., vol. 221, pp. 233–243, 2001.
- [47] B. Knights, Energetics and fish farming. In Fish Energetics, New Perspectives. Croom Helm, 1984.
- [48] B. Knights, Feeding behaviour and fish culture. In Nutrition and Feeding of Fish. Academic Press, 1985.
- [49] G. Peters, "The effect of stress on the stomach of the European eel, *Anguilla anguilla* L.," J. Fish Biol., vol. 21, pp. 497–512, 1982.
- [50] E. A. Seymour, "Feeding biology, behaviour and growth of the European eel, *Anguilla anguilla* L., in relation to warm water aquaculture.," Polytechnic of Central London, 1984.
- [51] R. C. Francis, "Experiential effects on agonistic behaviour in the paradise fish, *Macropodus opercularis*," Behav., vol. 85, pp. 292–313, 1983.
- [52] P. J. Ashley, "Fish welfare: current issues in aquaculture. Applied Animal Behaviour Science," Appl. Anim. Behav. Sci., vol. 104, pp. 199–235, 2007.
- [53] D. Ellis, T., North, B., Scott, A.P., Bromage, N.R., Porter, M., Gadd, "The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout," J. Fish Biol., vol. 61, pp. 493–531, 2002.

- [54] J. A. J. Almazán-Rueda, P., Schrama, J.W., Verreth, "Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles," *Aquaculture*, vol. 231, pp. 347–359, 2004.
- [55] R. Lecomte-Finiger, "Diet of elvers and small eels (*Anguilla anguilla*) in three brackish lagoons from Roussillon Province," *Bull. d'écologie*, vol. 14, pp. 297–306, 1983.
- [56] B. Knights, "Food particle-size preferences and feeding behaviour in warmwater aquaculture of European eel, *Anguilla anguilla* (L.)," *Aquaculture*, vol. 30, pp. 173–190, 1983.
- [57] R. K. Edel, "Activity rhythms of maturing American eels (*Anguilla rostrata*)," *Mar. Biol.*, vol. 36, pp. 283–289, 1976.
- [58] M. L. B. & H. E. W. Sorensen, P.W., "Diel foraging activity of American eels, *Anguilla rostrata* (Lesueur), in a Rhode Island estuary," *Fish. Bull.*, vol. 84, pp. 746–747, 1986.
- [59] O. K. Finstad, A. G., Ugedal, O. & Berg, "Growing large in a low grade environment: size dependent foraging gain and niche shifts to cannibalism in Arctic char," *Oikos*, vol. 112, pp. 73–82, 2006.
- [60] C. Nilsson, P. A. & Bronmark, "Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory," *Oikos*, vol. 88, pp. 539–546, 2000.

7. Παράρτημα

Πίνακας 23. Συνοπτική απεικόνιση ερευνών στην επιθετική συμπεριφορά, την διατροφική συμπεριφορά, την επίδραση της πυκνότητας και την επιλογή καταφυγίου στα χέλια.

Μελέτη	Είδος χελιού	Αποτελέσματα
Flávia Borges Santos and Ricardo M. C. Castro, 2003	<i>MORAY Gymnothorax ocellatus</i>	Τα Moray <i>Gymnothorax ocellatus</i> είναι νυκτόβιοι κυνηγοί από το νοτιοδυτικό Ατλαντικό που κυνηγούν ενεργά την τροφή τους από τον πυθμένα. Η λεία τους είναι κυρίως τα καρκινοειδή τα οποία εντοπίζουν κυρίως με την αίσθηση της όσφρησης.
Masahiko Takeda, et al.,1983	<i>Anguilla japonica</i>	Σε δοκιμές προτίμησης τροφής με κλάσματα παρατηρήθηκε ότι τα πιο διεγερτικά συστατικά για τις αισθήσεις των χελιών είναι τα αμινοξέα ενώ λιγότερο διεγερτικό ήταν το κλάσμα που περιείχε, γλυκίνη βεταΐνη και μαλτόζη, και τα νουκλεοτίδια συμπεριλαμβανομένων της αδενοσίνης-5 ήταν ανενεργά ή απωθητικά.
J. F. López-Olmeda et al.,2012	<i>Anguilla anguilla</i>	Η κινητική δραστηριότητα ήταν κυρίως νυκτόβια (63% των καθημερινών δραστηριοτήτων συμβαίνουν τη νύχτα), ενώ η διατροφική συμπεριφορά ήταν λιγότερο σαφώς καθορισμένη.
Setiyanto et al.,2003	<i>Anguilla bicolor</i> <i>And Anguilla marmorata</i>	Τα καρκινοειδών που ήταν σε αφθονία στην Segara Anakan, φαίνεται να είναι η πιο σημαντική τροφή για τα δύο χέλια, αν και τρέφονται επίσης και με ζωπλαγκτόν.
G. A. De Leo, M. Gatto,1996	<i>Anguilla anguilla</i>	Καθώς η πυκνότητα μειώνεται το μέγεθος και το μήκος του σώματος καθώς και η ηλικία κατά τη σεξουαλική ωριμότητα και στα δύο φύλα αυξάνεται. Εξαρτώμενες από την πυκνότητα όπως ο ανταγωνισμός για περιορισμένη τροφή και χώρο και η ισορροπία μεταξύ αναπαραγωγικής ωριμότητας και επιβίωσης παρέχουν σαφείς εξηγήσεις για αυτές τις αλλαγές στις πληθυσμιακές παραμέτρους.
A. Bardonnnet,C. Rigaud, J. Labonne,2005	<i>Anguilla anguilla</i>	Σε υψηλότερες πυκνότητες, η ανάπτυξη ήταν χαμηλότερη και ομοιογενής. Σε υψηλής πυκνότητας λίμνες, γυαλόχελα θα εμφανίζουν αγελαία συμπεριφορά, οδηγώντας σε υψηλά και ομοιογενή επίπεδα επιβίωσης, αλλά χαμηλά επίπεδα ανάπτυξης. Σε αυτές τις λίμνες η ανάπτυξη της αγωνιστικής συμπεριφοράς θα καθυστερήσει πιθανότατα μέχρι τα ψάρια να έχουν φθάσει σε ένα ορισμένο μέγεθος ή να εμφανιστούν μεγάλες διαφορές στο μέγεθος μεταξύ των ατόμων.
B. Knights,1987	<i>Anguilla anguilla</i>	Τα χέλια αντιλαμβάνονται τη θέση τους στην κοινωνική ιεραρχία από την έκβαση των επαναλαμβανόμενων επιθετικών αναμετρήσεων. Η κυριαρχία ή η αποφυγή έγιναν πιο έντονες όταν τα μεγαλύτερα νεαρά άτομα ήταν περίπου 1,5 φορές το σωματικό βάρος του σώματος του μικρότερου. Τα μεγαλύτερα χέλια έτειναν να επιτίθενται πιο εύκολα, να είναι λιγότερο δραστήρια και να ξοδεύουν λιγότερο χρόνο για κολύμπι, να καταναλώνουν περισσότερα τρόφιμα, και να παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά ανάπτυξης και χαμηλότερα ποσοστά θνησιμότητας.
Jean-Luc Bouchereau,2009	<i>Anguilla anguilla</i>	Τα χέλια καταναλώνουν βενθική λεία που είναι διαθέσιμη κάθε φορά χωρίς να χρησιμοποιούν συγκεκριμένη διατροφική στρατηγική. Τα χέλια αλλάζουν την διατροφή τους ανάλογα με τις ενεργειακές πηγές που είναι διαθέσιμες στο οικοσύστημα.
B. Knights,1983	<i>Anguilla anguilla</i>	Τα νεαρά χέλια φαίνεται να χρησιμοποιούν τη γεύση και όχι την όραση για τον εντοπισμό της τροφής. ενώ το αντίστροφο ισχύει για μεγαλύτερα χέλια. Με αδρανειακή κατάποση συλλαμβάνονται μικρού μεγέθους σωματίδια.

H. Rupasinghe and M. V.E.Atygalle,2006	<i>Anguilla bicolor</i>	Τα <i>Anguilla bicolor</i> αλλάζουν τις διατροφικές συνήθειες αισθητά καθώς μεγαλώνουν. Τρέφονται κυρίως με ασπόνδυλα, όταν είναι νεαρά άτομα. Δεν παρουσιάζεται εποχιακή διακύμανση στη διατροφή. Παρατηρήθηκε επίσης ότι τα ψάρια δεν τρέφονται με την ίδια ένταση όλο το χρόνο.
Shuo-Zeng Dou & Katsumi Tsukamoto,2003	<i>Anguilla japonica</i>	Τα γυαλόχελα επέλεξαν καταφύγια για να αποφύγουν το φως και προτιμούσαν σωλήνες αντί για την άμμο. Η διατροφική συμπεριφορά και η κινητική δραστηριότητα των νεαρών χελιών πραγματοποιούνταν τη νύκτα και ήταν καλά συγχρονισμένες. Φαίνονταν να εξαρτάται η διατροφική συμπεριφορά από την όσφρηση και όχι από την όραση για τον εντοπισμό και τη σύλληψη της λείας στο σκοτάδι.