

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

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΥΔΡΟΒΙΩΝ ΣΠΟΝΔΥΛΩΤΩΝ**

**Ιουλία Ζώτου**

**Βόλος 2023**

## **«Αποδοτικότητα εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών»**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :**

1. **Δημήτριος Κλαουδάτος**, Επίκουρος Καθηγητής /Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος (Επιβλέπων), Γνωστικό Αντικείμενο: Αλιεία
2. **Δημήτριος Βαφείδης**, Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος (Μέλος), Γνωστικό Αντικείμενο: Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων βενθικών Ασπονδύλων και άμεση-έμμεση χρηστικότητα τους.
3. **Μαριάνθη Χατζηιωάννου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος (Μέλος), Γνωστικό Αντικείμενο: Εκτροφή Σαλιγκαριών και Βατράχων.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κο Κλαουδάτο Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθειά του και την πολύπλευρη στήριξή του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας · η συμβολή του ήταν άκρως καθοριστική και ιδιαίτερα σημαντική στην ολοκλήρωση του έργου μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κο Βαφείδη και κα Χατζηγιάννου που μου έδωσαν την ευκαιρία να αποκομίσω τις γνώσεις που μου πρόσφερε η διεξαγωγή της παρούσας. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή της σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή συνέλεξε πληροφορίες από τις βάσεις δεδομένων SCOPUS, PUBMED και Google Scholar από το σύνολο της δημοσιευμένης σχετικής παγκόσμιας βιβλιογραφίας για τον δείκτη μετατρεψιμότητας τροφής (Feed Conversion ratio – FCR) ο οποίος αποτελεί δείκτη αποδοτικότητας της εκτροφής καθώς υποδεικνύει την ποσότητα της τροφής που μετατρέπεται σε σωματικό βάρος, και των παραγόντων που το επηρεάζουν. Πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων που αντλήθηκαν (μετα-ανάλυση) με σκοπό την διερεύνηση της αποδοτικότητας των συστημάτων εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών. Η επεξεργασία των δεδομένων κατέδειξε πως το φύλο, το περιβάλλον εκτροφής, το ποσοστό πρωτεΐνης (για τους οστεϊχθείς), η θερμοκρασία εκτροφής, η συχνότητα ταΐσματος και η ποσότητα του χορηγούμενου σιτηρεσίου επηρεάζουν σημαντικά τον δείκτη μετατρεψιμότητας. Το γεγονός του μικρότερου δείκτη FCR που εμφανίζεται στην καλλιέργεια της συντριπτικής πλειοψηφίας των υδρόβιων σπονδυλωτών σε αντιπαραβολή με τα κυριότερα εκτρεφόμενα χερσαία είδη (βοοειδή, χοίροι και πουλικά), τοποθετεί τις υδατοκαλλιέργειες στις αποδοτικότερες μεθόδους εκτροφής και σημαντικότερες «βιομηχανίες» παραγωγής τροφής παγκοσμίως.

**Λέξεις κλειδιά:** Δείκτης μετατρεψιμότητας, υδατοκαλλιέργειες, υδρόβια σπονδυλωτά

## Περιεχόμενα

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Εισαγωγή – Υδρόβια σπονδυλωτά και υδατοκαλλιέργειες .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Γενικά .....                                                     | 1         |
| 1.2 Εκτροφή υδρόβιων σπονδυλωτών .....                               | 1         |
| 1.3 Υδατοκαλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο και στην Ελλάδα .....     | 2         |
| 1.4 Μέθοδοι υδατοκαλλιέργειών - συστήματα εκτροφής.....              | 4         |
| 1.5 Αποδοτικότητα εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών.....                 | 5         |
| 1.6 Οικολογικές συνέπειες.....                                       | 5         |
| 1.7 Σκοπός- στόχος .....                                             | 5         |
| <b>2. Υλικά και μέθοδοι.....</b>                                     | <b>6</b>  |
| 2.1 Συλλογή δεδομένων εκτροφής.....                                  | 6         |
| 2.2 Μέθοδος υπολογισμού FCR .....                                    | 6         |
| 2.3 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων .....                           | 6         |
| <b>3. Αποτελέσματα .....</b>                                         | <b>8</b>  |
| 3.1 Διερεύνηση της αποδοτικότητας εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών..... | 8         |
| 3.2 Αποδοτικότητα εκτροφής στο φύλο των χορδωτών .....               | 10        |
| 3.3 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την τροφή .....               | 11        |
| 3.4 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με το περιβάλλον εκτροφής.....   | 12        |
| 3.5 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την πρωτεΐνη.....             | 14        |
| 3.6 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την θερμοκρασία .....         | 18        |
| 3.7 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τον τρόπο ταΐσματος.....      | 19        |
| 3.8 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη συχνότητα ταΐσματος.....   | 21        |
| 3.9 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη φωτοπερίοδο .....          | 24        |
| 3.10 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη ποσότητα σιτηρεσίου ..... | 25        |
| 3.11 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με άλλα εκτρεφόμενα είδη .....  | 26        |
| <b>4. Συζήτηση .....</b>                                             | <b>29</b> |
| 4.1 Αποδοτικότητα εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών.....                 | 29        |
| 4.2 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με το φύλο .....                 | 29        |
| 4.3 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την τροφή .....               | 30        |
| 4.4 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με το περιβάλλον εκτροφής.....   | 30        |
| 4.5 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την πρωτεΐνη.....             | 31        |
| 4.6 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την θερμοκρασία .....         | 32        |
| 4.7 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τον τρόπο ταΐσματος.....      | 33        |
| 4.8 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη συχνότητα ταΐσματος.....   | 33        |
| 4.9 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη φωτοπερίοδο .....          | 33        |
| 4.10 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη ποσότητα σιτηρεσίου ..... | 34        |
| 4.11 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με άλλα εκτρεφόμενα είδη .....  | 34        |
| <b>5. Συμπεράσματα .....</b>                                         | <b>36</b> |
| <b>6. Βιβλιογραφία.....</b>                                          | <b>37</b> |
| 6.1 Ελληνική .....                                                   | 37        |
| 6.2 Ξένη .....                                                       | 38        |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 6.3 Διαδυκτιακή .....    | 43        |
| <b>7. Abstract .....</b> | <b>45</b> |

## Λίστα Σχημάτων

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Σχήμα 1. Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας 1950-2020 (FAO, 2020) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3  |
| Σχήμα 2. Παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανά περιβάλλον εκτροφής 2020 (FAO, 2020). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3  |
| Σχήμα 3. Παγκόσμια διάρθρωση παραγωγής υδατοκαλλιέργειας 2020 (FAO, 2020). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4  |
| Σχήμα 4. Κατανομή του δείκτη FCR από τη συλλεχθείσα βιβλιογραφία.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8  |
| Σχήμα 5. Κατανομή του δείκτη FCR στην Ελλάδα. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9  |
| Σχήμα 6. Διάγραμμα πυκνότητας της κατανομής του δείκτη μετατρεψιμότητας (FCR) ανά εκτρεφόμενο είδος στην Ελλάδα.....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 10 |
| Σχήμα 7. Συγκριτικό θηκόγραμμα (boxplot) της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) στα λοιπά χορδωτά και τους οστεϊχθύες (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές). .... | 11 |
| Σχήμα 8. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) κατά την χορήγηση εξωθημένων και συμπύκνων (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές). ....      | 12 |
| Σχήμα 9. Κατανομή των συλλεχθέντων δεδομένων ανά περιβάλλον εκτροφής.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 13 |
| Σχήμα 10. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά περιβάλλον εκτροφής (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).....                         | 14 |
| Σχήμα 11. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και διαγράμματα πυκνότητας του δείκτη FCR και του ποσοστού πρωτεΐνης στη χορηγηθείσα τροφή στο σύνολο των δεδομένων. ....                                                                                                                                                                                                                  | 15 |
| Σχήμα 12. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και διαγράμματα πυκνότητας του δείκτη FCR και του ποσοστού πρωτεΐνης στη χορηγηθείσα τροφή. ....                                                                                                                                                                                                                                           | 16 |
| Σχήμα 13. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και θηκογράμματα (boxplots) του δείκτη FCR και του ποσοστού πρωτεΐνης στη χορηγηθείσα τροφή ανά περιβάλλον εκτροφής. ....                                                                                                                                                                                                                  | 17 |
| Σχήμα 14. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και διαγράμματα πυκνότητας του δείκτη FCR και της θερμοκρασίας εκτροφής.....                                                                                                                                                                                                                                                               | 18 |
| Σχήμα 15 Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά θερμοκρασία εκτροφής (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).....                         | 19 |
| Σχήμα 16. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά τρόπο ταΐσματος (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).....                             | 20 |
| Σχήμα 17. Ραβδόγραμμα της ημερήσιας συχνότητας ταΐσματος των συλλεχθέντων δεδομένων. της συχνότητας ταΐσματος (φορές/ημέρα) .....                                                                                                                                                                                                                                                               | 21 |
| Σχήμα 18. Κατανομή συχνότητας ταΐσματος σε σχέση με τον τρόπο χορήγησης της τροφής. ..                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 22 |
| Σχήμα 19. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά συχνότητα ταΐσματος (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα                                                                                                                                      |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 23 |
| Σχήμα 20. Ραβδόγραμμα της συχνότητας φωτοπερίοδοι.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 24 |
| Σχήμα 21. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με τη φωτοπερίοδο (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).....           | 24 |
| Σχήμα 22. Ραβδόγραμμα της ποσότητας σιτηρεσίου.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 25 |
| Σχήμα 23. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με την ποσότητα σιτηρεσίου (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές). .... | 26 |
| Σχήμα 24. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά εκτρεφόμενο είδος (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).....                | 27 |

## Λίστα Πινάκων

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας 1. Κατανομή του δείκτη μετατρεψιμότητας (FCR) από τη συλλεχθείσα βιβλιογραφία.                                                                                                                                                                                                                    | 8  |
| Πίνακας 2. Συλλεχθείσες δημοσιεύσεις και ποσοστό επί του συνόλου για την Ελλάδα.                                                                                                                                                                                                                          | 9  |
| Πίνακας 3. Κατανομή FCR ανά εκτρεφόμενο είδος στην Ελλάδα.                                                                                                                                                                                                                                                | 10 |
| Πίνακας 4. Κατανομή FCR ανά κατηγορία τροφής /έξωθημένα-σύμψηκτα.                                                                                                                                                                                                                                         | 11 |
| Πίνακας 5. Κατανομή παρατηρήσεων ανά περιβάλλον εκτροφής.                                                                                                                                                                                                                                                 | 13 |
| Πίνακας 6. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας στα λοιπά χορδωτά μεταξύ γλυκού και υφάλμυρου περιβάλλοντος εκτροφής.                                                                                                                                                                                    | 14 |
| Πίνακας 7. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας στους οστεϊχθύες μεταξύ γλυκού, υφάλμυρου και θαλασσινού περιβάλλοντος εκτροφής.                                                                                                                                                                         | 14 |
| Πίνακας 8. Κατανομή χορηγούμενης πρωτεΐνης.                                                                                                                                                                                                                                                               | 15 |
| Πίνακας 9. Συντελεστής συσχέτισης Pearson της σχέσης μεταξύ του ποσοστού χορηγηθείσας πρωτεΐνης στην τροφή και του συντελεστή μετατρεψιμότητας.                                                                                                                                                           | 16 |
| Πίνακας 10. Γενικευμένο γραμμικό μοντέλο της επίδρασης του περιβάλλοντος εκτροφής (factor) της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (covariate) και της αλληλεπίδρασης τους (interaction) στο συντελεστή μετατρεψιμότητας (SS: άθροισμα τετραγώνων, df: βαθμοί ελευθερίας, F: αποτέλεσμα του τεστ, p: πιθανότητα). | 17 |
| Πίνακας 11. Κατανομή τρόπου ταΐσματος ανάλογα με το περιβάλλον εκτροφής.                                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| Πίνακας 12. Κατανομή FCR ανάλογα με τον τρόπο ταΐσματος.                                                                                                                                                                                                                                                  | 20 |
| Πίνακας 13. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών τρόπων ταΐσματος.                                                                                                                                                                                                                   | 21 |
| Πίνακας 14. Κατανομή της ημερήσιας συχνότητας ταΐσματος των συλλεχθέντων δεδομένων.                                                                                                                                                                                                                       | 21 |
| Πίνακας 15. Κατανομή της ημερήσιας συχνότητας ταΐσματος σε σχέση με τον τρόπο χορήγησης της τροφής των συλλεχθέντων δεδομένων.                                                                                                                                                                            | 22 |
| Πίνακας 16. Σύγκριση της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με τη συχνότητα ταΐσματος με τη χρήση του παραμετρικού Games-Howell Post-Hoc Test.                                                                                                                                    | 23 |
| Πίνακας 17. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών συχνοτήτων ταΐσματος.                                                                                                                                                                                                               | 23 |
| Πίνακας 18. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών φωτοπεριόδων.                                                                                                                                                                                                                       | 25 |
| Πίνακας 19. Σύγκριση της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με την ποσότητα σιτηρεσίου με τη χρήση του παραμετρικού Games-Howell Post-Hoc Test.                                                                                                                                   | 26 |
| Πίνακας 20. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών ποσοτήτων σιτηρεσίου.                                                                                                                                                                                                               | 26 |
| Πίνακας 21. Κατανομή FCR ανά εκτρεφόμενο είδος.                                                                                                                                                                                                                                                           | 27 |
| Πίνακας 22. Αποτελέσματα της σύγκρισης του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ οστεϊχθύν και λοιπών Χορδωτών με άλλα χερσαία εκτρεφόμενα είδη με τη χρήση του One Sample T- test (Statistic: τιμή του τεστ, df: βαθμοί ελευθερίας, p: σχετιζόμενη πιθανότητα).                                             | 28 |

# **1. Εισαγωγή – Υδρόβια σπονδυλωτά και υδατοκαλλιέργειες**

## **1.1 Γενικά**

Η ενέργεια, το νερό και τα τρόφιμα αποτελούν σήμερα τρία από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα, στο πλαίσιο της εξελισσόμενης διαβίωσης και προσαρμογής μας. Η εξεύρεση και εξέλιξη μεθόδων ορθολογικής και αειφορικής διαχείρισής των ανωτέρω ζητημάτων καθίσταται ολοένα και πιο επιτακτική για το μέλλον της ανθρωπότητας.

Αδιαμφισβήτητο γεγονός αποτελεί η ανισορροπία στη σχέση μεταξύ της παραγωγής και της γεωγραφικής κατανάλωσης της τροφής στον πλανήτη, με αποτέλεσμα να παρατηρείται ταυτόχρονα πείνα και υποσιτισμός με παχυσαρκία, υπερκατανάλωση και απόρριψη τροφής.

Ταυτόχρονα η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού σε συνδυασμό με την εμφάνιση χρόνιων νοσημάτων (υπέρταση, διαβήτης κτλ) που προκαλούνται από την κακή διατροφή, καθιστούν αναγκαία την αύξηση της παραγωγής με υψηλή διατροφική αξίας πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης. Ως αποτέλεσμα παρατηρείται η παγκόσμια εξάπλωση και ανάπτυξη μονάδων εκτροφής ζωικών οργανισμών τόσο χερσαίων όσο και υδρόβιων. Η πολύτιμη συνεισφορά της κατανάλωσης ιχθύων στην ανθρώπινη διατροφή καθιστά ιδιαίτερα σημαντική την περαιτέρω ανάπτυξη του κλάδου των Υδατοκαλλιεργειών.

## **1.2 Εκτροφή υδρόβιων σπονδυλωτών**

Οι υδατοκαλλιέργειες περιλαμβάνουν την εκτροφή οργανισμών του γλυκού και αλμυρού νερού συμπεριλαμβανομένων των υδρόβιων σπονδυλωτών, δίθυρων μαλακίων, καρκινοειδών, υδρόβιων φυτών και τεχνητών μαργαριταριών (Κλαουδάτος, 2010) με βασικό χαρακτηριστικό την εκτροφή τους υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Ως υδρόβιοι νοούνται εκείνοι οι οργανισμοί που περνούν μεγάλο μέρος της ζωής τους σε νερό το οποίο μπορεί να είναι αλμυρό (θάλασσεες), γλυκό (λίμνες, ποτάμια) ή υφάλμυρο (λιμνοθάλασσεες). Οι υδρόβιοι οργανισμοί διακρίνονται σε σπονδυλωτούς και ασπόνδυλους, ανάλογα με την φυσιολογία τους.

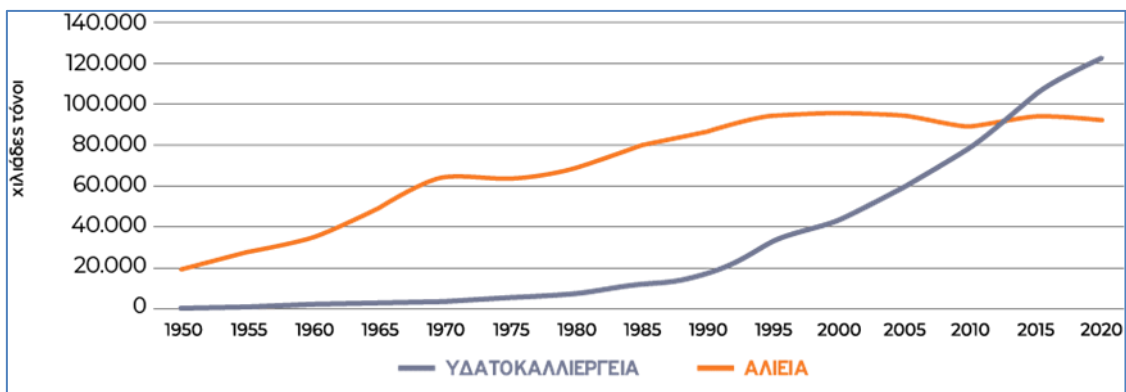
Τα σπονδυλωτά ανήκουν στο φύλο των χορδωτών, τα κύρια χαρακτηριστικά των οποίων τουλάχιστον σε κάποιο χρονικό διάστημα της ζωής τους είναι η ύπαρξη νωτιαίας χορδής, κοίλης ραχιαίας νευρικής χορδής, φαρυγγικών σχισμών, ενδόστυλου και μεταεδρικής ουράς. Τα σπονδυλωτά διαφέρουν από τα υπόλοιπα χορδωτά κυρίως από την ύπαρξη σπονδυλικής στήλης, η οποία είναι μια νωτιαία σειρά από κοίλα, συνήθως οστέινα σκελετικά στοιχεία που ονομάζονται σπόνδυλοι. Οι σπόνδυλοι περικλείουν και προστατεύουν το νωτιαίο μυελό που καταλήγει στον εγκέφαλο, ο οποίος προστατεύεται από ένα κρανίο φτιαγμένο από χόνδρο ή από οστό (Castro & Huber, 2015). Στην κατηγορία των σπονδυλωτών συμπεριλαμβάνονται οι ιχθύες, τα αμφίβια, τα ερπετά, τα πτηνά και τα θηλαστικά.

Το μεγαλύτερο μέρος των υδρόβιων σπονδυλωτών αποτελούσε σε όλη την πορεία της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους μια από τις βασικότερες πηγές πρόσληψης της τροφής του. Τα τελευταία χρόνια λόγω αφενός της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και αφετέρου της στροφής του πληθυσμού προς την ποιοτική διατροφή η ζήτηση των παραπάνω τροφών παρουσιάζει συνεχή αύξηση. Προκειμένου να επιτευχθεί η κάλυψη της ανωτέρω ανάγκης διατροφής οι άνθρωποι χρησιμοποίησαν την, από την απαρχή του ύπαρξης του είδους, γνώριμη μέθοδο της αλίευσης των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η αλιεία, με την πάροδο των ετών, αναπτύχθηκε ιδιαίτερα τόσο ως προς τις μεθόδους αλίευσης όσο και ως προς τον αριθμό των υδάτινων οικοσυστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν αλλά κυρίως ως προς την ποσοτική αύξηση των αλιευμάτων. Το γεγονός αυτό συνετέλεσε αφενός στην υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, όταν αυτή δεν πραγματοποιούνταν με αειφόρες μεθόδους (πχ μη ορθολογική διαχείριση, χρήση καταστρεπτικών μεθόδων αλιείας) και αφετέρου στην διατάραξη της ισορροπίας των υδάτινων οικοσυστημάτων που πολλές φορές οδήγησε μέχρι και στην εξαφάνιση ορισμένων υδρόβιων οργανισμών.

Η αδυναμία κάλυψης της παγκόσμιας ζήτησης σε υδρόβιους οργανισμούς ταυτόχρονα με την συνεχή αύξηση του πληθυσμού της γης, ο οποίος εκτιμάται πως το 2050 θα ανέρχεται στα 10 δις, η υπεραλίευση των υδάτινων οικοσυστημάτων, η από πολλές χώρες ζητούμενη επισιτιστική ασφάλεια, η τάση παραγωγής ιχθύων υψηλής διατροφικής αξίας και η ανάπτυξη της τεχνογνωσίας και τεχνολογίας στον τομέα αυτό είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που οδήγησαν στην ραγδαία ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών.

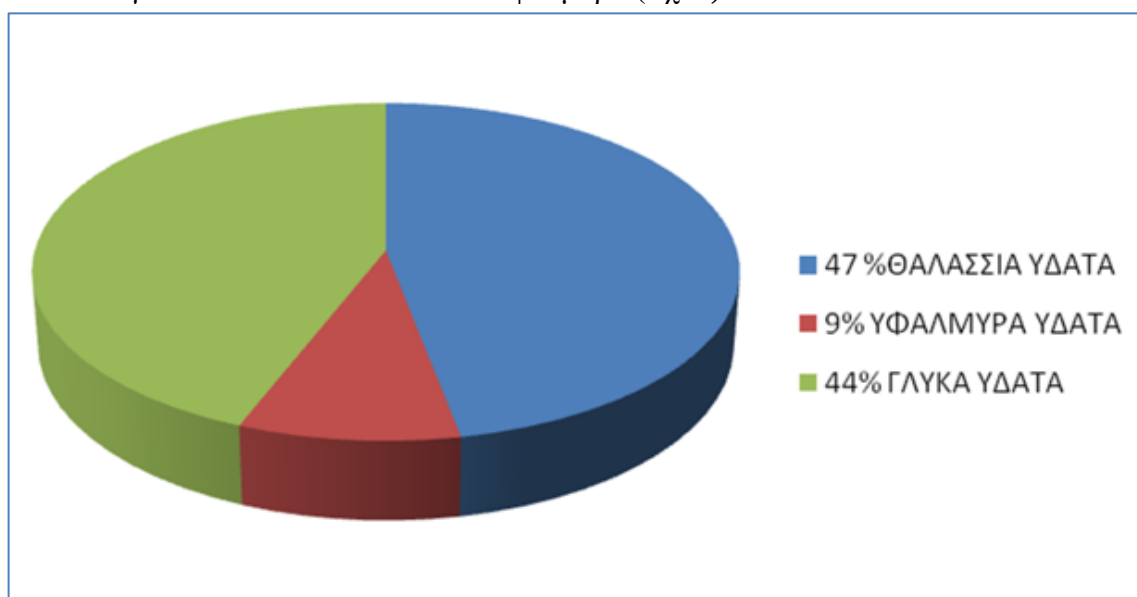
### **1.3 Υδατοκαλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο και στην Ελλάδα**

Αν και η ιδέα της υδατοκαλλιέργειας είχε εμφανιστεί κάποιες χιλιάδες χρόνια πριν, ενδεικτικά στην Κίνα αναφέρεται η ύπαρξη μορφής υδατοκαλλιέργειας περίπου το 2.500 π.Χ. (Κλαουδάτος, 2010), εντούτοις η συμβολή της στην παγκόσμια προσφορά τροφής διαφαίνεται ιδιαίτερα δυναμική τα τελευταία 30 χρόνια περίπου, όπως μπορεί να καταδειχθεί και από τα πρόσφατα δημοσιευθέντα στοιχεία του FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (Σχ. 1). Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία το 2020 η προσφορά προϊόντων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας παγκοσμίως εκτιμάται σε 214 εκ. τόνους. Το 57% προήλθε από την υδατοκαλλιέργεια που ανέρχεται περίπου 122,58 εκ. τόνους και το 43% από την αλιεία (ΕΛΟΠΥ, 2022).



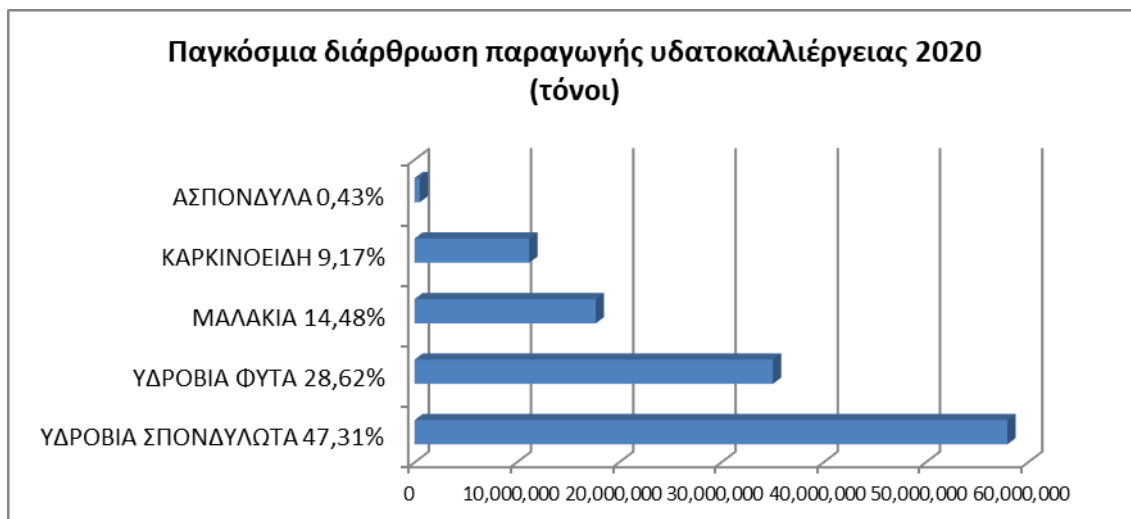
Σχήμα 1. Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας 1950-2020 (FAO, 2020)

Οι υδατοκαλλιέργειες διακρίνονται σε τρεις υποομάδες ανάλογα με την αλατότητα του νερού στο υδάτινο περιβάλλον που πραγματοποιούνται και ειδικότερα σε θαλασσινών, υφάλμυρων ή γλυκών νερών. Σύμφωνα με στοιχεία του FAO (2020) κατά το 2020 το 47% της παγκόσμιας παραγωγής προήλθε από θαλάσσιες εκτάσεις, το 44% από γλυκά ύδατα και το 9% από υφάλμυρα (Σχ. 2).



Σχήμα 2. Παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανά περιβάλλον εκτροφής 2020 (FAO, 2020).

Τα είδη που εκτρέφονται παγκοσμίως στις υδατοκαλλιέργειες αποτελούνται από υδρόβια σπονδυλωτά, υδρόβια φυτά, μαλάκια, καρκινοειδή και ασπόνδυλα, με τα υδρόβια σπονδυλωτά να αποτελούν το 47% της παγκόσμιας παραγωγής (Σχ. 3). Η μεγαλύτερη παραγωγή από το σύνολο των εκτρεφόμενων ειδών προέρχεται από τα ιαπωνικά φύκη (12,5 εκ. τόνοι) και αναφορικά με τα υδρόβια σπονδυλωτά από τον κυπρίνο (5,8 εκ τόνοι). Ταυτόχρονα σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του FAO (2020) η αξία σε πρώτη πώληση των υδρόβιων σπονδυλωτών ανήλθε σε 120,8 δις ευρώ, περίπου στο 53% της συνολικής αξίας πωλήσεων υδατοκαλλιέργειας.



Σχήμα 3. Παγκόσμια διάρθρωση παραγωγής υδατοκαλλιέργειας 2020 (FAO, 2020).

Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή παγκοσμίως είναι οι: Κίνα, Ινδονησία, Ινδία, Βιετνάμ, Μπαγκλαντές, Κορέα, Φιλιππίνες, Αίγυπτος, Χιλή και Νορβηγία οι οποίες παράγουν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής. Στην ΕΕ – σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του FAO – η παραγωγή για το 2020 ανήλθε σε 1.094.315 τόνους αξίας 3.337 εκ. ευρώ περίπου.

Για την Ελλάδα η παραγωγή μεσογειακών ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας για το 2020 ανήλθε σε 131.250 τόνους αξίας 636 εκ. ευρώ, το 96% της παραγωγής αποτελείται από λαυράκι και τσιπούρα και το 4% κυρίως από κρανίο και φαγκρί. Αξίζει να σημειωθεί πως στην ΕΕ περίπου το 6% της παραγωγής προέρχεται από βιολογικές υδατοκαλλιέργειες, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων αποτελεί η εκτροφή βιολογικών μυδιών.

#### 1.4 Μέθοδοι υδατοκαλλιεργειών - συστήματα εκτροφής

Οι υδατοκαλλιέργειες μπορούν να διακριθούν σε καλλιέργειες:

- α) γλυκών, θαλασσινών ή υφάλμυρων υδάτων,
- β) θαλάσσιες, χερσαίες, ποτάμιες, λιμνοθαλάσσιες κτλ (ανάλογα με τον χώρο εγκατάστασής τους),
- γ) ανοικτές, ημίκλειστες ή κλειστές (ανάλογα με την επαναχρησιμοποίηση του νερού ή όχι) και
- δ) εκτατικές, ημιεντατικές και εντατικές, ανάλογα με την εκτίμηση της ανάγκης προσφοράς ή μη συμπληρωματικής τροφής, πέρα από αυτή που έχει τη δυνατότητα να προσλάβει από το φυσικό υδάτινο περιβάλλον ο εκτρεφόμενος οργανισμός για να ολοκληρώσει την ανάπτυξη του, μέχρι το επιθυμητό εμπορεύσιμο μέγεθος (Κλαουδάτος, 2010).

## **1.5 Αποδοτικότητα εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών**

Η αποδοτικότητα μιας επιχείρησης εκτροφής ζωικής παραγωγής εξάγεται από την σύνθεση ποικίλων οικονομικών αποφάσεων στο πλαίσιο λειτουργίας της. Οι αντιλήψεις του διαχειριστή για το οικονομικό περιβάλλον, ο ανταγωνισμός στον κλάδο, οι αγορές των προϊόντων της εκμετάλλευσης και οι αποφάσεις που σχετίζονται με τη διάρθρωση του ενεργητικού και του παθητικού της εκμετάλλευσης είναι τα στοιχεία τα οποία επηρεάζουν την κερδοφορία της (Iqbal, 1979; Πνευματικάτου, 2000).

Μια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων εκτροφής είναι η αποτελεσματικότητα με την οποία τα ζώα μετατρέπουν την τροφή που λαμβάνουν σε κρέας ή άλλα παράγωγα προϊόντα όπως γάλα, αυγά κτλ. Για την μέτρηση της παραπάνω παραμέτρου χρησιμοποιούνται ορισμένοι δείκτες μεταξύ των οποίων ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR), ο συντελεστής του ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR) και ο συντελεστής θερμικής αύξησης (TGC).

## **1.6 Οικολογικές συνέπειες**

Η εντατική χρήση της μεθόδου παραγωγής τροφής από ιχθυοκαλλιέργειες, αν και παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, προκαλεί ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις στο ίδιο το περιβάλλον, οι σημαντικότερες από τις οποίες οφείλονται στην ρύπανση που προκαλείται από τα προϊόντα του μεταβολισμού των εκτρεφόμενων ειδών, με κίνδυνο ανάπτυξης του φαινομένου του «ευτροφισμού».

Έχει ωστόσο καταδειχθεί πως οι επιπτώσεις αυτές είναι αναστρέψιμες και μπορεί να μηδενιστούν στην περίπτωση που οι συστοιχίες των ιχθυοκλωβών μετακινηθούν και τοποθετηθούν σε άλλη περιοχή (McGhie et al., 2000). Μέχρι σήμερα η εκτροφή των ψαριών στους πλωτούς ιχθυοκλωβούς δεν έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον (Johnsen et al., 1983; Klaoudatos et al., 1996; Klaoudatos et al., 2006).

## **1.7 Σκοπός- στόχος**

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας συνίσταται στην επεξεργασία επιστημονικών δεδομένων από βιβλιογραφικές πηγές, προκειμένου να αποτυπωθούν οι τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής για τα διάφορα είδη υδρόβιων σπονδυλωτών και της διερεύνησης των παραγόντων που συμβάλουν στη μεταβολή του παραπάνω δείκτη. Η βελτιστοποίηση του δείκτη FCR σε μια υδατοκαλλιέργεια έχει διττή σημασία, καθώς δύναται αφενός να αποφέρει μεγαλύτερο καθαρό κέρδος στην επιχείρηση και αφετέρου να ελαχιστοποιήσει το οργανικό αποτύπωμά της στο περιβάλλον.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Συλλογή δεδομένων εκτροφής

Η συλλογή της πληροφορίας έγινε από τις βάσεις δεδομένων SCOPUS, PUBMED και Google Scholar (επιστημονικά άρθρα δημοσιευμένα σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά του science direct index - research papers και reviews). Για την εύρεση των άρθρων, χρησιμοποιήθηκαν λέξεις κλειδιά όπως: δείκτης μετατρεψιμότητας, υδατοκαλλιεργειες, υδρόβια σπονδυλωτά, οστεϊχθείς.

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας έχουν αντληθεί δεδομένα εκτροφής υδατοκαλλιεργειών από το σύνολο της δημοσιευμένης σχετικής παγκόσμιας βιβλιογραφίας 60 δημοσιευμένα άρθρα και εκδοθέντα συγγράμματα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στον δείκτη μετατρεψιμότητας τροφής (FCR), και των παραγόντων που επηρεάζουν την τιμή του όπως το σύστημα εκτροφής, η επεξεργασία της τροφής, η θερμοκρασία κτλ.

### 2.2 Μέθοδος υπολογισμού FCR

Όπως έχει προαναφερθεί η μέτρηση της αποτελεσματικότητας μετατροπής της τροφής σε παραγόμενο προϊόν καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική για την βιωσιμότητα των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως. Ο δείκτης μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio) υπολογίζεται από τον λόγο της ποσότητας τροφής που χορηγήθηκε προς την συνολική αύξηση του βάρους σύμφωνα με τον τύπο:

$$FCR = \frac{\text{τροφή που χορηγήθηκε (gr)}}{\text{αύξηση της βιομάζας των ζωντανών ιχθύων (gr)}}$$

### 2.3 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Οι πληροφορίες καταχωρήθηκαν και επεξεργάστηκαν σε φύλο εργασίας (Microsoft Excel). Η στατιστική επεξεργασία περιλάμβανε τη διερευνητική ανάλυση δεδομένων με τη χρήση περιγραφικής στατιστικής. Επαγωγική στατιστική χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των δεδομένων με τη χρήση των παραμετρικών δοκιμασιών Student's t-test και ανάλυσης διασποράς (ANOVA), και των μη παραμετρικών δοκιμασιών Kruskal-Wallis, Wilcoxon και Mann-Whitney U test. Ο έλεγχος των στατιστικών υποθέσεων πραγματοποιήθηκε με το Shapiro-Wilk test (κανονικότητα κατανομής), Variance ratio και Levene's tests (ομοιογένεια στη διακύμανση). Οι έλεγχοι των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών ομάδων δεδομένων πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση των ελέγχων Games-Howell post hoc test (ετερογενής διακύμανση) και Tuckey test (ομοιογενής διακύμανση). Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Jamovi (v.2.3.21), σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών διερευνήθηκε μέσω του συντελεστή συσχέτισης Pearson. Για τη διερεύνηση της επίδρασης ενός ή περισσότερων παραγόντων (factors) και άλλων συμπαραγόντων (covariances) σε μία μεταβλητή καθώς και της αλληλεπίδρασης (interaction) τους, χρησιμοποιήθηκε το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (General Linear Model - GLM).

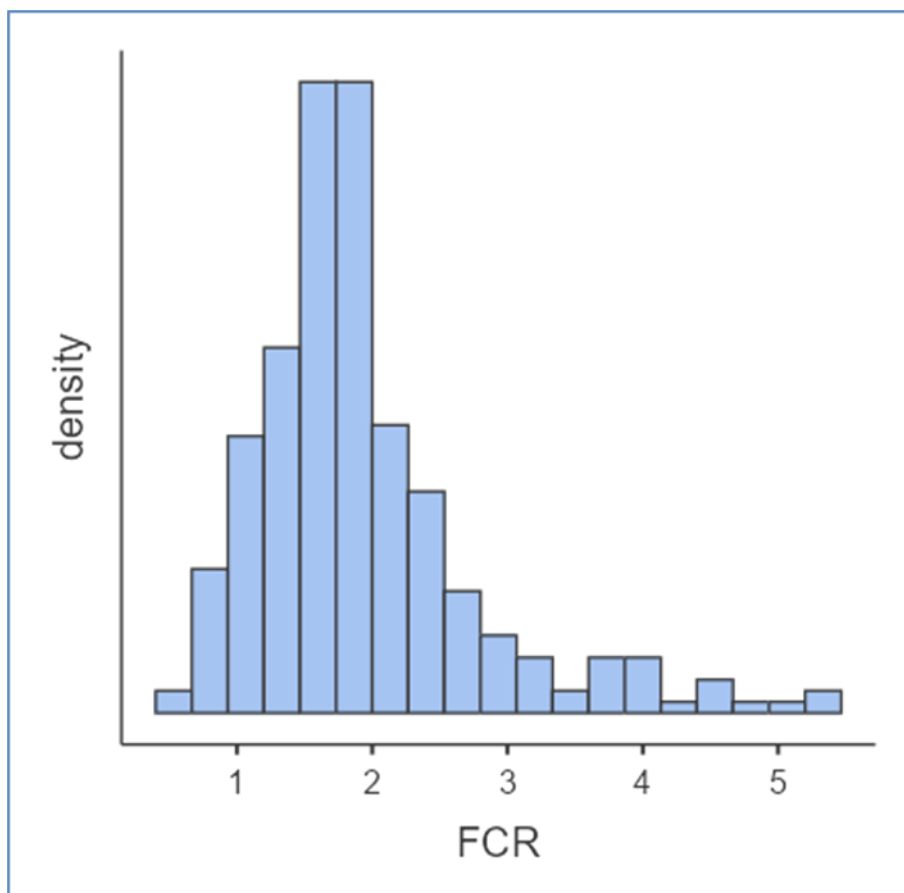
### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1 Διερεύνηση της αποδοτικότητας εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών.

Κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας, αρχικά πρέπει να σημειωθεί πως τα συλλεχθέντα δεδομένα αφορούν σε έρευνες/πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε 34 χώρες παγκοσμίως, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Συλλέχθηκαν 276 τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας (Πίν. 1), η μέση τιμή των οποίων ανέρχεται στο 1,94, με τυπική απόκλιση ίση με 0,832. Η μέγιστη τιμή που έχει παρατηρηθεί ισούται με 5,40 ενώ η ελάχιστη με 0,60 (Σχ.4).

Πίνακας 1. Κατανομή του δείκτη μετατρεψιμότητας (FCR) από τη συλλεχθείσα βιβλιογραφία

|                 | FCR   |
|-----------------|-------|
| Αριθμός         | 276   |
| Μέσος όρος      | 1.94  |
| Διάμεσος        | 1.79  |
| Τυπική απόκλιση | 0.832 |
| Ελάχιστο        | 0.6   |
| Μέγιστο         | 5.4   |

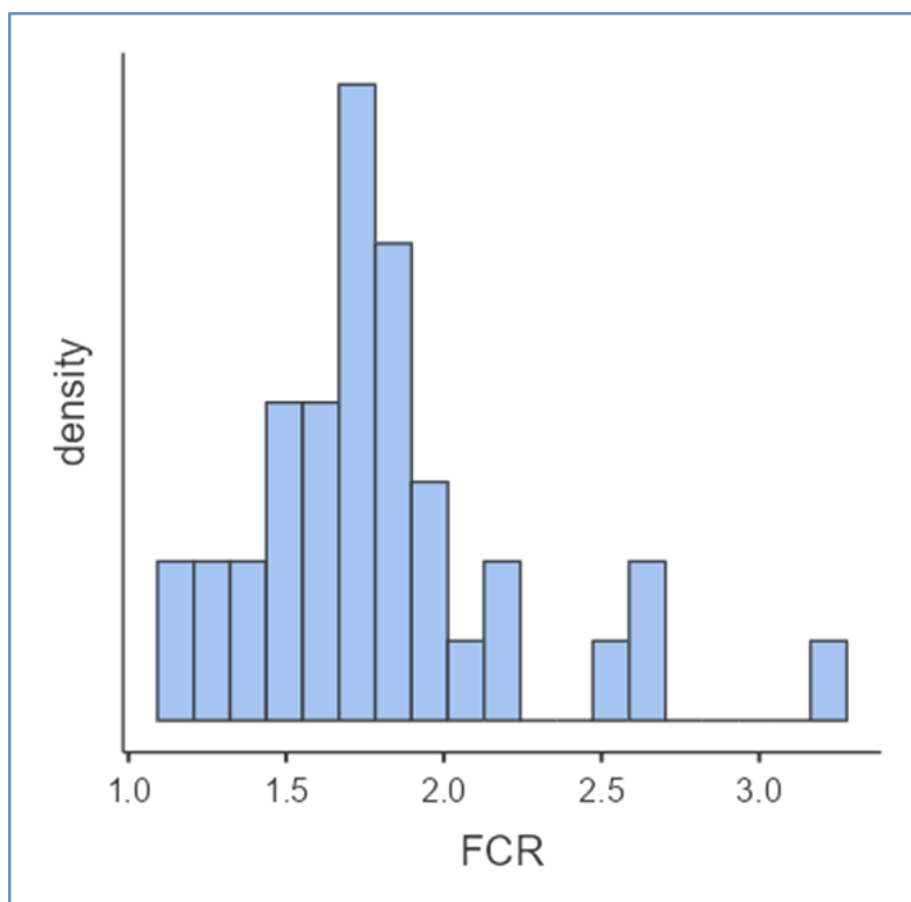


Σχήμα 4. Κατανομή του δείκτη FCR από τη συλλεχθείσα βιβλιογραφία.

Για την Ελλάδα συλλέχθηκαν 38 παρατηρήσεις του FCR (Πίν. 2) με μέση τιμή 1,79, τυπική απόκλιση 0,426 (Σχ. 5), μέγιστη τιμή 3,20 και ελάχιστη 1,13. Οι παρατηρήσεις αφορούσαν τα είδη κοινό κυπρίνο, λαβράκι, τσιπούρα, κρανιό, φαγκρί, σαργό, λυθρίνι, ευρωπαϊκό χέλι και βάτραχο.

Πίνακας 2. Συλλεχθείσες δημοσιεύσεις και ποσοστό επί του συνόλου για την Ελλάδα.

| Είδη                           | Αριθμός δημοσιεύσεων | % του συνόλου | Αθροιστικό % |
|--------------------------------|----------------------|---------------|--------------|
| <b>Κρανιός</b>                 | 4                    | 10.5 %        | 10.5 %       |
| <b>Φαγκρί</b>                  | 4                    | 10.5 %        | 21.1 %       |
| <b>Ευρωπαϊκό χέλι</b>          | 3                    | 7.9 %         | 28.9 %       |
| <b>Σαργός (white seabream)</b> | 6                    | 15.8 %        | 44.7 %       |
| <b>Λυθρίνι (comon pandora)</b> | 6                    | 15.8 %        | 60.5 %       |
| <b>American bullfrog</b>       | 1                    | 2.6 %         | 63.2 %       |
| <b>Κοινός κυπρίνος</b>         | 6                    | 15.8 %        | 78.9 %       |
| <b>Λαβράκι</b>                 | 4                    | 10.5 %        | 89.5 %       |
| <b>Τσιπούρα</b>                | 4                    | 10.5 %        | 100.0 %      |

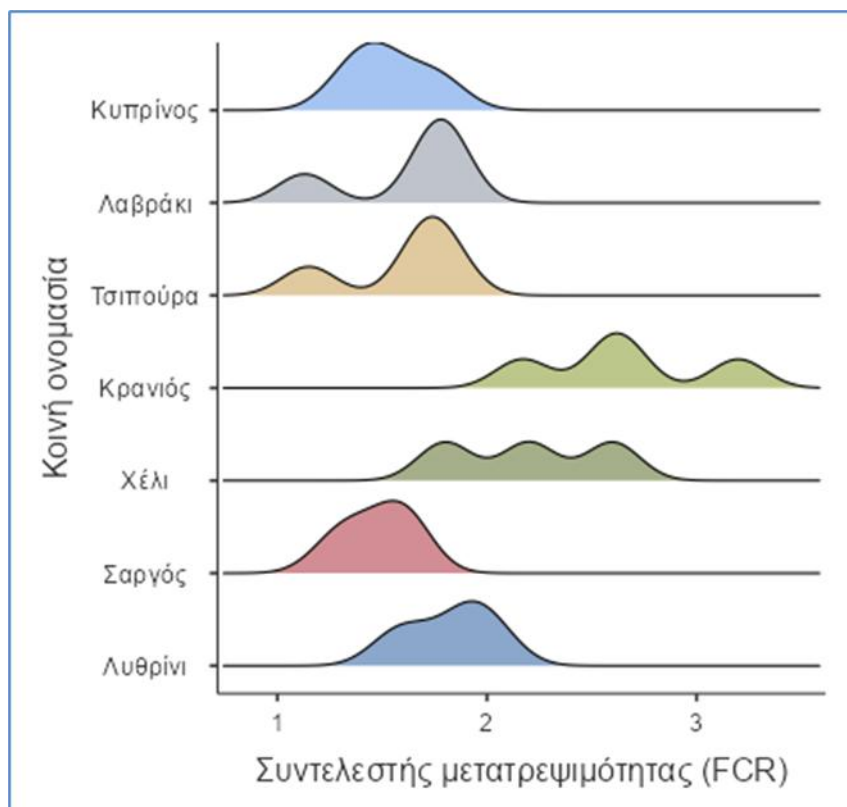


Σχήμα 5. Κατανομή του δείκτη FCR στην Ελλάδα.

Γίνεται αντιληπτό πως την μικρότερη μέση τιμή FCR εμφανίζει ο κοινός κυπρίνος (*Cyprinus carpio*) και αυτή ισούται με 1,54 και την μεγαλύτερη ο κρانيός (*Argyrosomus regius*), με 2,65 (Πίν. 3, Σχ. 6).

Πίνακας 3. Κατανομή FCR ανά εκτρεφόμενο είδος στην Ελλάδα.

| Κοινή ονομασία  | Αρ. | Μέσος όρος | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο |
|-----------------|-----|------------|-----------------|----------|---------|
| Κρانيός         | 4   | 2.65       | 0.423           | 2.17     | 3.2     |
| Φαγκρί          | 4   | 1.74       | 0.0624          | 1.68     | 1.82    |
| Ευρωπαϊκό χέλι  | 3   | 2.2        | 0.4             | 1.8      | 2.6     |
| Σαργός          | 6   | 1.48       | 0.152           | 1.27     | 1.62    |
| Λυθρίνι         | 6   | 1.82       | 0.198           | 1.55     | 2.06    |
| Βάτραχος        | 1   | 2          | NaN             | 2        | 2       |
| Κοινός κυπρίνος | 6   | 1.54       | 0.181           | 1.32     | 1.8     |
| Λαβράκι         | 4   | 1.62       | 0.327           | 1.13     | 1.82    |
| Τσιπούρα        | 4   | 1.59       | 0.302           | 1.15     | 1.82    |

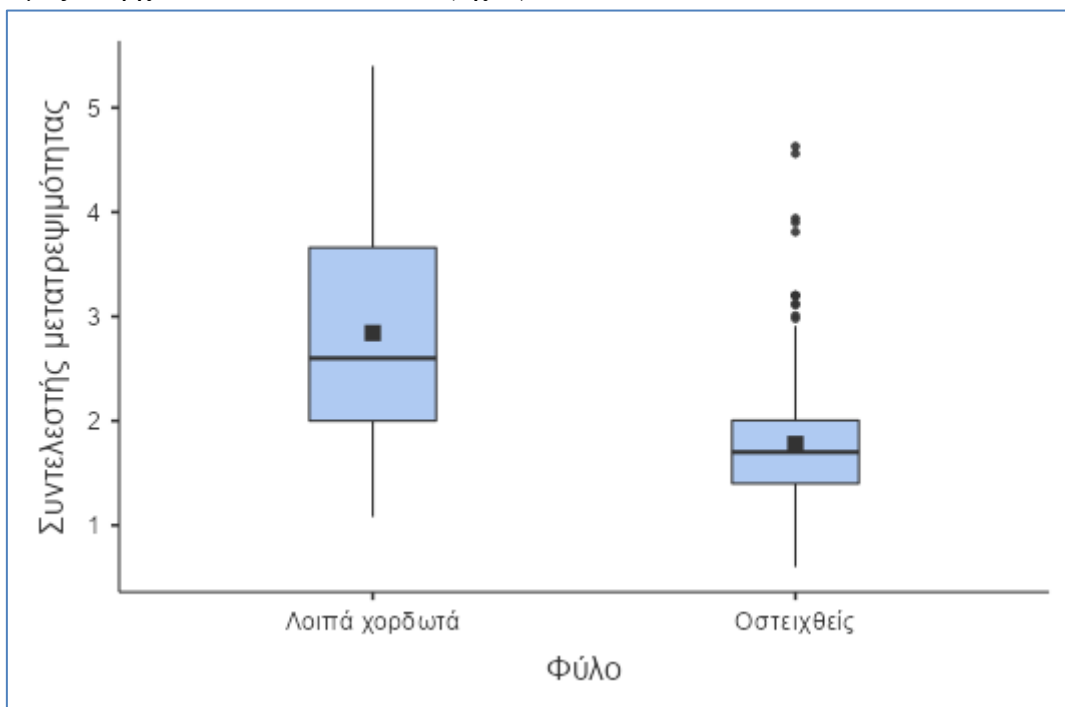


Σχήμα 6. Διάγραμμα πυκνότητας της κατανομής του δείκτη μετατρεψιμότητας (FCR) ανά εκτρεφόμενο είδος στην Ελλάδα.

### 3.2 Αποδοτικότητα εκτροφής στο φύλο των χορδωτών

Από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει πως τόσο η μέση τιμή όσο και η τυπική απόκλιση του αντίστοιχου δείκτη αποδοτικότητας είναι χαμηλότερη στους οστεϊχθείς και πιο συγκεκριμένα η μέση τιμή στους οστεϊχθείς

ανέρχεται σε 1,78 με τυπική απόκλιση 0,634, ενώ στα λοιπά χορδωτά οι αντίστοιχες τιμές ανέρχονται σε 2,84 και 1,19 (Σχ. 7).



Σχήμα 7. Συγκριτικό θηκόγραμμα (boxplot) της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) στα λοιπά χορδωτά και τους οστεϊχθύνες (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Το παραμετρικό Welch T-Test έδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) στους οστεϊχθύνες σε σχέση με τα λοιπά χορδωτά (test statistic 5.56,  $P < 0.001$ ) (Σχ. 7).

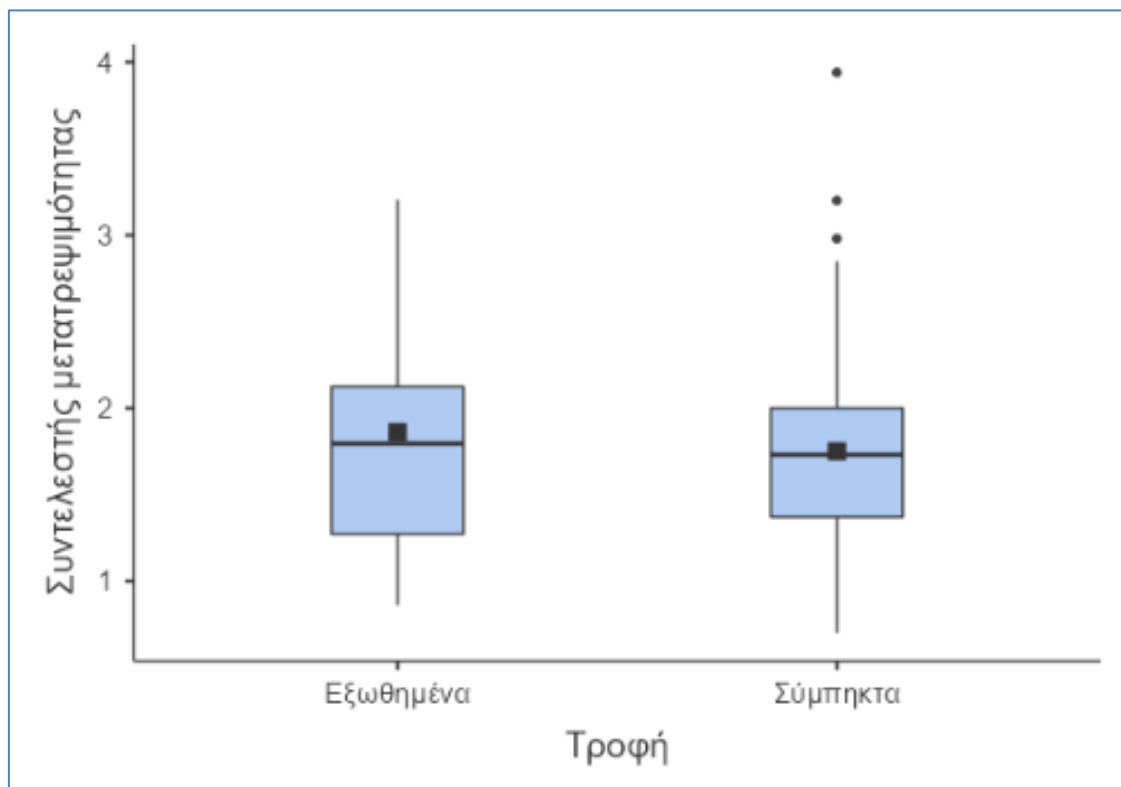
### 3.3 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την τροφή

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα των 2 διαφορετικών μεθόδων τροφής και πιο συγκεκριμένα 16 παρατηρήσεις εξωθημένων και 74 συμπίκτων με τις μέσες τιμές του FCR να ανέρχονται σε 1,86 και 1,75 αντίστοιχα και τυπική απόκλιση 0,73 και 0,57 αντίστοιχα (Πίν. 4, Σχ. 8). Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας εμφανίστηκε μεγαλύτερος στις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκαν εξωθημένες πελέτες σε σχέση με τη χρήση σύμπτυκτων (Πίν. 4, Εικ. 8).

Η χρήση του παραμετρικού Student's T-test έδειξε ότι δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ χορηγούμενων εξωθημένων και σύμπτυκτων (test statistic 0.66,  $P > 0.05$ ).

Πίνακας 4. Κατανομή FCR ανά κατηγορία τροφής /εξωθημένα-σύμπτυκτα

|                 | Τροφή     | FCR   |
|-----------------|-----------|-------|
| Αριθμός         | Εξωθημένα | 16    |
|                 | Σύμψηκτα  | 74    |
| Μέσος όρος      | Εξωθημένα | 1.86  |
|                 | Σύμψηκτα  | 1.75  |
| Διάμεσος        | Εξωθημένα | 1.79  |
|                 | Σύμψηκτα  | 1.73  |
| Τυπική απόκλιση | Εξωθημένα | 0.726 |
|                 | Σύμψηκτα  | 0.574 |
| Ελάχιστο        | Εξωθημένα | 0.86  |
|                 | Σύμψηκτα  | 0.7   |
| Μέγιστο         | Εξωθημένα | 3.21  |
|                 | Σύμψηκτα  | 3.94  |



Σχήμα 8. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) κατά την χορήγηση εξωθημένων και σύμψηκτων (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

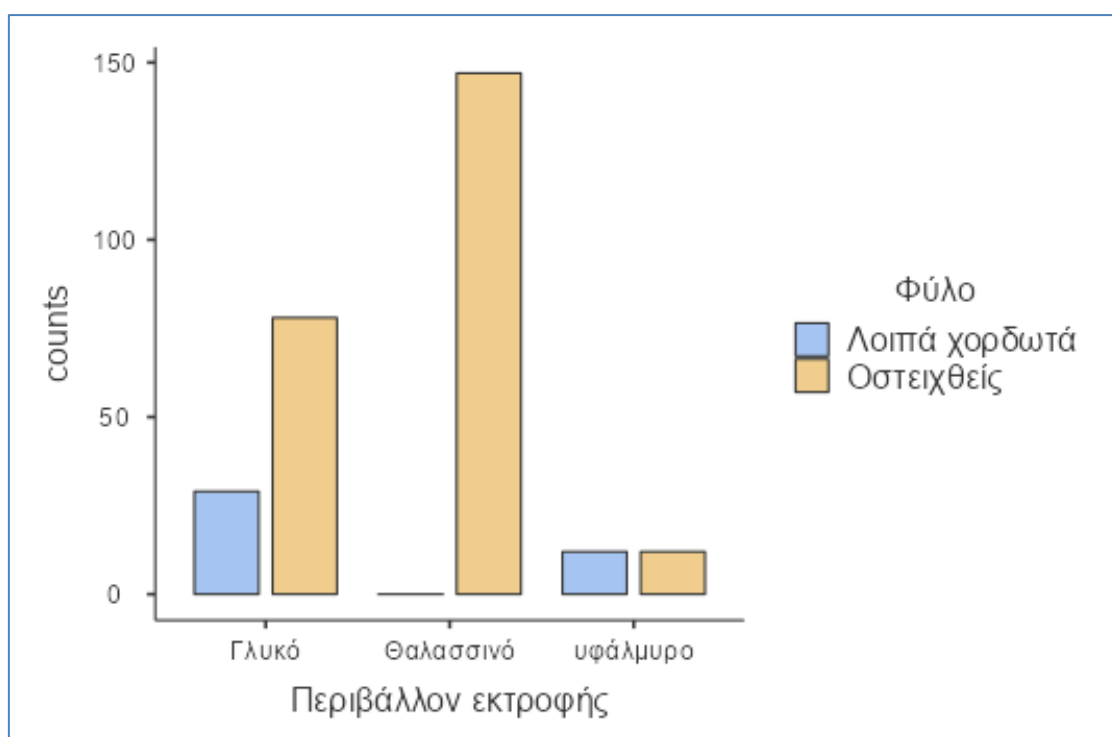
### 3.4 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με το περιβάλλον εκτροφής

Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την παρούσα εργασία το 10,4% αφορά σε υπόλοιπα χορδωτά και το 28,1% σε οστεϊχθείς εκτρεφόμενα αμφότερα σε γλυκό

νερό, το 52,9% σε οστεϊχθείς θαλασσινού νερού και το 8,6% ισοκατανεμημένο σε λοιπά χορδωτά και οστεϊχθείς εκτρεφόμενα σε υφάλμυρο νερό (Πίν. 5, Σχ. 9 ).

Πίνακας 5. Κατανομή παρατηρήσεων ανά περιβάλλον εκτροφής.

| Περιβάλλον εκτροφής | Φύλο          | Αριθμός | % ολικού | Αθροιστικό % |
|---------------------|---------------|---------|----------|--------------|
| <b>Γλυκό</b>        | Λοιπά Χορδωτά | 29      | 10.4 %   | 10.4 %       |
|                     | Οστεϊχθύες    | 78      | 28.1 %   | 38.5 %       |
| <b>Θαλασσινό</b>    | Λοιπά Χορδωτά | 0       | 0.0 %    | 38.5 %       |
|                     | Οστεϊχθύες    | 147     | 52.9 %   | 91.4 %       |
| <b>Υφάλμυρο</b>     | Λοιπά Χορδωτά | 12      | 4.3 %    | 95.7 %       |
|                     | Οστεϊχθύες    | 12      | 4.3 %    | 100.0 %      |



Σχήμα 9. Κατανομή των συλλεχθέντων δεδομένων ανά περιβάλλον εκτροφής.

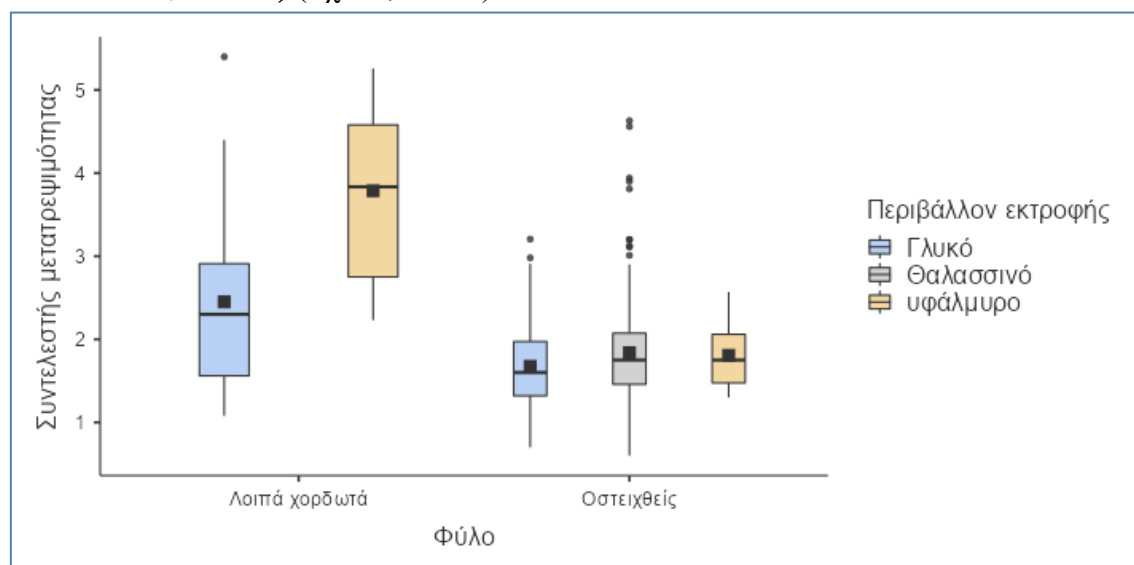
Η στατιστική σύγκριση των παραπάνω δεδομένων έδειξε διαφοροποίηση του συντελεστή μετατρεψιμότητας ανάμεσα στο γλυκό, υφάλμυρο και θαλασσινό νερό. Πιο συγκεκριμένα η μέση τιμή των λοιπών χορδωτών στο γλυκό και το υφάλμυρο ανέρχεται σε 2,45 και 3,79 αντίστοιχα, ενώ στους οστεϊχθύες οι μέσες τιμές στο γλυκό, υφάλμυρο και θαλασσινό ισούνται με 1,67, 1,81 και 1,84 αντίστοιχα (Σχ. 10).

Η χρήση του παραμετρικού Student's T-test έδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) στα λοιπά χορδωτά μεταξύ γλυκού και υφάλμυρου περιβάλλοντος εκτροφής (test statistic -3.75,  $P < 0.001$ ) (Σχ. 10, Πιν. 6) με το γλυκό νερό εκτροφής να εμφανίζει χαμηλότερη τιμή.

Πίνακας 6. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας στα λοιπά χορδωτά μεταξύ γλυκού και υφάλμυρου περιβάλλοντος εκτροφής.

| Περιβάλλον εκτροφής | Αριθμός | Μέσος όρος | Διάμεσος | Τυπική απόκλιση | Τυπικό σφάλμα του μέσου |
|---------------------|---------|------------|----------|-----------------|-------------------------|
| Γλυκό               | 29      | 2.45       | 2.3      | 1.05            | 0.19                    |
| Υφάλμυρο            | 12      | 3.79       | 3.83     | 1.01            | 0.29                    |

Αντίθετα το παραμετρικό Welch Anova test έδειξε ότι δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) στους οστεϊχθείς μεταξύ γλυκού, υφάλμυρου και θαλασσινού περιβάλλοντος εκτροφής (test statistic 1.91,  $P>0.05$ ) (Σχ. 10, Πιν. 7).



Σχήμα 10. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά περιβάλλον εκτροφής (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Πίνακας 7. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας στους οστεϊχθείς μεταξύ γλυκού, υφάλμυρου και θαλασσινού περιβάλλοντος εκτροφής.

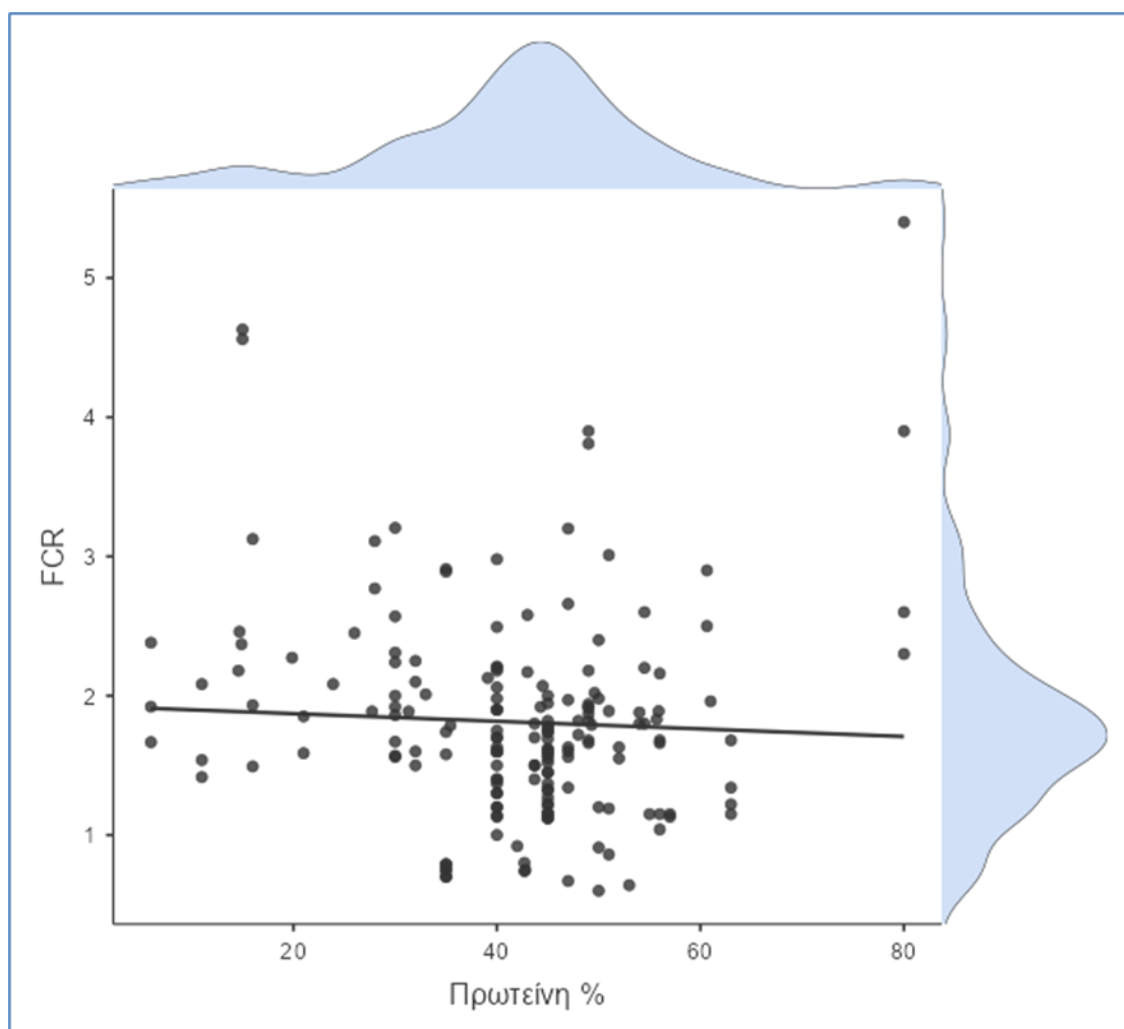
| Περιβάλλον εκτροφής | Αριθμός | Μέσος όρος | Τυπική απόκλιση | Τυπικό σφάλμα |
|---------------------|---------|------------|-----------------|---------------|
| Γλυκό               | 76      | 1.67       | 0.54            | 0.06          |
| Θαλασσινό           | 144     | 1.84       | 0.69            | 0.06          |
| Υφάλμυρο            | 12      | 1.81       | 0.4             | 0.12          |

### 3.5 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την πρωτεΐνη

Στην παρούσα εργασία αντλήθηκαν δεδομένα 181 περιπτώσεων οι 174 εκ των οποίων αφορούσαν σε οστεϊχθείς και οι 7 σε λοιπά χορδωτά, όπως φαίνεται στον Πίνακα 8. Η μέση ποσότητα πρωτεΐνης που χορηγήθηκε ανέρχεται σε 40,7% της συνολικής χορηγηθείσας τροφής για τους οστεϊχθείς και 69,1% για τα λοιπά χορδωτά.

Πίνακας 8. Κατανομή χορηγούμενης πρωτεΐνης.

|                        | Φύλο χορδωτών | Πρωτεΐνη % |
|------------------------|---------------|------------|
| <b>Αριθμός</b>         | Λοιπά Χορδωτά | 7.00       |
|                        | Οστεϊχθύες    | 174.00     |
| <b>Μέσος όρος</b>      | Λοιπά Χορδωτά | 69.07      |
|                        | Οστεϊχθύες    | 40.71      |
| <b>Διάμεσος</b>        | Λοιπά Χορδωτά | 80.00      |
|                        | Οστεϊχθύες    | 43.70      |
| <b>Τυπική απόκλιση</b> | Λοιπά Χορδωτά | 13.63      |
|                        | Οστεϊχθύες    | 11.94      |
| <b>Ελάχιστο</b>        | Λοιπά Χορδωτά | 54.5       |
|                        | Οστεϊχθύες    | 6.00       |
| <b>Μέγιστο</b>         | Λοιπά Χορδωτά | 80.00      |
|                        | Οστεϊχθύες    | 63.00      |



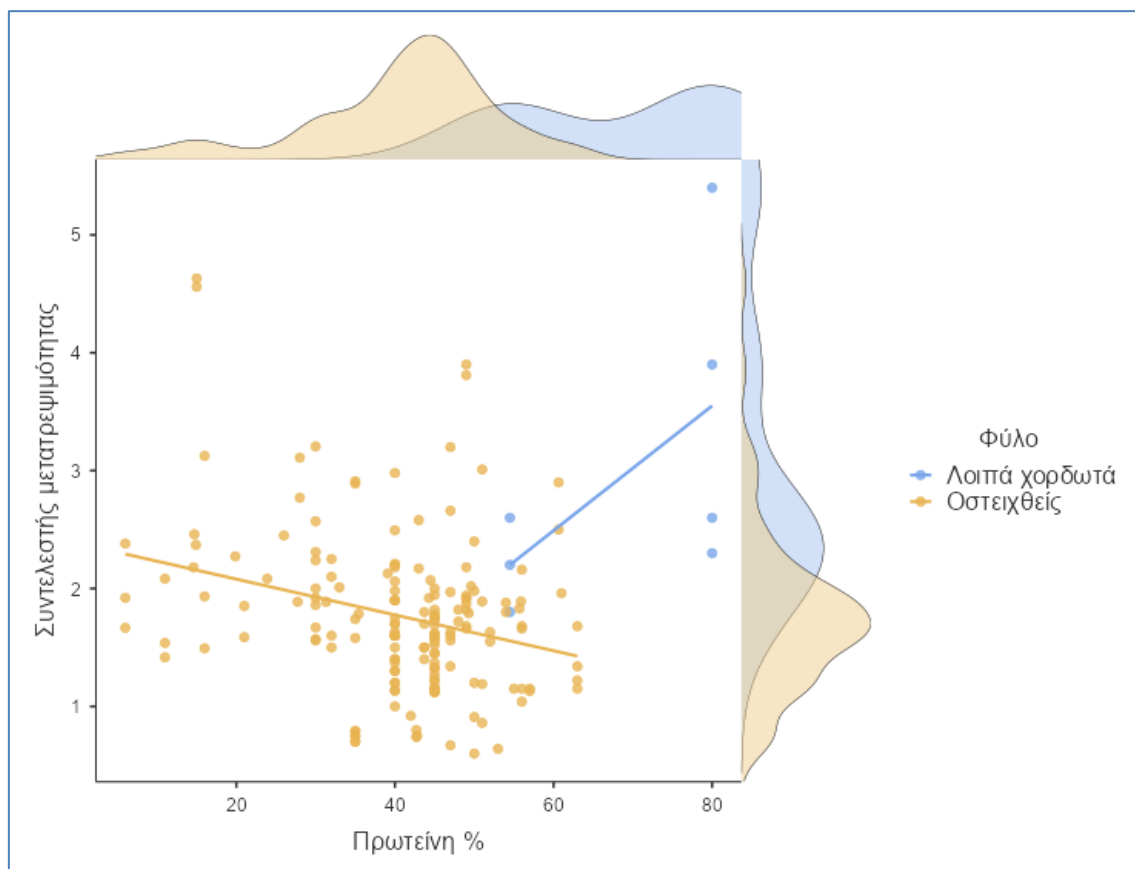
Σχήμα 11. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και διαγράμματα πυκνότητας του δείκτη FCR και του ποσοστού πρωτεΐνης στη χορηγηθείσα τροφή στο σύνολο των δεδομένων.

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ανάμεσα στο συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) και το ποσοστό της χορηγηθείσας πρωτεΐνης ήταν αρνητικός (-0.05), χωρίς ωστόσο να εμφανίζεται στατιστικά σημαντικός ( $P>0.05$ ) (Σχ. 11).

Η διερεύνηση της πιθανής σχέσης μεταξύ του ποσοστού χορηγηθείσας πρωτεΐνης στην τροφή και του συντελεστή μετατρεψιμότητας ξεχωριστά για τους οστεϊχθείς και τα λοιπά χορδωτά υπέδειξε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση για τους οστεϊχθείς και μη στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση για τα λοιπά χορδωτά (Πίν. 9, Σχ. 12).

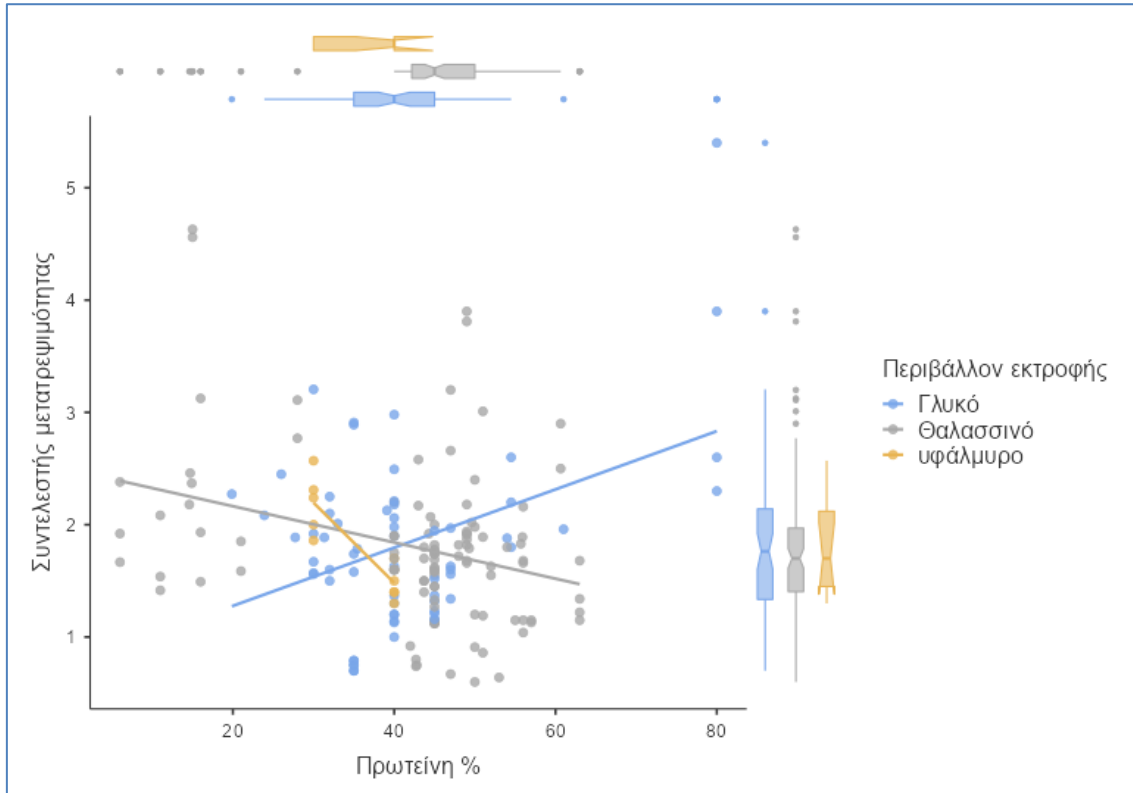
Πίνακας 9. Συντελεστής συσχέτισης Pearson της σχέσης μεταξύ του ποσοστού χορηγηθείσας πρωτεΐνης στην τροφή και του συντελεστή μετατρεψιμότητας.

|                               |             | FCR   | Λοιπά Χορδωτά | Οστεϊχθείς |
|-------------------------------|-------------|-------|---------------|------------|
| <b>Σύνολο Πρωτεΐνης</b>       | Pearson's r | -0.05 |               |            |
|                               | p-value     | 0.51  |               |            |
| <b>Πρωτεΐνη Λοιπά Χορδωτά</b> | Pearson's r |       | 0.57          |            |
|                               | p-value     |       | 0.177         |            |
| <b>Πρωτεΐνη Οστεϊχθείς</b>    | Pearson's r |       |               | -0.27      |
|                               | p-value     |       |               | < .001     |



Σχήμα 12. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και διαγράμματα πυκνότητας του δείκτη FCR και του ποσοστού πρωτεΐνης στη χορηγηθείσα τροφή.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης του παράγοντα περιβάλλον εκτροφής (factor), την ταυτόχρονη επίδραση της μεταβλητής του ποσοστού πρωτεΐνης στην τροφή (covariate) καθώς και της αλληλεπίδρασης τους (interaction) στο συντελεστή, χρησιμοποιήθηκε το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (General Linear Model - GLM).



Σχήμα 13. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και θηκογράμματα (boxplots) του δείκτη FCR και του ποσοστού πρωτεΐνης στη χορηγηθείσα τροφή ανά περιβάλλον εκτροφής.

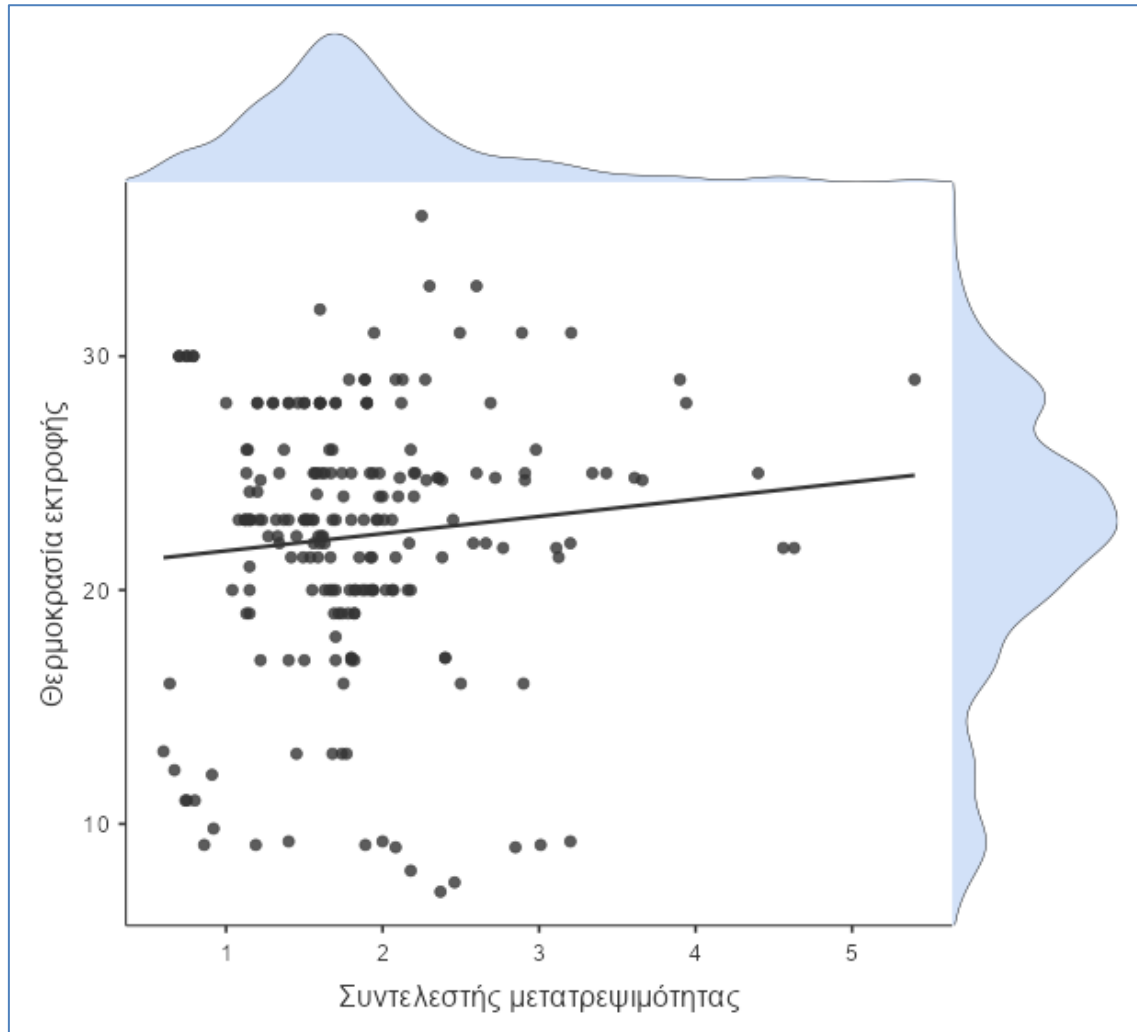
Πίνακας 10. Γενικευμένο γραμμικό μοντέλο της επίδρασης του περιβάλλοντος εκτροφής (factor) της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (covariate) και της αλληλεπίδρασης τους (interaction) στο συντελεστή μετατρεψιμότητας (SS: άθροισμα τετραγώνων, df: βαθμοί ελευθερίας, F: αποτέλεσμα του τεστ, p: πιθανότητα).

|                                         | SS     | df  | F      | p     |
|-----------------------------------------|--------|-----|--------|-------|
| <b>Model</b>                            | 13.504 | 5   | 5.731  | <.001 |
| <b>Περιβάλλον εκτροφής</b>              | 0.937  | 2   | 0.994  | 0.372 |
| <b>Πρωτεΐνη %</b>                       | 0.99   | 1   | 2.102  | 0.149 |
| <b>Περιβάλλον εκτροφής * Πρωτεΐνη %</b> | 13.227 | 2   | 14.034 | <.001 |
| <b>Residuals</b>                        | 82.47  | 175 |        |       |
| <b>Total</b>                            | 95.974 | 180 |        |       |

Ο Πίνακας 10 υπέδειξε ότι το ξεχωριστά το περιβάλλον εκτροφής και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη δεν έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο συντελεστή μετατρεψιμότητας. Αντίθετα η αλληλεπίδραση του περιβάλλοντος εκτροφής και της περιεκτικότητας της τροφής σε πρωτεΐνη φαίνεται να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο συντελεστή μετατρεψιμότητας.

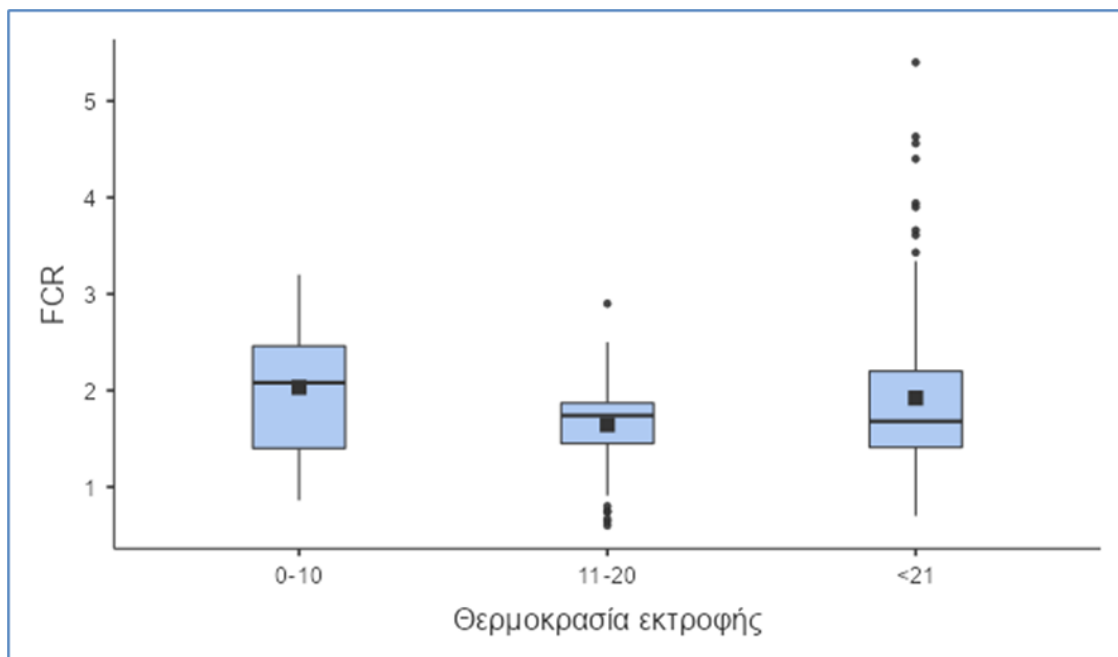
### 3.6 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την θερμοκρασία

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ανάμεσα στον FCR και τη θερμοκρασία εκτροφής ήταν θετικός (0.10), χωρίς ωστόσο να εμφανίζεται στατιστικά σημαντικός ( $P>0.05$ ) (Σχ. 14).



Σχήμα 14. Διάγραμμα διασποράς, γραμμική παλινδρόμηση και διαγράμματα πυκνότητας του δείκτη FCR και της θερμοκρασίας εκτροφής.

Για την αποτελεσματικότερη ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων αυτά ομαδοποιήθηκαν στις κατηγορίες 0-10°C, 10-20°C και >20°C, στις οποίες αντιστοιχούν 13, 147 και 53 παρατηρήσεις αντίστοιχα. Οι μέσες τιμές του FCR είναι 2,03 για τις θερμοκρασίες 0-10°C, 1,65 για την κατηγορία 10-20°C και 1,92 για την κατηγορία >20°C (Σχ. 14, 15).



Σχήμα 15 Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά θερμοκρασία εκτροφής (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Το μη παραμετρικό Kruskal-Wallis test (μη κανονική κατανομή, ομοιογένεια στη διακύμανση) δεν υπέδειξε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή της διαμέσου του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής (test statistic 3.02,  $P > 0.05$ ) (Σχ. 15).

### 3.7 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τον τρόπο ταΐσματος

Η σχέση του τρόπου ταΐσματος και της μετατρεψιμότητας τροφής, εμφανίστηκε στην παρούσα μελέτη σε συνολικά 52 παρατηρήσεις, 51 εκ των οποίων για τους οστεϊχθείς και 1 στα λοιπά χορδωτά, με τις 13 να αναφέρονται στο γλυκό νερό και τις 39 στο θαλασσινό (Πιν. 11). Με τον αυτόματο τρόπο ταΐσματος καταγράφηκαν δεδομένα μόνο στο θαλασσινό νερό, ενώ για το υφάλμυρο νερό δεν βρέθηκαν καταχωρήσεις.

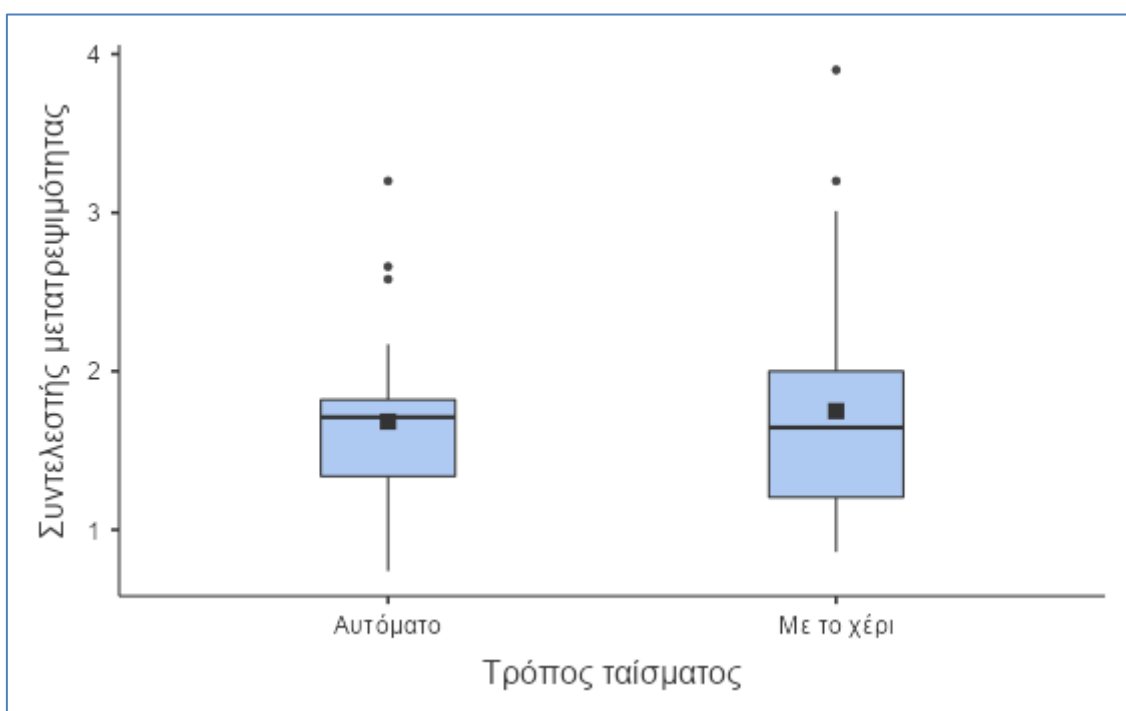
Πίνακας 11. Κατανομή τρόπου ταΐσματος ανάλογα με το περιβάλλον εκτροφής.

| Τρόπος ταΐσματος | Περιβάλλον εκτροφής | Αριθμός | % του συνόλου | Αθροιστικό % |
|------------------|---------------------|---------|---------------|--------------|
| Αυτόματο         | Γλυκό               | 0       | 0 %           | 0 %          |
|                  | Θαλασσινό           | 20      | 38 %          | 38 %         |
|                  | υφάλμυρο            | 0       | 0 %           | 38 %         |
| Με το χέρι       | Γλυκό               | 13      | 25 %          | 63 %         |
|                  | Θαλασσινό           | 19      | 37 %          | 100 %        |
|                  | υφάλμυρο            | 0       | 0 %           | 100 %        |

Ο αυτόματος τρόπος ταΐσματος εμφάνισε χαμηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας (Πίν. 12).

Πίνακας 12. Κατανομή FCR ανάλογα με τον τρόπο ταΐσματος.

|                        | Τρόπος ταΐσματος | Συντελεστής μετατρεψιμότητας |
|------------------------|------------------|------------------------------|
| <b>Αριθμός</b>         | Αυτόματο         | 20                           |
|                        | Με το χέρι       | 32                           |
| <b>Μέσος όρος</b>      | Αυτόματο         | 1.68                         |
|                        | Με το χέρι       | 1.75                         |
| <b>Διάμεσος</b>        | Αυτόματο         | 1.71                         |
|                        | Με το χέρι       | 1.65                         |
| <b>Τυπική απόκλιση</b> | Αυτόματο         | 0.63                         |
|                        | Με το χέρι       | 0.67                         |
| <b>Ελάχιστο</b>        | Αυτόματο         | 0.74                         |
|                        | Με το χέρι       | 0.86                         |
| <b>Μέγιστο</b>         | Αυτόματο         | 3.2                          |
|                        | Με το χέρι       | 3.9                          |



Σχήμα 16. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά τρόπο ταΐσματος (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Το παραμετρικό Student's T-test υπέδειξε ότι δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) μεταξύ διαφορετικών τρόπων ταΐσματος (test statistic -0.35,  $P > 0.05$ ) (Πιν. 13, Σχ. 16).

Πίνακας 13. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών τρόπων ταΐσματος.

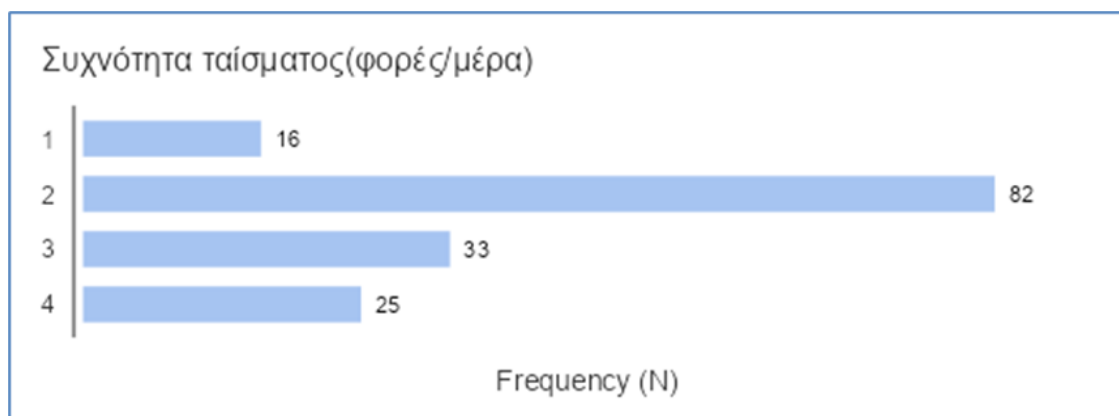
| Τρόπος Ταΐσματος | Αριθμός | Μέσος όρος | Διάμεσος | Τυπική απόκλιση | Τυπικό σφάλμα |
|------------------|---------|------------|----------|-----------------|---------------|
| Αυτόματο         | 20      | 1.68       | 1.71     | 0.63            | 0.14          |
| Με το χέρι       | 32      | 1.75       | 1.65     | 0.67            | 0.12          |

### 3.8 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη συχνότητα ταΐσματος

Στα δεδομένα της παρούσας εργασίας η συχνότητα ποικίλει από 1 έως 4 φορές την ημέρα και ειδικότερα το 52,6% των παρατηρήσεων αφορούν σε 2 φορές την ημέρα το 21,2% σε 3 φορές και το υπόλοιπο 26,3% σε 1 και 4 φορές (Πιν. 14, σχ. 17).

Πίνακας 14. Κατανομή της ημερήσιας συχνότητας ταΐσματος των συλλεχθέντων δεδομένων.

| Συχνότητα ταΐσματος(φορές/μέρα) | Αριθμός | % του ολικού | Αθροιστικό % |
|---------------------------------|---------|--------------|--------------|
| 1                               | 16      | 10 %         | 10 %         |
| 2                               | 82      | 53 %         | 63 %         |
| 3                               | 33      | 21 %         | 84 %         |
| 4                               | 25      | 16 %         | 100 %        |



Σχήμα 17. Ραβδόγραμμα της ημερήσιας συχνότητας ταΐσματος των συλλεχθέντων δεδομένων. της συχνότητας ταΐσματος (φορές/ημέρα)

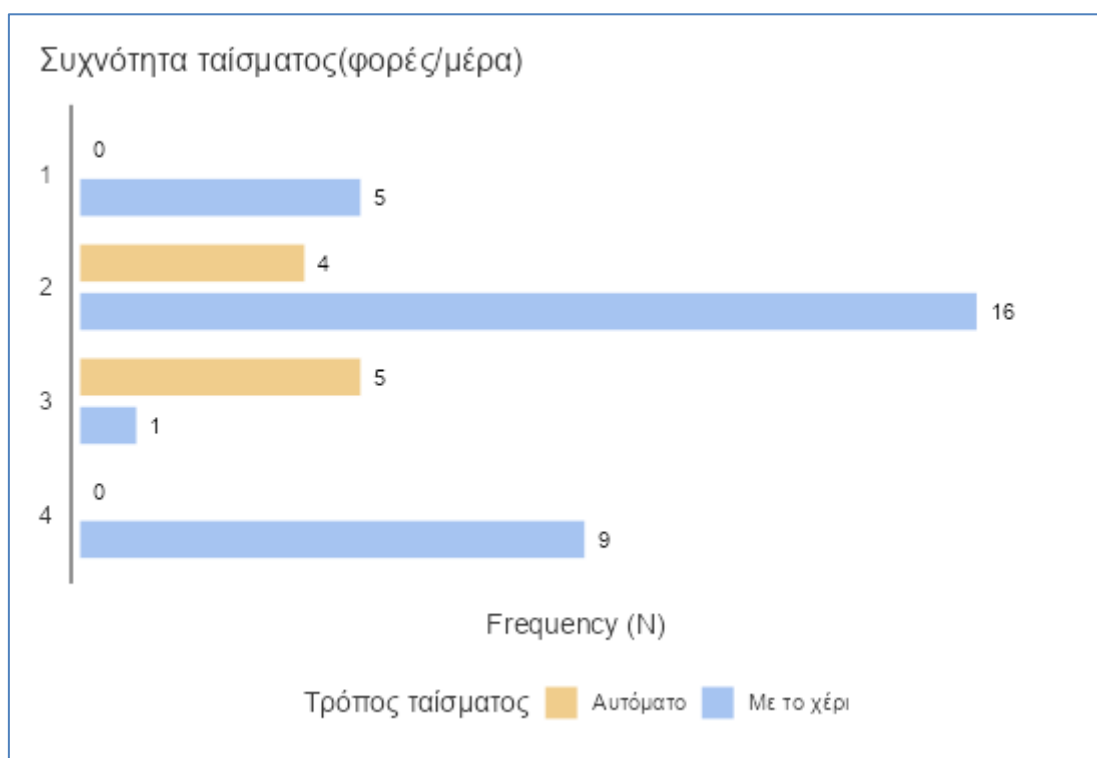
Στο αυτόματο τάισμα η συχνότητα χορήγησης εμφανίστηκε είτε 2 είτε 3 φορές, ενώ αντίθετα στο τάισμα με το χέρι εμφανίστηκαν και οι 4 συχνότητες με τη συντριπτική πλειοψηφία των παρατηρήσεων στις 2 φορές (16 παρατηρήσεις) (Πιν. 15, Σχ. 18).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι για τις 1, 2, 3, και 4 φορές ταΐσματος τη μέρα οι μέσες τιμές του δείκτη μετατρεψιμότητας ήταν αντίστοιχα 1,84, 1,93, 1,55 και 1,85 με αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις 0,60, 0,76, 0,37 και 0,68 (Σχ.19).

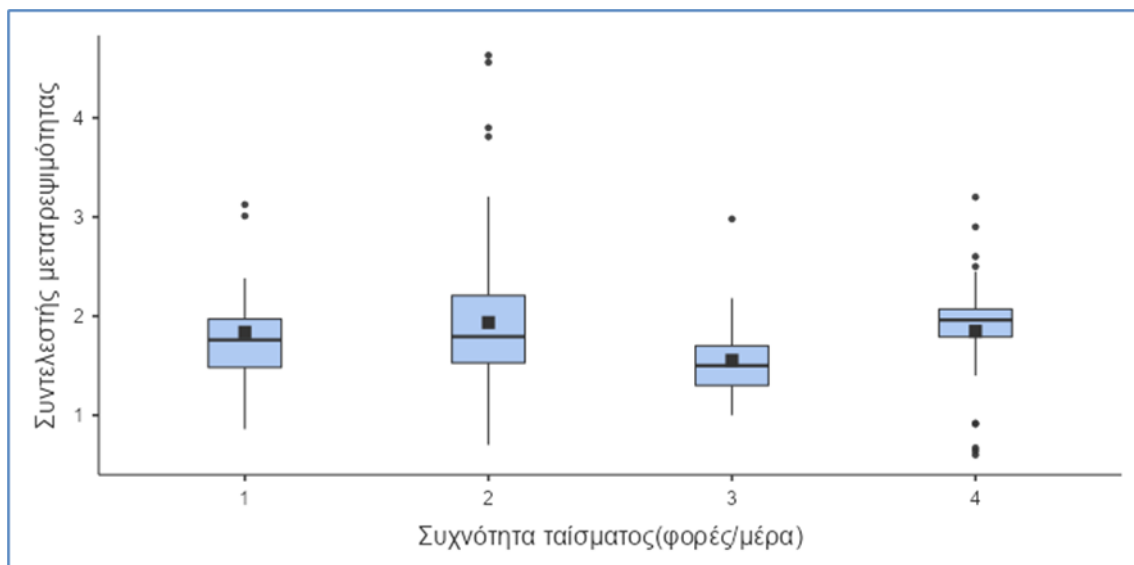
Το παραμετρικό Welch Anova test έδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) μεταξύ διαφορετικών συχνοτήτων ταΐσματος (test statistic 4.77,  $P < 0.01$ ) (Σχ. 19, Πιν. 16).

Πίνακας 15. Κατανομή της ημερήσιας συχνότητας ταΐσματος σε σχέση με τον τρόπο χορήγησης της τροφής των συλλεχθέντων δεδομένων.

| Τρόπος ταΐσματος  | Συχνότητα ταΐσματος | Αριθμός | % του συνόλου | Αθροιστικό % |
|-------------------|---------------------|---------|---------------|--------------|
| <b>Αυτόματο</b>   | 1                   | 0       | 0 %           | 0 %          |
|                   | 2                   | 4       | 10 %          | 10 %         |
|                   | 3                   | 5       | 13 %          | 23 %         |
|                   | 4                   | 0       | 0 %           | 23 %         |
| <b>Με το χέρι</b> | 1                   | 5       | 13 %          | 35 %         |
|                   | 2                   | 16      | 40 %          | 75 %         |
|                   | 3                   | 1       | 3 %           | 78 %         |
|                   | 4                   | 9       | 23 %          | 100 %        |



Σχήμα 18. Κατανομή συχνότητας ταΐσματος σε σχέση με τον τρόπο χορήγησης της τροφής.



Σχήμα 19. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά συχνότητα ταΐσματος (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Πίνακας 16. Σύγκριση της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με τη συχνότητα ταΐσματος με τη χρήση του παραμετρικού Games-Howell Post-Hoc Test.

|   |              | 1 | 2     | 3     | 4     |
|---|--------------|---|-------|-------|-------|
| 1 | Μέση διαφορά |   | -0.1  | 0.28  | -0.01 |
|   | p            |   | 0.941 | 0.331 | 1     |
| 2 | Μέση διαφορά |   |       | 0.38  | 0.09  |
|   | p            |   |       | 0.003 | 0.946 |
| 3 | Μέση διαφορά |   |       |       | -0.29 |
|   | p            |   |       |       | 0.222 |

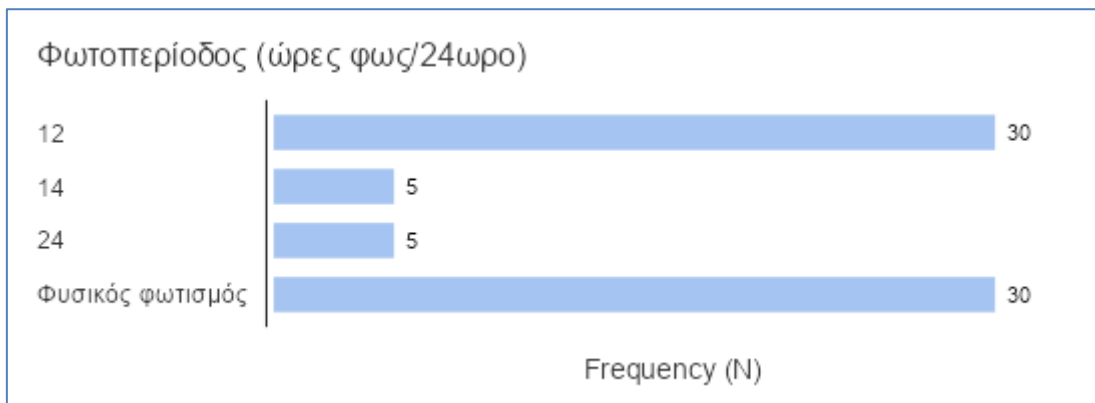
Πίνακας 17. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών συχνοτήτων ταΐσματος.

| Συχνότητα ταΐσματος | Αριθμός | Μέσος όρος | Τυπική απόκλιση | Τυπικό σφάλμα |
|---------------------|---------|------------|-----------------|---------------|
| 1                   | 16      | 1.84       | 0.6             | 0.15          |
| 2                   | 82      | 1.93       | 0.76            | 0.08          |
| 3                   | 33      | 1.55       | 0.37            | 0.06          |
| 4                   | 25      | 1.85       | 0.68            | 0.14          |

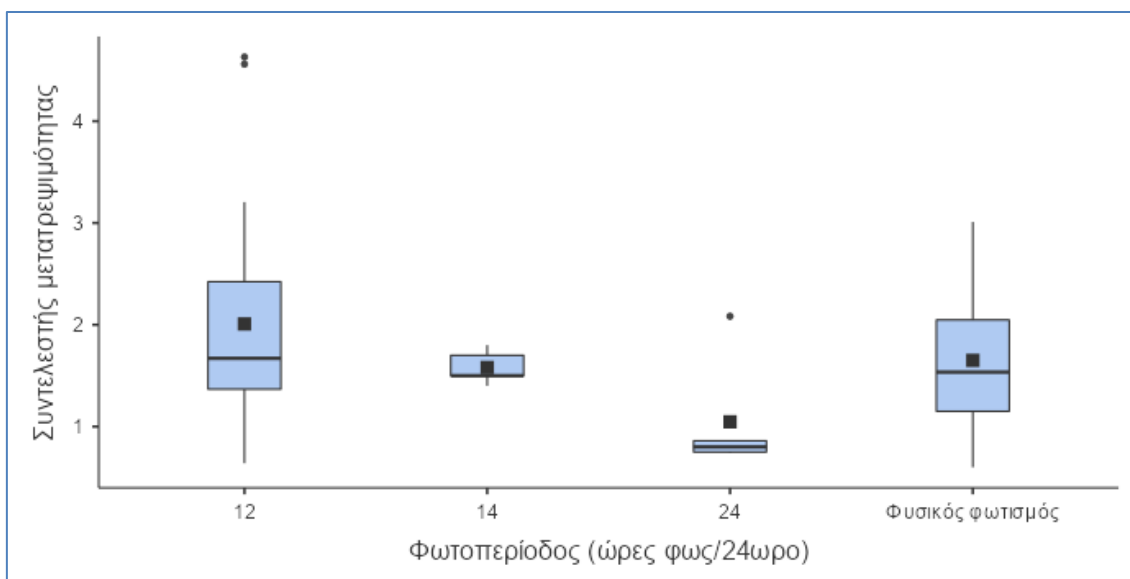
Το παραμετρικό Games-Howell Post-Hoc Test (Πίν 16) υπέδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στο δείκτη μετατρεψιμότητας μεταξύ των συχνοτήτων 2 και 3 φορές ταΐσματος την ημέρα με σημαντικά μεγαλύτερο συντελεστή μετατρεψιμότητας στις 2 φορές τάισμα (Πίν. 17).

### 3.9 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη φωτοπερίοδο

Η παρούσα εργασία συνέλεξε συνολικά 70 παρατηρήσεις, οι 30 εκ των οποίων αφορούσαν εκτροφή σε φυσικό φωτισμό, 30 σε φωτισμό 12 ώρες φως και 12 σκοτάδι, 5 παρατηρήσεις με 14 ώρες φως και τέλος 5 παρατηρήσεις με 24 ώρες φως (Σχ. 20).



Σχήμα 20. Ραβδόγραμμα της συχνότητας φωτοπερίοδου.



Σχήμα 21. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με τη φωτοπερίοδο (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

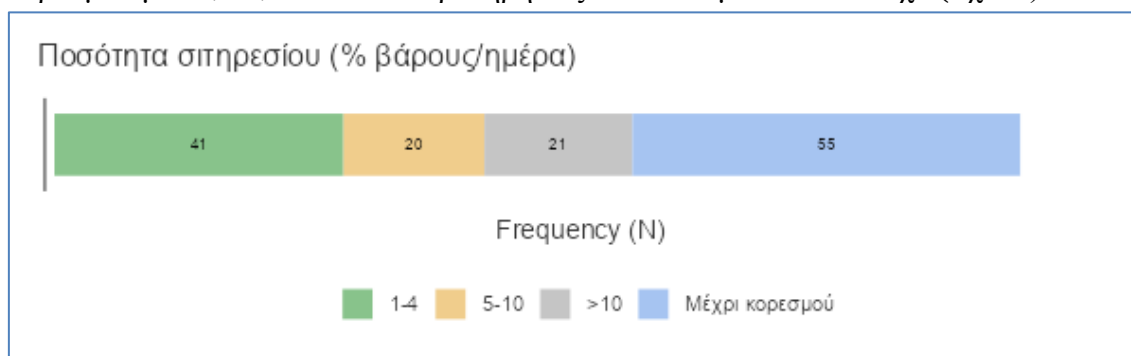
Το παραμετρικό Welch Anova test έδειξε ότι οριακά δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) μεταξύ διαφορετικής φωτοπερίοδου (test statistic 3.13,  $P=0.055$ ) (Σχ. 21). Υπάρχει όμως η τάση της μείωσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας καθώς αυξάνονται οι ώρες φωτισμού κατά τη διάρκεια της εκτροφής (Πιν. 18).

Πίνακας 18. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών φωτοπεριόδων.

| Φωτοπερίοδος     | Αριθμός | Μέσος όρος | Τυπική απόκλιση | Τυπικό σφάλμα |
|------------------|---------|------------|-----------------|---------------|
| 12               | 30      | 2.01       | 0.95            | 0.17          |
| 14               | 5       | 1.58       | 0.16            | 0.07          |
| 24               | 5       | 1.05       | 0.58            | 0.26          |
| Φυσικός φωτισμός | 30      | 1.65       | 0.64            | 0.12          |

### 3.10 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη ποσότητα σιτηρεσίου

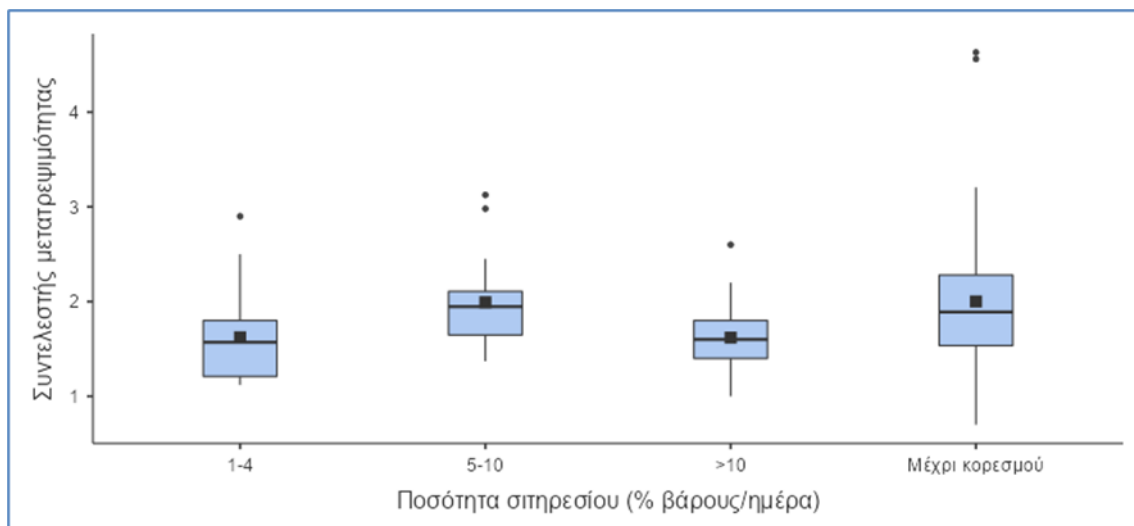
Στην παρούσα συγκεντρώθηκαν δεδομένα που αντιστοιχούν σε χορήγηση ποσοστού σιτηρεσίου που κυμάνθηκε από το 1% του βάρους των εκτρεφόμενων οργανισμών έως και 20% καθώς επίσης και χορήγηση σιτηρεσίου μέχρι το επίπεδο κορεσμού. Στη συνέχεια για την αποτελεσματικότερη διερεύνηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση σε 4 ομάδες μεταξύ 1-4%, 5-10%, >10% και μέχρι κορεσμού με 41, 20, 21 και 55 παρατηρήσεις σε κάθε ομάδα αντίστοιχα (Σχ. 22).



Σχήμα 22. Ραβδόγραμμα της ποσότητας σιτηρεσίου.

Το παραμετρικό Welch Anova test υπέδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) μεταξύ χορήγησης διαφορετικών ποσοτήτων σιτηρεσίου (test statistic 5.53,  $P < 0.01$ ) (Σχ. 23).

Το παραμετρικό Games-Howell Post-Hoc Test (Πίν 19) υπέδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος συντελεστής μετατρεψιμότητας στο χορηγούμενο σιτηρέσιο 1-4% σε σχέση με τα σιτηρέσια 5-10% και μέχρι κορεσμού (Πίν 20). Επίσης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντικά υψηλότερος συντελεστής μετατρεψιμότητας στο χορηγούμενο σιτηρέσιο 5-10% σε σχέση με τα σιτηρέσια >10% και μέχρι κορεσμού (Πίν. 19, 20).



Σχήμα 23. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με την ποσότητα σιτηρεσίου (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Πίνακας 19. Σύγκριση της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε σχέση με την ποσότητα σιτηρεσίου με τη χρήση του παραμετρικού Games-Howell Post-Hoc Test.

|      |              | 1-4 | 5-10  | >10   | Μέχρι κορεσμού |
|------|--------------|-----|-------|-------|----------------|
| 1-4  | Μέση διαφορά |     | -0.37 | 0     | -0.38          |
|      | p            |     | 0.027 | 1     | 0.02           |
| 5-10 | Μέση διαφορά |     |       | 0.37  | -0.01          |
|      | p            |     |       | 0.035 | 1              |
| >10  | Μέση διαφορά |     |       |       | -0.38          |
|      | p            |     |       |       | 0.028          |

Πίνακας 20. Τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών ποσοτήτων σιτηρεσίου.

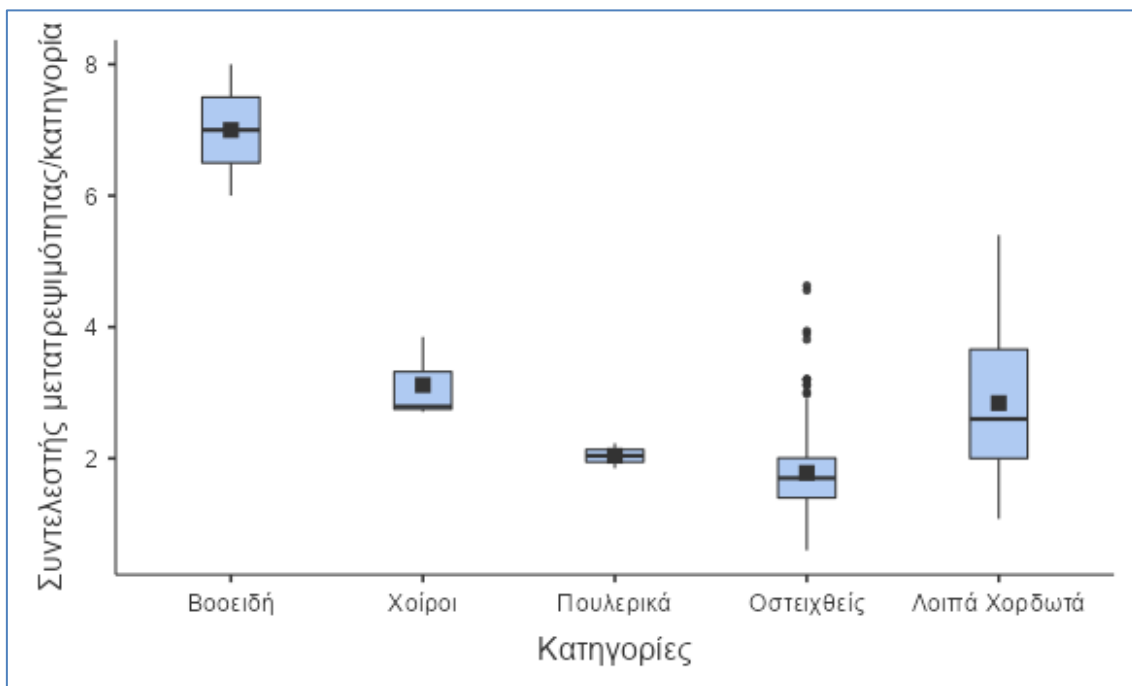
| Ποσότητα σιτηρεσίου | Αριθμός | Μέσος όρος | Τυπική απόκλιση | Τυπικό σφάλμα |
|---------------------|---------|------------|-----------------|---------------|
| 1-4                 | 41      | 1.62       | 0.44            | 0.07          |
| 5-10                | 20      | 1.99       | 0.47            | 0.1           |
| >10                 | 21      | 1.62       | 0.36            | 0.08          |
| Μέχρι κορεσμού      | 55      | 2          | 0.8             | 0.11          |

### 3.11 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με άλλα εκτρεφόμενα είδη

Η συγκριτική εκτίμηση της αποδοτικότητας εκτροφής έδειξε ότι τα βοοειδή παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση τιμή στο συντελεστή μετατρεψιμότητας ακολουθούμενα από τους χοίρους, τα χορδωτά, τα πουλερικά και τους οστεϊχθείς (Πιν 21, Εικ. 24).

Πίνακας 21. Κατανομή FCR ανά εκτρεφόμενο είδος.

| ΕΙΔΟΣ      | Αριθμός | Μέση Τιμή | Διάμεσος | Τυπική Απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο |
|------------|---------|-----------|----------|-----------------|----------|---------|
| Βοοειδή    | 2       | 7         | 7        | 1.41            | 6        | 8       |
| Χοίροι     | 3       | 3.12      | 2.79     | 0.64            | 2.71     | 3.85    |
| Πουλερικά  | 2       | 2.04      | 2.04     | 0.27            | 1.85     | 2.23    |
| Οστεϊχθείς | 235     | 1.78      | 1.7      | 0.63            | 0.6      | 4.63    |
| Λοιπά      | 41      | 2.84      | 2.6      | 1.19            | 1.08     | 5.4     |
| Χορδωτά    |         |           |          |                 |          |         |



Σχήμα 24. Συγκριτικό θηκόγραμμα της διακύμανσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) ανά εκτρεφόμενο είδος (τα κουτιά αντιπροσωπεύουν το 50% των δεδομένων, οι κάθετες γραμμές εκατέρωθεν το ανώτερο και κατώτερο 25% των δεδομένων, τα μαύρα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή, οι οριζόντιες μαύρες γραμμές τη διάμεσο και οι τελείες τις ακραίες τιμές).

Για την επιμέρους σύγκριση του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ χερσαίων εκτρεφόμενων ειδών με τους οστεϊχθείς και τα χορδωτά, χρησιμοποιήθηκε το One Sample T- test (Πίν. 22).

Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων (Πίν. 22) έδειξαν ότι οι οστεϊχθείς παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας σε σχέση με τα βοοειδή, τα πουλερικά και τους χοίρους. Αντίθετα τα χορδωτά παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας σε σχέση με τα πουλερικά, σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τα βοοειδή, ενώ δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ χορδωτών και χοίρων.

Πίνακας 22. Αποτελέσματα της σύγκρισης του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ οστεϊχθύν και λοιπών Χορδωτών με άλλα χερσαία εκτρεφόμενα είδη με τη χρήση του One Sample T- test (Statistic: τιμή του τεστ, df: βαθμοί ελευθερίας, p: σχετιζόμενη πιθανότητα).

|                                 | <b>Statistic</b> | <b>df</b> | <b>p</b> |
|---------------------------------|------------------|-----------|----------|
| <b>Οστειχθείς-Βοοειδή</b>       | -126.29          | 234       | < .001   |
| <b>Οστειχθείς-Πουλερικά</b>     | -6.32            | 234       | < .001   |
| <b>Οστειχθείς-Χοίροι</b>        | -32.44           | 234       | < .001   |
| <b>Λοιπά Χορδωτά-Βοοειδή</b>    | -22.29           | 40        | < .001   |
| <b>Λοιπά Χορδωτά -Χοίροι</b>    | -1.49            | 40        | 0.144    |
| <b>Λοιπά Χορδωτά -Πουλερικά</b> | 4.3              | 40        | < .001   |

## 4. Συζήτηση

Με τον όρο ιχθυοτροφές (τροφές ιχθύων ή τροφές για ιχθύς fish feeds) νοούνται όλα τα είδη των ζωντανών ή όχι υλών, βιομηχανικής ή όχι προελεύσεως, που ως τροφές μπορεί να χορηγηθούν σε εκτρεφόμενους πληθυσμούς ιχθύων, ανεξάρτητα από το είδος, τον διατροφικό τύπο, την ηλικία, το μέγεθος και τη φυσιολογική τους κατάσταση, κατά την εφαρμογή οποιουδήποτε συστήματος παραγωγής που χαρακτηρίζεται από πλήρως ή μερικώς ελεγχόμενη διατροφή των ιχθύων (Παπουτσόγλου 2008).

Γενικά η διαδικασία χορήγησης των ιχθυοτροφών συμπεριλαμβάνει τον προσδιορισμό του αριθμού των γευμάτων, την ποσότητα ανά γεύμα και την συνολική ημερήσια ποσότητα και τέλος τον τρόπο χορήγησης της τροφής. Ειδικότερα για τον προσδιορισμό της συνολικής ποσότητας τροφής που πρέπει να χορηγείται ημερησίως αυτή εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό και το μέσο βάρος των εκτρεφόμενων οργανισμών και από τη χρονική διάρκεια της εκτροφής και εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό τοις εκατό επί του βάρους τους.

### 4.1 Αποδοτικότητα εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών

Η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατέδειξαν την πολυπλοκότητα και επίδραση πολλαπλών παραγόντων στην διαμόρφωση της τιμής του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής. Από τις 276 τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας που συλλέχθηκαν η διακύμανση παρουσιάστηκε μεταξύ 0,60 και 5,40 με μέση τιμή 1,94. Οι Tacon & Metian (2008) αναφέρουν τιμή συντελεστή μετατρεψιμότητας για το χέλι από 1 έως 2,5, ενώ te Velde et al. (2022), για τον κροκόδειλο του Νείλου (*Crocodylus niloticus*) 4,5.

### 4.2 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με το φύλο

Η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά την αποδοτικότητα μιας μονάδας υδατοκαλλιέργειας συνίσταται στην πολύπλευρη προσέγγιση των παραγόντων που δύνανται να επηρεάσουν τον δείκτη αποδοτικότητας FCR, ένας από τους οποίους είναι το φύλο στο οποίο ανήκουν οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί και πιο συγκεκριμένα στην παρούσα έχουν μελετηθεί οι οστεϊχθείς και λοιπά χορδωτά. Οι οστεϊχθείς αποτελούν ταξινομική ομάδα των ιχθύων, ανήκουν στο φύλο των χορδωτών και διαφέρουν από τα λοιπά χορδωτά στο ότι φέρουν πλήρως οστεοποιημένους σπονδύλους.

Παρατηρήθηκε πως ο δείκτης μετατρεψιμότητας είναι στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος στους οστεϊχθείς σε σχέση με τα λοιπά χορδωτά (οστεϊχθείς μέση τιμή 1,78, τυπική απόκλιση 0,634, λοιπά χορδωτά 2,84 και 1,19 αντίστοιχα). Οι Tacon & Metian (2008) που αναφέρουν μέσο όρο του συντελεστή μετατρεψιμότητας παγκοσμίως για τους θαλάσσιους ιχθείς από 0,9 έως 3,00, ενώ σύμφωνα με τους Μεντέ

και Νέγκας (2011) ο δείκτης μετατρεψιμότητας για τα καλλιεργούμενα ψάρια της Μεσογείου προσεγγίζει το 2.

#### **4.3 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την τροφή**

Με τον όρο «τροφή» νοείται κάθε ύλη φυτικής ή ζωικής προέλευσης που αποτελείται από θρεπτικές ουσίες και η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί από τον ζωικό οργανισμό για τις διάφορες μεταβολικές του λειτουργίες (Καραπαναγιωτίδης, 2018). Τα υδρόβια σπονδυλωτά στη φύση τρέφονται με φυτικούς αλλά και ζωικούς οργανισμούς, τα οποία συνίστανται σε διάφορα φυτοπλαγκτονικά και ζωοπλαγκτονικά είδη, υδρόβια σπονδυλωτά και ασπόνδυλα κ.α., από τα οποία αντλούν τα απαραίτητα συστατικά όπως πρωτεΐνες, λιπίδια, λιπαρά οξέα και βιταμίνες.

Δεδομένης αφενός της πεπερασμένης ικανότητας παροχής φυσικής τροφής στα εκτρεφόμενα είδη και αφετέρου της ανάγκης βελτιστοποίησης της παραγωγής των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας κατέστη αναγκαία τόσο στα εντατικά όσο και στα ημιεντατικά συστήματα, η χορήγηση είτε «συμπληρωματικών ιχθυοτροφών», οι οποίες μπορεί να είναι πχ άλευρα δημητριακών, είτε «βιομηχανικά παρασκευασμένων ζωοτροφών», οι οποίες παρέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά σε ποσότητες και αναλογίες που οδηγούν στην βέλτιστη παραγωγή και ονομάζονται σύμπηκτα (pellets). Στον τομέα των ζωοτροφών διακρίνονται δύο μέθοδοι παραγωγής συμπήκτων βάσει του τρόπου παρασκευής τους: η πελλετοποίηση απλής συμπύκνωσης και η πελλετοποίηση εξώθησης (extrusion).

Η παρούσα εργασία υπέδειξε ότι δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ χορηγούμενων εξωθημένων και συμπήκτων. Ο El-Sayed (2013) αναφέρει πως ο συντελεστής μετατρεψιμότητας για την τιλάπια του Νείλου κυμαίνεται από 1,1 έως 2 για τα εξωθημένα και από 1,5 έως 2,5 για τα σύμπηκτα, υποστηρίζοντας πως στην Αίγυπτο οι εξωθημένες τροφές έχουν μεγαλύτερη ζήτηση λόγω της καλύτερης αφομοίωσης, μετατρεψιμότητας και ενσωμάτωσής τους από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς.

#### **4.4 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με το περιβάλλον εκτροφής**

Οι μονάδες υδατοκαλλιέργειας μπορούν να κατασκευαστούν είτε σε θαλασσινό είτε σε γλυκό είτε σε υφάλμυρο περιβάλλον, ανάλογα με το εκτρεφόμενο είδος. Στα οικοσυστήματα γλυκού νερού τα οποία καταλαμβάνουν μόνο το 2,6% του συνολικού νερού του πλανήτη, συμπεριλαμβάνονται οι λίμνες, οι ποταμοί, οι χείμαρροι, τα υπόγεια γλυκά νερά και οι ποτικοί πάγοι. Αντίστοιχα στα οικοσυστήματα υφάλμυρου νερού συμπεριλαμβάνονται τα δέλτα των ποταμών, οι αβαθείς λεκάνες με μειωμένες τιμές αλατότητας (λιμνοθάλασσες), κλειστοί κόλποι και παράκτια έλη.

Η σύγκριση του συντελεστή μετατρεψιμότητας στα χορδωτά μεταξύ γλυκού και υφάλμυρου περιβάλλοντος εκτροφής έδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη τιμή στο γλυκό νερό εκτροφής. Αντίθετα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά

σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας των οστεϊχθύνων μεταξύ γλυκού, υφάλμυρου και θαλασσινού περιβάλλοντος εκτροφής. Οι Barman et al. (2005) ανέφεραν ότι για τον κέφαλο (*Mugil cephalus*) για αλατότητες 10, 15, 20, 25 και 30‰ ο εν λόγω δείκτης διαμορφώθηκε σε 1,63, 1,78, 1,98, 2,14 και 2,21 αντίστοιχα, υποδεικνύοντας αύξηση του συντελεστή κατά την μετάβαση από το θαλασσινό στο γλυκό νερό. Επίσης οι Imsland et al. (2001) έδειξαν για το καλκάνι (*Scophthalmus maximus*) για αλατότητες 15‰, 25‰ και 35‰, η βέλτιστη απόδοση παρουσιάζεται στην χαμηλότερη αλατότητα εμφανίζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά, αναφέροντας πως το ενεργειακό κόστος της ιοντικής ρύθμισης καθώς και άλλων μεταβολικών διεργασιών αυξάνεται με την αλατότητα (Morgan et al., 1991).

#### 4.5 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την πρωτεΐνη

Κατά τη διαδικασία εκτροφής ιχθύνων σε μια μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας, πρέπει να επιτευχθεί με άριστο τρόπο η κάλυψη των αναγκών τους, οι οποίες συνίστανται στα απαιτούμενα επίπεδα ενέργειας και θρεπτικών συστατικών με σκοπό την αύξηση του βάρους τους ή και την παραγωγή του γεννητικού τους υλικού. Οι ανάγκες των ιχθύνων σε ενέργεια καλύπτονται από λίπη, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες που περιέχονται στην τροφή τους, για την επίτευξη ωστόσο της μέγιστης δυνατής αξιοποίησης των πρωτεϊνών πρέπει να συνυπολογιστεί η κατάλληλη αναλογία του κάθε επιμέρους συστατικού στην ληφθείσα τροφή, η ημερήσια χορηγούμενη ποσότητα των πρωτεϊνών αλλά και η κατάλληλη συχνότητα χορήγησης των γευμάτων.

Το ποσοστό της πρωτεΐνης στην χορηγηθείσα τροφή αποτελεί έναν παράγοντα που επηρεάζει τον δείκτη μετατρεψιμότητας. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ανάμεσα στο συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) και το ποσοστό της χορηγηθείσας πρωτεΐνης στο σύνολο των δεδομένων εμφανίστηκε αρνητικός, χωρίς ωστόσο να είναι στατιστικά σημαντικός. Η διερεύνηση της πιθανής σχέσης μεταξύ του ποσοστού χορηγηθείσας πρωτεΐνης στην τροφή και του συντελεστή μετατρεψιμότητας ξεχωριστά για τους οστεϊχθείς και τα λοιπά χορδωτά υπέδειξε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση για τους οστεϊχθείς και μη στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση για τα χορδωτά. Η χρήση του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου (General Linear Model) υπέδειξε ότι το ξεχωριστά το περιβάλλον εκτροφής καθώς και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη δεν έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο συντελεστή μετατρεψιμότητας. Η αλληλεπίδραση τους όμως φαίνεται να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο συντελεστή μετατρεψιμότητας.

Οι Akand et al. (1989), ανέφεραν για το ασιατικό γατόψαρο (*Heteropneustes fossilis*), για ποσοστά πρωτεΐνης 20, 24, 28, 31, 35 και 39% ο αντίστοιχος δείκτης μετατρεψιμότητας ήταν 2,28, 2,08, 1,89, 1,89, 1,79 και 2,13. Οι Lazo et al. (1998), αναφέρουν ότι για το είδος (*Trachinotus carolinus*) της οικογένειας Carangidae για ποσοστά πρωτεΐνης 30,35,40,45, η βέλτιστη απόδοση του δείκτη μετατρεψιμότητας εμφανίστηκε στο ποσοστό 45%. Οι Foudoulaki et al (2017) απέδειξαν πως για τον κρυνό (*Argyrosomus regius*) για ποσοστά πρωτεΐνης 43% και 47% ο FCR είναι

μικρότερος για το 43% σε σχέση με το 47% (για ποσοστά λιπαρών 15% και 20%), χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά, εκτός από τον συνδυασμό 43-20, υποστηρίζοντας πως τα μεγαλύτερα ψάρια παρουσιάζουν μικρότερη ζήτηση σε πρωτεΐνες, σε σχέση με εκείνα στα πρώτα στάδια της ζωής τους (Wilson, 2002). Μέρος της σύγχρονης βιβλιογραφίας διερευνά την επίδραση της αντικατάστασης της πρωτεΐνης προερχόμενης από ιχθείς από ανάλογες διατροφικά φυτικές πρωτεΐνες, όπως οι Orstvedt et al. (2002) που αναφέρουν πως για τον σολομό ατλαντικού *Salmo salar* L. καθώς σταδιακά αυξανόταν η αντικατάσταση της πρωτεΐνης προερχόμενης από ιχθείς με εκείνη προερχόμενη από σόγια και γλουτένη αραβοσίτου, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας ήταν μεν μεγαλύτερος στην υψηλότερη αντικατάσταση, ωστόσο εμφανίστηκε ελάχιστα μικρότερος από την αρχική χωρίς αντικατάσταση διαίτα. Σχετικές έρευνες θα μπορούσαν να συντελέσουν στην αντικατάσταση μέρους των ιχθύων ως ιχθυοτροφές, με θετικό τόσο οικονομικό όσο και οικολογικό αντίκτυπο.

#### 4.6 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με την θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του νερού στο οποίο πραγματοποιείται η εκτροφή των υδρόβιων οργανισμών επηρεάζει σημαντικά το ρυθμό ανάπτυξής τους σε όλα τα στάδια εκτροφής και σε κάθε σύστημα εκτροφής (ανοικτά, ημίκλειστα, κλειστά) και αυτό οφείλεται στην επιρροή της θερμοκρασίας στην διαλυτότητα του οξυγόνου και των άλλων ενώσεων, στον μεταβολισμό των υδρόβιων οργανισμών αλλά και στη διαδικασία διάσπασης των οργανικών ουσιών που περιέχονται στο υδάτινο περιβάλλον (Κλαουδάτος, 2010).

Στους ιχθείς υπάρχει γενικά θετική σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και εκκρίσεως, ενεργότητας των πεπτικών ενζύμων, απορροφητικότητας των προϊόντων της πέψης αλλά και χρόνου κενώσεως του πεπτικού σωλήνα (Παπουτσόγλου, 2008). Ωστόσο αφενός μεν ο υπολογισμός της παραπάνω επίδρασης είναι δύσκολος, αφετέρου δε η θερμοκρασία επηρεάζει παράλληλα και την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο, γεγονός που με τη σειρά του επιδρά στο σύνολο των μεταβολικών διεργασιών, καθιστώντας ακόμη δυσκολότερη την ακριβή εκτίμηση της θερμοκρασίας στην αποδοτικότητα εκτροφής ιχθύων και λοιπών χορδωτών.

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ανάμεσα στον FCR και τη θερμοκρασία εκτροφής ήταν θετικός, χωρίς ωστόσο να εμφανίζεται στατιστικά σημαντικός. Η ανάλυση των δεδομένων στην παρούσα εργασία δεν υπέδειξε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) σε διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής. Οι Aydin et al. (2012), αναφέρουν πως για τις θερμοκρασίες 13, 17, 21 και 25 °C, για το φασί (*Platichthys flesus luscus*) η ελάχιστη τιμή του δείκτη μετατρεψιμότητας παρουσιάζεται στους 21°C, ενώ η μέγιστη στους 13°C. Επιπρόσθετα οι Islam et al (2019) αναφέρουν πως για το γατόψαρο του είδους *Pangasianodon hypophthalmus* ο δείκτης μετατρεψιμότητας εμφανίστηκε μεγαλύτερος στην ελάχιστη και στη μέγιστη θερμοκρασία της έρευνας και μικρότερος στις μεσαίες τιμές.

#### 4.7 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τον τρόπο ταΐσματος

Μια ακόμη παράμετρος που διαφοροποιείται στις διαφορετικές μονάδες εκτροφής των υδρόβιων σπονδυλωτών είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η χορήγηση της τροφής σε αυτά. Η επιλογή του τρόπου που θα χρησιμοποιηθεί έγκειται στην δυνατότητα ισομερούς πρόσληψης τροφής από όλα τα άτομα του πληθυσμού, στον λιγότερο δυνατό χρόνο και με το ελάχιστο κόστος (Παπουτσόγλου, 2008). Οι τρόποι χορήγησης της τροφής είναι δύο και συνίστανται στην χορήγηση με το χέρι και με μηχανικούς διανομείς. Αναμφισβήτητα η χορήγηση με τα χέρια από έμπειρο προσωπικό είναι αποτελεσματικότερη έναντι της αυτόματης, διότι υφίσταται η δυνατότητα συνεχούς επίβλεψης τόσο των αντιδράσεων του πληθυσμού όσο και της γενικότερης κατάστασης των χώρων εκτροφής και μεταβολής των δεδομένων όπου κρίνεται απαραίτητο.

Ωστόσο στην πράξη δεν είναι συνήθως εφικτή η λήψη των βέλτιστων τιμών είτε στον πρώτο είτε στον δεύτερο τρόπο, κυρίως λόγω της ομαδικότητας του ταΐσματος αλλά και του ανθρώπινου παράγοντα, με αποτελέσματα εμφανή τόσο στην ανομοιόμορφη ανάπτυξη των ιχθύων όσο και στην αύξηση των δεικτών αποδοτικότητας αλλά και στο οικολογικό αποτύπωμα της ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας. Ο αυτόματος τρόπος ταΐσματος στην παρούσα εργασία εμφάνισε χαμηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας δεν παρατηρήθηκε όμως στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών τρόπων ταΐσματος.

#### 4.8 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη συχνότητα ταΐσματος

Κατά την προσπάθεια επίτευξης της μέγιστης αποτελεσματικότητας στη διαδικασία χορήγησης της τροφής, δύναται να προσαρμοστεί η συχνότητα χορήγησής της. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικών συχνοτήτων ταΐσματος. Η χαμηλότερη τιμή μετατρεψιμότητας εμφανίστηκε στις 3 φορές ταΐσματος ακολουθούμενη από τη μία φορά, τις τέσσερις και τις δύο. Στατιστικά σημαντικά μικρότερος συντελεστής μετατρεψιμότητας παρατηρήθηκε μόνο στη σύγκριση με τις 3 φορές ταΐσμα σε σχέση με 2.

Οι Bascinar et al. (2007) ανέφεραν για την πέστροφα *Salmo trutta labrax* σε συχνότητα ταΐσματος 1, 2 και 3 φορές τη μέρα ο συντελεστής μετατρεψιμότητας ανήλθε σε 1,45, 1,74 και 1,77 αντίστοιχα. Για το ίδιο είδος οι Da Silva and Anderson (1995) αναφέρουν ότι όταν ταΐζεται μέχρι τον κορεσμό, έχει την τάση να μην τρώει μέχρι το στομάχι να αδειάσει εντελώς και για αυτό το λόγο το ταΐσμα μία φορά την ημέρα είναι συνήθως αρκετό.

#### 4.9 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη φωτοπερίοδο

Δεδομένης της επίδρασης του φωτισμού στη συμπεριφορά των εκτρεφόμενων ειδών, εφαρμόζονται τεχνικές ελέγχου της φωτοπεριόδου στις ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι οριακά δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ διαφορετικής φωτοπεριόδου. Υφίσταται όμως τάση της μείωσης του συντελεστή μετατρεψιμότητας καθώς αυξάνονται οι ώρες φωτισμού κατά τη διάρκεια της εκτροφής.

Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με τους Biswas et al. (2005) οι οποίοι υπέδειξαν για το βραχύπτερο φαγκρί (*Pagrus major*) σε διαφορετικές φωτοπεριόδους 6, 12, 16 και 24 ωρών φωτός, η μετατρεψιμότητα της τροφής ήταν μικρότερη στις 16 και 24 ώρες φωτισμού, υποδεικνύοντας πως σε αυτά τα όρια φωτισμού η στρατηγική σίτισης ανταποκρίνεται καλύτερα στις ώρες μέγιστης όρεξης. Επιπρόσθετα η αυξημένη μετατρεψιμότητα της τροφής κατά τη διάρκεια μεγάλων ή συνεχών φωτοπεριόδων καταδεικνύεται και για άλλα είδη όπως η τσιπούρα (*Sparus aurata* L.) (Kissil et al., 2001; Giné's et al., 2004), ο μπακαλιάρος (*Melanogrammus aeglefinus*) (Trippel and Neil, 2003) και το μεγαλόστομο λαβράκι (*Micropterus salmoides*) (Petit et al. 2003).

#### **4.10 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με τη ποσότητα σιτηρεσίου**

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας στη χορήγηση διαφορετικών ποσοτήτων σιτηρεσίου. Συγκεκριμένα υφίσταται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος συντελεστής μετατρεψιμότητας στο χορηγούμενο σιτηρέσιο 1-4% του βάρους τους σε σχέση με τα σιτηρέσια 5-10% και μέχρι κορεσμού. Επίσης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντικά υψηλότερος συντελεστής μετατρεψιμότητας στο χορηγούμενο σιτηρέσιο 5-10% σε σχέση με τα σιτηρέσια >10% και μέχρι κορεσμού.

Οι Al-Hafedh et al. (2004) αναφέρουν για το Αφρικανικό γατόψαρο (*Clarias gariepinus*), για χορηγούμενα σιτηρέσια σε ποσοστό 2, 4, 6, 8 και 10% του βάρους ο συντελεστής μετατρεψιμότητας κυμάνθηκε σε 1,14, 1,13, 1,37, 2,18 και 2,98 αντίστοιχα. Επίσης σύμφωνα με τους Eroldogan et al. (2004) το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) εμφανίζει στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη μετατρεψιμότητα τροφής σε τάισμα μέχρι τον κορεσμό σε θαλασσινό νερό και σε τάισμα κάτω από 2,5% και πάνω από 3,5% του βάρους τους στο γλυκό νερό. Επιπρόσθετα οι Hung et al. (1993) και Mihelakakis et al. (2002) αναφέρουν πως ο συντελεστής μετατρεψιμότητας μειώνεται με την αύξηση του ρυθμού ταιΐσματος, καθώς σε συνθήκες χαμηλού ρυθμού ταιΐσματος τα ψάρια τείνουν να βελτιστοποιήσουν την πέψη, αποκομίζοντας περισσότερα θρεπτικά συστατικά αποτελεσματικότερα.

#### **4.11 Αποδοτικότητα εκτροφής σε σχέση με άλλα εκτρεφόμενα είδη**

Εκτός των υδατοκαλλιεργειών η εκτροφή άλλων χερσαίων ζώων όπως τα βοοειδή, τα πουλικά και οι χοίροι συμβάλουν στην προσπάθεια διασφάλισης της παγκόσμιας διατροφικής επάρκειας και ασφάλειας. Ο δείκτης μετατρεψιμότητας της τροφής για την εκτροφή βοοειδών κυμαίνεται μεταξύ 6 και 10 σύμφωνα με τους Fry et al (2017) και μεταξύ 4,5 και 7,5 σύμφωνα με τον (Shike, 2013). Για τους χοίρους ο

δείκτης μετατρεψιμότητας κυμαίνεται σύμφωνα με τους Fry et al. (2017) μεταξύ 2,7 και 5, σύμφωνα με τους Agostini et al. (2014) στο 2,71 και σύμφωνα με τους Gaillard et al. (2020) μεταξύ 2,69 και 2,88. Τέλος για τα κοτόπουλα ο εν λόγω δείκτης κυμαίνεται σύμφωνα με τους Fry et al. (2017) μεταξύ 1,7 και 2 και σύμφωνα με τους Willems et al. (2013) μεταξύ 2 και 2,45.

Η συγκριτική εκτίμηση της αποδοτικότητας εκτροφής έδειξε ότι τα βοοειδή παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας ακολουθούμενα από τους χοίρους, τα λοιπά χορδωτά, τα πουλερικά και τους οστεϊχθείς. Η επιμέρους σύγκριση του συντελεστή μετατρεψιμότητας έδειξε ότι οι οστεϊχθείς παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας σε σχέση με τα βοοειδή, τα πουλερικά και τους χοίρους. Αντίθετα τα λοιπά χορδωτά παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας σε σχέση με τα πουλερικά, σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τα βοοειδή, ενώ δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο συντελεστή μετατρεψιμότητας μεταξύ λοιπών χορδωτών και χοίρων.

## 5. Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση του δείκτη μετατρεψιμότητας μιας μονάδας εκτροφής αποτελεί προτεραιότητα στην λειτουργία της επιχείρησης. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν ως παράγοντες επίδρασης στο συντελεστή μετατρεψιμότητας των υδρόβιων σπονδυλωτών, το φύλο, το περιβάλλον εκτροφής, η επεξεργασία της τροφής, το χορηγούμενο ποσοστό πρωτεΐνης, η θερμοκρασία, ο τρόπος, η συχνότητα και η ποσότητα ταΐσματος και η φωτοπερίοδος. Η αξιολόγηση και επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση κατάλληλων στατιστικών τεστ, κατέδειξε τη στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου, του περιβάλλοντος εκτροφής, της συγκέντρωσης πρωτεΐνης (για τους οστεϊχθείς), της συχνότητας ταΐσματος και της ποσότητας σιτηρεσίου. Τέλος διαπιστώθηκε η χαμηλότερη τιμή του δείκτη μετατρεψιμότητας των υδρόβιων σπονδυλωτών σε σχέση με τους αντίστοιχους δείκτες των κυριότερων χερσαίων εκτρεφόμενων ειδών (βοοειδών, χοίρων και πουλερικών).

Η βέλτιστη αποδοτικότητα των μονάδων εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών σε σχέση με τα λοιπά εκτρεφόμενα είδη, η προσφορά ενός υγιεινού τρόπου διατροφής για τον παγκόσμιο πληθυσμό και οι περιορισμένες αλλά ταυτόχρονα αναστρέψιμες επιπτώσεις στο περιβάλλον εκτροφής, τοποθετούν τις μονάδες εκτροφής υδρόβιων σπονδυλωτών στις πιο σημαντικές «βιομηχανίες» παραγωγής τροφής παγκοσμίως.

## 6. Βιβλιογραφία

### 6.1 Ελληνική

Ευθυμίου Ι. (2018). Η σημασία της ποιότητας των ιχθυοτροφών στη βελτίωση της αποδοτικότητας στην ιχθυοκαλλιέργεια της τσιπούρας. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, σελ. 48

Καρατσίδου Ε. (2014). Μοντέλο βιωσιμότητας εκτροφής βατράχων στην Ελλάδα. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 36-98

Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ. (2012). Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Εκδόσεις Προπομπός, σελ.33, 85-87.

Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ. (2010). Κατασκευές Υδατοκαλλιεργητικών Συστημάτων. Εκδόσεις Προπομπός, σελ. 9-62

Μεντέ Έ., Νέγκας Ι. (2011). Στοιχεία φυσιολογίας θρέψης και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 348, 381-383

Μήτση Ε. (2012). Εποχιακή μεταβολή της απόδοσης φιλετοποίησης και της χημικής σύστασης της σάρκας του εκτρεφόμενου φαγκριού, *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) , Διπλωματική εργασία, ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Ιχθυοκομίας-Αλιείας & Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Κτηνιατρική Σχολή, σελ. 69

Μιττάκος Ι. (2010). Δεδομένα εκτροφής και μυϊκή κυτταρότητα, του κρانيού *Argyrosomus regius* (Asso, 1801), σε συνθήκες εντατικής εκτροφής σε κλωβούς θαλάσσης στην Ελλάδα, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ 61-63

Μπάτζιος Χ. (2001). Οικονομία Ζωικής Παραγωγής. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

Παπουτσόγλου Σ. (2008). Διατροφή Ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη, σελ. 29-43, 519-531, 539-540, 603-695, 697-703

Παππά, Κ. (2010). Συγκριτικά αποτελέσματα ανάπτυξης, κόστους παραγωγής και ποιότητας σάρκας των εκτρεφόμενων βιολογικών ψαριών (τσιπούρα-λαβράκι) σε σχέση με τα αντίστοιχα συμβατικά είδη, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 128 σελ.

Πνευματικάτου Α. (2000). Διερεύνηση των Συναρτήσεων Παραγωγής και Κόστους στις Θαλάσσιες Υδατοκαλλιέργειες. Διδακτορική διατριβή. Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Χαλικιάς Ι. (2008) Ειδικά θέματα τραπεζικών ποσοτικών μεθόδων. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, σελ.197-260

## 6.2 Ξένη

Akand, A. M., Miah, M. I., Haque, M. M. (1989). Effect of dietary protein level on growth, feed conversion and body composition of shingi (*Heteropneustes fossilis* Bloch). Aquaculture, 77(2-3), 175-180.

Al-Hafedh, Y. S., Ali, S. A. (2004). Effects of feeding on survival, cannibalism, growth and feed conversion of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell) in concrete tanks. Journal of Applied Ichthyology, 20(3), 225-227.

Agostini, P. S., Fahey, A. G., Manzanilla, E. G., O'Doherty, J. V., De Blas, C., Gasa, J. (2014). Management factors affecting mortality, feed intake and feed conversion ratio of grow-finishing pigs. Animal, 8(8), 1312-1318.

Alava, V. R. (1998). Effect of salinity, dietary lipid source and level on growth of milkfish (*Chanos chanos*) fry. Aquaculture, 167(3-4), 229-236.

Andrewa J.E., Holmb J., Kadria S, Huntingford F.A. (2003) The effect of competition on the feeding efficiency and feed handling behaviour in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) held in tanks, Aquaculture, Volume 232, Issues 1-4, pages 317-331.

Aydin, I., Ak, O., KÜÇÜK, E., Polat, H., Ceylan, B. (2012). Optimum temperature and growth performance of hatchery reared black Sea flounder (*Platichthys flesus luscus* Pallas, 1814). Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 36(2), 101-106.

Barman, U. K., Jana, S. N., Garg, S. K., Bhatnagar, A., Arasu, A. R. T. (2005). Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): field and laboratory studies. Aquaculture International, 13(3), 241-256.

Başçınar, N., Çakmak, E., Çavdar, Y., Aksungur, N. (2007). The effect of feeding frequency on growth performance and feed conversion rate of black sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 7(1), 13-17.

Beyeler, P. M. (2011). Protein requirements of juvenile Nile crocodiles (*Crocodylus niloticus*) in an intensive production system (Doctoral dissertation, University of Pretoria).

- Björnsson, B., Steinarsson, A., Oddgeirsson, M. (2001). Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). ICES Journal of Marine science, 58(1), 29-38.
- Biswas, A. K., Seoka, M., Inoue, Y., Takii, K., Kumai, H. (2005). Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficiency and digestibility of red sea bream (*Pagrus major*). Aquaculture, 250(3-4), 666-673.
- Borges, P., Oliveira, B., Casal, S., Dias, J., Conceição, L., Valente, L. M. (2009). Dietary lipid level affects growth performance and nutrient utilisation of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. British journal of nutrition, 102(7), 1007-1014.
- Castro, C.S., Argentim, D., Oliveira, L.C., Zacarkim, C.E. and Agostinho, C.A. (2015). Feeding rates for bullfrogs with automated feed management and high feeding frequency, Archivos de Zootecnia, vol. 66, núm. 253, 2017, pp. 126-130
- Castro, P., Huber, M. E. (2015). Marine biology. McGraw-Hill Education.
- Coelho, R., Lemos, D., Tacon, A. G. (2021). Performance of juvenile dusky grouper (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834) fed different practical diets in an indoor water-recirculation system. Aquaculture Nutrition, 27(6), 2759-2771.
- El-Sayed, A. F. (1998). Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. Aquaculture research, 29(4), 275-280.
- El-Sayed, A. F. M. (2013). On-farm feed management practices for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Egypt. On-farm feeding and feed management in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 583, 101-129.
- Eroldoğan, O. T., Kumlu, M. E. T. İ. N., Aktaş, M. (2004). Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. Aquaculture, 231(1-4), 501-515.
- Fountoulaki, E., Grigorakis, K., Kounna, C., Rigos, G., Papandroulakis, N., Diakogeorgakis, J., Kokou, F. (2017). Growth performance and product quality of meagre (*Argyrosomus regius*) fed diets of different protein/lipid levels at industrial scale. Italian Journal of Animal Science, 16(4), 685-694.
- Fry, J. P., Mailloux, N. A., Love, D. C., Milli, M. C., Cao, L. (2018). Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? Environmental Research Letters, 13(2), 024017

Gaillard, C., Brossard, L., & Dourmad, J. Y. (2020). Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 268, 114611.

Gracia López, V., Castelló-Orvay, F. (2003). Preliminary data on the culture of juveniles of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Hidrobiológica*, 13(4), 321-327.

Hemre, G. I., Taranger, G. L., Hansen, T. (2002). Gonadal development influences nutrient utilisation in cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 214(1-4), 201-209.

Imsland, A. K., Foss, A., Gunnarsson, S., Berntssen, M. H., FitzGerald, R., Bonga, S. W., ... & Stefansson, S. O. (2001). The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 198(3-4), 353-367.

Iqbal M. (1979). *Introduction to Financial Management*. McMillan Publishing Co., Inc., New York.

Islam, M. A., Uddin, M. H., Uddin, M. J., & Shahjahan, M. (2019). Temperature changes influenced the growth performance and physiological functions of Thai pangas *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture Reports*, 13, 100179.

Johnsen R.I., Grahl-Nielsen O. & Lunestad B.T. (1983). Environmental distribution of organic waste from a marine fish farm. *Aquaculture* 118: pp.229-244.

Kamstra, A., & Heinsbroek, L. T. N. (1991). Effects of attractants on start of feeding of glass eel, *Anguilla anguilla* L. *Aquaculture Research*, 22(1), 47-56.

Karipoglou, C., & Nathanailides, C. (2009). Growth rate and feed conversion efficiency of intensively cultivated European eel (*Anguilla anguilla* L.). *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 1(1), 11-13.

Klaoudatos, S. D., Conides, A. J., & Chatziefstathiou, M. V. (1996). Environmental Impact Assessment(EIA) studies in floating cage culture systems in Greece. SAMARA PUBLISHING LTD., CARDIGAN(UK). 1996.

Klaoudatos, S. D., Iakovopoulos, G., & Klaoudatos, D. S. (2004). *Pagellus erythrinus* (common pandora): a promising candidate species for enlarging the diversity of aquaculture production. *Aquaculture International*, 12(3), 299-320.

- Klaoudatos, S. D., Klaoudatos, D. S., Smith, J., Bogdanos, K., Papageorgiou, E. (2006). Assessment of site specific benthic impact of floating cage farming in the eastern Hios island, Eastern Aegean Sea, Greece. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 338(1), 96-111.
- Lazo, J. P., Davis, D. A., Arnold, C. R. (1998). The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*). *Aquaculture*, 169(3-4), 225-232.
- Likongwe, J. S., Stecko, T. D., Stauffer Jr, J. R., Carline, R. F. (1996). Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture*, 146(1-2), 37-46.
- McGhie, T. K., Crawford, C. M., Mitchell, I. M., O'Brien, D. (2000). The degradation of fish-cage waste in sediments during fallowing. *Aquaculture*, 187(3-4), 351-366.
- Mallya, Y. J. (2007). The effects of dissolved oxygen on fish growth in aquaculture. The United Nations University Fisheries Training Programme, Final Project.
- Morgan, J. D., Iwama, G. K. (1991). Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 48(11), 2083-2094.
- Mustafa, G., Wakamatsu, S., Takeda, T. A., Umino, T., Nakagawa, H. (1995). Effects of algae meal as feed additive on growth, feed efficiency, and body composition in red sea bream. *Fisheries Science*, 61(1), 25-28.
- Opstvedt, J., Aksnes, A., Hope, B., Pike, I. H. (2003). Efficiency of feed utilization in *Atlantic salmon* (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. *Aquaculture*, 221(1-4), 365-379.
- Ozorio, R. O., Valente, L. M., Pousao-Ferreira, P., Oliva-Teles, A. (2006). Growth performance and body composition of white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. *Aquaculture Research*, 37(3), 255-263
- Safina Kousar, M. J., Akhter, M., Nadeem, S. (2020). Effect of dietary nickel concentrations on the growth and feed conversion efficiency of fish. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8(1) 420-424.

Sayed Hassani, M. H., Jourdehi, A. Y., Zelti, A. H., Masouleh, A. S., Lakani, F. B. (2020). Effects of commercial superzist probiotic on growth performance and hematological and immune indices in fingerlings *Acipenser baerii*. *Aquaculture International*, 28(1), 377-387.

Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Pizzonia, G., Dalla, C., Polissidis, A., Papadopoulou-Daifoti, Z. (2006). Effects of rearing density on growth, brain neurotransmitters and liver fatty acid composition of juvenile white sea bream *Diplodus sargus* L. *Aquaculture Research*, 37(1), 87-95.

Parachú Marcó, M. V., Piña, C. I., Larriera, A. (2009). Food conversion rate (FCR) in *Caiman latirostris* resulted more efficient at higher temperatures. *Interciencia*, 34(6), 428-431.

Piccolo, G., Marono, S., Badini, E., Guglielmelli, A., Morra, F., Nizza, A. (2007). Effect of stocking density and protein/fat ratio of the diet on growth of Dover sole (*Solea solea*). *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup1), 816-818.

Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M., Rennert, B. (2007). Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 13(5), 373-380.

Shike, D. W. (2013) Beef Cattle Feed Efficiency, University of Illinois at Urbana-Champaign, Driftless Region Beef Conference

Somsueb, P., Boonyaratpalin, M. (2001). Optimum protein and energy levels for the Thai native frog, *Rana rugulosa* Weigmann. *Aquaculture Research*, 32, 33-38.

Sunde, J., Taranger, G. L., Rungruangsak-Torrissen, K. (2001). Digestive protease activities and free amino acids in white muscle as indicators for feed conversion efficiency and growth rate in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 25(4), 335-345.

Tacon, A. G., Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146-158.

Tibaldi, E., Beraldo, P., Volpelli, L. A., Pinosa, M. (1996). Growth response of juvenile dentex (*Dentex dentex* L.) to varying protein level and protein to lipid ratio in practical diets. *Aquaculture*, 139(1-2), 91-99.

te Velde, K., Peeters, E., Verdegem, M., Beijer, J. (2022). Aquaculture carrying capacity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and Nile crocodile *Crocodylus niloticus* in Lake Kariba, Zambia and Zimbabwe. *Aquaculture Environment Interactions*, 14, 113-125.

Wang, L., Xu, Q., Wang, C. A., Li, J., Chen, D., Zhao, Z., ... & Du, X. (2016). Effects of dietary  $\alpha$ -ketoglutarate supplementation on the growth performance, glutamine synthesis and amino acid concentrations of juvenile hybrid sturgeon *Acipenser schrenckii*♀ × *Acipenser baerii*♂ fed high levels of soy protein concentrate. *Animal feed science and technology*, 211, 199-207.

Wilhelm Filho, D., Torres, M. A., Zaniboni-Filho, E., Pedrosa, R. C. (2005). Effect of different oxygen tensions on weight gain, feed conversion, and antioxidant status in piapara, *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1847). *Aquaculture*, 244(1-4), 349-357.

Willems, O. W., Miller, S. P., & Wood, B. J. (2013). Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry. *World's Poultry Science Journal*, 69(1), 77-88.

Wing-Keong, N., Hanim, R., Sih-Win, T. (2008). GIFT tilapia show greater FCR, growth potential than red tilapia. Global Aquaculture Alliance, Portsmouth, NH, USA.

Wu, X., Teame, T., Hao, Q., Ding, Q., Liu, H., Ran, C., ... & Zhang, Z. (2020). Use of a paraprobiotic and postbiotic feed supplement (HWF™) improves the growth performance, composition and function of gut microbiota in hybrid sturgeon (*Acipenser baerii* × *Acipenser schrenckii*). *Fish & Shellfish Immunology*, 104, 36-45.

Wu, Z. X., Feng, X., Xie, L. L., Peng, X. Y., Yuan, J., Chen, X. X. (2012). Effect of probiotic *Bacillus subtilis* Ch9 for grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), on growth performance, digestive enzyme activities and intestinal microflora. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(5), 721-727.

Yones, A. M., Hakim, N. (2011). Dietary protein requirements for juvenile sole *Solea aegyptiaca* (Chabanaud, 1927). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 15(1), 71-87. 7

### 6.3 Διαδουκτική

ΕΛΟΠΥ (2022) Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2022 - Ετήσια Έκθεση [https://fishfromgreece.com/wp-content/uploads/2022/10/HAPO\\_AR22\\_GR\\_WEB.pdf](https://fishfromgreece.com/wp-content/uploads/2022/10/HAPO_AR22_GR_WEB.pdf)

Καραπαναγιωτίδης Ι. (2018) Τεχνολογία Ιχθυοτροφών, Παραδόσεις Μαθήματος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

[https://eclass.uth.gr/modules/document/file.php/DIAE\\_U\\_179/T%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20I%CF%87%CE%B8%CF%85%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%8E%CE%BD%20%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf](https://eclass.uth.gr/modules/document/file.php/DIAE_U_179/T%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20I%CF%87%CE%B8%CF%85%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%8E%CE%BD%20%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf)

Shike D.W., Ph.D., (2013) Beef Cattle Feed Efficiency, University of Illinois at Urbana-Champaign, Driftless Region Beef Conference 2013, <https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/dd9ecb91-917e-4167-8c70-f3d638978b57/content>

FAO (2022) Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture [https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/argyrosomus\\_regius/en](https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/argyrosomus_regius/en)

## 7. Abstract

The present postgraduate thesis collected information from the SCOPUS, PUBMED and google Scholar databases from all the published relevant global literature on the Feed Conversion Ratio (FCR) which is an indicator of farming efficiency as it indicates the amount of feed converted into body weight, and the factors that affect it. The extracted data were processed (meta-analysis) to investigate the efficiency of aquatic vertebrate farming systems. A processing of the data obtained (meta-analysis) was carried out to investigate the efficiency of aquatic vertebrate farming systems. The processing of the data showed that sex, rearing environment, percentage of protein (for bonefish), rearing temperature, feeding frequency and amount of the provided ration significantly influence the Feed Conversion Ratio. The fact of the lower FCR occurring in the farming of most aquatic vertebrates in contrast to the main terrestrial species farmed (cattle, pigs and poultry) places aquaculture among the most efficient farming methods and most important food production “industries” worldwide.

Keywords: Feed Conversion Ratio, aquaculture, aquatic vertebrates.