

Παραγωγή ήχων από το λεοντόψαρο (*Pterois miles*), επίδραση του μεγέθους και του φύλου.

Χρύσα Δόξα^{1,4*}, Σ. Κουζούπης^{2,3}, Π. Παπαδάκης³,
Ν. Μιτριζάκης⁴, Μ. Κεντούρη⁴, Μ. Παυλίδης⁴
¹ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., ²ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ., ³Ι.Τ.Ε., ⁴Παν. Κρήτης
[*chrisadoxa@hcmr.gr](mailto:chrisadoxa@hcmr.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το λεοντόψαρο, *Pterois miles*, είναι ένα είδος τροπικού ψαριού που εισέβαλε στην Μεσόγειο θάλασσα μέσω της διώρυγας του Σουέζ, και εμφανίστηκε πολύ πρόσφατα στις Ελληνικές θάλασσες (2015). Είναι χωροκατακτητικό είδος και θεωρείται ένα από τα πλέον επικίνδυνα εισβολικά είδη, όσον αφορά τις επιπτώσεις του στην αυτόχθονη ιχθυοπανίδα, καθώς τρέφεται κυρίως με νεαρά άτομα ψαριών. Στην παρούσα εργασία μελετάται η παραγωγή ήχων από τα λεοντόψαρα με απώτερο στόχο την διερεύνηση της χρήσης των ως «ακουστικά εργαλεία» για τον πληθυσμιακό έλεγχο των λεοντόψαρων στη φύση. Αναλύθηκαν 2656 ηχητικά αποσπάσματα από τα οποία προέκυψε ότι τα λεοντόψαρα ανεξαρτήτως μεγέθους και φύλου, παράγουν ήχους καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Θα παρουσιαστούν αποτελέσματα για τον αριθμό των παραγόμενων ήχων καθώς και αναλύσεις από την αλληλουχία των διαφορετικών ήχων. Με βάση αυτά θα σχολιαστούν και κάποια συμπεριφορικά πρότυπα.

Sound production by the lionfish (*Pterois miles*), effect of size and sex.

ABSTRACT

The lionfish, *Pterois miles*, is a species of tropical fish that invaded the Mediterranean Sea via the Suez Canal and was first observed in Greek waters in 2015. It is an invasive species and is considered one of the most harmful in terms of its impact on native fish populations, as it primarily preys on juvenile fish. This study examines the production of sounds by lionfish, with the ultimate aim of exploring their potential use as "auditory tools" for population control in the wild. A total of 2,656 sound clips were analyzed, revealing that lionfish of both sexes and all studied size groups produce sounds throughout the 24-hour period. The results regarding the number of sounds produced per hour across the day will be presented, along with analyses of the different sound sequences. Additionally, some related behavioral patterns will be discussed.

Εισαγωγή

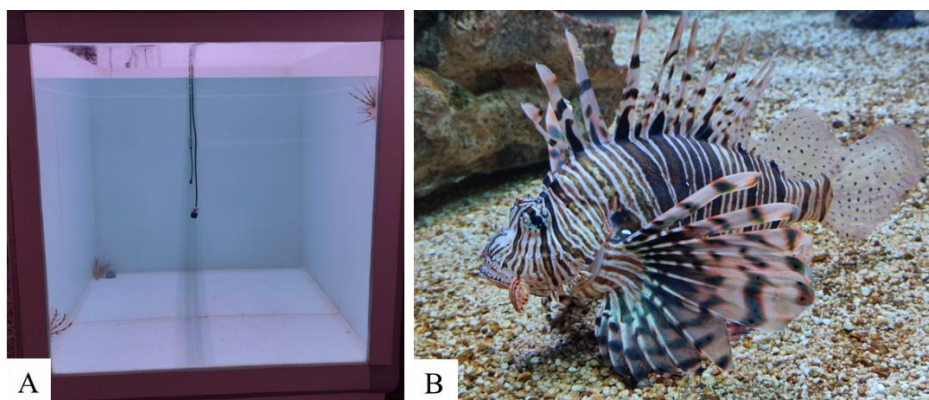
Η Μεσόγειος θάλασσα έχει μετατραπεί σε hotspot για ξενικά είδη, με τα taxa που έχουν εγκαθιδρυθεί να παρουσιάζουν αύξηση 40% μέσα στην τελευταία δεκαετία, και ο αριθμός των αλλόχθονων ειδών που έχουν καταγραφεί να προσεγγίζει τα 1000 μέχρι το τέλος του 2021 [1]. Το λεοντόψαρο, *Pterois miles* (Bennett 1828), είναι ένα είδος τροπικού ψαριού που εισέβαλε στην Μεσόγειο θάλασσα μέσω της διώρυγας του Σουέζ, και εμφανίστηκε πολύ πρόσφατα (2015) στις Ελληνικές θάλασσες [2]. Έκτοτε εξαπλώθηκε σε όλη σχεδόν την επικράτεια και ανέπτυξε μεγάλους πληθυσμούς νότια των Δωδεκανήσων και στην Κρήτη. Θεωρείται ένας από τους πιο επιτυχημένους εισβολείς [3], καθώς εμφανίζει αυξημένα ποσοστά θήρευσης της αυτόχθονης πανίδας, μεταβάλλοντας την δομή της τοπικής κοινότητας. Η παρουσία του σε ένα οικοσύστημα μπορεί να μειώσει την στρατολόγηση αυτόχθονων ειδών ψαριών, οδηγώντας σε μείωση των πληθυσμών [4] επιφέροντας σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία του θαλάσσιου οικοσυστήματος [5]. Τα λεοντόψαρα είναι ένα είδος ψαριού που παράγει ήχους. Στην παρούσα εργασία μελετάται η παραγωγή ήχων από τα λεοντόψαρα με απώτερο στόχο τη διερεύνηση της χρήσης των ως «ακουστικά εργαλεία» για τον πληθυσμιακό έλεγχο των λεοντόψαρων στη φύση.

Οι πρώτες αναφορές για την ικανότητα των ψαριών να παράγουν ήχους, ήταν από τον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.). Στην πραγματεία του, «Η ιστορία των ζώων», αναφέρει πολλά είδη ψαριών που παρήγαγαν ήχους και παρουσιάζει κάποια χαρακτηριστικά των ήχων αυτών. Τα ψάρια χρησιμοποιούν τους ήχους για διάφορους σκοπούς [6]. Μερικά είδη παράγουν ήχους για να επικοινωνήσουν με άλλα ψάρια, είτε για την αναπαραγωγή, είτε για να δείξουν κοινωνική ιεραρχία. Άλλα είδη παράγουν ήχους ως μέρος της κνηνητικής συμπεριφοράς τους για να προσελκύσουν τα θύματά τους. Τέλος, ορισμένα ψάρια παράγουν ήχους για άμυνα ή για να αποθαρρύνουν θηρευτές. Το λεοντόψαρο είναι ένα είδος ψαριού που παράγει ήχους [7,8]. Στην παρούσα εργασία μελετάται η παραγωγή ήχων από λεοντόψαρα διαφορετικού μεγέθους και φύλου.

1. Υλικά και μέθοδοι

1.1. Πειραματική δεξαμενή

Η πειραματική δεξαμενή ήταν διαστάσεων 150x120x110cm και χωρητικότητας 2m³ στην οποία είχαν τοποθετηθεί δύο υδρόφωνα (Εικόνα 1Α) συνδεδεμένα με μία συσκευή καταγραφής ήχου. Η δεξαμενή πληρώθηκε με νερό αλατότητας 35ppt, η θερμοκρασία καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος διατηρήθηκε σταθερή στους 22 ± 0,5°C και ο κορεσμός οξυγόνου, παρά την έλλειψη παροχής αέρα για την ελαχιστοποίηση εξωτερικών θορύβων, διατηρήθηκε σταθερά πάνω από 88%. Η φωτοπερίοδος ρυθμίστηκε σε 14L:10D με την χρήση φωτιστικού τεχνολογίας LED, ενώ προσομοιώθηκε η ανατολή και η δύση του ηλίου διάρκειας 1 ώρας με σταδιακή αύξηση και μείωση της έντασης του φωτός. Εκτός από την καταγραφή του ήχου, μπροστά από το γυάλινο τοίχωμα της δεξαμενής τοποθετήθηκε βιντεοκάμερα για την καταγραφή εικόνας



Εικόνα 1: A) Πειραματική δεξαμενή καταγραφής ήχων εξοπλισμένη με δύο υδρόφωνα. B) Λεοντόψαρο *Pterois miles*

1.2. Πειραματικός πληθυσμός

Εννέα άγρια λεοντόψαρα (Εικόνα 1B) συλλέχθηκαν από την περιοχή του κόλπου του Ηρακλείου και μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Ιχθύων του Πανεπιστημίου Κρήτης όπου τοποθετήθηκαν για εγκλιματισμό σε κυλινδρική δεξαμενή χωρητικότητας 400L. Τα ψάρια παρέμειναν σε κλειστό κύκλωμα παροχής νερού με βιολογικό φίλτρο μέχρι την μεταφορά τους στην πειραματική δεξαμενή και επέστρεψαν μετά το τέλος της κάθε δοκιμής. Η θερμοκρασία, η αλατότητα και ο κορεσμός οξυγόνου παρέμειναν σταθερά στο $22 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, 35ppt και $>90\%$ αντίστοιχα. Επειδή υπήρχε ανομοιομορφία στο μέγεθος τα λεοντόψαρα χωρίστηκαν σε 3 ομάδες ανάλογα με το μέγεθός τους (Πίνακας 1). Μετά τη λήξη της πειραματικής διαδικασίας τα ψάρια θανατώθηκαν, μετρήθηκε το μήκος και το βάρος τους και αναγνωρίστηκε το φύλο τους. Το μέσο μήκος και βάρος των μικρών ατόμων ήταν $15,5 \pm 3,8\text{cm}$ και $54,4 \pm 35,1\text{g}$ αντίστοιχα, των μεσαίων $23,3 \pm 1\text{cm}$ και $167,6 \pm 25,4\text{g}$ και των μεγάλων $27,7 \pm 2,3\text{cm}$ και $306,5 \pm 68,8\text{g}$. Η μικρή ομάδα αποτελούνταν από ένα ανώριμο και δύο θηλυκά άτομα, η μεσαία ομάδα από ένα αρσενικό και δύο θηλυκά άτομα και η μεγάλη ομάδα από 3 αρσενικά άτομα.

Έπειτα από την καταγραφή 24h που πραγματοποιήθηκε στην δεξαμενή χωρίς ψάρια (μάρτυρας), η κάθε ομάδα ψαριών τοποθετούνταν στην δεξαμενή για 3 συνεχόμενα εικοσιτετράωρα κατά την διάρκεια των οποίων πραγματοποιούνταν καταγραφή ήχου και εικόνας. Έπειτα, όλα τα ηχητικά αποσπάσματα απομονώθηκαν με ένα αυτοματοποιημένο τρόπο βασισμένο στην ενέργεια του ήχου, αφού πρώτα μετά από δοκιμές ορίστηκε ένα κατάλληλο κατώφλι στην περιβάλλουσα του ήχου. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση όλων των ηχητικών αποσπασμάτων που καταγράφηκαν κατά το 2^ο εικοσιτετράωρο, τα οποία και για τις 3 ομάδες ανήλθαν σε 2656 εκ των οποίων τα 1758 αντιστοιχούσαν σε ήχους που παρήγαγαν τα λεοντόψαρα.

Πίνακας 1 Βιομετρικά χαρακτηριστικά πληθυσμού λεοντόψαρων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική καταγραφή ήχων.

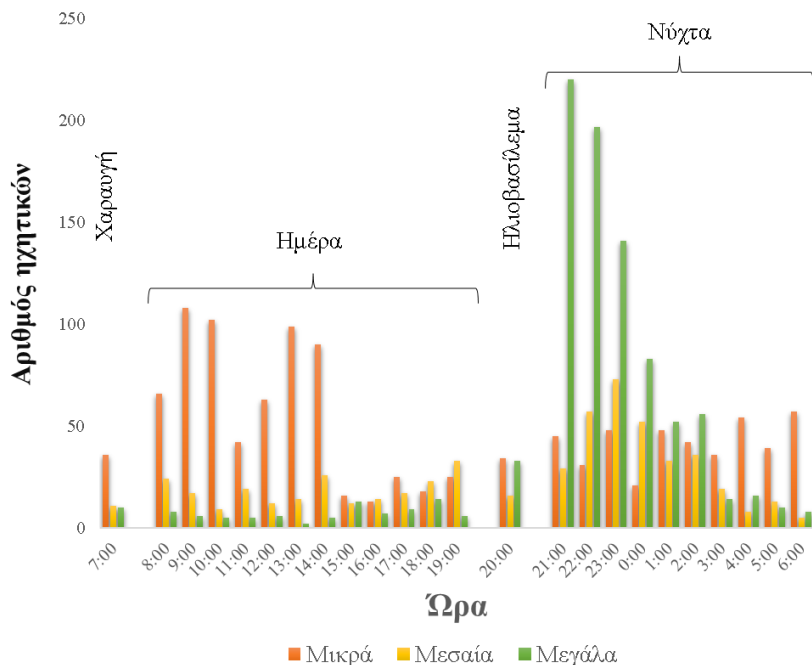
| A/A | Μήκος (cm) | Βάρος (g) | Φύλο | Ομάδα |
|-----|------------|-----------|---------------|--------|
| 1 | 11,5 | 22,6 | Αδιευκρίνιστο | Μικρά |
| 2 | 16,0 | 48,7 | Θηλυκό | Μικρά |
| 3 | 19,0 | 92,0 | Θηλυκό | Μικρά |
| 4 | 22,5 | 152,7 | Θηλυκό | Μεσαία |
| 5 | 23,0 | 153,2 | Αρσενικό | Μεσαία |
| 6 | 24,5 | 197,0 | Θηλυκό | Μεσαία |
| 7 | 25,5 | 256,7 | Αρσενικό | Μεγάλα |
| 8 | 27,5 | 277,9 | Αρσενικό | Μεγάλα |
| 9 | 30,0 | 385,0 | Αρσενικό | Μεγάλα |
| 10 | 11,5 | 22,6 | Αδιευκρίνιστο | Μικρά |

2. Αποτελέσματα

Αναλύθηκαν 2656 ηχητικά αποσπάσματα (clips) από τα οποία προέκυψε ότι τα λεοντόψαρα όλων των μεγεθών και των δύο φύλων παράγουν ήχους καθ' όλη την διάρκεια της μέρας. Τα μικρά άτομα εμφάνισαν την μέγιστη ηχητική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας μεταξύ 9:00-14:00 ενώ τα μεσαία και τα μεγάλα παρήγαγαν περισσότερους ήχους τις πρώτες νυχτερινές ώρες και συγκεκριμένα μεταξύ 21:00 – 00:00 (Εικόνα 2).

Παρατηρήθηκε επίσης μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ήχων, κάποιιοι από τους οποίους συνδέθηκαν με συμπεριφορικά πρότυπα. Το πιο κοινό ηχητικό συμβάν που καταγράφηκε από τα άτομα όλων των μεγεθών ήταν τα τριξίματα (grinding) τα οποία συνδέθηκαν με το ανοιγοκλείσιμο το στόματος. Τα μεγάλα και μεσαία άτομα κατά την διάρκεια της νύχτας παρήγαγαν πολλές ακολουθίες τριξιμάτων που αποτελούνταν από 2 έως 14 σύντομα ή/και μακρόσυρτα τριξίματα. Τα τριξίματα σε κάποιες περιπτώσεις συνδυάστηκαν και με άλλους ήχους όπως γδούπους (thumps) και κλικ (click/snap). Ένας ακόμη κοινός ήχος, που συνδέθηκε με το ανοιγοκλείσιμο του στόματος και την εκτίναξη των λεοντόψαρων, είναι ένα είδους «κλικ» (snap, click) που παρήγαγαν τα άτομα όλων των μεγεθών. Το κλικ συνδυάστηκε και με άλλους ήχους όπως γδούπους, τριξίματα και μάσους. Ένας ακόμη ήχος κοινός για όλα τα μεγέθη ήταν οι «γδούποι» (thumps) που είχαν μικρότερη συχνότητα εμφάνισης, και ήταν μεμονωμένοι, επαναλαμβανόμενοι ή σε συνδυασμό με άλλους ήχους όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι διαφορετικές κατηγορίες ήχων που κατεγράφησαν.



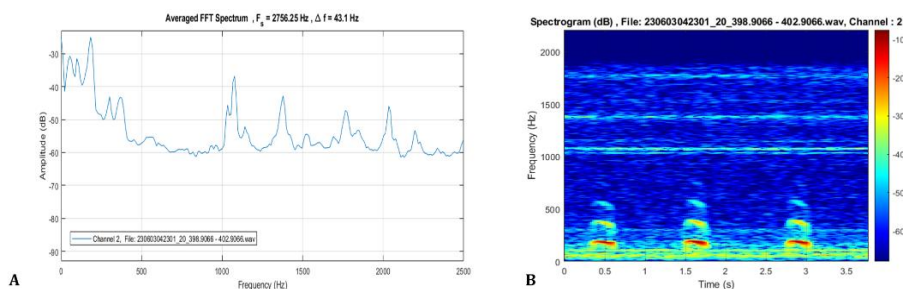
Εικόνα 2: Στο γράφημα παρουσιάζεται η σύγκριση του αριθμού των ήχων ανά ώρα, που παρήγαγαν οι ομάδες των μικρών, των μεσαίων και των μεγάλων ατόμων στη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου

Πίνακας 2: Οι καταγεγραμμένες κατηγορίες ήχων και η συχνότητα εμφάνισής τους

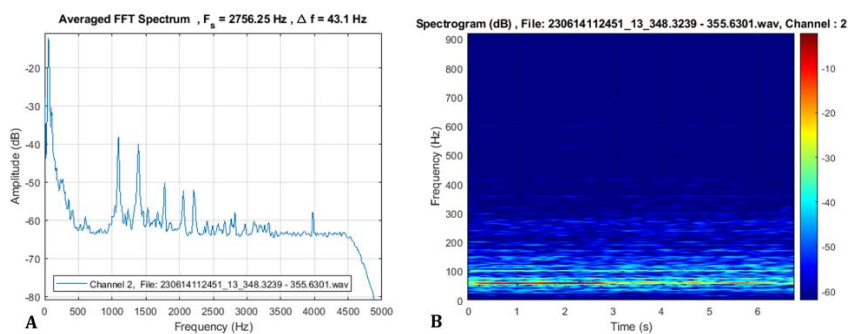
| Κατηγορίες Ήχων | Μεγάλα ψάρια | Μεσαία ψάρια | Μικρά ψάρια |
|--|--------------|--------------|-------------|
| Κλικ | 139 | 142 | 32 |
| Τρίξιμο σύντομο | 80 | 99 | 367 |
| Τρίξιμο επαναλαμβανόμενο | 335 | 90 | 74 |
| Τρίξιμο επαναλαμβανόμενο, σύντομο και μακρόσυρτο | 109 | 133 | - |
| Τρίξιμο και Κλικ ή Γδούπος | 5 | 6 | 11 |
| Τρίξιμο μακρόσυρτο | - | 9 | - |
| Γδούπος | 2 | 11 | 20 |
| Γδούπος και Κλικ | 3 | 1 | - |
| Στεναγμός | 6 | - | - |
| Χτύπος | - | 3 | 1 |
| Μπάσος ήχος | 4 | 53 | - |
| Μπάσος ήχος και Κλικ ή Τρίξιμο ή Γδούπος | 1 | 22 | - |

Από την ανάλυση των καταγεγραμμένων ήχων προέκυψαν και δύο εντελώς διαφορετικοί ήχοι. Στα μεγάλα άτομα καταγράφηκαν 6 ηχητικά συμβάντα που περιείχαν 1 έως 3 «στεναγμούς» (moans) όλοι μέσα στις 3 πρώτες ώρες της ημέρας αλλά δεν συσχετίστηκαν με κάποιο συμπεριφορικό πρότυπο. Τέλος, στα μεσαία άτομα σε μεγάλο αριθμό και στα μεγάλα σε πολύ μικρότερο, καταγράφηκε ένας «μπάσος» ήχος (bass tremor) που παραγόταν καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

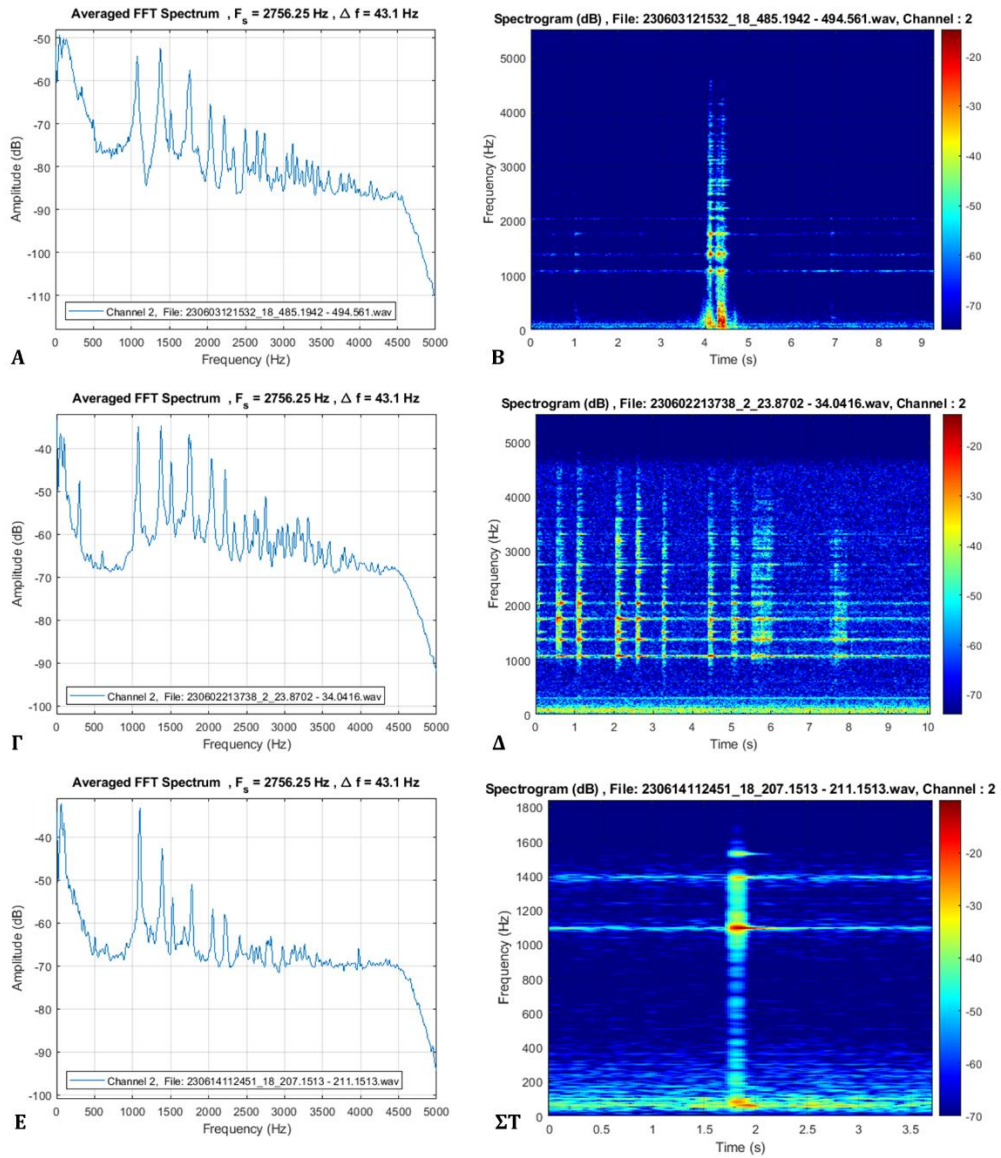
Για κάθε είδος ήχου υπολογίστηκαν τα μέσα φάσματα ισχύος των καταγεγραμμένων ήχων και τα φασματογραφήματά τους. Ενδεικτικά στις εικόνες 3 και 4 παρουσιάζονται τα παραπάνω, για τους στεναγμούς (moans) και τους «μπάσους» ήχους (bass tremors), ενώ στην εικόνα 5, απεικονίζεται το μέσο φάσμα των ηχητικών κλικ που συνδυάστηκαν με μουγκρητά (grunts), γδούπους (thumps) και χτύπους (knocks).



Εικόνα 3: Στο γράφημα A απεικονίζεται το μέσο φάσμα των ηχητικών στεναγμών μεγάλων ατόμων και στο γράφημα B το φασματογράφημά τους.



Εικόνα 4: Στο γράφημα A απεικονίζεται το μέσο φάσμα των «μπάσων» ήχων (bass tremors) των μεσαίων ατόμων και στο γράφημα B το φασματογράφημά τους.



Εικόνα 5: Στα γραφήματα A, Γ και E απεικονίζεται το μέσο φάσμα των σύντομων τριζιμάτων, των επαναλαμβανόμενων τριζιμάτων και των ηχητικών κλικ και αντίστοιχα στα B, Δ και ΣΤ τα φασματογράφημά τους.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν την παραγωγή ήχων από λεοντόψαρα, που έχουν καταγραφεί σε συνθήκες αιχμαλωσίας [7] και στο φυσικό περιβάλλον [8]. Μελετήθηκε για πρώτη φορά η επίδραση του μεγέθους και του φύλου στην παραγωγή ήχων από τα λεοντόψαρα. Τα άτομα όλων των μεγεθών και των δύο φύλων παρήγαγαν ήχους. Σε αντίθεση με τα ευρήματα των Beattie et al. [7], τα λεοντόψαρα της παρούσας μελέτης παρήγαγαν ποικιλία διαφορετικών ήχων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας σε συνθήκες ηρεμίας και όχι μετά από αναστάτωση. Καταγράφηκε μεγάλη ποικιλία ήχων, κάποιοι από τους οποίους είναι αντιστοιχοί με αυτούς που περιγράφονται τόσο σε συνθήκες αιχμαλωσίας [7], όσο και στο φυσικό περιβάλλον [8], αλλά και κάποιοι άλλοι είναι πρωτόγνωροι και εντυπωσιακοί όπως οι στεναγμοί των μεγάλων ατόμων και οι μπάσοι ήχοι που καταγράφηκαν κυρίως στα μεσαία άτομα.

Βιβλιογραφία

- [1] Zenetos, A., Albano, P. G., Garcia, E. L., Stern, N., Tsiamis, K., & Galanidi, M., Established non-indigenous species increased by 40% in 11 years in the Mediterranean Sea. *Mediterr. Mar. Sci.* **23(1)**, pp 196-212 (2022).
- [2] Kytinou E, Issaris Y, Azzurro E, Castriota L, Falautano M, Kalimeris A, & Katsanevakis S., Updating the occurrences of Pterois miles in the Mediterranean Sea, with considerations on thermal boundaries and future range expansion. *Mediterr. Mar. Sci.* **21**, pp 62–69 (2020).
- [3] Côté, I.M.; Smith, N.S., The lionfish Pterois sp. invasion: Has the worst-case scenario come to pass? *Fish Biol.* **92**, pp660-689 (2018).
- [4] Green, S.J.; Akins, J.L.; Maljkovi, A.; Côté, I.M., Invasive lionfish drive Atlantic coral reef fish declines. *PLoS ONE* **7**, e32596 (2012).
- [5] Layman, C.A.; Allgeier, J.E., Characterizing trophic ecology of generalist consumers: A case study of the invasive lionfish in The Bahamas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **448**, pp 131-141 (2012).
- [6] Popper, A.N., Amorim, C., Fine, M.L., Higgs, D.M., Mensinger, A.F., Sisneros J.A., Introduction to the special issue on fish bioacoustics: Hearing and sound communication. *J. Acoust. Soc. Am.* **155(4)**, pp 2385–2391 (2024).
- [7] Beattie, M., Nowacek, D.P., Bogdanoff, A.K., Akins, L., Morris, J.A., The roar of the lionfishes Pterois volitans and Pterois miles. *J. Fish. Biol.* **90(6)**, pp 2488–2495 (2017).
- [8] Schärer-Umpierre, M.T., Zayas-Santiago, C., Appeldoorn, R.S., Tuohy, E., Olson, J.C., Keller, J.A., Acosta, A., The purr of the lionfish: Sound and behavioral context of wild lionfish in the greater Caribbean. *Gulf Caribb. Res.* **30(1)**, pp GCFI15–GCFI19 (2019).