

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΔΕΛΦΙΝΙΩΝ ΣΤΑ ΨΑΡΙΑ ΣΤΗΝ ΑΝΟΙΧΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Βασίλειος Πετρόπουλος<sup>1</sup>, Χρήστος Πετρόπουλος<sup>2</sup>, Βασίλειος Ποδιάδης<sup>1</sup>, Γεώργιος Βερροϊόπουλος<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Τομέας Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα (vas\_pet@biol.uoa.gr)

<sup>2</sup> 80ΤΥΠΕΘ/ΣΤΕΠ



Οικονομικό Ενδιαφέρον: Ουδένα

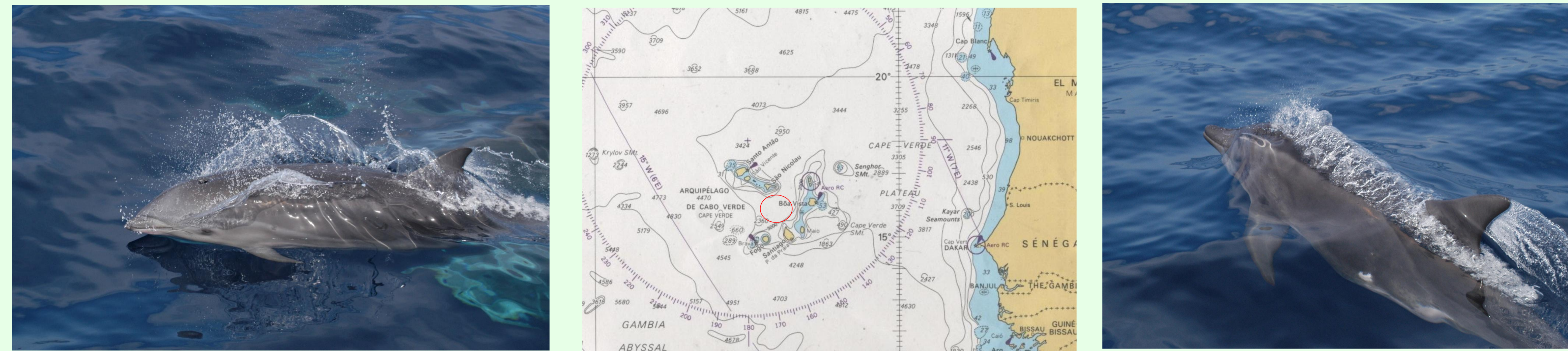
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θαλάσσια θηλαστικά επιδεικνύουν μεγάλη ποικιλία στρατηγικών κατά την θήρευση. Ο υψηλός ρυθμός Brain-to-body Mass Ratio (BMR) των Οδοντοκητών είναι άμεσα συνδεδεμένος με την ανάπτυξη ασυνήθιστων στρατηγικών θήρευσης. Είναι γνωστό ότι οι φυσητήρες κάνουν χρήση του ήχου με σκοπό την επιτυχή θήρευση. Παρουσιάζουμε την στρατηγική θήρευσης περίπου 300 δελφινιών των ειδών *Lagenodelphis hosei* (Εικόνα 1) και *Steno bredanensis* (Εικόνα 1), που προσδιορίζεται από την παραγωγή υψηλής έντασης ήχων.

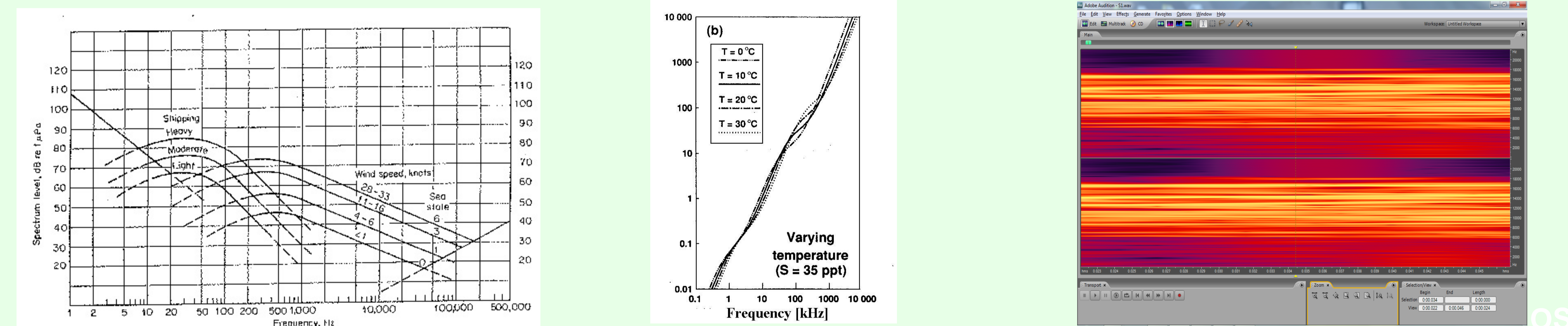
## ΜΕΘΟΔΟΙ

Στις 5 Δεκεμβρίου 2003 ηχητικές καταγραφές εκτελέστηκαν στην θαλάσσια περιοχή του Santiago Island, στο Αρχιπέλαγος του Πράσινου Ακρωτηρίου (Εικόνα 1). Τα βάθη στην περιοχή παρατήρησης κυμαίνονται μεταξύ 2100 και 2700 μέτρων, ενώ για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκε συρόμενο στερεοφωνικό υδρόφωνο τύπου Benthos AQ4. Για τον υπολογισμό του επιπέδου ακουστικής πίεσης (SPL) και του λόγου ήχου προς θόρυβο (S/N) χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Matlab.

Για τους υπολογισμούς κάναμε την παραδοχή ότι τα επίπεδα έντασης ήχου δεν επηρεάζονται από την θέση του κεφαλιού των δελφινιών σε σχέση με το υδρόφωνο ανά μονάδα χρόνου. Επιπλέον εξαιτίας του αριθμού των δελφινιών μπορούμε να υποθέσουμε ότι η πηγή στα 1852 μέτρα εκπέμπει ιστροπικά προσομοιάζοντας ενεργό σόναρ 300 στοιχείων. Τέλος αθροίσαμε (i) S/N ratio σε dB (ii) τις σφαιρικές απώλειες διάδοσης του ήχου για 1852 και 1000 μέτρα σε dB (iii) τον θόρυβο περιβάλλοντος σε dB για την κυρίαρχη συχνότητα (12kHz) χρησιμοποιώντας τις καμπύλες Wenz (Εικόνα 2)

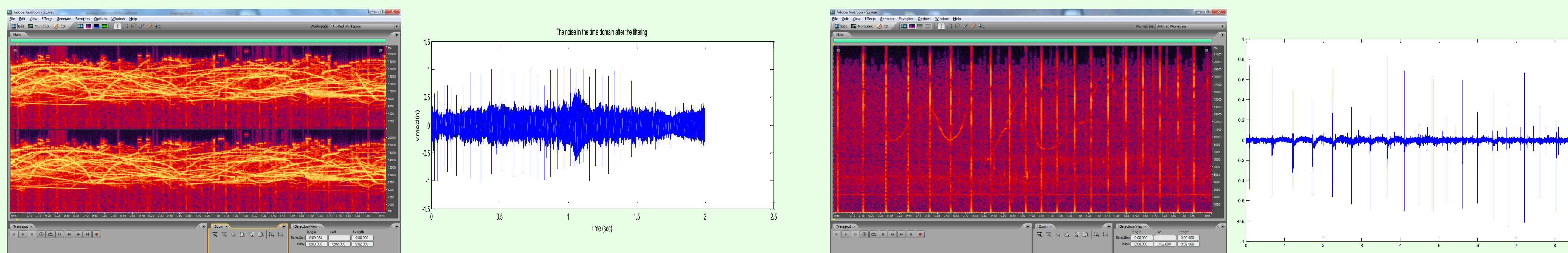


**Εικ. 1:** Αριστερή φωτογραφία: Δελφίνι του είδους *Lagenodelphis hosei*. Στο κέντρο η γεωγραφική θαλάσσια περιοχή του Santiago Island (Πράσινο Ακρωτήριο) όπου έγινε η ηχητική καταγραφή. Δεξιά φωτογραφία: Δελφίνι του είδους *Steno bredanensis*.



**Εικ.2:** Μέθοδος υπολογισμού SPL. Στα αριστερά παρουσιάζονται οι καμπύλες Wenz, από τις οποίες υπολογίστηκε ο θόρυβος περιβάλλοντος για την κύρια συχνότητα 12 KHz, αλλά και για την γκάμα συχνοτήτων 0-22000 Hz. Στο κέντρο η γραφική απεικόνιση του συντελεστή απορρόφησης συναρτήσει της θερμοκρασίας. Στα δεξιά παρουσιάζεται κατόπιν μεγένθυσης η κεντρική συχνότητα 12 KHz. Αξίζει να σημειωθεί η «συνέχεια» του ήχου ακόμη και μετά από πολλαπλές μεγενθύνσεις.

$$SPL=34dB(S/N)+20\log(60dB/65dB)+43dB+38dB+3dB=178/183dB$$



**Εικ. 3:** Γραφική απεικόνιση του ηχητικού αποτελέσματος 300 δελφινιών κατά την διάρκεια της θήρας από δύο υπολογιστικά προγράμματα (Adobe Audition, Matlab 2007). Στα δεξιά παρουσιάζεται ηχοεντοπισμός ενός δελφινιού.

(iv) τον θόρυβο περιβάλλοντος σε dB για το σύνολο των συχνοτήτων 0-22500 Hz (καμπύλες Wenz) (v) τον συντελεστή απορρόφησης σε dB/km (Εικόνα 2). Δεν ελήφθησαν υπόψη οι απώλειες σκεδάσεως και διαρροής του ήχου. Λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ πομπού και δέκτη δεν ελήφθησαν υπόψη οι απώλειες από αναπήδηση βυθού καθώς και από διάδοση λόγω βαθέως ηχητικού διαύλου.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα δελφίνια παρήγαγαν ήχους με λόγο S/N 38dB, καταγεγραμμένο σε εκτιμώμενη απόσταση 1 ναυτικό μίλι, και με SPL υπολογισθέν ως 178 και 183 dB re 1μPa για αποστάσεις 1000 μέτρα και 1852 μέτρα αντίστοιχα (Εικόνα 2). Πρόκειται για τον πρώτο υπολογισμό SPL Κητωδών στο φυσικό τους περιβάλλον (in situ).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματά μας επιδεικνύουν επίδραση έντονων ήχων σε ψάρια παραγόμενων από δελφίνια στην ανοιχτή θάλασσα. Για πρώτη φορά υπολογίζεται ο λόγος S/N και το επίπεδο SPL, αποδεικνύοντας ότι τα δελφίνια χρησιμοποιούν την παραγωγή έντονων ήχων κατά την θήρα (Εικόνα 3). Πειράματα στο εργαστήριο όπου εφαρμόστηκε ανάλογο SPL σε ψάρια προκάλεσαν πολλαπλές βλάβες, μέχρι και θάνατο των ψαριών.

Περιπτώσεις Νευρολογικής διαταραχής έχουν περιγραφεί και σε ανθρώπους δύτες που εκτέθηκαν σε έντονο υποβρύχιο ήχο (SPL 160-180dB re 1μPa για 15 λεπτά). Συμπτώματα μεταξύ άλλων κατά τη διάρκεια της έκθεσης και για διάστημα έως 6 εβδομάδων ήταν κραδασμοί κεφαλής, ζαλάδα, υπνηλία, καθώς και αδυναμία συγκέντρωσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Au, W.W.L. (1980). In: Animal Sonar Systems, Busnel R. -G. and James F. Fish Volume 28, pp. 279-280
2. Berzin, A. A. (1971). The Sperm Whale
3. Caldwell M. C. and Caldwell D. K. (1966). In: Animal Sonar Systems Biology and Bionics Tome II, Busnel R. -G., 1966 pp. 879-931
4. Cassens, I. et al. (2000). Independent adaptation to riverine habitats allowed survival of ancient cetacean lineages. Proc. Natl Acad. Sci. USA 97, 11 343-11 347.
5. Connor R.C (2007). Dolphin social intelligence: complex alliance relationships in bottlenose dolphins and a consideration of selective environments for extreme brain size evolution in mammals. Phil. Trans. R. Soc. B 2007 362, 587-602
6. Connor, R. C., Smolker, R. A. & Richards, A. F. (1992b). Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). Proc. Natl Acad. Sci. USA 89, 987-990.
7. Hastings M. C. & Popper A. (2005). Effects of Sound on Fish. Final Report # CA05-0537. Project P476 Noise Thresholds for Endangered Fish. California Department of Transportation
8. Herzing D. L. (1996). Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins. *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. Aquatic Mammals 1996, 22.2, 61-79
9. Jerison, H. J. (1973). Evolution of the Brain and Intelligence. Academic Press.
10. Payne C. M. (2006). Principles of Naval Weapon Systems. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Press. pp. 153-187