



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ. ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά
και συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων
σε βενθικούς καρχαρίες της ανατολικής Μεσογείου



Scyliorhinus canicula (L. 1758)



Squalus blainville (R. 1827)

Βασιλική Κουστένη

B.Sc. Βιολογία Α.Π.Θ.

M.Sc. Βιολογική Ωκεανογραφία Ε.Κ.Π.Α.

M.Sc. Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2015

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ. ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά
και συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων
σε βενθικούς καρχαρίες
της ανατολικής Μεσογείου**

Βασιλική Κουστένη

B.Sc. Βιολογία Α.Π.Θ.
M.Sc. Βιολογική Ωκεανογραφία Ε.Κ.Π.Α.
M.Sc. Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2015

NATIONAL AND KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF SCIENCES
I.P.P.S. OCEANOGRAPHY AND
MANAGEMENT OF MARINE ENVIRONMENT

DOCTORATE THESIS

**Population characteristics
and heavy metal concentrations
in benthic sharks
from the eastern Mediterranean Sea**

Vasiliki Kousteni

B.Sc. Biology A.U.Th.
M.Sc. Biological Oceanography N.K.U.A.
M.Sc. Environment and Development N.T.U.A.

ATHENS 2015

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

Περσεφόνη Μεγαλοφώνου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Βιολογίας,
Ε.Κ.Π.Α.

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Περσεφόνη Μεγαλοφώνου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Βιολογίας,
Ε.Κ.Π.Α.

Εμμανουήλ Δασενάκης

Καθηγητής του Τμήματος Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

Γεώργιος Κωτούλας

Ερευνητής Α' του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας,
Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
Ηρακλείου Κρήτης

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Περσεφόνη Μεγαλοφώνου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Βιολογίας,
Ε.Κ.Π.Α.

Εμμανουήλ Δασενάκης

Καθηγητής του Τμήματος Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

Γεώργιος Κωτούλας

Ερευνητής Α' του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας,
Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
Ηρακλείου Κρήτης

Άρτεμις Νικολαΐδου

Καθηγήτρια του Τμήματος Βιολογίας, Ε.Κ.Π.Α.

Κωνσταντίνος Κουτσικόπουλος

Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας, Π.Π.

Κωνσταντίνος Στεργίου

Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας, Α.Π.Θ.

Παναγιώτης Κασαπίδης

Ερευνητής Β' του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας,
Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
Ηρακλείου Κρήτης

Ημερομηνία προφορικής εξέτασης: 26 Οκτωβρίου 2015

«Η έγκριση της παρούσας διδακτορικής διατριβής από το Δ.Π.Μ.Σ. Ωκεανογραφίας και Διαχείρισης Θαλασσίου Περιβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα»

(Νόμος 5343/1932, Άρθρο 202 παρ. 2)

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο – Ε.Κ.Τ.) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (Ε.Σ.Π.Α.) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος II. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρονική περίοδος υλοποίησης υποέργου

Ιούλιος 2009 έως Οκτώβριος 2015

Φορέας υλοποίησης

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Ε.Κ.Π.Α.), Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας, Εργαστήριο Ιχθυολογίας.

Συνεργαζόμενοι φορείς

(α) Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Ε.Κ.Π.Α.), Τμήμα Χημείας, Τομέας Ανόργανης Χημείας, Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος.

(β) Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) Ηρακλείου Κρήτης, Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, Εργαστήριο Γενετικής.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα διδακτορική διατριβή είναι εξ' ολοκλήρου αυθεντική και δεν περιέχει υλικό δημοσιευμένο από άλλους συγγραφείς, εκτός των περιπτώσεων όπου αναφέρονται οι ανάλογες βιβλιογραφίες. Επιπλέον, κανένα μέρος της διατριβής αυτής δεν έχει υποβληθεί για την απονομή οιοδήποτε τίτλου από άλλο Ακαδημαϊκό Ίδρυμα.

Βασιλική Κουστένη

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις για επικοινωνία με τη συγγραφέα: bkousten@geol.uoa.gr, kousteni@hcmr.gr

© Βασιλική Κουστένη

© Ε.Κ.Π.Α.

ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ
ΣΕ ΒΕΝΘΙΚΟΥΣ ΚΑΡΧΑΡΙΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

ISBN

Εξώφυλλο:

Φωτογραφίες των υπό μελέτη ειδών.

Αναφορά: Iglésias SP (2011) Chondrichthyans from the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (A natural classification based on collection specimens, with DNA barcodes and standardized photographs), (plates & text), Provisional version 05, 01 April 2011. 76p. <http://www.mnhn.fr/iccanam>.

*Στο φύλακα άγγελό μου...
τη μητέρα μου Αναστασία*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιχθυολογίας του Τομέα Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας του Τμήματος Βιολογίας του Ε.Κ.Π.Α. Η επιτυχής ολοκλήρωσή της δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τη συνεργασία με αξιόλογους ανθρώπους. Ευχαριστώ θερμά:

Την επιβλέπουσα της διδακτορικής μου διατριβής Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Περσεφόνη Μεγαλοφώνου τόσο για την ανάθεση ενός ιδιαίτερα ενδιαφέροντος και πρωτότυπου θέματος όσο και για τη άσπογη μακροχρόνια συνεργασία και αδιάλειπτη παρακολούθηση της πορείας της διατριβής μέχρι την ολοκλήρωσή της. Ιδιαίτερα την ευχαριστώ για την παροχή άρτιας υλικοτεχνικής υποδομής στο Εργαστήριο Ιχθυολογίας, την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε όποτε και αν της ζητήθηκε, καθώς και για την ενθάρρυνσή της στις δύσκολες στιγμές αυτής της πολύχρονης προσπάθειας.

Τον Καθηγητή κ. Εμμανουήλ Δασενάκη για την επιστημονική του καθοδήγηση, τη συμβολή του στη βελτίωση του κειμένου της διατριβής, καθώς και για την παροχή άριστης φιλοξενίας στο Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος του Τομέα Ανόργανης Χημείας του Ε.Κ.Π.Α. κατά την περίοδο των χημικών αναλύσεων.

Τον Ερευνητή Α' κ. Γεώργιο Κωτούλα για τον καταλυτικό ρόλο που έπαιξε στην πραγματοποίηση των γενετικών αναλύσεων, την πολύμηνη φιλοξενία στο Εργαστήριο Γενετικής του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Κρήτης, αλλά πάνω από όλα για την ευκαιρία και τη δυνατότητα που μου προσέφερε να «μνηθώ» στο μαγικό κόσμο της γενετικής.

Τους Καθηγητές κα. Άρτεμη Νικολαΐδου (Ε.Κ.Π.Α.), κ. Κωνσταντίνο Κουτσικόπουλο (Π.Π.), κ. Κωνσταντίνο Στεργίου (Α.Π.Θ.) και τον Ερευνητή Β' κ. Παναγιώτη Κασαπίδη (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Κρήτης) για την τιμή που μου έκαναν να αποδεχθούν την κλήση τους ως μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής, καθώς και για τις διορθώσεις και παρατηρήσεις τους πάνω στο κείμενο της διατριβής. Ιδιαίτερη χαρά μου προκαλεί η για δεύτερη φορά συμμετοχή του προπτυχιακού μου Καθηγητή κ. Κωνσταντίνου Στεργίου σε επιτροπή εξέτασής μου. Επίσης, θα ήταν παράλειψη να μην τονίσω την πολύτιμη συμβολή του κ. Παναγιώτη Κασαπίδη στην επιστημονική καθοδήγηση σχετικά με το πειραματικό μέρος των γενετικών αναλύσεων, την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τη συγγραφή των επιστημονικών δημοσιεύσεων της γενετικής, για την οποία τον ευχαριστώ θερμά.

Την Ερευνήτρια Γ' του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Αγ. Κοσμά κ. Παρασκευή Καραχλέ για την ουσιαστική συμβολή της στην αναγνώριση και καταγραφή του βάρους των ταξινομικών ομάδων του στομαχικού περιεχομένου των εξεταζόμενων ειδών, στον υπολογισμό των τροφικών τους επιπέδων, καθώς και στη βελτίωση του κεφαλαίου της διατροφής.

Το προσωπικό του Εργαστηρίου Χημείας Περιβάλλοντος του Τομέα Ανόργανης Χημείας του Ε.Κ.Π.Α., και ιδιαίτερα τη Δρ. Βασιλική Παρασκευοπούλου για την αφεγάδιαστη συνεργασία και τη βοήθεια που μου παρείχε στο χειρισμό των αναλυτικών οργάνων φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης, πάντα πρόθυμη να μου εξηγήσει την κάθε μου απορία.

Το προσωπικό του Εργαστηρίου Γενετικής του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Κρήτης, κα. Βάσω Τερζόγλου, κα. Κατερίνα Οικονομάκη και κ. Στέλιο Δαριβιανάκη, για την πολύτιμη βοήθειά τους στην εκμάθηση των μοριακών τεχνικών και στο χειρισμό του αυτόματου αναλυτή αλληλουχιών.

Το μεταδιδάκτορα του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Κρήτης κ. Jon Bent Kristoffersen για την καταλυτική του βοήθεια σε τεχνικά ζητήματα και στην εκμάθηση των «ατελείωτων» στατιστικών προγραμμάτων γενετικής, καθώς και για τις γόνιμες συζητήσεις μας σχετικά με το θεωρητικό υπόβαθρο της γενετικής πληθυσμών και της φυλογεωγραφίας. Thanks «Joman»!

Το φίλο και συνάδελφο Δρ. Δημήτρη Δαμαλά (European Commission, Joint Research Center, Ispra, Italy) για την επιστημονική καθοδήγησή του σχετικά με τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την προθυμία του να με βοηθήσει σε όποιο ζήτημα και αν προέκυπτε.

Όλους όσους συνέβαλαν στη συλλογή δειγμάτων: τον καπετάνιο κ. Χρήστο Καρατζή και τα μέλη του πληρώματος της εμπορικής μηχανότρατας «ΣΙΔΗ» για τη βοήθειά τους στη διεξαγωγή της πλειονότητας των δειγματοληψιών πεδίου, την υπέροχη φιλοξενία τους παρά τις αντίξοες συνθήκες των δειγματοληψιών, τις εμπειρίες ζωής και τις μοναδικές «εικόνες» που μου προσέφεραν μέσω ανεπανάληπτων ταξιδιών στις Ελληνικές Θάλασσες, την κα. Χρύση Μυτιλιναίου (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Αγ. Κοσμά) και το Δρ. Christopher J. Smith (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Κρήτης) για τη συλλογή ενός μέρους δειγμάτων από το Ιόνιο Πέλαγος, τη Δρ. Beatriz Guijarro (Instituto Español de Oceanografía, Centre Oceanogràfic de les Balears, Moll de Ponent, Palma, España) και τον Καθηγητή κ. Farid Hemida (Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral – ENSSMAL, Dely Ibrahim, Algiers) για την άμεση ανταπόκρισή τους στην προσωπική μου έκκληση για δείγματα πτερυγίων των εξεταζόμενων ειδών από τις θαλάσσιες περιοχές των Βαλεαρίδων και της Αλγερίας, αντίστοιχα, καθώς και όλους τους συνεργαζόμενους επαγγελματίες αλιείς είτε επί σκάφους ή στα λιμάνια εκφόρτωσης και στις ιχθυόσκαλες.

Οι δειγματοληψίες πεδίου θα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν χωρίς τη συμβολή εγκάρδιων φίλων και συναδέλφων. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους: Γεώργιο Αποστολόπουλο, Γεωργία Γκανιάτσα, Χριστιάννα Λεοντάρη, Νίκη Μιλάτου (την οποία επίσης ευχαριστώ για την καταμέτρηση των αυξητικών δακτυλίων σε 70 σκελετικές δομές), Διαγόρα Νικολαΐδη και Μαρία Χριστοδούλου. Επίσης, ευχαριστώ θερμά το Γεώργιο Αμοργινό και τη Μαρία Κοντοπούλου για τη συλλογή ενός μικρού μέρους δειγμάτων ιστών.

Όλα τα «γειτονάκια» μου, ανεξαιρέτως, στους πάγκους των Εργαστηρίων Ιχθυολογίας, Χημείας Περιβάλλοντος και Γενετικής για την άριστη συνεργασία, αλλά πάνω από όλα για τη φιλία και την ευχάριστη ατμόσφαιρα στον εργαστηριακό χώρο.

Τέλος, αλλά πάνω από όλους, την οικογένειά μου, τους λατρεμένους μου γονείς Αναστασία και Παναγιώτη, και τη μονάκριβή μου αδελφή ψυχή Ανθή, στους οποίους εκφράζω από τα βάθη της καρδιάς μου το μεγαλύτερο ευχαριστώ για τις υπεράνθρωπες θυσίες που έκαναν όλα αυτά τα χρόνια, την αστείρευτη αγάπη και το όνειρο που μοιραστήκαμε μαζί. Χωρίς εσάς, το όνειρο αυτό θα ήταν άπιαστο!

Βασιλική Κουστένη

Οκτώβριος 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
SUMMURY	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Γενική εισαγωγή	11
1.1 Κατάσταση διατήρησης των Χονδριχθύων	12
1.2 Περιγραφή του είδους <i>Scyliorhinus canicula</i>	17
1.3 Περιγραφή του είδους <i>Squalus blainville</i>	20
1.4 Σκοπός της διατριβής	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Δειγματοληψίες	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηλικία και αύξηση	31
3.1 Εισαγωγή	32
3.1.1 Μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας των Χονδριχθύων	32
3.1.2 Σκοπός παρούσας μελέτης	36
3.2 Υλικά και μέθοδοι	37
3.2.1 Αναλογία φύλων	37
3.2.2 Κατά μήκος σύνθεση	38
3.2.3 Σχέση μήκους–βάρους	38
3.2.4 Προετοιμασία σκληρών σκελετικών δομών	38
3.2.5 Μορφομετρία ακανθών	39
3.2.6 Μέθοδος εκτίμησης ηλικίας	41
3.2.7 Έλεγχος ακρίβειας της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας	43
3.2.8 Παράμετροι αύξησης	44
3.3 Αποτελέσματα	46
3.3.1 Αναλογία φύλων	46
3.3.2 Κατά μήκος σύνθεση	47
3.3.3 Σχέση μήκους–βάρους	60
3.3.4 Μορφομετρία ακανθών	63
3.3.5 Σχέσεις ολικού μήκους–μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους ακανθών	65
3.3.6 Έλεγχος ακρίβειας της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας	67
3.3.7 Καμπύλη διόρθωσης του Ketchen	70
3.3.8 Σχέσεις ηλικίας–μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους ακανθών	71
3.3.9 Κλείδα ηλικίας–ολικού μήκους	73
3.3.10 Παράμετροι αύξησης	76
3.4 Συζήτηση	77
3.4.1 Αναλογία φύλων	77
3.4.2 Κατανομές μεγεθών	79

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.4.3	Σχέση μήκους–βάρους	88
3.4.4	Μορφομετρία και αύξηση ακανθών	91
3.4.5	Εκτίμηση της ηλικίας του είδους <i>Squalus blainville</i>	92
3.4.6	Εγκυρότητα και ακρίβεια της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας	93
3.4.7	Σύγκριση αποτελεσμάτων με προηγούμενες μελέτες	96
3.4.8	Σύγκριση αυξητικών προτύπων των υπό μελέτη ειδών	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μορφομετρία 103

4.1	Εισαγωγή	104
4.1.1	Σημασία της γνώσης της μορφομετρίας των ψαριών	104
4.1.2	Σκοπός παρούσας μελέτης	105
4.2	Υλικά και μέθοδοι	106
4.2.1	Μορφομετρικές μετρήσεις	106
4.2.2	Στατιστική επεξεργασία	106
4.3	Αποτελέσματα	110
4.3.1	Σύγκριση μεταξύ φύλων	110
4.3.2	Σύγκριση μεταξύ περιοχών	112
4.4	Συζήτηση	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Αναπαραγωγή 125

5.1	Εισαγωγή	126
5.1.1	Στρατηγικές αναπαραγωγής των Χονδριχθύων	126
5.1.2	Σκοπός παρούσας μελέτης	128
5.2	Υλικά και μέθοδοι	129
5.2.1	Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μακροσκοπική περιγραφή	129
5.2.2	Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μικροσκοπική περιγραφή	129
5.2.3	Κατανομές σταδίων γεννητικής ωριμότητας	130
5.2.4	Μετρήσεις αναπαραγωγικών οργάνων και ήπατος	131
5.2.5	Μήκος και ηλικία πρώτης γεννητικής ωρίμασης	131
5.2.6	Γονιμότητα και μέγεθος ωοκυττάρων	132
5.2.7	Εμβρυϊκή ανάπτυξη	132
5.2.8	Σωματικοί δείκτες	133
5.3	Αποτελέσματα	135
5.3.1	Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μακροσκοπική περιγραφή	135
5.3.2	Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μικροσκοπική περιγραφή	141
5.3.3	Κατανομές σταδίων γεννητικής ωριμότητας	151
5.3.4	Μετρήσεις αναπαραγωγικών οργάνων και ήπατος	160
5.3.5	Μήκος και ηλικία πρώτης γεννητικής ωρίμασης	173
5.3.6	Γονιμότητα και μέγεθος ωοκυττάρων	175
5.3.7	Εμβρυϊκή ανάπτυξη	178
5.3.8	Σωματικοί δείκτες	184
5.4	Συζήτηση	204
5.4.1	Στρατηγική αναπαραγωγής του είδους <i>Scyliorhinus canicula</i>	204
5.4.2	Στρατηγική αναπαραγωγής του είδους <i>Squalus blainville</i>	210

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Τροφική οικολογία	215
6.1 Εισαγωγή	216
6.1.1 Σημασία της γνώσης της διατροφής των ψαριών	216
6.1.2 Σκοπός παρούσας μελέτης	217
6.2 Υλικά και μέθοδοι	218
6.2.1 Δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη διατροφής	218
6.2.2 Επεξεργασία συλλεχθέντων στομαχιών	218
6.2.3 Ανάλυση στομαχικού περιεχομένου	219
6.2.4 Στατιστική επεξεργασία	220
6.3 Αποτελέσματα	221
6.3.1 Δείκτης κενότητας	221
6.3.2 Δείκτης πληρότητας	221
6.3.3 Ποσοστό βάρους τροφικών αντικειμένων	223
6.3.4 Δείκτης ποικιλότητας	228
6.3.5 Δείκτης τροφικής επικάλυψης	228
6.3.6 Τροφικό επίπεδο	229
6.4 Συζήτηση	230
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Πληθυσμιακή γενετική και φυλογεωγραφία	239
7.1 Εισαγωγή	240
7.1.1 Γενετική ποικιλότητα	240
7.1.2 Μοριακοί δείκτες	242
7.1.3 Γενετικές μελέτες σε Χονδριχθύς	252
7.1.4 Σκοπός παρούσας μελέτης	260
7.2 Υλικά και μέθοδοι	261
7.2.1 Συλλογή δειγμάτων	261
7.2.2 Εξαγωγή ολικού γενωμικού DNA	261
7.2.3 Ποσοτικοποίηση ολικού γενωμικού DNA	262
7.2.4 Πολλαπλασιασμός της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης	264
7.2.5 Προσδιορισμός της αλληλουχίας της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης	266
7.2.6 Πολλαπλασιασμός των μικροδορυφορικών τόπων	269
7.2.7 Δείγματα που συμπεριλήφθηκαν στις μοριακές αναλύσεις	272
7.2.8 Αναλύσεις μιτοχondριακού DNA	275
7.2.9 Αναλύσεις μικροδορυφορικού DNA	284
7.3 Αποτελέσματα	291
7.3.1 Μιτοχondριακό DNA	291
7.3.2 Μικροδορυφορικό DNA	309
7.4 Συζήτηση	322
7.4.1 Γενετική ποικιλότητα	322
7.4.2 Γενετική δομή	327
7.4.3 Φυλογεωγραφία	336
7.4.4 Δημογραφική ιστορία	342
7.4.5 Διαχειριστικές προτάσεις	345

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Βαρέα μέταλλα	347
8.1 Εισαγωγή	348
8.1.1 Βαρέα μέταλλα: γενικά στοιχεία–είσοδος στο θαλάσσιο περιβάλλον	349
8.1.2 Στοιχεία για τα διερευνώμενα βαρέα μέταλλα	350
8.1.3 Μελέτες οικοτοξικολογίας σε Χονδριχθύς	356
8.1.4 Σκοπός παρούσας μελέτης	361
8.2 Υλικά και μέθοδοι	363
8.2.1 Παραλαβή και προκατεργασία δειγμάτων	363
8.2.2 Προσδιορισμός συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων	364
8.2.3 Βαθμονόμηση οργάνων–Έλεγχος αξιοπιστίας μετρήσεων	368
8.2.4 Όρια ανίχνευσης	368
8.2.5 Δείγματα που συμπεριλήφθηκαν στις χημικές αναλύσεις	369
8.2.6 Στατιστική επεξεργασία	372
8.2.7 Επικινδυνότητα από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών	373
8.2.8 Εκτίμηση της θρεπτικής αξίας των υπό μελέτη ειδών	374
8.3 Αποτελέσματα	375
8.3.1 Έλεγχος αξιοπιστίας των χημικών αναλύσεων	375
8.3.2 Περιεκτικότητα σε υγρασία ανά βιολογικό ιστό	375
8.3.3 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στους ιστούς	376
8.3.4 Αφθονία βαρέων μετάλλων στους ιστούς	379
8.3.5 Σχέσεις μήκους–συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων	380
8.3.6 Σχέσεις ηλικίας–συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων	385
8.3.7 Δυαδικές σχέσεις βαρέων μετάλλων	387
8.3.8 Σύγκριση μεταξύ βιολογικών ιστών	392
8.3.9 Σύγκριση μεταξύ φύλων	394
8.3.10 Σύγκριση μεταξύ ανώριμων και ώριμων ατόμων	400
8.3.11 Σύγκριση μεταξύ περιοχών	406
8.3.12 Σύγκριση μεταξύ ειδών	412
8.3.13 Επικινδυνότητα από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών	415
8.3.14 Εκτίμηση της θρεπτικής αξίας των υπό μελέτη ειδών	418
8.4 Συζήτηση	419
8.4.1 Πολυπαραγοντικός καθορισμός του μεταλλικού φορτίου των ιστών	419
8.4.2 Σύγκριση με προηγούμενες μελέτες των υπό μελέτη ειδών	429
8.4.3 Σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ειδών Χονδριχθύων	432
8.4.4 Επικινδυνότητα από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών	447
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Γενικά συμπεράσματα	451
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	461
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	497
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	523

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η διεύρυνση της επιστημονικής γνώσης σχετικά με την αλιευτική βιολογία, τη γενετική ποικιλότητα και το μεταλλικό φορτίο δύο βενθικών, μικρόσωμων Χονδριχθίων μέτριας εμπορικής αξίας από την ανατολική Μεσόγειο, του γάτου *Scyliorhinus canicula* (L. 1975) και του γκριζοκεντρονιού *Squalus blainville* (R. 1827).

Συνολικά, 2.314 άτομα του είδους *S. canicula*, ολικού μήκους από 89 έως 517 mm, και 810 άτομα του είδους *S. blainville*, ολικού μήκους από 180 έως 799 mm, συλλέχθηκαν από διάφορες περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών (Αιγαίο, Ιόνιο και Λιβυκό Πέλαγος). Μεμονωμένα δείγματα πτερυγίων από άτομα και των δύο ειδών συλλέχθηκαν από τη δυτική Μεσόγειο (Αλγερία και Βαλεαρίδες) και συμπεριλήφθηκαν στις γενετικές αναλύσεις.

Η αναλογία φύλων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τη θεωρητική μονάδα για κανέναν εξεταζόμενο παράγοντα (εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή), δείχνοντας μικρό διαχωρισμό στο χώρο μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων. Σημαντική διαφοροποίηση ως προς τις κατά μήκος συνθέσεις παρατηρήθηκε μεταξύ των φύλων κάθε είδους. Και τα δύο είδη εμφάνισαν ευρεία βαθυμετρική κατανομή, χωρίς κάποιο σαφή διαχωρισμό ως προς το μέγεθος.

Η μελέτη των σχέσεων μήκους–βάρους αποκάλυψε θετική αλλομετρική αύξηση και για τα δύο είδη, με το συντελεστή b να λαμβάνει υψηλότερη τιμή στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά. Σύμφωνα με τη μελέτη της μορφομετρίας και τα δύο είδη εμφάνισαν φυλετικό διμορφισμό για κάποια χαρακτηριστικά, ενώ εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές και μεταξύ των περιοχών. Πιθανώς, οι εξελικτικές προσαρμογές των ειδών σε συνδυασμό με τη γεωγραφική απομόνωση των πληθυσμών τους επηρέασε την εξωτερική τους μορφολογία.

Η εκτίμηση της ηλικίας του *S. canicula* δεν ήταν εφικτή, αν και εφαρμόστηκαν δύο τεχνικές για τη βελτίωση της διακριτικότητας των αυξητικών δακτυλίων των σπονδύλων του. Η ηλικία του *S. blainville* εκτιμήθηκε πραγματοποιώντας τρεις ανεξάρτητες αναγνώσεις των αυξητικών δακτυλίων στην εξωτερική σμάλτινη επιφάνεια των ακανθών, κυρίως από το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο. Η μελέτη της μορφομετρίας των ακανθών αποκάλυψε την παρουσία φυλετικού διμορφισμού με τα αρσενικά άτομα να φέρουν μακρύτερες, στενότερες και βαρύτερες άκανθες από ό,τι τα θηλυκά. Σύμφωνα με τις εκτιμώμενες τιμές του συντελεστή μεταβλητότητας (CV) και του μέσου ποσοστιαίου σφάλματος (APE), από τις τρεις ηλικιακές αναγνώσεις, η πρώτη απορρίφθηκε, εξαιτίας της σημαντικής υπερεκτίμησης της ηλικίας, και μόνο οι δύο τελευταίες λήφθηκαν υπόψη, η συνέπεια μεταξύ των οποίων θεωρήθηκε αρκετά υψηλή, όπως αποτυπώθηκε και στα γραφήματα «age–bias plots». Βάσει των δεικτών ακρίβειας, η άκανθα από το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο αποδείχτηκε εξίσου χρήσιμη για την εκτίμηση της ηλικίας του είδους, ενώ η εμπειρία στην ανάγνωση αυτών των σκελετικών δομών κρίθηκε αναγκαία για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Οι παράμετροι αύξησης της VBGF ήταν: $L_{\infty}=1.097$ mm, $k=0,03$ y^{-1} , $t_0=-5,58$ y για τα θηλυκά άτομα (N=314), και $L_{\infty}=666$ mm, $k=0,08$ y^{-1} και $t_0=-3,35$ y για τα αρσενικά (N=254), με μέγιστη ηλικία 28 και 22 y, αντίστοιχα. Τα δύο φύλα διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις παραμέτρους αύξησης ($\chi^2=38,26$, $df=3$, $P<0,001$). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με εκείνα προηγούμενων μελετών όπου διαφορετικές τεχνικές εκτίμησης της ηλικίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

εφαρμόστηκαν, επιβεβαιώθηκε ότι το είδος έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και χαμηλό ρυθμό αύξησης, χαρακτηριστικά που το καθιστούν ευάλωτο στην αλιευτική πίεση.

Η μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση του αναπαραγωγικού συστήματος έδειξε ότι η στρατηγική αναπαραγωγής κάθε είδους περιλαμβάνει την παραγωγή λίγων απογόνων κατά τη διάρκεια μιας παρατεταμένης περιόδου αναπαραγωγής. Η άποψη αυτή ενισχύθηκε περαιτέρω από τις υψηλές τιμές του γοναδοσωματικού (GSI) και του ηπατοσωματικού (HSI) δείκτη που καταγράφηκαν σε εποχική βάση, ανεξάρτητα από το φύλο ή το είδος. Και στα δύο είδη, η κατάσταση της γεννητικής ωρίμασης φάνηκε ότι προσεγγίζεται κατά τη διάρκεια της ταχύτερης αύξησης των γονάδων, των κελυφικών αδένων και των ωαγωγών στα θηλυκά άτομα, και των γονάδων και των γονοποδίων στα αρσενικά. Τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *S. canicula* παρουσίασαν παραπλήσιο μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης ($L_{50}=397,2$ και 382 mm, αντίστοιχα). Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα του *S. blainville* βρέθηκε ότι ωριμάζουν σε μεγαλύτερο μέγεθος ($L_{50}=568,1$ mm) και μεγαλύτερη ηλικία ($T_{50}=17$ y) από ό,τι τα αρσενικά ($L_{50}=460,6$ mm, $T_{50}=11,3$ y). Στο *S. canicula*, η ωοθηκική γονιμότητα κυμάνθηκε από 1 έως 19 ώριμα ωοκύτταρα, ενώ ο μέγιστος παρατηρούμενος αριθμός εμβρυϊκών θηκών ανά κυοφορία ήταν δύο. Στο *S. blainville*, η γονιμότητα των ωοθηκών κυμάνθηκε από 1 έως 7 ώριμα ωοκύτταρα και η γονιμότητα των ωαγωγών κυμάνθηκε από 1 έως 6 έμβρυα. Τα ώριμα ωοκύτταρα ήταν μικρότερα στο *S. canicula* (μέγιστη διάμετρος=26 mm) από ό,τι στο *S. blainville* (μέγιστη διάμετρος=59 mm). Η μορφομετρία και το βάρος των θηκών και των εμβρύων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο ωαγωγών. Το φύλο, το μέγεθος σώματος, η γεννητική ωρίμαση και η εποχή φάνηκε ότι επηρεάζουν περισσότερο τους δείκτες GSI και HSI παρά το δείκτη ευρωστίας (K) και στα δύο είδη. Σαφής αλληλοεπικάλυψη των ανώριμων και ώριμων ατόμων, ανεξάρτητα από το φύλο ή το είδος, παρατηρήθηκε σε όλες τις ζώνες βάθους. Ωστόσο, ο τοκετός του *S. blainville* φάνηκε ότι λαμβάνει χώρα κυρίως στην ηπειρωτική πλαγιά (βάθος>200 m), ενώ το *S. canicula* φάνηκε ότι προτιμάει τα βάθη 100–300 m για τον ίδιο σκοπό.

Η διατροφή των ειδών *S. canicula* και *S. blainville* μελετήθηκε αναλύοντας το στομαχικό περιεχόμενο 432 και 211 ατόμων αντίστοιχα. Συνολικά, 17 ταξινομικές ομάδες αναγνωρίστηκαν στο στομαχικό περιεχόμενο 314 ατόμων του *S. canicula*. Λαμβάνοντας υπόψη την ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή κάθε λείας (C_w), οι κύριες κατηγορίες λείας ήταν οι Τελεόστεοι (42,5%), τα Μαλάκια (30,8%) και τα Καρκινοειδή (22,1%), ενώ οι Πολύχαιτοι, τα Εχινόδερμα, τα Φανερόγαμα και τα Μακροφύκη είχαν μικρή συνεισφορά (~5%) στη διατροφή του είδους. Εννιά ταξινομικές ομάδες αναγνωρίστηκαν στο στομαχικό περιεχόμενο 147 ατόμων του *S. blainville*. Οι κύριες κατηγορίες λείας ήταν τα Μαλάκια (51,2%), οι Τελεόστεοι (41,7%) και τα Καρκινοειδή (6,08%), ενώ οι Πολύχαιτοι και τα Φανερόγαμα είχαν μικρή συνεισφορά (~1%) στη διατροφή του. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στη διατροφή μεταξύ των φύλων, ανεξάρτητα από το είδος. Στην πορεία ωρίμασης και των δύο ειδών, αυξήθηκε η κατανάλωση των Τελεόστεων, ενώ μειώθηκε η συνεισφορά των Καρκινοειδών και των Κεφαλόποδων στη διατροφή τους. Τα υπό μελέτη είδη παρουσίασαν γεωγραφική διαφοροποίηση στη σύνθεση της διατροφής τους και παρόμοια εποχική μεταβολή στις τροφικές τους προτιμήσεις.

Η ένταση της διατροφής βάσει του δείκτη πληρότητας του στομαχιού (FI) ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά και στα ανώριμα άτομα από ό,τι στα ώριμα, ανεξάρτητα από το φύλο ή το είδος. Ο δείκτης τροφικής

ποικιλότητας (H') κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *S. canicula*. Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα του *S. blainville* παρουσίασαν υψηλότερη τροφική ποικιλότητα από ό,τι τα αρσενικά. Και στα δύο είδη, τα ανώριμα άτομα παρουσίασαν υψηλότερη τροφική ποικιλότητα από ό,τι τα ώριμα, ανεξάρτητα από το φύλο. Ο δείκτης τροφικής επικάλυψης (S) αποκάλυψε ότι το τροφικό φάσμα κάθε είδους διαφοροποιείται σημαντικά σε σχέση με το φύλο, την κατάσταση ωρίμασης και την εποχή. Χαμηλός βαθμός επικάλυψης των τροφικών θώκων βρέθηκε και μεταξύ των ειδών, δείχνοντας τη σημαντική διαφοροποίηση των τροφικών τους συνηθειών. Αν και το κλασματικό τροφικό επίπεδο του *S. blainville* ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο ($TROPH=4,42\pm 0,60$) από ό,τι του *S. canicula* ($TROPH=4,22\pm 0,62$), και τα δύο είδη κατατάχτηκαν στα σαρκοφάγα με προτίμηση στους Τελεόστεους και στα Κεφαλόποδα, επιβεβαιώνοντας τον κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζουν ως κορυφαίοι θηρευτές στο τροφικό πλέγμα.

Για τη μελέτη της γενετικής ποικιλότητας των φυσικών πληθυσμών των δύο ειδών και τη διερεύνηση της παρουσίας γεωγραφικών προτύπων διαφοροποίησής τους, άτομα προερχόμενα από διαφορετικές περιοχές της ανατολικής και δυτικής Μεσογείου αλληλουχίστηκαν ως προς ένα τμήμα της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης (COI) του μιτοχονδριακού DNA (mtDNA) και γονοτυπήθηκαν σε μικροδορυφορικούς τόπους του πυρηνικού DNA (nDNA). Στην ανάλυση του mtDNA συμπεριλήφθηκαν επιπλέον αλληλουχίες που ανακτήθηκαν από την GenBank, από τον Ατλαντικό και τη Λεβαντίνη για το *S. canicula*, και από τη Νότια Αφρική και το Αιγαίο για το *S. blainville*.

Στο *S. canicula*, η ανομοιόμορφη γεωγραφική κατανομή αφενός των απλοτύπων του τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI του mtDNA που ανιχνεύθηκαν σε 431 άτομα αφετέρου των αλληλομόρφων 12 πολυμορφικών μικροδορυφορικών τόπων από 834 άτομα, αποτέλεσε ισχυρή ένδειξη της παρουσίας πληθυσμιακής δομής. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε από όλες τις σχετικές αναλύσεις και αποτυπώθηκε με ιδιαίτερη έμφαση στο δίκτυο διάμεσης σύνδεσης, όπου ένας κεντρικός προγονικός απλότυπος ήταν παρόν σε όλα τα πληθυσμιακά δείγματα, ενώ οι υπόλοιποι απλότυποι εντοπίστηκαν είτε στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου (Βαλεαρίδες, Αλγερία)/Ατλαντικού ή στην ανατολική Μεσόγειο (Ιόνιο, Κρητικό, Μυρτώο και βόρειο Αιγαίο Πέλαγος, Κυκλάδες, Σαρωνικός, βόρειος Ευβοϊκός και Κορινθιακός κόλπος). Η διαπληθυσμιακή διαφοροποίηση του είδους μεταξύ της δυτικής και ανατολικής λεκάνης της Μεσογείου φάνηκε ότι συμπίπτει με τη γεωγραφική τους απομόνωση, με τα βαθιά νερά να αποτελούν σημαντικό φραγμό στη διασπορά του. Εξαιρεση σε αυτό το πρότυπο αποτέλεσε η Λεβαντίνη όπου ανιχνεύθηκαν κοινοί απλότυποι και με τις δύο προαναφερθείσες περιοχές. Περαιτέρω γενετική διαπληθυσμιακή διαφοροποίηση παρατηρήθηκε εντός της δυτικής και ανατολικής Μεσογείου, αλλά μόνο ως προς το nDNA. Αφενός στατιστικά σημαντική γενετική ετερογένεια παρουσίασαν οι πληθυσμοί από τις Βαλεαρίδες και την Αλγερία αφετέρου οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού διέφεραν στατιστικά σημαντικά από όλους τους πληθυσμούς του Αιγαίου. Οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού κατέλαβαν ενδιάμεση θέση μεταξύ των πληθυσμών της δυτικής Μεσογείου και του Αιγαίου ως προς το nDNA, αλλά όχι ως προς το mtDNA, μια και διαμοιράζονταν κοινούς απλότυπους μόνο με τους πληθυσμούς του Αιγαίου. Μικρότερη, αν και στατιστικά σημαντική, διαφοροποίηση εντοπίστηκε μεταξύ των πληθυσμών του Ιονίου και του Κορινθιακού, βάσει και των δύο τύπων μοριακών δεικτών, η οποία πιθανώς αποδίδεται στη θαλάσσια σύνδεση αυτών των περιοχών μέσω του σχετικά αβαθή Πατραϊκού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

κόλπου. Διαφορετικά πρότυπα δημογραφικής ιστορίας παρουσίασε το είδος ανάλογα με την περιοχή προέλευσής του. Στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού, εμφάνισε το πρότυπο της πληθυσμιακής εξάπλωσης, το οποίο τοποθετήθηκε χρονολογικά στο Μέσο Πλειστόκαινο. Στις περιοχές του Ιονίου και του Αιγαίου, το είδος παρουσίασε σχετικά σταθερό πληθυσμιακό μέγεθος με μικρή τάση αύξησης και μείωσης, αντίστοιχα. Τα διαφορετικά δημογραφικά πρότυπα στις απομακρυσμένες περιοχές της Μεσογείου, πιθανώς αντανακλούν το διαφορετικό βαθμό με τον οποίο επηρεάστηκαν αυτές οι περιοχές κατά το Πλειστόκαινο. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα μοριακά δεδομένα, το *S. canicula* παρουσιάζει διακριτές γενετικές δεξαμενές εντός της Μεσογείου, αν και περισσότερα δείγματα χρειάζονται για τον ακριβή προσδιορισμό του αριθμού και των γεωγραφικών ορίων τους.

Η γενετική ποικιλότητα ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένη στα πληθυσμιακά δείγματα του *S. blainville* από το Ιόνιο, το Λιβυκό, το Κρητικό, το Μυρτώο και το βόρειο Αιγαίο Πέλαγος, το Σαρωνικό κόλπο, τις Κυκλάδες και τη Νότια Αφρική (μόνο για το mtDNA). Η παρουσία παμμυξίας επιβεβαιώθηκε με βάση τους πολυμορφισμούς των απλοτύπων ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI του mtDNA από 112 άτομα και των αλληλομόρφων 6 μικροδορυφορικών τόπων από 577 άτομα. Πιθανώς, το *S. blainville* διαθέτει υψηλή ικανότητα διασποράς ομοίως με άλλα σκουαλοειδή στα οποία τα μεγάλα βάθη και οι μεγάλες γεωγραφικές αποστάσεις δεν αποτέλεσαν εμπόδιο στη γονιδιακή ροή. Από την άλλη πλευρά, τα διαφορετικά πρότυπα γενετικής δομής που παρουσίασαν τα υπό μελέτη είδη, φάνηκε ότι αντανακλούν αντίστοιχες διαφορές ως προς τη βιολογία και οικολογία τους. Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη η ανάλυση περισσότερων δειγμάτων με τη χρήση περισσότερων μοριακών δεικτών για την επιβεβαίωση αυτών των συμπερασμάτων.

Το συσσωρευτικό πρότυπο του ολικού Hg, Cd, Cu, Fe και Zn μελετήθηκε στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στα βράγχια και στις γονάδες των δύο ειδών και αναδείχθηκε ο πολυπαραγοντικός καθορισμός του μεταλλικού φορτίου των ιστών. Η κατανομή των βαρέων μετάλλων στους ιστούς ήταν κοινή στα υπό μελέτη είδη και φάνηκε ότι σχετίζεται κυρίως με τη λειτουργία των οργάνων και το βαθμό συγγένειάς τους με τα διάφορα στοιχεία. Και στα δύο είδη, η μεταβολή της συγκέντρωσης των μετάλλων σε σχέση με το μήκος εξαρτήθηκε από το είδος ιστού ή στοιχείου. Το φύλο αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα διαφοροποίησης του μεταλλικού περιεχομένου των ιστών μόνο στο *S. blainville*, ενώ η γεννητική ωρίμαση φάνηκε ότι επηρεάζει το μεταλλικό φορτίο και των δύο ειδών. Η διαφοροποίηση των ειδών ως προς το μεταλλικό περιεχόμενο των ιστών πιθανώς αντανακλά αντίστοιχες διαφορές ως προς τις τροφικές συνήθειες, το ρυθμό αύξησης, τη φυσιολογία και την οικολογία τους.

Εξετάζοντας τη γεωγραφική διαφοροποίηση του μεταλλικού φορτίου των ειδών, διαπιστώθηκε σημαντική ρύπανση από Hg στο Ιόνιο, καθώς και υψηλά επίπεδα Hg και Cd στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, στο βόρειο Αιγαίο, στο Μυρτώο και στο Κρητικό Πέλαγος. Τα εξαιρετικά υψηλά επίπεδα Fe που βρέθηκαν στα βράγχια του *S. canicula* από το βόρειο Ευβοϊκό πιθανώς σχετίζονται με την απόθεση αποβλήτων πλούσιων σε Fe προερχόμενα από την εκμετάλλευση των σιδηρονικελιούχων κοιτασμάτων σε αυτήν την περιοχή. Επίσης, τα υψηλά επίπεδα Fe στα βράγχια του *S. canicula* από τον Κορινθιακό κόλπο πιθανώς αποδίδονται στην απόρριψη της ερυθράς ύλης από το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στον κόλπο της Αντίκυρας όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα.

Υπολογίζοντας το βαθμό (DMI%) στον οποίο τα υπό μελέτη είδη καλύπτουν τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη των απαραίτητων μετάλλων Cu, Fe και Zn, διαπιστώθηκε

ότι μια μερίδα 100 g περιέχει πολύ χαμηλά επίπεδα αυτών των στοιχείων. Η συγκέντρωση του Cd στον εδώδιμο ιστό και των δύο ειδών και του Zn μόνο στο *S. blainville* ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπόμενα επίπεδα σε μικρό αριθμό δειγμάτων, ενώ τα επίπεδα του Cu και Fe βρέθηκαν εντός των ασφαλών ορίων. Αντίθετα, η συγκέντρωση του Hg ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο σε 65,9% και 83% δείγματα μυϊκού ιστού των ειδών *S. canicula* και *S. blainville*, αντίστοιχα. Η σύγκριση της ημερήσιας πρόσληψης του Hg (EDI) με τα διεθνή καθιερωμένα πρότυπα ασφαλείας, την προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (PTDI) και τη συνιστώμενη ημερήσια δόση αναφοράς (RfD) του Hg, έδειξε ότι η συχνή κατανάλωση και των δύο ειδών, και σε μεγαλύτερο βαθμό του *S. blainville*, ενέχει υψηλό τοξικολογικό κίνδυνο για την υγεία ενός μέσου Έλληνα καταναλωτή. Η μέγιστη πιθανή εβδομαδιαία κατανάλωση (MPCF) των ειδών *S. canicula* και *S. blainville*, για ένα μέσο βάρος σώματος 70 kg κυμάνθηκε, ανάλογα με την περιοχή προέλευσης, από 0,12 έως 0,58 και από 0,07 έως 0,21 kg, αντίστοιχα.

SUMMURY

The aim of the present thesis was to broaden the scientific knowledge about fisheries biology, genetic diversity and heavy metal content of two benthic, small-sized Chondrichthyes of moderate commercial value from the eastern Mediterranean Sea, the small-spotted catshark *Scyliorhinus canicula* (L. 1975) and the longnose spurdog *Squalus blainville* (R. 1827).

In total, 2314 individuals of *S. canicula*, ranging from 89 to 517 mm in total length, and 810 individuals of *S. blainville*, ranging from 180 to 799 mm in total length, were sampled in various locations across the Hellenic Seas (Aegean, Ionian and Libyan Seas). Individual fin clips of both species sampled from the western Mediterranean Sea (Algeria and Balearics) were included in the genetic analyses.

Sex ratio was not statistically significantly different from the theoretical unit for any of the examined parameters (season, gear, depth zone and location), showing small space segregation between females and males. Length frequency distributions were statistically significantly different between the sexes, regardless of the species. Both species showed wide depth distribution, without any clear segregation pattern as far as size is concerned.

Length–weight relationships revealed a positive allometric growth pattern for both species, with the coefficient b being higher in females. Based on morphometrics, both species exhibited sexual dimorphism in several characteristics, while significant differences were also found between the areas. Probably, the species' evolutionary adaptations in conjunction with the geographical isolation of their populations affected their external morphology.

Aging *S. canicula* was not possible, even though two techniques were applied for the enhancement of the vertebral growth bands. *Squalus blainville*'s age was estimated by performing three independent readings of the growth bands on the external enamel surface of the spines, mainly from the second dorsal fin. Spine morphometrics revealed the presence of sexual dimorphism with males bearing longer, narrower and heavier spines than females. According to the estimated values of the coefficient of variation (CV) and the average percent error (APE), out of the three age readings, the first one was rejected because of significant overestimation error, and only the last two were considered because of their high consistency, as it was also reflected in the age–bias plots. Based on the precision indices, the first dorsal fin spine can be equally considered in aging the species, while the experience in the applied aging technique is needed to produce reliable results. The VBGF parameters were: $L_{\infty}=1097$ mm, $k=0.03 \text{ y}^{-1}$ and $t_0=-5.6 \text{ y}$ for females (N=314), and $L_{\infty}=666$ mm, $k=0.08 \text{ y}^{-1}$ and $t_0=-3.4 \text{ y}$ for males (N=254), with longevity reaching 28 and 22 y, respectively. The growth parameters were statistically significantly different between the sexes ($\chi^2=38.26$, $df=3$, $P<0.001$). Comparing the results with those of previous studies in the Mediterranean Sea that used different aging methods, confirmed that *S. blainville* is a long lived and slow growing species, features that make it vulnerable to fishing pressure.

The macroscopic and microscopic examination of the reproductive system showed that the reproductive strategy of each species involves the production of few embryos during an extended reproductive period. This view was further supported by the high values of the gonadosomatic (GSI) and hepatosomatic (HSI) indices that were recorded seasonally,

regardless of the sex or species. Both species approached maturity condition during the rapid growth of the gonads, the nidamental glands and oviducts in the case of females, and of the testes and claspers in the case of males. Female and male *S. canicula* attained maturity at similar lengths ($L_{50}=397.2$ and 382 mm, respectively). On the contrary, female *S. blainville* attained maturity at larger length ($L_{50}=568.1$ mm) and later age ($T_{50}=17$ y) than male ($L_{50}=460.6$ mm, $T_{50}=11.3$ y). In *S. canicula*, the ovarian fecundity ranged from 1 to 19 ripe oocytes, while the maximum observed number of egg cases per litter was two. In *S. blainville*, the ovarian fecundity ranged from 1 to 7 ripe oocytes and the uterine fecundity ranged from 1 to 6 embryos. The ripe oocytes were smaller in *S. canicula* (maximum diameter= 26 mm) than in *S. blainville* (maximum diameter= 59 mm). The morphometry and weight of the egg cases and embryos were not statistically significantly different between the two oviducts. In both species, sex, body size, maturity and season seemed to affect more the GSI and HSI indices than the condition factor (K). Immature and mature individuals, regardless of the sex or species, were recorded in all depth zones. However, the parturition of *S. blainville* seemed to take place mainly on the continental slope (depth >200 m), while *S. canicula* seemed to prefer the depth zone of 100–300 m for the same purpose.

The diet of *S. canicula* and *S. blainville* was studied by analyzing the stomach content of 432 and 211 individuals, respectively. In total, 17 taxonomic groups were identified in the stomach content of 314 individuals of *S. canicula*. Considering the percentage of each prey item regarding the wet weight of all items (C_w), the main prey categories were Teleosts (42.5%), Mollusks (30.8%) and Crustaceans (22.1%), while Polychaetes, Echinoderms, Phanerogams and Macroalgae had a low contribution ($\sim 5\%$) to its diet. Nine taxonomic groups were identified in the stomach content of 147 individuals of *S. blainville*. The main prey categories were Mollusks (51.2%), Teleosts (41.7%) and Crustaceans (6.08%), while Polychaetes and Phanerogams contributed a little ($\sim 1\%$) to its diet. Sex didn't seem to affect significantly the species' diet. Both species consumed more Teleosts and fewer Crustaceans or Mollusks while attaining maturity and showed geographical differentiation in their food composition, as well as similar seasonal dietary patterns.

The feeding intensity based on the fullness index (FI) was statistically significantly higher in females than males and in immature than mature individuals, regardless of the sex or species. The trophic diversity index (H') had similar values in female and male *S. canicula*. On the contrary, female *S. blainville* showed higher trophic diversity than male. In both species, immature individuals showed higher trophic diversity than mature ones, regardless of the sex. The diet overlap index (S) revealed that the trophic spectrum of each species varies considerably with sex, maturity condition and season. Low level of diet overlap was observed between the species, indicating significant dietary differentiation. Although *S. blainville* belonged to a significantly higher fractional trophic level ($TROPH=4.42\pm 0.60$) than *S. canicula* ($TROPH=4.22\pm 0.62$), both species were classified in carnivores with preference for Teleosts and Cephalopods, confirming their crucial role in the food web as apex predators.

The level of genetic diversity of the species' wild population samples and the presence of geographical differentiation among them was studied by sequencing a fragment of the mitochondrial cytochrome *c* oxidase subunit I (COI) gene in individuals coming from different areas of the eastern and western Mediterranean Sea, and by genotyping them at nuclear microsatellite loci. Additional sequences retrieved from GenBank, from the Atlantic

SUMMURY

and the Levantine Basin in the case of *S. canicula*, and from South Africa and Aegean in the case of *S. blainville* were included in the mitochondrial DNA (mtDNA) analysis.

In *S. canicula*, the nonhomogeneous geographical distribution of both haplotypes of the fragment (590 bp) of the mtDNA COI gene that were identified out of 431 individuals and the alleles of 12 polymorphic microsatellite loci out of 834 individuals, was a strong evidence of the presence of genetic structure. This was confirmed by all relevant analyses and it was especially pronounced in the phylogeographic structure of the mtDNA haplotypes, where a central ancestral haplotype was found in all population samples, while the derived haplotypes were present either in the western Mediterranean (Balearics, Algeria)/Atlantic or in the eastern Mediterranean (Ionian, Cretan, Myrtoan and north Aegean Seas, Cyclades, Saronikos, north Evoikos and Corinthian Gulfs). The species' genetic subdivision between the western and eastern Mediterranean basins seemed to reflect their geographic isolation, with deep waters constituting a strong barrier to its dispersal. An exception to this pattern was the Levantine Basin, which shared haplotypes with both the aforementioned areas. Further genetic differentiation, but only at nuclear level, was observed within the western (Balearics vs Algeria) and eastern (Ionian Sea and Corinthian Gulf vs all Aegean samples) Mediterranean. The Ionian and Corinthian samples had an intermediate position between the western Mediterranean and the Aegean in the nuclear microsatellite analysis, but not in the mtDNA analysis, as they shared haplotypes (apart from the central) only with the Aegean sample. Lower, but statistically significant genetic differentiation was found between the Ionian and Corinthian samples, based on both markers, which is probably attributed to their connection through the relatively shallow Patraikos Gulf. Contrasting patterns of demographic history of *S. canicula* were detected in different areas. In the western Mediterranean/Atlantic, a pattern of sudden population growth was detected that started in the Middle Pleistocene. On the other hand, the species exhibited a pattern of slight declining population size in the Aegean Sea and a slight increasing trend in the Ionian Sea. These spatial differences in the demographic history of *S. canicula* probably reflect the different degree that these areas were influenced during the Pleistocene. The current findings suggest that *S. canicula* exhibits several genetic stocks in the Mediterranean, although further study is needed for their precise identification and delineation.

The genetic diversity was homogeneously distributed in the population samples of *S. blainville* from the Ionian, Libyan, Cretan and north Aegean Seas, Cyclades, Saronikos Gulf and South Africa (only for mtDNA). The presence of genetic panmixia was confirmed based on the polymorphisms of both haplotypes of a fragment (590 bp) of the mtDNA COI gene out of 112 individuals and the alleles of 6 polymorphic microsatellite loci out of 577 individuals. Probably, *S. blainville* has a high dispersal potential similarly to others squalids in which abyssal depths and great distances did not, by themselves, constitute barriers to gene flow. On the other hand, the different patterns of genetic structure exhibited by the examined species seemed to reflect their differences in biology and ecology. However, the analysis of more samples using more molecular markers is needed to confirm these assumptions.

The accumulation pattern of the total Hg, Cd, Cu, Fe and Zn was studied in the muscle, liver, gills and gonads of *S. canicula* and *S. blainville*. Various factors seemed to affect the tissues' metal content. The heavy metal distribution among the tissues was common between the species and seemed to be mainly correlated with the function of the organs and their

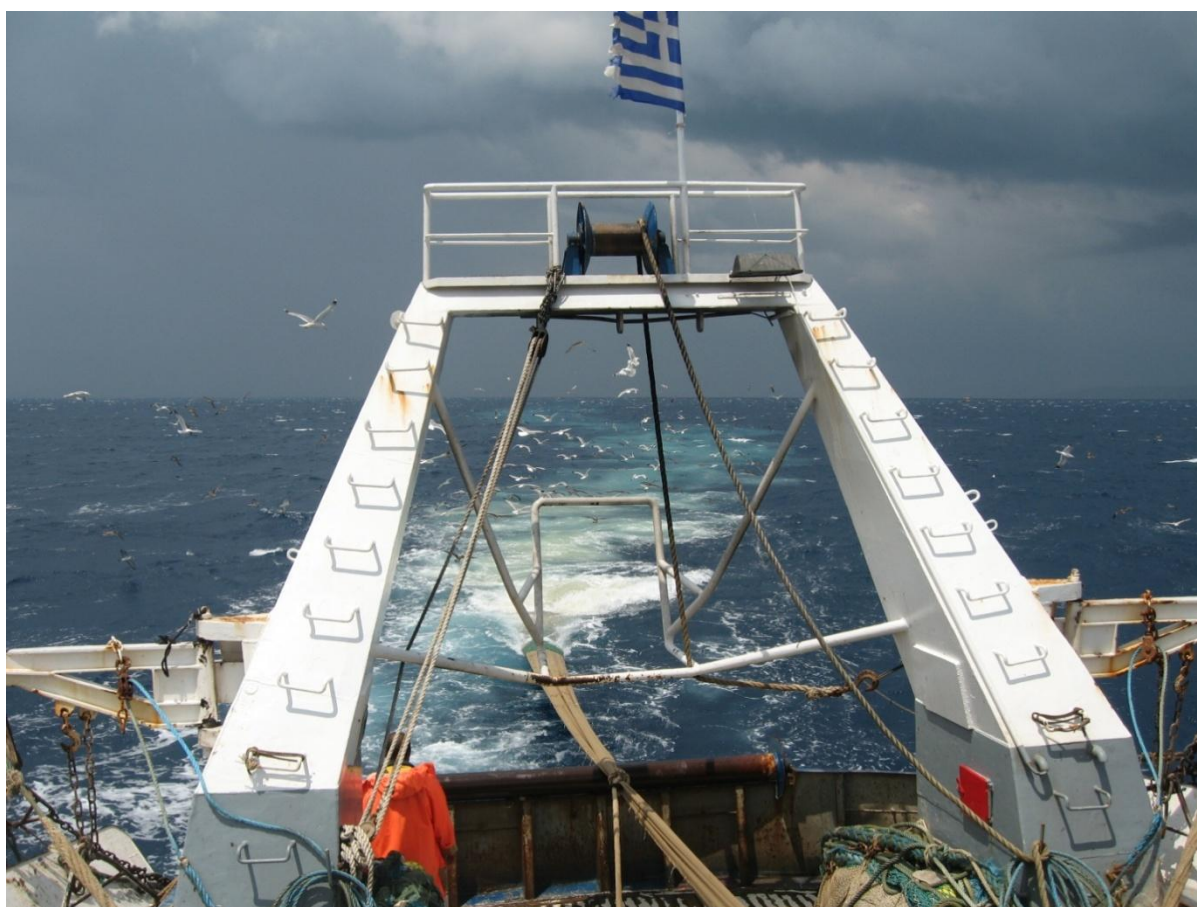
affinity for the various elements. In both species, the relationship between heavy metal concentrations and body length was affected by the element or tissue. Sex affected significantly the tissues' metal content only in *S. blainville*, while sexual maturity seemed to affect the metal burden of both species. The between-species differentiation in the metal content of the tissues probably reflects respective differences in food habits, growth rate, physiology and ecology.

The geographical variation of the species' metal burden indicated a significant Hg pollution in the Ionian Sea, as well as high levels of Hg and Cd in the north Evoikos Gulf and in the Aegean, Myrtoan and Cretan Seas. The exceptionally high levels of Fe found in *S. canicula*'s gills from north Evoikos Gulf are probably correlated to the discharge of the iron-rich wastes from the ferro-nickel smelting plant operating in this area. Moreover, the high levels of Fe in *S. canicula*'s gills from the Corinthian Gulf are probably attributed to the dumping of the metalliferous red mud from the industrial extraction of aluminum from bauxite taking place in the Gulf in Antikyra where the samples were collected.

Based on the daily mineral intake (DMI%) of the essential metals Cu, Fe και Zn through the consumption of the studied species, it was shown that a portion of 100 g contains very low levels of these elements. Cadmium concentration in the edible tissue of both species and Zn concentration only in *S. blainville* exceeded the maximum permitted levels in few samples, while Cu and Fe were found within the safe limits. On the contrary, Hg concentration exceeded the maximum permitted limit in 65.9% and 83% muscle tissue samples of *S. canicula* and *S. blainville*, respectively. Comparing the estimated daily intake (EDI) of Hg with its international standards for safe consumption, the provisional tolerable daily intake (PTDI) and the recommended reference dose (RfD), showed that the often consumption of both species, and at greater extent of *S. blainville*, poses at high toxicological risk the health of an average Greek consumer. The Maximum Possible Consumption of Fish (MPCF) for an average body weight of 70 kg varied, depending on the location, from 0.12 to 0.58 kg in the case of *S. canicula* and from 0.07 to 0.21 kg in the case of *S. blainville*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γενική Εισαγωγή



**Δειγματοληψία στο ΒΑ Αιγαίο (Νήσος Ψαρά, Δεκέμβριος 2009)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)**

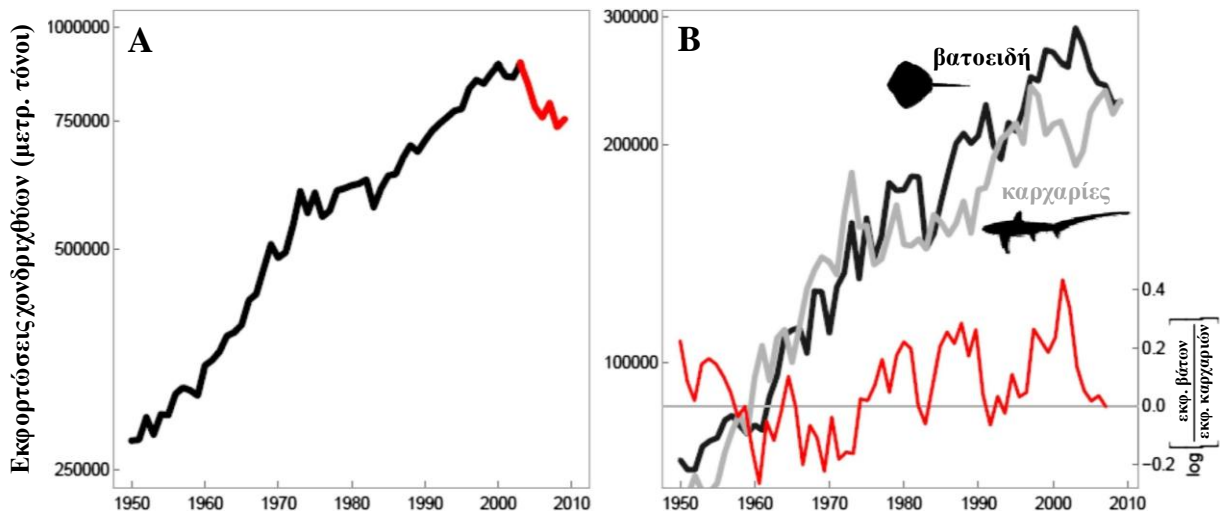
1.1 Κατάσταση διατήρησης των Χονδριχθύων

Οι Χονδριχθύες διαδραματίζουν σημαντικό οικολογικό ρόλο για τη διατήρηση της ισορροπίας του θαλάσσιου οικοσυστήματος, ενώ παράλληλα συνιστούν έναν από τους μεγαλύτερους αλιευτικούς πόρους στον κόσμο (FAO 2014). Συνήθως, συλλαμβάνονται ως παρεμπύπτοντα αλιεύματα (by-catch) κατά την εμπορική αλιεία των περισσότερο παραγωγικών Οστειχθύων, όπως του τόνου και του μπακαλιάρου (Stevens *et al.* 2000). Ωστόσο, η περιορισμένη πρόσβαση στα αποθέματα των Οστειχθύων, εξαιτίας της μείωσης τους ή της εφαρμογής διαχειριστικών μέτρων, σε συνδυασμό με την ολοένα και αυξανόμενη οικονομική αξία των Χονδριχθύων (π.χ. Clarke *et al.* 2007, Lack & Sant 2009), οδήγησε στην υπεραλίευση των αποθεμάτων τους, και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό στη Μεσόγειο Θάλασσα και στον Ινδοειρηνικό Ωκεανό (Dulvy *et al.* 2014).

Αν και η υπεραλίευση των Χονδριχθύων μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευση των θαλάσσιων τροφικών πλεγμάτων (Stevens *et al.* 2000, Mumby *et al.* 2006, Heithaus *et al.* 2008) με δραματικές συνέπειες στη λειτουργία των οικοσυστημάτων (Myers *et al.* 2007), η ανάπτυξη της αλιείας σε παγκόσμια κλίμακα οδήγησε αρκετά είδη σε απειλή, κυρίως εξαιτίας των εγγενών χαρακτηριστικών τους (Worm *et al.* 2013). Σε γενικές γραμμές, η υπεραλίευση μπορεί να αποτελέσει απειλή για οποιοδήποτε είδος, αλλά σε μεγαλύτερο βαθμό για τους Χονδριχθύς, καθώς παρουσιάζουν καθυστερημένη ωρίμαση, παρατεταμένη κυοφορία, χαμηλή γονιμότητα, αργό ρυθμό αύξησης και μεγάλη διάρκεια ζωής, χαρακτηριστικά που τους προσδίδουν μικρή ικανότητα πληθυσμιακής ανάκαμψης και τους καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτους έπειτα από κάποιο συμβάν υπεραλίευσης (Fowler *et al.* 2002). Επίσης, αρκετά είδη έχουν μεγάλο εύρος εξάπλωσης και συχνά απαντούν σε ύδατα που ανήκουν σε περισσότερα από ένα έθνος, με αποτέλεσμα οι προσπάθειες για την προστασία τους να απαιτούν διεθνή συντονισμό (Bradley & Gaines 2014). Τέλος, η ελλιπής γνώση σχετικά με τη βιολογία και την οικολογία τους, καθώς και με τον αριθμό και τα γεωγραφικά όρια των πληθυσμιακών τους αποθεμάτων είναι συχνά ένας από τους λόγους της ανεπιτυχούς εφαρμογής μέτρων για τη διατήρησή τους (Cavanagh & Gibson 2007).

Αρκετά είδη Χονδριχθύων έχουν υποστεί σημαντική μείωση των αποθεμάτων τους. Για παράδειγμα, το σαλάχι *Dipturus laevis* απειλείται με εξαφάνιση στο βορειοανατολικό Ατλαντικό, εξαιτίας της υψηλής θνησιμότητάς του ως παρεμπύπτον είδος κατά την εμπορική αλιεία του μπακαλιάρου (Casey & Myers 1998). Από την άλλη πλευρά, η στοχευόμενη αλιεία (targeted fishery) του δοντά *Galeorhinus galeus* στη νότια Αυστραλία οδήγησε σε μείωση κατά 84% της βιομάζας των ώριμων ατόμων του είδους (Punt & Walker 1998).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization, FAO 2010a), έπειτα από τη σταθερή αύξηση των εκφορτώσεων των Χονδριχθύων μέχρι το 2003, παρατηρήθηκε μείωση κατά 20% για την οποία δεν έχει αποσαφηνιστεί αν ευθύνεται η εφαρμογή περισσότερο αποτελεσματικών διαχειριστικών μέτρων ή η υπεραλίευση (Εικόνα 1.1). Βέβαια, εκτιμάται ότι το σύνολο των καταγεγραμμένων αλιευμάτων είναι κατά τρεις έως τέσσερις φορές μικρότερο από το πραγματικό (Clarke *et al.* 2006, Worm *et al.* 2013). Βασική αιτία είναι ότι τα περισσότερα είδη Χονδριχθύων αλιεύονται ανεξέλεγκτα και συχνά δεν αναγνωρίζονται ταξινομικά σωστά, δεν καταγράφονται ή απορρίπτονται στη θάλασσα. Ως αποτέλεσμα, τα δεδομένα που προκύπτουν από τις αλιευτικές εκφορτώσεις σε επίπεδο είδους είναι ελλιπή (Barker & Schluessel 2005, Clarke *et al.* 2006, Iglésias *et al.* 2010, Bornatowski *et al.* 2013).



Εικόνα 1.1 Εκφορτώσεις Χονδριχθύων σε μετρικούς τόνους (t) με βάση τα επίσημα στοιχεία του FAO από το 1950 έως το 2009 για το σύνολό τους (A) και ξεχωριστά για τους καρχαρίες (γκρι γραμμή) και τα βατοειδή (μαύρη γραμμή) (B) (Dulvy *et al.* 2014)

Σύμφωνα με την Κόκκινη Λίστα Απειλούμενων Ειδών της Διεθνούς Ένωσης για τη Διατήρηση της Φύσης (International Union for Conservation of Nature, IUCN), το μεγαλύτερο ποσοστό (19,9%) των απειλούμενων ειδών Χονδριχθύων αφορά στα βατοειδή (Πίνακας 1.1), ενώ περίπου το 1/4 αφορά στα παράκτια είδη που δέχονται τη συνδυαστική επίδραση της αλιείας και της υποβάθμισης του θαλάσσιου περιβάλλοντος λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (π.χ. ρύπανση, κατακερματισμός ενδιαιτήματος κ.λπ.) (Πίνακας 1.2). Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την κατανομή και την κατάσταση των αποθεμάτων 487 ειδών Χονδριχθύων, γεγονός που ενέχει ένα μεγαλύτερο κίνδυνο για τα συγκεκριμένα είδη και παράλληλα αποτελεί πρόκληση για μελλοντικές προσπάθειες αξιολόγησης (Dulvy *et al.* 2014).

ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

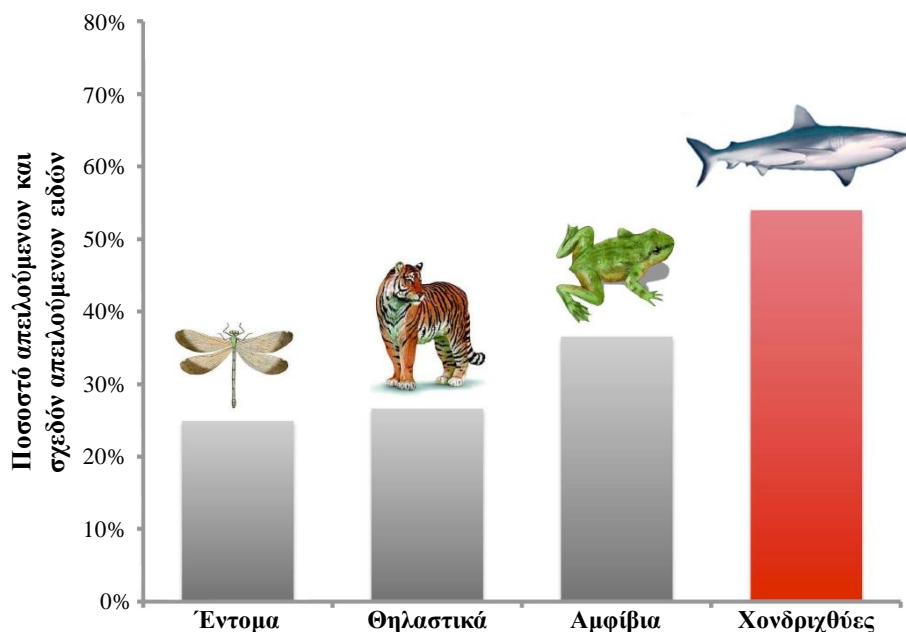
Πίνακας 1.1 Αριθμός (N) και ποσοστό (%) ειδών, απειλούμενων ειδών και ειδών ανά ομάδα Χονδριχθύων που έχουν ταξινομηθεί στις κατηγορίες της IUCN: CR (Critically Endangered), κρίσιμα κινδυνεύον; EN (Endangered), κινδυνεύον; VU (Vulnerable), ευάλωτο; NT (Near Threatened), σχεδόν απειλούμενο; LC (Least Concern), ελάχιστης ανησυχίας; DD (Data Deficient), είδος για το οποίο υπάρχουν αναρπική στοιχεία. Τα απειλούμενα είδη τονίζονται με γκρι χρώμα (Dulvy *et al.* 2014)

Ομάδα Χονδριχθύων	Είδη N (%)	Απειλ/να N (%)	CR N (%)	EN N (%)	VU N (%)	NT N (%)	LC N (%)	DD N (%)
Καρχαρίες	465 (44,7)	74 (15,9)	11 (1,1)	15 (1,4)	48 (4,6)	67 (6,4)	115 (11)	209 (20,1)
Βατοειδή	539 (51,8)	107 (19,9)	14 (1,3)	28 (2,7)	65 (6,2)	62 (6,0)	114 (11)	256 (24,6)
Χίμαιρες	37 (3,6)	0	0	0	0	3 (0,3)	12 (1,2)	22 (2,1)
Σύνολο	1.041	181 (17,4)	25 (2,4)	43 (4,1)	113 (10,9)	132 (12,7)	241 (23,2)	487 (46,8)

Πίνακας 1.2 Αριθμός (N) και ποσοστό (%) ειδών, απειλούμενων ειδών και ειδών Χονδριχθύων ανά είδος ενδιαίτηματος που έχουν ταξινομηθεί στις κατηγορίες της IUCN. Τα απειλούμενα είδη τονίζονται με γκρι χρώμα (Dulvy *et al.* 2014). Για επεξήγηση συμβόλων βλ. Πίνακα 1.1

Ενδιαίτημα	Είδη N (%)	Απειλ/να N (%)	CR N (%)	EN N (%)	VU N (%)	NT N (%)	LC N (%)	DD N (%)
Παράκτια, υφαλοκρηπίδα	482 (46,3)	127 (26,3)	20 (4,1)	26 (5,4)	81 (16,8)	73 (15,1)	97 (20,1)	185 (38,4)
Νηριτική/επιπελαγική ζώνη	39 (3,7)	17 (43,6)	0	3 (7,7)	14 (35,9)	13 (33,3)	5 (12,8)	4 (10,3)
Βαθιά νερά	479 (46,0)	25 (5,2)	2 (0,4)	6 (1,3)	17 (3,5)	45 (9,4)	133 (27,8)	276 (57,6)
Μεσοπελαγική ζώνη	8 (0,8)	0	0	0	0	0	4 (50,0)	4 (50,0)
Γλυκά νερά	33 (3,2)	12 (36,4)	3 (9,1)	8 (24,2)	1 (3,0)	1 (3,0)	2 (6,1)	18 (54,5)
Σύνολο	1.041	181 (17,4)	25 (2,4)	43 (4,1)	113 (10,9)	132 (12,7)	241 (23,2)	487 (46,8)

Πρόσφατα, οι Dulvy *et al.* (2014), με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά (μέγιστο μήκος, ενδιαίτημα, βάθος κατανομής και γεωγραφική εξάπλωση) των καταχωρημένων ειδών Χονδριχθύων στην Κόκκινη Λίστα της IUCN, πρόβλεψαν ότι 562 είδη (53,9% επί του συνόλου), δηλαδή περισσότερα από τα μισά υπάρχοντα είδη Χονδριχθύων, διατρέχουν κίνδυνο εξαφάνισης, και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό από τα έντομα, τα θηλαστικά και τα αμφίβια. Αναλυτικότερα, 249 (23,9% επί του συνόλου) και 312 είδη (29,9% επί του συνόλου) προβλέφτηκε ότι είναι απειλούμενα (CR, EN και VU) και σχεδόν απειλούμενα (NT), αντίστοιχα (Dulvy *et al.* 2014). Από την άλλη πλευρά, 1.148 είδη εντόμων (24,9% επί του συνόλου), 1.467 είδη θηλαστικών (26,6% επί του συνόλου) και 2.339 είδη αμφίβιων (36,5% επί του συνόλου) χαρακτηρίστηκαν ως απειλούμενα ή σχεδόν απειλούμενα (Εικόνα 1.2) (Bradley & Gaines 2014).



Εικόνα 1.2 Ποσοστό απειλούμενων (CR, EN και VU) και σχεδόν απειλούμενων (NT) ειδών εντόμων, θηλαστικών, αμφίβιων και χονδριχθύων σύμφωνα με την IUCN (Bradley & Gaines 2014)

Εστιάζοντας στην περιοχή της Μεσογείου, οι Χονδριχθύες συνιστούν σημαντικό παρεμπόδιση κατά την εμπορική αλιεία Οστέιχθύων, σπάνια οι αλιευτικές προσπάθειες στοχεύουν σε Χονδριχθύς, αλλά συνήθως σχεδόν όλα τα είδη Χονδριχθύων που συλλαμβάνονται προωθούνται στο εμπόριο (Bradai *et al.* 2012). Σε αυτήν την περιοχή, οι καταγεγραμμένες εκφορτώσεις των Χονδριχθύων αυξήθηκαν από 10.000 σε 25.000 t από το 1970 έως το 1985, μειώθηκαν στους 10.000 t το 2000, ενώ σήμερα κυμαίνονται στους 7.000 t, αποτελώντας περίπου 1–2% των συνολικών αλιευτικών εκφορτώσεων (Bradai *et al.* 2012). Ιστορικά στοιχεία αποκαλύπτουν δραματική μείωση (κατά 97%) στα αποθέματα των μεγάλων πελαγικών καρχαριών τα τελευταία 200 χρόνια (Ferretti *et al.* 2008). Ο ημίκλειστος χαρακτήρας της λεκάνης της Μεσογείου, η εντατικοποίηση της αλιευτικής προσπάθειας και οι ανθρώπινες δραστηριότητες κατά μήκος των ακτών της, που προκαλούν υποβάθμιση του περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με τα εγγενή χαρακτηριστικά των Χονδριχθύων, αποτελούν τις κύριες αιτίες που οι πληθυσμοί των Χονδριχθύων στη Μεσόγειο πιθανώς αντιμετωπίζουν το χειρότερο σενάριο από οποιοδήποτε άλλη θαλάσσια περιοχή (Walker *et al.* 2005).

Από τα 85 καταγεγραμμένα είδη Χονδριχθύων στη Μεσόγειο, τα 71 έχουν αξιολογηθεί σύμφωνα με τα κριτήρια της Κόκκινης Λίστας Απειλούμενων Ειδών της IUCN, από τα οποία 30 είδη (42,2%) έχουν χαρακτηριστεί ως απειλούμενα (CR, EN και VU), 13 είδη (18,3%) ως σχεδόν απειλούμενα (NT) και 10 είδη (14%) ως ελάχιστης ανησυχίας (LC), ενώ για 18 είδη (25,4%) υπάρχουν ελλιπή δεδομένα (DD) (Cavanagh & Gibson 2007). Ειδικότερα, στις Ελληνικές Θάλασσες, έχουν καταγραφεί 63 είδη Χονδριχθύων από τα οποία 31 είναι

ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

καρχαρίες, 31 είναι βατοειδή και μόλις ένα είδος ανήκει στις χίμαιρες (Οικονομίδης 1973, Παπακωνσταντίνου 1988). Η λίστα αυτών των ειδών και η αξιολόγησή τους βάσει της IUCN (2014) παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3 Είδη Χονδριχθών των Ελληνικών Θαλασσών. Παρουσιάζεται η ταξινόμησή τους στις κατηγορίες της IUCN (2014): CR (Critically Endangered), κρίσιμα κινδυνεύον; EN (Endangered), κινδυνεύον; VU (Vulnerable), ευάλωτο; NT (Near Threatened), σχεδόν απειλούμενο; LC (Least Concern), ελάχιστης ανησυχίας; DD (Data Deficient), είδος για το οποίο υπάρχουν ανεπαρκή στοιχεία; NE (Not Evaluated), είδος που δεν έχει αξιολογηθεί. Ο βαθμός απειλής για τον άνθρωπο συμβολίζεται με διαφορετικό χρώμα: κόκκινο, ικανό για πρόκληση τραυμάτων; πράσινο, ακίνδυνο; πορτοκαλί, δηλητηριώδες. Η εγκυρότητα του επιστημονικού και κοινού ονόματος κάθε είδους επιβεβαιώθηκε με βάση τη FishBase (<http://www.fishbase.org>, Froese & Pauly 2014)

Επιστημονική ονομασία	Κοινό όνομα	IUCN κατάταξη
Καρχαρίες		
<i>Alopias vulpinus</i> (Bonnaterre 1788)	αλεπόσκυλος	VU
<i>Carcharhinus brevipinna</i> (Muller & Henle 1841)	κοντόφτερος καρχαρίας	NT
<i>Carcharhinus plumpeus</i> (Nardo 1827)	σταχτοκαρχαρίας	VU
<i>Carcharias taurus</i> (Rafinesque 1810)	ταυροκαρχαρίας	VU
<i>Carcharodon carcharias</i> (Linnaeus 1758)	λευκός καρχαρίας ή μεγάλευκος	VU
<i>Centrophorus granulosus</i> (Bloch & Schneider 1801)	κοκκοκεντροφόρος ή κεντρόνι	VU
<i>Cetorhinus maximus</i> (Gunnerus 1765)	σαπουνάς	VU
<i>Dalatias licha</i> (Bonnaterre 1788)	σκυμοσκυλόψαρο	NT
<i>Deania calcea</i> (Lowe 1839)	κεντρόνι	LC
<i>Echinorhinus brucus</i> (Bonnaterre 1788)	αχινισκυλόψαρο ή καβουρομάνα	DD
<i>Etmopterus spinax</i> (Linnaeus 1758)	μαυροαγκαθίτης	LC
<i>Galeorhinus galeus</i> (Linnaeus 1758)	δοντάς, δροσίτης, σκυλόψαρο ή σκυλογαλέος	VU
<i>Galeus melastomus</i> (Rafinesque 1810)	γαλέος ή μελανόστομος καρχαρίας	LC
<i>Heptanchias perlo</i> (Bonnaterre 1788)	εφτακαρχαρίας ή αλέτρι	NT
<i>Hexanchus griseus</i> (Bonnaterre 1788)	εξακαρχαρίας ή αλέτρι	NT
<i>Isurus oxyrinchus</i> (Rafinesque 1810)	οξύρρυγχος καρχαρίας ή ρυγχοκαρχαρίας	VU
<i>Lamna nasus</i> (Bonnaterre 1788)	λάμινα ή λάμια	VU
<i>Mustelus asterias</i> (Cloquet 1819)	δροσίτης, αστρογαλέος ή γαλέος	LC
<i>Mustelus mustelus</i> (Linnaeus 1758)	δροσίτης, γκριζογαλέος ή γαλέος	VU
<i>Mustelus punctulatus</i> (Risso 1826)	δροσίτης, στικτογαλέος ή γαλέος	DD
<i>Odontaspis ferox</i> (Risso 1810)	αγριοκαρχαρίας ή σκυλόψαρο	VU
<i>Oxynotus centrina</i> (Linnaeus 1758)	οξύνωτος, γουρουνόψαρο, αχινόγατος ή κεντρόνι	VU
<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus 1758)	γαλάζιος καρχαρίας ή γλαυκοκαρχαρίας	NT
<i>Rhizoprionodon acutus</i> (Ruppel 1835)	πριονοδοντοκαρχαρίας	LC
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus 1758)	γάτος, κατσουλίνι ή σκυλόψαρο	LC
<i>Scyliorhinus stellaris</i> (Linnaeus 1758)	γάτος, γατάκι, σκυλάκι ή σκυλόψαρο	NT
<i>Somniosus rostratus</i> (Risso 1810)	λαίμαργος καρχαρίας	DD
<i>Sphyrna tudes</i> (Valenciennes 1822)	ζύγαινα, πατερίτσα, δεκανίκι, προπέλα, σφύρνα	VU
<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus 1758)	ζύγαινα, πατερίτσα, δεκανίκι, προπέλα, σφύρνα	VU
<i>Squalus acanthias</i> (Linnaeus 1758)	κεντρόνι, στικτοκεντρόνι ή κοκκαλάς	VU
<i>Squalus blainville</i> (Risso 1827)	κεντρόνι, γκριζοκεντρόνι ή κοκκαλάς	DD
Βατοειδή		
<i>Dasyatis centroura</i> (Mitchill 1815)	τρυγόνα, ακανθοτρυγόνα, μούντριζα ή μούτρουβα	LC
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus 1758)	τρυγόνα, βατοτρυγόνα, μούντριζα ή μούτρουβα	DD
<i>Dasyatis tortonesei</i> (Capape 1977)	τρυγόνα, μούντριζα ή μούτρουβα	DD

Πίνακας 1.3 (τέλος)		
Επιστημονική ονομασία	Κοινό όνομα	IUCN κατάταξη
Βατοειδή		
<i>Dipturus batis</i> (Linnaeus 1758)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βατί, βάτος ή γκριζόβατος	CR
<i>Dipturus oxyrinchus</i> (Linnaeus 1758)	ράγια, αετός ή σαλάχι	NT
<i>Gymnura altavela</i> (Linnaeus 1758)	σαλάχι πλατύπτερο ή πλατυσέλαχο	VU
<i>Leucoraja circularis</i> (Couch 1839)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, στρογγυλόβατος ή σαλάχι	VU
<i>Leucoraja fullonica</i> (Linnaeus 1758)	ράγια, ρίνα, ράτσα, ακανθόβατος ή μπαστανάκα	NT
<i>Leucoraja naevus</i> (Muller & Henle 1841)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, ψηφιδόβατος ή σαλάχι	LC
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre 1788)	διάβολος, διαβολόψαρο ή κερατάς	EN
<i>Myliobatis aquila</i> (Linnaeus 1785)	αετός, αετόψαρο, χελιδόνα ή χελιδόνι	DD
<i>Pteromylaeus bovinus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire 1817)	αετός, ρυγγαετόψαρο, χελιδόνα ή χελιδόνι	DD
<i>Pteroplatytrygon violacea</i> (Bonaparte 1832)	τρυγόνα, γλαυκοτρυγόνα, μούντριζα ή μούτρουβα	LC
<i>Raja asterias</i> (Delaroche 1809)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, αστρόβατος ή σαλάχι	LC
<i>Raja brachyura</i> (Lafont 1873)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, ξανθόβατος ή σαλάχι	NT
<i>Raja clavata</i> (Linnaeus 1758)	ράγια, ρίνα, ράτσα, καλκανόβατος ή καρκαβάκα	NT
<i>Raja miraletus</i> (Linnaeus 1758)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, ματόβατος ή σαλάχι	LC
<i>Raja montagui</i> (Fowler 1910)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, κηλιδόβατος ή σαλάχι	LC
<i>Raja polystigma</i> (Regan 1923)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, στικτόβατος ή σαλάχι	NT
<i>Raja radula</i> (Delaroche 1809)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, τραχύβατος ή σαλάχι	DD
<i>Raja undulata</i> (Lacepede 1802)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, κυματόβατος ή σαλάχι	EN
<i>Rhinobatos cemiculus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire 1817)	μαυρορινόβατος ή κιθάρα	EN
<i>Rhinobatos rhinobatos</i> (Linnaeus 1758)	ρινόβατος, καλκάνι, ρίνα, άγγελος ή σαλάχι	EN
<i>Rhinoptera marginata</i> (Geoffroy Saint-Hilaire 1817)	ριναετόψαρο	NT
<i>Rostroraja alba</i> (Lacapède 1803)	ράγια, ρίνα, ράτσα, βάτος, λευκόβατος ή σαλάχι	EN
<i>Squatina squatina</i> (Linnaeus 1758)	ρίνα, βιολί, βιολόψαρο, άγγελος ή κούβακας	CR
<i>Squatina aculeata</i> (Cuvier 1829)	ρίνα, βιολί, βιολόψαρο, άγγελος ή ακανθορίνα	CR
<i>Squatina oculata</i> (Bonaparte 1841)	ρίνα, βιολί, βιολόψαρο, άγγελος ή ματορίνα	CR
<i>Torpedo torpedo</i> (Linnaeus 1758)	μουδιάστρα, ματομουδιάστρα ή μαργωτήρα	DD
<i>Torpedo marmorata</i> (Risso 1810)	μουδιάστρα, μαρμαρομουδιάστρα ή μαργωτήρα	DD
<i>Torpedo nobiliana</i> (Bonaparte 1835)	μουδιάστρα, μαυρομουδιάστρα ή μαργωτήρα	DD
Χίμαιρες		
<i>Chimaera monstrosa</i> (Linnaeus 1758)	γάτος, μούμπριζα ή χίμαιρα	NT

1.2 Περιγραφή του είδους *Scyliorhinus canicula*

Ο γάτος *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus 1758) ανήκει στην τάξη Carchariniiformes, μια μεγάλη και ποικιλόμορφη ομάδα καρχαριών με οκτώ οικογένειες και περισσότερα από 270 είδη. Στη Μεσόγειο έχουν καταγραφεί εκπρόσωποι των οικογενειών Carcharhinidae, Sphyrnidae και Triakidae, καθώς και τέσσερα είδη της οικογένειας Scyliorhinidae (*Galeus atlanticus*, *G. melastomus*, *Scyliorhinus canicula* και *S. stellaris*) (Compagno 1984b).

Το είδος *Scyliorhinus canicula* διαθέτει λεπτό σώμα με πολυάριθμες διάσπαρτες μικρές, σκουρόχρωμες κηλίδες. Το δέρμα του φέρει μικρά λέπια και είναι μέτρια τραχύ. Διαθέτει πέντε βραγχιακές σχισμές, δύο ραχιαία πτερύγια χωρίς άκανθες και ένα εδρικό πτερύγιο. Το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο είναι αρκετά μεγαλύτερο από το δεύτερο και ξεκινάει

ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

αρκετά πίσω από το κοιλιακό πτερύγιο. Το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο ξεκινάει αμέσως μετά το εδρικό πτερύγιο. Οι πρόσθιες ρινικές πτυχές του είναι καλά διευρυμένες και επεκτείνονται έως το στόμα, ενώ χειλικές αύλακες υπάρχουν μόνο στην κάτω γνάθο (Compagno 1984b).



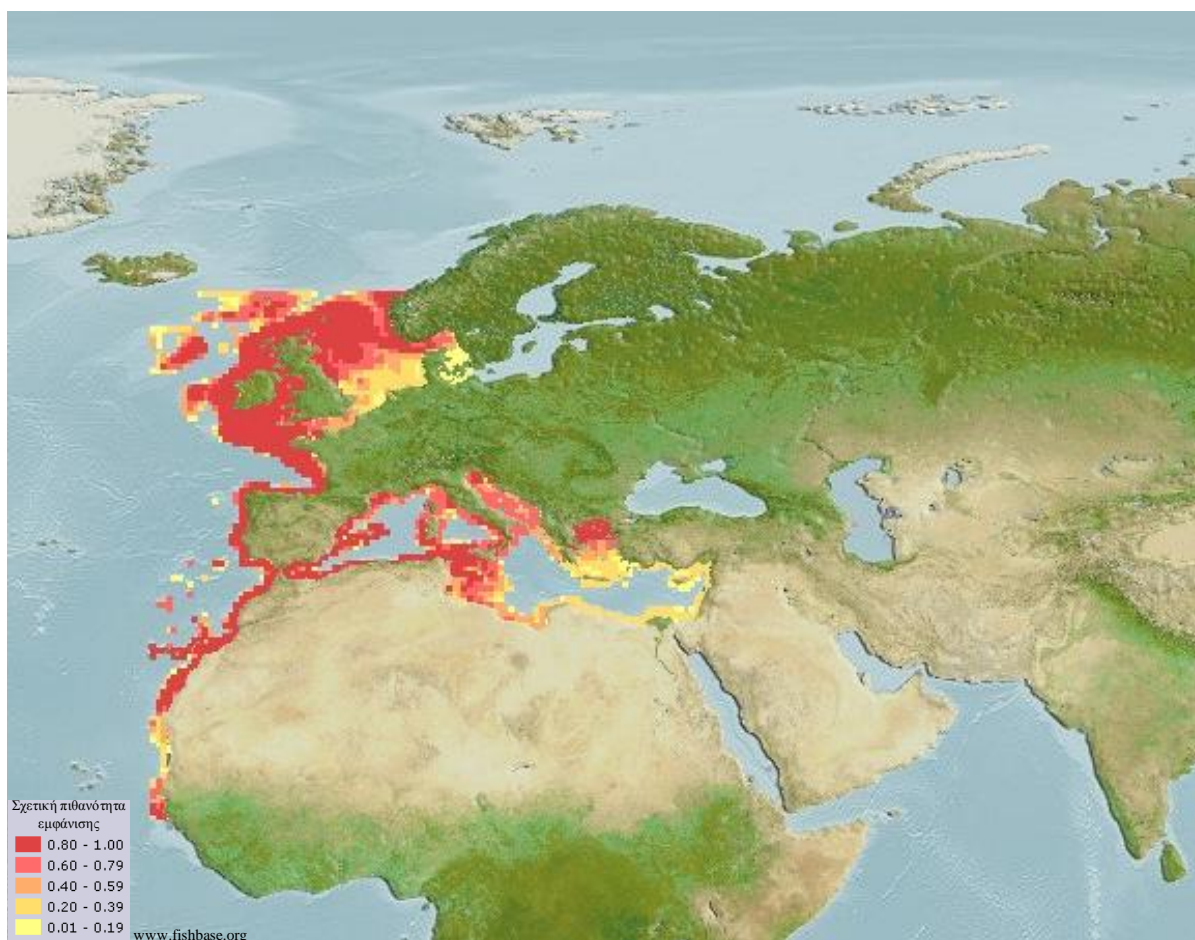
Εικόνα 1.3 Ο γάτος *Scyliorhinus canicula* (Φωτο. SP Iglésias 2011)

Η συστηματική κατάταξη του είδους σύμφωνα με τον Compagno (1984b) είναι η ακόλουθη:

- Φύλο : Χορδωτά (Chordata)
- Υποφύλο : Σπονδυλωτά (Vertebrata)
- Υπερομοταξία : Γναθόστομα (Gnathostomata)
- Ομοταξία : Χονδριχθύες (Chondrichthyes)
- Υφομοταξία : Ελασματοβράγχιοι (Elasmobranchii)
- Υπερτάξη : Γαλεόμορφα (Galeomorphi)
- Τάξη : Carchariniformes (ground sharks)
- Οικογένεια : Scyliorhinidae (catsharks)
- Γένος : *Scyliorhinus*
- Είδος : *Scyliorhinus canicula* (small-spotted catshark)

Κατανέμεται στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα και τις ανώτερες πλαγιές σε όλη τη Μεσόγειο Θάλασσα, καθώς και στο βορειοανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό, από τη Νορβηγία και τις Βρετανικές Νήσους προς τα βόρεια, έως τη Σενεγάλη και πιθανώς την Ακτή Ελεφαντοστού προς τα νότια (Compagno 1984b) (Εικόνα 1.4). Πρόκειται για έναν βενθικό καρχαρία που εμφανίζει φιλοπατρική συμπεριφορά (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998; 2004). Συχνάζει κυρίως από 200 έως 500 m βάθους (π.χ. Maravelias *et al.* 2012, Bottari *et al.* 2014), αλλά μπορεί να φτάσει μέχρι τα 900 m βάθους (Politou *et al.* 2003).

Το είδος *Scyliorhinus canicula* ανήκει στους μικρόσωμους καρχαρίες (μήκος < 1 m). Αν και το μέγιστο καταγεγραμμένο ολικό μήκος του είναι 1.000 mm (Compagno 1984b), σπάνια παρατηρούνται άτομα που ξεπερνούν τα 600 mm στη Μεσόγειο (π.χ. Kousteni *et al.* 2010) ή τα 800 mm στον Ατλαντικό (π.χ. Martinho *et al.* 2012). Η μέγιστη καταγεγραμμένη ηλικία του είδους είναι τα 17 y (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005).



Εικόνα 1.4 Χάρτης γεωγραφικής εξάπλωσης του είδους *S. canicula*

Πρόκειται για ένα ωοτόκο είδος που αναπαράγεται με εσωτερική γονιμοποίηση (Comragno 1984b). Τα θηλυκά άτομα διαθέτουν μία λειτουργική ωοθήκη (Dodd 1983). Τα έμβρυα εσωκλείονται σε προστατευτικές πρωτεϊνικές θήκες, οι οποίες αποτίθενται στον πυθμένα και συνήθως αγκιστρώνονται σε μακροφύκη και άλλες στέρεες δομές μέσω των ελασμάτων τους, όπου και παραμένουν μέχρι την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους (Wheeler 1978). Η απόθεση των θηκών γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (π.χ. Kousteni *et al.* 2010). Το μήκος των νεογέννητων ατόμων κυμαίνεται από 80 έως 100 mm (Serena 2005). Η γεννητική ωρίμαση του είδους ξεκινάει σε μικρότερα μεγέθη στη Μεσόγειο από ό,τι στον Ατλαντικό (π.χ. Leloup & Olivereau 1951).

Είναι ένας γενικευμένος θηρευτής που τρέφεται με μεγάλο εύρος λειών, δείχνοντας ιδιαίτερη προτίμηση σε Μαλάκια, Καρκινοειδή και Οστεϊχθύς, και σε μικρότερο βαθμό σε Πολύχαιτους, Εχινόδερμα και άλλους βενθικούς οργανισμούς (π.χ. Valls *et al.* 2011, Martinho *et al.* 2012). Έχει χαρακτηριστεί και ως ευκαιριακός θηρευτής που εκμεταλλεύεται τα απορριπτόμενα αλιεύματα της αλιείας με μηχανότρατα (Olaso *et al.* 2005). Το κλασματικό τροφικό του επίπεδο (TROPH) είναι ίσο με 4,22 (Cortés 1999).

ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με την Κόκκινη Λίστα Απειλούμενων Ειδών (IUCN 2014), το *Scyliorhinus canicula* έχει χαρακτηριστεί ως είδος ελάχιστης ανησυχίας (Least Concern, LC) και θεωρείται ότι δεν διατρέχει κάποιο κίνδυνο εξαφάνισης, πιθανώς εξαιτίας της ανθεκτικότητας που παρουσιάζει στην τρέχουσα αλιευτική πίεση (Cavanagh & Gibson 2007). Μελέτες έδειξαν ότι το ποσοστό επιβίωσης του είδους μετά την απόρριψή του στη θάλασσα είναι εξαιρετικά υψηλό και κυμαίνεται από 78% (Rodriguez-Cabello *et al.* 2005) έως 98% (Revill *et al.* 2005). Συνήθως, μόνο άτομα που υπερβαίνουν τα 460 mm σε μήκος κρατούνται (Pawson & Ellis 2005). Ωστόσο, σε μια πρόσφατη αξιολόγηση της κατάστασης των αποθεμάτων του, για την περίοδο 1994–2010, το είδος χαρακτηρίστηκε ως υπερεκμεταλλεύμενο (overexploited) με 61% μείωση στο ποσοστό θνησιμότητας λόγω αλιείας (fishing mortality) (Cardinale & Osio 2013). Σε ορισμένες, μάλιστα, περιοχές έχει αναφερθεί τοπική εξάντληση των αποθεμάτων του (Gibson *et al.* 2006, Carlucci *et al.* 2010).

Σε γενικές γραμμές, είναι ένα μέτρια εμπορικό είδος που συλλαμβάνεται κυρίως ως παρεμπόδιον αλιεύμα (by-catch) με αλιευτικά εργαλεία βυθού και προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, εξαγωγή ελαίου ή δόλωμα για ψάρια (Compagno 1984b). Εξαιτίας της σχετικά εύκολης διατήρησής του σε συνθήκες αιχμαλωσίας, εκτίθεται συχνά σε ενυδρεία, ενώ αρκετές χιλιάδες εμβρυικές θήκες παράγονται ετησίως σε πιστοποιημένους βιολογικούς σταθμούς για να καλυφθούν οι ανάγκες της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας που χρησιμοποιεί αυτό το είδος ως γενωμικό μοντέλο-καρχαρία (Coolen *et al.* 2009).

1.3 Περιγραφή του είδους *Squalus blainville*

Το γκριζοκεντρόνι *Squalus blainville* (Risso 1827) ανήκει στην τάξη Squaliformes που περιλαμβάνει επτά οικογένειες (Centrophoridae, Dalatiidae, Echinorhinidae, Etmopteridae, Oxynotidae, Somniosidae και Squalidae) και περισσότερα από 94 είδη. Στη Μεσόγειο Θάλασσα έχουν καταγραφεί εκπρόσωποι όλων των οικογενειών. Ωστόσο, η παρουσία των κεντρονιών *Squalus megalops* και *Centrophorus uyato* σε αυτήν την περιοχή έχει αμφισβητηθεί και χρειάζεται επιβεβαίωση (π.χ. Compagno 1984a).

Έχει χονδρό σώμα γκρι χρώματος χωρίς λευκές κηλίδες, με δύο ραχιαία πτερύγια που φέρουν άκανθες, κανένα εδρικό πτερύγιο και ετερόκερκο ουραίο πτερύγιο χωρίς εγκοπή στο τερματικό περιθώριο του άνω λοβού. Έχει πέντε βραγchiaκές σχισμές. Οι ρώθωνές του έχουν σχετικά μεγάλο δευτερεύων λοβό και είναι περισσότερο μετατοπισμένοι προς το ρύγχος παρά προς το στόμα. Το στόμα εκτείνεται πίσω από τα μάτια. Τα μάτια είναι περισσότερο μετατοπισμένα προς το ρύγχος παρά προς τις βραγchiaκές σχισμές. Το πρώτο ραχιαίο

πτερύγιο είναι πολύ ψηλό, το ύψος του ξεπερνά τα $\frac{3}{4}$ της απόστασης από την αρχή της βάσης του έως την άνω ελεύθερη άκρη του, και είναι περισσότερο πρόσθια μετατοπισμένο με την αρχή της βάσης του πάνω από την εσωτερική πλευρά του θωρακικού πτερυγίου. Το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο είναι μικρότερο από το πρώτο και το ύψος του ξεπερνά το 6% του μήκους σώματος. Η άκανθα του πρώτου ραχιαίου πτερυγίου είναι μακριά και έχει σχεδόν το ίδιο μήκος με τη βάση του πτερυγίου. Η δεύτερη άκανθα είναι μακρύτερη από την πρώτη. Η βάση του κοιλιακού πτερυγίου ισαπέχει από τη βάση κάθε ραχιαίου πτερυγίου (Compagno 1984a).

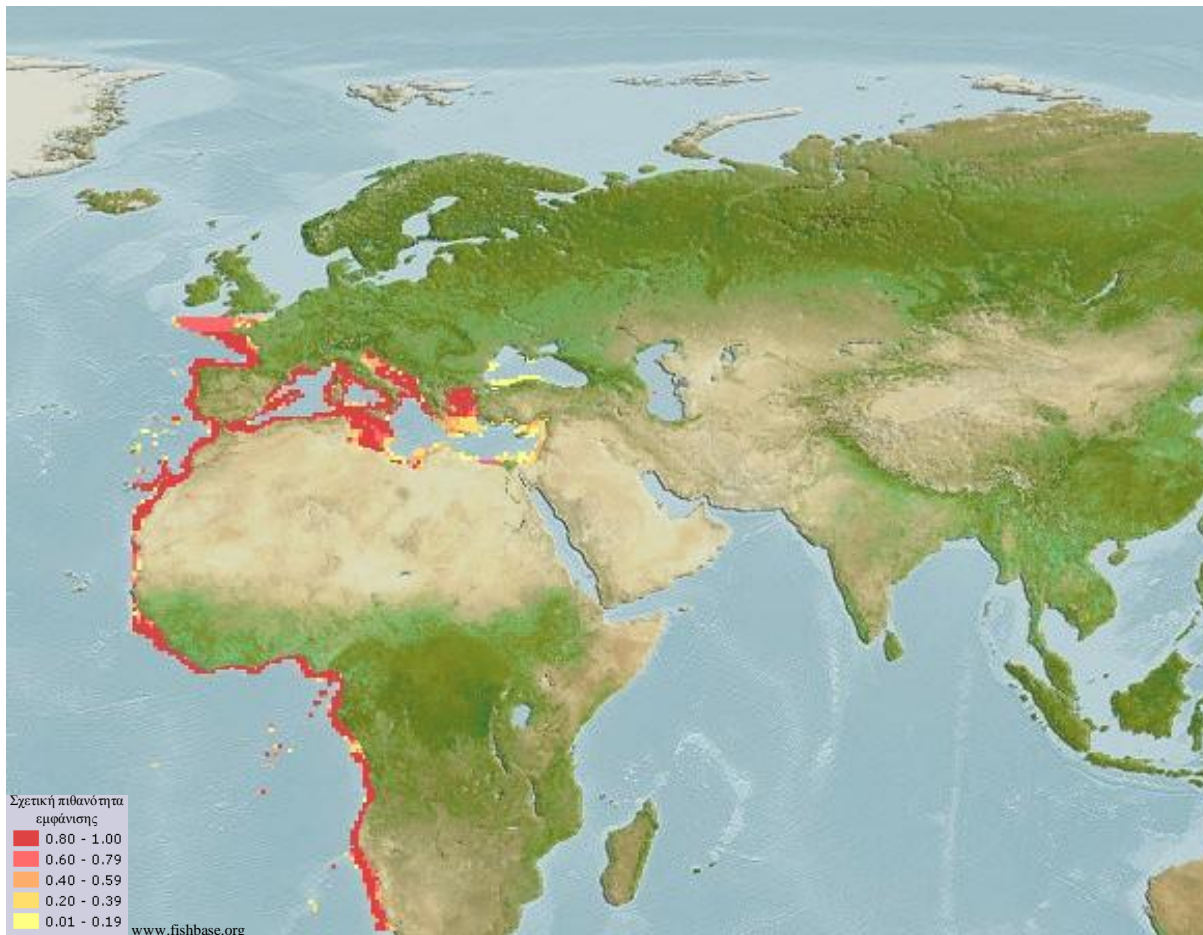


Εικόνα 1.5 Το γκριζοκεντρόνι *Squalus blainville* (Φωτο. SP Iglésias 2011)

Η συστηματική κατάταξη του είδους σύμφωνα με τον Compagno (1984a) είναι η ακόλουθη:

- Φύλο : Χορδωτά (Chordata)
 Υποφύλο : Σπονδυλωτά (Vertebrata)
 Υπερομοταξία : Γναθόστομα (Gnathostomata)
 Ομοταξία : Χονδριχθύες (Chondrichthyes)
 Υφομοταξία : Ελασματοβράγχιοι (Elasmobranchii)
 Υπερτάξη : Σκουαλόμορφα (Squalomorphi)
 Τάξη : Squaliformes (dogfish sharks)
 Οικογένεια : Squalidae (dogfish sharks)
 Γένος : *Squalus*
 Είδος : *Squalus blainville* (longnose spurdog)

Κατανέμεται σε όλη τη Μεσόγειο, συμπεριλαμβανομένης και της Μαύρης Θάλασσας, καθώς και στον ανατολικό Ατλαντικό, από το Βισκαϊκό κόλπο προς τα βόρεια έως τη Νότια Αφρική (Εικόνα 1.6). Αν και η παρουσία του έχει καταγραφεί στον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό, χρειάζεται επιβεβαίωση (Compagno *et al.* 2005). Είναι βενθοπελαγικός καρχαρίας και συχνάζει κυρίως από 300 έως 500 m βάθους (π.χ. Politou *et al.* 2003, Mytilineou *et al.* 2005), αλλά φτάνει έως τα 900 m βάθους (Politou *et al.* 2003, Sion *et al.* 2003).



Εικόνα 1.6 Χάρτης γεωγραφικής εξάπλωσης του είδους *S. blainville*

Το είδος *Squalus blainville* ανήκει στους μικρόσωμους καρχαρίες (μήκος < 1 m). Αν και το μέγιστο καταγεγραμμένο ολικό μήκος του είναι 1.216 mm (Ismen *et al.* 2009), σπάνια ξεπερνά τα 800 mm είτε στη Μεσόγειο (π.χ. Kousteni & Megalofonou 2011) ή στον Ατλαντικό (π.χ. Martinho *et al.* 2012). Τα θηλυκά άτομα φτάνουν σε μεγαλύτερα μεγέθη από ό,τι τα αρσενικά και παρουσιάζουν καθυστερημένη ωρίμαση σε σχέση με αυτά (π.χ. Marouani *et al.* 2012). Έχει εξαιρετικά αργό ρυθμό αύξησης και η μέγιστη καταγεγραμμένη ηλικία του είναι τα 28 y (Kousteni & Megalofonou 2015).

Είναι ωοζωοτόκο είδος και αναπαράγεται με εσωτερική γονιμοποίηση (Compagno 1984a). Τα θηλυκά άτομα φέρουν δύο λειτουργικές ωοθήκες (Kousteni & Megalofonou 2011). Η αναπαραγωγική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (π.χ. Quignard 1971, Cannizzaro *et al.* 1995). Το μήκος των νεογέννητων ατόμων κυμαίνεται από 180 έως 240 mm (π.χ. Quignard 1971, Kousteni & Megalofonou 2011).

Είναι ένας ευκαιριακός, γενικευμένος θηρευτής που τρέφεται με ποικιλία βενθικών οργανισμών, δείχνοντας ιδιαίτερη προτίμηση σε Καρκινοειδή και Οστεϊχθύς (π.χ. Martinho *et al.* 2012). Το κλασματικό τροφικό του επίπεδο (TROPH) είναι ίσο με 4,42 (Cortés 1999).

Πρόκειται για ένα εμπορικό είδος (Compagno 1984a). Στη Μεσόγειο Θάλασσα, είναι ένα από τα ελάχιστα μελετημένα είδη Χονδριχθών, αν και συλλαμβάνεται συχνά ως παρεμπόδιον αλίευμα με μηχανότρατα βυθού (Damalas & Vassilopoulou 2011). Μάλιστα, σύμφωνα με την Κόκκινη Λίστα Απειλούμενων Ειδών (IUCN 2014), το *Squalus blainville* κατατάσσεται στα είδη για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα αφθονίας και κατανομής ώστε να γίνει αποτίμηση του κινδύνου εξαφάνισής του (Data Deficient, DD).

1.5 Σκοπός της διατριβής

Η παρούσα διατριβή, η οποία είναι η πρώτη που εκπονείται για τους βενθικούς καρχαρίες *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* (σύμφωνα με το Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών του Εθνικού Κέντρου Τεκμηρίωσης), έρχεται να καλύψει ένα μεγάλο βιβλιογραφικό κενό σχετικά με θέματα αλιευτικής βιολογίας, γενετικής ποικιλότητας και ρύπανσης από βαρέα μέταλλα. Στο πλαίσιο αυτού του στόχου, μελετήθηκε η αναλογία των φύλων, οι κατανομές μεγεθών, οι σχέσεις μήκους-βάρους, η μορφομετρία, η ηλικία, η αύξηση, η αναπαραγωγή και η σύνθεση (ποιοτική και ποσοτική) της διατροφής αυτών των ειδών στις Ελληνικές Θάλασσες. Επίσης, χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικούς τύπους μοριακών δεικτών, εκτιμήθηκε το εύρος της γενετικής ποικιλότητας και διερευνήθηκε η παρουσία γεωγραφικών προτύπων διαφοροποίησης των φυσικών πληθυσμών τους στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Παράλληλα, έγινε προσπάθεια να ερμηνευτούν τα σύγχρονα φυλογεωγραφικά τους πρότυπα και διερευνήθηκε η δημογραφική τους ιστορία. Τέλος, αφού μελετήθηκε το συσσωρευτικό πρότυπο των βαρέων μετάλλων Hg, Cd, Cu, Fe και Zn σε διαφορετικούς ιστούς (μυϊκός ιστός, ήπαρ, γονάδες και βράγχια) των ειδών, διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο αυτό καθορίζεται από το φύλο, την κατάσταση ωρίμασης, το μήκος, την ηλικία και την περιοχή αλίευσης, και εξετάστηκαν οι δυαδικές σχέσεις των μετάλλων. Σημαντικές πληροφορίες προέκυψαν, επίσης, σχετικά με τα θεραπευτικά οφέλη, αλλά και τον κίνδυνο που διατρέχει το ελληνικό κοινό από την κατανάλωση αυτών των ειδών, τα οποία συνήθως προωθούνται στις ιχθυαγορές ως «γαλέοι».

Η παρούσα διατριβή μέσα από μια ολοκληρωμένη προσέγγιση μελέτης των καρχαριών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* προσφέρει νέα επιστημονικά δεδομένα σχετικά με τους φυσικούς πληθυσμούς τους και μπορεί να αποτελέσει σημείο αναφοράς για τη μελλοντική χρονική παρακολούθηση των αποθεμάτων τους σε σχέση με ενδεχόμενες πληθυσμιακές μεταβολές λόγω αλιευτικής πίεσης, ρύπανσης, κλιματικών αλλαγών ή άλλων αλλαγών στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Δειγματοληψίες



Δειγματοληψία στον Κορινθιακό κόλπο (Δεκέμβριος 2007)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ

Κατά τη χρονική περίοδο Δεκέμβριος 2004–Μάρτιος 2012, συλλέχθηκαν συνολικά 3.124 άτομα των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών με τη χρήση των αλιευτικών εργαλείων της παράκτιας (δίχτυα και παραγάδι) και μέσης (μηχανότρατα) εμπορικής αλιείας (Εικόνα 2.1) είτε επί σκάφους ή, όταν οι καιρικές συνθήκες δεν το επέτρεπαν, κατά την εκφόρτωση των αλιευμάτων στην ιχθυόσκαλα του Κερατσινίου και στα εκάστοτε λιμάνια εκφόρτωσης των εμπορικών σκαφών.

Η συλλογή των ατόμων και των δύο ειδών από το 2004 έως το 2007 έγινε στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ II με τίτλο «Επίδραση της αλιείας και της ρύπανσης σε Χονδριχθύς παράκτιων συστημάτων της ανατολικής Μεσογείου» (ΚΑ 70/3/8028). Η συλλογή των ατόμων και των δύο ειδών από το 2010 έως το 2012 έγινε στο πλαίσιο της υποτροφίας ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ II (ΚΑ 10974). Η συλλογή ενός μέρους των ατόμων του είδους *Squalus blainville* από το Ιόνιο Πέλαγος (έτος 2012) έγινε στο πλαίσιο του προγράμματος CoralFISH με τίτλο «Assessment of the interaction between corals, fish and fisheries, in order to develop monitoring and predictive modeling tools for ecosystem based management in the deep waters of Europe and beyond» (EC FP7 N° 213144). Τα υπόλοιπα άτομα συλλέχθηκαν από προσωπικές δειγματοληψίες της υποψήφιας διδάκτορος.

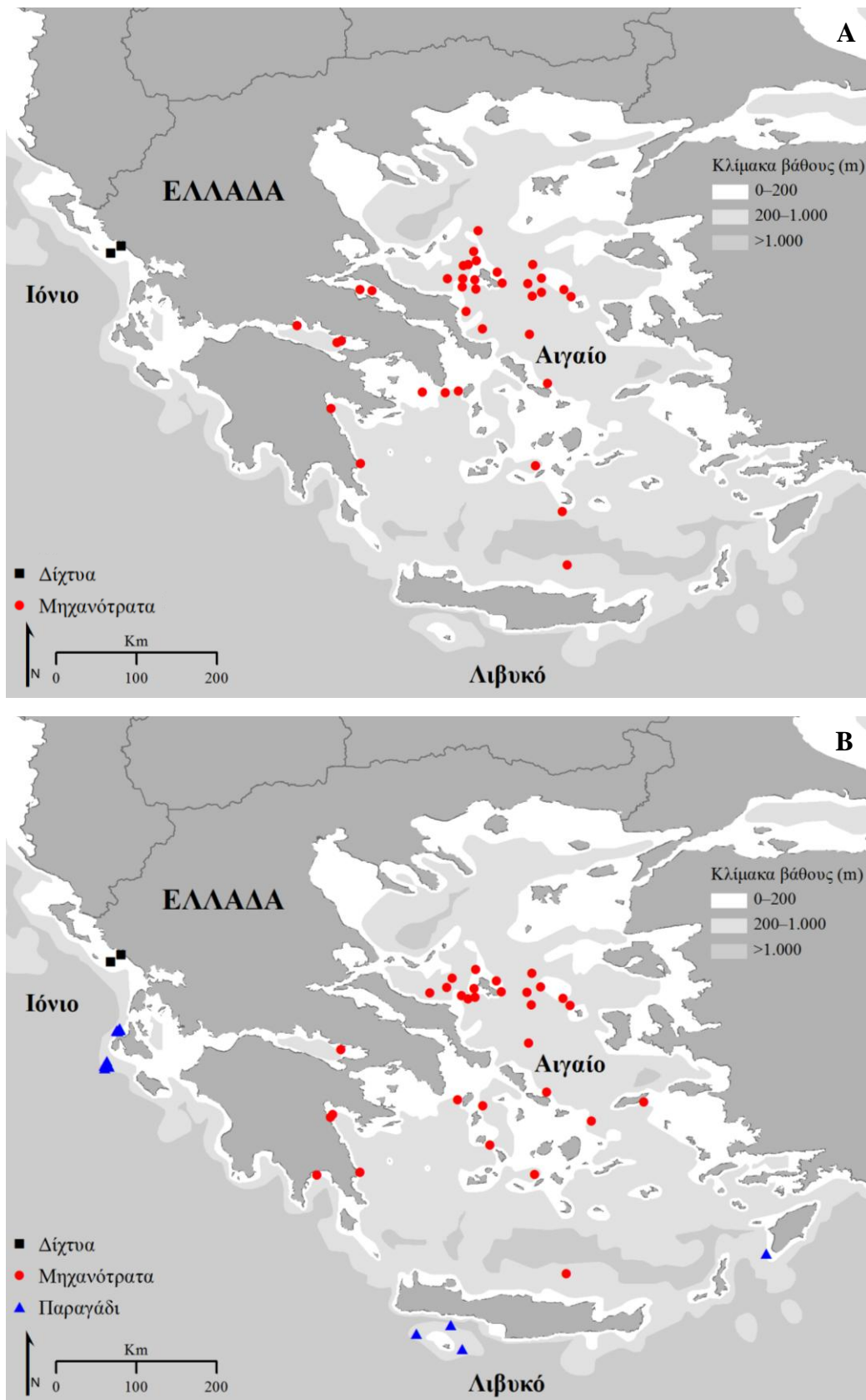
Σκοπός των δειγματοληψιών ήταν (α) η κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερη κάλυψη του εύρους εξάπλωσης των ειδών στις Ελληνικές Θάλασσες, με σκοπό να γίνουν συγκρίσεις ως προς την αλιευτική βιολογία, τη γενετική ποικιλότητα και τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων, και (β) η μέγιστη δυνατή συγκέντρωση ατόμων που να καλύπτουν τις περισσότερες κλάσεις μεγέθους και ηλικίας, καθώς και όλα τα στάδια γεννητικής ωριμότητας, σε συνάρτηση πάντα με τη διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων, χρόνου και ανθρώπινου δυναμικού. Η απαγόρευση της αλιείας με μηχανότρατα από την 1^η Ιουνίου έως την 30^η Σεπτεμβρίου σε συνδυασμό με αφενός το μεγάλο βαθμό εξάρτησης των δειγματοληψιών από τη διαθεσιμότητα των επαγγελματιών αλιέων αφετέρου την εξαιρετικά δύσκολη ανεύρεση ολόκληρων ατόμων στις ιχθυόσκαλες, όπου συνήθως τα υπό μελέτη είδη καταφθάνουν ήδη φιλετοποιημένα, δεν επέτρεψε τη συλλογή ατόμων σε μηνιαία βάση και η ολοκλήρωση των δειγματοληψιών επιτεύχθηκε σε μεγάλο βάθος χρόνου.

Στις δειγματοληψίες επί μηχανότρατας καταγράφονταν οι γεωγραφικές συντεταγμένες της αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης του σκάφους, το ελάχιστο και μέγιστο βάθος, και η χρονική διάρκεια κάθε καλάδας. Για την αλιεία με δίχτυα ή παραγάδι καταγράφονταν η θέση και το βάθος κάθε σταθμού, και η χρονική διάρκεια της δειγματοληψίας. Στις εκφορτώσεις καταγράφονταν το αντιπροσωπευτικότερο γεωγραφικό στίγμα και βάθος των

σταθμών δειγματοληψίας. Σε κάθε περίπτωση, τα δείγματα φυλάσσονταν προσωρινά σε πάγο και έπειτα μεταφέρονταν σε καταψύκτες (-20 °C) στον Τομέα Ζωολογίας–Θαλάσσιας Βιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών όπου παρέμεναν μέχρι την ανατομία.

Τελικά, συλλέχθηκαν 1.747 άτομα στις δειγματοληψίες επί σκάφους (1.490 άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* και 257 άτομα του είδους *Squalus blainville*) και 1.377 άτομα κατά τις εκφορτώσεις (824 άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* και 553 άτομα του είδους *Squalus blainville*). Στην περίπτωση του είδους *Scyliorhinus canicula*, 90 άτομα αλιεύθηκαν με δίχτυα και 2.224 με μηχανότρατα, ενώ στην περίπτωση του είδους *Squalus blainville*, 110 άτομα αλιεύθηκαν με δίχτυα, 579 με μηχανότρατα και 121 με παραγάδι. Το βάθος αλίευσης κυμάνθηκε από 66 έως 513 m για το *Scyliorhinus canicula* και από 80 έως 1.500 m για το *Squalus blainville*. Συνολικά, συλλέχθηκαν 2.314 και 810 άτομα των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα. Τα στοιχεία των δειγματοληψιών παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.1. Σημειώνεται ότι οι δειγματοληψίες με μηχανότρατα που παρουσιάζονται με την ίδια ημερομηνία, τις ίδιες γεωγραφικές συντεταγμένες και το ίδιο βάθος αλίευσης αφορούν σε διαφορετικές καλάδες.

Τέλος, εκτός από τα δείγματα ολόκληρων ατόμων, συλλέχθηκαν και μεμονωμένα δείγματα πτερυγίων από άτομα που αλιεύθηκαν στη δυτική Μεσόγειο, τα οποία συμπεριλήφθηκαν στις γενετικές αναλύσεις (βλ. Υποκεφ. 7.2.7).



Εικόνα 2.1 Χάρτης της Ελλάδας με τους σταθμούς δειγματοληψίας των ειδών *S. canicula* (A) και *S. blainville* (B) που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης. Για την απεικόνιση των σταθμών χρησιμοποιήθηκε το αντιπροσωπευτικότερο γεωγραφικό στίγμα. Κάθε αλιευτικό εργαλείο αντιπροσωπεύεται από διαφορετικό χρώμα.

Πίνακας 2.1 Στοιχεία των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης για τη συλλογή 2.314 ατόμων του είδους *S. canicula* και 810 ατόμων του είδους *S. blainville* από τις Ελληνικές Θάλασσες. Δίνεται το αντιπροσωπευτικότερο γεωγραφικό στίγμα (λ και φ)

Ημ/νία	Περιοχή	Υποπεριοχή	λ	φ	Τύπος δειγματοληψίας	Αλιευτικό εργαλείο	Βάθος (m)	<i>S.</i>	<i>S.</i>
								<i>can</i>	<i>bl</i>
								N	N
03.12.2004	Λιβυκό	Γαύδος	23,76	34,99	Στην εκφόρτωση	παραγάδι	700	–	9
24.04.2005	Αιγαίο	Ικαρία	26,31	37,58	Στην εκφόρτωση	τράτα	100	–	10
24.04.2005	Αιγαίο	Νάξος	25,72	37,37	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	–	39
24.04.2005	Αιγαίο	Λακωνικός	22,64	36,77	Στην εκφόρτωση	τράτα	80–120	–	4
25.05.2005	Αιγαίο	Αργολικός	22,80	37,41	Στην εκφόρτωση	τράτα	140	–	20
28.05.2005	Λιβυκό	Σφακιά	24,14	35,09	Στην εκφόρτωση	παραγάδι	1.500	–	18
15.06.2005	Λιβυκό	Γαύδος	24,27	34,82	Στην εκφόρτωση	παραγάδι	700	–	25
20.10.2005	Αιγαίο	Σκύρος	24,16	38,97	Στην εκφόρτωση	τράτα	450	–	8
24.10.2005	Αιγαίο	Σκύρος	24,16	38,97	Στην εκφόρτωση	τράτα	450	–	30
05.11.2005	Αιγαίο	Ρόδος	27,67	35,89	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	–	2
17.11.2005	Αιγαίο	Κυκλάδες	24,50	37,54	Στην εκφόρτωση	τράτα	360–400	–	13
30.11.2005	Αιγαίο	Κυκλάδες	24,50	37,54	Στην εκφόρτωση	τράτα	360–400	–	12*
15.12.2005	Αιγαίο	Ευβοϊκός	23,12	38,74	Στην εκφόρτωση	τράτα	240	13	–
27.01.2006	Αιγαίο	Σέριφος	24,58	37,10	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	–	19
17.02.2006	Αιγαίο	Τήνος	25,22	37,69	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	105	8
28.03.2006	Αιγαίο	Αργολικός	22,83	37,44	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	–	13
01.04.2006	Αιγαίο	Μυρτώο	23,13	36,80	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	44	–
04.04.2006	Αιγαίο	Μυρτώο	23,13	36,80	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	–	19
08.05.2006	Αιγαίο	Σκύρος	24,10	38,86	Στην εκφόρτωση	τράτα	400	–	23
02.07.2006	Αιγαίο	Ρόδος	27,67	35,89	Στην εκφόρτωση	παραγάδι	300	–	6
15.11.2006	Αιγαίο	Αργολικός	22,80	37,41	Στην εκφόρτωση	τράτα	150–200	10	–
19.11.2006	Αιγαίο	Σκύρος	24,34	38,74	Στην εκφόρτωση	τράτα	400	–	45
20.11.2006	Αιγαίο	Αργολικός	22,80	37,41	Στην εκφόρτωση	τράτα	150–200	4	–
23.11.2006	Αιγαίο	Σκύρος	24,27	38,87	Στην εκφόρτωση	τράτα	400	53	–
23.01.2007	Αιγαίο	Κύμη	24,10	38,86	Στην εκφόρτωση	τράτα	350	62	–
01.02.2007	Αιγαίο	Κύμη	24,49	38,30	Στην εκφόρτωση	τράτα	450	57	–
01.04.2007	Αιγαίο	Σκύρος	24,42	38,75	Στην εκφόρτωση	τράτα	450	78	–
02.06.2007	Αιγαίο	Κύμη	23,91	38,80	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	–	57
19.04.2007	Αιγαίο	Ευβοϊκός	23,26	38,73	Στην εκφόρτωση	τράτα	260	34	–
08.10.2007	Αιγαίο	Ψαρά	25,40	38,75	Επί σκάφους	τράτα	130	122	52
08.10.2007	Αιγαίο	Ψαρά	25,48	38,67	Επί σκάφους	τράτα	320–466	122	26
08.10.2007	Αιγαίο	Ψαρά	25,48	38,67	Επί σκάφους	τράτα	330–476	63	8
08.10.2007	Αιγαίο	Σκύρος	24,39	39,17	Επί σκάφους	τράτα	311–439	16	–
09.10.2007	Αιγαίο	Σκύρος	24,28	39,01	Επί σκάφους	τράτα	330–439	45	–
09.10.2007	Αιγαίο	Σκύρος–Σκάντζουρα	24,44	39,40	Επί σκάφους	τράτα	66–146	8	–
27.11.2007	Αιγαίο	Ψαρά	25,48	38,67	Επί σκάφους	τράτα	400	18	–
01.12.2007	Ιόνιο	Κορινθιακός (Αλκυονίδες)	22,92	38,17	Επί σκάφους	τράτα	311–348	12	1
17.05.2008	Αιγαίο	Σκύρος	25,02	38,24	Επί σκάφους	τράτα	421–512	9	–
17.05.2008	Αιγαίο	Σκύρος	25,02	38,24	Επί σκάφους	τράτα	421–512	13	–
17.05.2008	Αιγαίο	Ψαρά	25,15	38,71	Επί σκάφους	τράτα	124–146	16	–
17.05.2008	Αιγαίο	Ψαρά	25,15	38,71	Επί σκάφους	τράτα	124–146	27	–
18.05.2008	Αιγαίο	Σκύρος	25,02	38,24	Επί σκάφους	τράτα	421–512	36	–
18.05.2008	Αιγαίο	Σκύρος	25,02	38,24	Επί σκάφους	τράτα	421–512	6	8
20.10.2009	Αιγαίο	Σκύρος	24,42	38,76	Στην εκφόρτωση	τράτα	329	–	12
22.10.2009	Αιγαίο	Σκύρος	25,05	39,02	Στην εκφόρτωση	τράτα	403	55*	6
20.11.2009	Αιγαίο	Σκύρος	24,26	38,77	Επί σκάφους	τράτα	302–439	138	2
20.11.2009	Αιγαίο	Σκύρος	24,26	38,77	Επί σκάφους	τράτα	302–439	98	–

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ

Πίνακας 2.1 (τέλος)									
Ημ/νία	Περιοχή	Υποπεριοχή	λ	φ	Τύπος δειγματοληψίας	Αλιευτικό εργαλείο	Βάθος (m)	S. can	S. bl
								N	N
14.12.2009	Αιγαίο	Κέα–Μακρόνησος	24,22	37,61	Επί σκάφους	τράτα	238–274	85	34
14.12.2009	Αιγαίο	Κέα–Μακρόνησος	24,08	37,59	Επί σκάφους	τράτα	156–201	5	–
14.12.2009	Αιγαίο	Σαρονικός	23,82	37,59	Επί σκάφους	τράτα	229	54	–
09.03.2010	Αιγαίο	Σαντορίνη	25,38	36,26	Στην εκφόρτωση	τράτα	300	30	–
23.03.2010	Αιγαίο	Πάρος–Φολέγανδρος	25,08	36,77	Στην εκφόρτωση	τράτα	366–375	30	21
25.03.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Αλκυονίδες)	22,86	38,15	Στην εκφόρτωση	τράτα	366	9	–
22.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,41	38,85	Επί σκάφους	τράτα	346–403	54	–
22.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,41	38,85	Επί σκάφους	τράτα	346–403	122	–
23.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,41	38,85	Επί σκάφους	τράτα	348–403	–	1
23.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,41	38,85	Επί σκάφους	τράτα	348–403	–	1
23.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,66	38,94	Επί σκάφους	τράτα	101–201	3	18
23.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,66	38,94	Επί σκάφους	τράτα	101–220	48	8
23.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος	25,00	38,81	Επί σκάφους	τράτα	366–494	62	18
23.05.2010	Αιγαίο	Σκύρος–Ψαρά	25,04	38,67	Επί σκάφους	τράτα	357–513	55	4
09.06.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,30	38,04	Επί σκάφους	παραγάδι	333–430	–	12
09.06.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,30	38,00	Επί σκάφους	παραγάδι	435–633	–	5
10.06.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,27	37,96	Επί σκάφους	παραγάδι	573–741	–	1
11.06.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,27	38,00	Επί σκάφους	παραγάδι	481–600	–	1
12.06.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,31	38,00	Επί σκάφους	παραγάδι	450–590	–	17
12.06.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,32	37,98	Επί σκάφους	παραγάδι	600–671	–	1
16.06.2010	Ιόνιο	Αθήρας	20,41	38,39	Επί σκάφους	παραγάδι	450–600	–	2
18.06.2010	Ιόνιο	Αθήρας	20,44	38,41	Επί σκάφους	παραγάδι	480–650	–	1
16.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος–Ψαρά	25,15	38,87	Επί σκάφους	τράτα	386–485	79	2
16.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος–Ψαρά	25,15	38,87	Επί σκάφους	τράτα	386–485	32	–
16.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,71	38,82	Επί σκάφους	τράτα	192–110	8	–
16.10.2010	Ιόνιο	Αθήρας	20,44	38,39	Επί σκάφους	παραγάδι	385–730	–	11
16.10.2010	Ιόνιο	Αθήρας	20,42	38,37	Επί σκάφους	παραγάδι	390–750	–	1
17.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,43	39,07	Επί σκάφους	τράτα	110–146	26	6
17.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,33	39,02	Επί σκάφους	τράτα	293–311	34	–
17.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,33	39,02	Επί σκάφους	τράτα	311–403	48	–
17.10.2010	Αιγαίο	Σκύρος	24,71	38,82	Επί σκάφους	τράτα	110–192	–	5
17.10.2010	Ιόνιο	Αθήρας	20,44	38,40	Επί σκάφους	παραγάδι	480–610	–	1
21.10.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,27	37,99	Επί σκάφους	παραγάδι	430–647	–	2
21.10.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,27	37,99	Επί σκάφους	παραγάδι	435–647	–	1
23.10.2010	Ιόνιο	Ληξούρι	20,30	38,00	Επί σκάφους	παραγάδι	495–630	–	7
14.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Αντίκυρα)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	174–220	7	–
14.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Κρिसαϊκός)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	137–220	1	–
14.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Κρिसαϊκός)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	137–220	1	–
15.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Κρिसαϊκός)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	128–192	1	–
15.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Κρिसαϊκός)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	137–220	1	–
16.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Κρिसαϊκός)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	137–181	1	–
16.12.2010	Ιόνιο	Κορινθιακός (Αντίκυρα)	22,42	38,34	Επί σκάφους	τράτα	174–220	14	–
10.11.2011	Αιγαίο	Κύμη	24,31	38,50	Στην εκφόρτωση	τράτα	350	46	–
12.12.2011	Αιγαίο	Κρητικό	25,44	35,66	Στην εκφόρτωση	τράτα	403–494	104	24
10.01.2012	Ιόνιο	Πάργα	20,45	39,23	Στην εκφόρτωση	δίχτυα	201	8	79
22.03.2012	Ιόνιο	Πάργα	20,34	39,15	Στην εκφόρτωση	δίχτυα	201	82	31

λ, γεωγραφικό μήκος; φ, γεωγραφικό πλάτος σε δεκαδικούς βαθμούς (decimal degrees, DD); N, αριθμός ατόμων; *περιλαμβάνεται το ερμαφρόδιτο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ηλικία και αύξηση



Δειγματοληψία στον Κορινθιακό κόλπο (Δεκέμβριος 2007)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)

3.1 Εισαγωγή

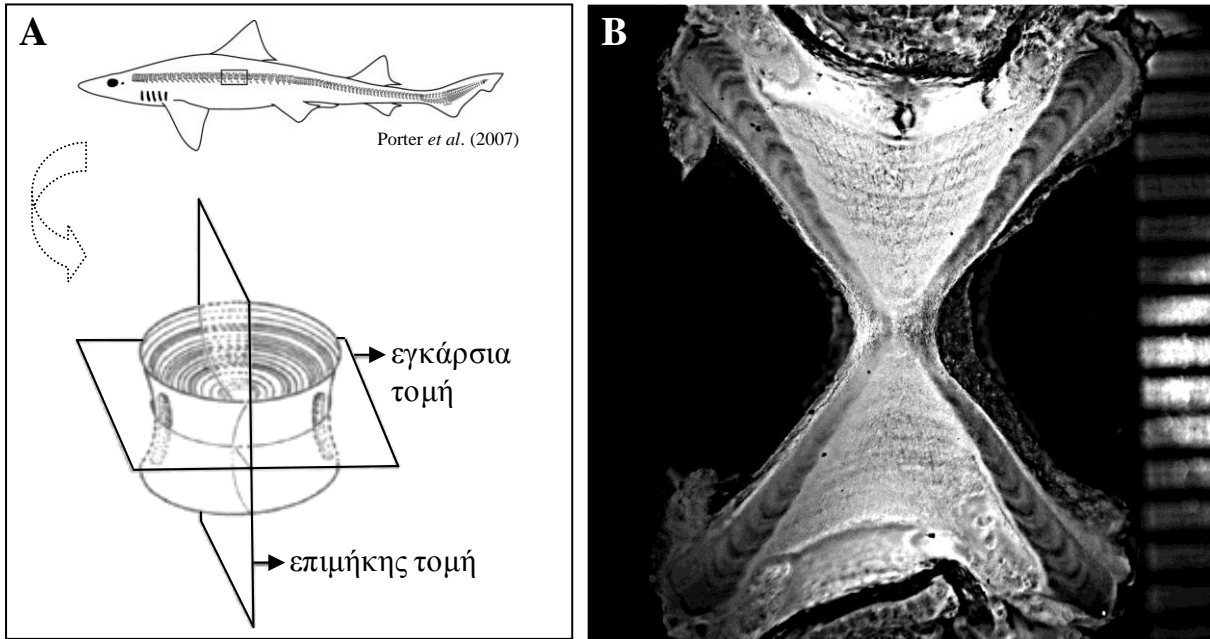
3.1.1 Μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας των Χονδριχθύων

Η μελέτη της ηλικίας των ιχθύων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εκτίμηση της τρέχουσας πληθυσμιακής τους κατάστασης και για την πρόβλεψη της μεταβολής των πληθυσμών τους στο χρόνο (Ricker 1975, Cailliet *et al.* 1986), γιατί αποτελεί τη βάση για τον προσδιορισμό των ρυθμών αύξησης και θνησιμότητας, της ηλικίας της πρώτης γεννητικής ωρίμασης και της διάρκειας ζωής τους (Ricker 1975). Λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα ανησυχία σχετικά με την αλιευτική πίεση που δέχονται οι Χονδριχθύες (Dulvy *et al.* 2014) σε συνδυασμό με τα εν γένει βιολογικά τους χαρακτηριστικά (Musick 1999, Kyne & Simpfendorfer 2007) που τους καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτους στην υπεραλίευση (Stevens *et al.* 2000), θεωρείται υψίστης σημασίας η εφαρμογή μέτρων ολοκληρωμένης διαχείρισης των αποθεμάτων τους που βασίζονται μεταξύ άλλων στη γνώση των δημογραφικών τους χαρακτηριστικών.

Η εκτίμηση της ηλικίας των Χονδριχθύων είναι ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρος διαδικασία, γιατί δεν διαθέτουν τις σκληρές σκελετικές δομές των Οστεϊχθύων (π.χ. ωτόλιθους, λέπια και οστά). Για την εκτίμηση της ηλικίας τους χρησιμοποιούνται κυρίως οι σπονδυλικοί κώνοι, έπειτα οι άκανθες και σπάνια τα νευρικά τόξα των σπονδύλων και τα ουραία αγκάθια που απαντούν μόνο στα σαλάχια και στις ράγιες (Cailliet & Goldman 2004).

Οι σπόνδυλοι έχουν χρησιμοποιηθεί σε μελέτες ηλικίας ολόκληροι ή έπειτα από τομές. Οι τομές των σπονδύλων μπορεί να είναι εγκάρσιες ή επιμήκεις (Εικόνα 3.1). Ωστόσο, στην πρώτη περίπτωση η καταμέτρηση των δακτυλίων μπορεί να οδηγήσει σε υποεκτίμηση της ηλικίας, γιατί καθώς το άτομο μεγαλώνει οι δακτύλιοι συνωστίζονται στην περιφέρεια των σπονδύλων, με αποτέλεσμα σε εγκάρσια τομή να μη διακρίνονται καλά ο ένας από τον άλλον και να καταμετρούνται μαζί (Cailliet 1990). Για το λόγο αυτό, όταν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ολόκληρος ο σπόνδυλος (π.χ. όταν η διάμετρος του κώνου είναι μικρή), οι επιμήκεις τομές του θεωρούνται πιο αξιόπιστες σε σχέση με τις εγκάρσιες (Campana 2001).

Αν και οι σπόνδυλοι είναι οι πιο διαδεδομένες σκελετικές δομές για την εκτίμηση της ηλικίας των Χονδριχθύων, σε αρκετά είδη δεν διαθέτουν επαρκή ασβεστοποίηση, και συνεπώς κρίνονται ακατάλληλοι για το σκοπό αυτό (Cailliet & Goldman 2004). Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο σε είδη των βαθιών νερών και αποδίδεται είτε στη μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστιο που χαρακτηρίζει αυτά τα ενδιαίτηματα ή στην προέλευση αυτών των ειδών από σχετικά πρωτόγονες οικογένειες (Cailliet 1990).



Εικόνα 3.1 Σχηματική αναπαράσταση της εγκάρσιας και επιμήκουσ τομής σπονδύλου καρχαρία (Φωτο. GM Cailliet, Moss Landing Marine Laboratories, USA) (A); Επιμήκης τομή σπονδύλου του ακανθώδους σαλαχιού *Amblyraja radiata* (Φωτο. SE Campana, Bedford Institute of Oceanography, Canada) (B)

Διάφορες τεχνικές έχουν εφαρμοστεί για την ενίσχυση των δακτυλίων στους σπονδύλους των Χονδριχθών, όπως η φασματοσκοπία ακτίνων-X (Jones & Geen 1977a), η ραδιογραφία ακτίνων-X (Aasen 1963), ο εμποτισμός σε ξυλόλη (Daiber 1960), η εμφότιση σε αλκοόλη (Richards *et al.* 1963), η ιστολογία (Ishiyama 1951) και η χρώση με αλιζαρίνη (LaMarca 1966) ή νιτρικό άργυρο (Stevens 1975) ή κρυσταλλικό ιώδες (Johnson 1979), οι οποίες διαφέρουν ως προς τον απαιτούμενο χρόνο, το κόστος, τις ανάγκες σε υλικοτεχνική υποδομή, ενώ η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το εξεταζόμενο είδος (Cailliet & Goldman 2004). Η έμμεση εκτίμηση της ηλικίας των Χονδριχθών αφορά στην ανάλυση της συχνότητας των μηκών (Holden 1972), του ρυθμού αντικατάστασης των δοντιών (Moss 1972) και του βάρους του φακού των ματιών (Siezen 1989).

Εκτός από τους σπονδύλους, και οι άκανθες θεωρούνται χρήσιμες σκελετικές δομές για την εκτίμηση της ηλικίας των Χονδριχθών, ιδιαίτερα των ειδών της οικογένειας Squalidae, γιατί διαθέτουν άκανθες με καλά σχηματισμένο σμάλτινο επικάλυμμα (δομικό στοιχείο της άκανθας πάνω στο οποίο αποτυπώνονται οι αυξητικοί δακτύλιοι, Beamish & McFarlane 1985) (Cailliet & Goldman 2004). Μάλιστα, σε ορισμένα είδη που δεν εμφανίζουν ευδιάκριτους δακτυλίους στους σπονδύλους ακόμα και έπειτα από την εφαρμογή τεχνικών ενίσχυσης, οι άκανθες φαίνεται ότι αποτελούν το μοναδικό μέσο εκτίμησης της ηλικίας τους (Clarke *et al.* 2002a, Irvine *et al.* 2006a, Coelho & Erzini 2007; 2008, Cotton *et al.* 2011).

Οι άκανθες αποτελούν βασικό ταξινομικό χαρακτηριστικό των τάξεων Squaliformes (σκυλόψαρα), Heterodontiformes (ταυροκέφαλοι και κέρατο-καρχαρίες) και Chimaeriformes (χίμαιρες) (Maisey 1979). Οι άκανθες (δύο σε αριθμό) των ειδών των δύο πρώτων τάξεων έχουν παρόμοια εσωτερική δομή (Holden & Meadows 1962, McFarlane & Beamish 1987, Tanaka 1990) και συνήθως είναι βαθιά ενσωματωμένες στο μυϊκό ιστό μπροστά από κάθε ραχιαίο πτερύγιο (Clarke & Irvine 2006). Αντίθετα, οι χίμαιρες φέρουν μόνο μια άκανθα με αρκετά διαφορετική δομή (Freer & Griffiths 1993) που εντοπίζεται μόλις κάτω από το δέρμα στο πρόσθιο μέρος του πρώτου ραχιαίου πτερυγίου και μετακινείται εύκολα (Maisey 1979).

Οι άκανθες μπορούν να διαβαστούν ολόκληρες χωρίς καμία προεργασία ή έπειτα από υγρή λείανση και επακόλουθη στίλβωση της εξωτερικής σμάλτινης επιφάνειάς τους ή έπειτα από επιμήκεις τομές (Ketchen 1975, McFarlane & Beamish 1987). Οι εγκάρσιες τομές των ακανθών έχουν αποδειχθεί εξίσου χρήσιμες για την εκτίμηση της ηλικίας ορισμένων ειδών που ανήκουν στα σκουαλοειδή (τάξη: Squaliformes) και στις χίμαιρες (τάξη: Chimaeriformes) (Sullivan 1977, Freer & Griffiths 1993, Clarke *et al.* 2002a; b).

Αν και ασβεστιτικές αποθέσεις έχουν παρατηρηθεί στα νευρικά τόξα των σπονδύλων των Χονδριχθών (Reignoux-Deville *et al.* 1982, Cailliet 1990), σπάνια χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ηλικίας τους. Οι McFarlane *et al.* (2002) κατάφεραν να προσδιορίσουν την ηλικία του εξακαρχαρία *Hexanchus griseus* έπειτα από τη χρώση των νευρικών τόξων των σπονδύλων του με νιτρικό άργυρο, αποδεικνύοντας ότι αυτές οι σκελετικές δομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταμέτρηση των αυξητικών δακτυλίων σε είδη που διαθέτουν ασθενώς ασβεστοποιημένους σπονδύλους. Παρ' όλα αυτά, δεν έχει ελεγχθεί η ακρίβεια αυτής της μεθόδου (Cailliet & Goldman 2004).

Επίσης, ο Tanaka (1990) παρατήρησε αυξητικούς δακτυλίους στην άνω γνάθο του καρχαρία *Orectolobus japonicus*, ενώ οι Gallagher και Nolan (1999) χρησιμοποίησαν δύο διαφορετικές σκελετικές δομές, τους σπονδύλους και τα ουραία αγκάθια (τροποποιημένα πλακοειδή λέπια που χρησιμοποιούνται για άμυνα, Compagno 1999), για να προσδιορίσουν την ηλικία τεσσάρων ειδών βαθύβιων ραγιών. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, διαπίστωσαν μεγάλο βαθμό συνέπειας μεταξύ των δύο τεχνικών, καθώς και ότι τα ουραία αγκάθια αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη δομή για την κατανόηση του προτύπου της αύξησης αρκετών ειδών σαλαχιών και ραγιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η σύγκριση των ηλικιακών εκτιμήσεων που προκύπτουν από περισσότερες της μιας σκελετικές δομές αποτελεί κοινή πρακτική για τον έλεγχο της ακρίβειας των εφαρμοζόμενων τεχνικών στους Οστεϊχθύς, συνήθως δεν εφαρμόζεται στους Χονδριχθύς, εξαιτίας της απουσίας πολλαπλών σκελετικών δομών (Cailliet & Goldman 2004).

Δομή ακανθών*

Η άκανθα είναι ένα μεγάλο πλακοειδές λέπι και σχηματίζεται όπως ένα δόντι από τον πολφό, την οδοντίνη και το σμάλτο, αλλά διαφέρει από αυτό, γιατί αποτίθεται χρωστική μεταξύ της οδοντίνης και του σμάλτου και δεν σταματά να αυξάνεται ποτέ (Beamish & McFarlane 1985).



Άκανθα από το 2^ο ραχιαίο πτερύγιο ενός θηλυκού ατόμου μήκους 481 mm του είδους *S. blainville*
(Φωτο. Β Κουστένη)

Σε εγκάρσια τομή έχει τριγωνικό σχήμα και με κατεύθυνση από την εσωτερική προς την εξωτερική επιφάνεια αποτελείται από το χόνδρο, τον κορμό και το περίβλημα. Ο χόνδρος αποτελεί τη συνέχεια του χόνδρινου στηρίγματος του ραχιαίου πτερυγίου και περιβάλλεται από τον πολφό (νεύρα και αιμοφόρα αγγεία). Προς την κορυφή της άκανθας ο χόνδρος και ο πολφός εκφυλίζονται, σχηματίζοντας μια κεντρική κοιλότητα (Beamish & McFarlane 1985). Ο κορμός, το κύριο σώμα της άκανθας, περιβάλλει τον πολφό και αποτελείται από τρία στρώματα οδοντίνης (εσωτερικό, μεσαίο και εξωτερικό) σύμφωνα με την πλειονότητα των ερευνητών (Holden & Meadows 1962, Beamish & McFarlane 1985, McFarlane & Beamish 1987, Tanaka 1990, Irvine *et al.* 2006a). Αντίθετα, οι Guallart Furio (1998) και Clarke *et al.* (2002a) αναφέρονται σε ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό στρώμα οδοντίνης, ενώ περιγράφουν ως ζώνη ασυνέχειας το μεσαίο στρώμα που αναφέρεται στις άλλες μελέτες. Το περίβλημα καλύπτει μόνο τις δύο πρόσθιο-πλευρικές επιφάνειες και καθόλου την ενδιάμεση περιοχή της κάτω επιφάνειας της άκανθας. Αποτελείται από ένα εσωτερικό στρώμα οδοντίνης, ένα ενδιάμεσο στρώμα που περιέχει τη χρωστική (μελανίνη) και ένα εξωτερικό στρώμα σμάλτου (Beamish & McFarlane 1985).

Κάθε σκουρόχρωμη ζώνη ή πτυχή που εμφανίζεται στην εξωτερική σμάλτινη επιφάνεια της άκανθας αντιστοιχεί σε έναν ετήσιο αυξητικό δακτύλιο (Holden & Meadows 1962, Ketchen 1975, Beamish & McFarlane 1985). Ο σχηματισμός των ετήσιων δακτυλίων λαμβάνει χώρα στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας και αποδίδεται στον ασύγχρονο σχηματισμό του περιβλήματος με την προς τα άνωθεν αύξηση της άκανθας, με αποτέλεσμα όταν επιβραδύνεται η αύξηση της άκανθας, να ενισχύεται η συσσώρευση της χρωστικής και η πάχυνση του σμάλτου παράγοντας μια σκουρόχρωμη πτυχή (Beamish & McFarlane 1985). Οι ανοιχτόχρωμες, διαφανείς (translucent) ζώνες σχηματίζονται το καλοκαίρι και οι σκουρόχρωμες, αδιαφανείς (opaque) ζώνες το χειμώνα (Holden & Meadows 1962, Beamish & McFarlane 1985, Tucker 1985).

*αφορά στο είδος *Squalus acanthias*

3.1.2 Σκοπός παρούσας μελέτης

Για την εκτίμηση της ηλικίας του είδους *Scyliorhinus canicula* έχουν εφαρμοστεί αφενός τεχνικές ενίσχυσης των αυξητικών δακτυλίων των σπονδύλων του, όπως η χρώση με κρυσταλλικό ιώδες (Ivory *et al.* 2004) και η απασβέστωση (Henderson & Casey 2001) αφετέρου έμμεσοι μέθοδοι, όπως η ανάλυση της κατανομής της συχνότητας των μηκών των ατόμων (Zupanovic 1961, Rodríguez-Cabello *et al.* 1998) και η επεξεργασία των δεδομένων που προήλθαν από την επανασύλληψη προηγούμενα χημικά εμβολιασμένων ατόμων (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005). Από την άλλη πλευρά, η ηλικία του είδους *Squalus blainville* έχει εκτιμηθεί μέχρι σήμερα μέσω της καταμέτρησης των αυξητικών δακτυλίων σε τομές ακανθών (Marouani *et al.* 2012) ή σπονδύλων (Cannizzaro *et al.* 1995).

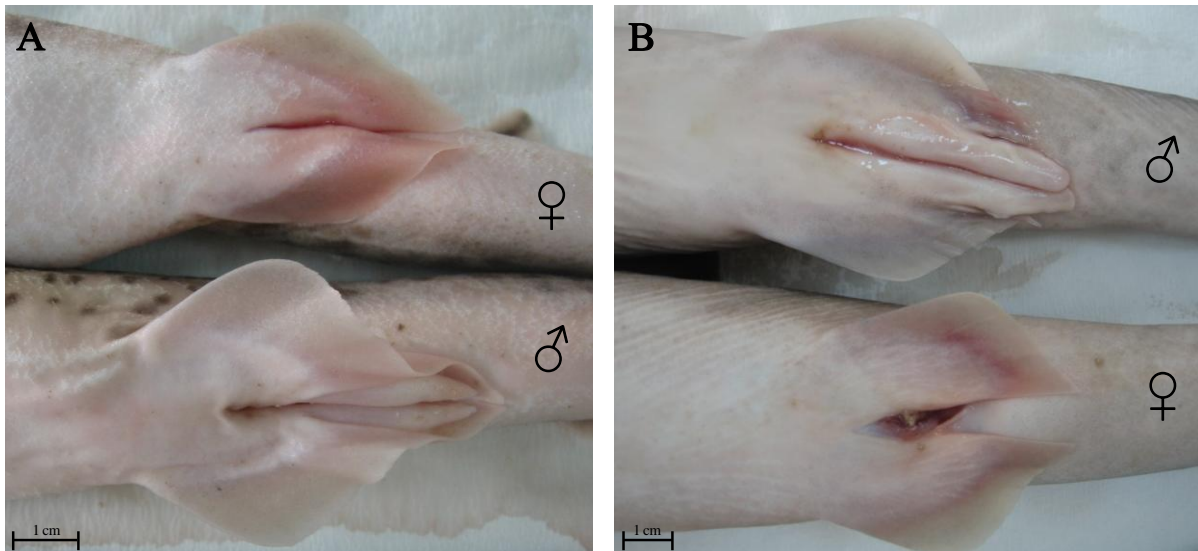
Στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκαν δύο τεχνικές για την εκτίμηση της ηλικίας του *Scyliorhinus canicula*, η χρώση με αλιζαρίνη και η απασβέστωση των επιμήκων τομών σπονδύλων, ενώ στην περίπτωση του *Squalus blainville* πραγματοποιήθηκε η ανάγνωση των αυξητικών δακτυλίων στην εξωτερική σμάλτινη επιφάνεια των ακανθών. Σκοπός ήταν η εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης και της μακροβιότητας των ειδών, καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με εκείνα προηγούμενων μελετών. Επίσης, μελετήθηκε η μορφομετρία των ακανθών του *Squalus blainville* για τον έλεγχο αφενός της καταλληλότητας αυτών των σκελετικών δομών στην ηλικιακή εκτίμηση του είδους αφετέρου της παρουσίας φυλετικού διμορφισμού. Πριν από όλα παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τα βασικά πληθυσμιακά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ειδών, και συγκεκριμένα με την αναλογία φύλων, τις κατά μήκος συνθέσεις και τις σχέσεις μήκους-βάρους.

3.2 Υλικά και μέθοδοι

3.2.1 Αναλογία φύλων

Η αναγνώριση του φύλου έγινε με τη μακροσκοπική παρατήρηση των γονοποδίων (Εικόνα 3.2). Τα γονοπόδια αποτελούν τα εξωτερικά όργανα αναπαραγωγής των αρσενικών ατόμων και είναι προσαρμοσμένα ανά ζεύγη στα κοιλιακά τους πτερύγια. Υποστηριζόμενα από μυς και έναν ενδοσκελετό, χρησιμεύουν ως όργανα σύζευξης για την εσωτερική γονιμοποίηση των θηλυκών ατόμων (Comragno 1999). Τα γονοπόδια αποτελούν μια από τις δύο συναπομορφίες, μαζί με την πρισματική ασβεστοποίηση του χόνδρινου ενδοσκελετού, που καθιέρωσαν τους Χονδριγθύς ως μια μονοφυλετική ομάδα ειδών κοινής εξελικτικής καταγωγής (Grogan & Lund 2004). Τα θηλυκά άτομα φέρουν την κλοάκη, δηλαδή μια οπή που λειτουργεί ως έξοδος του ουρογεννητικού και πεπτικού συστήματος, και στα δύο φύλα, αλλά και ως σημείο διείσδυσης των γονοποδίων για την αναπαραγωγή (Comragno 1999).

Η αναλογία φύλων εκφράστηκε ως ο λόγος των θηλυκών προς τα αρσενικά άτομα (Θ:Α). Υπολογίστηκε ανά εποχή, αλιευτικό εργαλείο, βάθος και περιοχή δειγματοληψίας, καθώς και για το σύνολο των ατόμων ανά είδος. Σε κάθε περίπτωση η στατιστική απόκλιση του λόγου Θ:Α από τη μονάδα ελέγχθηκε με τη δοκιμασία χ^2 (Chi-square test, Zar 1999).



Εικόνα 3.2 Αναπαραγωγικά όργανα σύζευξης γεννητικά ώριμων θηλυκών (♀) και αρσενικών ατόμων (♂) των ειδών *S. canicula* (A) και *S. blainville* (B) (Φώτο. Β Κουστένη)

3.2.2 Κατά μήκος σύνθεση

Η κατά μήκος σύνθεση εξετάστηκε ανά κλάση ολικού μήκους (TL) 10 mm ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και για το σύνολο των ατόμων κάθε είδους, για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας. Η δοκιμασία Kolmogorov–Smirnov (Zar 1999) εφαρμόστηκε για τη σύγκριση των κατά μήκος συνθέσεων μεταξύ των φύλων, ενώ οι δοκιμασίες Mann–Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947) και Kruskal–Wallis (Kruskal & Wallis 1952) εφαρμόστηκαν για τη σύγκριση της μεταβλητής TL μεταξύ δύο ή περισσότερων ανεξάρτητων δειγμάτων, αντίστοιχα.

3.2.3 Σχέση μήκους–βάρους

Η σχέση μήκους–βάρους εκφράστηκε με το αλλομετρικό μοντέλο $Y=aX^b$ (Zar 1999), όπου Y είναι το TW σε g, X είναι το TL σε mm, a είναι η σταθερά και b είναι η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης. Ο συντελεστής a παίρνει τιμές γύρω στο 0,1 για μικρόσωμα ψάρια με στρογγυλεμένο σχήμα σώματος, τιμές 0,01 για ψάρια με το σύνηθες ατρακτοειδές σχήμα και τιμές 0,001 για χελόμορφα ψάρια (Karachle & Stergiou 2012). Ο συντελεστής b παίρνει τιμές συνήθως μεταξύ 2 και 4 (Tesch 1971, Wootton 1990). Όταν $b>3$, το βάρος του ατόμου αυξάνει πιο γρήγορα από ό,τι το μήκος (θετική αλλομετρία), ενώ όταν $b<3$ ισχύει το αντίστροφο (αρνητική αλλομετρία) (Le Cren 1951). Όταν $b=3$, η αύξηση του ψαριού είναι ισομετρική, δηλαδή ομοιόμορφη προς τις τρεις διαστάσεις (Ricker 1975).

Η εξίσωση εκθετικής παλινδρόμησης του βάρους ως προς το μήκος υπολογίστηκε ξεχωριστά για κάθε φύλο και για το σύνολο των ατόμων, για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα ανά είδος. Ο τύπος της αύξησης διερευνήθηκε, συγκρίνοντας την τιμή του συντελεστή b με τη θεωρητική τιμή 3 με τη δοκιμασία t (Student's t -test, Sokal & Rohlf 1987). Η σύγκριση των τιμών του συντελεστή b μεταξύ των φύλων και των περιοχών έγινε με την ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA, Zar 1999).

3.2.4 Προετοιμασία σκληρών σκελετικών δομών

Scyliorhinus canicula

Η χρώση με αλιζαρίνη (LaMarca 1966) και η απασβέστωση (Henderson & Casey 2001) εφαρμόστηκαν για την ενίσχυση της διακριτικότητας των δακτυλίων σε τομές σπονδύλων από ένα υποσύνολο ατόμων ($N=100$) που αντιπροσώπευαν διαφορετικές κλάσεις μήκους. Ωστόσο, καμία τεχνική δεν αποδείχτηκε αποτελεσματική για την εκτίμηση της ηλικίας του.

Squalus blainville

Και οι δύο άκανθες των ραχιαίων πτερυγίων αφαιρέθηκαν από κάθε άτομο όπου ήταν εφικτό (δεδομένου ότι κυρίως στα μεγαλόσωμα άτομα οι άκανθες έλειπαν ή ήταν κατεστραμμένες), πραγματοποιώντας δύο εγκάρσιες τομές στα άκρα της βάσης των πτερυγίων και μια οριζόντια τομή ακριβώς πάνω από τη νωτοχορδή. Σκοπός ήταν ο κορμός και η βάση κάθε άκανθας να παραμείνουν άθικτοι. Οι άκανθες αφαιρέθηκαν και από τα έμβρυα. Τελικά, κάθε ζευγάρι ακανθών, έπειτα από την απομάκρυνση του μυϊκού ιστού, τοποθετήθηκε σε ένα χάρτινο φακελάκι όπου αναγραφόταν ο κωδικός του ατόμου από το οποίο προερχόταν.

3.2.5 Μορφομετρία ακανθών

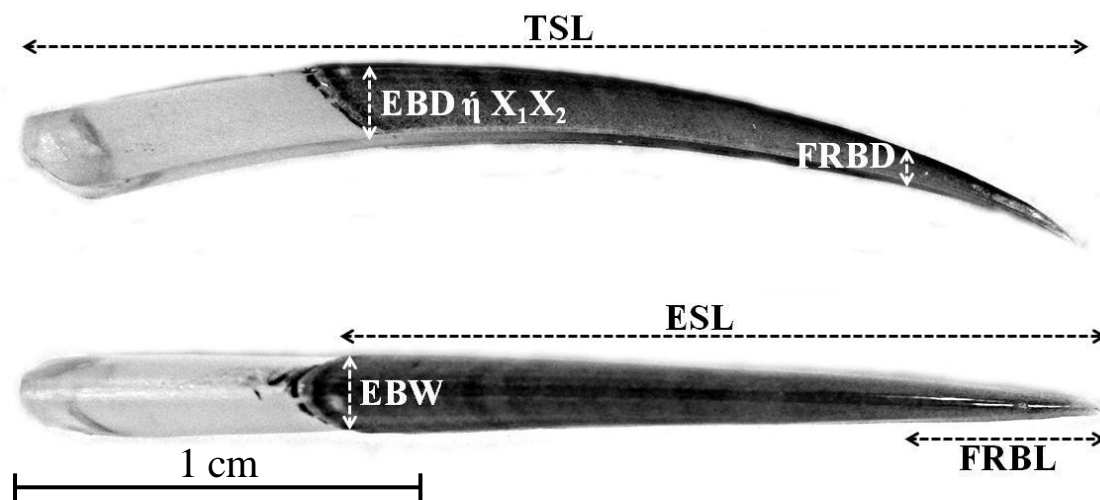
Απαραίτητη προϋπόθεση για να θεωρηθούν οι άκανθες κατάλληλες για την εκτίμηση της ηλικίας ενός είδους, αποτελεί η παρουσία θετικής συσχέτισης μεταξύ της αύξησής τους και της αύξησης των ατόμων από τα οποία προέρχονται. Συνεπώς, η μελέτη της αύξησης των ακανθών είναι απαραίτητο να προηγείται της καταμέτρησης των δακτυλίων (Clarke & Irvine 2006). Για το λόγο αυτό, αρχικά λήφθηκαν οι μορφομετρικές μετρήσεις των ακανθών μεταξύ των οποίων μετρήθηκαν και οι αποστάσεις FRBD και FRBL (Εικόνα 3.3, Πίνακας 3.1), δεδομένου ότι το σημείο στο οποίο αποτίθεται ο πρώτος δακτύλιος είναι σημαντικό για την εκτίμηση της «απόλυτης» ηλικίας (Beamish & McFarlane 1983, Campana 2001).

Οι μορφομετρικές μετρήσεις των ακανθών πραγματοποιήθηκε με παχύμετρο ακρίβειας 0,01 mm στα νεαρά και ενήλικα άτομα, και με τη βοήθεια στερεοσκοπίου (Nikon SMZ-2T) εφοδιασμένου με ψηφιακή κάμερα (Infinitylite, Luminera) και του προγράμματος IMAGE ANALYSIS v.6 στα έμβρυα, εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους. Σε κάθε περίπτωση, το βάρος των ακανθών (Spine Weight, SW) ζυγίστηκε σε ηλεκτρονικό ζυγό αναγνωσιμότητας 0,0001 g (Adventurer, Ohaus). Καθώς η δεύτερη άκανθα αποτέλεσε τη βασική δομή ηλικιακής εκτίμησης του είδους, οι μετρήσεις μορφομετρίας και βάρους δεν πραγματοποιήθηκαν στην πρώτη άκανθα. Για κάθε μέτρηση των ακανθών υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία και η σύγκριση των μέσων τιμών τους μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων έγινε με τη δοκιμασία t (Student's t-test, Sokal & Rohlf 1987).

Η διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ του ολικού μήκους των ατόμων και των μετρήσεων (μορφομετρίας και βάρους) των ακανθών έγινε με την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης ($Y=aX^b$) (Zar 1999). Η ίδια ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τη μελέτη του βαθμού συσχέτισης μεταξύ της ηλικίας των ατόμων και των μετρήσεων των ακανθών. Σε κάθε περίπτωση η σύγκριση των τιμών του συντελεστή b μεταξύ των φύλων έγινε με την ανάλυση

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

συνδιακύμανσης (ANCOVA, Zar 1999) κατά την οποία έγινε μετατροπή της εκθετικής συνάρτησης στη γραμμική συνάρτηση της μορφής $\log TW = \log a + b(\log TL)$. Για κάθε κλάση ολικού μήκους 60 mm και κλάση ηλικίας 1 y, υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των μετρήσεων μορφομετρίας και του βάρους των ακανθών, και διερευνήθηκε αν διαφέρουν σημαντικά με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA, Zar 1999).



Εικόνα 3.3 Σχηματική απεικόνιση των μορφομετρικών μετρήσεων που καταγράφηκαν για τις άκανθες του είδους *S. blainville* (Φωτο. Β Κουστένη)

Πίνακας 3.1 Συμβολισμός και περιγραφή των μορφομετρικών μετρήσεων που καταγράφηκαν για τις άκανθες του είδους *S. blainville*

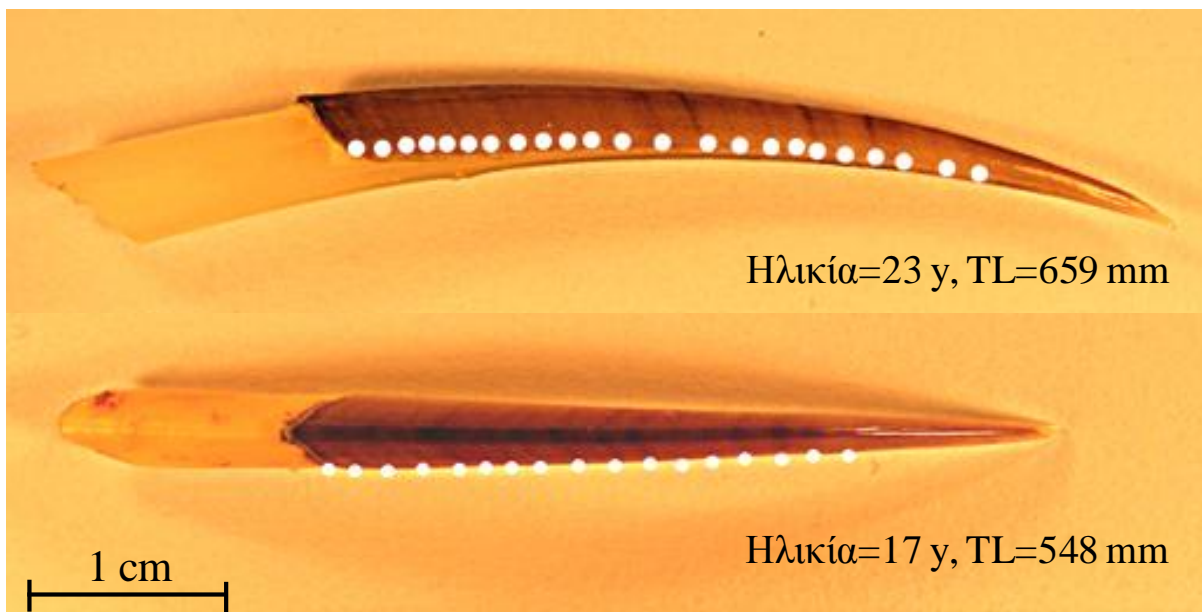
Σύμβολο	Περιγραφή	Αναφορά
TSL – Total Spine Length	Ολικό μήκος άκανθας, από την κορυφή έως τη βάση της	Clarke & Irvine 2006
ESL – External Spine Length	Εξωτερικό μήκος άκανθας από την κορυφή έως το σημείο εισόδου της στο περύγιο	Clarke & Irvine 2006
EBD ή X_1X_2 – Enamel Base Diameter	Διάμετρος άκανθας στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας	Tribuzio <i>et al.</i> 2010 ή Ketchen 1975
EBW – Enamel Base Width	Πλάτος άκανθας στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας	παρούσα μελέτη
FRBD – First Readable Band Diameter	Διάμετρος άκανθας στο σημείο απόθεσης του πρώτου δακτυλίου	παρούσα μελέτη
FRBL – First Readable Band Length	Απόσταση από την κορυφή έως το σημείο απόθεσης του πρώτου δακτυλίου	παρούσα μελέτη
$Y_1Y_2^*$ – Diameter of no wear point (NWP)	Διάμετρος άκανθας στο πιο ακραίο άφθαρτο σημείο	Ketchen 1975

*μετρήθηκε στις άκανθες που παρουσίασαν μικρή ή μεγάλη φθορά (βλ. Υποκεφ. 3.2.6)

3.2.6 Μέθοδος εκτίμησης ηλικίας

Για την εκτίμηση της ηλικίας του είδους *Squalus blainville* κάθε ζευγάρι ανοιχτόχρωμης και σκουρόχρωμης ζώνης που εμφανίζεται στην εξωτερική επικαλυμμένη με σμάλτο επιφάνεια των ακανθών θεωρήθηκε ως ένας ετήσιος δακτύλιος αύξησης (Beamish & McFarlane 1985) (Εικόνα 3.4). Στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας των ακανθών όλων των ατόμων, συμπεριλαμβανομένων και των εμβρύων, παρατηρήθηκε μια έντονη λευκή ζώνη, η οποία δεν λήφθηκε υπόψη ως δακτύλιος αύξησης, γιατί αντιπροσωπεύει την περιοχή της ενεργούς απόθεσης του σμάλτου (Campana *et al.* 2006). Επίσης, το γεγονός ότι στις περισσότερες άκανθες οι αυξητικοί δακτύλιοι εμφάνισαν ακανόνιστες αποστάσεις μεταξύ τους αγνοήθηκε, γιατί η αύξηση δεν πραγματοποιείται υποχρεωτικά με εύρυθμο τρόπο (Ketchen 1975).

Η καταμέτρηση των αυξητικών δακτυλίων στην εξωτερική σμάλτινη επιφάνεια των ακανθών πραγματοποιήθηκε με γυμνό μάτι, σε φυσικό φωτισμό, τρεις ανεξάρτητες φορές από τον ίδιο αναγνώστη. Η χρήση του στερεοσκοπίου με προσπίπτοντα τεχνητό φωτισμό δεν αποδείχθηκε χρήσιμη για το σκοπό αυτό, με εξαίρεση τις περιπτώσεις των μεγάλων σε ηλικία ατόμων όπου συνέβαλε στην επιβεβαίωση του αριθμού των συνωστισμένων δακτυλίων στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας των ακανθών. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε πηγή μεροληψίας, οι επαναληπτικές αναγνώσεις πραγματοποιήθηκαν σε χρονική απόσταση τριών μηνών μεταξύ τους χωρίς πρότερη γνώση του μήκους και του φύλου των ατόμων, καθώς και των προηγούμενων εκτιμήσεων.



Εικόνα 3.4 Άκανθες με καλά σχηματισμένους ετήσιους δακτυλίους (λευκοί κύκλοι) δύο θηλυκών ατόμων διαφορετικού μεγέθους του είδους *S. blainville* (Φωτο. Β Κουστένη)

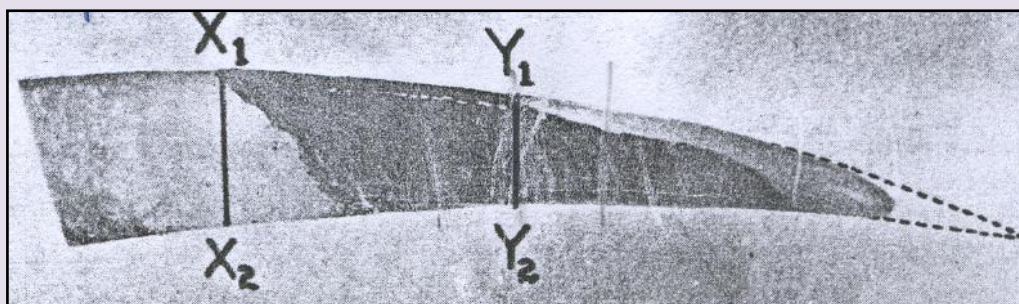
ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Για την εκτίμηση της ηλικίας του είδους χρησιμοποιήθηκε κυρίως η δεύτερη άκανθα, γιατί αφενός έχει μεγαλύτερο μήκος από την πρώτη, και συνεπώς διευκολύνει την ανάγνωση των αυξητικών δακτυλίων (Ketchen 1975), αφετέρου η πρώτη άκανθα φθείρεται σε μεγαλύτερο βαθμό, οδηγώντας σε υποεκτίμηση της ηλικίας (Cailliet & Goldman 2004). Η πρώτη άκανθα χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ηλικίας μόνο εκείνων των ατόμων από τα οποία η δεύτερη άκανθα έλειπε ή είχε εκτεταμένη φθορά (π.χ. παρουσία μόνο της οδοντίνης), καθώς και ως μέσο επιβεβαίωσης του παρατηρούμενου αριθμού των αυξητικών δακτυλίων της δεύτερης άκανθας. Στις περιπτώσεις όπου η πρώτη άκανθα έλειπε, ενώ η δεύτερη ήταν σπασμένη, διαθέτοντας άθικτο (χωρίς φθορά) ένα τμήμα στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας, εφαρμόστηκε η μέθοδος του Ketchen (1975) για τον έμμεσο υπολογισμό των ετών που αντιστοιχούν στο σπασμένο τμήμα, και κατ' επέκταση της ηλικίας του ατόμου. Η μέθοδος αυτή αποτελεί κοινή πρακτική για την εκτίμηση της ηλικίας των σκουαλοειδών όταν φέρουν άκανθες με σημαντική φθορά, επιτρέποντας παράλληλα τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των διαθέσιμων σκελετικών δομών (Nammack *et al.* 1985).

Μέθοδος Ketchen (1975)

Πρώτο βήμα αυτής της μεθόδου αποτελεί η εκτίμηση της ηλικίας και η μέτρηση της διαμέτρου X_1X_2 στις άκανθες που φέρουν λίγη ή καθόλου φθορά (για κριτήριο φθοράς βλ. Υποκεφ. 3.3.7). Έπειτα, εφαρμόζοντας την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης, προκύπτει η εξίσωση: $Y=aX^b$, όπου Y είναι η εκτιμώμενη ηλικία σε y και X είναι η διάμετρος X_1X_2 σε mm. Με βάση αυτή την εξίσωση και δεδομένης της διαμέτρου Y_1Y_2 στις φθαρμένες άκανθες, υπολογίζεται ο αριθμός των «χαμένων» αυξητικών δακτυλίων που αντιστοιχούν στο σπασμένο τμήμα. Τελικά, αυτός ο αριθμός προστίθεται στον αριθμό των παρατηρούμενων δακτυλίων του εναπομείναντος άθικτου τμήματος και εκτιμάται έμμεσα η ηλικία του ατόμου.

Η διάμετρος X_1X_2 είναι πολύ σημαντικό να καταγράφεται με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια, γιατί διαπιστώθηκε ότι λάθη στη μέτρησή της μπορεί να προκαλέσουν απόκλιση από 1 έως 19 y στην εκτίμηση της ηλικίας ενός ατόμου από δύο ανεξάρτητους αναγνώστες (McFarlane & King 2009).



Αποστάσεις X_1X_2 και Y_1Y_2 σε φθαρμένη άκανθα του είδους *Squalus acanthias* (Ketchen 1975)

3.2.7 Έλεγχος ακρίβειας της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας

Ο έλεγχος της ακρίβειας των αναγνώσεων των αυξητικών δακτυλίων είναι ένα πολύτιμο μέσο για την εκτίμηση του βαθμού της σχετικής δυσκολίας στον προσδιορισμό της ηλικίας από μια συγκεκριμένη σκελετική δομή, για την εκτίμηση της ικανότητας αναπαραγωγής ίδιων αποτελεσμάτων από έναν αναγνώστη, καθώς και για τη σύγκριση της δεξιότητας που διαθέτει ένας αναγνώστης σε σχέση με κάποιον άλλον (Campana 2001).

Στην παρούσα μελέτη ο έλεγχος της ακρίβειας και της συνέπειας μεταξύ των τριών ανεξάρτητων αναγνώσεων από τον κύριο αναγνώστη πραγματοποιήθηκε με τον υπολογισμό του συντελεστή μεταβλητότητας (Coefficient of Variation, CV) (Chang 1982) και του μέσου ποσοστιαίου σφάλματος (Average Percent Error, APE) (Beamish & Fournier 1981) με βάση τις εξισώσεις:

$$CV_j = 100\% \times \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \quad \text{και} \quad APE_j = 100\% \times \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j}, \text{ αντίστοιχα, όπου}$$

X_{ij} είναι η i εκτίμηση της ηλικίας του j ατόμου, X_j είναι η μέση ηλικία του j ατόμου και R είναι ο αριθμός των επαναληπτικών εκτιμήσεων της ηλικίας κάθε ατόμου. Οι δείκτες CV και APE υπολογίστηκαν για κάθε άκανθα ξεχωριστά και οι μέσες τιμές τους από το σύνολο των ακανθών χρησιμοποιήθηκαν για τις επιμέρους συγκρίσεις (Chang 1982).

Προκειμένου να διερευνηθεί αν η πρώτη άκανθα αποτελεί αξιόπιστη δομή για την εκτίμηση της ηλικίας των ατόμων από τα οποία η δεύτερη άκανθα έλειπε ή είχε εκτεταμένη φθορά, σε 70 άτομα η ηλικία εκτιμήθηκε με βάση και τις δύο άκανθες και συγκρίθηκαν οι μέσες τιμές των δεικτών CV και APE. Επίσης, για τη μελέτη της επίδρασης της εμπειρίας του αναγνώστη στην ακριβή εκτίμηση της ηλικίας του είδους, σε 70 άτομα η ηλικία εκτιμήθηκε βάσει της δεύτερης άκανθας, εκτός από τον κύριο, έμπειρο αναγνώστη, και από έναν δεύτερο, λιγότερο έμπειρο αναγνώστη. Ο δεύτερος αναγνώστης είχε προηγούμενα εκπαιδευτεί από τον κύριο αναγνώστη σχετικά με τη μέθοδο ανάγνωσης των ακανθών. Τελικά, υπολογίστηκαν και συγκρίθηκαν οι μέσες τιμές των δεικτών CV και APE.

Προκειμένου να ελεγχθεί ο βαθμός μεροληψίας ή σφάλματος του κύριου αναγνώστη κατά τις τρεις επαναληπτικές μετρήσεις των δακτυλίων, δηλαδή κατά πόσο αναγνώριζε τον ίδιο αριθμό δακτυλίων σε κάθε ανάγνωση, κατασκευάστηκε το γράφημα ηλικίας-μεροληψίας (age-bias plot) (Campana *et al.* 1995). Αυτό το γράφημα προέκυψε από την αντιστοίχιση των ηλικιών (μέσες τιμές και 95% διαστήματα εμπιστοσύνης, Δ.Ε.) που εκτιμήθηκαν από τη μια ανάγνωση των ακανθών (άξονας Y) στις κλάσεις ηλικίας που

προέκυψαν από την άλλη ανάγνωση των ίδιων ακανθών (άξονας X) από τον κύριο αναγνώστη. Με παρόμοιο τρόπο ελέγχθηκε κατά πόσο ο αριθμός των παρατηρούμενων δακτυλίων στην πρώτη άκανθα ήταν ίδιος με τον αριθμό των παρατηρούμενων δακτυλίων στη δεύτερη άκανθα, καθώς και ο βαθμός στον οποίο ο δεύτερος αναγνώστης αναγνώρισε τον ίδιο αριθμό δακτυλίων με τον πρώτο αναγνώστη. Σε κάθε γράφημα συμπεριλήφθηκε η 1:1 γραμμή ισοδυναμίας όπου η ηλικία του άξονα X ισούται με την ηλικία του άξονα Y. Ο βαθμός απόκλισης των 95% Δ.Ε. από τη γραμμή ισοδυναμίας αντιστοιχεί στο βαθμό μεροληψίας των ηλικιακών εκτιμήσεων (Campana *et al.* 1995).

Τελικά, βάσει των δεδομένων ηλικίας: (α) κατασκευάστηκε η κλειδα ηλικίας-ολικού μήκους ξεχωριστά για κάθε φύλο, (β) υπολογίστηκαν τα μέσα μήκη ανά κλάση ηλικίας, τα οποία ελέγχθηκαν αν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των φύλων με τη δοκιμασία t (Student's t-test, Sokal & Rohlf 1987), και (γ) υπολογίστηκε ο αριθμός των θηλυκών και αρσενικών ατόμων, καθώς και του συνόλου τους ανά κλάση ηλικίας του ενός έτους (1 y). Η σύγκριση μεταξύ των φύλων ως προς τις κατανομές των συχνοτήτων στις διαφορετικές κλάσεις ηλικίας πραγματοποιήθηκε με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov (Zar 1999), ενώ με τη δοκιμασία t (Student's t-test, Sokal & Rohlf 1987) διερευνήθηκε αν η ηλικία διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων.

3.2.8 Παράμετροι αύξησης

Η αύξηση των περισσότερων ψαριών περιγράφεται ικανοποιητικά από το μαθηματικό μοντέλο του von Bertalanffy (von Bertalanffy 1938, Beverton & Holt 1957, Sparre *et al.* 1989), η βιολογική βάση του οποίου είναι ότι η αύξηση αποτελεί τη συνισταμένη των αναβολικών και καταβολικών διεργασιών που είναι ανάλογες με τη μάζα του οργανισμού. Η εξίσωση αύξησης του von Bertalanffy (VBGF), σύμφωνα με την οποία το μήκος ενός ψαριού αυξάνει με την ηλικία τείνοντας ασυμπτωτικά σε μια μέγιστη τιμή, είναι η ακόλουθη: $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, όπου L_t είναι το μήκος του ψαριού τη χρονική στιγμή t , L_∞ είναι το ασυμπτωτικό μήκος, δηλαδή το μέσο μήκος που θα αποκτούσε αν ζούσε απεριόριστα, k είναι ο ρυθμός αύξησης με τον οποίο πλησιάζει το L_∞ , t είναι η ηλικία του ψαριού (σε y) και t_0 (αρνητικός ή θετικός αριθμός με μικρή υπολογιστική, αλλά όχι βιολογική σημασία) είναι η υποθετική ηλικία στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος (von Bertalanffy 1938).

Για την εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης εφαρμόστηκε η μέθοδος της μη γραμμικής συσχέτισης, η οποία θεωρείται η καλύτερη μέθοδος προσαρμογής της VBGF (Sparre *et al.* 1989). Η μέθοδος αυτή παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης εκτίμησης των τριών

παραμέτρων αύξησης (L_{∞} , k και t_0), καθώς και του σταθερού σφάλματος αυτών των παραμέτρων, επιτρέποντας τη σύγκριση διαφορετικών καμπυλών αύξησης (Manooch & Drennon 1987). Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου προϋποθέτει μια αρχική εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης βάσει της οποίας προσδιορίζονται οι τιμές των παραμέτρων που ελαχιστοποιούν το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων (διαφορών ή residuals) της VBGF ανάμεσα στις θεωρητικές και τις πραγματικές τιμές. Η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος έγινε με τη χρήση του αλγόριθμου Marquardt (1963).

Οι παράμετροι αύξησης της VBGF υπολογίστηκαν ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και για το σύνολο των ατόμων με το πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2 (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, Virginia, USA). Η διαφοροποίηση των φύλων ως προς τις παραμέτρους αύξησης ελέγχθηκε με τη δοκιμασία του λόγου της Πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio test for non-linear regression models, Kimura 1980) σε περιβάλλον R v.2.13 (R Development Core Team 2009). Η μακροβιότητα του είδους εκτιμήθηκε από τη μέγιστη παρατηρούμενη ηλικία (A_{max}).

Βάσει των παραμέτρων αύξησης της VBGF υπολογίστηκε ο δείκτης ολοκλήρωσης της αύξησης (growth performance index, Φ') με βάση την εξίσωση: $\Phi' = \log k + 2 \log L_{\infty}$, όπου L_{∞} είναι το ασυμπτωτικό μήκος και k είναι ο ρυθμός αύξησης (Pauly 1981, Munro & Pauly 1983, Pauly & Munro 1984). Όσο υψηλότερη τιμή λαμβάνει ο δείκτης Φ' σημαίνει ότι το ψάρι μπορεί να αυξηθεί ταχύτερα και να φτάσει σε μεγαλύτερα μεγέθη. Ο υπολογισμός του δείκτη Φ' επιτρέπει τη σύγκριση της αύξησης μεταξύ διαφορετικών ειδών στα οποία προσαρμόζεται η VBGF, καθώς και την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των εκτιμώμενων παραμέτρων αύξησης. Επίσης, ο δείκτης Φ' αντιπροσωπεύει και ποσοτικοποιεί το ενεργειακό δυναμικό ενός συγκεκριμένου ενδιαιτήματος ή θώκου, γιατί συνδέεται άμεσα με την ολοκλήρωση της αύξησης, και κατ' επέκταση με το μεταβολισμό και την κατανάλωση τροφής (Munro & Pauly 1983).

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προαναφερθέντων αναλύσεων έγινε με την κατασκευή θηκογραμμάτων στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2 ή γραφημάτων στο υπολογιστικό φύλο MS EXCEL 2007. Ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών στοιχείων του ολικού μήκους και των μετρήσεων των ακανθών, καθώς και ο υπολογισμός των εξισώσεων παλινδρόμησης και όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2.

3.3 Αποτελέσματα

3.3.1 Αναλογία φύλων

Η αναγνώριση του φύλου πραγματοποιήθηκε σε 2.526 και 815 άτομα των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα. Σε κάθε είδος καταγράφηκε και η παρουσία ενός ερμαφρόδιτου ατόμου, το οποίο στο *Scyliorhinus canicula* διέθετε ωθήκη και γονοπόδια, ενώ στο *Squalus blainville* διέθετε όρχεις, αλλά ωαγωγούς και καθόλου γονοπόδια. Στο *Scyliorhinus canicula* η αναλογία των φύλων δεν διέφερε σημαντικά από τη μονάδα για κανένα παράγοντα ($P_{\chi^2} > 0,05$). Αντίθετα, στο *Squalus blainville* η αναλογία των φύλων διέφερε σημαντικά από τη μονάδα στη ζώνη βάθους 100–200 m και στο Λιβυκό ($P_{\chi^2} < 0,05$). Συνολικά, και στα δύο είδη τα θηλυκά άτομα ήταν αφθονότερα από τα αρσενικά, αλλά μόνο στο *Squalus blainville* αυτή η διαφορά ήταν σημαντική ($P_{\chi^2} < 0,05$) (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2 Αναλογία φύλων (Θ:Α) ανά εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας για τα υπό μελέτη είδη. Η πιθανότητα P_{χ^2} αντιστοιχεί στη δοκιμασία χ^2

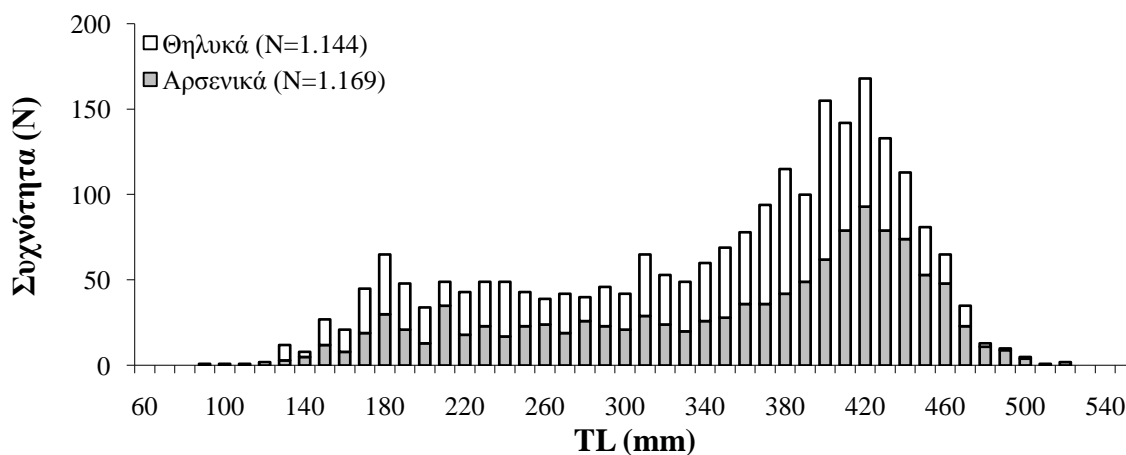
Παράγοντας		<i>Scyliorhinus canicula</i>			<i>Squalus blainville</i>		
		N	Θ:Α	P_{χ^2}	N	Θ:Α	P_{χ^2}
Εποχή	Ανοιξη	758	0,98	0,8372 ($\chi^2=0,042$)	256	1,23	0,2499 ($\chi^2=1,324$)
	Καλοκαίρι				128	0,91	0,7076 ($\chi^2=0,141$)
	Φθινόπωρο	1.025*	1,08	0,3767 ($\chi^2=0,782$)	252*	1,28	0,1653 ($\chi^2=1,925$)
	Χειμώνας	531	0,81	0,0797 ($\chi^2=3,071$)	174	1,52	0,0524 ($\chi^2=3,764$)
Αλιευτικό εργαλείο	Δίχτυα	90	0,96	0,8815 ($\chi^2=0,022$)	110	1,39	0,9055 ($\chi^2=0,014$)
	Μηχανότρατα	2.224*	0,98	0,7301 ($\chi^2=0,119$)	579*	1,24	0,0678 ($\chi^2=3,335$)
	Παραγάδι				121	1,12	0,6519 ($\chi^2=0,203$)
Βάθος	100–200 m	307	0,90	0,4922 ($\chi^2=0,472$)	122	2,94	0,0001 ($\chi^2=15,70$)
	200–300 m	435	0,80	0,1103 ($\chi^2=2,549$)	308	1,15	0,3961 ($\chi^2=0,720$)
	300–400 m	907	1,12	0,2308 ($\chi^2=1,436$)	169*	0,85	0,4446 ($\chi^2=0,584$)
	400–500 m	665*	0,96	0,7419 ($\chi^2=0,108$)	108	1,16	0,5860 ($\chi^2=0,297$)
	> 500 m				103	1,24	0,4417 ($\chi^2=0,592$)
Περιοχή	Αιγαίο	2.177*	0,97	0,6712 ($\chi^2=0,180$)	584*	1,23	0,0735 ($\chi^2=3,203$)
	Ιόνιο	137	70:67	0,8559 ($\chi^2=0,033$)	174	0,93	0,7477 ($\chi^2=0,103$)
	Λιβυκό				52	4,20	0,0010 ($\chi^2=10,88$)
Σύνολο		2.314*	0,98	0,7132 ($\chi^2=0,135$)	810*	1,24	0,0303 ($\chi^2=4,694$)

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; Α, αρσενικά; *περιλαμβάνεται το ερμαφρόδιτο; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

3.3.2 Κατά μήκος σύνθεση

Scyliorhinus canicula

Το ολικό μήκος κυμάνθηκε από 89 έως 492 mm στα θηλυκά άτομα και από 110 έως 517 mm στα αρσενικά. Αν και εμφάνισε παρόμοιο εύρος και στα δύο φύλα, ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στα αρσενικά ($P_W < 0,05$). Από την Εικόνα 3.5 γίνεται εμφανής η υπεροχή των αρσενικών ατόμων σε μήκη μεγαλύτερα από 410 mm, καθώς και η υπεροχή των θηλυκών στην πλειονότητα (72%) των μικρότερων από 410 mm κλάσεων μήκους. Η μέγιστη συχνότητα παρουσίας και των δύο φύλων βρέθηκε από 360 έως 460 mm. Τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά ως προς τις κατανομές των συχνοτήτων του ολικού μήκους ($P_{KS} < 0,05$).



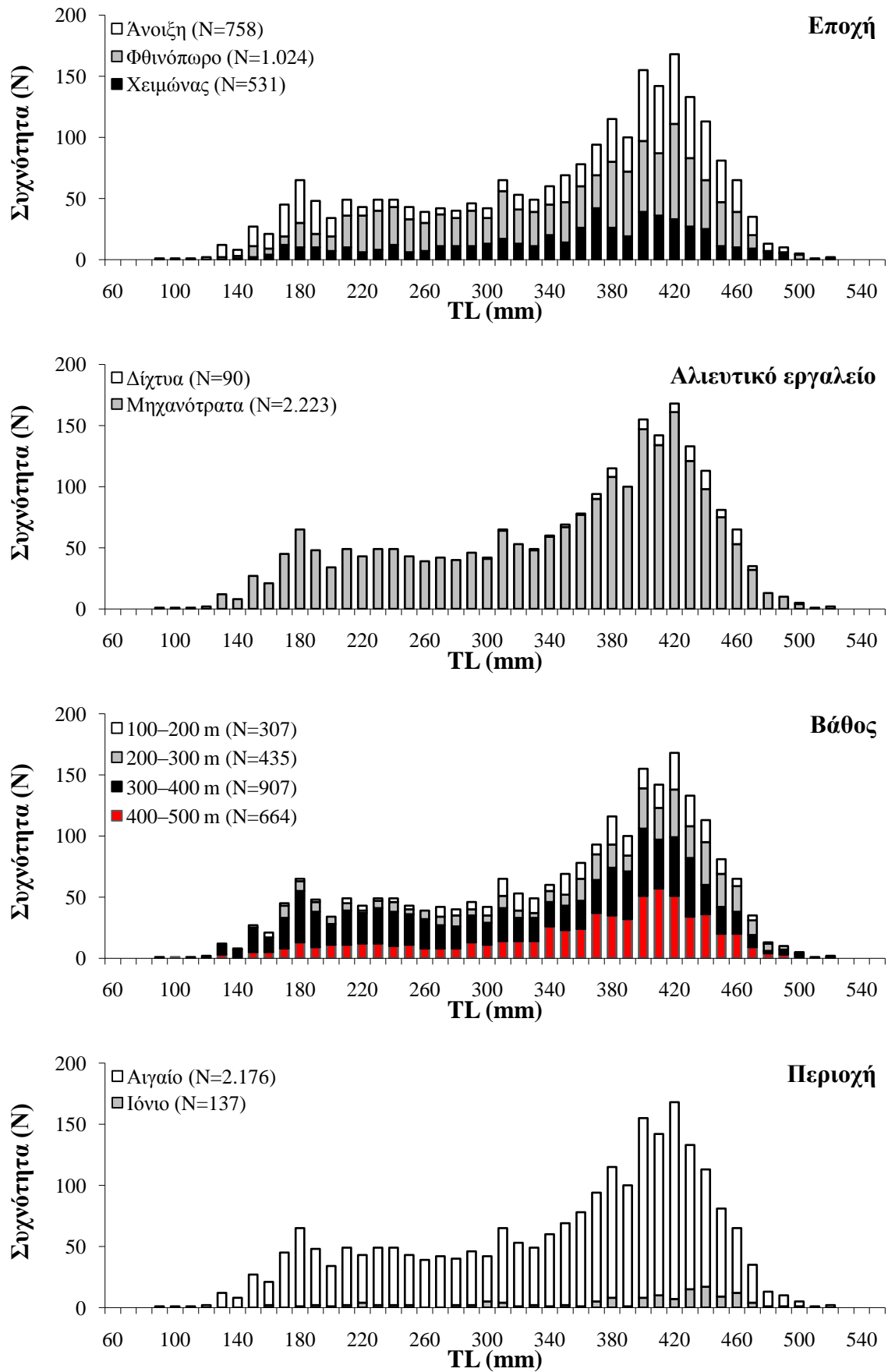
Εικόνα 3.5 Κατά μήκος (TL) σύνθεση των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* στο σύνολο των περιοχών δειγματοληψίας

Η κατά μήκος σύνθεση του συνόλου των ατόμων για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, βάθος και περιοχή παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.6. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των διάμεσων τιμών και των κατανομών των συχνοτήτων του ολικού μήκους μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Σε κάθε εποχή τα αρσενικά άτομα έφτασαν σε σημαντικά μεγαλύτερα μεγέθη από ό,τι τα θηλυκά, παρουσιάζοντας σημαντικά υψηλότερη συχνότητα εμφάνισής στις μεγαλύτερες κλάσεις μήκους ($P_W < 0,05$ και $P_{KS} < 0,05$, σε όλες τις περιπτώσεις).

Το είδος φάνηκε ότι εισέρχεται στην αλιευτική φάση της μηχανότρατας μόλις από 89 mm (TL), ενώ το μικρότερο άτομο που αλιεύθηκε με δίχτυα ήταν 300 mm (TL). Και με τα δύο εργαλεία συλλέχθηκαν σημαντικά μεγαλύτερα αρσενικά άτομα από ό,τι θηλυκά ($P_W < 0,05$), των οποίων, μάλιστα, ο αριθμός αυξήθηκε σημαντικά έναντι των θηλυκών από τα μικρότερα προς τα μεγαλύτερα μεγέθη ($P_{KS} < 0,05$).

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ



Εικόνα 3.6 Κατά μήκος (TL) σύνθεση του συνόλου των ατόμων του είδους *S. canicula* για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας

Πίνακας 3.3 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του ολικού μήκους (TL) για κάθε φύλο και για το σύνολο των ατόμων του είδους *S. canicula* ανά εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας, καθώς και για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα. Οι πιθανότητες P_W και P_{KS} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Mann–Whitney και Kolmogorov–Smirnov. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Παράγοντας	Φύλο	N	TL (mm)					
			M.T.	T.A.	Εύρος	P_W	P_{KS}	
Εποχή	Άνοιξη	Θ	375	328	103	98–492	1E-5 (W=84.967)	1E-7 (DN=0,1984)
		A	383	351	104	126–517		
		σύνολο	758	340	104	98–517		
	Φθινόπωρο	Θ	532	329	83,9	127–470	1E-9 (W=155.078)	0 (DN=0,2094)
		A	492	347	86,6	110–513		
		σύνολο	1.024	338	85,6	110–513		
Χειμώνας	Θ	237	338	80,7	89–482	0,0210 (W=38.898)	0,0053 (DN=0,1505)	
	A	294	351	86,5	135–488			
Αλιευτικό εργαλείο	Δίχτυα	Θ	44	411	32,3	325–492	0,0470 (W=1.259)	0,0384 (DN=0,2964)
		A	46	419	41,1	300–465		
		σύνολο	90	415	37,1	300–492		
	Μηχανότρατα	Θ	1.100	327	90,2	89–482	2E-9 (W=708.218)	0 (DN=0,1561)
		A	1.123	346	93,0	110–517		
		σύνολο	2.223	337	92,1	89–517		
Βάθος	100–200 m	Θ	145	344	73,2	89–460	6E-6 (W=15.264)	3E-5 (DN=0,2677)
		A	162	377	68,2	151–493		
		σύνολο	307	361	72,4	89–493		
	200–300 m	Θ	194	367	79,2	162–492	0,3518 (W=24.591)	0,0748 (DN=0,5773)
		A	241	365	91,5	135–517		
		σύνολο	435	366	86,1	135–517		
	300–400 m	Θ	479	307	95,9	116–480	0,0429 (W=110.479)	0,0054 (DN=0,1144)
		A	428	318	101	110–513		
		σύνολο	907	312	98,5	110–513		
	400–500 m	Θ	326	338	84,9	98–467	3E-6 (W=66.664)	2E-6 (DN=0,2030)
		A	338	364	81,1	153–491		
		σύνολο	664	351	83,9	98–491		
Περιοχή	Αιγαίο	Θ	1.074	328	90,0	89–482	3E-10 (W=683.774)	0 (DN=0,1628)
		A	1.102	347	92,6	110–517		
		σύνολο	2.176	338	91,8	89–517		
	Ιόνιο	Θ	70	379	78,5	158–492	0,4563 (W=2.519)	0,2611 (DN=0,1725)
		A	67	378	88,1	151–487		
		σύνολο	137	378	83,0	151–492		
Συνολικά	Θ	1.144	331	90,1	89–492	1E-9 (W=766.925)	0 (DN=0,1579)	
	A	1.169	349	92,6	110–517			
	σύνολο	2.313	340	91,8	89–517			

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά άτομα; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Το βάθος αλίευσης του είδους κυμάνθηκε από 57 έως 513 m. Η πλειονότητα των ατόμων αλιεύθηκε στα βάθη 300–400 m, όπου κυριάρχησαν άτομα ολικού μήκους 100–330 mm. Τα αρσενικά άτομα ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από τα θηλυκά στα βάθη 100–200, 300–400 και 400–500 m ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), παρουσιάζοντας σημαντική αύξηση των συχνοτήτων τους στα μεγαλύτερα μήκη από ό,τι τα θηλυκά ($P_{KS} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Στα βάθη 200–300 m, τα δύο φύλα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τη διάμεση τιμή του ολικού μήκους ($P_W > 0,05$) και την κατά μήκος σύνθεση ($P_{KS} > 0,05$).

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Στο Ιόνιο, σε αντίθεση με το Αιγαίο, τα δύο φύλα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τη διάμεση τιμή ($P_W > 0,05$) και την κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους ($P_{KS} > 0,05$).

Η διάμεση τιμή του ολικού μήκους των ατόμων διέφερε σημαντικά μεταξύ των εποχών, των αλιευτικών εργαλείων, των ζωνών βάθους και των περιοχών δειγματοληψίας τόσο σε κάθε φύλο όσο και στο σύνολο των ατόμων ($P_{KW} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Οι επιμέρους συγκρίσεις με τη δοκιμασία Mann–Whitney αποκάλυψαν μεταξύ ποιών παραγόντων εντοπίζεται η σημαντική διαφοροποίηση της μεταβλητής (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4 Αποτελέσματα της σύγκρισης του ολικού μήκους (TL) μεταξύ των εποχών, των αλιευτικών εργαλείων, των ζωνών βάθους και των περιοχών δειγματοληψίας ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και το σύνολο των ατόμων του είδους *S. canicula*. Οι πιθανότητες P_{KW} και P_W αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Kruskal–Wallis και Mann–Whitney. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Σύγκριση		Θηλυκά		Αρσενικά		Σύνολο	
		P_{KW}	P_W	P_{KW}	P_W	P_{KW}	P_W
Εποχή	Άνοιξη/Φθινόπωρο		0,6143 (W=105.924)		0,2736 (W=107.803)		0,1699 (W=425.671)
	Άνοιξη/Χειμώνας	0,0227 (H=9,60)	0,0467 (W=61.482)	0,0373 (H=8,50)	0,7199 (W=75.841)	0,0007 (H=16,9)	0,0898 (W=274.623)
	Φθινόπωρο/Χειμώνας		0,0014 (W=84.041)		0,0063 (W=86.780)		0,0001 (W=344.830)
Αλιευτικό εργαλείο	Δίχτυα/Μηχανότρατα	–	1E-10 (W=11.114)	–	1E-8 (W=14.384)	–	0 (W=51.744)
Βάθος	100–200/200–300 m		0,0058 (W=26.405)		0,7868 (W=32.968)		0,0230 (W=121.154)
	100–200/300–400 m		1E-7 (W=42.474)		1E-10 (W=41.579)		0 (W=167.160)
	100–200/400–500 m		0,2448 (W=35.477)		0,2555 (W=43.834)		0,0911 (W=158.000)
	200–300/300–400 m	0 (H=68,8)	0 (W=30.746)	0 (H=64,7)	3E-9 (W=37.884)	0 (H=134)	0 (W=137.674)
	200–300/400–500 m		4E-5 (W=25.325)		0,3342 (W=39.303)		0,0005 (W=128.509)
	300–400/400–500 m		1E-5 (W=93.297)		1E-9 (W=90.877)		0 (W=371.239)
Περιοχή	Αιγαίο/Ιόνιο	0 (H=73,9)	1E-7 (W=23.362)	1E-10 (H=48,8)	0,0009 (W=27.973)	0 (H=113)	3E-9 (W=104.030)

Το φθινόπωρο αλιεύθηκαν σημαντικά μικρότερα θηλυκά και αρσενικά άτομα από ό,τι τις άλλες εποχές ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Την άνοιξη και το φθινόπωρο, και τα δύο φύλα είχαν παραπλήσια μεγέθη ($P_W > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις).

Τα δίχτυα, σε αντίθεση με τη μηχανότρατα, φάνηκε ότι ασκούν κάποιο βαθμό επιλεκτικότητας στα μεγαλύτερα άτομα (Πίνακες 3.3, 3.4). Ωστόσο, επειδή τα δίχτυα

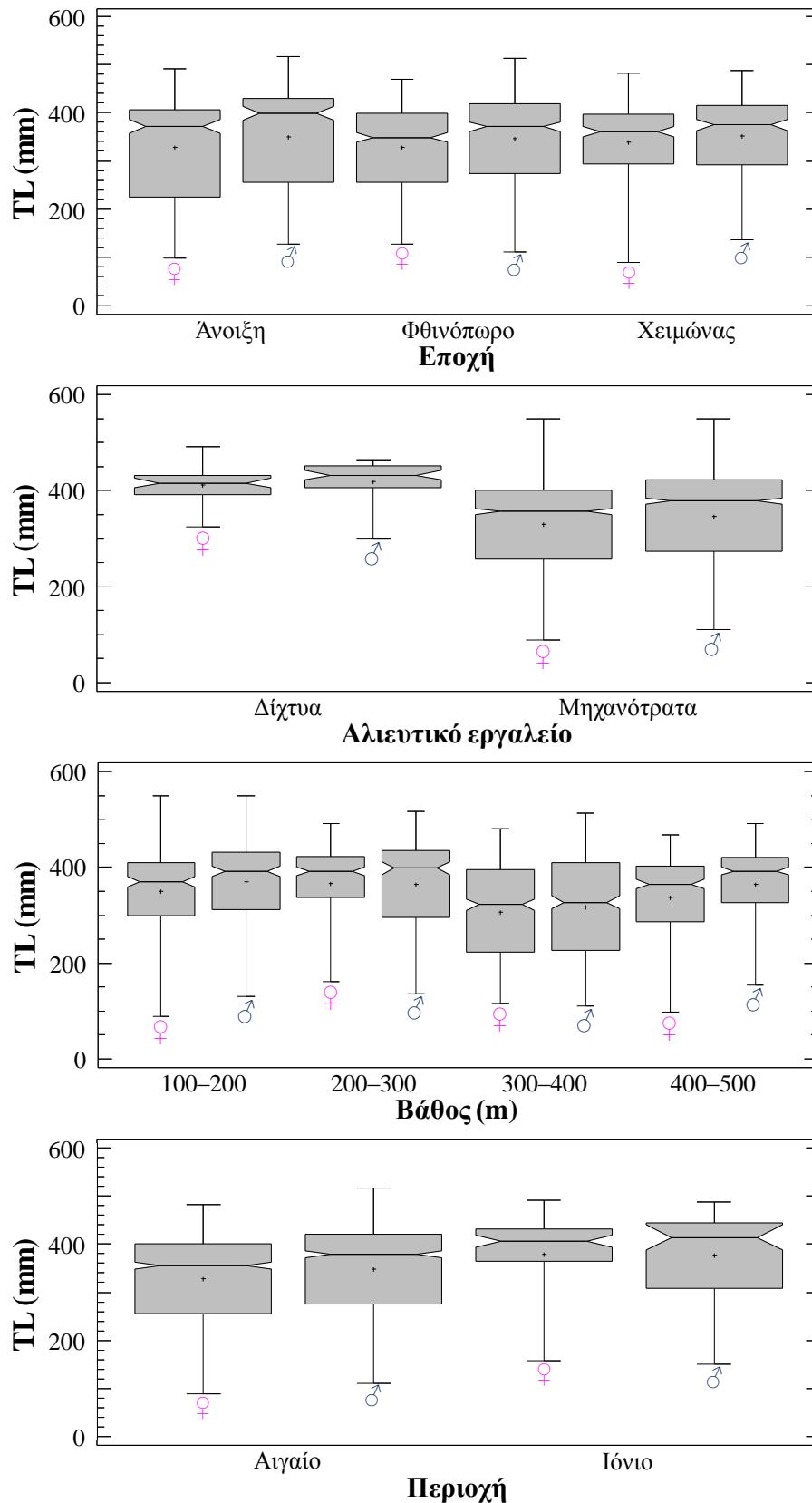
χρησιμοποιήθηκαν για τη σύλληψη 90 ατόμων μόνο από τη ζώνη βάθους 200–300 m, ενώ με τη μηχανότρατα αλιεύθηκαν άτομα από όλα τα βάθη, μεταξύ των οποίων 352 άτομα προέρχονταν από τη ζώνη βάθους 200–300 m, θεωρήθηκε σκόπιμο να συγκριθούν ως προς το μέγεθος τα άτομα που συλλέχθηκαν στα κοινά βάθη από τα δύο διαφορετικά εργαλεία. Τελικά, η δοκιμασία Mann–Whitney έδειξε ότι η διάμεση τιμή του ολικού μήκους διέφερε σημαντικά μεταξύ των ατόμων που αλιεύθηκαν με δίχτυα και μηχανότρατα στην κοινή ζώνη βάθους (200–300 m) τόσο στα θηλυκά ($P_W=2E-5$, $W=1.933$) όσο και στα αρσενικά άτομα ($P_W=1E-6$, $W=2.488$), υποδεικνύοντας πιθανή διαφοροποίηση στην επιλεκτικότητα που ασκούν αυτά τα εργαλεία στο μέγεθος αλίευσης του είδους.

Τα θηλυκά άτομα που αλιεύθηκαν στη ζώνη βάθους 200–300 m ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από εκείνα που αλιεύθηκαν σε οποιοδήποτε άλλο βάθος ($P_W<0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Επίσης, τα θηλυκά άτομα που αλιεύθηκαν στη ζώνη βάθους 300–400 m ήταν σημαντικά μικρότερα από εκείνα που αλιεύθηκαν σε οποιοδήποτε άλλο βάθος ($P_W<0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Στα ρηχότερα (100–200 m) και βαθύτερα (400–500 m) στρώματα συλλέχθηκαν θηλυκά άτομα παραπλήσιων μεγεθών ($P_W>0,05$). Από την άλλη πλευρά, τα αρσενικά άτομα που αλιεύθηκαν στις ζώνες βάθους 100–200, 200–300 και 400–500 m είχαν παραπλήσια μεγέθη ($P_W>0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Ομοίως με τα θηλυκά, τα αρσενικά άτομα που αλιεύθηκαν στη ζώνη βάθους 300–400 m ήταν σημαντικά μικρότερα από εκείνα που αλιεύθηκαν σε οποιοδήποτε άλλο βάθος ($P_W<0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις).

Με βάση τα παραπάνω, η αύξηση του μεγέθους των θηλυκών ατόμων σε σχέση με το βάθος επιβεβαιώθηκε μόνο για τα πρώτα 300 m, πέρα από τα οποία παρατηρήθηκε σημαντική μείωση (βάθος 300–400 m) με επακόλουθη σημαντική αύξηση (βάθος 400–500 m), η οποία, ωστόσο, δεν ξεπέρασε σημαντικά το μέγεθος των ατόμων που συχνάζουν στη ζώνη βάθους 200–300 m. Αντίθετα, τα αρσενικά άτομα παρουσίασαν παραπλήσια μεγέθη στα πρώτα 300 m βάθους, πέρα από τα οποία παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του μεγέθους τους (βάθος 300–400 m) με επακόλουθη σημαντική αύξηση (βάθος 400–500 m), η οποία ήταν παρόμοια με την αύξηση των ατόμων που συχνάζουν στα πρώτα 300 m βάθους.

Στο Ιόνιο αλιεύθηκαν σημαντικά μεγαλύτερα άτομα από ό,τι στο Αιγαίο ($P_W<0,05$). Το γεγονός αυτό, πιθανώς οφείλεται στο ότι από το σύνολο των ατόμων του Ιονίου, το 34% ($N=47$) αλιεύθηκαν με μηχανότρατα, ενώ το υπόλοιπο 66% ($N=90$) με δίχτυα, τα οποία φάνηκε ότι ασκούν κάποιο βαθμό επιλεκτικότητας σε μεγάλωσυμα άτομα. Αντίθετα, στο Αιγαίο η μηχανότρατα αποτέλεσε το μοναδικό αλιευτικό εργαλείο με την οποία συλλέχθηκαν άτομα με το μεγαλύτερο εύρος ολικού μήκους. Στην Εικόνα 3.7 απεικονίζεται η διακύμανση του ολικού μήκους ξεχωριστά για κάθε φύλο και παράγοντα.

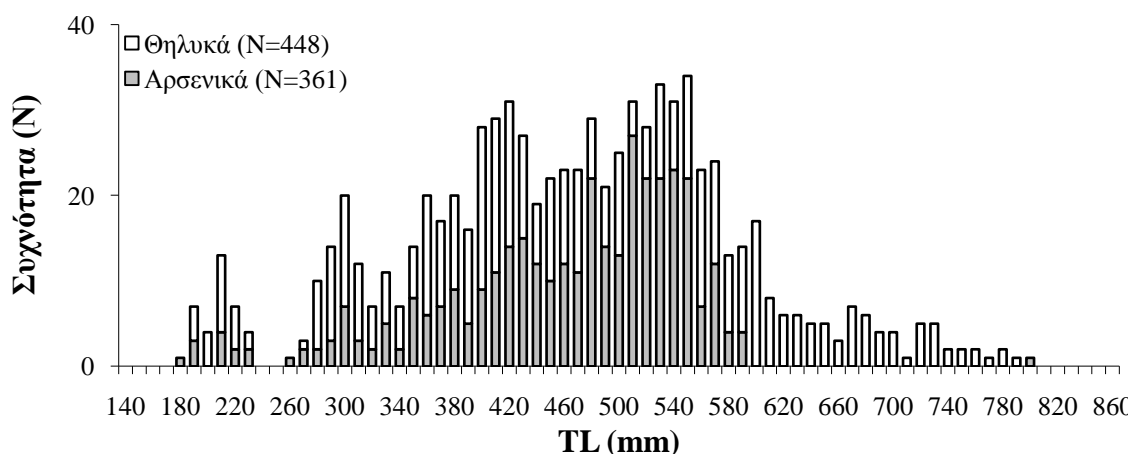
ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ



Εικόνα 3.7 Θηκογράμματα του ολικού μήκους (TL) των θηλυκών (♀) και αρσενικών ατόμων (♂) του είδους *S. canicula* για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειματοληψίας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

Squalus blainville

Το ολικό μήκος κυμάνθηκε από 182 έως 790 mm στα θηλυκά άτομα και από 180 έως 799 mm στα αρσενικά. Από την Εικόνα 3.8 διαπιστώνεται: (α) η υπεροχή των θηλυκών ατόμων στην πλειονότητα (75%) των μικρότερων από 480 mm κλάσεων μήκους, (β) η υπεροχή των αρσενικών ατόμων στις κλάσεις από 480 έως 550 mm, (γ) η υπεροχή των θηλυκών ατόμων στις κλάσεις από 560 έως 600 mm, και (δ) η αποκλειστική παρουσία των θηλυκών ατόμων σε μεγέθη μεγαλύτερα από 600 mm, με μοναδική εξαίρεση την παρουσία ενός αρσενικού ατόμου ολικού μήκους 799 mm. Η μέγιστη συχνότητα παρουσίας των θηλυκών ατόμων βρέθηκε από 400 έως 430 mm και των αρσενικών από 480 έως 550 mm. Τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά ως προς τις κατανομές των συχνοτήτων του ολικού μήκους ($P_{KS}<0,05$).

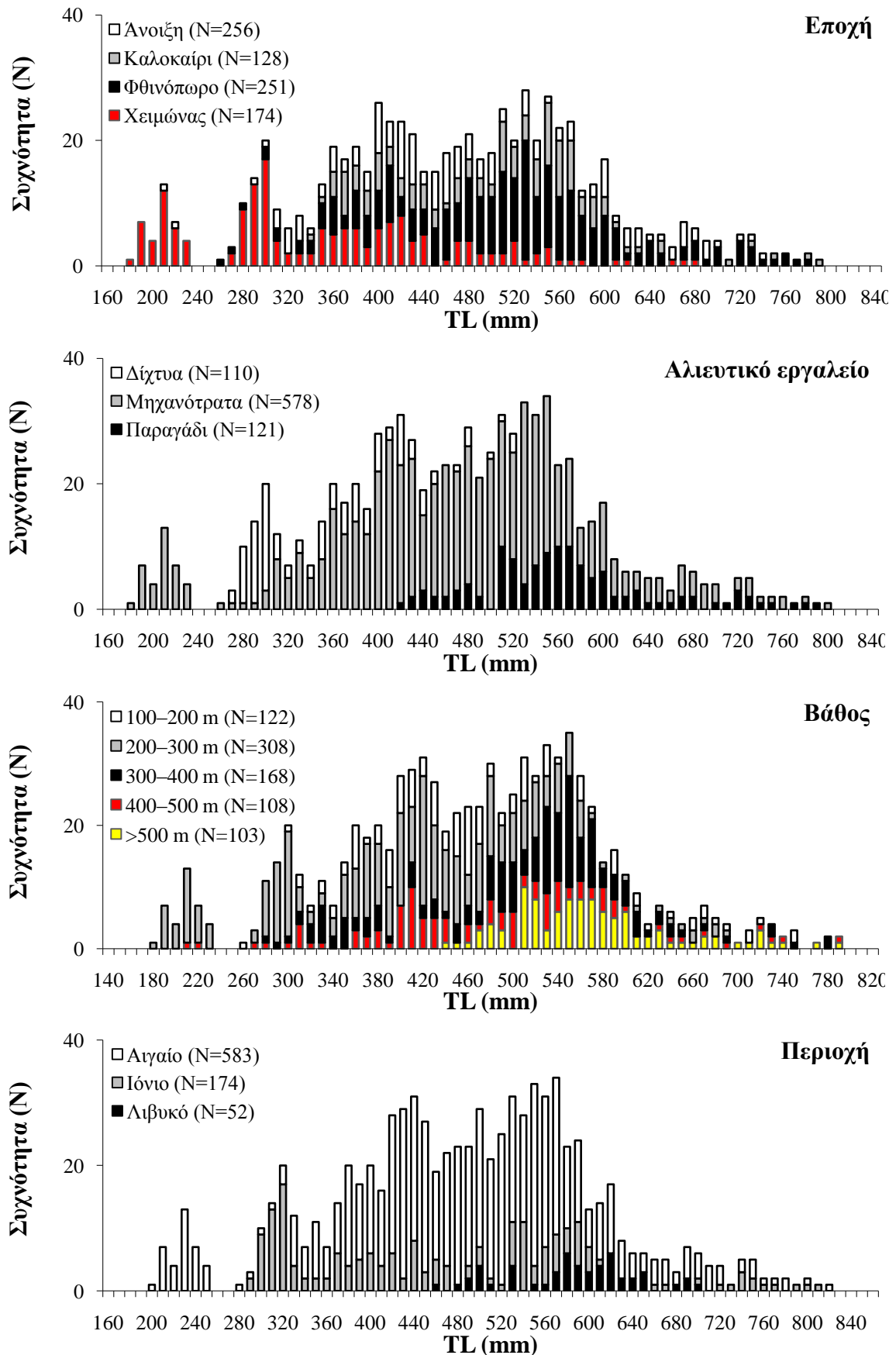


Εικόνα 3.8 Κατά μήκος (TL) σύνθεση των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* στο σύνολο των περιοχών δειγματοληψίας

Η κατά μήκος σύνθεση του συνόλου των ατόμων για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, βάθος και περιοχή παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.9. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των διάμεσων τιμών και των κατανομών των συχνοτήτων του ολικού μήκους μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.

Τα δύο φύλα παρουσίασαν σημαντική διαφορά τόσο στη διάμεση τιμή ($P_w<0,05$) όσο και στην κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους ($P_{KS}<0,05$) μόνο το φθινόπωρο, με τα θηλυκά άτομα να είναι σημαντικά μεγαλύτερα από τα αρσενικά και να εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα στην πλειονότητα των κλάσεων, αλλά με αποκλειστική παρουσία σε μήκη μεγαλύτερα από 590 mm. Την άνοιξη και το καλοκαίρι, τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά μόνο ως προς την κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους ($P_{KS}<0,05$), με τα θηλυκά άτομα να κυριαρχούν τόσο στις μικρότερες (ιδιαίτερα την άνοιξη) όσο και στις μεγαλύτερες κλάσεις, και τα αρσενικά να κυριαρχούν από 510 έως 550 mm.

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ



Εικόνα 3.9 Κατά μήκος σύνθεση του συνόλου των ατόμων του είδους *S. blainville* για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας

Πίνακας 3.5 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του ολικού μήκους (TL) για κάθε φύλο και για το σύνολο των ατόμων του είδους *S. blainville* ανά εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας, καθώς και για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα. Οι πιθανότητες P_W και P_{KS} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Mann–Whitney και Kolmogorov–Smirnov. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Παράγοντας	Φύλο	N	TL (mm)					
			M.T.	T.A.	Εύρος	P_W	P_{KS}	
Εποχή	Άνοιξη	Θ	141	475	115	207–738	0,6311 (W=8.391)	0,0019 (DN=0,2347)
		A	115	469	72,3	303–799		
		σύνολο	256	472	98,2	207–799		
	Καλοκαίρι	Θ	61	512	113	351–790	0,0787 (W=1.675)	0,0019 (DN=0,3308)
		A	67	485	71,1	335–581		
		σύνολο	128	498	94,4	335–790		
	Φθινόπωρο	Θ	141	530	119	269–779	0,0001 (W=5.512)	1E-7 (DN=0,3652)
		A	110	481	68,3	253–589		
		σύνολο	251	509	103	253–779		
	Χειμώνας	Θ	105	342	117	182–671	0,0741 (W=4.204)	0,1124 (DN=0,1859)
		A	69	365	106	180–559		
		σύνολο	174	351	113	180–671		
Αλιευτικό εργαλείο	Δίχτυα	Θ	64	336	54,9	273–478	0,0024 (W=1.973)	0,0157 (DN=0,301)
		A	46	379	75,2	268–519		
		σύνολο	110	354	67,3	268–519		
	Μηχανότρατα	Θ	320	466	131	182–779	0,6046 (W=40.246)	1E-6 (DN=0,2231)
		A	258	455	90,2	180–799		
		σύνολο	578	461	114	180–799		
	Παραγάδι	Θ	64	601	85,7	419–790	0,0741 (W=4.204)	0,1124 (DN=0,1859)
		A	57	519	39,4	425–581		
		σύνολο	121	563	79,3	419–790		
Βάθος	100–200 m	Θ	91	477	118	298–759	0,4498 (W=1.282)	0,0450 (DN=0,2864)
		A	31	441	58,9	253–537		
		σύνολο	122	468	107	253–759		
	200–300 m	Θ	165	386	121	182–695	0,0029 (W=14.117)	0,0008 (DN=0,2261)
		A	143	414	97,5	180–559		
		σύνολο	308	399	112	180–695		
	300–400 m	Θ	77	515	122	289–780	0,0447 (W=2.873)	0,0010 (DN=0,3027)
		A	91	492	71,0	315–589		
		σύνολο	168	502	98,0	289–780		
	400–500 m	Θ	58	477	128	207–742	0,7162 (W=1.391)	0,0428 (DN=0,2676)
		A	50	462	90,8	272–799		
		σύνολο	108	567	72,0	207–799		
> 500 m	Θ	57	605	70,7	461–790	1E-11 (W=289)	0 (DN=0,6857)	
	A	46	518	35,1	438–581			
	σύνολο	103	462	118	438–790			
Περιοχή	Αιγαίο	Θ	322	465	130	182–779	0,6802 (W=41.187)	2E-6 (DN=0,2189)
		A	261	455	89,7	180–799		
		σύνολο	583	461	114	180–799		
	Ιόνιο	Θ	84	415	158	273–790	0,0008 (W=4.896)	3E-6 (DN=0,3937)
		A	90	454	96,5	268–581		
		σύνολο	174	436	131	268–790		
	Λιβυκό	Θ	42	580	46,2	461–678	1E-5 (W=19)	2E-6 (DN=0,9286)
		A	10	480	22,7	438–507		
		σύνολο	52	561	58,1	438–678		
Συνολικά	Θ	448	466	137	182–790	0,4606 (W=78.426)	0 (DN=0,2394)	
	A	361	456	90,2	180–799			
	σύνολο	809	462	118	180–799			

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά άτομα; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Το είδος φάνηκε ότι εισέρχεται στην αλιευτική φάση της μηχανότρατας μόλις από 180 mm ολικού μήκους, ενώ το μικρότερο μήκος σύλληψης με δίχτυα και παραγάδι ήταν 265 και 415 mm, αντίστοιχα. Με δίχτυα αλιεύθηκε το πιο στενό εύρος μεγεθών και των δύο φύλων, τα οποία παρουσίασαν τη μέγιστη αφθονία στις κλάσεις μήκους από 280 έως 300 mm. Όσα θηλυκά και αρσενικά άτομα ξεπέρασαν τα 480 και 520 mm, αντίστοιχα, αλιεύθηκαν μόνο με μηχανότρατα και παραγάδι. Από όλα τα εργαλεία, μόνο με δίχτυα αλιεύθηκαν σημαντικά μικρότερα θηλυκά άτομα από ό,τι αρσενικά ($P_W < 0,05$), τα οποία διέφεραν και ως προς την κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους ($P_{KS} < 0,05$), κυρίως εξαιτίας της υπεροχής των θηλυκών στις μικρότερες κλάσεις μήκους (280–310 mm) και της αύξησης της συχνότητας των αρσενικών στις μεγαλύτερες κλάσεις μήκους (430–530 mm). Αντίθετα, με παραγάδι αλιεύθηκαν θηλυκά άτομα που ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από τα αρσενικά ($P_W < 0,05$), με σημαντικά αυξανόμενες συχνότητες στις μεγαλύτερες κλάσεις ολικού μήκους ($P_{KS} < 0,05$).

Το βάθος αλίευσης του είδους κυμάνθηκε από 80 έως 1.500 m. Συνολικά 49, 36, 1 και 18 άτομα αλιεύθηκαν στα βάθη 500–600, 600–700, 700–800 και 1.500 m, αντίστοιχα, τα οποία ομαδοποιήθηκαν λόγω του μικρού δείγματος. Στη ζώνη βάθους 200–300 m καταγράφηκε η μεγαλύτερη αφθονία του είδους. Στην ίδια ζώνη αλιεύθηκαν και τα μικρότερα άτομα. Αντίθετα, τα μεγαλύτερα άτομα συλλέχθηκαν σε βάθη >500 m. Στις ζώνες βάθους 100–200 και 400–500 m, τα δύο φύλα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το διάμεσο ολικό μήκος ($P_W > 0,05$). Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα ήταν αφενός σημαντικά μικρότερα από τα αρσενικά στη ζώνη βάθους 200–300 m αφετέρου σημαντικά μεγαλύτερα από τα αρσενικά στα 300–400 και >500 m βάθους ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Σε κάθε ζώνη βάθους βρέθηκε σημαντική διαφορά στην κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους μεταξύ των δύο φύλων ($P_{KS} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν αφενός η συντριπτική υπεροχή των θηλυκών ατόμων έναντι των αρσενικών σχεδόν σε όλες τις κλάσεις μήκους στο ρηχότερο στρώμα (100–200 m) αφετέρου η αποκλειστική παρουσία των θηλυκών ατόμων στις μεγαλύτερες κλάσεις μήκους σε όλα τα βάθη, με εξαίρεση τη ζώνη βάθους 400–500 m όπου αλιεύθηκε το μοναδικό αρσενικό άτομο ολικού μήκους 799 mm.

Στο Αιγαίο, τα δύο φύλα παρουσίασαν παραπλήσιο μέγεθος ($P_W > 0,05$). Στο Ιόνιο τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικά μικρότερα από τα αρσενικά ($P_W < 0,05$), ενώ στο Λιβυκό ήταν σημαντικά μεγαλύτερα ($P_W < 0,05$). Σε κάθε περιοχή, βρέθηκε σημαντική διαφορά στην κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους μεταξύ των δύο φύλων ($P_{KS} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η αποκλειστική παρουσία των θηλυκών ατόμων σε μεγέθη μεγαλύτερα από 590 mm στο Αιγαίο (με εξαίρεση το αρσενικό άτομο μήκους 799 mm) και στο Ιόνιο, καθώς και σε μεγέθη μεγαλύτερα από 510 mm στο Λιβυκό.

Σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στη διάμεση τιμή του ολικού μήκους ανάμεσα στις εποχές, τα εργαλεία, τις ζώνες βάθους και τις περιοχές στα θηλυκά άτομα και στο σύνολο των ατόμων ($P_{KW} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε και στα αρσενικά άτομα, τα οποία, ωστόσο, είχαν παρόμοια μεγέθη σε όλες τις περιοχές ($P_{KW} > 0,05$).

Από τον Πίνακα 3.6 διαπιστώνεται ότι τα άτομα που αλιεύθηκαν το χειμώνα ήταν σημαντικά μικρότερα από εκείνα που αλιεύθηκαν οποιαδήποτε άλλη εποχή, ανεξάρτητα από το φύλο ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, τα θηλυκά άτομα είχαν παρόμοιο μήκος ($P_W > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), αλλά ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από εκείνα που αλιεύθηκαν την άνοιξη ή το χειμώνα ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Το φθινόπωρο, τα αρσενικά άτομα είχαν παρόμοιο μήκος με εκείνα που αλιεύθηκαν την άνοιξη ή το καλοκαίρι ($P_W > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις).

Η σειρά αύξησης της διάμεσης τιμής του ολικού μήκους των ατόμων μεταξύ των διαφορετικών εργαλείων ήταν δίχτυα < μηχανότρατα < παραγάδι, ανεξάρτητα από το φύλο. Για τον έλεγχο της πιθανής επιλεκτικότητας που ασκούν τα αλιευτικά εργαλεία στο μέγεθος αλίευσης των ατόμων, η μεταβλητή συγκρίθηκε μεταξύ των ατόμων που αλιεύθηκαν από 200 έως 300 m όπου χρησιμοποιήθηκαν και τα τρία εργαλεία (στις ζώνες 100–200 και 400–500 m χρησιμοποιήθηκε μόνο μηχανότρατα, στη ζώνη 300–400 m όλα τα άτομα, εκτός από 4, αλιεύθηκαν με μηχανότρατα, ενώ σε βάθη >500m όλα τα άτομα, εκτός από 1, αλιεύθηκαν με παραγάδι). Τελικά, η διάμεση τιμή του ολικού μήκους διέφερε σημαντικά μεταξύ των ατόμων που αλιεύθηκαν με τα τρία διαφορετικά εργαλεία τόσο στα θηλυκά ($P_{KW} = 1E-11$, $H = 51,29$) όσο και στα αρσενικά άτομα ($P_{KW} = 0,0003$, $H = 16,19$), υποδεικνύοντας πιθανή διαφοροποίηση ως προς το εύρος των μεγεθών που στοχεύει κάθε εργαλείο.

Η σημαντική διαφοροποίηση της διάμεσης τιμής του ολικού μήκους μεταξύ σχεδόν όλων των ζωνών βάθους ($P_{KW} < 0,05$) έδειξε ότι το είδος μεταβάλλει το μέγεθός του σε σχέση με το βάθος χωρίς, ωστόσο, να παρουσιάζει σαφή τάση αύξησης προς τα πιο βαθιά.

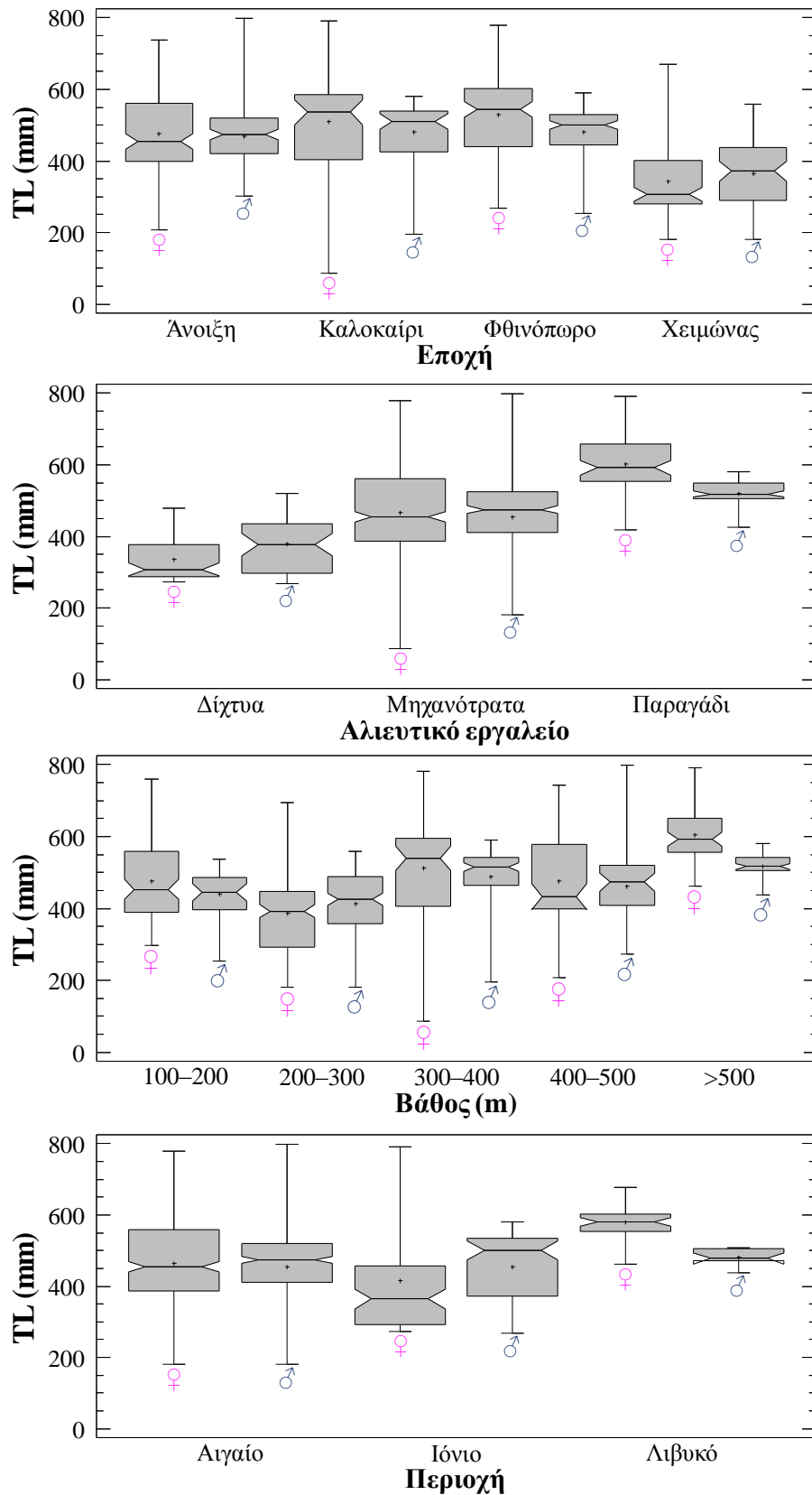
Στο Ιόνιο αλιεύθηκαν σημαντικά μικρότερα θηλυκά άτομα από οποιαδήποτε άλλη περιοχή ($P_{KW} < 0,05$). Το γεγονός αυτό, πιθανώς αποδίδεται στο ότι από το σύνολο των 84 θηλυκών ατόμων από το Ιόνιο, μόλις 1 άτομο αλιεύθηκε με μηχανότρατα, 19 με παραγάδι, ενώ τα υπόλοιπα 64 με δίχτυα, τα οποία φάνηκε ότι ασκούν επιλεκτικότητα στα μικρόσωμα άτομα. Μάλιστα, στο Ιόνιο, η διάμεση τιμή του ολικού μήκους ήταν σημαντικά μικρότερη στα άτομα που αλιεύθηκαν με δίχτυα από ό,τι στα άτομα που αλιεύθηκαν με παραγάδι, ανεξάρτητα από το φύλο (Θ : $P_W = 1E-10$, $W = 1.217$, A : $P_W = 0$, $W = 1.970$). Το Αιγαίο κατέλαβε ενδιάμεση θέση, γιατί σε αυτήν την περιοχή τα περισσότερα θηλυκά άτομα ($N = 319$) αλιεύθηκαν με μηχανότρατα, και μόλις 3 με παραγάδι. Τέλος, το γεγονός ότι στο Λιβυκό

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

αλιεύθηκαν τα μεγαλύτερα θηλυκά άτομα, πιθανώς αποδίδεται στο ότι χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά το παραγάδι ως μέσο αλίευσης σε αυτή την περιοχή, το οποίο φάνηκε ότι ασκεί επιλεκτικότητα σε μεγαλύτερα άτομα. Η διακύμανση του ολικού μήκους ξεχωριστά για κάθε φύλο και παράγοντα απεικονίστηκε με θηκογράμματα (Εικόνα 3.10).

Πίνακας 3.6 Αποτελέσματα της σύγκρισης του ολικού μήκους (TL) μεταξύ των εποχών, των αλιευτικών εργαλείων, των ζωνών βάθους και των περιοχών δειγματοληψίας ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και το σύνολο των ατόμων του είδους *S. blainville*. Οι πιθανότητες P_{KW} και P_W αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Kruskal–Wallis και Mann–Whitney. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Σύγκριση	Θηλυκά		Αρσενικά		Σύνολο	
	P_{KW}	P_W	P_{KW}	P_W	P_{KW}	P_W
Εποχή	Άνοιξη/Καλοκαίρι		0,0393 (W=4.545)	0,0326 (W=4.586)		0,0092 (W=19.057)
	Άνοιξη/Φθινόπωρο		0,0002 (W=12.516)	0,0712 (W=7.206)		1E-5 (W=39.304)
	Άνοιξη/Χειμώνας	0 (H=122)	0 (W=2.849)	0 (H=66,1)	1E-10 (W=1.718)	0 (W=9.080)
	Καλοκαίρι/Φθινόπωρο		0,3041 (W=4.693)		0,5077 (W=3.466)	0 (W=16.973)
	Καλοκαίρι/Χειμώνας		0 (W=921)		2E-10 (W=840)	0 (W=3.637)
	Φθινόπωρο/Χειμώνας		0 (W=2.000)		1E-12 (W=1.395)	0 (W=6.716)
Αλιευτικό εργαλείο	Δίχτυα/Μηχανότρατα		0 (W=16.961)	1E-8 (W=9.059)		0 (W=51.050)
	Δίχτυα/Παραγάδι	0 (H=135)	0 (W=4.083)	0 (H=72,8)	0 (W=2.480)	0 (H=210) (W=13.071)
	Μηχανότρατα/Παραγάδι		0 (W=4.044)		1E-8 (W=3.796)	0 (W=15.713)
Βάθος	100–200/200–300 m		1E-7 (W=4.460)	0,3284 (W=1.968)		1E-6 (W=13.078)
	100–200/300–400 m		0,0311 (W=4.285)	0,0001 (W=2.132)		0,0002 (W= 13.138)
	100–200/400–500 m		0,9488 (W=2.656)	0,1768 (W=915)		0,6133 (W=6.843)
	100–200/>500 m		1E-10 (W=4.295)	1E-8 (W=1.264)		0 (W=10.192)
	200–300/300–400 m	0 (H=126)	3E-11 (W=9.958)	0 (H=78,1)	2E-10 (W=9.931)	0 (W=40.165)
	200–300/400–500 m		1E-5 (W=6.658)		0,0086 (W=4.469)	3E-7 (W=22.171)
	200–300/>500 m		0 (W=8.897)		1E-12 (W=5.586)	0 (W=29.094)
	300–400/400–500 m		0,1178 (W=1.932)		0,0057 (W=1.671)	0,0045 (W=7.414)
	300–400/>500 m		1E-5 (W=3.311)		0,1611 (W=2.453)	2E-7 (W=12.272)
	400–500/>500 m		1E-7 (W=2.651)		3E-5 (W=1.718)	4E-12 (W=8.721)
Περιοχή	Αιγαίο/Ιόνιο		1E-5 (W=9.297)	–		0,0011 (W=42.453)
	Αιγαίο/Λιβυκό	0 (H=55,4)	1E-9 (W=10.657)	0,8028 (H=0,44)	–	0 (H=62,5) 1E-12 (W=24.161)
	Ιόνιο/Λιβυκό		2E-8 (W=2.856)	–		1E-11 (W=7.371)



Εικόνα 3.10 Θηκογράμματα του ολικού μήκους (TL) των θηλυκών (♀) και αρσενικών ατόμων (♂) του είδους *S. blainville* για κάθε εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

3.3.3 Σχέση μήκους–βάρους

Scyliorhinus canicula

Στον Πίνακα 3.7 παρουσιάζονται οι παράμετροι των σχέσεων ολικού μήκους–ολικού βάρους ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και για το σύνολο των ατόμων ανά περιοχή δειγματοληψίας και για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα.

Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) έλαβε σημαντικά υψηλές τιμές, αποκαλύπτοντας ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών ($P=0$ σε όλες τις περιπτώσεις). Ο έλεγχος του τύπου της αύξησης με τη δοκιμασία t έδειξε ότι η τιμή του συντελεστή b σε κάθε φύλο και στο σύνολο των ατόμων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή 3 σε κάθε περιοχή ($P_i < 0,05$), αποκαλύπτοντας θετική αλλομετρία.

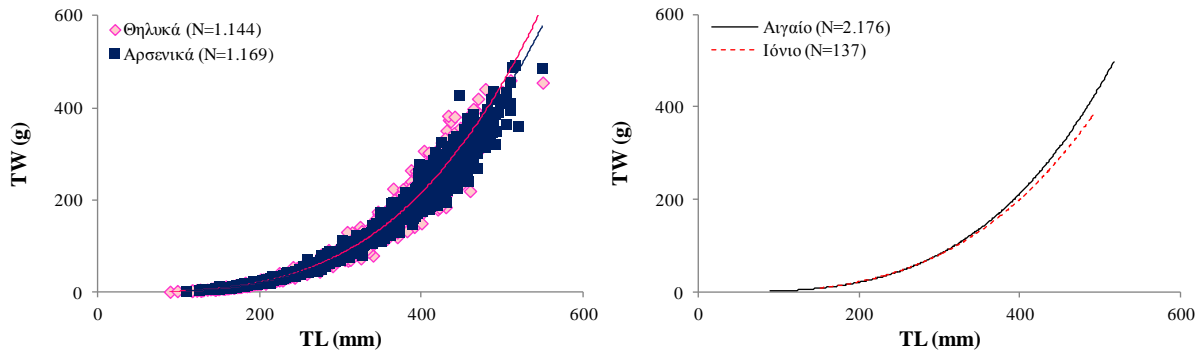
Πίνακας 3.7 Συντελεστές της σχέσης ολικού μήκους (TL)–ολικού βάρους (RW) για τα θηλυκά, τα αρσενικά και το σύνολο των ατόμων του είδους *S. canicula* για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το σύνολο των περιοχών. Οι πιθανότητες P_t και P_{ANCOVA} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες t και συνδιακύμανσης. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Περιοχή	Φύλο	N	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	P _t	Τύπος αύξησης	P _{ANCOVA}	
									φύλα	περιοχές
Αιγαίο	Θ	1.074	4E-7	3,348	0,010	0,99	0 (t=34,2725)	Θ.Α.	0,0008 (F=11,4)	
	A	1.102	1E-6	3,303	0,009	0,99	0 (t=35,2506)	Θ.Α.		
	σύνολο	2.176	1E-6	3,317	0,007	1,00	0 (t=46,0990)	Θ.Α.		
Ιόνιο	Θ	70	1E-6	3,184	0,057	0,98	0,0020 (t=3,2102)	Θ.Α.	0,4016 (F=0,71)	0 (F=22,9)
	A	67	1E-6	3,127	0,038	0,99	0,0014 (t=3,3308)	Θ.Α.		
	σύνολο	137	1E-6	3,155	0,035	0,98	2E-5 (t=4,4322)	Θ.Α.		
Σύνολο	Θ	1.144	5E-7	3,337	0,010	0,99	0 (t=33,5393)	Θ.Α.	0,0007 (F=11,4)	
	A	1.169	1E-6	3,293	0,008	0,99	0 (t=34,5472)	Θ.Α.		
	σύνολο	2.313	1E-6	3,308	0,007	0,99	0 (t=45,3229)	Θ.Α.		

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; R², συντελεστής προσδιορισμού; Θ.Α., θετική αλλομετρία

Βάσει της ανάλυσης συνδιακύμανσης, ο συντελεστής b διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων, με τα θηλυκά άτομα να παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές βάρους για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα αρσενικά στο Αιγαίο ($P_{ANCOVA} < 0,05$) και στο σύνολο των περιοχών ($P_{ANCOVA} < 0,05$). Αντίθετα, στο Ιόνιο δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ως προς το συντελεστή b ($P_{ANCOVA} > 0,05$). Σημαντική διαφοροποίηση παρουσίασε ο συντελεστής b και μεταξύ των περιοχών, λαμβάνοντας υψηλότερη τιμή στο Αιγαίο σε σχέση με το Ιόνιο ($P_{ANCOVA} < 0,05$) (Πίνακας 3.7).

Οι σχέσεις ολικού μήκους–ολικού βάρους για κάθε φύλο στο σύνολο των περιοχών και για το σύνολο των ατόμων σε κάθε περιοχή απεικονίζονται στην Εικόνα 3.11.



Εικόνα 3.11 Καμπύλες αύξησης για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα στο σύνολο των περιοχών και για το σύνολο των ατόμων ανά περιοχή δειγματοληψίας του είδους *S. canicula*

Squalus blainville

Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται οι παράμετροι των σχέσεων ολικού μήκους–ολικού βάρους ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και για το σύνολο των ατόμων ανά περιοχή δειγματοληψίας και για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα.

Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) έλαβε σημαντικά υψηλές τιμές, αποκαλύπτοντας ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών ($P=0$ σε όλες τις περιπτώσεις). Η τιμή του συντελεστή b σε κάθε φύλο και στο σύνολο των ατόμων ανά περιοχή δειγματοληψίας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή 3 ($P_t < 0,05$), αποκαλύπτοντας θετική αλλομετρία. Εξαιρέση σε αυτό το πρότυπο αποτέλεσαν τα αρσενικά άτομα από το Λιβυκό ($P_t > 0,05$).

Πίνακας 3.8 Συντελεστές της σχέσης ολικού μήκους (TL)–ολικού βάρους (RW) για τα θηλυκά, τα αρσενικά και το σύνολο των ατόμων του είδους *S. blainville* για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το σύνολο των περιοχών. Οι πιθανότητες P_t και P_{ANCOVA} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες t και συνδιακύμανσης. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Περιοχή	Φύλο	N	a	b	T.Σ. _(b)	R^2	P_t	Τύπος αύξησης	P_{ANCOVA} φύλα περιοχές
Αιγαίο	Θ	322	1E-6	3,279	0,020	0,99	2E-14 (t=14,2270)	Θ.Α.	0,0035 (F=8,58)
	A	261	2E-6	3,178	0,028	0,98	2E-7 (t=6,2325)	Θ.Α.	
	σύνολο	583	1E-6	3,247	0,016	0,99	2E-7 (t=15,1330)	Θ.Α.	
Ιόνιο	Θ	84	1E-6	3,357	0,030	0,99	0 (t=12,0435)	Θ.Α.	0 (F=21,6)
	A	90	2E-6	3,138	0,035	0,99	0,0002 (t=3,8869)	Θ.Α.	
	σύνολο	174	1E-6	3,262	0,024	0,99	0 (t=10,8053)	Θ.Α.	
Λιβυκό	Θ	42	1E-8	4,082	0,176	0,93	2E-7 (t=6,1667)	Θ.Α.	0 (F=38,7)
	A	10	2E-8	3,858	1,319	0,52	0,5998 (t=0,6509)	Ισομετρία	
	σύνολο	52	4E-10	4,510	0,161	0,97	1E-12 (t=9,4078)	Θ.Α.	
Σύνολο	Θ	448	1E-6	3,300	0,016	0,99	4E-14 (t=18,6141)	Θ.Α.	0 (F=28,8)
	A	361	2E-6	3,161	0,025	0,98	2E-7 (t=6,4008)	Θ.Α.	
	σύνολο	809	1E-6	3,273	0,014	0,99	0 (t=19,3022)	Θ.Α.	

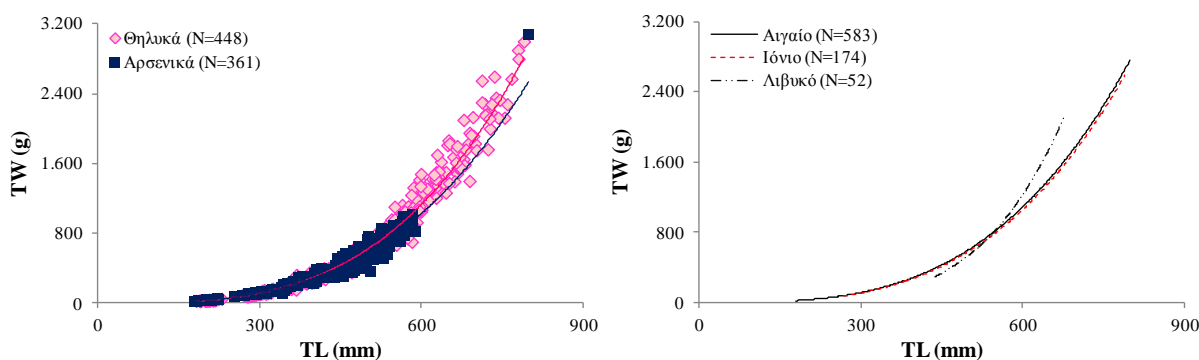
N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; R^2 , συντελεστής προσδιορισμού; Θ.Α., θετική αλλομετρία

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Σύμφωνα με την ανάλυση συνδιακύμανσης, ο συντελεστής b διέφερε σημαντικά μεταξύ των φύλων, με τα θηλυκά άτομα να παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές βάρους για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα αρσενικά στο Αιγαίο, στο Ιόνιο και στο σύνολο των περιοχών ($P_{\text{ANCOVA}} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Αντίθετα, στο Λιβυκό, το οποίο αντιπροσωπεύονταν από μικρό αριθμό ατόμων, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων ($P_{\text{ANCOVA}} > 0,05$) (Πίνακας 3.8).

Σημαντικές διαφορές ως προς το συντελεστή b βρέθηκαν ανάμεσα στις περιοχές ($P_{\text{ANCOVA}} < 0,05$). Οι επιμέρους συγκρίσεις των κλίσεων b μεταξύ των περιοχών δεν αποκάλυψαν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου ($P_{\text{ANCOVA}} = 0,6532$, $F = 0,20$). Αντίθετα, ο συντελεστής b παρουσίασε σημαντικά υψηλότερη τιμή στο Λιβυκό σε σχέση τόσο με το Αιγαίο ($P_{\text{ANCOVA}} = 0$, $F = 72,5$) όσο και με το Ιόνιο ($P_{\text{ANCOVA}} = 0$, $F = 85,3$). Το γεγονός αυτό πιθανώς αποδίδεται στο ότι το Λιβυκό αντιπροσωπεύτηκε κυρίως από μεγαλόσωμα άτομα, σε αντίθεση με τις άλλες περιοχές που αντιπροσωπεύτηκαν από μεγαλύτερο εύρος μεγεθών.

Οι σχέσεις ολικού μήκους–ολικού βάρους για κάθε φύλο στο σύνολο των περιοχών και για το σύνολο των ατόμων σε κάθε περιοχή απεικονίζονται στην Εικόνα 3.12.

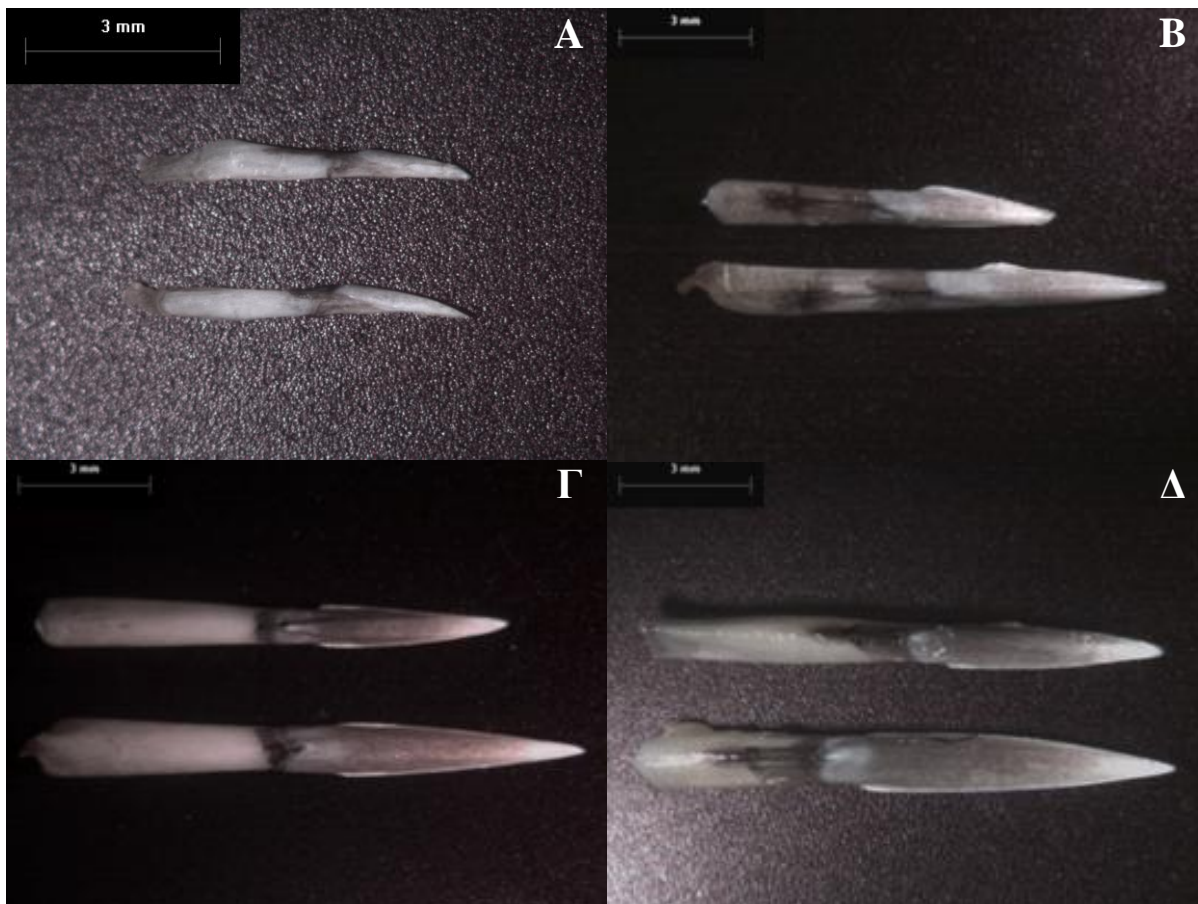


Εικόνα 3.12 Καμπύλες αύξησης για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα στο σύνολο των περιοχών και για το σύνολο των ατόμων ανά περιοχή δειγματοληψίας του είδους *S. blainville*

3.3.4 Μορφομετρία ακανθών

Από το σύνολο των 810 νεαρών και ενήλικων συλλεχθέντων ατόμων του είδους *Squalus blainville*, οι μετρήσεις μορφομετρίας και βάρους των ακανθών έγιναν σε διαφορετικό αριθμό ατόμων, εξαιτίας του διαφορετικού βαθμού και σημείου φθοράς που έφερε κάθε άκανθα, και με σκοπό τη μέγιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων ακανθών στις αναλύσεις.

Σε 55 έμβρυα καταγράφηκαν τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά της δεύτερης άκανθας. Οι άκανθες ήταν διαμορφωμένες σε όλα τα εξεταζόμενα έμβρυα, από το μικρότερο (TL=69 mm) έως το μεγαλύτερο (TL=209 mm). Στα πρώτα στάδια της εμβρυϊκής ανάπτυξης οι άκανθες ήταν μαλακές και εύκαμπτες, ενώ στα προχωρημένα στάδια ήταν σκληρές και άκαμπτες (Εικόνα 3.13). Σε καμία περίπτωση δεν εντοπίστηκαν δακτύλιοι στην εξωτερική σμάλτινη επιφάνεια των ακανθών των εμβρύων στη βάση της οποίας ήταν ορατή (ως έντονη λευκή ζώνη) η ενεργή περιοχή σχηματισμού σμάλτου (Campana *et al.* 2006).



Εικόνα 3.13 Ζευγάρι ακανθών εμβρύων διαφορετικού μήκους (TL); 96 mm (Α); 140 mm (Β); 152 mm (Γ); 169 mm (Δ). Οι φωτογραφίες λήφθηκαν στο IMAGE ANALYSIS (Φωτο. Β Κουστένη)

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους της δεύτερης άκανθας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.9. Οι μέσες τιμές αυτών των μετρήσεων δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ($P_t > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), με εξαίρεση το πλάτος της άκανθας στη βάση της σμάλτινης επιφάνειας (EBW) και μόνο στην περίπτωση των νεαρών και ενήλικων ατόμων ($P_t < 0,05$).

Πίνακας 3.9 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων μορφομετρίας (σε mm) και βάρους (σε g) της δεύτερης άκανθας του είδους *S. blainville*. Η πιθανότητα P_t αντιστοιχεί στη δοκιμασία t

Μέτρηση	Φύλο	N	M.T.	T.A.	Ελάχιστο	Μέγιστο	P_t
Νεαρά και ενήλικα άτομα							
TSL	Θ	320	42,7	11,1	16,4	68,4	0,6148 (t=-0,5036)
	A	257	43,1	8,33	14,1	54,8	
	σύνολο	577	42,9	10,0	14,1	68,4	
ESL	Θ	331	31,9	8,90	10,9	58,8	0,7312 (t=-0,3437)
	A	265	32,1	6,71	11,0	49,2	
	σύνολο	596	32,0	7,99	10,9	58,8	
X ₁ X ₂	Θ	383	3,60	1,01	1,20	6,30	0,1107 (t=1,5952)
	A	302	3,49	0,71	1,22	4,85	
	σύνολο	685	3,55	0,89	1,20	6,30	
EBW	Θ	383	3,09	0,79	1,15	4,85	9E-6 (t=4,4307)
	A	301	2,85	0,52	1,08	3,95	
	σύνολο	684	2,99	0,69	1,08	4,85	
FRBD	Θ	361	1,71	0,18	1,05	2,15	0,6733 (t=0,4216)
	A	293	1,70	0,20	0,97	2,80	
	σύνολο	654	1,70	0,19	0,97	2,80	
FRBL	Θ	308	11,4	1,84	5,06	16,3	0,2010 (t=-1,2804)
	A	239	11,6	1,72	5,13	15,8	
	σύνολο	547	11,5	1,79	5,06	16,3	
Y ₁ Y ₂	Θ	198	0,72	0,40	0,10	1,90	0,1337 (t=1,5028)
	A	184	0,66	0,38	0,10	2,10	
	σύνολο	382	0,69	0,39	0,10	2,10	
SW	Θ	329	0,31	0,22	0,02	1,17	0,1208 (t=1,5537)
	A	261	0,29	0,14	0,02	0,58	
	σύνολο	590	0,30	0,18	0,02	1,17	
Έμβρυα							
TSL	Θ	35	8,94	4,18	2,32	18,7	0,7050 (t=-0,3806)
	A	20	9,36	3,48	3,80	18,0	
	σύνολο	55	9,09	3,91	2,32	18,7	
ESL	Θ	32	5,10	2,46	1,42	10,6	0,9053 (t=0,1195)
	A	20	5,02	2,63	1,49	11,7	
	σύνολο	52	5,07	2,50	1,42	11,7	
X ₁ X ₂	Θ	35	0,67	0,32	0,20	1,75	0,9567 (t=-0,0546)
	A	20	0,67	0,26	0,29	1,32	
	σύνολο	55	0,67	0,30	0,20	1,75	
EBW	Θ	24	0,68	0,31	0,28	1,20	0,7238 (t=-0,3559)
	A	17	0,72	0,38	0,29	1,20	
	σύνολο	41	0,70	0,30	0,28	1,20	
SW	Θ	35	0,0037	0,0057	0,0001	0,0320	0,8735 (t=-0,1599)
	A	20	0,0040	0,0067	0,0001	0,0310	
	σύνολο	55	0,0038	0,0060	0,0001	0,0320	

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; Για λόγους απλοποίησης το ερμαφρόδιτο εξαιρέθηκε; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

3.3.5 Σχέσεις ολικού μήκους–μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους ακανθών

Στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του ολικού μήκους (TL) και των μετρήσεων (μορφομετρίας και βάρους) των ακανθών βρέθηκε τόσο στα νεαρά και ενήλικα άτομα όσο και στα έμβρυα ($P < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Ο συντελεστής προσδιορισμού της σχέσης TL–Y₁Y₂ ήταν πολύ χαμηλός, δείχνοντας ότι ο βαθμός φθοράς των ακανθών είναι ανεξάρτητος από το μέγεθος των ατόμων. Ο συντελεστής b των σχέσεων TL–TSL, TL–ESL και TL–SW διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των φύλων ($P_{ANCOVA} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), ένα πρότυπο που δεν παρατηρήθηκε στα έμβρυα (Πίνακας 3.10).

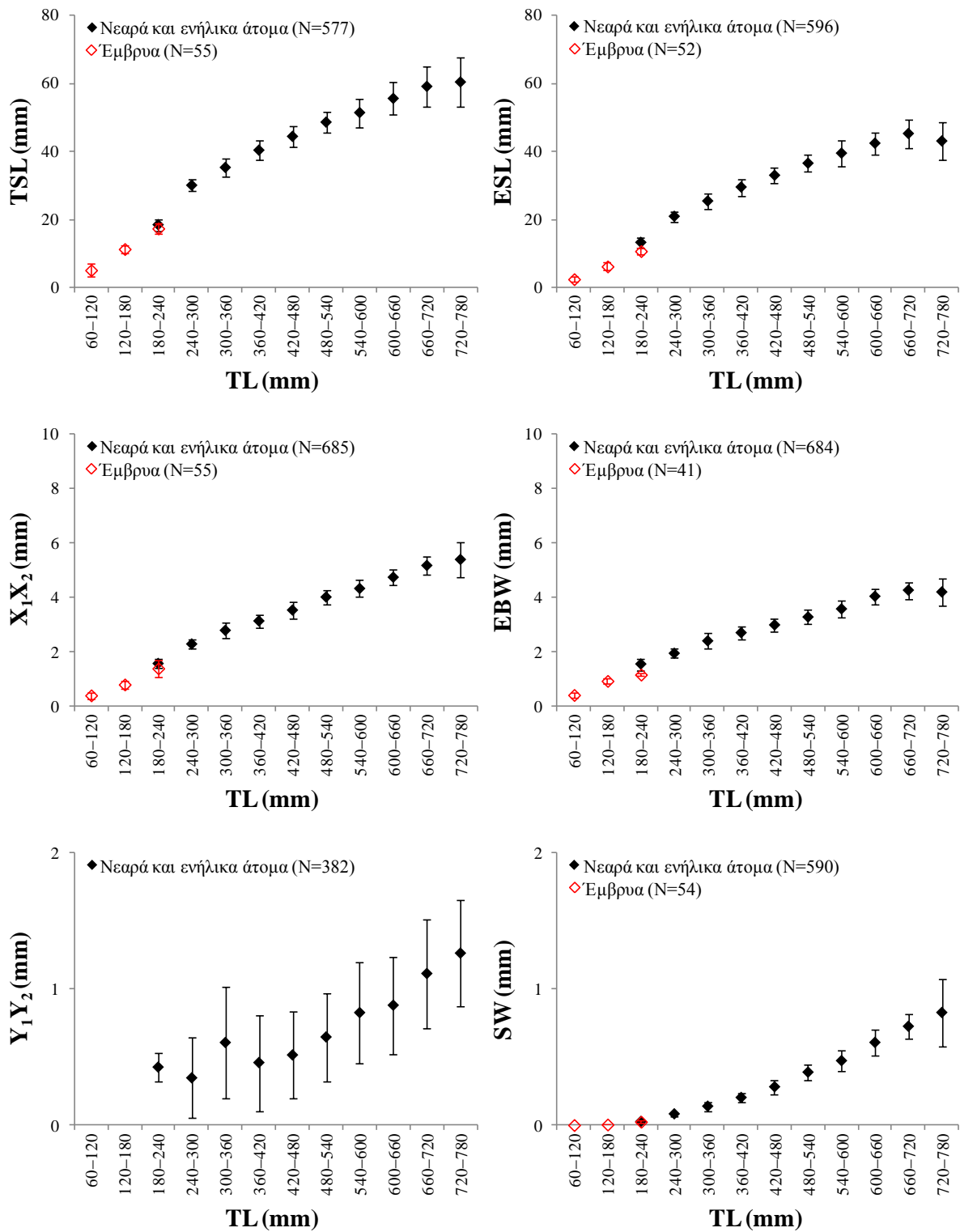
Πίνακας 3.10 Συντελεστές των σχέσεων ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους των δευτέρων ακανθών του είδους *S. blainville*. Η πιθανότητα P_{ANCOVA} αντιστοιχεί στην ανάλυση συνδιακύμανσης

X–Y	Φύλο	N	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	P _{ANCOVA}
Νεαρά και ενήλικα άτομα							
TL–TSL	Θ	320	0,2187	0,865	0,015	0,91	0,0333 (F=3,60)
	A	257	0,1648	0,913	0,020	0,90	
	σύνολο	577	0,1997	0,881	0,012	0,90	
TL–ESL	Θ	331	0,1013	0,942	0,015	0,92	0,0172 (F=5,70)
	A	265	0,0706	1,004	0,020	0,91	
	σύνολο	596	0,0903	0,962	0,012	0,91	
TL–X ₁ X ₂	Θ	383	0,0109	0,945	0,012	0,94	0,7840 (F=0,08)
	A	302	0,0105	0,951	0,018	0,91	
	σύνολο	685	0,0108	0,947	0,010	0,93	
TL–EBW	Θ	383	0,0201	0,822	0,013	0,91	0,4380 (F=0,60)
	A	301	0,0170	0,839	0,018	0,88	
	σύνολο	684	0,0189	0,828	0,011	0,89	
TL–Y ₁ Y ₂	Θ	198	0,0001	1,511	0,169	0,29	0,8576 (F=0,03)
	A	184	0,0001	1,460	0,270	0,14	
	σύνολο	382	0,0001	1,471	0,142	0,22	
TL–SW	Θ	329	3E-08	2,642	0,029	0,96	0,0121 (F=6,34)
	A	261	1E-08	2,765	0,038	0,95	
	σύνολο	590	2E-08	2,682	0,023	0,96	
Έμβρυα							
TL–TSL	Θ	35	0,0006	1,959	0,083	0,94	0,1313 (F=2,35)
	A	20	0,0022	1,707	0,137	0,90	
	σύνολο	55	0,0009	1,890	0,071	0,93	
TL–ESL	Θ	32	0,0001	2,158	0,120	0,92	0,4019 (F=0,72)
	A	20	0,0001	2,344	0,209	0,87	
	σύνολο	52	0,0001	2,222	0,107	0,90	
TL–X ₁ X ₂	Θ	35	0,0001	1,735	0,097	0,91	0,2414 (F=1,40)
	A	20	0,0004	1,497	0,177	0,80	
	σύνολο	55	0,0002	1,666	0,086	0,88	
TL–EBW	Θ	24	0,0001	1,890	0,150	0,88	0,4117 (F=0,69)
	A	17	0,0002	1,686	0,166	0,87	
	σύνολο	41	0,0001	1,814	0,110	0,88	
TL–SW	Θ	35	9E-17	6,283	0,361	0,90	0,5831 (F=0,31)
	A	20	1E-18	6,674	0,521	0,90	
	σύνολο	55	6E-17	6,381	0,289	0,90	

X, ανεξάρτητη μεταβλητή; Y, εξαρτημένη μεταβλητή; N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; R², συντελεστής προσδιορισμού; Για λόγους απλοποίησης το ερμαφρόδιτο εξαιρέθηκε; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Οι μέσες τιμές των μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους των δευτέρων ακανθών παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αύξηση από τις μικρότερες προς τις μεγαλύτερες κλάσεις ολικού μήκους ($P_{ANOVA} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις) (Εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.14 Μέσες τιμές (\pm T.A.) των μετρήσεων μορφομετρίας (TSL, ESL, X₁X₂, EBW, Y₁Y₂) και βάρους (SW) των δευτέρων ακανθών για κάθε κλάση ολικού μήκους (κατά 60 mm) του είδους *S. blainville*. Η μέτρηση Y₁Y₂ αφορά μόνο στα νεαρά και ενήλικα άτομα, γιατί οι ακανθες των εμβρύων δεν παρουσίασαν καμία φθορά.

3.3.6 Έλεγχος ακρίβειας της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας

Από το σύνολο των 810 ατόμων του είδους *Squalus blainville* που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, 683 άτομα συμπεριλήφθηκαν στις τρεις ανεξάρτητες αναγνώσεις από τον κύριο αναγνώστη (συγκεκριμένα η πρώτη άκανθα από 26 άτομα και η δεύτερη άκανθα από 657 άτομα), ενώ σε 2 άτομα, από τα οποία έλειπε η πρώτη άκανθα και η δεύτερη ήταν σπασμένη, η ηλικία εκτιμήθηκε με βάση τη μέθοδο του Ketchen (1975). Στα υπόλοιπα άτομα (N=125) και οι δύο άκανθες είτε έλειπαν (N=90) ή, εξαιτίας σημαντικής φθοράς, διέθεταν μόνο ένα τμήμα οδοντίνης και καθόλου σμάλτο (N=35), με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η εκτίμηση της ηλικίας τους.

Σύμφωνα με τις τιμές των δεικτών ακρίβειας CV και APE (Πίνακας 3.11), από τις τρεις ανεξάρτητες ηλικιακές εκτιμήσεις των 683 ακανθών από τον κύριο αναγνώστη, απορρίφθηκε η πρώτη ανάγνωση κατά την οποία παρατηρήθηκε σημαντική υπερεκτίμηση της ηλικίας (Εικόνες 3.15Α; Β) και λήφθηκαν υπόψη οι δύο τελευταίες (CV=8,00%, APE=5,70%) κατά τις οποίες ο βαθμός μεροληψίας ήταν αμελητέος (Εικόνα 3.15Γ). Τελικά, για τον υπολογισμό των παραμέτρων αύξησης επιλέχθηκε μια εκ των δύο τελευταίων ηλικιακών εκτιμήσεων σύμφωνα με το ± 2 -y κριτήριο του Ketchen (1975): όταν οι δύο τελευταίες ηλικιακές εκτιμήσεις διέφεραν κατά 1 y η επιλογή γινόταν εναλλάξ, όταν διέφεραν κατά 2 y υπολογιζόταν ο μέσος όρος τους, ενώ όταν διέφεραν περισσότερο από 2 y εξαιρούνταν από τις αναλύσεις. Τελικά, η διαφορά μεταξύ της δεύτερης και τρίτης ανάγνωσης δεν ξεπέρασε τα 2 y σε 76,9% των ακανθών από το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο και σε 83,3% των ακανθών από το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο (Πίνακας 3.12).

Συγκρίνοντας τον αριθμό των αυξητικών δακτυλίων της δεύτερης άκανθας με τον αντίστοιχο αριθμό της πρώτης άκανθας από τα ίδια 70 άτομα (CV=7,10%, APE=5,00%, Πίνακας 3.11), διαπιστώθηκε ότι η πρώτη άκανθα μπορεί εξίσου να χρησιμοποιηθεί στην εκτίμηση της ηλικίας του είδους, δεδομένου ότι στην πλειονότητα των ατόμων (85,7%) η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων δεν ξεπέρασε τα 2 y (Πίνακας 3.12). Μικρός, αλλά αποδεκτός βαθμός μεροληψίας προέκυψε από τη χρήση της πρώτης άκανθας (Εικόνα 3.15Δ).

Συγκρίνοντας τις ηλικιακές εκτιμήσεις 70 ατόμων βάσει της δεύτερης άκανθας μεταξύ των δύο ανεξάρτητων αναγνώστων (CV=11,2%, APE=7,90%, Πίνακας 3.11), διαπιστώθηκε ότι η εμπειρία του αναγνώστη επηρεάζει την ακριβή εκτίμηση της ηλικίας του είδους. Σχεδόν στο 37% των ατόμων η διαφορά μεταξύ των εκτιμήσεων των δύο αναγνώστων ξεπέρασε τα 2 y (Πίνακας 3.12). Ο αυξημένος βαθμός μεροληψίας κατά την ηλικιακή εκτίμηση των ατόμων από το λιγότερο έμπειρο αναγνώστη αποτυπώνεται στην Εικόνα 3.15Ε.

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Τελικά, στη μελέτη της αύξησης του είδους *Squalus blainville* συμπεριλήφθηκαν 569 άκανθες από τις οποίες οι 20 προέρχονταν από το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο και οι 549 από το δεύτερο, σε 2 από τις οποίες η ηλικία εκτιμήθηκε με βάση τη μέθοδο του Ketchen (1975).

Πίνακας 3.11 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των δεικτών ακρίβειας CV και APE για τις ηλικιακές εκτιμήσεις 683 ατόμων βάσει της 2^{ης} άκανθας από τον κύριο αναγνώστη, 70 ατόμων βάσει της 1^{ης} και της 2^{ης} άκανθας από τον κύριο αναγνώστη και 70 ατόμων βάσει της 2^{ης} άκανθας από τους δύο ανεξάρτητους αναγνώστες

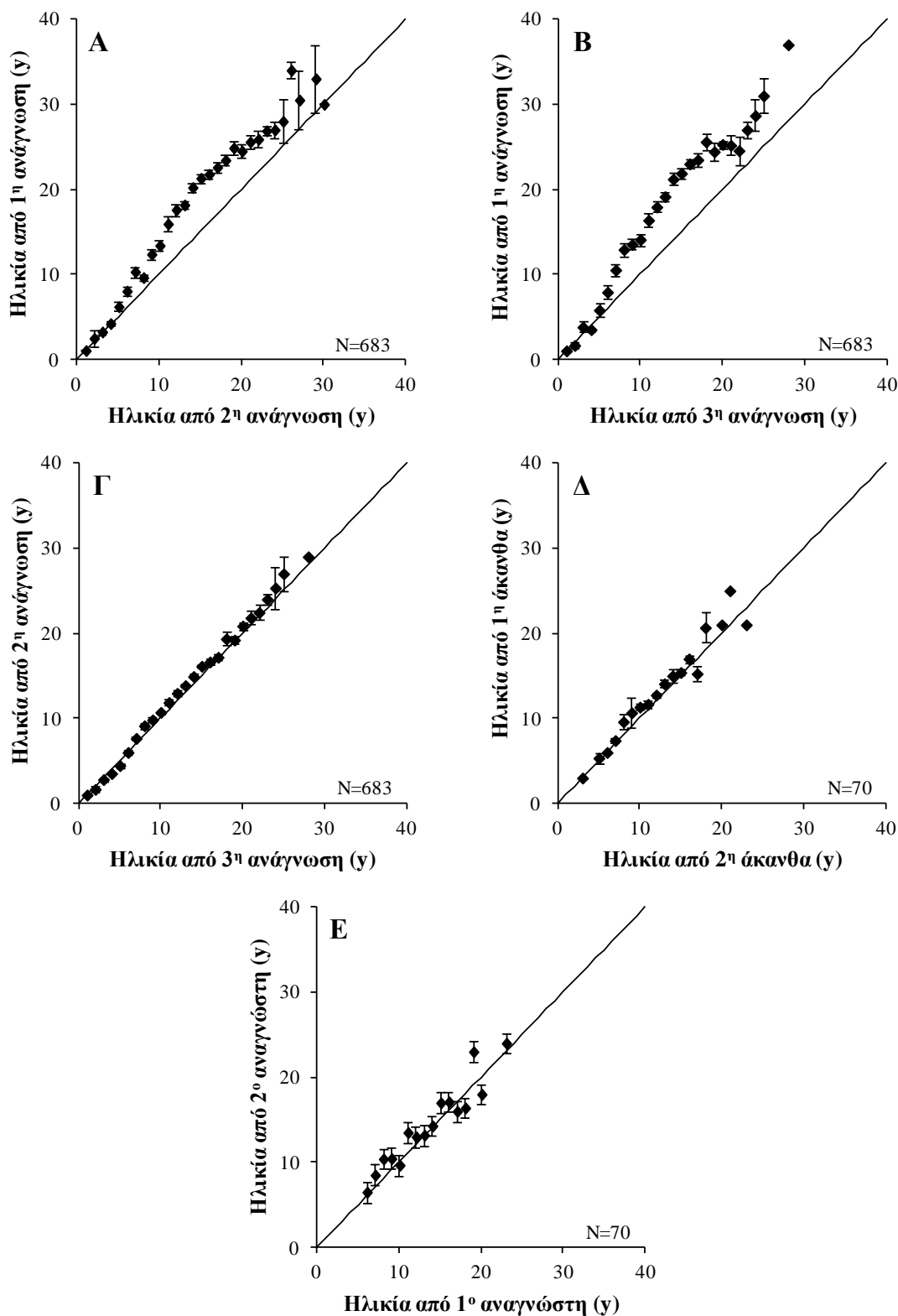
Εκτίμηση ηλικίας	CV (%)					APE (%)				
	N	M.T.	T.A.	Ελάχιστο	Μέγιστο	N	M.T.	T.A.	Ελάχιστο	Μέγιστο
1 ^η –2 ^η ανάγνωση	683	18,2	15,6	0	78,6	683	12,9	11,0	0	55,6
1 ^η –3 ^η ανάγνωση	683	23,6	17,0	0	79,5	683	16,7	12,0	0	56,3
2 ^η –3 ^η ανάγνωση	683	8,00	8,70	0	60,6	683	5,70	6,20	0	42,9
1 ^η –2 ^η άκανθα	70	7,10	7,10	0	33,7	70	5,00	5,10	0	23,8
1 ^{ος} –2 ^{ος} αναγνώστης	70	11,2	8,30	0	38,6	70	7,90	5,90	0	27,3

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας 3.12 Διαφορά σε έτη (y) μεταξύ της δεύτερης και τρίτης ηλικιακής εκτίμησης 26 ατόμων βάσει της 1^{ης} άκανθας από τον κύριο αναγνώστη (A); μεταξύ της δεύτερης και τρίτης ηλικιακής εκτίμησης 657 ατόμων βάσει της 2^{ης} άκανθας από τον κύριο αναγνώστη (B); μεταξύ των ηλικιακών εκτιμήσεων 70 ατόμων βάσει της 1^{ης} και 2^{ης} άκανθας από τον κύριο αναγνώστη (Γ); μεταξύ των ηλικιακών εκτιμήσεων 70 ατόμων βάσει της 2^{ης} άκανθας από τους δύο ανεξάρτητους αναγνώστες (Δ). Η οριζόντια διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στη μέγιστη αποδεκτή διαφορά μεταξύ δύο ηλικιακών εκτιμήσεων (± 2 -y κριτήριο του Ketchen)

Διαφορά σε έτη (y)	A		B		Γ		Δ	
	1 ^η άκανθα		2 ^η άκανθα		1 ^η – 2 ^η άκανθα		1 ^{ος} – 2 ^{ος} αναγνώστης	
	N	%	N	%	N	%	N	%
0	8	30,8	215	32,7	23	32,9	12	17,1
1	6	23,1	233	35,5	24	34,3	14	20,0
2	6	23,1	99	15,1	13	18,6	18	25,7
3	1	3,85	55	8,37	4	5,71	19	27,1
4	4	15,4	33	5,02	3	4,29	3	4,29
5	1	3,85	12	1,83	2	2,86	2	2,86
6	0	0	6	0,91	1	1,43	1	1,43
7	0	0	1	0,15	0	0	1	1,43
8	0	0	1	0,15	0	0	0	0
9	0	0	1	0,15	0	0	0	0
10	0	0	1	0,15	0	0	0	0
Σύνολο	26	100	657	100	70	100	70	100

N, αριθμός ατόμων; %, ποσοστό ατόμων

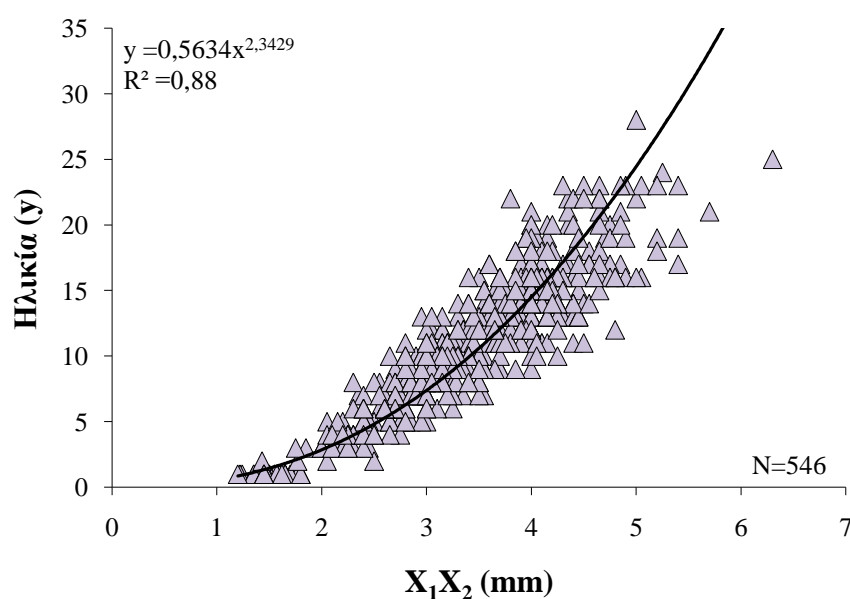


Εικόνα 3.15 Μέση τιμή και 95% Δ.Ε. των ηλικιών που εκτιμήθηκαν από την πρώτη ανάγνωση 683 ακανθών, για κάθε κλάση ηλικίας που προέκυψε από τη δεύτερη ανάγνωση των ίδιων ακανθών (Α); από την πρώτη ανάγνωση 683 ακανθών, για κάθε κλάση ηλικίας που προέκυψε από την τρίτη ανάγνωση των ίδιων ακανθών (Β); από τη δεύτερη ανάγνωση 683 ακανθών, για κάθε κλάση ηλικίας που προέκυψε από την τρίτη ανάγνωση των ίδιων ακανθών (Γ); των ηλικιών που εκτιμήθηκαν βάσει της 1^{ης} άκανθας για κάθε κλάση ηλικίας που προέκυψε από την εκτίμηση της ηλικίας βάσει της 2^{ης} άκανθας (Δ); των ηλικιών που εκτιμήθηκαν από το δεύτερο αναγνώστη, για κάθε κλάση ηλικίας που προέκυψε από τον πρώτο αναγνώστη (Ε). Η 1:1 γραμμή ισοδυναμίας δίνεται σε κάθε γράφημα

3.3.7 Καμπύλη διόρθωσης του Ketchen

Η μέθοδος του Ketchen (1975) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ηλικίας δύο θηλυκών ατόμων από τα οποία έλειπε η πρώτη άκανθα και η δεύτερη ήταν σπασμένη. Στην κατασκευή της καμπύλης διόρθωσης χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις της διαμέτρου X_1X_2 (Μ.Τ.=3,40±0,90, εύρος=1,20–6,30 mm) και οι εκτιμώμενες ηλικίες των δεύτερων ακανθών από τα 546 έναντι των 547 ατόμων στα οποία εκτιμήθηκε η ηλικία με βάση τη δεύτερη άκανθα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι σε ένα άτομο η βάση της σμάλτινης επιφάνειας της άκανθας είχε φθορά και δεν ήταν εφικτή η ακριβής μέτρηση της διαμέτρου X_1X_2 , ένα κριτήριο που πρέπει να πληρείται για την εφαρμογή της μεθόδου (McFarlane & King 2009). Επίσης, το σύνολο των 546 ακανθών ήταν άφθαρτες (κριτήριο φθοράς: $Y_1Y_2 < 1,70$ mm), δηλαδή η διάμετρος τους στο πιο ακραίο άφθαρτο σημείο (Y_1Y_2) δεν ξεπέρασε την παρατηρούμενη μέση τιμή της διαμέτρου της δεύτερης άκανθας στο σημείο όπου αποτίθεται ο πρώτος αυξητικός δακτύλιος (FRBD=1,70±0,19 mm). Καθώς δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση τιμή της διαμέτρου X_1X_2 μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ($P_1 > 0,05$, βλ. Πίνακα 3.9), η καμπύλη ήταν κοινή για τα δύο φύλα.

Εφαρμόζοντας την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης προέκυψε η εξίσωση της μορφής $Y = 0,5634X^{2,3429}$ (Εικόνα 3.16). Σύμφωνα με αυτή την εξίσωση, υπολογίστηκε ο αριθμός των «χαμένων» αυξητικών δακτυλίων που αντιστοιχούν στο σπασμένο τμήμα των ακανθών, ο οποίος προστέθηκε στον αριθμό των παρατηρούμενων δακτυλίων του εναπομείναντος άθικτου τμήματος. Τελικά, η ηλικία των δύο θηλυκών ατόμων που είχαν ολικό μήκος 727 και 759 mm, ήταν 27 και 19 y, αντίστοιχα.



Εικόνα 3.16 Καμπύλη Ketchen για το είδος *S. blainville* από την ανατολική Μεσόγειο

3.3.8 Σχέσεις ηλικίας–μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους ακανθών

Η ανάλυση της εκθετικής παλινδρόμησης αποκάλυψε σημαντικό βαθμό συσχέτισης μεταξύ της ηλικίας των ατόμων και των μετρήσεων (μορφομετρίας και βάρους) των ακανθών ($P < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις) με ιδιαίτερα χαμηλό συντελεστή προσδιορισμού στη σχέση ηλικίας– Y_1Y_2 . Τα θηλυκά και αρσενικά άτομα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το συντελεστή b των σχέσεων της ηλικίας με τις μετρήσεις των ακανθών ($P_{ANCOVA} > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), με εξαίρεση τη σχέση ηλικίας– X_1X_2 ($P_{ANCOVA} < 0,05$).

Οι συντελεστές των σχέσεων ηλικίας–μετρήσεων ακανθών δίνονται στον Πίνακα 3.13 και αφορούν στις δεύτερες άκανθες που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη της αύξησης του είδους, οι οποίες, αν και ήταν 549 σε αριθμό, εξαιτίας του διαφορετικού βαθμού φθοράς που είχαν, κάθε συσχέτιση πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικό αριθμό από αυτές. Οι αντίστοιχες συσχέτισεις δεν πραγματοποιήθηκαν στα έμβρυα, εξαιτίας της μηδενικής ηλικίας τους.

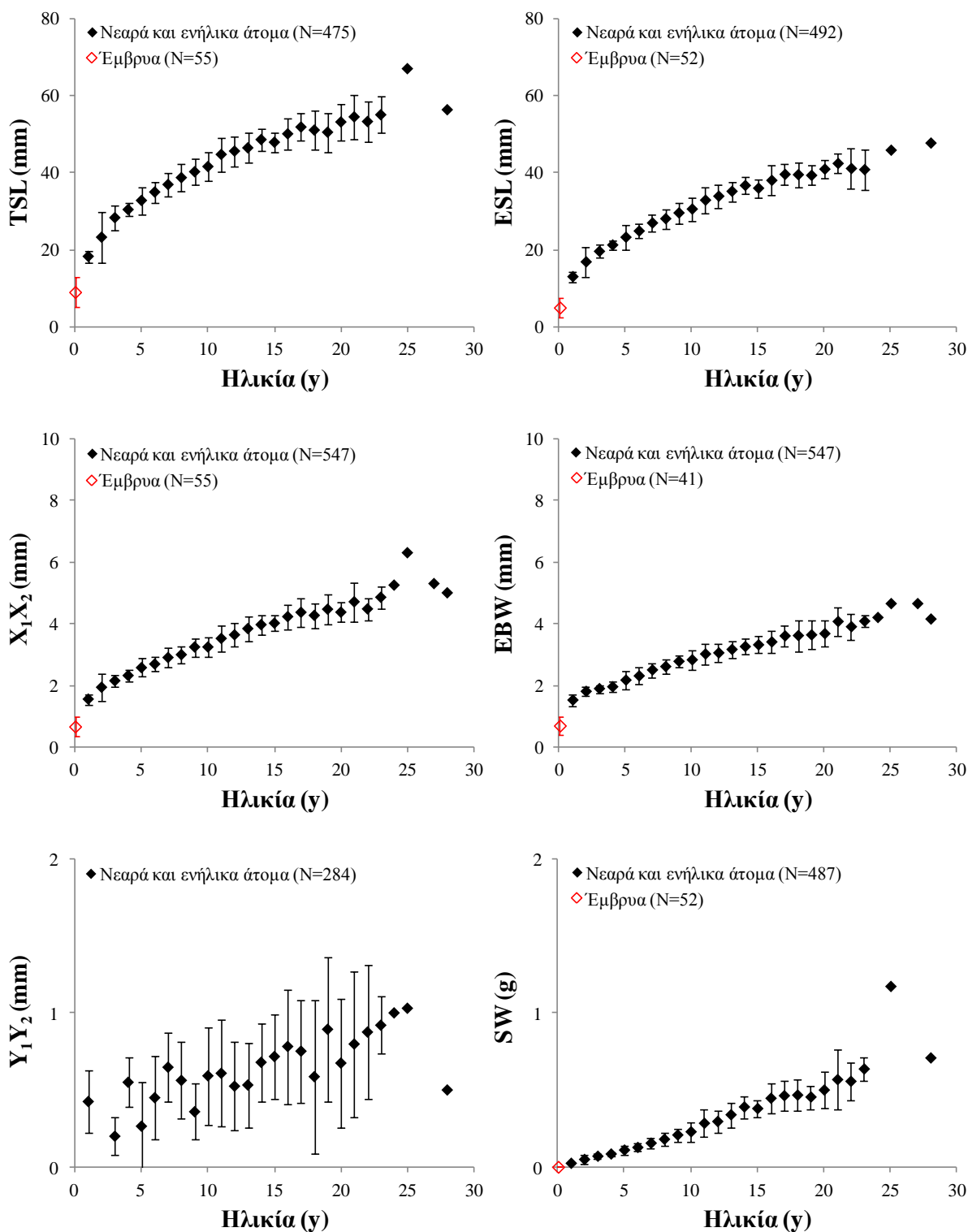
Οι μέσες τιμές των μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους των ακανθών παρουσίασαν σημαντική αύξησή αυξανόμενης της ηλικίας των ατόμων ($P_{ANOVA} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις) (Εικόνα 3.17), γεγονός που παρουσίασε συνέπεια με τη διακύμανση των μετρήσεων των ακανθών στις διαφορετικές κλάσεις ολικού μήκους (βλ. Εικόνα 3.14).

Πίνακας 3.13 Συντελεστές των σχέσεων ηλικίας–μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους των δευτέρων ακανθών του είδους *S. blainville*. Η πιθανότητα P_{ANCOVA} αντιστοιχεί στην ανάλυση συνδιακύμανσης

X–Y	Φύλο	N	a	b	T.Σ.(b)	R ²	P _{ANCOVA}
Ηλικία–TSL	Θ	260	18,3	0,358	0,007	0,91	0,9567 (F=0,00)
	A	215	18,6	0,357	0,008	0,89	
	σύνολο	475	18,4	0,358	0,005	0,90	
Ηλικία–ESL	Θ	270	12,6	0,389	0,007	0,92	0,7757 (F=0,08)
	A	222	12,7	0,393	0,009	0,90	
	σύνολο	492	12,6	0,391	0,006	0,91	
Ηλικία– X_1X_2	Θ	302	1,41	0,384	0,008	0,89	0,0458 (F=4,01)
	A	245	1,48	0,359	0,009	0,86	
	σύνολο	547	1,44	0,374	0,006	0,88	
Ηλικία–EBW	Θ	302	1,38	0,330	0,008	0,84	0,3764 (F=0,78)
	A	245	1,33	0,320	0,008	0,85	
	σύνολο	547	1,36	0,324	0,006	0,83	
Ηλικία– Y_1Y_2	Θ	140	0,16	0,491	0,109	0,13	0,9882 (F=0,00)
	A	144	0,16	0,497	0,129	0,09	
	σύνολο	284	0,16	0,492	0,083	0,11	
Ηλικία–SW	Θ	267	0,02	1,065	0,019	0,92	0,5188 (F=0,42)
	A	220	0,02	1,046	0,022	0,92	
	σύνολο	487	0,02	1,059	0,014	0,92	

X, ανεξάρτητη μεταβλητή; Y, εξαρτημένη μεταβλητή; N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ.(b), τυπικό σφάλμα του b; R², συντελεστής προσδιορισμού; Για λόγους απλοποίησης το ερμαφρόδιτο εξαιρέθηκε; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ



Εικόνα 3.17 Μέσες τιμές (\pm T.A.) των μετρήσεων μορφομετρίας (TSL, ESL, X_1X_2 , EBW, Y_1Y_2) και βάρους (SW) των δευτέρων ακανθών για κάθε κλάση ηλικίας (κατά 1 y) του είδους *S. blainville*. Η μέτρηση Y_1Y_2 αφορά μόνο στα νεαρά και ενήλικα άτομα, γιατί οι άκανθες των εμβρύων δεν παρουσίασαν καμία φθορά

3.3.9 Κλείδα ηλικίας–ολικού μήκους

Το σύνολο των ατόμων (N=549) των οποίων η ηλικία λήφθηκε υπόψη στη μελέτη της αύξησης του είδους περιελάμβανε: 314 θηλυκά άτομα ολικού μήκους από 182 έως 759 mm (M.T.=435±128) και ηλικίας από 1 έως 28 y (M.T.=11,1±5,94), 254 αρσενικά άτομα ολικού μήκους από 180 έως 589 mm (M.T.=441±95) και ηλικίας από 1 έως 22 y (M.T.=11,1±4,49), και ένα ερμαφρόδιτο άτομο ολικού μήκους 522 mm και ηλικίας 19 y.

Σημαντικές διαφορές στα μέσα μήκη μεταξύ των φύλων βρέθηκαν μόνο για τις κλάσεις των 6, 9, 10, 18 και 19 y ($P_t < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις) (Πίνακας 3.14). Οι κλείδες του αριθμού των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ανά κλάση ηλικίας 1 y και κλάση ολικού μήκους 20 mm δίνονται στους Πίνακες 3.15 και 3.16, αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση, οι ομάδες ηλικίας χαρακτηρίζονται από μεγάλη διασπορά και σημαντική επικάλυψη, γεγονός που είναι αναμενόμενο για ένα είδος που παρουσιάζει αλλομετρική αύξηση, μεγάλη διάρκεια ζωής και εκτεταμένη περίοδο αναπαραγωγής (βλ. Υποκεφ. 5.4.1).

Πίνακας 3.14 Περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά του ολικού μήκους (TL σε mm) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων για κάθε κλάση ηλικίας του είδους *S. blainville*. Η πιθανότητα P_t αντιστοιχεί στη δοκιμασία t

Ηλικία (y)	Θηλυκά					Αρσενικά					P_t
	N	M.T.	T.A.	Ελάχιστο	Μέγιστο	N	M.T.	T.A.	Ελάχιστο	Μέγιστο	
1	19	202	10,6	182	220	12	202	13,6	180	223	0,9080
2	3	228	42,5	201	277	1	253				*
3	12	276	26,4	223	315	4	280	12,3	268	294	0,7690
4	17	289	9,91	269	307	7	291	5,71	280	297	0,5281
5	5	320	30,6	290	355	10	318	27,2	268	352	0,9293
6	15	325	26,0	288	375	8	351	30,0	312	400	0,0387
7	13	354	44,0	303	443	12	349	28,1	303	394	0,7203
8	24	380	40,9	298	470	16	394	42,3	304	475	0,3188
9	27	394	32,3	320	446	14	426	37,8	371	528	0,0073
10	23	402	34,7	351	493	21	433	40,8	354	509	0,0098
11	22	451	61,5	347	574	18	449	48,5	380	541	0,8771
12	17	466	55,3	400	575	19	472	41,5	405	529	0,7245
13	15	491	52,6	424	615	24	496	41,0	417	567	0,7612
14	16	500	38,0	451	558	27	503	39,3	442	583	0,4583
15	10	505	31,5	443	548	19	517	31,7	443	550	0,3599
16	13	557	67,3	455	679	25	536	27,4	475	589	0,1708
17	15	575	61,6	481	729	6	532	25,3	500	563	0,1238
18	7	575	41,2	525	651	4	519	20,1	492	540	0,0314
19	10	628	71,0	550	759	4	516	22,2	485	534	0,0106
20	7	587	38,7	525	635	2	554	23,3	537	570	*
21	6	610	45,3	563	692	0					*
22	6	614	14,9	598	632	1	474				*
23	8	619	50,0	523	664	0					*
24	1	652				0					*
25	1	735				0					*
26	0					0					*
27	1	727				0					*
28	1	678				0					*

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *η δοκιμασία t δεν πραγματοποιήθηκε για αυτές τις κλάσεις ηλικίας, λόγω ανεπαρκών δειγμάτων; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Πίνακας 3.15 Κλείδα ηλικίας-ολικού μήκους (TL) για τα θηλυκά άτομα (N=314) του είδους *S. blainville*

TL (mm)	Ηλικία (y)																												N
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
160-180																													7
180-200	7																												14
200-220	12	2																											2
220-240			2																										
240-260																													
260-280		1	5	3																									9
280-300			3	13	2	3		1																					22
300-320			2	1	1	4	4	1	1																				14
320-340						3	1	4																					8
340-360					2	4	3	1	3	2	1																		16
360-380						1	2	1	5	5	1																		15
380-400							1	8	10	1	2	1																	23
400-420							1	6	1	12	6	2																	28
420-440								1	3	1	3	5																	14
440-460							1		4	1	1	1	5	4	1	1													18
460-480								1		1	3	3	2	1	2														11
480-500										2	2	1	2	3	1	2													14
500-520										2			1	1	2	1													7
520-540										2		2	6	3	2			1					1						18
540-560											1	2	1	1	2	4	2	2			1			1					16
560-580										2	2				2	1	1	2	1	1	1	1		1					13
580-600																3	2	2	2	1	2	2							12
600-620												1							1	2	1	1	1						7
620-640																1	1			1		3	1						8
640-660																	1	1					3	1	1				6
660-680																2				1	2	1	1						5
680-700																				2		1	1						3
700-720																						1							
720-740																	1												3
740-760																			1							1		1	1
760-780																													
780-800																													
N	19	3	12	17	5	15	13	24	27	23	22	17	15	16	10	13	15	7	10	7	6	6	8	1	1		1	1	314
M.T.	202	228	276	289	320	325	354	380	394	402	451	466	491	500	505	557	575	575	628	587	610	614	619	652	735		727	678	
T.A.	10,6	42,5	26,4	9,9	30,6	26,0	44,0	40,9	32,3	34,7	61,5	55,3	52,6	38,0	31,5	67,3	61,6	41,2	71,0	38,7	45,3	14,9	50,0						
Ελάχιστο	182	201	223	269	290	288	303	298	320	351	347	400	424	451	443	455	481	525	550	525	563	598	523						
Μέγιστο	220	277	315	307	355	375	443	470	446	493	574	575	615	558	548	679	729	651	759	635	692	632	664						

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τοπική απόκλιση

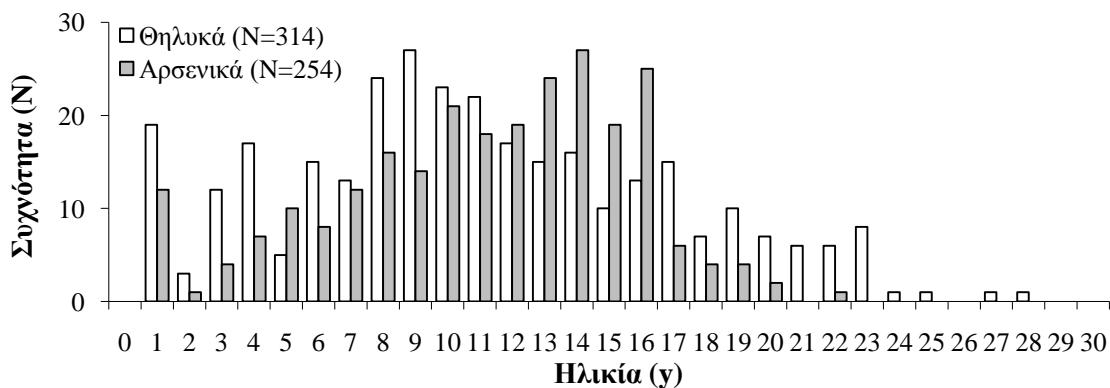
Πίνακας 3.16 Κλείδα ηλικίας-ολικού μήκους (TL) για τα αρσενικά άτομα (N=254) του είδους *S. blainville*

TL (mm)	Ηλικία (y)																												N	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
160-180	1																												1	
180-200	3																												3	
200-220	6																												6	
220-240	2																												2	
240-260		1																											1	
260-280			2	1	1																								4	
280-300			2	6	2																								10	
300-320					1	1	2	1																					5	
320-340					4	2	1																						7	
340-360					2	1	5	3		1																			12	
360-380						3	2	2	2	1	1																		11	
380-400						1	2	2	2	2	3																		10	
400-420								3	4	6	1	3	1																18	
420-440								4	6	2	4	3	1																20	
440-460										3	4	1	3	5	1	1													17	
460-480							1	1	1	4	1	3	5	4	2	1						1							23	
480-500												3	5	3	2	1	1	1	1										17	
500-520										2	2	3	7	4	5	1	1	1	1										26	
520-540									1		1	3	6	4	2	7	2	2	2	1									31	
540-560											1		2	1	8	6	1												19	
560-580												1		2	2	4	1												9	
580-600													1			1													2	
600-620																														
620-640																														
640-660																														
660-680																														
680-700																														
700-720																														
720-740																														
740-760																														
760-780																														
780-800																														
N	12	1	4	7	10	8	12	16	14	21	18	19	24	27	19	25	6	4	4	2										254
M.T.	202	253	280	291	318	351	349	394	426	433	449	472	496	503	517	536	532	519	516	554										
T.A.	14,6		12,3	5,7	27,2	30,0	28,1	42,3	37,8	40,8	48,5	41,5	41,0	39,3	31,7	27,4	25,3	20,1	22,2	23,3										
Ελάχιστο	180		268	280	268	312	303	304	371	354	380	405	417	442	443	475	500	492	485	537										
Μέγιστο	223		294	297	352	400	394	475	528	509	541	529	567	583	550	589	563	540	534	570										

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τοπική απόκλιση

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Οι μεγαλύτερες συχνότητες των ατόμων βρέθηκαν στις κλάσεις από 8 έως 16 y και οι μικρότερες συχνότητες των ατόμων από 24 έως 28 y. Η πλειονότητα των θηλυκών ατόμων ήταν 9 y και των αρσενικών ήταν 14 y (Εικόνα 3.18). Στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση βρέθηκε μεταξύ των φύλων ως προς τις κατανομές των συχνοτήτων τους ($P_{KS}=0,0004$, $DN=0,1751$), αλλά όχι ως προς τις μέσες τιμές των ηλικιών τους ($P_t=0,9858$, $t=0,0178$).



Εικόνα 3.18 Κατά ηλικία σύνθεση των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville*

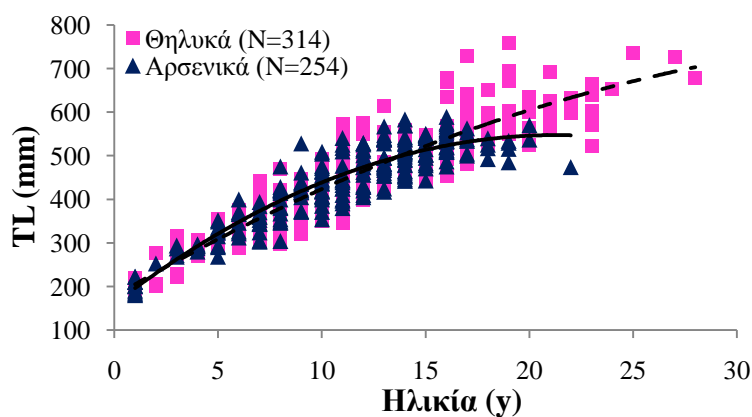
3.3.10 Παράμετροι αύξησης

Τα θηλυκά και αρσενικά άτομα διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς όλες τις παραμέτρους αύξησης της VBGF ($\chi^2=38,26$, $df=3$, $P<0,001$) (Πίνακας 3.17, Εικόνα 3.19).

Πίνακας 3.17 Παράμετροι αύξησης (L_{∞} , k , t_0), δείκτης ολοκλήρωσης της αύξησης (Φ') και μέγιστη παρατηρούμενη ηλικία (A_{max} σε y) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville*

Φύλο	N	L_{∞}	k	t_0	Φ'	A_{max}
Θηλυκά	314	1.097	0,0312	-5,58	4,56	28
Αρσενικά	254	665,5	0,0800	-3,35	4,55	22
Σύνολο	569*	929	0,0408	-5,10	4,55	28

N, αριθμός ατόμων; *περιλαμβάνεται το ερμαφρόδιτο που ήταν 19 y; L_{∞} , ασυμπτωτικό μήκος σε mm; K, ρυθμός αύξησης σε y^{-1} ; t_0 , υποθετική ηλικία σε y στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος



Εικόνα 3.19 Γράφημα von Bertalanffy για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *S. blainville*

3.4 Συζήτηση

3.4.1 Αναλογία φύλων

Scyliorhinus canicula

Η αναλογία των φύλων δεν διέφερε σημαντικά από τη μονάδα για κανέναν εξεταζόμενο παράγοντα (εποχή, αλιευτικό εργαλείο, ζώνη βάθους και περιοχή δειγματοληψίας), αποκαλύπτοντας μικρό διαχωρισμό στο χώρο μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων.

Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισε το είδος σε άλλες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού (Πίνακας 3.18). Ωστόσο, τα θηλυκά άτομα ήταν αφθονότερα από τα αρσενικά στις ακτές της Τυνησίας, από 50 έως 100 m βάθους (Cararé *et al.* 2014), στον κόλπο του Λέοντα, στο ίδιο βάθος (Cararé *et al.* 2008a; b) και βορειότερα της κατανομής του είδους, στον Ατλαντικό (Harris 1952, Ellis & Shackley 1995; 1997, Ivory *et al.* 2004).

Από την άλλη πλευρά, τα αρσενικά άτομα ήταν αφθονότερα από τα θηλυκά στους κόλπους του Αδραμυτίου (Türker Çakir *et al.* 2006) και της Σμύρνης (Filiz & Taşkavak 2006), στις ζώνες βάθους 45–60 και 40–120 m, αντίστοιχα, και στην Αδριατική (Pallaoro *et al.* 2005). Η κυριαρχία των αρσενικών ατόμων παρατηρήθηκε και στο Βισκαϊκό κόλπο, στα βάθη 100–150 m. Στην ίδια περιοχή, η αναλογία των φύλων δεν απέκλινε από τη μονάδα στα βάθη 40–100 m, ενώ τα θηλυκά ήταν αφθονότερα από 200 έως 500 m βάθους (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998). Η αναλογία των φύλων κυμάνθηκε υπέρ των αρσενικών και στην Ιρλανδική Θάλασσα από 30 έως 40 m βάθους (Lyle 1983) και στη Μάγχη (Ford 1921).

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποκάλυψε ποικίλα πρότυπα στη μηνιαία ή εποχική μεταβολή της αναλογίας των φύλων. Στο βόρειο Αιγαίο, οι D'Onghia *et al.* (1995) παρατήρησαν ότι ενώ η αναλογία των φύλων δεν διέφερε σημαντικά από τη μονάδα τους μήνες Φεβρουάριο–Μάρτιο, Ιούνιο, Αύγουστο–Σεπτέμβριο σε κάθε εξεταζόμενη ζώνη βάθους (0–100, 100–200, 200–450 m), τα θηλυκά άτομα ήταν αφθονότερα από τα αρσενικά το Νοέμβριο–Δεκέμβριο στα μεσαία και βαθύτερα στρώματα. Στον Ατλαντικό, η μηνιαία αναλογία των φύλων από το Βισκαϊκό κόλπο ήταν κοντά στη μονάδα, με εξαίρεση τους μήνες Μάρτιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο κατά τους οποίους τα θηλυκά άτομα ήταν αφθονότερα από τα αρσενικά (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998). Στη Μάγχη, τα αρσενικά άτομα κυριάρχησαν το χειμώνα, σε αντίθεση με τα θηλυκά που κυριάρχησαν το καλοκαίρι (Ford 1921). Στο Κανάλι του Μπρίστολ, τα θηλυκά άτομα ήταν αφθονότερα το χειμώνα και την

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

άνοιξη, ενώ τα αρσενικά ήταν αφθονότερα το Μάιο και τον Ιούνιο (Harris 1952). Σε άλλη μελέτη στην ίδια περιοχή, τα θηλυκά άτομα ήταν αφθονότερα τον Ιανουάριο και τον Ιούνιο και τα αρσενικά τον Απρίλιο (Ellis & Shackley 1997). Τέλος, έπειτα από μηνιαίες δειγματοληψίες στην Ιρλανδική Θάλασσα σε βάθη από 30 έως 40 m, η αναλογία φύλων κυμάνθηκε υπέρ των αρσενικών όλες τις εποχές, με εξαίρεση το χειμώνα. Η αφθονία των αρσενικών ατόμων αποδόθηκε στο δυσανάλογα μικρό αριθμό των μεγαλόσωμων θηλυκών ατόμων. Το γεγονός ότι η πλειονότητα των θηλυκών που ήταν >600 mm (TL) ήταν γεννητικά ώριμα, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα ώριμα θηλυκά άτομα παραμένουν στη συγκεκριμένη περιοχή για περιορισμένο χρονικό διάστημα (Lyle 1983), μια συμπεριφορά που πιθανώς σχετίζεται με τις μετακινήσεις που εκτελούν για την ωοτοκία (Harris 1952).

Πίνακας 3.18 Αναλογία φύλων του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

	Περιοχή	N	Θ:Α	Αναφορά	
Μεσόγειος Θάλασσα		2.176	0,97	παρούσα μελέτη	
		2.487	1,04	D'Onghia <i>et al.</i> 1995	
	Αιγαίο Πέλαγος		110	1,31	Filiz & Mater 2002
			291	0,29	Türker Çakir <i>et al.</i> 2006
			296	0,71	Filiz & Taşkavak 2006
			744	0,89	İlkyaz <i>et al.</i> 2008
			325	0,95	Kousteni <i>et al.</i> 2010
		Ιόνιο Πέλαγος	137	1,04	παρούσα μελέτη
		Αδριατική Θάλασσα	769	0,74	Pallaoro <i>et al.</i> 2005
		Τυνησία	1.124	1,15	Capapé <i>et al.</i> 2014
	Κόλπος του Λέοντα	906	1,40	Capapé <i>et al.</i> 2008a; b	
	Αλγερία	461	1,17	Taleb Bendiab <i>et al.</i> 2012	
Ατλαντικός Ωκεανός	Πορτογαλία (δυτικές ακτές)	2.570	1,07	Mendes <i>et al.</i> 2004	
	Βισκαϊκός κόλπος	1.485	0,99	Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> 1998	
	Μάγχη		4.368	0,82	Ford 1921
			204	0,87	Crooks & Waring 2013a
	Κανάλι Μπρίστολ		1.898	1,55	Harris 1952
			239	1,52	Ellis & Shackley 1995
			972	1,23	Ellis & Shackley 1997
	Ιρλανδική Θάλασσα	2.255	0,75	Lyle 1983	
Ιρλανδική και Κέλτικη Θάλασσα	755	1,40	Ivory <i>et al.</i> 2004		

Squalus blainville

Η αναλογία των φύλων κυμάνθηκε υπέρ των θηλυκών ατόμων μόνο στη ζώνη βάθους 100–200 m και στο Λιβυκό, ενώ δεν απέκλινε σημαντικά από τη μονάδα για κανέναν άλλον παράγοντα. Συνολικά, τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικά αφθονότερα από τα αρσενικά. Σε προηγούμενες μελέτες, η αναλογία των φύλων ήταν κοντά στη μονάδα, με εξαίρεση το Ιόνιο όπου τα θηλυκά άτομα ήταν σχεδόν διπλάσια σε αριθμό (Sion *et al.* 2003) και το Κανάλι της Σικελίας όπου κυριάρχησαν τα αρσενικά (Canizzaro *et al.* 1995) (Πίνακας 3.19).

Πίνακας 3.19 Αναλογία φύλων του είδους *S. blainville* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

	Περιοχή	N	Θ:Α	Αναφορά
Μεσόγειος Θάλασσα		583	1,23	παρούσα μελέτη
	Αιγαίο Πέλαγος	524	1,26	Kousteni & Megalofonou 2011
		27	2,38	Ismen <i>et al.</i> 2009
		174	0,93	παρούσα μελέτη
	Ιόνιο Πέλαγος	179	1,67	Sion <i>et al.</i> 2003
		52	4,20	παρούσα μελέτη
	Λιβυκό Πέλαγος	88	1,20	Pallaoro <i>et al.</i> 2005
	Αδριατική Θάλασσα	1.850	0,78	Cannizzaro <i>et al.</i> 1995
	Κανάλι Σικελίας			

3.4.2 Κατανομές μεγεθών

Scyliorhinus canicula

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι το είδος φτάνει σε μικρότερο μέγεθος στη Μεσόγειο από ό,τι στον Ατλαντικό, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Πίνακας 3.20). Αν και το μέγιστο καταγεγραμμένο μήκος του είδους είναι 1.000 mm (Compagno 1984b), σπάνια παρατηρούνται άτομα που ξεπερνούν τα 600 mm στη Μεσόγειο ή τα 800 mm στον Ατλαντικό. Η μεταβολή του μεγέθους σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος έχει αναφερθεί και σε άλλους Χονδριχθούς (Mellinger 1989), όπως στο σφυροκέφαλο καρχαρία *Sphyrna tiburo* όπου αποδόθηκε σε περιβαλλοντικούς ή γενετικούς παράγοντες (Lombardi-Carlson *et al.* 2003) και στον καρχαρία άγγελο *Squatina guggenheim* στον οποίο πιθανώς εξασφαλίζει ενέργεια για τις περιόδους με μικρή διαθεσιμότητα τροφής (Colonello *et al.* 2007).

Στην παρούσα μελέτη, η διαφορά στο μέγεθος υπέρ των αρσενικών ατόμων εντοπίστηκε μόνο στο Αιγαίο. Η διαφορά στο μέγεθος υπέρ των αρσενικών έχει αναφερθεί σε αρκετές περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού με ορισμένες εξαιρέσεις (Πίνακας

3.20). Για παράδειγμα, στην Τυνησία τα θηλυκά άτομα ήταν μεγαλύτερα από τα αρσενικά, αλλά και τα δύο φύλα έφτασαν σε μεγέθη που δεν ξεπέρασαν εκείνα που καταγράφηκαν πριν από τρεισήμισι δεκαετίες στην ίδια περιοχή (Cararé 1977), αποκαλύπτοντας την αλιευτική πίεση που δέχθηκε το είδος στο μεσοδιάστημα (Cararé *et al.* 2014).

Στο συνολικό δείγμα της παρούσας μελέτης, τα φύλα παρουσίασαν παρόμοιο εύρος ολικού μήκους, αλλά σημαντική διαφορά ως προς τις κατά μήκος συνθέσεις, εξαιτίας αφενός της υπεροχής των θηλυκών ατόμων στην πλειονότητα των μικρότερων από 410 mm κλάσεων μήκους αφετέρου της υπεροχής των αρσενικών ατόμων στις μεγαλύτερες από 410 mm κλάσεις μήκους. Ομοίως, στις δυτικές ακτές της Πορτογαλίας, τα φύλα εμφάνισαν παρόμοιο εύρος ολικού μήκους με τα αρσενικά άτομα να φτάνουν σε μεγαλύτερα μεγέθη από ό,τι τα θηλυκά. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η υπεροχή των θηλυκών ατόμων σχεδόν σε όλες τις κλάσεις μήκους από 360 έως 500 mm και η υπεροχή των αρσενικών από 500 έως 600 mm, ενώ η μέγιστη συχνότητα εμφάνισης και των δύο φύλων βρέθηκε στην κλάση μήκους από 450 έως 540 mm (Martinho *et al.* 2012). Με ανάλογο τρόπο, στην Ιρλανδική και Κέλτικη Θάλασσα, η διαφορά στις κατά μήκος συνθέσεις μεταξύ των φύλων αποδόθηκε στην παρουσία περισσότερων μεγάλωσμων (>610 mm) αρσενικών ατόμων από ό,τι θηλυκών, αν και τα δύο φύλα εμφάνισαν παρόμοιο εύρος ολικού μήκους (Ivory *et al.* 2004).

Στο Βισκαϊκό κόλπο, τα μεγαλύτερα άτομα ήταν πάντα αρσενικά (Cararé *et al.* 1991, De La Gándara *et al.* 1994, Rodríguez-Cabello *et al.* 1998), γεγονός που αποδόθηκε στο διαφορετικό ρυθμό αύξησης των φύλων ή στη δυσκολία αλίευσης των μεγάλωσμων θηλυκών ατόμων, καθώς μετακινούνται σε συγκεκριμένες περιοχές για την ωοτοκία (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998). Αντίθετα, στο βόρειο Αιγαίο, τα θηλυκά και αρσενικά άτομα δεν διέφεραν ως προς την κατανομή των συχνοτήτων του ολικού μήκους, εξαιτίας της απουσίας διαχωρισμού ως προς το φύλο ή το μέγεθος των ατόμων (D'Onghia *et al.* 1995).

Οι κατά μήκος συνθέσεις ως προς το αλιευτικό εργαλείο έδειξαν ότι μικρότερα άτομα αλιεύονται με τη μηχανότρατα από ό,τι με δίχτυα. Το μέσο ολικό μήκος των ατόμων που αλιεύθηκαν με μηχανότρατα και δίχτυα ήταν 339 και 415 mm, αντίστοιχα.

Στο Βισκαϊκό κόλπο, από το σύνολο των 2.270 συλλεχθέντων ατόμων, το 75% αλιεύθηκε με μηχανότρατα, το 21% με παραγάδι και το 3% με δίχτυα. Η πλειονότητα των ατόμων κυμάνθηκε από 400 έως 660 mm (TL). Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στις κατά μήκος συνθέσεις μεταξύ των ατόμων που αλιεύθηκαν με τα διαφορετικά εργαλεία. Το μέσο ολικό μήκος των ατόμων που αλιεύθηκαν με μηχανότρατα, παραγάδι και δίχτυα ήταν 536, 552 και 540 mm, αντίστοιχα. Ωστόσο, τα περισσότερα άτομα μήκους 550–590 mm αλιεύθηκαν με μηχανότρατα (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005).

Πίνακας 3.20 Ελάχιστο και μέγιστο ολικό μήκος (TL σε mm) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

Περιοχή	Θηλυκά		Αρσενικά		Αναφορά	
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο		
Μεσόγειος Θάλασσα		89	492	110	517	παρούσα μελέτη
		103	502	113	550	D'Onghia <i>et al.</i> 1995
		215	494	240	525	Filiz & Mater 2002
			478		558	Erdogan <i>et al.</i> 2004
		210	508	210	525	Filiz & Taşkavak 2006
		246	700	270	786	Türker Çakir <i>et al.</i> 2006
	Αιγαίο Πέλαγος	247	485	255	512	İlkyaz <i>et al.</i> 2008
		263	467	282	488	Kousteni <i>et al.</i> 2010
			105–509			Filiz & Bilge 2004
			96–620			Ismen <i>et al.</i> 2007
			286–515			Özaydin <i>et al.</i> 2007
			241–451			Karachle & Stergiou 2008a
			96–913			Ismen <i>et al.</i> 2009
	Κορινθιακός κόλπος			342–438		Moutopoulos <i>et al.</i> 2013
	Ιόνιο Πέλαγος	158	492	151	487	παρούσα μελέτη
	Αδριατική Θάλασσα	190	522	151	508	Pallaoro <i>et al.</i> 2005
350		400	300	390	Jardas 1979	
Τυνησία	580	580		560	Capapé 1977	
	282	531	290	521	Capapé <i>et al.</i> 2014	
Τυρρηνικό & Λιγυρικό Πέλαγος		60–500 εύρος κλάσης μήκους			Abella & Serena 2005	
Κόλπος του Λέοντα		485		485	Leloup & Olivereau 1951	
		510		550	Capapé <i>et al.</i> 1991	
	220	510	270	550	Capapé <i>et al.</i> 2008a; b	
Αλγερία			80–560		Ordines <i>et al.</i> 2011	
	201	474	222	500	Taleb Bendiab <i>et al.</i> 2012	
Βαλεαρίδες			75–421		Merella <i>et al.</i> 1997	
			50–500		Massutí & Moranta 2003	
			70–530		Carbonell <i>et al.</i> 2003	
			110–470		Valls <i>et al.</i> 2011	
			100–530		Ordines <i>et al.</i> 2011	
		409–534		Morey <i>et al.</i> 2003		
Κόλπος του Κάδιθ			95–922		Torres <i>et al.</i> 2012	
Φάρο (Algarve)			102–544		Borges <i>et al.</i> 2003	
			260–590		Santos <i>et al.</i> 2002	
Πορτογαλία (δυτικές ακτές)	234	626	238	629	Mendes <i>et al.</i> 2004	
			244–571		Mendes <i>et al.</i> 2006	
Concarneau		720		720	Fauré-Fremiet 1942	
Ροσκόφ		660		660	Fauré-Fremiet 1942	
Βισκαϊκός κόλπος			200–300		Dorel 1986	
Μάγχη		700		700	Ford 1921	
		600		680	Leloup & Olivereau 1951	
			370–1030		Dorel 1986	
	79	734	89	767	Crooks & Waring 2013a	
Κανάλι Μπρίστολ	385	645	377	742	Ellis & Shackley 1995	
	379	670	372	662	Ellis & Shackley 1997	
Ιρλανδική θάλασσα		290–630 εύρος κλάσης μήκους			Lyle 1983	
Ιρλανδική και Κέλτικη Θάλασσα	103	700	104	710	Ivory <i>et al.</i> 2004	
Βρετανικά Νησιά, Βόρεια Θάλασσα				1.000	Compagno 1984b	

Οι συναθροίσεις και η βαθυμετρική κατανομή των Χονδριχθύων έχουν αποτελέσει αντικείμενο αρκετών μελετών βάσει των οποίων διαπιστώθηκε η ευρεία κατακόρυφη κατανομή που παρουσιάζει το είδος *Scyliorhinus canicula* στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα και ανώτερη πλαγιά, συχνάζοντας κυρίως από 200 έως 500 m βάθους. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε και στην παρούσα μελέτη όπου η μέγιστη συχνότητα εμφάνισης του είδους εντοπίστηκε από 300 έως 400 m, ενώ το βάθος αλίευσης κυμάνθηκε από 57 έως 513 m.

Οι Maravelias *et al.* (2012) αναλύοντας δεδομένα δειγματοληψιών με μηχανότρατα ενδεκαετούς περιόδου από 10 έως 800 m βάθους στο Αιγαίο (βόρειο και νότιο), έδειξαν ότι το είδος είναι αφθονότερο στη ζώνη βάθους 200–400 m. Η ευρεία βαθυμετρική κατανομή του είδους παρατηρήθηκε και σε άλλες μελέτες τόσο στο βόρειο Αιγαίο, όπου δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην αφθονία μεταξύ των διαφορετικών βαθών (D'Onghia *et al.* 1995), όσο και στο νότιο Αιγαίο (Κυκλάδες, Κρητικό), όπου έπειτα από 111 καλάδες μηχανότρατας το είδος εντοπίστηκε σε όλες τις ζώνες βάθους (0–100, 100–200, 200–500 και 500–800 m), αλλά με μεγαλύτερη συχνότητα από 100 έως 500 m βάθους (Tserpes *et al.* 1999). Στο Ιόνιο, έπειτα από 145 καλάδες με μηχανότρατα στις ζώνες βάθους 300–500, 500–700, 700–900 και 900–1.200 m, το είδος εντοπίστηκε αποκλειστικά από 288 έως 780 m βάθους, εμφανίζοντας τη μεγαλύτερη αφθονία στη ρηχότερη ζώνη (Mytilineou *et al.* 2005). Σε άλλη μελέτη στο Ιόνιο, έπειτα από 107 καλάδες με μηχανότρατα το είδος καταγράφηκε σε όλα τα βάθη (300–900 m), αλλά ήταν αφθονότερο στη ρηχότερη ζώνη (300–500 m) (Politou *et al.* 2003).

Στο Τυρρηνικό και Λιγυρικό Πέλαγος, η ανάλυση δεδομένων από την αλιεία με μηχανότρατα και από τις εκφορτώσεις σε λιμάνια κατά την περίοδο 1985–2001 έδειξε ότι το είδος είναι αφθονότερο στη ζώνη βάθους 100–250 m. Η πλειονότητα των ατόμων κυμάνθηκε από 120 έως 200 mm (TL), ενώ το σύνολό τους ανήκε στην κλάση 60–500 mm (TL) (Abella & Serena 2005). Σε πρόσφατη μελέτη στο Τυρρηνικό Πέλαγος, έπειτα από 360 καλάδες μηχανότρατας σε βάθη από 10 έως 800 m κατά την περίοδο 1994–2007, το είδος χαρακτηρίστηκε ως κυρίαρχο στη ζώνη βάθους 201–500 m, παρουσιάζοντας τη μεγαλύτερη αφθονία από 300 έως 450 m βάθους (Bottari *et al.* 2014).

Στις Βαlearίδες, έπειτα από 131 καλάδες που πραγματοποιήθηκαν με μηχανότρατα σε βάθη από 40 έως 1.800 m κατά την περίοδο 1994–2007, το είδος αλιεύθηκε αποκλειστικά από 44 έως 416 m βάθους, παρουσιάζοντας τη μέγιστη συχνότητα εμφάνισης στα πρώτα 100 m (Massutí & Moranta 2003). Σε άλλη μελέτη στις Βαlearίδες όπου πραγματοποιήθηκαν 70 καλάδες με μηχανότρατα σε βάθη από 50 έως 800 m, το είδος καταγράφηκε αποκλειστικά στη ζώνη βάθους 59–301 m (Carbonell *et al.* 2003). Νότια των Βαlearίδων, στη λεκάνη της

Αλγερίας, έπειτα από 32 καλάδες με μηχανότρατα σε βάθη από 200 έως 1.800 m, συλλέχθηκαν 231 άτομα αποκλειστικά στη ζώνη βάθους 200–400 m (Moranta *et al.* 1998).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η συγκριτική μελέτη των συννευρέσεων και της βαθυμετρικής κατανομής των Χονδριχθών μεταξύ των ακτών των Βαλεαρίδων και της Αλγερίας, όπου οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με μηχανότρατα από 36 έως 779 m βάθους. Τα άτομα του *Scyliorhinus canicula* που αλιεύθηκαν στις Βαλεαρίδες σε βάθος 46–420 m (από 93 καλάδες) ήταν σχεδόν τριπλάσια σε αριθμό από εκείνα που αλιεύθηκαν στην Αλγερία σε βάθος 59–365 m (από 69 καλάδες), παρουσιάζοντας, ωστόσο, παρόμοιο εύρος ολικού μήκους. Το είδος κυριάρχησε στην ιχθυοπανίδα της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και του υφαλοπρανούς (ηπειρωτική κλίση) και των δύο περιοχών, αλλά χαρακτήρισε τις συννευρέσεις της ηπειρωτικής ανώτερης πλαγιάς μόνο στις Βαλεαρίδες (Ordines *et al.* 2011).

Στην παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκε κάποια τάση αύξησης του μήκους των ατόμων με το βάθος. Ωστόσο, το είδος φάνηκε ότι σχηματίζει συναθροίσεις ατόμων συγκεκριμένων μεγεθών σε διαφορετικά βάθη, με τα αρσενικά άτομα να είναι σημαντικά μεγαλύτερα των θηλυκών στα βάθη 100–200 και 300–500 m, άλλα να παρουσιάζουν παραπλήσια μεγέθη με αυτά στα βάθη 0–100 και 200–300 m. Επίσης, το γεγονός ότι τα αρσενικά άτομα εμφάνισαν περισσότερο ομοιόμορφη κατακόρυφη κατανομή του μεγέθους τους από ό,τι τα θηλυκά, αποδίδεται σε πιθανές μετακινήσεις που εκτελούν τα θηλυκά για την ωοαπόθεση. Συγκεκριμένα, στη ρηχότερη (0–200 m) και βαθύτερη (400–500 m) ζώνη συνυπήρχαν θηλυκά άτομα παραπλήσιων μεγεθών, ενώ σημαντικά μεγαλύτερα, και άρα πιο ώριμα θηλυκά βρέθηκαν σε βάθη 200–300 m, όπου πιθανώς λαμβάνει χώρα η ωοαπόθεση. Τα υψηλά και παρόμοια ποσοστά των κυοφορούντων ατόμων στις ζώνες 100–200 και 200–300 m επιβεβαίωσαν τη χρήση αυτών των στρωμάτων για την ωοτοκία (βλ. Υποκεφ. 5.4.1). Τα αρσενικά παρουσίασαν παραπλήσια μεγέθη στα βάθη 0–300 και 400–500 m. Τέλος, και στα δύο φύλα, τα άτομα που βρέθηκαν από 300 έως 400 m βάθους ήταν σημαντικά μικρότερα από εκείνα που αλιεύθηκαν σε οποιοδήποτε άλλο βάθος, επιβεβαιώνοντας την κυριαρχία των μικρότερων ατόμων στην ανώτερη πλαγιά της υφαλοκρηπίδας (D’Onghia *et al.* 1995, Relini *et al.* 1999, Carbonell *et al.* 2003, Massuti & Moranta 2003).

Πράγματι, στο βόρειο Αιγαίο η πλειονότητα των νεαρών ατόμων (TL<180 mm) βρέθηκε σε βάθη μεγαλύτερα από 200 m όπου συνυπήρχαν με ενήλικα άτομα και των δύο φύλων. Το γεγονός αυτό έδειξε ότι η ωοαπόθεση λαμβάνει χώρα στην ηπειρωτική πλαγιά, τα νεαρά άτομα δεν εμφανίζουν περισσότερο παράκτια κατανομή σε σχέση με τα ενήλικα και το είδος δεν διαχωρίζεται με βάση το μέγεθος ή το φύλο (D’Onghia *et al.* 1995). Ομοίως, στις ακτές της Τυνησίας, τα νεαρά άτομα ήταν αφθονότερα από τα ενήλικα στα βαθύτερα

στρώματα όπου θεωρήθηκε ότι γίνεται η απόθεση και η εκκόλαψη των θηκών προς αποφυγή ενός ενδεχόμενου κανιβαλισμού (Bourgois & Farina 1961, Carapé *et al.* 2003). Το βάθος επηρέασε την κατά μήκος σύνθεση του είδους και στις Βαlearίδες όπου άτομα >250 mm (TL) ήταν αφθονότερα σε βάθη μικρότερα από 100 m, ενώ μικρότερα άτομα βρέθηκαν από 101 έως 500 m βάθους (Massuti & Moranta 2003). Σε άλλη μελέτη στις Βαlearίδες, αν και τόσο νεαρά όσο και ενήλικα άτομα ήταν ευρέως κατανεμημένα σε όλα τα βάθη, τα δεύτερα ήταν αφθονότερα σε βάθη μικρότερα από 150 m (Carbonell *et al.* 2003).

Από την άλλη πλευρά, στον Ατλαντικό η πλειονότητα των νεαρών ατόμων εντοπίστηκε σε βάθη μικρότερα από 100 m, ενώ τα ενήλικα άτομα κυριάρχησαν σε βάθη μεγαλύτερα από 400 m. Μάλιστα, παρατηρήθηκε ότι θηλυκά και αρσενικά ενήλικα άτομα συχνάζουν μαζί στην υφαλοκρηπίδα, αλλά τα θηλυκά άτομα μετακινούνται στα ρηχότερα στρώματα για την ωοτοκία, ενώ τα νεαρά άτομα καθώς μεγαλώνουν μετακινούνται στα βαθύτερα στρώματα (Muñoz-Chápoli 1984). Η προτίμηση των νεαρών ατόμων στα ρηχά στρώματα του Ατλαντικού, καθώς και η απουσία διαχωρισμού των ενήλικων ατόμων με βάση το φύλο παρατηρήθηκε και από τον Compagno (1984b). Σύμφωνα με τους D'Onghia *et al.* (1995), οι σταθερές συνθήκες που επικρατούν στα βαθιά περιβάλλοντα της Μεσογείου αποτελούν τη βασική αιτία της διαφορετικής κατακόρυφης κατανομής που παρουσιάζει το είδος σε αυτήν τη λεκάνη σε σχέση με τον Ατλαντικό. Στο βόρειο Αιγαίο, η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα είναι εκτεταμένη και αυξάνει βαθμιαία σε κλίση με το βάθος. Η γεωμορφολογία του πυθμένα σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες (π.χ. θερμοκρασία) ευνοούν την ευρεία εξάπλωση του είδους και την παρουσία περιοχών ωοτοκίας στα μεγαλύτερα βάθη της κατανομής του (D'Onghia *et al.* 1995). Η ωοαπόθεση στα βαθιά στρώματα της Μεσογείου παρατηρήθηκε και στον ομοίως ωοτόκο μελανόστομο καρχαρία *Galeus melastomus* στα Πελάγη της Λιγυρίας (Relini-Orsi & Wurtz 1975) και του Ιονίου (Tursi *et al.* 1993).

Παρ' όλα αυτά, πρόσφατες μελέτες αποκάλυψαν την παρουσία νεαρών ατόμων και σε μεγαλύτερα βάθη στον Ατλαντικό. Για παράδειγμα, στο Βискаϊκό κόλπο, τα νεαρά άτομα παρουσίασαν έντονη τάση συνάθροισης στα βαθύτερα στρώματα, ενώ δεν βρέθηκε διαφορά στη βαθυμετρική κατανομή μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ενήλικων ατόμων. Ωστόσο, μόνο τα ώριμα αρσενικά άτομα φάνηκε να προτιμούν τα πιο ρηχά και θερμά περιβάλλοντα (Rodríguez-Cabello *et al.* 2007). Μάλιστα, τα νεαρά άτομα βρέθηκε ότι συχνάζουν κυρίως ανατολικά του κόλπου περίπου στα 200 m βάθους, ενώ τα ενήλικα εμφάνισαν ευρύτερη βαθυμετρική κατανομή (50–450 m) με συχνότερη παρουσία από 150 έως 300 m (Sánchez 1993, Sánchez *et al.* 2002, Rodríguez-Cabello *et al.* 2004). Σε άλλη μελέτη στο Βискаϊκό κόλπο, η μέγιστη αφθονία του είδους καταγράφηκε από 30 έως 200 m βάθους με τα νεαρά

άτομα να συχνάζουν στα βαθύτερα στρώματα μεταξύ 150 και 300 m σε σχέση με τα ενήλικα (Olaso *et al.* 2005). Τέλος, η κοινή παρουσία νεαρών και ώριμων θηλυκών ατόμων από 200 έως 500 m βάθους στο Βισκαϊκό κόλπο αποκάλυψε ότι και τα βαθύτερα στρώματα στην ηπειρωτική πλαγιά αποτελούν πιθανές περιοχές ωοτοκίας (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998).

Από την άλλη πλευρά, το είδος εμφάνισε τάση συνάθροισης με βάση το μέγεθος ή φύλο στη Μάγγη (Ford 1921) και στη λιμνοθάλασσα Lough Hyne (νοτιοδυτική Ιρλανδία) όπου τα θηλυκά και αρσενικά άτομα εκτελούσαν ημερήσιες κατακόρυφες μεταναστεύσεις αντίθετης κατεύθυνσης, εμφανίζοντας σαφή διαχωρισμό στο χώρο. Τα αρσενικά άτομα σύχναζαν στα βαθύτερα και κρύα στρώματα κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά μετέβαιναν προς τα ρηχότερα, πιο θερμά και πλούσια σε λεία στρώματα τη νύχτα. Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα παρέμεναν σε σχισμές βράχων ή σπηλιές στα ρηχά την ημέρα και έψαχναν για τροφή στα βαθιά τη νύχτα (Sims 2003, Sims *et al.* 2001; 2006, Wearmouth *et al.* 2012).

Squalus blainville

Το μέγιστο ολικό μήκος του είδους εντάσσεται στο εύρος των τιμών που έχουν δημοσιευθεί σε προηγούμενες μελέτες στη Μεσόγειο και στον Ατλαντικό (Πίνακας 3.21). Τα θηλυκά άτομα ξεπέρασαν σε μήκος τα αρσενικά σε όλες τις περιοχές, εκτός του Αιγαίου όπου αλιεύθηκε το μοναδικό αρσενικό άτομο που ξεπέρασε το μέγιστο μήκος των υπόλοιπων αρσενικών του δείγματος (TL=589 mm). Η διαφορά στο μέγεθος υπέρ των θηλυκών έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες μελέτες (Cannizzaro *et al.* 1995, Sion *et al.* 2003, Martinho *et al.* 2012). Ωστόσο, το μέγιστο καταγεγραμμένο μήκος του είδους αφορά σε ένα αρσενικό άτομο που αλιεύθηκε στις βορειοανατολικές ακτές του Αιγαίου (Ismen *et al.* 2009).

Τα θηλυκά και αρσενικά άτομα διέφεραν σημαντικά ως προς τις κατά μήκος συνθέσεις. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η αποκλειστική κυριαρχία των θηλυκών σε μεγέθη μεγαλύτερα από 600 mm, με μοναδική εξαίρεση την παρουσία ενός αρσενικού μήκους 799 mm, ενώ τα αρσενικά κυριάρχησαν σε όλες τις κλάσεις από 480 έως 550 mm. Στον Ατλαντικό, παρατηρήθηκε η κυριαρχία των αρσενικών σε παρόμοιες κλάσεις μήκους (460–540 mm) (Martinho *et al.* 2012).

Σημαντική διαφορά ως προς τις κατά μήκος συνθέσεις μεταξύ των φύλων παρατηρήθηκε και σε προηγούμενες μελέτες, με τα θηλυκά άτομα να παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος ολικού μήκους από ό,τι τα αρσενικά (Cannizzaro *et al.* 1995, Sion *et al.* 2003, Martinho *et al.* 2012). Στο Κανάλι της Σικελίας, η σημαντική διαφοροποίηση των φύλων ως προς τις κατανομές των μεγεθών αποδόθηκε στο γεγονός ότι τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν σε μικρότερο μήκος από ό,τι τα θηλυκά, πέρα από το οποίο ο ρυθμός αύξησης

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

επιβραδύνεται, ενώ ο ρυθμός αύξησης των θηλυκών αρχίζει να επιβραδύνεται πολύ αργότερα (Cannizzaro *et al.* 1995). Η ταχύτερη γεννητική ωρίμαση των αρσενικών ατόμων επιβεβαιώθηκε και στην παρούσα μελέτη (βλ. Υποκεφ. 5.3.5).

Στις δυτικές ακτές της Πορτογαλίας, οι Martinho *et al.* (2012) χωρίζοντας τις κλάσεις ολικού μήκους των θηλυκών ατόμων σε δύο ομάδες με κριτήριο το μήκος ωρίμασής τους ($L_{50}=600$ mm σύμφωνα με τους Sion *et al.* 2003), παρατήρησαν την υπεροχή των μεγαλύτερων (>600 mm) έναντι των μικρότερων (<600 mm) θηλυκών ατόμων. Το γεγονός αυτό τους οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η περιοχή μελέτης, η οποία δεν ξεπέρασε τα 70 m σε βάθος, αποτελεί περιοχή ωοτοκίας. Επίσης, εξαιτίας της κοινής παρουσίας των μικρότερων και μεγαλύτερων αρσενικών ατόμων από το μήκος ωρίμασης ($L_{50}=510$ mm σύμφωνα με τους Sion *et al.* 2003), υποστήριξαν ότι τα αρσενικά άτομα σχηματίζουν κοινές συνευρέσεις ανεξάρτητα από το στάδιο ωρίμασης.

Πίνακας 3.21 Ελάχιστο και μέγιστο ολικό μήκος (TL σε mm) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

	Περιοχή	Θηλυκά		Αρσενικά		Αναφορά
		Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο	
Μεσόγειος Θάλασσα	Αιγαίο Πέλαγος	182	779	180	799	παρούσα μελέτη Kousteni & Megalofonou 2011
		215–1.175				Ismen <i>et al.</i> 2007
		305	1.175	320	1.216	Ismen <i>et al.</i> 2009
	Προποντίδα	380–560				Bok <i>et al.</i> 2011
	Ιόνιο Πέλαγος	273	790	268	581	παρούσα μελέτη
		190	785	190	664	Sion <i>et al.</i> 2003
	Λιβυκό Πέλαγος	461	678	438	507	παρούσα μελέτη
	Αδριατική Θάλασσα	230	745	236	794	Pallaoro <i>et al.</i> 2005
	Κανάλι Σικελίας	150	900	150	750	Cannizzaro <i>et al.</i> 1995
	Βαlearίδες	195–350				Merella <i>et al.</i> 1997
200–700				Massuti & Moranta 2003		
220–650				Ordines <i>et al.</i> 2011		
Αλγερία	350–690				Ordines <i>et al.</i> 2011	
Ατλ. Ωκ.	Κόλπος του Κάδιθ	350–660				Torres <i>et al.</i> 2012
	Πορτογαλία (δυτικές ακτές)	391	797	401	600	Martinho <i>et al.</i> 2012

Με βάση τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι στο είδος *Squalus blainville* τα θηλυκά άτομα φτάνουν σε μεγαλύτερα μεγέθη από ό,τι τα αρσενικά, ενώ στο είδος *Scyliorhinus canicula* ισχύει ο αντίθετος. Το γεγονός αυτό πιθανώς σχετίζεται με το διαφορετικό τρόπο αναπαραγωγής των δύο ειδών (βλ. Υποκεφ. 5.1.1), δεδομένου ότι στα ζωοτόκα είδη, όπως το *Squalus blainville*, τα θηλυκά άτομα φτάνουν σε μεγαλύτερα μεγέθη για να φιλοξενήσουν τα έμβρυα και να μεγιστοποιήσουν την αναπαραγωγική επιτυχία (Sims 2003).

Λαμβάνοντας υπόψη τις κατά μήκος συνθέσεις σε σχέση με το αλιευτικό εργαλείο, φάνηκε ότι το είδος εισέρχεται στην αλιευτική φάση της μηχανότρατας από 180 mm, δηλαδή από το μήκος που έχει κατά τη γέννηση (Kousteni & Megalofonou 2011, βλ. Υποκεφ. 5.4.2). Το γεγονός αυτό καθιστά το είδος ιδιαίτερα ευάλωτο σε φαινόμενα υπεραλίευσης.

Στην παρούσα μελέτη η μέγιστη συχνότητα εμφάνισης του είδους εντοπίστηκε από 200 έως 300 m βάθους, ενώ το βάθος αλίευσης κυμάνθηκε από 80 έως 1.500 m. Προηγούμενες μελέτες που αφορούν στις συναθροίσεις και στη βαθυμετρική κατανομή διαφόρων ειδών Χονδριχθύων αποκάλυψαν παρόμοιο εύρος στην κατακόρυφη εξάπλωση του είδους.

Στο Ιόνιο, έπειτα από 145 καλάδες μηχανότρατας στις ζώνες βάθους 300–500, 500–700, 700–900 και 900–1.200 m, το είδος εντοπίστηκε από 300 έως 780 m, παρουσιάζοντας τη μεγαλύτερη αφθονία από 300 έως 500 m (Mytilineou *et al.* 2005). Ομοίως, σε άλλη μελέτη στο Ιόνιο όπου πραγματοποιήθηκαν 107 καλάδες με μηχανότρατα στις ζώνες βάθους 300–500, 500–700, 700–900 m, το *Squalus blainville* ήταν από τα πιο άφθονα είδη που αλιεύθηκαν στη ρηχότερη ζώνη και με σημαντική συχνότητα εμφάνισης στις δύο βαθύτερες (Politou *et al.* 2003). Τη ρηχότερη ζώνη 300–500 m φάνηκε να προτιμάει και σε μια ακόμα μελέτη στο Ιόνιο, αν και οι δειγματοληψίες έγιναν σε μεγάλο εύρος βαθών (300–1.200 m). Ελάχιστα άτομα αλιεύθηκαν στις ζώνες βάθους 500–700 και 700–900 m, ενώ δεν βρέθηκαν καθόλου άτομα σε βάθη μικρότερα από 312 m ή μεγαλύτερα από 900 m (Sion *et al.* 2003).

Στις Βαλεαρίδες, έπειτα από 131 καλάδες που πραγματοποιήθηκαν με μηχανότρατα σε βάθη από 40 έως 1.800 m, αλιεύθηκαν μόλις 77 άτομα σχεδόν αποκλειστικά στη ζώνη βάθους 101–300 m, ενώ καταγράφηκαν άτομα έως τα 649 m βάθους (Massuti & Moranta 2003). Χαμηλή αφθονία παρατηρήθηκε και νότια των Βαλεαρίδων, στη λεκάνη της Αλγερίας, όπου έπειτα από 32 καλάδες με μηχανότρατα σε βάθη από 200 έως 1.800 m, συλλέχθηκαν μόλις 24 άτομα, όλα με μια καλάδα, αντιπροσωπεύοντας λιγότερο από το 5% των συνολικών συλλήψεων (Moranta *et al.* 1998). Σε πρόσφατη μελέτη, μόλις 44 άτομα αλιεύθηκαν στις Βαλεαρίδες σε βάθος 139–667 m (από 50 καλάδες) και 4 άτομα αλιεύθηκαν στις ακτές της Αλγερίας σε βάθος 170–455 m (από 59 καλάδες) (Ordines *et al.* 2011).

Αν και ο διαχωρισμός με βάση το μέγεθος ή το φύλο παρατηρείται συχνά στους καρχαρίες και λειτουργεί ως μηχανισμός αποφυγής του κανιβαλισμού τόσο σε πελαγικά όσο και σε βενθικά είδη (Springer 1967), στο Ιόνιο Πέλαγος τόσο νεαρά όσο και ενήλικα άτομα του *Squalus blainville* βρέθηκαν στα ίδια δείγματα, δείχνοντας ότι δεν διαχωρίζεται με το μέγεθος (Sion *et al.* 2003). Εξάλλου, το είδος δεν έχει παρουσιάσει ενδείξεις κανιβαλισμού (Quignard 1971, Carapé 1975). Ομοίως, στο Κανάλι της Σικελίας, κοινές συννευρέσεις νεαρών και ενήλικων ατόμων βρέθηκαν σε βάθη 50–565 m (Cannizzaro *et al.* 1995).

Στην παρούσα μελέτη, η κοινή παρουσία τόσο μικρών όσο και μεγάλων θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *Squalus blainville* σε όλες τις ζώνες βάθους αποκλείει το ενδεχόμενο μιας διακριτής κατακόρυφης κατανομής σε σχέση με το μέγεθος. Ωστόσο, τα νεαρά άτομα εμφάνισαν τη μεγαλύτερη αφθονία στη ζώνη βάθους 200–300 m, δείχνοντας ότι έχουν περισσότερο παράκτια κατανομή σε σχέση με τα νεαρά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula*. Επίσης, καθώς τα περισσότερα νεαρά άτομα εντοπίστηκαν στη ζώνη βάθους 200–300 m με τα μικρότερα από 200 έως 400 m, θα μπορούσε να υποτεθεί ότι τα νεαρά άτομα δεν εμφανίζουν πιο παράκτια κατανομή σε σχέση με τα ενήλικα άτομα.

Τέλος, πιθανή περιοχή ωτοκίας του είδους θα μπορούσε να θεωρηθεί η ζώνη των 300–500 m όπου τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικά μεγαλύτερα, και άρα ωριμότερα από οποιοδήποτε άλλο βάθος, με εξαίρεση τα βαθύτερα στρώματα (>500 m). Στα βαθύτερα στρώματα (>500 m) αλιεύθηκαν τα μεγαλύτερα σε μέγεθος θηλυκά άτομα. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι σε αυτά τα βάθη χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά το παραγάδι, ένα εργαλείο που φάνηκε ότι ασκεί επιλεκτικότητα στα μεγαλόσωμα άτομα. Φαίνεται ότι και τα δύο υπό μελέτη είδη προτιμούν την ηπειρωτική πλαγιά για τη γέννηση των νεογνών.

3.4.3 Σχέση μήκους–βάρους

Scyliorhinus canicula

Οι παράμετροι της εξίσωσης μήκους–βάρους κυμάνθηκαν στο εύρος των τιμών που δημοσιεύθηκαν σε προηγούμενες μελέτες (Πίνακας 3.22). Το είδος εμφάνισε σημαντική θετική αλλομετρική αύξηση ομοίως με άλλες περιοχές της Μεσογείου (π.χ. Pallaoro *et al.* 2005, İlkayaz *et al.* 2008) και του Ατλαντικού (π.χ. Santos *et al.* 2002, Mendes *et al.* 2004).

Ο συντελεστής b έλαβε σημαντικά υψηλότερη τιμή στο Αιγαίο από ό,τι στο Ιόνιο, αποκαλύπτοντας μεγαλύτερη ευρωστία για τα άτομα από το Αιγαίο. Οι διαφορές στις σχέσεις μήκους–βάρους μεταξύ των περιοχών οφείλονται σε αρκετούς παράγοντες, όπως τη δειγματοληπτική μέθοδο, την ηλικία και την κατάσταση ωρίμασης των ατόμων, καθώς και τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας ή διαθεσιμότητας τροφής (Tesch 1971, Shepherd & Grimes 1983, Weatherley & Gill 1987, Wootton 1998, Moutopoulos & Stergiou 2002, Froese 2006).

Από την άλλη πλευρά, οι διαφορές στις σχέσεις μήκους–βάρους μεταξύ των φύλων αντανακλούν αντίστοιχες διαφορές τους ως προς τις κατά μήκος συνθέσεις (Reñones *et al.* 1995), την ηλικία και το μήκος γεννητικής ωρίμασης (Vassilopoulou & Papaconstantinou

1994). Στο Αιγαίο (παρούσα μελέτη), ο συντελεστής *b* έλαβε σημαντικά υψηλότερη τιμή στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά, πιθανώς υποδεικνύοντας τη μεγαλύτερη ευρωστία τους και την παρουσία φυλετικού διμορφισμού σε αυτήν την περιοχή. Ομοίως, στην Αδριατική Θάλασσα (Pallaoro *et al.* 2005), στον κόλπο του Λέοντα (Carapé *et al.* 2008a; b) και στις δυτικές ακτές της Πορτογαλίας (Mendes *et al.* 2004), τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικά βαρύτερα από τα αρσενικά ίδιου μήκους. Το γεγονός αυτό, οι Carapé *et al.* (2008a; b) το απέδωσαν στην αναπαραγωγή των θηλυκών ατόμων στα οποία οι γονάδες φέρουν μεγάλα ωοκύτταρα και οι κελυφικοί αδένες, και μετέπειτα οι ωαγωγοί, εσωκλείουν τις εμβρυϊκές θήκες. Αντίθετα, στο Ιόνιο (παρούσα μελέτη), ο συντελεστής *b* δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των φύλων, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Türker Çakir *et al.* 2006, Carapé *et al.* 2014).

Πίνακας 3.22 Παράμετροι της εξίσωσης μήκους-βάρους ($TL=aTW^b$) για το είδος *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού. Δίνεται ο συντελεστής προσδιορισμού R^2

Περιοχή	Θηλυκά			Αρσενικά			Σύνολο			Αναφορά		
	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2			
Μεσόγειος Θάλασσα	Αιγαίο Πέλαγος	4E-7	3,348	0,99	1E-6	3,303	0,99	1E-6	3,317	1,00	παρούσα μελέτη	
								0,0022	3,095	0,97	Oray 1989	
								0,0100	3,205	0,92	Cihangir <i>et al.</i> 1997	
		0,0020	3,151	0,97	0,0015	3,211	0,98	0,0020	3,180	0,98	Filiz & Mater 2002	
								0,0012	3,260	0,99	Filiz & Bilge 2004	
								6E-7	2,928	0,83	Türker Çakir <i>et al.</i> 2006	
								0,0017	3,171	0,99	Ismen <i>et al.</i> 2007	
								6E-04	3,437	0,96	Özaydin <i>et al.</i> 2007	
								0,0110	3,313	0,93	Karachle & Stergiou 2008a	
								0,0010	3,290	0,95	İlkyaz <i>et al.</i> 2008	
								0,0014	3,174	0,98	Ismen <i>et al.</i> 2009	
								0,0019	3,139	0,93	Moutopoulos <i>et al.</i> 2013	
			Κορινθιακός κόλπος									
	Ιόνιο Πέλαγος	1E-6	3,184	0,98	1E-6	3,127	0,99	1E-6	3,155	0,98	παρούσα μελέτη	
	Αδριατική Θάλασσα	7E-4	3,380	0,94	0,0015	3,166	0,95	0,0010	3,250	0,94	Pallaoro <i>et al.</i> 2005	
	Ιταλία και Κορσική	0,0012	3,287		0,0015	3,210					Relini <i>et al.</i> 1999	
	Τυνησία	0,0038	3,020	0,90	0,0030	2,940	0,86				Carapé <i>et al.</i> 2014	
	Κόλπος του Λέοντα	0,0008	3,640	0,94	0,0010	3,390	0,96				Carapé <i>et al.</i> 2008a;b	
	Αλγερία	0,0058	3,176		0,0168	3,022					Taleb Bendiab <i>et al.</i> 2012	
	Βαλεαρίδες						0,0016	3,160	0,99		Merella <i>et al.</i> 1997	
							0,0374	2,378	0,58		Morey <i>et al.</i> 2003	
Ατλαντικός Ωκεανός	Κόλπος του Κάδιθ						0,0015	3,191	0,99		Torres <i>et al.</i> 2012	
	Φάρο (Algarve)						0,0017	3,180	0,87		Santos <i>et al.</i> 2002	
							0,0016	3,206	0,99		Borges <i>et al.</i> 2003	
	Πορτογαλία (δυτικές ακτές)	0,0003	3,615	0,91	0,0015	3,209	0,85	0,0008	3,375	0,88		Mendes <i>et al.</i> 2004
	Βισκαϊκός κόλπος						0,0036	3,779	0,99			Dorel 1986
	Μάγχη						0,0031	3,029	0,97			Dorel 1986

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Squalus blainville

Οι παράμετροι της εξίσωσης μήκους-βάρους κυμάνθηκαν στο εύρος των τιμών που δημοσιεύθηκαν σε άλλες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού, στην πλειονότητα των οποίων το είδος παρουσίασε θετική αλλομετρία (Πίνακας 3.23). Ομοίως με προηγούμενη μελέτη στο Ιόνιο (Sion *et al.* 2003), ο συντελεστής *b* έλαβε σημαντικά υψηλότερη τιμή στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά τόσο στο Αιγαίο όσο και στο Ιόνιο, αλλά όχι στο Λιβυκό, πιθανώς λόγω του μικρού εύρους των μηκών των ατόμων. Πιθανώς για τον ίδιο λόγο, τα άτομα από το Λιβυκό παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ως προς το συντελεστή *b* με τα άτομα από το Αιγαίο και το Ιόνιο, ενώ τα άτομα στις δύο τελευταίες περιοχές παρουσίασαν παρόμοιο αυξητικό πρότυπο. Από την άλλη πλευρά, οι τιμές του συντελεστή *b* ήταν σχεδόν ίδιες μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων αφενός στην Αδριατική, πιθανώς λόγω του μικρού δειγματοληπτικού μεγέθους (Pallaoro *et al.* 2005), αφετέρου στο Κανάλι της Σικελίας όπου αλιεύθηκαν εκατοντάδες άτομα από κάθε φύλο (Cannizzaro *et al.* 1995). Το γεγονός ότι τα θηλυκά άτομα ήταν βαρύτερα σε σχέση με τα αρσενικά παρόμοιου μεγέθους, πιθανώς οφείλεται στο ότι φέρουν μεγάλα ωοκύτταρα, και, σε προχωρημένη κατάσταση ωρίμασης, έμβρυα στους ωαγωγούς.

Πίνακας 3.23 Παράμετροι της εξίσωσης μήκους-βάρους ($TL=aTW^b$) για το είδος *S. blainville* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού. Δίνεται ο συντελεστής προσδιορισμού R^2

Περιοχή	Θηλυκά			Αρσενικά			Σύνολο			Αναφορά	
	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2		
Μεσόγειος Θάλασσα	Αιγαίο Πέλαγος	1E-6	3,279	0,99	2E-6	3,178	0,98	1E-6	3,247	0,99	παρούσα μελέτη
								0,0035	3,056	0,98	Ismen <i>et al.</i> 2007
		0,0016	3,215	0,99	0,0145	2,682	0,99	0,0030	3,070	0,99	Ismen <i>et al.</i> 2009
		8E-7	3,300	0,99	2E-6	3,160	0,97				Kousteni <i>et al.</i> 2011
							4E-5	2,476	0,96	Bok <i>et al.</i> 2011	
	Ιόνιο Πέλαγος	1E-6	3,357	0,99	2E-6	3,138	0,99	1E-6	3,262	0,99	παρούσα μελέτη
		1E-6	3,250	0,99	2E-6	3,160	0,97				Sion <i>et al.</i> 2003
Λιβυκό Πέλαγος	1E-8	4,082	0,93	2E-8	3,858	0,52	4E-10	4,510	0,97	παρούσα μελέτη	
Κανάλι Σικελίας	0,0037	3,069	0,95	0,0033	3,092	0,97	0,0036	3,070		Cannizzaro <i>et al.</i> 1995	
Αδριατική Θάλασσα							0,0035	3,062	0,96	Pallaoro <i>et al.</i> 2005	
Βαλεαρίδες							0,0012	3,370	0,99	Merella <i>et al.</i> 1997	
Ατλ. Ωκ.	Κόλπος του Κάδιθ						0,0063	2,931	0,96	Torres <i>et al.</i> 2012	

3.4.4 Μορφομετρία και αύξηση ακανθών

Απαραίτητη προϋπόθεση για να χρησιμοποιηθούν οι άκανθες ως μέσο ηλικιακής εκτίμησης, αποτελεί η παρουσία θετικής συσχέτισης μεταξύ της αύξησής τους και της αύξησης των ατόμων από τα οποία προέρχονται (Clarke & Irvine 2006). Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους των ακανθών και του ολικού μήκους (και της ηλικίας) των ατόμων του είδους *Squalus blainville*, επιβεβαιώνοντας την καταλληλότητα αυτών των σκελετικών δομών για την εκτίμηση της ηλικίας και τη μελέτη της αύξησής του. Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε και σε άλλα σκουαλοειδή, όπως στο κεντρόνι *Deania calcea* (Clarke *et al.* 2002b), στον κεντροσκύμνο *Centroselachus crepidater* (Irvine *et al.* 2006b), στον απαλό μαυροαγκαθίτη *Etmopterus pusillus* (Coelho & Erzini 2007) και στον κοντόρυγχο αγκαθίτη *Squalus megalops* (Pajuelo *et al.* 2011). Ωστόσο, το γεγονός ότι οι άκανθες του είδους *Squalus blainville* συνεχίζουν να αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του πιθανώς δεν σημαίνει ότι το μέγεθός αυτών των σκελετικών δομών εκπροσωπεί την ηλικία του. Η υπόθεση αυτή προκύπτει αφενός από την παρατηρούμενη μη γραμμικότητα στις σχέσεις των μετρήσεων των ακανθών με το μέγεθος των ατόμων (βλ. Εικόνα 3.14) αφετέρου από το ότι αρκετές άκανθες μεγαλύτερου μεγέθους έφεραν λιγότερους αυξητικούς δακτυλίους από ό,τι οι μικρότερες σε μέγεθος άκανθες. Ο έλεγχος της εγκυρότητας των ακανθών για την εκτίμηση της ηλικίας του είδους θα μπορούσε να επιβεβαιώσει την παραπάνω υπόθεση.

Η αύξηση των ακανθών ήταν ταχύτερη από 180 έως 300 mm (TL), ένα εύρος που περιλαμβάνει το μήκος γέννησης του είδους που κυμαίνεται από 180 έως 210 mm (Kousteni & Megalofonou 2011, βλ. Υποκεφ. 5.4.1). Η ταχύτερη αύξηση των νεαρών ατόμων αποτυπώθηκε στη μεγάλη απόσταση μεταξύ των πρώτων αποτιθέμενων δακτυλίων.

Η μελέτη της μορφομετρίας των ακανθών αποκάλυψε την παρουσία φυλετικού διμορφισμού ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, τα θηλυκά άτομα εμφάνισαν σημαντικά φαρδύτερες άκανθες από ό,τι τα αρσενικά, ενώ για το ίδιο μήκος σώματος τα αρσενικά άτομα είχαν μακρύτερες και βαρύτερες άκανθες από ό,τι τα θηλυκά. Φυλετικός διμορφισμός ως προς το μέγεθος των σκελετικών δομών παρατηρήθηκε και στο μαυροαγκαθίτη *Etmopterus spinax* όπου το μέσο μήκος των σπονδύλων ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά (Gennari & Scacco 2007). Επίσης, τα αρσενικά άτομα του κεντροσκύμνου *Centroselachus crepidater* έφεραν σημαντικά μακρύτερες άκανθες από ό,τι τα θηλυκά παρόμοιου μεγέθους (Irvine *et al.* 2006b).

Οι άκανθες στους καρχαρίες εξυπηρετούν κυρίως αμυντικούς σκοπούς (Jensen *et al.* 1961). Επίσης, τους προσδίδουν καλύτερη υδροδυναμική μέσω της στήριξης που προσφέρουν στα ραχιαία πτερύγια (<http://www.prehistoric-wildlife.com/species/c/cladoselache.html>). Δεδομένου ότι είναι σύνηθες κατά την περίοδο του ζευγαρώματος οι θηλυκοί καρχαρίες και κάποιοι αρσενικοί να φέρουν εκδορές στο σώμα τους προερχόμενες από άκανθες, καθώς και από δόντια, κέρατα και/ή λέπια ανάλογα με το είδος (Pratt Jr & Carrier 2005), είναι πολύ πιθανό και τα αρσενικά άτομα του είδους *Squalus blainville* να χρησιμοποιούν τις άκανθες για την παραπλάνηση των θηλυκών και για τον ανταγωνισμό με άλλα αρσενικά. Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι στην παρούσα μελέτη δεν βρέθηκε κανένα αρσενικό άτομο με εκδορές, σε αντίθεση με τα θηλυκά άτομα από τα οποία 18, και μάλιστα όλα γεννητικά ώριμα, έφεραν γρατζουνιές σε διάφορα σημεία του σώματος, αλλά σε μεγαλύτερο βαθμό στην κοιλιακή χώρα. Το γεγονός αυτό ενισχύει την υπόθεση ότι τα αρσενικά άτομα χρησιμοποιούν τις άκανθες κατά το ζευγάρισμα. Οι μεγαλύτερες, και άρα πιο ανθεκτικές άκανθες που παρατηρήθηκαν στα αρσενικά άτομα σε σχέση με τα θηλυκά παρόμοιου μεγέθους, πιθανώς αποτελεί μια εξελικτική προσαρμογή για την προσέγγισή τους και την εξασφάλιση επιτυχούς αναπαραγωγής.

3.4.5 Εκτίμηση της ηλικίας του είδους *Squalus blainville*

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε η καταμέτρηση των αυξητικών δακτυλίων στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών του είδους *Squalus blainville*. Η λεπτομερής εξέταση των ακανθών αποκάλυψε την παρουσία μεγάλης ποικιλομορφίας ως προς το σχήμα, την ένταση του χρώματος και την ενδιάμεση απόσταση των χειμερινών δακτυλίων. Συνολικά, η εκτίμηση της ηλικίας του είδους ήταν αρκετά δύσκολη και χρονοβόρος διαδικασία κατά την οποία καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια για την εξέταση των ακανθών υπό διαφορετικές οπτικές γωνίες σε φυσικό φωτισμό. Τελικά, στη μελέτη της αύξησης του είδους *Squalus blainville* συμπεριλήφθηκαν 569 άτομα από το σύνολο των 810 συλλεχθέντων ατόμων, αποκαλύπτοντας ότι πρόκειται για ένα είδος που παρουσιάζει K-στρατηγική πληθυσμιακής αύξησης με μεγάλη διάρκεια ζωής και εξαιρετικά χαμηλό ρυθμό αύξησης, χαρακτηριστικά που το καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτο στην αλιευτική πίεση.

Η άκανθα από το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ηλικίας των σκουαλοειδών, συμπεριλαμβανομένων των ειδών *Squalus acanthias* (Kaganovskaya 1933, Holden & Meadows 1962, Jensen 1965, Ketchen 1972; 1975, Jones & Geen 1977b, Soldat 1982, Beamish & McFarlane 1985, Nammack *et al.* 1985,

McFarlane & Beamish 1987, Saunders & McFarlane 1993, Avsar 2001, Henderson *et al.* 2002, Stenberg 2005, Campana *et al.* 2009, Tribuzio *et al.* 2010, Orlov *et al.* 2011, Bubleby *et al.* 2012), *Squalus megalops* (Watson & Smale 1999), *Etmopterus baxteri* (Irvine *et al.* 2006a), *Etmopterus pusillus* (Coelho & Erzini 2007), *Etmopterus spinax* (Coelho & Erzini 2008) και *Centroselachus crepidater* (Irvine *et al.* 2006b).

Στην παρούσα μελέτη, η μέθοδος του Ketchen (1975) αποδείχτηκε ως ένα χρήσιμο «εργαλείο» για την εκτίμηση της ηλικίας δύο μεγάλωμων θηλυκών ατόμων. Για τον έλεγχο της ακρίβειας της μεθόδου, σε 13 άτομα η ηλικία εκτιμήθηκε άμεσα μέσω της καταμέτρησης των δακτυλίων στην εξωτερική επιφάνεια της πρώτης άκανθας και έμμεσα βάσει της δεύτερης φθαρμένης άκανθας μέσω της καμπύλης διόρθωσης του Ketchen. Τελικά, σε κανένα από τα εξεταζόμενα άτομα η διαφορά μεταξύ των ηλικιακών εκτιμήσεων δεν ξεπέρασε τα 2 γ, δείχνοντας την υψηλή ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί με τον έμμεσο προσδιορισμό της ηλικίας του είδους. Η μέθοδος του Ketchen εφαρμόστηκε επιτυχώς στα είδη *Squalus acanthias* (Ketchen 1975, Soldat 1982, Nammack *et al.* 1985, Avsar 2001, Jones & Ugland 2001 με τροποποίηση από τους Henderson *et al.* 2002, Stenberg 2005, Demirhan & Seyhan 2007) και *Squalus megalops* (Watson & Smale 1999, Pajuelo *et al.* 2011). Μάλιστα, στην περίπτωση του είδους *Squalus acanthias* καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν όταν η μέθοδος λήφθηκε υπόψη παρά όταν εξαιρέθηκαν οι φθαρμένες άκανθες (Soldat 1982, Beamish & McFarlane 1985, Nammack *et al.* 1985).

3.4.6 Εγκυρότητα και ακρίβεια της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας

Ο έλεγχος της εγκυρότητας της απόλυτης ηλικίας (validation of absolute age), αν όχι σε όλες, τουλάχιστον στις ακραίες κλάσεις ηλικίας, ισοδυναμεί με την εκτίμηση της ακρίβειας των ηλικιακών εκτιμήσεων. Από την άλλη πλευρά, ο έλεγχος της ακρίβειας (accuracy), δηλαδή της ικανότητας αναπαραγωγής των ίδιων αποτελεσμάτων κατά την επαναληπτική ανάγνωση των αυξητικών δακτυλίων μιας σκελετικής δομής, δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον έλεγχο της εγκυρότητας. Μάλιστα, έχει αποδειχθεί ότι συχνά οι μετρήσεις που είναι ακριβείς δεν είναι έγκυρες (Campana 2001). Ο έλεγχος της εγκυρότητας είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε είδος (Beamish & McFarlane 1983).

Το κεντρόνι *Squalus acanthias* είναι το πρώτο σκουαλοειδές στο οποίο επιβεβαιώθηκε η ετήσια περιοδικότητα στο σχηματισμό των δακτυλίων στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών, με τους ανοιχτόχρωμους δακτυλίους να αποτίθενται το καλοκαίρι και τους σκουρόχρωμους το χειμώνα (Holden & Meadows 1962, Beamish & McFarlane 1985, Tucker

1985). Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε αφενός ο χημικός εμβολιασμός (ή μαρκάρισμα) μιας ομάδας ατόμων, η απελευθέρωση και η επανασύλληψή τους (mark-release-recapture) (Beamish & McFarlane 1985, McFarlane & Beamish 1987) αφετέρου η ραδιοχρονολόγηση (bomb radiocarbon analysis) (Campana *et al.* 2006). Η ετήσια απόθεση των δακτυλίων στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών επιβεβαιώθηκε και στο *Squalus megalops* με την ανάλυση της περιθωριακής αύξησης (marginal increment analysis) (Pajuelo *et al.* 2011) κατά την οποία υπολογίζεται η απόσταση κάθε δακτυλίου από το περιθώριο της τομής (Bagenal & Tesch 1978). Από τις προαναφερθείσες τεχνικές, η ραδιοχρονολόγηση με ^{14}C πλεονεκτεί, γιατί παρέχει τη δυνατότητα επιβεβαίωσης όχι μόνο της περιοδικότητας στην απόθεση των αυξητικών δακτυλίων, αλλά και της απόλυτης ηλικίας που αποτελεί τον απώτερο στόχο του ελέγχου της εγκυρότητας των ηλικιακών εκτιμήσεων (Campana 2001).

Στα σκουαλοειδή, η ανάλυση της περιθωριακής αύξησης αποτελεί την πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδο επιβεβαίωσης του ετήσιου σχηματισμού των δακτυλίων τόσο στους σπονδύλους (Simpfendorfer 1993, Conrath *et al.* 2002, Buble *et al.* 2012) όσο και στις άκανθες (Coelho & Erzini 2007; 2008; 2010, Pajuelo *et al.* 2011). Ωστόσο, θεωρείται χαμηλής ακρίβειας μέθοδος και θέτει βασικούς περιορισμούς στην εφαρμογή της, μια και ενδείκνυται για ταχέως αυξανόμενα ψάρια (Campana 2001) και εφαρμόζεται κατόπιν μηνιαίας συλλογής ατόμων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Cotton *et al.* 2011). Σύμφωνα με τα παραπάνω και δεδομένης της έλλειψης δειγμάτων σε μηνιαία βάση και σε βάθος χρόνου, η ανάλυση της περιθωριακής αύξησης κρίθηκε ακατάλληλη για το είδος *Squalus blainville*.

Από την άλλη πλευρά, η ραδιοχρονολόγηση με ^{14}C προϋποθέτει τη γέννηση κάποιων ατόμων πριν από το 1960 όταν τα επίπεδα του ραδιενεργού άνθρακα ^{14}C είχαν αυξηθεί σημαντικά στο θαλάσσιο περιβάλλον από τις πυρηνικές δοκιμές (Campana *et al.* 2006). Το εξαιρετικά υψηλό κόστος της μεθόδου (Campana 2001) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν αλιεύθηκαν άτομα που να έχουν γεννηθεί πριν από το 1960, σύμφωνα με την παρατηρούμενη μακροβιότητα του είδους, δεν επέτρεψε την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Αν και το *Squalus blainville* είναι ένα εξαιρετικά μακρόβιο είδος, η εκτίμηση της ηλικίας μεγάλων ατόμων θεωρείται δύσκολη έως αδύνατη, γιατί συνήθως δεν αλιεύονται τα γηραιότερα άτομα ενός πληθυσμού και ακόμα και στην περίπτωση που αλιευθούν είναι πολύ πιθανό να έχουν κατεστραμμένες άκανθες. Περαιτέρω έρευνα προτείνεται για τη διερεύνηση της χρησιμότητας της ραδιομετρικής ανάλυσης ισοτόπων στις σκελετικές δομές των σκουαλοειδών (Fenton 2001, Irvine *et al.* 2006a).

Η απελευθέρωση και η επανασύλληψη των προηγούμενα χημικά εμβολιασμένων ατόμων θεωρείται από τις πιο ακριβείς μεθόδους επιβεβαίωσης της περιοδικότητας του

σηματισμού των δακτυλίων. Ωστόσο, απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα, προκειμένου να συλληφθούν άτομα που θα έχουν παραμείνει ελεύθερα περισσότερο από ένα έτος έπειτα από το χημικό εμβολιασμό τους, έτσι ώστε η αναγνώριση του πρώτου δακτυλίου αμέσως μετά από το μαρκάρισμα να μην είναι προβληματική (Campana 2001). Η ανάγκη μεσολάβησης μεγάλου χρονικού διαστήματος από τη στιγμή του μαρκάριατος μέχρι την επανασύλληψη των ατόμων διαπιστώθηκε σε μια μελέτη που έδειξε ότι όταν η επανασύλληψη των ατόμων γίνεται σε μεγάλη χρονική απόσταση από τη στιγμή του μαρκάριατος, η περιοδικότητα του σχηματισμού των δακτυλίων είναι διαφορετική από εκείνη που παρατηρείται όταν μεσολαβήσει μικρό χρονικό διάστημα (Beamish & McFarlane 2000).

Η παρούσα μελέτη βασίστηκε στην υπόθεση ότι οι αυξητικοί δακτύλιοι στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών του είδους *Squalus blainville* αποτίθενται σε ετήσια βάση, με τον ίδιο τρόπο όπως και στο συγγενικό του είδος *Squalus acanthias*, στο οποίο αφενός έχει ελεγχθεί η περιοδικότητα στο σχηματισμό των εξωτερικών δακτυλίων στις άκανθες και επιβεβαιωθεί η ετήσια απόθεσή τους, και μάλιστα με διαφορετικές τεχνικές (Beamish & McFarlane 1985, Pajuelo *et al.* 2011), αφετέρου έχει ελεγχθεί η εγκυρότητα της απόλυτης ηλικίας του είδους βάσει αυτών των δομών (Campana *et al.* 2006).

Στην παρούσα μελέτη, η ακρίβεια και η συνέπεια μεταξύ των ανεξάρτητων ηλικιακών εκτιμήσεων ελέγχθηκε με τον υπολογισμό του συντελεστή μεταβλητότητας (CV) και του μέσου ποσοστιαίου σφάλματος (APE), με βάση τις τιμές των οποίων διαπιστώθηκε ότι: (α) η εμπειρία στην ανάγνωση των σκελετικών δομών μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των ηλικιακών εκτιμήσεων που προκύπτουν τόσο από τον ίδιο όσο και από διαφορετικούς αναγνώστες, και (β) στις περιπτώσεις που η δεύτερη άκανθα έχει σημαντική φθορά ή απουσιάζει, η πρώτη άκανθα μπορεί εξίσου να χρησιμοποιηθεί εφόσον είναι σε καλή κατάσταση και δεν φέρει καμία φθορά. Η συνέπεια μεταξύ των μετρήσεων από την πρώτη και δεύτερη άκανθα διαπιστώθηκε και στα σκουαλοειδή *Centrophorus squamosus* (Clarke *et al.* 2002a), *Deania calcea* (Clarke *et al.* 2002b) και *Squalus megalops* (Pajuelo *et al.* 2011). Σε γενικές γραμμές, η ακρίβεια κατά την ηλικιακή εκτίμηση του είδους *Squalus blainville* κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με άλλα είδη όπου εφαρμόστηκε η ίδια τεχνική ηλικιακής εκτίμησης. Για παράδειγμα, οι τιμές του δείκτη ακρίβειας CV ήταν 22,9% στο *Squalus mitsukurii* (Paiboonleeskul *et al.* 2013) και κυμάνθηκαν από 10,47–12,48% (Bubleby *et al.* 2012) έως 19% (Rice *et al.* 2009) στο *Squalus acanthias*.

Μια συλλογή αναφοράς με 200 άκανθες από το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο του είδους *Squalus blainville* προετοιμάστηκε για τον έλεγχο της απόκλισης των ηλικιακών εκτιμήσεων σε βάθος χρόνου (long-term drift) και για εκπαιδευτικούς σκοπούς, όπως προτείνει ο

Campana (2001). Οι συλλογές αναφοράς (reference collections) περιλαμβάνουν σκελετικές δομές γνωστής ηλικίας και είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την παρακολούθηση της επαναληψιμότητας των ηλικιακών εκτιμήσεων ενός αναγνώστη τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα, καθώς και μεταξύ διαφορετικών αναγνώστων (Campana 2001). Η επιλογή των ακανθών έγινε με ιδιαίτερη προσοχή από τον έμπειρο αναγνώστη, λαμβάνοντας υπόψη την καλύτερη δυνατή αντιπροσώπευση των κλάσεων ηλικίας, των φύλων, των περιοχών, των εποχών και των ετών δειγματοληψίας. Η συγκεκριμένη συλλογή αναφοράς θα μπορούσε να συμπεριληφθεί σε ένα διεθνές πρόγραμμα ανταλλαγής, με σκοπό να διευκολύνει και να βελτιστοποιήσει την τεχνική ηλικιακής εκτίμησης του είδους.

3.4.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων με προηγούμενες μελέτες

Μέχρι σήμερα, έχουν γίνει δύο μελέτες που αφορούν στην ηλικία και αύξηση του είδους *Squalus blainville*, χρησιμοποιώντας τομές είτε σε άκανθες (Marouani *et al.* 2012) ή σε σπονδύλους (Cannizzaro *et al.* 1995), εκτός από την παρούσα μελέτη τα αποτελέσματα της οποίας δημοσιεύθηκαν πρόσφατα (Kousteni & Megalofonou 2015) (Πίνακας 3.24) Σε καμία μελέτη δεν ελέγχθηκε η εγκυρότητα των μετρήσεων, αλλά η παρούσα μελέτη είναι η μόνη που περιλαμβάνει τον έλεγχο της ακρίβειας των ηλικιακών εκτιμήσεων.

Πίνακας 3.24 Παράμετροι αύξησης (L_{∞} , k , t_0), δείκτης ολοκλήρωσης της αύξησης (Φ') και μέγιστη παρατηρούμενη ηλικία (A_{max} σε y) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* από διάφορες περιοχές της Μεσογείου

Περιοχή	Μέθοδος	Φύλο	N	L_{∞}	k	t_0	Φ'	A_{max}	Αναφορά
Ανατολική Μεσόγειος (Αιγαίο & Ιόνιο & Λιβυκό)	μέτρηση δακτυλίων στην εξωτερική επιφάνεια ακανθών	Θ	314	1.097	0,03	-5,58	4,56	28	Kousteni & Megalofonou 2015
		A	254	666	0,08	-3,35	4,55	22	
Κεντρική Μεσόγειος (Κόλπος Γκαμπές, Τυνησία)	μέτρηση δακτυλίων σε τομές ακανθών	Θ	65	1.057	0,11	-1,12	5,09	19	Marouani <i>et al.</i> 2012
		A	60	911	0,14	-1,42	5,07	15	
Κεντρική Μεσόγειος (Κανάλι Σικελίας)	μέτρηση δακτυλίων σε τομές σπονδύλων	Θ	76	1.179	0,10	-1,38	5,14	8	Cannizzaro <i>et al.</i> 1995
		A	105	960	0,13	-1,39	5,08	8	

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; L_{∞} , ασυμπτωτικό μήκος σε mm; K, ρυθμός αύξησης σε y^{-1} ; t_0 , υποθετική ηλικία σε y στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος; Οι τιμές του δείκτη Φ' υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη

Στην ανατολική Μεσόγειο (παρούσα μελέτη), τα αρσενικά άτομα παρουσίασαν μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης (k) και μικρότερο ασυμπτωτικό μήκος (L_{∞}) από ό,τι τα θηλυκά, γεγονός που υποδηλώνει ότι προσεγγίζουν το μέγιστο θεωρητικό μήκος πιο γρήγορα. Αν και αυτό το πρότυπο αύξησης παρατηρήθηκε και στις προηγούμενες μελέτες (Cannizzaro *et al.* 1995, Marouani *et al.* 2012), δεν αποκλείεται να είναι πλασματικό, γιατί το μέγιστο θεωρητικό μήκος των αρσενικών ατόμων ήταν μικρότερο από το μέγιστο παρατηρούμενο μήκος τους, εξαιτίας της απουσίας δειγμάτων από τις μεγαλύτερες κλάσεις μήκους και της αδυναμίας εκτίμησης της ηλικίας του μοναδικού αρσενικού ατόμου που ξεπέρασε 600 mm (TL). Το γεγονός αυτό ενισχύεται περαιτέρω από την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των δύο φύλων ως προς το μήκος τους στην πλειονότητα των κλάσεων ηλικίας, υποδηλώνοντας ένα παρόμοιο ρυθμό αύξησης για αυτά.

Η σύλληψη του μοναδικού μεγαλόσωμου αρσενικού ατόμου (TL=799 mm) είναι ενδεικτική της παρουσίας μεγαλύτερων αρσενικών στην περιοχή μελέτης, τα οποία ωστόσο δεν αλιεύθηκαν, όπως παρατηρήθηκε και στο Κανάλι της Σικελίας όπου το μεγαλύτερο αρσενικό άτομο ήταν 735 mm (Cannizzaro *et al.* 1995). Στην απουσία αρσενικών ατόμων από τις μέγιστες κλάσεις μήκους αποδίδεται και το μικρότερο L_{∞} που εμφάνισαν τα αρσενικά άτομα σε σχέση με τις άλλες περιοχές. Η συλλογή περισσότερων ατόμων από τις μέγιστες τάξεις μεγέθους θα μπορούσε να επιβεβαιώσει την παρατηρούμενη διαφορά στο αυξητικό πρότυπο των φύλων και να συμβάλλει στην ακριβέστερη εκτίμηση της μακροβιότητάς τους.

Σε όλες τις μελέτες, η υποθετική ηλικία στην οποία το είδος έχει μηδενικό μήκος (t_0) έλαβε αρνητική τιμή, δείχνοντας ότι η αύξηση των νεαρών ατόμων γίνεται με ταχύτερο ρυθμό σε σχέση με αυτόν που προβλέπεται από την καμπύλη αύξησης. Στην αντίθετη περίπτωση όπου η τιμή του t_0 είναι θετική σημαίνει ότι τα νεαρά άτομα έχουν πιο αργό ρυθμό αύξησης από αυτόν που προβλέπεται από την καμπύλη (King 1995).

Στην ανατολική Μεσόγειο (παρούσα μελέτη), το είδος παρουσίασε χαμηλότερο ρυθμό αύξησης (k), μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (A_{max}) και χαμηλότερη τιμή του δείκτη ολοκλήρωσης της αύξησης (Φ') από ό,τι στις άλλες περιοχές τις κεντρικής Μεσογείου (Cannizzaro *et al.* 1995, Marouani *et al.* 2012). Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη διαφορετική τεχνική εκτίμησης της ηλικίας που εφαρμόστηκε σε κάθε μελέτη και σε διαφορές ως προς τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, τη δειγματοληπτική μεθοδολογία (π.χ. αριθμός ατόμων ανά κλάση μήκους) ή το ρυθμό αύξησης μεταξύ των διαφορετικών βιολογικών, αλλά όχι γενετικών αποθεμάτων, δεδομένου ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γενετικών αναλύσεων της παρούσας διατριβής, το είδος πιθανώς σχηματίζει ένα ενιαίο γενετικό απόθεμα σε αυτές τις περιοχές (βλ. Υποκεφ. 7.4.2).

Οι Canizzaro *et al.* (1995) αναφέρουν 8 κλάσεις ηλικίας για το είδος *Squalus blainville* και πιθανώς υποεκτίμησαν την ηλικία του, καθώς οι σπονδυλικοί κώνοι στα περισσότερα σκουαλοειδή δεν διαθέτουν επαρκή ασβεστοποίηση και δεν παράγουν αξιόπιστους δακτυλίους (Wood *et al.* 1979). Οι Irvine *et al.* (2006a; b) παρατήρησαν ότι οι αυξητικοί δακτύλιοι που αποτυπώνονται στις τομές των ακανθών (εσωτερικοί δακτύλιοι), σε σχέση με εκείνους που εμφανίζονται στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών (εξωτερικοί δακτύλιοι), παράγουν ηλικιακές εκτιμήσεις χαμηλότερης ακρίβειας και υποεκτιμούν την ηλικία των ειδών *Etmopterus baxteri* και *Centroselachus crepidater*. Σε αυτά τα σκουαλοειδή, η εξέταση των δακτυλίων τόσο σε τομές όσο και στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών αποκάλυψε ότι η εσωτερική οδοντίνη σταματά να σχηματίζεται ή οι εσωτερικοί δακτύλιοι γίνονται ιδιαίτερα δυσδιάκριτοι όταν στοιβάζονται ο ένας δίπλα στον άλλον.

Συγκεκριμένα, στο είδος *Etmopterus baxteri*, βάσει της συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των εσωτερικών και εξωτερικών δακτυλίων, διαπιστώθηκε ότι μόνο οι πρώτοι 2 δακτύλιοι σχηματίζονταν με τον ίδιο ρυθμό, ενώ το ποσοστό των εσωτερικών δακτυλίων μειωνόταν ταχύτατα σε άκανθες που είχαν περισσότερους από 25 εξωτερικούς δακτυλίους, (Irvine *et al.* 2006a). Στο είδος *Centroselachus crepidater*, οι εσωτερικοί και εξωτερικοί δακτύλιοι σχηματίζονταν με τον ίδιο ρυθμό μόνο κατά τα πρώτα 5 χρόνια, ενώ η απόθεση των εσωτερικών δακτυλίων μειωνόταν απότομα έπειτα από το σχηματισμό 20 εξωτερικών δακτυλίων (Irvine *et al.* 2006b). Και στα δύο είδη, σταματούσε η απόθεση των εσωτερικών δακτυλίων έπειτα από 30 εξωτερικούς δακτυλίους (Irvine *et al.* 2006a; b). Συνεπώς, είναι πολύ πιθανό οι Marouani *et al.* (2012), εξετάζοντας τους δακτυλίους στις τομές ακανθών του είδους *Squalus blainville*, να υποεκτίμησαν την ηλικία του.

Με βάση τα παραπάνω, η μέτρηση των αυξητικών δακτυλίων στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών αποτελεί πιθανώς την πιο αξιόπιστη τεχνική για την εκτίμηση της ηλικίας του είδους *Squalus blainville*, αν και είναι απαραίτητος ο έλεγχος της περιοδικότητας της απόθεσής τους και της εγκυρότητας της απόλυτης ηλικίας του είδους. Παρ' όλα αυτά, η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης θα πρέπει να γίνει με προσοχή, ιδιαίτερα αν πρόκειται να συμπεριληφθούν σε μοντέλα πληθυσμιακής δυναμικής για τη διαχείριση των φυσικών αποθεμάτων του είδους (Cailliet *et al.* 2006). Δεν είναι λίγα τα είδη στα οποία λάθη στην ηλικιακή τους εκτίμηση οδήγησαν σε εσφαλμένη αξιολόγηση των πληθυσμιακών τους αποθεμάτων με επακόλουθη την υπερεκμετάλλευσή τους. Αυτό το πρόβλημα συνήθως προκύπτει από την υποεκτίμηση παρά από την υπερεκτίμηση της ηλικίας των ειδών, μια και οδηγεί σε υπεραισιόδοξες εκτιμήσεις των ρυθμών αύξησης και θνησιμότητάς τους (Campana 2001 και αναφορές εντός).

3.4.8 Σύγκριση αυξητικών προτύπων των υπό μελέτη ειδών

Αν και οι σπόνδυλοι αποτελούν τις πιο χρήσιμες σκελετικές δομές για την εκτίμηση της ηλικίας των Χονδριχθύων (Cailiet *et al.* 1986), δεν διέθεταν ευκρινείς δακτυλίους στο είδος *Scyliorhinus canicula*, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Henderson & Casey 2001, Ivory *et al.* 2004). Σε γενικές γραμμές, οι σπόνδυλοι του είδους *Scyliorhinus canicula* θεωρούνται κατάλληλοι για την εκτίμηση της ηλικίας του, δεδομένου ότι η αύξησή τους σχετίζεται θετικά με την αύξηση των ατόμων (Henderson & Casey 2001, Ivory *et al.* 2004). Ωστόσο, οι Henderson και Casey (2001), εφαρμόζοντας την τεχνική απασβέστωσης των Correia & Figueiredo (1997), οι οποίοι ενίσχυσαν επιτυχώς τη διακριτικότητα των δακτυλίων σε τομές σπονδύλων του μελανόστομου καρχαρία *Galeus melastomus*, ενός είδους που φέρει εξίσου μικρούς σπονδυλικούς κώνους, αναγκάστηκαν να εξαιρέσουν το 33% των εξεταζόμενων σπονδύλων του *Scyliorhinus canicula*. Επίσης, οι Ivory *et al.* (2004) παρατήρησαν ότι το 13% των εξεταζόμενων αρσενικών ατόμων του *Scyliorhinus canicula* δεν έφερε κανένα δακτύλιο στους σπονδύλους. Στον Πίνακα 3.25 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των μελετών αύξησης που αφορούν στο είδος *Scyliorhinus canicula*.

Αν και υπάρχουν αναφορές ότι το είδος *Scyliorhinus canicula* φτάνει τα 1.000 mm σε μήκος (Kennedy 1969, Compagno 1984b, Quero 1984), σπάνια ξεπερνά τα 800 mm τόσο στη Μεσόγειο (π.χ. Carapé *et al.* 2008a, Kousteni & Megalofonou 2010) όσο και στον Ατλαντικό (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998, Ivory *et al.* 2004). Συνεπώς, το ασυμπτωτικό μήκος που υπολογίστηκε σε όλες τις μελέτες αύξησης του είδους έλαβε ικανοποιητική τιμή.

Λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη παρατηρούμενη ηλικία των υπό μελέτη ειδών, φαίνεται ότι πρόκειται για δύο εξαιρετικά μακρόβια είδη, με το *Squalus blainville* να φτάνει σε μεγαλύτερες ηλικίες από ό,τι το *Scyliorhinus canicula*. Σύμφωνα με τη μελέτη μαρκαρίσματος του είδους *Scyliorhinus canicula* στο Βискаϊκό κόλπο, παρατηρήθηκε ότι το μέγιστο χρονικό διάστημα παραμονής σε συνθήκες ελευθερίας ήταν 7 y για ένα θηλυκό άτομο και 8,6 y για ένα αρσενικό άτομο, τα οποία κατά τη χρονική περίοδο του μαρκαρίσματος είχαν μήκος 430 και 570 mm, αντίστοιχα. Βάσει των παραμέτρων αύξησης εκτιμήθηκε ότι η μέγιστη διάρκεια ζωής του είδους ήταν 17 y (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005). Στην Ιρλανδική και Κελτική Θάλασσα, η μέγιστη παρατηρούμενη ηλικία ήταν 12 και 11 y για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα (Ivory *et al.* 2004), ενώ στις δυτικές ακτές της Ιρλανδίας το μεγαλύτερο σε ηλικία άτομο ήταν 10 y (Henderson & Casey 2001).

Το είδος *Scyliorhinus canicula* παρουσιάζει χαμηλό ρυθμό αύξησης ομοίως με το *Squalus blainville*, γεγονός που αποτελεί κοινό γνώρισμα των Χονδριχθύων (Musick 1999,

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ

Kyne & Simpfendorfer 2007). Ο χαμηλός ρυθμός αύξησης του είδους επιβεβαιώθηκε και σε συνθήκες αιχμαλωσίας όπου κατά το 1, 2, 3 και 4 y ηλικίας είχε μήκος 150, 200–250, 300–350 και 450 mm, αντίστοιχα (Collenot 1966).

Πίνακας 3.25 Παράμετροι αύξησης (L_{∞} , k , t_0) και δείκτης ολοκλήρωσης της αύξησης (Φ') του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

Περιοχή	Μέθοδος	Φύλο	N	L_{∞}	k	t_0	Φ'	Αναφορά
Μεσόγειος (Αδριατική Θάλασσα)	ανάλυση κατανομής συχνοτήτων μηκών των ατόμων	σύνολο*	–	568	0,53	–	5,23	Zupanovic 1961
Ατλαντικός (Βισκαϊκός κόλπος)	ανάλυση δεδομένων μαρκαρίσματος και επανασύληψης	Θ	58	748	0,15	-0,95	4,92	Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> 2005**
		A	93	665	0,26	-0,62	5,06	
		σύνολο	151	693	0,21	-0,76	5,00	
Ατλαντικός (Ιρλανδική και Κελτική Θάλασσα)	μέτρηση δακτυλίων σε τομές σπονδύλων έπειτα από χρώση με κρυσταλλικό ιώδες	Θ	405	751	0,15	-0,96	4,93	Ivory <i>et al.</i> 2004
		A	301	874	0,12	-1,09	4,96	
Ατλαντικός (Δυτικές ακτές Ιρλανδίας)	μέτρηση δακτυλίων σε τομές απασβεστωμένων σπονδύλων	σύνολο*	67	827	0,15	-1,36	5,01	Henderson & Casey 2001
Ατλαντικός (Βόρεια Θάλασσα)	–	σύνολο*	–	880	0,20	–	5,19	Jennings <i>et al.</i> 1999
Ατλαντικός (Βισκαϊκός κόλπος)	ανάλυση κατανομής συχνοτήτων μηκών των ατόμων	σύνολο	2.153	888	0,13	-1,33	5,01	Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> 1998
	ανάλυση δεδομένων μαρκαρίσματος και επανασύληψης	σύνολο*	12	988	0,10	–	4,99	

N, αριθμός ατόμων; L_{∞} , ασυμπτωτικό μήκος σε mm; K, ρυθμός αύξησης σε y^{-1} ; t_0 , υποθετική ηλικία σε y στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος; Οι τιμές του δείκτη Φ' υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη

Υποθέτοντας ότι η αύξηση συνιστά μια συν-οικολογική προσαρμοστική ιδιότητα (Nikolsky 1963), οι διαφορές στο αυξητικό πρότυπο μεταξύ των γενετικά πλησιέστερων ειδών αντανακλά το διαφορετικό βαθμό προσαρμογής τους στη συνεργική αλληλεπίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. παραγωγικότητα, θερμοκρασία) και της αλιευτικής πίεσης (Ragonese *et al.* 2012). Υπολογίζοντας το δείκτη Φ' με βάση τις δημοσιευμένες τιμές των παραμέτρων αύξησης του *Scyliorhinus canicula* (Πίνακας 3.25), διαπιστώθηκε ότι το συγκεκριμένο είδος παρουσιάζει υψηλότερες τιμές, και άρα ταχύτερη αύξηση σε σχέση με το *Squalus blainville* από την ανατολική Μεσόγειο (παρούσα μελέτη). Στις υπόλοιπες περιοχές της κεντρικής Μεσογείου, το *Squalus blainville* παρουσίασε υψηλότερες τιμές του δείκτη

Φ' (Πίνακας 3.24), πιθανώς εξαιτίας των διαφορετικών τεχνικών ηλικιακής εκτίμησης, οι οποίες κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα με τις τιμές δείκτη Φ' του *Scyliorhinus canicula*.

Μια από τις πιο σημαντικές μεθόδους εκτίμησης των παραμέτρων αύξησης (μόνο των L_{∞} και k , το t δεν μπορεί να προσδιοριστεί με αυτόν τον τρόπο παρά μόνο αν είναι γνωστό το απόλυτο μέγεθος σε κάποια δεδομένη ηλικία, όπως το μήκος τη στιγμή της γέννησης), ιδιαίτερα σε είδη όπως το *Scyliorhinus canicula* των οποίων η ηλικία δεν μπορεί να προσδιοριστεί άμεσα, είναι η ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν από την επανασύλληψη μαρκαρισμένων ατόμων. Βέβαια, μπορεί να προκύψουν προβλήματα και σε αυτή τη μέθοδο, αν, για παράδειγμα, δεν ληφθούν ακριβείς μετρήσεις κατά το μαρκάρισμα ή την επανασύλληψη των ατόμων, ο χρόνος κατά τον οποίο τα άτομα έχουν αφεθεί ελεύθερα δεν είναι αρκετός για να αυξηθούν, η επανασύλληψη των ατόμων καθορίζεται από το μέγεθός τους και το μαρκάρισμα επηρεάζει την αύξηση των ατόμων (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005). Ο βαθμός δυσκολίας στην εφαρμογή αυτής της μεθόδου φάνηκε από το γεγονός ότι από το σύνολο των 7.644 ατόμων που συλλέχθηκαν στο Βισκαϊκό κόλπο και εμβολιάστηκαν χημικά το 1993, μόλις 200 άτομα επανασυλλέχθηκαν το 2002 και τελικά στη μελέτη αύξησης χρησιμοποιήθηκαν 156 άτομα (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005)

Μια ακόμα έμμεση μέθοδος εκτίμησης της ηλικίας των Χονδριχθών είναι η ανάλυση της κατανομής των συχνοτήτων των μηκών (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005), η οποία έχει εφαρμοστεί και στο *Scyliorhinus canicula* (Zupanovic 1961, Rodríguez-Cabello *et al.* 1998). Ωστόσο, επειδή πρόκειται για ένα είδος που παρουσιάζει εκτεταμένη περίοδο ωοτοκίας καθ' όλο το έτος (π.χ. Kousteni & Megalofonou 2010), οι ηλικιακές ομάδες είναι πολύ δύσκολο να διακριθούν, μια προϋπόθεση που πρέπει να πληρείται για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου και την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων (Grant 1989). Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα αυτών των εργασιών θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με επιφύλαξη.

Με βάση τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι η εκτίμηση της ηλικίας του είδους *Scyliorhinus canicula* αποτελεί μια εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση, εξαιτίας της ασθενούς ασβεστοποίησης των σπονδύλων του, γεγονός που καθιστά περισσότερο επιτακτική τη διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων για τη μελέτη του αυξητικού προτύπου του είδους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μορφομετρία



**Δειγματοληψία στο Β Αιγαίο (Σκόρος, Μάιος 2010)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)**

4.1 Εισαγωγή

4.1.1 Σημασία της γνώσης της μορφομετρίας των ψαριών

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην αλιευτική βιολογία για την περιγραφή ποικίλων ομάδων ψαριών (Clayton 1981). Ιστορικά έχουν αποτελέσει την πρωταρχική πηγή άντλησης πληροφοριών που συμπεριλήφθηκαν σε ταξινομικές και εξελικτικές μελέτες (Strauss & Bond 1990). Τα χαρακτηριστικά αυτά διακρίνονται: (α) στα μεριστικά χαρακτηριστικά που αφορούν στον αριθμό των διαδοχικά επαναλαμβανόμενων, διακριτών δομών, όπως είναι ο αριθμός των ακτινών και των σπονδύλων (ασυνεχείς μεταβλητές), και (β) στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά που αφορούν στις γραμμικές διαστάσεις των δομών, όπως είναι το μήκος ενός πτερυγίου και η διάμετρος του ματιού (συνεχείς μεταβλητές) (Ihssen *et al.* 1981). Και οι δύο κατηγορίες υπόκεινται στον ταυτόχρονο έλεγχο περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων (Begg & Waldman 1999).

Τα μεριστικά χαρακτηριστικά σταθεροποιούνται κατά τα πρώτα οντογενετικά στάδια και έπειτα παραμένουν αμετάβλητα. Επομένως, αν παρουσιάσουν φαινοτυπική ποικιλότητα, θα οφείλεται στην επίδραση του περιβάλλοντος κατά τη σύντομη προνυμφική ή εμβρυϊκή περίοδο (Begg & Waldman 1999). Αντίθετα, τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά, που περιγράφουν τις μεταβολές στο σχήμα και στο μέγεθος του σώματος, παρουσιάζουν αλλαγές που σχετίζονται με την αλλομετρική αύξηση (Gould 1966), δηλαδή με τους διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης των διάφορων μερών του σώματος (Vogel 1988), και υπόκεινται στην επίδραση του περιβάλλοντος καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής (Ihssen *et al.* 1981).

Καθώς η αλλομετρία επηρεάζει σημαντικά το επίπεδο διαφοροποίησης μεταξύ των διαφορετικών αποθεμάτων (Gould 1966), η μελέτη της μορφομετρίας μπορεί να αναδείξει διαφορές αφενός στο μέγεθος και στη μορφή του σώματος των ατόμων, των ειδών ή των πληθυσμών αφετέρου στο αυξητικό τους πρότυπο. Για το λόγο αυτό, τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά παρέχουν μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα από ό,τι τα μεριστικά χαρακτηριστικά για τη διάκριση των αλιευτικών αποθεμάτων (Ihssen *et al.* 1981). Ωστόσο, η εφαρμογή τους στην αναγνώριση των αλιευτικών αποθεμάτων συνιστά μια πολύπλοκη διαδικασία, γιατί η φαινοτυπική ποικιλότητα που παρουσιάζουν δεν συνδέεται απαραίτητα με γενετικές διαφοροποιήσεις (Clayton 1981), αλλά σχετίζεται και με περιβαλλοντικούς παράγοντες (Begg & Waldman 1999), ένα φαινόμενο γνωστό ως φαινοτυπική πλαστικότητα (West-Eberhard 1989). Για το λόγο αυτό, προτείνεται η συνδυασμένη χρήση τους με άλλες

τεχνικές, και κατά προτίμηση με μοριακούς δείκτες, για την ολοκληρωμένη αναγνώριση των αποθεμάτων για διαχειριστικούς σκοπούς (Begg & Waldman 1999).

4.1.2 Σκοπός παρούσας μελέτης

Η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αποκάλυψε ελάχιστες αναφορές που αφορούν στη μορφομετρία του είδους *Scyliorhinus canicula*, εστιάζοντας σε περιορισμένο αριθμό μορφομετρικών χαρακτηριστικών (Ellis & Shackley 1995, Filiz & Taşkavak 2006). Από την άλλη πλευρά, η μορφομετρία του είδους *Squalus blainville* υπήρξε αντικείμενο αποκλειστικά ταξινομικών μελετών, οι οποίες περιέλαβαν περιορισμένο αριθμό ατόμων (Garrick 1960, Merrett 1973, Chen *et al.* 1979, Múñoz-Chápuli & Ramos 1989, Marouani *et al.* 2012). Καμία από τις μορφομετρικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έως σήμερα στα εξεταζόμενα είδη δεν προέρχεται από τις Ελληνικές Θάλασσες.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, έπειτα από την περιγραφή της εξωτερικής μορφομετρίας των εξεταζόμενων ειδών από διάφορες περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των φύλων για να ελεγχθεί η παρουσία φυλετικού διμορφισμού και μεταξύ των περιοχών για να ελεγχθεί η παρουσία γεωγραφικών προτύπων διαφοροποίησής τους ως προς αυτές. Επίσης, μελετήθηκε η συσχέτισή τους με το ολικό μήκος των ατόμων και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με εκείνα προηγούμενων μελετών.

4.2 Υλικά και μέθοδοι

4.2.1 Μορφομετρικές μετρήσεις

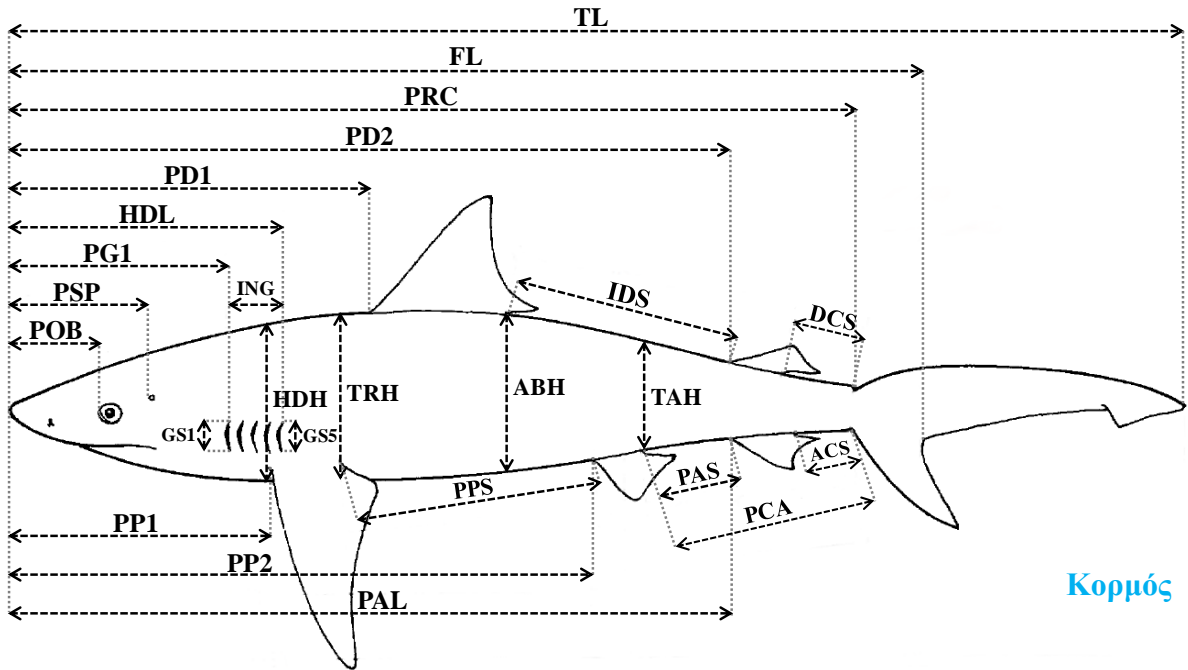
Τα εξωτερικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά μετρήθηκαν με παχύμετρο ακρίβειας 0,01 mm σύμφωνα με τον Compagno (1984a) (Εικόνα 4.1) και εκφράστηκαν ως ποσοστό επί τοις εκατό του ολικού μήκους (%TL) για να ελαττωθεί η επίδραση του μεγέθους (Gould 1966). Συμπληρωματικά, μετρήθηκε η απόσταση OB σύμφωνα με τους Filiz & Taşkavak (2006), ένα χαρακτηριστικό για το οποίο το είδος *Scyliorhinus canicula* εμφάνισε φυλετικό διμορφισμό στον κόλπο της Σμύρνης (Filiz & Taşkavak, 2006). Επίσης, υπολογίστηκε ο λόγος μήκος στόματος/πλάτος στόματος (MOL/MOW), ως προς τον οποίο φαίνεται ότι το *Scyliorhinus canicula* εμφανίζει φυλετικό διμορφισμό (Brough 1937, Arthur 1950, Ellis & Shackley 1995, Filiz & Taşkavak 2006).

Από το σύνολο των μορφομετρικών χαρακτηριστικών που καταγράφηκαν (Πίνακας 4.1), η μέτρηση CPL παραλήφθηκε στο είδος *Scyliorhinus canicula*, λόγω της απουσίας εγκοπής μεταξύ του κάτω ουραίου λοβού και του κοιλιακού περιθωρίου του άνω ουραίου λοβού. Στο είδος *Squalus blainville* παραλείφθηκαν οι μετρήσεις PAL, PAS, ACS, ANA, ANH, ANP και ANB, γιατί δεν φέρει εδρικό πτερύγιο, καθώς και οι μετρήσεις CTR και CST, λόγω της απουσίας εγκοπής στο τερματικό περιθώριο του άνω ουραίου λοβού.

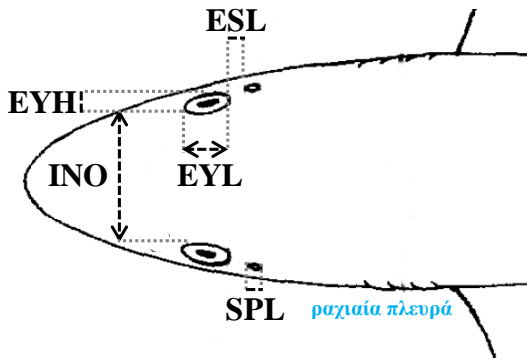
4.2.2 Στατιστική επεξεργασία

Για κάθε μέτρηση μορφομετρίας υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, καθώς και για το σύνολο των ατόμων κάθε είδους. Για τη σύγκριση των μορφομετρικών μετρήσεων μεταξύ των περιοχών τα άτομα κάθε είδους ομαδοποιήθηκαν στους πληθυσμούς του Αιγαίου και του Ιονίου.

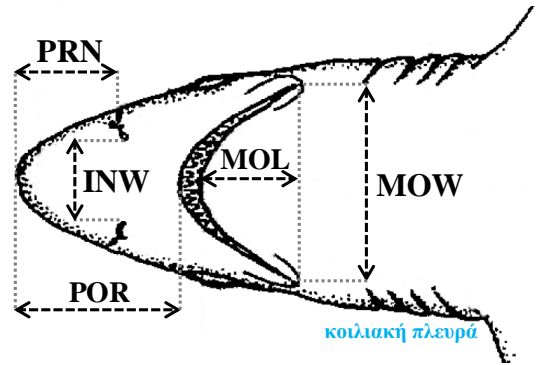
Η σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ή των περιοχών έγινε με τη μη παραμετρική δοκιμασία Mann–Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947).



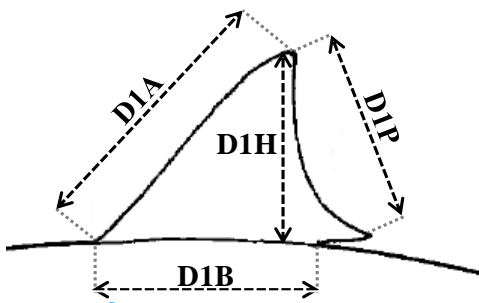
Κορμός



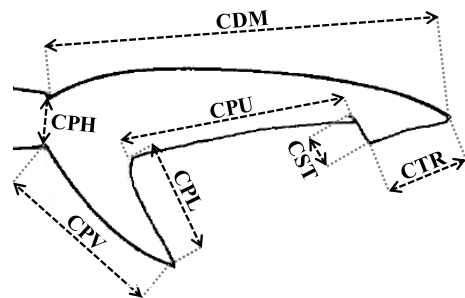
Κεφάλι



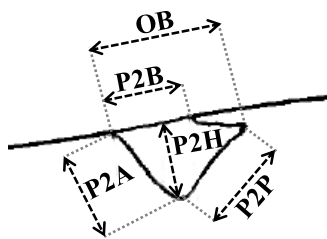
κοιλιακή πλευρά



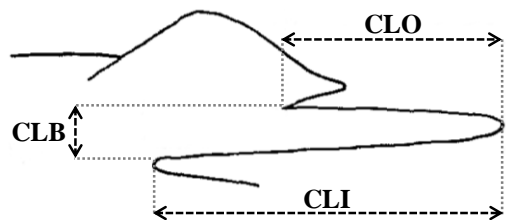
1^ο ραχιαίο πτερύγιο
με αντίστοιχο τρόπο και το 2^ο ραχιαίο πτερύγιο



Ουραίο πτερύγιο



Κοιλιακό πτερύγιο
με αντίστοιχο τρόπο και το εδρικό πτερύγιο



Αριστερό

Εικόνα 4.1 Σχηματική απεικόνιση των μορφομετρικών μετρήσεων που καταγράφηκαν στα είδη *S. canicula* και *S. blainville* σύμφωνα με τον Compagno (1984a)

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας 4.1 Συμβολισμός και περιγραφή των μορφομετρικών μετρήσεων που καταγράφηκαν στα είδη *S. canicula* και *S. blainville* σύμφωνα με τον Comragno (1984a)

Σύμβολο		Περιγραφή
Κορμός		
TL	– Total length	Ολικό μήκος σώματος
FL	– Fork length	Μεσουραίο μήκος σώματος
PRC	– Precaudal length	Προουραίο μήκος σώματος
PD1	– Pre-first dorsal length	Απόσταση από το ρύγχος έως το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο
PD2	– Pre-second dorsal length	Απόσταση από το ρύγχος έως το δεύτερο ραχιαίο πτερύγιο
PP1	– Prepectoral length	Απόσταση από το ρύγχος έως το θωρακικό πτερύγιο
PP2	– Prepelvic length	Απόσταση από το ρύγχος έως το κοιλιακό πτερύγιο
PAL*	– Preanal length	Απόσταση από το ρύγχος έως το εδρικό πτερύγιο
IDS	– Interdorsal space	Διάστημα μεταξύ ραχιαίων πτερυγίων
DCS	– Dorsal–caudal space	Διάστημα μεταξύ ραχιαίου και ουραίου πτερυγίου
PPS	– Pectoral–pelvic space	Διάστημα μεταξύ θωρακικού και κοιλιακού πτερυγίου
PAS*	– Pelvic–anal space	Διάστημα μεταξύ κοιλιακού και εδρικού πτερυγίου
ACS*	– Anal–caudal space	Διάστημα μεταξύ εδρικού και ουραίου πτερυγίου
PCA	– Pelvic–caudal space	Διάστημα μεταξύ κοιλιακού και ουραίου πτερυγίου
TRH	– Trunk height	Ύψος θώρακα
ABH	– Abdomen height	Ύψος κοιλιάς
TAH	– Tail height	Ύψος ουράς
Κεφάλι		
HDL	– Head length	Μήκος κεφαλιού
HDH	– Head height	Ύψος κεφαλιού
POB	– Preorbital length	Απόσταση από το ρύγχος έως το μάτι
PSP	– Prespiracular length	Απόσταση από το ρύγχος έως το φουσητήρα
PG1	– Prebranchial length	Απόσταση από το ρύγχος ως την πρώτη βραγχιακή σχισμή
ING	– Intergill length	Διάστημα μεταξύ πρώτης και πέμπτης βραγχιακής σχισμής
GS1	– First gill slit height	Ύψος πρώτης βραγχιακής σχισμής
GS5	– Fifth gill slit height	Ύψος πέμπτης βραγχιακής σχισμής
PRN	– Prenarial length	Απόσταση από το ρύγχος έως τα ρουθούνια
POR	– Preoral length	Απόσταση από το ρύγχος έως το στόμα
MOL	– Mouth length	Μήκος στόματος
MOW	– Mouth width	Πλάτος στόματος
INW	– Internarial space	Διάστημα μεταξύ ρουθουνιών
EYL	– Eye length	Διάμετρος ματιού
EYH	– Eye height	Ύψος ματιού
INO	– Interorbital space	Διάστημα μεταξύ ματιών
SPL	– Spiracle length	Μήκος φουσητήρα
ESL	– Eye spiracle space	Διάστημα μεταξύ ματιού και φουσητήρα
Πτερύγια		
D1A	– First dorsal anterior margin	Πρόσθιο περιθώριο πρώτου ραχιαίου πτερυγίου
D1H	– First dorsal height	Ύψος πρώτου ραχιαίου πτερυγίου
D1P	– First dorsal posterior margin	Οπίσθιο περιθώριο πρώτου ραχιαίου πτερυγίου
D1B	– First dorsal base	Μήκος βάσης πρώτου ραχιαίου πτερυγίου
D2A	– Second dorsal anterior margin	Πρόσθιο περιθώριο δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου
D2H	– Second dorsal height	Ύψος δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου
D2P	– Second dorsal posterior margin	Οπίσθιο περιθώριο δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου
D2B	– Second dorsal base	Μήκος βάσης δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου
P2A	– Pelvic anterior margin	Πρόσθιο περιθώριο κοιλιακού πτερυγίου
P2H	– Pelvic height	Ύψος κοιλιακού πτερυγίου
P2P	– Pelvic posterior margin	Οπίσθιο περιθώριο κοιλιακού πτερυγίου
P2B	– Pelvic base	Μήκος βάσης κοιλιακού πτερυγίου
OB***	– Pelvic–median tip	Διάστημα μεταξύ βάσης και κορυφής κοιλιακού πτερυγίου
ANA*	– Anal anterior margin	Πρόσθιο περιθώριο εδρικού πτερυγίου
ANH*	– Anal height	Ύψος εδρικού πτερυγίου
ANP*	– Anal posterior margin	Οπίσθιο περιθώριο εδρικού πτερυγίου
ANB*	– Anal base	Μήκος βάσης εδρικού πτερυγίου

Πίνακας 4.1 (τέλος)		
Σύμβολο		Περιγραφή
Πτερύγια		
CPH	– Caudal peduncle length	Μήκος ουραίου μίσχου
CDM	– Dorsal caudal margin	Ραχιαίο περιθώριο άνω ουραίου λοβού
CTR*	– Terminal caudal margin	Τερματικό περιθώριο άνω ουραίου λοβού
CST*	– Subterminal caudal margin	Υποτερματικό περιθώριο άνω ουραίου λοβού
CPU	– Upper postventral caudal margin	Κοιλιακό περιθώριο άνω ουραίου λοβού
CPV	– Preventral caudal margin	Προκοιλιακό περιθώριο κάτω ουραίου λοβού
CPL**	– Lower postventral caudal margin	Κοιλιακό περιθώριο κάτω ουραίου λοβού
Γονοπόδια****		
CLO	– Clasper outer length	Εξωτερικό μήκος γονοποδίου
CLI	– Clasper inner length	Εσωτερικό μήκος γονοποδίου
CLB	– Clasper base width	Πλάτος βάσης γονοποδίου

*παραλήφθηκε στο είδος *S. blainville*; **παραλήφθηκε στο είδος *S. canicula*; ***σύμφωνα με Filiz & Taşkavak (2006); ****οι μετρήσεις έγιναν μόνο στο αριστερό γονοπόδιο

Η εφαρμογή του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης $Y=a+bX$, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου οι μεταβλητές X και Y έχουν τις ίδιες διαστάσεις, δηλαδή όταν $b=1$, δεν ενδείκνυται για την περιγραφή των σχέσεων μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών, γιατί αφενός δεν μπορεί να ανιχνεύσει τις μεταβολές του σχήματος του σώματος που αποτελεί τον κύριο σκοπό της μορφομετρίας, αφετέρου ο συντελεστής a δεν έχει ουσιαστική χρήση στη μορφομετρία, καθώς όταν η μεταβλητή X ισούται με μηδέν, και η μεταβλητή Y πρέπει να είναι μηδενική (π.χ. Leonart *et al.* 2000).

Για το λόγο αυτό, η διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ του ολικού μήκους και των μορφομετρικών μετρήσεων των ατόμων έγινε με την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης $Y=aX^b$ (Zar 1999), όπου Y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή (μορφομετρική μέτρηση σε mm), X είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή (TL σε mm), a είναι ο συντελεστής σχήματος του σώματος (coefficient of shape) και b είναι ο συντελεστής που εξισορροπεί τις διαστάσεις της εξίσωσης (power fulfilling the dimensional balance) (Leonart *et al.* 2000).

Οι εξισώσεις παλινδρόμησης κάθε μέρους του σώματος ως προς το ολικό μήκος υπολογίστηκαν για κάθε φύλο και για το σύνολο των ατόμων, για κάθε περιοχή δειγματοληψίας ανά είδος. Η σύγκριση των τιμών του συντελεστή b μεταξύ των φύλων ή των περιοχών έγινε με την ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA, Zar 1999). Προϋπόθεση της ανάλυσης είναι η μετατροπή της εκθετικής εξίσωσης σε γραμμική της μορφής $\log Y = \log a + b(\log X)$, όπου b είναι η κλίση της καμπύλης και αντιστοιχεί στο συντελεστή b της εκθετικής εξίσωσης, και $\log a$ είναι η τετμημένη της ευθείας παλινδρόμησης που αν απολογαριθμοποιηθεί προκύπτει ο συντελεστής a της εκθετικής εξίσωσης.

Ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών στοιχείων των μορφομετρικών μετρήσεων και οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2.

4.3 Αποτελέσματα

Στους Πίνακες 4.2 και 4.3 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων μορφομετρίας (ως %TL), οι συντελεστές των σχέσεων μεταξύ του ολικού μήκους των ατόμων και των μορφομετρικών μετρήσεων, καθώς και τα αποτελέσματα των δοκιμασιών σύγκρισης των μορφομετρικών μετρήσεων μεταξύ των φύλων και των περιοχών, για τα είδη *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα.

4.3.1 Σύγκριση μεταξύ φύλων

Scyliorhinus canicula

Συνολικά μετρήθηκαν 61 μορφομετρικά χαρακτηριστικά. Εξαιρώντας το ολικό μήκος (TL), που αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα (βλ. Κεφ. 3), και τις διαστάσεις των γονοποδίων (CLO, CLI και CLB), που μετρήθηκαν μόνο στα αρσενικά άτομα, από τα υπόλοιπα 57 χαρακτηριστικά, τα 30 (12 στον κορμό, 6 στο κεφάλι και 12 στα πτερύγια) (ή 52,6%) διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), λαμβάνοντας υψηλότερες τιμές στα αρσενικά άτομα στην πλειονότητά τους (FL, PRC, PD1, PD2, PP1, PAL, IDS, DCS, PAS, PCA, HDL, POB, PSP, PG1, MOL, D1H, P2H, P2P, OB και ANP). Αντίθετα, οι μετρήσεις PPS, TAH, GS1, D1A, D2A, D2B, ANB, CPH, CDM και CPU έλαβαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα θηλυκά άτομα. Επίσης, ο λόγος MOL/MOW ήταν σημαντικά υψηλότερος στα αρσενικά άτομα (M.T.=0,53±0,07, εύρος=0,37–0,67) από ό,τι στα θηλυκά (M.T.=0,49±0,06, εύρος=0,33–0,64) ($P_W = 1E-6$, $W = 10.135$).

Εξετάζοντας μεμονωμένα την κάθε περιοχή, στο Αιγαίο τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά σε 28 μορφομετρικά χαρακτηριστικά, τα οποία έλαβαν υψηλότερη τιμή κυρίως στα αρσενικά άτομα: FL ($P_W = 0,0119$, $W = 265.219$), PRC ($P_W = 4E-6$, $W = 46.766$), PD1 ($P_W = 0,0001$, $W = 45.325$), PD2 ($P_W = 0,0134$, $W = 42.768$), PP1 ($P_W = 4E-10$, $W = 49.876$), PAL ($P_W = 0,0001$, $W = 45.646$), IDS ($P_W = 0,0003$, $W = 44.980$), DCS ($P_W = 0,0014$, $W = 44.131$), PAS ($P_W = 0,0001$, $W = 11.886$), PCA ($P_W = 0,0111$, $W = 11.049$), HDL ($P_W = 2E-9$, $W = 49.384$), POB ($P_W = 0,0197$, $W = 10.909$), PSP ($P_W = 0,0002$, $W = 11.845$), PG1 ($P_W = 0,0004$, $W = 11.710$), MOL ($P_W = 2E-6$, $W = 7.188$), D1H ($P_W = 0,0001$, $W = 45.344$), P2H ($P_W = 0,0014$, $W = 44.136$), P2P ($P_W = 0$, $W = 65.898$), OB ($P_W = 0$, $W = 7.807$) και ANP ($P_W = 2E-6$, $W = 3.287$), και σε ορισμένες περιπτώσεις στα θηλυκά: TAH ($P_W = 2E-10$, $W = 26.103$), D1A ($P_W = 0,001$, $W = 31.910$), D2A

($P_w=4E-6$, $W=29.471$), D2B ($P_w=0,0081$, $W=33.147$), ANB ($P_w=0,0003$, $W=3.287$), CPH ($P_w=0,0044$, $W=32.797$), CDM ($P_w=0,0034$, $W=32.596$) και CPU ($P_w=2E-7$, $W=28.357$).

Στο Ιόνιο, τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά σε λιγότερα μορφομετρικά χαρακτηριστικά, από τα οποία 5 έλαβαν υψηλότερες τιμές στα αρσενικά άτομα: PG1 ($P_w=0,0024$, $W=341$), MOL ($P_w=0,0207$, $W=259$), EYH ($P_w=0,007$, $W=325$), PSP ($P_w=0,0084$, $W=325$) και OB ($P_w=3E-7$, $W=339$), ενώ 7 στα θηλυκά: PRC ($P_w=0,0135$, $W=122$), ACS ($P_w=0,0134$, $W=122$), TRH ($P_w=0,002$, $W=0,7$), ABH ($P_w=0,0424$, $W=139$), TAH ($P_w=0,0035$, $W=104$), HDH ($P_w=0,002$, $W=97$) και ANH ($P_w=0,0146$, $W=123$).

Ο λόγος MOL/MOW διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων στο Αιγαίο ($P_w=2E-6$, $W=7.160$) όπου κυμάνθηκε υπέρ των αρσενικών, αλλά όχι στο Ιόνιο ($P_w=0,1023$, $W=261$).

Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) έλαβε υψηλές τιμές, αποκαλύπτοντας την παρουσία ισχυρής συσχέτισης του ολικού μήκους των ατόμων με τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά σε κάθε φύλο, με εξαίρεση τη σχέση TL–EYH ($P=0$ σε όλες τις περιπτώσεις). Σύμφωνα με την ανάλυση συνδιακύμανσης, τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά ως προς το συντελεστή b σε 17 (ή 29,8%) μορφομετρικά χαρακτηριστικά, από τα οποία 8 αφορούσαν στον κορμό, 5 στο κεφάλι και 4 στα πτερύγια. Αναλυτικότερα, τα θηλυκά άτομα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα αρσενικά ως προς τις μετρήσεις TRH, ABH, TAH, HDH, MOW, P2P, ANA και ANP. Αντίθετα, τα αρσενικά άτομα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα θηλυκά ως προς τις μετρήσεις PP1, PAL, PAS, ACS, PCA, HDL, POB, PSP και P2P (Πίνακας 4.2).

Squalus blainville

Συνολικά μετρήθηκαν 53 μορφομετρικά χαρακτηριστικά. Εξαιρώντας, όπως και στο προηγούμενο είδος, τις μετρήσεις TL, CLO, CLI και CLB, από τα υπόλοιπα 49 χαρακτηριστικά, τα 18 (7 στον κορμό, 3 στο κεφάλι και 8 στα πτερύγια) (ή 36,7%) διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων στο συνολικό δείγμα ($P_w<0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Σημαντικά υψηλότερες τιμές έλαβαν στα αρσενικά άτομα οι μετρήσεις: PRC, PP1, IDS, PCA, HDL, P2A, P2H, P2P και OB, ενώ στα θηλυκά οι μετρήσεις: PD1, PP2, TAH, HDH, EYL, D1A, CPH, CDM και CPV. Επίσης, ο λόγος MOL/MOW ήταν σημαντικά υψηλότερος στα θηλυκά άτομα (Μ.Τ.=0,29±0,03, εύρος=0,21–0,35) από ό,τι στα αρσενικά (Μ.Τ.=0,27±0,03, εύρος=0,23–0,30, $N=13$) στο συνολικό δείγμα ($P_w=0,0378$, $W=242$).

Στο Αιγαίο, τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά σε 16 μετρήσεις, λαμβάνοντας υψηλότερη τιμή είτε στα αρσενικά άτομα: PD2 ($P_w=0,0025$, $W=7.075$), PP1 ($P_w=0,0007$, $W=7.233$), IDS ($P_w=3E-6$, $W=7.828$), PCA ($P_w=1E-6$, $W=7.947$), HDL ($P_w=0,0065$,

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

W=6.938), GS1 ($P_W=0,0292$, W=1.718), P2P ($P_W=1E-5$, W=7.748) και OB ($P_W=1E-5$, W=3.920) ή στα θηλυκά: PP2 ($P_W=0,0003$, W=4.057), TAH ($P_W=1E-6$, W=3.501), PRN ($P_W=0,0411$, W=1.042), D1A ($P_W=0,0151$, W=4.607), D1B ($P_W=0,0066$, W=4.478), CPH ($P_W=0,01$, W=4.541), CDM ($P_W=0,0303$, W=4.727) και CPV ($P_W=0,001$, W=4.219).

Στο Ιόνιο, τα δύο φύλα διέφεραν σημαντικά σε 16 μετρήσεις, λαμβάνοντας υψηλότερη τιμή είτε στα αρσενικά άτομα: PCA ($P_W=0,0002$, W=808), ABH ($P_W=0,0357$, W=680), D1B ($P_W=0,0077$, W=724), P2A ($P_W=0,0304$, W=685), P2H ($P_W=0,0019$, W=758), P2P ($P_W=0,0019$, W=758), OB ($P_W=1E-7$, W=929), PRN ($P_W=0,0001$, W=825) και MOL ($P_W=0,0237$, W=693) ή στα θηλυκά: PD1 ($P_W=0,0022$, W=808), PP2 ($P_W=0,0009$, W=262), D1A ($P_W=0,0481$, W=365), D1H ($P_W=0,0093$, W=317), D2H ($P_W=0,0317$, W=352), CPH ($P_W=0,0171$, W=333) και POR ($P_W=0,0199$, W=338).

Ο λόγος MOL/MOW δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων ούτε στο Αιγαίο ($P_W=0,0643$, W=101) ούτε στο Ιόνιο ($P_W=0,4222$, W=30).

Ισχυρή συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους και των μετρήσεων μορφομετρίας ($P=0$ σε όλες τις περιπτώσεις). Η ανάλυση συνδιακύμανσης αποκάλυψε σημαντική διαφοροποίηση των δύο φύλων ως προς το συντελεστή b σε 14 (ή 28,6%) μορφομετρικά χαρακτηριστικά (7 στον κορμό, 6 στο κεφάλι και 1 στα πτερύγια). Τα θηλυκά άτομα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα αρσενικά ως προς τις μετρήσεις FL, PP2, ABH, TAH, HDH, MOW και D1A. Αντίθετα, τα αρσενικά άτομα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα θηλυκά ως προς τις μετρήσεις PP1, PPS, PCA, HDL, POB, PSP και PG1 (Πίνακας 4.3).

Και στα δύο είδη, αφενός τα θηλυκά άτομα για το ίδιο μήκος σώματος σε σχέση με τα αρσενικά είχαν σημαντικά μεγαλύτερο πλάτος στόματος (μέτρηση MOW), μεγαλύτερο ύψος κεφαλιού, κοιλιάς και ουράς (μετρήσεις HDH, ABH και TAH, αντίστοιχα) αφετέρου τα αρσενικά άτομα είχαν σημαντικά μακρύτερο κεφάλι (μέτρηση HDL), μακρύτερο ρύγχος (μετρήσεις POB, PSP και PP1), και μεγαλύτερο διάστημα μεταξύ του κοιλιακού και του ουραίου πτερυγίου (μέτρηση PP1) σε σχέση με τα θηλυκά παρόμοιου μήκους.

4.3.2 Σύγκριση μεταξύ περιοχών

Scyliorhinus canicula

Συγκρίνοντας τις μορφομετρικές μετρήσεις του συνόλου των ατόμων (θηλυκά και αρσενικά άτομα μαζί) μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας, εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές

διαφορές σε 27 (ή 45%) μορφομετρικά χαρακτηριστικά (6 στον κορμό, 11 στο κεφάλι και 10 στα πτερύγια), παρουσιάζοντας υψηλότερες τιμές είτε στο Αιγαίο (PP1, PAL, IDS, PAS, PCA, TAH, PSP, ING, GS1, GS5, MOL, MOW, INW, EYH, INO και SPL) ή στο Ιόνιο (POR, D1A, D2A, P2A, P2B, ANA, ANP, ANB, CDM, CPU και CPV).

Τα αρσενικά άτομα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το μέγεθος των γονοποδίων μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου ($P_W < 0,05$ για CLO, CLI και CLB). Επίσης, τα δύο φύλα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το λόγο MOL/MOW μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου ($P_W = 0,9972$, $W = 1.019$ και $P_W = 0,0708$, $W = 751$, αντίστοιχα).

Σύμφωνα με την ανάλυση συνδιακύμανσης, σημαντικές διαφορές ως προς το συντελεστή b βρέθηκαν μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου σε 10 (ή 16,4%) μορφομετρικά χαρακτηριστικά (3 στον κορμό, 1 στο κεφάλι, 5 στα πτερύγια και το CLB) ($P_{\text{ANCOVA}} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Στην πλειονότητα αυτών των χαρακτηριστικών ($N = 6$, εκτός των PP1, SPL, D1B και CLB), ο συντελεστής b έλαβε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή στο Ιόνιο σε σχέση με το Αιγαίο (Πίνακας 4.2).

Squalus blainville

Συνολικά 27 (ή 51,9%) μορφομετρικά χαρακτηριστικά διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας (9 στον κορμό, 10 στο κεφάλι και 6 στα πτερύγια), παρουσιάζοντας υψηλότερες τιμές είτε στο Αιγαίο (FL, PD2, PP2, IDS, PPS, TRH, ABH, TAH, HDH, PRN, INW, SPL, CPH και CLB) ή στο Ιόνιο (PCA, HDL, PSP, PG1, POR, EYL, EYH, D1A, D2A, P2A, P2P, OB και CLI).

Τα αρσενικά άτομα εμφάνισαν σημαντικά μακρύτερα και φαρδύτερα γονοπόδια στο Αιγαίο από ό,τι στο Ιόνιο (CLO: $P_W = 0,1559$, $W = 7.819$, CLI: $P_W = 0,001$, $W = 6.560$ και CLB: $P_W = 5E-6$, $W = 5.692$). Επίσης, τα θηλυκά και τα αρσενικά άτομα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το λόγο MOL/MOW μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου ($P_W = 0,1106$, $W = 251$ και $P_W = 1$, $W = 20,5$, αντίστοιχα).

Σύμφωνα με την ανάλυση συνδιακύμανσης, σημαντικές διαφορές ως προς το συντελεστή b βρέθηκαν μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου σε 15 (ή 28,9%) μορφομετρικά χαρακτηριστικά (4 στον κορμό, 6 στο κεφάλι, 3 στα πτερύγια, και τα CLO και CLI) ($P_{\text{ANCOVA}} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Στην πλειονότητα αυτών των χαρακτηριστικών ($N = 13$, εκτός των PP2 και POR), ο συντελεστής b έλαβε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή στο Ιόνιο σε σχέση με το Αιγαίο (Πίνακας 4.3).

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας 4.2 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων μορφομετρίας (ως %TL) και συντελεστές των σχέσεων ολικού μήκους (TL)–μορφομετρικών μετρήσεων ανά φύλο και για το σύνολο των ατόμων του είδους *S. canicula*. Οι πιθανότητες P_W και P_{ANCOVA} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Mann–Whitney και συνδιακύμανσης. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Μέτρηση	Φύλο	N	%TL			P_W		Σχέσεις με TL				P_{ANCOVA}	
			Μ.Τ.	Τ.Α.	Εύρος	φύλα	περιοχές	a	b	Τ.Σ. _(b)	R ²	φύλα	περιοχές
FL	Θ	671	94,2	0,80	89,5–97,9	0,0188 (W=271.169)	0,3042 (W=11.528)	0,9140	1,005	0,001	1,00	0,1357 (F=2,23)	0,6425 (F=0,22)
	A	754	94,3	0,83	90,7–98,1			0,9047	1,007	0,001	1,00		
	σύνολο	1.425	94,3	0,82	89,5–98,1			0,9090	1,006	0,001	1,00		
PRC	Θ	263	77,9	1,62	73,2–81,9	0,0001 (W=52.289)	0,1926 (W=13.675)	0,5787	1,050	0,008	0,98	0,8329 (F=0,04)	0,4331 (F=0,62)
	A	337	78,4	1,54	73,7–81,6			0,5889	1,048	0,007	0,99		
	σύνολο	600	78,2	1,59	73,2–81,9			0,5777	1,051	0,005	0,99		
PD1	Θ	263	49,5	1,37	45,5–52,9	0,0001 (W=52.265)	0,0797 (W=9.802)	0,3387	1,064	0,011	0,97	0,0608 (F=3,53)	0,9466 (F=0)
	A	337	49,9	1,37	45,8–53,3			0,2905	1,091	0,009	0,98		
	σύνολο	600	49,7	1,38	45,5–53,3			0,3063	1,081	0,007	0,98		
PD2	Θ	263	67,3	1,27	63,8–70,3	0,0087 (W=49.662)	0,2749 (W=10.516)	0,5071	1,048	0,008	0,99	0,6754 (F=0,18)	0,9406 (F=0,01)
	A	337	67,6	1,28	63,5–70,8			0,4957	1,052	0,006	0,99		
	σύνολο	600	67,5	1,28	63,5–70,8			0,4979	1,051	0,005	0,99		
PP1	Θ	263	16,1	0,96	14,0–18,7	2E-9 (W=57.605)	4E-5 (W=7.251)	0,0955	1,088	0,025	0,88	0,0342 (F=4,50)	0,0225 (F=5,23)
	A	337	16,7	1,01	14,4–18,9			0,0654	1,157	0,021	0,90		
	σύνολο	600	16,4	1,03	14,0–18,9			0,0711	1,141	0,016	0,89		
PP2	Θ	263	39,6	1,26	36,8–42,5	0,1474 (W=47.191)	0,0812 (W=9.811)	0,2737	1,062	0,013	0,96	0,1905 (F=1,72)	0,8508 (F=0,04)
	A	337	39,7	1,37	36,0–42,9			0,2383	1,086	0,012	0,96		
	σύνολο	600	39,7	1,33	36,0–42,9			0,2524	1,076	0,009	0,96		
PAL	Θ	263	58,2	1,35	54,8–61,8	0,0002 (W=52.027)	0,0062 (W=8.735)	0,4238	1,053	0,009	0,98	0,0443 (F=4,06)	0,5562 (F=0,35)
	A	337	58,6	1,47	54,5–62,2			0,3666	1,079	0,008	0,98		
	σύνολο	600	58,4	1,43	54,5–62,2			0,3855	1,070	0,006	0,98		
IDS	Θ	263	12,6	0,82	10,9–15,2	0,0002 (W=52.023)	0,0001 (W=7.516)	0,0980	1,041	0,028	0,84	0,3334 (F=0,94)	0,4936 (F=0,47)
	A	337	12,8	0,92	10,7–15,1			0,0800	1,079	0,026	0,84		
	σύνολο	600	12,7	0,89	10,7–15,2			0,0827	1,072	0,019	0,84		
DCS	Θ	263	5,73	0,73	3,70–7,10	0,0089 (W=49.633)	0,9908 (W=11.710)	0,0046	1,423	0,049	0,76	0,1881 (F=1,74)	0,2048 (F=1,61)
	A	337	5,89	0,71	3,40–7,20			0,0078	1,338	0,042	0,75		
	σύνολο	600	5,82	0,72	3,40–7,20			0,0061	1,379	0,032	0,76		
PPS	Θ	157	19,2	1,27	16,3–21,8	0,0158 (W=10.520)	0,0816 (W=4.794)	0,1222	1,076	0,036	0,85	0,8454 (F=0,04)	0,0433 (F=4,12)
	A	160	18,9	1,30	16,4–21,8			0,1132	1,085	0,032	0,88		
	σύνολο	317	19,0	1,30	16,3–21,8			0,1230	1,073	0,024	0,86		
PAS	Θ	157	12,7	0,88	10,6–14,5	0,0002 (W=15.513)	0,0065 (W=4.254)	0,0847	1,068	0,038	0,89	0,0001 (F=14,9)	0,9264 (F=0,01)
	A	160	13,1	1,00	10,6–14,9			0,0282	1,258	0,032	0,91		
	σύνολο	317	12,9	0,96	10,6–14,9			0,0434	1,183	0,025	0,88		
ACS	Θ	157	9,93	0,77	8,40–11,9	0,8489 (W=12.635)	0,2323 (W=5.096)	0,0869	1,022	0,042	0,79	0,0435 (F=4,11)	0,0010 (F=11,1)
	A	160	9,92	0,79	7,60–11,6			0,0440	1,136	0,038	0,85		
	σύνολο	317	9,93	0,78	7,60–11,9			0,0599	1,085	0,028	0,83		
PCA	Θ	157	32,3	1,25	29,1–35,0	0,0220 (W=14.340)	0,0303 (W=4.560)	0,3099	1,007	0,021	0,94	0,0002 (F=14,6)	0,0871 (F=2,95)
	A	160	32,6	1,26	28,8–35,4			0,1713	1,108	0,017	0,97		
	σύνολο	317	32,4	1,26	28,8–35,4			0,2186	1,067	0,013	0,95		
TRH	Θ	263	8,20	0,63	6,60–9,60	0,0789 (W=40.459)	0,7379 (W=11.335)	0,0307	1,165	0,032	0,84	0,0053 (F=7,83)	0,1531 (F=2,05)
	A	337	8,11	0,54	6,80–9,60			0,0583	1,055	0,024	0,85		
	σύνολο	600	8,15	0,58	6,60–9,60			0,0462	1,095	0,019	0,84		
ABH	Θ	263	9,51	0,89	7,30–11,9	0,5874 (W=43.008)	0,4446 (W=12.524)	0,0469	1,118	0,040	0,75	0,0157 (F=5,86)	0,6230 (F=0,24)
	A	337	9,45	0,71	7,40–11,4			0,0918	1,005	0,028	0,80		
	σύνολο	600	9,48	0,80	7,30–11,9			0,0701	1,050	0,023	0,78		
TAH	Θ	263	6,67	0,50	5,50–7,60	3E-12 (W=29.574)	0,0333 (W=9.399)	0,0316	1,126	0,032	0,83	0,0434 (F=4,10)	0,5883 (F=0,29)
	A	337	6,40	0,43	5,40–7,50			0,0486	1,046	0,024	0,85		
	σύνολο	600	6,52	0,48	5,40–7,60			0,0457	1,060	0,020	0,82		
HDL	Θ	263	17,2	0,71	15,2–19,2	1E-9 (W=57.075)	0,8246 (W=11.457)	0,1138	1,070	0,017	0,94	0,0179 (F=5,64)	0,4279 (F=0,63)
	A	337	17,6	0,83	15,3–19,5			0,0829	1,126	0,016	0,94		
	σύνολο	600	17,5	0,80	15,2–19,5			0,0901	1,111	0,012	0,94		
HDH	Θ	263	8,20	0,63	6,60–9,60	0,0789 (W=40.459)	0,7379 (W=11.335)	0,0174	1,250	0,033	0,84	0,0132 (F=6,18)	0,8197 (F=0,05)
	A	337	8,11	0,54	6,80–9,60			0,0316	1,142	0,028	0,83		
	σύνολο	600	8,15	0,58	6,60–9,60			0,0274	1,169	0,022	0,83		

Πίνακας 4.2 (συνέχεια)

Μέτρηση	Φύλο	N	%TL			P _W		Σχέσεις με TL				P _{ANCOVA}	
			M.T.	T.A.	Εύρος	φύλα	περιοχές	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	φύλα	περιοχές
POB	Θ	157	4,39	0,38	3,40–5,30	0,0167 (W=14.418)	0,7675 (W=5.961)	0,0324	1,050	0,047	0,76	0,0198 (F=5,49)	0,3191 (F=1,00)
	A	160	4,49	0,43	3,00–5,30			0,0133	1,203	0,045	0,82		
	σύνολο	317	4,44	0,41	3,00–5,30			0,0189	1,143	0,032	0,80		
PSP	Θ	157	8,42	0,53	7,50–9,90	1E-4 (W=15.757)	0,0305 (W=5.591)	0,0890	0,990	0,034	0,85	0,0423 (F=4,16)	0,4202 (F=0,65)
	A	160	8,66	0,57	7,10–9,90			0,0525	1,084	0,031	0,89		
	σύνολο	317	8,54	0,56	7,10–9,90			0,0622	1,053	0,023	0,87		
PG1	Θ	157	12,4	0,62	10,9–13,8	1E-5 (W=16.041)	0,1013 (W=6.657)	0,0745	1,086	0,026	0,92	0,1492 (F=2,09)	0,9469 (F=0)
	A	160	12,7	0,75	11,0–14,2			0,0552	1,140	0,027	0,92		
	σύνολο	317	12,6	0,71	10,9–14,2			0,0599	1,125	0,019	0,92		
ING	Θ	89	5,39	0,58	4,40–6,60	0,5032 (W=3.562)	0,0017 (W=1.682)	0,1241	0,857	0,069	0,64	0,8149 (F=0,05)	0,1276 (F=2,34)
	A	86	5,32	0,55	4,30–6,80			0,1391	0,837	0,054	0,74		
	σύνολο	175	5,36	0,57	4,30–6,80			0,1339	0,844	0,043	0,69		
GS1	Θ	89	2,44	0,26	2,00–2,90	0,0488 (W=3.133)	0,0058 (W=1.788)	0,0303	0,963	0,071	0,68	0,2576 (F=1,29)	0,7820 (F=0,08)
	A	86	2,36	0,24	1,90–2,90			0,0159	1,066	0,057	0,81		
	σύνολο	175	2,40	0,25	1,90–2,90			0,0220	1,014	0,045	0,74		
GS5	Θ	89	1,36	0,19	1,00–1,70	0,4932 (W=4.010)	3E-5 (W=1.412)	0,0153	0,978	0,092	0,57	0,6989 (F=0,15)	0,1442 (F=2,15)
	A	86	1,38	0,19	1,00–1,80			0,0118	1,025	0,078	0,67		
	σύνολο	175	1,37	0,19	1,00–1,80			0,0128	1,010	0,059	0,63		
PRN	Θ	89	2,28	0,21	1,90–2,70	0,6966 (W=3.913)	0,0520 (W=3.057)	0,0214	1,010	0,061	0,76	0,6906 (F=0,16)	0,5556 (F=0,35)
	A	86	2,29	0,18	1,80–2,60			0,0181	1,039	0,043	0,87		
	σύνολο	175	2,28	0,19	1,80–2,70			0,0193	1,028	0,036	0,83		
POR	Θ	89	3,74	0,26	3,10–4,40	0,6800 (W=3.921)	0,0148 (W=3.193)	0,1009	0,831	0,041	0,83	0,0851 (F=30,0)	0,6057 (F=0,27)
	A	86	3,76	0,26	3,20–4,30			0,0572	0,929	0,038	0,88		
	σύνολο	175	3,75	0,26	3,10–4,40			0,0718	0,890	0,028	0,86		
MOL	Θ	122	3,46	0,35	2,60–4,30	4E-7 (W=10.075)	0,0162 (W=2.926)	0,0234	1,065	0,059	0,73	0,1938 (F=1,70)	0,6095 (F=0,26)
	A	121	3,72	0,40	2,70–4,50			0,0136	1,170	0,054	0,80		
	σύνολο	243	3,59	0,40	2,60–4,50			0,0154	1,142	0,042	0,76		
MOW	Θ	122	7,12	0,53	6,10–8,20	0,1560 (W=6.549)	0,0304 (W=3.020)	0,0928	0,955	0,043	0,80	0,0226 (F=5,26)	0,2892 (F=1,13)
	A	121	7,02	0,54	6,00–8,30			0,1964	0,826	0,036	0,81		
	σύνολο	243	7,07	0,54	6,00–8,30			0,1439	0,879	0,028	0,80		
INW	Θ	122	4,47	0,36	3,70–5,30	0,2969 (W=6.755)	0,0069 (W=2.811)	0,0354	1,039	0,047	0,80	0,5288 (F=0,40)	0,3647 (F=0,82)
	A	121	4,42	0,36	3,60–5,30			0,0442	0,999	0,042	0,83		
	σύνολο	243	4,44	0,36	3,60–5,30			0,0408	1,014	0,031	0,82		
EYL	Θ	263	4,01	0,40	3,10–5,00	0,7985 (W=43.612)	0,0929 (W=9.885)	0,0162	1,152	0,041	0,75	0,9642 (F=0)	0,5599 (F=0,34)
	A	337	3,99	0,38	3,10–4,90			0,0163	1,150	0,034	0,77		
	σύνολο	600	4,00	0,39	3,10–5,00			0,0166	1,147	0,026	0,76		
EYH	Θ	263	0,85	0,22	0,50–1,40	0,7525 (W=43.492)	0,0004 (W=7.941)	0,0419	0,727	0,109	0,15	0,7489 (F=0,10)	0,5366 (F=0,38)
	A	337	0,85	0,2	0,50–1,30			0,0325	0,770	0,085	0,20		
	σύνολο	600	0,85	0,21	0,50–1,40			0,0357	0,754	0,067	0,18		
INO	Θ	89	5,48	0,43	4,70–6,40	0,9495 (W=3.810)	1E-7 (W=1.085)	0,0955	0,905	0,051	0,78	0,2482 (F=1,34)	0,1303 (F=2,31)
	A	86	5,48	0,45	4,60–6,30			0,1515	0,828	0,043	0,82		
	σύνολο	175	5,48	0,44	4,60–6,40			0,1240	0,861	0,033	0,80		
SPL	Θ	89	0,93	0,15	0,60–1,30	0,2439 (W=3.404)	0,0015 (W=1.689)	0,0060	1,072	0,111	0,52	0,9150 (F=0,01)	0,0053 (F=7,97)
	A	86	0,90	0,16	0,60–1,20			0,0053	1,088	0,095	0,61		
	σύνολο	175	0,92	0,16	0,60–1,30			0,0059	1,072	0,072	0,56		
ESL	Θ	89	0,65	0,10	0,50–0,90	0,5133 (W=3.991)	0,4324 (W=2.331)	0,0025	1,160	0,095	0,63	0,8473 (F=0,04)	0,0512 (F=3,86)
	A	86	0,67	0,09	0,50–0,90			0,0041	1,079	0,076	0,71		
	σύνολο	175	0,66	0,10	0,50–0,90			0,0033	1,117	0,059	0,67		
D1A	Θ	263	9,00	0,54	8,00–10,3	0,0005 (W=36.876)	0,0019 (W=15.057)	0,1535	0,910	0,025	0,83	0,6957 (F=0,15)	0,2093 (F=1,58)
	A	337	8,85	0,51	7,90–10,2			0,1404	0,922	0,021	0,86		
	σύνολο	600	8,92	0,53	7,90–10,3			0,1514	0,911	0,016	0,85		
D1H	Θ	263	4,24	0,39	3,10–5,40	0,0006 (W=51.325)	0,4269 (W=15.554)	0,0061	1,327	0,035	0,85	0,1533 (F=2,04)	0,0252 (F=5,04)
	A	337	4,34	0,40	3,00–5,40			0,0042	1,389	0,028	0,88		
	σύνολο	600	4,30	0,40	3,00–5,40			0,0048	1,367	0,021	0,87		
D1P	Θ	263	4,21	0,50	2,60–5,20	0,1548 (W=41.165)	0,3916 (W=10.772)	0,0011	1,609	0,037	0,88	0,1892 (F=1,73)	0,8238 (F=0,05)
	A	337	4,17	0,46	2,50–5,20			0,0016	1,546	0,031	0,88		
	σύνολο	600	4,19	0,48	2,50–5,20			0,0015	1,558	0,024	0,88		
D1B	Θ	263	5,73	0,45	4,60–6,70	0,2368 (W=41.666)	0,9981 (W=11.694)	0,0621	0,986	0,034	0,77	0,0644 (F=3,43)	0,0230 (F=5,19)
	A	337	5,68	0,45	4,70–6,60			0,0379	1,067	0,003	0,81		
	σύνολο	600	5,70	0,45	4,60–6,70			0,0480	1,029	0,022	0,79		

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας 4.2 (τέλος)

Μέτρηση	Φύλο	N	%TL			P _W		Σχέσεις με TL				P _{ANCOVA}	
			M.T.	T.A.	Εύρος	φύλα	περιοχές	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	φύλα	περιοχές
D2A	Θ	263	7,49	0,57	6,20–8,70	1E-5 (W=34.763)	0,0051 (W=14.725)	0,1264	0,911	0,032	0,76	0,3249 (F=0,97)	0,7927 (F=0,07)
	A	337	7,28	0,52	6,20–8,60			0,1562	0,872	0,025	0,78		
	σύνολο	600	7,37	0,55	6,20–8,70			0,1523	0,878	0,020	0,76		
D2H	Θ	263	3,02	0,36	1,90–3,90	0,3549 (W=46.083)	0,0649 (W=13.689)	0,0039	1,346	0,047	0,76	0,4938 (F=0,47)	0,0032 (F=8,77)
	A	337	3,05	0,34	1,70–3,80			0,0049	1,304	0,038	0,77		
	σύνολο	600	3,04	0,35	1,70–3,90			0,0045	1,320	0,030	0,77		
D2P	Θ	263	3,11	0,41	1,80–3,90	0,6918 (W=43.317)	0,8940 (W=11.553)	0,0006	1,672	0,045	0,84	0,0041 (F=8,3)	0,1338 (F=2,25)
	A	337	3,12	0,36	1,70–4,00			0,0015	1,510	0,035	0,85		
	σύνολο	600	3,12	0,38	1,70–4,00			0,0010	1,571	0,028	0,84		
D2B	Θ	263	5,04	0,4	4,30–5,90	0,0161 (W=39.103)	0,3504 (W=12.705)	0,0947	0,893	0,033	0,73	0,9587 (F=0)	0,0425 (F=4,13)
	A	337	4,96	0,38	4,00–5,80			0,0947	0,891	0,028	0,76		
	σύνολο	600	5,0	0,39	4,00–5,90			0,0980	0,886	0,021	0,75		
P2A	Θ	263	5,87	0,52	4,70–7,10	0,5298 (W=45.466)	0,0001 (W=15.813)	0,0262	1,136	0,037	0,78	0,8346 (F=0,04)	0,3572 (F=0,85)
	A	337	5,9	0,51	4,50–7,10			0,0246	1,146	0,031	0,80		
	σύνολο	600	5,89	0,52	4,50–7,10			0,0254	1,141	0,024	0,80		
P2H	Θ	263	3,27	0,45	2,10–4,30	0,0005 (W=51.474)	0,4018 (W=12.603)	0,0016	1,506	0,051	0,77	0,8562 (F=0,03)	0,1770 (F=1,83)
	A	337	3,41	0,49	2,00–4,50			0,0018	1,473	0,048	0,74		
	σύνολο	600	3,35	0,48	2,00–4,50			0,0016	1,508	0,035	0,76		
P2P	Θ	263	6,92	0,65	4,90–9,20	0 (W=75.541)	0,4479 (W=12.518)	0,0047	1,452	0,030	0,90	0 (F=80,9)	0,4679 (F=0,53)
	A	337	8,28	1,00	5,10–9,90			0,0014	1,687	0,030	0,91		
	σύνολο	600	7,68	1,10	4,90–9,90			0,0015	1,657	0,030	0,84		
P2B	Θ	263	7,45	0,55	6,50–8,70	0,6692 (W=45.044)	0,0092 (W=14.509)	0,1147	0,927	0,031	0,77	0,3216 (F=0,98)	0,4871 (F=0,48)
	A	337	7,47	0,60	6,30–9,10			0,1484	0,884	0,029	0,74		
	σύνολο	600	7,46	0,58	6,30–9,10			0,1307	0,905	0,021	0,76		
OB	Θ	110	11,5	0,82	9,80–14,0	0 (W=11.439)	0,4065 (W=3.679)	0,0547	1,126	0,041	0,88	0,9362 (F=0,01)	0,2579 (F=1,29)
	A	111	13,5	0,94	11,5–15,7			0,0623	1,130	0,034	0,91		
	σύνολο	221	12,5	1,34	9,80–15,7			0,0401	1,191	0,040	0,81		
ANA	Θ	263	6,57	0,52	4,80–7,70	0,5081 (W=42.759)	1E-5 (W=16.399)	0,0267	1,142	0,033	0,83	0 (F=20,3)	0,8024 (F=0,06)
	A	337	6,54	0,47	5,60–7,70			0,0805	0,965	0,026	0,80		
	σύνολο	600	6,56	0,49	4,80–7,70			0,0440	0,999	0,021	0,91		
ANH	Θ	263	2,82	0,33	2,00–3,60	0,0918 (W=40.619)	0,2605 (W=12.910)	0,0056	1,271	0,047	0,73	0,1120 (F=2,53)	0,8236 (F=0,05)
	A	337	2,77	0,32	2,00–3,60			0,0099	1,171	0,041	0,71		
	σύνολο	600	2,79	0,32	2,00–3,60			0,0083	1,203	0,031	0,72		
ANP	Θ	263	6,54	0,51	5,30–7,80	1E-6 (W=54.172)	3E-10 (W=18.478)	0,0273	1,147	0,032	0,83	0,0369 (F=4,37)	0,1657 (F=1,93)
	A	337	6,75	0,52	4,90–7,90			0,0479	1,057	0,028	0,81		
	σύνολο	600	6,66	0,52	4,90–7,90			0,0350	1,108	0,021	0,82		
ANB	Θ	263	9,64	0,57	8,50–11,1	0,0016 (W=37.527)	0,0062 (W=14.655)	0,1390	0,938	0,025	0,84	0,1737 (F=1,86)	0,5968 (F=0,28)
	A	337	9,49	0,54	8,40–11,1			0,1772	0,895	0,020	0,86		
	σύνολο	600	9,56	0,56	8,40–11,1			0,1651	0,908	0,016	0,85		
CPH	Θ	263	3,28	0,24	2,80–3,90	0,0143 (W=39.041)	0,0656 (W=9.720)	0,0890	0,831	0,029	0,76	0,6341 (F=0,23)	0,5117 (F=0,43)
	A	337	3,23	0,25	2,70–3,90			0,0987	0,813	0,026	0,74		
	σύνολο	600	3,26	0,24	2,70–3,90			0,0963	0,817	0,019	0,75		
CDM	Θ	263	22,0	1,05	19,9–24,9	0,0052 (W=38.276)	0,0001 (W=15.844)	0,6016	0,830	0,017	0,90	0,5265 (F=0,40)	0,3926 (F=0,73)
	A	337	21,7	1,04	19,8–25,4			0,6520	0,816	0,014	0,91		
	σύνολο	600	21,9	1,05	19,8–25,4			0,6365	0,820	0,011	0,90		
CTR	Θ	263	5,01	0,41	3,50–6,00	0,8657 (W=44.503)	0,4078 (W=10.804)	0,0064	1,346	0,029	0,89	0,6818 (F=0,17)	0,4087 (F=0,68)
	A	337	5,02	0,43	3,40–6,00			0,0058	1,362	0,025	0,90		
	σύνολο	600	5,02	0,42	3,40–6,00			0,0063	1,385	0,019	0,90		
CST	Θ	263	4,24	0,32	3,60–5,00	0,7463 (W=43.470)	0,9378 (W=11.613)	0,0345	1,047	0,038	0,82	0,8747 (F=0,02)	0,1999 (F=1,65)
	A	337	4,23	0,31	3,60–5,10			0,0509	0,979	0,033	0,78		
	σύνολο	600	4,24	0,32	3,60–5,10			0,0447	1,002	0,025	0,80		
CPU	Θ	263	10,0	0,62	8,90–11,7	3E-7 (W=33.425)	0,0029 (W=14.914)	0,2477	0,847	0,025	0,82	0,9342 (F=0,01)	0,0161 (F=5,83)
	A	337	9,75	0,58	8,70–11,6			0,2392	0,849	0,020	0,85		
	σύνολο	600	9,86	0,61	8,70–11,7			0,2562	0,839	0,016	0,83		
CPV	Θ	263	8,53	0,62	7,30–10,4	0,2449 (W=41.706)	2E-10 (W=18.547)	0,1423	0,913	0,031	0,77	0,4759 (F=0,51)	0,1458 (F=4,01)
	A	337	8,47	0,62	7,30–11,1			0,1193	0,942	0,027	0,79		
	σύνολο	600	8,50	0,62	7,30–11,1			0,1301	0,928	0,020	0,78		
CLO	A	1.105	4,03	1,79	0,58–7,06	0,1228 (W=38.712)*		3E-6	2,599	0,026	0,90	0,7881 (F=0,17)*	
CLI	A	1.105	6,41	1,90	2,38–9,94	0,3030 (W=37.417)*		0,0003	1,926	0,016	0,93	0,7457 (F=0,11)*	
CLB	A	1.105	1,07	0,31	0,33–1,85	0,7042 (W=35.242)*		0,0001	1,726	0,022	0,84	0,0467 (F=3,96)*	

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; R² συντελεστής προσδιορισμού; *η σύγκριση έγινε μόνο μεταξύ περιοχών

Πίνακας 4.3 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων μορφομετρίας (ως %TL) και συντελεστές των σχέσεων ολικού μήκους (TL)–μορφομετρικών μετρήσεων ανά φύλο και για το σύνολο των ατόμων του είδους *S. blainville*. Οι πιθανότητες P_W και P_{ANCOVA} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Mann–Whitney και συνδιακύμανσης. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

Μέτρηση	Φύλο	N	%TL			P_W		Σχέσεις με TL				P_{ANCOVA}	
			Μ.Τ.	Τ.Α.	Εύρος	φύλα	περιοχές	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	φύλα	περιοχές
FL	Θ	412	88,2	1,44	84,0–93,4			0,8650	1,003	0,002	1,00		
	A	308	88,2	1,50	83,7–93,3	0,4852	0,0006	0,9596	0,992	0,004	0,99	0,0143	0,0666
	σύνολο	720	88,2	1,47	83,7–93,4	(W=56.861)	(W=32.062)	0,8830	1,000	0,002	1,00	(F=6,00)	(F=2,72)
PRC	Θ	137	79,3	1,23	76,6–82,0			0,7543	1,008	0,006	1,00		
	A	147	79,6	1,22	76,3–83,0	0,0399	0,5575	0,8202	0,995	0,008	0,99	0,2008	0,6721
	σύνολο	284	79,4	1,23	76,3–83,0	(W=11.410)	(W=6.965)	0,7767	1,004	0,005	0,99	(F=1,64)	(F=0,18)
PD1	Θ	137	29,7	1,06	27,1–32,0			0,3770	0,961	0,013	0,98		
	A	146	29,3	1,08	26,8–32,3	0,0027	0,7073	2,5419	0,952	0,020	0,94	0,7018	0,8968
	σύνολο	283	29,5	1,08	26,8–32,3	(W=7.878)	(W=7.497)	0,3798	0,959	0,011	0,96	(F=0,15)	(F=0,02)
PD2	Θ	137	61,2	1,92	57,6–67,3			0,5230	1,025	0,012	0,98		
	A	146	61,6	2,09	57,7–67,3	0,0850	2E-6	0,5655	1,014	0,018	0,95	0,5857	0,6209
	σύνολο	283	61,4	2,02	57,6–67,3	(W=11.107)	(W=4.496)	0,5384	1,021	0,010	0,97	(F=0,30)	(F=0,25)
PP1	Θ	137	20,2	1,06	18,2–23,2			0,3742	0,899	0,018	0,95		
	A	146	20,5	1,08	18,5–22,9	0,0100	0,9734	0,2479	0,969	0,028	0,89	0,0356	0,8158
	σύνολο	283	20,4	1,08	18,2–23,2	(W=11.691)	(W=7.256)	0,3296	0,921	0,016	0,92	(F=4,46)	(F=0,05)
PP2	Θ	137	46,8	1,49	42,8–50,3			0,3932	1,028	0,012	0,98		
	A	146	45,9	1,41	42,9–49,6	3E-7	1E-5	0,6026	0,956	0,016	0,96	0,0004	0
	σύνολο	283	46,4	1,51	42,8–50,3	(W=6.422)	(W=4.733)	0,4476	1,006	0,010	0,97	(F=12,9)	(F=17,7)
IDS	Θ	137	23,2	1,81	19,7–27,9			0,1172	1,111	0,027	0,92		
	A	146	24,0	2,05	20,6–28,5	0,0027	0	0,1102	1,127	0,045	0,81	0,7659	0,7783
	σύνολο	283	23,6	1,97	19,7–28,5	(W=11.985)	(W=5.566)	0,1168	1,115	0,025	0,88	(F=0,09)	(F=0,08)
DCS	Θ	98	10,9	0,53	9,69–12,4			0,1638	0,934	0,019	0,96		
	A	82	11,0	0,45	10,2–12,3	0,2880	0,2219	0,1324	0,970	0,025	0,95	0,2681	0,0125
	σύνολο	180	11,0	0,50	9,69–12,4	(W=4.345)	(W=3.362)	0,1544	0,944	0,015	0,96	(F=1,23)	(F=6,37)
PPS	Θ	98	22,5	2,16	17,7–27,3			0,0592	1,217	0,033	0,94		
	A	82	22,4	2,59	17,3–27,5	0,3733	0,0059	0,0275	1,343	0,061	0,86	0,0572	0,0001
	σύνολο	180	22,4	2,36	17,3–27,5	(W=3.669)	(W=2.847)	0,0468	1,256	0,030	0,91	(F=3,67)	(F=17,1)
PCA	Θ	137	26,7	1,17	24,4–30,2			0,3335	0,963	0,016	0,96		
	A	146	27,7	1,27	24,5–30,2	1E-10	0,0002	0,2302	1,030	0,025	0,92	0,0254	0,0002
	σύνολο	283	27,2	1,32	24,4–30,2	(W=1.352)	(W=9.491)	0,3012	0,983	0,015	0,94	(F=5,05)	(F=14,6)
TRH	Θ	137	9,72	0,96	7,62–11,9			0,0246	1,223	0,032	0,91		
	A	146	9,66	0,89	7,86–12,1	0,3743	1E-6	0,0432	1,131	0,048	0,79	0,1100	0,0678
	σύνολο	283	9,69	0,92	7,62–12,1	(W=9.320)	(W=4.374)	0,0296	1,193	0,027	0,87	(F=2,57)	(F=3,36)
ABH	Θ	137	11,1	1,34	7,94–14,2			0,0236	1,251	0,041	0,87		
	A	146	10,9	1,13	8,17–13,6	0,5862	3E-7	0,0698	1,073	0,057	0,71	0,0120	0,8990
	σύνολο	283	11,0	1,23	7,94–14,2	(W=9.555)	(W=4.280)	0,0335	1,193	0,033	0,82	(F=6,39)	(F=0,02)
TAH	Θ	137	7,12	0,42	6,14–7,99			0,0412	1,089	0,021	0,95		
	A	146	6,85	0,40	5,95–8,04	3E-7	0,0002	0,1065	0,928	0,031	0,86	0	0,2935
	σύνολο	283	6,98	0,43	5,95–8,04	(W=6.439)	(W=5.062)	0,0550	1,038	0,019	0,91	(F=18,5)	(F=1,11)
HDL	Θ	137	21,0	0,98	19,1–23,3			0,4242	0,885	0,015	0,97		
	A	146	21,3	0,87	19,6–22,9	0,0100	0,0002	0,2925	0,948	0,022	0,93	0,0168	0,2244
	σύνολο	283	21,2	0,93	19,1–23,3	(W=11.691)	(W=9.428)	0,3781	0,905	0,012	0,95	(F=5,79)	(F=1,48)
HDH	Θ	137	8,77	0,66	7,25–10,2			0,0391	1,132	0,026	0,93		
	A	146	8,62	0,56	7,45–10,1	0,0365	0,0001	0,0729	1,027	0,036	0,85	0,0204	0,1496
	σύνολο	283	8,70	0,62	7,25–10,1	(W=8.497)	(W=4.890)	0,0475	1,098	0,021	0,90	(F=5,44)	(F=3,89)
POB	Θ	98	5,87	0,50	4,80–7,20			0,1852	0,812	0,030	0,94		
	A	82	5,95	0,46	4,90–7,00	0,2516	0,1215	0,1138	0,936	0,047	0,83	0,0259	0,0002
	σύνολο	180	5,91	0,48	4,80–7,20	(W=4.374)	(W=4.296)	0,1488	0,848	0,026	0,86	(F=5,04)	(F=14,8)
PSP	Θ	98	11,2	0,86	9,40–13,1			0,5086	0,753	0,020	0,94		
	A	82	11,4	0,64	9,90–13,1	0,1691	0,0015	0,3079	0,837	0,031	0,90	0,0211	0,0267
	σύνολο	180	11,3	0,77	9,40–13,1	(W=4.453)	(W=4.840)	0,4401	0,777	0,017	0,92	(F=5,41)	(F=4,99)
PG1	Θ	98	17,1	0,86	15,6–19,1			0,3936	0,864	0,015	0,97		
	A	82	17,3	0,74	15,2–18,8	0,1013	0,0011	0,2496	0,939	0,026	0,94	0,0109	0,0380
	σύνολο	180	17,2	0,81	15,2–19,1	(W=4.544)	(W=4.872)	0,3444	0,886	0,014	0,96	(F=6,62)	(F=4,37)

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας 4.3 (συνέχεια)

Μέτρηση	Φύλο	N	%TL			P _W		Σχέσεις με TL				P _{ANCOVA}	
			M.T.	T.A.	Εύρος	φύλα	περιοχές	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	φύλα	περιοχές
ING	Θ	98	4,50	0,35	3,75–5,25	0,0662 (W=4.612)	0,7281 (W=3.892)	0,0280	1,077	0,031	0,93	0,6086 (F=0,26)	0,7138 (F=0,13)
	A	82	4,59	0,31	3,93–5,18			0,0243	1,104	0,040	0,90		
	σύνολο	180	4,55	0,33	3,75–5,25			0,0274	1,083	0,024	0,92		
GS1	Θ	98	1,91	0,17	1,60–2,32	0,6588 (W=4.130)	0,0988 (W=3.218)	0,0246	0,958	0,037	0,87	0,4284 (F=0,63)	0,4768 (F=0,51)
	A	82	1,92	0,18	1,54–2,32			0,0344	0,904	0,058	0,75		
	σύνολο	180	1,92	0,17	1,54–2,32			0,0274	0,941	0,031	0,84		
GS5	Θ	98	2,41	0,20	2,03–2,84	0,2257 (W=4.396)	0,9266 (W=3.743)	0,0461	0,894	0,034	0,88	0,6364 (F=0,22)	0,6364 (F=0,22)
	A	82	2,45	0,21	2,04–2,99			0,0391	0,923	0,052	0,80		
	σύνολο	180	2,43	0,21	2,03–2,99			0,0444	0,901	0,028	0,85		
PRN	Θ	98	3,24	0,40	2,39–3,99	0,1727 (W=3.506)	1E-7 (W=1.956)	0,0132	1,146	0,050	0,85	0,6189 (F=0,25)	0,0187 (F=5,63)
	A	82	3,16	0,38	2,36–3,95			0,0170	1,101	0,075	0,73		
	σύνολο	180	3,20	0,39	2,36–3,99			0,0140	1,135	0,041	0,81		
POR	Θ	98	8,87	0,56	7,69–10,8	0,8758 (W=4.032)	0,0110 (W=4.631)	0,2773	0,813	0,017	0,96	0,1866 (F=1,76)	0,0417 (F=4,21)
	A	82	8,88	0,48	7,98–10,2			0,3502	0,775	0,022	0,94		
	σύνολο	180	8,87	0,53	7,69–10,8			0,2969	0,802	0,013	0,95		
MOL	Θ	98	2,93	0,35	2,25–3,72	0,7589 (W=4.084)	0,3073 (W=3.430)	0,0160	1,098	0,048	0,84	0,1450 (F=2,14)	0,0839 (F=3,02)
	A	82	2,95	0,36	2,24–3,73			0,0356	0,968	0,076	0,67		
	σύνολο	180	2,94	0,35	2,25–3,73			0,0205	1,058	0,041	0,79		
MOW	Θ	98	10,3	0,50	9,24–11,8	0,9781 (W=3.987)	0,2186 (W=3.360)	0,1278	0,965	0,020	0,96	0,0002 (F=14,8)	0,4914 (F=0,48)
	A	82	10,3	0,57	9,27–12,1			0,2911	0,830	0,028	0,91		
	σύνολο	180	10,3	0,53	9,24–12,1			0,1644	0,924	0,017	0,94		
INW	Θ	98	4,08	0,27	3,58–4,79	0,3379 (W=3.646)	0,0065 (W=2.858)	0,0378	1,012	0,027	0,94	0,6601 (F=0,19)	0,3336 (F=0,94)
	A	82	4,03	0,29	3,51–4,78			0,0428	0,990	0,044	0,86		
	σύνολο	180	4,06	0,28	3,51–4,79			0,0388	1,007	0,023	0,91		
EYL	Θ	137	4,50	0,40	3,83–5,41	0,0319 (W=8.460)	0,0001 (W=9.592)	0,2187	0,741	0,025	0,86	0,7874 (F=0,07)	0,3436 (F=0,90)
	A	146	4,39	0,37	3,77–5,36			0,1972	0,754	0,040	0,71		
	σύνολο	283	4,45	0,39	3,77–5,41			0,2086	0,747	0,022	0,80		
EYH	Θ	137	1,69	0,17	1,34–2,23	0,1386 (W=10.942)	0,0013 (W=9.161)	0,0346	0,882	0,036	0,82	0,1367 (F=2,23)	0,0054 (F=7,88)
	A	146	1,72	0,20	1,32–2,31			0,0664	0,778	0,062	0,52		
	σύνολο	283	1,70	0,19	1,32–2,31			0,0432	0,847	0,033	0,71		
INO	Θ	98	7,29	0,39	6,48–8,68	0,0555 (W=3.315)	0,6123 (W=3.603)	0,0912	0,963	0,021	0,95	0,2448 (F=1,36)	0,0785 (F=3,13)
	A	82	7,19	0,41	6,46–8,21			0,1189	0,917	0,034	0,90		
	σύνολο	180	7,25	0,40	6,46–8,68			0,0976	0,951	0,018	0,94		
SPL	Θ	98	1,45	0,16	1,08–1,77	0,6154 (W=4.151)	0,0064 (W=2.856)	0,0121	1,029	0,045	0,85	0,5840 (F=0,30)	0,1090 (F=2,60)
	A	82	1,46	0,17	1,07–1,73			0,0092	1,075	0,073	0,73		
	σύνολο	180	1,45	0,16	1,07–1,77			0,0112	1,043	0,039	0,80		
ESL	Θ	98	0,95	0,12	0,69–1,25	0,3264 (W=4.317)	0,1075 (W=3.232)	0,0025	1,217	0,049	0,86	0,7869 (F=0,07)	0,1069 (F=2,63)
	A	82	0,97	0,12	0,73–1,25			0,0022	1,240	0,072	0,79		
	σύνολο	180	0,96	0,12	0,69–1,25			0,0025	1,221	0,040	0,84		
D1A	Θ	137	11,7	0,67	10,3–12,9	0,0202 (W=8.338)	2E-5 (W=9.762)	0,2005	0,912	0,021	0,94	0,0256 (F=5,04)	0,7666 (F=0,09)
	A	146	11,5	0,70	10,4–13,1			0,3245	0,831	0,030	0,84		
	σύνολο	283	11,6	0,69	10,4–13,1			0,2326	0,887	0,017	0,90		
D1H	Θ	137	7,69	0,57	6,71–9,05	0,4548 (W=10.440)	0,5034 (W=7.669)	0,1854	0,856	0,025	0,90	0,7475 (F=0,1)	0,0006 (F=12,1)
	A	146	7,74	0,54	6,59–9,14			0,1711	0,870	0,036	0,80		
	σύνολο	283	7,71	0,55	6,59–9,14			0,1811	0,860	0,020	0,86		
D1P	Θ	137	8,92	0,63	7,60–10,2	0,1559 (W=10.900)	0,9076 (W=7.208)	0,0775	1,023	0,027	0,91	0,5351 (F=0,39)	0,0001 (F=14,9)
	A	146	9,04	0,63	7,50–10,3			0,0657	1,052	0,038	0,84		
	σύνολο	283	8,98	0,63	7,50–10,3			0,0739	1,031	0,022	0,89		
D1B	Θ	137	7,79	0,52	6,90–8,83	0,2268 (W=9.100)	0,0691 (W=8.342)	0,0532	1,062	0,024	0,93	0,1064 (F=2,62)	0,0662 (F=3,4)
	A	146	7,70	0,51	6,77–8,96			0,0810	0,991	0,036	0,84		
	σύνολο	283	7,74	0,52	6,77–8,96			0,0607	1,040	0,021	0,90		
D2A	Θ	137	11,3	0,52	10,3–12,5	0,5259 (W=9.494)	0,0023 (W=9.066)	0,1640	0,939	0,017	0,96	0,1598 (F=1,99)	0,0656 (F=3,42)
	A	146	11,3	0,60	10,2–13,2			0,2143	0,895	0,028	0,88		
	σύνολο	283	11,3	0,56	10,2–13,2			0,1786	0,925	0,015	0,93		
D2H	Θ	137	4,26	0,40	3,56–5,11	0,3731 (W=10.538)	0,1051 (W=8.226)	0,1358	0,810	0,031	0,83	0,2804 (F=1,17)	0,0001 (F=16,7)
	A	146	4,28	0,32	3,55–5,25			0,0971	0,866	0,040	0,76		
	σύνολο	283	4,27	0,36	3,55–5,25			0,1220	0,828	0,024	0,81		
D2P	Θ	137	5,32	0,40	4,61–6,33	0,2838 (W=10.662)	0,8678 (W=7.376)	0,0818	0,929	0,027	0,90	0,8076 (F=0,06)	0,2317 (F=1,44)
	A	146	5,37	0,41	4,63–6,25			0,0768	0,941	0,041	0,79		
	σύνολο	283	5,35	0,40	4,61–6,33			0,0806	0,933	0,023	0,86		

Πίνακας 4.3 (τέλος)

Μέτρηση	Φύλο	N	%TL			P _W		Σχέσεις με TL				P _{ANCOVA}	
			M.T.	T.A.	Εύρος	φύλα	περιοχές	a	b	T.Σ. _(b)	R ²	φύλα	περιοχές
D2B	Θ	137	7,75	0,61	6,39–8,92	0,2008 (W=9.052)	0,1076 (W=8.219)	0,0829	0,988	0,030	0,89	0,3355 (F=0,93)	0,2775 (F=1,18)
	A	146	7,67	0,63	6,31–9,26			0,1124	0,937	0,044	0,76		
	σύνολο	283	7,71	0,62	6,31–9,26			0,0911	0,972	0,025	0,84		
P2A	Θ	137	6,19	0,53	5,29–7,32	0,0035 (W=11.924)	0,0099 (W=8.786)	0,0314	1,110	0,031	0,91	0,6956 (F=0,15)	0,3322 (F=0,94)
	A	146	6,36	0,48	5,22–7,20			0,0366	1,090	0,041	0,83		
	σύνολο	283	6,28	0,51	5,22–7,32			0,0335	1,102	0,024	0,88		
P2H	Θ	137	3,30	0,30	2,72–4,00	0,0120 (W=11.648)	0,1739 (W=8.073)	0,0155	1,122	0,033	0,90	0,1197 (F=2,44)	0,8292 (F=0,05)
	A	146	3,40	0,34	2,72–4,00			0,0090	1,216	0,052	0,79		
	σύνολο	283	3,35	0,32	2,72–4,00			0,0132	1,151	0,029	0,85		
P2P	Θ	137	6,54	0,39	5,59–7,66	2E-9 (W=14.061)	1E-7 (W=10.648)	0,0733	0,981	0,022	0,93	0,0918 (F=2,86)	0,3646 (F=0,82)
	A	146	6,85	0,42	5,92–7,62			0,0509	1,048	0,033	0,87		
	σύνολο	283	6,70	0,43	5,59–7,66			0,0667	1,001	0,020	0,90		
P2B	Θ	137	5,85	0,43	4,97–6,79	0,1423 (W=10.934)	0,1326 (W=8.158)	0,0321	1,098	0,027	0,93	0,8875 (F=0,02)	0,7507 (F=0,10)
	A	146	5,94	0,51	4,91–6,83			0,0311	1,105	0,046	0,80		
	σύνολο	283	5,90	0,47	4,91–6,83			0,0320	1,099	0,024	0,88		
OB	Θ	116	11,6	0,67	9,84–13,4	0 (W=9.505)	1E-5 (W=7.052)	0,0578	1,114	0,020	0,96	0,4248 (F=0,64)	0,8052 (F=0,06)
	A	105	12,4	0,77	10,3–13,8			0,0512	1,145	0,035	0,91		
	σύνολο	221	12,0	0,82	9,84–13,8			0,0590	1,116	0,021	0,93		
CPH	Θ	137	2,51	0,17	2,03–2,93	0,0001 (W=7.310)	0,0001 (W=4.969)	0,0300	0,970	0,026	0,91	0,7379 (F=0,11)	0,5521 (F=0,35)
	A	146	2,44	0,16	2,03–2,89			0,0266	0,985	0,036	0,84		
	σύνολο	283	2,47	0,17	2,03–2,93			0,0285	0,976	0,021	0,88		
CDM	Θ	137	21,2	0,81	19,3–23,4	0,0221 (W=8.361)	0,8005 (W=7.128)	0,2623	0,965	0,014	0,97	0,7268 (F=0,12)	0,1008 (F=2,71)
	A	146	21,0	0,70	19,5–22,8			0,2728	0,957	0,018	0,95		
	σύνολο	283	21,1	0,76	19,3–23,4			0,2642	0,963	0,011	0,96		
CPU	Θ	137	15,0	0,78	13,0–16,7	0,2516 (W=9.143)	0,1209 (W=6.367)	0,0967	1,071	0,019	0,96	0,9352 (F=0,01)	0,2218 (F=0,36)
	A	146	14,9	0,70	13,2–16,9			0,0946	1,074	0,025	0,93		
	σύνολο	283	14,9	0,74	13,0–16,9			0,0957	1,072	0,015	0,95		
CPV	Θ	137	10,5	0,49	9,23–11,7	0,0016 (W=9.767)	0,9469 (W=7.237)	0,0998	1,008	0,018	0,96	0,4688 (F=0,53)	0,6248 (F=0,24)
	A	146	10,3	0,43	9,35–11,4			0,0863	1,029	0,022	0,94		
	σύνολο	283	10,4	0,46	9,23–11,7			0,0944	1,016	0,014	0,95		
CPL	Θ	137	4,19	0,32	3,53–5,00	0,8004 (W=9.755)	0,0553 (W=8.399)	0,0619	0,936	0,029	0,89	0,6292 (F=0,23)	0,0930 (F=2,84)
	A	146	4,18	0,34	3,51–4,94			0,0721	0,911	0,043	0,75		
	σύνολο	283	4,19	0,33	3,51–5,00			0,0650	0,928	0,024	0,84		
CLO	A	319*	2,86	1,15	0,87–4,97	0,1559 (W=7.819)**		0,0000	2,622	0,071	0,81	0,0227 (F=3,83)*	
CLI	A	319*	8,60	2,02	4,76–11,5	0,0010 (W=6.560)**		0,0004	1,870	0,037	0,89	0,0003 (F=8,32)*	
CLB	A	319*	1,38	0,45	0,48–3,02	1E-5 (W=5.692)**		0,0001	1,878	0,062	0,74	0,2942 (F=1,23)*	

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; R² συντελεστής προσδιορισμού; *η σύγκριση έγινε μόνο μεταξύ περιοχών

4.4 Συζήτηση

Scyliorhinus canicula

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε εκτενής περιγραφή της εξωτερικής μορφομετρίας του είδους, η οποία βασίστηκε σε 61 μορφομετρικά χαρακτηριστικά. Σε προηγούμενες μελέτες, οι Ellis & Shackley (1995) μελέτησαν τη μορφομετρία του κεφαλιού, του στόματος και της οδοντοστοιχίας, ενώ οι Filiz & Taşkavak (2006) ανέλυσαν 26 μορφομετρικά χαρακτηριστικά από διάφορα σημεία του σώματος. Στοιχεία της βιομετρίας του είδους αναφέρονται και από τους Brough (1937), Arthur (1950), Bas (1964), Jardas (1979), Erdogan *et al.* (2004), Crooks & Waring (2013a; b) και Crooks *et al.* (2013). Κοινό συμπέρασμα όλων των μελετών είναι ότι το είδος εμφανίζει έντονο φυλετικό διμορφισμό.

Το είδος εμφάνισε φυλετικό διμορφισμό ως προς 28 χαρακτηριστικά στο Αιγαίο, αλλά μόλις σε 12 χαρακτηριστικά στο Ιόνιο, πιθανώς λόγω του μικρού δείγματος από τη δεύτερη περιοχή. Φυλετικός διμορφισμός ως προς την εξωτερική μορφομετρία παρατηρήθηκε και σε προηγούμενες μελέτες στη Μεσόγειο και στον Ατλαντικό (Πίνακας 4.4).

Η πλειονότητα των μορφομετρικών χαρακτηριστικών έλαβε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή στα αρσενικά άτομα, τα οποία φάνηκε ότι διαθέτουν σημαντικά μακρύτερο σώμα και περισσότερο ανεπτυγμένα κοιλιακά πτερύγια από ό,τι τα θηλυκά, τα οποία με τη σειρά τους εμφάνισαν σημαντική υπεροχή ως προς ορισμένες διαστάσεις των ραχιαίων πτερυγίων και της ουράς. Επίσης, τα αρσενικά άτομα είχαν σημαντικά μακρύτερο στόμα και κεφάλι από ό,τι τα θηλυκά, αλλά μόνο στο Αιγαίο. Ο λόγος MOL/MOW κυμάνθηκε εντός των ορίων προηγούμενων μελετών (Πίνακας 4.5).

Ο φυλετικός διμορφισμός ως προς το λόγο MOL/MOW σχετίζεται με την αύξηση του μήκους και τη μείωση του πλάτους του στόματος των αρσενικών κατά την αύξησή τους (Ellis & Shackley 1995). Η διαφοροποίηση των φύλων ως προς το στόμα έχει παρατηρηθεί εδώ και δεκαετίες (Brough 1937). Ο Jardas (1979) ανέφερε επίσης ότι τα αρσενικά άτομα έχουν μακρύτερο κεφάλι, ενώ άλλες μελέτες έδειξαν ότι τα αρσενικά φέρουν μακρύτερα δόντια από ό,τι τα θηλυκά (Arthur 1950, Ellis & Shackley 1995, Ergogan *et al.* 2004).

Σύμφωνα με τους Ellis & Shackley (1995), ο φυλετικός διμορφισμός ως προς το μέγεθος του στόματος και των δοντιών δεν οφείλεται σε αντίστοιχες διαφορές των φύλων ως προς τη διατροφή, δεδομένου ότι έχουν παρόμοιες τροφικές συνήθειες (π.χ. Lyle 1983, Martinho *et al.* 2012). Ωστόσο, καθώς τα αρσενικά άτομα συνηθίζουν να δαγκώνουν το

σώμα και τα περύγια των θηλυκών ατόμων κατά τη διάρκεια του ζευγαρώματος, πιθανώς το στόμα των αρσενικών προσαρμόστηκε εξελικτικά σε αυτήν τη λειτουργία, αλλάζοντας σχήμα και μέγεθος οδοντοστοιχίας (Ellis & Shackley 1995).

Πρόσφατα, παρατηρήθηκε ότι το είδος εμφανίζει φυλετικό διμορφισμό και ως προς άλλα χαρακτηριστικά, όπως τις φύσιγγες Lorenzini (Crooks & Waring 2013a), τη δομή του δέρματος (Crooks & Waring 2013b) και τα λέπια (Crooks *et al.* 2013).

Πίνακας 4.4 Μέση τιμή (\pm T.A.) και εύρος των κοινών μετρήσεων μορφομετρίας (ως %TL) του *S. canicula* που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικών υψηλότερων τιμών

Μέτρηση	Παρούσα μελέτη						Filiz & Taşkanak 2006		Ellis & Shackley 1995	
	Αιγαίο Πέλαγος			Ιόνιο Πέλαγος			Αιγαίο Πέλαγος*		Κανάλι Μπρίστολ**	
	Θ:Α	Θηλυκά	Αρσενικά	Θ:Α	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά
PRC	241:315	77,8 \pm 1,63	78,4\pm1,52	22:22	78,4 \pm 1,48	77,3 \pm 1,41	77,9 \pm 3,22	78,1 \pm 3,03		
		73,2–81,9	73,7–81,6		76,0–81,6	75,2–80,1	72,4–103	68,0–110		
PD1	240:315	49,5 \pm 1,41	49,9\pm1,36	23:22	49,4 \pm 0,81	49,3 \pm 1,53	49,3 \pm 3,10	49,5 \pm 2,14		
		45,5–52,9	46,1–53,3		48,3–51,2	45,8–52,0	45,2–76,3	45,5–70,0		
PP1	240:315	16,2 \pm 0,98	16,7\pm1,01	23:22	15,6 \pm 0,59	16,0 \pm 0,78	16,2 \pm 1,13	16,6\pm1,47		
		14,0–18,7	14,4–18,9		14,7–16,9	14,6–17,5	13,7–20,1	7,39–24,0		
PP2	240:315	39,6 \pm 1,29	39,8 \pm 1,38	23:22	39,5 \pm 1,04	39,2 \pm 1,14	39,8 \pm 3,02	39,3 \pm 2,08		
		36,8–42,5	36,0–42,9		37,5–41,5	36,8–41,1	35,0–58,7	27,7–56,0		
IDS	240:315	12,6 \pm 0,8	12,9\pm0,92	23:22	12,3 \pm 0,91	12,3 \pm 0,77	12,9 \pm 0,99	12,8 \pm 1,05		
		10,9–15,2	10,7–15,1		10,9–13,9	11,0–14,2	10,8–17,1	10,5–19,2		
P2A	240:315	5,86 \pm 0,52	5,87 \pm 0,49	23:22	6,04 \pm 0,42	6,33 \pm 0,6	5,97 \pm 0,61	0,97 \pm 0,64		
		4,70–7,10	4,60–7,00		5,30–6,70	4,50–7,10	4,14–8,37	4,27–8,40		
OB	90:91	11,5 \pm 0,84	13,4\pm0,96	20:20	11,6 \pm 0,73	13,8\pm0,87	10,8 \pm 0,81	12,6\pm1,23		
		9,80–13,6	11,5–15,7		10,5–14,0	12,1–15,4	8,24–12,7	9,43–17,2		
CPV	240:315	8,51 \pm 0,61	8,41 \pm 0,58	23:22	8,77 \pm 0,69	9,30 \pm 0,69	9,39 \pm 1,15	9,32 \pm 1,29		
		7,50–10,4	7,30–10,2		7,30–9,90	7,70–11,1	4,12–11,6	4,67–14,8		
HDL	240:315	17,2 \pm 0,72	17,6\pm0,82	23:22	17,3 \pm 0,59	17,6 \pm 0,89			16,5 \pm 0,81	16,9\pm0,86
		15,2–19,2	15,3–19,5		16,3–18,5	15,7–19,4			14,6–18,0	14,7–19,2
POB	134:138	4,38 \pm 0,40	4,50\pm0,42	23:22	4,41 \pm 0,29	4,44 \pm 0,49	5,60 \pm 0,56	5,68 \pm 0,50	3,92 \pm 0,46	3,95 \pm 0,40
		3,40–5,30	3,50–5,20		4,00–5,00	3,00–5,30	3,28–7,19	3,15–7,80	2,80–5,14	3,08–5,13
PSP	134:138	8,44 \pm 0,55	8,70\pm0,56	23:22	8,31 \pm 0,41	8,45 \pm 0,56	9,33 \pm 0,83	9,50\pm0,55	7,81 \pm 0,45	7,99 \pm 0,47
		7,50–9,90	7,60–9,90		7,70–9,20	7,10–9,50	3,92–11,1	7,22–13,4	6,64–8,73	6,76–8,96
PGI	134:138	12,4 \pm 0,63	12,7\pm0,74	23:22	12,5 \pm 0,54	13,0\pm0,81	12,3 \pm 1,18	12,5 \pm 0,89	12,2 \pm 0,62	12,6\pm0,65
		10,9–13,8	11,0–14,2		11,6–13,7	11,1–14,1	9,94–21,8	10,2–18,4	10,4–13,5	11,3–14,2
PRN	69:66	2,26 \pm 0,20	2,28 \pm 0,18	20:20	2,32 \pm 0,22	2,33 \pm 0,15	2,46 \pm 0,40	2,44 \pm 0,39	2,47 \pm 0,23	2,48 \pm 0,2
		1,90–2,60	1,80–2,60		1,90–2,70	2,00–2,60	1,70–4,71	1,79–3,73	3,02–3,20	2,03–3,01
POR	69:66	3,71 \pm 0,26	3,72 \pm 0,26	20:20	3,84 \pm 0,26	3,88 \pm 0,22	3,96 \pm 0,37	3,91 \pm 0,37	3,97\pm0,23	3,79 \pm 0,28
		3,10–4,30	3,20–4,30		3,40–4,40	3,50–4,30	2,54–5,16	2,33–5,48	3,53–4,56	3,09–4,51
MOL	102:101	3,48 \pm 0,36	3,76\pm0,40	20:20	3,34 \pm 0,22	3,54\pm0,34	3,75 \pm 0,47	4,02\pm0,50	3,27 \pm 0,29	3,59\pm0,28
		2,60–4,30	2,90–4,50		3,00–3,80	2,70–4,00	2,67–5,97	2,97–6,31	2,62–4,07	2,85–4,30
MOW	102:101	7,18 \pm 0,54	7,03 \pm 0,55	20:20	6,83 \pm 0,32	6,98 \pm 0,53	7,51\pm0,79	7,42 \pm 0,92	7,60\pm0,46	7,39 \pm 0,48
		6,10–8,20	6,00–8,30		6,40–7,70	6,10–7,90	4,63–9,85	5,46–14,2	6,51–9,38	6,32–8,56
INW	102:101	4,49 \pm 0,38	4,44 \pm 0,37	20:20	4,36 \pm 0,26	4,29 \pm 0,24			4,39 \pm 0,27	4,30 \pm 0,23
		3,70–5,30	3,60–5,30		3,70–4,80	4,00–4,80			3,89–5,11	3,89–4,94
EYL	240:315	4,02 \pm 0,41	3,99 \pm 0,39	23:22	3,89 \pm 0,26	3,91 \pm 0,27	3,65 \pm 0,65	3,68 \pm 0,75		
		3,10–5,00	3,10–4,90		3,30–4,40	3,40–4,60	2,18–5,24	0,96–6,58		
SPL	69:66	0,96 \pm 0,15	0,92 \pm 0,16	20:20	0,84 \pm 0,14	0,87 \pm 0,12	0,84 \pm 0,17	0,85 \pm 0,15		
		0,60–1,30	0,60–1,20		0,60–1,10	0,60–1,00	0,42–1,48	0,53–1,40		

Θ:Α, αναλογία θηλυκών και αρσενικών ατόμων; *Θ:Α=123:173 σε όλες τις μετρήσεις; **Θ:Α=50:50 σε όλες τις μετρήσεις

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας 4.5 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του λόγου MOL/MOW (μήκος στόματος/πλάτος στόματος) ανά φύλο του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

Περιοχή	Θηλυκά			Αρσενικά			Αναφορά	
	N	M.T.±T.A.	Εύρος	N	M.T.±T.A.	Εύρος		
Μεσόγειος Θάλασσα		102	0,49±0,07	0,33–0,64	101	0,54±0,07	0,37–0,67	παρούσα μελέτη
	Αιγαίο Πέλαγος	123	0,50±0,07	0,36–0,85	173	0,55±0,09	0,25–0,90	Filiz & Taşkavak 2006
			0,57			0,67		Erdogan <i>et al.</i> 2004
	Ιόνιο Πέλαγος	20	0,49±0,04	0,44–0,58	20	0,51±0,06	0,40–0,65	παρούσα μελέτη
Ατλαντικός Ωκεανός	Μάγχη	<6	0,53		<6	0,59		Arthur 1950
	Κανάλι Μπρίστολ	50	0,43±0,04	0,32–0,53	50	0,49±0,05	0,36–0,63	Ellis & Shackley 1995

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Οι Crooks & Waring (2013a) ανακάλυψαν ότι τα αρσενικά άτομα φέρουν μακρύτερες φύσιγγες Lorenzini, πιθανώς για να τα εντοπίζουν ευκολότερα τα θηλυκά με σκοπό την αναπαραγωγή. Επίσης, το είδος εμφάνισε φυλετικό διμορφισμό ως προς την επιδερμίδα (εξωτερική στιβάδα) από τα πρώτα κιόλας στάδια της ζωής, δείχνοντας ότι πρόκειται για ένα γενετικά κληρονομήσιμο χαρακτηριστικό. Αντίθετα, φυλετικός διμορφισμός ως προς τη δερμίδα (εσωτερική στιβάδα) παρατηρήθηκε μόνο στα ενήλικα άτομα. Στην ενήλικη φάση, και οι δύο στιβάδες του δέρματος ήταν παχύτερες στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά, γεγονός που θεωρήθηκε ως μια προσαρμογή για να ανταποκριθούν στο δάγκωμα των αρσενικών κατά το ζευγάρωμα (Crooks & Waring 2013b). Οι Houziaux & Voss (1997) και Domi *et al.* (2000) παρατήρησαν ότι τα αρσενικά άτομα δαγκώνουν κατά το ζευγάρωμα τα θηλυκά στα πτερύγια (θωρακικά, κοιλιακά και ουραίο) και στην περιοχή μεταξύ των θωρακικών και κοιλιακών πτερυγίων. Στον ίδιο λόγο αποδόθηκε και ο φυλετικός διμορφισμός που εμφάνισε το είδος ως προς τα λέπια, με τα θηλυκά άτομα να φέρουν μεγαλύτερα λέπια και σε πυκνότερη διάταξη από ό,τι τα αρσενικά, αλλά μόνο στα σημεία του σώματος όπου δέχονται τις δαγκωνιές των αρσενικών ατόμων κατά το ζευγάρωμα. Αντίθετα, στο κεφάλι, στη ραχιαία πλευρά του σώματος και στον ουραίο μίσχο δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στις διαστάσεις των λεπιών μεταξύ των φύλων (Crooks *et al.* 2013).

Μέχρι σήμερα, το *Scyliorhinus canicula* αποτελεί το μοναδικό είδος χονδριχθός στο οποίο βρέθηκε φυλετικός διμορφισμός ως προς τις φύσιγγες Lorenzini (Crooks & Waring 2013a) και τα λέπια (Crooks *et al.* 2013). Αντίθετα, φυλετικός διμορφισμός ως προς τη δομή του δέρματος είχε αρχικά παρατηρηθεί στο γαλάζιο καρχαρία *Prionace glauca* (Pratt 1979) και στο σαλάχι του Ατλαντικού *Dasyatis sabina* (Kajiura *et al.* 2000).

Η μορφομετρία αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση του βαθμού διαφοροποίησης των αποθεμάτων ενός είδους (Ihssen *et al.* 1981). Αν και η άνιση αντιπροσώπευση των περιοχών καθιστά αδύνατη την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, διαπιστώθηκε ότι ενώ τα άτομα στο Αιγαίο είχαν μεγαλύτερα μάτια, μακρύτερο και φαρδύτερο στόμα, στο Ιόνιο υπερείχαν ως προς ορισμένες διαστάσεις όλων των πτερυγίων.

Squalus blainville

Η περιγραφή της εξωτερικής μορφομετρίας του είδους βασίστηκε σε 53 χαρακτηριστικά. Μέχρι σήμερα, η μορφομετρία του είδους υπήρξε αντικείμενο μόνο ταξινομικών μελετών. Από τον Πίνακα 4.6 διαπιστώνεται ότι οι τιμές των μετρήσεων μορφομετρίας του είδους που έχουν καταγραφεί έως σήμερα κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με την παρούσα μελέτη.

Τα δύο φύλα εμφάνισαν σημαντική διαφοροποίηση σε λιγότερα μορφομετρικά χαρακτηριστικά σε σχέση με το είδος *Scyliorhinus canicula*, και συγκεκριμένα ως προς 16 τόσο στο Αιγαίο όσο και στο Ιόνιο. Ειδικότερα, φάνηκε ότι τα αρσενικά άτομα φέρουν σημαντικά μακρύτερο και στενότερο κεφάλι, χωρίς να εμφανίζουν σημαντική διαφορά στις διαστάσεις του στόματος από τα θηλυκά. Μάλιστα, ο λόγος MOL/MOW δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των φύλων σε καμία περιοχή. Επίσης, τα αρσενικά άτομα, όπως και του *Scyliorhinus canicula*, εμφάνισαν περισσότερο ανεπτυγμένα κοιλιακά πτερύγια. Το γεγονός αυτό πιθανώς σχετίζεται με τη χρήση αυτών των πτερυγίων στην αναπαραγωγή, καθώς πάνω σε αυτά είναι προσαρτημένα τα γονοπόδια. Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα εμφάνισαν μια σχετική υπεροχή ως προς ορισμένες διαστάσεις άλλων πτερυγίων (πρώτο ραχιαίο και ουραίο) και είχαν σημαντικά μεγαλύτερα μάτια από ό,τι τα αρσενικά. Η παρουσία φυλετικού διμορφισμού στο είδος έχει αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες και αφορά στο ολικό μήκος σώματος και στο μήκος της πρώτης ωρίμασης (π.χ. Kousteni & Megalofonou 2011).

Τα άτομα του είδους *Squalus blainville* από το Αιγαίο ήταν χονδρότερα από εκείνα του Ιονίου, ομοίως με το προηγούμενο είδος, και τα αρσενικά άτομα είχαν μακρύτερα και φαρδύτερα γονοπόδια. Αντίθετα, τα άτομα από το Ιόνιο είχαν σημαντικά μακρύτερο και στενότερο κεφάλι, μεγαλύτερα μάτια, και εμφάνισαν μια υπεροχή ως προς ορισμένες διαστάσεις των ραχιαίων και κοιλιακών πτερυγίων. Όπως προαναφέρθηκε, παρόμοιο πρότυπο ως προς ορισμένες διαστάσεις όλων των πτερυγίων εμφάνισε και το *Scyliorhinus canicula* από το Ιόνιο, ενώ και τα δύο είδη, ανεξάρτητα από το φύλο, δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά ως προς το λόγο MOL/MOW μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου.

Πιθανολογείται ότι οι εξελικτικές προσαρμογές των ειδών σε συνδυασμό με τη γεωγραφική απομόνωση των πληθυσμών τους επηρέασε την εξωτερική τους μορφολογία.

ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας 4.6 Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των κοινών μετρήσεων μορφομετρίας (ως %TL) που πραγματοποιήθηκαν για το σύνολο των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και άλλων θαλασσών

Μέτρηση	Παρούσα μελέτη			Marouani <i>et al.</i> 2012	Muñoz-Chápuli & Ramos 1989	Garrick 1960*	Merrett 1973*	Chen <i>et al.</i> 1979*
	A:I	Αιγαίο Πέλαγος	Ιόνιο Πέλαγος	Τυνησία (N=9)	Ανατολικός Ατλαντικός (N=15)	Νέα Ζηλανδία (N=3)	Ινδικός Ωκεανός (N=4)	Ιαπωνία (N=5)
PRC	215:69	79,4±1,32	79,4±0,89	79,1±0,62	78,9±0,89	79,6±1,83	78,0±1,32	80,9±1,07
PD1	214:69	29,5±1,14	29,6±0,89	28,2±1,12	28,5±0,97	32,6±0,81	30,0±1,19	31,7±1,16
PD2	214:69	61,7±2,14	60,4±1,13	63,8±3,27			62,8±1,14	66,9±0,97
PP1	214:69	20,4±1,14	20,4±0,89				24,2±0,43	21,6±0,69
PP2	214:69	46,6±1,50	45,7±1,33	48,9±3,62			45,2±1,52	46,0±6,22
IDS	214:69	24,1±1,95	22,1±0,97	27,1±0,79	25,8±2,11	28,3±0,66	27,1±1,46	27,9±4,59
DCS	111:69	11,0±0,55	11,9±0,40	10,3±0,54	11,0±0,47	9,77±0,65	10,9±0,63	10,6±0,73
PPS	111:69	22,8±2,09	21,9±2,69	21,8±0,86	22,9±1,55			
PCA	214:69	27,0±1,33	27,7±1,17		27,3±1,13		26,6±0,48	
TRH	214:69	9,84±0,95	9,21±0,64	9,12±0,68				9,13±0,64
ABH	214:69	11,2±1,22	10,3±1,03	8,98±0,48				
TAH	214:69	7,03±0,43	6,79±0,39	5,38±0,90				
D1A	214:69	11,5±0,68	11,9±0,63	11,4±0,85				
D1H	214:69	7,71±0,58	7,74±0,44	7,07±0,70	8,09±0,61	8,03±0,15	8,60±0,92	7,70±0,32
D1P	214:69	8,99±0,59	8,96±0,76	9,24±0,79	6,10±0,53		10,7±1,93	
D1B	214:69	7,72±0,54	7,84±0,42	8,03±0,25	8,44±1,54	6,07±0,68	7,15±0,45	5,40±0,34
D2A	214:69	11,2±0,53	11,5±0,63	7,19±0,59				
D2H	214:69	4,25±0,36	4,33±0,35		4,46±0,56		5,28±0,99	4,86±0,23
D2P	214:69	5,35±0,41	5,36±0,40	4,93±0,46	4,79±0,46		6,00±0,62	
D2B	214:69	7,67±0,63	7,83±0,58	5,13±0,41	6,42±1,27	4,80±0,78	4,55±0,25	3,76±0,48
P2A	214:69	6,24±0,53	6,41±0,43	4,76±0,90	5,86±0,72		5,75±0,37	6,74±0,67
P2H	214:69	3,34±0,33	3,39±0,30	4,03±1,87				
P2B	214:69	5,87±0,48	5,97±0,46	5,39±0,39			4,68±0,22	5,12±0,34
CPH	214:69	2,49±0,17	2,40±0,14	2,24±0,12				
CDM	214:69	21,1±0,78	21,1±0,71	20,7±0,90	21,1±0,54		21,3±0,82	21,3±1,07
CPU	214:69	15,0±0,76	17,8±0,66	11,9±1,07				
CPV	214:69	10,4±0,48	10,4±0,44	10,2±0,99	11,1±0,70		11,2±0,50	11,7±0,51
CPL	214:69	4,16±0,32	4,26±0,37	4,85±1,25				
HDL	214:69	21,1±0,95	21,6±0,78	21,0±1,12	20,5±0,95	20,8±0,40	22,9±0,22	21,6±0,69
HDD	214:69	8,78±0,60	8,43±0,59	8,76±2,00			9,90±0,68	
POB	111:69	5,87±0,53	5,97±0,39	6,19±0,53	5,55±0,78	6,30±0,46	6,75±0,17	6,18±0,54
PSP	111:69	11,2±0,82	11,6±0,62	10,8±0,76			12,2±0,37	
PGI	111:69	17,0±0,85	17,4±0,66	17,0±0,59	16,7±0,78	17,2±0,25	19,2±0,40	17,4±0,60
ING	111:69	1,54±0,32	4,55±0,35	4,66±0,67	4,18±0,63			
GS1	111:69	1,93±0,17	1,89±0,18	1,85±0,26	1,95±0,23	1,90±0,42	1,78±0,28	1,80±0,07
GS5	111:69	2,43±0,19	2,43±0,22	2,07±0,27	2,49±0,42	2,33±0,21	2,05±0,13	2,48±0,22
PRN	111:69	3,32±0,37	3,01±0,35	4,02±0,32	3,41±0,65		4,23±0,46	4,14±0,30
POR	111:69	8,79±0,49	9,00±0,56	8,20±0,16	8,40±0,44		10,5±0,15	9,52±0,58
MOW	111:69	10,4±0,51	10,3±0,57	7,29±0,53	7,49±0,89	5,83±0,11	6,73±1,07	7,98±0,24
INW	111:69	4,10±0,27	3,99±0,27	4,16±0,26	4,53±0,48		5,10±0,34	4,88±0,28
EYL	214:69	4,40±0,38	4,61±0,38	3,86±0,23	4,03±0,39	4,37±0,21	5,23±0,13	4,24±0,27
EYH	214:69	1,69±0,18	1,76±0,19	1,81±0,25			2,00±0,20	
INO	111:69	7,24±0,37	7,25±0,45	7,43±0,37			5,30±0,29	
SPL	111:69	1,48±0,15	1,40±0,18				1,38±0,10	
ESL	111:69	0,97±0,11	0,94±0,14				0,85±0,10	
CLO	234:75	2,91±1,14	2,65±1,20	3,96±0,28				2,93±1,27
CLI	234:75	8,75±1,96	7,94±2,17	9,40±0,11				
CLB	234:75	1,43±0,46	1,18±0,37	2,18±0,84				

A:I, Αναλογία του συνόλου των ατόμων (N) από Αιγαίο και Ιόνιο; *η παρουσία του είδους πέρα από τη Μεσόγειο και τον Ατλαντικό Ωκεανό χρειάζεται επιβεβαίωση (Compagno *et al.* 2005)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Αναπαραγωγή



Δειγματοληψία στο Β Αιγαίο (Σκύρος, Νοέμβριος 2009)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)

5.1 Εισαγωγή

5.1.1 Στρατηγικές αναπαραγωγής των Χονδριχθών

Οι Χονδριχθές περιλαμβάνουν περίπου 1.178 είδη που ανήκουν στην υφομοταξία των ελασματοβράγχιων (καρχαρίες και βατοειδή) και 50 είδη που ανήκουν στην υφομοταξία των ολοκέφαλων (χίμαιρες). Παρόλο που ο αριθμός των ειδών τους είναι μικρός, συγκριτικά με τους Οστεϊχθύς που φτάνουν περίπου τα 31.000 είδη (<http://www.fishbol.org>), έχουν αναπτύξει ποικίλες στρατηγικές αναπαραγωγής (Budker 1958, Wourms 1977, Dodd 1983).

Οι Χονδριχθές είναι γονοχωριστικοί οργανισμοί και αναπαράγονται με εσωτερική γονιμοποίηση. Ανάλογα με το χρόνο παραμονής των εμβρύων στους ωαγωγούς των θηλυκών ατόμων, διακρίνονται δύο κύριες στρατηγικές αναπαραγωγής, η ωοτοκία (oviparity) και η ζωοτοκία (viviparity) (Carrier *et al.* 2004).

Στην ωοτοκία τα θηλυκά άτομα εσωκλείουν τα έμβρυα σε σκληρές πρωτεϊνικές θήκες (Conrath & Musick 2012). Συνήθως ένα έμβρυο αναπτύσσεται μέσα σε κάθε θήκη (Ebert & Winton 2010). Στα περισσότερα ωοτόκα είδη, οι θήκες παραμένουν για σύντομο χρονικό διάστημα μέσα στους ωαγωγούς (Conrath & Musick 2012). Τα θηλυκά άτομα αποθέτουν τις θήκες στον πυθμένα όπου συνήθως αγκιστρώνονται μέσω των ελασμάτων τους σε μακροφύκη και άλλες στέρεες δομές. Ο χρόνος επώασης διαρκεί από μερικούς μήνες μέχρι περισσότερο από ένα έτος. Τα έμβρυα που προκύπτουν είναι μικρά, γιατί η ενέργεια που διατίθεται για την ανάπτυξή τους προέρχεται μόνο από τη λέκιθο που εσωκλείεται στο σάκο τους (Carrier *et al.* 2004).

Η ωοτοκία, με την οποία αναπαράγεται το είδος *Scyliorhinus canicula*, απαντά σε βενθικά, κυρίως παράκτια ή βαθύβια, και συνήθως μικρόσωμα είδη (Tortonese 1950), τα οποία ανήκουν στις τάξεις Heterodontiformes (όλα τα είδη), Orectolobiformes (Parascylliidae, Hemiscylliidae και Stegostomatidae), Carcharhiniformes (Scyliorhinidae και Proscyllidae), Rajiformes (Rajidae) και Chimaeriformes (όλα τα είδη) (Musick & Ellis 2005). Ο μεγάλος αριθμός των ωοτόκων ειδών δεν σημαίνει ότι είναι περισσότερο εξελικτικά επιτυχημένα από τα ζωοτόκα. Αντίθετα, αντανάκλα το γεγονός ότι η μειωμένη κινητικότητα αυτών των ειδών, εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους και του βενθικού τρόπου ζωής τους, έχει ευνοήσει τη γεωγραφική απομόνωση των πληθυσμών τους και τις διαδικασίες ειδογένεσης (Musick *et al.* 2004).

Στη ζωοτοκία, τα θηλυκά άτομα κυοφορούν τα έμβρυα μέχρι να ολοκληρωθεί πλήρως η ανάπτυξή τους. Διακρίνεται στην πλακουντοφόρο και στη μη πλακουντοφόρο ζωοτοκία ή ωοζωοτοκία κατά την οποία τα έμβρυα είναι αποκλειστικά λεκιθότροφα είτε ωοφάγα είτε ιστότροφα (Carrier *et al.* 2004).

Η αποκλειστικά λεκιθοτροφική ωοζωοτοκία, με την οποία αναπαράγεται το είδος *Squalus blainville*, απαντά σε όλες οι τάξεις των ελασματοβράγχιων, με εξαίρεση την τάξη Heterodontiformes όπου επικρατεί η ωοτοκία, την τάξη Lamniformes που παρουσιάζει πιο εξελιγμένες μορφές ζωοτοκίας (Compagno 1990) και αρκετές προγονικές τάξεις βατοειδών (Carrier *et al.* 2004). Τα έμβρυα τρέφονται μόνο με λέκιθο και δεν λαμβάνουν πρόσθετα θρεπτικά από τη μητέρα. Επομένως, μόλις γεννηθούν είναι μικρά σε μέγεθος, εξαιτίας της ορισμένης ποσότητας θρεπτικών που είναι διαθέσιμη στο λεκιθικό τους σάκο (Wourms 1977). Παρ' όλα αυτά, τα είδη που αναπαράγονται με αυτόν τον τρόπο παράγουν πιο ευμεγέθεις απογόνους σε σχέση με τα ωοτόκα είδη (Musick & Ellis 2005). Ορισμένα πλεονεκτήματα των μεγαλύτερων απογόνων περιλαμβάνουν την αύξηση των τροφικών αντικειμένων, την καλύτερη κολυμβητική ικανότητα και τη μείωση των θηρευτών (Wourms 1977, Sogard 1997). Στη λεκιθοτροφική ωοζωοτοκία, τα έμβρυα εσωκλείονται σε ένα μεμβρανώδη φάκελο. Συνήθως ένα έμβρυο εσωκλείεται σε κάθε φάκελο, αλλά σε ορισμένα σκουαλοειδή, σκουατινοειδή και βατοειδή αρκετά έμβρυα συνυπάρχουν στο εσωτερικό του. Κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων της εμβρυϊκής ανάπτυξης, η λέκιθος αποθηκεύεται σε έναν εξωτερικό λεκιθικό σάκο, ο οποίος σταδιακά συρρικνώνεται και η λέκιθος περιορίζεται σε έναν εσωτερικό σάκο. Η κύηση διαρκεί από ορισμένους μήνες μέχρι και δύο έτη για το γένος *Squalus* (Conrath & Musick 2012).

Η εξελικτική επιτυχία των Χονδριχθών (>400 εκατ. έτη πριν από σήμερα, my BP) οφείλεται εν μέρει στην αποδοτικότητα των στρατηγικών αναπαραγωγής που ανέπτυξαν, από την τροποποιημένη ωοτοκία έως τις πολυπλοκότερες μορφές ζωοτοκίας. Από τις σημαντικότερες αναπαραγωγικές προσαρμογές τους είναι αφενός η εσωτερική γονιμοποίηση, κατά την οποία παρέχεται προστασία στα ενεργειακά κοστοβόρα ωοκύτταρα από πιθανούς θηρευτές, αυξάνεται η επιτυχία της αναπαραγωγής και περιορίζεται η σπατάλη του γενετικού προϊόντος των αρσενικών ατόμων, αφετέρου η παραγωγή ολιγάριθμων απογόνων, οι οποίοι εκκολάπτονται ή γεννιούνται ως ενεργοί, πλήρως ανεπτυγμένοι μικροσκοπικοί Χονδριχθές. Τα έμβρυα παραμένοντας στο εσωτερικό των θηλυκών για σύντομο διάστημα ή καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, λαμβάνουν προστασία κατά τη διάρκεια των πιο ευάλωτων αναπτυξιακών τους σταδίων. Το σχετικά μεγάλο μέγεθος των νεογνών μειώνει τον αριθμό των θηρευτών και παράλληλα αυξάνει τον αριθμό των θηραμάτων, ενισχύοντας τις

πιθανότητες επιβιώσής τους (Castro 1983). Παρ' όλα αυτά, η καθυστερημένη ωρίμαση, η παρατεταμένη κυοφορία και η χαμηλή γονιμότητα τους καθιστούν πλέον ιδιαίτερα ευάλωτους στα φαινόμενα υπεραλίευσης (Carrier *et al.* 2004).

5.1.2 Σκοπός παρούσας μελέτης

Η κατανόηση των αναπαραγωγικών προτύπων των Χονδριχθίων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποθεμάτων τους (Pratt & Casey 1990). Ειδικότερα, η γνώση σχετικά με την περίοδο αναπαραγωγής, τη γονιμότητα, το μήκος και την ηλικία της πρώτης ωρίμασης, στοιχεία που επηρεάζουν την πληθυσμιακή ανάκαμψη και τη φυσική θνησιμότητα, πρέπει να αποκομίζεται σε επίπεδο είδους (Carrier *et al.* 2004).

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποκάλυψε ότι η βιολογία αναπαραγωγής του είδους *Scyliorhinus canicula* έχει μελετηθεί σε διάφορες περιοχές τόσο της Μεσογείου, και συγκεκριμένα στην Αδριατική Θάλασσα (Zupanovic 1961, Jardas 1979), στις ακτές της Τυνησίας (Cararé 1977, Cararé *et al.* 2014), στον κόλπο του Λέοντα (Leloup & Oliveureau 1951, Cararé *et al.* 1991; 2008a; b), στις ακτές της Αλγερίας (Taleb Bendiab *et al.* 2012) και στη Θάλασσα του Αλμποράν (Múñoz-Chápurli 1984), όσο και του ανατολικού Ατλαντικού Ωκεανού (π.χ. Ford 1921, Ellis & Shackley 1997, Rodríguez-Cabello *et al.* 1998, Ivory *et al.* 2004). Από την άλλη πλευρά, μόλις τρεις δημοσιευμένες εργασίες αφορούν στη βιολογία αναπαραγωγής του είδους *Squalus blainville* από την κεντρική Μεσόγειο (Cannizzaro *et al.* 1995, Sion *et al.* 2003, Marouani *et al.* 2012).

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε η μελέτη της βιολογίας αναπαραγωγής των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* από τις Ελληνικές Θάλασσες, τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της οποίας δημοσιεύτηκαν σχετικά πρόσφατα (Kousteni & Megalofonou 2010, Kousteni *et al.* 2011). Για το σκοπό αυτό, έπειτα από την περιγραφή της κατάστασης της ωρίμασης των συλλεχθέντων ατόμων βάσει κλιμάκων γεννητικής ωριμότητας ειδικών για κάθε είδος, υπολογίστηκε το μήκος και η ηλικία της πρώτης γεννητικής ωρίμασης, διερευνήθηκε η αύξηση των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος στην πορεία της ωρίμασης των ατόμων, εκτιμήθηκε η γονιμότητα των ωοθηκών και των ωαγωγών, μελετήθηκε η εμβρυϊκή ανάπτυξη και έγινε προσπάθεια να προσδιοριστεί η περίοδος αναπαραγωγής των ειδών.

5.2 Υλικά και μέθοδοι

5.2.1 Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μακροσκοπική περιγραφή

Κλίμακες γεννητικής ωριμότητας κατασκευάστηκαν από τη μακροσκοπική παρατήρηση του αναπαραγωγικού συστήματος των θηλυκών (ωοθήκες, κελυφικοί αδένες και ωαγωγοί) και αρσενικών ατόμων (όρχεις, σπερματαγωγοί, σπερματικοί σάκοι και γονοπόδια) (Stehmann (1987), βάσει των οποίων περιγράφηκε η κατάσταση ωρίμασης των ατόμων κάθε είδους.

5.2.2 Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μικροσκοπική περιγραφή

Σε κάθε είδος πραγματοποιήθηκε μικροσκοπική παρατήρηση των ιστολογικών τομών ωοθηκών, κελυφικών αδένων (μόνο στο είδος *Scyliorhinus canicula*) και όρχεων. Κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας εκπροσωπήθηκε από 10 άτομα ανά φύλο. Η διαδικασία προετοιμασίας των ιστολογικών παρασκευασμάτων ήταν κοινή για τα δύο είδη (Πίνακας 5.1) και περιελάμβανε τα ακόλουθα στάδια (με τροποποιήσεις από Sulikowski *et al.* 2005):

(1) Μονιμοποίηση: δείγματα ιστών τοποθετήθηκαν σε πλαστικές κασέτες (Leica) μαζί με ριζόχαρτο όπου αναγραφόταν ο κωδικός του ατόμου από το οποίο προέρχονταν και έπειτα σε διάλυμα εξουδετερωμένης φορμόλης 10% v/v (Sigma-Aldrich) για 48 h. Σκοπός ήταν η διατήρηση της μορφο-χημικής σύστασης των ιστών (Μυλωνάς 2002).

(2) Αφυδάτωση: με διαδοχικές εμβαπτίσεις των ιστών σε διαλύματα αυξανόμενης συγκέντρωσης αιθανόλης απομακρύνθηκε το νερό, το οποίο αναστέλλει τη σκλήνωση.

(3) Διαύγαση: η αιθανόλη (Sigma-Aldrich) αντικαταστάθηκε από την ξυλόλη (Sigma-Aldrich), ένα διαλύτη που διαλύει το λίπος και αναμιγνύεται με το υλικό σκλήνωσης.

(4) Σκλήνωση: οι ιστοί έπειτα από σύντομη παραμονή σε διάλυμα ξυλόλης–παραφίνης, τοποθετήθηκαν σε υγρή παραφίνη (Sigma-Aldrich) εντός κλιβάνου (Mommert) σταθερής θερμοκρασίας 60 °C. Η ξυλόλη εξατμίστηκε και οι ιστοί εμποτίστηκαν με παραφίνη, αποκτώντας σκληρή σύσταση. Επειδή οι ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν διαχέονται με διαφορετική ταχύτητα, έγινε βαθμιαία η αντικατάσταση της μιας από την άλλη για να αποφευχθεί η αλλοίωση των ιστών λόγω ώσμωσης (Κουσουλάκος 2004).

(5) Έγκληση: οι ιστοί μεταφέρθηκαν σε μεταλλικές κασέτες (Leica) στις οποίες είχε επιστρωθεί μικρή ποσότητα υγρής παραφίνης για τη στερέωσή τους. Έπειτα από 2–3 min, οι ιστοί καλύφθηκαν πλήρως με υγρή παραφίνη και στην πάνω επιφάνεια στερεώθηκε το ριζόχαρτο με τον κωδικό τους. Η τήξη της παραφίνης έγινε σε ειδική συσκευή (Leica EG1140H).

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

(6) Τομές: κάθε κύβος παραφίνης υποβλήθηκε σε 4 διαδοχικές τομές πάχους 6 μm σε μικροτόμο (Leica RM2135). Οι τομές τοποθετήθηκαν για 3–5 min σε λουτήρα (Leica HI1210) σταθερής θερμοκρασίας (40 °C). Έπειτα μεταφέρθηκαν σε αντικειμενοφόρες πλάκες, οι οποίες παρέμειναν σε κλίβανο (Mettmert) σταθερής θερμοκρασίας (40 °C) για 10–15 h. Σε αυτό το στάδιο οι ιστοί ήταν διαφανείς και άχρωμοι με μη διακριτή εσωτερική δομή

(7) Χρώση: με αιματοξυλίνη (Sigma-Aldrich) χρωματίστηκε μπλε ο κυτταρικός πυρήνας και με ηωσίνη Y 0,5% v/v (Sigma-Aldrich) ρόδινο το κυτταρόπλασμα (Clark 1981). Οι τομές επικαλύφθηκαν με λίγες σταγόνες συγκολλητικής ουσίας Eukitt (Fluka) και έπειτα με καλυπτρίδα. Η παρατήρηση των τομών έγινε σε οπτικό μικροσκόπιο (Zeiss, AxioLab) εφοδιασμένο με ψηφιακή κάμερα (Infinitylite, Luminera) και η λήψη φωτογραφιών έγινε με το πρόγραμμα IMAGE ANALYSIS v.6 (Image-Pro[®] Plus).

Πίνακας 5.1 Στάδια προετοιμασίας ιστολογικών τομών ωοθηκών, κελυφικών αδένων και όρχεων των υπό μελέτη ειδών για παρατήρηση σε οπτικό μικροσκόπιο

Στάδια (διάλυμα εμβάπτισης και χρόνος παραμονής των ιστών)		
1. Μονιμοποίηση		6. Τομές με μικροτόμο
Φορμόλη 4%	48 h	7. Χρώση τομών ιστών
2. Αφυδάτωση		Αποπαραφίνωση
Αιθανόλη 80%	30 min	Ξυλόλη
Αιθανόλη 80%	30 min	Ξυλόλη
Αιθανόλη 95%	60 min	Αιθανόλη 100%
Αιθανόλη 95%	60 min	Αιθανόλη 95%
Αιθανόλη 100%	60 min	Αιθανόλη 80%
Αιθανόλη 100%	60 min	Αιθανόλη 70%
3. Διαύγαση		Αιθανόλη 50%*
Αιθανόλη 100%–Ξυλόλη	15 min	Αιματοξυλίνη**
Ξυλόλη	15 min	Εωσίνη***
Ξυλόλη	15 min	Αιθανόλη 50%
4. Σκλήρωση		Αιθανόλη 70%
Ξυλόλη–Παραφίνη	20 min	Αιθανόλη 80%
Παραφίνη στους 60 °C	90 min	Αιθανόλη 95%
Παραφίνη στους 60 °C	90 min	Αιθανόλη 100%
5. Έγκληση με παραφίνη		Διαύγαση
		Ξυλόλη
		Ξυλόλη

*Ακολουθεί σύντομο ξέπλυμα με αποσταγμένο νερό; **με νερό βρύσης; ***με οξινισμένο νερό (παρασκευή: προσθήκη 4–5 σταγόνων HCl 37% σε 250 ml νερού βρύσης); Οι αναλογίες των διαλυμάτων αιθανόλης 100%–ξυλόλης και ξυλόλης–παραφίνης είναι 1:1

5.2.3 Κατανομές σταδίων γεννητικής ωριμότητας

Η κατανομή συχνοτήτων των ατόμων των διαφορετικών σταδίων ωριμότητας εξετάστηκε ανά κλάση ολικού μήκους 10 mm, κλάση ηλικίας 1 y (μόνο στο είδος *Squalus blainville* του οποίου ήταν εφικτή η εκτίμηση της ηλικίας, βλ. Υποκεφ. 3.2.4), μήνα και ζώνη βάθους.

5.2.4 Μετρήσεις αναπαραγωγικών οργάνων και ήπατος

Στα θηλυκά άτομα καταγράφηκε το μήκος, το πλάτος και το βάρος των γονάδων (ωοθηκών), των κελυφικών αδένων (μόνο στο είδος *Scyliorhinus canicula* του οποίου η πιο συμπαγής δομή των αδένων διευκόλυνε τη λήψη μετρήσεων με ακρίβεια) και των ωαγωγών. Στα αρσενικά άτομα κάθε είδους καταγράφηκε το μήκος, το πλάτος και το βάρος των γονάδων (όρχεων), καθώς και οι διαστάσεις CLO, CLI και CLB του αριστερού γονοποδίου (βλ. Υποκεφ. 4.2.1). Και στα δύο φύλα καταγράφηκε το μήκος και το βάρος του ήπατος. Σε όλα τα όργανα οι γραμμικές διαστάσεις καταγράφηκαν σε mm και το βάρος σε g.

Για κάθε μέτρηση υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Με τη δοκιμασία Mann–Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947) εξετάστηκε αν υπάρχει σημαντική διαφορά ως προς το μήκος, το πλάτος και το βάρος μεταξύ της αριστερής και δεξιάς γονάδας (μόνο στο είδος *Squalus blainville*, γιατί το *Scyliorhinus canicula* διαθέτει μόνο μια ενεργή ωοθήκη), του αριστερού και δεξιού κελυφικού αδένου (μόνο στο είδος *Scyliorhinus canicula*) και του αριστερού και δεξιού ωαγωγού των θηλυκών ατόμων (και στα δύο είδη), καθώς και μεταξύ των δύο αρσενικών γονάδων. Η μεταβολή των διαστάσεων και του βάρους των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος στην πορεία της γεννητικής ωρίμασης των ατόμων ελέγχθηκε με τη δοκιμασία Kruskal–Wallis (Kruskal & Wallis 1952). Οι σχέσεις μεταξύ του ολικού μήκους των ατόμων και των προαναφερθέντων μετρήσεων εξετάστηκαν με την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης $Y=aX^b$ (Zar 1999) και συγκρίθηκαν μεταξύ των οργάνων που απαντούν σε ζεύγη με την ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA, Zar 1999).

5.2.5 Μήκος και ηλικία πρώτης γεννητικής ωρίμασης

Το μήκος στην πρώτη γεννητική ωρίμαση (L_{50}), δηλαδή το μήκος σώματος στο οποίο το 50% των ατόμων είναι γεννητικά ώριμα υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση: $P_i=1/[1+e^{(a+bTL)}]$, όπου P_i είναι το ποσοστό των ώριμων ατόμων στην κλάση μήκους i , TL είναι το μέσο ολικό μήκος της κλάσης μήκους i , a και b είναι αριθμητικές σταθερές που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο των μη γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων (King 1995). Το μήκος L_{50} ισούται με το λόγο των σταθερών a/b (Sparre & Venema 1992).

Με ανάλογο τρόπο υπολογίστηκε η ηλικία στην πρώτη γεννητική ωρίμαση (T_{50}) (μόνο στο *Squalus blainville* του οποίου ήταν εφικτή η ηλικιακή εκτίμηση, βλ. Υποκεφ. 3.2.4) με βάση την εξίσωση: $P_i=1/[1+e^{(a+bAge)}]$.

Οι τιμές L_{50} και T_{50} υπολογίστηκαν ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα.

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Καθώς τα άτομα ενός πληθυσμού διαφέρουν ως προς το ρυθμό γεννητικής ωρίμασης, το ποσοστό των ώριμων ατόμων είναι συνήθως μια αυξητική σιγμοειδής (logistic) συνάρτηση του μήκους ή της ηλικίας. Το μήκος L_{50} και η ηλικία T_{50} καθορίστηκαν από τη σιγμοειδή σχέση του ποσοστού των ώριμων ατόμων σε κάθε κλάση μήκους και ηλικίας, αντίστοιχα. Το ποσοστό των ώριμων ατόμων εκτιμήθηκε ανά κλάση μήκους 10 mm (TL) και ανά κλάση ηλικίας 1 γ. Τα άτομα που άνηκαν στα στάδια I και II θεωρήθηκαν γεννητικά ανώριμα, ενώ τα άτομα των υπολοίπων σταδίων θεωρήθηκαν ώριμα, ανεξαρτήτως φύλου.

5.2.6 Γονιμότητα και μέγεθος ωοκυττάρων

Η γονιμότητα των θηλυκών ατόμων εκτιμήθηκε καταμετρώντας τα ώριμα ωοκύτταρα (ωοθηκική γονιμότητα), τις εμβρυϊκές θήκες στο είδος *Scyliorhinus canicula* και τα έμβρυα στο είδος *Squalus blainville* (γονιμότητα ωαγωγών) (Tambourgi *et al.* 2013).

Τα ωοκύτταρα κάθε είδους με βάση το μέγεθος και το χρώμα τους κατηγοριοποιήθηκαν σε: ανώριμα (στάδιο I), ωριμάζοντα (στάδιο II) και ώριμα (στάδιο III).

Η διάμετρος των ωοκυττάρων μετρήθηκε με παχύμετρο ακρίβειας 0,01 mm, με εξαίρεση τα ανώριμα ωοκύτταρα που μετρήθηκαν σε στερεοσκόπιο (Nikon SMZ-2T), εφοδιασμένο με ψηφιακή κάμερα (Infinitylite, Luminera), μέσω του προγράμματος IMAGE ANALYSIS v.6 (Image-Pro[®] Plus). Το βάρος των ωοκυττάρων ζυγίστηκε σε ηλεκτρονικό ζυγό αναγνωσιμότητας 0,0001 g (Adventurer, Ohaus).

Στο είδος *Squalus blainville*, ελέγχθηκε η απόκλιση του λόγου του αριθμού των ώριμων ωοκυττάρων της αριστερής ωοθήκης ως προς εκείνον της δεξιάς από τη μονάδα με τη δοκιμασία χ^2 (Chi-square test, Zar 1999). Επίσης, εξετάστηκε αν υπάρχει σημαντική διαφορά στη διάμετρο και το βάρος των ωοκυττάρων κάθε σταδίου μεταξύ των δύο ωοθηκών με τη δοκιμασία Mann–Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947). Αυτές οι αναλύσεις δεν πραγματοποιήθηκαν για τα θηλυκά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula*, γιατί φέρουν μόνο μια ωοθήκη. Οι σχέσεις μεταξύ του ολικού μήκους των θηλυκών ατόμων και του αριθμού των ώριμων ωοκυττάρων, των εμβρυϊκών θηκών και των εμβρύων περιγράφηκαν με την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης (Zar 1999).

5.2.7 Εμβρυϊκή ανάπτυξη

Στις θήκες του *Scyliorhinus canicula* καταγράφηκε το μήκος με τα άγκιστρα (Egg Case Length with hooks, ECL_H) και χωρίς τα άγκιστρα (Egg Case Length without hooks, ECL), το πλάτος (Egg Case Width, ECWi), και το βάρος (Egg Case Weight, ECWe).

Στα έμβρυα του *Squalus blainville* προσδιορίστηκε το φύλο και ελέγχθηκε η απόκλιση της αναλογίας των φύλων από τη θεωρητική μονάδα με τη δοκιμασία χ^2 (Chi-square test, Zar 1999). Επίσης, μετρήθηκε το ολικό μήκος (TL), το ολικό βάρος με το λεκιθικό σάκο (Total Weight with yolk sac, TW_{YS}) και χωρίς το λεκιθικό σάκο (TW), και το βάρος του λεκιθικού σάκου (Yolk Sac Weight, YSW).

Οι γραμμικές διαστάσεις καταγράφηκαν σε g και το βάρος σε g. Η διαφοροποίηση των μετρήσεων των θηκών και των εμβρύων μεταξύ των δύο ωαγωγών ελέγχθηκε με τη δοκιμασία Mann–Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947). Ο βαθμός συσχέτισης των μετρήσεων των θηκών και των εμβρύων με το μήκος των θηλυκών ελέγχθηκε με την ανάλυση εκθετικής παλινδρόμησης (Zar 1999), ενώ με τη δοκιμασία Kruskal–Wallis (Kruskal & Wallis 1952) ελέγχθηκε η μεταβολή του μήκους τους σε σχέση με την εποχή.

5.2.8 Σωματικοί δείκτες

Για τα υπό μελέτη είδη υπολογίστηκαν οι ακόλουθοι σωματικοί δείκτες:

(α) Γοναδοσωματικός δείκτης (Gonadosomatic Index, GSI). Περιγράφει το σχετικό μέγεθος των γονάδων σε σχέση με το βάρος του σώματος των ψαριών. Χρησιμοποιείται ως δείκτης της αναπαραγωγικής δραστηριότητας και της γεννητικής ωριμότητάς τους. Υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση: $GSI=(GW/EW) \times 100$, όπου GW είναι το βάρος των γονάδων σε g και EW είναι το καθαρό βάρος σώματος σε g (Wootton 1990).

(β) Ηπατοσωματικός δείκτης (Hepatosomatic Index, HSI). Περιγράφει το σχετικό μέγεθος του ήπατος σε σχέση με το βάρος του σώματος των ψαριών. Αποτελεί το δείκτη της ενεργειακής κατάστασης των ψαριών που σχετίζεται με την ανάπτυξη των γονάδων και την αύξησή τους, δεδομένου ότι το ήπαρ αποτελεί ένα σημαντικό όργανο αποθήκευσης ενέργειας. Υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση: $HSI=(HW/EW) \times 100$, όπου HW είναι το βάρος του ήπατος σε g και EW είναι το καθαρό βάρος σώματος σε g (Wootton *et al.* 1978).

(γ) Δείκτης ευρωστίας (Condition factor, K). Η έννοια της ευρωστίας βασίζεται στην υπόθεση ότι όσο βαρύτερο είναι ένα ψάρι σε ένα δεδομένο μήκος τόσο καλύτερη είναι η φυσική του κατάσταση (Bagenal & Tesch 1978). Ο δείκτης ευρωστίας εξαρτάται από τις εποχικές αλλαγές της ανάπτυξης των γονάδων, της σωματικής αύξησης καθώς και από τη συχνότητα τροφοληψίας (Le Cren 1951). Στην ουσία, αντανάκλα τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων στη φυσιολογική κατάσταση των ψαριών (Lizama & Ambrosio 2002). Στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκε ο δείκτης ευρωστίας κατά Clark, ο οποίος προκύπτει από το δείκτη ευρωστίας κατά Fulton (Ricker 1975) με την

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

αντικατάσταση του ολικού βάρους σώματος από το καθαρό, με βάση την εξίσωση: $K=(EW/TL^3) \times 100$, όπου EW είναι το καθαρό βάρος σώματος σε g και TL είναι το ολικό μήκος σε cm. Με τον τρόπο αυτό, ο δείκτης ευρωστίας δεν επηρεάζεται από την κατάσταση ωριμότητας των γονάδων και το βαθμό πληρότητας του στομαχιού, αποδίδοντας καλύτερα τη φυσική κατάσταση των ψαριών και την εποχική της μεταβολή (Nikolsky 1963).

Η σύγκριση των δεικτών GSI, HSI και K μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων κάθε είδους, ανεξάρτητα από την κατάσταση ωρίμασης, έγινε με τη δοκιμασία Mann–Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947). Η δοκιμασία Kruskal–Wallis (Kruskal & Wallis 1952) εφαρμόστηκε για να διερευνηθεί αν οι σωματικοί δείκτες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών σταδίων γεννητικής ωριμότητας, κλάσεων ολικού μήκους ή ηλικίας (μόνο στο είδος *Squalus blainville* του οποίου ήταν εφικτή η εκτίμηση της ηλικίας, βλ. Υποκεφ. 3.2.4), μηνών και εποχών δειγματοληψίας. Η διαφοροποίηση των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ως προς το συντελεστή b των σχέσεων μεταξύ του ολικού τους μήκους τους και των σωματικών δεικτών έγινε με την ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA, Zar 1999). Τέλος, σύμφωνα με τη μεταβολή κάθε δείκτη, τη συχνότητα εμφάνισης ανώριμων και ώριμων ατόμων, και τη μεταβολή στο μέγεθος των θηκών και των εμβρύων σε εποχική βάση, έγινε προσπάθεια να προσδιοριστεί η περίοδος της αναπαραγωγής των ειδών.

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προαναφερθέντων αναλύσεων έγινε είτε με την κατασκευή θηκογραμμάτων στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2 ή μέσω γραφημάτων στο υπολογιστικό φύλο MS EXCEL 2007. Ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών στοιχείων των σωματικών δεικτών και των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων, του ήπατος, των ωοκυττάρων, των θηκών και των εμβρύων, καθώς και όλες οι προαναφερθείσες στατιστικές αναλύσεις έγιναν στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2.

5.3 Αποτελέσματα

5.3.1 Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μακροσκοπική περιγραφή

Scyliorhinus canicula

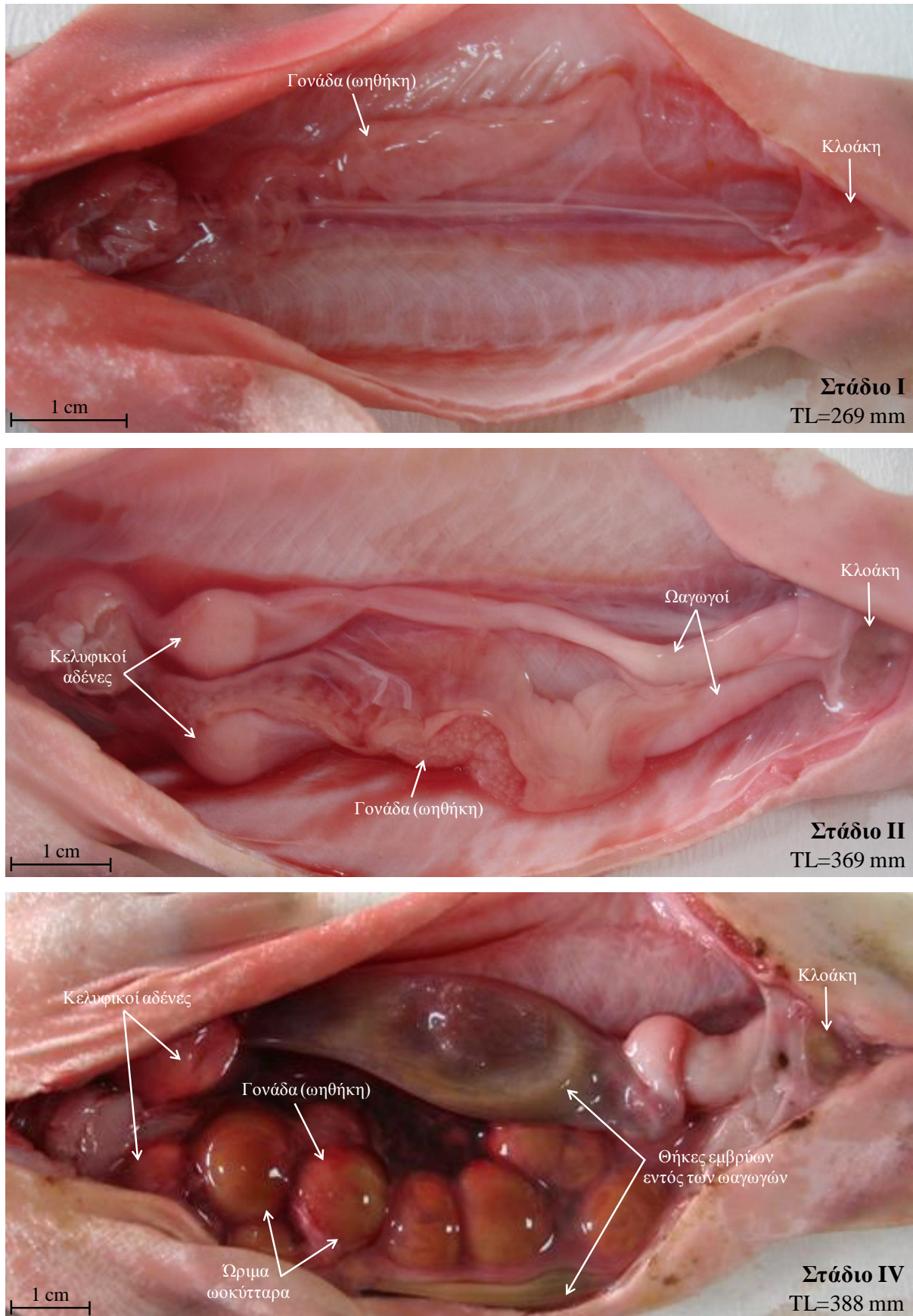
Οι κλίμακες γεννητικής ωριμότητας που προέκυψαν από τη μακροσκοπική παρατήρηση του αναπαραγωγικού συστήματος των θηλυκών (Εικόνα 5.1) και αρσενικών ατόμων (Εικόνα 5.2) παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.2 και 5.3, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.2 Μακροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula*

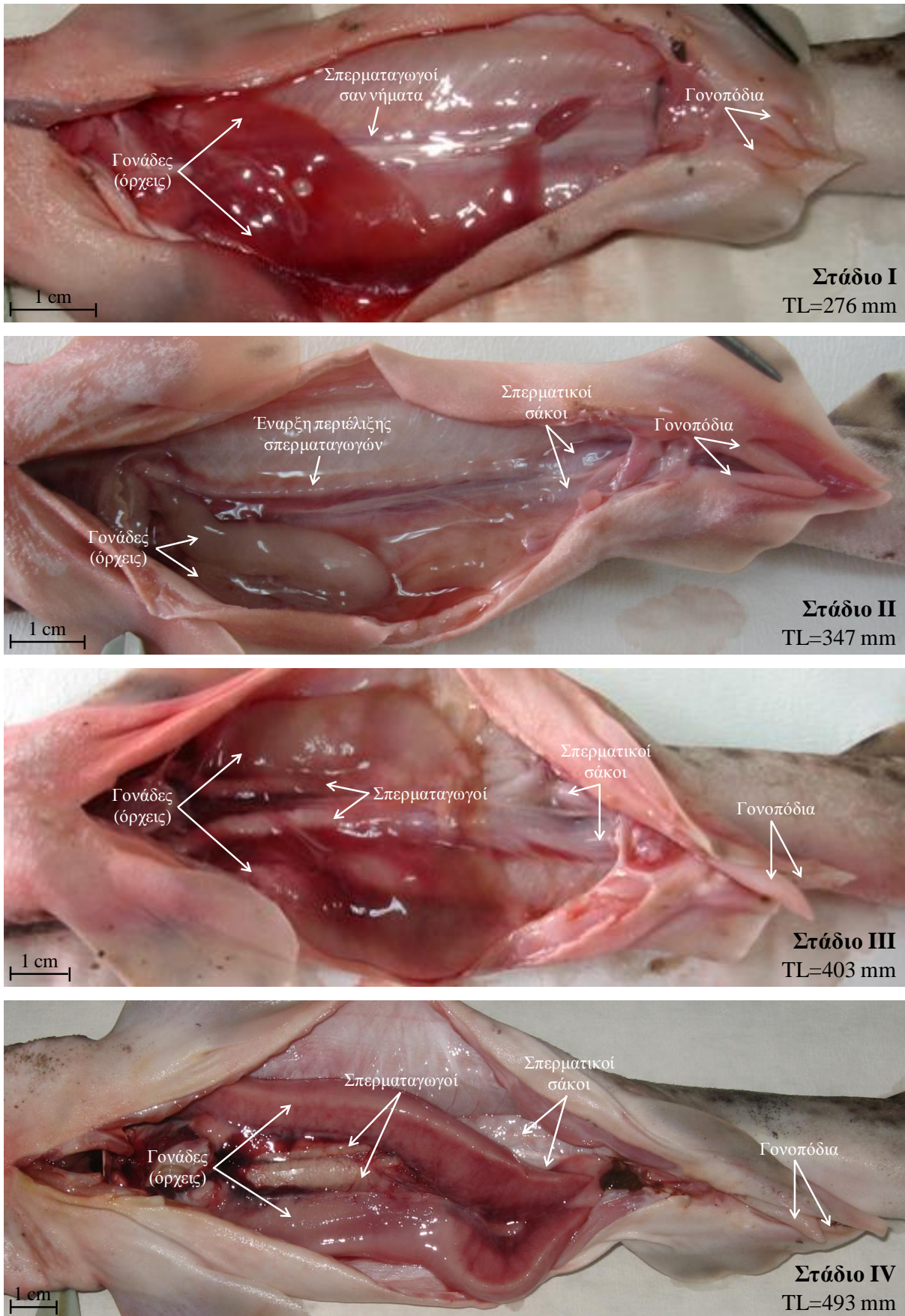
Στάδιο	Κατάσταση	Περιγραφή
I	Ανώριμη	Ωοθήκη μικρή με λευκά ωοκύτταρα που συνήθως δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι και δεν ξεπερνούν το 1 mm σε διάμετρο. Κελυφικοί αδένες μη ανεπτυγμένοι που δεν διαφοροποιούνται από τους ωαγωγούς. Καμιά φορά διακρίνεται μια πάχυνση στο σημείο που πρόκειται να σχηματιστεί ο κελυφικός αδένας. Ωαγωγοί λεπτοί σαν νήματα.
II	Ωριμάζουσα	Ωοθήκη με μικρά, λευκά ή υποκίτρινα ωοκύτταρα διαμέτρου από 1 έως 9 mm. Κελυφικοί αδένες μικροί και αδιαφανείς που αρχίζουν να ξεχωρίζουν από τους ωαγωγούς. Ωαγωγοί λεπτοί.
III	Ωριμη	Ωοθήκη μεγάλη με ανώριμα έως πλήρως ανεπτυγμένα, ώριμα, λαδί ωοκύτταρα που συνήθως ξεπερνούν τα 8 mm σε διάμετρο. Κελυφικοί αδένες πλήρως ανεπτυγμένοι, μεγάλοι και λευκοί. Ωαγωγοί παχύτεροι.
IV	Δραστήρια	Ωοθήκη και κελυφικοί αδένες σταδίου III. Παρουσία εμβρυϊκών θηκών σε διαφορετική φάση ανάπτυξης, είτε εντός των κελυφικών αδένων είτε εξερχόμενων από αυτούς είτε εντός των ωαγωγών.
V	Σε εξάντληση	Ωοθήκη πιθανώς σταδίου III. Κελυφικοί αδένες μεγάλοι. Ωαγωγοί άδειοι, αλλά περισσότερο διευρυνμένοι από ό,τι στα στάδια I και II.

Πίνακας 5.3 Μακροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας των αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula*

Στάδιο	Κατάσταση	Περιγραφή
I	Ανώριμη	Όρχεις μικροί και λεπτοί σαν νήματα. Σπερματικοί αγωγοί μη ανεπτυγμένοι. Γονοπόδια μαλακά και εύκαμπτα που δεν ξεπερνούν σε μήκος τα κοιλιακά πτερύγια.
II	Ωριμάζουσα	Όρχεις παχύτεροι. Σπερματικοί αγωγοί στην αρχή της περιέλιξης. Γονοπόδια σταδίου I.
III	Ωριμη	Όρχεις μεγάλοι και πρησμένοι. Σπερματικοί αγωγοί έντονα περιελιγμένοι. Γονοπόδια πλήρως σχηματισμένα που συνήθως δεν ξεπερνούν σε μήκος τα κοιλιακά πτερύγια.
IV	Δραστήρια	Όρχεις μεγάλοι και πρησμένοι, που εξαπλώνονται σε όλο το μήκος της σπλαχνικής κοιλότητας. Σπερματικοί αγωγοί έντονα περιελιγμένοι με παρουσία σπέρματος σε όλο το μήκος τους. Αποβολή σπέρματος έπειτα από άσκηση πίεσης στους σπερματικούς σάκους. Γονοπόδια πρησμένα που μπορεί να ξεπερνούν τα κοιλιακά πτερύγια.



Εικόνα 5.1 Στάδια γεννητικής ωριμότητας (I, II και IV) των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula* (το ήπαρ, το στομάχι και το έντερο έχουν αφαιρεθεί) (Φώτο. Β Κουστίνη)



Εικόνα 5.2 Στάδια γεννητικής ωριμότητας (I–IV) των αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* (το ήπαρ, το στομάχι και το έντερο έχουν αφαιρεθεί) (Φώτο. Β Κουστένη)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Squalus blainville

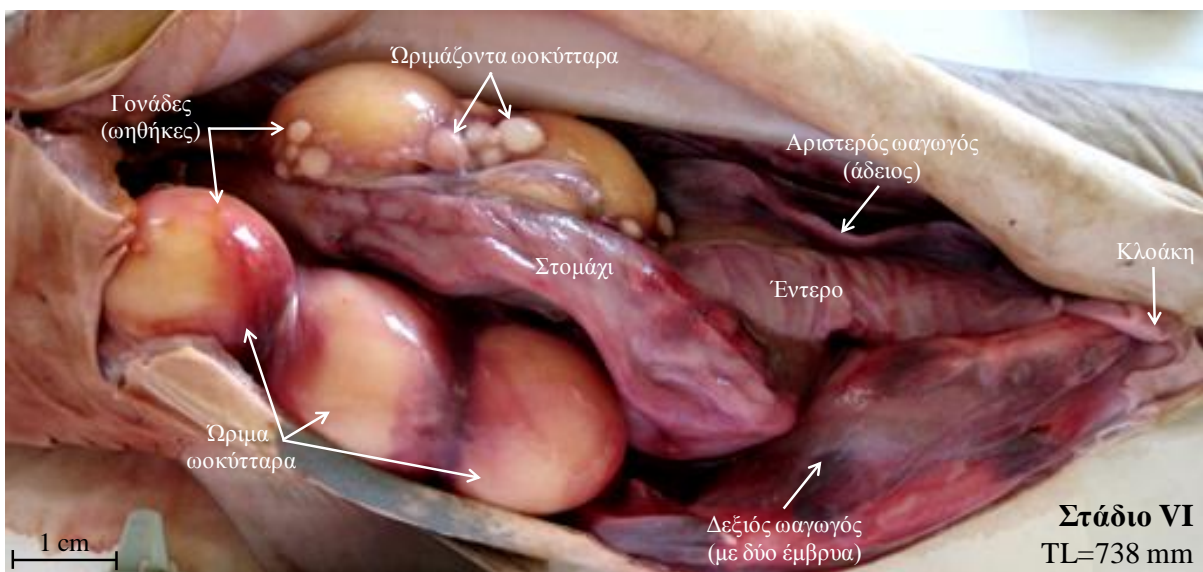
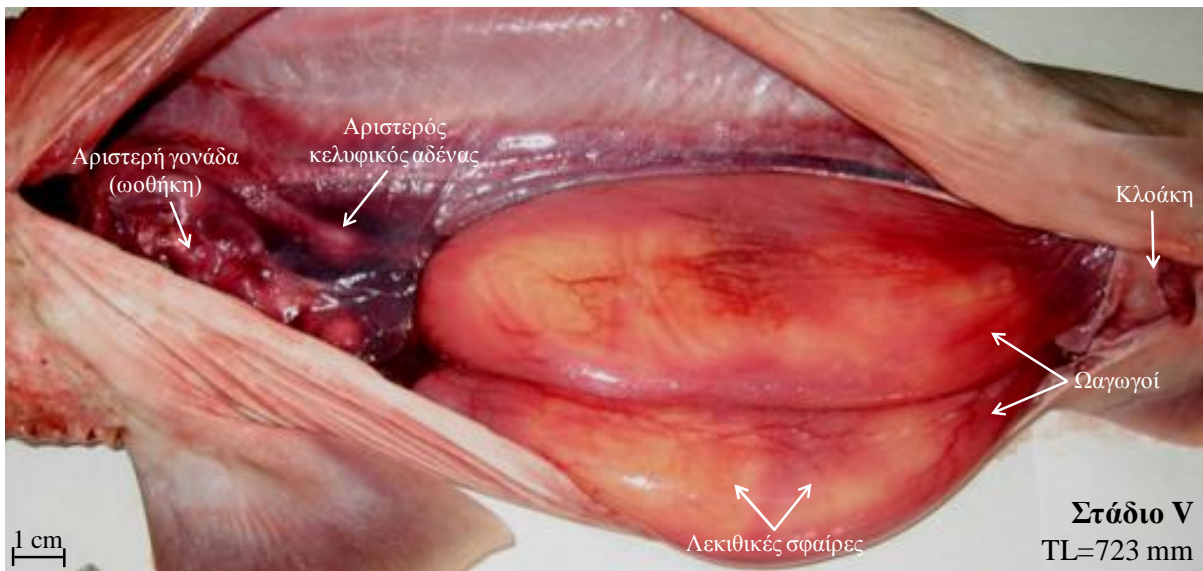
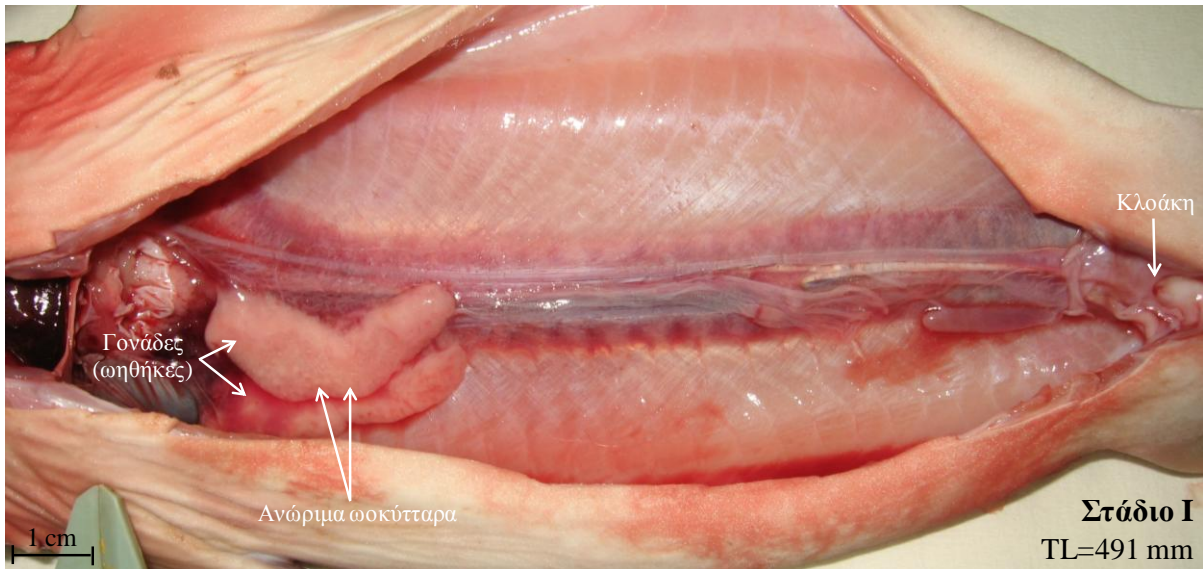
Οι κλίμακες γεννητικής ωριμότητας που κατασκευάστηκαν από τη μακροσκοπική παρατήρηση του αναπαραγωγικού συστήματος των θηλυκών (Εικόνα 5.3) και αρσενικών ατόμων (Εικόνα 5.4) παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.4 και 5.5, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.4 Μακροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville*

Στάδιο	Κατάσταση	Περιγραφή
I	Ανώριμη	Ωθήκες μικρές με λευκά ωοκύτταρα που συνήθως δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι και δεν ξεπερνούν το 1 mm σε διάμετρο. Κελυφικοί αδένες μη ανεπτυγμένοι που δεν διαφοροποιούνται από τους ωαγωγούς. Ωαγωγοί λεπτοί σαν νήματα.
II	Ωριμάζουσα	Ωθήκες αναπτυσσόμενες με υποκίτρινα ωοκύτταρα διαμέτρου από 1 έως 20 mm. Κελυφικοί αδένες μικροί και αδιαφανείς που αρχίζουν να ξεχωρίζουν από τους ωαγωγούς. Ωαγωγοί λεπτοί.
III	Ωριμη	Ωθήκες με ανώριμα έως πλήρως ανεπτυγμένα, ώριμα, κίτρινα ωοκύτταρα (διάμετρος > 20 mm). Ωαγωγοί παχύτεροι.
IV	Αναπτυσσόμενη	Κυφορούντα άτομα με ωθήκες σταδίου III. Ωαγωγοί διευρυμένοι και στρογγυλεμένοι που είναι γεμάτοι με λέκιθο.
V	Διαφοροποιούσα	Κυφορούντα άτομα με ωθήκες σταδίου III. Ωαγωγοί διευρυμένοι που εσωκλείουν μεγάλες, διαφοροποιημένες λεκιθικές σφαίρες (σε κάθε μια είναι προσαρτημένο ένα μικροσκοπικό έμβρυο), οι οποίες μπορούν να καταμετρηθούν και να ζυγιστούν.
VI	Σε αναμονή	Κυφορούντα άτομα με ωθήκες σταδίου III. Διευρυμένοι ωαγωγοί που εσωκλείουν αναπτυσσόμενα έμβρυα με μειωμένο έως πλήρως απορροφημένο λεκιθικό σάκο.
VII	Σε εξάντληση	Ωθήκες σταδίου III. Ωαγωγοί άδειοι, αλλά περισσότερο διευρυμένοι από ό,τι στα στάδια I και II.

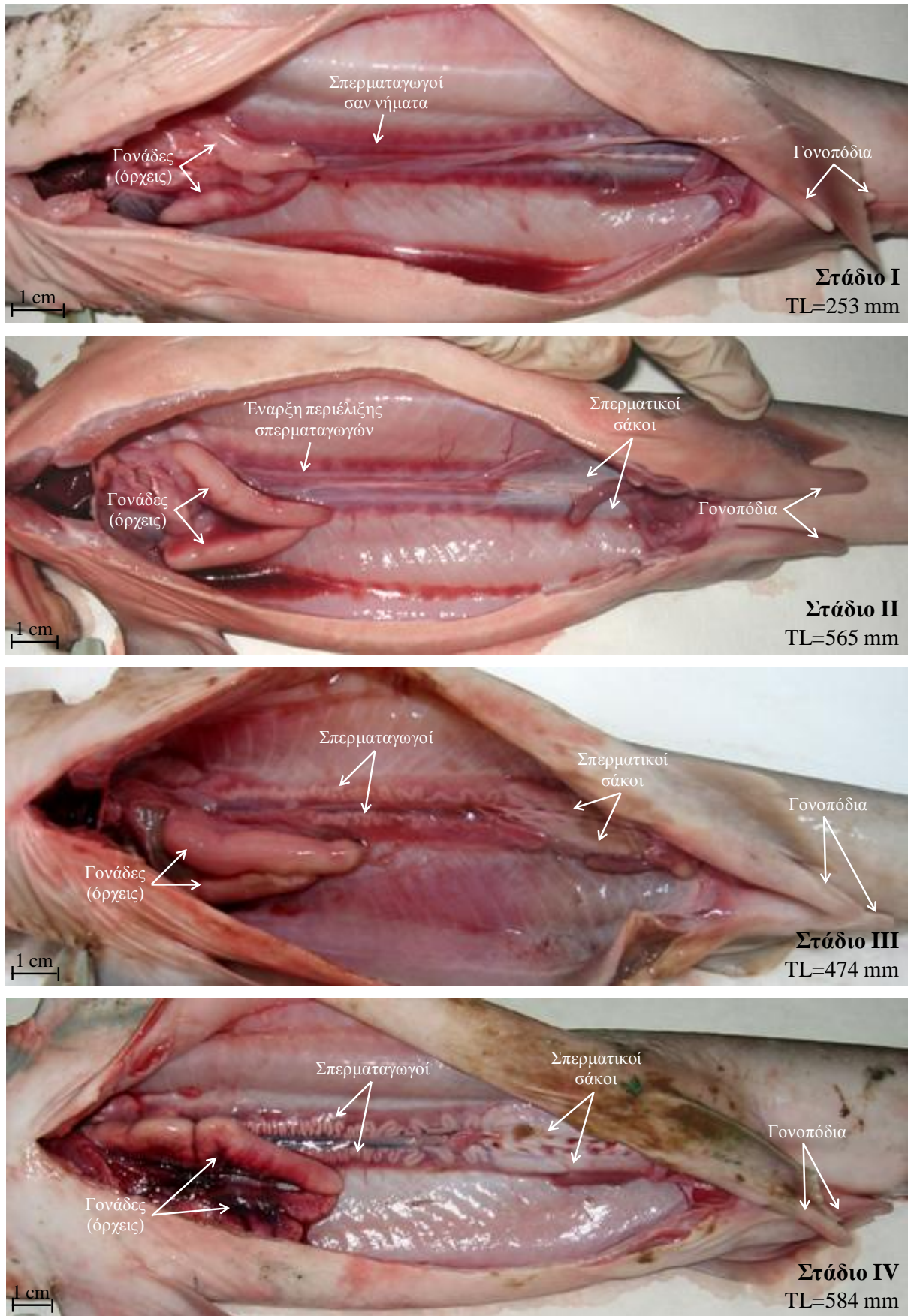
Πίνακας 5.5 Μακροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville*

Στάδιο	Κατάσταση	Περιγραφή
I	Ανώριμη	Όρχεις μικροί και λεπτοί σαν νήματα. Σπερματικοί αγωγοί μη ανεπτυγμένοι. Γονοπόδια μαλακά και εύκαμπτα που δεν ξεπερνούν σε μήκος τα κοιλιακά πτερύγια.
II	Ωριμάζουσα	Όρχεις παχύτεροι. Σπερματικοί αγωγοί στην αρχή της περιέλιξης. Γονοπόδια σταδίου I.
III	Ωριμη	Όρχεις μεγάλοι και πρησμένοι. Σπερματικοί αγωγοί έντονα περιελιγμένοι. Γονοπόδια άκαμπτα με άγκιστρα που ξεπερνούν σε μήκος τα κοιλιακά πτερύγια.
IV	Δραστήρια	Όρχεις μεγάλοι και πρησμένοι. Σπερματικοί αγωγοί έντονα περιελιγμένοι με παρουσία σπέρματος σε όλο το μήκος τους. Αποβολή σπέρματος έπειτα από άσκηση πίεσης στους σπερματικούς σάκους. Γονοπόδια άκαμπτα που φέρουν περισσότερο ανορθωμένα άγκιστρα και ξεπερνούν σε μήκος τα κοιλιακά πτερύγια.



Εικόνα 5.3 Στάδια γεννητικής ωριμότητας (I, V και VI) των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville* (το ήπαρ, το στομάχι και το έντερο έχουν αφαιρεθεί, εκτός του σταδίου VI) (Φώτο. Β Κουστένη)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 5.4 Στάδια γεννητικής ωριμότητας (I–IV) των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* (το ήπαρ, το στομάχι και το έντερο έχουν αφαιρεθεί) (Φώτο. Β Κουστένη)

5.3.2 Στάδια γεννητικής ωριμότητας–Μικροσκοπική περιγραφή

Το ωοθυλάκιο, δηλαδή το ωοκύτταρο με τις περιβάλλουσες στιβάδες (κοκκιώδες στρώμα, βασική μεμβράνη και θήκη) αποτελεί τη βασική αναπαραγωγική μονάδα της ωοθήκης των ελασματοβράγχιων, όπως και όλων των σπονδυλόζων, στην πορεία της γεννητικής ωρίμασης των οποίων υφίσταται αλλαγές (Lutton *et al.* 2005). Η μικροσκοπική παρατήρηση τομών ωοθηκών των υπό μελέτη ειδών (και κελυφικών αδένων μόνο στο είδος *Scyliorhinus canicula*) έδειξε ότι τα μακροσκοπικά αναγνωρισμένα ανώριμα, ωριμάζοντα και ώριμα θηλυκά άτομα εμφανίζουν διακριτή ιστολογική δομή ως προς αυτές.

Στις ανώριμες ωοθήκες των υπό μελέτη ειδών, παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνεται από το επιγοναδικό όργανο (epigonial organ), έναν λυμφομυελώδη ιστό που εσωκλείει την ωοθήκη (ή τους όρχεις στα αρσενικά άτομα) και συνίσταται κυρίως από λευκοκύτταρα (Fange & Pulsford 1983). Τα ωοθυλάκια βρίσκονται κάτω από το βλαστικό επιθήλιο της ωοθήκης και κάτω από ένα λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού, τον ινώδη χιτώνα (Serra-Pereira *et al.* 2014). Σε αυτό το στάδιο δεν βρέθηκαν τα αρχέγονα γεννητικά κύτταρα της ωοθήκης ή ωογόνια. Στα σπονδυλόζωα, η ωογένεση, δηλαδή η διεργασία μετατροπής των ωογονίων σε δευτερογενή ωοκύτταρα ξεκινάει νωρίς στη ζωή και τα ωογόνια παρατηρούνται μόνο κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης (Prisco *et al.* 2007). Δύο τύποι ωοθυλακίων βρέθηκαν στις ανώριμες ωοθήκες των ειδών: (α) τα αρχέγονα ωοθυλάκια στα οποία το ωοκύτταρο περιβάλλεται από μια στιβάδα πλακωδών κυττάρων που δομούν το ωοθυλακιακό επιθήλιο (Εικόνα 5.5Α; Β), και (β) τα πρωτογενή ωοθυλάκια στα οποία το ωοκύτταρο έχει αυξηθεί σε μέγεθος και περιβάλλεται από τη διάφανη ζώνη, το ωοθυλακιακό επιθήλιο στο οποίο πλέον διακρίνονται μικρά και μεγάλα κύτταρα, και πιο εξωτερικά από τα κύτταρα θήκης (Εικόνα 5.5Γ; Δ). Και οι δύο τύποι των ωοθυλακίων δεν ξεπέρασαν το 1 mm σε διάμετρο στην πλειονότητά τους και στα δύο είδη. Επίσης, στο στάδιο αυτό οι κελυφικοί αδένες του είδους *Scyliorhinus canicula* δεν είχαν ακόμα διαφοροποιηθεί (Εικόνα 5.6Α).

Στις ωριμάζουσες ωοθήκες των υπό μελέτη ειδών, εκτός από τα αρχέγονα και πρωτογενή ωοθυλάκια, παρατηρήθηκαν προλεκιθογόνα και λεκιθογόνα ωοθυλάκια. Τα προλεκιθογόνα ωοθυλάκια είχαν μεγαλύτερη διάμετρο και παχύτερο επιθήλιο, το οποίο αποτελούνταν από μικρά και μεγάλα κύτταρα, καθώς και απιοειδή κύτταρα. Τα τελευταία σχηματίζουν μια διακυτταρική γέφυρα μέσω της οποίας μεταφέρονται κυτοπλασματικές ουσίες στο ωοκύτταρο (Andreuccetti *et al.* 1999). Στα λεκιθογόνα ωοθυλάκια παρατηρήθηκε η έναρξη σχηματισμού λεκιθικών σταγονιδίων στο εσωτερικό τους και η αύξηση της αγγείωσης μεταξύ του επιθηλίου τους και των κυττάρων θήκης (Εικόνα 5.5Ε; ΣΤ). Η

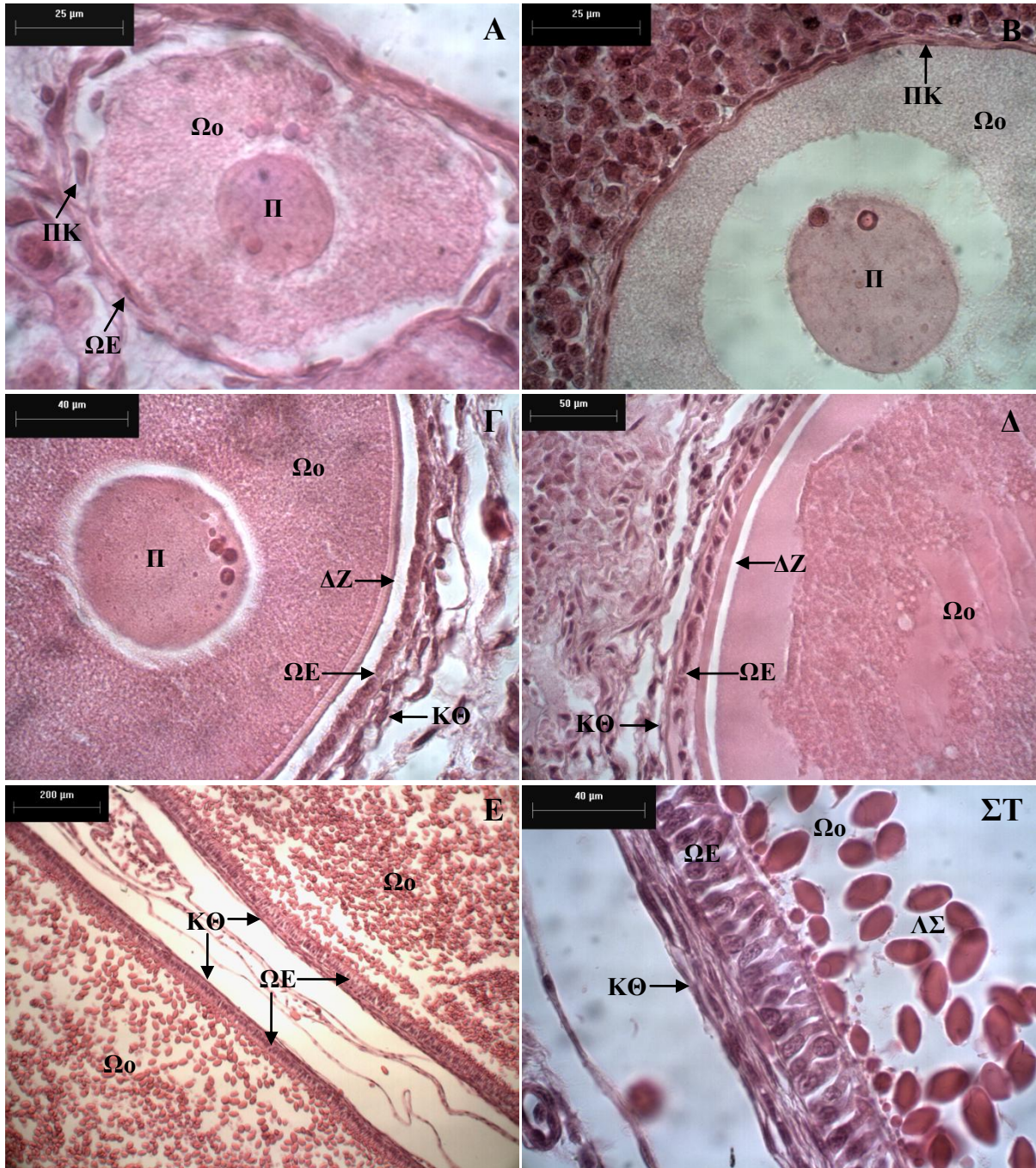
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

περιφερική αγγείωση συμβάλλει στη μεταφορά της λεκιθογενίνης, δηλαδή της πρόδρομης μορφής της λεκίθου, εντός των ωοκυττάρων (Andreuccetti *et al.* 1999).

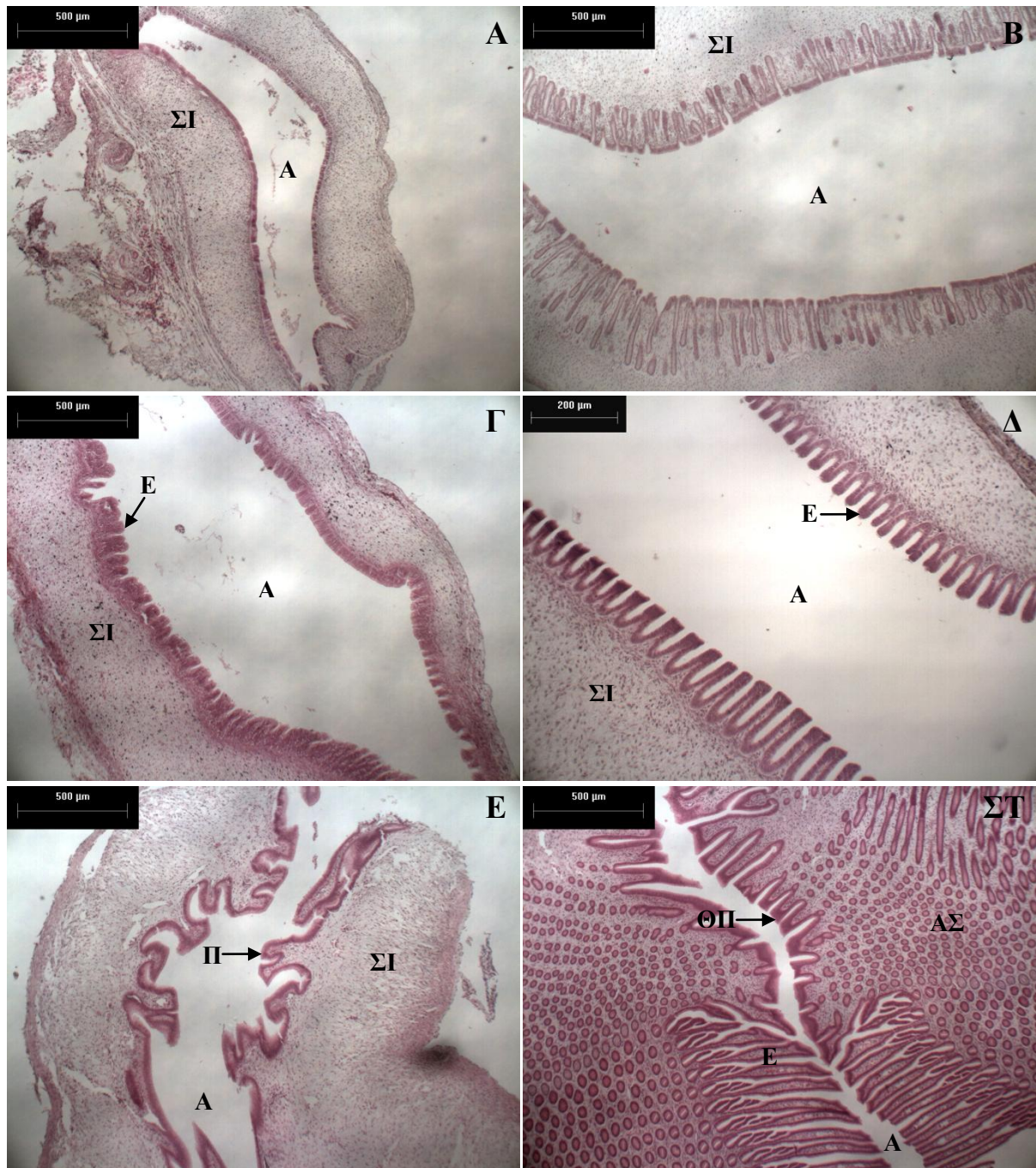
Στις ωριμάζουσες ωοθήκες του είδους *Scyliorhinus canicula*, τα προλεκιθογόνα ωοθυλάκια είχαν λευκό χρώμα και συνήθως δεν ξεπερνούσαν τα 2 mm σε διάμετρο, ενώ τα λεκιθογόνα ωοθυλάκια ήταν κίτρινα φτάνοντας μέχρι τα 9 mm. Στις ωριμάζουσες ωοθήκες του είδους *Squalus blainville*, τα ωοθυλάκια ήταν λευκά ή υποκίτρινα και κυμαίνονταν συνήθως από 1 έως 5 mm σε διάμετρο, φτάνοντας έως τα 18 mm. Και στα δύο είδη, τα ωοθυλάκια φάνηκε ότι εισέρχονται στη φάση της λεκιθογένεσης όταν φτάσουν περίπου τα 2–2,5 mm σε διάμετρο, ομοίως με άλλους ελασματοβράγχιους (Prisco *et al.* 2007). Σε αντίθεση με τους τελεόστεους (Jalabert 2005), στους ελασματοβράγχιους η ωριμάζουσα φάση διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα, τουλάχιστον από 1 έτος στους καρχαρίες και τα βατοειδή (Serra-Pereira *et al.* 2014 και αναφορές εντός) έως 6 έτη στον καλκανόβατο *Raja clavata* (Serra-Pereira *et al.* 2008). Αυτή η παρατεταμένη περίοδος ωρίμασης αποτελεί κύριο γνώρισμα όλων των ελασματοβράγχιων (Frisk *et al.* 2001).

Η μικροσκοπική παρατήρηση των κελυφικών αδένων από ωριμάζοντα άτομα του *Scyliorhinus canicula* έδειξε ότι σε αυτή τη φάση αρχίζει η δημιουργία και η εξάπλωση σωληνίσκων από τον αυλό προς την περιφέρεια των αδένων, ενώ παράλληλα σχηματίζονται τα πρώτα ελάσματα (Εικόνα 5.6B; Γ; Δ). Στην ώριμη φάση, οι κελυφικοί αδένες είχαν αναπτυχθεί πλήρως εμφανίζοντας πτυχώσεις, θηλώδεις προεκβολές, μεγάλα ελάσματα και πληθώρα σωληνίσκων (Εικόνα 5.6E; ΣΤ), οι οποίοι στα κυοφορούντα άτομα πληρούνται με εκκρίσεις που συμβάλλουν στη δημιουργία των εμβρυϊκών θηκών (Knight *et al.* 1996).

Μικροσκοπικά, οι ώριμες ωοθήκες του είδους *Scyliorhinus canicula* διαπιστώθηκε ότι αποτελούνται από ωοθυλάκια όλων των σταδίων ανάπτυξης συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων λεκιθογόνων ωοθυλακίων σε μεγαλύτερη αφθονία. Ανάλογο πρότυπο παρατηρήθηκε, αν και μόνο μακροσκοπικά, στα ώριμα θηλυκά άτομα του είδους *Squalus blainville* όπου το μεγάλο μέγεθος των ώριμων ωοθυλακίων δεν επέτρεψε την επιτυχή προετοιμασία ιστολογικών παρασκευασμάτων. Τα ώριμα ωοθυλάκια στο είδος *Scyliorhinus canicula* είχαν ελαιώδες χρώμα και κυμάνθηκαν κυρίως από 8 έως 13 mm σε διάμετρο, με την πλειονότητα (N=208) να είναι από 9 έως 10 mm, ενώ στο είδος *Squalus blainville* είχαν κίτρινο χρώμα, ξεπερνώντας συνήθως τα 20 mm σε διάμετρο. Στην παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκαν μικροσκοπικά, ωοθυλάκια που να φτάνουν σε ωορρηξία. Στο ακανθώδες σαλάχι *Amblyraja radiata* παρατηρήθηκε ότι όσο πλησιάζει η ωορρηξία, το ωοθυλακιακό επιθήλιο λεπταίνει, τα απιοειδή και τα κοκκιώδη κύτταρα εξαφανίζονται, ενώ παραμένουν ορισμένα μικρά και μεγάλα κύτταρα (Andreuccetti *et al.* 1999).



Εικόνα 5.5 Ωοθυλάκια του είδους *S. canicula* (με εξαίρεση το πλάνο Δ) σε διαφορετικά στάδια γεννητικής ωριμότητας (χρώση: αιματοξυλίνη & εωσίνη). Αρχέγονο ωοθυλάκιο διαμέτρου 0,095 mm (Α); Αρχέγονο ωοθυλάκιο διαμέτρου 0,23 mm (Β); Πρωτογενές ωοθυλάκιο διαμέτρου 0,71 mm (Γ); Πρωτογενές ωοθυλάκιο διαμέτρου 0,66 mm του είδους *S. blainville* (Δ); Λεκιθογόνα ωοθυλάκια διαμέτρου 5 mm (αριστερά) και 6 mm (δεξιά) (Ε); Λεκιθικά σφαιρίδια εντός ωοθυλακίου διαμέτρου 7 mm (ΣΤ). [ΔΖ, διάφανης ζώνης; ΚΘ, κύτταρα θήκης; ΛΣ, λεκιθικά σταγονίδια; Π, πυρήνας; ΠΚ, πλακοειδή κύτταρα; ΩΕ, ωοθυλακιακό επιθήλιο; Ωο, ωοκύτταρο] (Φωτο. Β Κουστίνη)



Εικόνα 5.6 Επιμήκεις τομές κελυφικών αδένων του είδους *S. canicula* σε διαφορετικά στάδια γεννητικής ωριμότητας (χρώση: αιματοξυλίνη & εωσίνη). Αδιαφοροποίητος κελυφικός αδένας (Α); Έναρξη διαφοροποίησης κελυφικού αδένα (Β); Ελάσματα σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης (Γ); Ελάσματα σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης (Δ); Πτυχώσεις στην είσοδο ενός πλήρως ανεπτυγμένου κελυφικού αδένα (Ε); Ελάσματα και σωληνίσκοι ενός πλήρως ανεπτυγμένου κελυφικού αδένα (ΣΤ). [Α, αυλός; ΑΣ, αδενικοί σωληνίσκοι; Ε, ελάσματα; ΘΠ, θηλώδεις προεκβολές; Π, πτυχώσεις; ΣΙ, συνδετικός ιστός] (Φωτο. Β Κουστένη)

Η μικροσκοπική παρατήρηση της ωοθήκης και των κελυφικών αδένων από κυοφορούντα άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* αποκάλυψε τη συνύπαρξη ωοθυλακίων όλων των σταδίων ανάπτυξης στην ωοθήκη, καθώς και την παρουσία εκκρίσεων εντός των πλήρως διαφοροποιημένων κελυφικών αδένων. Θηλυκά άτομα που έχουν γεννήσει βρέθηκαν μόνο στο είδος *Squalus blainville*, των οποίων οι ωοθήκες (όπως και οι ωοθήκες των κυοφορούντων ατόμων) παρατηρήθηκαν μόνο μακροσκοπικά λόγω του μεγάλου μεγέθους των ωοκυττάρων. Αν και δεν βρέθηκε κάποιο θηλυκό άτομο του είδους *Scyliorhinus canicula* που να έχει γεννήσει, αυτή η φάση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ως ξεχωριστό στάδιο ωρίμασης για την κατάταξη των ώριμων θηλυκών ατόμων που εισέρχονται σε νέο κύκλο ωοθυλακιακής ανάπτυξης, όπως πρότειναν και οι Serra-Pereira *et al.* (2014) για το είδος *Raja clavata*. Η ιστολογική περιγραφή των μακροσκοπικά αναγνωρισμένων σταδίων ωρίμασης των θηλυκών ατόμων των υπό μελέτη ειδών δίνεται συνοπτικά στον Πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6 Μικροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας των θηλυκών ατόμων των υπό μελέτη ειδών

<i>Scyliorhinus canicula</i>		<i>Squalus blainville</i>	
Στάδιο	Περιγραφή	Στάδιο	Περιγραφή
I	Ωοθήκη με αρχέγονα και πρωτογενή ωοθυλάκια που συνδέονται με το γεννητικό επιθήλιο και τον ινώδη χιτώνα. Κελυφικοί αδένες αδιαφοροποίητοι.	I	Ωοθήκη με αρχέγονα και πρωτογενή ωοθυλάκια που συνδέονται με το γεννητικό επιθήλιο και τον ινώδη χιτώνα.
II	Ωοθήκη με αρχέγονα και πρωτογενή ωοθυλάκια, προλεκιθογόνα ωοθυλάκια διαφορετικών μεγεθών και ορισμένα λεκιθογόνα ωοθυλάκια. Έναρξη διαφοροποίησης των κελυφικών αδένων: σχηματισμός σωληνίσκων, ελασμάτων και τελικά διακριτών εκκριτικών ζωνών (βλ. περιγραφή ζωνών από Stanley 1966).	II	Ωοθήκη με αρχέγονα και πρωτογενή ωοθυλάκια, προλεκιθογόνα ωοθυλάκια διαφορετικών μεγεθών και ορισμένα λεκιθογόνα ωοθυλάκια.
III	Ωοθήκη με ωοθυλάκια όλων των σταδίων ανάπτυξης με αφθονότερα τα λεκιθογόνα ωοθυλάκια. Πλήρως διαμορφωμένοι κελυφικοί αδένες μεγάλου μεγέθους.	III	Καμία παρατήρηση**
IV	Ωοθήκη σταδίου III. Κελυφικοί αδένες σταδίου III με παρουσία εκκρίσεων εντός των σωληνίσκων τους.	IV	Καμία παρατήρηση**
V	Καμία παρατήρηση*	V	Καμία παρατήρηση**
		VI	Καμία παρατήρηση**
		VII	Καμία παρατήρηση**

*δεν βρέθηκε κανένα άτομο σε αυτό το στάδιο; **οι ωοθήκες δεν εγκλείστηκαν, εξαιτίας των μεγάλων ωοθυλακίων

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η σπερματοκύστη ή σπερματικό σωληνάριο αποτελεί τη δομική και λειτουργική μονάδα των όρχεων των ελασματοβράγχιων, όπως και όλων των σπονδυλόζων. Στο εσωτερικό της οργανώνονται τα γεννητικά κύτταρα μαζί με κύτταρα Sertoli, τα οποία τους προσφέρουν στήριξη και προστασία, και όλα μαζί οριοθετούνται από τη βασική μεμβράνη (Fawcett *et al.* 1959). Σε κάθε σπερματοκύστη τα γεννητικά κύτταρα βρίσκονται πάντα στο ίδιο σπερματογενετικό στάδιο (Stanley 1966). Σύμφωνα με τους Parsons & Grier (1992) οι σπερματοκύστες στην πορεία της ωρίμασης των ελασματοβράγχιων περνούν από επτά σπερματογενετικά στάδια σε καθένα από τα οποία απαντούν: αρχέγονα κύτταρα γονάδων ή γονοκύτταρα (στάδιο I), σπερματογόνια (στάδιο II), πρωτογενή σπερματοκύτταρα (στάδιο III), δευτερογενή σπερματοκύτταρα (στάδιο IV), σπερματίδες (στάδιο V), πρώιμα σπερματοζώα (στάδιο VI) και ώριμα σπερματοζώα (στάδιο VII). Η μικροσκοπική παρατήρηση ιστολογικών τομών όρχεων αποκάλυψε ότι κάθε μακροσκοπικά αναγνωρισμένο στάδιο γεννητικής ωριμότητας των αρσενικών ατόμων των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* χαρακτηρίζεται ιστολογικά από συγκεκριμένους τύπους σπερματοκυστών.

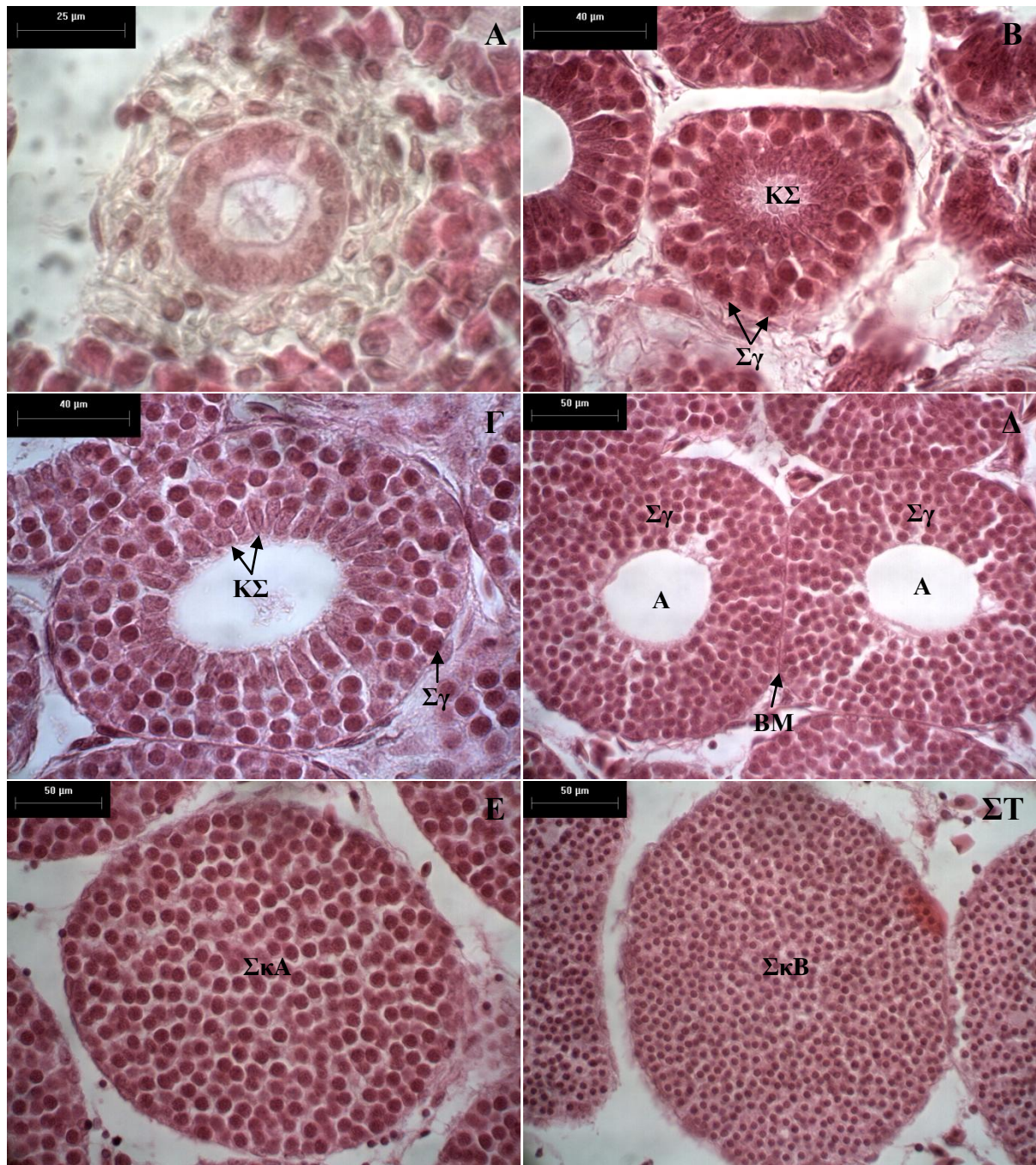
Στους ανώριμους όρχεις και των δύο ειδών, παρατηρήθηκαν σπερματοκύστες των σταδίων I, II και III. Οι σπερματοκύστες του σταδίου I, οι οποίες βρίσκονται κάτω από το κοιλωματικό επιθήλιο στη βλαστική ζώνη, αποτελούνται από χαλαρά οργανωμένα γονοκύτταρα ή πρώιμα σπερματογόνια (Εικόνα 5.7Α). Στις σπερματοκύστες σταδίου II, τα σπερματογόνια και τα κύτταρα Sertoli υφίστανται διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις, με την πρόοδο των οποίων τα κύτταρα Sertoli ωθούνται προς το κέντρο των σπερματοκυστών αποφράσσοντας σχεδόν τον αυλό (Εικόνα 5.7Β). Αρχικά, αυτοί οι δύο τύποι κυττάρων δεν έχουν κάποια συγκεκριμένη διάταξη. Ωστόσο, στην πορεία της σπερματογένεσης τα κύτταρα Sertoli μετακινούνται από τον αυλό προς τη βασική μεμβράνη και σχηματίζονται δύο ομόκεντρες κυτταρικές στιβάδες, η μια με τα σπερματογόνια κάτω από τη βασική μεμβράνη και η άλλη με τα κύτταρα Sertoli γύρω από τον αυλό των σπερματοκυστών (Εικόνα 5.7Γ). Μέχρι το τέλος αυτού του σταδίου, τα κύτταρα Sertoli έχουν ολοκληρώσει τη μετακίνησή τους προς την περιφέρεια των σπερματοκυστών (Εικόνα 5.7Δ). Στις σπερματοκύστες σταδίου III, τα πρωτογενή σπερματοκύτταρα που προέκυψαν μέσω μιτωτικών διαιρέσεων από τα σπερματογόνια έχουν μεγάλους πυρήνες και καταλαμβάνουν όλη την έκτασή τους, ενώ τα κύτταρα Sertoli παραμένουν περιφερικά (Εικόνα 5.7Ε). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στους ανώριμους όρχεις και των δύο ειδών, παρατηρήθηκαν σε μικρή συχνότητα ώριμες σπερματοκύστες με σπερματίδες και σπερματοζώα. Το γεγονός αυτό παρατηρήθηκε και σε άλλα είδη (Girard *et al.* 2000, Serra-Pereira *et al.* 2014), δείχνοντας ότι η σπερματογένεση ξεκινά πολύ νωρίς σε φωτόκους και ζωοτόκους ελασματοβράγχιους.

Στους ωριμάζοντες όρχεις και των δύο ειδών, παρατηρήθηκε ότι συνυπάρχουν οι σπερματοκύστες όλων των σπερματογενετικών σταδίων (I–VII). Ωστόσο, περισσότερο άφθονες ήταν οι σπερματοκύστες του σταδίου IV που αποτελούνται από δευτερογενή σπερματοκύτταρα προερχόμενα από την πρώτη μειωτική διαίρεση των πρωτογενών σπερματοκυττάρων. Τα δευτερογενή σπερματοκύτταρα είναι μικρότερα σε μέγεθος από τα πρωτογενή και διαθέτουν μικρότερους πυρήνες με συμπυκνωμένα χρωμοσώματα (Εικόνα 5.7ΣΤ). Τα δευτερογενή σπερματοκύτταρα εισέρχονται στη δεύτερη μειωτική διαίρεση και προκύπτουν οι σπερματίδες, οι οποίες είναι ακόμα μικρότερες σε μέγεθος, γιατί περιέχουν απλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων, παρουσιάζουν αναδυόμενα μαστίγια και συνιστούν τις σπερματοκύστες του σταδίου V (Εικόνα 5.7Ζ; Η). Στις σπερματοκύστες του σταδίου VI, οι σπερματίδες εισέρχονται στη φάση της σπερμιογένεσης, κατά την οποία μετατρέπονται σε πιο επιμηκυσμένα ανώριμα σπερματοζώα που σχηματίζουν χαλαρές δέσμες με τα κεφάλια να κατευθύνονται προς τη βασική μεμβράνη και τις ουρές προς τον κεντρικό αυλό (Εικόνα 5.7Θ; Ι). Στις σπερματοκύστες του σταδίου VII, τα ώριμα σπερματοζώα οργανώνονται σε σφιχτές δέσμες, οι οποίες σχετίζονται με τα κύτταρα Sertoli που βρίσκονται στην περιφέρεια των σπερματοκυστών (Εικόνα 5.7Κ). Τελικά, τα ώριμα σπερματοζώα απελευθερώνονται στον αυλό των σπερματοκυστών (Εικόνα 5.7Λ), μέσω των εκφορητικών σωληναρίων καταλήγουν στην επιδιδυμίδα και από εκεί μέσω των σπερματαγωγών φτάνουν στους σπερματικούς σάκους και τελικά στα γονοπόδια (Serra-Pereira *et al.* 2014).

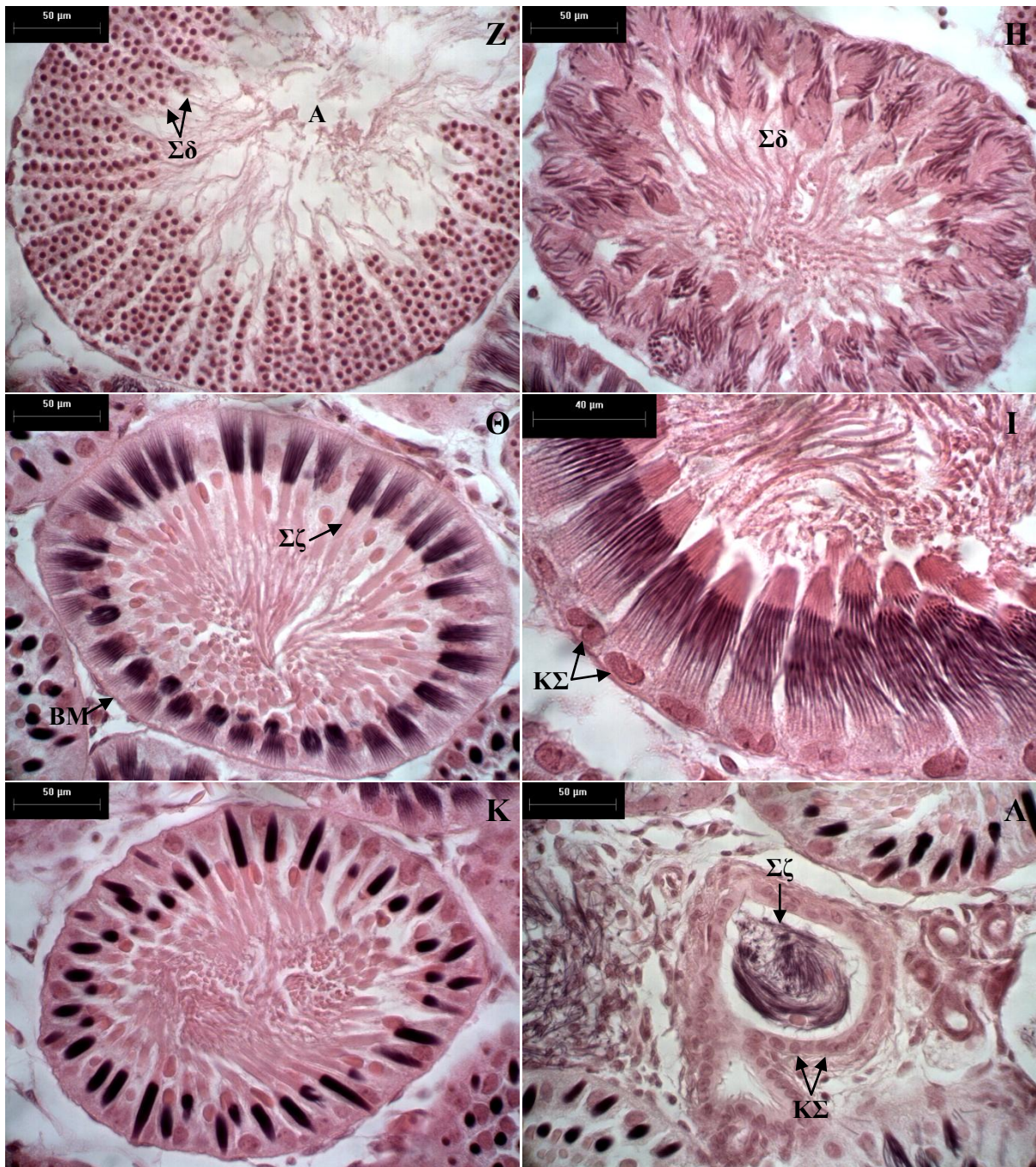
Στους ώριμους όρχεις και των δύο ειδών, παρατηρήθηκαν οι σπερματοκύστες όλων των σπερματογενετικών σταδίων. Ωστόσο, περισσότερο άφθονες ήταν οι σπερματοκύστες με σπερματίδες ή σπερματοζώα. Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και τα δραστήρια αρσενικά άτομα, χωρίς ωστόσο να ξεχωρίζουν από τα ώριμα. Όπως και στους τελεόστεους, η δραστήρια φάση είναι ιστολογικά δυσδιάκριτη (Brown-Peterson *et al.* 2011). Η μικροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας συνοψίζεται στον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7 Μικροσκοπική περιγραφή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας των αρσενικών ατόμων των υπό μελέτη ειδών

Στάδιο	Κατάσταση	Περιγραφή
I	Ανώριμη	Όρχεις με γονοκύτταρα και άφθονα σπερματογόνια. Λιγότερες σπερματοκύστες με σπερματοκύτταρα (πρωτογενή και δευτερογενή). Σπάνια παρατηρούνται σπερματίδες ή σπερματοζώα.
II	Ωριμάζουσα	Όρχεις με σπερματοκύστες όλων των σπερματογενετικών σταδίων, αλλά κυρίως με δευτερογενή σπερματοκύτταρα.
III	Ωριμη	Όρχεις με σπερματοκύστες όλων των σπερματογενετικών σταδίων, αλλά κυρίως με σπερματίδες ή σπερματοζώα.
IV	Δραστήρια	Όρχεις σταδίου III.

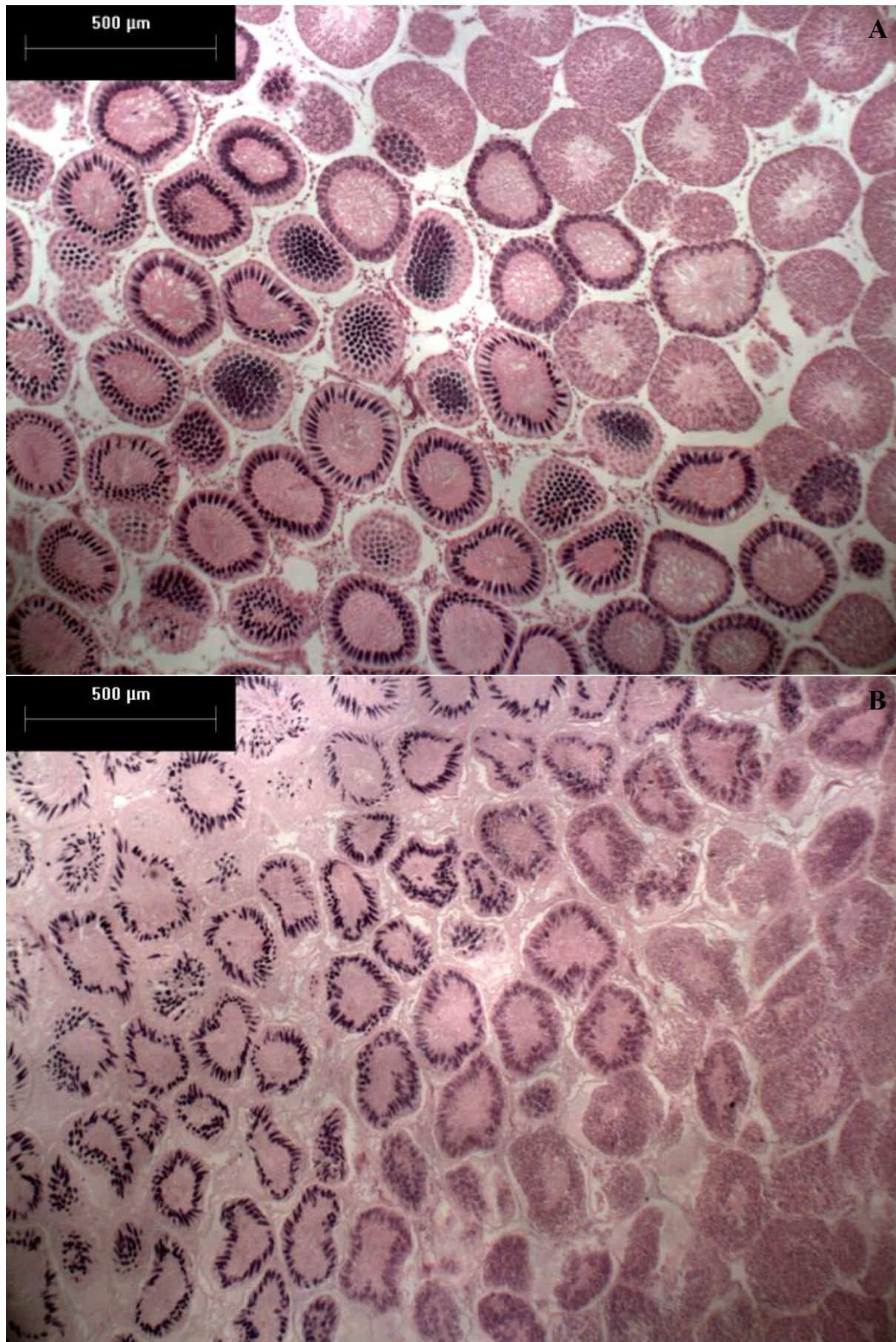


Εικόνα 5.7 Σπερματοκύστες του είδους *S. canicula* σε διαφορετικά σπερματογενετικά στάδια (χρώση: αιματοξυλίνη & εωσίνη). Στάδιο I, πρώιμα σπερματογόνια (Α); Στάδιο II, σπερματογόνια που ωθούν τα κύτταρα Sertoli προς τον αυλό (Β); Στάδιο II, σπερματογόνια και κύτταρα Sertoli σε δύο κυτταρικές στιβάδες (Γ); Στάδιο II, κύτταρα Sertoli σε περιφερική διάταξη (Δ); Στάδιο III, πρωτογενή σπερματοκύτταρα (Ε); Στάδιο IV, δευτερογενή σπερματοκύτταρα (ΣΤ). [Α, αυλός; ΒΜ, βασική μεμβράνη; ΚΣ, κύτταρα Sertoli; Σγ, σπερματογόνια; ΣκΑ, πρωτογενή σπερματοκύτταρα; ΣκΒ, δευτερογενή σπερματοκύτταρα] (Φωτο. Β Κουστίνη)



Εικόνα 5.7 (συνέχεια) Στάδιο V, πρώιμες σπερματίδες στρογγυλού σχήματος με αναδύομενα μαστήγια (**Z**); Στάδιο V, επιμηκυμένες σπερματίδες προχωρημένης ωρίμασης (**H**); Στάδιο VI, ανώριμα σπερματοζώα που σχηματίζουν χαλαρές δέσμες (**Θ**); Στάδιο VI, κεφάλια σπερματοζώων προσανατολισμένα προς τα κύτταρα Sertoli (**I**); Στάδιο VII, ώριμα σπερματοζώα σε σφιχτές δέσμες (**K**); Απελευθέρωση ώριμων σπερματοζώων στον αυλό και συρρίκνωση των σπερματοκυστών (**Α**). [A, αυλός; BM, βασική μεμβράνη; ΚΣ, κύτταρα Sertoli; Σδ, σπερματίδες; Σζ, σπερματοζώα] (Φωτο. Β Κουστένη)

Στην Εικόνα 5.8 παρουσιάζονται τα ιστολογικά παρασκευάσματα ώριμων όρχεων των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* όπου διακρίνονται σπερματοκύστες σε διαφορετικά σπερματογενετικά στάδια.



Εικόνα 5.8 Ωριμοί όρχεις των ειδών *S. canicula* (A) και *S. blainville* (B) (Φωτο. Β Κουστένη)

5.3.3 Κατανομές σταδίων γεννητικής ωριμότητας

Scyliorhinus canicula

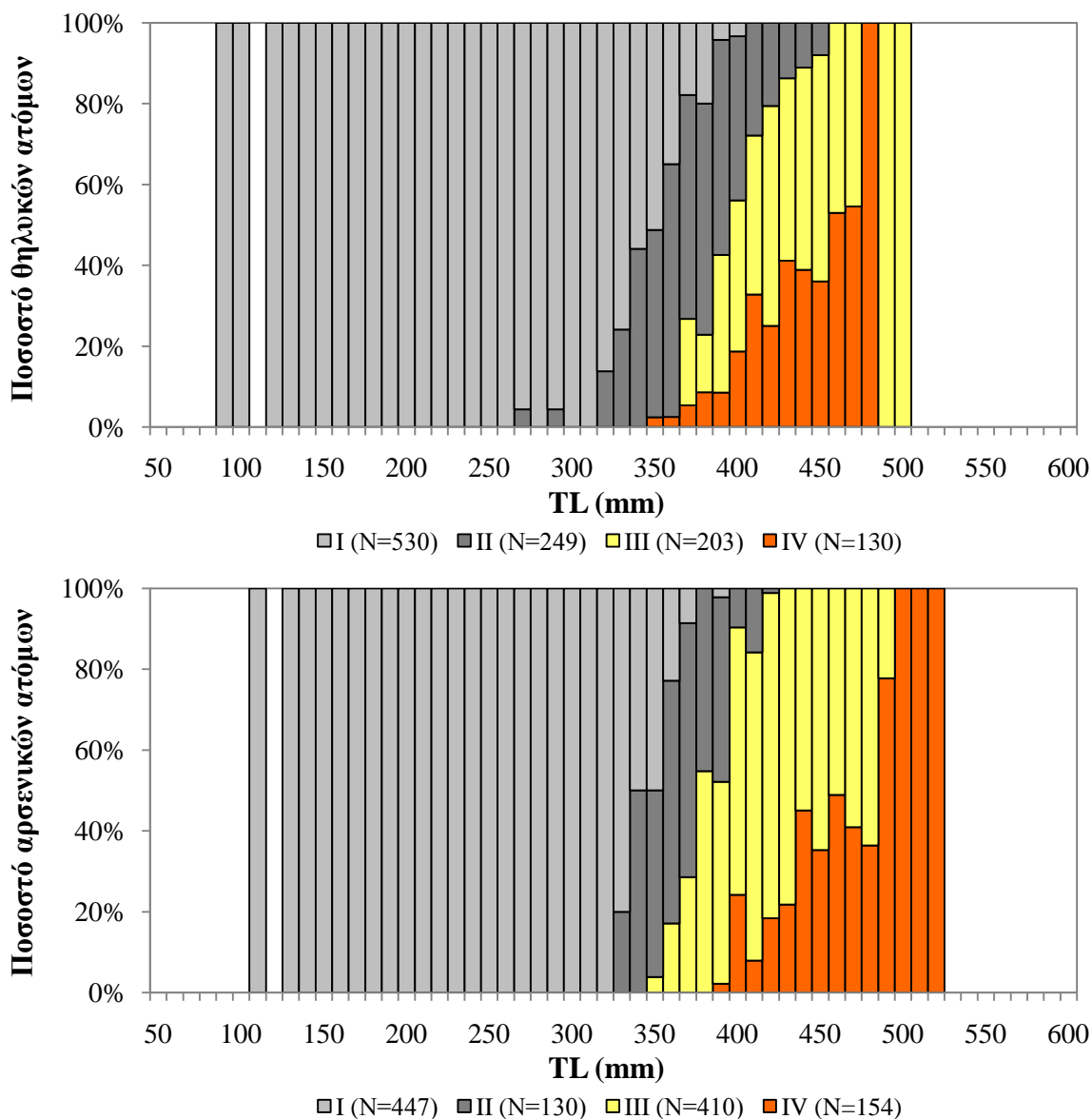
Στη μελέτη της αναπαραγωγικής βιολογίας του είδους συμπεριλήφθηκαν 2.253 άτομα από το σύνολο των 2.314 συλλεχθέντων ατόμων. Τα υπόλοιπα 61 άτομα περιελάμβαναν 32 θηλυκά και 28 αρσενικά άτομα στα οποία δεν ήταν εφικτή η αναγνώριση του σταδίου ωριμότητας, εξαιτίας της προχωρημένης αλλοίωσης των αναπαραγωγικών οργάνων από παράσιτα, καθώς και ένα ανώριμο (στάδιο II) ερμαφρόδιτο άτομο. Τα περισσότερα θηλυκά (70,5%) και σχεδόν τα μισά αρσενικά άτομα (50,6%) ήταν ανώριμα.

Και τα δύο φύλα προσέγγισαν την κατάσταση ωρίμασης με την αύξηση του μήκους τους και φάνηκε ότι ξεκινούν να ωριμάζουν σε παρόμοιο μήκος (Εικόνα 5.9, Πίνακας 5.8).

Η μηνιαία κατανομή των σταδίων γεννητικής ωριμότητας αποκάλυψε την παρουσία τόσο ανώριμων (στάδια I–II) όσο και ώριμων ατόμων (στάδια III–IV) και των δύο φύλων όλους τους μήνες. Ισχυρή παρουσία των ώριμων θηλυκών ατόμων παρατηρήθηκε τους μήνες Μάρτιο (65,5%) και Απρίλιο (46,5%), ενώ ανώριμα θηλυκά κυριάρχησαν σε ποσοστά μεγαλύτερα από 70% τους μήνες Μάιο (77,5%), Οκτώβριο (75,3%), Νοέμβριο (73,9%) και Δεκέμβριο (80,2%). Κυοφορούντα θηλυκά άτομα (στάδιο IV) καταγράφηκαν όλους τους μήνες σε ποσοστά από 7,94 (Δεκέμβριος) έως 22,6% (Μάρτιος). Από την άλλη πλευρά, ώριμα αρσενικά άτομα κυριάρχησαν τους μήνες Ιανουάριο (72,2%), Οκτώβριο (81,3%), Νοέμβριο (80%) και Δεκέμβριο (75,8%), ενώ ανώριμα αρσενικά κυριάρχησαν τον Απρίλιο (77,6%). Δραστήρια αρσενικά άτομα (στάδιο IV) βρέθηκαν όλους τους μήνες, με αυξημένα ποσοστά το Μάρτιο (21,2%), τον Οκτώβριο (20,5), το Νοέμβριο (25,9%) και το Δεκέμβριο (32,6). Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται ότι εξαιτίας της απαγόρευσης της αλιείας με μηχανότρατα τους θερινούς μήνες και το Σεπτέμβριο, καθώς και της σημαντικής εξάρτησης των δειγματοληψιών από τους επαγγελματίες αλιείς, οι μήνες δεν αντιπροσωπεύτηκαν από τον ίδιο αριθμό ατόμων (Εικόνα 5.10, Πίνακας 5.9).

Από την Εικόνα 5.11, διαπιστώνεται σαφής αλληλοεπικάλυψη των σταδίων γεννητικής ωριμότητας σε όλες τις ζώνες βάθους και στα δύο φύλα. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η κυριαρχία των ανώριμων θηλυκών (79,2%) και αρσενικών ατόμων (65,5%) από 300 έως 400 m βάθους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ώριμων θηλυκών ατόμων (42,2%) βρέθηκε από 200 έως 300 m βάθους, από τα οποία τα κυοφορούντα (15,9%) ήταν αφθονότερα στη ρηχότερη ζώνη (100–200 m). Τέλος, η πλειονότητα των αρσενικών ατόμων ήταν ώριμα στις ζώνες βάθους 100–200 (60,5%), 200–300 (58,5%) και 400–500 m (56,1%) (Πίνακας 5.10).

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

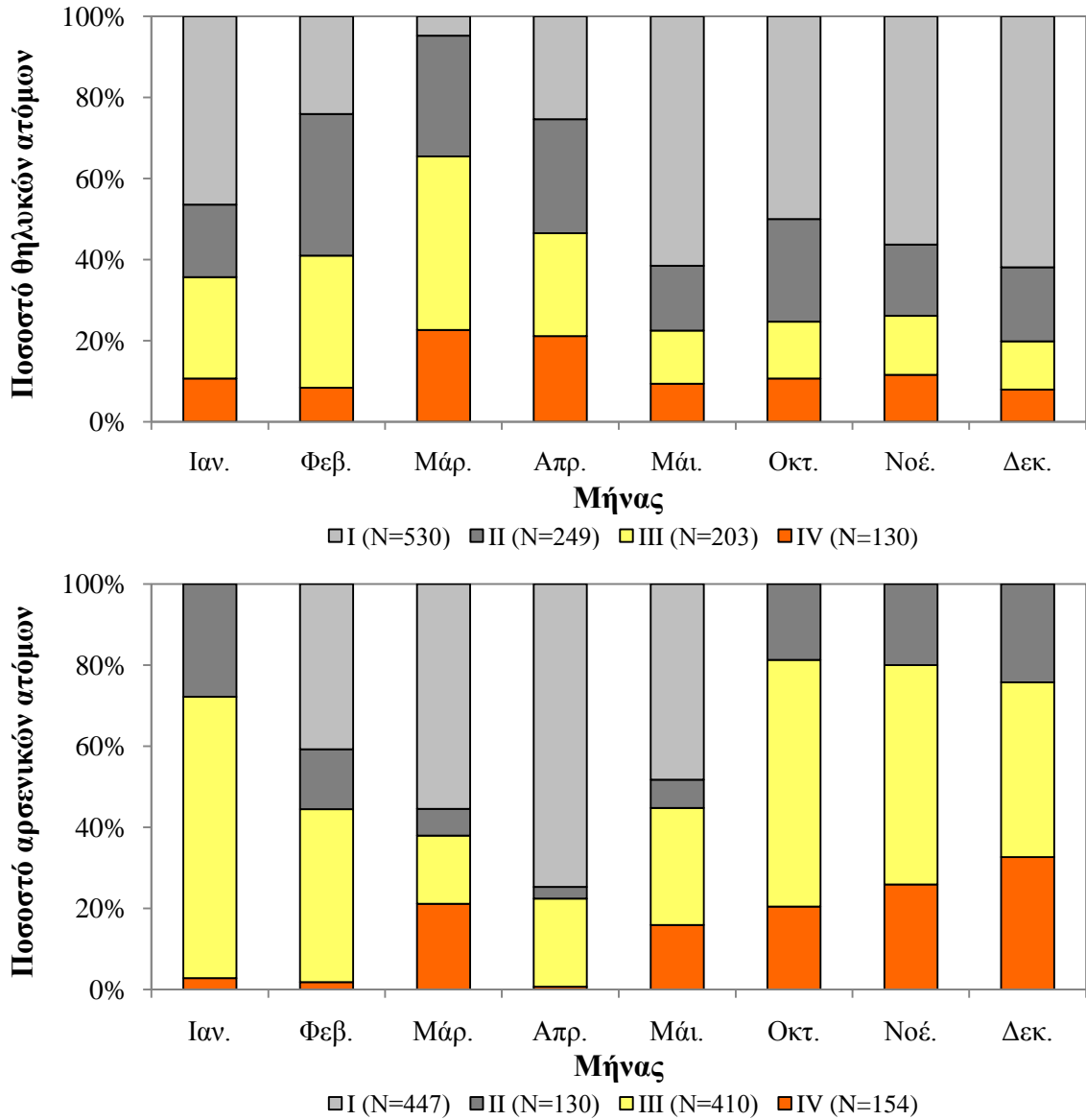


Εικόνα 5.9 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά κλάση ολικού μήκους (TL)

Πίνακας 5.8 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του ολικού μήκους (TL σε mm) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Θηλυκά					Αρσενικά				
Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος
I	530	252	69,5	89–395	I	447	247	60,0	110–382
II	249	376	28,8	265–447	II	130	368	21,4	326–416
III	203	412	25,4	361–492	III	410	417	26,4	350–489
IV	130	418	26,4	349–480	IV	154	439	27,1	390–517
Σύνολο	1.112	329	90,3	89–492	Σύνολο	1.141	348	93,1	110–517

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

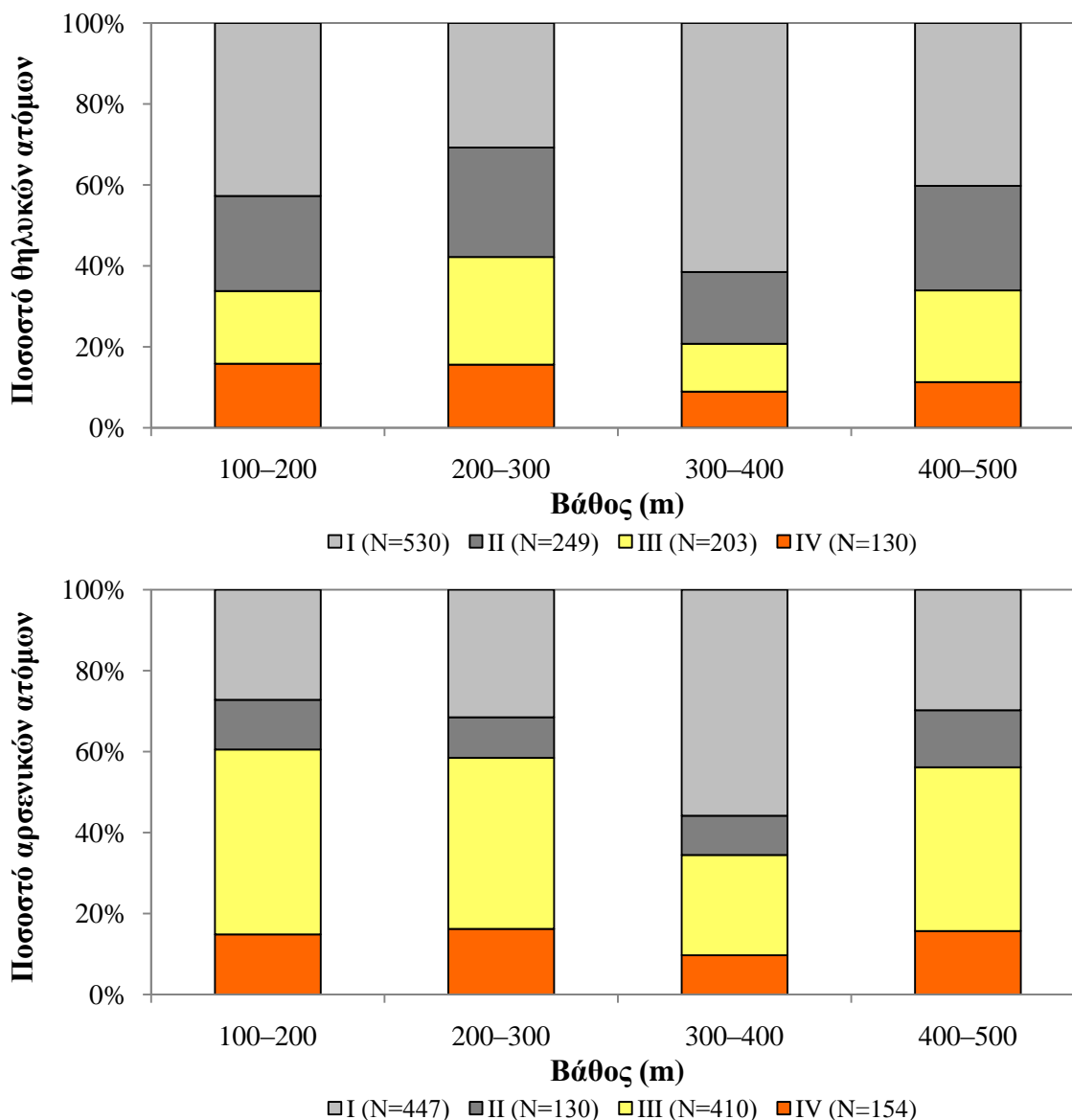


Εικόνα 5.10 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά μήνα

Πίνακας 5.9 Αριθμός (N) και ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά μήνα

Μήνας	Θηλυκά									Αρσενικά								
	I		II		III		IV		Σύνολο	I		II		III		IV		Σύνολο
	N	%	N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%	N	%	
Ιαν.	13	46,4	5	17,9	7	25,0	3	10,7	28	0	0	10	27,8	25	69,4	1	2,78	36
Φεβ.	20	24,1	29	34,9	27	32,5	7	8,43	83	44	40,7	16	14,8	46	42,6	2	1,85	108
Μάρ.	4	4,76	25	29,8	36	42,9	19	22,6	84	76	55,5	9	6,57	23	16,8	29	21,2	137
Απρ.	18	25,4	20	28,2	18	25,4	15	21,1	71	230	74,7	9	2,92	67	21,8	2	0,65	308
Μάι.	131	61,5	34	16,0	28	13,1	20	9,39	213	97	48,3	14	6,97	58	28,9	32	15,9	201
Οκτ.	154	50,0	78	25,3	43	14,0	33	10,7	308	0	0	32	18,7	104	60,8	35	20,5	171
Νοέ.	112	56,3	35	17,6	29	14,6	23	11,6	199	0	0	17	20,0	46	54,1	22	25,9	85
Δεκ.	78	61,9	23	18,3	15	11,9	10	7,94	126	0	0	23	24,2	41	43,2	31	32,6	95

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 5.11 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά ζώνη βάθους

Πίνακας 5.10 Αριθμός (N) και ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά ζώνη βάθους

Βάθος (m)	Θηλυκά									Αρσενικά								
	I		II		III		IV		Σύνολο	I		II		III		IV		Σύνολο
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	N	%	N	%	N	%	N	%	N
100-200	62	42,8	34	23,4	26	17,9	23	15,9	145	44	27,2	20	12,3	74	45,7	24	14,8	162
200-300	59	30,7	52	27,1	51	26,6	30	15,6	192	76	31,5	24	10,0	102	42,3	39	16,2	241
300-400	281	61,5	81	17,7	54	11,8	41	8,97	457	230	55,8	40	9,71	102	24,8	40	9,71	412
400-500	128	40,3	82	25,8	72	22,6	36	11,3	318	97	29,8	46	14,1	132	40,5	51	15,6	326

Squalus blainville

Στη μελέτη της αναπαραγωγικής βιολογίας του είδους συμπεριλήφθηκαν 776 άτομα από το σύνολο των 810 συλλεχθέντων ατόμων. Τα υπόλοιπα 34 άτομα περιελάμβαναν 19 θηλυκά και 14 αρσενικά άτομα στα οποία δεν ήταν εφικτή η αναγνώριση του σταδίου ωριμότητας, εξαιτίας της προσβολής των αναπαραγωγικών οργάνων από παράσιτα, καθώς και ένα ανώριμο (στάδιο II) ερμαφρόδιτο άτομο. Τα περισσότερα θηλυκά (73,4%) και σχεδόν τα μισά αρσενικά άτομα (44,4%) ήταν ανώριμα.

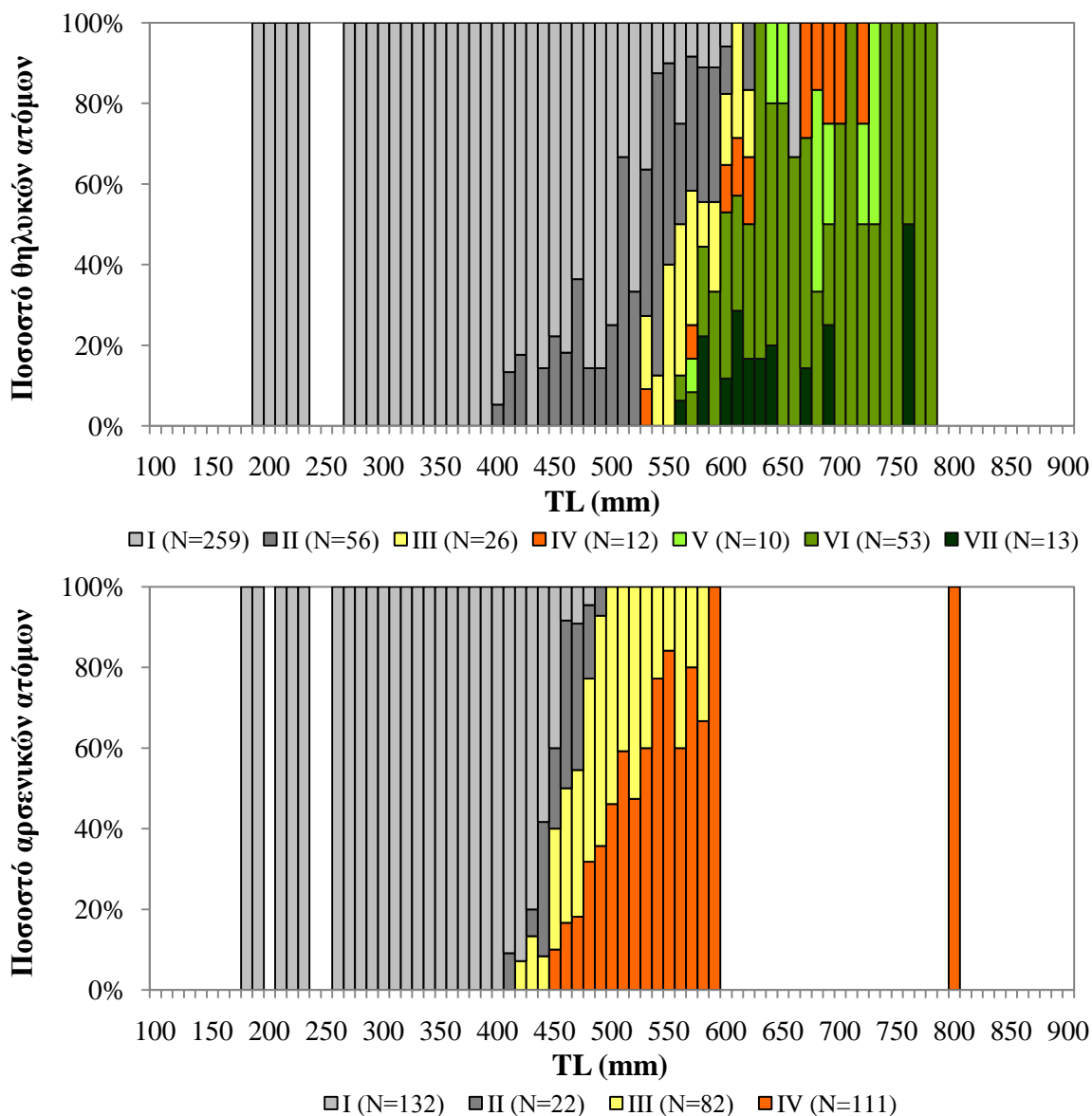
Και τα δύο φύλα προσέγγισαν την κατάσταση ωρίμασης με την αύξηση του μήκους τους, με τα αρσενικά άτομα να ξεκινούν να ωριμάζουν σε μικρότερο μήκος από ό,τι τα θηλυκά (Εικόνα 5.12, Πίνακας 5.11).

Όλα τα θηλυκά και αρσενικά άτομα μέχρι την ηλικία των 11 και 7 y, αντίστοιχα, ήταν ανώριμα (στάδια I–II), ενώ αυξανόμενης της ηλικίας αυξήθηκε το ποσοστό των ώριμων ατόμων. Όλα τα θηλυκά και αρσενικά άτομα μεγαλύτερα από 23 και 16 y, αντίστοιχα, ήταν ώριμα (Εικόνα 5.13, Πίνακας 5.12).

Λαμβάνοντας υπόψη τους μήνες που αντιπροσωπεύτηκαν από περισσότερα από 30 άτομα, διαπιστώθηκε ότι τα θηλυκά άτομα ήταν ανώριμα (στάδια I–II) στο σύνολό τους το Δεκέμβριο (100%) και στη συντριπτική τους πλειονότητα τον Ιανουάριο (95,2%). Σχεδόν σε παρόμοια επίπεδα κυμάνθηκαν τα ώριμα θηλυκά άτομα (στάδια III–VII) τους υπόλοιπους μήνες, παρουσιάζοντας το μικρότερο ποσοστό το Μάιο (29,6%) και το μεγαλύτερο ποσοστό τον Ιούνιο (47,1%). Σημαντική παρουσία είχαν τα ώριμα αρσενικά άτομα (στάδια III–IV) τους περισσότερους μήνες σε ποσοστά που κυμάνθηκαν από 62,1 (Απρίλιος) έως 72,5% (Οκτώβριος). Τα αρσενικά άτομα στην πλειονότητά τους ήταν ανώριμα (στάδια I–II) τους μήνες Ιανουάριο (77,8%) και Δεκέμβριο (93,3%). Η παρουσία τόσο θηλυκών ατόμων που κυοφορούν (στάδια IV–VI) ή έχουν γεννήσει (στάδιο VII) όσο και δραστήριων αρσενικών ατόμων (στάδιο IV) όλες τις εποχές, αποτελεί ένδειξη της παρατεταμένης περιόδου αναπαραγωγής του είδους (Εικόνα 5.14, Πίνακας 5.13).

Από την Εικόνα 5.15, διαπιστώνεται σαφής αλληλοεπικάλυψη των ώριμων και ανώριμων ατόμων και των δύο φύλων σε όλα τα βάθη. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η ισχυρή επικράτηση των ώριμων θηλυκών (στάδια III–VII) και αρσενικών ατόμων (στάδια III–IV) σε βάθη >500 m. Στα υπόλοιπα βάθη τα περισσότερα θηλυκά άτομα ήταν ανώριμα, εμφανίζοντας το μεγαλύτερο ποσοστό (85,2%) στη ζώνη 200–300 m. Δεν βρέθηκαν καθόλου δραστήρια αρσενικά (στάδιο IV) στη ρηχότερη ζώνη (100–200 m), η οποία φάνηκε ότι προτιμάται κυρίως από ανώριμα άτομα και των δύο φύλων (στάδια I και II), αλλά και από ώριμα αρσενικά (μόνο σταδίου III) και θηλυκά άτομα (στάδια III–VII) (Πίνακας 5.14).

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

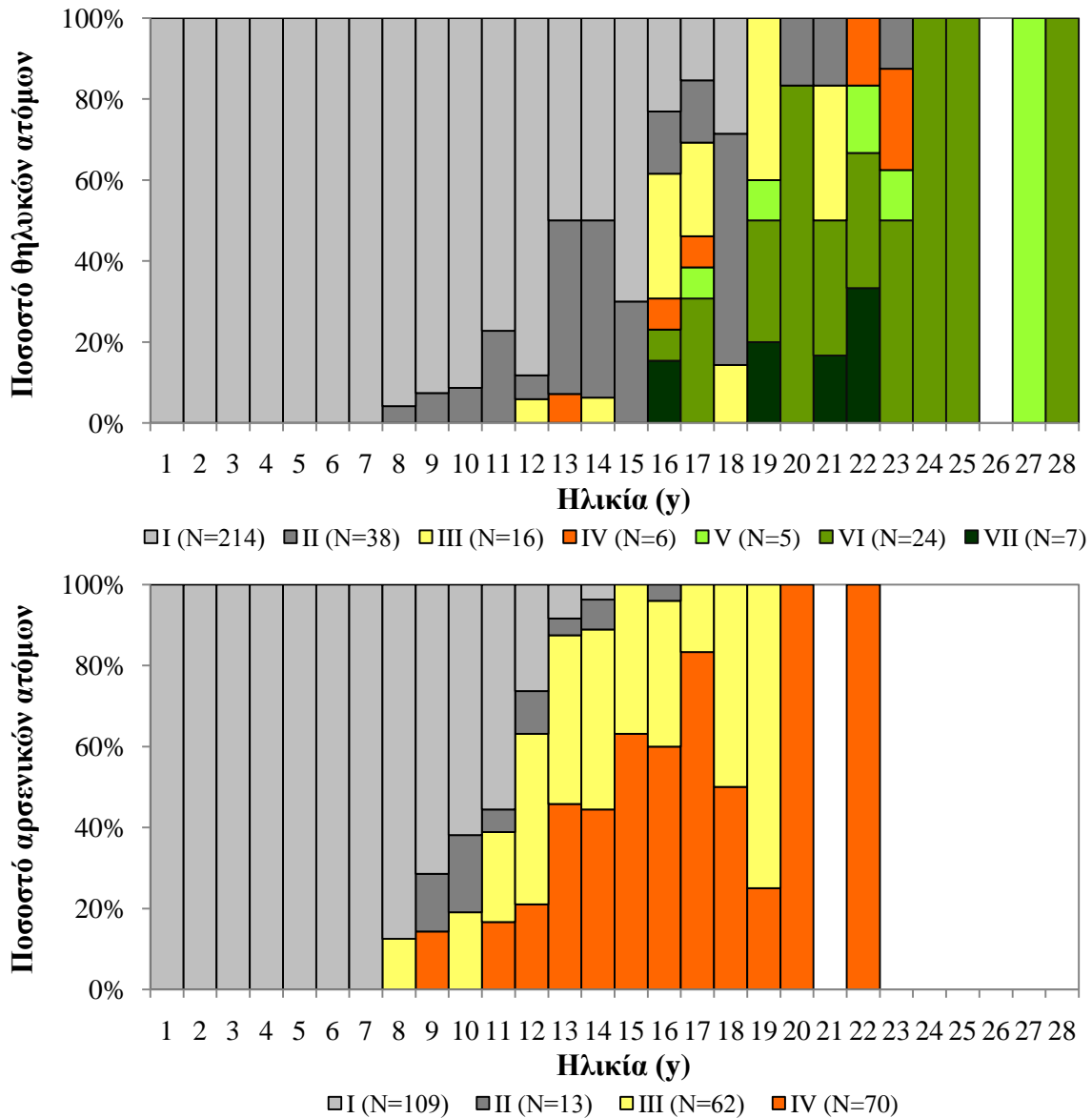


Εικόνα 5.12 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά κλάση ολικού μήκους (TL)

Πίνακας 5.11 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του ολικού μήκους (TL σε mm) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Θηλυκά					Αρσενικά				
Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος
I	259	379	91,6	182–651	I	132	361	70,3	180–472
II	56	516	57,3	392–616	II	22	454	18,8	410–489
III	26	566	24,2	529–618	III	82	499	34,3	420–576
IV	12	634	58,7	523–718	IV	111	526	40,1	445–799
V	10	672	49,3	564–727	Σύνολο	347	452	90,2	180–799
VI	53	651	56,5	560–779					
VII	13	623	54,3	555–759					
Σύνολο	429	463	136	182–779					

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση



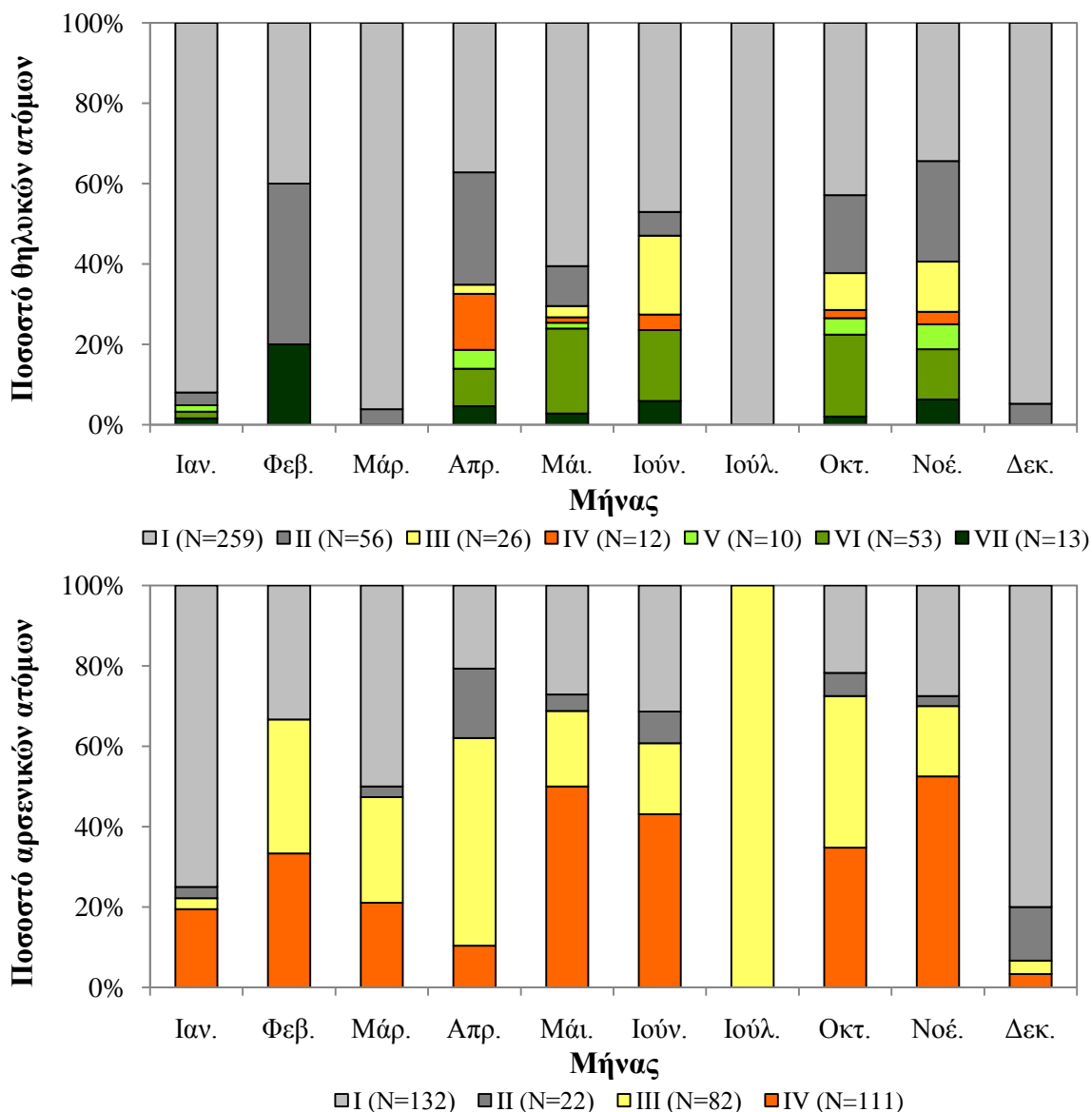
Εικόνα 5.13 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά κλάση ηλικίας

Πίνακας 5.12 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της ηλικίας (σε y) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Θηλυκά					Αρσενικά				
Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος
I	214	8,16	4,10	1–18	I	109	7,14	3,34	1–14
II	38	14,1	3,42	8–23	II	13	11,5	2,18	9–16
III	16	17,3	2,39	12–21	III	62	13,8	2,46	8–19
IV	6	19,0	4,24	13–23	IV	70	14,7	2,33	9–22
V	5	21,6	3,85	17–27	Σύνολο	254	11,1	4,49	1–22
VI	24	20,7	2,91	16–28					
VII	7	19,3	2,56	16–22					
Σύνολο	310	11,0	5,93	1–28					

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

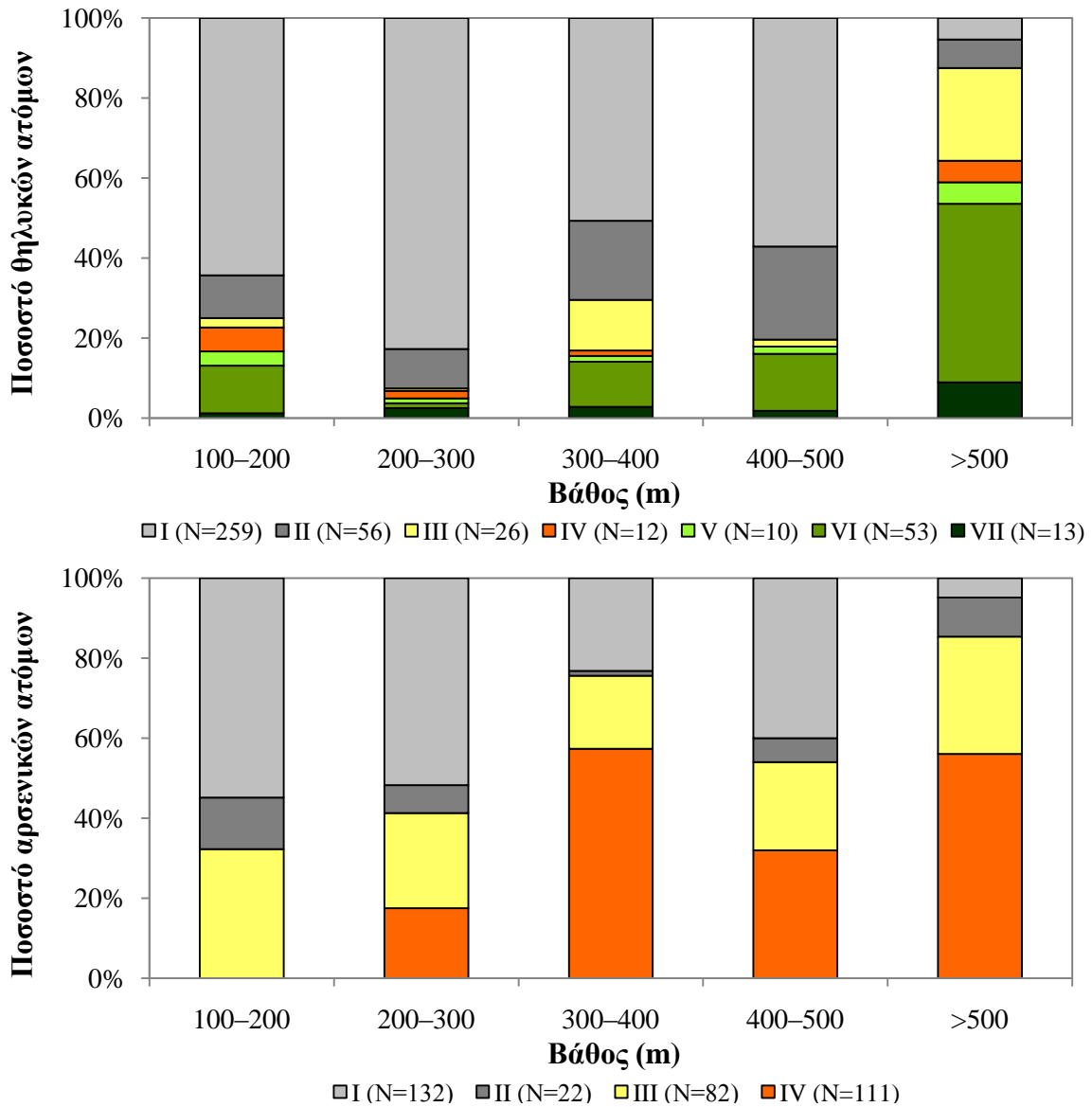
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 5.14 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά μήνα

Πίνακας 5.13 Αριθμός (N) και ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά μήνα

Μήνας	Θηλυκά														Αρσενικά									
	I		II		III		IV		V		VI		VII		Σύνολο	I		II		III		IV		Σύνολο
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ιαν.	57	91,9	2	3,23	0	0	0	0	1	1,61	1	1,61	1	1,61	62	27	75,0	1	2,78	1	2,78	7	19,4	36
Φεβ.	2	40,0	2	40,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20,0	5	1	33,3	0	0	1	33,3	1	33,3	3
Μάρ.	25	96,2	1	3,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	19	50,0	1	2,63	10	26,3	8	21,1	38
Απρ.	16	37,2	12	27,9	1	2,33	6	14,0	2	4,65	4	9,30	2	4,65	43	6	20,7	5	17,2	15	51,7	3	10,3	29
Μάι.	43	60,6	7	9,86	2	2,82	1	1,41	1	1,41	15	21,1	2	2,82	71	13	27,1	2	4,17	9	18,8	24	50,0	48
Ιούν.	24	47,1	3	5,88	10	19,6	2	3,92	0	0	9	17,6	3	5,88	51	16	31,4	4	7,84	9	17,6	22	43,1	51
Ιούλ.	3	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	100	0	0	3	
Οκτ.	42	42,9	19	19,4	9	9,18	2	2,04	4	4,08	20	20,4	2	2,04	98	15	21,7	4	5,80	26	37,7	24	34,8	69
Νοέ.	11	34,4	8	25,0	4	12,5	1	3,13	2	6,25	4	12,5	2	6,25	32	11	27,5	1	2,50	7	17,5	21	52,5	40
Δεκ.	36	94,7	2	5,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	24	80,0	4	13,3	1	3,33	1	3,33	30	



Εικόνα 5.15 Ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά ζώνη βάθους

Πίνακας 5.14 Αριθμός (N) και ποσοστό (%) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας ανά ζώνη βάθους

Βάθος (m)	Θηλυκά														Αρσενικά										
	I		II		III		IV		V		VI		VII		Σύνολο		I		II		III		IV		Σύνολο
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
100–200	54	64,3	9	10,7	2	2,38	5	5,95	3	3,57	10	11,9	1	1,19	84	17	54,8	4	12,9	10	32,3	0	0	31	
200–300	134	82,7	16	9,88	1	0,62	3	1,85	2	1,23	2	1,23	4	2,47	162	74	51,7	10	6,99	34	23,8	25	17,5	143	
300–400	36	50,7	14	19,7	9	12,7	1	1,41	1	1,41	8	11,3	2	2,82	71	19	23,2	1	1,22	15	18,3	47	57,3	82	
400–500	32	57,1	13	23,2	1	1,79	0	0	1	1,79	8	14,3	1	1,79	56	20	40,0	3	6,00	11	22,0	16	32,0	50	
>500	3	5,36	4	7,14	13	23,2	3	5,36	3	5,36	25	44,6	5	8,93	56	2	4,88	4	9,76	12	29,3	23	56,1	41	

5.3.4 Μετρήσεις αναπαραγωγικών οργάνων και ήπατος

Scyliorhinus canicula

Στα θηλυκά άτομα ο αριστερός κελυφικός αδένας ή ωαγωγός δεν διέφερε σημαντικά ως προς τη διάμεση τιμή του μήκους, του πλάτους και του βάρους από το δεξιό ($P_W > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις) (Πίνακας 5.15). Αντίθετα, στα αρσενικά άτομα η δεξιά γονάδα παρουσίασε σημαντικά υψηλότερη διάμεση τιμή μήκους και χαμηλότερη διάμεση τιμή πλάτους από την αριστερή, αλλά καμία σημαντική διαφορά ως προς το βάρος ($P_W > 0,05$) (Πίνακας 5.16).

Πίνακας 5.15 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων του αριστερού και δεξιού ωαγωγού και κελυφικού αδένων των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula*. Η πιθανότητα P_W αντιστοιχεί στη δοκιμασία Mann–Whitney

Μέτρηση	Αριστερή πλευρά				Δεξιά πλευρά				P_W	
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος		
Κελυφικοί αδένες	Μήκος	602	19,8	5,60	4,00–45,0	495	19,7	5,66	4,00–44,0	0,6849 (W=146.880)
	Πλάτος	602	12,0	4,82	2,00–29,0	495	11,8	5,02	2,00–27,0	0,6779 (W=146.831)
	Βάρος	602	1,32	1,07	0,004–4,8	495	1,30	1,09	0,003–5,1	0,6556 (W=146.668)
Ωαγωγοί	Μήκος	478	79,5	20,4	35,0–129	478	80,0	19,9	37,0–130	0,6659 (W=116.085)
	Πλάτος	568	7,42	5,13	0,50–21,0	568	7,43	5,16	0,50–22,0	0,9951 (W=161.346)
	Βάρος	431	1,40	1,35	0,04–5,50	431	1,42	1,36	0,04–5,46	0,8519 (W=93.564)

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας 5.16 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων της αριστερής και δεξιάς γονάδας των αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula*. Η πιθανότητα P_W αντιστοιχεί στη δοκιμασία Mann–Whitney

Μέτρηση	Αριστερή πλευρά				Δεξιά πλευρά				P_W	
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος		
Γονάδες	Μήκος	734	66,9	21,4	8,00–125	734	83,3	21,9	18,0–145	0 (W=378.424)
	Πλάτος	614	10,8	4,78	1,00–20,0	614	10,0	4,40	1,00–23,0	0,0001 (W=164.913)
	Βάρος	825	2,89	2,11	0–9,80	825	3,13	2,32	0–11,1	0,0992 (W=356.269)

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας δίνονται στους Πίνακες 5.17 και 5.18, αντίστοιχα. Τα θηλυκά άτομα παρουσίασαν σημαντική αύξηση στην πορεία της ωρίμασης ως προς: (α) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=374$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=400$) και το βάρος της γονάδας ($P_{KW}=0$, $H=589$), (β) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=378$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=452$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=455$) του αριστερού κελυφικού αδένου,

(γ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=308$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=378$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=377$) του δεξιού κελυφικού αδένα, (δ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=306$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=416$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=334$) του αριστερού ωαγωγού, (ε) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=312$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=414$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=332$) του δεξιού ωαγωγού, και (στ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=649$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=610$) του ήπατος.

Πίνακας 5.17 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Δίνεται το σύμβολο και η περιγραφή κάθε μέτρησης

Μέτρηση		I				II			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ	Μήκος γονάδας	215	50,1	20,0	8,00–116	190	75,3	17,7	33,0–123
ΠΓ	Πλάτος γονάδας	180	4,29	2,19	1,00–10,0	151	7,90	3,38	2,00–18,1
BΓ	Βάρος γονάδας	275	0,30	0,38	0,00–1,90	193	0,96	0,72	0,01–3,51
MK _A	Μήκος αριστερού κελυφικού	63	10,8	4,29	4,00–22,0	221	17,0	3,35	8,00–25,0
ΠK _A	Πλάτος αριστερού κελυφικού	63	5,27	2,96	2,00–12,0	221	8,63	2,00	3,00–16,0
BK _A	Βάρος αριστερού κελυφικού	63	0,13	0,16	4E-3–0,58	221	0,44	0,00	0,02–1,80
MK _Δ	Μήκος δεξιού κελυφικού	44	9,48	4,15	4,00–22,0	199	17,0	3,47	7,00–25,0
ΠK _Δ	Πλάτος δεξιού κελυφικού	44	3,95	2,02	2,00–9,00	199	8,44	2,16	3,00–16,0
BK _Δ	Βάρος δεξιού κελυφικού	44	0,06	0,11	3E-3–0,53	199	0,42	0,28	0,02–1,90
MΩ _A	Μήκος αριστερού ωαγωγού	33	50,3	7,45	35,0–68,0	193	65,6	13,2	41,0–112
ΠΩ _A	Πλάτος αριστερού ωαγωγού	60	1,77	0,99	0,50–5,00	209	4,42	1,69	1,00–10,0
BΩ _A	Βάρος αριστερού ωαγωγού	6	0,27	0,19	0,06–0,49	174	0,42	0,26	0,04–1,40
MΩ _Δ	Μήκος δεξιού ωαγωγού	33	51,4	7,77	37,0–72,0	193	66,1	13,0	38,0–110
ΠΩ _Δ	Πλάτος δεξιού ωαγωγού	60	1,80	1,00	0,50–5,00	209	4,00	1,72	1,00–10,0
BΩ _Δ	Βάρος δεξιού ωαγωγού	6	0,22	0,15	0,05–0,45	174	0,44	0,28	0,04–1,60
MΗ	Μήκος ήπατος	437	53,0	25,3	7,00–120	232	103	19,1	55,0–149
BΗ	Βάρος ήπατος	437	3,66	3,83	0,02–22,7	231	14,6	6,58	4,1–36,0

Μέτρηση		III				IV			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ	Μήκος γονάδας	183	96,9	23,3	47,0–177	124	104	24,0	48,0–157
ΠΓ	Πλάτος γονάδας	118	20,5	5,97	10,0–35,0	83	21,9	6,22	8,00–40,0
BΓ	Βάρος γονάδας	190	7,13	4,71	0,27–24,4	125	9,55	5,32	0,80–25,4
MK _A	Μήκος αριστερού κελυφικού	192	23,1	3,21	14,0–31,0	126	24,4	3,54	18,0–45,0
ΠK _A	Πλάτος αριστερού κελυφικού	192	14,7	2,66	9,00–24,0	126	17,2	2,71	12,0–29,0
BK _A	Βάρος αριστερού κελυφικού	192	2,00	0,75	0,18–4,29	126	2,42	0,67	1,20–4,80
MK _Δ	Μήκος δεξιού κελυφικού	148	23,0	3,22	14,0–30,0	104	24,3	3,50	18,0–44,0
ΠK _Δ	Πλάτος δεξιού κελυφικού	148	15,0	2,70	7,00–23,0	104	17,2	2,61	10,0–27,0
BK _Δ	Βάρος δεξιού κελυφικού	148	2,06	0,78	0,05–4,41	104	2,00	0,66	1,24–5,10
MΩ _A	Μήκος αριστερού ωαγωγού	148	90,0	12,7	61,0–129	104	99,6	12,2	64,0–128
ΠΩ _A	Πλάτος αριστερού ωαγωγού	175	7,30	2,03	3,00–18,0	124	15,4	3,84	5,00–21,0
BΩ _A	Βάρος αριστερού ωαγωγού	148	1,20	0,38	0,19–2,51	103	3,38	1,26	0,63–5,50
MΩ _Δ	Μήκος δεξιού ωαγωγού	148	90,3	11,7	62,0–130	104	99,9	11,1	71,0–126
ΠΩ _Δ	Πλάτος δεξιού ωαγωγού	175	7,31	2,07	2,00–19,0	124	15,5	3,89	5,00–22,0
BΩ _Δ	Βάρος δεξιού ωαγωγού	148	1,20	0,35	0,20–2,55	103	3,45	1,25	0,74–5,46
MΗ	Μήκος ήπατος	197	117	19,9	75,0–172	130	120	20,3	75,0–165
BΗ	Βάρος ήπατος	197	17,0	8,18	5,38–49,4	129	16,6	5,73	6,20–32,9

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος στην πορεία ωρίμασης παρατηρήθηκε και στα αρσενικά άτομα, και συγκεκριμένα ως προς: (α) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=374$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=396$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=593$) της αριστερής γονάδας, (β) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=372$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=392$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=590$) της δεξιάς γονάδας, (γ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=696$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=733$) του ήπατος, και (δ) το εξωτερικό μήκος ($P_{KW}=0$, $H=846$), το εσωτερικό μήκος ($P_{KW}=0$, $H=837$) και το πλάτος της βάσης ($P_{KW}=0$, $H=856$) του αριστερού γονοποδίου (Πίνακας 5.18).

Πίνακας 5.18 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Δίνεται το σύμβολο και η περιγραφή κάθε μέτρησης

Μέτρηση		I				II			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
ΜΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	71	29,9	10,5	8,00–59,0	119	47,3	11,8	25,0–89,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	119	3,09	1,43	1,00–8,00	82	8,31	2,37	3,00–14,0
ΒΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	159	0,11	0,14	0,00–1,01	121	1,05	0,55	0,10–2,48
ΜΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	71	48,3	12,2	18,0–76,0	119	62,8	12,1	41,0–101
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	119	3,11	1,38	1,00–7,00	82	7,86	2,23	4,00–14,0
ΜΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	159	0,11	0,16	0,00–1,12	121	1,17	0,61	0,10–2,77
MH	Μήκος ήπατος	371	49,3	20,3	12,0–105	124	87,5	14,3	60,0–118
BH	Βάρος ήπατος	371	2,71	2,36	0,10–9,55	124	9,39	2,97	4,32–16,9
CLO	Εξωτ. μήκος γονοποδίου*	411	4,83	2,56	1,00–18,0	130	17,7	4,34	6,00–25,0
CLI	Εσωτ. μήκος γονοποδίου*	411	10,6	4,23	3,00–27,0	130	27,7	4,82	13,0–36,0
CLB	Πλάτος βάσης γονοποδίου*	411	1,94	0,75	1,00–4,00	130	4,14	0,95	2,00–7,00
Μέτρηση		III				IV			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
ΜΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	394	74,4	14,5	36,0–118	150	80,4	15,5	47,0–125
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	263	13,1	2,47	7,00–20,0	150	14,3	2,39	9,00–20,0
ΒΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	395	3,81	1,36	1,20–7,61	150	4,90	1,43	1,85–9,80
ΜΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	394	89,9	15,2	51,0–134	150	98,9	16,7	58,0–145
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	263	12,0	2,48	7,00–20,0	150	13,4	2,49	7,00–23,0
ΜΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	395	4,11	1,50	1,10–9,76	150	5,36	1,80	2,10–11,0
MH	Μήκος ήπατος	397	104	18,0	59,0–150	150	111	18,7	75,0–162
BH	Βάρος ήπατος	397	13,4	4,81	5,46–34,5	150	16,1	6,44	6,70–41,9
CLO	Εξωτ. μήκος γονοποδίου*	410	22,8	2,17	17,0–30,0	154	23,7	2,25	18,0–29,0
CLI	Εσωτ. μήκος γονοποδίου*	410	32,8	2,62	26,0–41,0	154	34,1	2,72	28,0–42,0
CLB	Πλάτος βάσης γονοποδίου*	410	5,25	0,83	3,00–8,00	154	5,98	0,84	4,00–8,00

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *αφορούν στο αριστερό γονοπόδιο

Η ανάλυση της εκθετικής παλινδρόμησης αποκάλυψε σημαντικό βαθμό συσχέτισης μεταξύ του ολικού μήκους των ατόμων και των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος ($P_{ANOVA}=0$ σε όλες τις περιπτώσεις). Οι συντελεστές των σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών δίνονται ξεχωριστά για τα δύο φύλα στον Πίνακα 5.19.

Πίνακας 5.19 Συντελεστές των σχέσεων ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula*

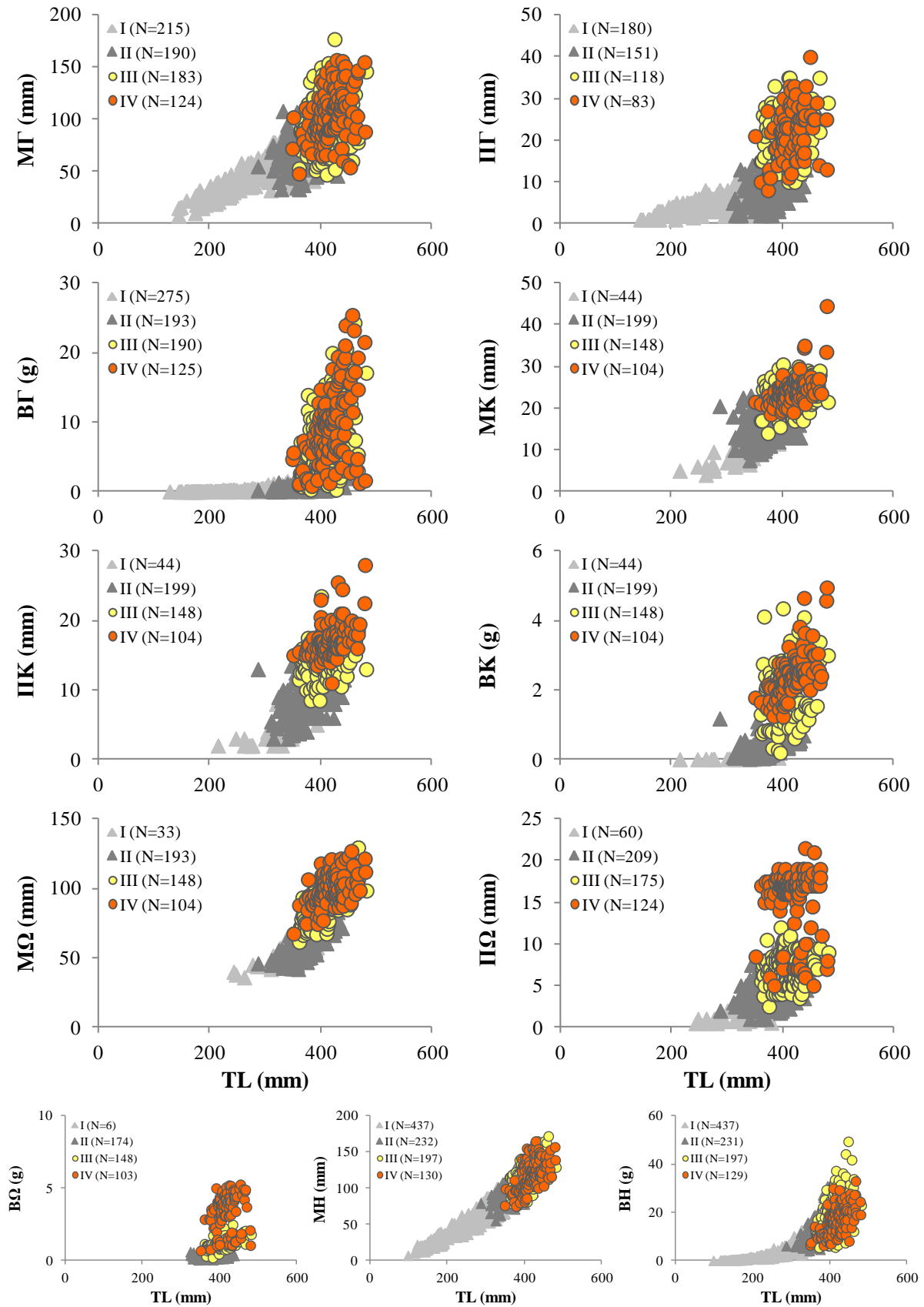
Θηλυκά						Αρσενικά					
X-Y	N	a	b	T.Σ.(b)	R ²	X-Y	N	a	b	T.Σ.(b)	R ²
TL-MΓ	712	0,0026	1,737	0,041	0,72	TL-MΓ _Α	734	1E-5	2,559	0,055	0,75
TL-ΠΓ	532	1E-6	2,672	0,088	0,64	TL-ΠΓ _Α	614	1E-6	2,820	0,047	0,86
TL-BΓ*	783	-9,102	0,036	0,002	0,33	TL-BΓ _Α *	825	-6,528	0,024	0,001	0,67
TL-MK _Α	602	1E-5	2,475	0,089	0,57	TL-MΓ _Δ	734	0,0012	1,851	0,046	0,69
TL-ΠK _Α	602	2E-09	3,788	0,123	0,61	TL-ΠΓ _Δ	614	1E-6	2,645	0,047	0,84
TL-BK _Α	602	1E-29	11,115	0,333	0,65	TL-BΓ _Δ *	825	-7,219	0,027	0,001	0,66
TL-MK _Δ	495	1E-5	2,529	0,096	0,58	TL-MH	1.042	0,0101	1,531	0,014	0,92
TL-ΠK _Δ	495	1E-9	3,908	0,137	0,62	TL-BH	1.042	2E-9	3,743	0,027	0,95
TL-BK _Δ	495	1E-29	11,196	0,371	0,65	TL-CLO	1.105	3E-6	2,603	0,025	0,90
TL-MΩ _Α	478	0,0001	2,271	0,071	0,68	TL-CLI	1.105	0,0003	1,933	0,015	0,94
TL-ΠΩ _Α	568	2E-13	5,175	0,224	0,49	TL-CLB	1.105	0,0001	1,733	0,022	0,85
TL-BΩ _Α	431	1E-22	8,459	0,515	0,39						
TL-MΩ _Δ	478	0,0001	2,215	0,070	0,68						
TL-ΠΩ _Δ	568	3E-13	5,116	0,223	0,48						
TL-BΩ _Δ	431	1E-22	8,437	0,514	0,39						
TL-MH	996	0,0044	1,691	0,015	0,92						
TL-BH	994	4E-10	4,058	0,034	0,93						

X, ανεξάρτητη μεταβλητή; Y, εξαρτημένη μεταβλητή; N, αριθμός ατόμων; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ.(b), τυπικό σφάλμα του b; R², συντελεστής προσδιορισμού; *προσαρμόστηκαν καλύτερα στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης Y=a+bX; Τα σύμβολα των μετρήσεων περιγράφονται στους Πίνακες 5.17 και 5.18

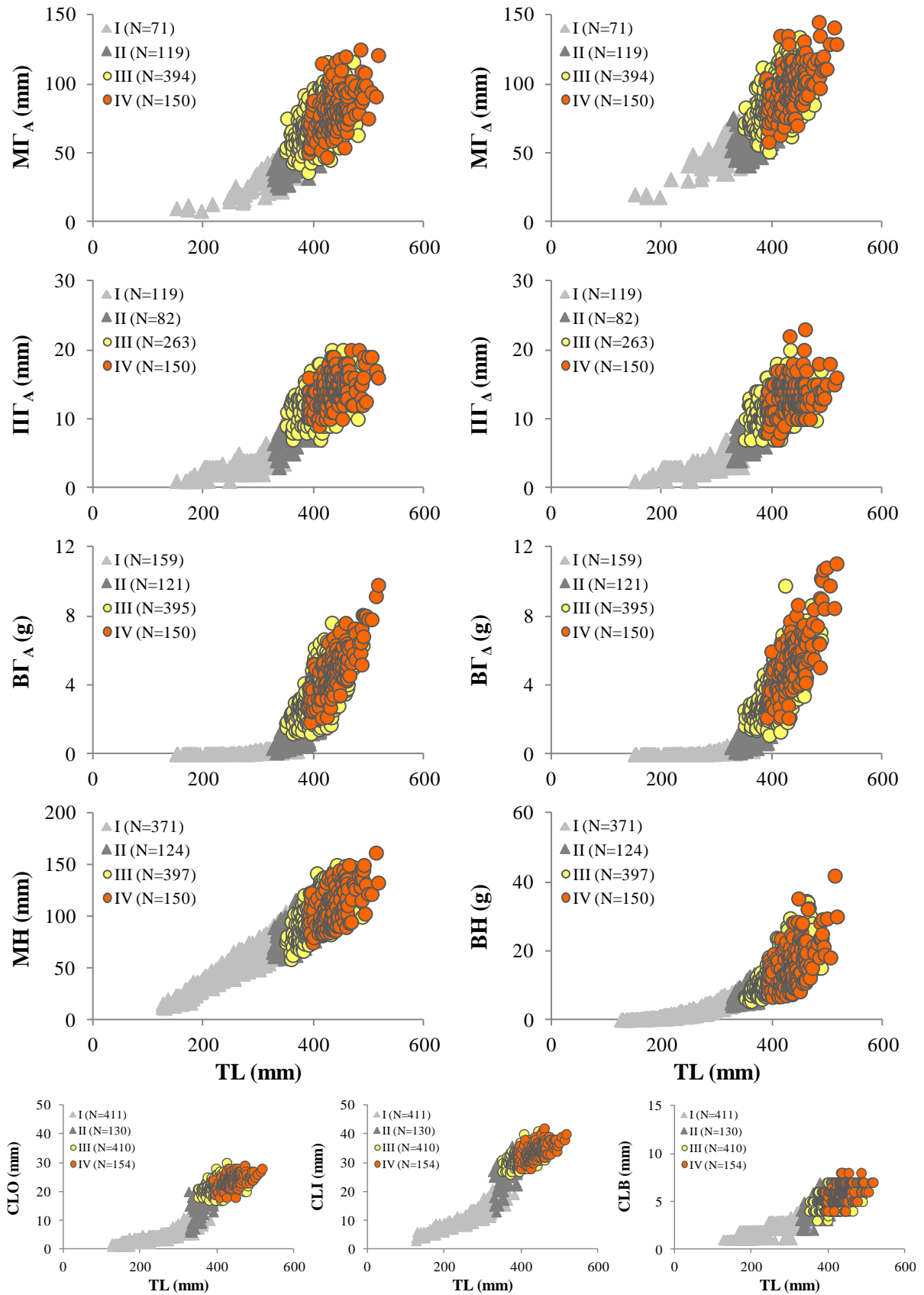
Σύμφωνα με την ανάλυση συνδιακύμανσης, ο αριστερός και δεξιός κελυφικός αδένας δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις σχέσεις του μήκους ($P_{ANCOVA}=0,6786$, $F=0,17$), του πλάτους ($P_{ANCOVA}=0,5157$, $F=0,42$) και του βάρους τους ($P_{ANCOVA}=0,8712$, $F=0,03$) με το ολικό μήκος των θηλυκών ατόμων. Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και οι δύο ωαγωγοί, οι οποίοι δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις σχέσεις του μήκους ($P_{ANCOVA}=0,5752$, $F=0,31$), του πλάτους ($P_{ANCOVA}=0,8502$, $F=0,04$) και του βάρους τους ($P_{ANCOVA}=0,9756$, $F=0$) με το ολικό μήκος των θηλυκών ατόμων. Αντίθετα, στα αρσενικά άτομα παρατηρήθηκε ότι για το ίδιο μέγεθος σώματος η δεξιά γονάδα είχε σημαντικά μεγαλύτερο μήκος ($P_{ANCOVA}=0$, $F=96,81$), πλάτος ($P_{ANCOVA}=0,0085$, $F=6,93$) και βάρος ($P_{ANCOVA}=0$, $F=46,3$) από την αριστερή.

Στις Εικόνες 5.16 και 5.17 απεικονίζονται γραφικά οι σχέσεις του ολικού μήκους με τις μετρήσεις των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών και αρσενικών ατόμων, αντίστοιχα. Καθώς δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στις διάμεσες τιμές των μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους μεταξύ του αριστερού και δεξιού κελυφικού αδένα ή ωαγωγού των θηλυκών ατόμων (βλ. Πίνακα 5.15), χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές τους για τη γραφική απεικόνιση.

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 5.16 Σχέσεις ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές των μετρήσεων του αριστερού και δεξιού κελυφικού αδένα και ωαγωγού. Τα σύμβολα των μετρήσεων περιγράφονται στον Πίνακα 5.17



Εικόνα 5.17 Σχέσεις ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Τα σύμβολα των μετρήσεων περιγράφονται στον Πίνακα 5.18

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Squalus blainville

Εφαρμόζοντας τη δοκιμασία Mann–Whitney, διαπιστώθηκε ότι τα θηλυκά άτομα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς το μήκος, το πλάτος και το βάρος μεταξύ της αριστερής και δεξιάς γονάδας ή του αριστερού και δεξιού ωαγωγού (Πίνακας 5.20), καθώς και ότι τα αρσενικά άτομα είχαν ισομεγέθεις γονάδες (Πίνακας 5.21).

Πίνακας 5.20 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των δύο γονάδων και ωαγωγών των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville*. Η πιθανότητα P_w αντιστοιχεί στη δοκιμασία Mann–Whitney

Μέτρηση	Αριστερή πλευρά				Δεξιά πλευρά				P_w	
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος		
Γονάδες	Μήκος	379	42,1	15,7	15,0–92,0	379	40,9	16,5	13,0–121	0,2045 (W=67.996)
	Πλάτος	226	12,1	11,6	2,00–50,0	226	12,3	12,0	2,00–66,0	0,9824 (W=25.507)
	Βάρος	412	6,20	12,7	0–71,2	412	6,46	16,4	0–170	0,9623 (W=84.710)
Ωαγωγοί	Μήκος	165	153	33,8	85,0–239	165	152	36,2	75,0–270	0,6837 (W=13.259)
	Πλάτος	92	28,1	22,5	0,20–80,0	92	28,0	22,3	0,20–75,0	0,9249 (W=4.267)
	Βάρος	117	45,6	41,1	0,001–165	117	47,1	43,0	0,001–172	0,9100 (W=6.904)

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας 5.21 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων της αριστερής και δεξιάς γονάδας των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville*. Η πιθανότητα P_w αντιστοιχεί στη δοκιμασία Mann–Whitney

Μέτρηση	Αριστερή πλευρά				Δεξιά πλευρά				P_w	
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος		
Γονάδες	Μήκος	306	43,9	16,4	8,00–81,0	306	43,3	16,7	8,00–81,0	0,6596 (W=45.855)
	Πλάτος	142	9,75	6,52	2,00–23,0	142	9,45	6,09	2,00–24,0	0,7698 (W=9.880)
	Βάρος	317	2,36	2,27	0–20,2	317	2,38	2,42	0,00–25,5	0,9689 (W=50.154)

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.22 και 5.23, αντίστοιχα. Η δοκιμασία Kruskal–Wallis έδειξε ότι τα θηλυκά άτομα διαφοροποιούνται στην πορεία ωρίμασης ως προς: (α) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=201$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=135$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=289$) της αριστερής γονάδας, (β) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=192$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=133$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=293$) της δεξιάς γονάδας, (γ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=94,2$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=78,3$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=90,6$) του αριστερού ωαγωγού, (δ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=95,7$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=78,1$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=90,7$) του δεξιού ωαγωγού, και (ε) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=271$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=276$) του ήπατος.

Πίνακας 5.22 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Δίνεται το σύμβολο και η περιγραφή κάθε μέτρησης

Μέτρηση		I				II			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	212	32,8	10,7	15,0–65,0	56	44,2	10,3	25,0–68,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	162	5,97	2,79	2,00–15,0	13	12,2	3,39	8,00–18,0
BΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	243	0,35	0,45	0–3,00	56	1,21	0,75	0,20–4,25
MΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	212	31,6	10,6	13,0–60,0	56	42,5	9,28	23,0–66,0
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	162	6,10	3,16	2,00–18,0	13	12,9	3,52	7,00–19,0
MΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	243	0,34	0,41	0–2,83	56	1,25	0,71	0,10–3,50
MΩ _A	Μήκος αριστερού ωαγωγού	38	119	18,1	85,0–158	16	126	12,1	105–145
ΠΩ _A	Πλάτος αριστερού ωαγωγού	15	2,08	1,65	0,20–6,00	13	3,54	0,66	3,00–5,00
BΩ _A	Βάρος αριστερού ωαγωγού	9	1E-4	1E-3	1E-4–4E-4				
MΩ _Δ	Μήκος δεξιού ωαγωγού	38	116	19,1	75,0–158	16	121	10,8	98,0–135
ΠΩ _Δ	Πλάτος δεξιού ωαγωγού	15	1,95	1,42	0,20–5,00	13	3,62	0,65	3,00–5,00
BΩ _Δ	Βάρος δεξιού ωαγωγού	9	1E-4	0,00	1E-4–1E-4				
MH	Μήκος ήπατος	246	106	43,7	40,0–270	56	174	33,6	102–239
BH	Βάρος ήπατος	244	20,3	24,2	1,25–229	56	69,0	39,8	13,0–206
Μέτρηση		III				IV			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	25	56,8	12,6	33,0–78,0	11	58,5	9,05	46,0–73,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	11	28,1	8,58	16,0–45,0	7	25,9	5,01	16,0–30,0
BΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	26	16,2	12,9	1,10–40,7	12	8,41	7,05	3,20–27,9
MΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	25	52,8	12,8	36,0–82,0	11	53,0	9,52	40,0–71,0
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	11	26,9	7,08	13,0–36,0	7	28,9	8,47	20,0–39,0
MΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	26	17,8	12,5	1,40–44,3	12	6,56	2,71	3,40–10,4
MΩ _A	Μήκος αριστερού ωαγωγού	24	149	25,9	116–210	12	166	22,9	135–204
ΠΩ _A	Πλάτος αριστερού ωαγωγού	13	12,1	2,99	6,00–17,0	7	39,1	8,82	29,0–57,0
BΩ _A	Βάρος αριστερού ωαγωγού	24	3,98	1,02	1,69–5,60	12	70,1	28,0	43,5–151
MΩ _Δ	Μήκος δεξιού ωαγωγού	24	147	26,2	112–208	12	169	24,3	138–205
ΠΩ _Δ	Πλάτος δεξιού ωαγωγού	13	12,1	3,35	6,00–17,0	7	43,9	9,17	29,0–57,0
BΩ _Δ	Βάρος δεξιού ωαγωγού	24	3,94	1,04	1,56–5,50	12	65,1	28,8	43,5–150
MH	Μήκος ήπατος	26	208	18,5	167–250	12	233	40,4	165–301
BH	Βάρος ήπατος	26	110	47,5	54,1–217	12	154	59,9	85,3–286
Μέτρηση		V				VI			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	10	51,7	11,0	36,0–74,0	52	60,4	10,8	43,0–92,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	6	26,7	4,37	20,0–32,0	22	34,0	8,67	16,0–50,0
BΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	10	6,58	2,05	3,98–10,5	52	27,0	16,4	2,50–71,2
MΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	10	58,3	15,0	42,0–90,0	52	60,2	17,4	34,0–121
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	6	26,2	8,77	13,0–37,0	22	36,5	11,3	22,0–66,0
MΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	10	6,96	2,91	2,64–10,2	52	30,9	33,0	2,07–170
MΩ _A	Μήκος αριστερού ωαγωγού	10	178	32,1	117–230	52	176	27,8	129–239
ΠΩ _A	Πλάτος αριστερού ωαγωγού	7	50,1	13,1	35,0–69,0	32	49,3	11,8	33,0–80,0
BΩ _A	Βάρος αριστερού ωαγωγού	10	89,8	19,2	69,5–122	49	69,4	32,5	20,2–165
MΩ _Δ	Μήκος δεξιού ωαγωγού	10	174	31,3	119–228	52	176	31,5	125–270
ΠΩ _Δ	Πλάτος δεξιού ωαγωγού	7	48,6	11,6	29,0–61,0	32	49,1	10,7	30,0–75,0
BΩ _Δ	Βάρος δεξιού ωαγωγού	10	91,3	19,8	52,9–123	49	74,0	34,7	30,2–172
MH	Μήκος ήπατος	10	241	24,8	191–275	52	237	33,1	185–312
BH	Βάρος ήπατος	10	181	47,4	114–271	52	176	78,8	57,9–350

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Πίνακας 5.22 (τέλος)					
Μέτρηση		VII			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	13	61,2	11,8	45,0–80,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	5	40,2	7,09	28,0–45,0
BΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	13	31,8	20,3	7,22–64,8
MΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	13	61,2	10,2	43,0–80,0
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	5	33,6	2,19	30,0–35,0
MΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	13	22,5	15,3	2,99–52,5
MΩ _A	Μήκος αριστερού ωαγωγού	13	171	25,2	141–233
ΠΩ _A	Πλάτος αριστερού ωαγωγού	5	29,2	5,89	20,0–35,0
BΩ _A	Βάρος αριστερού ωαγωγού	13	8,08	5,76	4,58–26,5
MΩ _Δ	Μήκος δεξιού ωαγωγού	13	175	25,2	145–231
ΠΩ _Δ	Πλάτος δεξιού ωαγωγού	5	24,2	2,39	22,0–28,0
BΩ _Δ	Βάρος δεξιού ωαγωγού	13	7,18	2,45	4,60–13,9
MH	Μήκος ήπατος	13	242	29,5	203–304
BH	Βάρος ήπατος	13	164	75,5	95,9–379

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας 5.23 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Δίνεται το σύμβολο και η περιγραφή κάθε μέτρησης

Μέτρηση		I				II			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	100	24,0	7,23	8,00–44,0	21	41,3	5,45	32,0–55,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	64	3,73	1,58	2,00–7,00	10	8,30	2,11	5,00–12,0
BΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	111	0,16	0,18	0–1,00	21	1,03	0,45	0,30–1,83
MΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	100	23,1	7,36	8,00–45,0	21	39,0	6,79	25,0–57,0
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	64	3,79	1,67	2,00–8,00	10	8,50	1,72	5,00–11,0
MΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	111	0,16	0,17	0–0,73	21	1,01	0,41	0,20–1,62
MH	Μήκος ήπατος	118	93,9	27,5	36,0–150	21	140	18,9	113–189
BH	Βάρος ήπατος	118	14,6	10,1	1,33–53,3	21	32,7	11,4	17,4–55,5
CLO	Εξωτ. μήκος γονοποδίου*	123	5,89	2,99	2,00–18,0	21	16,3	3,63	8,00–23,0
CLI	Εσωτ. μήκος γονοποδίου*	123	22,9	7,53	9,00–47,0	21	44,7	5,75	28,0–54,0
CLB	Πλάτος βάσης γονοποδίου*	123	3,38	1,00	2,00–8,00	21	6,29	1,27	4,00–8,00
Μέτρηση		III				IV			
Σύμβολο	Περιγραφή	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
MΓ _A	Μήκος αριστερής γονάδας	76	52,6	7,77	35,0–71,0	109	56,5	9,01	32,0–81,0
ΠΓ _A	Πλάτος αριστερής γονάδας	26	13,5	3,92	7,00–22,0	42	16,9	3,60	10,0–23,0
BΓ _A	Βάρος αριστερής γονάδας	76	3,07	1,16	0,90–6,01	109	4,37	2,08	1,00–20,2
MΓ _Δ	Μήκος δεξιάς γονάδας	76	51,1	8,06	34,0–80,0	109	57,2	7,95	36,0–81,0
ΠΓ _Δ	Πλάτος δεξιάς γονάδας	26	12,9	3,15	7,00–20,0	42	16,2	3,56	8,00–24,0
MΓ _Δ	Βάρος δεξιάς γονάδας	76	3,00	1,15	0,90–6,20	109	4,46	2,47	1,10–25,5
MH	Μήκος ήπατος	76	167	21,6	111–215	109	184	29,1	123–355
BH	Βάρος ήπατος	76	50,6	19,5	19,7–101	109	64,6	31,2	21,7–281
CLO	Εξωτ. μήκος γονοποδίου*	71	18,9	2,09	15,0–24,0	104	18,8	2,48	13,0–25,0
CLI	Εσωτ. μήκος γονοποδίου*	71	50,2	3,50	39,0–58,0	104	52,9	4,83	44,0–89,0
CLB	Πλάτος βάσης γονοποδίου*	71	8,25	1,56	6,00–14,0	104	8,94	1,61	6,00–15,0

Μήκος και πλάτος σε mm, βάρος σε g; N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *αφορούν στο αριστερό γονοπόδιο

Τα αρσενικά άτομα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταδίων γεννητικής ωριμότητας ως προς: (α) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=219$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=113,2$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=247$) της αριστερής γονάδας, (β) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=228$), το πλάτος ($P_{KW}=0$, $H=114$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=250$) της δεξιάς γονάδας, (γ) το μήκος ($P_{KW}=0$, $H=232$) και το βάρος ($P_{KW}=0$, $H=219$) του ήπατος, και (δ) το εξωτερικό μήκος ($P_{KW}=0$, $H=227$), το εσωτερικό μήκος ($P_{KW}=0$, $H=242$) και το πλάτος της βάσης ($P_{KW}=0$, $H=241$) του αριστερού γονοποδίου (Πίνακας 5.23).

Η ανάλυση της εκθετικής παλινδρόμησης αποκάλυψε σημαντικό βαθμό συσχέτισης μεταξύ του ολικού μήκους των ατόμων και των μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος ($P_{ANOVA}=0$ σε όλες τις περιπτώσεις). Οι συντελεστές των σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών δίνονται ξεχωριστά για τα δύο φύλα στον Πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24 Συντελεστές των σχέσεων ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville*

Θηλυκά						Αρσενικά					
X-Y	N	a	b	T.Σ.(b)	R ²	X-Y	N	a	b	T.Σ.(b)	R ²
TL-MΓ _A	379	0,0146	1,296	0,037	0,76	TL-MΓ _A	306	1E-4	2,189	0,058	0,83
TL-ΠΓ _A	226	2E-6	2,509	0,083	0,80	TL-ΠΓ _A	142	1E-7	3,033	0,117	0,83
TL-BΓ _A *	412	-18,69	0,053	0,004	0,33	TL-BΓ _A *	317	-6,739	0,020	0,001	0,64
TL-MΓ _Δ	379	0,0089	1,358	0,039	0,76	TL-MΓ _Δ	306	3E-5	2,276	0,060	0,82
TL-ΠΓ _Δ	226	1E-6	2,561	0,085	0,80	TL-ΠΓ _Δ	142	1E-7	2,959	0,114	0,83
TL-BΓ _Δ *	412	-21,4	0,059	0,005	0,25	TL-BΓ _Δ *	317	-7,033	0,021	0,001	0,60
TL-MΩ _A	165	0,2491	1,008	0,064	0,60	TL-MH	324	0,0122	1,529	0,032	0,87
TL-ΠΩ _A	92	1E-20	7,715	0,534	0,70	TL-BH	324	2E-9	3,813	0,078	0,88
TL-BΩ _A	117	1E-60	21,919	1,896	0,54	TL-CLO	319	1E-6	2,635	0,068	0,82
TL-MΩ _Δ	165	0,1485	1,088	0,069	0,61	TL-CLI	319	0,0004	1,872	0,037	0,89
TL-ΠΩ _Δ	92	1E-20	7,707	0,538	0,70	TL-CLB	319	0,0001	1,875	0,060	0,76
TL-BΩ _Δ	117	2E-61	22,165	1,921	0,54						
TL-MH	415	0,0126	1,519	0,022	0,92						
TL-BH	413	2E-10	4,212	0,058	0,93						

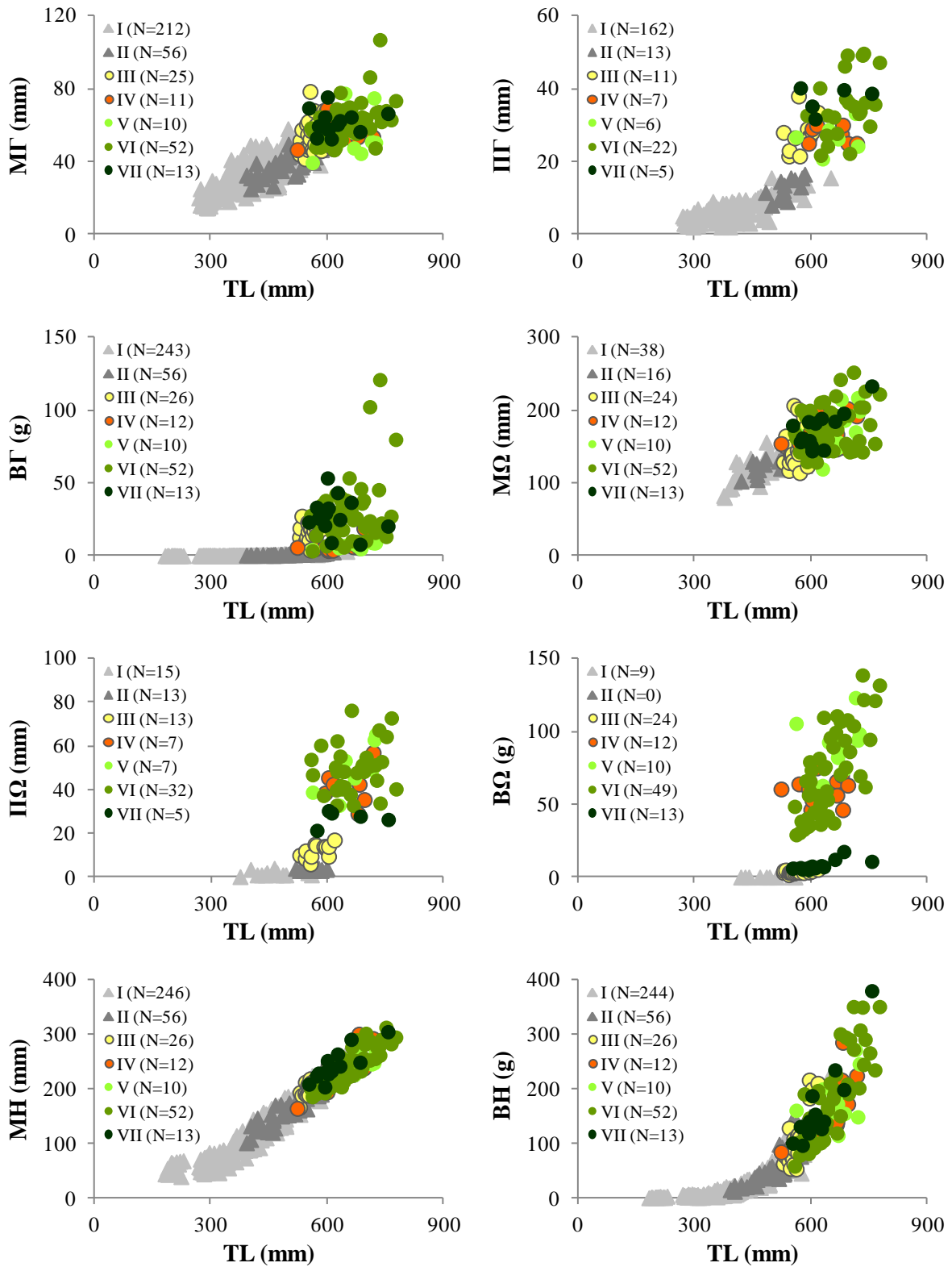
X, ανεξάρτητη μεταβλητή; Y, εξαρτημένη μεταβλητή; N, αριθμός ατόμων; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ.(b), τυπικό σφάλμα του b; R², συντελεστής προσδιορισμού; *προσαρμόστηκαν καλύτερα στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης $Y=a+bX$; Τα σύμβολα των μετρήσεων περιγράφονται στους Πίνακες 5.22 και 5.23

Σύμφωνα με την ανάλυση συνδιακύμανσης, η αριστερή και δεξιά γονάδα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις σχέσεις του μήκους ($P_{ANCOVA}=0,2575$, $F=1,28$), του πλάτους ($P_{ANCOVA}=0,6592$, $F=0,19$) και του βάρους τους ($P_{ANCOVA}=0,9141$, $F=0,01$) με το ολικό μήκος των θηλυκών ατόμων. Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και οι δύο ωαγωγοί, οι οποίοι δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις σχέσεις του μήκους ($P_{ANCOVA}=0,3963$, $F=0,72$), του πλάτους ($P_{ANCOVA}=0,9916$, $F=0$) και του βάρους τους

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

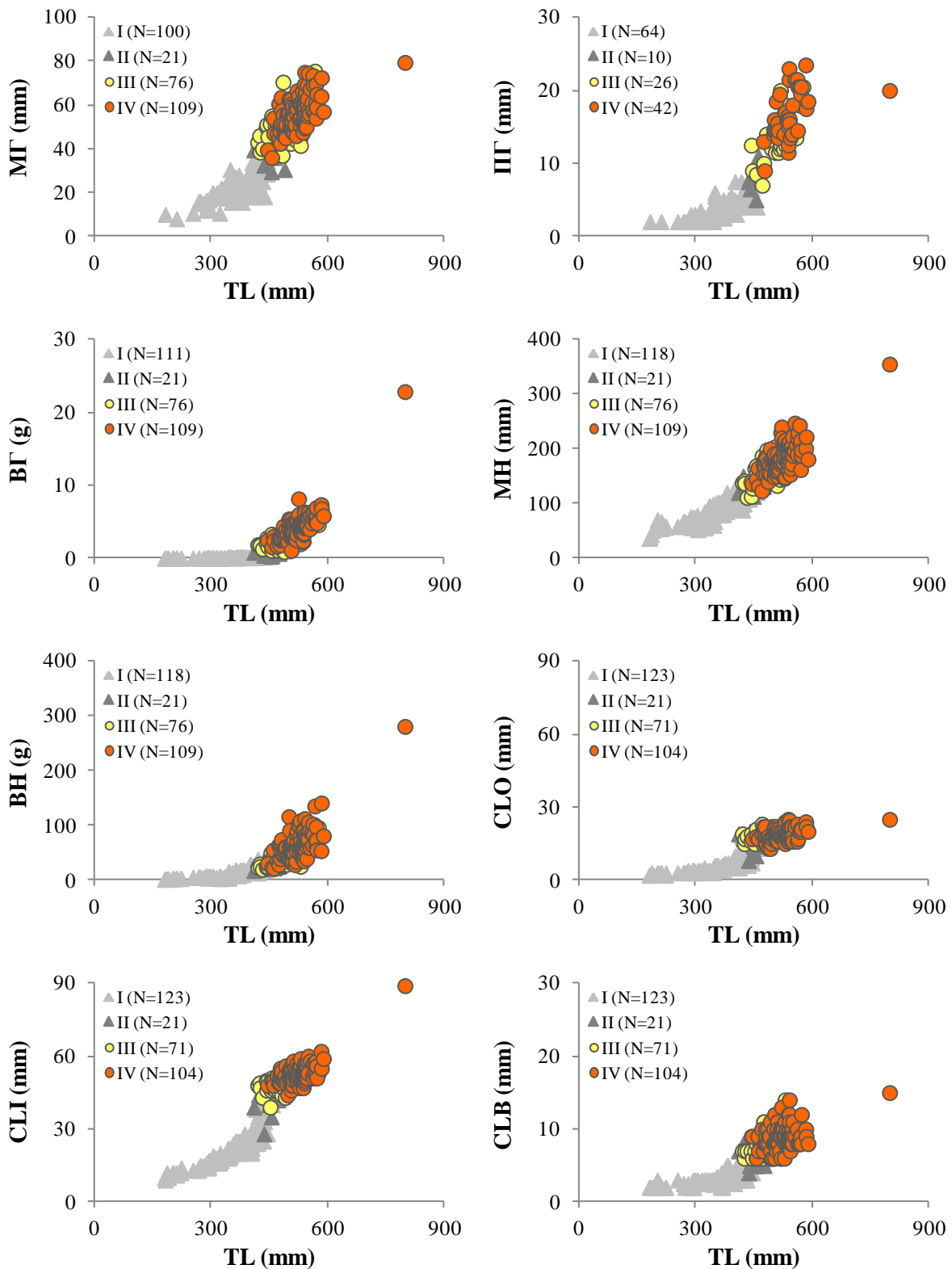
($P_{\text{ANCOVA}}=0,9274$, $F=0,01$) με το ολικό μήκος των θηλυκών ατόμων. Και στην περίπτωση των αρσενικών ατόμων, η αριστερή και δεξιά γονάδα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις σχέσεις του μήκους ($P_{\text{ANCOVA}}=0,2955$, $F=1,09$), του πλάτους ($P_{\text{ANCOVA}}=0,6501$, $F=0,21$) και του βάρους τους ($P_{\text{ANCOVA}}=0,8451$, $F=0,04$) με το ολικό μήκος των ατόμων.

Στις Εικόνες 5.18 και 5.19 απεικονίζονται γραφικά οι σχέσεις του ολικού μήκους με τις μετρήσεις των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών και αρσενικών ατόμων, αντίστοιχα. Καθώς δεν βρέθηκε διαφορά στις διάμεσες τιμές των μετρήσεων μορφομετρίας και βάρους μεταξύ της αριστερής και δεξιάς γονάδας και των δύο φύλων, καθώς και μεταξύ του αριστερού και δεξιού ωαγωγού των θηλυκών ατόμων, χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές τους για τη γραφική απεικόνιση. Από τις Εικόνες 5.18 και 5.19 διαπιστώνεται ότι καθώς και τα δύο φύλα προσεγγίζουν τα πιο προχωρημένα στάδια ωρίμασης, παρουσιάζουν σημαντική αύξηση ως προς το μέγεθος των οργάνων τους. Εξαιρέση σε αυτό το πρότυπο αποτέλεσαν το πλάτος και το βάρος των ωαγωγών των θηλυκών ατόμων που παρουσίασαν σημαντική μείωση στο στάδιο VII, δεδομένου ότι σε αυτή τη φάση τα θηλυκά άτομα έχουν γεννήσει και επομένως οι ωαγωγοί είναι άδειοι.



Εικόνα 5.18 Σχέσεις ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές των μετρήσεων των δύο γονάδων και των δύο ωαγωγών. Τα σύμβολα των μετρήσεων περιγράφονται στον Πίνακα 5.22

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 5.19 Σχέσεις ολικού μήκους (TL)–μετρήσεων μετρήσεων των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές των μετρήσεων των δύο γονάδων. Τα σύμβολα των μετρήσεων περιγράφονται στον Πίνακα 5.23

5.3.5 Μήκος και ηλικία πρώτης γεννητικής ωρίμασης

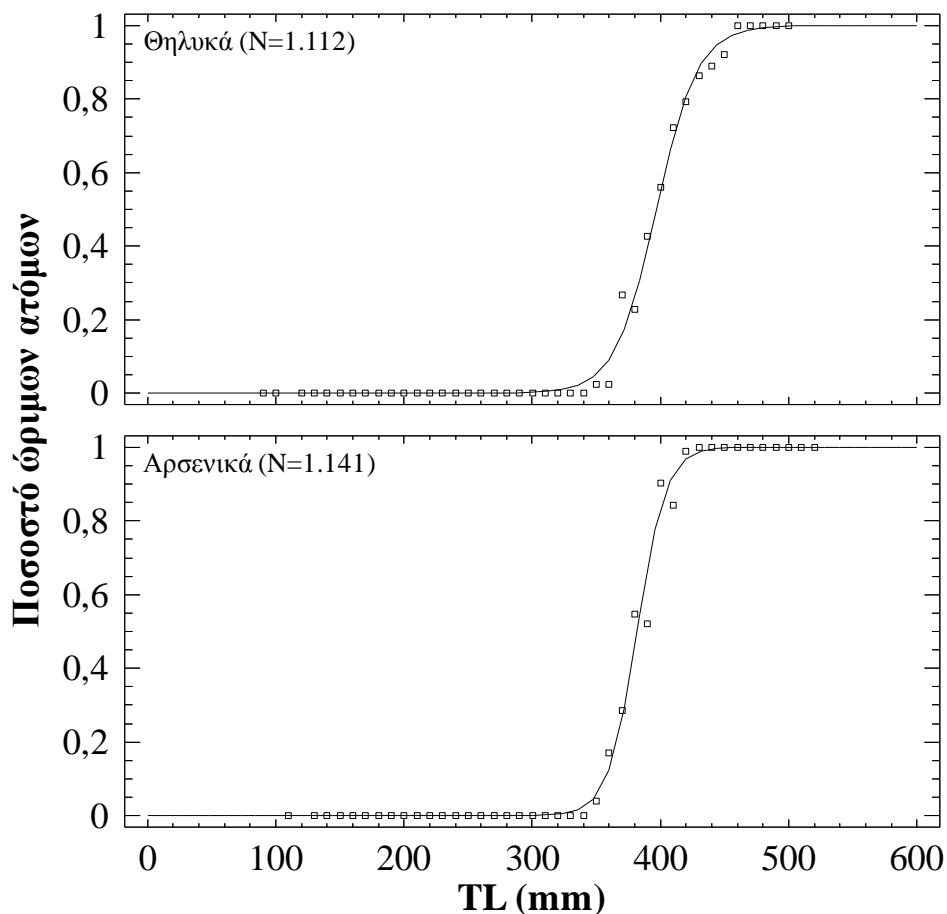
Scyliorhinus canicula

Εφαρμόζοντας το λογιστικό μοντέλο, βρέθηκε ότι τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν σχεδόν σε παρόμοιο μήκος με τα θηλυκά (Πίνακας 5.25, Εικόνα 5.20). Το μικρότερο γεννητικά ώριμο θηλυκό άτομο είχε ολικό μήκος 349 mm και ολικό βάρος 167 g, ενώ το μικρότερο γεννητικά ώριμο αρσενικό είχε ολικό μήκος 350 mm και ολικό βάρος 172 g. Όλα τα θηλυκά και αρσενικά άτομα μεγαλύτερα από 456 και 424 mm (TL), αντίστοιχα, ήταν ώριμα.

Πίνακας 5.25 Αποτελέσματα ανάλυσης λογιστικής παλινδρόμησης για τον υπολογισμό του μήκους L_{50} για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του είδους *S. canicula*

Φύλο	N	L_{50}	a	T.Σ.	b	T.Σ.
Θηλυκά	1.112	397,2	-24,713	1,784	0,062	0,004
Αρσενικά	1.141	382,0	-31,310	2,694	0,090	0,007

N, αριθμός ατόμων; L_{50} , μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμασης σε mm; a και b, σταθερές; T.Σ., τυπικό σφάλμα σταθερών



Εικόνα 5.20 Ποσοστό ώριμων θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά κλάση ολικού μήκους (TL) και προσαρμοσμένη σιγμοειδής καμπύλη

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Squalus blainville

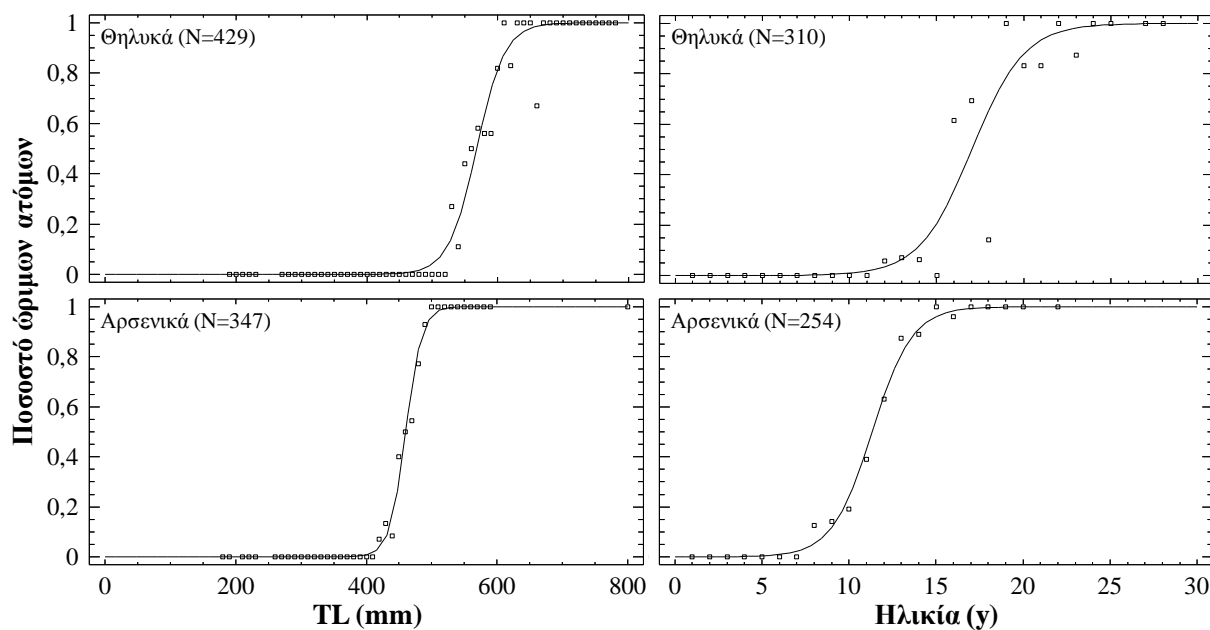
Εφαρμόζοντας το λογιστικό μοντέλο, βρέθηκε ότι τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν σε μικρότερο μήκος από ό,τι τα θηλυκά (Πίνακας 5.26, Εικόνα 5.21). Το μικρότερο γεννητικά ώριμο θηλυκό άτομο είχε ολικό μήκος 523 mm και ολικό βάρος 770 g, ενώ το μικρότερο γεννητικά ώριμο αρσενικό είχε ολικό μήκος 420 mm και ολικό βάρος 270 g. Όλα τα θηλυκά και αρσενικά άτομα μεγαλύτερα από 652 και 490 mm (TL), αντίστοιχα, ήταν ώριμα.

Περίπου 6 y νωρίτερα παρατηρήθηκε ότι ωριμάζουν τα αρσενικά άτομα σε σχέση με τα θηλυκά. Η ηλικία των ανώριμων (N=252) και ώριμων (N=58) θηλυκών ατόμων κυμάνθηκε από 1 έως 23 y (M.T.=9,06±4,53) και από 12 έως 28 y (M.T.=19,5±3,25), αντίστοιχα. Η ηλικία των ανώριμων (N=122) και ώριμων (N=132) αρσενικών ατόμων κυμάνθηκε από 1 έως 16 y (M.T.=7,61±3,51) και από 8 έως 22 y (M.T.=14,3±2,43), αντίστοιχα.

Πίνακας 5.26 Αποτελέσματα ανάλυσης λογιστικής παλινδρόμησης για τον υπολογισμό του μήκους L_{50} και της ηλικίας H_{50} για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του είδους *S. blainville*

Φύλο	N	L_{50}	a	T.Σ.	b	T.Σ.	N	T_{50}	a	T.Σ.	b	T.Σ.
Θηλυκά	429	568,1	-26,609	3,622	0,047	0,006	310	17,03	-11,310	1,534	0,664	0,093
Αρσενικά	347	460,6	-37,721	4,974	0,082	0,011	254	11,31	-9,846	1,301	0,871	0,111

N, αριθμός ατόμων; L_{50} και T_{50} , μήκος σε mm και ηλικία σε y της πρώτης γεννητικής ωρίμασης, αντίστοιχα; a και b, σταθερές; T.Σ., τυπικό σφάλμα σταθερών



Εικόνα 5.21 Ποσοστό ώριμων θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά κλάση ολικού μήκους (TL) (αριστερά) και ηλικίας (δεξιά), και προσαρμοσμένη σιγμοειδής καμπύλη

5.3.6 Γονιμότητα και μέγεθος ωοκυττάρων

Scyliorhinus canicula

Διακρίθηκαν τα ακόλουθα στάδια ωοκυττάρων: I) ανώριμα, λευκού χρώματος, συνήθως δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι και δεν ξεπερνούν το 1 mm σε διάμετρο, II) ωριμάζοντα, λευκά ή υποκίτρινα με διάμετρο 1–9 mm και III) ώριμα με λαδί χρώμα που ξεπερνούν τα 8 mm.

Σε 176 θηλυκά άτομα καταμετρήθηκαν 20.080 ωοκύτταρα, από τα οποία 9.733, 9.355 και 992 ήταν ανώριμα, ωριμάζοντα και ώριμα, αντίστοιχα.

Η ωοθηκική γονιμότητα προσδιορίστηκε από 127 ώριμα θηλυκά άτομα και κυμάνθηκε από 1 έως 19 ώριμα ωοκύτταρα (M.T.=7,81±3,68). Σε 16 θηλυκά άτομα καταγράφηκαν από 5 ώριμα ωοκύτταρα, ενώ μόλις ένα άτομο είχε 19 ώριμα ωοκύτταρα. Σε λιγότερο από 5 άτομα καταμετρήθηκαν από 1–4 και από 12–18 ώριμα ωοκύτταρα. Σε περισσότερο από 10 άτομα βρέθηκαν από 4 και από 6–11 ώριμα ωοκύτταρα.

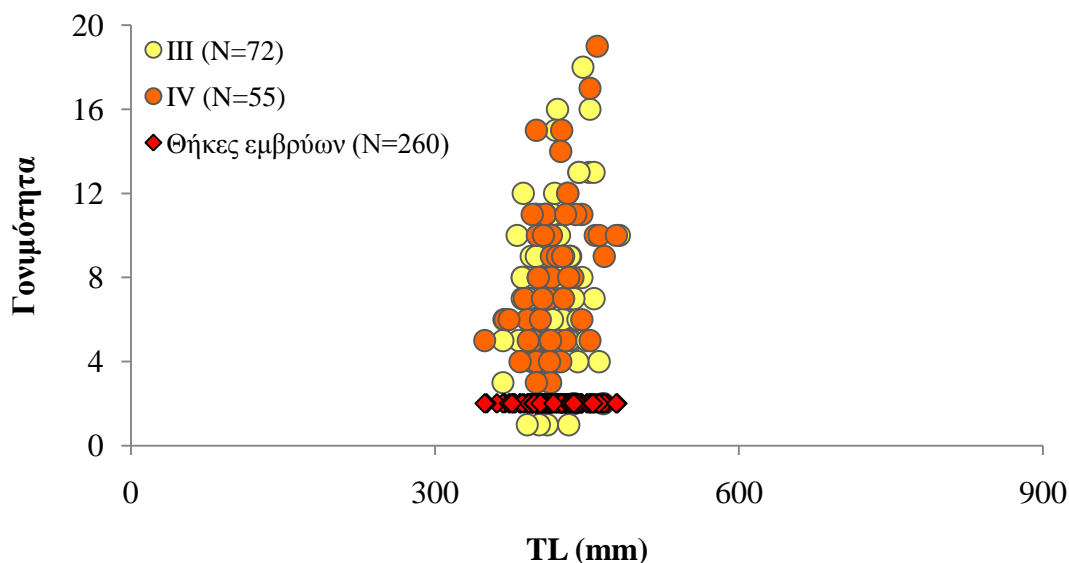
Σε 130 κυοφορούντα άτομα καταγράφηκε ένα ζεύγος εμβρυϊκών θηκών.

Η διάμετρος των ώριμων ωοκυττάρων (στάδιο III) κυμάνθηκε από 8 έως 26 mm (M.T.=11,3±1,94, N=992) και το βάρος τους από 0,02 έως 2,90 g (M.T.=0,63±0,31, N=850). Η πλειονότητα των ώριμων ωοκυττάρων (N=825) είχε διάμετρο >8 έως 13 mm, 39 είχαν διάμετρο ίση με 8 mm, 127 είχαν διάμετρο >13 έως 18 mm, ενώ η μεγαλύτερη διάμετρος (26 mm) καταγράφηκε μόνο σε ένα ώριμο ωοκύτταρο.

Σε 149 θηλυκά άτομα η διάμετρος τυχαία επιλεγμένων ωριμαζόντων ωοκυττάρων (στάδιο II) κυμάνθηκε από 1,79 έως 9 mm (M.T.=2,95±1,34, N=9.355) και το βάρος τους από 0,003 έως 1,20 g (M.T.=0,09±0,08, N=1.060). Τα περισσότερα ωριμάζοντα ωοκύτταρα (N=4.539) είχαν διάμετρο >1 έως 2 mm, 2.911 είχαν διάμετρο >2 έως 3 mm, 787 είχαν διάμετρο >3 έως 4 mm, 959 είχαν διάμετρο >4 έως 7 mm, 155 είχαν διάμετρο μέχρι 8 mm, ενώ μόλις 4 έφτασαν μέχρι 9 mm.

Σε 131 θηλυκά άτομα η διάμετρος τυχαία επιλεγμένων ανώριμων ωοκυττάρων (στάδιο I) κυμάνθηκε από 0,05 έως 2,75 mm (M.T.=0,99±0,45, N=9.733). Τα περισσότερα ανώριμα ωοκύτταρα (N=5.965) είχαν διάμετρο >0,5 έως 1 mm, 1.128 έφτασαν έως τα 0,5 mm, 1.497 είχαν διάμετρο >1 έως 1,5 mm, 707 είχαν διάμετρο >1,5 έως 2 mm, 353 είχαν διάμετρο μέχρι 2,5 mm και 83 έφτασαν μέχρι 3 mm.

Χαμηλή συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους των θηλυκών ατόμων και της ωοθηκικής γονιμότητας ($R^2=0,05$, $P=0$), η σχέση μεταξύ των οποίων περιγράφεται από την εξίσωση: $\text{Γονιμότητα}_{\omega\omega\theta\eta\kappa\acute{o}\nu}=1\text{E}-5*\text{TL}^{2,223}$ και απεικονίζεται γραφικά στην Εικόνα 5.22.



Εικόνα 5.22 Σχέση ολικού μήκους (TL)–αριθμού ώριμων ωοκυττάρων ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville*. Παρουσιάζεται και η κατανομή των εμβρυϊκών θηκών του είδους

Squalus blainville

Τα ωοκύτταρα κατατάχτηκαν στα ακόλουθα στάδια: Ι) ανώριμα, λευκού χρώματος που δεν ξεπερνούν το 1 mm σε διάμετρο, ΙΙ) ωριμάζοντα, υποκίτρινα με διάμετρο 1–20 mm και ΙΙΙ) ώριμα, κίτρινου χρώματος που ξεπερνούν τα 20 mm σε διάμετρο.

Σε 148 θηλυκά άτομα καταμετρήθηκαν 6.000 ωοκύτταρα, από τα οποία τα 3.848, 1.819 και 333 ήταν ανώριμα, ωριμάζοντα και ώριμα, αντίστοιχα.

Η ωοθηκική γονιμότητα προσδιορίστηκε από 97 ώριμα θηλυκά άτομα και κυμάνθηκε από 1 έως 7 ώριμα ωοκύτταρα (M.T.=3,43±0,16). Τα περισσότερα θηλυκά άτομα (N=32) είχαν από 3 ώριμα ωοκύτταρα, ενώ μόλις 4 άτομα είχαν από 7 ώριμα ωοκύτταρα.

Στην αριστερή ωοθήκη καταγράφηκαν από 1 έως 5 (M.T.=2,03±0,95) ώριμα ωοκύτταρα, ενώ στη δεξιά ωοθήκη από 1 έως 6 (M.T.=2,00±1,09). Ο λόγος του αριθμού των ώριμων ωοκυττάρων της αριστερής ωοθήκης (N=175) ως προς εκείνον της δεξιάς (N=158) δεν απέκλινε στατιστικά σημαντικά από τη μονάδα ($P_{\chi^2}=0,5096$, $\chi^2=0,435$).

Στην αριστερή ωοθήκη η διάμετρος των ώριμων ωοκυττάρων (στάδιο ΙΙΙ) κυμάνθηκε από 17 έως 59 mm (M.T.=29,0±6,15) και το βάρος τους από 2,59 έως 41,5 g (M.T.=12,1±6,79). Στη δεξιά ωοθήκη, η διάμετρος τους κυμάνθηκε από 17 έως 45 mm (M.T.=29,7±5,96) και το βάρος τους από 2,33 έως 32,6 g (M.T.=12,7±7,13). Από το σύνολο των ώριμων ωοκυττάρων (N=333), τα περισσότερα (N=325) είχαν διάμετρο ≥ 20 mm, ενώ 8 είχαν διάμετρο 17–19 mm. Οι ωοθήκες δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τη διάμετρο ($P_W=0,2216$, $W=14.896$) και το βάρος ($P_W=0,2068$, $W=14.933$) των ώριμων ωοκυττάρων.

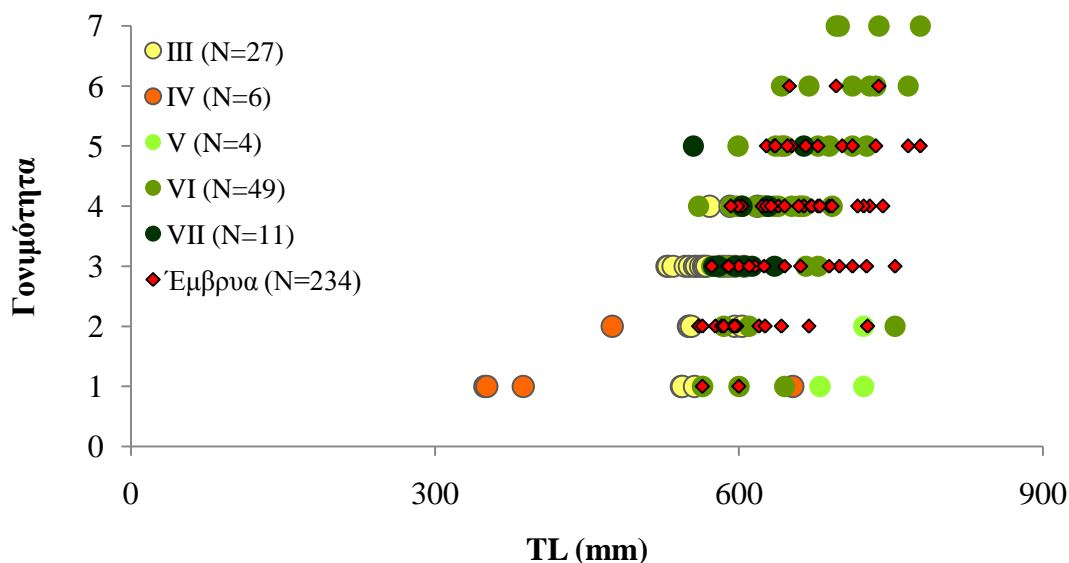
Σε 110 θηλυκά άτομα μετρήθηκε η διάμετρος και το βάρος 1.819 τυχαία επιλεγμένων ωριμαζόντων ωοκυττάρων (στάδιο II). Στην αριστερή ωοθήκη, η διάμετρος τους κυμάνθηκε από 1 έως 18 mm (M.T.=4,98±2,90, N=925) και το βάρος τους από 0,009 έως 3,30 g (M.T.=0,41±0,59, N=218). Στη δεξιά ωοθήκη, η διάμετρος τους κυμάνθηκε από 1 έως 17 mm (M.T.=4,67±2,70, N=894) και το βάρος τους από 0,009 έως 2,20 g (M.T.=0,32±0,49, N=205). Από το σύνολό τους, μόνο 14 είχαν διάμετρο έως 1 mm, η πλειονότητά τους (N=1.280) είχε διάμετρο >1 έως 5 mm, 182 από >5 έως 6 mm, 110 από >6 έως 7 mm και 233 έφτασαν μέχρι τα 18 mm. Οι ωοθήκες διέφεραν σημαντικά ως προς τη διάμετρο ($P_w=0,0103$, $W=385.503$) και το βάρος ($P_w=0,0321$, $W=19.656$) των ωριμαζόντων ωοκυττάρων.

Σε 64 θηλυκά άτομα μετρήθηκε η διάμετρος 3.848 ανώριμων ωοκυττάρων (στάδιο I), το βάρος των οποίων δεν μετρήθηκε, λόγω του εξαιρετικά μικρού τους μεγέθους. Στην αριστερή ωοθήκη, η διάμετρος τους κυμάνθηκε από 0,04 έως 1,73 mm (M.T.=0,50±0,26, N=1.982). Στη δεξιά ωοθήκη, η διάμετρος τους κυμάνθηκε από 0,04 έως 17 mm (M.T.=0,50±0,28, N=1.866). Η πλειονότητα των ανώριμων ωοκυττάρων και από τις δύο ωοθήκες (N=3.347) είχε διάμετρο <1 mm, 445 ανώριμα ωοκύτταρα είχαν διάμετρο 1 mm, ενώ σε 56 η διάμετρος ξεπέρασε το 1 mm. Οι ωοθήκες δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τη διάμετρο των ανώριμων ωοκυττάρων ($P_w=0,7304$, $W=2E6$).

Η γονιμότητα των ωαγωγών εκτιμήθηκε από 66 κυοφορούντα άτομα στα οποία καταμετρήθηκαν 234 έμβρυα. Ο αριθμός των εμβρύων ανά άτομο κυμάνθηκε από 1 έως 6 (M.T.=3,55±1,23). Από το σύνολο των εμβρύων, 4 βρέθηκαν στην πλειονότητα των ατόμων (N=21), 1 βρέθηκε σε ένα άτομο, 2 ή 3 εντοπίστηκαν σε ίσο αριθμό ατόμων (N=14), 5 βρέθηκαν σε 12 άτομα και 6 βρέθηκαν σε 3 άτομα. Δεν αποκλείεται η υποεκτίμηση της γονιμότητας του είδους βάσει των ωαγωγών, γιατί παρατηρήθηκε ότι τα κυοφορούντα άτομα αποβάλλουν, αν και περιστασιακά, τα έμβρυα κατά τη σύλληψή τους. Στο γεγονός αυτό αποδίδεται το ότι σε 12 κυοφορούντα άτομα ο ένας από τους ωαγωγούς ήταν τελείως άδειος.

Στον αριστερό ωαγωγό καταγράφηκαν από 1 έως 6 έμβρυα (M.T.=1,98±0,82), ενώ στο δεξιό ωαγωγό καταγράφηκαν από 1 έως 4 έμβρυα (M.T.=1,92±0,72). Ο λόγος του αριθμού των εμβρύων του αριστερού ωαγωγού (N=111) ως προς εκείνον του δεξιού (N=123) δεν απέκλινε στατιστικά σημαντικά από τη μονάδα ($P_{\chi^2}=0,5790$, $\chi^2=0,308$).

Χαμηλή συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους (TL) των θηλυκών ατόμων και της ωοθηκικής γονιμότητας ($R^2=23,8$, $P=0$), η σχέση μεταξύ των οποίων περιγράφεται από την εξίσωση: $\text{Γονιμότητα}_{\omega\omega\theta\eta\kappa\acute{\omega}\nu}=9E-8*TL^{2,704}$. Χαμηλή συσχέτιση εμφάνισε και ο αριθμός των εμβρύων με το ολικό μήκος των θηλυκών ατόμων ($R^2=28,4$, $P=0$), η οποία περιγράφεται από την εξίσωση: $\text{Γονιμότητα}_{\omega\alpha\gamma\omega\gamma\acute{\omega}\nu}=3E-7*TL^{2,518}$ (Εικόνα 5.23).



Εικόνα 5.23 Σχέση ολικού μήκους (TL)–αριθμού ώριμων ωοκυττάρων και εμβρύων ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας των θηλυκών ατόμων του είδους *S. blainville*

5.3.7 Εμβρυϊκή ανάπτυξη

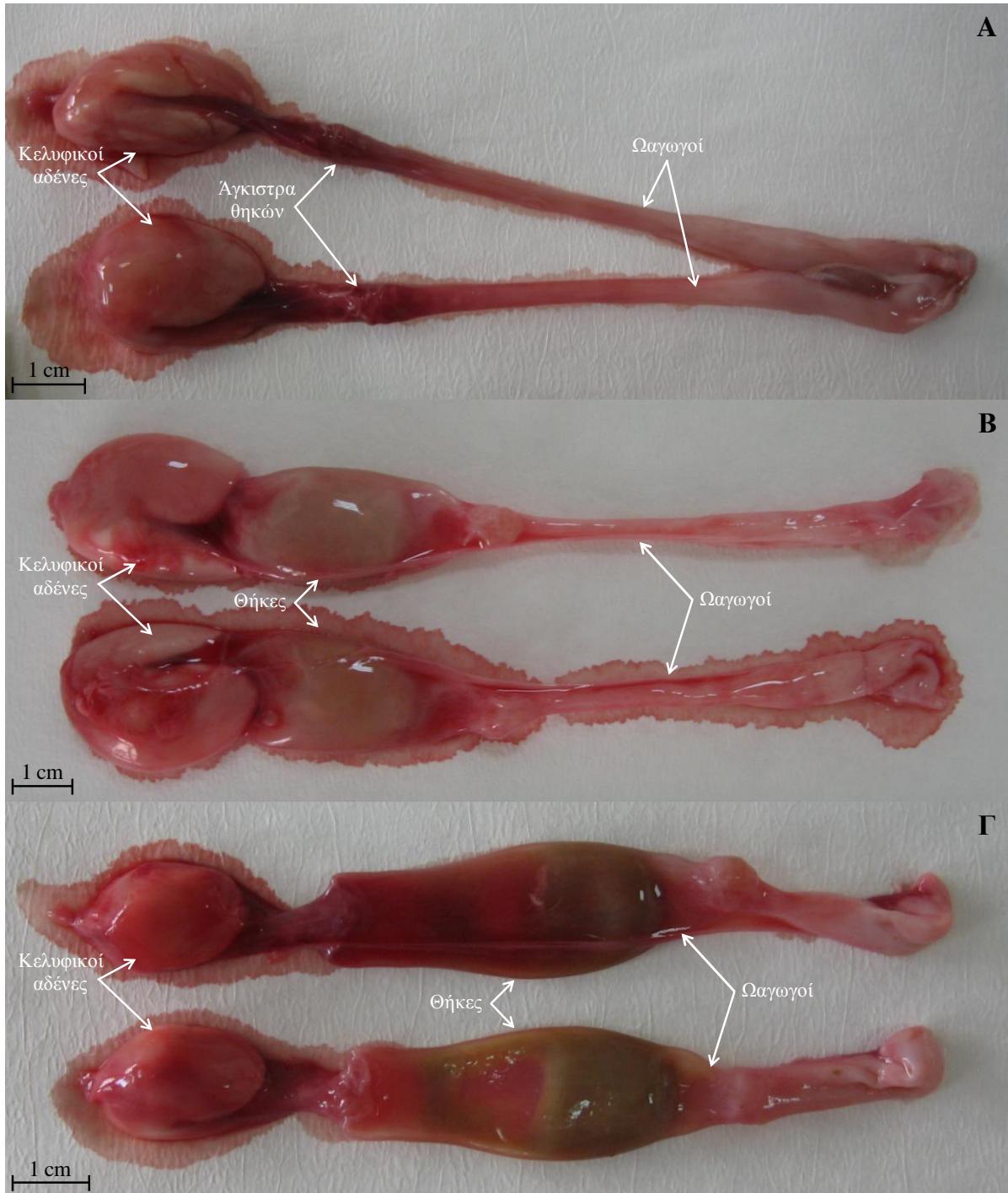
Scyliorhinus canicula

Από το σύνολο των 1.112 θηλυκών ατόμων που συλλέχθηκαν στην παρούσα μελέτη, τα 130 έφεραν από ένα ζεύγος εμβρυϊκών θηκών, οι οποίες βρίσκονταν σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Σε 19 άτομα οι θήκες ήταν σε πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο εντός των κελυφικών αδένων, σε 21 άτομα οι θήκες μόλις εξέρχονταν από τους κελυφικούς αδένες, ενώ σε 90 άτομα οι θήκες ήταν σε προχωρημένο αναπτυξιακό στάδιο εντός των ωαγωγών (Εικόνα 5.24). Η αναλογία των θηκών μεταξύ των δύο κελυφικών αδένων ή ωαγωγών ήταν 1:1.

Σε 104 ζεύγη θηκών καταγράφηκε το μήκος με και χωρίς άγκιστρα (ECL_H και ECL , αντίστοιχα), το πλάτος (ECW_i) και το βάρος (ECW_e). Στις αριστερές θήκες, το ECL_H κυμάνθηκε από 23 έως 71 mm (M.T.=51,1±8,10), το ECL από 17 έως 57 mm (M.T.=42,5±6,08), το ECW_i από 13 έως 20 mm (M.T.=16,9±1,13) και το ECW_e από 0,48 έως 2,85 g (M.T.=1,94±0,40). Στις δεξιές θήκες, το ECL_H κυμάνθηκε από 25 έως 71 mm (M.T.=50,9±8,40), το ECL από 17 έως 56 mm (M.T.=42,7±6,10), το ECW_i από 13 έως 20 mm (M.T.=16,9±1,09) και το ECW_e από 0,56 έως 2,79 g (M.T.=1,91±0,39).

Οι θήκες κάθε ζεύγους δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς καμία μέτρηση (ECL_H : $P_W=0,8103$, $W=5.304$; ECL : $P_W=0,6267$, $W=5.619$; ECW_i : $P_W=0,9913$, $W=5.413$ και ECW_e : $P_W=0,6171$, $W=5.191$). Ως αποτέλεσμα, το ολικό μήκος των θηλυκών ατόμων (TL) συσχετίστηκε με τη μέση τιμή των μετρήσεών τους. Μικρός βαθμός συσχέτισης

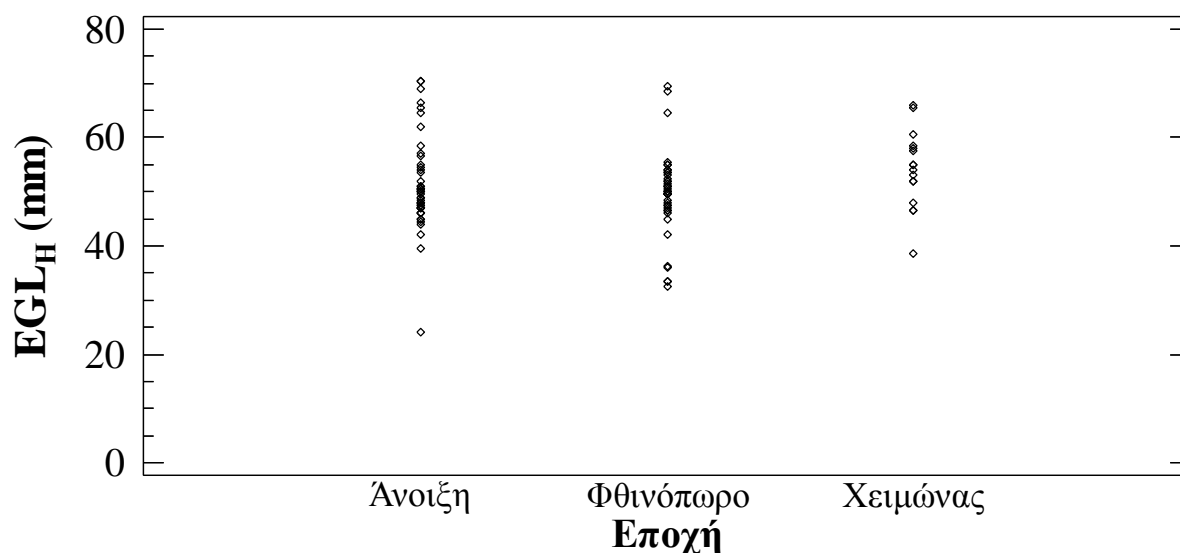
βρέθηκε σε όλες τις περιπτώσεις ($ECL_H=14,3TL^{0,209}$, $R^2=0,06$; $ECL=33,2TL^{0,039}$, $R^2=0,002$; $ECW_i=1,7TL^{0,381}$, $R^2=0,14$, και $ECW_e=0,002TL^{1,503}$, $R^2=0,18$), καθώς και μεταξύ του μέσου μήκους με άγκιστρα και του μέσου βάρους των θηκών ($ECW_e=0,13ECL_H^{0,689}$, $R^2=0,27$).



Εικόνα 5.24 Θήκες εμβρύων του είδους *S. canicula* που βρίσκονται στο εσωτερικό των κελυφικών αδένων (Α); που εξέρχονται από τους κελυφικούς αδένες (Β); που έχουν πλήρως σχηματιστεί και είναι εντός των ωαγωγών (Γ) (Φωτο. Β Κουστένη)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σε κάθε εποχή βρέθηκαν τόσο μικρές όσο και μεγάλες θήκες εμβρύων. Το μέσο μήκος με άγκιστρα των θηκών (EGL_H) κάθε ζεύγους κυμάνθηκε την άνοιξη από 24 έως 70,5 mm (M.T.=51,2±8,59, N=46), το φθινόπωρο από 32,5 έως 69,5 mm (M.T.=49,6±7,78, N=42) και το χειμώνα από 38,5 έως 66 mm (M.T.=54,2±7,15, N=16). Το μήκος EGL_H των θηκών δεν διέφερε σημαντικά από τη μια εποχή στην άλλη ($P_{KW}=0,0895$, $H=4,82$) (Εικόνα 5.25).



Εικόνα 5.25 Εποχική κατανομή του μέσου μήκους με άγκιστρα (EGL_H) των εμβρυϊκών θηκών κάθε ζεύγους των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula*

Squalus blainville

Συνολικά 75 κυοφορούντα άτομα καταγράφηκαν από το σύνολο των 429 συλλεχθέντων θηλυκών ατόμων, από τα οποία 12 άτομα έφεραν έμβρυα σε πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο εντός μεμβρανωδών φακέλων γεμάτων με λέκιθο, 10 άτομα έφεραν μικρά έμβρυα με μεγάλους λεκιθικούς σάκους, ενώ 56 άτομα είχαν πλήρως διαμορφωμένα έμβρυα με μειωμένο ή σχεδόν πλήρως απορροφημένο λεκιθικό σάκο (Εικόνα 5.26).

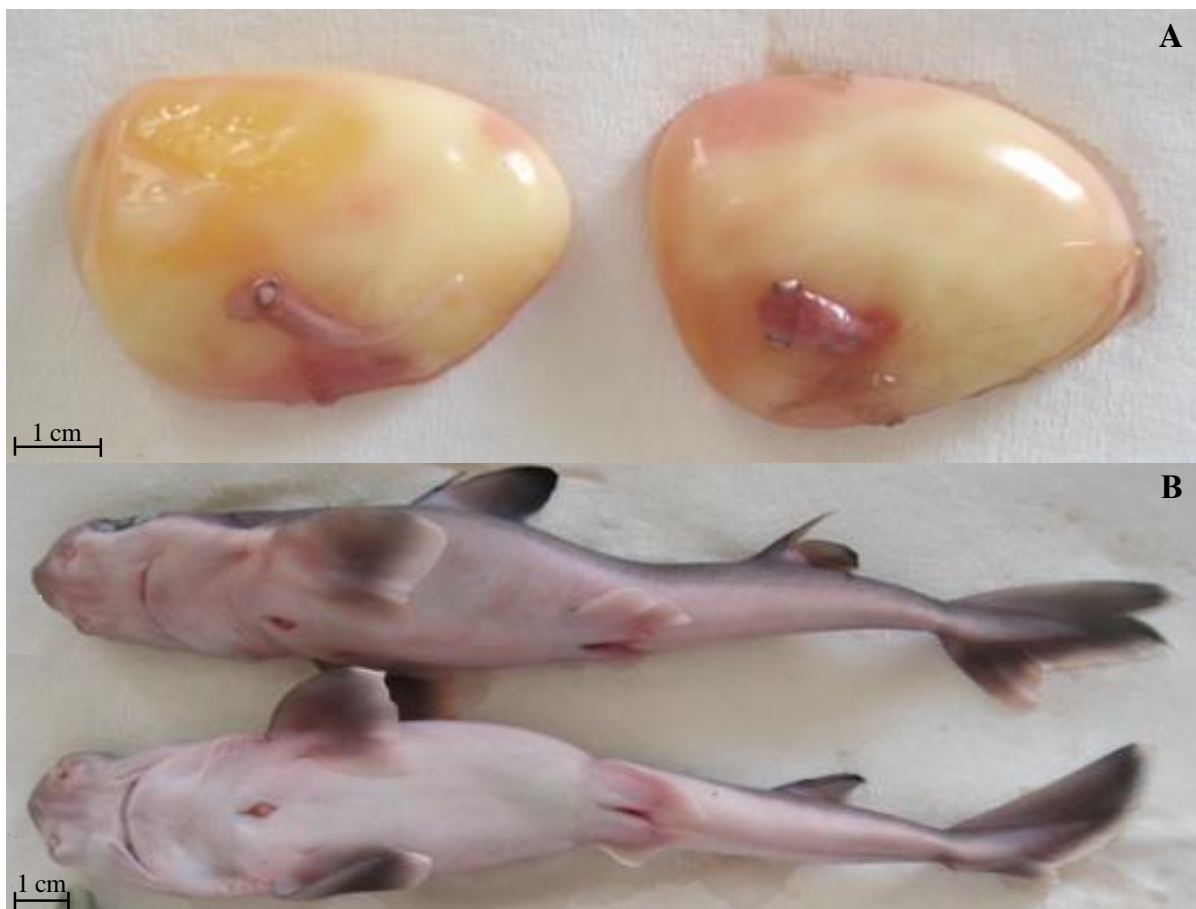
Το φύλο αναγνωρίστηκε σε 198 έμβρυα (101 θηλυκά και 97 αρσενικά). Η αναλογία των φύλων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τη μονάδα ($P_{\chi^2}=0,8407$, $\chi^2=0,04$). Το μικρότερο έμβρυο στο οποίο ήταν εφικτή η αναγνώριση του φύλου ήταν 37 mm (TL).

Σε 178 έμβρυα (85 και 93 από τον αριστερό και δεξιό ωαγωγό, αντίστοιχα) καταγράφηκε το ολικό μήκος (TL), το βάρος με το λεκιθικό σάκο (TW_{YS}) και το βάρος χωρίς το λεκιθικό σάκο (TW). Στα έμβρυα του αριστερού ωαγωγού, το TL κυμάνθηκε από 37 έως 191 mm (M.T.=128±43,2), το TW_{YS} κυμάνθηκε από 17 έως 46 g (M.T.=30,6±6,63) και το TW κυμάνθηκε από 0,10 έως 32,4 g (M.T.=12,4±8,89). Στα έμβρυα του δεξιού ωαγωγού, το TL κυμάνθηκε από 37 έως 209 mm (M.T.=131±46,1), το TW_{YS} κυμάνθηκε από 14,6 έως 44,6 g (M.T.=30,7±6,51) και το TW από 0,10 έως 42,5 g (M.T.=13,8±10,5).

Τα έμβρυα μεταξύ των ωαγωγών δεν διέφεραν σημαντικά ως προς καμία μέτρηση (TL: $P_w=0,5780$, $P_w=4.144$; TW_{YS} : $P_w=0,5048$, $W=4.182$ και TW : $P_w=0,8689$, $W=4.0144$).

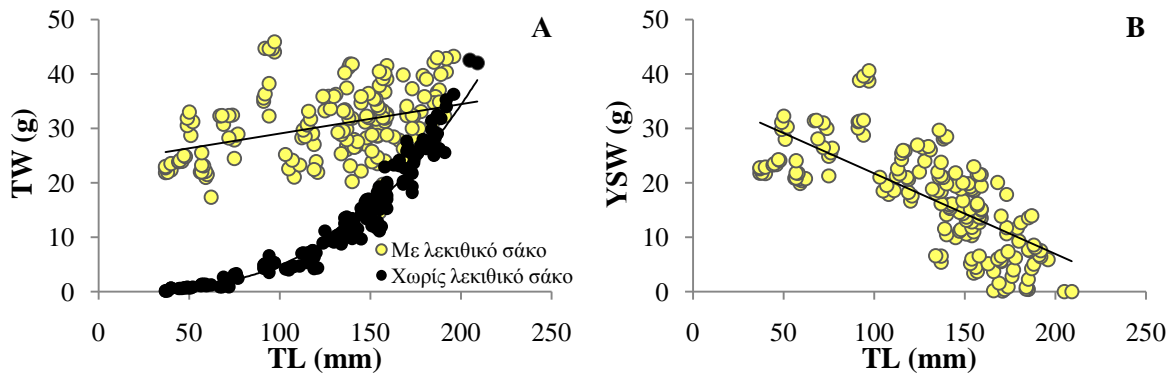
Από το σύνολο των 178 εμβρύων, ο λεκιθικός σάκος είχε πλήρως απορροφηθεί σε δύο έμβρυα ολικού μήκους 205 και 209 mm, ενώ είχε σχεδόν απορροφηθεί σε 8 έμβρυα ολικού μήκους 166, 169, 171, 172, 174, 184, 184 και 185 mm όπου ζύγιζε 0,1–1,6 g. Ο μεγαλύτερος λεκιθικός σάκος (40,7 g) βρέθηκε σε ένα έμβρυο μήκους 97 mm. Το μήκος των θηλυκών ατόμων παρουσίασε χαμηλή συσχέτιση τόσο με το μήκος ($TL_{\text{εμβρ.}}=285-0,236TL_{\text{θηλ.}}$, $R^2=0,09$) όσο και το βάρος των εμβρύων χωρίς το λεκιθικό σάκο ($TW=3,4E10TL^{-3,409}$, $R^2=0,06$).

Χαμηλή συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους και του ολικού βάρους των εμβρύων με το λεκιθικό σάκο ($TW_{YS}=12,3TL^{0,186}$, $R^2=0,14$). Θετική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους και του βάρους των εμβρύων χωρίς το λεκιθικό σάκο ($TW=9E-6TL^{2,857}$, $R^2=0,96$). Αρνητική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους των εμβρύων και του βάρους του λεκιθικού τους σάκου ($YSW=36,564-0,148TL$, $R^2=0,51$). Όλες οι εξεταζόμενες σχέσεις ήταν σημαντικές ($P=0$) και απεικονίζονται στην Εικόνα 5.27.



Εικόνα 5.26 Έμβρυα του είδους *S. blainville* με μεγάλους λεκιθικούς σάκους (A) και με πλήρως απορροφημένους λεκιθικούς σάκους (B) (Φωτο. Β Κουστίνη)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 5.27 Σχέσεις του ολικού μήκους (TL) με το ολικό βάρος (TW) με ή χωρίς το λεκιθικό σάκο (A) και με το βάρος του λεκιθικού σάκου (YSW) (B) των εμβρύων του είδους *S. blainville*

Μεγάλα έμβρυα που ξεπέρασαν τα 180 mm σε ολικό μήκος παρατηρήθηκαν όλες τις εποχές, ενώ έμβρυα μικρότερα από 50 mm βρέθηκαν μόνο την άνοιξη. Το ολικό μήκος των εμβρύων την άνοιξη κυμάνθηκε από 37 έως 209 mm (M.T.=114±52,5, N=61), το καλοκαίρι από 57 έως 188 mm (M.T.=143±49,4, N=22), το φθινόπωρο από 67 έως 191 mm (M.T.=134±33,8, N=91) και το χειμώνα από 187 έως 192 mm (M.T.=189±2,16, N=4). Το ολικό μήκος των εμβρύων παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των εποχών ($P_{KW}=0,0002$, $H=19,7$) (Εικόνα 5.28).



Εικόνα 5.28 Εποχική κατανομή του ολικού μήκους (TL) των εμβρύων του είδους *S. blainville*

Συνολικά 33 νεαρά άτομα ολικού μήκους από 180 έως 229 mm ($M.T.=203\pm 12,9$) αλιεύθηκαν με μηχανότρατα σε βάθη από 238 έως 274 m στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κέας–Μακρονήσου το Δεκέμβριο του 2009. Η παρουσία ενός μικρού λεκιθικού σάκου στη σπλαχνική τους κοιλότητα αποτέλεσε ένδειξη της πρόσφατης γέννησής τους (Εικόνα 5.29).



Εικόνα 29 Νεογέννητα άτομα του είδους *S. blainville* που αλιεύθηκαν μεταξύ Κέας–Μακρονήσου (**A**); Ανατομή ενός νεογέννητου ολικού μήκους 198 mm και βάρους 35 g όπου φαίνεται ο εσωτερικός λεκιθικός σάκος, ο οποίος είχε μήκος 17 mm και βάρος 0,11 g (**B**) (Φωτο. Β Κουστίνη)

5.3.8 Σωματικοί δείκτες

Scyliorhinus canicula

Στο συνολικό δείγμα, ο δείκτης GSI παρουσίασε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη διάμεση τιμή στα αρσενικά άτομα από ό,τι στα θηλυκά ($P_W=0$, $W=425.772$). Αντίθετο πρότυπο εμφάνισε ο δείκτης HSI ($P_W=0$, $W=385.854$), ενώ ο δείκτης K δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων ($P_W=0,6377$, $W=528.428$).

Ο δείκτης GSI παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση στην πορεία ωρίμασης των θηλυκών ($P_{KW}=0$, $H=525$) και αρσενικών ατόμων ($P_{KW}=0$, $H=568$).

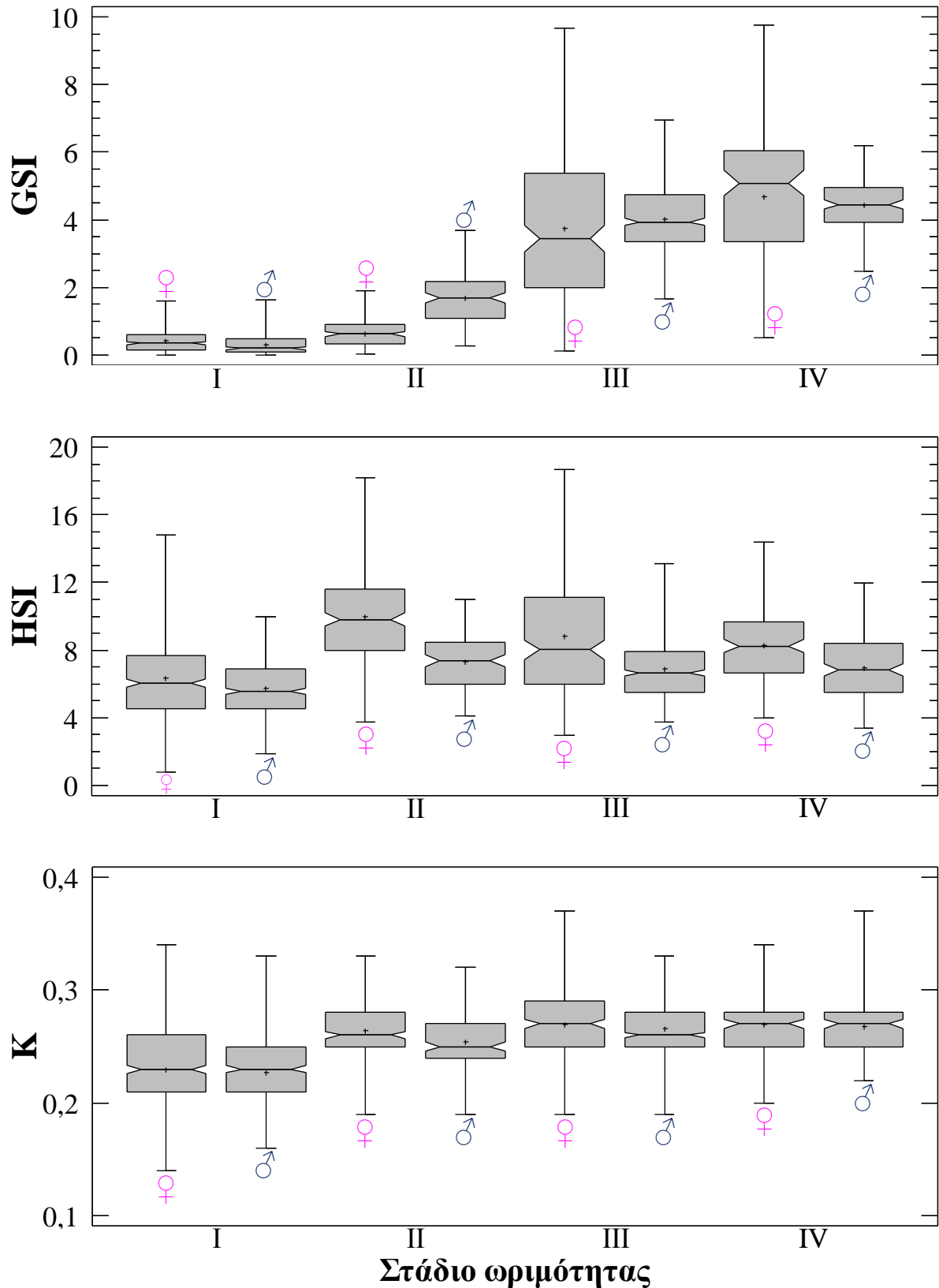
Ο δείκτης HSI στα θηλυκά άτομα παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των σταδίων γεννητικής ωριμότητας ($P_{KW}=0$, $H=238$). Στα αρσενικά άτομα, παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερη διάμεση τιμή στο στάδιο I σε σχέση με τα υπόλοιπα στάδια στα οποία κυμάνθηκε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα ($P_{KW}=0$, $H=105$).

Ο δείκτης K στα θηλυκά άτομα παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερη διάμεση τιμή στο στάδιο I σε σχέση με τα υπόλοιπα στάδια, ενώ κυμάνθηκε σε σημαντικά υψηλότερα και παρόμοια επίπεδα στα ώριμα άτομα (στάδια III και IV), αλλά και σε παρόμοια επίπεδα στα άτομα των σταδίων II και IV ($P_{KW}=0$, $H=305$). Στα αρσενικά άτομα, παρουσίασε σημαντική αύξηση από τα στάδια I και II στα πιο προχωρημένα στάδια (III και IV) στα οποία κυμάνθηκε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα ($P_{KW}=0$, $H=364$) (Πίνακας 5.27, Εικόνα 5.30).

Πίνακας 5.27 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Δείκτης	Θηλυκά					Αρσενικά				
	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	I	276	0,41	0,31	0–1,61	I	159	0,29	0,27	0–1,64
	II	192	0,64	0,4	0,01–1,91	II	120	1,70	0,77	0,26–3,68
	III	190	3,73	2,19	0,12–9,66	III	395	4,03	0,96	1,65–6,96
	IV	125	4,69	2,14	0,52–9,77	IV	150	4,44	0,76	2,46–6,21
	σύνολο	783	1,95	2,28	0–9,77	σύνολο	824	3,04	1,79	0–6,96
HSI	I	437	6,33	2,37	0,75–14,8	I	370	5,72	1,66	1,89–9,99
	II	230	9,97	2,99	3,73–18,2	II	124	7,28	1,61	4,10–11,0
	III	197	8,84	3,48	2,95–18,7	III	397	6,89	1,80	3,73–13,1
	IV	129	8,25	2,18	4,00–14,4	IV	150	6,95	2,00	3,38–12,0
	σύνολο	993	7,92	3,13	0,75–18,7	σύνολο	1.041	6,53	1,86	1,89–13,1
K	I	451	0,23	0,03	0,14–0,34	I	382	0,23	0,03	0,16–0,33
	II	232	0,26	0,03	0,19–0,33	II	125	0,25	0,02	0,19–0,32
	III	197	0,27	0,02	0,19–0,37	III	400	0,27	0,02	0,19–0,33
	IV	130	0,27	0,02	0,20–0,34	IV	152	0,27	0,02	0,22–0,37
	σύνολο	1.010	0,25	0,03	0,14–0,37	σύνολο	1.059	0,25	0,03	0,16–0,37

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση



Εικόνα 5.30 Θηκογράμματα του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών (♀) και αρσενικών ατόμων (♂) του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

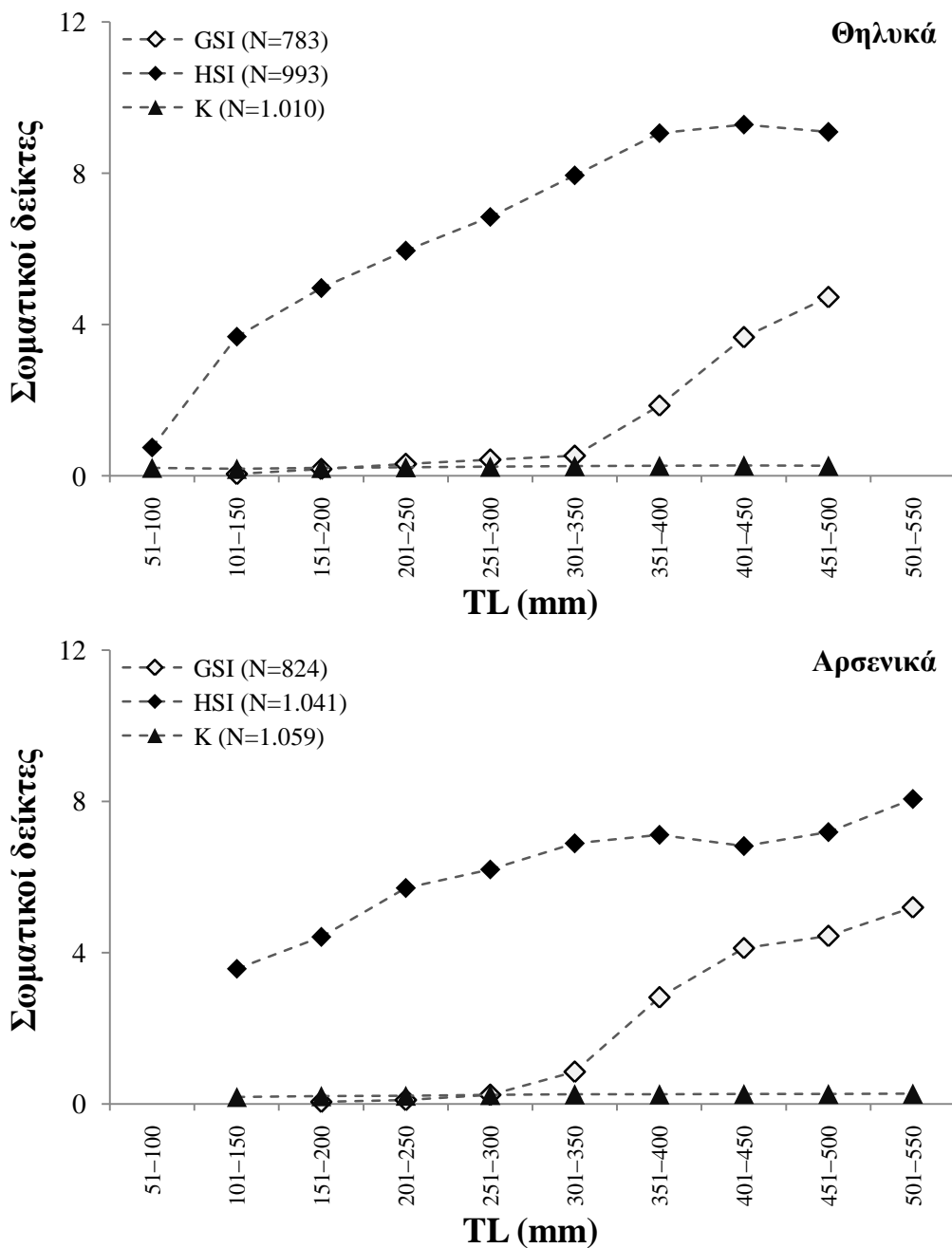
Στα θηλυκά άτομα, η διάμεση τιμή του δείκτη GSI δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των κλάσεων ολικού μήκους από 51 έως 350 mm, αλλά παρουσίασε σημαντική αύξηση από 351 έως 500 mm ($P_{KW}=0$, $H=415$). Στα αρσενικά άτομα, η διάμεση τιμή του δείκτη GSI κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στις κλάσεις ολικού μήκους από 151 έως 300 mm, με σημαντική αύξηση σε μεγαλύτερα μεγέθη, αλλά δεν διέφερε σημαντικά από 451 έως 550 mm ($P_{KW}=0$, $H=501$). Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η απότομη αύξηση που εμφάνισαν και τα δύο φύλα ως προς το δείκτη GSI στην κλάση ολικού μήκους 351–400 mm, πιθανώς γιατί σε αυτήν περιλαμβάνεται το μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμασης των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ($L_{50}=397$ και 382 mm, αντίστοιχα) (Πίνακας 5.28, Εικόνα 5.31).

Πίνακας 5.28 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά κλάση ολικού μήκους (TL)

Δείκτης	TL (mm)	Θηλυκά				Αρσενικά			
		N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	51–100								
	101–150	6	0,05	0,08	0–0,20				
	151–200	52	0,18	0,14	0–0,56	25	0,06	0,05	0–0,17
	201–250	64	0,31	0,22	0,01–0,94	33	0,10	0,06	0,01–0,24
	251–300	44	0,43	0,25	0–0,88	44	0,24	0,18	0,01–0,65
	301–350	110	0,53	0,44	0–3,80	76	0,85	0,74	0,13–3,68
	351–400	257	1,86	2,04	0,04–8,91	205	2,81	1,31	0,34–6,15
	401–450	221	3,66	2,33	0,07–9,45	351	4,12	1,03	1,55–6,96
	451–500	29	4,72	2,82	0,52–9,77	87	4,44	0,71	2,81–6,21
	501–550					3	5,19	0,74	4,45–5,92
σύνολο	783	1,95	2,28	0–9,77	824	3,04	1,79	0–6,96	
HSI	51–100	1	0,75		0,75–0,75				
	101–150	27	3,68	0,94	1,55–6,11	20	3,57	0,7	1,89–4,80
	151–200	112	4,96	1,46	1,77–9,41	80	4,42	0,98	2,50–8,00
	201–250	79	5,95	1,67	2,10–9,74	89	5,71	1,58	2,54–9,38
	251–300	72	6,84	2,07	2,28–13,5	86	6,20	1,44	3,24–9,66
	301–350	150	7,94	2,52	3,00–14,8	112	6,89	1,41	4,14–9,99
	351–400	288	9,06	2,94	3,80–17,9	211	7,11	1,68	3,70–11,6
	401–450	234	9,28	3,32	2,95–18,7	352	6,82	1,89	3,38–13,1
	451–500	30	9,09	2,54	5,53–17,4	88	7,19	1,83	3,83–11,5
	501–550					3	8,06	2,28	6,11–10,6
σύνολο	993	7,92	3,13	0,75–18,7	1.041	6,53	1,86	1,89–13,1	
K	51–100	1	0,21		0,21–0,21				
	101–150	29	0,18	0,02	0,14–0,22	20	0,19	0,02	0,17–0,23
	151–200	118	0,21	0,02	0,16–0,25	85	0,21	0,02	0,17–0,26
	201–250	83	0,23	0,03	0,17–0,34	91	0,22	0,02	0,16–0,27
	251–300	72	0,24	0,03	0,18–0,29	90	0,24	0,02	0,18–0,33
	301–350	152	0,25	0,03	0,18–0,33	113	0,25	0,02	0,20–0,32
	351–400	290	0,27	0,02	0,19–0,33	213	0,26	0,02	0,18–0,32
	401–450	234	0,27	0,02	0,20–0,37	356	0,27	0,03	0,19–0,37
	451–500	31	0,26	0,03	0,20–0,31	88	0,27	0,02	0,20–0,33
	501–550					3	0,27	0,03	0,23–0,29
σύνολο	1.010	0,25	0,03	0,14–0,37	1.059	0,25	0,03	0,16–0,37	

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Ο δείκτης HSI παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση αυξανόμενου του μεγέθους των θηλυκών ατόμων, με παρόμοιες υψηλές τιμές στις κλάσεις ολικού μήκους από 351 έως 500 mm ($P_{KW}=0$, $H=319$). Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε και ως προς το δείκτη K ($P_{KW}=0$, $H=459$). Στα αρσενικά άτομα, ο δείκτης HSI παρουσίασε σημαντική διαφοροποίηση αυξανόμενου του μεγέθους τους, παρουσιάζοντας παρόμοια υψηλά επίπεδα στις κλάσεις ολικού μήκους από 401 έως 550 mm ($P_{KW}=0$, $H=227$). Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε και ως προς το δείκτη K ($P_{KW}=0$, $H=468$) (Πίνακας 5.28, Εικόνα 5.31).

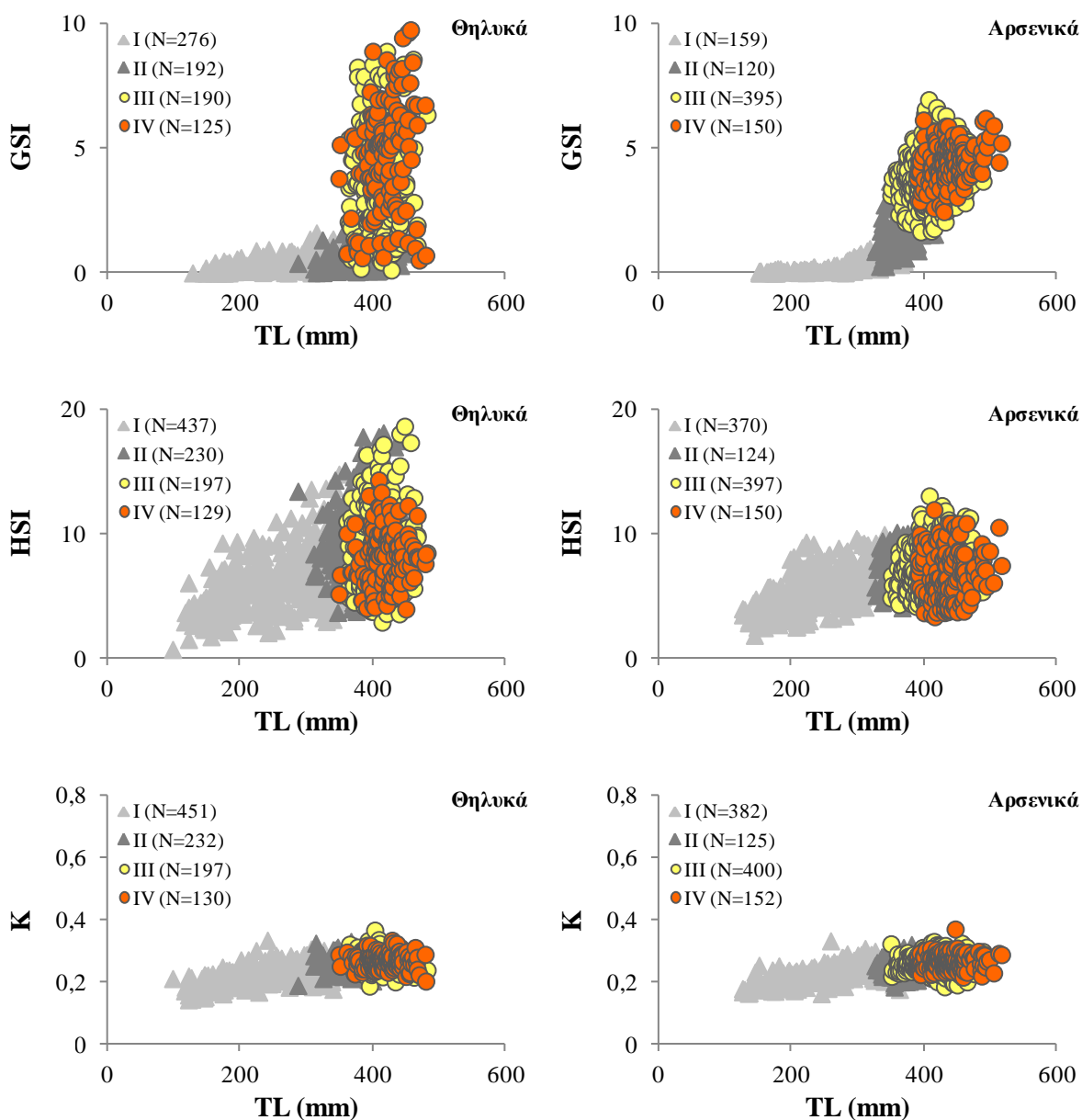


Εικόνα 5.31 Διακύμανση των μέσων τιμών του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* στις κλάσεις ολικού μήκους (TL)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Από την Εικόνα 5.32 διαπιστώνεται η απότομη μεταβολή του δείκτη GSI καθώς και τα δύο φύλα προσεγγίζουν την κατάσταση ωρίμασης, το μεγάλο εύρος τιμών του δείκτη HSI στα θηλυκά άτομα, τα ωριμότερα από τα οποία (στάδιο IV) εμφάνισαν μειωμένες τιμές του δείκτη, και η μικρή τάση αύξησης του δείκτη K αυξανόμενου του μήκους των ατόμων.

Τα θηλυκά άτομα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές του δείκτη GSI σε σχέση με τα αρσενικά παρόμοιου μήκους ($P_{\text{ANCOVA}}=0$, $F=51,8$). Το αντίθετο πρότυπο παρατηρήθηκε για το δείκτη HSI ($P_{\text{ANCOVA}}=0$, $F=134$), ενώ τα θηλυκά και αρσενικά άτομα παρόμοιου μήκους δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το δείκτη K ($P_{\text{ANCOVA}}=0,1020$, $F=2,67$).



Εικόνα 5.32 Σχέσεις ολικού μήκους (TL)–γοναδοσωματικού (GSI%), ηπατοσωματικού (HSI%) και δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Ο δείκτης GSI στα θηλυκά άτομα έλαβε τις δύο υψηλότερες μέσες τιμές το Μάρτιο και τον Απρίλιο (3,21 και 2,79%, αντίστοιχα), οπότε και βρέθηκαν οι δύο μεγαλύτερες συχνότητες ώριμων ατόμων (65,5 και 46,5%, αντίστοιχα, βλ. Πίνακα 5.10), ενώ τη χαμηλότερη μέση τιμή το Δεκέμβριο (1,18%), οπότε και βρέθηκαν τα περισσότερα ανώριμα άτομα (80,2%). Στα αρσενικά άτομα, οι υψηλότερες μέσες τιμές του GSI παρατηρήθηκαν το Μάρτιο και τον Απρίλιο (3,62 και 3,95%, αντίστοιχα) παρά τη μικρή αφθονία των ώριμων ατόμων (38 και 22,5%, αντίστοιχα, βλ. Πίνακα 5.10), ενώ η χαμηλότερη το Δεκέμβριο (2,36%) παρά την κυριαρχία των ώριμων ατόμων (75,8%) (Πίνακας 5.29, Εικόνα 5.33).

Πίνακας 5.29 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά μήνα

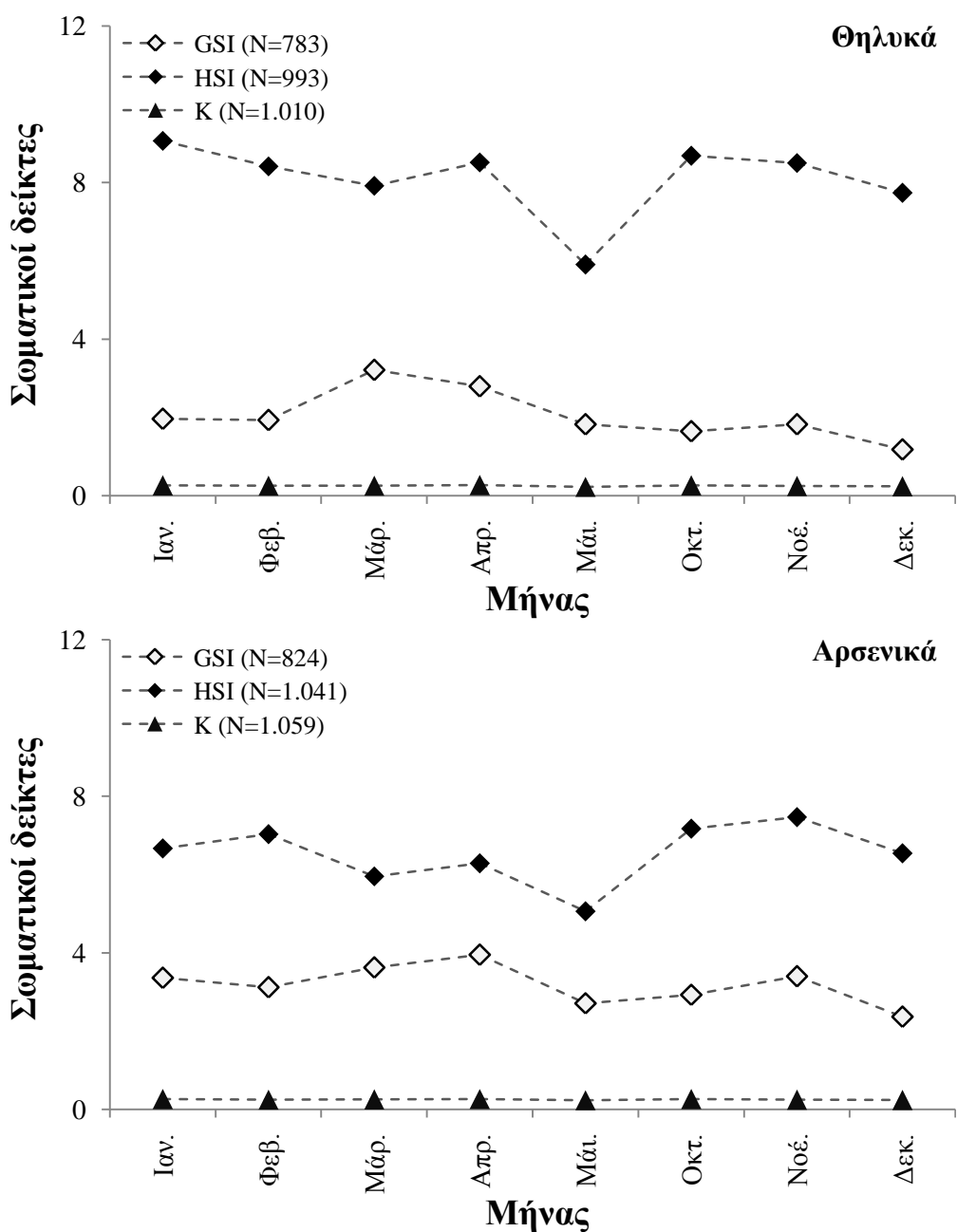
Δείκτης	Μήνας	Θηλυκά				Αρσενικά			
		N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	Ιαν.	27	1,96	1,56	0,62–5,51	42	3,36	1,65	0,34–5,58
	Φεβ.	65	1,93	1,71	0,08–6,36	70	3,12	1,44	0,25–6,36
	Μάρ.	83	3,21	2,71	0,29–9,66	62	3,62	1,49	0,15–6,10
	Απρ.	71	2,79	2,79	0,13–9,77	84	3,95	1,32	0,39–5,84
	Μάι.	114	1,82	2,28	0,01–8,57	139	2,71	1,99	0–6,01
	Οκτ.	166	1,65	2,02	0,04–8,91	200	2,93	1,75	0,01–6,96
	Νοέ.	161	1,82	2,25	0–8,47	88	3,40	1,59	0,27–6,15
	Δεκ.	96	1,18	1,87	0,01–8,91	139	2,36	1,96	0–6,58
	σύνολο	783	1,95	2,28	0–9,77	824	3,04	1,79	0–6,96
HSI	Ιαν.	28	9,07	3,42	3,31–17,5	42	6,66	1,50	4,11–10,6
	Φεβ.	81	8,41	2,64	3,61–15,8	78	7,03	1,45	4,04–11,8
	Μάρ.	83	7,92	2,42	3,64–13,3	62	5,96	1,23	3,83–8,60
	Απρ.	71	8,52	2,65	3,98–14,7	85	6,29	1,46	4,13–10,9
	Μάι.	192	5,90	2,54	0,75–13,8	202	5,06	1,39	1,89–10,5
	Οκτ.	254	8,68	3,17	3,00–18,70	261	7,17	1,76	3,26–12,3
	Νοέ.	173	8,50	3,36	2,68–18,1	147	7,46	2,04	2,92–13,1
	Δεκ.	111	7,73	3,15	1,77–17,4	164	6,54	1,86	2,58–10,9
	σύνολο	993	7,92	3,13	0,75–18,7	1.041	6,53	1,86	1,89–13,1
K	Ιαν.	28	0,26	0,02	0,19–0,30	42	0,26	0,02	0,21–0,32
	Φεβ.	82	0,26	0,03	0,18–0,31	79	0,25	0,03	0,19–0,31
	Μάρ.	83	0,26	0,02	0,21–0,30	63	0,25	0,02	0,19–0,30
	Απρ.	71	0,27	0,02	0,23–0,32	85	0,27	0,02	0,19–0,32
	Μάι.	197	0,23	0,04	0,14–0,34	204	0,24	0,04	0,16–0,31
	Οκτ.	261	0,26	0,03	0,15–0,37	274	0,26	0,03	0,19–0,33
	Νοέ.	173	0,25	0,03	0,16–0,33	147	0,25	0,03	0,18–0,37
	Δεκ.	115	0,24	0,03	0,17–0,31	165	0,24	0,02	0,17–0,29
	σύνολο	1.010	0,25	0,03	0,14–0,37	1.059	0,25	0,03	0,16–0,37

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Ο δείκτης HSI στα θηλυκά άτομα έλαβε την υψηλότερη μέση τιμή τον Ιανουάριο (9,07%) και τη χαμηλότερη το Μάιο (4,90%), ενώ στα αρσενικά άτομα έλαβε την υψηλότερη μέση τιμή το Νοέμβριο (7,46%) και τη χαμηλότερη το Μάιο (5,06%). Ο δείκτης HSI ακολούθησε τη μηνιαία διακύμανση του GSI και στα δύο φύλα.

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ο δείκτης K έλαβε την υψηλότερη μέση τιμή τον Απρίλιο (0,27%) και στα δύο φύλα, οπότε τα θηλυκά άτομα εμφάνισαν μια από τις δύο υψηλότερες μέσες τιμές του δείκτη GSI (2,79%) και τα αρσενικά την υψηλότερη μέση τιμή GSI (3,95%), ενώ και στα δύο φύλα ο δείκτης HSI ήταν σχετικά υψηλός. Ο δείκτης K έλαβε τις χαμηλότερες μέσες τιμές το Μάιο και το Δεκέμβριο στα θηλυκά (0,23 και 0,24%, αντίστοιχα) και στα αρσενικά άτομα (0,24% και τους δύο μήνες), οπότε και τα δύο φύλα εμφάνισαν από τις χαμηλότερες μέσες τιμές των δεικτών GSI και HSI. Η μηνιαία διαφοροποίηση των δεικτών ήταν σημαντική τόσο στα θηλυκά (GSI: $P_{KW}=0$, $H=74,5$; HSI: $P_{KW}=0$, $H=123$ και K: $P_{KW}=0$, $H=178$) όσο και στα αρσενικά άτομα (GSI: $P_{KW}=3E-10$, $H=58,6$; HSI: $P_{KW}=0$, $H=214$ και K: $P_{KW}=0$, $H=150$)



Εικόνα 5.33 Μηνιαία διακύμανση του μέσου γοναδοσωματικού (GSI%), ηπατοσωματικού (HSI%) και δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula*

Η εποχική διακύμανση των σωματικών δεικτών ξεχωριστά για τα ανώριμα και ώριμα άτομα κάθε φύλου απεικονίστηκε με θηκογράμματα (Εικόνα 5.34) και παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 5.30. Η δοκιμασία Kruskal–Wallis έδειξε ότι η διάμεση τιμή κάθε δείκτη ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη στα ώριμα από ό,τι στα ανώριμα άτομα ανεξάρτητα από το φύλο ($P_{KW}<0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε ο δείκτης HSI, ο οποίος δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των ανώριμων και ώριμων θηλυκών ατόμων το χειμώνα ($P_{KW}=0,6458$, $H=5.369$).

Πίνακας 5.30 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ανά εποχή και στάδιο ωρίμασης

Δείκτης	Εποχή	Στάδιο ωρίμασης	Θηλυκά				Αρσενικά				
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	
GSI	Ανοιξη	ανώριμο	139	0,51	0,34	0,01–1,60	82	0,81	0,89	0–3,21	
		ώριμο	129	4,67	2,27	0,88–9,77	203	4,27	0,86	2,04–6,10	
		σύνολο	268	2,51	2,62	0,01–9,77	285	3,27	1,80	0–6,10	
	Φθινόπωρο	ανώριμο	205	0,50	0,37	0–1,91	90	0,95	0,78	0,01–3,68	
		ώριμο	122	3,81	2,26	0,12–8,91	198	4,04	1,01	1,68–6,96	
		σύνολο	327	1,73	2,14	0–8,91	288	3,07	1,71	0,01–6,96	
	Χειμώνας	ανώριμο	124	0,51	0,39	0,01–1,85	107	0,92	0,97	0–3,55	
		ώριμο	64	3,56	1,77	0,71–8,91	144	4,10	0,89	1,65–6,58	
		σύνολο	188	1,55	1,80	0,01–8,91	251	2,74	1,82	0–6,58	
	σύνολο			783	1,95	2,28	0–9,77	824	3,04	1,79	0–6,96
	HSI	Ανοιξη	ανώριμο	214	6,22	2,60	0,75–14,1	146	5,00	1,43	1,89–9,38
			ώριμο	132	8,06	2,69	3,64–14,7	203	5,89	1,41	3,38–10,9
σύνολο			346	6,92	2,78	0,75–14,7	349	5,52	1,48	1,89–10,9	
Φθινόπωρο		ανώριμο	301	8,31	3,20	2,68–18,2	208	6,75	1,62	2,92–10,2	
		ώριμο	126	9,31	3,25	2,95–18,7	200	7,82	1,95	3,86–13,1	
		σύνολο	427	8,61	3,25	2,68–18,7	408	7,27	1,87	2,92–13,1	
Χειμώνας		ανώριμο	152	8,07	3,02	1,77–17,5	140	6,33	1,80	2,58–11,0	
		ώριμο	68	8,35	3,06	3,61–17,4	144	7,05	1,56	4,04–11,8	
		σύνολο	220	8,15	3,03	1,77–17,5	284	6,69	1,72	2,58–11,8	
σύνολο			993	7,92	3,13	0,75–18,7	1.041	6,53	1,86	1,89–13,1	
K		Ανοιξη	ανώριμο	219	0,23	0,04	0,14–0,32	148	0,22	0,03	0,16–0,32
			ώριμο	132	0,27	0,02	0,22–0,34	204	0,26	0,02	0,19–0,31
	σύνολο		351	0,24	0,04	0,14–0,34	352	0,25	0,03	0,16–0,32	
	Φθινόπωρο	ανώριμο	307	0,25	0,03	0,15–0,34	218	0,24	0,03	0,18–0,33	
		ώριμο	127	0,27	0,02	0,19–0,37	203	0,28	0,02	0,22–0,37	
		σύνολο	434	0,26	0,03	0,15–0,37	421	0,26	0,03	0,18–0,37	
	Χειμώνας	ανώριμο	157	0,24	0,03	0,17–0,31	141	0,23	0,02	0,17–0,29	
		ώριμο	68	0,27	0,03	0,20–0,31	145	0,26	0,02	0,19–0,32	
		σύνολο	225	0,25	0,03	0,17–0,31	286	0,24	0,03	0,17–0,32	
	σύνολο			1.010	0,25	0,03	0,14–0,37	1.059	0,25	0,03	0,16–0,37

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

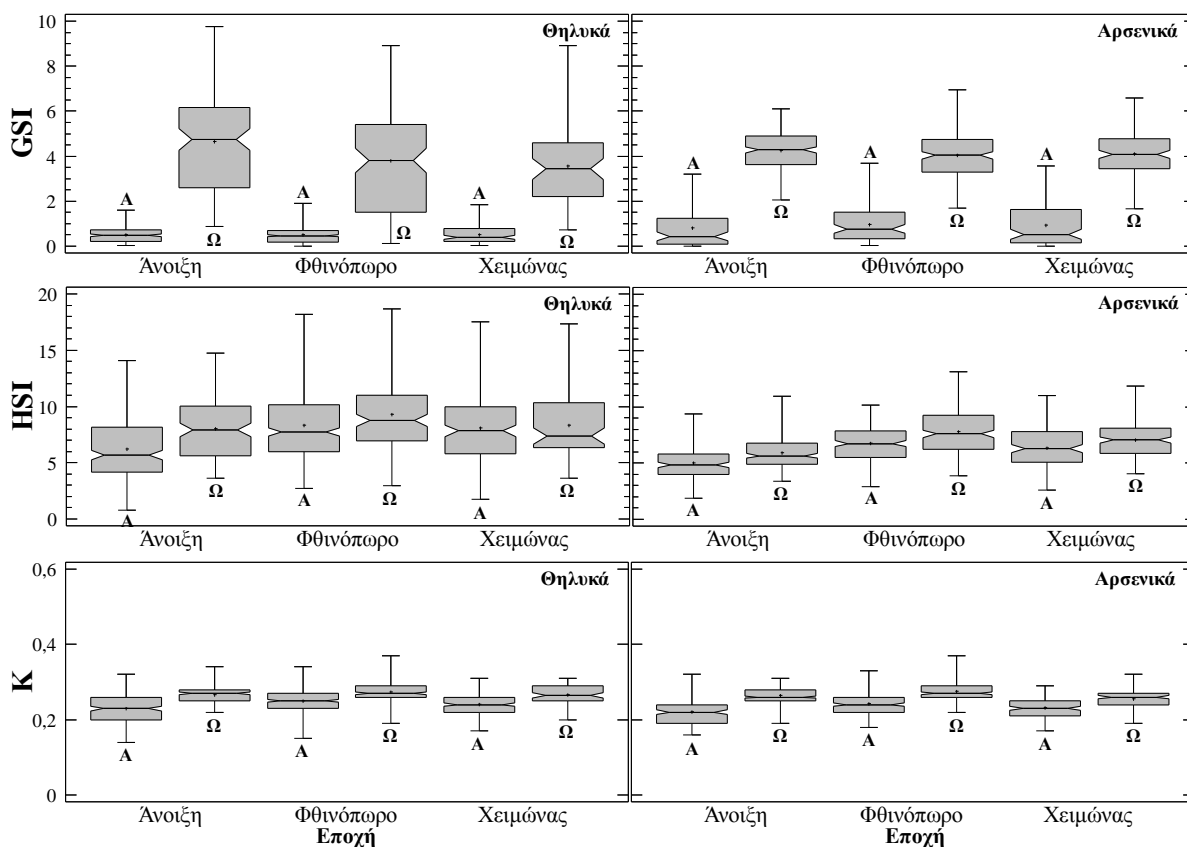
Σε κάθε φύλο, ανεξάρτητα από το στάδιο γεννητικής ωριμότητας, βρέθηκε σημαντική εποχική διαφοροποίηση των δεικτών. Ο δείκτης GSI παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά τη σειρά των εποχών χειμώνας<φθινόπωρο<άνοιξη τόσο στα θηλυκά ($P_{KW}=0,0001$, $H=18,1$)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

όσο και στα αρσενικά άτομα ($P_{KW}=0,0018$, $H=12,6$). Η διάμεση τιμή του GSI κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα το φθινόπωρο και το χειμώνα στα θηλυκά άτομα ($P_W=0,7947$, $W=30.315$), καθώς και την άνοιξη και το φθινόπωρο στα αρσενικά ($P_W=0,0992$, $W=44.307$).

Ο δείκτης HSI παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά τη σειρά των εποχών άνοιξη<χειμώνας<φθινόπωρο τόσο στα θηλυκά ($P_{KW}=1E-12$, $H=55$) όσο και στα αρσενικά άτομα ($P_{KW}=0$, $H=175$).

Ο δείκτης K αυξήθηκε σημαντικά κατά τη σειρά των εποχών χειμώνας<άνοιξη<φθινόπωρο τόσο στα θηλυκά ($P_{KW}=4E-6$, $H=25$) όσο και στα αρσενικά άτομα ($P_{KW}=1E-9$, $H=42,2$), με παρόμοιες, ωστόσο, διάμεσες τιμές το χειμώνα και την άνοιξη και στα δύο φύλα ($P_W=0,1927$, $W=42.135$ και $P_W=0,1606$, $W=47.105$, αντίστοιχα).



Εικόνα 5.34 Θηκογράμματα του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών, ανώριμων (Α) και ώριμων ατόμων (Ω) του είδους *S. canicula* ανά εποχή (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

Squalus blainville

Στο συνολικό δείγμα, ο δείκτης GSI παρουσίασε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη διάμεση τιμή στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά ($P_W=0,0034$, $W=73.568$), ενώ τα δύο φύλα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τους δείκτες HSI ($P_W=0,8852$, $W=66.492$) και K ($P_W=0,3155$, $W=65.831$).

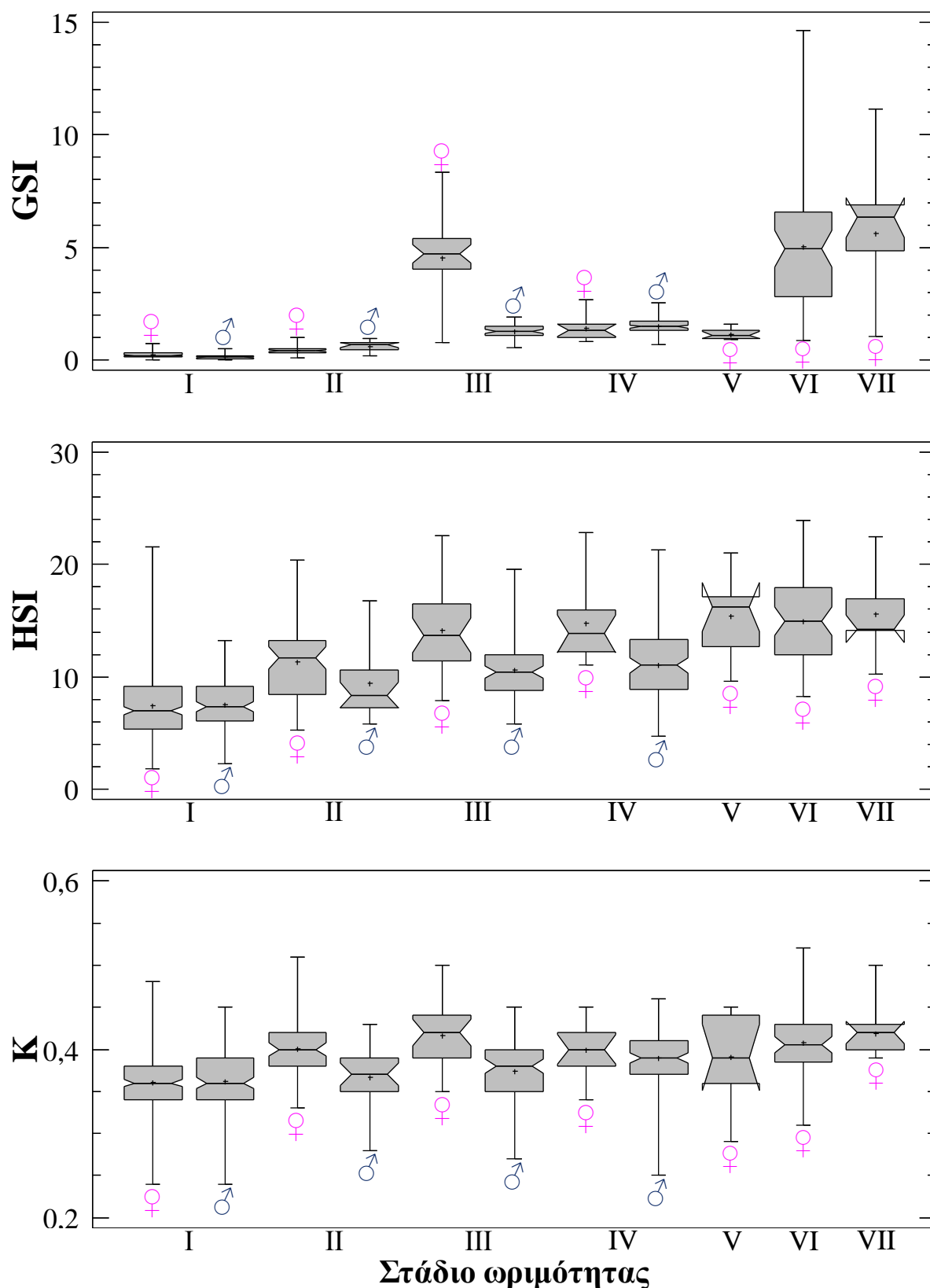
Ο δείκτης GSI αυξήθηκε σημαντικά στην πορεία της ωρίμασης των θηλυκών ατόμων ($P_{KW}=0$, $H=284$), φτάνοντας σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα στα στάδια III (4,52%), VI (5,02%) και VII (5,60%). Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και τα αρσενικά, από τα οποία τα ώριμα άτομα (στάδια III και IV) δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το δείκτη GSI ($P_{KW}=0$, $H=244$).

Ο δείκτης HSI στα θηλυκά άτομα παρουσίασε σημαντική αύξηση από το στάδιο I έως το στάδιο III, ενώ κυμάνθηκε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα στα στάδια III–VII ($P_{KW}=0$, $H=210$). Στα αρσενικά άτομα, ο δείκτης HSI ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος στο στάδιο I από ό,τι στα υπόλοιπα στάδια, εμφανίζοντας μη σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταδίων II–III ή III–IV ($P_{KW}=0$, $H=87,1$) (Πίνακας 5.31, Εικόνα 5.35).

Πίνακας 5.31 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Δείκτης	Θηλυκά					Αρσενικά				
	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος	Στάδιο	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	I	243	0,21	0,14	0–0,70	I	111	0,13	0,11	0–0,49
	II	56	0,41	0,15	0,09–0,99	II	21	0,59	0,23	0,17–0,95
	III	26	4,52	1,61	0,74–8,35	III	76	1,27	0,30	0,55–1,91
	IV	12	1,41	0,55	0,79–2,67	IV	109	1,50	0,32	0,66–2,51
	V	10	1,13	0,21	0,89–1,57	σύνολο	317	0,90	0,66	0–2,51
	VI	52	5,02	2,82	0,86–14,7					
	VII	13	5,60	2,72	1,04–11,2					
	σύνολο	412	1,34	2,28	0–14,7					
HSI	I	244	7,42	2,93	1,82–21,6	I	118	7,51	2,27	2,27–13,3
	II	56	11,3	3,45	5,20–20,4	II	21	9,40	2,99	5,81–16,8
	III	26	14,1	4,07	7,87–22,6	III	76	10,6	2,74	5,77–19,6
	IV	12	14,8	3,38	11,1–22,9	IV	109	11,1	3,17	4,74–21,3
	V	10	15,4	3,36	9,64–21,1	σύνολο	324	9,57	3,18	2,27–21,3
	VI	52	14,9	3,76	8,26–23,9					
	VII	13	15,6	3,28	10,2–22,5					
	σύνολο	413	9,98	4,57	1,82–23,9					
K	I	249	0,36	0,04	0,24–0,48	I	122	0,36	0,04	0,24–0,45
	II	56	0,40	0,03	0,33–0,51	II	21	0,37	0,04	0,28–0,43
	III	26	0,42	0,04	0,35–0,50	III	77	0,37	0,04	0,27–0,45
	IV	12	0,40	0,03	0,34–0,45	IV	109	0,39	0,03	0,25–0,46
	V	10	0,39	0,05	0,29–0,45	σύνολο	329	0,37	0,04	0,24–0,46
	VI	52	0,41	0,04	0,31–0,52					
	VII	13	0,42	0,03	0,39–0,50					
	σύνολο	418	0,38	0,04	0,24–0,52					

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση



Εικόνα 5.35 Θηκογράμματα του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών (♀) και αρσενικών ατόμων (♂) του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

Ο δείκτης K έλαβε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη διάμεση τιμή στα θηλυκά άτομα σταδίου I, ενώ κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στα στάδια II–VII ($P_{KW}=0$, $H=121$). Στα αρσενικά άτομα, ο δείκτης K κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στα ανώριμα άτομα (στάδια I και II) και στα άτομα των σταδίων II και III, ενώ έλαβε στατιστικά σημαντικά υψηλότερες διάμεσες τιμές στα δραστήρια άτομα (στάδιο IV) ($P_{KW}=0$, $H=1E-6$) (Εικόνα 5.35).

Από την Εικόνα 5.36 διαπιστώνεται ότι ο δείκτης GSI, στα θηλυκά άτομα κυμάνθηκε σε παρόμοια χαμηλά επίπεδα στις κλάσεις ολικού μήκους από 151 έως 500 mm, παρουσιάζοντας σημαντική αύξηση στα μεγαλύτερα μεγέθη, αν και δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά στις κλάσεις ολικού μήκους από 601 έως 800 mm στις οποίες κυμάνθηκε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα ($P_{KW}=0$, $H=335$). Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η απότομη αύξηση που εμφάνισε ο δείκτης GSI στην κλάση ολικού μήκους 551–600 mm, η οποία περιλαμβάνει το μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμασης των θηλυκών ατόμων ($L_{50}=568$ mm). Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και τα αρσενικά άτομα, στα οποία ο δείκτης GSI κυμάνθηκε σε παρόμοια χαμηλά επίπεδα από 151 έως 400 mm, πέρα από τα οποία παρουσίασε σημαντική αύξηση ($P_{KW}=0$, $H=237$). Στα αρσενικά άτομα, η απότομη αύξηση του δείκτη GSI παρατηρήθηκε σε μικρότερη κλάση μήκους (451–500 mm) από ό,τι στα θηλυκά στην οποία ανήκει το μήκος της πρώτης γεννητικής τους ωρίμασης ($L_{50}=461$ mm).

Ο δείκτης HSI στα θηλυκά άτομα παρουσίασε σημαντική μείωση από 151 έως περίπου 320 mm ολικού μήκους, πέρα από τα οποία αυξήθηκε σημαντικά μέχρι τα 651 mm ολικού μήκους, ενώ κυμάνθηκε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα στα μεγαλύτερα μεγέθη ($P_{KW}=0$, $H=306$). Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και τα αρσενικά άτομα στα οποία ο δείκτης HSI παρουσίασε σημαντική μείωση μέχρι περίπου τα 320 mm ολικού μήκους, πέρα από τα οποία αυξήθηκε σημαντικά μέχρι τα 451 mm, ενώ κυμάνθηκε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα στις κλάσεις από 451 έως 800 mm ($P_{KW}=0$, $H=132$). Το πρότυπο μεταβολής του δείκτη HSI αυξανόμενου του μήκους των ατόμων ήταν παρόμοιο στα δύο φύλα, εμφανίζοντας τις υψηλότερες τιμές στη φάση της μέγιστης ανάπτυξης των γονάδων τους και φτάνοντας σε υψηλότερες τιμές στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά.

Στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στην πορεία της αύξησης των θηλυκών ατόμων παρουσίασε και ο δείκτης K, ο οποίος έπειτα από σταδιακή, αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση μέχρι τα 500 mm ολικού μήκους, κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα από 501 έως 800 mm ($P_{KW}=0$, $H=145$). Στα αρσενικά άτομα, ο δείκτης K αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά από την κλάση ολικού μήκους 151–250 mm έως την κλάση 251–350 mm, λαμβάνοντας υψηλότερη τιμή από 351 έως 600 mm ($P_{KW}=1E-7$, $H=51,7$). Σε κάθε μία από αυτές τις τρεις κλάσεις ο δείκτης K κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα (Πίνακας 5.32, Εικόνα 5.36).

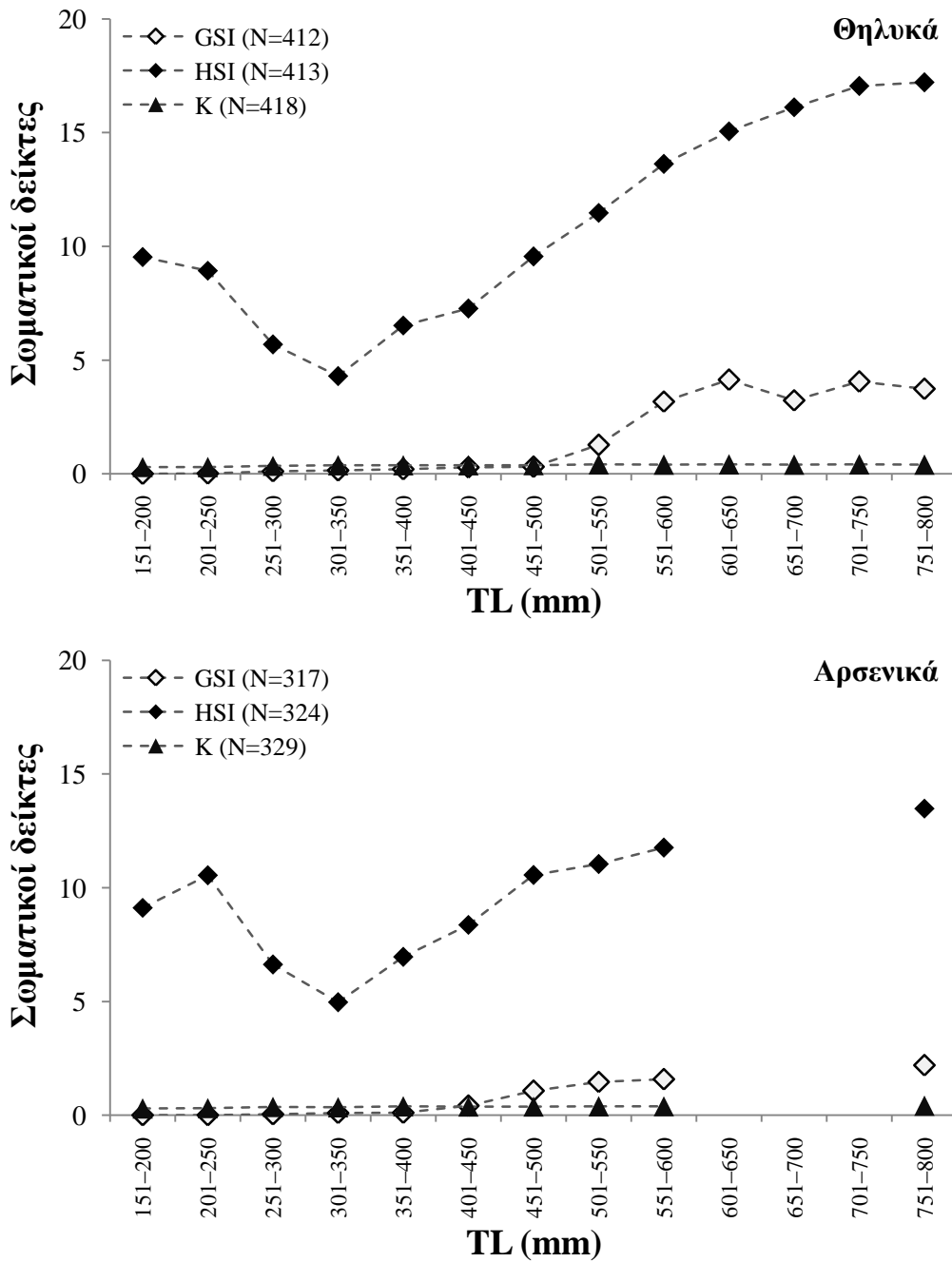
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Τα αρσενικά άτομα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές του δείκτη GSI από ό,τι τα θηλυκά άτομα παρόμοιου μεγέθους ($P_{\text{ANCOVA}}=0$, $F=61,1$). Το αντίθετο πρότυπο παρατηρήθηκε για το δείκτη HSI ($P_{\text{ANCOVA}}=0,0003$, $F=16,8$), ενώ τα θηλυκά και αρσενικά άτομα παρόμοιου μεγέθους δεν διέφεραν ως προς το δείκτη K ($P_{\text{ANCOVA}}=0,1374$, $F=2,21$).

Πίνακας 5.32 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά κλάση ολικού μήκους (TL)

Δείκτης	TL (mm)	Θηλυκά				Αρσενικά			
		N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	151–200	8	0	0	0	4	0	0	0
	201–250	16	0,01	0,05	0–0,19	8	0	0	0
	251–300	32	0,11	0,05	0,04–0,23	13	0,04	0,02	0–0,06
	301–350	30	0,14	0,07	0,03–0,37	18	0,10	0,06	0,02–0,23
	351–400	53	0,20	0,08	0,03–0,38	25	0,11	0,06	0,04–0,23
	401–450	57	0,28	0,11	0,12–0,64	56	0,41	0,39	0,06–1,55
	451–500	47	0,31	0,12	0,09–0,70	69	1,07	0,44	0,17–1,98
	501–550	38	1,27	1,92	0,24–8,35	103	1,46	0,30	0,66–2,51
	551–600	63	3,18	2,71	0,21–8,33	20	1,58	0,24	1,17–1,89
	601–650	28	4,14	2,74	0,50–11,2				
	651–700	24	3,23	2,41	0,55–9,13				
	701–750	12	4,05	4,55	1,03–14,7				
	751–800	4	3,73	3,12	1,53–8,35	1	2,19		
	σύνολο	412	1,34	2,28	0–14,7	317	0,90	0,66	0–2,51
HSI	151–201	8	9,53	1,46	6,94–11,7	4	9,12	1,14	7,82–10,2
	201–251	16	8,93	2,13	5,08–12,3	8	10,5	1,48	8,78–13,3
	251–301	32	5,68	1,91	2,64–10,7	15	6,62	1,35	4,40–9,37
	301–351	30	4,29	1,52	1,82–6,80	20	4,97	1,73	2,27–9,17
	351–401	55	6,52	1,78	2,04–10,8	26	6,96	1,63	4,38–11,8
	401–451	56	7,26	1,92	2,97–12,1	58	8,37	1,68	4,95–13,0
	451–501	47	9,55	1,90	6,16–14,6	69	10,6	2,93	5,77–21,3
	501–551	38	11,5	3,01	6,78–17,1	103	11,0	3,06	4,74–19,6
	551–601	63	13,6	3,07	7,28–22,6	20	11,8	2,99	6,75–17,9
	601–651	28	15,1	3,74	9,56–22,3				
	651–701	24	16,1	3,68	9,64–22,9				
	701–751	12	17,0	3,55	11,6–23,9				
	751–801	4	17,2	4,39	12,0–22,5	1	13,5		
	σύνολο	413	9,98	4,57	1,82–23,9	324	9,57	3,18	2,27–21,3
K	151–202	8	0,30	0,03	0,25–0,35	4	0,30	0,02	0,27–0,32
	201–252	16	0,30	0,03	0,24–0,35	8	0,31	0,02	0,27–0,33
	251–302	33	0,35	0,03	0,30–0,42	15	0,35	0,03	0,31–0,41
	301–352	30	0,37	0,04	0,32–0,45	20	0,35	0,04	0,24–0,43
	351–402	56	0,37	0,04	0,29–0,46	29	0,38	0,03	0,31–0,44
	401–452	58	0,37	0,03	0,30–0,42	58	0,38	0,03	0,30–0,44
	451–502	48	0,38	0,04	0,24–0,48	70	0,38	0,04	0,27–0,45
	501–552	38	0,41	0,04	0,36–0,51	104	0,38	0,04	0,25–0,46
	551–602	63	0,40	0,04	0,29–0,52	20	0,39	0,03	0,34–0,43
	601–652	28	0,41	0,03	0,31–0,50				
	651–702	24	0,40	0,04	0,29–0,49				
	701–752	12	0,41	0,04	0,34–0,46				
	751–802	4	0,40	0,02	0,39–0,43	1	0,41		
	σύνολο	418	0,38	0,04	0,24–0,52	329	0,37	0,04	0,24–0,46

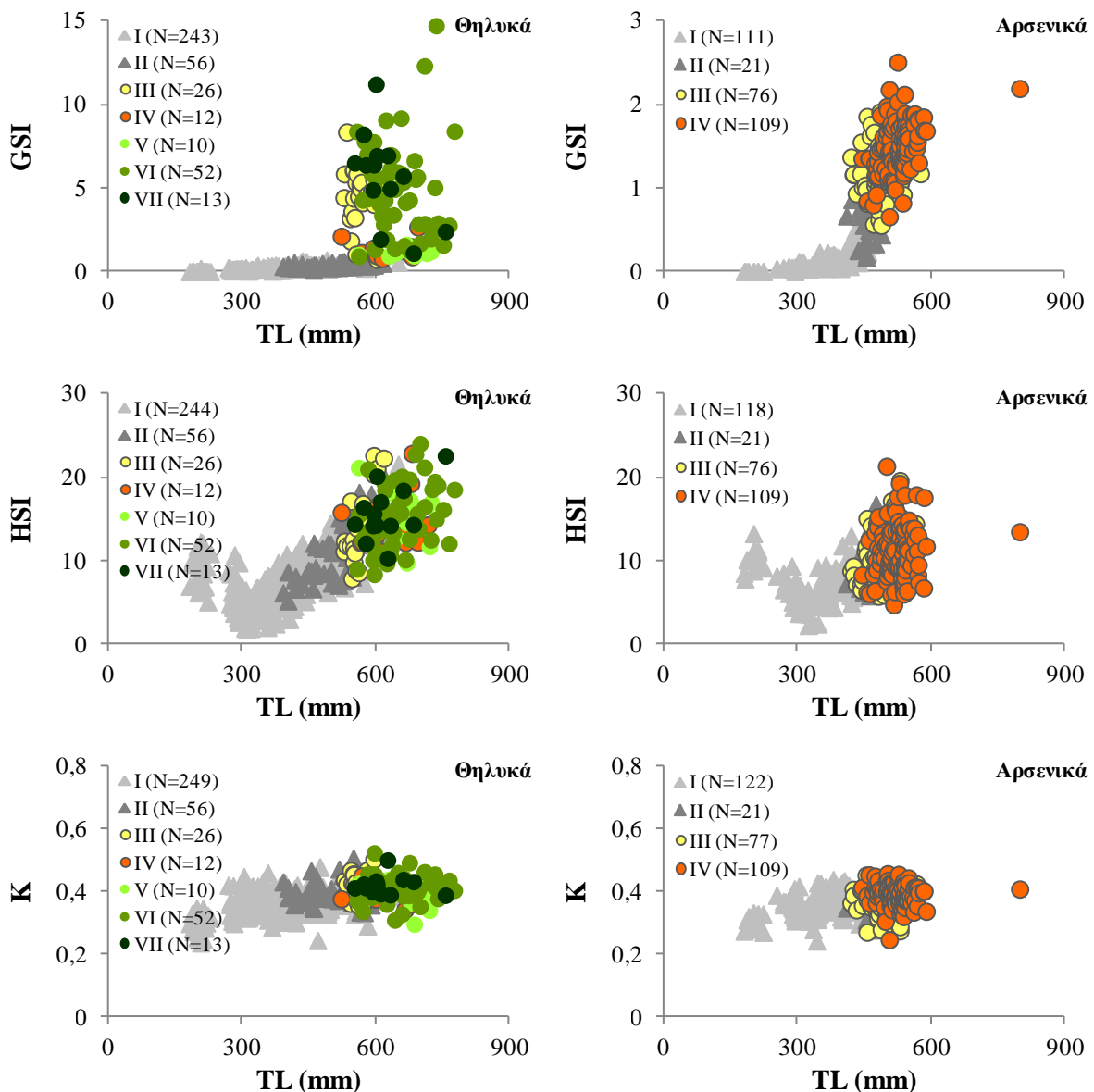
N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση



Εικόνα 5.36 Διακύμανση των μέσων τιμών του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* στις κλάσεις ολικού μήκους (TL)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Στην Εικόνα 5.37 αποτυπώνεται η μεταβολή των σωματικών δεικτών τόσο με την αύξηση του ολικού μήκους των ατόμων όσο και με την πρόοδο της γεννητικής τους ωρίμασης. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική είναι η απότομη μεταβολή του δείκτη GSI καθώς και τα δύο φύλα προσεγγίζουν την κατάσταση ωρίμασης, καθώς και η αρχική μείωση που παρουσίασε ο δείκτης HSI στα μικρότερα σε μήκος άτομα μέχρι περίπου τα 320 mm ολικού μήκους και στα δύο φύλα, πέρα από τα οποία αυξήθηκε, φτάνοντας σε υψηλότερες τιμές στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά. Ο δείκτης K παρουσίασε και στα δύο φύλα μικρή τάση αύξησης αυξανόμενου του μεγέθους τους και με την πρόοδο της ωρίμασης.

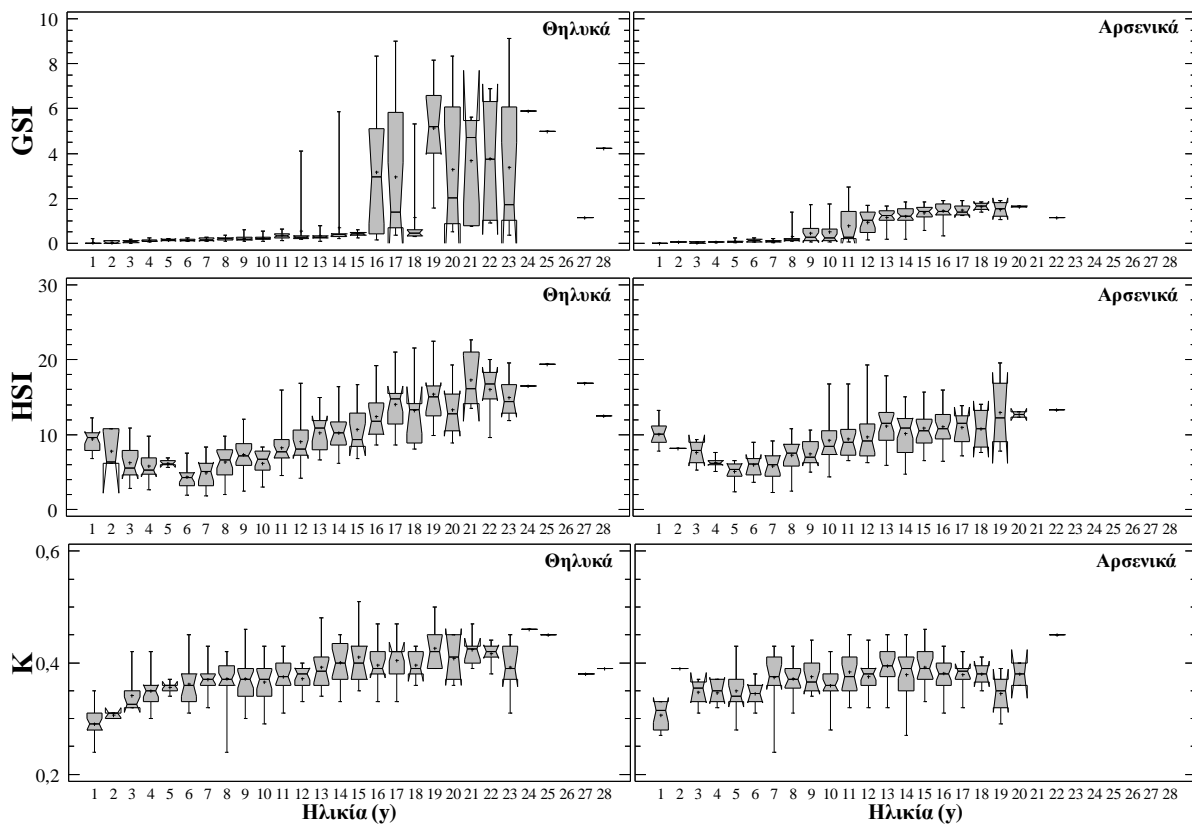


Εικόνα 5.37 Σχέσεις ολικού μήκους (TL)–γοναδοσωματικού (GSI%), ηπατοσωματικού (HSI%) και δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά στάδιο γεννητικής ωριμότητας

Στην Εικόνα 5.38 απεικονίζεται η μεταβολή των σωματικών δεικτών αυξανόμενης της ηλικίας των ατόμων. Ο δείκτης GSI στα θηλυκά άτομα παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα τα πρώτα 15 y πέρα από τα οποία παρουσίασε σημαντική και απότομη αύξηση, φτάνοντας σε παρόμοια υψηλά επίπεδα μετά τα 20 y ($P_{KW}=0$, $H=238$). Ομοίως, στα αρσενικά άτομα δεν παρουσίασε σημαντική διαφοροποίηση τα πρώτα 8 y, πέρα από τα οποία αυξήθηκε σημαντικά, παρουσιάζοντας απότομη αύξηση σε ηλικία 11 y, ενώ σε ηλικίες μεγαλύτερες από 14 y κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα ($P_{KW}=0$, $H=161$). Τόσο στα θηλυκά όσο και στα αρσενικά άτομα, η ηλικία της απότομης μεταβολής του δείκτη GSI φάνηκε ότι συμπίπτει σχεδόν με την ηλικία της πρώτης γεννητικής ωρίμασης ($H_{50}=17,03$ και $11,31$ y, αντίστοιχα).

Στα θηλυκά και αρσενικά άτομα, ο δείκτης HSI μειώθηκε τα πρώτα περίπου 5 y πέρα από τα οποία αυξήθηκε σταδιακά, φτάνοντας σε παρόμοια υψηλά επίπεδα σε ηλικίες μεγαλύτερες από 17 και 15 y, αντίστοιχα ($P_{KW}=0$, $H=199$ και $P_{KW}=0$, $H=105$, αντίστοιχα).

Ο δείκτης K παρουσίασε σταδιακή αύξηση αυξανόμενης της ηλικίας τόσο των θηλυκών όσο και των αρσενικών ατόμων, και έπειτα από τα 13 και 7 y, αντίστοιχα, παρουσίασε σχετική σταθεροποίηση ($P_{KW}=0$, $H=133$ και $P_{KW}=1E-6$, $H=68,9$, αντίστοιχα).



Εικόνα 5.38 Θηκογράμματα του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά κλάση ηλικίας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

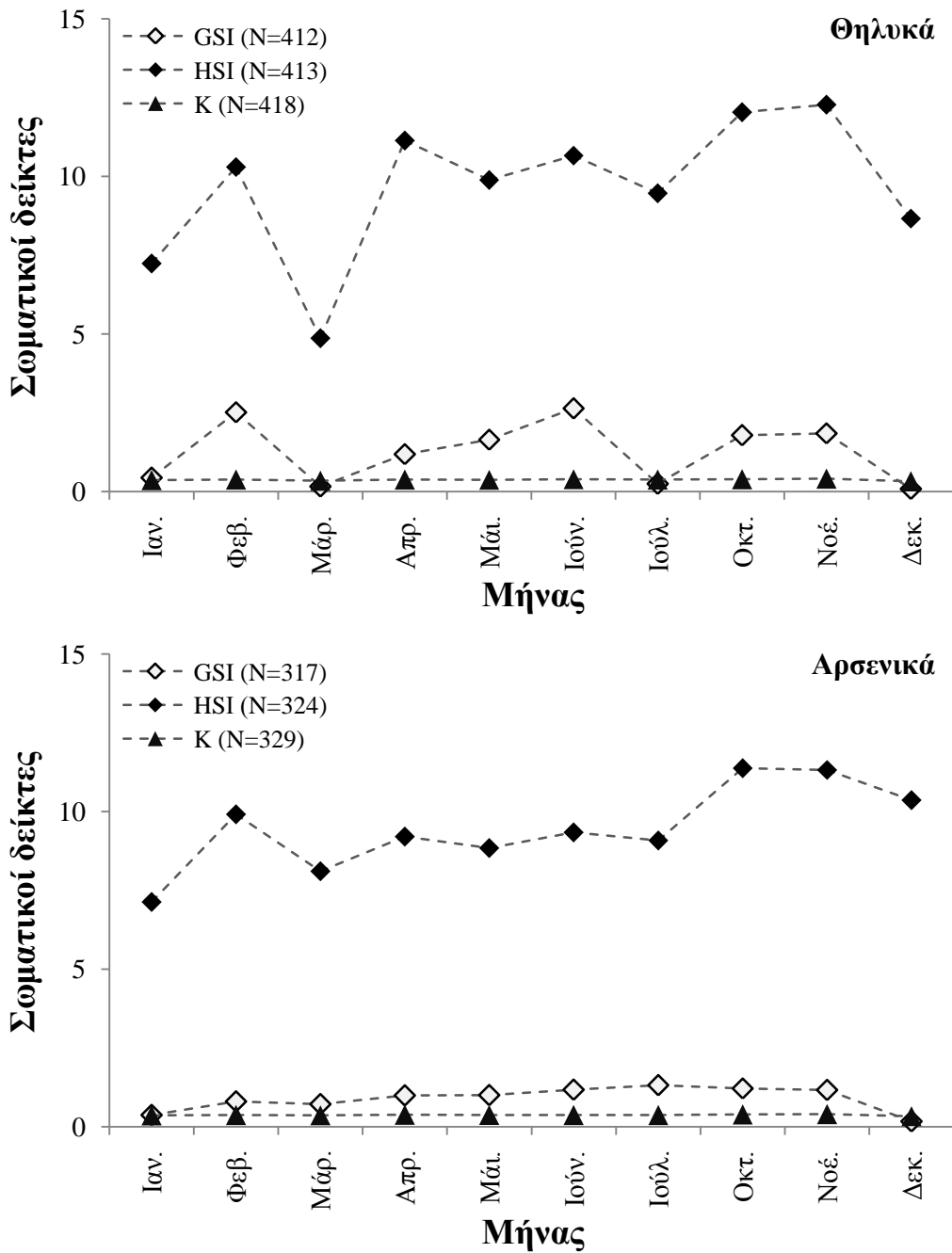
Η μηνιαία διαφοροποίηση των σωματικών δεικτών ήταν στατιστικά σημαντική τόσο στα θηλυκά (GSI: $P_{KW}=0$, $H=158$; HSI: $P_{KW}=0$, $H=99,8$ και K: $P_{KW}=0$, $H=115$) όσο και στα αρσενικά άτομα (GSI: $P_{KW}=0$, $H=95$; HSI: $P_{KW}=3E-10$, $H=63,3$ και K: $P_{KW}=3E-8$, $H=52,9$).

Ο δείκτης GSI στα θηλυκά άτομα εμφάνισε την υψηλότερη μέση τιμή τον Ιούνιο (2,64%), οπότε και παρατηρήθηκε η μέγιστη παρουσία ώριμων ατόμων (47,1%), ενώ τη χαμηλότερη μέση τιμή το Δεκέμβριο (0,09%), οπότε και όλα τα άτομα ήταν ανώριμα (βλ. Πίνακα 5.14). Οι μέσες τιμές του δείκτη GSI το Φεβρουάριο και τον Ιούλιο (2,52 και 0,25%, αντίστοιχα) δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικές, εξαιτίας των ελάχιστων ατόμων που αλιεύθηκαν αυτούς τους μήνες (Πίνακας 5.33, Εικόνα 5.39).

Πίνακας 5.33 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά μήνα

Δείκτης	Μήνας	Θηλυκά				Αρσενικά			
		N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	Ιαν.	60	0,44	1,36	0,04–9,13	36	0,37	0,51	0–1,45
	Φεβ.	5	2,52	4,83	0,21–11,2	3	0,80	0,59	0,21–1,38
	Μάρ.	26	0,16	0,09	0,08–0,53	35	0,71	0,59	0,02–1,89
	Απρ.	41	1,19	2,09	0,1–12,3	29	0,99	0,48	0,09–1,76
	Μάι.	71	1,65	2,72	0–14,7	48	1,00	0,58	0,02–2,19
	Ιούν.	43	2,64	2,68	0,07–7,75	43	1,17	0,74	0,04–2,51
	Ιούλ.	3	0,25	0,08	0,18–0,33	3	1,32	0,48	0,93–1,86
	Οκτ.	95	1,79	2,23	0,10–9,01	54	1,22	0,55	0,04–1,91
	Νοέ.	31	1,85	2,65	0,09–8,35	38	1,16	0,62	0,06–2,03
	Δεκ.	37	0,09	0,12	0–0,45	28	0,17	0,23	0–0,75
	σύνολο	412	1,34	2,28	0–14,7	317	0,90	0,66	0–2,51
HSI	Ιαν.	59	7,24	3,82	2,79–20,4	36	7,13	2,21	4,4–13,59
	Φεβ.	5	10,3	2,61	7,28–14,2	3	9,91	1,62	8,04–10,9
	Μάρ.	26	4,87	2,48	1,82–11,0	35	8,10	2,83	2,27–12,7
	Απρ.	43	11,1	4,50	5,45–22,9	29	9,20	2,43	6,21–16,8
	Μάι.	71	9,88	4,42	2,26–21,6	48	8,84	2,97	3,71–15,1
	Ιούν.	43	10,7	3,87	5,12–23,9	45	9,33	2,42	5,24–17,2
	Ιούλ.	3	9,46	1,13	8,31–10,6	3	9,08	1,81	7,15–10,7
	Οκτ.	95	12,0	4,73	3,19–22,7	57	11,4	3,60	4,74–19,6
	Νοέ.	32	12,3	4,53	5,94–21,1	40	11,3	3,43	4,41–21,3
	Δεκ.	36	8,66	2,21	2,98–12,8	28	10,4	2,25	6,04–16,8
	σύνολο	413	9,98	4,57	1,82–23,9	324	9,57	3,18	2,27–21,3
K	Ιαν.	62	0,36	0,04	0,29–0,51	36	0,36	0,03	0,31–0,41
	Φεβ.	5	0,38	0,04	0,33–0,43	3	0,37	0,01	0,36–0,38
	Μάρ.	26	0,35	0,03	0,30–0,39	36	0,36	0,04	0,31–0,44
	Απρ.	43	0,38	0,04	0,29–0,48	29	0,38	0,03	0,32–0,44
	Μάι.	71	0,38	0,04	0,24–0,49	48	0,38	0,03	0,27–0,45
	Ιούν.	43	0,40	0,05	0,31–0,52	46	0,37	0,04	0,24–0,45
	Ιούλ.	3	0,38	0,02	0,36–0,39	3	0,37	0,04	0,34–0,41
	Οκτ.	95	0,40	0,03	0,29–0,46	58	0,39	0,04	0,28–0,46
	Νοέ.	32	0,41	0,05	0,24–0,50	40	0,40	0,03	0,34–0,45
	Δεκ.	38	0,33	0,04	0,25–0,39	30	0,34	0,05	0,25–0,43
	σύνολο	418	0,38	0,04	0,24–0,52	329	0,37	0,04	0,24–0,46

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση



Εικόνα 5.39 Μηνιαία διακύμανση του μέσου γοναδοσωματικού (GSI%), ηπατοσωματικού (HSI%) και δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville*

Ο δείκτης GSI στα αρσενικά άτομα, σε αντίθεση με τα θηλυκά, κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα όλους τους μήνες, λαμβάνοντας, ωστόσο, τις μικρότερες τιμές τον Ιανουάριο και το Δεκέμβριο (0,37 και 0,17%, αντίστοιχα), οπότε στην πλειονότητά τους ήταν ανώριμα (77,8 και 93,3%, αντίστοιχα, βλ. Πίνακα 5.14).

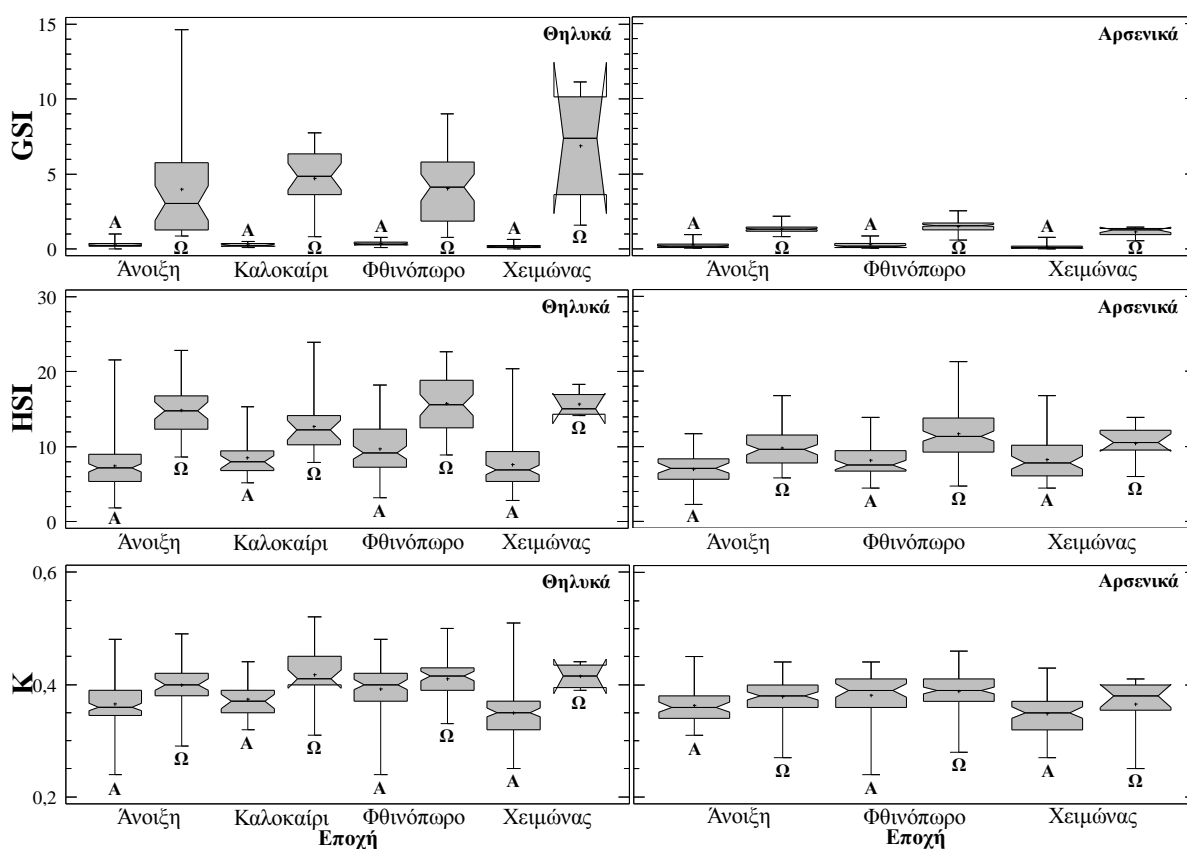
Ο δείκτης HSI στα θηλυκά άτομα έλαβε την υψηλότερη μέση τιμή το Νοέμβριο (12,3%) και τη χαμηλότερη το Μάρτιο (4,87%). Στα αρσενικά άτομα, κυμάνθηκε σχεδόν στα

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

ίδια επίπεδα όλους τους μήνες, λαμβάνοντας την υψηλότερη μέση τιμή τον Οκτώβριο (11,4%) και τη χαμηλότερη τον Ιανουάριο (7,13%). Ο δείκτης HSI φάνηκε ότι ακολουθεί τη διακύμανση του GSI και στα δύο φύλα.

Και στα δύο φύλα, ο δείκτης K έλαβε την υψηλότερη μέση τιμή το Νοέμβριο (0,41 και 0,40%, αντίστοιχα) και τη χαμηλότερη το Δεκέμβριο (0,33 και 0,34%, αντίστοιχα). Στα θηλυκά και αρσενικά άτομα, ο δείκτης GSI εμφάνισε υψηλές μέσες τιμές το Νοέμβριο (1,85 και 1,16%, αντίστοιχα), τη χαμηλότερη τιμή το Δεκέμβριο (0,09 και 0,17%, αντίστοιχα), ενώ και τους δύο μήνες ο HSI εμφάνισε υψηλές μέσες τιμές (Πίνακας 5.33, Εικόνα 5.39).

Από την Εικόνα 5.40 διαπιστώνεται ότι η διάμεση τιμή κάθε δείκτη ήταν σημαντικά υψηλότερη στα ώριμα από ό,τι στα ανώριμα άτομα ανά φύλο ($P_{KW} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Εξαιρέση αποτέλεσε ο δείκτης K, ο οποίος δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ανώριμων και ώριμων αρσενικών ατόμων το φθινόπωρο ($P_{KW} = 0,2493$, $H = 1,054$).



Εικόνα 5.40 Θηκογράμματα του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών, ανώριμων (Α) και ώριμων ατόμων (Ω) του είδους *S. blainville* ανά εποχή (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

Στατιστικά σημαντική εποχική διαφοροποίηση παρουσίασε κάθε σωματικός δείκτης (Εικόνα 5.40 Πίνακας 5.34). Στα θηλυκά άτομα, όλοι οι δείκτες αυξήθηκαν σημαντικά κατά

τη σειρά των εποχών χειμώνας<άνοιξη<καλοκαίρι<φθινόπωρο (GSI: $P_{KW}=0$, $H=113$; HSI: $P_{KW}=1E-11$, $H=54,6$ και K: $P_{KW}=0$, $H=83,2$). Σε παρόμοια επίπεδα κυμάνθηκαν οι δείκτες GSI και K το καλοκαίρι και το φθινόπωρο ($P_W=0,6294$, $W=3.038$ και $P_W=0,4057$, $W=2.680$, αντίστοιχα). Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και τα αρσενικά άτομα (GSI: $P_{KW}=0$, $H=89,1$; HSI: $P_{KW}=1E-6$, $H=28,4$ και K: $P_{KW}=2E-8$, $H=35,2$). Ωστόσο, ο δείκτης HSI δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ της άνοιξης και του χειμώνα ($P_W=0,5333$, $W=3.543$).

Πίνακας 5.34 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του γοναδοσωματικού (GSI%), του ηπατοσωματικού (HSI%) και του δείκτη ευρωστίας (K) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ανά εποχή και στάδιο ωρίμασης

Δείκτης	Εποχή	Στάδιο ωρίμασης	Θηλυκά				Αρσενικά			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
GSI	Άνοιξη	ανώριμο	102	0,27	0,16	0–0,99	43	0,27	0,24	0,02–0,95
		ώριμο	36	3,97	3,24	0,86–14,7	69	1,31	0,27	0,80–2,19
		σύνολο	138	1,23	2,31	0–14,7	112	0,91	0,57	0,02–2,19
	Καλοκαίρι	ανώριμο	23	0,27	0,11	0,07–0,50				
		ώριμο	23	4,69	2,05	0,79–7,75				
		σύνολο	46	2,48	2,66	0,07–7,75				
	Φθινόπωρο	ανώριμο	76	0,34	0,15	0,09–0,77	34	0,25	0,23	0,04–0,86
		ώριμο	50	4,03	2,33	0,74–9,01	104	1,50	0,33	0,57–2,51
		σύνολο	126	1,80	2,33	0,09–9,01	138	1,19	0,63	0,04–2,51
	Χειμώνας	ανώριμο	98	0,15	0,13	0–0,62	55	0,12	0,15	0–0,75
		ώριμο	4	6,88	4,21	1,57–11,2	12	1,14	0,31	0,55–1,45
		σύνολο	102	0,41	1,50	0–11,2	67	0,30	0,44	0–1,45
	σύνολο	412	1,34	2,28	0–14,7	317	0,90	0,66	0–2,51	
HSI	Άνοιξη	ανώριμο	104	7,42	3,45	1,82–21,6	43	6,95	2,36	2,27–11,7
		ώριμο	36	14,87	3,13	8,59–22,9	69	9,80	2,49	5,77–16,8
		σύνολο	140	9,33	4,69	1,82–22,9	112	8,70	2,80	2,27–16,8
	Καλοκαίρι	ανώριμο	23	8,48	2,61	5,12–15,4				
		ώριμο	23	12,7	3,58	7,87–23,9				
		σύνολο	46	10,6	3,76	5,12–23,9				
	Φθινόπωρο	ανώριμο	77	9,72	3,46	3,19–18,2	41	8,13	2,24	4,41–13,8
		ώριμο	50	15,8	3,85	8,90–22,7	104	11,7	3,14	4,74–21,3
		σύνολο	127	12,1	4,66	3,19–22,7	145	10,7	3,32	4,41–21,3
	Χειμώνας	ανώριμο	96	7,58	3,01	2,79–20,4	55	8,21	2,60	4,40–16,8
		ώριμο	4	15,7	1,89	14,2–18,3	12	10,4	2,53	5,96–13,8
		σύνολο	100	7,90	3,37	2,79–20,4	67	8,60	2,70	4,40–16,8
	σύνολο	413	9,98	4,57	1,82–23,9	324	9,57	3,18	2,27–21,3	
K	Άνοιξη	ανώριμο	104	0,37	0,04	0,24–0,48	44	0,36	0,03	0,31–0,45
		ώριμο	36	0,40	0,04	0,29–0,49	69	0,38	0,03	0,27–0,44
		σύνολο	140	0,37	0,04	0,24–0,49	113	0,37	0,03	0,27–0,45
	Καλοκαίρι	ανώριμο	23	0,37	0,03	0,32–0,44				
		ώριμο	23	0,42	0,05	0,31–0,52				
		σύνολο	46	0,40	0,05	0,31–0,52				
	Φθινόπωρο	ανώριμο	77	0,39	0,04	0,24–0,48	42	0,38	0,04	0,24–0,44
		ώριμο	50	0,41	0,03	0,33–0,50	105	0,39	0,04	0,28–0,46
		σύνολο	127	0,40	0,04	0,24–0,50	147	0,39	0,04	0,24–0,46
	Χειμώνας	ανώριμο	101	0,35	0,04	0,25–0,51	57	0,35	0,04	0,27–0,43
		ώριμο	4	0,42	0,02	0,39–0,44	12	0,37	0,05	0,25–0,41
		σύνολο	105	0,35	0,04	0,25–0,51	69	0,35	0,04	0,25–0,43
	σύνολο	418	0,38	0,04	0,24–0,52	329	0,37	0,04	0,24–0,46	

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

5.4 Συζήτηση

5.4.1 Στρατηγική αναπαραγωγής του είδους *Scyliorhinus canicula*

Η μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση των ωοθηκών αποκάλυψε την ταυτόχρονη παρουσία ωοθυλακίων όλων των αναπτυξιακών σταδίων στα ώριμα θηλυκά άτομα. Επομένως, πρόκειται για ένα είδος που κατέχει τον ασύγχρονο τύπο ωοθήκης και ως εκ τούτου χαρακτηρίζεται ως πολλαπλός αποθέτης (batch spawner) με πολλές ωοτοκίες κατά τη διάρκεια μιας παρατεταμένης περιόδου (Wallace & Selman 1981). Η παρουσία τόσο θηλυκών ατόμων που κυοφορούν ή έχουν γεννήσει όσο και δραστήριων αρσενικών, αλλά και εμβρυϊκών θηκών παρόμοιου μεγέθους σε εποχική βάση αποτέλεσε σημαντική ένδειξη της παρατεταμένης αναπαραγωγικής δραστηριότητας του είδους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (π.χ. Cararé *et al.* 2014).

Στον κόλπο του Λέοντα, η ωοαπόθεση παρατηρήθηκε σε μηνιαία βάση, με εξαίρεση το Σεπτέμβριο, και κορυφώθηκε από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο (Cararé *et al.* 2008a; b). Στις βόρειες ακτές της Τυνησίας, η ωοαπόθεση παρατηρήθηκε πάλι σε μηνιαία βάση (Cararé *et al.* 1991; 2014). Στον Ατλαντικό, η ωοαπόθεση κορυφώθηκε την άνοιξη, αλλά δεν παρατηρήθηκε από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο (Ford 1921, Harris 1952, Craik 1978). Επίσης, οι Ellis & Shackley (1997) κατέγραψαν κυοφορούντα άτομα σε μηνιαία βάση, εκτός από τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο, αλλά σε μεγαλύτερα ποσοστά τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, ενώ ο Fauré-Fremiet (1942) από τον Ιούνιο έως τον Ιανουάριο.

Συσχετίζοντας το μήκος των θηλυκών ατόμων με τις μετρήσεις των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος, η μετάβαση στην ώριμη κατάσταση αποτυπώθηκε στην απότομη αύξηση του πλάτους και του βάρους της ωοθήκης, των κελυφικών αδένων και των ωαγωγών. Στα αρσενικά άτομα, τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά ήταν το πλάτος και το βάρος των όρχεων, καθώς και το εξωτερικό και εσωτερικό μήκος του αριστερού γονοποδίου (το δεξί δεν μετρήθηκε). Συνεπώς, η πρώτη ωρίμαση προσεγγίζεται κατά τη διάρκεια της ταχύτερης αύξησης των γονάδων, των κελυφικών αδένων και των ωαγωγών των θηλυκών ατόμων, και των γονάδων και των γονοποδίων των αρσενικών. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν στον Ατλαντικό ως προς το πλάτος του κελυφικού αδένου και το μήκος των γονοποδίων (Ellis & Shackley 1997, Ivory *et al.* 2004), στις βόρειες ακτές της Τυνησίας ως προς το βάρος του κελυφικού αδένου και των γονάδων (Cararé *et al.* 2014), και στον κόλπο του Λέοντα ως προς το βάρος των γονάδων και το μήκος των γονοποδίων (Cararé *et al.* 2008a).

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *Scyliorhinus canicula* παρουσιάζουν παραπλήσιο μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης και ότι το είδος ξεκινάει να ωριμάζει σε μικρότερα μεγέθη στη Μεσόγειο από ό,τι στον Ατλαντικό, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Πίνακας 5.35).

Πίνακας 5.35 Μήκος (L₅₀ σε mm) και ηλικία (H₅₀ σε γ) της πρώτης γεννητικής ωρίμασης των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

	Περιοχή	Φύλο	N	L ₅₀	H ₅₀	Αναφορά
Μεσόγειος Θάλασσα	Αιγαίο & Ιόνιο	Θ	1.112	397		παρούσα μελέτη
	Αιγαίο Πέλαγος	A	1.141	382		Kousteni <i>et al.</i> 2010
		Θ	158	399		
	Αδριατική Θάλασσα	A	167	396		Jardas 1979
		Θ		360		
		A		300		Zupanovic 1961
		Θ		340		
	Τυνησία	A		340		Caparé 1977
		Θ		400–450		
		A		400		Caparé <i>et al.</i> 2014
		Θ	602	364–471		
	Κόλπος του Λέοντα	A	522	400–478		Caparé <i>et al.</i> 1991
		Θ		410–470		
		A		440		Caparé <i>et al.</i> 2008a; b
Θ		529	410–450			
A		377	430–440			
Θ			370–440			
Αλγερία	A		370–440		Leloup & Olivereau 1951	
	Θ	249	360		Taleb Bendiab <i>et al.</i> 2012	
Θάλασσα του Αλμποράν	Θ		385–420		Múñoz-Chápuli. 1984	
	A		385–420			
Ατλαντικός Ωκεανός	Κόλπος του Κάδιθ	Θ		460–500		Múñoz-Chápuli 1984
		A		460–500		
	Κανάλι Μπρίστολ	Θ	537	550		Ellis & Shackley 1997
		A	435	520		
	Ιρλανδική και Κέλτικη Θάλασσα	Θ	437	570	7,9	Ivory <i>et al.</i> 2004
		A	315	535	6,6	
	Concarneau	Θ		600–680		Collenot 1966
		A		580		
	Ροσκόφ	Θ		520–600		Fauré-Fremiet 1942
		A		520–600		
	Βισκαϊκός κόλπος	Θ	740	542		Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> 1998
	Μάγχι	Θ	1.967	570–600		Ford 1921
		A	2.401	570–600		
		Θ		520–600		Leloup & Olivereau 1951
A			520–600			
Ιρλανδία	Θ		581	6	Henderson & Casey 2001	
	A		575			
Βόρεια Θάλασσα	Θ		580	5	Jennings <i>et al.</i> 1999	
	A		580	5		

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Οι διαφορές στο μήκος ωρίμασης του είδους μεταξύ της Μεσογείου και του Ατλαντικού παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τους Leloup & Olivereau (1951). Η μεταβολή του μεγέθους ωρίμασης σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος αποδίδεται σε περιβαλλοντικούς ή γενετικούς παράγοντες (Lombardi-Carlson *et al.* 2003).

Το είδος *Scyliorhinus canicula* διαθέτει μόνο μια λειτουργική ωοθήκη με ωοκύτταρα που εισέρχονται στο στάδιο της ωορρηξίας σε ζεύγη και αφού γονιμοποιηθούν εντός των κελυφικών αδένων, εισέρχονται το καθένα ξεχωριστά σε κάθε ωαγωγό (Metten 1939). Στους Χονδριχθύς που διαθέτουν αναπαραγωγικά όργανα σε ζεύγη, η απόθεση σπέρματος σε κάθε ωαγωγό είναι ανεξάρτητη, γεγονός που σημαίνει ότι το γονοπόδιο πρέπει να εισέλθει σε κάθε ωαγωγό ξεχωριστά (Pratt & Carrier 2005). Εάν ένα γονοπόδιο εισέλθει κατά τη διάρκεια του ζευγαρώματος, τουλάχιστον δύο ζευγαρώματα θα χρειαστούν για τη γονιμοποίηση και των δύο ωοκυττάρων. Συνεπώς, η πολυανδρία είναι ένα συχνό φαινόμενο στους Χονδριχθύς (Griffiths *et al.* 2011c). Παρ' όλα αυτά, στην περίπτωση του είδους *Scyliorhinus canicula* ο Leigh-Sharpe (1926) έδειξε την ταυτόχρονη διείσδυση και των δύο γονοποδίων στους ωαγωγούς κατά τη διάρκεια του ζευγαρώματος, ενώ πρόσφατα οι Griffiths *et al.* (2011c) επιβεβαίωσαν με τη χρήση μοριακών δεικτών τη γονιμοποίηση κάθε ζεύγους ωοκυττάρων από το ίδιο αρσενικό άτομο. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να ερμηνεύσει το ότι οι θήκες δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το μέγεθος μεταξύ των δύο ωαγωγών και βρίσκονταν πάντα στο ίδιο αναπτυξιακό στάδιο ακόμα και όταν εντοπιζόνταν εντός των κελυφικών αδένων.

Στην περιοχή μελέτης, η γονιμότητα της ωοθήκης κυμάνθηκε από 1 έως 19 ώριμα ωοκύτταρα των οποίων η διάμετρος έφτασε έως 26 mm και το βάρος έως 2,9 g. Στον κόλπο του Λέοντα, η ωοθηκική γονιμότητα έφτασε στα 32 ώριμα ωοκύτταρα, τα οποία κυμάνθηκαν σε διάμετρο από 14 έως 18 mm (M.T.=14,8±2,70) και σε βάρος από 1,4 έως 1,8 g (M.T.=1,60±0,10) (Carapé *et al.* 2008a). Στο Κανάλι του Μπρίστολ η μέγιστη καταγεγραμμένη διάμετρος των ώριμων ωοκυττάρων ήταν 19 mm (Ellis & Schakley 1997). Φαίνεται ότι τα ώριμα ωοκύτταρα του είδους είναι αρκετά μικρότερα σε σχέση με τα ώριμα ωοκύτταρα του ζωοτόκου είδους *Squalus blainville* που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη (μέγιστη διάμετρος 59 mm). Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι η μέγιστη ωοκυτταρική διάμετρος σχετίζεται με το μέγιστο μέγεθος που φτάνει κάθε είδος (Serra-Pereira *et al.* 2014).

Ο μέγιστος αριθμός θηκών που καταγράφηκε σε 130 θηλυκά άτομα ήταν δύο. Το είδος *Scyliorhinus canicula* είναι ένας πολλαπλός αποθέτης (*sensu* Holden 1975) και έχει παρατηρηθεί ότι αποθέτει θήκες κάθε 2 (Harris 1952) έως 16 ημέρες (Mellinger 1983). Το γεγονός αυτό καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την ακριβή εκτίμηση της γονιμότητας του είδους βάσει των ωαγωγών και εξηγεί την απόκλιση που παρουσίασε η εκτιμώμενη ετήσια

παραγωγή θηκών σε προηγούμενες μελέτες στις οποίες κυμάνθηκε από 48 έως 86 (Mellinger 1983), από 45 έως 190 (Cararé *et al.* 1991), από 26 έως 62 (Ellis & Shackley 1997), από 38 έως 115 (Cararé *et al.* 2008a) και από 40 έως 240 θήκες ανά έτος (Cararé *et al.* 2014). Ωστόσο, δεν αποκλείεται το ενδεχόμενο υπερεκτίμησης της γονιμότητας του είδους, γιατί η σύρση των διχτυών μπορεί να ενεργοποιήσει την ωοαπόθεση (Dodd & Duggan 1982, Ellis & Shackley 1997). Στην παρούσα μελέτη δεν εκτιμήθηκε η ετήσια παραγωγή θηκών, εξαιτίας της μη αντιπροσώπευσης όλων των μηνών κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Από τον Πίνακα 5.36 διαπιστώνεται ότι οι θήκες φτάνουν σε μεγαλύτερο μέγεθος στον Ατλαντικό από ό,τι στη Μεσόγειο. Το γεγονός αυτό θεωρείται αναμενόμενο, δεδομένου ότι το είδος φτάνει σε μεγαλύτερο μέγεθος στον Ατλαντικό (βλ. Υποκεφ. 3.4.2), με αποτέλεσμα να παράγει και μεγαλύτερες θήκες (Mellinger *et al.* 1984).

Βάσει του χαμηλού βαθμού συσχέτισης που βρέθηκε μεταξύ του ολικού μήκους των ώριμων θηλυκών ατόμων και της ωοθηκικής γονιμότητας, συμπεραίνεται ότι μόλις τα θηλυκά άτομα ωριμάσουν γεννητικά, μπορεί να εμφανίσουν τη μέγιστη ωοθηκική γονιμότητα. Από την άλλη πλευρά, καθώς τα θηλυκά άτομα φέρουν μόνο δύο θήκες σε κάθε κυοφορία, η συσχέτιση του μήκους τους με τη γονιμότητα των ωαγωγών δεν είναι τόσο σημαντική και πληροφοριακή όπως στα ζωοτόκα είδη (Powter & Gladstone 2008).

Στην παρούσα μελέτη τα θηλυκά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* διέθεταν ισομεγέθεις κελυφικούς αδένες και ωαγωγούς. Αντίθετα, στα αρσενικά άτομα η δεξιά γονάδα ήταν σημαντικά μακρύτερη και φαρδύτερη σε σχέση με την αριστερή. Αν και η παρουσία ανισομεγεθών όρχεων παρατηρείται συχνά στους Χονδριχθούς (Romer & Parsons 1977), τα αρσενικά άτομα του είδους *Squalus blainville* είχαν ισομεγέθεις όρχεις.

Πίνακας 5.36 Μήκος (σε mm) και πλάτος (σε mm) των εμβρυϊκών θηκών του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

	Περιοχή	Μήκος θηκών	Πλάτος θηκών	Αναφορά
Μεσόγειος Θάλασσα	Αιγαίο & Ιόνιο	17–57	13–20	παρούσα μελέτη
	Τυνησία	18–48	14–19	Cararé 1977
		42–56	13–20	Cararé <i>et al.</i> 2014
	Κανάλι Σικελίας	38–49	13–18	Ragonese & Jereb 1990
	Κόλπος του Λέοντα	35–57	15–20	Cararé <i>et al.</i> 1991
		41–58	16–20	Cararé <i>et al.</i> 2008a; b
41–52		15–19	Leloup & Olivereau 1951	
		43–55	14–19	Foulley & Mellinger 1980
Ατλ. Ωκ.	Concarneau	51–65	19–24	Collenot 1966
	Μάγχι	53–64	21–29	Ford 1921
		53–64	21–26	Leloup & Olivereau 1951

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Τα θηλυκά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* διακρίνονται για την ικανότητα παρατεταμένης αποθήκευσης σπέρματος στους κελυφικούς αδένες (Metten 1939). Ιδιαίτερα εντυπωσιακό ήταν το γεγονός ότι σε συνθήκες αιχμαλωσίας συνέχισαν να ωοτοκούν μέχρι και 214 μέρες έπειτα από την απομόνωσή τους από τα αρσενικά (Ellis & Shackley 1997). Αντίστοιχα, τα θηλυκά άτομα του συγγενικού του είδους *Scyliorhinus retifer* παρήγαγαν θήκες μέχρι και 843 μέρες σε απομόνωση (Castro *et al.* 1988). Παρ' όλα αυτά, η ιστολογική εξέταση των κελυφικών αδένων από ώριμα θηλυκά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* δεν αποκάλυψε την παρουσία σπέρματος στο εσωτερικό τους, πιθανώς λόγω του μικρού μεγέθους δείγματος. Σε αντιδιαστολή με τα παραπάνω, ο κελυφικός αδένας στα σκουαλοειδή *Squalus acanthias* και *Squalus mitsukurii* έχει απλούστερη δομή, η οποία πιθανώς δεν επιτρέπει την παρατεταμένη αποθήκευση σπέρματος (Hamlett *et al.* 2005).

Μελετώντας τη βαθυμετρική κατανομή των ανώριμων και ώριμων ατόμων, διαπιστώθηκε ότι το είδος δεν διαχωρίζεται ως προς το βάθος, καθώς τόσο ανώριμα όσο και ώριμα άτομα βρέθηκαν σε όλα τα βάθη. Παρ' όλα αυτά, η μεγαλύτερη αφθονία των ανώριμων ατόμων καταγράφηκε από 300 έως 400 m βάθους. Το γεγονός αυτό αφενός επιβεβαίωσε την κυριαρχία των μικρότερων ατόμων του είδους στην ανώτερη ηπειρωτική πλαγιά αφετέρου έδειξε ότι τα νεαρά άτομα δεν εμφανίζουν περισσότερο παράκτια κατανομή από τα ενήλικα (π.χ. D'Onghia *et al.* 1995, βλ. Υποκεφ. 3.4.2). Επίσης, τα περισσότερα κυοφορούντα θηλυκά άτομα βρέθηκαν στη ρηχότερη ζώνη βάθους (100–200 m), και μάλιστα σε σχεδόν ίδιο ποσοστό με τη ζώνη βάθους 200–300 m, δείχνοντας ότι η ωοαπόθεση λαμβάνει χώρα τόσο στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα όσο και στην ηπειρωτική πλαγιά.

Οι Χονδριχθές παρουσιάζουν φυλετικό διμορφισμό ως προς το μέγεθος του ήπατος, με τα θηλυκά άτομα να διαθέτουν μεγαλύτερο ήπαρ από ό,τι τα αρσενικά (Carapé *et al.* 2014). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε και στην παρούσα μελέτη, και πιθανώς σχετίζεται με το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει το ήπαρ στον αναπαραγωγικό κύκλο των θηλυκών ατόμων (Koob & Callard 1999). Φαίνεται ότι τα θηλυκά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* μέσω του μεγαλύτερου ήπατος μεγιστοποιούν την παραγωγή της λεκίθου (García-Garrido *et al.* 1990), όπως έχει αποδειχθεί και στα ωοτόκα είδη *Rhinobatos annulatus* (Rossouw 1987), *Sympterygia bonapartii* (Magrabaña *et al.* 2002) και *Raja clavata* (Carapé *et al.* 2007). Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν και τα θηλυκά άτομα του *Squalus blainville*. Στα ζωοτόκα είδη, η παρουσία μεγάλου ήπατος σχετίζεται με το υψηλό ενεργειακό κόστος της λεκιθογένεσης, της ωρίμασης των ωοκυττάρων και της κυοφορίας, καθώς τα θηλυκά άτομα αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες λιπιδίων στο ήπαρ κατά τη διάρκεια του αναπαραγωγικού τους κύκλου (Lucifora *et al.* 2005).

Στην παρούσα μελέτη, οι μηνιαίες τιμές του δείκτη HSI κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα, από 5,9 έως 9,1% στα θηλυκά άτομα και από 5,0 έως 7,5% στα αρσενικά. Στον κόλπο του Λέοντα, οι μηνιαίες τιμές του δείκτη HSI κυμάνθηκαν σε λίγο υψηλότερα επίπεδα, από 6,5 έως 12% στα θηλυκά άτομα και από 6,2 έως 8,0% στα αρσενικά (Cararé *et al.* 2014). Παρόμοιες τιμές καταγράφηκαν σε προηγούμενη μελέτη στην ίδια περιοχή (Cararé *et al.* 2008b). Σε άλλες περιοχές της Μεσογείου, ο δείκτης HSI κυμάνθηκε από 6,3 έως 11% στα θηλυκά άτομα και από 4 έως 6% στα αρσενικά (Kollmann *et al.* 1929), από 4 έως 7% στα θηλυκά άτομα και από 3,5 έως 5,5% στα αρσενικά (Leloup & Olivereau 1951).

Στον κόλπο του Λέοντα, οι δείκτες GSI και HSI δεν παρουσίασαν σημαντική μηνιαία διακύμανση και στα δύο φύλα (Cararé *et al.* 2008b). Το γεγονός αυτό πιθανώς αποδόθηκε στο ότι τα λιπίδια και οι πρωτεΐνες του ήπατος που χρησιμοποιούνται για την ωοκυτταρική ανάπτυξη, συνεχώς αποθηκεύονται και μεταβολίζονται, οδηγώντας σε ασήμαντες μεταβολές της ηπατικής βιομάζας (Sulikowski *et al.* 2005). Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη βρέθηκε σημαντική εποχική διαφοροποίηση των σωματικών δεικτών. Συγκεκριμένα η χαμηλότερη μέση τιμή του δείκτη HSI παρατηρήθηκε την άνοιξη, οπότε ο δείκτης GSI έλαβε την υψηλότερη μέση τιμή. Αντίθετα, ο δείκτης HSI εμφάνισε την υψηλότερη μέση τιμή το φθινόπωρο όταν η μέση τιμή του δείκτη GSI ήταν ενδιάμεση μεταξύ της άνοιξης και του χειμώνα. Το πρότυπο αυτό ήταν κοινό και στα δύο φύλα. Φαίνεται, λοιπόν, ότι κατά την περίοδο της έντονης ανάπτυξης των γονάδων καταναλώνονται σημαντικά ποσά ενέργειας. Εξάλλου, είναι γνωστός ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει το ήπαρ στη διαδικασία της αναπαραγωγής, καθώς στα περισσότερα είδη ψαριών ο κυρίαρχος πρόδρομος των πρωτεϊνών της λεκίθου είναι η ηπατική προέλευσης λεκιθογενίνη (Wallace & Selman 1981). Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι το πρότυπο της ταυτόχρονης μεγιστοποίησης του δείκτη GSI και ελαχιστοποίησης του δείκτη HSI παρατηρήθηκε μόνο την άνοιξη, πιθανώς γιατί προηγείται ο χειμώνας κατά τον οποίο η διαθεσιμότητα της τροφής περιορίζεται, δημιουργώντας μεγαλύτερη ανάγκη για την αξιοποίηση των ενεργειακών αποθεμάτων. Ομοίως, οι Oddone *et al.* (2007) παρατήρησαν ότι ενώ τα αρσενικά άτομα του σαλαχιού *Rioraja agassizi* εμφάνισαν παρόμοια εποχική διακύμανση ως προς τους δείκτες GSI και HSI, στα θηλυκά άτομα προς το τέλος του χειμώνα, το Φεβρουάριο, οι δείκτες HSI και GSI έλαβαν την υψηλότερη και χαμηλότερη τιμή, αντίστοιχα. Τέλος, ο δείκτης K παρουσίασε σχεδόν τη ίδια μηνιαία διακύμανση με τους δείκτες GSI και HSI, δείχνοντας ότι η αναπαραγωγική κατάσταση των ατόμων μπορεί να επηρεάζει τη φυσιολογική τους κατάσταση. Σε γενικές γραμμές, το φύλο, το μέγεθος σώματος, η κατάσταση ωρίμασης και η εποχή φάνηκε ότι επηρεάζουν περισσότερο τους δείκτες GSI και HSI παρά το δείκτη K.

5.4.2 Στρατηγική αναπαραγωγής του είδους *Squalus blainville*

Η μικροσκοπική και μακροσκοπική παρατήρηση των ωοθηκών αποκάλυψε ότι τα θηλυκά άτομα διαθέτουν τον ασύγχρονο τύπο ωοθήκης (Wallace & Selman 1981). Η εποχική παρουσία θηλυκών ατόμων που κυοφορούν ή έχουν γεννήσει, δραστήριων αρσενικών, καθώς και εμβρύων σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης αποτέλεσε ισχυρή ένδειξη της παρατεταμένης αναπαραγωγικής δραστηριότητας του είδους, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Quignard 1971, Cannizzaro *et al.* 1995, Sion *et al.* 2003).

Στο Κανάλι της Σικελίας, η άνοιξη φάνηκε ότι αποτελεί την προτιμώμενη εποχή αναπαραγωγής του είδους, μια και παρατηρήθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των ώριμων θηλυκών (21,9%) και αρσενικών ατόμων (44%). Το καλοκαίρι, το φθινόπωρο και το χειμώνα τα αντίστοιχα ποσοστά για τα ώριμα θηλυκά άτομα ήταν 9,9, 14,9 και 9%, και για τα ώριμα αρσενικά άτομα ήταν 38, 43 και 37% (Cannizzaro *et al.* 1995). Στην παρούσα μελέτη, τα ώριμα αρσενικά άτομα υπερείχαν των ώριμων θηλυκών σε κάθε εποχή, όπως έδειξαν και οι Cannizzaro *et al.* (1995), υποστηρίζοντας ότι τα αρσενικά άτομα μόλις ωριμάσουν γεννητικά παραμένουν σε αυτή τη φάση για το υπόλοιπο της ζωής τους. Πράγματι, από το σύνολο των 347 αρσενικών ατόμων στα οποία προσδιορίστηκε το στάδιο γεννητικής ωριμότητας σε κανένα δεν βρέθηκαν όρχεις σε εξάντληση. Συνεπώς, η σπερματογένεση δεν σταματά ποτέ από τη στιγμή που τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν. Ωστόσο, στο ακανθώδες σαλάχι *Amblyraja radiata*, βρέθηκαν αρσενικά άτομα με μεγάλα γονοπόδια αλλά μικρούς όρχεις, χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν στη φάση εξάντλησης (Barone *et al.* 2007).

Μελετώντας το πρότυπο αύξησης των αναπαραγωγικών οργάνων και του ήπατος καθώς τα άτομα προσεγγίζουν τη γεννητική ωρίμαση, διαπιστώθηκε μια απότομη αύξηση στο πλάτος και στο βάρος των ωοθηκών και των ωαγωγών των θηλυκών ατόμων πλησίον του μήκους της πρώτης γεννητικής ωρίμασης. Αντίστοιχο πρότυπο εμφάνισαν τα αρσενικά άτομα ως προς το πλάτος και το βάρος των όρχεων, το εξωτερικό και εσωτερικό μήκος του αριστερού γονοποδίου (το δεξί δεν μετρήθηκε). Συνεπώς, το μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμασης προσεγγίζεται κατά τη διάρκεια της ταχύτατης αύξησης των γονάδων, των κελυφικών αδένων, των ωαγωγών και των γονοποδίων.

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι τα θηλυκά άτομα ωριμάζουν σε μεγαλύτερο μήκος και μεγαλύτερη ηλικία από ό,τι τα αρσενικά, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Πίνακας 5.37). Η διαφορετική ταχύτητα με την οποία τα δύο φύλα προσεγγίζουν την κατάσταση της γεννητικής ωρίμασης αποτελεί κοινό γνώρισμα των Χονδριχθύων και σχετίζεται με την καθυστερημένη ωρίμαση των θηλυκών ατόμων (Saïdi *et al.* 2009). Καθώς

η σωματική αύξηση επιβραδύνεται έπειτα από την προσέγγιση της πρώτης γεννητικής ωρίμασης (Cannizzaro *et al.* 1995), τα θηλυκά άτομα καθυστερώντας να ωριμάσουν, αποκτούν μεγαλύτερο μέγεθος σώματος από ό,τι τα αρσενικά, και άρα μεγαλύτερη σπλαχνική κοιλότητα, η οποία επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων απογόνων, αλλά και ευμεγέθων γονάδων, γεγονός που αυξάνει τη γονιμότητά τους (Stearns 2000).

Πίνακας 5.37 Μήκος (L_{50} σε mm) και ηλικία (H_{50} σε y) της πρώτης γεννητικής ωρίμασης των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου

	Περιοχή	Φύλο	N	L_{50}	H_{50}	Αναφορά
Μεσόγειος Θάλασσα	Αιγαίο & Ιόνιο & Λιβυκό	Θ	429	568	17,03	παρούσα μελέτη
		A	347	461	11,31	
	Αιγαίο & Λιβυκό	Θ	292	564		Kousteni & Megalofonou 2011
		A	232	458		
	Ιόνιο Πέλαγος	Θ	112	601		Sion <i>et al.</i> 2003
		A	67	>450		
	Κόλπος Γκαμπές, Τυνησία	Θ	124	625	7,44	Marouani <i>et al.</i> 2012
		A	108	523	4,97	
	Κανάλι Σικελίας	Θ	812	570–580	5,10	Cannizzaro <i>et al.</i> 1995
		A	1.038	450–460	3,30	

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά

Από τον Πίνακα 5.37 διαπιστώνεται σημαντική απόκλιση στην ηλικία H_{50} του είδους που εκτιμήθηκε σε τρεις διαφορετικές μελέτες, γεγονός που πιθανώς αντανακλά αντίστοιχες διαφορές ως προς την τεχνική εκτίμησης της ηλικίας, τη δειγματοληπτική μεθοδολογία και/ή τα χαρακτηριστικά κάθε εξεταζόμενου πληθυσμιακού δείγματος (βλ. Υποκεφ. 3.4.7).

Όλα τα θηλυκά άτομα είχαν δύο λειτουργικές και ομοίως ανεπτυγμένες ωοθήκες. Η γονιμότητα των ωοθηκών κυμάνθηκε από 1 έως 7 ώριμα ωοκύτταρα, με διάμετρο που έφτασε έως 59 mm και βάρος έως 41,5 g. Στα αποκλειστικά λεκιθότροφα είδη, όπως το *Squalus blainville*, η παραγωγή μεγαλύτερων ωοκυττάρων αποτελεί την κύρια και πιθανώς τη μοναδική στρατηγική παραγωγής μεγαλύτερων εμβρύων που έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης (Guallart & Vicent 2001). Για το λόγο αυτό, η σημαντική μείωση που παρουσίασε ο δείκτης GSI στα κυοφορούντα θηλυκά άτομα που είχαν ωαγωγούς γεμάτους με λέκιθο (σταδίου IV) ή με διαφοροποιημένες λεκιθικές σφαίρες (σταδίου V), πιθανώς σχετίζεται με τη μεγάλη ανάγκη σε λέκιθο που έχουν τα έμβρυα σε αυτή τη φάση ανάπτυξης.

Από την άλλη πλευρά, υψηλότερες τιμές του δείκτη GSI παρατηρήθηκαν στα θηλυκά άτομα που έφεραν έμβρυα με μειωμένο έως πλήρως απορροφημένο λεκιθικό σάκο, καθώς και εκείνα που είχαν γεννήσει. Το γεγονός αυτό είναι ενδεικτικό του ότι το ζευγάρι και η ωορρηξία πραγματοποιούνται αμέσως μετά τον τοκετό. Σε αρκετά σκουαλοειδή, έχει

παρατηρηθεί ότι τα ωοκύτταρα συνεχίζουν να αναπτύσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της κύησης, καθώς τα περισσότερα κυοφορούντα άτομα φέρουν την ίδια στιγμή μεγάλα έμβρυα και ώριμα ωοκύτταρα μεγάλων διαστάσεων (Carapé 1985, Guallart & Vicent 2001).

Η γονιμότητα των ωαγωγών κυμάνθηκε από 1 έως 6 έμβρυα και ήταν χαμηλότερη από αυτή που περιγράφηκε από τους Ebert *et al.* (2002) στη νότια Αφρική, όπου σε ένα θηλυκό άτομο ολικού μήκους 956 mm βρέθηκαν συνολικά 8 έμβρυα με πλήρως απορροφημένο λεκιθικό σάκο, τα οποία κυμαίνονταν από 249 έως 256 mm σε μήκος. Μέχρι 6 έμβρυα καταγράφηκαν στα θηλυκά άτομα από το Ιόνιο Πέλαγος (Sion *et al.* 2003).

Χαμηλός βαθμός συσχέτισης βρέθηκε μεταξύ του μήκους των θηλυκών ατόμων και της γονιμότητας των ωοθηκών ή των ωαγωγών, αποκαλύπτοντας ότι μόλις τα θηλυκά άτομα ωριμάσουν γεννητικά μπορεί να εμφανίσουν τη μέγιστη γονιμότητα. Αν και σε αρκετούς οργανισμούς η γονιμότητα τείνει να αυξάνεται αυξανόμενου του μεγέθους τους (Shine 1988), η απουσία συσχέτισης με το μέγεθος έχει αναφερθεί και σε άλλα είδη Χονδριχθύων (Ebert *et al.* 2008, Frisk & Miller 2009, Serra-Pereira *et al.* 2011).

Από το σύνολο των 178 εμβρύων που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη, ο λεκιθικός σάκος είχε πλήρως απορροφηθεί σε δύο έμβρυα μήκους 205 και 209 mm, ενώ το μεγαλύτερο έμβρυο με λεκιθικό σάκο είχε μήκος 196 mm. Σύμφωνα με τους Sion *et al.* (2003) ο λεκιθικός σάκος ήταν πάντα παρόν σε έμβρυα μέχρι 220 mm, ενώ σύμφωνα με τους Cannizzaro *et al.* (1995) σε έμβρυα μέχρι 200 mm. Από την άλλη πλευρά, ο Ranzi (1932) και ο Quignard (1971) παρατήρησαν ότι τα έμβρυα με πλήρως απορροφημένο λεκιθικό σάκο είχαν μήκος 190 και 210–240 mm, αντίστοιχα.

Στην παρούσα μελέτη το μικρότερο μήκος αλίευσης ήταν 182 και 180 mm για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα. Τα άτομα αυτά αλιεύθηκαν μαζί με ακόμα 31 άτομα, τα οποία δεν ξεπέρασαν τα 229 mm μήκους. Στο σύνολό τους δεν είχαν εξωτερικό λεκιθικό σάκο, αλλά έφεραν εσωτερικό λεκιθικό σάκο, από τον οποίο εξαρτώνται για τους δύο πρώτους μήνες της ζωής τους στο θαλάσσιο περιβάλλον (Wourms 1977). Στο Κανάλι της Σικελίας, το μικρότερο θηλυκό και αρσενικό άτομο που αλιεύθηκαν ήταν 140 και 145 mm, αντίστοιχα, και είχαν εξωτερικό λεκιθικό σάκο, αν και πιστεύεται ότι αυτά τα άτομα αποβλήθηκαν από τα θηλυκά κατά τη διάρκεια της αλιείας (Cannizzaro *et al.* 1995). Στο Ιόνιο, το μικρότερο μήκος αλίευσης ήταν 190 mm και επειδή καταγράφηκε σε άτομα χωρίς λεκιθικό σάκο, θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο μήκος γέννησης (Sion *et al.* 2003). Στην παρούσα μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του μικρότερου νεογέννητου ατόμου (180 mm) και του μεγαλύτερου εμβρύου με πλήρως απορροφημένο λεκιθικό σάκο (209 mm), πιθανολογείται ότι το μήκος γέννησης του είδους κυμαίνεται από 180 έως 210 mm.

Το μεγάλο εύρος μηκών των εμβρύων σχεδόν όλες τις εποχές αποτελεί ένδειξη ότι η κυοφορία στο είδος *Squalus blainville* διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα, πιθανώς >12 μήνες. Σύμφωνα με τους Cannizzaro *et al.* (1995) η κυοφορία διαρκεί 17 μήνες. Η μακρά περίοδος κυοφορίας έχει αναφερθεί και στα σκουαλοειδή *Squalus acanthias* (Jones & Ugland 2001) και *Centrophorus granulosus* (Guallart & Vicent 2001), φτάνοντας τα δύο έτη.

Αν και ο διαχωρισμός με βάση το μέγεθος παρατηρείται συχνά στους καρχαρίες (Springer 1967), η συνύπαρξη ανώριμων και ώριμων ατόμων και των δύο φύλων σε όλα τα βάθη αποκάλυψε την απουσία διαχωρισμού του είδους ως προς το βάθος, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Cannizzaro *et al.* 1995, Sion *et al.* 2003). Παρ' όλα αυτά, διαπιστώθηκε ότι τα ανώριμα θηλυκά άτομα συχνάζουν κυρίως σε βάθη από 200 έως 300 m, ενώ τα ανώριμα αρσενικά άτομα στη ρηχότερη ζώνη βάρους (100–200 m). Φαίνεται, λοιπόν, ότι τα ανώριμα άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* εμφάνισαν περισσότερο βαθύβια κατανομή σε σχέση με τα ανώριμα άτομα του *Squalus blainville*. Από την άλλη πλευρά η αλίευση των 33 νεογέννητων ατόμων σε βάθη από 238 έως 275 m σε συνδυασμό με τη σύλληψη των περισσότερων θηλυκών που έχουν γεννήσει σε βάθη μεγαλύτερα από 200 m, δείχνει ότι ο τοκετός λαμβάνει χώρα κυρίως στην ηπειρωτική πλαγιά. Σημειώνεται ότι η ισχυρή παρουσία των ώριμων θηλυκών (στάδια III–VII) και αρσενικών ατόμων (στάδια III–IV) σε βάθη >500 m, πιθανώς αποδίδεται στην αποκλειστική αλιεία με παραγάδι που πραγματοποιήθηκε σε αυτή τη ζώνη, ένα εργαλείο που φάνηκε ότι ασκεί επιλεκτικότητα στα μεγαλύτερα, και άρα ωριμότερα άτομα (βλ. Υποκεφ. 3.3.2).

Οι δείκτες GSI και HSI παρουσίασαν σημαντική αύξηση στην πορεία της ωρίμασης των θηλυκών και αρσενικών ατόμων, ενώ δείκτης K παρουσίασε μια μικρή τάση αύξησης.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του συνολικού δείγματος ως προς το δείκτη GSI, αλλά όχι ως προς τους δείκτες HSI ή K. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα ώριμα άτομα, τα δύο φύλα διέφεραν στατιστικά σημαντικά και ως προς τους τρεις δείκτες, ένα πρότυπο που δεν παρατηρήθηκε στα ανώριμα άτομα. Φαίνεται, επομένως, ότι η κατάσταση της γεννητικής ωρίμασης επηρεάζει σημαντικά τη φυσιολογική κατάσταση των θηλυκών ατόμων, αλλά και την ανάπτυξη του ήπατος το οποίο βοηθάει τα θηλυκά άτομα να ανταποκριθούν στις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής (Koob & Callard 1999). Πράγματι, το ήπαρ ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στα ώριμα θηλυκά άτομα σε σχέση με τα ώριμα αρσενικά σε κάθε εποχή, επιβεβαιώνοντας το σημαντικό ρόλο που παίζει στην αναπαραγωγή των θηλυκών, καθώς συμμετέχει στην παραγωγή της λεκιθογενίνης, δηλαδή της πρόδρομης μορφής της λεκίθου (Koob & Callard 1999).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρονσα ήταν η μείωση του δείκτη HSI και στα δύο φύλα τα πρώτα περίπου 5 γ, πέρα από τα οποία άρχισε να αυξάνεται πάλι. Τα βενθικά ψάρια, όπως τα σαλάχια, οι ράγιες και αρκετά είδη καρχαριών πρέπει να καταναλώσουν ενέργεια για να παραμείνουν κοντά στον πυθμένα (Phleger 1998). Οι Χονδριχθούς δεν διαθέτουν νηκτική κύστη, το όργανο πλευστότητας των Οστεϊχθύνων, αλλά ήπαρ με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος που εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό (Baldrige 1970, Phleger 1998). Ιδιαίτερα τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Squalidae περιέχουν τεράστιες ποσότητες σκουαλίνης στο ήπαρ (Nevenzel 1989), η οποία λειτουργεί ως ρυθμιστής της πλευστότητας (Phleger 1998). Πιθανώς, το ήπαρ παίζει σημαντικό ρόλο κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής των ατόμων του είδους *Squalus blainville*, με τη βοήθεια του οποίου ρυθμίζουν καλύτερα τις κινήσεις τους, για να αποφεύγουν πιθανούς θηρευτές ή να βρίσκουν τροφή. Επίσης, η παρουσία μεγάλου ήπατος στα νεογέννητα πιθανώς αντανακλά την ανάγκη που έχουν για ευκολότερη πρόσβαση σε αποθέματα ενέργειας. Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια των αρχικών αναπτυξιακών σταδίων υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη σε ενέργεια για την εξασφάλιση της επιβίωσης. Από την άλλη πλευρά, οι δείκτες K και GSI αυξήθηκαν σταδιακά από τα μικρότερα στα μεγαλύτερα άτομα, με τον τελευταίο να εμφανίζει απότομη αύξηση περίπου κατά την ηλικία της πρώτης γεννητικής ωρίμασης και των δύο φύλων.

Λαμβάνοντας υπόψη την εποχική διακύμανση των σωματικών δεικτών, διαπιστώθηκε ότι τόσο στα θηλυκά όσο και στα αρσενικά άτομα ο δείκτης K έλαβε τη χαμηλότερη μέση τιμή το χειμώνα όταν και οι δείκτες GSI και HSI εμφάνισαν τις χαμηλότερες μέσες τιμές. Αντίθετα, το φθινόπωρο και τα δύο φύλα εμφάνισαν τις υψηλότερες μέσες τιμές όλων των δεικτών. Η διακύμανση των σωματικών δεικτών ήταν σχεδόν όμοια και σε μηνιαία βάση. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη του ότι ο ρυθμός της αφομοίωσης του λίπους ακολουθεί το ρυθμό της αναπαραγωγικής ωρίμασης, επηρεάζοντας μαζί τη φυσιολογική κατάσταση των ατόμων που αντικατοπτρίζεται στο δείκτη K. Τέλος, οι υψηλές τιμές των δεικτών GSI και HSI σε εποχική βάση τόσο στα θηλυκά όσο και στα αρσενικά άτομα αποτελεί μια ακόμα ένδειξη της παρατεταμένης περιόδου αναπαραγωγής του είδους.

Συμπερασματικά, η παρατεταμένη περίοδος αναπαραγωγής των υπό μελέτη ειδών πιθανώς αποτελεί ένα είδος στρατηγικής που αντισταθμίζει τη χαμηλή γονιμότητα και την καθυστερημένη ωρίμαση, χαρακτηριστικά που καθιστούν γενικότερα τους Χονδριχθούς ευάλωτους στην υπεραλίευση (Cortés 2000). Ωστόσο, οι κοινές συνευρέσεις ανώριμων και ώριμων ατόμων σε μεγάλο εύρος βαθών σε συνδυασμό με την εντατικοποίηση της αλιευτικής προσπάθειας, καθιστούν αναγκαία τη λήψη διαχειριστικών μέτρων για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της υπεραλίευσης στα αποθέματά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Τροφική Οικολογία

Oxynotus centrina
TL=790 mm
Κορινθιακός κόλπος
Μάρτιος 2010



Dalatias licha
TL=1.024 mm
Σκύρος, Νοέμβριος 2010



Etmopterus spinax
TL=304 mm
Σκύρος, Μάιος 2008



Heptanchias perlo
TL=1.060 mm
Μυρτώο Πέλαγος, Μάιος 2008



Εκπρόσωποι ορισμένων ειδών Χονδριχθύων που αλιεύθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής σε διάφορες περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών
(Φωτο. Β Κουστένη)

6.1 Εισαγωγή

6.1.1 Σημασία της γνώσης της διατροφής των ψαριών

Η ποσότητα και η σύνθεση της τροφής είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την αύξηση και έμμεσα τη γεννητική ωρίμαση και τη θνησιμότητα των ψαριών, και συνεπώς την ευρωστία (Wootton 1990). Οι τροφικές συνήθειες των ψαριών, οι οποίες παραδοσιακά περιγράφονται μέσω της εξέτασης του στομαχικού περιεχομένου (Hyslop 1980), παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κατάλληλα αλιευτικά μοντέλα, με τα οποία εκτιμάται η συνολική βιομάζα που καταναλώνεται από τους θηρευτές (Jennings *et al.* 2001). Το γεγονός αυτό επιτρέπει αφενός την εκτίμηση της σημασίας της θνησιμότητας λόγω θήρευσης σε σχέση με τη θνησιμότητα λόγω αλιείας για τα εμπορικά είδη (Stergiou & Karpouzi 2002), αφετέρου τη μελέτη της δυναμικής των ιχθυοπληθυσμών, αυξάνοντας την ακρίβεια των σχετικών προβλέψεων (Ulltang 1996). Επίσης, τα δεδομένα διατροφής παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με: (α) τον καταμερισμό των διατροφικών πόρων σε ενδοειδικό και διαειδικό επίπεδο (π.χ. Macpherson 1981, Harmelin-Vivien *et al.* 1989), (β) την επιλογή λείας (π.χ. Stergiou & Fourtouni 1991), (γ) τις σχέσεις μεγέθους λείας-θήρευτή (π.χ. Scharf *et al.* 2000), (δ) τη γεωγραφική κατανομή των τροφικών τύπων (π.χ. Pauly 2000), (ε) τις οντογενετικές αλλαγές σε σχέση με τη διατροφή (π.χ. Stergiou & Fourtouni 1991), (στ) την επιλογή ενδιαιτήματος (π.χ. Labropoulou & Machias 1998), και (ζ) την εισβολή νέων ειδών (π.χ. Stergiou 1988). Τέλος, τα στοιχεία διατροφής των ψαριών χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των κλασματικών τροφικών επιπέδων (Pauly & Christensen 1995, Pauly & Sa-a 2000), μια σημαντική πληροφορία για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων (Stergiou & Karpouzi 2002).

Το τροφικό επίπεδο ενός είδους δίνει πληροφορίες για τη θέση του στο τροφικό πλέγμα ενός οικοσυστήματος (Pauly *et al.* 1998a). Η εκτίμησή του είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων της αλιείας και άλλων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στα θαλάσσια οικοσυστήματα, γιατί αντανακλά την πολυπλοκότητα και τη βιοποικιλότητά τους (Stergiou & Polunin 2000) και επιτρέπει: (α) την ακριβή εκτίμηση της απαιτούμενης πρωτογενούς παραγωγής για τη στήριξη της αλιείας (primary production required, Pauly & Christensen 1995), (β) την αναγνώριση του φαινομένου της «αλιευτικής ταπείνωσης» (fishing down the food webs, Pauly *et al.* 1998a), δηλαδή της μείωσης του μέσου τροφικού επιπέδου των αλιευμάτων, δεδομένου ότι η αλιεία αφαιρεί κυρίως τα μεγαλύτερα άτομα και

είδη που συνήθως έχουν υψηλότερο τροφικό επίπεδο με αποτέλεσμα να μειώνεται το ποσοστό συμμετοχής τους στην αλιευτική παραγωγή με την πάροδο των χρόνων, (γ) τη σύγκριση των «τροφικών αποτυπωμάτων» των οικοσυστημάτων (Froese *et al.* 2005), και (δ) τη σύγκριση των «τροφικών αποτυπωμάτων» των αλιευτικών εργαλείων (Stergiou *et al.* 2007). Το τροφικό επίπεδο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη χωρική ή χρονική παρακολούθηση ειδών ή οικοσυστημάτων (Jennings *et al.* 1997).

Παρά τον εξέχοντα ρόλο των τροφικών επιπέδων στην αλιευτική έρευνα, μόλις στις αρχές της δεκαετίας του 1940 διατυπώθηκε η θεωρία του τροφικού επιπέδου σύμφωνα με την οποία στο πρώτο τροφικό επίπεδο ανήκουν τα φυτά και τα οργανικά θρύμματα, στο δεύτερο επίπεδο οι φυτοφάγοι οργανισμοί (καταναλωτές 1^{ης} τάξης), στο τρίτο επίπεδο οι 1^{ης} τάξης σαρκοφάγοι οργανισμοί (καταναλωτές 2^{ης} τάξης) κ.ο.κ. (Lindeman 1942). Καθώς, ωστόσο, τα περισσότερα είδη τρέφονται με περισσότερες της μιας κατηγορίας τροφής, οι Odum & Heald (1975) εισήγαγαν την έννοια του κλασματικού τροφικού επιπέδου που υπολογίζεται βάσει των ποσοστών συμμετοχής των διαφορετικών τροφικών αντικειμένων στη διατροφή ενός είδους. Στους θαλάσσιους ζωικούς οργανισμούς, το κλασματικό τροφικό επίπεδο κυμαίνεται από 2 μέχρι 5,5, λαμβάνοντας σπάνια τη μέγιστη τιμή και μόνο σε εξειδικευμένους θηρευτές θαλάσσιων θηλαστικών, όπως στην όρκα *Orcinus orca* και στην πολική αρκούδα *Ursus maritimus* (Pauly *et al.* 1998b). Όσο αφορά τους καρχαρίες, πρόσφατα ο Cortés (1999) υπολόγισε το κλασματικό τροφικό επίπεδο 149 ειδών καρχαριών, συμπεραίνοντας ότι κατέχουν τροφικά επίπεδα παρόμοια με εκείνα των θαλάσσιων θηλαστικών και υψηλότερα από εκείνα των θαλάσσιων πτηνών.

6.1.2 Σκοπός παρούσας μελέτης

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποκάλυψε ελάχιστες αναφορές στη Μεσόγειο που αφορούν στη διατροφή του *Squalus blainville* (Carapé 1975, Kabasakal 2002), ενώ η διατροφή του *Scyliorhinus canicula* έχει μελετηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό (Carapé 1974, Γεωργίου 2008, Karachle & Stergiou 2010, Valls *et al.* 2011, Mnasri *et al.* 2012, Šantić *et al.* 2013). Στην παρούσα μελέτη, εξετάστηκε η ποιοτική και ποσοτική σύνθεση της διατροφής αυτών των Χονδριχθύων από τις Ελληνικές Θάλασσες σε σχέση με το φύλο, την κατάσταση ωρίμασης και την εποχή. Επίσης, υπολογίστηκε το κλασματικό τροφικό τους επίπεδο βάσει του οποίου προσδιορίστηκε η λειτουργική τροφική ομάδα στην οποία ανήκουν. Τα είδη συγκρίθηκαν ως προς τις τροφικές τους συνήθειες, οι οποίες αντιπαρατέθηκαν περαιτέρω με τα τροφικά πρότυπα που παρουσίασαν σε άλλες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού.

6.2 Υλικά και μέθοδοι

6.2.1 Δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη διατροφής

Η σύνθεση της διατροφής των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* μελετήθηκε σε ένα τυχαίο υποδείγμα 432 και 211 ατόμων, αντίστοιχα, τα οποία συλλέχθηκαν από διάφορες περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών (βόρειο Αιγαίο, βόρειος Ευβοϊκός κόλπος, Κυκλάδες και Κρητικό Πέλαγος) (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 Ολικό μήκος (TL) και ολικό βάρος (TW) των ατόμων που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη διατροφής των υπό μελέτη ειδών

Είδος	Φύλο	N	TL (mm)			TW (g)		
			M.T.	T.A.	Εύρος	M.T.	T.A.	Εύρος
<i>S. canicula</i>	Θ	231	372	58,2	209–482	194	91,1	25–441
	A	201	395	59,0	225–517	216	87,2	30–492
	σύνολο	432	382	61,0	209–517	203	91,7	25–492
<i>S. blainville</i>	Θ	125	415	141	182–759	473	507	22–2.280
	A	86	418	112	182–589	418	269	21–993
	σύνολο	211	416	130	182–759	451	426	21–2.280

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

6.2.2 Επεξεργασία συλλεχθέντων στομαχιών

Τα άτομα, έπειτα από τη συλλογή τους, διατηρήθηκαν στην κατάψυξη (-20 °C) μέχρι την πραγματοποίηση των ανατομών. Η συντήρηση ολόκληρων των ατόμων με διάλυμα φορμόλης, που επιτυγχάνει άμεση στερεοποίηση του στομαχικού περιεχομένου (Bowen 1996), αποφεύχθηκε, καθώς τα δείγματα χρησιμοποιήθηκαν και σε άλλες αναλύσεις όπου η χρήση της φορμόλης είναι απαγορευτική (π.χ. χημικές αναλύσεις βαρέων μετάλλων).

Από κάθε άτομο αφαιρέθηκε το στομάχι και τοποθετήθηκε σε διάλυμα φορμόλης 10%. Έπειτα από την ολοκλήρωση των ανατομών, ακολούθησε η τοποθέτηση κάθε στομαχιού για ορισμένα λεπτά πάνω σε διηθητικό χαρτί για να απομακρυνθεί η υγρασία, η εκκένωσή του και η ζύγιση του συνολικού περιεχομένου του. Το στομαχικό περιεχόμενο εξετάστηκε με τη βοήθεια στερεοσκοπίου (Nikon SMZ-2T) και οι λείες αναγνωρίστηκαν στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο. Για την ποσοτική ανάλυση της διατροφής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του βάρους (Hyslop 1980) κατά την οποία κάθε τροφικό αντικείμενο ζυγίστηκε ξεχωριστά σε ηλεκτρονικό ζυγό αναγνωσιμότητας 0,0001 g (Adventurer, Ohaus). Επίσης, καταγράφηκε ο αριθμός των κενών στομαχιών και η παρουσία πλαστικών αντικειμένων.

6.2.3 Ανάλυση στομαχικού περιεχομένου

Για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου των ατόμων κάθε είδους εκτιμήθηκαν οι ακόλουθοι δείκτες:

(α) Δείκτης κενότητας (VI) σύμφωνα με την εξίσωση: $VI=(E/T)*100$, όπου T είναι ο συνολικός αριθμός των στομαχιών που εξετάστηκαν και E είναι ο αριθμός των κενών στομαχιών (Hureau 1969).

(β) Δείκτης πληρότητας (FI) σύμφωνα με την εξίσωση: $FI=(S/B)*100$, όπου S είναι το βάρος του στομαχικού περιεχομένου και B είναι το καθαρό βάρος του ψαριού, για να αποφευχθεί η επίδραση της κατάστασης ωριμότητας των γονάδων (Hureau 1969).

(γ) Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (C_w) σύμφωνα με την εξίσωση: $C_w=(w/\Sigma_w)*100$, όπου w είναι το βάρος του τροφικού αντικειμένου i και Σ_w είναι το συνολικό βάρος όλων των τροφικών αντικειμένων. Δείχνει τη συνεισφορά κάθε τροφικού αντικειμένου στη συνολική βιομάζα του στομαχικού περιεχομένου (Hyslop 1980).

(δ) Δείκτης ποικιλότητας Shannon–Wiener (H') σύμφωνα με την εξίσωση: $H'=-\sum_{i=1}^n p_i * (\log p_i)$, όπου p_i είναι η αναλογία του τροφικού αντικειμένου i και n είναι ο συνολικός αριθμός των τροφικών αντικειμένων που μετέχουν στη διατροφή ενός είδους (Morato *et al.* 2003). Ο υπολογισμός του έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις αναλογίες ($C_w/100$) συμμετοχής των τροφικών αντικειμένων στη διατροφή κάθε είδους.

(ε) Δείκτης τροφικής επικάλυψης (S) σύμφωνα με την εξίσωση: $S=1-0,5*(\sum_{i=1}^n |p_{ix}-p_{iy}|)$, όπου p_{ix} και p_{iy} είναι οι αναλογίες ($C_w/100$) του τροφικού αντικειμένου i στη διατροφή των ειδών x και y, αντίστοιχα (Schoener 1970). Λαμβάνει τιμές από 0 (απουσία τροφικής επικάλυψης) έως 1 (πλήρης τροφική επικάλυψη). Η επικάλυψη των τροφικών θώκων έχει σημαντική βιολογική σημασία όταν η τιμή του δείκτη S είναι μεγαλύτερη από 0,60. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να οδηγήσει σε διαειδικό ανταγωνισμό για τους διαθέσιμους τροφικούς πόρους εφόσον είναι περιορισμένοι (Wallace & Ramsey 1983).

(στ) Κλασματικό τροφικό επίπεδο (TROPH) σύμφωνα με την εξίσωση: $TROPH_i=1+\sum_{j=1}^G DC_{ij} * TROPH_j$, όπου $TROPH_i$ είναι το κλασματικό τροφικό επίπεδο του είδους i, DC_{ij} είναι το ποσοστό του τροφικού αντικειμένου j στη διατροφή του είδους i, $TROPH_j$ είναι το κλασματικό τροφικό επίπεδο του τροφικού αντικειμένου j και G είναι ο αριθμός των τροφικών αντικειμένων που βρέθηκαν στο είδος i (Pauly *et al.* 1998b).

Σύμφωνα με τις τιμές του δείκτη TROPH εκτιμήθηκε η λειτουργική τροφική ομάδα (functional trophic group) στην οποία ανήκει κάθε είδος. Οι λειτουργικές τροφικές ομάδες όπως ορίστηκαν για τη Μεσόγειο από τους Stergiou & Karpouzi (2002) είναι: φυτοφάγα

ΤΡΟΦΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

($TROPH=2,0-2,1$), παμφάγα με προτίμηση στα φυτά ($2,1 < TROPH < 2,9$), παμφάγα με προτίμηση στα ζώα ($2,9 < TROPH < 3,7$), σαρκοφάγα με προτίμηση στα Δεκάποδα και στους Οστεϊχθύς ($3,7 < TROPH < 4,0$), και σαρκοφάγα με προτίμηση στους Οστεϊχθύς και στα Κεφαλόποδα ($4,0 < TROPH < 4,5$).

6.2.4 Στατιστική επεξεργασία

Η ποσοτική και ποιοτική ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου πραγματοποιήθηκε για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα κάθε είδους, καθώς η συντριπτική πλειονότητα των δειγμάτων συλλέχθηκε από το βόρειο Αιγαίο Πέλαγος (ευρύτερη περιοχή Σκύρου). Ωστόσο, για λόγους σύγκρισης με τη βιβλιογραφία η ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή κάθε λείας στη διατροφή των ειδών, παρουσιάζεται ξεχωριστά για κάθε περιοχή δειγματοληψίας.

Ειδικότερα, οι δείκτες (β)-(στ) (βλ. Υποκεφ. 6.2.3) υπολογίστηκαν βάσει μόνο των στομαχιών που περιείχαν τροφή ξεχωριστά για κάθε φύλο για το σύνολο των εποχών και για το σύνολο των ατόμων ανά εποχή. Επίσης, για τη διερεύνηση της επίδρασης της κατάστασης της ωρίμασης στις τροφικές συνήθειες των ειδών, τα άτομα κάθε φύλου διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες με βάση το μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμασης L_{50} (397 και 382 mm για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *Scyliorhinus canicula*, αντίστοιχα; 568 και 461 mm για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *Squalus blainville*, αντίστοιχα, βλ. Υποκεφ. 5.3.5).

Η δοκιμασία χ^2 (Chi-square test, Zar 1999) εφαρμόστηκε για τη σύγκριση των τιμών του δείκτη κενότητας μεταξύ των φύλων, των ανώριμων και ώριμων ατόμων και των εποχών. Η δοκιμασία Mann-Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947) εφαρμόστηκε για τη σύγκριση του δείκτη πληρότητας μεταξύ των δύο φύλων και των ανώριμων και ώριμων ατόμων. Η εποχική διαφοροποίηση των δεικτών κενότητας και πληρότητας ελέγχθηκε με τη δοκιμασία Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis 1952). Η διαφοροποίηση του δείκτη TROPH σε σχέση με το φύλο, την κατάσταση ωρίμασης και την εποχή ελέγχθηκε με τη δοκιμασία t (Student's t-test, Sokal & Rohlf 1987).

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2, ενώ ο υπολογισμός του δείκτη TROPH των ειδών έγινε στη ρουτίνα για ποσοτικά δεδομένα της εφαρμογής TrophLab (Pauly *et al.* 2000).

6.3 Αποτελέσματα

6.3.1 Δείκτης κενότητας

Η δοκιμασία χ^2 έδειξε ότι ο δείκτης κενότητας (VI) δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ως προς κανένα εξεταζόμενο παράγοντα (φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή) και στα δύο υπό μελέτη είδη ($P_{\chi^2} > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις) (Πίνακας 6.2). Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των ατόμων κάθε είδους, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το ποσοστό των κενών στομαχιών μεταξύ τους ($P_{\chi^2} = 0,78$, $\chi^2 = 0,08$).

Πίνακας 6.2 Μέση τιμή του δείκτη κενότητας (VI%) ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή για τα υπό μελέτη είδη. Η πιθανότητα P_{χ^2} αντιστοιχεί στη δοκιμασία χ^2

Παράγοντας		<i>S. canicula</i>				<i>S. blainville</i>			
		T	E	VI	P_{χ^2}	T	E	VI	P_{χ^2}
Φύλο	Θ	231	66	28,6	0,7758	125	37	29,6	0,9276
	A	201	52	25,9	($\chi^2=0,081$)	86	27	31,4	($\chi^2=0,008$)
L ₅₀	Θ<L ₅₀	136	34	25,0	0,4080	108	33	30,6	0,5056
	Θ>L ₅₀	95	32	33,7	($\chi^2=0,685$)	17	4	23,5	($\chi^2=0,443$)
	A<L ₅₀	63	14	22,2	0,5478	52	17	32,7	0,7193
	A>L ₅₀	138	38	27,5	($\chi^2=0,361$)	34	10	29,4	($\chi^2=0,129$)
Εποχή	Άνοιξη	181	46	25,4		38	10	26,3	
	Καλοκαίρι	–	–	–	0,3437	5	2	40,0	0,8093*
	Φθινόπωρο	107	40	37,4	($\chi^2=2,136$)	93	27	29,0	($\chi^2=0,423$)
	Χειμώνας	144	32	22,2		75	25	33,3	
Σύνολο		432	118	27,3		211	64	30,3	

Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; L₅₀, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης; T, σύνολο εξεταζόμενων στομαχιών; E, αριθμός κενών στομαχιών; VI, *το καλοκαίρι εξαιρέθηκε από τη δοκιμασία χ^2 , εξαιτίας του μικρού δείγματος

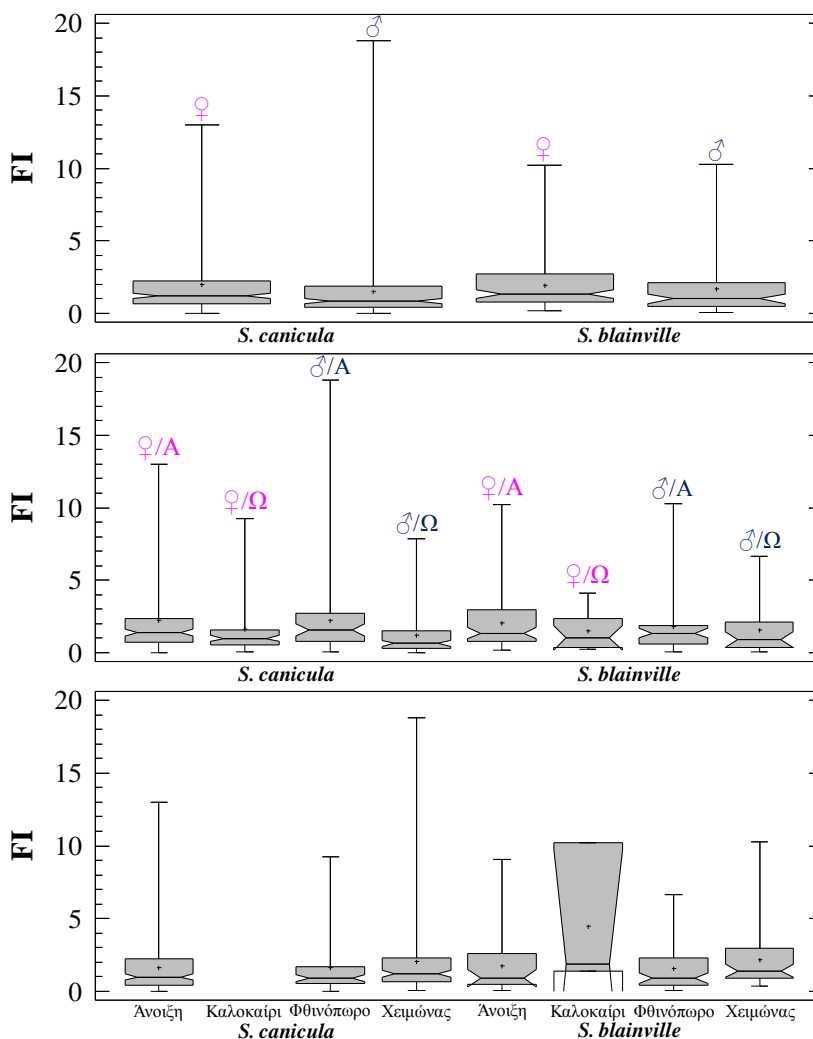
6.3.2 Δείκτης πληρότητας

Σύμφωνα με τη δοκιμασία Mann–Whitney, ο δείκτης πληρότητας (FI) έλαβε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή στα θηλυκά από ό,τι στα αρσενικά άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula*, ενώ η πληρότητα του στομαχιού ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στα ανώριμα από ό,τι στα ώριμα άτομα, ανεξάρτητα από το φύλο ($P_W < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Το πρότυπο αυτό δεν παρατηρήθηκε στο *Squalus blainville* όπου ο δείκτης FI διέφερε στατιστικά σημαντικά μόνο μεταξύ των εποχών, εξαιτίας της σημαντικά χαμηλότερης τροφοληψίας που παρατηρήθηκε το φθινόπωρο σε σχέση με την άνοιξη και το χειμώνα ($P_{KW} < 0,05$) (Πίνακας 6.3, Εικόνα 6.1). Σε διαειδικό επίπεδο, δεν βρέθηκε σημαντική διαφοροποίηση ως προς την πληρότητα των στομαχιών ($P_W = 0,0944$, $W = 25.310$).

Πίνακας 6.3 Μέση τιμή (\pm Τ.Α) του δείκτη πληρότητας (FI%) ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή για τα υπό μελέτη είδη. Οι πιθανότητες P_W και P_{KW} αντιστοιχούν στις δοκιμασίες Mann–Whitney και Kruskal–Wallis

Παράγοντας		<i>S. canicula</i>				<i>S. blainville</i>			
		N	FI	P_W	P_{KW}	N	FI	P_W	P_{KW}
Φύλο	Θ	165	1,97 \pm 2,40	0,0151 (W=10.340)	–	88	1,94 \pm 1,77	0,1035 (W=2.184)	–
	A	149	1,52 \pm 2,12			59	1,71 \pm 1,97		
L ₅₀	Θ<L ₅₀	102	2,20 \pm 2,59	0,0161 (W=2.496)	–	75	2,03 \pm 1,84	0,2953 (W=398)	–
	Θ>L ₅₀	63	1,60 \pm 2,02			13	1,50 \pm 1,22		
	A<L ₅₀	49	2,24 \pm 2,94	0,0003 (W=1.554)	–	35	1,83 \pm 2,11	0,3448 (W=353)	–
	A>L ₅₀	100	1,69 \pm 1,46			24	1,54 \pm 1,78		
	Εποχή	Ανοιξη	135	1,60 \pm 2,02	–	0,3125 (H=2,33)	28	1,76 \pm 2,02	–	0,0399* (H=6,44)
Καλοκαίρι		–	–	3			4,48 \pm 4,95		
Φθινόπωρο		67	1,62 \pm 1,99	66			1,55 \pm 1,44		
Χειμώνας		112	2,03 \pm 2,69	50			2,14 \pm 1,89		
Σύνολο		314	1,76 \pm 2,27			147	1,85 \pm 1,85		

Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; L₅₀, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης; N, σύνολο μη κενών στομαχιών; *το καλοκαίρι εξαιρέθηκε από τη δοκιμασία Kruskal–Wallis, εξαιτίας του μικρού δείγματος; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα



Εικόνα 6.1 Θηκογράμματα του δείκτη πληρότητας (FI%) ανά φύλο (♀, θηλυκά; ♂, αρσενικά), κατάσταση ωρίμασης (A, ανώριμα; Ω, ώριμα) και εποχή για τα υπό μελέτη είδη (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

6.3.3 Ποσοστό βάρους τροφικών αντικειμένων

Συνολικά 17 ταξινομικές ομάδες αναγνωρίστηκαν στο περιεχόμενο 314 μη κενών στομαχιών του είδους *Scyliorhinus canicula*. Οι σημαντικότερες κατηγορίες λείας ήταν οι Τελεόστεοι (42,5%), τα Μαλάκια (30,8%) και τα Καρκινοειδή (22,1%), ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες τροφής είχαν μικρή συνεισφορά στη διατροφή του (~5%). Τα θηλυκά άτομα, ανεξάρτητα από την κατάσταση ωρίμασης, έδειξαν μεγαλύτερη προτίμηση στους Τελεόστεους (44,8–51,43%). Τα ανώριμα αρσενικά άτομα φάνηκε ότι προτιμούν περισσότερο τα Καρκινοειδή (45,1%), ενώ τα ώριμα τους Τελεόστεους (39,3%). Τα Μαλάκια κατέλαβαν περίπου όμοια ποσοστά στα ανώριμα και ώριμα άτομα, ανεξάρτητα από το φύλο. Οι Τελεόστεοι αποτέλεσαν την προτιμώμενη λεία του είδους την άνοιξη (52,8%), οπότε και οι περισσότερες κατηγορίες λείας καταγράφηκαν. Τα Μαλάκια επικράτησαν στη διατροφή του είδους το φθινόπωρο (54,9%), ενώ οι τρεις κύριες τροφικές ομάδες καταγράφηκαν σχεδόν σε παρόμοια ποσοστά το χειμώνα (Πίνακας 6.4, Εικόνα 6.2).

Πίνακας 6.4 Ποσοστό βάρους (C_w%) κάθε κατηγορίας λείας στο συνολικό περιεχόμενο των στομαχιών του είδους *S. canicula* ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή

Κατηγορία λείας	Θ	A	Θ<L ₅₀	Θ>L ₅₀	A<L ₅₀	A>L ₅₀	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Σύνολο
Teleostei											
<i>Lepidorhombus</i> spp.	1,58			3,25					5,07		0,96
<i>Macroramphosus scolopax</i>	0,67	0,58	1,30			0,79	0,93			0,60	0,63
<i>Trachurus mediterraneus</i>	7,16		13,9				9,55				4,34
Triglidae		3,65				4,94				4,03	1,44
Απροσδιόριστα είδη	38,7	29,7	36,1	41,5	18,6	33,6	42,3		27,5	30,1	35,2
Σύνολο	48,1	33,9	51,3	44,8	18,6	39,3	52,8		32,6	34,7	42,5
Chondrichthyes											
		1,90				2,57	1,65				0,75
Crustacea											
Brachyura	1,25	1,27	0,07	2,50	0,08	1,69	2,32		1,09		1,26
<i>Munida</i> spp.	2,88	2,76	4,50	1,17	6,55	1,43	0,56			7,22	2,84
Natantia	2,81	13,1	3,48	2,10	16,6	11,9	4,07		3,95	12,0	6,87
Reptantia		0,73			2,03	0,28	0,22		0,43	0,31	0,29
Isopoda	0,03	0,002	0,05		0,01		0,03		0,02	0,003	0,02
Απροσδιόριστα είδη	9,00	13,7	7,99	10,1	19,8	11,6	13,5		5,03	10,6	10,9
Σύνολο	16,0	31,6	16,1	15,9	45,1	26,9	20,7		10,5	30,1	22,1
Mollusca											
Cephalopoda	31,4	29,8	28,7	34,2	31,7	29,2	17,5		54,9	34,9	30,8
Annelida											
Polychaeta	3,06	0,74	1,09	5,16	0,65	0,77	4,57		0,06	0,17	2,15
Echinodermata											
Crinoidea	0,60		1,16						1,92		0,36
Phanerogams											
	0,85	1,96	1,65		4,04	1,23	2,70		0,01	0,17	1,29
Macroalgae											
	0,04		0,07				0,05				0,02

Θ, θηλυκά, A, αρσενικά; L₅₀, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης

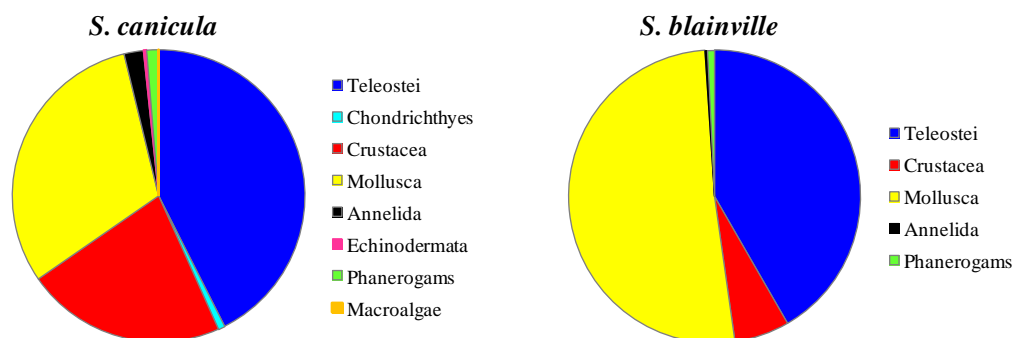
ΤΡΟΦΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Λιγότερες ταξινομικές ομάδες (N=9) αναγνωρίστηκαν στο περιεχόμενο 147 μη κενών στομαχιών του είδους *Squalus blainville*. Η σημαντικότερη λεία ήταν τα Μαλάκια (51,2%), ακολούθησαν οι Τελεόστει (41,7%) και σε χαμηλότερο ποσοστό τα Καρκινοειδή (6,08%). Οι υπόλοιπες κατηγορίες λείας είχαν την ελάχιστη συνεισφορά στη διατροφή του είδους (~1%). Η παρατηρούμενη διαφορά στη σύνθεση της διατροφής μεταξύ των υπό μελέτη ειδών αποτυπώνεται στην Εικόνα 6.3. Τα ανώριμα θηλυκά άτομα φάνηκε ότι προτιμούν περισσότερο τα Μαλάκια (51,6%), ενώ τα ώριμα τους Τελεόστεους (51,6%). Τα αρσενικά άτομα έδειξαν μεγαλύτερη προτίμηση στους Τελεόστεους, ανεξάρτητα από την κατάσταση ωρίμασης. Τα Μαλάκια επικράτησαν στη διατροφή του είδους το καλοκαίρι (75,5%) και το φθινόπωρο (63,4%), ενώ οι Τελεόστει την άνοιξη (69,0%) και το χειμώνα (41,8%). Την άνοιξη καταγράφηκαν οι περισσότερες κατηγορίες λείας (Πίνακας 6.5, Εικόνα 6.4).

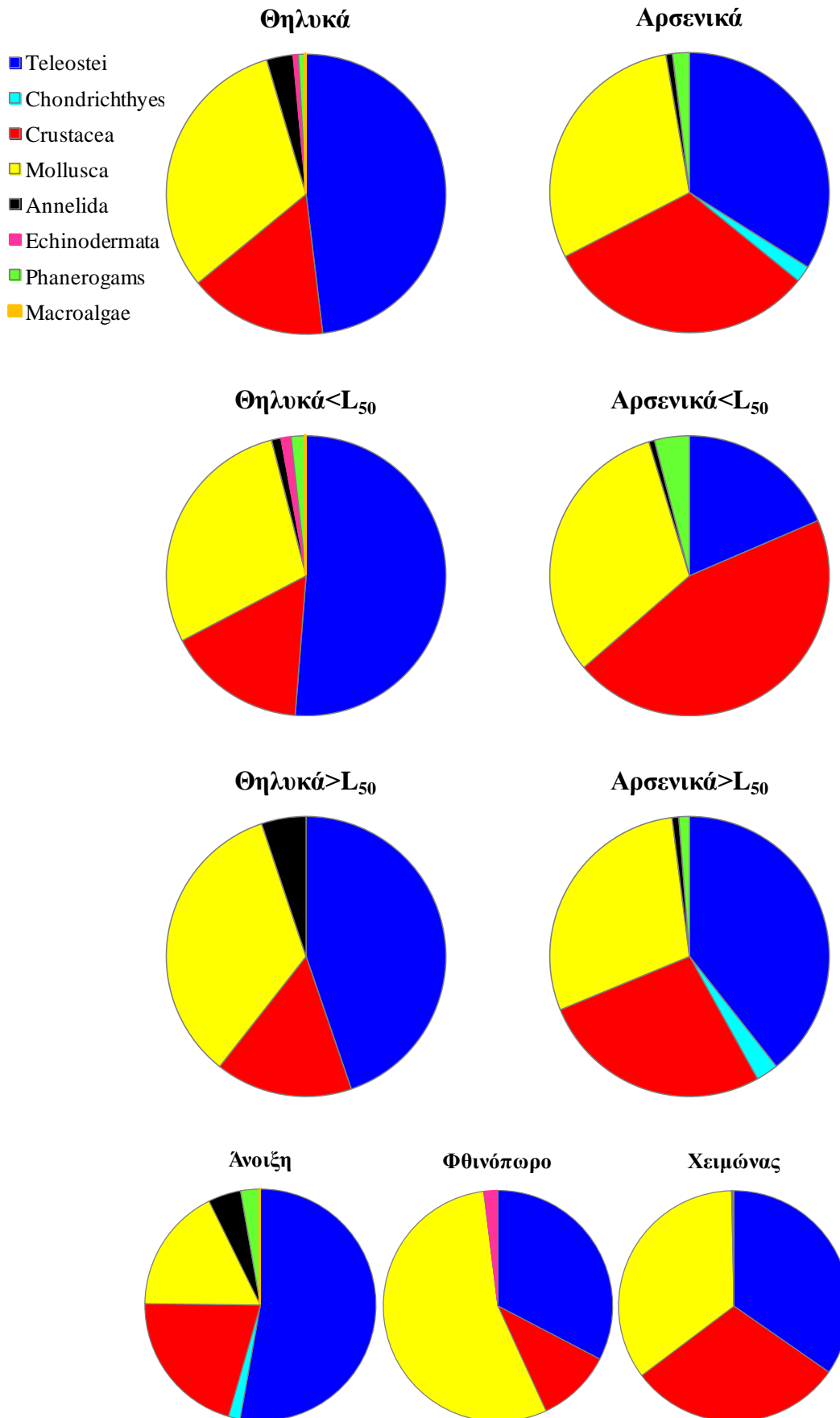
Πίνακας 6.5 Ποσοστό βάρους ($C_w\%$) κάθε κατηγορίας λείας στο συνολικό περιεχόμενο των στομαχιών του είδους *S. blainville* ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή

Κατηγορία λείας	Θ	A	Θ<L ₅₀	Θ>L ₅₀	A<L ₅₀	A>L ₅₀	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Σύνολο
Teleostei											
<i>Conger conger</i>	3,81		3,10				6,24			8,12	2,42
Απροσδιόριστα είδη	29,6	56,1	35,4	56,1	46,9	61,1	62,8	11,5	34,1	33,7	39,3
Σύνολο	33,4	56,1	38,5	56,1	46,9	61,1	69,0	11,5	34,1	41,8	41,7
Crustacea											
Brachyura	1,09	0,81	1,76	0,81		1,25	0,44		0,60	3,82	0,99
Natantia	1,71	2,26	3,02	2,26	6,32	0,05	0,93	13,0	0,88	5,19	1,91
Euphausiacea	0,19		0,33						0,19		0,12
Απροσδιόριστα είδη	2,54	3,99	4,48	3,99	9,90	0,76	1,74		0,63	16,8	3,07
Σύνολο	5,53	7,06	9,59	7,06	16,2	2,06	3,11	13,0	2,31	25,8	6,08
Mollusca											
Cephalopoda	59,7	36,4	51,6	36,4	36,5	36,4	23,7	75,5	63,4	32,0	51,2
Annelida											
Polychaeta	0,17	0,46	0,30	0,46	0,39	0,50	0,54		0,19	0,32	0,28
Phanerogams											
<i>Posidonia oceanica</i>	1,21						3,66				0,77

Θ, θηλυκά, A, αρσενικά; L₅₀, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης

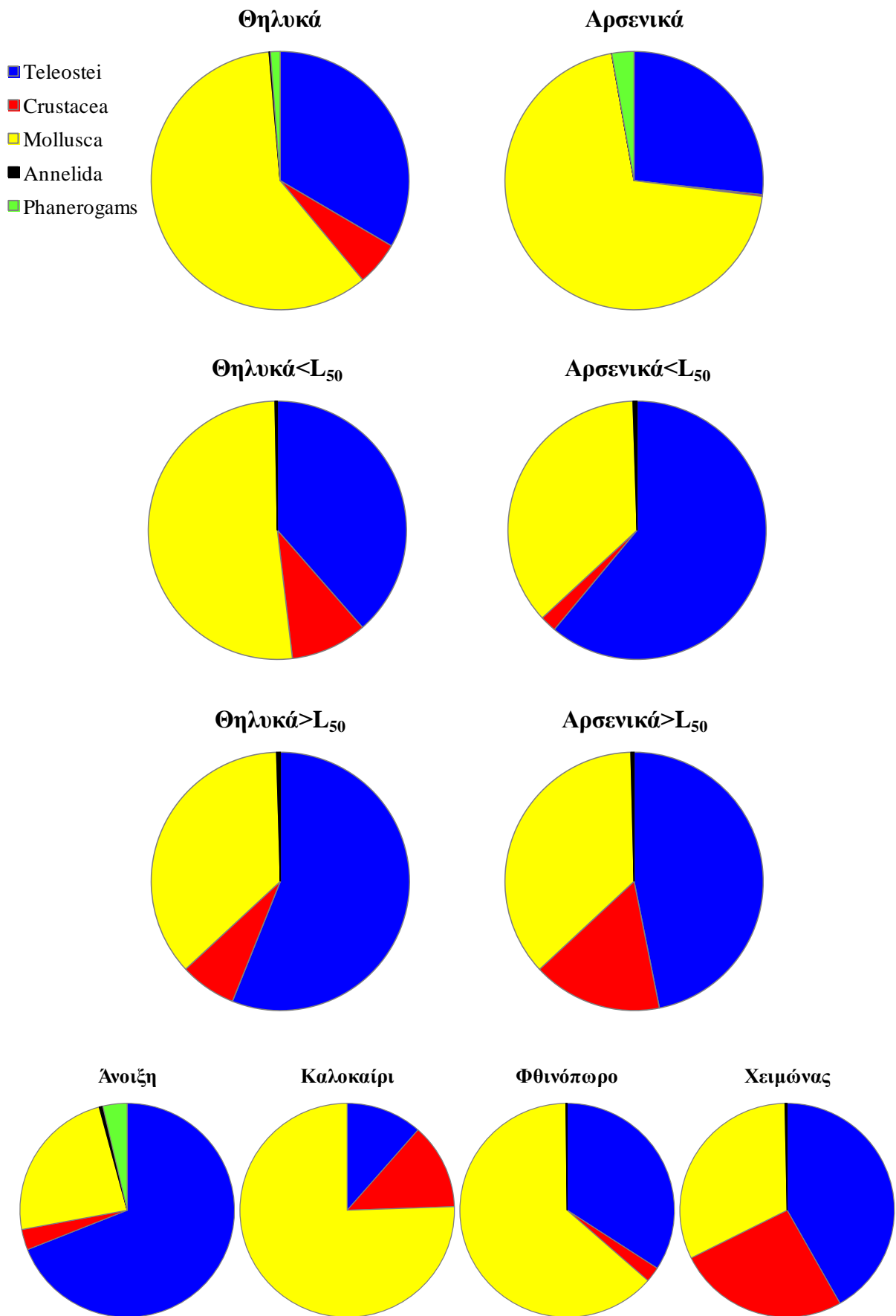


Εικόνα 6.2 Ποσοστά βάρους ($C_w\%$, βλ. Πίνακες 6.4, 6.5) των κύριων κατηγοριών λείας που μετέχουν στη διατροφή των υπό μελέτη ειδών



Εικόνα 6.3 Ποσοστά βάρους ($C_w\%$, βλ. Πίνακα 6.4) των κύριων κατηγοριών λείας που μετέχουν στη διατροφή του είδους *S. canicula* ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή

ΤΡΟΦΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ



Εικόνα 6.4 Ποσοστά βάρους ($C_w\%$, βλ. Πίνακα 6.5) των κύριων κατηγοριών λείας που μετέχουν στη διατροφή του είδους *S. blainville* ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή

Από τον Πίνακα 6.6 διαπιστώνεται ότι στο βόρειο Αιγαίο η σημαντικότερη κατηγορία λείας του είδους *Scyliorhinus canicula* ήταν οι Τελεόστεοι (45,2%), ενώ η δεύτερη και η τρίτη πιο σημαντική κατηγορία τροφής ήταν τα Κεφαλόποδα (35,5%) και τα Καρκινοειδή (15,3%), αντίστοιχα. Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε και στις Κυκλάδες (Τελεόστεοι=54,5%, Κεφαλόποδα=21,0% και Καρκινοειδή=11,9%). Στο Κρητικό Πέλαγος, η σημαντικότερη λεία του είδους ήταν οι Τελεόστεοι (48,9%), ενώ η δεύτερη και η τρίτη πιο σημαντική κατηγορία τροφής ήταν τα Καρκινοειδή (29,6%) και τα Κεφαλόποδα (21,5%), αντίστοιχα. Αντίθετα, στο βόρειο Ευβοϊκό και στο Σαρωνικό κόλπο, η κυρίαρχη λεία του είδους ήταν τα Καρκινοειδή (61,3 και 42,9%, αντίστοιχα), έπειτα τα Κεφαλόποδα (30,4 και 13,6%, αντίστοιχα) και σε μικρότερο βαθμό οι Τελεόστεοι (6,94 και 8,33%, αντίστοιχα).

Πίνακας 6.6 Ποσοστό βάρους ($C_w\%$) κάθε κατηγορίας λείας στο συνολικό περιεχόμενο των στομαχιών των υπό μελέτη ειδών ανά περιοχή δειγματοληψίας

Κατηγορία λείας	<i>S. canicula</i>					<i>S. blainville</i>			
	Β.Αιγ N=208	Β.Ευβ N=37	Κυκ N=39	Κρη N=14	Σαρ N=16	Β.Αιγ N=103	Β.Ευβ N=28	Κυκ N=4	Κρη N=12
Teleostei									
<i>Conger conger</i>						1,46	0,00	0,00	13,9
<i>Lepidorhombus</i> spp.	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00				
<i>Macroramphosus scolopax</i>	0,67	0,00	0,00	2,38	0,00				
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,00	0,00	28,2	0,00	0,00				
Triglidae	0,00	0,00	0,00	16,0	0,00				
Απροσδιόριστα είδη	43,0	6,94	26,3	30,5	8,33	39,7	5,08	46,7	41,7
Σύνολο	45,2	6,94	54,5	48,9	8,33	41,2	5,08	46,7	55,6
Chondrichthyes	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00				
Crustacea									
Brachyura	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	37,95	2,88
Euphausiacea						0,13	0,00	0,00	0,00
<i>Munida</i> spp.	0,22	27,8	0,00	0,00	9,74				
Natantia	2,68	15,0	4,42	28,6	10,1	2,10	1,81	0,00	0,00
Reptantia	0,28	0,00	0,00	0,00	1,15				
Isopoda	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00				
Απροσδιόριστα είδη	10,1	18,5	7,49	0,97	21,9	1,22	62,2	0,00	9,90
Σύνολο	15,3	61,3	11,9	29,6	42,9	3,97	64,0	37,9	12,8
Mollusca									
Cephalopoda	35,5	30,4	21,0	21,5	13,6	53,8	30,4	0,00	31,6
Annelida									
Polychaeta	0,30	0,36	12,6	0,00	0,00	0,17	0,55	15,3	0,00
Echinodermata									
Crinoidea	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00				
Phanerogams	1,95	0,95	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00
Macroalgae	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00				

Β.Αιγ, Βόρειο Αιγαίο; Β.Ευβ, Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος; Κυκ, Κυκλάδες; Κρη, Κρητικό Πέλαγος; Σαρ, Σαρωνικός κόλπος

ΤΡΟΦΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Όσο αφορά το είδος *Squalus blainville*, στο βόρειο Αιγαίο η σημαντικότερη κατηγορία λείας ήταν τα Κεφαλόποδα (53,8%), ενώ η δεύτερη και η τρίτη πιο σημαντική λεία ήταν οι Τελεόστεοι (41,2%) και τα Καρκινοειδή (3,97%), αντίστοιχα. Στις Κυκλάδες, οι Τελεόστεοι και τα Καρκινοειδή ήταν οι κυριότερες κατηγορίες τροφής του είδους (46,7 και 37,9%, αντίστοιχα). Στο Κρητικό Πέλαγος, η σημαντικότερη κατηγορία λείας του είδους ήταν οι Τελεόστεοι (55,6%), ενώ η δεύτερη και η τρίτη πιο σημαντική κατηγορία τροφής ήταν τα Κεφαλόποδα (31,6%) και τα Καρκινοειδή (12,8%), αντίστοιχα. Στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, η κυρίαρχη λεία του είδους ήταν τα Καρκινοειδή (64,0), έπειτα τα Κεφαλόποδα (30,4%) και σε μικρότερο βαθμό οι Τελεόστεοι (5,08%), ομοίως με το *Scyliorhinus canicula* (Πίνακας 6.6).

6.3.4 Δείκτης ποικιλότητας

Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon–Wiener (H') παρουσίασε τριπλάσια τιμή στο *Scyliorhinus canicula* από ό,τι στο *Squalus blainville*. Εξετάζοντας μεμονωμένα κάθε είδος, ο δείκτης H' κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στα φύλα του *Scyliorhinus canicula*, ενώ αυξήθηκε κατά τη σειρά των εποχών φθινόπωρο<χειμώνας<άνοιξη. Στο *Squalus blainville*, ο δείκτης H' ήταν υψηλότερος στα θηλυκά άτομα από ό,τι τα αρσενικά και ενώ έλαβε τη χαμηλότερη τιμή το φθινόπωρο, κυμάνθηκε σε υψηλότερα και παρόμοια επίπεδα την άνοιξη και το χειμώνα (η τιμή του δείκτη το καλοκαίρι δεν θεωρείται αντιπροσωπευτική, γιατί υπολογίστηκε βάσει του στομαχικού περιεχομένου τριών ατόμων). Και στα δύο είδη, τα ανώριμα άτομα παρουσίασαν υψηλότερη τροφική ποικιλότητα από ό,τι τα ώριμα, ανεξάρτητα από το φύλο (Πίνακας 6.7).

Πίνακας 6.7 Δείκτης πληρότητας Shannon–Wiener (H') ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή για τα υπό μελέτη είδη

Είδος	Θ	A	Θ<L ₅₀	Θ>L ₅₀	A<L ₅₀	A>L ₅₀	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Σύνολο
<i>S. canicula</i>	1,44	1,48	1,44	1,04	1,28	1,25	1,78	–	0,74	1,18	1,59
<i>S. blainville</i>	0,54	0,38	0,59	0,40	0,47	0,22	1,02	0,42	0,16	1,04	0,52

Θ, θηλυκά, A, αρσενικά; L₅₀, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης

6.3.5 Δείκτης τροφικής επικάλυψης

Ο δείκτης τροφικής επικάλυψης (S) αποκάλυψε ότι το τροφικό φάσμα κάθε είδους διαφοροποιείται σημαντικά σε σχέση με το φύλο, την κατάσταση ωρίμασης και την εποχή δεδομένου ότι έλαβε τιμές μικρότερες από 0,60 (Πίνακας 6.8). Η σχετικά υψηλή τροφική ομοιότητα που παρουσίασε το *Squalus blainville* για τα ζεύγη των εποχών άνοιξη–καλοκαίρι

($S=0,64$) και καλοκαίρι–χειμώνας ($S=0,51$) δεν θεωρείται αντιπροσωπευτική, εξαιτίας του μικρού αριθμού στομαχιών που αναλύθηκαν από τη θερινή περίοδο. Μικρός βαθμός επικάλυψης των τροφικών θόκων βρέθηκε και μεταξύ των ειδών ($S=0,21$).

Πίνακας 6.8 Δείκτης τροφικής επικάλυψης (S) μεταξύ των θηλυκών–αρσενικών ατόμων, ανώριμων–ώριμων ατόμων και των εποχών για τα υπό μελέτη είδη

Παράγοντας		<i>S. canicula</i>	<i>S. blainville</i>	
Φύλο	Θ	Α	0,22	0,29
L_{50}	Θ< L_{50}	Θ> L_{50}	0,23	0,21
	Α< L_{50}	Α> L_{50}	0,25	0,16
Εποχή	Άνοιξη	Καλοκαίρι	–	0,64
	Άνοιξη	Φθινόπωρο	0,45	0,40
	Άνοιξη	Χειμώνας	0,36	0,33
	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	–	0,24
	Καλοκαίρι	Χειμώνας	–	0,51
	Φθινόπωρο	Χειμώνας	0,28	0,32

Θ, θηλυκά, Α, αρσενικά; L_{50} , μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης

6.3.6 Τροφικό επίπεδο

Από τον Πίνακα 6.9. διαπιστώνεται ότι ο δείκτης TROPH δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων ή των ανώριμων και ώριμων ατόμων κάθε φύλου, ανεξάρτητα από το είδος ($P_t > 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Ωστόσο, και στα δύο είδη, έλαβε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή το φθινόπωρο σε σχέση με την άνοιξη ή το χειμώνα ($P_t < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Επίσης, ο δείκτης TROPH έλαβε σημαντικά υψηλότερη τιμή στο *Squalus blainville* από ό,τι στο *Scyliorhinus canicula* ($P_t = 0,0011$, $t = -3,2702$).

Πίνακας 6.9 Κλασματικό τροφικό επίπεδο (TROPH±Τ.Σ.) ανά φύλο, κατάσταση ωρίμασης και εποχή των υπό μελέτη ειδών. Η πιθανότητα P_t αντιστοιχεί στη δοκιμασία t

Παράγοντας	<i>S. canicula</i>			<i>S. blainville</i>			
	N	TROPH	P_t	N	TROPH	P_t	
Φύλο	Θ	165	4,14±0,61	88	4,42±0,66	0,9234 ($t=0,0963$)	
	A	149	4,27±0,63				0,0635 ($t=-1,8626$)	59	4,41±0,56
L_{50}	Θ< L_{50}	102	4,25±0,62	75	4,40±0,59	0,8593 ($t=-0,1778$)	
	Θ> L_{50}	63	4,29±0,62	13	4,43±0,52		
	A< L_{50}	49	4,02±0,57	35	4,34±0,63	0,4430 ($t=-0,7723$)	
	A> L_{50}	100	4,20±0,62	24	4,47±0,67		
Εποχή	Άνοιξη	135	4,16±0,66	28	4,37±0,70	Av–Φθ: 0,4590 ($t=-0,7435$)	
	Καλοκαίρι	–	–	Av–Χε: 0,5358 ($t=-0,6201$)	3*		4,38±0,47
	Φθινόπωρο	67	4,38±0,77	Φθ–Χε: 0,0351 ($t=-2,1209$)	66	4,47±0,56	Φθ–Χε: 0,0370 ($t=2,1099$)
	Χειμώνας	112	4,21±0,60	50	4,24±0,62		
Σύνολο		314	4,22±0,62		147	4,42±0,60	

Θ, θηλυκά; Α, αρσενικά; L_{50} , μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης; *το καλοκαίρι εξαιρέθηκε από τη δοκιμασία t , εξαιτίας του μικρού δείγματος; Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα

6.4 Συζήτηση

Στην παρούσα μελέτη, εξετάστηκαν οι τροφικές συνήθειες των Χονδριχθύων *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* από το Αιγαίο Πέλαγος. Για το σκοπό αυτό, εκτιμήθηκε η ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή κάθε κατηγορίας λείας στη διατροφή τους, καθώς ομοίως με την ποσοστιαία κατ' όγκο συμμετοχή, αλλά σε αντίθεση με τα αριθμητικά ποσοστά ή τη συχνότητα συνάντησης, εκφράζει αρκετά ικανοποιητικά τη σημασία κάθε λείας στη διατροφή ενός είδους (Palomares & Sa-a 2000, Stergiou & Karpouzi 2002). Η ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου επέτρεψε τον προσδιορισμό των κατηγοριών τροφής που είχαν καταναλωθεί σε μικρό χρονικό διάστημα (<1 ημέρα) (Hyslop 1980). Το εξεταζόμενο δείγμα κρίθηκε επαρκές για την περιγραφή της διατροφής των ειδών, μια και ξεπέρασε το απαιτούμενο εύρος των 30–100 ατόμων ανάλογα με το είδος (Karachle & Stergiou 2008b).

Στο συνολικό εξεταζόμενο δείγμα (N=314) του είδους *Scyliorhinus canicula*, η κυρίαρχη κατηγορία λείας ήταν οι Τελεόστει, όπως και στις περισσότερες υποπεριοχές. Εξάιρεση αποτέλεσαν τα άτομα από το βόρειο Ευβοϊκό και το Σαρωνικό κόλπο, των οποίων η κυρίαρχη λεία ήταν τα Καρκινοειδή. Από τον Πίνακα 6.9 διαπιστώνεται ότι, ομοίως με την παρούσα μελέτη, οι Τελεόστει, τα Κεφαλόποδα και τα Καρκινοειδή αποτέλεσαν τις τρεις κύριες τροφικές ομάδες του είδους σε προηγούμενη μελέτη στο Αιγαίο (υποπεριοχές=βόρειο Αιγαίο, βόρειος Ευβοϊκός και Μυρτώο), όπου καταγράφηκαν συνολικά οκτώ κατηγορίες λείας από την ανάλυση του περιεχομένου 192 γεμάτων στομαχιών (Γεωργίου 2008). Στο βόρειο Αιγαίο, η Γεωργίου (2008) κατέγραψε τα Κεφαλόποδα ως την κυρίαρχη λεία του είδους, σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη, αλλά ομοίως με τους Karachle & Stergiou (2010). Επίσης, ομοίως με την παρούσα μελέτη, η σημαντικότερη κατηγορία λείας του είδους στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο ήταν τα Καρκινοειδή (Γεωργίου 2008). Στην Αδριατική, η πρώτη και η δεύτερη προτιμώμενη λεία του *Scyliorhinus canicula* ήταν τα Καρκινοειδή και οι Τελεόστει, αντίστοιχα (Jardas 1972, Šantić *et al.* 2013). Στις ακτές της Τυνησίας, οι Τελεόστει και τα Καρκινοειδή συμμετείχαν σχεδόν σε παρόμοια ποσοστά στη διατροφή του, ενώ τα Μαλάκια ήταν η τρίτη κατά σειρά προτίμησης λεία του (Carapé 1974).

Ομοίως με την παρούσα μελέτη, στις ακτές της Πορτογαλίας (Martinho *et al.* 2012) και στο Βισκαϊκό κόλπο (Olaso *et al.* 1998), οι Τελεόστει ήταν η κυρίαρχη λεία του είδους *Scyliorhinus canicula*, αλλά σε αντίθεση με αυτήν, τα Καρκινοειδή ήταν η δεύτερη προτιμώμενη λεία του, ενώ τα Μαλάκια συμμετείχαν ελάχιστα στη διατροφή του. Σε δύο

άλλες μελέτες στο Βισκαϊκό κόλπο, οι Τελεόστει και τα Καρκινοειδή κατέλαβαν σχεδόν παρόμοια και υψηλά ποσοστά συμμετοχής στη διατροφή του είδους σε αντίθεση με τα Μαλάκια (Serrano *et al.* 2003, Olaso *et al.* 2005). Φαίνεται ότι στις περιοχές του Ατλαντικού, οι Τελεόστει και τα Καρκινοειδή επικράτησαν στις τροφικές προτιμήσεις του *Scyliorhinus canicula*, αν και στα βαθιά περιβάλλοντα της δυτικής Πορτογαλίας, οι Πολύχαιτοι ήταν η κυρίαρχη λεία του (Saldanha *et al.* 1995). Τέλος, στα βαθιά νερά των Βαλεαρίδων, τα Ευφασεώδη ήταν η προτιμώμενη λεία του είδους, ενώ στα ρηγά στρώματα τα Δεκάποδα κυριάρχησαν στη διατροφή του (Valls *et al.* 2011). Η παρατηρούμενη γεωγραφική διαφοροποίηση στην ποιοτική και ποσοτική σύνθεση της διατροφής του *Scyliorhinus canicula* (Πίνακας 6.9) πιθανώς αντανακλά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διαφορετικών ενδιαιτημάτων, όπως τη διαθεσιμότητα τροφής και το βάθος αλίευσης (Valls *et al.* 2011).

Πίνακας 6.10 Σύνθεση της διατροφής του είδους *S. canicula* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

Κατηγορία λείας	Παρούσα μελέτη						Γεωργίου 2008			
	Μεσόγειος									
	Αιγαίο ¹	Β. Αιγ ¹	Β. Ευβ ¹	Κυκ ¹	Κρη ¹	Σαρ ²	Αιγαίο ¹	Β. Αιγ ¹	Β. Ευβ ¹	Μυρ ²
Teleostei	42,5	45,2	6,94	54,5	48,9	8,33	50,0	33,7	21,3	65,1
Chondrichthyes	0,75	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	7,21	3,47	–	10,8
Crustacea	22,1	15,3	61,3	11,9	29,6	42,9	10,4	11,6	36,3	6,35
Mollusca	30,8	35,5	30,4	21,0	21,5	13,6	30,3	48,9	25,5	17,6
Annelida	2,15	0,30	0,36	12,6	0,00	0,00	2,08	2,28	16,9	0,14
Echinodermata	0,36	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	–	–	–	–
Phanerogams	1,29	1,95	0,95	0,00	0,00	0,00	–	–	–	–
Macroalgae	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	–	–	–	–
Λοιπές	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N	314	208	37	39	14	16	192	121	25	46
Εύρος TL (mm)	209–517	209–489	225–474	247–517	304–476	264–476	263–485	263–485	365–467	350–471
Κατηγορία λείας	Karachle & Stergiou 2010	Šantić <i>et al.</i> 2013	Capapé 1974	Martinho <i>et al.</i> 2012	Olaso <i>et al.</i> 2005	Serrano <i>et al.</i> 2003	Olaso <i>et al.</i> 1998			
	Μεσόγειος			Ατλαντικός						
	Β. Αιγ ¹	Αδριατική ¹	Τυνησία ²	Πορτογαλία ¹	Βισκαϊκός κόλπος ³					
Teleostei	42,6	30,7	33,7	57,1	46,3	48,2	54,6			
Chondrichthyes	–	–	–	0,18	–	–	–			
Crustacea	3,90	59,8	38,5	25,4	42,3	45,6	31,5			
Mollusca	50,2	6,20	20,9	2,78	6,10	3,18	6,70			
Annelida	3,20	3,30	4,90	1,45	3,20	–	4,20			
Echinodermata	–	–	–	2,43	–	0,21	–			
Phanerogams	–	–	–	–	–	–	–			
Macroalgae	–	–	–	–	–	–	–			
Λοιπές	–	–	2,00	10,4	2,10	2,79	0,90			
N	34	852	δεν	858	4.362	445	943			
Εύρος TL (mm)	241–451	104–460	δίνεται	215–610	140–700	120–680	140–700			

¹Cw, ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή; ²OI, συχνότητα εμφάνισης; ³Cv, ποσοστιαία κατ' όγκο συμμετοχή κάθε κατηγορίας λείας στη διατροφή του είδους (Hyslop 1980); Β. Αιγ, Βόρειο Αιγαίο; Β. Ευβ, Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος; Κυκ, Κυκλάδες; Κρη, Κρητικό Πέλαγος; Σαρ, Σαρωνικός κόλπος; Μυρ, Μυρτώο Πέλαγος

Το *Scyliorhinus canicula* είναι ένας κατεξοχήν βενθικός καρχαρίας (Compagno 1984b), γεγονός που αποτυπώθηκε και στη διατροφή του, δεδομένου ότι η πλειονότητα των παρατηρούμενων κατηγοριών λείας του ήταν βενθικοί οργανισμοί, όπως διαπιστώθηκε και σε προηγούμενες μελέτες στη Μεσόγειο (π.χ. Šantić *et al.* 2013) και στον Ατλαντικό (π.χ. Martinho *et al.* 2012). Μάλιστα, το είδος αυτό έχει περιγραφεί ως ενεργητικός θηρευτής, ο οποίος χρησιμοποιώντας τους οσφρητικούς λοβούς και τους ηλεκτροποδοχείς (φύσιγγες Lorenzini) εντοπίζει ευκολότερα τη λεία του (Olaso *et al.* 2005). Επίσης, η αύξηση της οπτικής του οξύτητας με την ηλικία, του επιτρέπει να εντοπίζει τα θηράματα σε μεγαλύτερες αποστάσεις (Bozzano *et al.* 2001). Αντίθετα, ο μελανόστομος καρχαρίας *Galeus melastomus* διαθέτει καλύτερη όραση, αλλά πιο περιορισμένη όσφρηση, με αποτέλεσμα να προτιμά μεσο-πελαγικούς βιοφωσφορίζοντες οργανισμούς (Olaso *et al.* 2005).

Στην παρούσα μελέτη, η σύνθεση της διατροφής του είδους *Scyliorhinus canicula* αποκάλυψε ότι είναι ένας γενικευμένος θηρευτής που τρέφεται με μεγάλο εύρος τροφικών αντικειμένων, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών στη Μεσόγειο (π.χ. Valls *et al.* 2011) και στον Ατλαντικό (π.χ. Martinho *et al.* 2012). Το είδος έχει χαρακτηριστεί και ως ευκαιριακός θηρευτής που εκμεταλλεύεται τα απορριπτόμενα αλιεύματα της αλιείας με μηχανότρατα (Olaso *et al.* 1998; 2005). Επίσης, η καταγραφή πλαστικών αντικειμένων στο στομαχικό περιεχόμενο ατόμων, αν και ελάχιστων, αποτυπώνει τη σαρωτική τροφική συμπεριφορά του (scavenging behaviour) (Εικόνα 6.5). Τέλος, η καταγραφή μιας εμβρυϊκής θήκης χονδριχθούς στο στομαχικό περιεχόμενο ενός ατόμου, αν και δεν ήταν δυνατό να προσδιοριστεί το είδος προέλευσης, αποτελεί ένδειξη μιας ενδεχόμενης κανιβαλιστικής συμπεριφοράς του είδους, όπως παρατηρήθηκε σε προηγούμενες μελέτες (Olaso *et al.* 2005, Γεωργίου 2008).



Εικόνα 6.5 Εντοπισμός ελαστικού πολυμερούς στο στομαχικό περιεχόμενο ενός νεογέννητου θηλυκού ατόμου (TL=179 mm, TW=169 g) του είδους *S. canicula* που αλιεύθηκε στις 16.10.2010 σε βάθος 386–485 m στο βόρειο Αιγαίο Πέλαγος (Φωτο. Β Κουστένη)

Στο συνολικό εξεταζόμενο δείγμα (N=147) του *Squalus blainville*, οι σημαντικότερες λείες ήταν τα Μαλάκια και οι Τελεόστεοι, ένα πρότυπο που καταγράφηκε στις περισσότερες υποπεριοχές. Ωστόσο, στο βόρειο Ευβοϊκό, το είδος φάνηκε ότι προτιμάει τα Καρκινοειδή, έπειτα τα Μαλάκια και σε μικρό βαθμό τους Τελεόστεους, όπως το *Scyliorhinus canicula* (παρούσα μελέτη, Γεωργίου 2008). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι οι ιδιαίτερες συνθήκες του Ευβοϊκού κόλπου με τη μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα (Nikolaidou & Simboura 2002), πιθανώς ανάγκασαν και τα δύο είδη να αναζητούν τροφή σε χαμηλότερα τροφικά επίπεδα.

Από τον Πίνακα 6.11 διαπιστώνεται ότι στις ακτές της Τυνησίας, η κυρίαρχη λεία του *Squalus blainville* ήταν οι Τελεόστεοι, ενώ μικρότερη, αλλά παρόμοια συμμετοχή στη διατροφή του είχαν τα Μαλάκια, τα Καρκινοειδή και τα Σωληνοειδή (Φύλο: Sipuncula) (Carapé 1975). Στις ακτές της Πορτογαλίας (Martinho *et al.* 2012) και στο βορειοανατολικό Αιγαίο (Kabasakal 2002), τα Καρκινοειδή ήταν η κυρίαρχη λεία του είδους, ενώ οι Τελεόστεοι και τα Μαλάκια ήταν η δεύτερη και η τρίτη προτιμώμενη λεία, αντίστοιχα.

Πίνακας 6.11 Σύνθεση της διατροφής του είδους *S. blainville* σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού

Κατηγορία λείας	Παρούσα μελέτη					Kabasakal 2002	Carapé 1975	Martinho <i>et al.</i> 2012
	Μεσόγειος					BA Αιγαίο ¹	Τυνησία ²	Ατλαντικός
	Αιγαίο ¹	B. Αιγ ¹	B. Ευβ ¹	Κυκ ¹	Κρη ¹			Πορτογαλία ¹
Teleostei	41,7	41,2	5,08	46,7	55,6	28,2	72,0	30,5
Chondrichthyes	–	–	–	–	–	1,61	–	–
Crustacea	6,08	3,97	64,0	37,9	12,8	39,5	32,0	44,3
Mollusca	51,2	53,8	30,4	0,00	31,6	23,0	39,0	13,0
Annelida	0,28	0,17	0,55	15,3	0,00	0,72	–	0,06
Echinodermata	–	–	–	–	–	–	–	0,07
Phanerogams	0,77	0,86	0,00	0,00	0,00	–	–	–
Macroalgae	–	–	–	–	–	–	–	–
Λοιπές	–	–	–	–	–	5,68	42,0	12,0
N	147	103	28	4	12	33	νεαρά και	233
Εύρος TL (mm)	182–759	280–759	182–229	515–527	355–422	350–420	ενήλικα	326–796

¹Cw, ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή; ²OI, συχνότητα εμφάνισης; ³Cv, ποσοστιαία κατ' όγκο συμμετοχή κάθε κατηγορίας λείας στη διατροφή του είδους (Hyslop 1980); B. Αιγ, Βόρειο Αιγαίο; B. Ευβ, Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος; Κυκ, Κυκλάδες; Κρη, Κρητικό Πέλαγος

Ο Kabasakal (2002) κατέγραψε την παρουσία του *Scyliorhinus canicula* στο στομαχικό περιεχόμενο του *Squalus blainville*. Η κατανάλωση εμβρυϊκών θηκών ή νεογέννητων ατόμων ωοτόκων ειδών καρχαριών, μεταξύ των οποίων και του *Scyliorhinus canicula*, έχει παρατηρηθεί και σε άλλα σκουαλοειδή, όπως στον οξύνωτο καρχαρία *Oxynotus centrina* (Barrut & Mate 2001) και στο σκυμνοσκυλόψαρο *Dalatias licha* (π.χ. Macpherson 1980, Navarro *et al.* 2014). Μάλιστα, στην περίπτωση του βαθύβιου χονδριχθούς *Dalatias licha* η

ΤΡΟΦΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

κατανάλωση φωτόκων, αλλά και ζωοτόκων μικρών καρχαριών αποτελεί μια στρατηγική αφενός για την εξασφάλιση τροφής υψηλής περιεκτικότητας σε λιπίδια (μέσω της κατανάλωσης του ήπατος άλλων καρχαριών), που είναι απαραίτητη για τη ρύθμιση της πλευστότητας στα βαθιά περιβάλλοντα, αφετέρου για τη μείωση του διαειδικού ανταγωνισμού για το διαθέσιμο χώρο ή τα αποθέματα τροφής (Navarro *et al.* 2014).

Τόσο το φύλο όσο και το μήκος ωρίμασης φάνηκε ότι επηρεάζει τις τροφικές προτιμήσεις των ειδών, αν και με διαφορετικό τρόπο. Στο *Scyliorhinus canicula*, η κυρίαρχη λεία των θηλυκών ατόμων ήταν οι Τελεόστεοι, ενώ οι τρεις κύριες κατηγορίες τροφής (Τελεόστεοι, Καρκινοειδή και Μαλάκια) συμμετείχαν σε παρόμοια ποσοστά στη διατροφή των αρσενικών ατόμων. Διατροφική διαφοροποίηση των φύλων καταγράφηκε και από τη Γεωργίου (2008), με τα θηλυκά να προτιμούν σχεδόν εξίσου τους Τελεόστεους και τα Μαλάκια, ενώ τα αρσενικά κυρίως τους Τελεόστεους. Από την άλλη πλευρά, η προτιμώμενη λεία των θηλυκών και αρσενικών ατόμων του *Squalus blainville* ήταν τα Μαλάκια και οι Τελεόστεοι, αντίστοιχα. Ο δείκτης τροφικής ποικιλότητας H' κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *Scyliorhinus canicula*. Αντίθετα, υψηλότερη τροφική ποικιλότητα εμφάνισαν τα θηλυκά άτομα του *Squalus blainville* από ό,τι τα αρσενικά, πιθανώς για να είναι σε θέση να ανταποκριθούν στην ιδιαίτερα ενεργειακά κοστοβόρο ζωοτοκία (Carrier *et al.* 2004).

Στην πορεία γεννητικής ωρίμασης, μειώθηκε η τροφική ποικιλότητα των εξεταζόμενων ειδών, τα οποία φάνηκε ότι καταναλώνουν περισσότερους Τελεόστεους, αλλά λιγότερα Καρκινοειδή και Κεφαλόποδα. Εξαίρεση σε αυτό το πρότυπο παρουσίασαν τα θηλυκά άτομα του *Scyliorhinus canicula*, τα οποία φάνηκε ότι προτιμούν περισσότερο τα Μαλάκια και λιγότερο τους Τελεόστεους καθώς ωριμάζουν. Η κατανάλωση των Καρκινοειδών παρουσίασε μεγαλύτερη μείωση κατά την ωρίμαση των αρσενικών ατόμων και των δύο ειδών. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ τα Καρκινοειδή στο σύνολό τους εμφάνισαν μειωμένη συνεισφορά στη διατροφή των ώριμων ατόμων του *Scyliorhinus canicula*, το είδος παρουσίασε αυξημένη κατανάλωση των μεγάλωσμων Καρκινοειδών (*Brachyura*) και μειωμένη κατανάλωση των μικρόσωμων Καρκινοειδών (*Natantia* και *Munida* spp.) κατά τη μετάβασή του στην ώριμη φάση. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αυξημένη κατανάλωση των Τελεόστεων, πιθανώς υποδηλώνει ότι καθώς το είδος ωριμάζει εμφανίζει κάποιο βαθμό τροφικής επιλεκτικότητας, προτιμώντας τα μεγαλύτερα θηράματα.

Στην Αδριατική, η σύνθεση της διατροφής του *Scyliorhinus canicula* παρουσίασε σημαντική αλλαγή στην πορεία της αύξησής του. Τα μικρότερα άτομα τρέφονταν κυρίως με Ευφασεώδη και Μυσιδώδη Καρκινοειδή, ενώ τα μεγαλύτερα άτομα με Τελεόστεους και

Δεκάποδα Καρκινοειδή (Šantić *et al.* 2013). Η κατανάλωση μεγαλύτερων θηραμάτων (Τελεόστεων και Δεκάποδων) με την αύξηση του μεγέθους των ατόμων καταγράφηκε στις ακτές της Πορτογαλίας (Martinho *et al.* 2012) και στο Βискаϊκό κόλπο (Olaso *et al.* 1998; 2005, Rodríguez-Cabello *et al.* 2007). Μάλιστα, οι Rodríguez-Cabello *et al.* (2007) παρατήρησαν ότι αυτή η αλλαγή της διατροφής συμπίπτει με τη μετάβαση των ατόμων από την ανώριμη στην ώριμη φάση, όπως παρατηρήθηκε και στην παρούσα μελέτη, και πιθανώς σχετίζεται με τη μετάβαση από τον πελαγικό στο βενθικό τρόπο διαβίωσης (Alonso *et al.* 2002), καθώς και με την πιο αποτελεσματική θήρευση μεγαλύτερων θηραμάτων από τα ενήλικα άτομα (Juanes *et al.* 2001). Οι μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις που έχουν τα μεγαλύτερα, και άρα ωριμότερα άτομα θα μπορούσαν επίσης τα ερμηνεύσουν τις οντογενετικές αλλαγές στη διατροφή του είδους (Carlson *et al.* 2004).

Τα υπό μελέτη είδη παρουσίασαν παρόμοιες εποχικές τροφικές προτιμήσεις. Οι Τελεόστεοι ήταν η προτιμώμενη λεία τους την άνοιξη, οπότε καταγράφηκε η υψηλότερη τροφική ποικιλότητα, τα Μαλάκια προτιμήθηκαν το φθινόπωρο, οπότε παρατηρήθηκε η χαμηλότερη τροφική ποικιλότητα, ενώ οι τρεις κύριες τροφικές ομάδες (Τελεόστεοι, Καρκινοειδή, Μαλάκια) καταγράφηκαν σε παρόμοια ποσοστά το χειμώνα. Η περιγραφή της διατροφής των ειδών τη θερινή περίοδο δεν ήταν εφικτή λόγω ανεπαρκών δειγμάτων.

Στην Αδριατική, καταγράφηκε μεγάλος βαθμός επικάλυψης της διατροφής του είδους *Scyliorhinus canicula* μεταξύ των εποχών, με τα Καρκινοειδή να κυριαρχούν καθ' όλο το έτος (Šantić *et al.* 2013). Αντίθετα, στις ακτές της Τυνησίας, παρατηρήθηκε εποχική διαφοροποίηση στις τροφικές προτιμήσεις του είδους, και ιδιαίτερα των θηλυκών ατόμων, γεγονός που αποδόθηκε στον αναπαραγωγικό κύκλο (Carapé 1974). Στις δυτικές ακτές της Πορτογαλίας, τα Καρκινοειδή αποτέλεσαν την κυρίαρχη λεία του είδους σε εποχική βάση, ενώ η κατανάλωση των Τελεόστεων αυξήθηκε την άνοιξη και το καλοκαίρι (Martinho *et al.* 2012). Ένα παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε και στο Βискаϊκό κόλπο (Serrano *et al.* 2003).

Η ένταση της διατροφής σχετίζεται θετικά με το δείκτη πληρότητας και αρνητικά με το δείκτη κενότητας (Bowman & Bowman 1980). Στο είδος *Scyliorhinus canicula*, ο βαθμός πληρότητας του στομαχιού ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερος στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά και στα ανώριμα άτομα από ό,τι στα ώριμα κάθε φύλου. Η χαμηλότερη ένταση τροφής που παρουσίασε το *Scyliorhinus canicula* με την πρόοδο της ωρίμασης, πιθανώς σχετίζεται με την ανάγκη εξασφάλισης χώρου στη σπλαχνική κοιλότητα αυτού του μικρόσωμου χονδριχθούς για να φιλοξενηθούν αφενός η ωσθήκη με τα μεγάλα ωοκύτταρα και οι εμβρυϊκές θήκες στα θηλυκά άτομα αφετέρου οι όρχεις στα αρσενικά. Η μείωση του βαθμού τροφοληψίας κατά τη διάρκεια της κορύφωσης της αναπαραγωγικής περιόδου του

είδους παρατηρήθηκε, επίσης, σε προηγούμενες μελέτες στο Αιγαίο (Γεωργίου 2008), στον κόλπο του Λέοντα (Cararé *et al.* 2008b) και στις ακτές της Αγγλίας (Craik 1978). Το ίδιο πρότυπο παρατηρήθηκε και στο *Squalus blainville* (παρούσα μελέτη). Σε πολλά ψάρια, η ένταση της διατροφής επηρεάζεται από τις μεταβολές της φυσιολογίας που συνδέονται με την αναπαραγωγή (Jardas *et al.* 2004). Πιθανώς, για το λόγο αυτό, τα θηλυκά άτομα παρουσίασαν υψηλότερη ένταση διατροφής από ό,τι τα αρσενικά κάθε είδους, μια και η αναπαραγωγή είναι περισσότερο ενεργειακά κοστοβόρος για αυτά. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η τροφική συμπεριφορά καθορίζεται και από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φύλων (Kimber *et al.* 2009), τον ανταγωνισμό για τροφή, την αφθονία της διαθέσιμης λείας, την κατάσταση υγείας του ψαριού και τους αβιοτικούς παράγοντες (Berg 1979).

Η ένταση της διατροφής των ψαριών μεταβάλλεται και εποχικά, παρουσιάζοντας συνήθως μείωση τους ψυχρούς μήνες, εξαιτίας της λιγότερης διαθέσιμης τροφής και της επιβράδυνσης του μεταβολισμού (Jardas *et al.* 2004). Στην Αδριατική, η πλειονότητα των κενών στομαχιών του *Scyliorhinus canicula* βρέθηκε το χειμώνα, γεγονός που αποδόθηκε στη μείωση του μεταβολικού ρυθμού, και συνεπώς της ανάγκης για θήρευση (Šantić *et al.* 2013). Μεγάλο ποσοστό κενών στομαχιών καταγράφηκε και στο Αιγαίο, γεγονός που αποδόθηκε στην εποχή αλιείας (χειμώνας και άνοιξη) (Γεωργίου 2008). Παρ' όλα αυτά, στην παρούσα μελέτη, η ένταση της διατροφής και των δύο ειδών βάσει του δείκτη πληρότητας ήταν μεγαλύτερη την άνοιξη και το χειμώνα, γεγονός που πιθανώς αντανακλά τη σημαντική παρουσία ανώριμων (βλ. Υποκεφ. 5.3.3), και άρα με ταχύτερο μεταβολισμό και υψηλότερο βαθμό τροφοληψίας ατόμων (Sims & Davies 1994). Διαφορετικό πρότυπο εποχικής μεταβολής παρουσίασε η ένταση της διατροφής βάσει του δείκτη κενότητας, γεγονός που πρέπει να αντιμετωπιστεί με επιφύλαξη, εξαιτίας της τάσης των Χονδριχθύων να εκκενώνουν συχνά το στομάχι τους κατά τη σύλληψή τους (Hyslop 1980).

Συγκρίνοντας τις τροφικές συνήθειες μεταξύ των υπό μελέτη ειδών, το *Scyliorhinus canicula* παρουσίασε υψηλότερη τροφική ποικιλότητα από ό,τι το *Squalus blainville*, ομοίως με μια προηγούμενη συγκριτική μελέτη της διατροφής τους στις ακτές της Πορτογαλίας (Martinho *et al.* 2012). Το γεγονός αυτό πιθανώς αποτελεί μια εξελικτική προσαρμογή για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, εξαιτίας της φιλοπατρικής του συμπεριφοράς (π.χ. Rodríguez-Cabello *et al.* 2004). Αντίθετα, το *Squalus blainville* έχει μεγαλύτερο εύρος βαθυμετρικής κατανομής (π.χ. Compagno 1984a) και μπορεί να εξερευνήσει αρκετά απομακρυσμένα περιβάλλοντα, εξαιτίας της μεγαλύτερης κινητικότητάς του, όπως διαπιστώθηκε και από τις γενετικές αναλύσεις (βλ. Υποκεφ. 7.4.2), και πιθανώς δεν έχει ιδιαίτερη ανάγκη διεύρυνσης του τροφικού του φάσματος.

Η γνώση του τροφικού επιπέδου των Χονδριχθύων είναι σημαντική για την κατανόηση του οικολογικού ρόλου που διαδραματίζουν σε σχέση με άλλους οργανισμούς σε ένα οικοσύστημα (Cortés 1999, Stergiou & Karpouzi 2002). Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση της μέσης τιμής του δείκτη TROPH μόνο μεταξύ των εποχών και στα δύο είδη, αποτυπώνοντας πιθανώς τις εποχικές αλλαγές της πανίδας του ενδιαιτήματος όπου συχνάζουν. Ωστόσο, η εποχική διαφοροποίηση των τροφικών συνηθειών των ειδών δεν μετέβαλε την τροφική κατηγορία στην οποία ανήκουν. Επίσης, αν και τα δύο υπό μελέτη είδη κατατάχθηκαν στα σαρκοφάγα με προτίμηση στους Τελεόστεους και στα Κεφαλόποδα ($4,0 < \text{TROPH} < 4,5$) σύμφωνα τους Stergiou και Karpouzi (2002), το *Squalus blainville* εμφάνισε σημαντικά υψηλότερο τροφικό επίπεδο σε σχέση με το *Scyliorhinus canicula*. Το γεγονός αυτό πιθανώς αντανακλά τη μεγαλύτερη ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή που κατέλαβαν οι Τελεόστεοι και τα Κεφαλόποδα στη διατροφή του *Squalus blainville* (92,9%) από ό,τι στη διατροφή του *Scyliorhinus canicula* (73,3%).

Η τιμή του δείκτη TROPH που υπολογίστηκε από τον Cortés (1999) λαμβάνοντας υπόψη τα δημοσιευμένα ποσοτικά δεδομένα της διατροφής 7.555 και 974 ατόμων των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα, ήταν 3,6 και 4, αντίστοιχα, δηλαδή χαμηλότερη από εκείνη που υπολογίστηκε στην παρούσα μελέτη (TROPH=4,22 και 4,42, αντίστοιχα). Σύμφωνα με τους Stergiou και Karpouzi (2002), η τιμή του δείκτη TROPH για το *Scyliorhinus canicula* από το Αιγαίο ήταν 3,80, ενώ σύμφωνα με τη Γεωργίου (2008) κυμάνθηκε από 3,95 (βόρειος Ευβοϊκός), 4,44 (Μυρτώο) έως 4,37 (βόρειο Αιγαίο). Αν και ο δείκτης TROPH ενός είδους μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά σε χωρική κλίμακα, είναι δυνατό να καθοριστεί και από άλλους παράγοντες, όπως τη μέθοδο εκτίμησης της συνεισφοράς κάθε κατηγορίας λείας, τη χρονική ποικιλότητα στη διατροφή και το μέγεθος των εξεταζόμενων ατόμων (Stergiou & Karpouzi 2002). Παρ' όλα αυτά, σε κάθε περίπτωση επιβεβαιώνεται ο κρίσιμος ρόλος που διαδραματίζουν τα υπό μελέτη είδη στη μεταφορά της ενέργειας από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα τροφικά επίπεδα. Πρόσφατα, μάλιστα, οι βενθικοί καρχαρίες χαρακτηρίστηκαν ως μια τροφική ομάδα-κλειδί (keystone group, *sensu* Power *et al.* 1996) με καθοριστικό ρόλο στη δομή των βενθικών οικοσυστημάτων της Μεσογείου (π.χ. Hattab *et al.* 2013, Tecchio *et al.* 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Γενετική πληθυσμών και φυλογεωγραφία



**Νυχτερινή δειγματοληψία στον πάγκο Ψαρών (Οκτώβριος 2007)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)**

7.1 Εισαγωγή

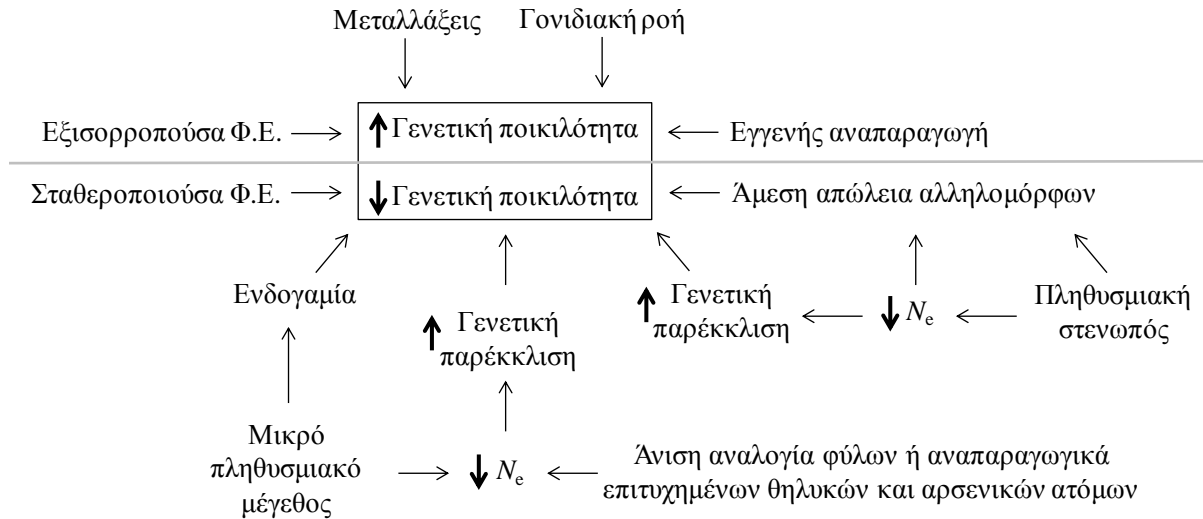
Το βασικό ερώτημα σε μελέτες πληθυσμιακής γενετικής είναι αν οι βιολογικές οντότητες ενός είδους, προερχόμενες από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, συνιστούν έναν παμμικτικό πληθυσμό ή αν ανήκουν σε διακριτές πληθυσμιακές μονάδες (Ward 2000). Η πληθυσμιακή γενετική, με τη χρήση κατάλληλων μοριακών δεικτών, ερμηνεύει τα σύγχρονα πρότυπα της γενετικής ποικιλότητας των πληθυσμών που διαμορφώθηκαν υπό την επίδραση των εξελικτικών δυνάμεων των μεταλλάξεων, της μετανάστευσης, της τυχαίας γενετικής παρέκκλισης και της φυσικής επιλογής (Hartl & Clark 1997).

Οι μοριακοί δείκτες, εκτός από τη μελέτη της πληθυσμιακής γενετικής δομής των ειδών, χρησιμοποιούνται στη φυλογενετική ανακατασκευή, δηλαδή στην εύρεση του βέλτιστου φυλογενετικού δέντρου που αναπαριστά τις γενεαλογικές σχέσεις μιας ομάδας ατόμων (Sunnucks 2000, Avise 2004). Καθώς οι διάφορες δημογραφικές μεταβολές που υφίσταται ένας πληθυσμός αποτυπώνονται στο γονιδίωμά του (Slatkin & Hudson 1991, Rogers & Harpending 1992), η φυλογενετική ανακατασκευή συμβάλλει και στην ερμηνεία της δημογραφικής του ιστορίας (Nee *et al.* 1995, Emerson *et al.* 2001, Kuhner 2008).

Τέλος, με την ανάλυση των γεωγραφικών προτύπων των γενεαλογικών γραμμών εντός ενός είδους, που αποτελεί την κεντρική ιδέα της φυλογεωγραφίας (Avise 2000), κατασκευάζονται υποθετικά σενάρια για την ερμηνεία των σύγχρονων χωρικών διευθετήσεων των πληθυσμών του και βγαίνουν συμπεράσματα σχετικά με τα μονοπάτια διασποράς που ακολούθησαν στο παρελθόν (Blackburn & Measay 2009), καθώς και με το αν υπέστησαν απομόνωση λόγω του φαινομένου του βικαριανισμού (Shaklee & Bentzen 1998) ή χωρική συρρίκνωση λόγω της επίδρασης των παγετώνων (Provan & Bennett 2008).

7.1.1 Γενετική ποικιλότητα

Η γενετική ποικιλότητα συνιστά ένα από τα τρία επίπεδα της βιοποικιλότητας, μαζί με την ποικιλότητα των ειδών και των οικοσυστημάτων, που σύμφωνα με την IUCN χρήζει προστασίας (McNeely *et al.* 1990). Ο βαθμός της γενετικής ποικιλότητας αντιπροσωπεύει την ισορροπία που έχει επέλθει, κυρίως, έπειτα από τη δράση των μεταλλάξεων, της γενετικής παρέκκλισης και της φυσικής επιλογής (Frankham *et al.* 2002). Οι βασικοί παράγοντες και ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν τη γενετική ποικιλότητα ενός πληθυσμού παρουσιάζονται σχηματικά στην Εικόνα 7.1.



Εικόνα 7.1 Σχηματική απεικόνιση των κυριότερων παραγόντων που επηρεάζουν τη γενετική ποικιλότητα (από Freeland 2005). Η τάση αύξησης ή μείωσης αναπαρίσταται με τα έντονα βέλη. Φ.Ε., φυσική επιλογή. Σταθεροποιούσα Φ.Ε., μειώνει τη συχνότητα των ακραίων φαινοτύπων και ευνοεί το μέσο φαινότυπο. Εξισορροπούσα Φ.Ε., διατηρεί τη γενετική ποικιλότητα, γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις επιλέγει κάποια αλληλόμορφα και σε κάποιες άλλες όχι. Γενετική παρέκκλιση, τυχαίες αλλαγές στη συχνότητα των αλληλομόρφων από γενιά σε γενιά, εξαιτίας των διαφορών που παρουσιάζουν τα άτομα ως προς την αρμοστικότητα (Wright 1931). Επηρεάζεται από το δραστικό μέγεθος του πληθυσμού (N_e), δηλαδή από τον αριθμό των ατόμων που συμμετέχουν επιτυχώς στην αναπαραγωγή (Futuyma 1995). Έχει εντονότερες συνέπειες στους μικρούς πληθυσμούς όπου μπορεί να οδηγήσει ταχύτερα είτε στην απώλεια αλληλομόρφων ή στην εγκαθίδρυση ενός και μοναδικού αλληλομόρφου για ένα γονίδιο, με αποτέλεσμα τη μείωση της γενετικής ποικιλότητας και σε ακραία περίπτωση την πλήρη ομοζυγωτία (Freeland 2005). Το πληθυσμιακό δραστικό μέγεθος μπορεί να επηρεαστεί από την ανισότητα της αναλογίας των φύλων σε ένα πληθυσμό (Futuyma 1995) και συγκεκριμένα από την αναλογία των επιτυχώς αναπαραγόμενων θηλυκών και αρσενικών ατόμων (Freeland 2005), καθώς και από τη δημιουργία επικαλυπτόμενων γενεών όπου οι απόγονοι μπορεί να διασταυρωθούν με τους προγόνους τους (Felsenstein 1971). Πληθυσμιακή στενωπός, απότομη μείωση του μεγέθους ενός πληθυσμού, εξαιτίας μιας ασθένειας, μιας φυσικής καταστροφής ή υπερβολικής θήρευσης, που προκαλεί άμεσα ή έμμεσα (μέσω της μείωσης του N_e) απώλεια αλληλομόρφων και μείωση των αλληλικών συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της αναμενόμενης ετεροζυγωτίας, ενώ την ίδια στιγμή η παρατηρούμενη ετεροζυγωτία μπορεί να αυξηθεί (Luikart & Cornuet 1998). Η μείωση του δραστικού μεγέθους του πληθυσμού εντείνει τη γενετική παρέκκλιση, δημιουργώντας μεγάλη διακύμανση στις αλληλικές συχνοτήτες (Luikart *et al.* 1998). Ωστόσο, έχουν παρατηρηθεί πληθυσμοί που, ενώ έχουν μεγάλο μέγεθος παρουσιάζουν περιορισμένη γενετική ποικιλομορφία, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί είτε στην επίδραση της στενωπού ή στην ίδρυσή τους από μικρό αριθμό ατόμων (φαινόμενο ιδρυτή), όπου μόνο οι μεταλλάξεις ή η εισροή νέων γονιδίων από μεταγενέστερες μεταναστεύσεις μπορούν να την ενισχύσουν (Futuyma 1995). Εγγενής αναπαραγωγή, προσδίδει μεγαλύτερη ποικιλομορφία σε σχέση με την αγνή, όπου η γενετική ποικιλότητα δημιουργείται σε βάθος χρόνου μόνο με μεταλλάξεις. Στην εγγενή αναπαραγωγή, η αύξηση της γαμετικής ποικιλότητας προκαλείται αφενός μέσω του ανασυνδυασμού και της γονιμοποίησης, που ευνοούν την αρμοστικότητα των απογόνων μέσα από το συνδυασμό επωφελών μεταλλάξεων (Tamarin 2001), αφετέρου μέσω της δημιουργίας υβριδίων (διασταύρωση ατόμων διαφορετικών ειδών), δημιουργώντας έναν πληθυσμό με φαινοτυπική, και άρα γονοτυπική ποικιλότητα (Freeland 2005). Ενδογαμία (ή ομομιξία), δεν μεταβάλλει τις αλληλικές συχνοτήτες, αλλά αυξάνει την αναλογία των ομοζυγωτών σε όλους του γενετικούς τόπους. Ένας ομομικτικός πληθυσμός θα παρουσιάσει έλλειμμα της παρατηρούμενης ετεροζυγωτίας και απόκλιση από την ισορροπία Hardy–Weinberg (Freeland 2005). Γονιδιακή ροή, μεταφορά γονιδίων ανάμεσα σε διαφορετικούς πληθυσμούς είτε μέσω της μετακίνησης ατόμων μεταξύ δύο πληθυσμών, η οποία μπορεί να συμβαίνει και περιοδικά (μεταναστευτική συμπεριφορά), ή μέσω της παθητικής μεταφοράς γαμετών (π.χ. πελαγικές προνύμφες, γύρη) (Hamilton 2009)

Η διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας είναι υψίστης σημασίας αφενός γιατί παρέχει το «πρωτογενές υλικό» για την εξέλιξη των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής (Fisher 1930), επιτρέποντας την προσαρμογή τους στις διαρκώς μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες που αφορούν στις κλιματικές αλλαγές, στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος (π.χ. ρύπανση, κατακερματισμός ενδιαιτήματος), στην εμφάνιση νέων ασθενειών ή παρασίτων και στην παρουσία νέων θηρευτών (Frankham *et al.* 2002) αφετέρου η απώλειά της μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ενδογαμίας, δηλαδή της συστηματικής τάσης για σύζευξη μεταξύ εγγενώς αναπαραγόμενων συγγενικών ατόμων (Futuyma 1995), μειώνοντας την αρμοστικότητα (αναπαραγωγική επιτυχία), και κατ' επέκταση την επιβίωση των ατόμων και των πληθυσμών (Maes & Volckaert 2007).

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα, η γενετική υποβάθμιση που υφίστανται οι οργανισμοί από τη δράση της «επαγόμενης από την αλιεία επιλογής» (fisheries-induced selection) (Kenchington *et al.* 2003) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η υπεραλίευση και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων έχουν μεταβάλλει σημαντικά τα πληθυσμιακά τους μεγέθη, και σε μεγάλο βαθμό των Χονδριχθύων (Stevens *et al.* 2000, Simpfendorfer *et al.* 2002), έχει θέσει υπό αμφισβήτηση τη συμβατική άποψη που υποστηρίζει ότι το μεγάλο μέγεθος των πληθυσμών των θαλάσσιων οργανισμών μπορεί να λειτουργήσει αντισταθμιστικά στην απώλεια της γενετικής τους ποικιλότητας (Hauser *et al.* 2002). Επομένως, η προστασία και η διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας των θαλάσσιων οργανισμών εφιστά ιδιαίτερη προσοχή και προτείνεται ο εμπλουτισμός της γνώσης σχετικά με την πληθυσμιακή δομή, τη γενετική ποικιλότητα σε ενδοπληθυσμιακό επίπεδο και το βαθμό της γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών τους, με σκοπό να ληφθούν αποτελεσματικά μέτρα για τη διαχείριση των αποθεμάτων τους (Kenchington *et al.* 2003).

7.1.2 Μοριακοί δείκτες

Η μελέτη της γενετικής ποικιλότητας των άγριων πληθυσμών των ψαριών είναι υψίστης σημασίας για τον καθορισμό και την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποθεμάτων τους. Η γενετική ποικιλότητα στα ψάρια έχει εκτιμηθεί έμμεσα με διάφορους τρόπους, όπως την κλασική συστηματική ταξινόμηση βάσει των φαινοτυπικών, μορφομετρικών ή μεριστικών γνωρισμάτων, τη μελέτη των σκληρών σκελετικών δομών, της φυσιολογίας, της ηθολογίας και της παρασιτικής πανίδας, την επανασύλληψη χημικά εμβολιασμένων ατόμων, καθώς και με ανοσογενετικές και κυτταρογενετικές τεχνικές (Ihssen *et al.* 1981).

Αν και ορισμένα φαινοτυπικά γνωρίσματα υπόκεινται σε αυστηρό γενετικό έλεγχο, είναι δυνατόν υπό την επίδραση διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών να προκύψουν διαφορετικοί φαινότυποι από έναν μοναδικό γονότυπο, ένα φαινόμενο γνωστό ως φαινοτυπική πλαστικότητα. Οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο γονότυπο, στο φαινότυπο και στο περιβάλλον οδήγησαν στην αναζήτηση πιο αξιόπιστων μεθόδων για τη μελέτη της ποικιλότητας σε γενετικό επίπεδο, οι οποίες θα επέτρεπαν την άμεση ποσοτικοποίηση της γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών (Freeland 2005). Η ανάπτυξη αυτών των μεθόδων επιτεύχθηκε έπειτα από την επαναστατική ανακάλυψη και την ακριβή περιγραφή της διπλής έλικας του DNA κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1950 (Watson & Crick 1953), οπότε και η μοριακή γενετική αναγνωρίστηκε ως ένας δυναμικός κλάδος της επιστήμης της γενετικής, ο οποίος έχει ως αντικείμενο μελέτης τη δομή και τη λειτουργία των γονιδίων σε μοριακό επίπεδο (Hallerman *et al.* 2003).

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 και μέχρι την αρχή της δεκαετίας του 1990, η ηλεκτροφόρηση των αλλοενζύμων (δύο ή περισσότερες μορφές ενζύμου που κωδικοποιούνται από τον ίδιο τόπο) σε πήκτωμα αμύλου κυριάρχησε σε μοριακές μελέτες για τη διάκριση διαφορετικών ειδών μέσω της αναγνώρισης των δομικών διαφορών των πρωτεϊνών (Williamson 2001). Ωστόσο, η εκτίμηση της ηλεκτροφορητικής ικανότητας των πρωτεϊνών αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο εκτίμησης της γενετικής ποικιλότητας και παρουσιάζει μια σειρά από μειονεκτήματα, όπως ο χαμηλός πολυμορφισμός, η αδυναμία διάκρισης διαφορετικών αλληλομόρφων με παρόμοια ηλεκτροφορητική κινητικότητα, καθώς και το ότι απαιτούνται σχετικά μεγάλες ποσότητες φρέσκου ιστού (Ashburner 1991). Ο χαμηλός πολυμορφισμός των αλλοενζύμων σχετίζεται με το γεγονός ότι η ποικιλότητα των αλληλουχιών DNA δεν αντικατοπτρίζεται στην ποικιλότητα των αλληλουχιών των αμινοξέων, εξαιτίας του εκφυλισμένου γενετικού κώδικα. Συνεπώς, οι διαφορές σε επίπεδο DNA γίνονται ορατές στην πρωτεϊνική ηλεκτροφόρηση αποκλειστικά και μόνο όταν προκαλούν αντικατάσταση των αμινοξέων (μη συνώνυμες υποκαταστάσεις). Ένα ακόμα μειονέκτημα των αλλοενζύμων είναι ότι αντιστοιχούν σε ένα πολύ μικρό τμήμα της τεράστιας πληροφορίας που εμπεριέχεται στο γονιδίωμα των οργανισμών (Freeland 2005).

Η πρώτη προσπάθεια για την άμεση εκτίμηση της γενετικής ποικιλότητας έγινε με την ανακάλυψη των ενζύμων περιορισμού (ενδονουκλεάσες περιορισμού που απομονώνονται από βακτήρια και κόβουν το DNA σε συγκεκριμένες αλληλουχίες) (Meselson & Yuan 1968) και της υβριδοποίησης κατά Southern (Southern 1975). Οι πρώτοι μοριακοί δείκτες που βασίστηκαν σε αυτές τις τεχνικές ήταν οι πολυμορφισμοί μεγέθους περιοριστικών τμημάτων DNA (Restriction Fragment Length Polymorphisms, RFLPs). Οι δείκτες RFLPs αρχικά

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

εφαρμόστηκαν στο μιτοχονδριακό DNA, καθώς, συγκριτικά με το πυρηνικό DNA, έχει μικρότερο μέγεθος και είναι πιο εύκολο στους εργαστηριακούς χειρισμούς. Αντίστοιχες μελέτες στο πυρηνικό γονιδίωμα αφορούσαν κυρίως στη διερεύνηση της ποικιλότητας των μινδορυφορικών αλληλουχιών, δηλαδή των επαναλαμβανόμενων νουκλεοτιδικών αλληλουχιών με τη μονάδα επανάληψης να μην ξεπερνά τα 65 ζεύγη βάσεων (base pairs, bp), μια τεχνική που είναι γνωστή ως μέθοδος αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting) και αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980 (Ward 2000).

Το επόμενο και εξαιρετικά σημαντικό επιστημονικό επίτευγμα ήταν η ανάπτυξη της αλυσιδωτής αντίδρασης της πολυμεράσης (Polymerase Chain Reaction, PCR) (Mullis & Faloona 1987). Η τεχνική PCR επέτρεψε τον ταχύτατο *in vitro* πολλαπλασιασμό συγκεκριμένων τμημάτων DNA που μπορούσαν να αναλυθούν ως προς την πρωτοδιάταξή τους μέσω της αλληλούχισής τους (Sanger *et al.* 1977) ή τον πολυμορφισμό του μεγέθους τους μέσω κατάλληλων γενετικών δεικτών (π.χ. SSRs, RAPDs, AFLPs) (Hansen 2003). Το γεγονός αυτό έδωσε μεγάλη ώθηση στις γενετικές μελέτες στα ψάρια (Ferguson *et al.* 1995).

Μιτοχονδριακό DNA

Δομή

Το μιτοχονδριακό DNA (mtDNA) των σπονδυλωτών είναι ένα απλοειδές, δίκλωνο κυκλικό μόριο που υπάρχει σε πολλά αντίγραφα (2 έως 10) μέσα σε κάθε μιτοχόνδριο. Το μέγεθος του κυμαίνεται από 16.000 έως 20.000 bp, ενώ το πυρηνικό γονιδίωμα αποτελείται από 10^6 έως 10^9 bp (Brown 1983, Moritz *et al.* 1987). Αποτελείται από μία ελαφριά L (light) και μία βαριά H (heavy) αλυσίδα, οι οποίες διαφέρουν ως προς το περιεχόμενο G+T (γουανίνης+θυμίνης), και κατ' επέκταση στη συμπεριφορά κατά τη φυγοκέντρωση σε βαθμίδωση πυκνότητας χλωριούχου καισίου (Clayton 1991). Τα περισσότερα γονίδια του mtDNA κωδικοποιούνται από την αλυσίδα H (Taanman 1999).

Το mtDNA των σπονδυλωτών περιλαμβάνει συνολικά 37 γονίδια, τα οποία κωδικοποιούν για 22 μόρια μεταφορικού RNA (tRNA), 2 μόρια ριβοσωμικού RNA (rRNA) και 13 μόρια αγγελιαφόρου RNA (mRNA) (Avisé *et al.* 1987), τα οποία μεταφράζονται στις πρωτεϊνικές υπομονάδες των ενζύμων που παίρνουν μέρος στη μεταφορά των ηλεκτρονίων της αναπνευστικής αλυσίδας και στην οξειδωτική φωσφορυλίωση, και περιλαμβάνουν: μία υπομονάδα του κυτοχρώματος *b*, επτά υπομονάδες της αφυδρογονάσης του NADH (ND1, 2, 3, 4, 4L, 5 και 6), τρεις υπομονάδες της οξειδάσης του κυτοχρώματος *c* (COI, II και III) και

δύο υπομονάδες της μιτοχονδριακής συνθετάσης του ATP (ATPάση 6 και 8) (Moritz *et al.* 1987). Η παρουσία 22 μορίων tRNA, και όχι των 32 που απαιτούνται για την κυτταροπλασματική πρωτεϊνοσύνθεση, έδειξε την παρουσία αποκλίσεων από το γενικευμένο γενετικό κώδικα στα μιτοχόνδρια. Η επάρκεια των 22 μορίων tRNA για τη σύνθεση των 13 πρωτεϊνών ερμηνεύτηκε με την παραδοχή χαλαρότερων κανόνων σύνδεσης κωδικονίου–αντικωδικονίου κατά τη μιτοχονδριακή πρωτεϊνοσύνθεση (Moritz *et al.* 1987).

Το mtDNA κωδικοποιεί ένα μέρος (5–10%) του συνόλου των πρωτεϊνών που χρειάζονται για την αντιγραφή και τη λειτουργία των βιοχημικών μονοπατιών των μιτοχονδρίων. Οι υπόλοιπες μιτοχονδριακές πρωτεΐνες κωδικοποιούνται από το πυρηνικό γονιδίωμα, μεταφράζονται στα κυτταροπλασματικά ριβοσώματα και μεταφέρονται στα μιτοχόνδρια. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει άμεση εξάρτηση μεταξύ πυρήνα και μιτοχονδρίων, ενισχύοντας την άποψη της συν-εξέλιξης των γονιδιωμάτων τους (Moritz *et al.* 1987).

Το mtDNA περιλαμβάνει επίσης δύο μη-κωδικοποιούσες περιοχές που ελέγχουν την αντιγραφή του DNA και τη μεταγραφή του RNA του μιτοχονδρίου (Avisé *et al.* 1987). Η μεγαλύτερη μη-κωδικοποιούσα περιοχή είναι η περιοχή ελέγχου (Control Region, CR) ή βρόγχος εκτόπισης (Displacement loop, D-loop), η οποία στα περισσότερα σπονδυλωτά βρίσκεται ανάμεσα στα γονίδια που κωδικοποιούν για τα μόρια tRNA της φαινυλαλανίνης (Phe) και της προλίνης (Pro), και περιλαμβάνει τους υποκινητές της μεταγραφής των αλυσίδων L και H του mtDNA (Saccone *et al.* 1991). Η περιοχή ελέγχου είναι υπεύθυνη για την ποικιλία του συνολικού μεγέθους του mtDNA των σπονδυλωτών. Το μέγεθός της κυμαίνεται συνήθως από 100 έως 2.000 bp, αν και σε ορισμένα είδη μπορεί να φθάσει έως 20.000 bp. Το μέγεθός της ποικίλλει σημαντικά ακόμα και σε ενδοειδικό επίπεδο. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στις επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες που περιέχει, οι οποίες σε συνδυασμό με την παρουσία σημειακών μεταλλάξεων, προσθηκών ή απωλειών μικρών τμημάτων, την καθιστούν ως την ταχύτερα εξελισσόμενη περιοχή του mtDNA. Ωστόσο, μελέτες έδειξαν ότι περιλαμβάνει και αυστηρά συντηρητικές ακολουθίες, οι οποίες συμμετέχουν στην αντιγραφή και στη μεταγραφή (Hoelzel 1993, Lee *et al.* 1995a; b). Η δεύτερη μη-κωδικοποιούσα περιοχή είναι πολύ μικρότερη, απέχει περίπου 11.000 bp από την περιοχή ελέγχου στην κατεύθυνση της αντιγραφής, και περιλαμβάνει το σημείο έναρξης της αντιγραφής της αλυσίδας L του mtDNA (Larizza *et al.* 2002).

Τα γονίδια του mtDNA έχουν εξαιρετικά σταθερή διάταξη τουλάχιστον εντός μιας τάξης ή φύλου (Wilson *et al.* 1985), γεγονός που πιθανώς αποδίδεται στο ότι, σε αντίθεση με το πυρηνικό DNA, το mtDNA δεν διαθέτει μεταθετά στοιχεία, ψευδογονίδια, ιντρόνια και επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες (Avisé *et al.* 1987).

Μιτοχονδριακό DNA ως μοριακό εργαλείο

Το mtDNA, εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, έχει καθιερωθεί ως ένα ισχυρό μοριακό εργαλείο για τη μελέτη της πληθυσμιακής γενετικής δομής και των φυλογενετικών σχέσεων σε ενδοειδικό και διαειδικό επίπεδο. Σε ενδοειδικό επίπεδο, εξαιτίας των ταχύτερων εξελικτικών ρυθμών που παρουσιάζει από το πυρηνικό DNA, συμβάλλει στον εντοπισμό διαπληθυσμιακών διαφορών, ακόμα και σε περιπτώσεις που οι πληθυσμοί δεν διαφέρουν ως προς το πυρηνικό DNA, ενώ σε διαειδικό επίπεδο μπορεί να ταυτοποιήσει με ακρίβεια τα είδη (Wilson *et al.* 1985, Avise *et al.* 1987, Moritz *et al.* 1987, Harrison 1989).

Το mtDNA είναι κατά κανόνα μονογονικά-μητρικά κληρονομούμενο, ένας ακόμα παράγοντας που συμβάλλει στη διατήρηση της γονιδιακής του διάταξης. Με τον τρόπο αυτό, παρέχει τη δυνατότητα να εντοπιστούν μόνο οι μητριαρχικές γενεαλογίες μέχρι και χιλιάδες χρόνια πριν από σήμερα και χρησιμοποιείται συχνά και σε μελέτες φυλογεωγραφίας (Freeland 2005). Η πατρική κληρονόμηση εμποδίζεται είτε με την παρεμπόδιση των πατρικών μιτοχονδρίων να εισέρθουν στο ωάριο ή με την καταστροφή των πατρικών μιτοχονδρίων λίγες ώρες μετά τη γονιμοποίηση. Ωστόσο, η πατρική κληρονόμηση έχει καταγραφεί σε μύδια (Zouros *et al.* 1992, Ladoukakis & Zouros 2001, Burzynski *et al.* 2003), Οστεϊχθύς (Bentzen *et al.* 1988), πτηνά (Kvist *et al.* 2003), ποντίκια (Gyllensten *et al.* 1991) και στον άνθρωπο (Schwartz & Vissing 2002). Ο βαθμός της πατρικής «διαρροής» του mtDNA είναι μικρός στους περισσότερους ζωικούς οργανισμούς, με εξαίρεση ορισμένα είδη μυδιών των οικογενειών Mytilidae, Veneridae και Unionidae, όπου βρέθηκε ότι ενώ, τα θηλυκά άτομα κληρονομούν το mtDNA από τις μητέρες τους, τα αρσενικά το κληρονομούν και από τους δύο γονείς, εμφανίζοντας το φαινόμενο της ετεροπλασμίας, δηλαδή διαθέτοντας περισσότερους του ενός τύπους mtDNA (Zouros *et al.* 1994, Freeland 2005).

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του mtDNA είναι η απουσία ανασυνδυασμού μεταξύ των μορίων του (Hagelberg 1994). Οι διαφοροποιήσεις των αλληλουχιών του προέρχονται από μεταλλάξεις, οι οποίες είναι συνήθως απλές και αφορούν σε αντικαταστάσεις νουκλεοτιδίων και σε αλλαγές του μήκους των μη-κωδικοποιουσών περιοχών (Brown 1985, Meyer 1993). Για το λόγο αυτό, αν και το μιτοχονδριακό γονιδίωμα περιλαμβάνει πάνω από 30 γονίδια, αντιμετωπίζεται ως ένας ενιαίος γενετικός τόπος σε πληθυσμιακές μελέτες (Park & Moran 1994). Ωστόσο, ο ανασυνδυασμός του mtDNA έχει παρατηρηθεί σε μύδια (Ladoulakis & Zouros 2001), Οστεϊχθύς (Hoarau *et al.* 2002) και στον άνθρωπο (Awadalla *et al.* 1999). Μάλιστα, καθώς τα μιτοχόνδρια των θηλαστικών έχουν όλα τα απαραίτητα ένζυμα για ανασυνδυασμό (Lakshmiathy & Campbell 1999), πιστεύεται ότι ο ανασυνδυασμός λαμβάνει χώρα σε αυτά πιο συχνά από ό,τι μέχρι σήμερα ήταν γνωστό (Rokas *et al.* 2003).

Η μονογονική κληρονόμηση του mtDNA σε συνδυασμό με την απουσία του ανασυνδυασμού συμβάλλει στη μείωση του δραστικού πληθυσμιακού μεγέθους του mtDNA στο $\frac{1}{4}$ του πυρηνικού DNA (για κάθε 1 αντίγραφο του mtDNA που μεταβιβάζεται σε κάθε γενιά, μεταβιβάζονται παράλληλα 4 αντίγραφα του αυτοσωμικού πυρηνικού DNA) (Nei & Tajima 1981). Επίσης, σε αρκετούς οργανισμούς φαίνεται ότι συσσωρεύονται μεταλλάξεις με ταχύτερο ρυθμό στο mtDNA από ό,τι στο πυρηνικό DNA (Brown *et al.* 1979). Συνεπώς, το mtDNA παρέχει γενετικούς δείκτες με μεγαλύτερη ποικιλομορφία και επιρρέπεια σε φαινόμενα γενετικής παρέκκλισης, οι οποίοι αυξάνουν την πιθανότητα ανίχνευσης διαφορών μεταξύ των ειδών ή πληθυσμών. Για το λόγο αυτό, έχει καθιερωθεί ως ένα «ελκυστικό» μοριακό εργαλείο σε πληθυσμιακές και φυλογενετικές μελέτες (Park & Moran 1994).

Το mtDNA έχει ιδιαίτερα υψηλό ρυθμό μεταλλαξιγένεσης, σε αντίθεση με το πυρηνικό DNA, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει υψηλά επίπεδα πολυμορφισμού. Οι περισσότερες μεταλλάξεις συμβαίνουν στην τρίτη θέση του κωδικονίου, με αποτέλεσμα να μην αλλάζει η πρωτεϊνική αλληλουχία και οι μεταλλάξεις να θεωρούνται ουδέτερες. Συγκεκριμένα, στο mtDNA των σπονδυλωτών ο ρυθμός των συνώνυμων υποκαταστάσεων ή σιωπηρών μεταλλάξεων (μεταπτώσεις ή μεταστροφές, οι οποίες δεν αλλάζουν το αμινοξύ) εκτιμάται περίπου στις $5,7 \times 10^{-8}$ υποκαταστάσεις/θέση/έτος (Brown *et al.* 1982). Αυτός ο ρυθμός φαίνεται να είναι περίπου 10 φορές υψηλότερος από τον αντίστοιχο του πυρηνικού DNA (Brown 1983). Μάλιστα, η ανάλυση της πρωτοδιάταξης του mtDNA αποκάλυψε ότι ο υψηλός ρυθμός μεταλλαξιγένεσης, και άρα εξέλιξης του, αποδίδεται στο υψηλό ποσοστό των μεταπτώσεων (Brown *et al.* 1982). Μέσα στο ίδιο είδος, οι μεταπτώσεις, δηλαδή οι αλλαγές μεταξύ πουρινών (A και G) ή πυριμιδινών (C και T), είναι 10 έως 20 φορές περισσότερες από ό,τι οι μεταστροφές στις οποίες μια πουρίνη αντικαθίσταται από πυριμιδίνη και αντίστροφα. Αν και οι μεταπτώσεις υπερισχύουν ακόμα και σε συγκρίσεις μεταξύ στενά συγγενικών ειδών, το ποσοστό τους ελαττώνεται όσο αυξάνεται η εξελικτική απόσταση μεταξύ των ειδών (Meyer *et al.* 1990, Sturmbauer & Meyer 1992), εξαιτίας της μεσολάβησης πολλών αντικαταστάσεων στην ίδια θέση του DNA (Wilson *et al.* 1985).

Ο υψηλός ρυθμός μεταλλαξιγένεσης του mtDNA έχει αποδοθεί σε δύο βασικούς λόγους: (α) στη μικρή πιστότητα της αντιγραφής του, δεδομένου ότι τα μιτοχondριακά γονίδια δεν κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες που συμμετέχουν στην αντιγραφή, μεταγραφή και μετάφραση του mtDNA, επιτρέποντας λιγότερη ακρίβεια κατά τη μετάφραση (Wilson *et al.* 1985), και (β) στην αδυναμία της πολυμεράσης του mtDNA (γ -πολυμεράση, ένζυμο υπεύθυνο για την αντιγραφή του mtDNA) να επιδιορθώσει λάθη κατά την αντιγραφή (Brown 1983). Άλλοι λόγοι περιλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκθεση του mtDNA σε οξειδωτικούς

παράγοντες, όπως ρίζες οξυγόνου και υπεροξειδία που το καθιστούν ευάλωτο στην επίδραση μεταλλαξιγόνων παραγόντων (Brown 1983, Meyer 1993), την απουσία μηχανισμών απομάκρυνσης των διμερών πυριμιδίνης (Wilson *et al.* 1985) και την απουσία ιστονών από το mtDNA, σε αντίθεση με το πυρηνικό DNA η πρόσδεση του οποίου σε ιστόνες του προσδίδει μεγάλη εξελικτική συντηρητικότητα (Wilson *et al.* 1985, Avise 1991). Τέλος, η αστάθεια που παρουσιάζει η τρίτη θέση του αντικωδικονίου που μεταφέρει το t-RNA ευνοεί τις σιωπηρές μεταλλάξεις που καθίστανται ανεκτές από τον οργανισμό (Moritz *et al.* 1987).

Οι διάφορες περιοχές του mtDNA παρουσιάζουν διαφορετικούς ρυθμούς εξέλιξης. Συγκεκριμένα, η περιοχή ελέγχου εξελίσσεται περίπου 2 έως 5 φορές ταχύτερα σε σχέση με τα μιτοχονδριακά γονίδια που κωδικοποιούν για πρωτεΐνες (Aquadro & Greenberg 1983). Για το λόγο αυτό, θεωρείται κατάλληλος δείκτης για την περιγραφή των διαπληθυσμιακών σχέσεων εντός του είδους σε κλίμακα εκατοντάδων ή δεκάδων χιλιάδων ετών, καθώς και για τη διερεύνηση των φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ στενά συγγενικών ειδών. Αντίθετα, τα γονίδια των rRNAs και tRNAs, που εξελίσσονται με πολύ αργό ρυθμό, χρησιμοποιούνται σε φυλογενετικές μελέτες μεταξύ διαφορετικών ειδών. Ενδεικτικά, ο ρυθμός εξέλιξης του γονιδίου 16S rRNA είναι μισός από τον αντίστοιχο των γονιδίων που κωδικοποιούν για τις μιτοχονδριακές πρωτεΐνες (Brown *et al.* 1982). Μεταξύ των τελευταίων, τα γονίδια που κωδικοποιούν για το κυτόχρωμα *b* και για τις υπομονάδες της οξειδάσης του κυτοχρώματος *c* είναι τα περισσότερο εξελικτικά σταθερά και χρησιμοποιούνται κυρίως σε φυλογενετικές μελέτες (Johansen *et al.* 1990, Meyer 1993). Παρ' όλα αυτά, έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς και σε πληθυσμιακές μελέτες Χονδριχθύων (Dudgeon *et al.* 2011 και αναφορές εντός) μεταξύ άλλων οργανισμών (π.χ. Mejrj *et al.* 2012, Sanna *et al.* 2013, Francuski *et al.* 2014).

Το mtDNA παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα ως μοριακό εργαλείο και από τεχνικής άποψης. Κάθε κύτταρο σπονδυλωτών περιλαμβάνει μερικές δεκάδες έως χιλιάδες μιτοχόνδρια, με αποτέλεσμα το mtDNA να απαντά σε εξαιρετικά υψηλό αριθμό αντιγράφων, σε αντίθεση με το πυρηνικό DNA που διαθέτει ένα αντίγραφο στους απλοειδείς οργανισμούς και δύο αντίγραφα στους διπλοειδείς. Το γεγονός αυτό καθιστά εύκολη την απομόνωση του mtDNA ακόμα και από πολύ μικρά κομμάτια ιστών, ενώ ο φυσικός διαχωρισμός του από το πυρηνικό DNA διευκολύνει την απομόνωσή του από δισεκατομμύρια άλλα νουκλεοτίδια του γονιδιώματος. Επίσης, το μικρό του μέγεθος σε συνδυασμό με τη συντηρημένη διευθέτηση των γονιδίων του, καθιστά εφικτή τη χρήση γενικευμένων εκκινητών (universal primers) για τον πολλαπλασιασμό τμημάτων του σε ένα μεγάλο εύρος οργανισμών, χωρίς να είναι απαραίτητη η *a priori* γνώση όλης της αλληλουχίας του μιτοχονδριακού γονιδιώματος κάθε είδους (Freeland 2005).

Κυτοχρωμική c οξειδάση ως γραμμωτός κώδικας DNA

Αν και εδώ και περισσότερο από 40 χρόνια χρησιμοποιείται η ανάλυση της πρωτοδιάταξης του DNA για την αναγνώριση διαφορετικών ειδών οργανισμών, με διαφορετικές αλληλουχίες να αναλύονται από διαφορετικές ομάδες συστηματικών ταξινομητών (Ward *et al.* 2005), μόλις το 2003 μια ομάδα επιστημόνων με επικεφαλή τον Καθηγητή Paul Hebert στο Πανεπιστήμιο Guelph του Καναδά πρότεινε ότι μια και μόνο αλληλουχία είναι ικανή να διαχωρίσει αν όχι όλα, τουλάχιστον την πλειονότητα των ζωικών ειδών. Πράγματι, η διαθεσιμότητα πληθώρας εκκινητών για την ενίσχυση της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης του mtDNA (COI) μεγέθους 655 bp σε διαφορετικά φύλα (Folmer *et al.* 1994), καθιέρωσε το γονίδιο που κωδικοποιεί για αυτή την υπομονάδα ως ένα ιδιαίτερα υποσχόμενο μοριακό δείκτη για την ταξινομική διάκριση των ειδών. Το γονίδιο COI του mtDNA ταυτίστηκε με έναν γραμμωτό γενετικό κώδικα (DNA barcode) που μπορεί να διαχωρίσει τα είδη και αποτέλεσε τη βάση ενός παγκόσμιου συστήματος αναγνώρισης και γενετικής ταξινόμησης των ειδών, το λεγόμενο «Barcoding of Life Data Systems» (BOLD Systems, <http://www.barcodinglife.org>) (Hebert *et al.* 2003).

Η επιτυχημένη αναγνώριση διαφορετικών ειδών ψαριών με τη βοήθεια του γονιδίου COI του mtDNA (π.χ. Savolainen *et al.* 2005, Ward *et al.* 2005) πιστοποίησε ότι το συγκεκριμένο γονίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γραμμωτός κώδικας και στην περίπτωση των ψαριών (Ward *et al.* 2009). Το γεγονός αυτό αποτέλεσε την αφορμή για τη δημιουργία της παγκόσμιας βάσης γενετικής ταξινόμησης ειδικά για τα ψάρια, τη λεγόμενη «Fish Barcode of Life» (FISH-BOL, <http://www.fishbol.org>), η οποία λειτουργεί ως δικτυακή πύλη της ηλεκτρονικής βάσης BOLD. Πρόκειται για μια προσπάθεια που στοχεύει στη δημιουργία μιας γενετικής βιβλιοθήκης με τους γραμμωτούς κώδικες όλων των ειδών των ψαριών, ενώ παράλληλα συμπληρώνει τις ήδη υπάρχουσες βάσεις για τα ψάρια Catalog of Fishes (<http://www.research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, Eschmeyer 2014) και FishBase (<http://www.fishbase.org>, Froese & Pauly 2014) (Ward *et al.* 2009). Μέχρι σήμερα, στη βάση FISH-BOL έχουν καταχωρηθεί συνολικά 10.185 είδη ψαριών (94.836 άτομα), από τα οποία τα 630 είδη ανήκουν στους Ελασματοβράγχιους Χονδριχθούς (καρχαρίες και βατοειδή με σύνολο ειδών=1.178) και τα 31 στους Ολοκέφαλους Χονδριχθούς (χίμαιρες με σύνολο ειδών=50). Στην ίδια βάση έχουν καταχωρηθεί 4 από τα 15 είδη του γένους *Scyliorhinus* (μεταξύ των οποίων και το είδος *Scyliorhinus canicula*) και 21 από τα 30 είδη του γένους *Squalus* (μεταξύ των οποίων και το είδος *Squalus blainville*).

Μικροδορυφορικό DNA

Δομή

Οι μικροδορυφορικοί τόποι (microsatellite loci ή Simple Sequence Repeats, SSRs ή Variable Number Tandem Repeats, VNTRs ή Short Tandem Repeats, STRs) είναι μικρές, διαδοχικά επαναλαμβανόμενες νουκλεοτιδικές αλληλουχίες που απαντούν σε υψηλή συχνότητα στο πυρηνικό γονιδίωμα των περισσότερων ευκαρυωτικών οργανισμών (Li *et al.* 2002, Ellegren 2004). Το επαναλαμβανόμενο μοτίβο ενός μικροδορυφορικού τόπου κυμαίνεται συνήθως από 5 έως 40 επαναλήψεις (Li *et al.* 2002), ενώ σπάνια υπερβαίνει τις 70 (Schlötterer 1998). Οι μικροδορυφορικοί τόποι χαρακτηρίζονται από επαναλήψεις μόνο-, δι-, τρι- και τετρα-νουκλεοτιδίων (Wright 1992). Οι δι-νουκλεοτιδικές αλληλουχίες είναι συχνότερες από τις τρι- και τέτρα-νουκλεοτιδικές (Schlötterer 1998), με εξαίρεση τα πρωτεύοντα όπου πιο συχνά απαντούν οι μόνο-νουκλεοτιδικές αλληλουχίες (Toth *et al.* 2000). Οι μικροδορυφορικοί τόποι αποτελούν μη-κωδικοποιούσες περιοχές του πυρηνικού γονιδιώματος, με αποτέλεσμα να θεωρούνται ουδέτεροι δείκτες και να μην υπόκεινται στην εξελικτική πίεση της φυσικής επιλογής, αλλά να ακολουθούν δικούς τους νόμους όσο αφορά την εξελικτική τους πορεία (Wren *et al.* 2000). Η κατανομή τους στο πυρηνικό γονιδίωμα δεν είναι τυχαία, γιατί συμμετέχουν στη ρύθμιση των μεταβολικών διεργασιών του DNA και της γονιδιακής δραστηριότητας, καθώς και στην οργάνωση της χρωματίνης (Li *et al.* 2002).

Μικροδορυφορικό DNA ως μοριακό εργαλείο

Οι μικροδορυφορικοί τόποι χρησιμοποιούνται ευρέως για τη διερεύνηση της ενδοειδικής ποικιλότητας και τη μελέτη της γενετικής δομής των πληθυσμών (Haig 1998, Hedrick 1999), εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Κύριο γνώρισμά τους είναι ο υψηλός μεταλλακτικός ρυθμός (10^{-6} – 10^{-2} μεταλλαγές/τόπο/γενιά), ο οποίος τους προσδίδει υψηλά επίπεδα πολυμορφισμού (Schlötterer 2000). Ο ταχύτετος μεταλλακτικός ρυθμός αποδίδεται στο «γλίστρημα» (slippage) της αλυσίδας DNA κατά τη διάρκεια της αντιγραφής του (Tachida & Iizuka 1992), το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην προσθήκη ή απώλεια μιας μονάδας επανάληψης (Stepwise Mutation Model, SMM) (Ohta & Kimura 1973). Η ερμηνεία του υψηλού μεταλλακτικού ρυθμού των μικροδορυφορικών τόπων έχει εναλλακτικά βασιστεί στο εξελικτικό μοντέλο που επιτρέπει μεταλλαγές κατά τις οποίες χάνονται ή δημιουργούνται ταυτόχρονα πολλές επαναλήψεις, ενώ παράλληλα υποθέτει ότι κάθε νέο σε μέγεθος αλληλόμορφο δεν έχει ξαναεμφανιστεί στον πληθυσμό (Infinite Alleles Model,

IAM) (Kimura & Crow 1964). Μια ακόμα ερμηνεία βασίζεται στο γενετικό ανασυνδυασμό μεταξύ των αλυσίδων του DNA κατά τη διάρκεια της μείωσης (Harding *et al.* 1992).

Ο υψηλός ρυθμός μεταλλαξιγένεσης του μικροδορυφορικού DNA, το καθιστά ως κατάλληλο μοριακό δείκτη για την ερμηνεία πληθυσμιακών γεγονότων που συνέβησαν στο σχετικά πρόσφατο, αλλά όχι στο μακρινό παρελθόν (Freeland 2005). Μια αργή μεταλλακτική διαδικασία διατηρεί το γενετικό αποτύπωμα των πολύ παλαιότερων συμβάντων σε έναν πληθυσμό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, αν διερευνάται η επαναποίκιση μιας περιοχής από ένα είδος έπειτα από την τελευταία παγετώδη περίοδο, περισσότερη πληροφορία θα δώσουν οι βραδέως εξελισσόμενοι γενετικοί δείκτες, ενώ στην περίπτωση πληθυσμών που έχουν μικρό μέγεθος ή έχουν διέλθει πρόσφατα από στενωπό, μόνο οι ταχύτατα εξελισσόμενοι γενετικοί τόποι θα είναι πληροφοριακοί (Hedrick 1999). Επίσης, σε μελέτες πληθυσμιακής δομής ή μεταναστευτικών προτύπων, τα πολυάριθμα αλληλόμορφα των πολυμορφικών μικροδορυφορικών τύπων συμβάλλουν στη διάκριση διαφορετικών πληθυσμών (Kalinowski 2002, Wilson & Rannala 2003).

Μια ακόμα σημαντική ιδιότητα του μικροδορυφορικού DNA είναι ότι, επειδή ανήκει στους συγκυρίαρχους Μενδελικούς γενετικούς δείκτες παρέχει τη δυνατότητα διάκρισης της ομόζυγης από την ετερόζυγη κατάσταση ενός αλληλομόρφου, επιτρέποντας τον υπολογισμό της συχνότητας των αλληλομόρφων σε ένα πληθυσμιακό δείγμα. Αντίθετα, οι κυρίαρχοι γενετικοί δείκτες (π.χ. AFLPs, RAPDs) μπορούν να διακρίνουν μόνο ένα αλληλόμορφο σε κάθε γενετικό τόπο και τα ετερόζυγα άτομα δεν μπορούν να διακριθούν από τα ομόζυγα. Το γεγονός αυτό έχει καθιερώσει τους μικροδορυφορικούς τύπους ως δημοφιλείς μοριακούς δείκτες σε πληθυσμιακές μελέτες (Freeland 2005).

Από τεχνικής άποψης, η ενίσχυση των μικροδορυφορικών αλληλουχιών επιτυγχάνεται εύκολα με τη μέθοδο PCR, χρησιμοποιώντας ελάχιστη ποσότητα ιστού. Επειδή συνήθως οι μικροδορυφορικοί τόποι είναι μικρότεροι σε μέγεθος από ό, τι οι γονιδιακοί τόποι αλληλούχισης (100–300 bp έναντι 500–1.500 bp) μπορούν να ενισχυθούν ακόμα και στην περίπτωση μικρής αποδόμησης του DNA (Taberlet *et al.* 1999). Καθώς το DNA θρυμματίζεται, η πιθανότητα επιτυχούς ενίσχυσης ενός γονιδιακού τμήματος είναι ανάλογη με το μέγεθός του (Frantzen *et al.* 1998). Για το λόγο αυτό, για την ενίσχυση των μικροδορυφορικών τύπων, η εξαγωγή του DNA επιτυγχάνεται με γρήγορες και φθηνές μεθόδους ακόμα και από δείγματα ιστών κακής ποιότητας (Taberlet *et al.* 1999). Τέλος, καθώς τα αλληλόμορφα διαφέρουν ως προς το μήκος τους, μπορούν να διαχωριστούν μέσω της ηλεκτροφόρησης, γεγονός που επιτρέπει την ταχύτατη και μικρού κόστους γονοτύπωση ενός μεγάλου αριθμού ατόμων σε πολλούς γενετικούς τύπους (Schlötterer 2000).

7.1.3 Γενετικές μελέτες σε Χονδριχθός

Ιστορική αναδρομή

Έπειτα από την ανάπτυξη της ηλεκτροφόρησης των αλλοενζύμων, η μελέτη της γενετικής ποικιλότητας σε ενδοειδικό και διαειδικό επίπεδο άρχισε να επεκτείνεται και στους Χονδριχθός (Utter 1991). Η ανάπτυξη νέων μοριακών τεχνικών σε συνδυασμό με την επιτακτική ανάγκη, εξαιτίας της υπεραλίευσης των καρχαριών (FAO 1999, 2000, 2010a), να διερευνηθούν κρίσιμα ζητήματα που σχετίζονται με τη διατήρηση και διαχείριση των πληθυσμών τους, όπως είναι η πληθυσμιακή δομή και η δημογραφία, δημιούργησε μια ώθηση στις γενετικές μελέτες στους Χονδριχθός (Dudgeon *et al.* 2012).

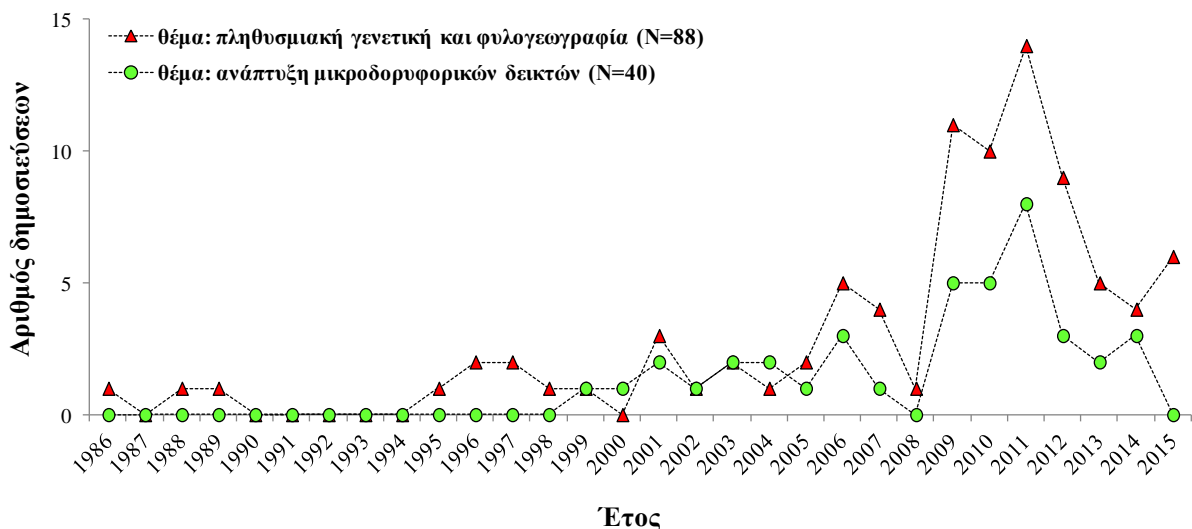
Η πρώτη γενετική μελέτη σε Χονδριχθός (Smith 1986) αφορά στη μελέτη της γενετικής ποικιλότητας του γαλέου *Mustelus lenticulatus* και του γαλάζιου καρχαρία *Prionace glauca* με τη χρήση αλλοενζύμων. Η έρευνα με αλλοένζυμα σε Χονδριχθός κυριάρχησε περισσότερο από μια δεκαετία με στόχο να διαλευκάνει ερωτήματα σχετικά με τη γενετική ποικιλότητα, την πληθυσμιακή δομή και τη φυλογένεση (π.χ. McDonald 1988, Heist *et al.* 1995, Gaida 1997, Gardner & Ward 1998; 2002). Αργότερα, με την ανακάλυψη της μεθόδου PCR (Mullis & Faloona 1987) έγινε εφικτή η άμεση ανάλυση συγκεκριμένων περιοχών του γονιδιώματος των Χονδριχθών, με τις πρώτες μελέτες να εστιάζουν σε θέματα φυλογένεσης και να εξετάζουν υψηλά συντηρημένα γονίδια για τη διερεύνηση της προέλευσης των σπονδυλωτών (Bernardi & Powers 1992, Stock 1992, Le *et al.* 1993). Περισσότερο ποικιλόμορφα γονίδια χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των φυλογενετικών σχέσεων εντός της ομοταξίας των Χονδριχθών μέχρι το επίπεδο της τάξης (Lavery 1992, Douady *et al.* 2003, Corrigan *et al.* 2008, Velez-Zuazo & Argnarsson 2011), ενώ οι φυλογενετικές σχέσεις σε υψηλότερο ταξινομικό επίπεδο εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο έντονων αντιπαραθέσεων (Douady *et al.* 2003, Naylor *et al.* 2005).

Η σχετικά πρόσφατη διερεύνηση των φυλογεωγραφικών προτύπων διάφορων ειδών Χονδριχθών, συνέβαλε στην κατανόηση όλων εκείνων των ιστορικών διεργασιών που διαμόρφωσαν τη σημερινή γεωγραφική κατανομή και πληθυσμιακή δομή τους (Dudgeon *et al.* 2012). Οι γενετικές μελέτες στους Χονδριχθός, εκτός από τη συμβολή τους στη διαχείριση των αποθεμάτων τους μέσω του καθορισμού των πληθυσμιακών τους μονάδων (Keeney *et al.* 2003, Ovenden *et al.* 2010), είχαν άμεση εφαρμογή σε θέματα διατήρησης της βιοποικιλότητάς τους μέσω της ακριβέστερης παρακολούθησης του εμπορίου περυγίων καρχαριών βάσει της γενετικής τους ταυτοποίησης (Shivji *et al.* 2002, Holmes *et al.* 2009).

Η γενετική ποικιλότητα των Χονδριχθών έχει μελετηθεί σε μικρότερο βαθμό από ό,τι των Οστειχθών (Beheregaray 2008). Ωστόσο, οι γενετικές μελέτες σε Χονδριχθούς αφορούν σε είδη που εκπροσωπούν τις βασικές κατηγορίες ενδιαιτημάτων (βενθικό, βενθοπελαγικό, πελαγικό, παράκτιο, ωκεάνιο και βαθύαλο) (Πίνακας 7.1) και έχουν αποκαλύψει ποικίλα πρότυπα γενετικής διαφοροποίησης των πληθυσμών τους (Musick *et al.* 2004).

Καθώς το πυρηνικό γονιδίωμα των σπονδυλωτών είναι πολύ μεγαλύτερο και πολυπλοκότερο από το mtDNA, με τα περισσότερα γονίδια να εξελίσσονται με αργό ρυθμό, αποκαλύπτοντας μικρή ενδοειδική ή διαειδική ποικιλότητα, οι περισσότερες από τις αρχικές μελέτες πληθυσμιακής γενετικής στους Χονδριχθούς χρησιμοποιούσαν μιτοχονδριακούς μοριακούς δείκτες. Με την αύξηση της γνώσης σχετικά με τη δομή του πυρηνικού DNA των σπονδυλωτών και με το χαρακτηρισμό πυρηνικών δεικτών υψηλού πολυμορφισμού, ολοένα και περισσότερες γενετικές μελέτες σε Χονδριχθούς περιλάμβαναν μοριακούς δείκτες του πυρηνικού γονιδιώματος, όπως είναι οι μικροδορυφορικοί τόποι (Heist 2004) (Εικόνα 7.2).

Μέχρι σήμερα, έχουν χαρακτηριστεί μικροδορυφορικοί τόποι για 34 είδη καρχαριών και βατοειδών (Πίνακας 7.2). Ο σχεδιασμός εκκινητών για το σκοπό αυτό είναι μια δύσκολη και χρονοβόρος διαδικασία με μεγάλο κόστος. Παρ' όλα αυτά, από τη στιγμή που ένα ζεύγος εκκινητών αναπτυχθεί σε ένα είδος συχνά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα συγγενικά του είδη (δια-ειδική ενίσχυση μοριακών δεικτών). Για παράδειγμα, από τους 5 μικροδορυφορικούς τόπους που αναπτύχθηκαν στον οξύρρυγχο καρχαρία *Isurus oxyrinchus*, όλοι ήταν πολυμορφικοί στον καρχαρία λάμνα *Lamna nasus* και στη λάμνα του Ειρηνικού *Lamna ditropis*, αλλά μόνο δύο ήταν πολυμορφικοί στο λευκό καρχαρία *Carcharodon carcharias* και στον αλεπόσκυλο *Alopias vulpinus* (Schrey & Heist 2002).



Εικόνα 7.2 Πρόοδος των δημοσιεύσεων σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά που αφορούν σε θέματα πληθυσμιακής γενετικής/φυλογεωγραφίας και ανάπτυξης μικροδορυφορικών δεικτών σε Χονδριχθούς (βιβλιογραφική ανασκόπηση έως Μάρτιο 2015)

Πίνακας 7.1 Δημοσιεύσεις ανά τάξη Χονδριχθίων που αφορούν σε θέματα πληθυσμιακής γενετικής και φυλογεωγραφίας. Για κάθε είδος αναφέρεται το κοινό όνομα, η γεωγραφική εξάπλωση, το ενδιαίτημα που συχνάζει, ο μοριακός δείκτης με βάση τον οποίο έχει μελετηθεί και η βιβλιογραφική αναφορά. Α, Ατλαντικός; Μ, Μεσόγειος; Μα, Μαύρη Θάλασσα; Ι, Ινδικός; Ε, Ειρηνικός; α, ανατολικός; δ, δυτικός; β, βόρειος; ν, νότιος; κ, κεντρικός; CR, περιοχή ελέγχου; COI, υπομονάδα I της οξειδάσης του κυτοχρώματος *c*; *cytb*, υπομονάδα του κυτοχρώματος *b*; ND4, 4^η υπομονάδα της αφυδρογονάσης NADH; SSRs, μικροδορυφορικοί τόποι (αριθμός τόπων); RFLPs, πολυμορφισμοί μεγέθους περιοριστικών τμημάτων, AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphisms), πολυμορφισμοί μεγέθους ενισχυμένων θραυσμάτων; RAG1 (Recombination Activating Gene 1), γονίδιο ενεργοποίησης ανασυνδυασμού 1 κατά τη διαφοροποίηση των λεμφοκυττάρων; ISSRs (Inter Simple Sequence Repeats), πολυμορφισμοί μεταξύ επαναλαμβανόμενων αλληλουχιών; ITS-2 (Internal Transcribed Spacer), περιοχή πυρηνικού ριβοσωμικού DNA (βιβλιογραφική ανασκόπηση έως Μάρτιο 2015; περιλαμβάνονται οι εργασίες Kousteni *et al.* 2014; 2015 που αφορούν στα υπό μελέτη είδη)

Είδος	Κοινό όνομα	Γεωγραφική εξάπλωση	Ενδιαίτημα	Μοριακός δείκτης	Αναφορά
Τάξη: Carcharhiniformes (ground sharks)					
<i>Carcharhinus amboinensis</i>	καρχαρίας (pigeye shark)	αΑ, Μ, Ι, δΕ	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR, ND4, SSRs (5), RAG1	Tillett <i>et al.</i> 2012b
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	βραχύουρος καρχαρίας (copper shark)	παγκόσμια (Α, Μ, δΙ, Ε)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR	Benavides <i>et al.</i> 2011a
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	κοντόφτερος καρχαρίας (spinner shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, δΕ)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	ND4	Geraghty <i>et al.</i> 2013
<i>Carcharhinus falciformis</i>	λείος καρχαρίας (silky shark)	παγκόσμια (Α, Ι, Ε)	ωκεάνιο, πελαγικό	CR CR	Galván-Tirado <i>et al.</i> 2013 Clarke <i>et al.</i> 2015
<i>Carcharhinus leucas</i>	ταυροκαρχαρίας (bull shark)	παγκόσμια (Α, Ι, Ε)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR, SSRs (5) CR, ND4, SSRs (3)	Karl <i>et al.</i> 2011 Tillett <i>et al.</i> 2012a
<i>Carcharhinus limbatus</i>	μαυροπτερυγός καρχαρίας (blacktip shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, Ε)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR CR, SSRs (8) CR COI, CR, ND4, SSRs (5) CR	Keeney <i>et al.</i> 2003 Keeney <i>et al.</i> 2005 Keeney & Heist 2006 Ovenden <i>et al.</i> 2010 Sodré <i>et al.</i> 2012
<i>Carcharhinus melanopterus</i>	μαυροπτερυγός υφαλοκαρχαρίας (blacktip reef shark)	αΜ., Ι, δκΕ	παράκτιο, βενθοπελαγικό	SSRs (17) SSRs (11) CR, <i>cytb</i> , SSRs (14)	Mourier & Planes 2013 Vignaud <i>et al.</i> 2013 Vignaud <i>et al.</i> 2014a
<i>Carcharhinus obscurus</i>	σκουρόχρωμος καρχαρίας (dusky shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, Ε)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR, SSRs (4) CR	Ovenden <i>et al.</i> 2009 Benavides <i>et al.</i> 2011b
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	σταχτοκαρχαρίας (sandbar shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, Ε)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	RFLPs, αλλοένζυμα SSRs (3) CR, SSRs (8)	Heist <i>et al.</i> 1995 Heist & Gold 1999 Portnoy <i>et al.</i> 2010
<i>Carcharhinus sorrah</i>	καρχαρίας (spot-tail shark)	Ι, δΕ	παράκτιο, βενθοπελαγικό	αλλοένζυμα CR, SSRs (5)	Lavery & Shaklee 1989 Ovenden <i>et al.</i> 2009

Πίνακας 7.1 (συνέχεια)					
Είδος	Κοινό όνομα	Γεωγραφική εξάπλωση	Ενδιαίτημα	Μοριακός δείκτης	Αναφορά
<i>Carcharhinus tilstoni</i>	Αυστραλιανός μαυροπτερύγος καρχαρίας (Australian blacktip shark)	I, δE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	αλλοένζυμα COI, CR, ND4, SSRs (5)	Lavery & Shaklee 1989 Ovenden <i>et al.</i> 2010
<i>Galeorhinus galeus</i>	δοντάς, δροσίτης, γάτος, σκύλος, σκυλόψαρο ή σκυλογαλέος (tope shark)	παγκόσμια (A, M, δI, E)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	RFLPs, αλλοένζυμα CR CR, SSRs (8)	Ward & Gardner 1997 Chabot & Allen 2009 Hernández <i>et al.</i> 2015
<i>Mustelus antarcticus</i>	γαλέος (gummy shark)	αI, δν.E	παράκτιο, βενθοπελαγικό	αλλοένζυμα RFLPs, αλλοένζυμα RFLPs, αλλοένζυμα	McDonald 1988 Ward & Gardner 1997 Gardner & Ward 1998
<i>Mustelus lenticulatus</i>	γαλέος (spotted estuary smoothhound)	νδE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	αλλοένζυμα	Smith 1986
<i>Mustelus manazo</i>	γαλέος (starspotted smoothhound)	δI, δE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	αλλοένζυμα	Chen <i>et al.</i> 2001
<i>Mustelus schmitti</i>	γαλέος (narrownose smoothhound)	δA	παράκτιο, βενθοπελαγικό	cytb	Pereyra <i>et al.</i> 2010
<i>Negaprion acutidens</i>	κίτρινος καρχαρίας (sharptooth lemon shark)	I, δκE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR, SSRs (6)	Schultz <i>et al.</i> 2008
<i>Negaprion brevirostris</i>	κίτρινος καρχαρίας (lemon shark)	A, αE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	SSRs (4) SSRs (9) CR, SSRs (9) mtDNA (2), SSRs (9)	Feldheim <i>et al.</i> 2001a Feldheim <i>et al.</i> 2002 Schultz <i>et al.</i> 2008 Ashe <i>et al.</i> 2015
<i>Prionace glauca</i>	γαλάζιος καρχαρίας ή γλαυκοκαρχαρίας (blue shark)	παγκόσμια (A, M, I, E)	ωκεάνιο, πελαγικό	αλλοένζυμα CR, SSRs (5) cytb	Smith 1986 Ovenden <i>et al.</i> 2009 Taguchi <i>et al.</i> 2015
<i>Rhizoprionodon acutus</i>	πιρινοδοντοκαρχαρίας (milk shark)	A, I, δE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	ND4, SSRs (6)	Ovenden <i>et al.</i> 2011
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	καρχαρίας (Brazilian sharpnose shark)	δA	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR CR	Mendonça <i>et al.</i> 2009 Mendonça <i>et al.</i> 2013
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	καρχαρίας (Caribbean sharpnose shark)	δA	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR	Mendonça <i>et al.</i> 2011
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	καρχαρίας (Atlantic sharpnose shark)	δA	παράκτιο, βενθοπελαγικό	RFLPs	Heist <i>et al.</i> 1996a
<i>Scyliorhinus canicula</i>	γάτος, κατσουλίνι ή σκυλόψαρο (small-spotted catshark)	βαA, M	παράκτιο, βενθικό	COI, SSRs (12)	Kousteni <i>et al.</i> 2014
<i>Sphyrna lewini</i>	κτενοζύγαινα ή σφυροκέφαλος (scalloped hammerhead shark)	παγκόσμια (A, M, I, E)	παράκτιο, ημι-ωκεάνιο, πελαγικό	CR CR CR, SSRs (3) CR, SSRs (15)	Duncan <i>et al.</i> 2006a Chapman <i>et al.</i> 2009 Ovenden <i>et al.</i> 2009 Nance <i>et al.</i> 2011

Πίνακας 7.1 (συνέχεια)					
Είδος	Κοινό όνομα	Γεωγραφική εξάπλωση	Ενδιαίτημα	Μοριακός δείκτης	Αναφορά
<i>Sphyrna lewini</i>	κτενοζύγαινα ή σφυροκέφαλος (scalloped hammerhead shark)	παγκόσμια (A, M, I, E)	παράκτιο, ημι-ωκεάνιο, πελαγικό	ND4, SSRs (8) CR, SSRs (5) SSRs (13)	Ovenden <i>et al.</i> 2011 Castillo-Olguín <i>et al.</i> 2012 Daly-Engel <i>et al.</i> 2012
<i>Triaenodon obesus</i>	λευκοπτέρυγος υφαλοκαρχαρίας (whitetip reef shark)	I, E	παράκτιο, βενθικό	CR	Whitney <i>et al.</i> 2012
<i>Triakis semifasciata</i>	καρχαρίας λεοπάρδαλη (leopard shark)	αE	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR, ISSRs	Lewallen <i>et al.</i> 2007
Τάξη: Hexanchiformes (frill & cow sharks)					
<i>Hexanchus griseus</i>	εξακαρχαρίας (bluntnose sixgill shark)	παγκόσμια (A, M, I, E)	βενθοπελαγικό, βαθύβιο	SSRs (10)	Larson <i>et al.</i> 2011
Τάξη: Squaliformes (dogfish sharks)					
<i>Centrophorus squamosus</i>	κεντροφόρος (leafscale gulper)	αA, δI, δE	βενθοπελαγικό, βαθύβιο	ND2, SSRs (6)	Verissimo <i>et al.</i> 2012
<i>Centroscyms coelolepis</i>	κεντροσκόμνος (portuguese dogfish)	παγκόσμια (A, δM, δE, δI)	βενθοπελαγικό, βαθύβιο	CR, SSRs (8)	Verissimo <i>et al.</i> 2011a
<i>Centroscyms crepidater</i>	κεντροσκόμνος (longnose velvet dogfish)	αA, I, E	βενθοπελαγικό, βαθύβιο	CR, SSRs (7)	Cunha <i>et al.</i> 2012
<i>Etmopterus granulosus</i>	μαυρακαθίτης (southern lantern shark)	νδA, ναE	βενθοπελαγικό, βαθύβιο	COI, AFLPs	Straube <i>et al.</i> 2011
<i>Squalus acanthias</i>	κεντρόνι, στικτοκεντρόνι ή κοκκαλάς (spiny dogfish)	παγκόσμια (A, M, Ma, I, E)	ωκεάνιο, βενθοπελαγικό	CR, SSRs (8)/COI CR/ND2, SSRs (8)	Franks 2006, Ward <i>et al.</i> 2007, Hauser 2009, Verissimo <i>et al.</i> 2010
<i>Squalus blainville</i>	κεντρόνι, γκριζοκεντρόνι ή κοκκαλάς (longnose spurdog)	αA, M, Ma, I(?), E(?)	βενθοπελαγικό	COI, SSRs (6)	Kousteni <i>et al.</i> 2015
<i>Squalus mitsukurii</i>	κεντρόνι (shortspine spurdog)	παγκόσμια (νδA, I, E)	ωκεάνιο, βενθοπελαγικό	CR, SSRs (8)	Daly-Engel <i>et al.</i> 2010
Τάξη: Squatiniformes (angelsharks)					
<i>Squatina californica</i>	καρχαρίας άγγελος (pacific angel shark)	αE	παράκτιο, βενθικό	αλλοένζυμα	Gaida 1997
<i>Squatina guggenheim</i>	καρχαρίας άγγελος (angular angel shark)	νδA,	παράκτιο, βενθικό	cytb, ITS-2	Garcia <i>et al.</i> 2015
Τάξη: Orectolobiformes (carpet sharks)					
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	καρχαρίας τροφός (nurse shark)	A, αE	παράκτιο, βενθικό	cytb έως CR CR, SSRs (8)	Castro 2009 Karl <i>et al.</i> 2012
<i>Rhincodon typus</i>	φαλαινοκαρχαρίας (whale shark)	παγκόσμια (A, I, E)	ωκεάνιο, πελαγικό	CR	Castro <i>et al.</i> 2007
				CR SSRs (8)	Ramirez-Macias <i>et al.</i> 2007 Schmidt <i>et al.</i> 2009
				CR, SSRs (14)	Vignaud <i>et al.</i> 2014b
<i>Stegostoma fasciatum</i>	καρχαρίας ζέβρα (zebra shark)	I, δE	παράκτιο, βενθικό	ND4, SSRs (13)	Dudgeon <i>et al.</i> 2009

Πίνακας 7.1 (τέλος)					
Είδος	Κοινό όνομα	Γεωγραφική εξάπλωση	Ενδιαίτημα	Μοριακός δείκτης	Αναφορά
Τάξη: Lamniformes (mackerel sharks)					
<i>Alopias pelagicus</i>	αλεποκαρχαρίας (pelagic thresher shark)	ΙΕ, αΕ	ωκεάνιο, πελαγικό	CR, SSRs (7)	Cardeñosa <i>et al.</i> 2014
<i>Carcharias taurus</i>	ταυροκαρχαρίας (sand tiger shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, ΔΕ)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	CR, AFLPs CR, SSRs (6)	Stow <i>et al.</i> 2006 Ahonen <i>et al.</i> 2009
<i>Carcharodon carcharias</i>	λευκός καρχαρίας ή μέγασλευκος (white shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, Ε)	παράκτιο, ωκεάνιο, πελαγικό	CR, SSRs (5) CR CR CR, SSRs (6)	Pardini <i>et al.</i> 2001 Jorgensen <i>et al.</i> 2010 Gubili <i>et al.</i> 2011 Blower <i>et al.</i> 2012
<i>Cetorhinus maximus</i>	σαπουνάς (basking shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Μα, ΔΙ, Ε)	παράκτιο, ωκεάνιο, πελαγικό	CR	Hoelzel <i>et al.</i> 2006
<i>Isurus oxyrinchus</i>	οξύρρυγχος καρχαρίας ή ρυγχοκαρχαρίας (shortfin mako)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, Ε)	παράκτιο, ωκεάνιο, πελαγικό	RFLPs SSRs (4)	Heist <i>et al.</i> 1996b Schrey & Heist 2003
<i>Lamna nasus</i>	λάμνα ή λάμια (porbeagle shark)	παγκόσμια (Α, Μ, Ι, Ε)	ωκεάνιο, πελαγικό	CR	Kitamura & Matsunaga 2010
Τάξη: Pristiformes (sawfishes)					
<i>Pristis clavata</i>	πριονόψαρο νάνος (dwarf sawfish)	Ι, ΔΕ	παράκτιο, βενθικό	CR	Phillips <i>et al.</i> 2011
<i>Pristis microdon</i>	μικρόδοντο (smalltooth sawfish)	Ι, ΔΕ	παράκτιο, βενθικό	CR	Phillips <i>et al.</i> 2011
<i>Pristis zijsron</i>	μακρύρυγχο (longcomb sawfish)	Ι, ΔΕ	παράκτιο, βενθικό	CR	Phillips <i>et al.</i> 2011
Τάξη: Myliobatiformes (stingrays)					
<i>Aetobatus narinari</i>	κηλιδουαετόβατος (spotted eagle ray)	παγκόσμια (Α, Ι, Ε)	παράκτιο, βενθοπελαγικό	cytb, ND4	Schluessel <i>et al.</i> 2010
<i>Gymnura marmorata</i>	ράγια (Californian butterfly ray)	αΕ	παράκτιο, βενθοπελαγικό	cytb	Smith <i>et al.</i> 2009
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	ράγια (golden cownose ray)	αΕ	παράκτιο, βενθοπελαγικό	RFLPs	Sandoval-Castillo & Rocha-Olivares 2011
<i>Urobatis halleri</i>	τρυγόνα (round stingray)	αΕ	παράκτιο, βενθικό	SSRs (7)	Plank <i>et al.</i> 2010
Τάξη: Rajiformes (skates & rays)					
<i>Amblyraja radiata</i>	ακανθώδες σαλάχι (thorny skate)	βΑ	παράκτιο, βενθικό	cytb	Chevolot <i>et al.</i> 2007
<i>Dipturus batis</i>	ράγια ή γκριζόβατος (blue skate)	αΑ, Μ	παράκτιο, βενθικό	CR, SSRs (6)	Griffiths <i>et al.</i> 2010
<i>Dipturus oxyrinchus</i>	ράγια, αετός ή σαλάχι (longnosed skate)	αΑ, Μ	παράκτιο, βενθικό	CR	Griffiths <i>et al.</i> 2011a
<i>Raja clavata</i>	ράγια, ρίνα, ράτσα, καλκανόβατος ή καρκαβάκα (thornback ray)	αΑ, Μ, Μα	παράκτιο, βενθικό	cytb, SSRs (5) CR, AFLPs	Chevolot <i>et al.</i> 2006 Pasolini <i>et al.</i> 2011
<i>Raja straeleni</i>	σαλάχι (biscuit skate)	αΑ	παράκτιο, βενθικό	CR, AFLPs	Pasolini <i>et al.</i> 2011
<i>Rhinobatos productus</i>	ρινόβατος (shovelnose guitarfish)	αΕ	παράκτιο, βενθικό	RFLPs	Sandoval-Castillo <i>et al.</i> 2004

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Πίνακας 7.2 Δημοσιευμένες μελέτες ανά τάξη Χονδριχθύων που αφορούν στην ανάπτυξη μικροδορυφορικών δεικτών. Για κάθε είδος αναφέρεται το κοινό όνομα, ο αριθμός (N) των δεικτών που αναπτύχθηκαν και η βιβλιογραφική αναφορά (βιβλιογραφική ανασκόπηση έως Μάρτιο 2015)

Είδος	Κοινό όνομα	N	Αναφορά
Τάξη: Carcharhiniformes (ground sharks)			
<i>Carcharhinus acronotus</i>	μαυρόρηνγος καρχαρίας (blacknose shark)	23	Giresi <i>et al.</i> 2011a
<i>Carcharhinus leucas</i>	ταυροκαρχαρίας (bull shark)	20	Pirog <i>et al.</i> 2014
<i>Carcharhinus limbatus</i>	μαυροπτέρυγος καρχαρίας (blacktip shark)	16	Keeney & Heist 2003
<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	γκρίζος υφαλοκαρχαρίας (grey reef shark)	15	Momigliano <i>et al.</i> 2014
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	σταχτοκαρχαρίας (sandbar shark)	3 5	Heist & Gold 1999 Portnoy <i>et al.</i> 2006
<i>Carcharhinus sorrah</i>	καρχαρίας (spot-tail shark)	12	Ovenden <i>et al.</i> 2006
<i>Carcharhinus tilstoni</i>	μαυροπτέρυγος (Australian blacktip shark)	9	Ovenden <i>et al.</i> 2006
<i>Galeorhinus galeus</i>	δοντάς, δροσίτης ή σκυλογαλέος (tope shark)	13	Chabot & Nigenda 2011
<i>Mustelus antarcticus</i>	γαλέος (gummy shark)	12	Boomer & Stow 2010
<i>Mustelus canis</i>	γαλέος (dusky smoothhound shark)	15	Giresi <i>et al.</i> 2011b
<i>Mustelus henlei</i>	γαλέος (brown smoothhound shark)	11	Chabot 2012
<i>Negaprion brevirostris</i>	κίτρινος καρχαρίας (lemon shark)	4, 3	Feldheim <i>et al.</i> 2001a; b
<i>Prionace glauca</i>	γαλάζιος καρχαρίας ή γλαυκοκαρχαρίας (blue shark)	10 15 12	Fitzpatrick <i>et al.</i> 2011 Mendonça <i>et al.</i> 2012 Taguchi <i>et al.</i> 2013
<i>Scyliorhinus canicula</i>	γάτος, κατσουλίνι ή σκυλόψαρο (small-spotted catshark)	17	Griffiths <i>et al.</i> 2011b
<i>Sphyrna lewini</i>	κτενοζύγαινα ή σφυροκέφαλος (scalloped hammerhead)	15	Nance <i>et al.</i> 2009
<i>Sphyrna tiburo</i>	σφυροκέφαλος (bonnethead shark)	3 22	Chapman <i>et al.</i> 2004 Price <i>et al.</i> 2014
Τάξη: Hexanchiformes (frill & cow sharks)			
<i>Hexanchus griseus</i>	εξακαρχαρίας (bluntnose sixgill shark)	14	Larson <i>et al.</i> 2009
Τάξη: Squaliformes (dogfish sharks)			
<i>Centroscyllium coelolepis</i>	κεντροσκύμνος (portuguese dogfish)	10	Verissimo <i>et al.</i> 2011b
<i>Centroselachus crepidater</i>	κεντροσκύμνος (longnose velvet dogfish)	7	Helyar <i>et al.</i> 2011
<i>Squalus acanthias</i>	κεντρόνι ή στικτοκεντρόνι (spiny dogfish)	8 4	McCauley <i>et al.</i> 2004 Verissimo <i>et al.</i> 2010
<i>Squalus mitsukurii</i>	κεντρόνι (shortspine spurdog)	6	Daly-Engel <i>et al.</i> 2010
Τάξη: Orectolobiformes (carpet sharks)			
<i>Chiloscyllium plagiosum</i>	καρχαρίας μπαμπού (whitespotted bamboo shark)	12	Ding <i>et al.</i> 2009
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	καρχαρίας τροφός (nurse shark)	9	Heist <i>et al.</i> 2003
<i>Rhincodon typus</i>	φαλινοκαρχαρίας (whale shark)	9	Ramírez-Macías <i>et al.</i> 2009
<i>Stegostoma fasciatum</i>	καρχαρίας ζέβρα (zebra shark)	14	Dudgeon <i>et al.</i> 2006
Τάξη: Lamniformes (mackerel sharks)			
<i>Carcharias taurus</i>	ταυροκαρχαρίας (sand tiger shark)	8 5	Feldheim <i>et al.</i> 2007 O'Leary <i>et al.</i> 2013
<i>Carcharodon carcharias</i>	λευκός καρχαρίας ή μέγαςλευκος (white shark)	5 10	Pardini <i>et al.</i> 2000 O'Leary <i>et al.</i> 2013
<i>Isurus oxyrinchus</i>	οξύρρηγος ή ρηγγοκαρχαρίας (shortfin mako)	5	Schrey & Heist 2002
Τάξη: Pristiformes (sawfishes)			
<i>Pristis pectinata</i>	μικρόδοντο πριονόψαρο (smalltooth sawfish)	11	Feldheim <i>et al.</i> 2010
Τάξη: Myliobatiformes (stingrays)			
<i>Aetobatus flagellum</i>	μακρυκέφαλος αετόβατος (longheaded eagle ray)	8	Yagishita & Yamaguchi 2009
<i>Aetobatus narinari</i>	κηλιδοαετόβατος (spotted eagle ray)	10	Sellas <i>et al.</i> 2011
<i>Manta alfredi</i>	σαλάχι μάντα (alfred manta)	10	Kashiwagi <i>et al.</i> 2012
Τάξη: Rajiformes (skates & rays)			
<i>Leucoraja erinacea</i>	μικρό σαλάχι (little skate)	13	El Nagar <i>et al.</i> 2010
<i>Raja clavata</i>	ράγια, ράσα ή καλκανόβατος (thornback ray)	5	Chevolot <i>et al.</i> 2005

Επίπεδα πληθυσμιακής γενετικής διαφοροποίησης Χονδριχθύων

Ο βαθμός της ενδοειδικής γενετικής ετερογένειας των Χονδριχθύων σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ικανότητα μετακίνησής τους, η οποία εξαρτάται από το μέγιστο μέγεθος στο οποίο φτάνουν και το ενδιαίτημα όπου συχνάζουν. Καθώς, επίσης, δεν διαθέτουν πελαγικές προνύμφες, η διασπορά τους εξαρτάται από τη συμπεριφορά των ενεργών κολυμβητών και μεγεθύνεται στα μεγαλόσωμα, πελαγικά και ωκεανόδρομα είδη (Musick *et al.* 2004).

Για παράδειγμα, χαμηλά επίπεδα γενετικής διαφοροποίησης βρέθηκαν μεταξύ πληθυσμών μεγάλων, μεταναστευτικών ειδών με παγκόσμια γεωγραφική εξάπλωση, όπως του οξύρρυγχου καρχαρία *Isurus oxyrinchus* (Schrey & Heist 2003), του σαπουνά *Cetorhinus maximus* (Hoelzel *et al.* 2006), του γαλάζιου καρχαρία *Prionace glauca* (Ovenden *et al.* 2009) και του λείου καρχαρία *Carcharhinus falciiformis* (Galván-Tirado *et al.* 2013).

Αντίθετα, υψηλός βαθμός γενετικής διαφοροποίησης βρέθηκε μεταξύ πληθυσμών βενθικών ειδών με μικρότερη ικανότητα μετακίνησης και περιορισμένη γεωγραφική εξάπλωση, όπως του καρχαρία άγγελου *Squatina californica* (Gaida 1997), του λευκοπτέρυγου υφαλοκαρχαρία *Triaenodon obesus* (Whitney *et al.* 2012), του καρχαρία λεοπάρδαλη *Triakis semifasciata* (Lewallen *et al.* 2007), του τροφού *Ginglymostoma cirratum* (Karl *et al.* 2012), του καρχαρία ζέβρα *Stegostoma fasciatum* (Dudgeon *et al.* 2009) και του ρινόβατου *Rhinobatos productus* (Sandoval-Castillo *et al.* 2004).

Βέβαια, υψηλά επίπεδα διαπληθυσμιακής διαφοροποίησης παρατηρήθηκαν ακόμα και σε ιδιαίτερα μεταναστευτικά είδη με παγκόσμια γεωγραφική εξάπλωση. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε είτε στο φαινόμενο της φιλοπατρίας, όπως στον ταυροκαρχαρία *Carcharhinus leucas* (Tillett *et al.* 2012a), στο μαυροπτέρυγο καρχαρία *Carcharhinus limbatus* (Sodré *et al.* 2012), στο σταχτοκαρχαρία *Carcharhinus plumbeus* (Portnoy *et al.* 2010), στο λευκό καρχαρία *Carcharodon carcharias* (Blower *et al.* 2012) και στην κτενοζύγαινα *Sphyrna lewini* (Daly-Engel *et al.* 2012), ή σε περιβαλλοντικούς φραγμούς, όπως στον ταυροκαρχαρία *Carcharias taurus* (Ahonen *et al.* 2009), στο δοντά *Galeorhinus galeus* (Chabot & Allen 2009) και στο κεντρόνι *Squalus acanthias* (Veríssimo *et al.* 2010).

Διαπιστώνεται ότι οι πληθυσμιακές γενετικές μελέτες Χονδριχθύων έχουν επικεντρωθεί περισσότερο σε είδη με παγκόσμια εξάπλωση και μεγάλη ικανότητα μετακίνησης από ό,τι σε είδη με περιορισμένη κατανομή και κινητικότητα (Πίνακας 7.1). Επιπρόσθετα, είδη που εμφανίζουν την τυπική Ατλαντο-Μεσογειακή κατανομή δεν έχουν μελετηθεί ως προς τη γενετική τους δομή, με εξαίρεση τον καλκανόβατο *Raja clavata* (Chevolot *et al.* 2006) και το σαλάχι *Dipturus oxyrinchus* (Griffiths *et al.* 2011a).

7.1.4 Σκοπός παρούσας μελέτης

Παράκτια, βενθικά και μικρόσωμα είδη Χονδριχθών, όπως ο γάτος *Scyliorhinus canicula* και το γκριζοκεντρόνι *Squalus blainville*, αναμένεται να παρουσιάσουν έντονη διαπληθυσμιακή διαφοροποίηση, ιδιαίτερα σε περιοχές με πολύπλοκη γεωμορφολογία σαν τη Μεσόγειο. Ωστόσο, οι Chevolut *et al.* (2006) έδειξαν ότι οι πληθυσμοί της ράγιας *Raja clavata* από διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου σχηματίζουν ένα ενιαίο γενετικό απόθεμα, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για ένα παρομοίως βενθικό και μικρού μεγέθους είδος.

Προηγούμενες προσπάθειες για τον καθορισμό των πληθυσμιακών αποθεμάτων του είδους *Scyliorhinus canicula* βασίστηκαν στη μελέτη της χωρικής ποικιλότητας φυσικών δεικτών. Διαφορετικά είδη νηματώδων παρασίτων αναγνωρίστηκαν σε άτομα προερχόμενα από τις ακτές της νότιας Αγγλίας και της Ουαλίας (Moore 2001), ενώ διαφορετικά επίπεδα Hg προσδιορίστηκαν σε άτομα από διαφορετικές περιοχές της Θάλασσας της Ιρλανδίας (Leah *et al.* 1991a; b), προτείνοντας σε κάθε περίπτωση την παρουσία τοπικών πληθυσμών. Επίσης, η αύξηση του μέγιστου μήκους σώματος (π.χ. Leloup & Olivereau 1951) και του μήκους ωρίμασης (π.χ. Kousteni *et al.* 2010) του είδους από τη Μεσόγειο στον Ατλαντικό, ήταν ενδεικτική της παρουσίας διακριτών αποθεμάτων σε αυτές τις περιοχές. Τέλος, μελέτες μαρκαρίσματος έδειξαν ότι το είδος εκτελεί περιορισμένες μετακινήσεις στο Βισκαϊκό κόλπο όπου σχηματίζει έναν πληθυσμό (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998; 2004).

Η πληθυσμιακή δομή και διαφοροποίηση των εξεταζόμενων ειδών δεν έχει μελετηθεί σε μοριακό επίπεδο, ενώ γενετικές μελέτες διαφορετικής θεματικής έχουν πραγματοποιηθεί μόνο για το *Scyliorhinus canicula* και αφορούν είτε στην πολλαπλή πατρότητα (Griffiths *et al.* 2011c) ή στη γονιδιακή έκφραση (π.χ. Coolen *et al.* 2009, Oulion *et al.* 2010).

Στην παρούσα μελέτη, μελετήθηκε η γενετική ποικιλότητα των φυσικών πληθυσμών των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* και διερευνήθηκε η παρουσία γεωγραφικών προτύπων διαφοροποίησής της κυρίως στη Μεσόγειο Θάλασσα. Για το σκοπό αυτό, άτομα προερχόμενα από διαφορετικές περιοχές της ανατολικής (Ελληνικές Θάλασσες) και της δυτικής Μεσογείου (Αλγερία και Βαλεαρίδες) αλληλουχίστηκαν ως προς την υπομονάδα I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης του μιτοχονδριακού DNA και γονοτυπήθηκαν σε μικροδορυφορικούς τόπους του πυρηνικού DNA. Για τις αναλύσεις του μιτοχονδριακού DNA ανακτήθηκαν επιπλέον δημόσιες αλληλουχίες. Επίσης, έγινε προσπάθεια να ερμηνευτούν τα σύγχρονα φυλογεωγραφικά πρότυπα των ειδών και διερευνήθηκε η ιστορική τους δημογραφία. Τέλος, συζητήθηκε η πρακτική εφαρμογή των ευρημάτων για τη διαχείριση των φυσικών πληθυσμών τους.

7.2 Υλικά και Μέθοδοι

7.2.1 Συλλογή δειγμάτων

Δείγματα πτερυγίων (περίπου 1 cm²) τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σωληνάκια (eppendorfs) όγκου 2 ml και διατηρήθηκαν σε διάλυμα αιθανόλης 95% στους 4 °C μέχρι την εξαγωγή του ολικού γενωμικού DNA. Η διατήρηση ιστών σε αιθανόλη είναι μια οικονομική μέθοδος που εξασφαλίζει την εύκολη μεταφορά των δειγμάτων και επιτρέπει τη δίχως ιδιαίτερα προβλήματα εξαγωγή γενετικού υλικού (Kilpatrick 2002).

7.2.2 Εξαγωγή ολικού γενωμικού DNA

Η εξαγωγή του DNA έγινε από περίπου 25 mg δείγματος πτερυγίου σύμφωνα με το πρωτόκολλο των Miller *et al.* (1988) με ορισμένες τροποποιήσεις:

- Τεμαχισμός δειγμάτων και τοποθέτηση σε πλαστικά σωληνάκια όγκου 1.500 μl
- Τοποθέτηση των πλαστικών σωλήνων με ανοιχτά καπάκια σε κλίβανο σταθερής θερμοκρασίας (37 °C) για περίπου 60 min για να εξατμιστεί η αιθανόλη
- Προσθήκη σε κάθε δείγμα: (α) 700 μl διαλύματος EDTA 0,1 M, Tris-HCl 0,05 M pH 8 και NaCl 0,35 M που εμποδίζει τη δράση των νουκλεασών, (β) 87,5 μl διαλύματος SDS (10% w/v) για την κυτταρική λύση και την απελευθέρωση της χρωματίνης, και (γ) 6–10 μl πρωτεΐνης K (20 mg/ml) για τη διάσπαση των πρωτεϊνών
- Ήπια, χειροκίνητη ανάδευση
- Επάωση δειγμάτων σε υδατόλουτρο (55 °C) για 5 h ή καθ' όλη τη νύχτα
- Ήπια, χειροκίνητη ανάδευση
- Προσθήκη σε κάθε δείγμα 210 μl διαλύματος άλατος (NaCl) για τον καθαρισμό των δειγμάτων από τις πρωτεΐνες και άλλα συστατικά που μπορεί να δράσουν ανασταλτικά στον πολλαπλασιασμό του επιθυμητού τμήματος DNA
- Ανάδευση με vortex σε μέτρια ταχύτητα για 10 min
- Φυγοκέντρηση σε μέγιστη ταχύτητα (13.000 rpm) για 30 min στους 4 °C για το διαχωρισμό του καθαρού DNA από το πρωτεϊνικό ίζημα
- Μεταφορά υπερκείμενου διαλύματος (καθαρό DNA όγκου 1.000 μl) σε καθαρό πλαστικό σωληνάκι όγκου 2.000 μl
- Προσθήκη ίσου όγκου (1.000 μl) παγωμένης ισοπροπανόλης

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

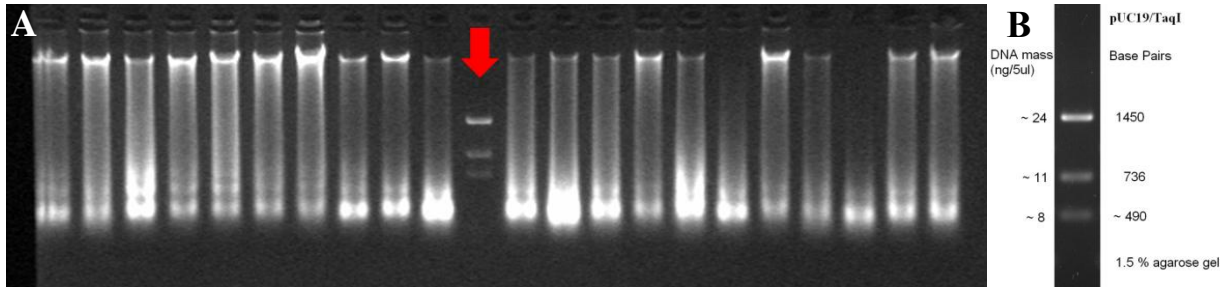
- Ήπια, χειροκίνητη ανάδευση για να προκληθεί καταβύθιση του DNA
- Επώαση δειγμάτων για τουλάχιστον 60 min στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Φυγοκέντρηση (13.000 rpm) για 20 min στους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ για να σχηματιστεί η πελέτα DNA
- Άμεση απομάκρυνση του υπερκείμενου διαλύματος ισοπροπανόλης
- Προσθήκη σε κάθε δείγμα 500 μl παγωμένης αιθανόλης 70%
- Φυγοκέντρηση (13.000 rpm) για 10 min στους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα άλατος
- Απομάκρυνση υπερκείμενου διαλύματος αιθανόλης
- Παραμονή δειγμάτων για 15–20 h σε θερμοκρασία δωματίου ή για 4–5 h σε κλίβανο σταθερής θερμοκρασίας ($37\text{ }^{\circ}\text{C}$) για να εξατμιστεί η αιθανόλη
- Επαναδιάλυση της πελέτας DNA κάθε δείγματος σε 100 μl κατάλληλου ρυθμιστικού διαλύματος 1x TE (Tris-HCl 0,01 M pH 7,5, EDTA 0,001 M)
- Τοποθέτηση δειγμάτων στους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (για προσωρινή φύλαξη) ή στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (για φύλαξη μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος)

7.2.3 Ποσοτικοποίηση ολικού γενωμικού DNA

Η ποσοτικοποίηση του ολικού γενωμικού DNA πραγματοποιήθηκε με ταυτόχρονη ηλεκτροφόρηση 2 μl από κάθε δείγμα DNA και 4–5 μl ενός μάρτυρα (ladder pUK19/TaqI) γνωστού μήκους θραυσμάτων. Η ηλεκτροφόρηση πραγματοποιήθηκε σε πήκτωμα αγαρόζης (1% w/v), το οποίο περιείχε 3–4 μl βρωμιούχου αιθιδίου (EtBr 0,5 $\mu\text{g}/\text{ml}$) ανά 100 ml, εντός ρυθμιστικού διαλύματος 1x TAE και διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα τάσης 90 V για 45 min. Το EtBr είναι μια φθορίζουσα χρωστική που δεσμεύεται στο DNA σε ποσότητα ανάλογη με τη συγκέντρωσή του και το καθιστά ορατό σε υπεριώδες φως.

Ακολούθησε η έκθεση του πηκτώματος σε υπεριώδες φως (Εικόνα 7.3) και η σύγκριση μεταξύ των ζωνών φθορισμού του DNA των δειγμάτων και του μάρτυρα ως προς το μέγεθος και την ένταση. Η παρουσία ασθενών ζωνών ή η απουσία φθορισμού ήταν ενδεικτική της ανεπιτυχούς εξαγωγής DNA, ενώ η παρουσία μεγάλης έκτασης φθορίζουσών περιοχών (smears) ήταν ενδεικτική της παρουσίας ανεπιθύμητων συστατικών.

Η ποσοτικοποίηση του γενετικού υλικού είναι μια απαραίτητη διαδικασία, γιατί οι πολύ μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις του μπορούν να αναστείλουν τον πολλαπλασιασμό του επιθυμητού προϊόντος. Για το λόγο αυτό, αφού ολοκληρώθηκε η ποσοτικοποίηση όλων των δειγμάτων DNA, προετοιμάστηκαν κατάλληλα οι αραιώσεις τους με αποστειρωμένο ddH₂O, ενώ όπου κρίθηκε απαραίτητο επαναλήφθηκε η εξαγωγή του DNA.



Εικόνα 7.3 Φωτογραφία ηκτώματος αгарόζης έπειτα από ηλεκτροφόρηση απομονωμένου DNA από δείγματα περυγίων του είδους *S. canicula* και έκθεση σε υπεριώδες φως. Το κόκκινο βέλος υποδεικνύει τη θέση όπου «έτρεξε» ο μάρτυρας (A); Μάρτυρας που χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση του απομονωμένου DNA (B)

Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (Polymerase Chain Reaction, PCR)

Πρόκειται για μια *in vitro* μέθοδο που επιτρέπει τον πολλαπλασιασμό συγκεκριμένης αλληλουχίας DNA σε πολλά αντίγραφα από ελάχιστη αρχική ποσότητα DNA εκμαγείου (Saiki *et al.* 1988). Το όνομα της μεθόδου αποδίδεται στο γεγονός ότι επιτυγχάνει τη διαδοχική παραγωγή πολυάριθμων μορίων DNA με τη βοήθεια της DNA πολυμεράσης. Η τεχνική PCR εφευρέθηκε από τον Kary Mullis (Mullis & Faloona 1987) για την οποία τιμήθηκε με βραβείο Νόμπελ Χημείας το 1993.

Η PCR πραγματοποιείται σε αυτόματο θερμικό κυκλοποιητή (thermal cycler). Στηρίζεται στη συνεχή επανάληψη ενός κύκλου που λαμβάνει χώρα σε τρία στάδια, σε καθένα από τα οποία γίνεται επώαση του δείγματος σε διαφορετική θερμοκρασία.

Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται η αποδιάταξη (denaturation) του δίκλωνου DNA εκμαγείου σε θερμοκρασία 93–95 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία σπάνε οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων, η δίκλωνη έλικα του DNA αποδιατάσσεται και σχηματίζονται δύο μονόκλωνες αλυσίδες στις οποίες θα συνδεθούν τα ολιγονουκλεοτίδια έναρξης (εκκινητές ή primers). Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η υβριδοποίηση (annealing) των εκκινητών στις συμπληρωματικές ακολουθίες του αποδιατεταγμένου DNA σε θερμοκρασία 37–60 °C. Στο τρίτο στάδιο γίνεται η επιμήκυνση (extension) των εκκινητών σε θερμοκρασία 72 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία και με τη βοήθεια ενός ενζύμου (*Taq* πολυμεράση) πραγματοποιείται με συμπληρωματικό τρόπο η προσθήκη των βάσεων των τριφωσφορικών δεοξυριβονουκλεοτιδίων (deoxyriboNucleoside-TriPhosphates, ddNTPs) στο 3' άκρο των εκκινητών και επιτυγχάνεται η σύνθεση μιας αλυσίδας DNA συμπληρωματικής προς την αλυσίδα-μήτρα. Στο τέλος του τρίτου σταδίου ολοκληρώνεται ο πρώτος κύκλος της PCR κατά τον οποίο από την αρχική δίκλωνη αλυσίδα του DNA δημιουργούνται *de novo* δύο θυγατρικές δίκλωνες αλυσίδες DNA.

Συνήθως, μια αντίδραση PCR ολοκληρώνεται σε 35 κύκλους, οι οποίοι είναι αρκετοί για να δημιουργήσουν 68 δισεκατομμύρια πιστά αντίγραφα του αρχικού δίκλωνου DNA εκμαγείου, γεγονός που αποδίδεται στην εκθετική αύξηση του αριθμού των αντιγράφων (Freeland 2005).

7.2.4 Πολλαπλασιασμός της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης

Η ενίσχυση της περιοχής του mtDNA που κωδικοποιεί για την υπομονάδα I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης (738 bp) πραγματοποιήθηκε μέσω της PCR χρησιμοποιώντας τους γενικευμένους εκκινητές FishF2_t1 και FishR2_t1 (Messing 1983, Ward *et al.* 2005, Ivanova *et al.* 2007). Οι αντιδράσεις PCR έγιναν στο θερμικό κυκλοποιητή T100 (Biorad). Τα αντιδραστήρια, οι εκκινητές και οι βέλτιστες συνθήκες της αντίδρασης PCR ήταν κοινά για τα υπό μελέτη είδη και παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.3, 7.4 και 7.5, αντίστοιχα..

Πίνακας 7.3 Βέλτιστη συγκέντρωση, όγκος και ρόλος των αντιδραστηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για τον πολλαπλασιασμό του γονιδίου COI (mtDNA) στα υπό μελέτη είδη

Αντιδραστήριο	Συγκέντρωση	Όγκος (μl)	Ρόλος
Τρεχαλόζη	10% w/v	5	Μειώνει τη θερμοκρασία τήξης του DNA και θερμοσταθεροποιεί την <i>Taq</i> πολυμεράση, διευκολύνοντας την PCR (Spiess <i>et al.</i> 2004).
Ρυθμιστικό διάλυμα	10x	1	Ευνοεί τη δράση της <i>Taq</i> πολυμεράσης.
MgCl ₂	2,5 mM	0,5	Παρέχει ιόντα Mg ⁺² , τα οποία δρουν ως συνένζυμο της DNA πολυμεράσης. Επηρεάζουν την αποδιάταξη του DNA, την πρόσδεση των εκκινητών και τη δημιουργία διμερών από τους εκκινητές. Σε υψηλή συγκέντρωση Mg ⁺² οι εκκινητές μπορεί να προσδεθούν σε μη-ομόλογα τμήματα του DNA και να παραχθούν προϊόντα που δεν αντιστοιχούν στην αλληλουχία-στόχο. Σε χαμηλή συγκέντρωσή Mg ⁺² μειώνεται η απόδοση της αντίδρασης (Williams 1989).
dNTPs	10 mM	0,2	5' τριφωσφορικά δεοξυριβονουκλεοτίδια και των τεσσάρων αζωτούχων βάσεων που χρησιμοποιούνται σε ισομοριακές συγκεντρώσεις για τη σύνθεση των νέων αλυσίδων του DNA (Oste 1988).
FishF2_t1	10 μM	0,15	Καθορίζουν το σημείο έναρξης της <i>in vitro</i> σύνθεσης του DNA και οριοθετούν τα άκρα του τελικού προϊόντος. Το σύνθηρες μήκος τους είναι 15–20 bp (Oste 1988).
FishR2_t1	10 μM	0,15	
DNA εκμαγείο	10–100 ng/μl	1	Περιλαμβάνει την αλληλουχία στόχο.
<i>Taq</i> DNA πολυμεράση	0,5 U	0,1	Απομονώθηκε από το βακτήριο <i>Thermus aquaticus</i> . Συμβάλλει στην παρατεταμένη επώαση του δείγματος σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με σκοπό τη σύνθεση των νέων αλυσίδων του DNA. Επειδή είναι ανθεκτική στις υψηλές θερμοκρασίες, προστίθεται μόνο μια φορά στην αρχή της αντίδρασης PCR (Saiki <i>et al.</i> 1988).
Αποστειρωμένο ddH ₂ O		1,9	Συμπληρώνει τον όγκο της αντίδρασης
Συνολικός όγκος αντίδρασης		10	

Πίνακας 7.4 Όνομα και αλληλουχία των εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν για τον πολλαπλασιασμό του γονιδίου COI (mtDNA) στα υπό μελέτη είδη

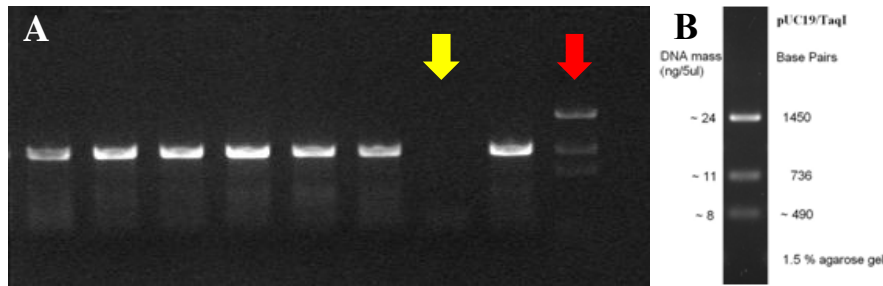
Εκκινητής	Αλληλουχία (5'→3')	Αναφορά
FishF2_t1	tgtaaacgacggccagTCGACTAATCATAAAGATATCGGCAC	Ward <i>et al.</i> 2005,
FishR2_t1	caggaaacagctatgacACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA	Ivanova <i>et al.</i> 2007
M13F	tgtaaacgacggccag	Messing 1983
M13R	caggaaacagctatgac	

Πίνακας 7.5 Βέλτιστες συνθήκες της αντίδρασης PCR που χρησιμοποιήθηκαν για τον πολλαπλασιασμό του γονιδίου COI (mtDNA) στα υπό μελέτη είδη

Στάδια PCR	Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (s)	Κύκλοι
Αρχική αποδιάταξη (Initial denaturation)	95	120	1
Αποδιάταξη (Denaturation)	94	30	35
Σύνδεση εκκινητών (Annealing)	51	45	
Επιμήκυνση (Extension)	72	45	
Τελική επιμήκυνση (Final extension)	72	600	1

Ορισμένος όγκος (2 µl) των προϊόντων της αντίδρασης PCR ηλεκτροφορήθηκε για να εκτιμηθεί το μέγεθος (bp), η ποσότητα και ποιότητά τους (Εικόνα 7.4). Ακολούθησε ο καθαρισμός του εναπομείναντος όγκου (8 µl) μόνο εκείνων των προϊόντων που αντιπροσωπεύονταν από έντονες ζώνες φθορισμού, για να απομακρυνθούν τα κατάλοιπα ουσιών που απέμειναν κατά την απομόνωση του DNA ή την αντίδραση PCR. Ο καθαρισμός των προϊόντων έγινε μέσω κατακρήμνισης με αιθανόλη σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα:

- Προσθήκη σε κάθε δείγμα 19,2 µl διαλύματος που περιέχει 0,8 µl CH₃COONa (3 M, pH 4,6) και 18,4 µl EtOH (99%), και ανάδευση με vortex σε μέτρια ταχύτητα για 10 s
- Παραμονή δειγμάτων σε πάγο για 20–30 min
- Φυγοκέντρηση (3.700 rpm) για 30–45 min στους 4 °C
- Ανάποδη φυγοκέντρηση (500 rpm) για 15 s πάνω σε διηθητικό χαρτί
- Προσθήκη 70 µl αιθανόλης 70% (θερμοκρασίας δωματίου)
- Ανάδευση με vortex σε μέτρια ταχύτητα για 10 s
- Φυγοκέντρηση (3.700 rpm) για 20 min στους 4 °C
- Ανάποδη φυγοκέντρηση (500 rpm) για 15 s πάνω σε διηθητικό χαρτί
- Ξήρανση δειγμάτων για 30–40 min σε κλίβανο σταθερής θερμοκρασίας (37 °C)
- Προσθήκη 10 µl αποστειρωμένου ddH₂O
- Τοποθέτηση δειγμάτων στους 4 °C (για προσωρινή φύλαξη) ή στους -20 °C (για φύλαξη μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος)



Εικόνα 7.4 Φωτογραφία πηκτώματος αгарόζης έπειτα από την ηλεκτροφόρηση των προϊόντων ενίσχυσης του γονιδίου COI (mtDNA) στο είδος *S. canicula* και έκθεση σε υπεριώδες φως. Το κόκκινο βέλος υποδεικνύει τη θέση όπου «έτρεξε» ο μάρτυρας και το κίτρινο βέλος υποδεικνύει τη θέση όπου «έτρεξε» ένα τυφλό δείγμα για τον έλεγχο πιθανών επιμολύνσεων (A); Μάρτυρας που χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση των προϊόντων της αντίδρασης PCR (B)

Ακολούθησε η ηλεκτροφόρηση όλων των καθαρισμένων προϊόντων για να επιλεγθούν τα καλύτερα ως προς την ένταση φθορισμού και την καθαρότητα. Επειδή σε αυτό το στάδιο κρίθηκε απαραίτητη η ποσοτικοποίηση του DNA με μεγαλύτερη ακρίβεια, χρησιμοποιήθηκε ο μάρτυρας Nippon κλιμακούμενου βήματος 100 bp (Nippon Genetics Europe).

7.2.5 Προσδιορισμός της αλληλουχίας της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής c οξειδάσης

Για τον προσδιορισμό της αλληλουχίας στόχου πραγματοποιήθηκε η αντίδραση αλληλούχισης μέσω μιας τροποποιημένης αντίδρασης PCR σύμφωνα με τη μέθοδο των «διδεοξυαναλόγων» που βασίζεται στη χρήση των τριφωσφορικών διδεοξυριβομουκλεοτιδών (dideoxyriboNucleoside-TriPhosphates, ddNTPs) (Sanger *et al.* 1977). Στην αντίδραση αλληλούχισης η δίκλωνη αλυσίδα του DNA αναδιατάσσεται και δημιουργούνται δύο μονόκλωνα μόρια. Κάθε μονόκλωνο μόριο λειτουργεί ως εκμαγείο για τη δημιουργία του συμπληρωματικού αντιγράφου του με τη συμμετοχή μιας εξειδικευμένης *Taq* DNA πολυμεράσης (Big Dye), ενός εκκινητή που χρησιμοποιήθηκε στην αρχική αντίδραση PCR και τεσσάρων τροποποιημένων νουκλεοτιδίων (ddATP, ddTTP, ddCTP, ddGTP), κάθε ένα από τα οποία έχει σημανθεί με διαφορετική φθορίζουσα χρωστική, οπότε και εκπέμπει σε διαφορετικό μήκος κύματος. Η αλληλούχιση εκμεταλλεύεται τη διαφορετική χρώση των τεσσάρων ddNTPs και γίνεται σε μια αντίδραση αντί για τέσσερις, κατά την οποία όταν αντί των dNTPs, τα οποία βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση, ενσωματωθεί στη νεοσυντιθέμενη πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα ένα διδεοξυανάλογο (ddNTP), προκαλείται πρόωρος τερματισμός στη σύνθεσή της (τα ddNTPs είναι απαλλαγμένα από την ομάδα 3'-OH, η οποία είναι απαραίτητη για την προσθήκη νέου νουκλεοτιδίου) (Hamilton 2009).

Η αντίδραση αλληλούχισης πραγματοποιήθηκε στο θερμικό κυκλοποιητή T100 (Biorad) με τη χρήση της σειράς αντιδραστηρίων BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit

v.3.1 (Applied Biosystems) που περιλαμβάνει την DNA πολυμεράση και τα σεσημασμένα ddNTPs. Η αντίδραση αλληλούχισης έγινε σε τελικό όγκο 6 µl και περιελάμβανε: 0,3 µl Big Dye, 0,096 µl εκκινητή (10 µM), 1,05 µl 5x Big Dye buffer, 10–20 ng DNA. Ο υπολειπόμενος όγκος της αντίδρασης συμπληρώθηκε με αποστειρωμένο/δισ αποσταγμένο νερό (ddH₂O). Από τους εκκινητές που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχική αντίδραση PCR, επιλέχθηκε ο πρόσθιος F (Forward) και όπου κρίθηκε αναγκαίο και ο ανάστροφος R (Reverse). Οι συνθήκες της αντίδρασης αλληλούχισης ήταν κοινές για τα υπό μελέτη είδη (Πίνακας 7.6). Η μετάβαση από τη μια θερμοκρασία στην άλλη έγινε με ρυθμό 1 °C/sec.

Πίνακας 7.6 Βέλτιστες συνθήκες της αντίδρασης αλληλούχισης (cycle sequencing) του γονιδίου COI (mtDNA) στα υπό μελέτη είδη

Στάδια PCR	Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (s)	Κύκλοι
Αρχική αποδιάταξη (Initial denaturation)	96	180	1
Αποδιάταξη (Denaturation)	96	20	40
Σύνδεση εκκινητών (Annealing)	55	15	
Επιμήκυνση (Extension)	60	240	
Τελική επιμήκυνση (Final extension)	4	∞	1

Τα προϊόντα της αντίδρασης αλληλούχισης καθαρίστηκαν από τα μη ενσωματωμένα ddNTPs μέσω κατακρήμνισης με αιθανόλη σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα:

- Προετοιμασία διαλύματος που περιέχει 0,06 µl EDTA (0,5 M), 0,12 µl CH₃COONa (3 M, pH 4,6) και 14,4 µl αιθανόλης (100%). Μεταφορά δειγμάτων σε πλάκα ABI. Προσθήκη 14,58 µl του διαλύματος σε κάθε δείγμα
- Ανάδευση με vortex σε μέτρια ταχύτητα για 10 s
- Παραμονή δειγμάτων για 20 min στο σκοτάδι
- Φυγοκέντρηση (3.700 rpm) για 35 min στους 4 °C
- Ανάποδη φυγοκέντρηση (800 rpm) πάνω σε διηθητικό χαρτί για 10 s
- Προσθήκη 50 µl αιθανόλης 70% (θερμοκρασίας δωματίου)
- Ανάδευση με vortex σε μέτρια ταχύτητα για 10 s
- Φυγοκέντρηση (3.700 rpm) για 15 min στους 4°C
- Ανάποδη φυγοκέντρηση (800 rpm) πάνω σε διηθητικό χαρτί για 30 s
- Ξήρανση δειγμάτων για 30–40 min σε κλίβανο σταθερής θερμοκρασίας (37 °C)
- Τοποθέτηση δειγμάτων στους 4 °C ή στους -20 °C στο σκοτάδι

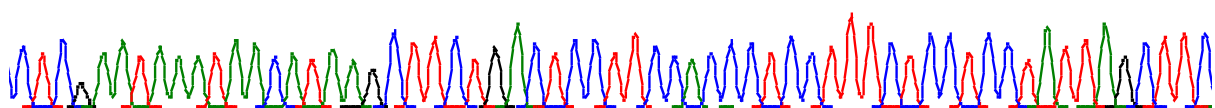
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Τελικά, κάθε προϊόν διαλύθηκε σε 10 μl φορμαμίδιου υψηλής καθαρότητας (HiDi formamide), αποδιατάχτηκε για 7 min με θέρμανση στους 95 °C και απότομη ψύξη στο θερμικό κυκλοποιητή T100 (Biorad), και ηλεκτροφορήθηκε στον αυτόματο αναλυτή αλληλουχιών (sequencer) ABI 3700 (Applied Biosystems). Εκεί, η ηλεκτροφορητική εικόνα αποτυπώνεται με τη βοήθεια δέσμης λέιζερ και η αλληλουχία των βάσεων καταγράφεται ως χρωματογράφημα, δηλαδή ως σύνολο έγχρωμων ηλεκτροφορητικών ταινιών, κάθε μια από τις οποίες υποδηλώνει την παρουσία μιας βάσης στην αλυσίδα (Εικόνα 7.5) (Hamilton 2009).

Όλα τα χρωματογραφήματα ελέγχθηκαν ποιοτικά στο πρόγραμμα BioEdit v.7.2 (Ibis Therapeutics, CA, USA) και μόνο εκείνα που εμφάνισαν ευδιάκριτες, μοναδικές, μη επικαλυπτόμενες κορυφές, καθώς και έναν ικανοποιητικά μεγάλο αριθμό βάσεων (bp) σε σχέση με το συνολικό μήκος της αλληλουχίας στόχου, συμπεριλήφθησαν στις αναλύσεις. Έπειτα, έγινε η ανάκτηση των σχετικών αλληλουχιών με τις υπό εξέταση αλληλουχίες στο διαδικτυακό πρόγραμμα BLAST (Basic Local Alignment Search Tool, Altschul *et al.* 1990), το οποίο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>. Με τον τρόπο αυτό, επιβεβαιώθηκε ότι οι υπό εξέταση αλληλουχίες προέρχονταν από το ίδιο είδος και αποκλείστηκε το ενδεχόμενο μόλυνσης των δειγμάτων από «ξένο» γενετικό υλικό.

Ακολούθησε ο οπτικός έλεγχος των αλληλουχιών βάση προς βάση στο πρόγραμμα BioEdit v.7.2. (Ibis Therapeutics) κατά τον οποίο εξαιρέθηκαν τα σημεία, όπου οι κορυφές δεν ήταν σαφείς (στην αρχή των αλληλουχιών) ή έφθιναν απότομα (στο τέλος των αλληλουχιών). Σε κάποιες περιπτώσεις ήταν απαραίτητη η επέμβαση σε σημεία κατά μήκος της αλληλουχίας για τη σωστή αντιστοίχιση της εκάστοτε βάσης με την κορυφή. Τελικά, οι υψηλής ποιότητας αλληλουχίες στοιχήθηκαν με τον αλγόριθμο CLUSTAL W (Higgins *et al.* 1994) στο πρόγραμμα MEGA v.5.1 (Kumar *et al.* 2008) για να προσδιοριστεί το μέγιστο δυνατό ομόλογο τμήμα τους, το οποίο είχε μήκος 590 bp και στα δύο είδη.

'CTCG AATAAATAACATAAGCTTCTGACTCCTTCCACCCTCCTTTCTCCTCCTATTAGCTTC
· 240 250 260 270 280 290



Εικόνα 7.5 Χρωματογράφημα ενός τμήματος της αλληλουχίας του γονιδίου COI (mtDNA) του είδους *S. blainville*. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε μια διαφορετική βάση

7.2.6 Πολλαπλασιασμός των μικροδορυφορικών τόπων

Κάθε είδος γονοτυπήθηκε αρχικά σε 12 μικροδορυφορικούς τόπους (Πίνακας 7.7). Δεδομένου του μεγάλου αριθμού δειγμάτων και προκειμένου να επιτευχθεί η ενίσχυση των τόπων με όσο το δυνατό μεγαλύτερη αξιοπιστία και επαναληψιμότητα, οι αντιδράσεις PCR πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση της σειράς αντιδραστηρίων Multiplex PCR Plus Kit (Qiagen), η οποία παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης ενίσχυσης περισσότερων τους ενός τόπου σε μόνο μια αντίδραση PCR (πολλαπλή ή multiplex PCR).

Σε πρώτη φάση έγιναν δοκιμαστικές αντιδράσεις PCR σε μικρό αριθμό (10–15) δειγμάτων από κάθε περιοχή δειγματοληψίας ανά είδος, προκειμένου να διερευνηθεί αν οι μικροδορυφορικοί τόποι ενισχύονται επιτυχώς και να καταγραφεί το εύρος των μεγεθών που αναμένεται σε καθένα από αυτούς. Με τον τρόπο αυτό, αποφασίστηκε ο αριθμός και το είδος των τόπων που θα μπορούσαν να ενισχυθούν σε μια πολλαπλή αντίδραση PCR. Ένας ακόμα στόχος των δοκιμών ήταν να βελτιστοποιηθούν οι συνθήκες της PCR (μόνο ως προς τη θερμοκρασία σύνδεσης εκκινητών, λόγω της χρήσης του kit) για να χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατό περισσότεροι τόποι υψηλής απόδοσης και επαναληψιμότητας στις γονοτυπήσεις.

Οι αντιδράσεις PCR πραγματοποιήθηκαν στο θερμικό κυκλοποιητή T100 (Biorad). Κάθε προϊόν αφού διαλύθηκε σε 10 μl φορμαμίδιου υψηλής καθαρότητας (HiDi formamide), το οποίο ανά 550 μl περιείχε 8 μl από το σεσημασμένο πρότυπο μεγέθους (size standard) GeneScan 500 LIZ (Applied Biosystems), αποδιατάχτηκε για 7 min με θέρμανση στους 95 °C και απότομη ψύξη στο θερμικό κυκλοποιητή T100 (Biorad), και ηλεκτροφορήθηκε στον αυτόματο αναλυτή αλληλουχιών (sequencer) ABI 3700 (Applied Biosystems). Τελικά, το μέγεθος των αλληλομόρφων εκτιμήθηκε από τα χρωματογραφήματα (Εικόνα 7.6) που παρήχθησαν για κάθε άτομο με τη βοήθεια του προγράμματος STRand v.2.4.59 (Veterinary Genetics Laboratory, University of California, Davis).

Οι συνθήκες και οι συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση των μικροδορυφορικών τόπων ήταν κοινές για τα υπό μελέτη είδη (Πίνακες 7.8, 7.9). Τελικά, στην περίπτωση του είδους *Scyliorhinus canicula* πραγματοποιήθηκε επιτυχώς η ενίσχυση και των 12 αρχικά επιλεγμένων μικροδορυφορικών τόπων αποκλειστικά σε μια πολλαπλή αντίδραση PCR. Αντίθετα, στο είδος *Squalus blainville* ενισχύθηκαν επιτυχώς οι 7 από τους 12 αρχικά επιλεγμένους τόπους, παρά τις προσπάθειες βελτιστοποίησης των συνθηκών της αντίδρασης PCR. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι τόποι: DFH429, DFH434, DFT289, DFU285, Saca3853, Saca6396 and SacaGA11, οι οποίοι, εξαιτίας των παραπλήσιων μεγεθών (bp) τους, ενισχύθηκαν σε δύο πολλαπλές αντιδράσεις PCR.

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Πίνακας 7.7 Όνομα, αλληλουχία, φθορίζουσα χρωστική και σύνθεση επαναλήψεων των εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση των μικροδορυφορικών τόπων στα υπό μελέτη είδη

Όνομα	Αλληλουχία 5'-3'	Σήμανση	Σύνθεση	Αναφορά
<i>Scyliorhinus canicula</i>				
Scan02	F: TGCAGCTTCGCTATCTTATGC R: AAATCTGCTGCTCGCTTCAT	TET	(TG) ₉	
Scan03	F: TGGATAATTGACAGAATCGGC R: TGCGATTGTAATAATGGACACA	FAM	(AT) ₉	
Scan04	F: ACCAAAAGATCAAGCCAGGAA R: TGTGAATGGTGCATGTTTT	HEX	(AC) ₉	
Scan06	F: GGCAGTGATTGCATTCTTGA R: CAGAAACTGTGCAGAAATCACA	FAM	(TG) ₉	
Scan09	F: GAGAATTGTTTCCCAGTGGC R: ACCTGCCAGCTCTTGAGTA	HEX	(AT) ₉	
Scan10	F: CGGTACGACCTGGATCAACT R: TTCACACGAACACTCTTGGC	TET	(TC) ₉	Griffiths <i>et al.</i> 2011b
Scan11	F: TAGCTTTTCCCGCCTAAGT R: AGCAGCTTCTCGCTCAGGTA	FAM	(GA) ₁₁ CGA(CA) ₆	
Scan12	F: GCCAGTGGCTATAACGGAAC R: TCCCACACAGTCTGTGAA	FAM	(AG) ₉	
Scan13	F: CGCCCTCCCCTAAAATAGAC R: TGAACACAAGCGAACGAAAC	HEX	(TG) ₁₁	
Scan14	F: AACCATCCTCCGCAAATAAA R: GAACAGTGCCCCAAGTTCAT	TET	(CA) ₉	
Scan15	F: TCATCATCATCACCACAGAA R: GAGCTATGCTGGCAATTCGT	FAM	(CA) ₁₅	
Scan16	F: CCGACTCCTTTGGATGTGTT R: GGACGCTCTCGTTCTTATGC	HEX	(TG) ₉	
<i>Squalus blainville</i>				
DF H429	F: GCGCACCTTACAGGGAACAGT R: GACTGGGAGCGAGAGAGAGAC	FAM	(TC) ₁₂	
DF H434	F: AGTCTTGCTGCTGTTTCTCTGCTC R: CACGTACGGGCGTGCCCGAC	FAM	(CTT) ₉	
DF J445	F: ACACTCACTCGCTCACACAAA R: TCCATTGCGGCAAACTCACT	FAM	(AC) ₁₀	
DF J451	F: CCAAAGTGAAGGAGTGAGTGACC R: TCCACTTACGTATCAATGATA	HEX	(AC) ₁₀	McCauley <i>et al.</i> 2004
DF T289	F: GGGCGTCTGTGAACGCAGAC R: ATAGTCCAGTAACATAACCTG	ROX	(TCC) ₇	
DF U273	F: CAGTCAAACACAGAAAACCT R: GAGCTGTGTTTCTGTGTGAGG	FAM	(AG) ₂ AC(AG) ₈	
DF U285	F: CTGTCCATGGTCACTTTT R: GATACTTTTGTTCAGAGC	ROX	(CT) ₁₁	
DF V296	F: TGTTACAATCAGCTGGGCAG R: CTCTGTCTCTATCTGTGCG	ROX	(AT) ₇ T(GA) ₄ CA (GA) ₂ (AT) ₇	
Saca 3853	F: GCAAGTCTTTTGTTCATTGTTGTA R: GATCTTTTATTTCCACATGAACAGG	TAMRA	(TC) ₉ GC(TC) ₂	
Saca 4234	F: CAGGGGTCAGGCTGTTTCTCC R: ACGGTGCTGGTGTAACCTTCC	TAMRA	(TG) ₁₄	Verissimo <i>et al.</i> 2010
Saca 6396	F: CCCTCCTCTCCCTTCCCG R: GCTGCTCCGCACCGTTAGATAC	HEX	(CA) ₁₉	
Saca GAll	F: TTCAAGCTCCTCACAGATTTACGGTGC R: AACACCACAACACACGAAAGCTCCTGC	FAM	(TG) ₉ C(TG)	

F (Forward), πρόσθιος; R (Reverse), ανάστροφος; FAM, μπλε χρώμα; HEX, πράσινο χρώμα; ROX, κόκκινο χρώμα; TAMRA, μαύρο χρώμα; Η φθορίζουσα χρωστική επιλέχθηκε για τον πρόσθιο εκκινητή κάθε ζεύγους. Οι εκκινητές των Griffiths *et al.* (2011b) αναπτύχθηκαν στο είδος *Scyliorhinus canicula*, ενώ οι εκκινητές των McCauley *et al.* (2004) και Verissimo *et al.* (2010) αναπτύχθηκαν στο είδος *Squalus acanthias*

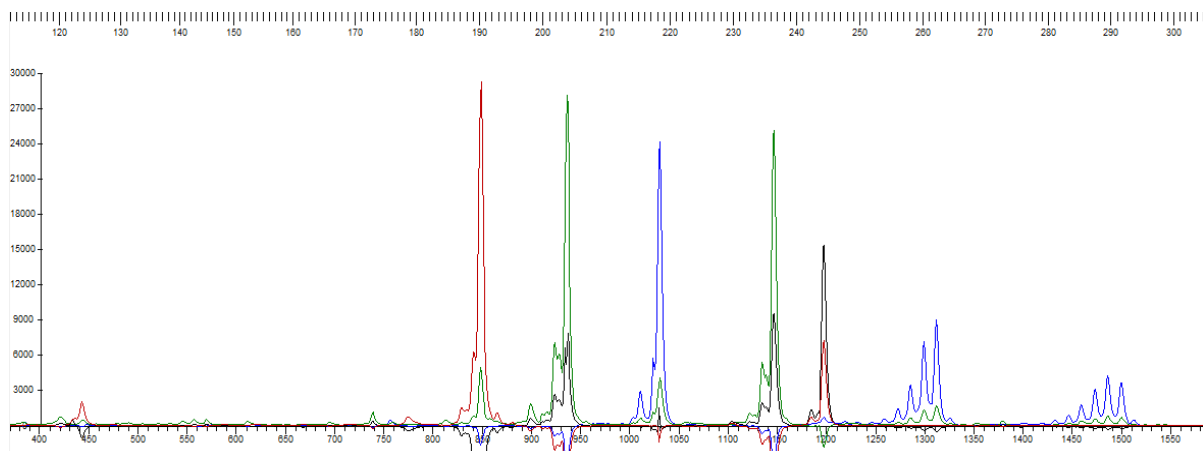
Πίνακας 7.8 Βέλτιστες συνθήκες της αντίδρασης PCR που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση των μικροδορυφορικών τόπων στα υπό μελέτη είδη

Στάδια PCR	Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (s)	Κύκλοι
Αρχική αποδιάταξη (Initial denaturation)	95	300	1
Αποδιάταξη (Denaturation)	95	30	35
Σύνδεση εκκινητών (Annealing)	60	90	
Επιμήκυνση (Extension)	72	90	
Τελική επιμήκυνση (Final extension)	68	600	1

Πίνακας 7.9 Βέλτιστη συγκέντρωση, όγκος και ρόλος των αντιδραστηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση των μικροδορυφορικών τόπων στα υπό μελέτη είδη

Αντιδραστήριο	Συγκέντρωση	Όγκος (μl)	Ρόλος
Multiplex PCR MasterMix*	2x	4,5	Περιλαμβάνει (α) μια τροποποιημένη <i>Taq</i> DNA πολυμεράση που παραμένει ανενεργή σε θερμοκρασία δωματίου παρεμποδίζοντας κατ' αυτό τον τρόπο τη δημιουργία διμερών κατά την προετοιμασία ή την αρχή της αντίδρασης PCR, και (β) ένα ρυθμιστικό διάλυμα που συμβάλλει στην ταυτόχρονη ενίσχυση πολλών γενετικών τόπων σε μια μόνο αντίδραση PCR (multiplex PCR).
Q-Solution*	5x	0,5	Βοηθάει στην ενίσχυση των «δύσκολων» γενετικών τόπων.
Μείγμα εκκινητών**	10 μM	3	Καθορίζουν το σημείο έναρξης της σύνθεσης του DNA και οριοθετούν τα άκρα του τελικού προϊόντος.
DNA εκμαγείο	10–100 ng/μl	1	Περιλαμβάνει την αλληλουχία στόχο που θα πολλαπλασιαστεί.
Συνολικός όγκος αντίδρασης		9	

*εμπεριέχονται στο QIAGEN Multiplex PCR Plus Kit; **μείγμα εκκινητών συγκέντρωσης 10 μM έκαστος και σε αναλογία 1:1



Εικόνα 7.6 Χρωματογράφημα μικροδορυφορικών τόπων που ενισχύθηκαν στο είδος *S. blainville*. Κάθε ένα από τα τέσσερα χρώματα αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό τόπο; Κόκκινο χρώμα, τόπος DFT289; Πράσινο χρώμα, τόπος DFJ451; Μπλε χρώμα, τόπος DFH434 (1 αλληλόμορφο) και τόπος SacaGA11 (2 αλληλόμορφα); Μαύρο χρώμα, τόπος Saca4234

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα κατά τη αυτοματοποιημένη στρωγγυλοποίηση του μεγέθους των αλληλομόρφων που γίνεται μέσω του προγράμματος STRand, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα FLEXIBIN v.2 (Amos *et al.* 2007). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη την κινητικότητα των αλληλομόρφων ανά ομάδα ηλεκτροφόρησης και εκτιμά όλες τις πιθανές κατηγοριοποιήσεις μεγεθών (binnings) προκειμένου να επιλεγεί εκείνη με τη μικρότερη απόκλιση από το πραγματικό μέγεθος.

Ο ποιοτικός έλεγχος των γονοτυπίσεων πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα MICROCHECKER v.2.2.3 (Van Oosterhout *et al.* 2004) προκειμένου να εντοπιστούν πιθανά μηδενικά αλληλόμορφα (null alleles) και ψευδείς κορυφές (stutter peaks). Δείγματα στα οποία δεν ήταν επιτυχής η γονοτύπηση στην πλειονότητα των εξεταζόμενων μικροδορυφορικών τόπων, παρά την πολλαπλή επανάληψη της ενίσχυσής τους, εξαιρέθηκαν από τις μετέπειτα αναλύσεις.

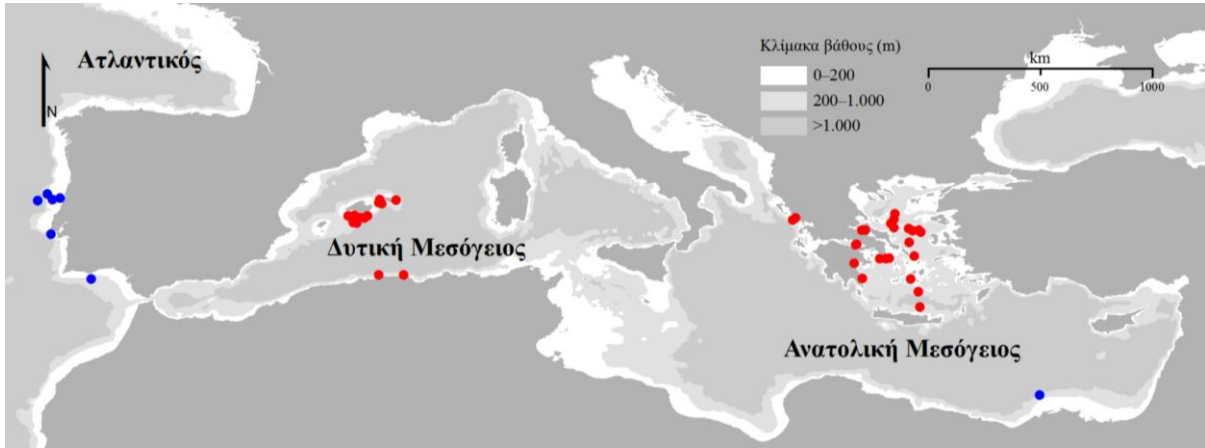
7.2.7 Δείγματα που συμπεριλήφθηκαν στις μοριακές αναλύσεις

Scyliorhinus canicula

Οι αναλύσεις του μιτοχονδριακού DNA (mtDNA) περιελάμβαναν 431 αλληλουχίες ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI, από τις οποίες οι 391 ενισχύθηκαν στην παρούσα μελέτη (291 από τις Ελληνικές Θάλασσες, 51 από τις Βαlearίδες και 50 από την Αλγερία) και οι υπόλοιπες 39 ανακτήθηκαν από τη διαδικτυακή βάση μοριακών δεδομένων GenBank (National Center of Biotechnology Information, NCBI, Benson *et al.* 2013). Από τις ανακτημένες αλληλουχίες, οι 17 ανήκαν σε άτομα Ατλαντικής προέλευσης (Κωδικοί GenBank: JQ774728–JQ774732, JQ774911–JQ774914, JQ775119–JQ775126 από τους Costa *et al.* 2012) και οι 22 ανήκαν σε άτομα που προέρχονταν από τη Θάλασσα της Λεβαντίνης (Κωδικοί GenBank: JN641222–JN641233, JN641234–JN641243 από τους Moftah *et al.* 2011). Τα άτομα ομαδοποιήθηκαν σε 11 πληθυσμιακά δείγματα ανάλογα με τη γεωγραφική τους προέλευση.

Οι αναλύσεις του πυρηνικού DNA (nDNA) πραγματοποιήθηκαν συνολικά σε 834 άτομα, τα οποία γονοτυπήθηκαν σε 12 μικροδορυφορικούς τόπους. Τα άτομα ομαδοποιήθηκαν σε 10 πληθυσμιακά δείγματα ανάλογα με τη γεωγραφική τους προέλευση.

Η γεωγραφική κατανομή των ατόμων που συμπεριλήφθηκαν στις μοριακές αναλύσεις παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.7, ενώ στον Πίνακα 7.10 παρουσιάζονται τα στοιχεία των δειγματοληψιών και ο αριθμός των δειγμάτων ανά περιοχή και μοριακό δείκτη.



Εικόνα 7.7 Χάρτης της Μεσογείου με τους σταθμούς δειγματοληψίας των ατόμων του είδους *S. canicula*, τα οποία συμπεριλήφθηκαν στις μοριακές αναλύσεις (κόκκινοι κύκλοι, άτομα που συλλέχθηκαν στην παρούσα μελέτη; μπλε κύκλοι, άτομα των οποίων οι αλληλουχίες ανακτήθηκαν από την GenBank). Για την απεικόνιση των σταθμών χρησιμοποιήθηκε το μέσο γεωγραφικό στίγμα

Πίνακας 7.10 Περιοχή, σύμβολο πληθυσμιακών δειγμάτων, γεωγραφικές συντεταγμένες (λ και φ) και έτος συλλογής των ατόμων του είδους *S. canicula*, τα οποία συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις του μιτοχονδριακού (mtDNA) και πυρηνικού DNA (nDNA)

Περιοχή	Σύμβολο	λ	φ	Έτος	N mtDNA	N nDNA
Ατλαντικός						
Βορειοδυτική Πορτογαλία	ATL	9,08–9,98 W	38,58–40,18 N	2005, 2006	12*	
Νότια Πορτογαλία		δ.α.	δ.α.	2005, 2006	5*	
Δυτική Μεσόγειος						
Βαlearίδες	BAL	2,49–4,41 E	39,02–39,96 N	2012	51	128
Αλγερία	ALG	3,71–4,72 E	36,93–36,94 N	2011, 2012	50	65
Ανατολική Μεσόγειος						
Ιόνιο πέλαγος	ION	20,34–20,45 E	39,15–39,23 N	2012	46	82
Κορινθιακός κόλπος	COR	22,86–22,92 E	38,15–38,17 N	2007, 2010	12	18
Κρητικό πέλαγος	CRE	25,44 E	35,66 N	2011	51	103
Μυρτώο πέλαγος	MYR	22,80–23,13 E	36,80–37,41 N	2009		58
Σαρωνικός κόλπος	SAR	23,82–24,22 E	37,59–37,61 N	2009	14	62
Κυκλάδες	CYC	25,08–25,38 E	36,26–36,77 N	2006, 2010	46	76
Βόρειο Αιγαίο πέλαγος	nAEG	24,28–25,48 E	38,24–39,40 N	2007, 2008, 2010	93	203
Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος	nEVO	23,12–23,26 E	38,73–38,74 N	2005, 2007	29	39
Αλεξάνδρεια, Αίγυπτος	LEV	29,40–30,20 E	δ.α.	2008	22*	
Σύνολο δειγμάτων					431	834

λ, γεωγραφικό μήκος; φ, γεωγραφικό πλάτος σε δεκαδικούς βαθμούς (DD); δ.α., δεν αναφέρεται; N, αριθμός δειγμάτων; *οι αλληλουχίες ανακτήθηκαν από την GenBank

Squalus blainville

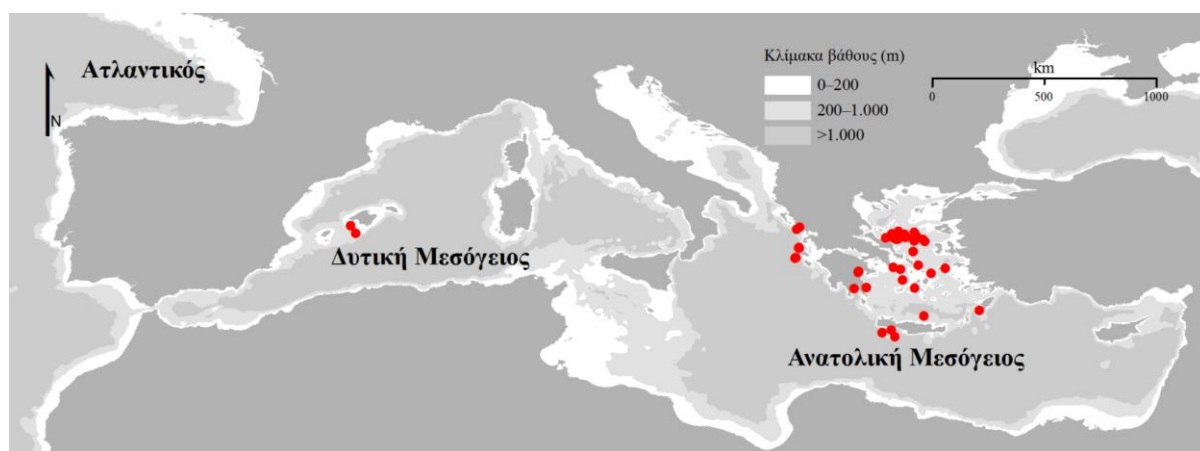
Οι αναλύσεις του mtDNA περιελάμβαναν 112 αλληλουχίες ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI, από τις οποίες οι 107 ενισχύθηκαν στην παρούσα μελέτη (102 από τις Ελληνικές Θάλασσες και 5 από τις Βαlearίδες) και οι υπόλοιπες 5 (μη δημοσιευμένες αλληλουχίες) ανακτήθηκαν από την GenBank. Από τις ανακτημένες αλληλουχίες, οι 3

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ανήκαν σε άτομα που προέρχονταν από τις ακτές της Ν. Αφρικής (Κωδικοί GenBank: JF494583–JF494585) και οι 2 σε άτομα που προέρχονταν από το Αιγαίο Πέλαγος (Κωδικοί GenBank: HQ603895–HQ603896).

Οι αναλύσεις του nDNA πραγματοποιήθηκαν σε 577 άτομα, τα οποία γονοτυπήθηκαν σε 7 μικροδορυφορικούς τόπους. Για κάθε τύπο μοριακού δείκτη, τα άτομα ομαδοποιήθηκαν σε 7 πληθυσμιακά δείγματα ανάλογα με τη γεωγραφική τους προέλευση.

Η γεωγραφική κατανομή των ατόμων που συμπεριλήφθηκαν στις μοριακές αναλύσεις παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.8, ενώ στον Πίνακα 7.11 παρουσιάζονται τα στοιχεία των δειγματοληψιών και ο αριθμός των δειγμάτων ανά περιοχή και μοριακό δείκτη.



Εικόνα 7.8 Χάρτης της Μεσογείου με τους σταθμούς δειγματοληψίας (κόκκινοι κύκλοι) των ατόμων του είδους *S. blainville*, τα οποία συμπεριλήφθηκαν στις μοριακές αναλύσεις (δεν απεικονίζονται οι σταθμοί των δειγμάτων από την GenBank, για λόγους ελλιπούς πληροφορίας για τα δείγματα του Αιγαίου και οικονομίας χώρου για τα δείγματα της Ν. Αφρικής). Για την απεικόνιση των σταθμών χρησιμοποιήθηκε το μέσο γεωγραφικό στίγμα

Πίνακας 7.11 Περιοχή, σύμβολο πληθυσμιακών δειγμάτων, γεωγραφικές συντεταγμένες (λ και φ) και έτος συλλογής των ατόμων του είδους *S. blainville*, τα οποία συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις του μιτοχονδριακού (mtDNA) και πυρηνικού DNA (nDNA)

Περιοχή	Σύμβολο	λ	φ	Έτος	N mtDNA	N nDNA
Δυτική Μεσόγειος Θάλασσα						
Βαlearίδες	BAL				5	5
Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα						
Ιόνιο πέλαγος	ION	20,27–20,45 E	37,99–39,23 N	2010, 2012	32	135
Λιβυκό πέλαγος	LIB	23,76–24,27 E	34,82–35,09 N	2004, 2005	22	37
Κρητικό πέλαγος	CRE	25,44–27,67 E	35,66–35,89 N	2011	18	31 ***
Κυκλάδες	CYC	24,22–26,31 E	36,77–37,69 N	2005, 2006, 2009, 2010	2	136
Μυρτώο πέλαγος	MYR	22,64–23,13 E	36,77–37,44 N	2005, 2006		50
Βόρειο Αιγαίο πέλαγος	nAEG	23,91–25,48 E	38,24–39,07 N	2005–2010	30 **	183
Ατλαντο-Ινδικός Ωκεανός						
Νότια Αφρική (Agulhas)		21,00 E	36,00 S	2006	3*	
Σύνολο δειγμάτων					112	577

λ, γεωγραφικό μήκος; φ, γεωγραφικό πλάτος σε δεκαδικούς βαθμούς (DD); N, αριθμός δειγμάτων; *οι αλληλουχίες ανακτήθηκαν από την GenBank; **2 αλληλουχίες ανακτήθηκαν από την GenBank; ***περιλαμβάνονται 8 δείγματα από τη Ρόδο

7.2.8 Αναλύσεις μιτοχονδριακού DNA

Γενετική ποικιλότητα

Για κάθε πληθυσμό και για το σύνολό τους υπολογίστηκαν οι τυπικοί δείκτες της γενετικής ποικιλότητας στο πρόγραμμα ARLEQUIN v.3.5.1.2 (Excoffier *et al.* 2005a) εφαρμόζοντας μια bootstrap προσέγγιση με 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις: (α) ο αριθμός των πολυμορφικών θέσεων (segregating sites, S_s), (β) ο αριθμός των απλοτύπων (H) και των ιδιωτικών απλοτύπων (private haplotypes, H_p), δηλαδή των απλοτύπων που έχουν αποκλειστική παρουσία σε έναν πληθυσμό, (γ) η απλοτυπική ποικιλότητα (haplotype diversity, h) βάσει του αριθμού και της συχνότητας εμφάνισης των διαφορετικών απλοτύπων σε έναν πληθυσμό (Nei 1987), (δ) η νουκλεοτιδική ποικιλότητα (nucleotide diversity, π), η οποία εκφράζει τη μέση τιμή των νουκλεοτιδικών διαφορών ανά θέση μεταξύ των απλοτύπων (Nei 1987), και (ε) η μέση τιμή των διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων (mean number of pairwise differences, k), η οποία εκφράζει την απόκλιση μεταξύ των αλληλουχιών με βάση τον αριθμό των μεταλλάξεων που έχουν συσσωρευτεί από τη στιγμή της απόκλισής τους και συνδέεται με το δείκτη π με τη σχέση: $k=\pi*m$, όπου m είναι ο συνολικός αριθμός των νουκλεοτιδίων των συγκρινόμενων αλληλουχιών (Tajima 1983). Λόγω της χαμηλής γενετικής ποικιλότητας, εφαρμόστηκε το διπαραμετρικό μοντέλο K2P (Kimura 2-parameter model, Kimura 1980) που υποθέτει διαφορετικούς ρυθμούς υποκαταστάσεων για τις μεταπτώσεις και τις μεταστροφές, οι οποίοι δεν ποικίλλουν ανάλογα με τη νουκλεοτιδική βάση.

Γενετικές αποστάσεις

Η γενετική απόσταση μεταξύ των αλληλουχιών (απόσταση p , p -distance) αποτυπώθηκε αρχικά με τον πιο απλό τρόπο, βάσει του ποσοστού των νουκλεοτιδικών θέσεων στις οποίες οι αλληλουχίες διαφέρουν, αγνοώντας το ενδεχόμενο της ομοπλασίας, δηλαδή το γεγονός να έχουν συμβεί περισσότερες από μια μεταλλαγές στην ίδια νουκλεοτιδική θέση που αποκρύπτει το βαθμό διαφοροποίησης των πληθυσμών και επισκιάζει τις εξελικτικές τους σχέσεις (Freeland 2005). Ωστόσο, καθώς αυξάνεται η διαφοροποίηση μεταξύ των αλληλουχιών, είναι δυνατό η ίδια νουκλεοτιδική θέση να έχει υποστεί πολλαπλές μεταλλαγές και να παραμένει κρυφός ο πραγματικός αριθμός αλλαγών στη συγκεκριμένη θέση (Kumar *et al.* 2004). Για το λόγο αυτό, εφαρμόστηκε ως τεχνική «διόρθωσης» της παρατηρούμενης γενετικής απόστασης p το μοντέλο νουκλεοτιδικής υποκατάστασης K2P (Kimura 1980).

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Οι γενετικές αποστάσεις μεταξύ των απλοτύπων, των πληθυσμών και η ενδοπληθυσμιακή γενετική απόσταση εκτιμήθηκαν και με τις δύο προαναφερθείσες μεθόδους στο πρόγραμμα MEGA v.5.1 (Kumar *et al.* 2008). Στο ίδιο πρόγραμμα υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός των μεταλλαγών που εμφανίστηκαν στις αλληλουχίες μόνο μια φορά (singletons, S) και των πληροφοριακών θέσεων φειδωλότητας (parsimony informative sites, P_s), δηλαδή των θέσεων που παρουσιάζουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά νουκλεοτίδια που αντιπροσωπεύονται δύο φορές μεταξύ των εξεταζόμενων αλληλουχιών.

Γενετική δομή

Για τη μελέτη της πληθυσμιακής δομής και διαφοροποίησης των υπό μελέτη ειδών χρησιμοποιήθηκε η **στατιστική Φ** (Φ -Statistics, Excoffier *et al.* 1992) που είναι μοριακά ανάλογη με την παραδοσιακή στατιστική F (F -Statistics, Wright 1965). Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ο δείκτης Φ_{ST} από τις διαφορές ανάμεσα στους απλοτύπους ανά ζεύγος πληθυσμών. Ο δείκτης Φ_{ST} αποτελεί το μέτρο της διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών και η τιμή του κυμαίνεται από μηδέν (απουσία διαφοροποίησης) έως τη μονάδα (μέγιστη διαφοροποίηση). Ο υπολογισμός του δείκτη Φ_{ST} έγινε στο πρόγραμμα ARLEQUIN v.3.5.1.2 (Excoffier *et al.* 2005a) εφαρμόζοντας 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις. Το επίπεδο σημαντικότητας διορθώθηκε με τη διαδικασία Bonferroni (Rice 1989). Δεδομένου ότι η διόρθωση Bonferroni είναι αρκετά αυστηρή μέθοδος και μπορεί να οδηγήσει σε ψευδώς θετικά σφάλματα (false positives), δηλαδή σε ψευδώς στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, εφαρμόστηκε συμπληρωματικά η λιγότερο αυστηρή διόρθωση των Benjamini & Hochberg (1995). Η τελευταία παρέχει μια καλή ισορροπία ανάμεσα στον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών αποτελεσμάτων και τον περιορισμό των ψευδώς θετικών σφαλμάτων. Σύμφωνα με τις τιμές Φ_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών κατασκευάστηκε ο πίνακας γενετικών αποστάσεων.

Ακολούθησε η ιεραρχική **ανάλυση μοριακής διακύμανσης** (Analysis of Molecular Variance, AMOVA, Excoffier *et al.* 1992), με βάση την οποία η συνολική παρατηρούμενη διακύμανση της γενετικής ποικιλότητας διαιρείται σε συνιστώσες συνδιακύμανσης (covariance components) που οφείλονται σε διαφορές τόσο εντός όσο και ανάμεσα στις εκ των προτέρων υποθετικές ομαδοποιήσεις των πληθυσμών (Excoffier *et al.* 2005a). Οι πληθυσμοί ομαδοποιήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον πίνακα των γενετικών αποστάσεων (Φ_{ST}) όσο και τη γεωγραφική τους προέλευση. Προκειμένου να ελεγχθεί η παρουσία ενός συγκεκριμένου προτύπου δομής για κάθε υποθετική ομαδοποίηση, υπολογίστηκε ο δείκτης Φ_{CT} που δείχνει τη γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων των

πληθυσμών και ο δείκτης Φ_{SC} που δείχνει τη γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών εντός κάθε ομάδας. Ο υπολογισμός των δεικτών έγινε στο πρόγραμμα ARLEQUIN v.3.5.1.2 (Excoffier *et al.* 2005a) εφαρμόζοντας 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις.

Η AMOVA διαφέρει αφενός από την κλασική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) στο ότι ο έλεγχος των υποθέσεων των ομαδοποιήσεων γίνεται με μεθόδους αντιμετάθεσης και παρακάμπτεται η υπόθεση της κανονικής κατανομής που δεν ισχύει για μοριακά δεδομένα αφετέρου από την ιεραρχική ανάλυση των Weir & Cockerham (1984), γιατί βασίζεται τόσο στις γονιδιακές συχνότητες όσο και στη γενετική απόσταση μεταξύ των δειγμάτων.

Η **γενετική απομόνωση λόγω απόστασης** (Isolation By Distance, IBD, Wright 1938) είναι ένα φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο η γενετική διαφοροποίηση μεταξύ δύο πληθυσμών αναμένεται να αυξάνεται όσο αυξάνεται η μεταξύ τους γεωγραφική απόσταση. Η παρουσία αυτού του προτύπου ελέγχθηκε στατιστικά με τη συσχέτιση Mantel (1967) του πίνακα των γενετικών αποστάσεων και του πίνακα των γεωγραφικών αποστάσεων ανά ζεύγος πληθυσμών στο πρόγραμμα IBDWS v.3.23 (Jensen *et al.* 2005) που είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.ibdws.sdsu.edu/~ibdws/>. Το επίπεδο σημαντικότητας εκτιμήθηκε με 30.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις. Ως μέτρο της γενετικής απόστασης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης $\Phi_{ST}/1-\Phi_{ST}$ του Rousset (1997) (και $F_{ST}/1-F_{ST}$ για το nDNA), ενώ για την κατασκευή του πίνακα των γεωγραφικών αποστάσεων υπολογίστηκε: (α) η συντομότερη παράκτια διαδρομή που συνδέει τα γεωγραφικά κέντρα των πληθυσμών ακολουθώντας την ισοβαθή των 500 m (παράκτια απόσταση), και (β) η συντομότερη απόσταση μεταξύ των γεωγραφικών κέντρων των πληθυσμών διασχίζοντας τις ισοβαθείς (ωκεάνια απόσταση). Η ισοβαθής των 500 m επιλέχθηκε, γιατί και τα δύο υπό μελέτη είδη συχνάζουν κυρίως σε βάθη <500 m (π.χ. Comragno 1984a; b). Οι γεωγραφικές αποστάσεις υπολογίστηκαν σε σύστημα γεωαναφοράς WGS84 στο πρόγραμμα GIS ArcView v.10 (ESRI, Redlands, CA, USA).

Ακολούθησε η **πολυδιάστατη ανάλυση απεικόνισης** (Multi Dimensional Scaling, MDS), η οποία αποσκοπεί στην εύρεση «φυσικών» ομαδοποιήσεων, ώστε τα δείγματα σε κάθε ομάδα να παρουσιάζουν γενικά μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους απ' ό,τι τα δείγματα που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες (Clarke & Warwick 1994). Με βάση τον πίνακα των γενετικών αποστάσεων (Φ_{ST}) πραγματοποιήθηκε η δισδιάστατη απεικόνιση της διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών στο πρόγραμμα PRIMER v.6 (Clarke & Gorley 2006), έτσι ώστε οι αποστάσεις μεταξύ τους να είναι αντιπροσωπευτικές των γενετικών τους διαφορών. Η αξιολόγηση του δισδιάστατου γραφήματος έγινε με βάση το συντελεστή συμπίεσης (stress value), ο οποίος όσο μικρότερη τιμή λαμβάνει τόσο περισσότερο ικανοποιητική είναι η αναπαράσταση των σχέσεων (Clarke & Warwick 1994).

Φυλογεωγραφία

Για την αναπαράσταση των ενδοειδικών φυλογενετικών σχέσεων προτιμήθηκε η **κατασκευή δικτύου** (network) έναντι των παραδοσιακών φυλογενετικών μεθόδων που βασίζονται στην κατασκευή διχαλωτών δέντρων (bifurcating trees) για τους ακόλουθους λόγους.

Η μικρή γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των απλοτύπων σε ενδοειδικό επίπεδο, σε σχέση με το διαειδικό, παρέχει ελάχιστη πληροφορία, και συνεπώς μειώνει τη στατιστική ισχύ των παραδοσιακών φυλογενετικών μεθόδων της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood), της Μέγιστης Φειδωλότητας (Maximum Parsimony) και της Ελάχιστης Εξέλιξης (Minimum Evolution) (Posada & Crandall 2001).

Τα δίκτυα αποτυπώνουν φαινόμενα που συμβαίνουν στο επίπεδο του πληθυσμού, όπως είναι ο ανασυνδυασμός και η ομοπλασία, τα οποία οδηγούν σε πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ των απλοτύπων που εμφανίζονται με τη μορφή βρόγχων ή ακτινωτών συνδέσεων. Αντίθετα, αυτά τα φαινόμενα δεν αποτυπώνονται στα διχαλωτά δέντρα. Ενδεικτικά, κατά την αρχή της Μέγιστης Φειδωλότητας οι ασάφειες που προκύπτουν λόγω ομοπλασίας αντιμετωπίζονται επιλέγοντας το δέντρο που ελαχιστοποιεί τον αριθμό των υποθέσεων παράλληλης, συγκλίνουσας ή αντίστροφης μετάλλαξης που οδηγεί σε ομοπλασία, χωρίς να αποκαλύπτουν τη θέση όπου μπορεί να έγιναν αυτές οι μεταλλάξεις (Posada & Crandall 2001).

Τέλος, στα δίκτυα οι προγονικοί απλότυποι συνυπάρχουν με τους απλοτύπους των απογόνων και επιτρέπουν την καλύτερη απεικόνιση των μεταξύ τους σχέσεων, καθώς και τη διατύπωση προβλέψεων με βάση τη Θεωρία Σύμφυσης των Γενεαλογικών Γραμμών (Coalescence Theory). Όσο πιο παλιός είναι ένας απλότυπος τόσο περισσότεροι απλότυποι θα συνδέονται μαζί του, τόσο περισσότερο εσωτερική θέση θα καταλαμβάνει, καθώς και θα έχει μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης και μεγαλύτερο εύρος εξάπλωσης. Αντίθετα, στα διχαλωτά δέντρα οι απλότυποι καταλαμβάνουν τα άκρα των κλάδων και δεν αποτυπώνονται οι σχέσεις μεταξύ των προγονικών και απογονικών απλοτύπων (Posada & Crandall 2001).

Το δίκτυο διάμεσης σύνδεσης (Median-Joining network, Bandelt *et al.* 1999) κατασκευάστηκε στο πρόγραμμα NETWORK v.4.5.1.6 (Fluxus Technology Ltd, Suffolk, UK). Αρχικά, σε ένα δίκτυο ενώθηκαν όλα τα δέντρα ελάχιστης ανάπτυξης (minimum-spanning trees), τα οποία συνδέουν τους απλοτύπους χωρίς τη δημιουργία κυκλικών σχέσεων ή υποθετικών κόμβων, ελαχιστοποιώντας το άθροισμα των μεταξύ τους αποστάσεων. Έπειτα, με βάση τον αλγόριθμο της στατιστικής φειδωλότητας, προστέθηκαν στο δίκτυο τα ενδιάμεσα σημεία που αντιπροσωπεύουν είτε εξαφανισμένους προγονικούς απλοτύπους ή απλοτύπους που δεν ανιχνεύθηκαν λόγω ελλιπούς δειγματοληψίας (Bandelt *et al.* 1999).

Θεωρία Σύμφυσης των Γενεαλογικών Γραμμών (Coalescence Theory)

Θεωρία της πληθυσμιακής γενετικής με βάση την οποία από τα γενετικά δεδομένα του παρόντος διερευνάται η παρελθούσα φυλογεωγραφική/δημογραφική ιστορία ενός πληθυσμού (π.χ. μέγεθος πληθυσμού, χρόνος απόσχισης) μέχρι το σημείο του πιο πρόσφατου κοινού προγόνου όλων των αλληλουχιών (Most Recent Common Ancestor, MRCA) (Freeland 2005, Wakeley 2008).

Στατιστική Φειδωλότητα (Statistical Parsimony)

Μέθοδος προσδιορισμού των εξελικτικών σχέσεων μεταξύ των αλληλουχιών. Βασίζεται σε έναν αλγόριθμο σύμφωνα με τον οποίο κατασκευάζονται όλες οι πιθανές φυλογενετικές τοπολογίες. Τελικά επιλέγεται το πιο φειδωλό δίκτυο, δηλαδή το δίκτυο που προκύπτει με τα λιγότερα εξελικτικά βήματα (φειδωλό όριο). Στην ανάλυση χρησιμοποιούνται μόνο οι πληροφοριακές θέσεις φειδωλότητας, ενώ οι σταθερές νουκλεοτιδικές θέσεις εξαιρούνται (Fitch 1971).

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η **ένθετη κλαδιστική ανάλυση** (Nested Clade Analysis, NCA), προκειμένου να ελεγχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της απλοτυπικής ποικιλότητας και της γεωγραφικής προέλευσης των απλοτύπων (Templeton 1998). Πρώτο βήμα της ανάλυσης είναι η ένθετη ομαδοποίηση των απλοτύπων του φυλογενετικού δικτύου σε κλάδους με βάση τους κανόνες του Templeton *et al.* (1995). Συγκεκριμένα, με κατεύθυνση από την περιφέρεια προς το εσωτερικό του δικτύου, οι μηδενικοί κλάδοι (zero-step clades), δηλαδή οι απλότυποι που διαφέρουν κατά μια μετάλλαξη συγκροτούν τον κλάδο του πρώτου σταδίου (one-step clade), οι κλάδοι του πρώτου σταδίου που διαφέρουν μεταξύ τους κατά μια μετάλλαξη συγκροτούν τους κλάδους του δεύτερου σταδίου (two-step clade) κ.ο.κ., μέχρι ένας κλάδος να περικλείσει ολόκληρο το δίκτυο. Στη συνέχεια, με βάση τη γεωγραφική απόσταση μεταξύ των πληθυσμών, για τον υπολογισμό της οποίας λήφθηκε υπόψη το μέσο γεωγραφικό στίγμα κάθε πληθυσμιακού δείγματος, υπολογίστηκαν οι τρεις ακόλουθες αποστάσεις: (α) η μέση απόσταση των κλάδων (average clade distance, D_c) για την εκτίμηση της γεωγραφικής εξάπλωσης ενός κλάδου, (β) η ένθετη απόσταση των κλάδων (nested clade distance, D_n) για την εκτίμηση του βαθμού γεωγραφικής εξάπλωσης ενός κλάδου συγκριτικά με τους άλλους κλάδους που ανήκουν στην ίδια ένθετη ομαδοποίηση, και (γ) η απόσταση μεταξύ των εσωτερικών σημείων (interiors) και των κορυφών (tips) (interior-tip distance, I-T), η οποία δείχνει πόσο εξαπλωμένες είναι οι κορυφές (νεότεροι ή σπάνιοι απλότυποι) σε σχέση με τα εσωτερικά σημεία (παλαιότεροι ή κοινοί απλότυποι) εντός ενός κλάδου (I-T_c) ή της ίδιας ένθετης ομαδοποίησης (I-T_n).

Η ένθετη κλαδιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα GEODIS v.2.6 (Posada *et al.* 2000) εφαρμόζοντας 10.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις. Η βιολογική ερμηνεία των στατιστικά σημαντικών αποτελεσμάτων έγινε με βάση την κλείδα του Templeton (2004).

Δημογραφική ιστορία

Για τη μελέτη της δημογραφικής ιστορίας των παρατηρούμενων διακριτών γενετικών δεξαμενών των υπό μελέτη ειδών χρησιμοποιήθηκαν τρεις ευρέως εφαρμοζόμενες μέθοδοι που βασίστηκαν στα μοριακά δεδομένα του mtDNA.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμασίες των δημογραφικών μεταβολών και ουδετερότητας των Tajima (1989) και Fu (1997). Κατά τη **δοκιμασία Tajima** (1989) εκτιμάται η πληθυσμιακή παράμετρος $\theta=4N_e m$, όπου N_e είναι το δραστικό μέγεθος του πληθυσμού και m είναι ο μεταλλακτικός ρυθμός ανά γενιά, με βάση:

- τον αριθμό των νουκλεοτιδικών θέσεων που εμφανίζουν πολυμορφισμό (number of segregating sites, S_s) και συμβολίζεται ως θ_{S_s} , και
- τη μέση τιμή των νουκλεοτιδικών διαφορών ανά θέση μεταξύ των απλοτύπων (νουκλεοτιδική ποικιλότητα, π) και συμβολίζεται ως θ_π .

Στις περιπτώσεις που οι νουκλεοτιδικές διαφορές μεταξύ των απλοτύπων είναι ουδέτερες (δεν υπόκεινται στη φυσική επιλογή και δεν επηρεάζουν την αρμοστικότητα των ατόμων) και υπάρχει ισορροπία μεταξύ των μεταλλάξεων και της γενετικής παρέκκλισης, οι παράμετροι θ_{S_s} και θ_π δεν διαφέρουν, και συνεπώς ο δείκτης D του Tajima που προκύπτει από τη διαφορά τους ($D=\theta_\pi-\theta_{S_s}$) είναι μηδενικός και ενδεικτικός του σταθερού πληθυσμιακού μεγέθους. Αν, ωστόσο, λάβει θετική ή αρνητική τιμή, σημαίνει ότι η ισορροπία μεταλλάξεων-γενετικής παρέκκλισης έχει διαταραχθεί (Tajima 1989). Η θετική τιμή του δείκτη D του Tajima δείχνει ότι υπάρχει πλεόνασμα των απλοτύπων ενδιάμεσης συχνότητας και προκύπτει είτε αν ο πληθυσμός έχει διέλθει πρόσφατα από στενωπό, κατά την οποία ο αριθμός των νουκλεοτιδικών θέσεων που εμφανίζουν πολυμορφισμό (S_s) μειώνεται δραματικά, ή αν έχει δράσει η επιλογή της υπερκυριαρχίας (overdominant selection), η οποία αυξάνει τον αριθμό των ετεροζυγωτών και εμποδίζει την έκφραση των επιβλαβών υπολειπόμενων γονιδίων χωρίς να επηρεάζει τον αριθμό των νουκλεοτιδικών θέσεων που εμφανίζουν πολυμορφισμό (S_s). Η αρνητική τιμή του δείκτη D δείχνει ότι επικρατούν οι σπάνιοι απλότυποι και μπορεί να προκύψει είτε αν ο πληθυσμός έχει ξεκινήσει να εξαπλώνεται πρόσφατα, οπότε οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν είναι απίθανο να χαθούν, ή αν έχει δράσει η αρνητική επιλογή (negative ή purifying selection) κατά την οποία συσσωρεύονται σιωπηρές μεταλλάξεις (μεταπτώσεις ή μεταστροφές που δεν αλλάζουν το αμινοξύ). Και στις δύο περιπτώσεις αυξάνεται ο αριθμός των πολυμορφικών νουκλεοτιδικών θέσεων (S_s), αλλά δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα η μέση τιμή των νουκλεοτιδικών διαφορών ανά θέση μεταξύ των απλοτύπων (π), και συνεπώς η ετεροζυγωτία θ_π (Tajima 1989).

Κατά τη **δοκιμασία Fu** (1997) υπολογίστηκε ο δείκτης F_s με βάση το μοντέλο εξέλιξης «Infinite Sites Model, ISM» (Kimura & Crow 1964, Watterson 1975), σύμφωνα με το οποίο κάθε φορά που γίνεται μετάλλαξη αφορά σε νέα νουκλεοτιδική θέση. Ο δείκτης F_s εκτιμάει την πιθανότητα να παρατηρηθεί σε ένα τυχαίο δείγμα ένας ορισμένος αριθμός απλοτύπων, δεδομένου του παρατηρούμενου αριθμού απλοτύπων και της παρατηρούμενης νουκλεοτιδικής ποικιλότητας (π). Όταν ο δείκτης F_s λάβει θετική τιμή, σημαίνει ότι υπάρχει έλλειμμα απλοτύπων που οφείλεται στην επίδραση είτε του φαινομένου της στενωπού ή της επιλογής της υπερκυριαρχίας. Όταν ο δείκτης F_s λάβει αρνητική τιμή, σημαίνει ότι υπάρχει πλεόνασμα σπάνιων απλοτύπων που οφείλεται είτε στην πρόσφατη εξάπλωση του πληθυσμού ή στη δράση της αρνητικής επιλογής (Fu 1997). Στην παρούσα μελέτη οι δείκτες D (Tajima 1989) και F_s (Fu 1997) και το επίπεδο σημαντικότητάς τους εκτιμήθηκαν στο πρόγραμμα ARLEQUIN v.3.5.1.2 (Excoffier *et al.* 2005a) με 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις.

Στο ίδιο πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε και η **δοκιμασία κατανομής αναντιστοιχίας** (mismatch distribution) η οποία βασίζεται στην υπόθεση ότι η αύξηση ή η μείωση του μεγέθους ενός πληθυσμού αποτυπώνεται στις DNA αλληλουχίες (Rogers & Harpending 1992). Από αυτή τη δοκιμασία κατασκευάζεται ένα γράφημα στο οποίο συγκρίνεται η παρατηρούμενη κατανομή συχνοτήτων των νουκλεοτιδικών διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων με την αναμενόμενη βάσει του μοντέλου της ξαφνικής πληθυσμιακής εξάπλωσης (Schneider & Excoffier 1999, Excoffier *et al.* 2005b). Η κατανομή αναντιστοιχίας χαρακτηρίζεται ως μονότροπη (unimodal) σε πληθυσμούς που έχουν εξαπλωθεί πρόσφατα και ως πολύτροπη (multimodal) σε σταθερούς πληθυσμούς (Slatkin & Hudson 1991, Rogers & Harpending 1992). Η ομαλότητα της παρατηρούμενης κατανομής και ο βαθμός προσαρμογής της στη μονότροπη κατανομή εκτιμήθηκαν βάσει του δείκτη r του Harpending (1994). Όταν ο δείκτης r παρουσιάσει στατιστικά σημαντική τιμή, αποτελεί ένδειξη για την απόρριψη του μοντέλου πληθυσμιακής αύξησης (Schneider & Excoffier 1999).

Επίσης, εκτιμήθηκε ο χρόνος εξάπλωσης του πληθυσμού (t) με βάση τη σχέση: $t=2\mu t$, όπου t είναι ο εκτιμητής (tau) του χρόνου απόκλισης μεταξύ ανισομεγεθών πληθυσμών και υπολογίζεται από τη δοκιμασία κατανομής αναντιστοιχίας (Gaggioti & Excoffier 2000), και μ είναι ο μεταλλακτικός ρυθμός της αλληλουχίας που ισούται με: $\mu=ku$, όπου k είναι ο συνολικός αριθμός των νουκλεοτιδίων μιας αλληλουχίας και u είναι ο μεταλλακτικός ρυθμός για κάθε νουκλεοτίδιο (Rogers & Harpending 1992). Καθώς δεν υπάρχει πληροφορία σχετικά με το μεταλλακτικό ρυθμό του γονιδίου COI για τα υπό μελέτη είδη, χρησιμοποιήθηκε ο ρυθμός υποκαταστάσεων ($2,38 \times 10^{-9}$ υποκαταστάσεις/θέση/έτος) που αφορά στο αντίστοιχο γονίδιο στους καρχαρίες του γένους *Squatina* (Stelbrink *et al.* 2010).

Τέλος, για την ανακατασκευή της δημογραφικής ιστορίας των διακριτών γενετικών δεξαμενών των υπό μελέτη ειδών που αναγνωρίστηκαν από την επεξεργασία των μοριακών δεδομένων, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση «**Bayesian Skyline**» σύμφωνα με τις αρχές της Μπεϋζιανής Συμπερασματολογίας (Bayesian Inference, BI). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το «cross-platform» πρόγραμμα BEAST v.1.7.5 (Bayesian Evolutionary Analysis Sampling Trees, Drummond *et al.* 2012), το οποίο έτρεξε σε σύστημα συστοιχίας ηλεκτρονικών υπολογιστών (Computer Cluster). Το αρχείο εισόδου (input file) για το BEAST δημιουργήθηκε στο πρόγραμμα BEAUti v.1.7.5 (Drummond *et al.* 2012).

Πριν από όλα, εκτιμήθηκε το καταλληλότερο μοντέλο νουκλεοτιδικών υποκαταστάσεων για το γονίδιο COI του mtDNA στο πρόγραμμα jMODELTEST v.2.1.4 (Darriba *et al.* 2012) χρησιμοποιώντας το κριτήριο του Bayes (Bayesian Information Criterion, BIC, Schwarz 1978), το οποίο έχει προταθεί ως το πιο κατάλληλο, εξαιτίας της υψηλής του ακρίβειας (Luo *et al.* 2010). Ως καλύτερο μοντέλο νουκλεοτιδικών υποκαταστάσεων και για τα δύο υπό μελέτη είδη προτάθηκε το HKY+I (Hasehawa-Kishino-Yano plus Invariant sites, Hasegawa *et al.* 1985), το οποίο υποθέτει αφενός τη μη ομοιόμορφη εκ των προτέρων κατανομή των τεσσάρων νουκλεοτιδικών βάσεων αφετέρου διαφορετικό ρυθμό μεταπτώσεων και μεταστροφών κατά τις οποίες παραμένει αμετάβλητος ένας μεγάλος αριθμός νουκλεοτιδικών βάσεων.

Τελικά, η Μπεϋζιανή ανάλυση στηρίχτηκε στην κατασκευή ενός φυλογενετικού δέντρου από τις αλληλουχίες του γονιδίου COI του mtDNA σύμφωνα με τη μέθοδο της Ομαδοποίησης Αστάθμιτων Ζευγών με Αριθμητικούς Μέσους όρους (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic means, UPGMA, Sneath & Sokal 1973) και βάσει του μεταλλακτικού ρυθμού $2,38 \times 10^{-9}$ υποκαταστάσεις/θέση/έτος (Stelbrink *et al.* 2010). Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε τρεις ανεξάρτητες φορές για κάθε σετ δεδομένων. Ο στατιστικός έλεγχος περιελάμβανε 100 εκατομμύρια επαναλήψεις MCMC με 10 εκατομμύρια επαναλήψεις ως περίοδο αστάθειας (burn-in period) των τιμών πιθανοφάνειας και δειγματοληψία για κάθε 1.000 επαναλήψεις.

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα TRACER v.1.5 (Rambaut & Drummond 2007) όπου αναπαράχθηκαν τα γραφήματα «Bayesian Skyline plots», τα οποία αποτυπώνουν την παρελθούσα πληθυσμιακή δυναμική, και συγκεκριμένα την εκ των υστέρων κατανομή του δραστικού πληθυσμιακού μεγέθους, συμπεριλαμβανομένων και των διαστημάτων εμπιστοσύνης του, σε σχέση με το χρόνο. Στο ίδιο πρόγραμμα εκτιμήθηκε επίσης ο χρόνος έως τον πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο (time to Most Recent Common Ancestor, $t_{MRC A}$) (Drummond *et al.* 2005).

Μπεϋζιανή Συμπερασματολογία, ΜΣ (Bayesian Inference, BI)

Μέθοδος στατιστικής συμπερασματολογίας που βασίζεται στο θεώρημα του Bayes κατά το οποίο εκτιμάται η $f(\theta|x)$, δηλαδή η πιθανότητα κατανομής της άγνωστης παραμέτρου θ δεδομένης της x . Διαφέρει από την κλασσική στατιστική στο ότι επειδή κάθε άγνωστη παράμετρος θεωρείται ως τυχαία μεταβλητή, αρχικά καθορίζεται η εκ των προτέρων κατανομή $f(\theta)$ (prior probability distribution), η οποία αντιπροσωπεύει την πρότερη γνώση μας για την κατανομή της παραμέτρου θ . Όταν ληφθούν υπόψη τα δεδομένα, σε συνδυασμό με τη συνάρτηση πιθανοφάνειας $f(x|\theta)$ (likelihood function), προκύπτει η εκ των υστέρων κατανομή της παραμέτρου $f(\theta|x)$ (posterior probability distribution), η οποία αποτελεί την ολοκληρωμένη ΜΣ.

Η ΜΣ παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης πολυπαραμετρικών προβλημάτων. Ωστόσο, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη αφενός τόσο πιο δύσκολα ολοκληρώματα πρέπει να επιλυθούν για τον υπολογισμό της εκ των υστέρων κατανομής, η οποία έχει τόσες διαστάσεις όσες και η παράμετρος θ , αφετέρου τόσο καλύτερη υποδομή χρειάζεται για να δοθεί έμφαση στις πιο σημαντικές σχέσεις που περιλαμβάνει η εκ των υστέρων κατανομή (Δελλαπόρτας & Τσιαμυρτζής 2004). Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Markov Chain Monte Carlo (MCMC), δηλαδή μια μέθοδος στατιστικής δειγματοληψίας που προσομοιώνει τις τιμές των τυχαίων μεταβλητών από την εκ των υστέρων κατανομή, η οποία υφίσταται διαδοχικές βελτιώσεις μέχρι να συγκλίνει προς το επιθυμητό σημείο. Η τεχνική MCMC απαιτεί υψηλή υπολογιστική ισχύ και παρέχει εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια στην εκτίμηση της εκ των υστέρων κατανομής (Huelsenbeck *et al.* 2002)*.

Ένα πεδίο εφαρμογής της ΜΣ είναι η φυλογένεση, όπου η εκ των υστέρων πιθανότητα αντιπροσωπεύει την πιθανότητα που έχει κάθε δέντρο να είναι το «πραγματικό» και προκύπτει από την αναθεώρηση της εκ των προτέρων πιθανότητας (κατά την οποία όλα τα δέντρα θεωρούνται ισοπίθανα), αφού ληφθούν υπόψη οι στοιχισμένες αλληλουχίες (μοριακά δεδομένα) και εφαρμοστεί ένα μοντέλο εξέλιξης (παραμέτροι υπόθεσης). Το δέντρο που παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή της εκ των υστέρων πιθανότητας αντιπροσωπεύει το δέντρο με τη μεγαλύτερη αξιοπιστία για την εκτίμηση των φυλογενετικών σχέσεων (Huelsenbeck *et al.* 2002). Αν και η ΜΣ καταλήγει σε πιθανά φυλογενετικά δέντρα, όπως και η μέθοδος της Μέγιστης Πιθανοφάνειας, ΜΠ (Maximum Likelihood, ML), οι παράμετροι υπόθεσης αντιμετωπίζονται στην πρώτη περίπτωση ως τυχαίες μεταβλητές, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ως σταθερές. Η ΜΣ αναζητάει το δέντρο που έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα με βάση τα μοριακά δεδομένα και το εξελικτικό μοντέλο $\Pr[Tree|Data]$ (Huelsenbeck & Ronquist 2001), ενώ η ΜΠ αναζητάει, βάσει ενός εξελικτικού μοντέλου, το δέντρο που μεγιστοποιεί την πιθανότητα να παρατηρηθούν τα μοριακά δεδομένα $\Pr[Data|Tree]$ (Felsenstein 1981).

*Για τους υπολογισμούς υψηλής απόδοσης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα συστοιχίας ηλεκτρονικών υπολογιστών (Computer Cluster) που διαθέτει το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης

7.2.9 Αναλύσεις μικροδορυφορικού DNA

Έλεγχος για ισορροπία Hardy–Weinberg

Το 1908 οι G.H. Hardy και W. Weinberg διατύπωσαν, ο ένας ανεξάρτητα από τον άλλον, την εξίσωση: $p^2+2pq+q^2=1$, όπου p και q είναι οι συχνότητες των αλληλομόρφων A και B σε ένα γενετικό τόπο ενός διπλοειδούς, εγγενώς αναπαραγόμενου οργανισμού, των οποίων το άθροισμά ισούται με τη μονάδα ($p+q=1$). Σύμφωνα με αυτή την εξίσωση, αν σε ένα φυσικό πληθυσμό η αναλογία των γονοτύπων AA:AB:BB είναι $p^2:2pq:q^2$, τότε οι γονοτυπικές και οι αλληλικές συχνότητες των αυτοσωμικών γονιδίων παραμένουν σταθερές από γενιά σε γενιά και ο πληθυσμός βρίσκεται σε ισορροπία Hardy–Weinberg (Hardy 1908, Weinberg 1908).

Σύμφωνα με το θεώρημα Hardy–Weinberg οι γονοτυπικές συχνότητες μπορούν να προβλεφθούν από τις αλληλικές συχνότητες και το αντίστροφο, εφόσον πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις: το μέγεθος του πληθυσμού είναι άπειρο, υπάρχει παμμικξία, δηλαδή λαμβάνει χώρα τυχαία διασταύρωση μεταξύ των ατόμων και δεν υπάρχει γενετική δομή, δεν δρα η φυσική επιλογή, η συχνότητα των μεταλλάξεων είναι αμελητέα και δεν υπάρχει γονιδιακή ροή προς και από τον πληθυσμό, δηλαδή τα άτομα δεν εκτελούν εκτενείς μετακινήσεις ή μεταναστεύσεις (Page & Holmes 1998). Αν σε ένα φυσικό πληθυσμό παρατηρηθεί απόκλιση από την ισορροπία Hardy–Weinberg, τότε ελέγχονται υποθέσεις σχετικά με τις δυνάμεις που έδρασαν στις αλληλικές συχνότητες και τις τροποποίησαν.

Στα υπό μελέτη είδη, η απόκλιση από την ισορροπία Hardy–Weinberg ελέγχθηκε ξεχωριστά για κάθε τόπο και για κάθε πληθυσμό, καθώς και για το σύνολο των τόπων και το σύνολο των πληθυσμών στο πρόγραμμα GENEPOP v.4.2 (Raymond & Rousset 1995) χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αλληλουχιών Markov (Guo & Thompson 1992) και τους ακριβείς ελέγχους του Fisher (Fisher's exact tests) (Fisher 1922). Αναλυτικότερα, για την εκτίμηση των στατιστικά σημαντικών αποκλίσεων από την ισορροπία Hardy–Weinberg πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος ελλείμματος ετεροζυγωτίας (heterozygote deficit) με τις ακόλουθες ρυθμίσεις: dememorization number=10.000, number of batches=100, number of iterations per batch=5.000. Ο έλεγχος του ελλείμματος ετεροζυγωτίας προτιμήθηκε έναντι του ελέγχου πιθανότητας (probability test), εξαιτίας της μεγαλύτερης στατιστικής ισχύος του (Rousset & Raymond 1995). Το επίπεδο σημαντικότητας για τον έλεγχο της απόκλισης από την ισορροπία Hardy–Weinberg διορθώθηκε με τη διαδικασία Bonferroni (Rice 1989). Το αρχείο εισόδου (input file) για το πρόγραμμα GENEPOP δημιουργήθηκε στο πρόγραμμα GENALEX v.6.5 (Peakall & Smouse 2006).

Έλεγχος για ανισορροπία σύνδεσης των γενετικών τόπων

Η ανισορροπία σύνδεσης των γενετικών τόπων (Linkage Disequilibrium, LD) είναι το φαινόμενο μη τυχαίας σύνδεσης των αλληλομόρφων σε δύο ή περισσότερους γενετικούς τόπους που οδηγεί σε αποκλίσεις από τις αναμενόμενες αλληλικές συχνότητες ισορροπίας (Hamilton 2009). Μπορεί να προκύψει όταν δύο γενετικοί τόποι βρίσκονται πολύ κοντά πάνω στο χρωμόσωμα (φυσική σύνδεση) ή συνδέονται λειτουργικά ή όταν δρα η φυσική επιλογή. Ως αποτέλεσμα, οι συνδεδεμένοι γενετικοί τόποι μεταφέρονται στους απογόνους ως ένα ζευγάρι και δημιουργούν ψευδείς επαναλήψεις σε αναλύσεις που λαμβάνουν υπόψη τους γενετικούς τόπους ως ανεξάρτητα τμήματα του γονιδιώματος (Selkoe & Toonen 2006). Επίσης, κατά τη διερεύνηση της πληθυσμιακής δομής ενός είδους οδηγούν σε υπερεκτίμηση του αριθμού των γενετικών ομάδων (Falush *et al.* 2003).

Ο βαθμός σύνδεσης των γενετικών τόπων εκτιμήθηκε στο πρόγραμμα GENEPOP v.4.2 (Raymond & Rousset 1995). Ο στατιστικός έλεγχος του βαθμού στον οποίο τα αλληλόμορφα ενός τόπου είναι ανεξάρτητα από τα αλληλόμορφα ενός άλλου τόπου (μηδενική υπόθεση) πραγματοποιήθηκε για κάθε πιθανό συνδυασμό αλληλομόρφων χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αλληλουχιών Markov (Guo & Thompson 1992) και τις ακριβείς δοκιμασίες Fisher (Fisher's exact tests) (Fisher 1922) με τις ακόλουθες ρυθμίσεις: dememorization number=10.000, number of batches=100, number of iterations per batch=5.000.

Γενετική ποικιλότητα

Για κάθε μικροδορυφορικό τόπο και για κάθε πληθυσμό, καθώς και για το σύνολο των τόπων και το σύνολο των πληθυσμών κάθε είδους υπολογίστηκαν οι ακόλουθοι τυπικοί δείκτες γενετικής ποικιλότητας:

- ο αριθμός των αλληλομόρφων (number of alleles, A), η παρατηρούμενη ετεροζυγωτία (observed heterozygosity, H_O) και η αναμενόμενη ετεροζυγωτία (expected heterozygosity, H_E) στο πρόγραμμα ARLEQUIN v.3.5.1.2 (Excoffier *et al.* 2005a) όπου το επίπεδο σημαντικότητας εκτιμήθηκε εφαρμόζοντας 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις,
- η αλληλική ποικιλότητα (allelic richness, A_R), δηλαδή ο μέσος αριθμός αλληλομόρφων ανά γενετικό τόπο, στο πρόγραμμα FSTAT v.2.9.3.2 (Goudet 2001), και
- ο αριθμός των ιδιωτικών αλληλομόρφων (private alleles, A_P), δηλαδή εκείνων που εμφανίζονται αποκλειστικά και μόνο σε έναν από τους εξεταζόμενους πληθυσμούς, στο πρόγραμμα GENALEX v.6.5 (Peakall & Smouse 2006).

Γενετική δομή

Ο βαθμός γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμιακών δειγμάτων και η γενετική δομή των υπό μελέτη ειδών διερευνήθηκαν ποικιλοτρόπως.

Αρχικά εφαρμόστηκε η **στατιστική F** (F -Statistics, Wright 1965) βάσει της οποίας εκτιμήθηκε η γονιδιακή ροή εντός ή μεταξύ των πληθυσμών. Αναλυτικότερα, υπολογίστηκε ο δείκτης ενδογαμίας ή ομομιξίας F_{IS} (inbreeding coefficient), ο οποίος εκτιμά τη μείωση της ετεροζυγωτίας σε έναν πληθυσμό, εξαιτίας της μη τυχαίας διασταύρωσης των ατόμων, σε σχέση με την ετεροζυγωτία που θα αναμενόταν αν ο πληθυσμός βρισκόταν σε ισορροπία Hardy–Weinberg. Η τιμή του κυμαίνεται από -1 όταν όλα τα άτομα του πληθυσμού είναι ετερόζυγα έως +1 όταν όλα τα άτομα του πληθυσμού είναι ομόζυγα. Ο δείκτης F_{IS} υπολογίστηκε από την ανάλυση της διακύμανσης των αλληλικών συχνοτήτων μεταξύ των ατόμων για κάθε γενετικό τόπο και για κάθε πληθυσμό, καθώς και για τα σύνολά τους στο πρόγραμμα GENEPOP v.4.2 (Raymond & Rousset 1995). Επίσης, υπολογίστηκε ο δείκτης εγκαθίδρυσης F_{ST} (fixation index), ο οποίος εκφράζει τη μείωση της ετεροζυγωτίας εντός των πληθυσμών σε σχέση με το συνολικό πληθυσμό, εξαιτίας της τυχαίας γενετικής παρέκκλισης. Η τιμή του κυμαίνεται από μηδέν όταν τα άτομα μεταξύ των πληθυσμών διασταυρώνονται τυχαία (παρουσία παμιξίας) έως +1 σε περιπτώσεις πλήρους απουσίας γονιδιακής ροής μεταξύ των πληθυσμών (παρουσία πληθυσμιακής δομής). Ο δείκτης F_{ST} υπολογίστηκε από την ανάλυση της διακύμανσης των αλληλικών συχνοτήτων ανά ζεύγος πληθυσμών στο πρόγραμμα FSTAT v.2.9.3.2 (Goudet 2001). Το επίπεδο σημαντικότητάς των δεικτών F_{IS} και F_{ST} διορθώθηκε με τη διαδικασία Bonferroni (Rice 1989) και τη μέθοδο των Benjamini & Hochberg (1995).

Η ιεραρχική κατανομή της γενετικής διαφοροποίησης εντός και ανάμεσα των εκ των προτέρων καθορισμένων ομάδων των πληθυσμών πραγματοποιήθηκε με την **ανάλυση μοριακής διακύμανσης** (AMOVA, Excoffier *et al.* 1992). Όπως και στην περίπτωση του mtDNA, οι πληθυσμοί ομαδοποιήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές του δείκτη F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών και τη γεωγραφική τους προέλευση. Για κάθε υποθετική ομαδοποίηση υπολογίστηκε ο δείκτης F_{CT} που δείχνει τη γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων των πληθυσμών και ο δείκτης F_{SC} που δείχνει τη γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών εντός κάθε ομάδας. Ο υπολογισμός των δεικτών έγινε στο πρόγραμμα ARLEQUIN v.3.5.1.2 (Excoffier *et al.* 2005a) εφαρμόζοντας 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις.

Στη συνέχεια, βάσει των τιμών του δείκτη F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών αφενός ελέγχθηκε αν οι πληθυσμοί παρουσιάζουν **γενετική απομόνωση λόγω απόστασης** (IBD)

αφετέρου αναπαραστάθηκε η μεταξύ τους γενετική διαφοροποίηση με την **πολυδιάστατη ανάλυση απεικόνισης (MDS)**, με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση του mtDNA.

Για τη μελέτη της γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών κατασκευάστηκε επίσης ένα δενδρόγραμμα βάσει των αλληλικών συχνοτήτων των τόπων με τη **μέθοδο σύνδεσης γειτόνων (Neighbour-Joining tree, NJ, Saitou & Nei 1987)** στο πρόγραμμα ROPTREE v.2.0 (Takezaki *et al.* 2010) εφαρμόζοντας 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις.

Μέθοδος Σύνδεσης Γειτόνων (Neighbour-Joining tree, NJ)

Μέθοδος κατασκευής φυλογενετικού δέντρου που βασίζεται, όπως και η UPGMA μέθοδος, σε έναν αλγόριθμο που προκύπτει από τον πίνακα των γενετικών αποστάσεων μεταξύ των αλληλουχιών. Αρχικά, το δέντρο είναι ακτινωτό. Έπειτα οι κόμβοι «γειτόνες» (λειτουργικές ταξινομικές μονάδες ή OTUs), οι οποίοι έχουν τη μικρότερη γενετική απόσταση και το άθροισμα των κλάδων τους έχει τη χαμηλότερη τιμή, ενώνονται σε έναν καινούργιο εσωτερικό κόμβο που προστίθεται στο δέντρο, ενώ την ίδια στιγμή οι ενωμένοι κόμβοι και οι αντίστοιχοι κλάδοι τους απομακρύνονται. Έπειτα υπολογίζεται ξανά η απόσταση μεταξύ του νέου κόμβου και των κόμβων που απομένουν και ενώνονται πάλι οι πιο κοντινοί κόμβοι «γειτόνες». Σκοπός είναι σε κάθε βήμα να ελαχιστοποιείται το συνολικό μήκος των κλάδων για να προκύψει το βραχύτερο εξελικτικά δέντρο, το οποίο δεν φέρει ρίζα, αλλά μπορεί με τη χρήση μιας εξωομάδας (outgroup) να αποκτήσει ρίζα, και άρα πολικότητα (Saitou & Nei 1987). Δεδομένου ότι το μήκος των κλάδων αντιπροσωπεύει τη γενετική απόσταση μεταξύ των κόμβων, οι κόμβοι «γειτόνες» αντιστοιχούν σε γενεαλογίες που έχουν αποκλίνει πρόσφατα από έναν κοινό πρόγονο (Freeland 2005).

Μέθοδος Ομαδοποίησης Αστάθμιτων Ζευγών με Αριθμητικούς Μέσους όρους (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic means, UPGMA)

Μέθοδος κατασκευής φυλογενετικού δέντρου που αρχικά προτάθηκε για την ταξινόμηση ειδών βάσει της μορφολογίας τους (Sneath & Sokal 1973). Πλέον εφαρμόζεται για την κατασκευή φυλογενετικών δέντρων από μοριακά δεδομένα. Βασίζεται σε έναν αλγόριθμο που προκύπτει από τον υπολογισμό των γενετικών αποστάσεων για όλα τα πιθανά ζεύγη των OTUs, δηλαδή των αλληλουχιών. Αρχικά, οι αλληλουχίες με τη μικρότερη γενετική απόσταση τοποθετούνται στο δέντρο και συνιστούν την πρώτη σύνθετη OTU. Το σημείο στο οποίο συνδέονται οι αλληλουχίες προκύπτει από το μέσο όρο των αποστάσεών τους. Στη συνέχεια υπολογίζονται εκ νέου οι γενετικές αποστάσεις ανάμεσα στη σύνθετη OTU και τις υπόλοιπες αλληλουχίες, και προστίθεται στο δέντρο το επόμενο ζεύγος με τη μικρότερη απόσταση. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι τελικά να προστεθούν όλες οι αλληλουχίες στο δέντρο, το οποίο έχει πάντα ρίζα (τα δέντρα με ρίζα παρέχουν πληροφορίες για τη χρονική σειρά των γεγονότων διαχωρισμού). Προϋποθέτει την παρουσία σταθερού ρυθμού εξέλιξης μεταξύ όλων των κλάδων του δέντρου έτσι ώστε οι γενετικές αποστάσεις να σχετίζονται γραμμικά με τους χρόνους διαχωρισμού (Nei 1975).

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Το αρχείο εισόδου για το πρόγραμμα POPTREE περιελάμβανε τις συχνότητες (A_{freq}) των αλληλομόρφων ανά γενετικό τόπο και πληθυσμό, οι οποίες υπολογίστηκαν στο πρόγραμμα GENETIX v.4.05 (Belkhir *et al.* 2004). Με βάση τις αλληλικές συχνότητες υπολογίστηκε η γενετική απόσταση D_A του Nei (Nei 1972) και κατασκευάστηκε ο πίνακας των γενετικών αποστάσεων μεταξύ των πληθυσμών. Η απόσταση D_A υπολογίστηκε σύμφωνα με το μοντέλο εξέλιξης των μικροδορυφορικών τόπων «Infinite Alleles Model, IAM» (Kimura & Crow 1964), το οποίο υποθέτει ότι κάθε νέα μετάλλαξη δημιουργεί ένα νέο αλληλόμορφο και ότι χάνονται ή δημιουργούνται ταυτόχρονα πολλές επαναλήψεις από τις μεταλλάξεις. Η τιμή της απόστασης D_A κυμαίνεται από μηδέν όταν δύο πληθυσμοί έχουν τις ίδιες γονιδιακές συχνότητες σε όλους τους τόπους έως άπειρο όταν δεν υπάρχει κανένα κοινό αλληλόμορφο μεταξύ των πληθυσμών (Nei 1987).

Τέλος, η παρουσία πληθυσμιακής **γενετικής δομής** διερευνήθηκε στο πρόγραμμα STRUCTURE v.2.3 (Pritchard *et al.* 2000), το οποίο με βάση τις αρχές της Μπεϋζιανής Συμπερασματολογίας κατατάσσει τα όμοια γενετικά άτομα σε έναν προκαθορισμένο αριθμό ομάδων K (clusters). Κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι η κατάταξη των ατόμων γίνεται χωρίς πρότερη γνώση της γεωγραφικής τους προέλευσης. Η αντιστοίχιση των ατόμων στις ομάδες επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του αλγόριθμου MCMC και με χρήση ενός μοντέλου γενεαλογίας (ancestry model), καθώς και ενός μοντέλου αλληλικών συχνοτήτων (allele frequency model), με απώτερο σκοπό να επιτευχθεί η ισορροπία Hardy–Weinberg και η ισορροπία σύνδεσης αλληλομόρφων εντός των ομάδων που ορίζονται. Για κάθε δεδομένο αριθμό ομάδων K και για το συγκεκριμένο δείγμα ατόμων (X) υπολογίζεται μια τιμή πιθανοφάνειας (posterior probability) $\Pr(X | K)$. Ο αριθμός των ομάδων (K) στον οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη τιμή πιθανοφάνειας αποτυπώνει τη μέγιστη γενετική δομή στο σύνολο των δειγμάτων (Pritchard *et al.* 2000).

Στην παρούσα μελέτη ως μοντέλο γενεαλογίας επιλέχθηκε το μοντέλο ανάμιξης (admixture model), το οποίο υποθέτει ότι κάθε άτομο μπορεί να έχει μικτή καταγωγή και να ανήκει σε περισσότερες από μια γενετικές ομάδες. Με βάση αυτό το μοντέλο, αφού γίνει αντιστοίχιση των ατόμων σε κάθε ομάδα, υπολογίζεται για καθένα από αυτά η παράμετρος q ή συντελεστής συμμετοχής (membership coefficient) που εκφράζει το ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας στο γονότυπο κάθε ατόμου. Ως μοντέλο αλληλικών συχνοτήτων επιλέχθηκε εκείνο που υποθέτει ότι οι αλληλικές συχνότητες μεταξύ των ομάδων δεν είναι ανεξάρτητες, αλλά μπορεί να μοιάζουν, λόγω της μετανάστευσης ή της κοινής καταγωγής. Το μοντέλο των εξαρτημένων αλληλικών συχνοτήτων (correlated allele frequencies model, Falush *et al.* 2003) προκύπτει από μια κατανομή που προσδιορίζεται από την παράμετρο λ . Μικρές τιμές

για την παράμετρο λ αποτελούν ένδειξη ότι τα περισσότερα άτομα προέρχονται από τον έναν πληθυσμό ή τον άλλον, ενώ τιμές μεγαλύτερες της μονάδας δείχνουν ότι τα περισσότερα άτομα αναμειγνύονται (Pritchard *et al.* 2000). Η τιμή για την παράμετρο λ εκτιμήθηκε ξεχωριστά για τα είδη *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* θέτοντας όπου $K=1$ σύμφωνα με τους Falush *et al.* (2003), και ήταν ίση με 0,38 και 0,72, αντίστοιχα. Η τιμή της πιθανοφάνειας υπολογίστηκε για κάθε μια από τις αναμενόμενες ομάδες που κυμαίνονταν από $K=1$ έως $K=5$. Προκειμένου να ελεγχθεί η συνέπεια των αποτελεσμάτων, για κάθε τιμή του K , η ανάλυση επαναλήφθηκε 5 φορές και κάθε φορά περιελάμβανε 1.000.000 επαναλήψεις MCMC, από τις οποίες οι πρώτες 250.000 αγνοήθηκαν, γιατί θεωρήθηκαν ως περίοδος αστάθειας των τιμών πιθανοφάνειας (burn-in period).

Τελικά, η επιλογή του πιο πιθανού αριθμού ομάδων (K) έγινε με τον υπολογισμό του δείκτη ΔK (*ad-hoc* statistic), ο οποίος προτάθηκε από τους Evanno *et al.* (2005) ως ένας αξιόπιστος και αμερόληπτος τρόπος που λαμβάνει υπόψη τόσο την τιμή της πιθανοφάνειας όσο και τη διακύμανσή της μεταξύ των διαδοχικών τιμών του K . Ο υπολογισμός του ΔK πραγματοποιήθηκε από την εισαγωγή του συμπιεσμένου αρχείου εξόδου (output file) του προγράμματος STRUCTURE στο πρόγραμμα STRUCTURE HARVESTER v.0.6.94 (διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.taylor0.biology.ucla.edu/structureHarvester/> Earl & von Holdt 2012). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης STRUCTURE συνοψίζονται σε ιστογράμματα όπου κάθε άτομο αντιπροσωπεύεται από μια κάθετη στήλη διαιρεμένη σε K χρωματισμένα τμήματα με μήκος ανάλογο του ποσοστού συμμετοχής καθεμίας από τις K αναγνωρισμένες ομάδες (Pritchard *et al.* 2000).

Διερεύνηση στενωπών

Η πληθυσμιακή στενωπός (bottleneck), είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο υπό την επίδραση περιβαλλοντικής πίεσης, ένας πληθυσμός υφίσταται απότομη μείωση του μεγέθους του (επομένως και του δραστικού πληθυσμιακού μεγέθους N_e) και οδηγείται σε σημαντική απώλεια της γενετικής του ποικιλότητας. Η έκταση των επιπτώσεων της γενετικής στενωπού εξαρτάται τόσο από το τελικό μέγεθος στο οποίο φτάνει ο πληθυσμός όσο και από το ρυθμό της ανάκαμψής του. Στις περιπτώσεις που έχουν απομείνει άτομα που δεν μπορούν να αναπαραχθούν επιτυχώς ή λίγα άτομα που ευνοούν τα φαινόμενα της ενδογαμίας (inbreeding) και της εγκαθίδρυσης θνησιγόνων αλληλομόρφων, ο πληθυσμός δεν μπορεί να ανακάμψει με κίνδυνο εξαφάνισης. Επίσης, όσο περισσότερο καθυστερεί η ανάκαμψη ενός πληθυσμού τόσο μεγαλύτερη μείωση της γενετικής ποικιλότητας υφίσταται (Freeland 2005).

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Η διερεύνηση της γενετικής στενωπού πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα BOTTLENECK v.1.2.02 (Cornuet & Luikart 1996) επιλέγοντας ως μοντέλο εξέλιξης των μικροδορυφορικών τόπων το μοντέλο των δύο φάσεων (Two Phase Model, TPM) με 95% πιθανότητα μετάλλαξης ενός βήματος (Single Step Mutation, SSM). Το συγκεκριμένο μοντέλο προτείνεται ως το πιο κατάλληλο για τους μικροδορυφορικούς δείκτες (Di Rienzo *et al.* 1994). Το μοντέλο TPM αποτελεί μια προέκταση του «μοντέλου της σταδιακής, βήμα προς βήμα, μετάλλαξης» κατά το οποίο κάθε νέα μετάλλαξη οδηγεί σε νέο αλληλόμορφο, το οποίο προκύπτει από την απώλεια ή την προσθήκη μιας μόνο επαναληπτικής μονάδας από το προγονικό αλληλόμορφο (Stepwise Mutation Model, SMM, Ohta & Kimura 1973). Επιπλέον, υποθέτει ότι μια μετάλλαξη μπορεί να αφορά σε περισσότερες της μια επαναληπτικές μονάδες. Με βάση αυτό το μοντέλο και γνωρίζοντας τον αριθμό των αλληλομόρφων και των δειγμάτων, εκτιμήθηκε η ετεροζυγωτία ισορροπίας H_{EQ} που αναμένεται για κάθε τόπο σε κάθε πληθυσμό σταθερού μεγέθους που βρίσκεται σε ισορροπία μετάλλαξης-γενετικής παρέκκλισης (Luikart *et al.* 1998).

Σε σταθερούς πληθυσμούς, η αναμενόμενη ετεροζυγωτία H_{EQ} που προκύπτει από τον αριθμό των αλληλομόρφων υπό συνθήκη ισορροπίας μετάλλαξης-γενετικής παρέκκλισης θα ισούται με την αναμενόμενη ετεροζυγωτία H_E που προκύπτει από τις συχνότητες των αλληλομόρφων υπό τη συνθήκη της ισορροπίας Hardy–Weinberg. Αν κάποιος πληθυσμός έχει διέλθει πρόσφατα από γενετική στενωπό, η ετεροζυγωτία H_E θα είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από την ετεροζυγωτία H_{EQ} , γιατί η ταχύτητα με την οποία μειώνεται ο αριθμός των αλληλομόρφων κατά τη διάρκεια της στενωπού είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα με την οποία μειώνεται η ετεροζυγωτία H_{EQ} (Luikart *et al.* 1998).

Ο στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη δοκιμασία Wilcoxon εφαρμόζοντας 10.000 αντιμεταθέσεις, η οποία προτείνεται όταν αναλύονται λιγότεροι από 20 μικροδορυφορικοί τόποι. Για την επίτευξη της μέγιστης στατιστικής ισχύος της συγκεκριμένης δοκιμασίας προτείνεται η γονοτύπηση 15–40 ατόμων ανά πληθυσμό σε 10–15 πολυμορφικούς τόπους (Cornuet & Luikart 1996). Για την ποιοτική διάκριση των πληθυσμών που έχουν διέλθει από στενωπό από τους πληθυσμούς σταθερού μεγέθους, κατασκευάστηκαν ιστογράμματα με τις κατανομές των αλληλικών συχνοτήτων στο σύνολο των τόπων σε διαφορετικές κλάσεις (0–10% έως 90–100%). Σε σταθερούς πληθυσμούς που βρίσκονται σε ισορροπία μετάλλαξης-γενετικής παρέκκλισης, το ιστογράμμα κατανομής έχει σχήμα L, ενώ σε πληθυσμούς που έχουν υποστεί απότομη μείωση του μεγέθους τους παρατηρείται παραμόρφωση του σχήματος L, επειδή η συχνότητα των αλληλομόρφων στις μικρές κλάσεις είναι μικρότερη από αυτή των ενδιάμεσων κλάσεων (Luikart *et al.* 1998).

7.3 Αποτελέσματα

7.3.1 Μιτοχονδριακό DNA

Γενετική ποικιλότητα

Scyliorhinus canicula

Στο σύνολο των 431 αλληλουχιών ενός τμήματος μήκους 590 bp του γονιδίου COI, η μέση νουκλεοτιδική σύσταση ήταν: θυμίνη (T) 32,0%, αδερίνη (A) 26,8%, κυτοσίνη (C) 24,0% και γουανίνη (G) 17,3%. Συνολικά εντοπίστηκαν 32 πολυμορφικές θέσεις (Ss) με 21 πληροφοριακές θέσεις φειδωλότητας (Ps) και 11 μοναδικές μεταλλάξεις (S). Οι αλληλουχίες αντιπροσωπεύονταν από 37 διαφορετικούς απλοτύπους (H) από τους οποίους οι 25 ήταν ιδιωτικοί (H_P). Η πλειονότητα των ιδιωτικών απλοτύπων ($H_P=7$) εντοπίστηκε στον πληθυσμό από τις Βαlearίδες (BAL), ενώ πλήρης απουσία ιδιωτικών απλοτύπων παρατηρήθηκε στους πληθυσμούς από τον Κορινθιακό κόλπο (COR), το Κρητικό Πέλαγος (CRE), το Σαρωνικό κόλπο (SAR), τις Κυκλάδες (CYC) και το βόρειο Ευβοϊκό κόλπο (nEVO). Στους υπόλοιπους πληθυσμούς από τον Ατλαντικό (ATL), την Αλγερία (ALG), το Ιόνιο (ION), το βόρειο Αιγαίο Πέλαγος (nAEG) και τη Λεβαντίνη (LEV), ο αριθμός των ιδιωτικών απλοτύπων κυμάνθηκε από 1 έως 6. Από το σύνολο των 37 απλοτύπων, οι απλότυποι: hap1, 4, 5, 7, 8 και 14 είχαν ανιχνευτεί σε προηγούμενη μελέτη στον Ατλαντικό (Costa *et al.* 2012) και οι απλότυποι: hap1, 2, 4, 6, 12 και 13 σε προηγούμενη μελέτη στη Λεβαντίνη (Moftah *et al.* 2011). Τα πρωτογενή αποτελέσματα της στοίχισης των αλληλουχιών του γονιδίου COI (590 bp) παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.12.

Στο σύνολο των πληθυσμών η απλοτυπική ποικιλότητα (h) ήταν υψηλή (0,808), ενώ η νουκλεοτιδική ποικιλότητα (π) ήταν χαμηλή (0,0032). Εξετάζοντας τους δείκτες ξεχωριστά σε κάθε πληθυσμό, παρατηρήθηκε ότι η απλοτυπική ποικιλότητα παρουσίασε υψηλή τιμή στους πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου (Βαlearίδες και Αλγερία), του Ατλαντικού, του Ιονίου και της Λεβαντίνης, χαμηλή τιμή εμφάνισε στον Κορινθιακό κόλπο και μέτρια τιμή στους υπόλοιπους πληθυσμούς. Αντίθετα, η νουκλεοτιδική ποικιλότητα είχε χαμηλή τιμή σε κάθε εξεταζόμενο πληθυσμό. Η απλοτυπική και η νουκλεοτιδική ποικιλότητα, καθώς και η μέση τιμή των διαφορών των ζευγών των απλοτύπων (k) παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή στον Κορινθιακό κόλπο και την υψηλότερη τιμή στη Λεβαντίνη (Πίνακας 7.13).

Πίνακας 7.13 Δείκτες γενετικής ποικιλότητας ανά πληθυσμό του είδους *S. canicula* βάσει ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI (mtDNA). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Πληθυσμός	N	H	H _p	Ss	h	±	SD	π	±	SD	k	±	SD
ATL	17	8	2	7	0,816	±	0,071	0,0028	±	0,0019	1,63	±	1,01
BAL	51	10	7	10	0,742	±	0,043	0,0021	±	0,0015	1,25	±	0,80
ALG	50	12	5	11	0,826	±	0,035	0,0030	±	0,0019	1,75	±	1,03
ION	46	10	6	12	0,753	±	0,044	0,0031	±	0,0020	1,83	±	1,07
COR	12	3	0	3	0,439	±	0,158	0,0011	±	0,0010	0,64	±	0,53
CRE	51	4	0	4	0,664	±	0,032	0,0021	±	0,0015	1,26	±	0,81
SAR	14	4	0	4	0,670	±	0,082	0,0020	±	0,0015	1,20	±	0,81
CYC	46	4	0	4	0,680	±	0,028	0,0023	±	0,0016	1,34	±	0,85
nAEG	93	5	1	5	0,667	±	0,029	0,0022	±	0,0016	1,31	±	0,83
nEVO	29	4	0	4	0,638	±	0,050	0,0021	±	0,0015	1,27	±	0,82
LEV	22	10	4	11	0,900	±	0,036	0,0043	±	0,0027	2,52	±	1,41
Σύνολο	431	37	25	32	0,808	±	0,012	0,0032	±	0,0020	1,91	±	1,09

N, αριθμός ατόμων; H, αριθμός απλοτύπων; H_p, αριθμός ιδιωτικών απλοτύπων; Ss, αριθμός πολυμορφικών θέσεων; h, απλοτυπική ποικιλότητα; π, νουκλεοτιδική ποικιλότητα; k, μέση τιμή νουκλεοτιδικών διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων; SD, τυπική απόκλιση

Squalus blainville

Στο σύνολο των 112 αλληλουχιών ενός τμήματος μήκους 590 bp του γονιδίου COI η μέση νουκλεοτιδική σύσταση ήταν: θυμίνη (T) 31,6%, αδενίνη (A) 25,8%, κυτοσίνη (C) 26,4% και γουανίνη (G) 16,2%. Συνολικά εντοπίστηκαν 25 πολυμορφικές θέσεις (Ss) με 9 πληροφοριακές θέσεις φειδωλότητας (Ps) και 16 μοναδικές μεταλλάξεις (S). Οι αλληλουχίες αντιπροσωπεύονταν από 27 διαφορετικούς απλοτύπους (H) από τους οποίους οι 20 ήταν «ιδιωτικοί» (H_p). Οι ιδιωτικοί απλότυποι εντοπίστηκαν σε όλους τους πληθυσμούς, με εξαίρεση τις Κυκλάδες. Τα πρωτογενή αποτελέσματα της στοίχισης των αλληλουχιών του γονιδίου COI (590 bp) παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.14.

Στο σύνολο των πληθυσμών η απλοτυπική (h) και η νουκλεοτιδική (π) ποικιλότητα ήταν 0,761 και 0,0029, αντίστοιχα. Εξετάζοντας μεμονωμένα τους πληθυσμούς, διαπιστώθηκε ότι η νουκλεοτιδική ποικιλότητα ήταν χαμηλή σε καθέναν από αυτούς, ενώ η απλοτυπική ποικιλότητα παρουσίασε υψηλή τιμή στο Ιόνιο, στο Κρητικό και στο βόρειο Αιγαίο, και χαμηλή τιμή μόνο στο Λιβυκό. Η απλοτυπική και η νουκλεοτιδική ποικιλότητα, καθώς και η μέση τιμή των διαφορών των ζευγών των απλοτύπων (k) παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή στο Λιβυκό και την υψηλότερη τιμή στο βόρειο Αιγαίο. Οι τιμές των δεικτών γενετικής ποικιλότητας ξεχωριστά για κάθε πληθυσμό παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.15. Σημειώνεται ότι επειδή ο πληθυσμός των Κυκλάδων αντιπροσωπεύτηκε μόνο από 2 άτομα, σε όλες τις επόμενες αναλύσεις ενσωματώθηκε στον πληθυσμό του βόρειου Αιγαίου.

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Πίνακας 7.14 Απλότυποι ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI (mtDNA) που αναγνωρίστηκαν για το είδος *S. blainville*. Με κίτρινο χρώμα τονίζονται οι θέσεις των μοναδικών μεταλλάξεων (*S*) και χωρίς χρώμα παραμένουν οι πληροφοριακές θέσεις φειδωλότητας (*P*s). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Hap	Πληθυσμός							Νουκλεοτιδική θέση																								
	B	I	L	C	C	n	s	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5			
	A	O	I	R	Y	A	A	N	2	3	6	4	0	0	3	5	7	7	9	9	1	4	8	8	1	2	3	9	1	1	4	6
L	N	B	E	C	G	R	8	3	2	5	9	0	9	0	7	2	5	6	9	7	4	0	6	6	2	4	4	3	7	3	0	
1	3	12	14	9	1	11	50	A	A	G	T	T	G	A	C	A	T	C	A	C	A	A	T	A	C	G	A	C	C	T	T	A
2	1	8	3	4	1	4	21	T	G
3		4	1	1		3	9	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4		2	1			1	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	G
5		1				2	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	G
6		1	1				2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.
7				1		1	2	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G
8						2	2	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	1						1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	G
10		1					1	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11		1					1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.
12		1					1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	T
13		1					1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.
14			1				1	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15			1				1	.	.	.	C	C	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G
16				1			1	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17				1			1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.
18				1			1	.	.	.	.	.	.	.	C	G	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	G
19						1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G
20						1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	G
21						1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	T	.	.	.	.	.	.	.	G
22						1	1	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	G
23						1	1	.	.	.	.	A	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24						1	1	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.
25							1	1	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26							1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.
27							1	1	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	G

Hap, αύξοντας αριθμός απλοτύπων; N, αριθμός ατόμων. Το ακριβές νουκλεοτίδιο σε κάθε θέση δίνεται μόνο για τον απλότυπο 1. Για τους υπόλοιπους απλοτύπους παρουσιάζονται μόνο τα διαφορετικά νουκλεοτίδια από τον απλότυπο 1, ενώ οι τελείες (.) αφορούν στα όμοια νουκλεοτίδια μεταξύ των απλοτύπων

Πίνακας 7.15 Δείκτες γενετικής ποικιλότητας ανά πληθυσμό του είδους *S. blainville* βάσει ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI (mtDNA). Με γκρι χρώμα υπογραμμίζονται οι πληθυσμοί με περιορισμένο αριθμό δειγμάτων. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Πληθυσμός	N	H	H _p	Ss	h	±	SD	π	±	SD	k	±	SD
BAL	5	3	1	3	0,700	±	0,218	0,0027	±	0,002	1,60	±	1,13
ION	32	10	4	9	0,796	±	0,051	0,0028	±	0,002	1,65	±	1,00
LIB	22	7	2	7	0,434	±	0,117	0,0022	±	0,002	1,30	±	0,84
CRE	18	7	3	8	0,726	±	0,096	0,0027	±	0,002	1,57	±	0,98
CYC	2	2	0	2	1,000	±	0,500	0,0034	±	0,004	2,01	±	1,74
nAEG	30	13	7	13	0,848	±	0,055	0,0034	±	0,002	1,99	±	1,16
sAFR	3	3	3	6	1,000	±	0,272	0,0068	±	0,006	4,00	±	2,73
Σύνολο	112	27	20	25	0,761	±	0,036	0,0029	±	0,002	1,69	±	1,00

N, αριθμός ατόμων; H, αριθμός απλοτύπων; H_p, αριθμός ιδιωτικών απλοτύπων; Ss, αριθμός πολυμορφικών θέσεων; h, απλοτυπική ποικιλότητα; π, νουκλεοτιδική ποικιλότητα; k, μέση τιμή νουκλεοτιδικών διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων; SD, τυπική απόκλιση

Γενετικές αποστάσεις

Scyliorhinus canicula

Στον Πίνακα Π1 του Παραρτήματος δίνονται οι ανά ζεύγος γενετικές αποστάσεις p μεταξύ των 37 αναγνωρισμένων απλοτύπων. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η διαφορά μεταξύ των δύο γενετικών αποστάσεων (p και K2P) ήταν μηδενική, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν $\sim 0,01$. Η συνολική μέση γενετική απόσταση p μεταξύ των απλοτύπων ήταν 0,59% (0,60% υπό το μοντέλο K2P) με εύρος 0,17–1,36% (0,17–1,38% υπό το μοντέλο K2P).

Από τον Πίνακα 7.16 διαπιστώνεται ότι η μέση γενετική απόσταση p κυμάνθηκε από 0,18% (ίδια τιμή υπό το μοντέλο K2P) σε δύο ζεύγη πληθυσμών (Κορινθιακού/Σαρωνικού και Κορινθιακού/Κρητικού) έως 0,50% (0,51% υπό το μοντέλο K2P) μεταξύ των πληθυσμών της Αλγερίας και του Ιονίου. Ο πληθυσμός της Αλγερίας παρουσίασε τη μεγαλύτερη μέση γενετική απόσταση p (0,41% και 0,42% υπό το μοντέλο K2P) από όλους τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Η ενδοπληθυσμιακή διαφοροποίηση κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με βάση και τις δύο προσεγγίσεις (p και K2P), παρουσιάζοντας την ελάχιστη τιμή (0,11%) στον πληθυσμό του Κορινθιακού και τη μέγιστη τιμή (0,43%) στον πληθυσμό της Λεβαντίνης.

Πίνακας 7.16 Μέση γενετική απόσταση (% p) ανά ζεύγος πληθυσμών (N=11) του είδους *S. canicula*. Μέσα σε παρένθεση δίνονται οι αντίστοιχες αποστάσεις υπό το μοντέλο K2P μόνο στις περιπτώσεις που βρέθηκε διαφορά μεταξύ των δύο προσεγγίσεων. Στη διαγώνιο παρουσιάζεται η ενδοπληθυσμιακή διαφοροποίηση, δηλαδή η μέση γενετική απόσταση μεταξύ των ατόμων εντός κάθε πληθυσμού. Δίνεται η μέση τιμή της γενετικής απόστασης p (M.T.^a) και της διορθωμένης γενετικής απόστασης K2P (M.T.^b) κάθε πληθυσμού από τους υπόλοιπους. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις μέγιστες τιμές. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

%p	ATL	BAL	ALG	ION	COR	CRE	SAR	CYC	nAEG	nEVO	LEV
ATL	0,28										
BAL	0,25	0,21									
ALG	0,29	0,26	0,30								
ION	0,44 (0,45)	0,49 (0,50)	0,50 (0,51)	0,31							
COR	0,29	0,33	0,35	0,25	0,11						
CRE	0,38	0,42	0,44	0,27	0,18	0,21					
SAR	0,36	0,41	0,42 (0,43)	0,31	0,18	0,22	0,20				
CYC	0,39	0,44	0,45	0,28	0,20	0,22	0,23	0,23			
nAEG	0,38	0,43	0,44	0,28	0,19	0,22	0,22	0,22	0,22		
nEVO	0,39 (0,40)	0,44	0,45	0,26	0,19 (0,20)	0,21	0,24	0,22	0,22	0,21 (0,22)	
LEV	0,41	0,43	0,46	0,38 (0,39)	0,30	0,34	0,36	0,35	0,34 (0,35)	0,34	0,43
M.T.^a	0,36	0,39	0,41	0,35	0,25	0,29	0,30	0,30	0,29	0,30	0,37
M.T.^b	0,36	0,41	0,42	0,34	0,24	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,37

Squalus blainville

Στον Πίνακα Π2 του Παραρτήματος παρατίθενται οι ανά ζεύγος γενετικές αποστάσεις p μεταξύ των 27 αναγνωρισμένων απλοτύπων. Ομοίως με το προηγούμενο είδος, παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν από τους δύο τρόπους υπολογισμού της γενετικής απόστασης μεταξύ των απλοτύπων (p και K2P). Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η διαφορά μεταξύ των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων ήταν μηδενική, ενώ σε ελάχιστες περιπτώσεις ήταν της τάξης $\sim 0,01$. Η συνολική μέση γενετική απόσταση p μεταξύ των απλοτύπων ήταν 0,53% (0,54% υπό το μοντέλο K2P) με εύρος 0,17–1,02% (ίδιο εύρος υπό το μοντέλο K2P).

Στον Πίνακα 7.17 παρουσιάζονται οι ανά ζεύγος γενετικές αποστάσεις μεταξύ των 6 πληθυσμών και το ποσοστό της ενδοπληθυσμιακής διαφοροποίησης σε καθένα από αυτούς. Η γενετική απόσταση p κυμάνθηκε από 0,24% (ίδια τιμή υπό το μοντέλο K2P) μεταξύ των πληθυσμών του Λιβυκού και των Βαλεαρίδων έως 0,46% (ίδια τιμή υπό το μοντέλο K2P) μεταξύ των πληθυσμών του βόρειου Αιγαίου και της Νότιας Αφρικής. Ο πληθυσμός της Νότιας Αφρικής παρουσίασε τη μεγαλύτερη γενετική απόσταση p (0,43% και 0,44% υπό το μοντέλο K2P) από όλους τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Ο βαθμός της ενδοπληθυσμιακής διαφοροποίησης για κάθε πληθυσμό κυμάνθηκε στα ίδια ακριβώς επίπεδα με βάση τον υπολογισμό και των δύο τύπων γενετικών αποστάσεων (p και K2P). Ο πληθυσμός του Λιβυκού παρουσίασε τη μικρότερη ενδοπληθυσμιακή διαφοροποίηση (0,22%), ενώ ο πληθυσμός της Νότιας Αφρικής παρουσίασε τη μεγαλύτερη (0,68%).

Πίνακας 7.17 Μέση γενετική απόσταση (% p) ανά ζεύγος πληθυσμών (N=6) του είδους *S. blainville*. Μέσα σε παρένθεση δίνονται οι αντίστοιχες αποστάσεις υπό το μοντέλο K2P μόνο στις περιπτώσεις που βρέθηκε διαφορά μεταξύ των δύο προσεγγίσεων. Στη διαγώνιο παρουσιάζεται η ενδοπληθυσμιακή διαφοροποίηση, δηλαδή η μέση γενετική απόσταση μεταξύ των ατόμων εντός κάθε πληθυσμού. Δίνεται η μέση τιμή της γενετικής απόστασης p (M.T.^a) και της διορθωμένης γενετικής απόστασης K2P (M.T.^b) κάθε πληθυσμού από τους υπόλοιπους. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις μέγιστες τιμές. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

%p	BAL	ION	LIB	CRE	nAEG	sAFR
BAL	0,27					
ION	0,26	0,28				
LIB	0,24	0,25	0,22			
CRE	0,25	0,27	0,25	0,28		
nAEG	0,28	0,29 (0,30)	0,27	0,29	0,32	
sAFR	0,42	0,44	0,42	0,44	0,46	0,68
M.T.^a	0,29	0,30	0,29	0,31	0,32	0,43
M.T.^b	0,29	0,32	0,30	0,31	0,33	0,44

Γενετική δομή

Scyliorhinus canicula

Ο δείκτης γενετικής απόστασης Φ_{ST} παρουσίασε στατιστικά σημαντική τιμή, έπειτα από τις διορθώσεις Bonferroni και Benjamini/Hochberg, για όλα τα ζεύγη πληθυσμών μεταξύ της περιοχής της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού (BAL, ALG, ATL) και των υπόλοιπων περιοχών της ανατολικής Μεσογείου (ION, COR, CRE, SAR, nAEG, nEVO), με εξαίρεση το ζεύγος ATL–LEV. Ο πληθυσμός της Λεβαντίνης παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από τον πληθυσμό του Ατλαντικού μόνο έπειτα από τη διόρθωση Benjamini/Hochberg. Εντός της περιοχής της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών, ενώ σε 9 ζεύγη πληθυσμών εντός της ανατολικής Μεσογείου βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές τιμές Φ_{ST} μόνο έπειτα από τη διόρθωση Benjamini/Hochberg (Πίνακας 7.18).

Πίνακας 7.18 Τιμές Φ_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *S. canicula*. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις στατιστικά σημαντικές τιμές με βάση τόσο τη διαδικασία Bonferroni ($P < 0,001$) όσο και τη μέθοδο Benjamini/Hochberg ($P < 0,05$). Οι στατιστικά σημαντικές τιμές με βάση μόνο τη διόρθωση Benjamini/Hochberg συμβολίζονται με αστερίσκο (*). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Φ_{ST}	ATL	BAL	ALG	ION	COR	CRE	SAR	CYC	nAEG	nEVO	LEV
ATL	–										
BAL	0,037	–									
ALG	0,008	0,030	–								
ION	0,334	0,474	0,400	–							
COR	0,306	0,467	0,348	0,113*	–						
CRE	0,365	0,496	0,416	0,037	0,091	–					
SAR	0,335	0,490	0,384	0,140*	0,138*	0,040	–				
CYC	0,369	0,499	0,419	0,032	0,119*	-0,018	0,045	–			
nAEG	0,365	0,490	0,423	0,043*	0,089*	-0,014	0,037	-0,014	–		
nEVO	0,385	0,516	0,425	-0,006	0,144	-0,001	0,134	-0,006	0,005	–	
LEV	0,132*	0,296	0,227	0,049	0,077	0,076*	0,112*	0,073	0,080*	0,052	–

Τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ανάλυσης μοριακής διακύμανσης (AMOVA) παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.19. Λαμβάνοντας υπόψη τις γενετικές αποστάσεις (Φ_{ST}) ανά ζεύγος πληθυσμών και τη γεωγραφική προέλευση των δειγμάτων, εξετάστηκαν τρία υποθετικά σενάρια πληθυσμιακών ομαδοποιήσεων προκειμένου να ελεγχθεί η παρουσία ενός συγκεκριμένου προτύπου γενετικής δομής. Αρχικά, εξετάστηκε η μηδενική υπόθεση της

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

παρουσίας ενός παμμικτικού πληθυσμού, η οποία απορρίφθηκε, εξαιτίας της γενετικής ετερογένειας των πληθυσμών. Έπειτα, εξετάστηκε το ενδεχόμενο της γενετικής διαφοροποίησης των πληθυσμιακών δειγμάτων σε δύο (δυτική Μεσόγειος/Ατλαντικός και ανατολική Μεσόγειος) ή τρεις γενετικές ομάδες (δυτική Μεσόγειος/Ατλαντικός, Ιόνιο/Κορινθιακός και ανατολική Μεσόγειος). Τελικά, η μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων ($\Phi_{CT}=0,409$) εντοπίστηκε στο δεύτερο σενάριο.

Πίνακας 7.19 Αποτελέσματα της ανάλυσης μοριακής διακύμανσης (AMOVA) για τρεις υποθετικές ομαδοποιήσεις των πληθυσμών του είδους *S. canicula*. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις στατιστικά σημαντικές τιμές των δεικτών γενετικής διαφοροποίησης Φ_{ST} , Φ_{CT} και Φ_{SC} . Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις γονιδιακές συχνότητες και τη γενετική απόσταση μεταξύ των δειγμάτων (αριθμός νουκλεοτιδικών διαφορών). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

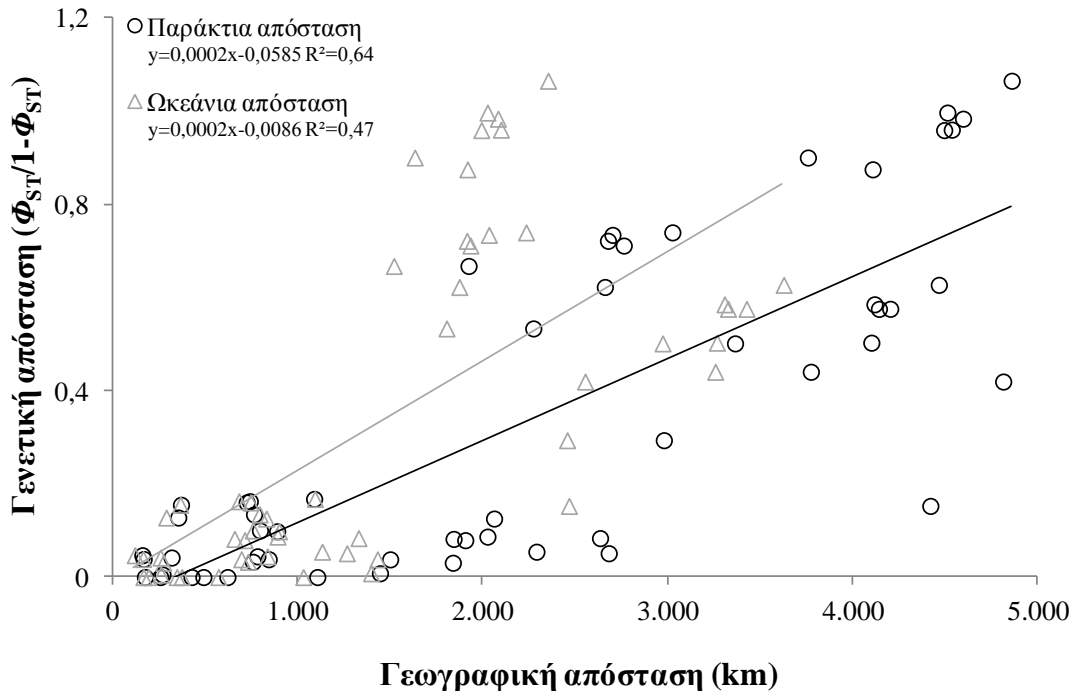
Υποθετικές ομαδοποιήσεις πληθυσμών		Δείκτης	Τιμή (P)
1 ομάδα	Παμμικσία [όλοι οι πληθυσμοί]	Φ_{ST}	0,263 (0)
2 ομάδες	1. Δυτική Μεσόγειος/Ατλαντικός [BAL, ALG/ATL]	Φ_{CT}	0,409 (0,007)
	2. Ανατολική Μεσόγειος [ION, COR, CRE, SAR, CYC, nAEG, nEVO, LEV]	Φ_{SC}	0,032 (0)
3 ομάδες	1. Δυτική Μεσόγειος/Ατλαντικός [BAL, ALG/ATL]	Φ_{CT}	0,334 (0,001)
	2. Ιόνιο, Κορινθιακός [ION, COR]		
	3. Αιγαίο, Λεβαντίνη [CRE, SAR, CYC, nAEG, nEVO, LEV]	Φ_{SC}	0,029 (0,004)

Φ_{ST} , δείκτης γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών; Φ_{CT} , μεταξύ των ομάδων; Φ_{SC} , μεταξύ των πληθυσμών εντός κάθε ομάδας

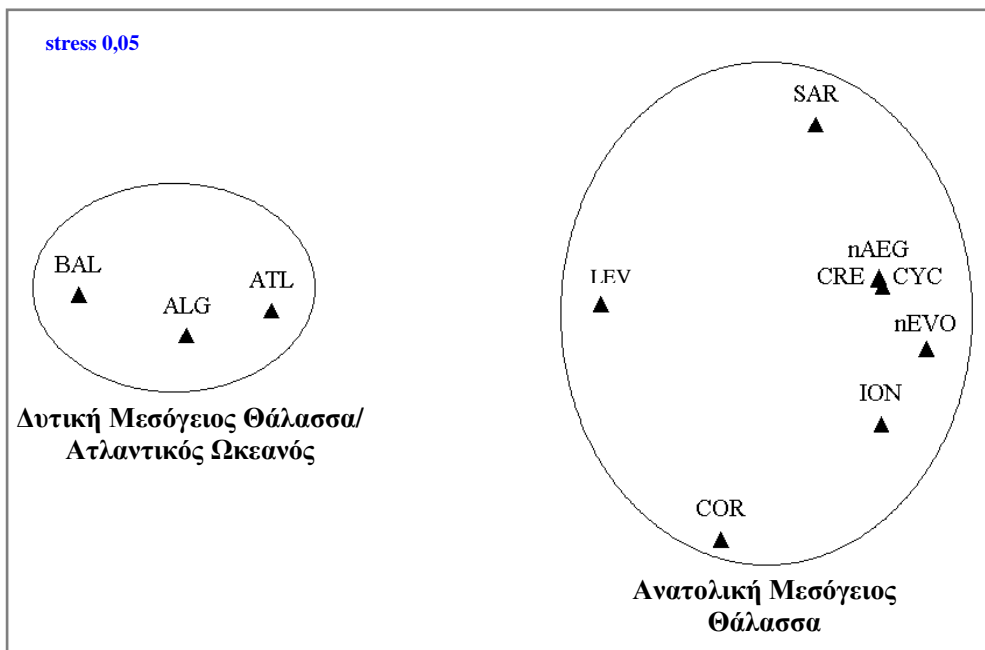
Η στατιστική συσχέτιση Mantel (1967) του πίνακα των γενετικών αποστάσεων (Φ_{ST}) και του πίνακα των γεωγραφικών αποστάσεων ανά ζεύγος πληθυσμών αποκάλυψε την παρουσία του προτύπου της γενετικής απομόνωσης λόγω απόστασης (IBD) στους εξεταζόμενους πληθυσμούς. Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων όταν λαμβάνεται υπόψη η παράκτια γεωγραφική απόσταση ανά ζεύγος πληθυσμών (mtDNA: $R^2=0,64$, $P=0,003$) παρά η συντομότερη ωκεάνια απόσταση (mtDNA: $R^2=0,48$, $P=0,005$). Το γεγονός αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη της αύξησης της γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών καθώς απομακρύνονται γεωγραφικά. Η συσχέτιση της γενετικής και της γεωγραφικής απόστασης ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *Scyliorhinus canicula* παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.9.

Με την πολυδιάστατη ανάλυση απεικόνισης (MDS), η οποία βασίστηκε στον πίνακα των γενετικών αποστάσεων (Φ_{ST}), αναπαραστάθηκε η γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των 11 πληθυσμών του είδους *Scyliorhinus canicula*. Από την Εικόνα 7.10 διαπιστώνεται η παρουσία δύο διακριτών ομαδοποιήσεων από τις οποίες η μια περιλαμβάνει τους

πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού και η άλλη όλους τους πληθυσμούς από την ανατολική Μεσόγειο. Ο συντελεστής συμπίεσης (stress value) είναι 0,05, δείχνοντας ότι η αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ των πληθυσμών είναι ικανοποιητική.



Εικόνα 7.9 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της γενετικής και γεωγραφικής απόστασης (παράκτιας και ωκεάνιας) ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *S. canicula*. Ως μέτρο της γενετικής απόστασης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης $\Phi_{ST}/1-\Phi_{ST}$ του Rousset (1997)



Εικόνα 7.10 Δισδιάστατη απεικόνιση (MDS) των 11 πληθυσμών του είδους *S. canicula* βάσει των τιμών Φ_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

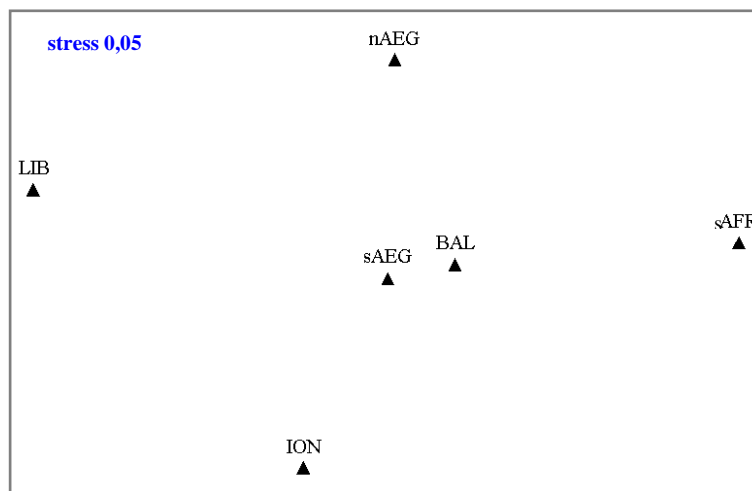
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Squalus blainville

Η χαμηλή τιμή του δείκτη Φ_{ST} σε όλα τα πιθανά ζεύγη πληθυσμών αποτελεί ένδειξη της παρουσίας γενετικής ομοιογένειας στο σύνολο των δειγμάτων (Πίνακας 7.20). Εξαιτίας της απουσίας γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών, δεν πραγματοποιήθηκε η ανάλυση μοριακής διακύμανσης (AMOVA) και δεν ελέγχθηκε αν υπάρχει απομόνωση λόγω απόστασης (IBD). Η απουσία κάποιου ιδιαίτερου προτύπου γενετικής δομής αποτυπώθηκε και με την πολυδιάστατη ανάλυση απεικόνισης (MDS) (Εικόνα 7.11).

Πίνακας 7.20 Τιμές Φ_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *S. blainville*. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Φ_{ST}	BAL	ION	LIB	CRE	nAEG	sAFR
BAL	–					
ION	-0,081	–				
LIB	-0,019	0,009	–			
CRE	-0,088	-0,022	-0,013	–		
nAEG	-0,084	-0,021	0,006	-0,026	–	
sAFR	-0,066	0,075	0,120	0,065	0,041	–



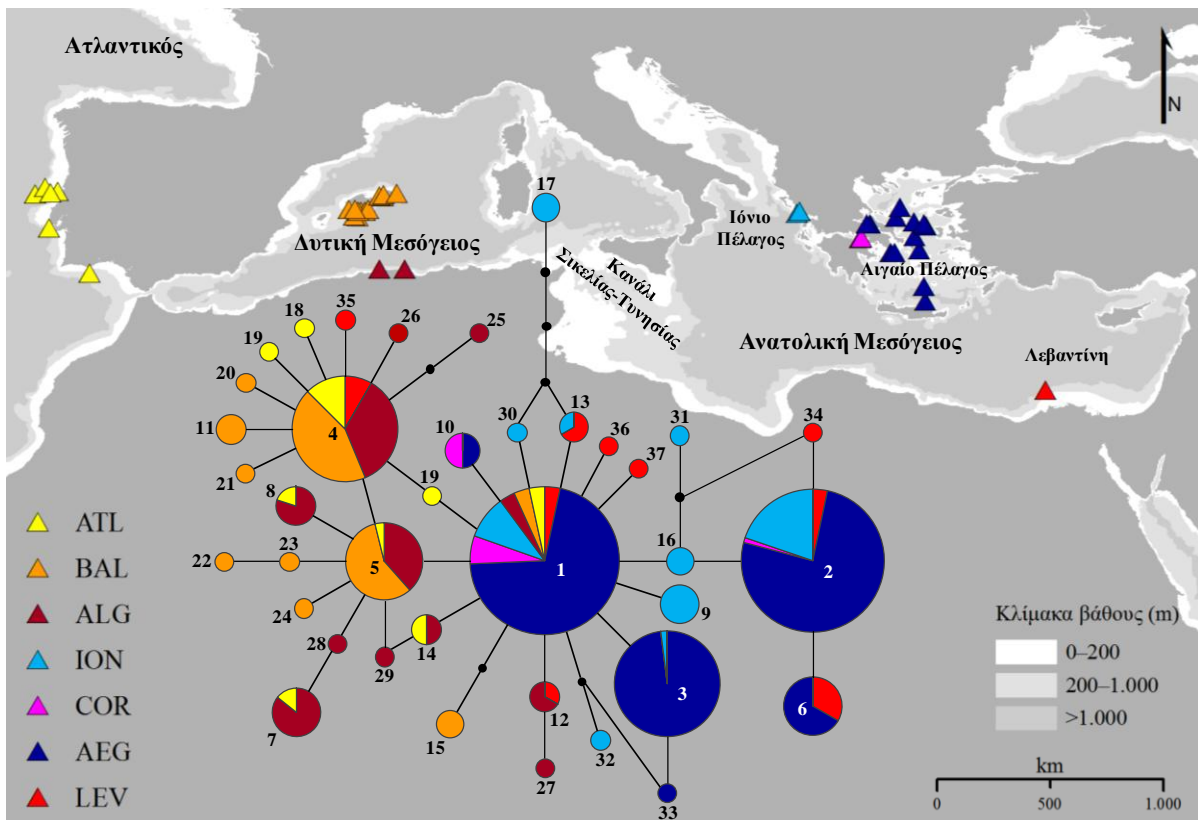
Εικόνα 7.11 Δισδιάστατη απεικόνιση (MDS) των 6 πληθυσμών του είδους *S. blainville* βάσει των τιμών Φ_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Φυλογεωγραφία

Scyliorhinus canicula

Το δίκτυο διάμεσης σύνδεσης (MJ network) κατασκευάστηκε από 431 στοιχισμένες αλληλουχίες ενός τμήματος 590 bp του γονιδίου COI (mtDNA) παρουσιάζοντας ακτινωτό

σχήμα (star-like shape). Οι 37 απλότυποι παρουσίασαν μια σαφή γεωγραφική κατανομή είτε στην περιοχή της δυτικής Μεσόγειου/Ατλαντικού ή στην ανατολική Μεσόγειο. Εξάιρεση σε αυτό το πρότυπο ομαδοποίησης αποτέλεσε η Λεβαντίνη στην οποία βρέθηκαν απλότυποι που προέρχονταν τόσο από τη δυτική Μεσόγειο/Ατλαντικό όσο και από την ανατολική Μεσόγειο. Ο κεντρικός απλότυπος (hap1) παρουσίασε τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (34%) στο σύνολο των δειγμάτων και ήταν ο μοναδικός απλότυπος που εντοπίστηκε σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας. Εκτός από τον κεντρικό απλότυπο (hap1), βρέθηκαν και άλλοι τέσσερις άφθονοι απλότυποι με συχνότητα εμφάνισης μεγαλύτερη από 5%: οι απλότυποι hap2 και hap3 στην ανατολική Μεσόγειο, και οι απλότυποι hap4 και hap5 στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού. Οι απλότυποι hap2 και hap4 βρέθηκαν επίσης στη Λεβαντίνη. Συνολικά, 12 απλότυποι βρέθηκαν σε περισσότερες από μια περιοχές και 25 απλότυποι (από τους οποίους οι 20 αντιπροσωπεύονταν από ένα άτομο) εντοπίστηκαν αποκλειστικά σε μια περιοχή (Εικόνα 7.12).

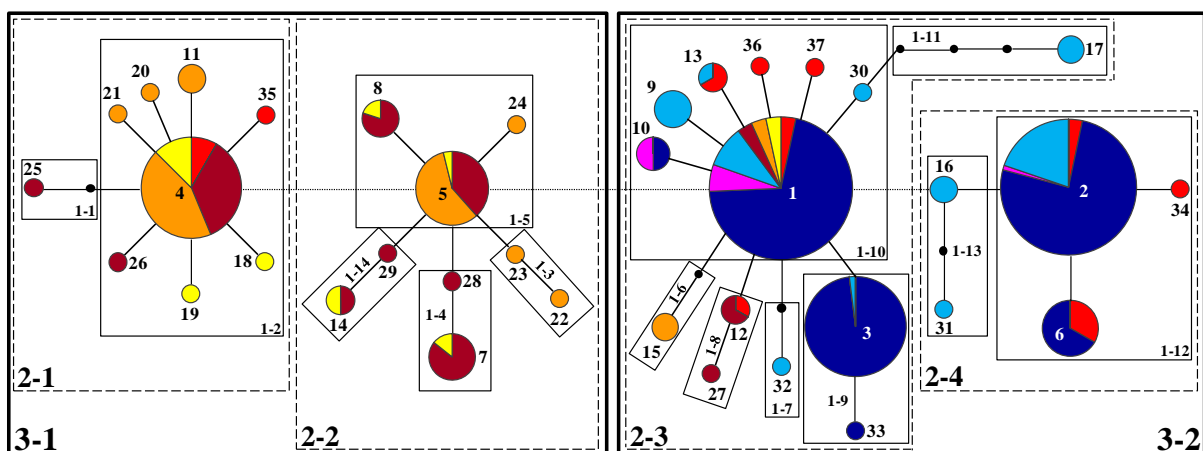


Εικόνα 7.12 Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας των πληθυσμιακών δειγμάτων του είδους *S. canicula* που συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις του mtDNA και το δίκτυο διάμεσης σύνδεσης των 37 αναγνωρισμένων απλοτύπων ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI. Κάθε κύκλος αντιστοιχεί σε έναν διαφορετικό απλότυπο και έχει μέγεθος ανάλογο με τη συχνότητα εμφάνισής του σε όλο το δείγμα. Κάθε αριθμός αντιστοιχεί σε έναν απλότυπο. Κάθε συνεχόμενη γραμμή αντιπροσωπεύει μια μεταλλαγή. Οι μαύροι κύκλοι αντιπροσωπεύουν «χαμένους» απλοτύπους, λόγω ελλιπούς δειγματοληψίας ή της εξαφάνισής τους. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Εξαιτίας της παρουσίας γεωγραφικού προτύπου διαφοροποίησης των απλοτύπων μεταξύ της περιοχής της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού και της ανατολικής Μεσογείου, πραγματοποιήθηκε η ένθετη κλαδιστική ανάλυση (NCA) προκειμένου να ελεγχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απλοτύπων και της γεωγραφικής τους προέλευσης. Η ανάλυση NCA βασίστηκε σε 431 απλοτύπους ή μηδενικούς κλάδους (zero-step clades), 13 κλάδους ενός βήματος (1-1 έως 1-12, one-step clades), 4 κλάδους δύο βημάτων (2-1 έως 2-4, two-step clades) και 2 κλάδους τριών βημάτων (3-1 έως 3-2, three-step clades). Η ένθετη ομαδοποίηση των κλάδων φαίνεται στην Εικόνα 7.13.

Στον Πίνακα 7.21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ένθετης κλαδιστικής ανάλυσης μόνο για τους κλάδους στους οποίους βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της απλοτυπικής ποικιλότητας και της γεωγραφικής προέλευσης των απλοτύπων (κλάδοι: 1-12, 2-2, 2-3, 3-1, 3-2). Η βιολογική ερμηνεία των αποτελεσμάτων έγινε με βάση την κλειδα του Templeton (2004). Για τους κλάδους 1-12 (ION, COR, AEG, LEV) και 3-1 (ATL, BAL, ALG, LEV) προτάθηκε το πρότυπο της επέκτασης σε συνεχόμενη κλίμακα (contiguous range expansion). Για τους κλάδους 2-2 (ATL, BAL, ALG) και 3-2 (όλοι οι πληθυσμοί) προτάθηκε περιορισμένη γονιδιακή ροή και γενετική απομόνωση λόγω απόστασης (restricted gene flow with isolation by distance). Για τον κλάδο 2-3 (όλοι οι πληθυσμοί) ο σχεδιασμός της δειγματοληψίας χαρακτηρίστηκε ως ανεπαρκής για να εξακριβώσει αν οι παρατηρούμενες απλοτυπικές διαφορές οφείλονται στο φαινόμενο της απομόνωσης λόγω απόστασης ή στη διασπορά κατά μήκος μεγάλης γεωγραφικής απόστασης (sampling design was inadequate to discriminate between isolation by distance versus long distance dispersal). Το γεγονός αυτό πιθανώς αποδίδεται στην έλλειψη δειγμάτων από την ακτή της Λεβαντίνης, καθώς και από τη βόρεια ακτή της Αφρικής.



Εικόνα 7.13 Ένθετη ομαδοποίηση των απλοτύπων του δικτύου διάμεσης σύνδεσης του *S. canicula* με βάση τους κανόνες του Templeton *et al.* (1995). Τα απλά, διακεκομμένα και έντονα πλαίσια αντιστοιχούν στους κλάδους 1, 2 και 3 βημάτων, αντίστοιχα. Για ερμηνεία χρωμάτων βλ. Εικόνα 7.12

Πίνακας 7.21 Στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα της ένθετης κλαδιστικής ανάλυσης

Κλάδοι		Στατιστικός έλεγχος χ^2	Απόσταση	P-value
1-12 κλάδος ενός βήματος	2 εσωτερική θέση	$\chi^2=26,2$ ($P=0,0124$)	D_c 564	0,0018 ^S
			D_n 621	0,0018 ^S
	6 κορυφή		D_c 1348	ns
			D_n 886	ns
	34 κορυφή		D_c 0	ns
			D_n 2025	ns
2, 6, 34: μηδενικοί κλάδοι			(I-T) _c -649	0,0111 ^S
			(I-T) _n -379	0,0021 ^S
2-2 κλάδος δύο βημάτων	1-3 κορυφή	$\chi^2=13,1$ ($P=0,0405$)	D_c 0	ns
			D_n 1108	ns
	1-4 κορυφή		D_c 0	0,0070 ^S
			D_n 1108	ns
	1-5 εσωτερική θέση		D_c 1280	ns
			D_n 1199	ns
1-14 κορυφή	D_c 1153	ns		
	D_n 1051	ns		
1-3 έως 1-14: κλάδοι 1 βήματος			(I-T) _c 659	0,0056 ^L
			(I-T) _n 170	ns
2-3 κλάδος δύο βημάτων	1-6 κορυφή	$\chi^2=173$ ($P=0$)	D_c 0	ns
			D_n 4160	0,0010 ^L
	1-7 κορυφή		D_c 0	ns
			D_n 951	ns
	1-8 κορυφή		D_c 1984	ns
			D_n 2410	0,0050 ^L
	1-9 κορυφή		D_c 58	0 ^S
			D_n 630	0 ^S
	1-10 εσωτερική θέση		D_c 1357	ns
	D_n 1198	ns		
1-11 κορυφή	D_c 0	ns		
	D_n 953	ns		
1-6 έως 1-11: κλάδοι 1 βήματος			(I-T) _c 1178	0 ^L
			(I-T) _n 320	ns
3-1 κλάδος τριών βημάτων	2-1 κορυφή	$\chi^2=6,90$ ($P=0,0075$)	D_c 1819	0,0020 ^L
			D_n 1560	0,0044 ^L
	2-2 εσωτερική θέση		D_c 1272	0,0123 ^S
			D_n 1272	0,0027 ^S
	2-1 και 2-2 κλάδοι 2 βημάτων		(I-T) _c -547	0,0040 ^S
	(I-T) _n -288	0,0030 ^S		
3-2 κλάδος τριών βημάτων	2-3 εσωτερική θέση	$\chi^2=18,2$ ($P=0,0060$)	D_c 1324	0,0023 ^L
			D_n 1112	0,0019 ^L
	2-4 κορυφή		D_c 720	0,0031 ^S
			D_n 757	0,0037 ^S
	2-3 και 2-4: κλάδοι 2 βημάτων		(I-T) _c 605	0,0031 ^L
	(I-T) _n 355	0,0033 ^L		
Ολικό κλαδόγραμμα	3-1 κορυφή	$\chi^2=320$ ($P=0$)	D_c 1590	0,0002 ^S
			D_n 3004	0 ^L
	3-2 κορυφή		D_c 1113	0 ^S
			D_n 1788	0 ^S

D_c , μέση απόσταση των κλάδων (average clade distance); D_n , ένθετη απόσταση των κλάδων (nested clade distance); I-T_c, απόσταση (interior-tip distance) μεταξύ των εσωτερικών σημείων (interior) και των κορυφών (tip) ενός κλάδου, ή της ίδιας ένθετης ομαδοποίησης (I-T_n); L, στατιστικά σημαντικά υψηλή τιμή; S, στατιστικά σημαντικά χαμηλή τιμή; ns, μη στατιστικά σημαντική τιμή

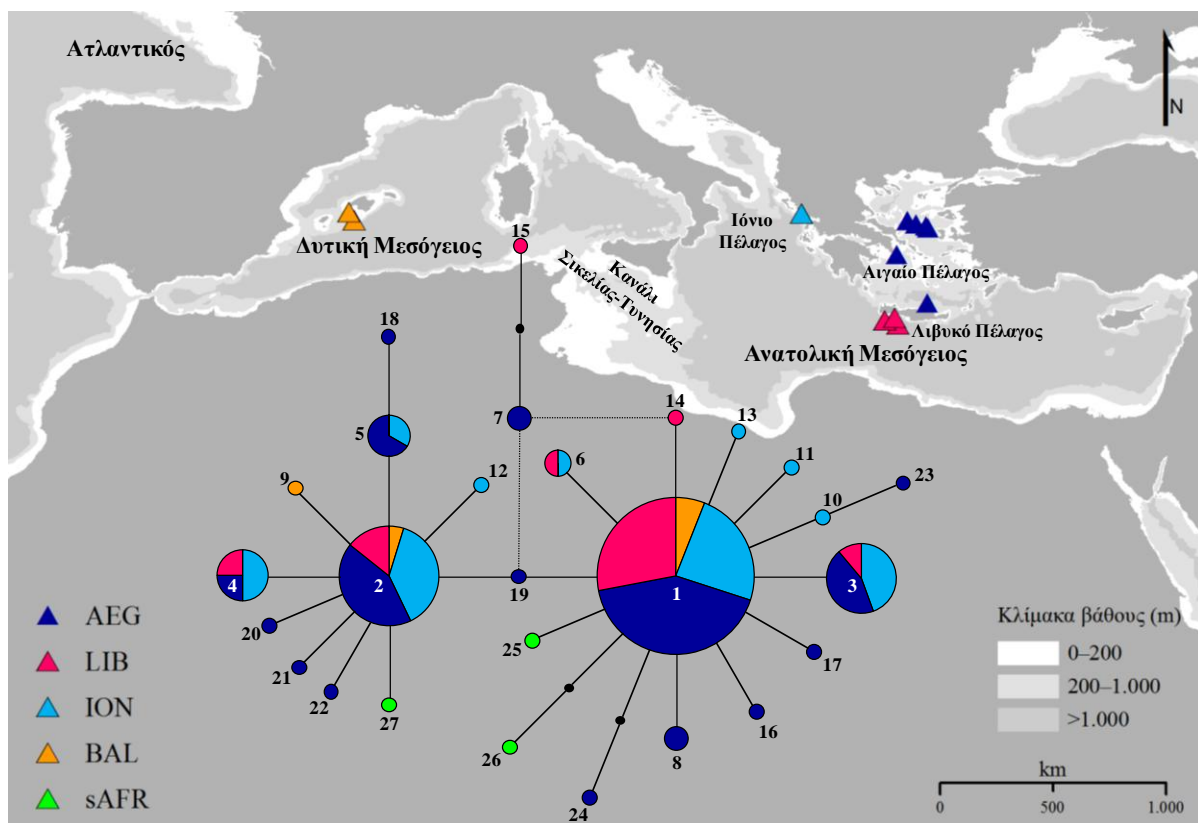
Squalus blainville

Το δίκτυο διάμεσης σύνδεσης κατασκευάστηκε από 112 στοιχισμένες αλληλουχίες ενός τμήματος του γονιδίου COI του mtDNA μήκους 590 bp (Εικόνα 7.14). Είχε ακτινωτό σχήμα και αποτελούνταν από δύο κεντρικούς απλοτύπους, har1 και har2, που διαμοιράζονταν από το

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

44,6% και 18,8% των ατόμων, αντίστοιχα, και εντοπίζονταν σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας εκτός της Νότιας Αφρικής. Ο τρίτος πιο άφθονος απλότυπος (hap3), με συχνότητα εμφάνισης 8%, διέφερε από τους δύο κεντρικούς απλοτύπους κατά ένα μεταλλακτικό βήμα και εντοπίστηκε στο Ιόνιο, το Λιβυκό, το Κρητικό και το βόρειο Αιγαίο. Οι υπόλοιποι απλότυποι παρουσίασαν μικρότερη συχνότητα εμφάνισης (<4%). Συνολικά, 7 απλότυποι εντοπίστηκαν σε περισσότερες από μια περιοχές και 20 απλότυποι (από τους οποίους οι 19 αντιπροσωπεύονταν από ένα άτομο) εντοπίστηκαν αποκλειστικά σε μια περιοχή. Στο βόρειο Αιγαίο εντοπίστηκε η πλειονότητα των ιδιωτικών απλοτύπων.

Λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική κατανομή του συνόλου των απλοτύπων δεν παρατηρήθηκε κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο ομαδοποίησης στο δίκτυο. Για αυτό το λόγο δεν κρίθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απλοτύπων και της γεωγραφικής τους προέλευσης και κατά συνέπεια παραλήφθηκε η ένθετη κλαδιστική ανάλυση (NCA) για το συγκεκριμένο είδος.



Εικόνα 7.14 Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας των πληθυσμιακών δειγμάτων του είδους *S. blainville* που συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις του mtDNA και το δίκτυο διάμεσης σύνδεσης των 27 αναγνωρισμένων απλοτύπων ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI. Κάθε κύκλος αντιστοιχεί σε έναν διαφορετικό απλότυπο και έχει μέγεθος ανάλογο με τη συχνότητα εμφάνισής του σε όλο το δείγμα. Κάθε αριθμός αντιστοιχεί σε έναν απλότυπο. Κάθε συνεχόμενη γραμμή αντιπροσωπεύει μια μεταλλαγή. Οι μαύροι κύκλοι αντιπροσωπεύουν «χαμένους» απλοτύπους, λόγω ελλιπούς δειγματοληψίας ή της εξαφάνισής τους. Στον πληθυσμό του Αιγαίου (AEG) έχουν συγχωνευθεί άτομα από το Κρητικό, τις Κυκλάδες, το Μυρτώο και το βόρειο Αιγαίο. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Δημογραφική ιστορία

Scyliorhinus canicula

Οι δημογραφικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα όσο και για τις τρεις κύριες γενετικές δεξαμενές (δυτική Μεσόγειος/Ατλαντικός, Ιόνιο και Αιγαίο) που αναγνωρίστηκαν βάσει και των δύο τύπων μοριακών δεικτών.

Οι στατιστικά σημαντικές αρνητικές τιμές των δημογραφικών δεικτών D και F_s για το σύνολο των δειγμάτων, καθώς και για τον πληθυσμό της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού, αποκάλυψαν την υπεροχή των σπάνιων μεταλλάξεων και την πρόσφατη δημογραφική εξάπλωση του είδους σε αυτή την περιοχή. Στο Ιόνιο, οι δείκτες D και F_s παρουσίασαν αρνητικές τιμές αλλά, όχι στατιστικά σημαντικές, ενώ στο Αιγαίο οι τιμές τους ήταν θετικές, αποτελώντας ένδειξη της απουσίας πληθυσμιακής εξάπλωσης. Το αυξητικό πρότυπο για τον πληθυσμό της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού επιβεβαιώθηκε και από το δείκτη r . Αν και όταν ο δείκτης r λαμβάνει μη στατιστικά σημαντική τιμή αποτελεί ένδειξη για την αποδοχή του μοντέλου πληθυσμιακής αύξησης (Schneider & Excoffier 1999), δεν ενδείκνυται να ληφθεί υπόψη μόνος του για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη ιστορική πληθυσμιακή δημογραφία. Ισχυρή ένδειξη της επικράτησης του προτύπου της ξαφνικής πληθυσμιακής εξάπλωσης (sudden population expansion) θεωρείται ο συνδυασμός των στατιστικά σημαντικών αρνητικών τιμών των δεικτών D και F_s με το μη στατιστικά σημαντικό δείκτη r που φάνηκε ότι ισχύει μόνο για τον πληθυσμό της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού (Πίνακας 7.22)

Πίνακας 7.22 Δημογραφικοί δείκτες και ηλικία των πληθυσμών της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού (BAL, ALG/ATL), του Ιονίου (ION) και του Αιγαίου (AEG) του είδους *S. canicula* βάσει της ανάλυσης κατανομής αναντιστοιχίας. Ο πληθυσμός του Αιγαίου περιλαμβάνει άτομα από το Κρητικό, το Σαρωνικό, τις Κυκλάδες, το βόρειο Αιγαίο και το βόρειο Ευβοϊκό

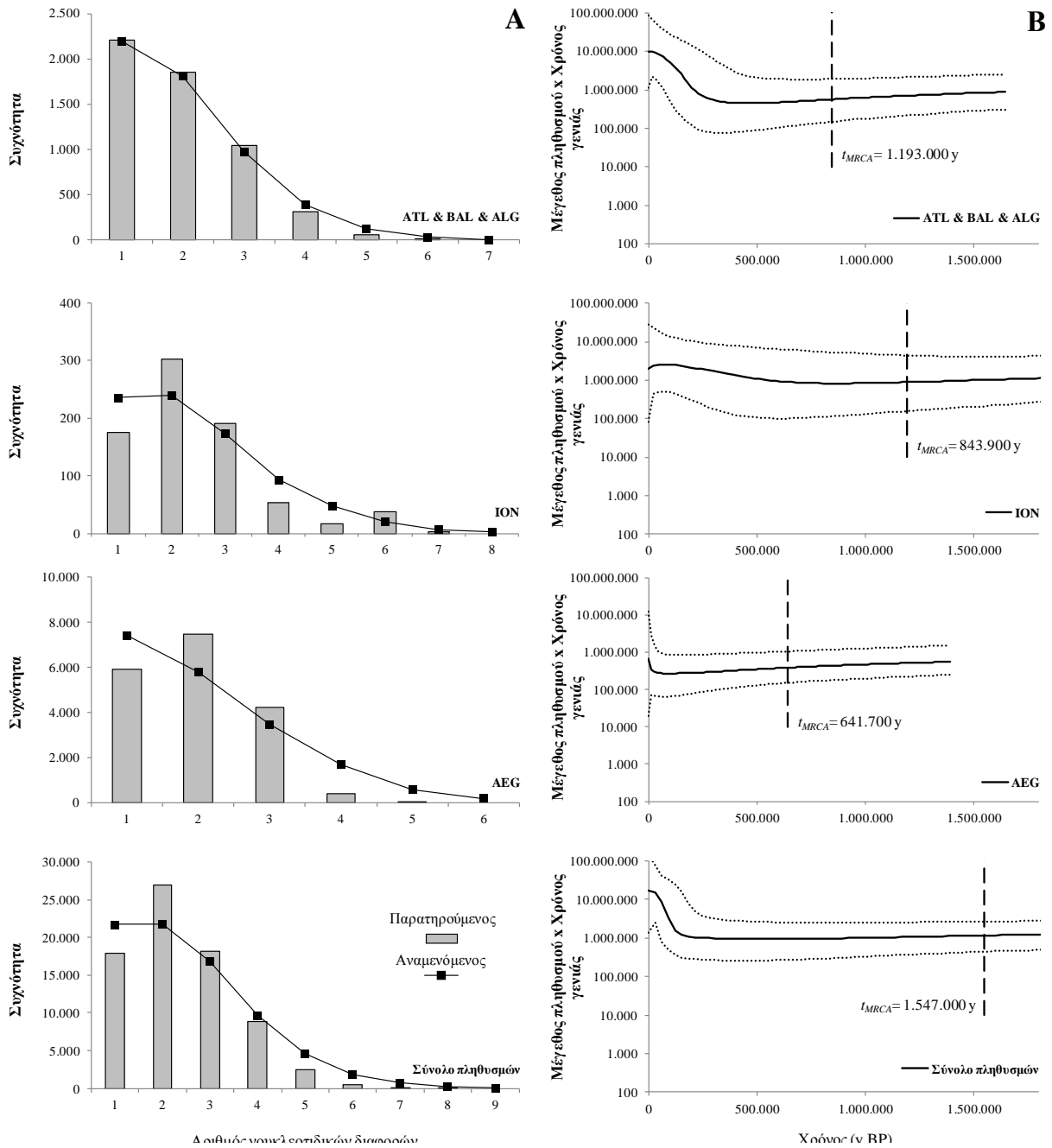
Πληθυσμός	D	P_D	F_s	P_{F_s}	r	P_r	τ	Ηλικία πληθυσμού	
								y BP	95% Δ.Ε.
BAL, ALG/ATL (N=118)	-1,67	0,02	-14,3	0	0,04	0,58	1,61	574.348	463.965–734.226
ION (N=46)	-0,99	0,18	-2,50	0,12	0,05	0,49	2,44	869.178	89.019–1.563.524
AEG (N=233)	0,60	0,77	1,23	0,75	0,05	0,71	2,11	750.399	0–1.708.0990
Σύνολο πληθυσμών (N=431)	-1,61	0,02	-26,3	0	0,03	0,59	2,36	840.810	148.839–1.515.454

D , δείκτης Tajima; P_D , τιμή P του δείκτη D ; F_s , δείκτης F_u ; P_{F_s} , τιμή P του δείκτη F_s ; r , δείκτης Ruggedness; P_r , τιμή P του δείκτη r ; τ , πληθυσμιακή παράμετρος tau; Δ.Ε., διάστημα εμπιστοσύνης

Το γράφημα συχνοτήτων των παρατηρούμενων και αναμενόμενων διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων επιβεβαίωσε το σενάριο της μονότροπης κατανομής αναντιστοιχίας (unimodal mismatch distribution), σύμφωνα με το μοντέλο της ξαφνικής πληθυσμιακής εξάπλωσης (sudden population expansion model), μόνο για τον πληθυσμό της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού (Εικόνα 7.15A). Το γεγονός αυτό επιβεβαίωσε την πρόσφατη πληθυσμιακή εξάπλωση του είδους σε αυτή την περιοχή, όπως εξάλλου διαπιστώθηκε και από την εκτίμηση των δημογραφικών δεικτών.

Λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές του εκτιμητή τ (tau) που προέκυψαν από τη δοκιμασία κατανομής αναντιστοιχίας και τον υποτιθέμενο μεταλλακτικό ρυθμό για το γονίδιο COI ($2,38 \times 10^{-9}$ υποκαταστάσεις/θέση/έτος, Stelbrink *et al.* 2010), εκτιμήθηκε ότι η εξάπλωση του πληθυσμού της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού ξεκίνησε περίπου 574.000 y πριν από σήμερα (Before Present, BP). Πρόκειται, για μια γενικευμένη εκτίμηση, η οποία ωστόσο υποστηρίζει ότι η εξάπλωση του είδους στη δυτική Μεσόγειο έλαβε χώρα κατά το Μέσο Πλειστόκαινο (781.000–126.000 y BP) (Πίνακας 7.22)

Τέλος η ανακατασκευή της δημογραφικής ιστορίας των πληθυσμών με βάση τις αρχές της Μπεϋζιανής Συμπερασματολογίας υποστήριξε το πρότυπο της ξαφνικής πληθυσμιακής αύξησης του είδους μόνο για τον πληθυσμό της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού. Σύμφωνα με την ανάλυση «Bayesian Skyline» το είδος άρχισε να εξαπλώνεται σε αυτή την περιοχή περίπου 450.000 y BP, δηλαδή λίγο αργότερα από ό,τι προτάθηκε από την ανάλυση της κατανομής αναντιστοιχίας αλλά, υποστηρίζοντας πάλι ότι κατά το Μέσο Πλειστόκαινο σημειώθηκε το φαινόμενο της εξάπλωσης. Αντίθετα, στην περίπτωση του Ιονίου και του Αιγαίου η Μπεϋζιανή ανάλυση αποκάλυψε ένα σταθερό πληθυσμιακό μέγεθος, με μικρή τάση αύξησης για τον πληθυσμό του Ιονίου και μικρή τάση μείωσης για τον πληθυσμό του Αιγαίου. Τα γραφήματα «Bayesian Skyline» τα οποία αποτυπώνουν την εκ των υστέρων κατανομή του δραστικού μεγέθους των πληθυσμών σε σχέση με το χρόνο παρουσιάζονται στην Εικόνα 7.15B και αφορούν στους πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού, του Ιονίου, του Αιγαίου και στο συνολικό πληθυσμιακό δείγμα.

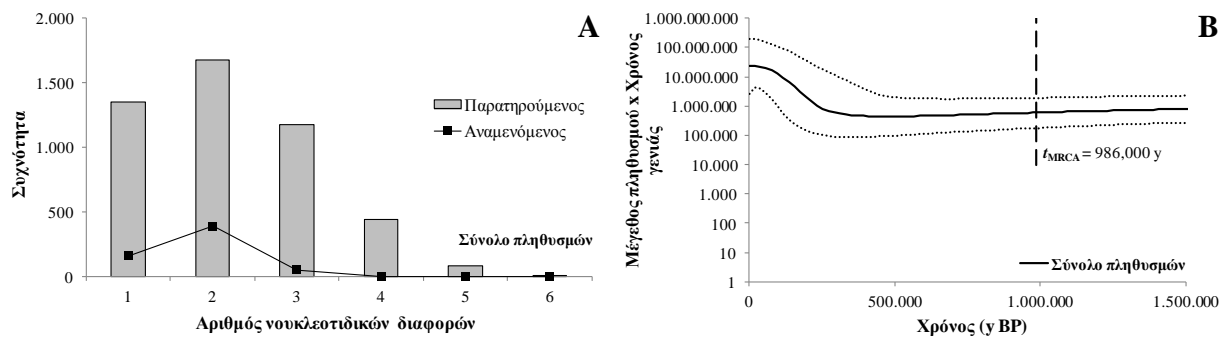


Εικόνα 7.15 Κατανομή αναντιστοιχίας (mismatch distribution) του παρατηρούμενου σε σχέση με τον αναμενόμενο αριθμό των νουκλεοτιδικών διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων των πληθυσμών του είδους *S. canicula* σύμφωνα με το μοντέλο της ξαφνικής πληθυσμιακής εξάπλωσης (A); Γραφήματα «Bayesian Skyline» που αποτυπώνουν την παρελθούσα πληθυσμιακή δυναμική και συγκεκριμένα την εκ των υστέρων κατανομή του δραστικού μεγέθους των πληθυσμών του είδους, συμπεριλαμβανομένων και των διαστημάτων εμπιστοσύνης του, σε σχέση με το χρόνο. Ο x-άξονας αντιστοιχεί στο χρόνο πριν από σήμερα (Before Present, BP) και ο y-άξονας στο εκτιμώμενο δραστικό πληθυσμιακό μέγεθος πολλαπλασιασμένο με το χρόνο γενιάς [διάμεσος: έντονη μαύρη γραμμή, 95% ΔΕ: διακεκομμένες γραμμές με τελείες]. Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή αντιπροσωπεύει το χρόνος έως τον πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο (time to Most Recent Common Ancestor, t_{MRCA}) (B). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Squalus blainville

Οι δημογραφικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για το σύνολο των πληθυσμών, γιατί δεν παρατηρήθηκε γενετική διαφοροποίηση μεταξύ τους με βάση τις αναλύσεις των μοριακών δεδομένων. Ομοίως με το προηγούμενο είδος, ο συνδυασμός των στατιστικά σημαντικών αρνητικών τιμών των δεικτών του Tajima ($D=-1,90$, $P_D=0,004$), του Fu ($F_s=-23,7$, $P_{F_s}=0$) με τη μη στατιστικά σημαντική τιμή του δείκτη του Harpending ($r=0,027$, $P_r=0,92$) για το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα του είδους *Squalus blainville*, αποτέλεσε ισχυρή ένδειξη της πρόσφατης ξαφνικής εξάπλωσής του. Το προτεινόμενο πρότυπο εξάπλωσης του είδους με βάση τους δημογραφικούς δείκτες επιβεβαιώθηκε και από την ανάλυση κατανομής αναντιστοιχίας, η οποία παρουσίασε υψηλό βαθμό προσαρμογής στη μονότροπη κατανομή (unimodal mismatch distribution) (Εικόνα 7.16Α).

Λαμβάνοντας υπόψη την τιμή του εκτιμητή τ που προέκυψε από τη δοκιμασία κατανομής αναντιστοιχίας ($\tau=2,13$) και τον υποτιθέμενο μεταλλακτικό ρυθμό για το γονίδιο COI ($2,38 \times 10^{-9}$ υποκαταστάσεις/θέση/έτος, Stelbrink *et al.* 2010), ο χρόνος της πληθυσμιακής εξάπλωσης του είδους εκτιμήθηκε γύρω στα 757.000 y BP (318.519–1.290.771 y σε 95% Δ.Ε.). Ο αντίστοιχος χρόνος σύμφωνα με την Μπεϋζιανή δημογραφική ανάλυση εκτιμήθηκε γύρω στα 986.000 y BP. Και οι δύο υπολογισμοί υποστηρίζουν ότι κατά το Μέσο Πλειστόκαινο σημειώθηκε το φαινόμενο της απότομης πληθυσμιακής αύξησης του είδους. Η εκ των υστέρων κατανομή του δραστικού πληθυσμιακού μεγέθους του είδους σε σχέση με το χρόνο αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.16Β.



Εικόνα 7.16 Κατανομή αναντιστοιχίας (mismatch distribution) του παρατηρούμενου σε σχέση με τον αναμενόμενο αριθμό των νουκλεοτιδικών διαφορών ανά ζεύγος απλοτύπων του συνόλου των πληθυσμών του είδους *S. blainville* σύμφωνα με το μοντέλο της ξαφνικής πληθυσμιακής εξάπλωσης (Α); Γραφήματα «Bayesian Skyline» που αποτυπώνουν την παρελθούσα πληθυσμιακή δυναμική και συγκεκριμένα την εκ των υστέρων κατανομή του δραστικού μεγέθους του συνόλου των πληθυσμών του είδους, συμπεριλαμβανομένων και των διαστημάτων εμπιστοσύνης του, σε σχέση με το χρόνο. Ο x-άξονας αντιστοιχεί στο χρόνο πριν από σήμερα (Before Present, BP) και ο y-άξονας στο εκτιμώμενο δραστικό πληθυσμιακό μέγεθος πολλαπλασιασμένο με το χρόνο γενιάς [διάμεσος: έντονη μαύρη γραμμή, 95% ΔΕ: διακεκομμένες γραμμές με τελείες]. Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή αντιπροσωπεύει το χρόνο έως τον πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο (time to Most Recent Common Ancestor, t_{MRCA}) (Β). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

7.3.2 Μικροδορυφορικό DNA

Στο είδος *Scyliorhinus canicula* όλοι οι μικροδορυφορικοί τόποι ήταν πολυμορφικοί σε όλες τις περιοχές, με εξαίρεση τον Κορινθιακό, όπου 3 τόποι ήταν μονομορφικοί. Μηδενικά αλληλόμορφα ή ψευδείς κορυφές δεν εντοπίστηκαν σε κανέναν τόπο. Τελικά, και οι 12 αρχικά επιλεγμένοι μικροδορυφορικοί τόποι συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις.

Στο είδος *Squalus blainville* ο μικροδορυφορικός τόπος DFU285 εμφάνισε μηδενικά αλληλόμορφα και ψευδείς κορυφές στην πλειονότητα των δειγμάτων, γεγονός που οδήγησε στην εξαίρεση του από τις αναλύσεις. Τελικά, στις μοριακές αναλύσεις συμπεριλήφθηκαν 6 από τους 12 αρχικά επιλεγμένους μικροδορυφορικούς τόπους (υπενθυμίζεται ότι δεν ήταν εφικτή η επιτυχής ενίσχυση 5 γενετικών τόπων).

Έλεγχος για ισορροπία Hardy–Weinberg

Scyliorhinus canicula

Τα αποτελέσματα του ελέγχου απόκλισης από την ισορροπία Hardy–Weinberg παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.23, όπου δίνονται οι τιμές του δείκτη ενδογαμίας (F_{IS}), καθώς και της παρατηρούμενης (H_O) και αναμενόμενης ετεροζυγωτίας (H_E) ανά τόπο και πληθυσμό. Στο σύνολο των γενετικών τόπων και των πληθυσμών δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική απόκλιση από την ισορροπία Hardy–Weinberg. Αντίθετα, εξετάζοντας μεμονωμένα τους γενετικούς τόπους ανά πληθυσμό παρατηρήθηκε απόκλιση και, μόνο έπειτα από τη διόρθωση Bonferroni, στους τόπους Scan02 για το Ιόνιο, Scan03 για το Ιόνιο, το Κρητικό και τις Κυκλάδες και Scan10 για το Κρητικό.

Squalus blainville

Σύμφωνα με τις τιμές των δεικτών F_{IS} , H_O και H_E (Πίνακας 7.24), σημαντική απόκλιση από την ισορροπία Hardy–Weinberg, και μόνο έπειτα από τη διόρθωση Bonferroni, βρέθηκε μόνο στους τόπους DFH429 (nAEG), Saca6396 (CYC) και DFU285 (ION, MYR και nAEG).

Έλεγχος για ανισορροπία σύνδεσης των γενετικών τόπων

Και στα δύο υπό μελέτη είδη, ο έλεγχος για την ύπαρξη ανισορροπίας σύνδεσης ανά ζεύγος γενετικών τόπων έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση των γονότυπων σε έναν τόπο με τους γονότυπους σε οποιονδήποτε άλλο τόπο. Συνεπώς, αποκλείστηκε το ενδεχόμενο κάποιοι από τους τόπους που χρησιμοποιήθηκαν να είναι συνδεδεμένοι.

Γενετική ποικιλότητα

Scyliorhinus canicula

Η γονοτύπηση 834 ατόμων σε 12 μικροδορυφορικούς τόπους αποκάλυψε την ύπαρξη υψηλών επιπέδων πολυμορφισμού. Ο αριθμός των αλληλομόρφων (A) κυμάνθηκε από 5 στον τόπο Scan09 έως 18 στον τόπο Scan14. Συνολικά, εντοπίστηκαν 124 αλληλόμορφα, από τα οποία τα 21 (17%) ήταν ιδιωτικά (A_P). Συγκεκριμένα, βρέθηκαν 3 ιδιωτικά αλληλόμορφα στην Αλγερία (στους τόπους Scan02: 106, Scan06: 204 και Scan13: 188), 3 στις Βαlearίδες (στους τόπους Scan03: 186, Scan14: 283 και Scan16: 254), 3 στο Κρητικό (στους τόπους Scan11: 231, Scan14: 266 και Scan15: 233), 4 στο Ιόνιο (στους τόπους Scan02: 110, Scan10: 243 και Scan12: 95, 97), 1 στο Μυρτώο (στον τόπο Scan11: 235), 6 στο βόρειο Αιγαίο (στους τόπους Scan03: 196, Scan04: 251, Scan06: 226, Scan12: 111, Scan13: 178 και Scan14: 269) και 1 στο Σαρωνικό κόλπο (στον τόπο Scan14: 263). Η ολική αλληλική ποικιλότητα (A_R) ήταν 5,30, παρουσιάζοντας τη χαμηλότερη τιμή στον Κορινθιακό κόλπο (4,62) και την υψηλότερη στην Αλγερία (5,63). Επίσης, παρουσίασε χαμηλές τιμές στους τόπους Scan04 (2,38) και Scan09 (2,93), ενώ μέτριες προς υψηλές τιμές (4,51–8,08) στους υπόλοιπους τόπους. Οι δείκτες γενετικής ποικιλότητας για κάθε μικροδορυφορικό τόπο και πληθυσμό, καθώς και για τα σύνολά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.23.

Squalus blainville

Η γονοτύπηση 577 ατόμων σε 6 μικροδορυφορικούς τόπους αποκάλυψε την ύπαρξη υψηλών επιπέδων πολυμορφισμού. Ο αριθμός των αλληλομόρφων (A) κυμάνθηκε από 5 στον τόπο DFT289 έως 39 στον τόπο SacaGA11. Συνολικά, εντοπίστηκαν 103 αλληλόμορφα, από τα οποία τα 5 ήταν ιδιωτικά (A_P). Συγκεκριμένα, 3 ιδιωτικά αλληλόμορφα εντοπίστηκαν στο Ιόνιο (στους τόπους DFH434: 230 και SacaGA11: 293, 295) και 2 στο βόρειο Αιγαίο (στους τόπους DFH429: 201 και SacaGA11: 307). Για το σύνολο των 7 πληθυσμών και των 6 μικροδορυφορικών τόπων, η αλληλική ποικιλότητα (A_R) ήταν 5,21 αλληλόμορφα ανά γενετικό τόπο. Η αλληλική ποικιλότητα παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή στο Λιβυκό (5,05) και την υψηλότερη στο Μυρτώο (5,33). Εξετάζοντας μεμονωμένα τους τόπους, η αλληλική ποικιλότητα παρουσίασε χαμηλές τιμές στους τόπους DFT289 (1,39) και DFH434 (2,77), ενώ μέτριες προς υψηλές τιμές (εύρος=4,80–8,10) στους υπόλοιπους τόπους. Οι δείκτες γενετικής ποικιλότητας για κάθε μικροδορυφορικό τόπο και πληθυσμό, καθώς και για τα σύνολά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.24.

Πίνακας 7.23 Δείκτες γενετικής ποικιλότητας ανά τόπο και πληθυσμό του είδους *S. canicula*. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Τόπος	Δείκτης	BAL N=128	ALG N=65	ION N=82	COR N=18	CRE N=103	MYR N=58	SAR N=62	CYC N=76	nAEG N=203	nEVO N=39	Σύνολο πληθυσμών
Scan02	A	8	9	9	6	9	9	7	8	9	7	8,1 (12)
	A _R	6,05	7,38	7,30	5,89	5,91	6,71	5,93	5,73	5,90	5,80	6,78
	H _O	0,76	0,77	0,56	0,78	0,63	0,79	0,79	0,64	0,69	0,79	0,72
	H _E	0,76	0,83	0,72	0,70	0,66	0,71	0,74	0,69	0,69	0,72	0,72
	F _{IS}	-0,002	0,070	0,2313*	-0,123	0,040	-0,111	-0,062	0,069	-0,005	-0,107	0,018
Scan03	A	10	11	9	6	10	7	11	9	12	10	9,5 (15)
	A _R	6,47	7,74	6,83	6,00	5,71	5,37	7,56	7,07	7,58	7,47	7,08
	H _O	0,55	0,63	0,41	0,24	0,32	0,38	0,55	0,41	0,54	0,56	0,46
	H _E	0,63	0,72	0,67	0,32	0,46	0,46	0,64	0,63	0,65	0,58	0,57
	F _{IS}	0,124	0,121	0,391*	0,281	0,299*	0,178	0,142	0,3419*	0,168	0,021	0,203
Scan04	A	4	4	3	2	2	4	3	4	3	3	3,2 (6)
	A _R	3,20	3,19	2,37	2,00	2,00	3,75	2,48	3,12	2,08	2,44	2,93
	H _O	0,54	0,55	0,52	0,50	0,52	0,57	0,53	0,46	0,45	0,51	0,52
	H _E	0,58	0,49	0,46	0,44	0,43	0,58	0,47	0,46	0,41	0,43	0,47
	F _{IS}	0,063	-0,121	-0,130	-0,150	-0,213	0,024	-0,140	0,001	-0,093	-0,200	-0,073
Scan06	A	7	10	8	7	9	7	8	7	9	7	7,9 (11)
	A _R	6,15	7,31	7,19	6,89	6,36	6,23	6,03	6,26	6,59	5,80	6,72
	H _O	0,72	0,75	0,84	0,89	0,74	0,60	0,73	0,75	0,67	0,67	0,74
	H _E	0,76	0,81	0,83	0,81	0,71	0,66	0,64	0,72	0,72	0,65	0,73
	F _{IS}	0,044	0,069	-0,019	-0,101	-0,040	0,080	-0,129	-0,035	0,060	-0,027	0,011
Scan09	A	2	3	3	2	5	3	3	4	4	3	3,2 (5)
	A _R	2,00	2,26	2,61	2,00	2,50	2,50	2,48	2,45	2,39	2,44	2,38
	H _O	0,37	0,23	0,25	0,22	0,48	0,53	0,37	0,49	0,48	0,41	0,38
	H _E	0,32	0,21	0,26	0,20	0,49	0,46	0,44	0,50	0,50	0,44	0,38
	F _{IS}	-0,147	-0,116	0,051	-0,097	0,011	-0,160	0,154	0,020	0,049	0,067	0,002
Scan10	A	7	7	7	3	5	5	5	6	5	5	5,5 (8)
	A _R	4,42	5,16	4,91	3,00	4,66	4,12	4,52	4,82	4,47	4,36	4,77
	H _O	0,40	0,66	0,49	0,47	0,57	0,66	0,61	0,62	0,55	0,56	0,56
	H _E	0,48	0,65	0,60	0,54	0,59	0,59	0,62	0,60	0,58	0,60	0,59
	F _{IS}	0,162	-0,011	0,193	0,132	0,028*	-0,111	0,006	-0,026	0,055	0,060	0,052
Scan11	A	7	5	7	5	9	8	6	6	7	6	6,6 (10)
	A _R	3,92	4,14	4,37	4,89	4,97	5,07	4,76	4,63	4,90	5,38	4,87
	H _O	0,45	0,54	0,48	0,50	0,34	0,40	0,35	0,33	0,43	0,36	0,42
	H _E	0,51	0,62	0,51	0,67	0,43	0,43	0,45	0,42	0,49	0,50	0,50
	F _{IS}	0,116	0,132	0,074	0,263	0,203	0,082	0,215	0,218	0,123	0,289	0,149
Scan12	A	5	5	6	4	5	5	4	5	7	4	5,0 (9)
	A _R	4,03	4,18	3,92	3,94	4,39	4,73	3,47	4,17	4,56	3,44	4,51
	H _O	0,62	0,69	0,50	0,56	0,52	0,69	0,68	0,63	0,66	0,68	0,62
	H _E	0,62	0,65	0,58	0,55	0,63	0,65	0,62	0,63	0,63	0,62	0,62
	F _{IS}	0,004	-0,056	0,140	-0,009	0,167	-0,054	-0,096	0,005	-0,044	-0,113	0,003
Scan13	A	5	6	6	5	6	4	4	5	8	6	5,5 (10)
	A _R	3,32	4,31	5,01	4,94	4,68	3,82	3,67	4,50	4,28	4,21	4,70
	H _O	0,28	0,62	0,57	0,67	0,56	0,40	0,34	0,43	0,50	0,49	0,49
	H _E	0,28	0,60	0,54	0,58	0,51	0,39	0,38	0,45	0,50	0,41	0,46
	F _{IS}	-0,009	-0,024	-0,067	-0,149	-0,099	-0,005	0,084	0,029	-0,015	-0,202	-0,034
Scan14	A	9	12	9	6	13	11	12	11	14	12	10,9 (18)
	A _R	6,76	8,08	6,66	5,94	8,40	7,03	7,98	7,63	8,13	9,42	8,08
	H _O	0,72	0,78	0,57	0,72	0,65	0,55	0,74	0,62	0,66	0,72	0,67
	H _E	0,77	0,84	0,73	0,71	0,73	0,59	0,70	0,69	0,75	0,74	0,72
	F _{IS}	0,055	0,063	0,227	-0,011	0,116	0,079	-0,054	0,100	0,127	0,027	0,093
Scan15	A	7	7	6	5	8	7	7	7	8	6	6,8 (9)
	A _R	5,31	6,51	4,86	4,94	5,18	5,21	5,36	5,45	5,01	5,44	5,92
	H _O	0,65	0,74	0,63	0,67	0,53	0,57	0,55	0,59	0,55	0,62	0,61
	H _E	0,66	0,78	0,64	0,72	0,56	0,55	0,58	0,61	0,55	0,62	0,63
	F _{IS}	0,008	0,058	0,012	0,077	0,054	-0,029	0,059	0,031	0,001	0,008	0,022
Scan16	A	9	8	7	5	7	7	7	7	7	8	7,2 (11)
	A _R	6,85	7,34	5,78	5,00	5,71	5,48	5,66	5,64	5,36	6,41	6,35
	H _O	0,79	0,77	0,74	0,65	0,67	0,70	0,66	0,62	0,74	0,62	0,70
	H _E	0,82	0,84	0,68	0,55	0,66	0,69	0,66	0,68	0,70	0,73	0,70
	F _{IS}	0,038	0,087	-0,101	-0,173	-0,009	-0,010	0,002	0,087	-0,061	0,154	0,001
Σύνολο τόπων	A	6,67	7,25	6,67	4,67	7,33	6,42	6,42	6,58	7,75	6,42	10,3 (124)
	A _R	4,87	5,63	5,15	4,62	5,04	5,00	4,99	5,12	5,11	5,22	5,30
	H _O	0,57	0,64	0,55	0,57	0,54	0,57	0,58	0,55	0,58	0,58	0,57
	H _E	0,60	0,67	0,60	0,57	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,59	0,59
	F _{IS}	0,044	0,039	0,093	-0,007	0,046	-0,007	0,005	0,069	0,034	0,004	0,039

N, αριθμός ατόμων; A, αριθμός αλληλομόρφων; A_R, αλληλική ποικιλότητα; H_O, παρατηρούμενη ετεροζυγωτία; H_E, αναμενόμενη ετεροζυγωτία; F_{IS}, δείκτης ενδογαμίας; *απόκλιση από την ισορροπία Hardy-Weinberg έπειτα από διόρθωση Bonferonni (P < 0,005)

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Πίνακας 7.24 Δείκτες γενετικής ποικιλότητας ανά τόπο και πληθυσμό του είδους *S. blainville*. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Τόπος	Δείκτης	BAL N=5	ION N=135	LIB N=37	CRE N=31	CYC N=136	MYR N=50	nAEG N=183	Σύνολο πληθυσμών
DFH429	<i>A</i>	4	11	6	7	11	8	10	8,14 (12)
	<i>A_R</i>	4,00	4,91	4,30	4,68	4,81	5,00	4,79	4,80
	<i>H_O</i>	0,20	0,75	0,72	0,87	0,74	0,78	0,77	0,69
	<i>H_E</i>	0,78	0,81	0,77	0,80	0,80	0,82	0,80	0,80
	<i>F_{IS}</i>	0,765	0,072	0,070	-0,083	0,070	0,058	0,043*	0,059
DFH434	<i>A</i>	2	6	6	4	7	6	7	5,43 (8)
	<i>A_R</i>	2,00	2,50	3,09	2,57	2,77	3,00	2,89	2,77
	<i>H_O</i>	0,20	0,53	0,57	0,55	0,51	0,52	0,56	0,49
	<i>H_E</i>	0,20	0,49	0,54	0,54	0,52	0,56	0,55	0,49
	<i>F_{IS}</i>	0	-0,076	-0,043*	-0,025	0,003	0,075	-0,022	-0,020
DFT289	<i>A</i>	2	4	3	3	4	4	4	3,43 (5)
	<i>A_R</i>	2,00	1,25	1,80	1,71	1,28	1,47	1,38	1,39
	<i>H_O</i>	0,20	0,05	0,19	0,16	0,06	0,10	0,08	0,12
	<i>H_E</i>	0,20	0,05	0,18	0,15	0,06	0,10	0,08	0,12
	<i>F_{IS}</i>	0	-0,014	-0,070	-0,049	-0,017	-0,027	-0,028	-0,031
Saca3853	<i>A</i>	5	9	9	9	10	9	10	8,71 (10)
	<i>A_R</i>	5,00	5,29	5,48	5,52	5,31	5,58	5,39	5,39
	<i>H_O</i>	1,00	0,80	0,84	0,87	0,86	0,94	0,79	0,87
	<i>H_E</i>	0,84	0,84	0,84	0,85	0,84	0,86	0,84	0,85
	<i>F_{IS}</i>	0,212	0,049	0,008	-0,023	-0,025	-0,097	0,057	0,012
Saca6396	<i>A</i>	8	27	15	20	25	24	29	21,1 (29)
	<i>A_R</i>	8,00	7,57	6,17	7,56	7,06	7,66	7,31	7,34
	<i>H_O</i>	1,00	0,87	0,81	1,00	0,88	0,90	0,92	0,91
	<i>H_E</i>	0,96	0,93	0,88	0,93	0,91	0,93	0,91	0,92
	<i>F_{IS}</i>	0,053	0,060	0,075	-0,075	0,036	0,036	-0,004	0,025
SacaGA11	<i>A</i>	7	34	26	25	34	26	35	26,7 (39)
	<i>A_R</i>	7,00	8,00	8,31	8,20	8,21	7,98	8,07	8,10
	<i>H_O</i>	1,00	0,92	0,97	0,87	0,99	0,92	0,95	0,94
	<i>H_E</i>	0,93	0,95	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	<i>F_{IS}</i>	0,081	0,030	-0,017	0,087	-0,033	0,028	0,005	0,005
Σύνολο τόπων	<i>A</i>	5,14	15,4	10,9	11,7	15,4	13,1	16,4	12,6 (103)
	<i>A_R</i>	5,14	5,14	5,05	5,28	5,13	5,33	5,23	5,21
	<i>H_O</i>	0,66	0,66	0,72	0,74	0,69	0,70	0,69	0,69
	<i>H_E</i>	0,70	0,71	0,72	0,73	0,71	0,73	0,72	0,72
	<i>F_{IS}</i>	0,061	0,071	0,001	-0,005	0,031	0,049	0,038*	0,035

N, αριθμός ατόμων; *A*, αριθμός αλληλομόρφων; *A_R*, αλληλική ποικιλότητα; *H_O*, παρατηρούμενη ετεροζυγωτία; *H_E*, αναμενόμενη ετεροζυγωτία; *F_{IS}*, δείκτης ενδογαμίας; *απόκλιση από την ισορροπία Hardy–Weinberg έπειτα από διόρθωση Bonferroni ($P < 0,005$)

Γενετική δομή

Scyliorhinus canicula

Εξετάζοντας τις τιμές του δείκτη γενετικής απόστασης F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών, διαπιστώθηκε ότι παρουσίασε στατιστικά σημαντική τιμή, έπειτα από τη διόρθωση Bonferroni, για όλα τα πιθανά ζεύγη πληθυσμών μεταξύ των Βαλεαρίδων, της Αλγερίας, του Ιονίου και του Κορινθιακού, καθώς και μεταξύ όλων των προαναφερθέντων πληθυσμών και

των υπόλοιπων πληθυσμών της ανατολικής Μεσογείου, και συγκεκριμένα της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου (Κρητικό, Μυρτώο, Σαρωνικός, Κυκλάδες, βόρειο Αιγαίο και βόρειος Ευβοϊκός). Εξαιρέση σε αυτό το πρότυπο αποτέλεσε το ζεύγος Ιονίου–Κορινθιακού που παρουσίασε στατιστικά σημαντικά υψηλή τιμή του δείκτη F_{ST} μόνο έπειτα από τη διόρθωση Benjamini/Hochberg. Εντός της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου, οι τιμές F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών κυμάνθηκαν από 0 έως 0,009 και δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, εκτός από το ζεύγος βόρειου Αιγαίου–Μυρτώου (έπειτα από τη διόρθωση Bonferroni) και εκτός από τα ζεύγη Κρητικού–Σαρωνικού, βόρειου Αιγαίου–Κρητικού και βόρειου Αιγαίου–Σαρωνικού (έπειτα από τη διόρθωση Benjamini/Hochberg σε κάθε περίπτωση) (Πίνακας 7.25).

Πίνακας 7.25 Τιμές F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *S. canicula*. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις στατιστικά σημαντικές τιμές με βάση τόσο τη διαδικασία Bonferroni ($P < 0,001$) όσο και τη μέθοδο Benjamini/Hochberg ($P < 0,05$). Οι στατιστικά σημαντικές τιμές με βάση μόνο τη διόρθωση Benjamini/Hochberg συμβολίζονται με αστερίσκο (*). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

F_{ST}	BAL	ALG	ION	COR	CRE	MYR	SAR	CYC	nAEG	nEVO
BAL	–									
ALG	0,032	–								
ION	0,079	0,040	–							
COR	0,099	0,045	0,010*	–						
CRE	0,100	0,065	0,025	0,035	–					
MYR	0,091	0,062	0,033	0,051	0,004	–				
SAR	0,090	0,053	0,020	0,033	0,005*	0,004	–			
CYC	0,094	0,058	0,024	0,037	0	0,003	0	–		
nAEG	0,089	0,055	0,024	0,039	0,002*	0,009	0,004*	0	–	
nEVO	0,080	0,044	0,022	0,033	0	0	-0,002	-0,002	0,001	–

Τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ανάλυσης μοριακής διακύμανσης (AMOVA) για τρία διαφορετικά σενάρια ομαδοποιήσεων των πληθυσμών του είδους *Scyliorhinus canicula* παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.26. Όπως και στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA έτσι και στους μικροδορυφορικούς δείκτες, η μελέτη της παρατηρούμενης διακύμανσης της ποικιλότητας έδειξε ότι οι εξεταζόμενοι πληθυσμοί του είδους δεν συνιστούν έναν παμμικτικό πληθυσμό (απόρριψη πρώτου σεναρίου), αλλά παρουσιάζουν σημαντική γενετική ετερογένεια. Στο συνολικό πληθυσμιακό δείγμα, ο δείκτης γενετικής απόστασης F_{ST} έλαβε την τιμή 0,040, δείχνοντας ότι το 4% της παρατηρούμενης γενετικής ποικιλότητας οφείλεται στη διαπληθυσμιακή ποικιλότητα. Η μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων ($F_{CT}=0,064$) εντοπίστηκε στην περίπτωση του δεύτερου υποθετικού

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

σεναρίου κατά το οποίο η μια ομάδα περιελάμβανε τους πληθυσμούς που προέρχονταν από τη δυτική Μεσόγειο και η άλλη ομάδα περιελάμβανε όλους τους πληθυσμούς της ανατολικής Μεσογείου. Ο δείκτης F_{CT} παρουσίασε στατιστικά σημαντικά υψηλή τιμή και στην περίπτωση των τριών υποθετικών ομάδων (τρίτο σενάριο), αναδεικνύοντας τη διαφοροποίηση των πληθυσμών του Ιονίου και του Κορινθιακού από τους υπόλοιπους πληθυσμούς της δυτικής και ανατολικής Μεσογείου.

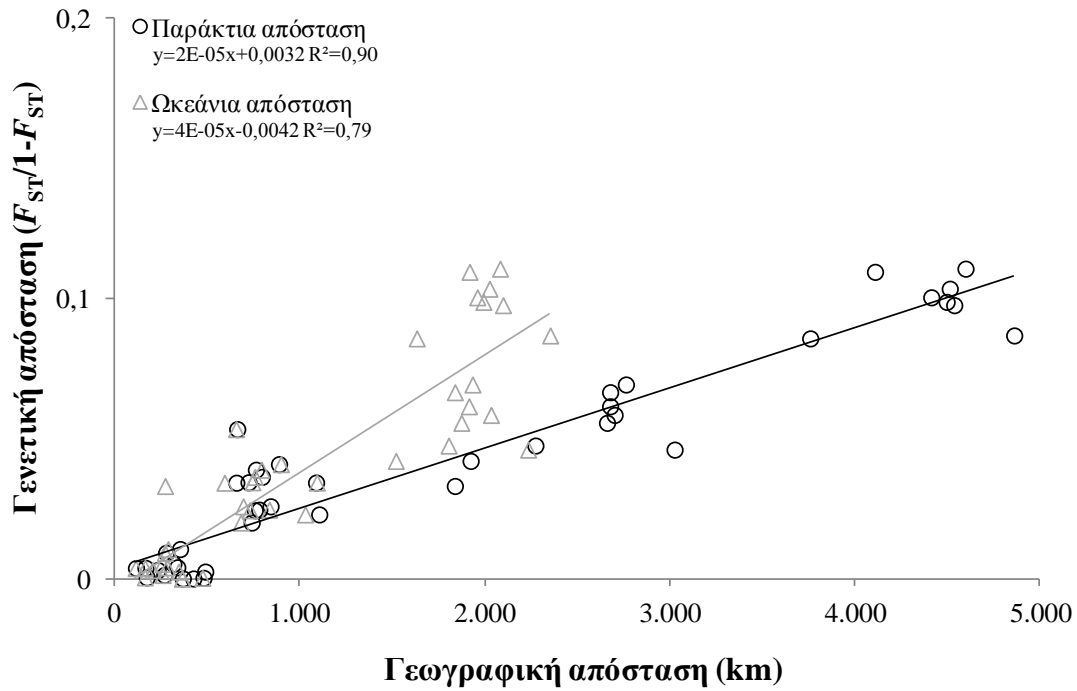
Πίνακας 7.26 Αποτελέσματα της ανάλυσης μοριακής διακύμανσης (AMOVA) για τρεις υποθετικές ομαδοποιήσεις των πληθυσμών του είδους *S. canicula*. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στις στατιστικά σημαντικές τιμές των δεικτών γενετικής διαφοροποίησης F_{ST} , F_{CT} και F_{SC} . Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις αλληλικές συχνότητες και τη γενετική απόσταση μεταξύ των δειγμάτων (αριθμός διαφορετικών αλληλομόρφων). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Υποθετικές ομαδοποιήσεις πληθυσμών		Δείκτης	Τιμή (P)
1 ομάδα	Παμμυξία [όλοι οι πληθυσμοί]	F_{ST}	0,040 (0)
2 ομάδες	1. Δυτική Μεσόγειος [BAL, ALG]	F_{CT}	0,064 (0,019)
	2. Ανατολική Μεσόγειος [ION, COR, CRE, MYR, SAR, CYC, nAEG, nEVO]	F_{SC}	0,014 (0)
3 ομάδες	1. Δυτική Μεσόγειος [BAL, ALG]	F_{CT}	0,054 (0,003)
	2. Ιόνιο, Κορινθιακός [ION, COR]		
	3. Αιγαίο [CRE, MYR, SAR, CYC, nAEG, nEVO]	F_{SC}	0,008 (0)

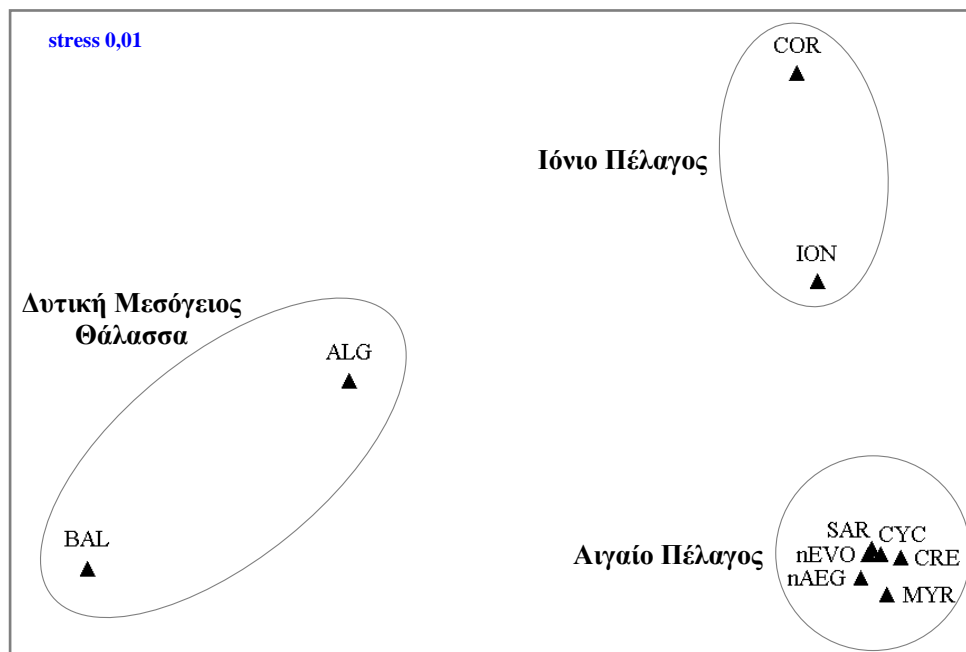
F_{ST} , δείκτης γενετικής διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών; F_{CT} , μεταξύ των ομάδων; F_{SC} , μεταξύ των πληθυσμών εντός κάθε ομάδας

Η παρουσία του προτύπου της απομόνωσης λόγω απόστασης (IBD) στους πληθυσμούς του είδους *Scyliorhinus canicula* επιβεβαιώθηκε και από την ανάλυση των δεδομένων από τους μικροδορυφορικούς τόπους. Όπως και στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA, η συσχέτιση Mantel (1967) του πίνακα των γενετικών αποστάσεων (F_{ST}) και του πίνακα των γεωγραφικών αποστάσεων ανά ζεύγος πληθυσμών (Εικόνα 7.17) ήταν μεγαλύτερη όταν λήφθηκε υπόψη η παράκτια απόσταση ανά ζεύγος πληθυσμών (nDNA: $R^2=0,897$, $P=0,0004$) παρά η ωκεάνια απόσταση (nDNA: $R^2=0,794$, $P=0,0004$).

Η πολυδιάστατη ανάλυση απεικόνισης (MDS) των 10 πληθυσμών του είδους *Scyliorhinus canicula* βασισμένη στο δείκτη γενετικής απόστασης F_{ST} παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.18. Είναι εμφανές ότι τόσο οι πληθυσμοί της δυτικής Μεσογείου (Βαλεαρίδες και Αλγερία) όσο και οι πληθυσμοί της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου συνιστούν διακριτές γενετικά ομάδες, ενώ οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού καταλαμβάνουν ενδιάμεσες θέσεις. Η χαμηλή τιμή του συντελεστή συμπίεσης (stress value=0,01) δείχνει ότι η γενετική απόσταση μεταξύ των πληθυσμών αναπαραστάθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό.



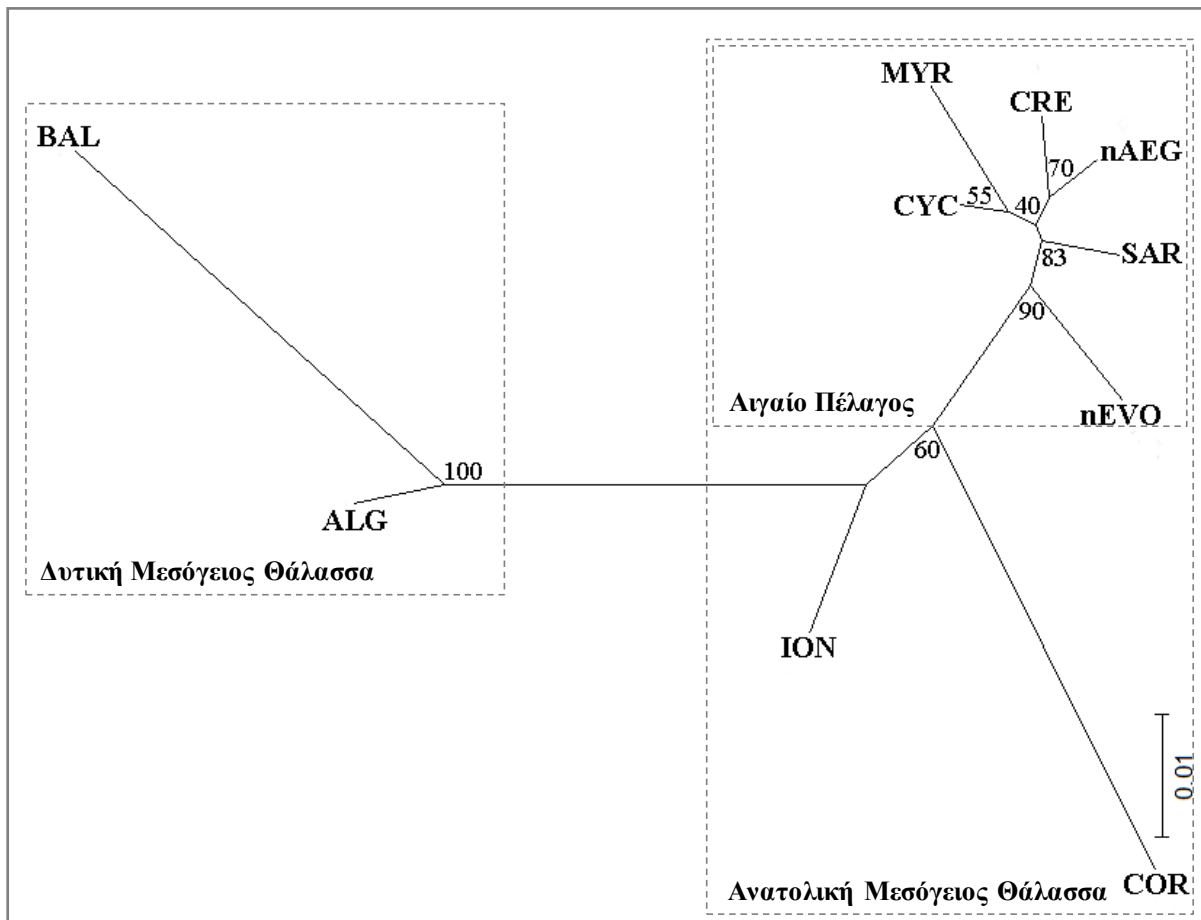
Εικόνα 7.17 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της γενετικής και γεωγραφικής απόστασης (παράκτιας και ωκεάνιας) ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *S. canicula*. Ως μέτρο της γενετικής απόστασης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης $F_{ST}/1-F_{ST}$ του Rousset (1997)



Εικόνα 7.18 Δισδιάστατη απεικόνιση (MDS) των 11 πληθυσμών του είδους *S. canicula* βάσει των τιμών F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Η κατασκευή δενδρογράμματος με τη μέθοδο της σύνδεσης γειτόνων (Neighbour-Joining tree) που βασίστηκε στις αλληλικές συχνότητες των μικροδορυφορικών τόπων παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.19. Διαπιστώνεται ότι οι πληθυσμοί της δυτικής Μεσογείου (Βαlearίδες και Αλγερία) σχηματίζουν μια ομάδα (τιμή bootstrap 100%). Μια δεύτερη ομάδα σχηματίζεται από όλους τους πληθυσμούς της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου (τιμή bootstrap 90%), ενώ το Ιόνιο και ο Κορινθιακός καταλαμβάνουν ενδιάμεση θέση μεταξύ των δύο προαναφερθέντων ομάδων (τιμή bootstrap 60%).

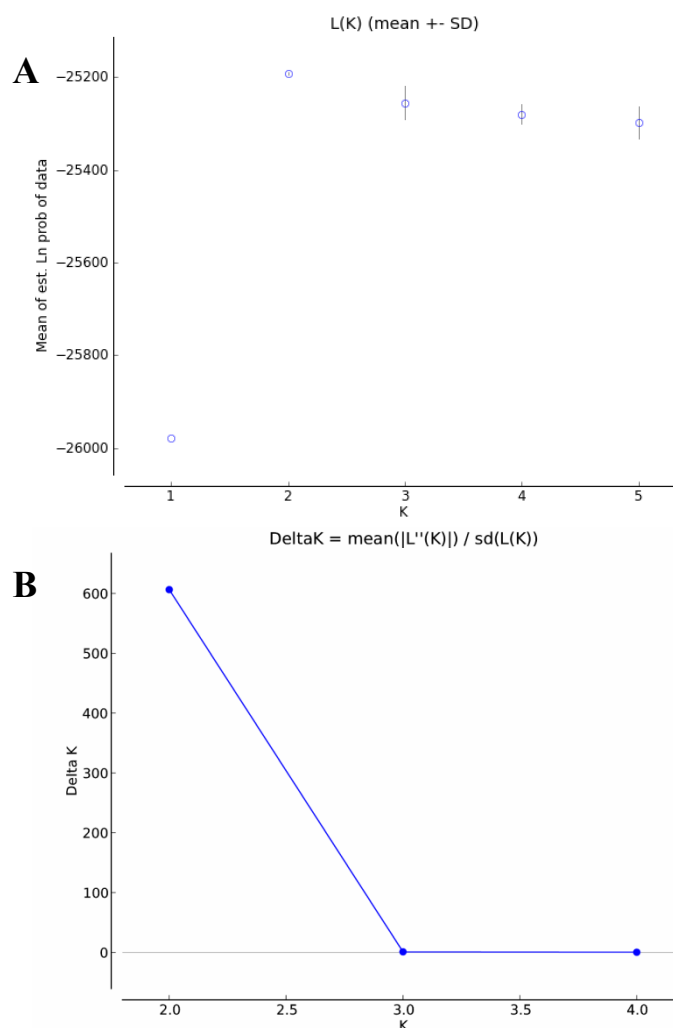


Εικόνα 7.19 Άρριζο ακτινωτό δενδρόγραμμα με τη μέθοδο σύνδεσης γειτόνων (Neighbour-Joining) χρησιμοποιώντας τη γενετική απόσταση D_A (Nei 1972), η οποία προέκυψε από τις αλληλικές συχνότητες των 12 μικροδορυφορικών τόπων στους πληθυσμούς του είδους *S. canicula*. Οι αριθμοί στους κόμβους αντιπροσωπεύουν τις τιμές bootstrap που εκτιμήθηκαν έπειτα από 1.000 τυχαίες αντιμεταθέσεις. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Σύμφωνα με τον έλεγχο ομαδοποίησης των ατόμων στο πρόγραμμα STRUCTURE, η χαμηλότερη τιμή πιθανοφάνειας ($LnP(D)$) βρέθηκε για $K=2$. Ίδιος αριθμός ομάδων αναγνωρίστηκε και με την πιο αξιόπιστη μέθοδο των Evanno *et al.* (2005), καθώς η τιμή του ΔK μεγιστοποιήθηκε για $K=2$. Με βάση τα μοριακά δεδομένα της παρούσας μελέτης αποκλείεται η παρουσία ενός ενιαίου παμμικτικού πληθυσμού (Πίνακας 7.27, Εικόνα 7.20).

Πίνακας 7.27 Μέση τιμή πιθανοφάνειας ($LnP(D)$), τυπική απόκλιση (SD) και τιμές ΔK έπειτα από 5 επαναληπτικές αναλύσεις για κάθε υποτιθέμενο αριθμό ομαδοποιήσεων ($K=1-5$)

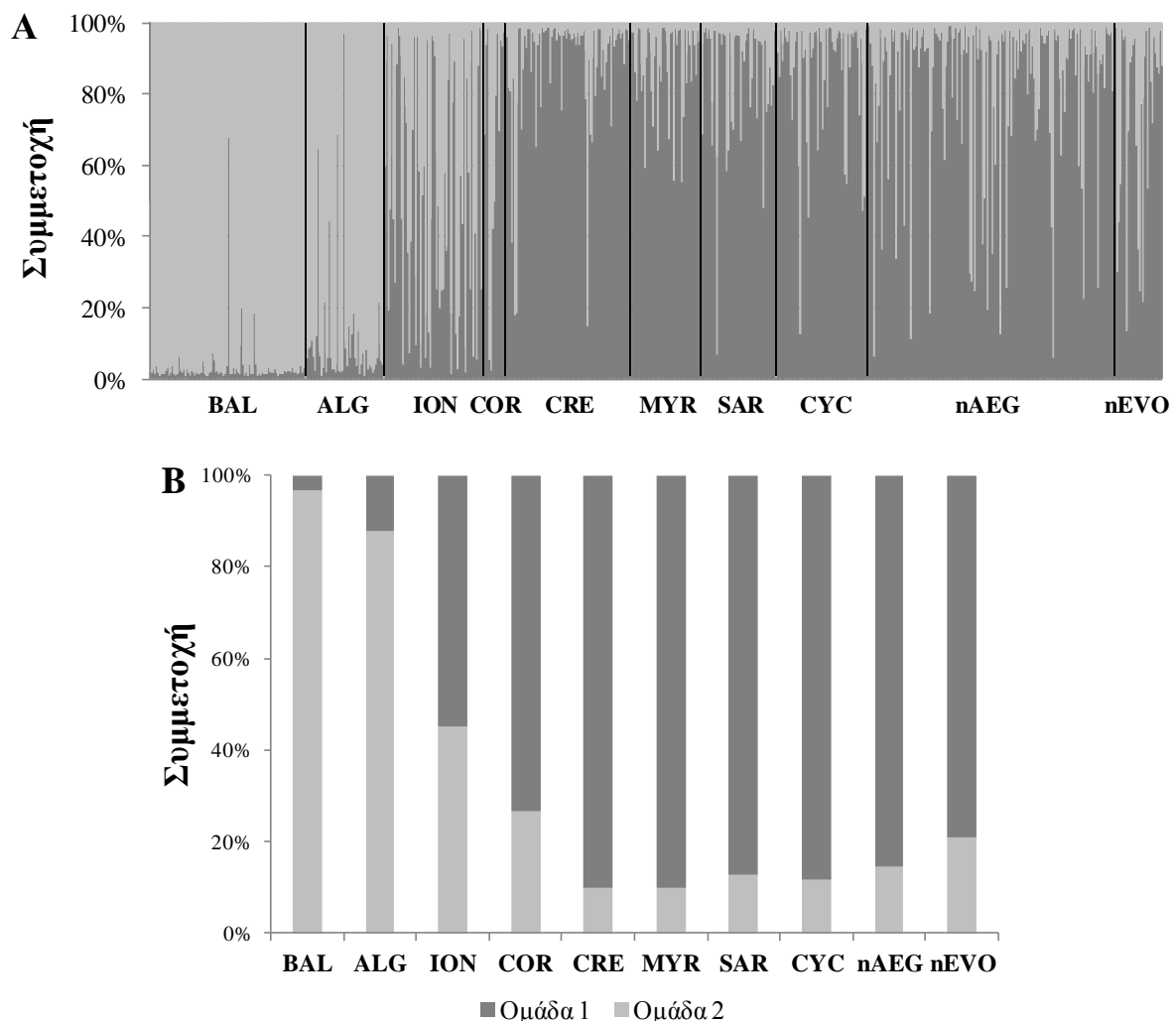
K	$LnP(D)$	SD	ΔK
1	-25.978,63	0,32	–
2	-25.191,43	1,23	713,2
3	-25.278,42	27,02	3,31
4	-25.275,94	18,55	1,39
5	-25.299,33	25,14	–



Εικόνα 7.20 Πληθυσμιακή γενετική δομή του είδους *S. canicula* βάσει του προγράμματος STRUCTURE. Μέση τιμή πιθανοφάνειας $L(K)$ ($\pm SD$) (**A**); τιμές ΔK που εκτιμήθηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο των Evanno *et al.* (2005) (**B**)

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Το ποσοστό συμμετοχής κάθε αναγνωριζόμενης γενετικής ομάδας ($K=2$) στο γονότυπο κάθε ατόμου ανά πληθυσμό φαίνεται στην Εικόνα 7.21Α. Και οι δύο γενετικές ομάδες αντιπροσωπεύτηκαν με διαφορετικές αναλογίες στους 10 εξεταζόμενους πληθυσμούς. Οι πληθυσμοί από τις Βαlearίδες και την Αλγερία (δυτική Μεσόγειος) παρουσίασαν υψηλή γενετική ομοιογένεια με χαμηλότερο ποσοστό συμμετοχής από την ομάδα 1 (3% και 12%, αντίστοιχα). Αντίθετα, οι πληθυσμοί από την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής από την ομάδα 1 (από 79% έως 90%). Οι δύο ομάδες συμμετείχαν σχεδόν ισόποσα στον πληθυσμό του Ιονίου (ποσοστό συμμετοχής της ομάδας 1=55%). Τέλος, ο πληθυσμός από τον Κορινθιακό είχε το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής από την ομάδα 1 (74%) (Εικόνα 7.21Β).



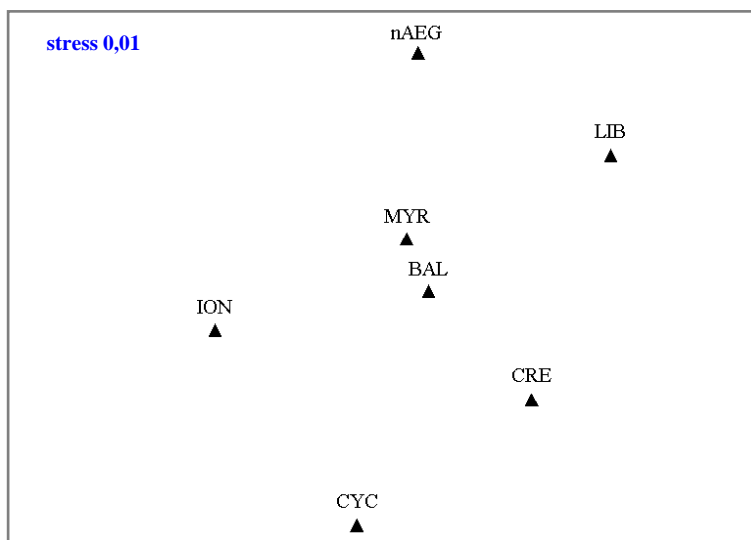
Εικόνα 7.21 Ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας ($K=2$) στο γονότυπο κάθε ατόμου. Κάθε κάθετη στήλη αντιπροσωπεύει ένα ξεχωριστό άτομο και κάθε χρώμα το ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας στο γονότυπο κάθε ατόμου. Οι κάθετες μαύρες γραμμές καθορίζουν τα όρια μεταξύ των πληθυσμών (Α); Ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας ($K=2$) στη γενετική δεξαμενή κάθε πληθυσμού. Κάθε κάθετη στήλη αντιστοιχεί σε έναν πληθυσμό και κάθε χρώμα στο ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας στη γενετική σύσταση κάθε πληθυσμού (Β). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

Squalus blainville

Στον Πίνακα 7.28 παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη γενετικής απόστασης F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών, ο οποίος έλαβε μηδενική τιμή για όλα τα πιθανά ζεύγη πληθυσμών, αποκαλύπτοντας την παρουσία ενός παμμικτικού πληθυσμού. Η απουσία γενετικής δομής αποτυπώθηκε και μέσω της πολυδιάστατης ανάλυσης απεικόνισης (MDS) όπου δεν διακρίθηκε καμία ομαδοποίηση (Εικόνα 7.22).

Πίνακας 7.28 Τιμές F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών του είδους *S. blainville*. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

F_{ST}	BAL	ION	LIB	CRE	CYC	MYR	nAEG
BAL	–						
ION	-0,005	–					
LIB	-0,009	0	–				
CRE	-0,013	-0,002	-0,002	–			
CYC	-0,007	-0,002	0,001	-0,002	–		
MYR	-0,014	-0,002	-0,006	-0,004	-0,001	–	
nAEG	-0,009	-0,001	-0,003	0	0	-0,003	–



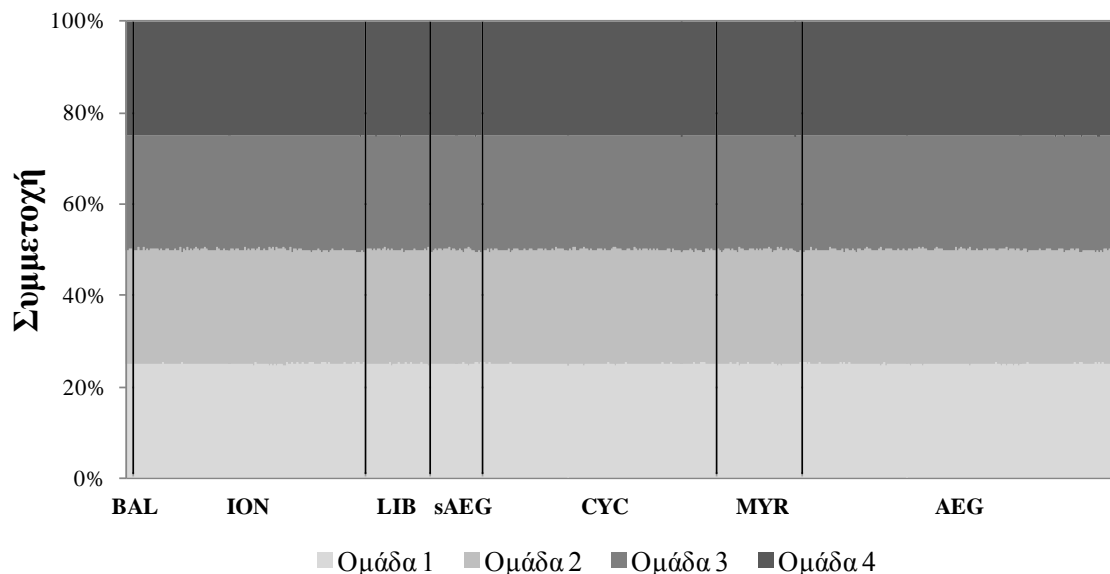
Εικόνα 7.22 Δισδιάστατη απεικόνιση (MDS) των 6 πληθυσμών του είδους *S. blainville* βάσει των τιμών F_{ST} ανά ζεύγος πληθυσμών. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Μία ακόμα ένδειξη απουσίας γενετικής δομής στους εξεταζόμενους πληθυσμούς του είδους *Squalus blainville* προέκυψε από το πρόγραμμα STRUCTURE. Αν και ο πιο πιθανός αριθμός ομαδοποιήσεων των ατόμων με βάση την εκτίμηση ΔK των Evanno *et al.* (2005) βρέθηκε να ισούται με $K=4$ (Πίνακας 7.29), ήταν στατιστικά «ασθενής» και στην πραγματικότητα δεν υφίστατο (Pritchard *et al.* 2000). Το ποσοστό συμμετοχής κάθε γενετικής δεξαμενής σε κάθε πληθυσμό ήταν συμμετρικό (Εικόνα 7.23).

Πίνακας 7.29 Μέση τιμή πιθανοφάνειας [LnP(D)], τυπική απόκλιση (SD) και ΔK έπειτα από 10 επαναληπτικές αναλύσεις για κάθε υποτιθέμενο αριθμό ομαδοποιήσεων K . Με κίτρινη υπογράμμιση επισημαίνεται ο αριθμός των K , όπου μεγιστοποιήθηκε το ΔK

K	LnP(D)	SD	ΔK
1	-12.687,31	0,13	–
2	-12.936,60	124,10	0,25
3	-13.154,32	250,28	0,73
4	-13.188,10	179,85	2,07
5	-13.594,81	319,67	–



Εικόνα 7.23 Ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας ($K=4$) στο γονότυπο κάθε ατόμου. Κάθε κάθετη στήλη αντιπροσωπεύει ένα ξεχωριστό άτομο και κάθε χρώμα το ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας στο γονότυπο κάθε ατόμου. Οι κάθετες μαύρες γραμμές καθορίζουν τα όρια μεταξύ των πληθυσμών. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

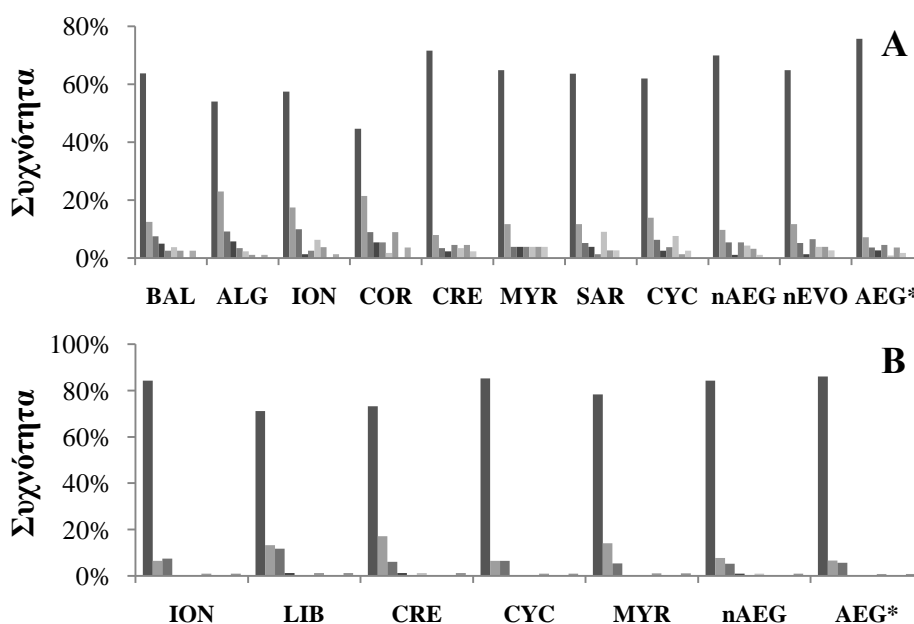
Διερεύνηση στενωπών

Σε κανέναν από τους εξεταζόμενους πληθυσμούς και των δύο υπό μελέτη ειδών, η ετεροζυγωτία H_E δεν ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από την ετεροζυγωτία H_{EQ} και κατ' επέκταση κανένας πληθυσμός δεν φάνηκε να έχει διέλθει πρόσφατα από γενετική στενωπό (Πίνακας 7.30). Συνεπώς, τα ιστογράμματα κατανομής των αλληλικών συχνοτήτων σε διαφορετικές κλάσεις είχαν σχήμα L σε κάθε εξεταζόμενο πληθυσμό (Εικόνα 7.24).

Πίνακας 7.30 Αποτελέσματα ελέγχου για πληθυσμιακές στενωπούς των ειδών *S. canicula* και *S. blainville*. Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στους Πίνακες 7.10 και 7.11, αντίστοιχα

<i>Scyliorhinus canicula</i>			<i>Squalus blainville</i>		
Πληθυσμός	Στατιστικός έλεγχος	Ποιοτικός έλεγχος	Πληθυσμός	Στατιστικός έλεγχος	Ποιοτικός έλεγχος
	Wilcoxon (P)	κατανομής αλληλικών συχνοτήτων		Wilcoxon (P)	κατανομής αλληλικών συχνοτήτων
BAL	0,9353	L-σχήμα	BAL**	–	–
ALG	0,9680	L-σχήμα	ION	0,9727	L-σχήμα
ION	0,9994	L-σχήμα	LIB	0,9609	L-σχήμα
COR	0,9539	L-σχήμα	CRE	0,6563	L-σχήμα
CRE	0,9994	L-σχήμα	CYC	0,9883	L-σχήμα
MYR	0,9988	L-σχήμα	MYR	0,7656	L-σχήμα
SAR	0,9977	L-σχήμα	nAEG	0,9883	L-σχήμα
CYC	1	L-σχήμα	AEG*	0,9883	L-σχήμα
nAEG	0,9999	L-σχήμα			
nEVO	0,9996	L-σχήμα			
AEG*	1	L-σχήμα			

*Περιλαμβάνει όλους τους πληθυσμούς από την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου; **εξαίρεθηκε, λόγω του μικρού δείγματος (N=5)



Εικόνα 7.24 Ποιοτικός έλεγχος κατανομής αλληλικών συχνοτήτων σε κάθε πληθυσμό των ειδών *S. canicula* (A) και *S. blainville* (B). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στους Πίνακες 7.10 και 7.11, αντίστοιχα. Κάθε διαβάθμιση του γκρι αντιστοιχεί σε μια από τις 10 κλάσεις συχνοτήτων

7.4 Συζήτηση

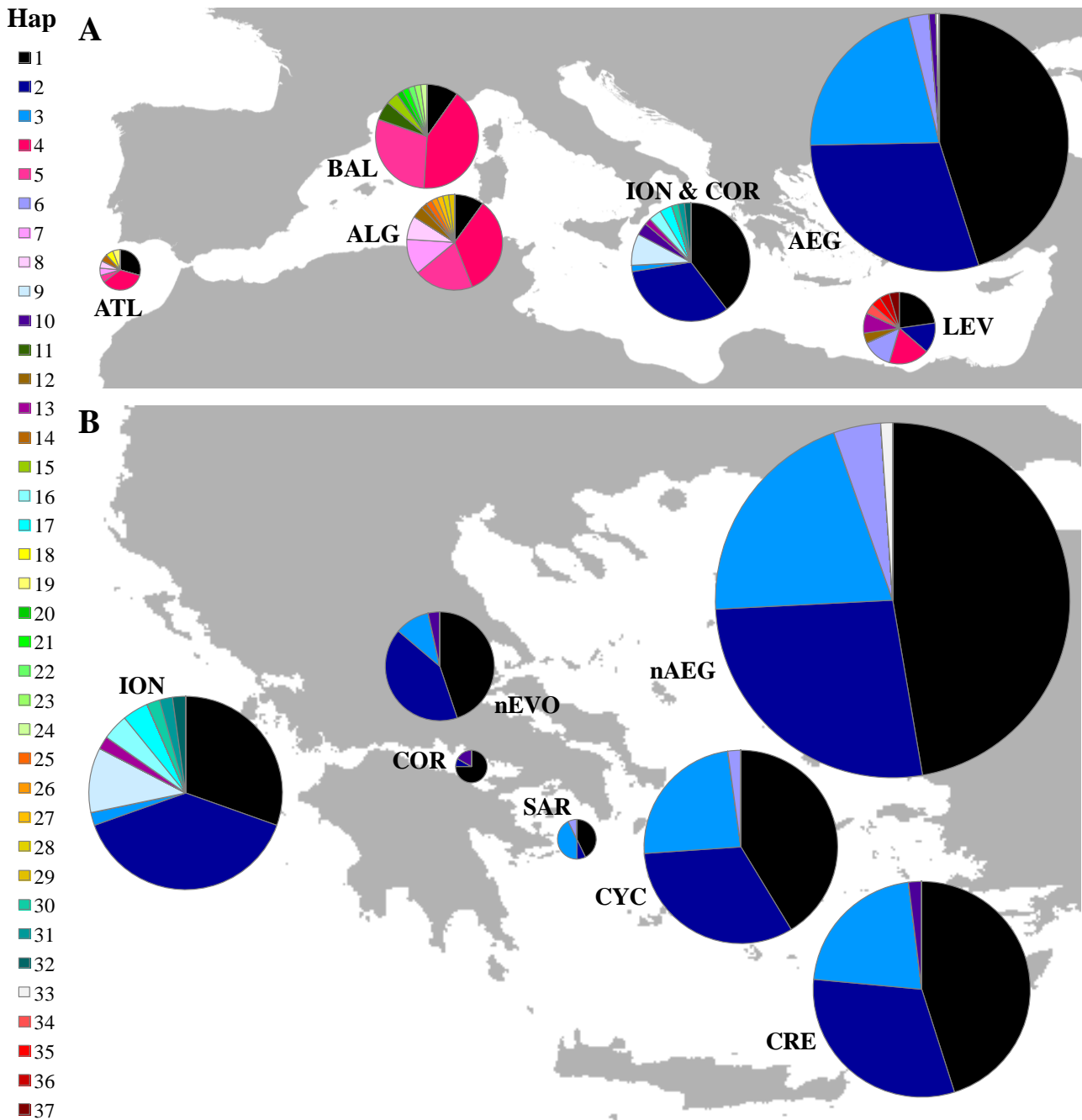
7.4.1 Γενετική ποικιλότητα

Scyliorhinus canicula

Η γενετική ποικιλότητα δεν ήταν ομοιόμορφα κατανομημένη στα πληθυσμιακά δείγματα του είδους (Εικόνα 7.25). Ως προς το μιτοχονδριακό DNA, ο πληθυσμός του Κορινθιακού παρουσίασε τη χαμηλότερη γενετική ποικιλότητα, ενώ ο πληθυσμός της Λεβαντίνης την υψηλότερη. Ο πληθυσμός του Ιονίου παρουσίασε υψηλότερη γενετική ποικιλότητα από τους πληθυσμούς της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου και παρόμοια με εκείνη των πληθυσμών της δυτικής Μεσογείου (Βαlearίδες και Αλγερία) και του Ατλαντικού.

Στο σύνολο των 431 αλληλουχιών (590 bp) του γονιδίου COI, αναγνωρίστηκαν 32 πολυμορφικές θέσεις, υπεύθυνες για τον καθορισμό 37 απλοτύπων. Οι ιδιωτικοί απλότυποι ($N=25$) εμφανίστηκαν σε υψηλό ποσοστό στις Βαlearίδες (70%) και στο Ιόνιο (60%), μαρτυρώντας την παρουσία υψηλής ποικιλότητας στη γενετική δεξαμενή του είδους σε αυτές τις περιοχές. Το ποσοστό των ιδιωτικών απλοτύπων ήταν χαμηλότερο στην Αλγερία (42%), στη Λεβαντίνη (40%) και στον Ατλαντικό (25%), ενώ από τους υπόλοιπους πληθυσμούς του Αιγαίου και του Κορινθιακού, βρέθηκε μόνο ένας ιδιωτικός απλότυπος στο βόρειο Αιγαίο.

Η νουκλεοτιδική και απλοτυπική ποικιλότητα εντάσσονται στο εύρος των τιμών που έχουν δημοσιευθεί σε άλλα είδη Χονδριχθών (Πίνακας 7.31). Η νουκλεοτιδική ποικιλότητα (π) ήταν χαμηλή σε κάθε πληθυσμό (εύρος=0,0011–0,0043) και στο σύνολό τους (0,0032). Αντίθετα, η ολική απλοτυπική ποικιλότητα (h) έλαβε υψηλή τιμή (0,808), μαρτυρώντας ένα ιστορικά μεγάλο δραστικό μέγεθος του συνολικού πληθυσμού (Avisé 2000). Η απλοτυπική ποικιλότητα εμφάνισε υψηλές τιμές στη Λεβαντίνη (0,900), στην Αλγερία (0,826), στον Ατλαντικό (0,816), στις Βαlearίδες (0,742) και στο Ιόνιο (0,753), μέτριες τιμές στο Αιγαίο (εύρος=0,638–0,680) και χαμηλή τιμή στον Κορινθιακό (0,439). Η συνύπαρξη υψηλής απλοτυπικής και χαμηλής νουκλεοτιδικής ποικιλότητας αντανακλά τις μικρές νουκλεοτιδικές διαφορές μεταξύ των αλληλουχιών, δείχνοντας ότι στις υπό μελέτη περιοχές εξελίχθηκαν διάφορες γενεαλογικές γραμμές για το μιτοχονδριακό DNA, οι οποίες όμως έχουν πρόσφατη κοινή καταγωγή («ρηχή» γενεαλογία, Avisé 2000). Πράγματι, η γενετική απόσταση p μεταξύ των απλοτύπων ήταν χαμηλή (εύρος=0,17–1,36% και 0,17–1,37% υπό το μοντέλο K2P), όπως αποτυπώθηκε και στο δίκτυο διάμεσης σύνδεσης (βλ. Εικόνα 7.12).



Εικόνα 7.25 Γεωγραφική κατανομή των απλοτύπων ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI (mtDNA) του είδους *S. canicula*; στη Μεσόγειο Θάλασσα και στον Ατλαντικό όπου οι πληθυσμοί από το Ιόνιο και τον Κορινθιακό συγχωνεύτηκαν σε μια ομάδα (ION & COR) και οι πληθυσμοί από την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου (CRE, SAR, CYC, nAEG, nEVO) συγχωνεύτηκαν σε δεύτερη ομάδα (AEG) (A); στις Ελληνικές Θάλασσες (B). Κάθε κύκλος έχει μέγεθος ανάλογο με τον αριθμό των ατόμων που αλληλοουχθήκαν. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό απλότυπο (Hap). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.10

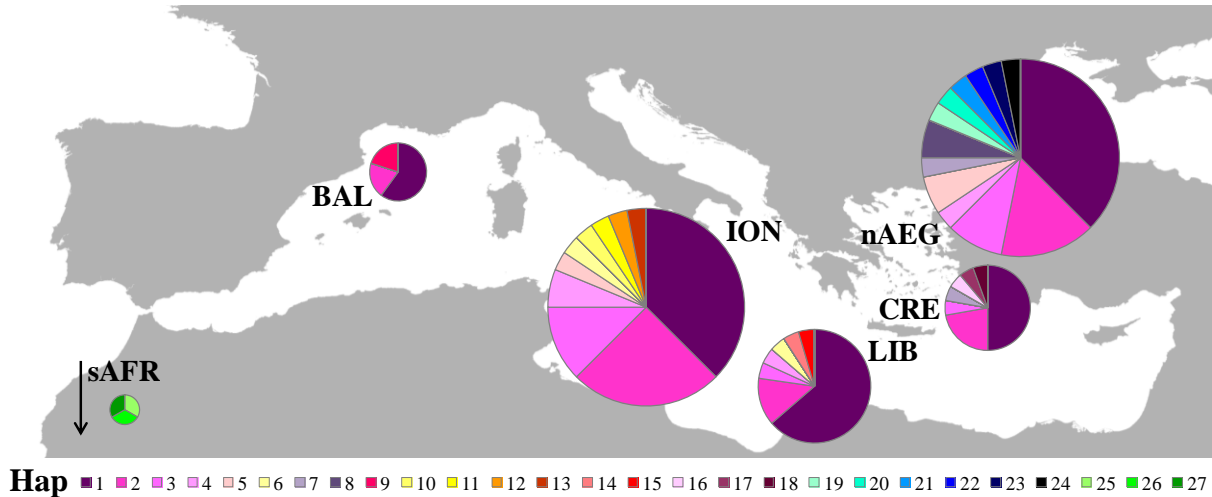
Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε η γονοτύπηση 834 ατόμων του είδους *Scyliorhinus canicula* σε 12 πολυμορφικούς μικροδορυφορικούς τόπους που αναπτύχθηκαν στο ίδιο είδος από τους Griffiths *et al.* (2011b). Συνολικά, καταγράφηκαν 124 αλληλόμορφα που αντιστοιχούν σε 10,3 αλληλόμορφα ανά γενετικό τόπο, καθώς και 21 ιδιωτικά

αλληλόμορφα: 6 στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου (Βαlearίδες και Αλγερία), 4 στο Ιόνιο και τα υπόλοιπα 11 στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου. Ανά γενετικό τόπο, η αλληλική ποικιλότητα (A_R) κυμάνθηκε από χαμηλά έως υψηλά επίπεδα (εύρος=2,38–8,08). Ανά πληθυσμό, η αλληλική ποικιλότητα παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή στον πληθυσμό του Κορινθιακού (4,67) και την υψηλότερη τιμή στον πληθυσμό της Αλγερίας (5,63), πληθυσμοί όπου η απλοτυπική ποικιλότητα παρουσίασε την ελάχιστη και τη δεύτερη υψηλότερη τιμή, αντίστοιχα. Ο πληθυσμός του Ιονίου παρουσίασε παρόμοια επίπεδα αλληλικής ποικιλότητας (5,15) με τους πληθυσμούς τόσο της δυτικής Μεσογείου (εύρος=4,87–5,63) όσο και της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου (εύρος=4,99–5,22).

Squalus blainville

Η γενετική ποικιλότητα του γκριζοκεντρονιού *Squalus blainville* ήταν σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένη στα πληθυσμιακά δείγματα βάσει και των δύο τύπων μοριακών δεικτών. Στο σύνολο των 112 αλληλουχιών (590 bp) του γονιδίου COI, αναγνωρίστηκαν 25 πολυμορφικές θέσεις, υπεύθυνες για τον καθορισμό 27 απλοτύπων από τους οποίους οι 20 ήταν ιδιωτικοί. Το ποσοστό των ιδιωτικών απλοτύπων ήταν χαμηλό (29%) στον πληθυσμό του Λιβυκού, ενώ έλαβε υψηλότερες τιμές (εύρος=40–54%) στους πληθυσμούς του Ιονίου, του Κρητικού και του βόρειου Αιγαίου. Οι πληθυσμοί από τις Βαlearίδες, τις Κυκλάδες και τη Νότια Αφρική αντιπροσωπεύονταν από ελάχιστα άτομα (<4). Παρ' όλα αυτά, στις Βαlearίδες ένας από τους τρεις απλοτύπους ήταν ιδιωτικός, στη Νότια Αφρική και οι τρεις απλότυποι που εντοπίστηκαν ήταν ιδιωτικοί, ενώ στις Κυκλάδες δεν βρέθηκε κανένας ιδιωτικός απλότυπος. Η παρουσία ιδιωτικών απλοτύπων ακόμα και σε περιοχές όπου συλλέχθηκαν ελάχιστα δείγματα μαρτυρά την παρουσία υψηλής ποικιλότητας στη γενετική δεξαμενή του είδους σε αυτές τις περιοχές. Η γεωγραφική κατανομή των απλοτύπων φαίνεται στην Εικόνα 7.26.

Η νουκλεοτιδική ποικιλότητα (π) κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (εύρος=0,0022–0,0034) σε κάθε εξεταζόμενο πληθυσμό. Αντίθετα, η απλοτυπική ποικιλότητα (h) κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα, παρουσιάζοντας τις τρεις υψηλότερες τιμές στους πληθυσμούς του βόρειου Αιγαίου (0,848), του Ιονίου (0,796) και του Κρητικού (0,726), και τη χαμηλότερη τιμή στον πληθυσμό του Λιβυκού (0,434). Η παρουσία χαμηλής νουκλεοτιδικής και υψηλής απλοτυπικής ποικιλότητας παρατηρείται συχνά στους Χονδριχθούς (π.χ. Hoelzel *et al.* 2006, Karl *et al.* 2011). Στην παρούσα μελέτη αντανάκλα τη μικρή γενετική απόσταση μεταξύ των απλοτύπων (εύρος γενετικών αποστάσεων p και $K2P=0,17–1,02\%$), η οποία αποτυπώθηκε και στο δίκτυο διάμεσης σύνδεσης (βλ. Εικόνα 7.14) όπου κυρίως ένα μεταλλακτικό βήμα διαχωρίζει τους δύο κεντρικούς απλοτύπους από τους προκύπτοντες.



Εικόνα 7.26 Γεωγραφική κατανομή των απλοτύπων ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI (mtDNA) του είδους *S. blainville* στη Μεσόγειο Θάλασσα. Οι απλότυποι της Νότιας Αφρικής φαίνονται στο αριστερό μέρος του χάρτη. Κάθε κύκλος έχει μέγεθος ανάλογο με τον αριθμό των ατόμων που αλληλουχήθηκαν. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό απλότυπο (Hap). Τα σύμβολα των πληθυσμών εξηγούνται στον Πίνακα 7.11

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η πιθανότητα δια-ειδικής ενίσχυσης (cross-species amplification) 12 μικροδορυφορικών τόπων στο *Squalus blainville* που είχαν προηγουμένα χαρακτηριστεί στο συγγενικό του είδος *Squalus acanthias* από τους McCauley *et al.* (2004) και Veríssimo *et al.* (2010). Ένα υποσύνολο αυτών των τόπων έχει χρησιμοποιηθεί σε πληθυσμιακές μελέτες άλλων σκουαλοειδών (είδη καρχαριών της τάξης Squaliformes): *Centrophorous squamosus* (Veríssimo *et al.* 2012), *Centroscymnus coelolepis* (Veríssimo *et al.* 2011a), *Squalus acanthias* (Franks 2006, Veríssimo *et al.* 2010) και *Squalus mitsukurii* (Daly-Engel *et al.* 2010). Τελικά, μόνο οι μισοί από τους αρχικά επιλεγμένους μικροδορυφορικούς τόπους ενισχύθηκαν επιτυχώς στο *Squalus blainville*, και συγκεκριμένα οι DFH429, DFH434, DFT289 των McCauley *et al.* (2004) και οι Saca3853, Saca6396, SacaGA11 των Veríssimo *et al.* (2010).

Στο σύνολο των 577 ατόμων του είδους *Squalus blainville* που γονοτυπήθηκαν, βρέθηκαν 103 αλληλόμορφα που αντιστοιχούν σε 17,2 αλληλόμορφα ανά γενετικό τόπο. Μόλις 5 αλληλόμορφα ήταν ιδιωτικά από τα οποία 3 εντοπίστηκαν στον πληθυσμό του Ιονίου και 2 στον πληθυσμό του βόρειου Αιγαίου. Κανένα ιδιωτικό αλληλόμορφο δεν βρέθηκε στον πληθυσμό των Βαlearίδων, παρά τη μεγάλη γεωγραφική του απόσταση από τους υπόλοιπους πληθυσμούς, πιθανώς εξαιτίας του μικρού αντιπροσωπευτικού δείγματος (N=5). Η αλληλική ποικιλότητα (A_R) ανά γενετικό τόπο παρουσίασε χαμηλές έως υψηλές τιμές (εύρος=1,39–8,10), ενώ κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα (εύρος=5,05–5,33) σε όλους τους πληθυσμούς, αποκαλύπτοντας μικρό βαθμό γενετικής ετερογένειας.

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Πίνακας 7.31 Ενδεικτικές τιμές των δεικτών γενετικής ποικιλότητας (h , π , H_O και H_E) που αφορούν σε πληθυσμούς άλλων ειδών Χονδριχθύων. Οι εργασίες στις οποίες ενισχύθηκαν κοινοί μικροδορυφορικοί τόποι με το είδος *S. blainville* τονίζονται με γκρι χρώμα

Είδος	h	π	H_O	H_E	Αναφορά
<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,44–0,90 (0,81)	0,0010–0,0043 (0,0032)	0,54–0,64 (0,57)	0,57–0,67 (0,59)	παρούσα μελέτη
<i>Squalus blainville</i>	0,43–1,00 (0,76)	0,0022–0,0068 (0,0029)	0,65–0,70 (0,69)	0,60–0,72 (0,67)	παρούσα μελέτη
<i>Carcharhinus leucas</i>	0,25–0,77 (0,76)	0,0006–0,0017 (0,0028)	0,79–0,90 (0,83)	0,82–0,87 (0,84)	Karl <i>et al.</i> 2011
<i>Carcharhinus limbatus</i>	0,37–0,81 (0,81)	0,0004–0,0028 (0,0021)	0,47–0,56 (0,50)	0,48–0,56 (0,50)	Keeney <i>et al.</i> 2005
<i>Carcharhinus obscurus</i>	0,28–0,86 (0,60)	0,0016–0,0104 (0,0050)	0,14–1,00 (0,62)	0,52–0,90 (0,73)	Ovenden <i>et al.</i> 2009
<i>Carcharhinus sorrah</i>	0,25–0,78 (0,60)	0,0067–0,0535 (0,0030)	0,03–0,98 (0,53)	0,03–0,95 (0,54)	Ovenden <i>et al.</i> 2009
<i>Carcharias taurus</i>	0–0,61 (0,73)	0–0,0021 (0,0040)	0,21–0,83 (0,65)	0,16–0,74 (0,74)	Ahonen <i>et al.</i> 2009
<i>Centrophorous squamosus</i>	0,40–0,50 (0,57)	0,0011–0,0020 (0,0018)	0,73–0,77 (0,75)	0,53–0,92 (0,74)	Veríssimo <i>et al.</i> 2012 (1 κοινός τόπος)
<i>Centroscymnus coelolepis</i>	0,57–0,74 (0,65)	0,0014–0,0022 (0,0018)	0,76–0,78 (0,77)	0,61–0,95 (0,77)	Veríssimo <i>et al.</i> 2011a (2 κοινοί τόποι)
<i>Centroscymnus crepidater</i>	0–1,00 (0,95)	0–0,018 (0,0110)	0,23–0,58 (0,48)	0,30–0,67 (0,49)	Cunha <i>et al.</i> 2012
<i>Dipturus batis</i>	0,19–0,727 (0,79)	0,0003–0,0016 (0,0177)	0,34–0,36 (0,38)	0,35–0,37 (0,59)	Griffiths <i>et al.</i> 2010
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	0,16–0,56 (0,48)	0,0001–0,0005 (0,0008)	0,52–0,63 (0,58)	0,56–0,61 (0,58)	Karl <i>et al.</i> 2012
<i>Negaprion acutidens</i>	0,33–1,00 (0,28)	0,0006–0,0019 (0,0006)	0,33–0,63 (0,58)	0,33–0,69 (0,67)	Schultz <i>et al.</i> 2008
<i>Negaprion brevirostris</i>	0,34–0,54 (0,78)	0,0004–0,0010 (0,0059)	0,56–0,81 (0,73)	0,53–0,77 (0,81)	Schultz <i>et al.</i> 2008
<i>Prionace glauca</i>	0,89–1,00 (0,92)	0,0074–0,0088 (0,0078)	0,00–0,95 (0,48)	0,19–0,88 (0,57)	Ovenden <i>et al.</i> 2009
<i>Raja clavata</i>	0–0,72 (0,50)	0–0,007 (0,0060)	0,55–0,75 ($\delta.a.$)	$\delta.a.$	Chevolut <i>et al.</i> 2006
<i>Sphyrna lewini</i>	0,50–0,74	0,0020–0,0163	0–0,80 (0,63)	0,17–0,87 (0,70)	Ovenden <i>et al.</i> 2009
<i>Sphyrna lewini</i>	0,38–0,44 (0,49)	0,0020–0,0070 (0,0110)	0,30–0,76 (0,62)	0,37–0,65 (0,53)	Castillo-Olguín <i>et al.</i> 2012
<i>Squalus acanthias</i>	$\delta.a.$ (1,00)	$\delta.a.$ (0,0103)	0,56–0,66 (0,61)	0,57–0,71 (0,62)	Franks 2006 (4 κοινοί τόποι)
<i>Squalus acanthias</i>	0,56–0,93 (0,84)	0,0015–0,0054 (0,0086)	0,54–0,62 ($\delta.a.$)	0,55–0,65 ($\delta.a.$)	Veríssimo <i>et al.</i> 2010 (5 κοινοί τόποι)
<i>Squalus mitsukurii</i>	$\delta.a.$ (0,54)	$\delta.a.$ (0,0010)	0,31–0,85 ($\delta.a.$)	0,35–0,87 ($\delta.a.$)	Daly-Engel <i>et al.</i> 2010 (1 κοινός τόπος)

h , απλοτυπική ποικιλότητα; π , νουκλεοτιδική ποικιλότητα; H_O , παρατηρούμενη ετεροζυγωτία; H_E , αναμενόμενη ετεροζυγωτία; $\delta.a.$, δεν αναφέρεται

Στον Πίνακα 7.31 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα μελετών της γενετικής ποικιλότητας ειδών Χονδριχθών βάσει τόσο του μιτοχονδριακού όσο και του πυρηνικού DNA. Αν και οι μελέτες διαφέρουν ως προς τους μοριακούς δείκτες που αναλύθηκαν, τη δειγματοληπτική μεθοδολογία και τα στοιχεία βιολογίας και οικολογίας σε επίπεδο είδους (βλ. Πίνακα 7.1), στην πλειονότητά τους παρουσίασαν, ομοίως με τα υπό μελέτη είδη, το πρότυπο συνύπαρξης υψηλής απλοτυπικής και χαμηλής νουκλεοτιδικής ποικιλότητας, μαρτυρώντας χαμηλούς μεταλλακτικούς ρυθμούς (Avise 2000). Πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι αυτή η περιορισμένη ποικιλότητα επηρεάζεται έντονα από την *K*-στρατηγική πληθυσμιακής αύξησης (Romiguier *et al.* 2014), ένα κοινό γνώρισμα των Χονδριχθών (Stevens *et al.* 2000). Επίσης, φαίνεται ότι οι τιμές της παρατηρούμενης και αναμενόμενης ετεροζυγωτίας των υπό μελέτη ειδών εντάσσονται στο εύρος των δημοσιευμένων τιμών ($H_0=0,38-0,83$, $H_E=0,49-0,84$) για άλλους Χονδριχθούς, και ιδιαίτερα στην περίπτωση του είδους *Squalus blainville* περιλαμβάνονται μεταξύ των υψηλότερων τιμών.

7.4.2 Γενετική δομή

Scyliorhinus canicula

Η ανομοιόμορφη κατανομή των απλοτύπων του μιτοχονδριακού DNA και των αλληλομόρφων των μικροδορυφορικών τόπων στους φυσικούς γεωγραφικούς πληθυσμούς του είδους αποτελεί ισχυρή ένδειξη της παρουσίας πληθυσμιακής γενετικής δομής, γεγονός που επιβεβαιώθηκε από όλες τις σχετικές αναλύσεις των μοριακών δεδομένων.

Οι δείκτες γενετικής απόστασης Φ_{ST} (για το μιτοχονδριακό DNA) και F_{ST} (για τους μικροδορυφορικούς τόπους) παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές τιμές για όλα τα πιθανά ζεύγη πληθυσμών μεταξύ της ανατολικής και δυτικής Μεσογείου (συμπεριλαμβανομένου και του Ατλαντικού στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA). Η γενετική απόσταση Φ_{ST} του πληθυσμού των Βαlearίδων από τους άλλους πληθυσμούς της ανατολικής Μεσογείου κυμάνθηκε από 0,296 (Λεβαντίνη) έως 0,516 (βόρειος Ευβοϊκός), της Αλγερίας από 0,227 (Λεβαντίνη) έως 0,425 (βόρειος Ευβοϊκός) και του Ατλαντικού από 0,132 (Λεβαντίνη) έως 0,385 (βόρειος Ευβοϊκός). Η γενετική απόσταση F_{ST} του πληθυσμού των Βαlearίδων από τους άλλους πληθυσμούς της ανατολικής Μεσογείου κυμάνθηκε από 0,079 (Ιόνιο) έως 0,10 (Κρητικό) και της Αλγερίας από 0,04 (Ιόνιο) έως 0,065 (Κρητικό).

Περαιτέρω γενετική διαπληθυσμιακή διαφοροποίηση παρατηρήθηκε εντός της δυτικής και ανατολικής Μεσογείου, αλλά μόνο ως προς το μικροδορυφορικό DNA. Αφενός

στατιστικά σημαντική γενετική ετερογένεια παρουσίασαν οι πληθυσμοί από τις Βαlearίδες και την Αλγερία ($F_{ST}=0,032$, $P<0,001$) αφετέρου οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού διέφεραν στατιστικά σημαντικά ($P<0,001$) από όλους τους πληθυσμούς του Αιγαίου, με τις τιμές F_{ST} να κυμαίνονται από 0,02 έως 0,033 και από 0,033 έως 0,051, αντίστοιχα. Οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού κατέλαβαν ενδιάμεση θέση μεταξύ των πληθυσμών της δυτικής Μεσογείου και του Αιγαίου ως προς το μικροδορυφορικό DNA, αλλά όχι ως προς το μιτοχονδριακό, μια και διαμοιράζονταν κοινούς απλοτύπους (εκτός από τον κεντρικό hap1) μόνο με τον πληθυσμό του Αιγαίου. Μικρότερη, αν και στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση εντοπίστηκε μεταξύ των πληθυσμών του Ιονίου και του Κορινθιακού ($F_{ST}=0,01$ και $\Phi_{ST}=0,111$, $P<0,05$), η οποία πιθανώς αποδίδεται στη θαλάσσια σύνδεση αυτών των περιοχών μέσω του σχετικά αβαθή Πατραϊκού κόλπου.

Ο δείκτης γενετικής απόστασης που υπολογίστηκε με βάση το μιτοχονδριακό DNA (Φ_{ST}) ήταν αρκετά υψηλότερος σε σχέση με τον αντίστοιχο δείκτη που υπολογίστηκε με βάση τους μικροδορυφορικούς τόπους (F_{ST}), ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών όπου χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο τύποι μοριακών δεικτών για την περιγραφή της γενετικής δομής άλλων ειδών Χονδριχθών (π.χ. Veríssimo *et al.* 2010, Karl *et al.* 2012). Η διαφορετική διακριτική ικανότητα των μοριακών δεικτών στην περιγραφή της γενετικής ποικιλότητας των ειδών αντανakλά το διαφορετικό τρόπο κληρονόμησής τους (μητρική κληρονόμηση για το μιτοχονδριακό DNA και διγονεϊκή για τους μικροδορυφορικούς τόπους), ο οποίος μειώνει κατά τέσσερις φορές το δραστικό μέγεθος του πληθυσμού για το μιτοχονδριακό DNA (Nei & Tajima 1981). Ως αποτέλεσμα, η τυχαία γενετική παρέκκλιση προκαλεί ταχύτερη εξαφάνιση των απλοτύπων του μιτοχονδριακού DNA έναντι των αλληλομόρφων των μικροδορυφορικών τόπων (Park & Moran 1994), παρέχοντας με τον τρόπο αυτό ισχυρότερο «σήμα» διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών.

Ο μεγαλύτερος βαθμός γενετικής διαφοροποίησης που μπορεί να αποκαλύψει το μητρικά κληρονομούμενο μιτοχονδριακό DNA σε σχέση με τους μικροδορυφορικούς τόπους μπορεί επίσης να αποδοθεί στην αναπαραγωγική φιλοπατρία, δηλαδή στην τάση που έχουν τα θηλυκά άτομα να παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στις περιοχές φωτοκίας προκειμένου να αναπαραχθούν (Dudgeon *et al.* 2012). Πρόκειται για ένα φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί σε αρκετά είδη Χονδριχθών (Feldheim *et al.* 2002, Keeney *et al.* 2003, Hueter *et al.* 2005, Schultz *et al.* 2008, Ovenden *et al.* 2010, Portnoy *et al.* 2010, Karl *et al.* 2011, Daly-Engel *et al.* 2012, Sodr  *et al.* 2012, Tillett *et al.* 2012a). Η αναπαραγωγική φιλοπατρία στους Χονδριχθούς, αν και χρήζει περισσότερης διερεύνησης, είναι πιο πιθανό να παρατηρηθεί σε είδη ζωοτόκα και μεγαλόσωμα (Dudgeon *et al.* 2012). Κατά τη ζωοτοκία τα

θηλυκά άτομα επενδύουν τεράστια ποσά ενέργειας για την αναπαραγωγή λίγων και καλά αναπτυγμένων εμβρύων και προτιμούν να παραμένουν σε «επιτυχημένες» περιοχές ωοτοκίας προκειμένου να εξασφαλίσουν την επιβίωση όσο το δυνατό περισσότερων νεογνών (Wourms & Demski 1993, Last & Stevens 2009). Επίσης, η αναπαραγωγική φιλοπατρία είναι πιθανότερο να παρατηρηθεί σε μεγάλου μεγέθους Χονδριχθός που ομαδοποιούνται κατά μεγέθη και δαπανούν επιπλέον ενέργεια προκειμένου να αυξήσουν την επιβίωση των νεογνών μέσω της παραμονής στις περιοχές ωοτοκίας (Dudgeon *et al.* 2012). Στην παρούσα μελέτη δεν εντοπίστηκε κάποιο φυλοεξαρτώμενο πρότυπο διασποράς για το είδος *Scyliorhinus canicula*, όπως και δεν αναμένεται για τους μικρόσωμους, ωτόκους καρχαρίες.

Σύμφωνα με την ιεραρχική ανάλυση μοριακής διακύμανσης (AMOVA), η μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των υποθετικών ομαδοποιήσεων των πληθυσμών, βάσει τόσο της γεωγραφικής όσο και της γενετικής τους απόστασης (τιμές Φ_{ST} και F_{ST}), εντοπίστηκε όταν η μια ομάδα περιελάμβανε τους πληθυσμούς από τη δυτική Μεσόγειο (και τον Ατλαντικό στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA) και η άλλη όλους τους πληθυσμούς της ανατολικής Μεσογείου ($\Phi_{CT}=0,409$ για το μικροδορυφορικό DNA και $F_{CT}=0,064$ για τους μικροδορυφορικούς τόπους, $P<0,01$). Η δεύτερη στατιστικά σημαντικότερη διαφοροποίηση βρέθηκε μεταξύ τριών υποθετικών ομάδων, της δυτικής Μεσογείου (και του Ατλαντικού στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA), του Ιονίου με τον Κορινθιακό, και του Αιγαίου (με τη Λεβαντίνη στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA) ($\Phi_{CT}=0,334$ για το μικροδορυφορικό DNA και $F_{CT}=0,054$ για τους μικροδορυφορικούς τόπους, $P<0,01$), αναδεικνύοντας τη γενετική διαφοροποίηση των πληθυσμών του Ιονίου και του Κορινθιακού από όλους τους υπόλοιπους πληθυσμούς.

Η σημαντικότερη πιθανώς ένδειξη παρουσίας γενετικής δομής στο είδος *Scyliorhinus canicula* προέκυψε από την Μπεϋζιανή ανάλυση ομαδοποίησης (STRUCTURE) των συλλεχθέντων ατόμων, μη λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική τους προέλευση. Με βάση τις αλληλικές συχνότητες των 12 πολυμορφικών μικροδορυφορικών τόπων, 834 άτομα προερχόμενα από διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου (Βαλεαρίδες, Αλγερία, Ιόνιο, Κορινθιακός, Κρητικό, Μυρτώο, Σαρωνικός, Κυκλάδες, βόρειο Αιγαίο και βόρειος Ευβοϊκός) αντιστοιχήθηκαν σε δύο διακριτές γενετικές ομάδες με μικρό βαθμό ανάμιξης, και συνεπώς με χαμηλά επίπεδα γονιδιακής ροής μεταξύ τους. Η πρώτη ομάδα περιελάμβανε άτομα κυρίως από τη δυτική Μεσόγειο και η δεύτερη άτομα κυρίως από το Αιγαίο. Ο πληθυσμός του Ιονίου κατείχε ενδιάμεση θέση με τη γενετική ομάδα του Αιγαίου να συμμετέχει κατά 55% στη γενετική δεξαμενή του, αν και η ανάλυση του μιτοχονδριακού DNA έδειξε ότι παρουσιάζει κοινούς απλοτύπους μόνο με τους πληθυσμούς της ανατολικής

Μεσογείου (Αιγαίου και Λεβαντίνης). Συνεπώς, η εκ των προτέρων ομαδοποίηση των ατόμων βάσει της γεωγραφικής τους προέλευσης και της γενετικής τους απόστασης που έγινε στην ανάλυση μοριακής διακύμανσης ταυτίστηκε με την Μπεϋζιανή ομαδοποίηση των ίδιων ατόμων που πραγματοποιήθηκε βάσει αποκλειστικά της γενετικής τους ταυτότητας.

Γενετική δομή παρατηρείται όταν οι πληθυσμοί ενός είδους είναι απομονωμένοι μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η γονιδιακή ροή και να εγκαθιδρύονται διαφορετικοί απλότυποι σε κάθε απομονωμένη περιοχή (Avisé 2000). Συνεπώς, ένας σημαντικός παράγοντας που οδηγεί σε αναπαραγωγική, και άρα σε γενετική απομόνωση των πληθυσμών είναι η γεωγραφική απόσταση (Wright 1943). Στην παρούσα μελέτη το πρότυπο της γενετικής δομής του είδους *Scyliorhinus canicula* μπορεί να ερμηνευτεί με βάση το μοντέλο απομόνωσης λόγω απόστασης (IBD), σύμφωνα με το οποίο οι γεωγραφικά απομακρυσμένοι πληθυσμοί διαφοροποιούνται γενετικά περισσότερο σε σχέση με τους γειτονικούς τους πληθυσμούς, εξαιτίας της περιορισμένης γονιδιακής ροής μεταξύ τους (Wright 1938). Πράγματι, η ανάλυση και των δύο τύπων μοριακών δεικτών αποκάλυψε την παρουσία ενός ισχυρού προτύπου γενετικής απομόνωσης λόγω απόστασης στους φυσικούς γεωγραφικούς πληθυσμούς του είδους, γεγονός που πιθανώς σχετίζεται με την περιορισμένη ικανότητα διασποράς του, λόγω των ιδιαίτερων στοιχείων βιολογίας και οικολογίας του.

Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα ωοτόκο είδος που αποθέτει τα έμβρυα στο περιβάλλον εγκλεισμένα σε προστατευτικές θήκες, οι οποίες με τη βοήθεια ελασμάτων αγκιστρώνονται σε μακροφύκη και άλλες στέρεες δομές του πυθμένα (Wheeler 1978). Ως αποτέλεσμα, η ικανότητα μετακίνησής του εξαρτάται αποκλειστικά από τους ενεργούς κολυμβητές, ένα κοινό γνώρισμα των Χονδριχθύων, εξαιτίας της απουσίας πελαγικών προνυμφών από αυτή την κλάση (Musick *et al.* 2004). Επίσης, κατατάσσεται στους μικρόσωμους καρχαρίες, με μέγιστο μήκος να ξεπερνά σπάνια τα 600 mm στη Μεσόγειο ή τα 800 mm στον Ατλαντικό (βλ. Υποκεφ. 3.3.2), μια παράμετρος που φαίνεται ότι σχετίζεται σημαντικά με την περιορισμένη ικανότητα μετακίνησής του σε συνδυασμό με τον τύπο του προτιμώμενου ενδιαίτηματος. Συνήθως, οι μεγάλοι πελαγικοί καρχαρίες επιδεικνύουν μεγαλύτερη ικανότητα μετακίνησης (Musick *et al.* 2004) ακόμα και μεταξύ ωκεάνιων λεκανών (π.χ. Schrey & Heist 2003, Hoelzel *et al.* 2006, Ovenden *et al.* 2009).

Ο βενθικός και παράκτιος τρόπος ζωής του είδους *Scyliorhinus canicula* (Compagno 1984b) υποδεικνύει ότι τα βαθιά νερά πιθανώς αποτελούν φραγμό στη μετακίνησή του. Αυτή η άποψη ενισχύθηκε από το γεγονός ότι διαφορετικά επίπεδα γενετικής διαφοροποίησης βρέθηκαν μεταξύ περιοχών που, ενώ απέχουν παρόμοια απόσταση, διαχωρίζονται από διαφορετικά βάθη. Αναλυτικότερα, στη δυτική Μεσόγειο βρέθηκε σημαντική διαφοροποίηση

μεταξύ των Βαλεαρίδων και της Αλγερίας ($F_{ST}=0,032$, $P<0,001$), που απέχουν λιγότερο από 300 km, αλλά διαχωρίζονται από την αβυσσική λεκάνη Αλγερίας–Βαλεαρίδων (Acosta *et al.* 2002). Αντίθετα, σχεδόν μηδενική διαφοροποίηση (μέγιστη τιμή $F_{ST}=0,009$) βρέθηκε εντός της ίδιας απόστασης στο Αιγαίο, σε μια θαλάσσια έκταση μεγάλο μέρος της οποίας δεν ξεπερνά τα 200 m βάθους. Το γεγονός ότι τα βαθιά νερά μπορούν να λειτουργήσουν ως φραγμός στη μετακίνηση των Χονδριχθών διαπιστώθηκε και σε άλλα είδη με παρόμοιο βενθικό και παράκτιο τρόπο ζωής, όπως στον καλκανόβατο *Raja clavata* που παρουσίασε σημαντική γενετική διαφοροποίηση μεταξύ του νησιωτικού συμπλέγματος στις Αζόρες και της Ευρωπαϊκής υφαλοκρηπίδας στον Ατλαντικό (Chevolot *et al.* 2006) και στον καρχαρία τροφό *Ginglymostoma cirratum* που εμφάνισε διακριτές γενετικές δεξαμενές μεταξύ των ακτών της Βραζιλίας και των απομακρυσμένων από αυτές νησιών (Karl *et al.* 2012). Επίσης, ο καρχαρίας άγγελος *Squatina californica* παρουσίασε ισχυρή γενετική δομή στη μικρότερη γεωγραφική κλίμακα που έχει αναφερθεί μέχρι σήμερα για Χονδριχθός, η οποία αποδόθηκε στη βενθική, φιλοπατρική συμπεριφορά του και στα μεγάλα βάθη που χωρίζουν τα νησιά του Καναλιού της Καλιφόρνια στον Ειρηνικό Ωκεανό (Gaida 1997).

Η περιορισμένη ικανότητα διασποράς του *Scyliorhinus canicula* επιβεβαιώθηκε από μια μελέτη μαρκαρίσματος, η οποία έδειξε ότι τα περισσότερα χημικά εμβολιασμένα άτομα δεν είχαν απομακρυνθεί περισσότερο από 30 km από το αρχικό σημείο σύλληψής τους. Το 70% των ατόμων επανασυλλέχθηκε σε απόσταση μικρότερη από 24 km, το 56% των ατόμων σε απόσταση μικρότερη από 16 km, ενώ η μεγαλύτερη απόσταση όπου επανασυλλέχθηκε χημικά εμβολιασμένο άτομο ήταν 256 km (Rodríguez-Cabello *et al.* 2004).

Εντός της Μεσογείου, το είδος *Scyliorhinus canicula* παρουσίασε ισχυρή γενετική δομή, σε αντίθεση με τον καλκανόβατο *Raja clavata* (Chevolot *et al.* 2006), αν και πρόκειται για Χονδριχθός που έχουν παρόμοια γεωγραφική εξάπλωση και βιολογικά χαρακτηριστικά (Compagno 1984b), και παρουσιάζουν έντονη φιλοπατρία (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998; 2004, Hunter *et al.* 2005). Ένας μοναδικός μιτοχονδριακός απλότυπος εντοπίστηκε στους πληθυσμούς της *Raja clavata* στη Μεσόγειο (Κορσική, Αδριατική και Μαύρη Θάλασσα), γεγονός που αποδόθηκε στη σχετικά πρόσφατη εξάπλωση του είδους, αφού διήλθε από στενωπό, και στη συνεχόμενη μείωση της γονιδιακής ροής μεταξύ των πληθυσμών της Μεσογείου και του Ατλαντικού (Αζόρες, Βόρεια Θάλασσα, Μάγγη, Ιρλανδική Θάλασσα, Βισκαϊκός κόλπος και Πορτογαλία) (Chevolot *et al.* 2006). Ένα παρόμοιο συμβάν, πιθανώς πραγματοποιήθηκε και στο *Scyliorhinus canicula* πολύ νωρίτερα στο παρελθόν, όπως υποδηλώνει η παρουσία ενός κοινού προγονικού απλοτύπου σε υψηλή συχνότητα σε όλους τους πληθυσμούς (χαρακτηριστικό της επίδρασης της στενωπού ακολουθούμενο από

πληθυσμιακή εξάπλωση, Avise 2000). Το γεγονός αυτό μπορεί να συνέβη είτε κατά τη διάρκεια μιας παγετώδους περιόδου του Πλειστόκαινου με τη δημιουργία ενός καταφυγικού πληθυσμού, ο οποίος εξαπλώθηκε στη Μεσόγειο σε μια επόμενη μεσοπαγετώδη περίοδο, ή κατά τον αποικισμό της Μεσογείου από άτομα Ατλαντικής προέλευσης. Έπειτα από την εξάπλωση του είδους, η επίδραση περιβαλλοντικών φραγμών στη γονιδιακή ροή σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, παρήγαγε το σημερινό πρότυπο δομής. Συνεπώς, τα διαφορετικά γενετικά πρότυπα των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Raja clavata* στη Μεσόγειο πιθανώς αντανακλούν παρόμοια φυλογεωγραφικά γεγονότα που πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, μια υπόθεση που θα μπορούσε να επιβεβαιωθεί με τη μοριακή ανάλυση περισσότερων δειγμάτων και των δύο ειδών.

Η απουσία σημαντικής διαφοροποίησης του είδους *Scyliorhinus canicula* ως προς το μιτοχονδριακό DNA μεταξύ της Μεσογείου και του Ατλαντικού, αντικρούει τη σημαντική γενετική ετερογένεια που εμφάνισαν οι πληθυσμοί του σαλαχιού *Dipturus oxyrinchus* σε αυτές τις περιοχές (Griffiths *et al.* 2011a). Οι Griffiths *et al.* (2011a) δεν βρήκαν κανέναν κοινό απλότυπο μεταξύ των πληθυσμών της Μεσογείου (Μαγιόρκα και Μινόρκα) και του Ατλαντικού (Νορβηγία και Λεκάνη «Rockall»), πιθανώς εξαιτίας της μεγάλης γεωγραφικής τους απόστασης. Ωστόσο, η ανάλυση περισσότερων μοριακών δεικτών (π.χ. μικροδορυφορικών) και περισσότερων δειγμάτων θα μπορούσε να διαλευκάνει το βαθμό της πληθυσμιακής διαφοροποίησης και των δύο ειδών μεταξύ αυτών των θαλάσσιων περιοχών.

Squalus blainville

Οι αναλύσεις των μοριακών δεδομένων που προέκυψαν τόσο από το μιτοχονδριακό DNA όσο και από τους μικροδορυφορικούς τόπους αποκάλυψαν την παρουσία ενός παμμικτικού πληθυσμού, τουλάχιστον στην ανατολική Μεσόγειο όπου η δειγματοληψία ήταν επαρκής. Η γενετική ποικιλότητα του είδους δεν εμφάνισε ένα σαφές γεωγραφικό πρότυπο, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών σε άλλα σκουαλοειδή.

Για παράδειγμα, δεν βρέθηκε γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών του κεντρονιού *Squalus acanthias* από το νότιο Ειρηνικό και Ατλαντικό Ωκεανό (Veríssimo *et al.* 2010), γεγονός που αποδόθηκε στη μεταναστευτική, ωκεανόδρομη συμπεριφορά του είδους (π.χ. Holden 1967, Templeman 1976, McFarlane & King 2003). Πλήρης απουσία γενετικής δομής παρουσίασε και το κεντρόνι *Squalus mitsukurii*, μέσα σε απόσταση 2.000 km στο αρχιπέλαγος της Χαβάης. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε αφενός στην υψηλή ικανότητα διασποράς του είδους αφετέρου στο συνεχόμενο ενδιαίτημα που σχηματίζουν οι ύφαλοι σε αυτή τη θαλάσσια περιοχή, το οποίο ευνοεί τη μετακίνηση των ατόμων, και συνεπώς τη

γονιδιακή ροή ακόμα και μεταξύ πολύ απομακρυσμένων περιοχών. Μάλιστα, ο εντοπισμός μητρικής γονιδιακής ροής σε περιβάλλοντα που ξεπερνούν το μέγιστο βάθος (954 m) της κατανομής του είδους αποτέλεσε ισχυρή ένδειξη της μεγάλης κινητικότητάς του (Daly-Engel *et al.* 2010). Επίσης, οι κεντροσκύμνοι *Centroscymnus coelolepis* και *Centrophorus squamosus* παρουσίασαν γενετική ομοιογένεια, και μάλιστα στο μεγαλύτερο εύρος της κατανομής τους (στον ανατολικό Ατλαντικό και στον ανατολικό Ατλαντικό/δυτικό Ινδικό ωκεανό, αντίστοιχα), η οποία αποδόθηκε στην υψηλή ικανότητα διασποράς τους και στην απουσία περιβαλλοντικών φραγμών στη μετακίνησή τους (Veríssimo *et al.* 2011a; 2012). Τέλος, η γενετική ομοιογένεια που παρουσίασε ο μαυροαγκαθίτης *Etmopterus granulosus* σε απόσταση περίπου 7.000 km, μεταξύ της Χιλής και της Νέας Ζηλανδίας, αποκάλυψε την εξαιρετική μεταναστευτική ικανότητα του είδους (Straube *et al.* 2011).

Αν και ελάχιστες μελέτες πληθυσμιακής γενετικής έχουν πραγματοποιηθεί στα σκουαλοειδή (βλ. Πίνακα 7.1), παρόλο που συνιστούν το 23% των ζώντων καρχαριών (Compagno 1990), με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι τα μεγάλα βάθη και οι μεγάλες γεωγραφικές αποστάσεις δεν αποτελούν φραγμούς στη μετακίνησή τους, και άρα στη γονιδιακή ροή μεταξύ των πληθυσμών τους. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την ιδιαίτερη ικανότητα διασποράς που διαθέτει αυτή η ομάδα καρχαριών, ιδιαίτερα αν σκεφτεί κανείς ότι η διασπορά στους Χονδριχθύς εξαρτάται αποκλειστικά από τους ενεργούς κολυμβητές (Musick *et al.* 2004). Παρ' όλα αυτά, έχουν παρατηρηθεί και περιπτώσεις πληθυσμιακής γενετικής δομής σε σκουαλοειδή που αποδόθηκαν σε περιβαλλοντικούς φραγμούς.

Το κεντρόνι *Squalus acanthias* παρουσίασε σημαντική γενετική διαφοροποίηση μεταξύ του βόρειου Ειρηνικού και του νότιου Ειρηνικού/Ατλαντικού Ωκεανού (Franks 2006, Ward *et al.* 2007, Hauser 2009, Veríssimo *et al.* 2010). Το γεγονός αυτό φάνηκε ότι αντανάκλα αντίστοιχες τοπικές διαφορές ως προς τα βιολογικά χαρακτηριστικά του είδους (Veríssimo *et al.* 2010), μια και στο βόρειο Ειρηνικό φτάνει σε μεγαλύτερο μήκος και ωριμάζει γεννητικά σε προχωρημένη ηλικία (Ketchen 1972; 1975, Jones & Geen 1977c, Saunders & McFarlane 1993), ενώ πέρα από τον Ειρηνικό παρουσιάζει το αντίθετο πρότυπο (Templeman 1944, Holden & Meadows 1964, Holden 1965, Nammack *et al.* 1985, Hanchet 1988, Campana *et al.* 2007, Ellis & Keable 2008). Αυτή η μακρόχρονη απομόνωση των πληθυσμών του *Squalus acanthias* κατά μήκος της ισημερινής περιοχής του Ειρηνικού διαπιστώθηκε ότι συμπίπτει με την παρουσία ενός περιβαλλοντικού φραγμού που δημιουργείται από τα θερμά-εύκρατα και τροπικά ύδατα στα χαμηλά γεωγραφικά πλάτη (Veríssimo *et al.* 2010).

Σημαντική γενετική διαφοροποίηση παρουσίασε και ο κεντροσκύμνος *Centroscymnus crepidater* μεταξύ του Ατλαντικού και Ειρηνικού Ωκεανού. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε σε

περιβαλλοντικούς παράγοντες, και συγκεκριμένα στο ρεύμα Agulhas (Cunha *et al.* 2012). Το ρεύμα Agulhas είναι ένα από τα ισχυρότερα ωκεάνια ρεύματα νοτιοδυτικής κατεύθυνσης που δημιουργείται ανατολικά της Αφρικανικής ακτής και στο σημείο που συναντά τις ωκεάνιες μάζες Ατλαντικής προέλευσης αναστρέφεται καθώς επιστρέφει στον Ινδικό Ωκεανό (Ivanova 2009). Κατά μήκος της ακτογραμμής της Νότιας Αφρικής εντοπίστηκαν διακριτές γενετικές δεξαμενές σε παράκτιους οργανισμούς, όπως στο μύδι *Perna perna*, οι οποίες αποδόθηκαν στο φράγμα που δημιουργεί το ρεύμα στη διασπορά τους (Zardi *et al.* 2011 και αναφορές εντός). Το ρεύμα Agulhas θεωρήθηκε ότι επηρεάζει έμμεσα τη μετακίνηση του *Centroscymnus crepidater*, καθώς δεν διαθέτει πελαγικές προνύμφες, μέσω του φυσικού εμποδίου που προβάλλει στη μετατόπιση της λείας του μεταξύ των ωκεάνιων λεκανών, συνεισφέροντας στη γενετική του ετερογένεια (Cunha *et al.* 2012). Ωστόσο, το παραπάνω συμπέρασμα θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με επιφύλαξη, καθώς η γενετική διαφοροποίηση του είδους μεταξύ του Ατλαντικού και Ειρηνικού Ωκεανού υποστηρίχθηκε αναλύοντας μόλις 7 μικροδορυφορικούς τόπους, ενώ η ανάλυση του μιτοχονδριακού DNA αποκάλυψε την παρουσία γονιδιακής ροής μεταξύ αυτών των περιοχών. Καθώς πρόκειται για ένα βαθύβιο, βενθοπελαγικό καρχαρία που φτάνει μέχρι περίπου τα 1.700 m βάθους (Musick *et al.* 2004), δεν αποκλείεται να μετακινείται μεταξύ των γειτονικών ωκεανών μέσω των αβυσσικών πεδίων όπου η επίδραση των ωκεάνιων ρευμάτων εξασθενεί. Ωστόσο, η αλίευση του είδους σε βάθη 1.250 m σε ανοιχτά ωκεάνια περιβάλλοντα που ξεπερνούν τα 4.000 m βάθους (Last & Stevens 2009) ανέδειξε την ικανότητα του είδους να εκτελεί και ωκεάνιες μετακινήσεις. Φαίνεται, λοιπόν, ότι η διαβίωση στα πολύ βαθιά στρώματα σε συνδυασμό με τη βενθοπελαγική συμπεριφορά, μπορεί να ευνοήσει τη γονιδιακή ροή ακόμα και μεταξύ των ωκεάνιων λεκανών. Πιθανώς, για τον ίδιο λόγο ο βενθοπελαγικός κεντροφόρος *Centrophorus squamosus*, που φτάνει στα αβυσσικά βάθη των 2.500 m (Last & Stevens 2009), παρουσίασε γενετική ομοιογένεια ως προς το μιτοχονδριακό και το μικροδορυφορικό DNA στις απομακρυσμένες περιοχές του Ατλαντικού (Ιρλανδία, Πορτογαλία και Αζόρες) και Ινδικού Ωκεανού (ανατολικές ακτές της Νότιας Αφρικής) (Veríssimo *et al.* 2012).

Στην παρούσα μελέτη, η γενετική ομοιογένεια των πληθυσμών του *Squalus blainville* φαίνεται ότι σχετίζεται με τα ιδιαίτερα στοιχεία της βιολογίας και οικολογίας του, που πιθανώς του προσδίδουν μεγάλη ικανότητα διασποράς. Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα είδος που ζει κοντά στον πυθμένα της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και των ανώτερων πλαγιών που προσφέρουν ένα συνεχόμενο ενδιαίτημα στη μετακίνησή του, γεγονός που πιθανώς ευνοεί τη γονιδιακή ροή μεταξύ των απομακρυσμένων περιοχών. Η παρουσία ενός συνεχούς ενδιαίτηματος φάνηκε να διευκολύνει τη γονιδιακή ροή και σε άλλα είδη

σκουαλοειδών (π.χ. Daly-Engel *et al.* 2010) ακόμα και μεταξύ ωκεάνιων λεκανών (Veríssimo *et al.* 2012). Επίσης, είναι ζωοτόκο είδος και παράγει απευθείας ενεργά κολυμβητικά άτομα (Compagno 1984a), σε αντίθεση με το *Scyliorhinus canicula* που αποθέτει τα έμβρυα εντός θηκών στο περιβάλλον (Wheeler 1978). Το γεγονός αυτό πιθανώς αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα που ευνοεί τη διασπορά του, αλλά ταυτόχρονα και μια από τις αιτίες που τα δύο υπό μελέτη είδη παρουσίασαν διαφορετικά πρότυπα γενετικής δομής.

Σημαντική γενετική διαφοροποίηση, αν και μόνο ως προς το μικροδορυφορικό DNA, παρουσίασαν οι πληθυσμοί του *Scyliorhinus canicula* μεταξύ του Ιονίου και του Αιγαίου, ένα πρότυπο που δεν εμφάνισε το *Squalus blainville* ως προς κανένα μοριακό δείκτη. Καθώς η βαθυμετρική κατανομή του *Scyliorhinus canicula* ξεκινάει από μόλις ορισμένα μέτρα βάθους (π.χ. Sims *et al.* 2001; 2006), ενώ του *Squalus blainville* από ορισμένες δεκάδες μέτρα βάθους (π.χ. Cannizzaro *et al.* 1995, Massuti & Moranta 2003), είναι πιθανό η πτώση της στάθμης της θάλασσας κατά τις παγετώδους περιόδους του Πλειστόκαινου να επηρέασε περισσότερο τη βιωσιμότητά του πρώτου. Το στενότερο εύρος κατανομής σε συνδυασμό με τη χρήση των ρηχών, παράκτιων περιοχών για την ωοτοκία και το μεγάλο βαθμό εξάρτησης που έχουν τα έμβρυα κατά τα πρώτα αναπτυξιακά τους στάδια από το θαλάσσιο πυθμένα (Wheeler 1978, Dodd 1983, Rodríguez-Cabello *et al.* 2004), πιθανώς ευνόησαν τη γενετική ετερογένεια των πληθυσμών του *Scyliorhinus canicula* μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου.

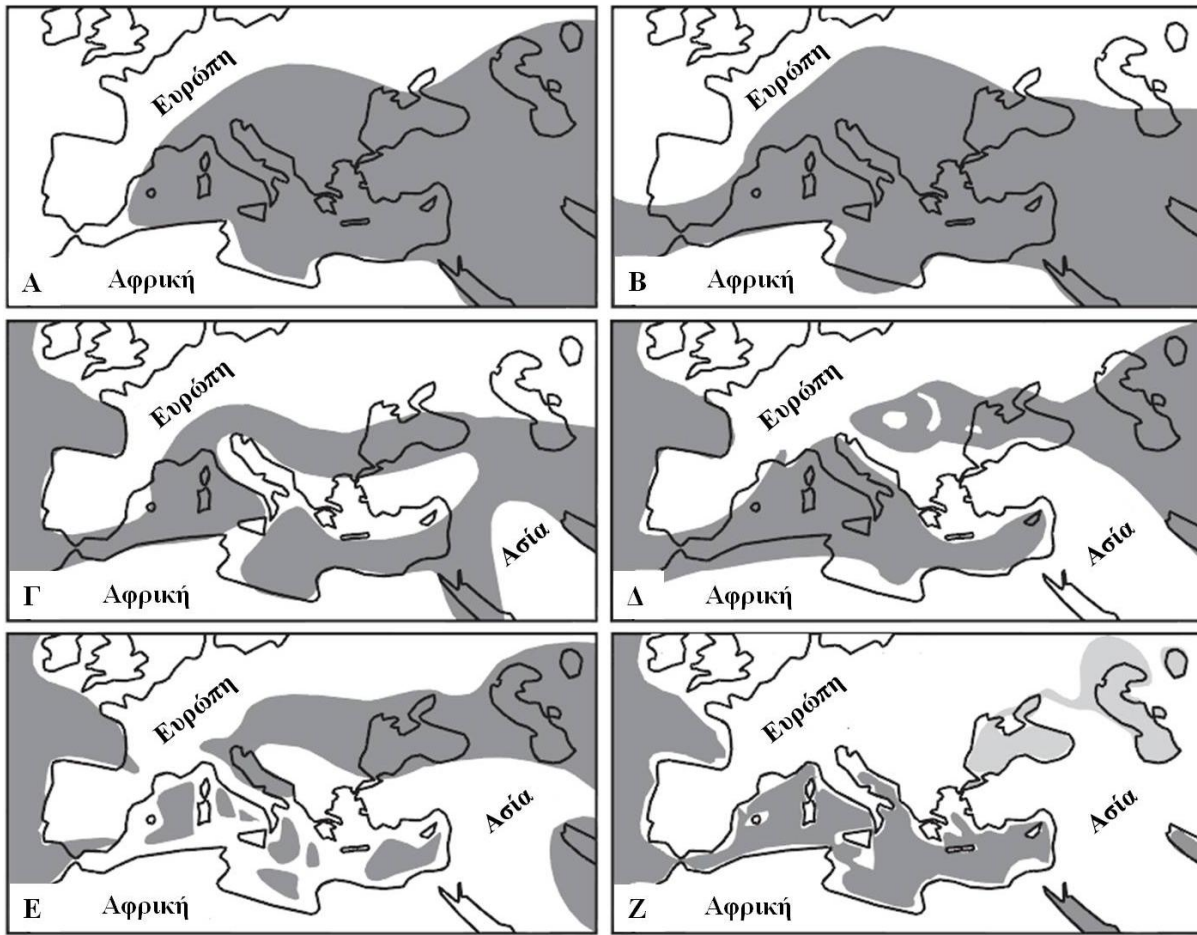
Τέλος, το *Squalus blainville* είναι περισσότερο βαθύβιο είδος, και μάλιστα η συχνή του παρουσία σε περιοχές πέρα του ηπειρωτικού χείλους (που παρουσιάζει μεγαλύτερη ασυνέχεια σε σχέση με την υφαλοκρηπίδα) δείχνει ότι μπορεί να χρειάζεται συχνά να διασχίσει ωκεάνιες μάζες. Η βενθοπελαγική συμπεριφορά που επιδεικνύει το *Squalus blainville* πιθανώς ευνοεί περισσότερο τη γονιδιακή ροή μεταξύ απομακρυσμένων περιοχών σε σχέση με την αποκλειστικά βενθική συμπεριφορά που παρουσιάζει το *Scyliorhinus canicula*. Η μεγαλύτερη ικανότητα διασποράς του *Squalus blainville* πιθανώς αποτυπώνεται και στην πιο ευρεία γεωγραφική εξάπλωση που έχει (αν και χρήζει περισσότερης διερεύνησης, Compagno 1984a) σε σχέση με το *Scyliorhinus canicula* που παρουσιάζει την τυπική Ατλαντο-Μεσογειακή κατανομή (Compagno 1984b).

Η απουσία γενετικής διαφοροποίησης του *Squalus blainville* μεταξύ του Αιγαίου και του Ιονίου μαρτυρά τη μεγάλη ικανότητας διασποράς του, ομοίως με άλλα σκουαλοειδή, αλλά σε αντίθεση με το *Scyliorhinus canicula* που εμφανίζει φιλοπατρική συμπεριφορά (Rodríguez-Cabello *et al.* 1998; 2004). Το *Scyliorhinus canicula* παρουσίασε σημαντική ετερογένεια μεταξύ και των δύο λεκανών της Μεσογείου, αλλά δεν μπορεί να γίνει σύγκριση με το *Squalus blainville*, εξαιτίας των ελάχιστων δειγμάτων (N=5) του από τις Βαλεαρίδες.

7.4.3 Φυλογεωγραφία

Η σύγχρονη γεωγραφική κατανομή των οργανισμών του βόρειου ημισφαιρίου επηρεάστηκε δραστικά από τις εναλλαγές των θερμών και ψυχρών περιόδων κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου (2.588–11,7 ky BP) (Hewitt 2000), οι οποίες οδήγησαν πολλά είδη σε συσπείρωση και άλλα στην ταχεία εξάπλωσή τους (Hewitt 1996). Ιδιαίτερα το μέγιστο της τελευταίας παγετώδους περιόδου (Last Glacial Maximum, 22–18 ky BP) έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της σύγχρονης φυλογεωγραφίας των οργανισμών τόσο στα χερσαία (Hewitt 1999) όσο και στα υδάτινα οικοσυστήματα (Cunningham & Collins 1998). Με τη μείωση της στάθμης της θάλασσας και τη μεταβολή της έκτασης των θαλάσσιων περιοχών και των μεταξύ τους συνδέσεων, τα θαλάσσια είδη είτε εξαφανίστηκαν από μεγάλο μέρος της κατανομής τους ή αποίκησαν νέες περιοχές, ενώ άλλα επιβίωσαν σε ένα ή περισσότερα πλειστοκαινικά καταφύγια, όπως τα νησιά του Ατλαντικού (Αζόρες, Κανάρια), τη βορειοδυτική ακτή της Αφρικής, την Ιβηρική Χερσόνησο και τη Μεσόγειο (Maggs *et al.* 2008). Στη Μεσόγειο τα φαινόμενα της εξαφάνισης και επαναποίκισης ήταν ιδιαίτερα έντονα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και υποχώρησης των παγετικών καλυμμάτων, καθώς οι οργανισμοί δεν μπορούσαν να ακολουθήσουν τα ευνοϊκά για αυτούς ισοθερμή (Patarnello *et al.* 2007). Εντός της Μεσογείου τα χαμηλότερα επίπεδα της στάθμης της θάλασσας κυμάνθηκαν από -110 έως -150 m (Lambeck & Purcell 2005), χωρίς, ωστόσο, να διακοπεί ποτέ η θαλάσσια επικοινωνία με τον Ατλαντικό (Flores *et al.* 1997).

Ο βαθμός επίδρασης που είχαν οι παγετώδεις–μεσοπαγετώδεις περίοδοι του Πλειστόκαινου στα θαλάσσια είδη εξαρτήθηκε σε μεγάλο βαθμό από τα ιδιαίτερα στοιχεία της βιολογίας και οικολογίας τους. Ενδεικτικά, οι εδραίοι οργανισμοί που συχνάζουν στα ρηχά, παράκτια οικοσυστήματα υπέστησαν σημαντικό κατακερματισμό του ενδιαιτήματός τους και τοπική εξαφάνιση των πληθυσμών τους, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν ισχυρή γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των απομονωμένων περιοχών. Αντίθετα, οι οργανισμοί υψηλής ικανότητας ενεργητικής (π.χ. μέσω μετανάστευσης) ή παθητικής διασποράς (π.χ. μέσω πελαγικών αυγών) απέφυγαν την τοπική εξαφάνιση και επαναποίκισαν τις πρότερα αποκλεισμένες περιοχές, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν πληθυσμιακή δομή (Chevolot *et al.* 2006). Ακολουθώντας, γίνεται μια προσπάθεια ερμηνείας των σύγχρονων φυλογεωγραφικών προτύπων των υπό μελέτη ειδών, *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, τα οποία κατέχουν ενδιάμεση θέση ανάμεσα στις κατηγορίες οργανισμών που αναφέρθηκαν, δεδομένου ότι δεν παράγουν πελαγικές προνύμφες.



Εικόνα 7.27 Παλαιογεωγραφικοί χάρτες που απεικονίζουν τις 6 κυριότερες φάσεις στη γεωλογική ιστορία της Μεσογείου στηριζόμενοι στη σημερινή γεωγραφία της περιοχής. Η χέρσος και η θάλασσα απεικονίζονται με λευκό και γκρι χρώμα, αντίστοιχα (από Bianchi & Morri 2000). Τριαδικό (220 my BP): η θάλασσα της Τηθύος υπό μορφή ενός τεράστιου κόλπου χωρίζει μερικώς το βόρειο (Λαυρασία) από το νότιο τμήμα της Παγγαίας (Γκοντβάνα) (A); Κρητιδικό (120 my BP): ο κόλπος της Τηθύος επεκτείνεται και σχηματίζεται ο Ωκεανός της Τηθύος που διαχωρίζει πλήρως την Παγγαία, συνδέοντας τον Ατλαντικό με τον Ινδο-Ειρηνικό Ωκεανό (B); Ολιγόκαινο (30 my BP): με τη σύγκλιση των τεκτονικών πλακών της Αφρικής και της Ευρώπης, ο Ωκεανός της Τηθύος εξαφανίζεται και το ακραίο δυτικό τμήμα του σχηματίζει τη Μεσόγειο Θάλασσα. Η μείωση της θερμικής επιρροής της Τηθύος στους παγκόσμιους ωκεανούς ευνοεί τη δημιουργία ψυχρών υδάτινων μαζών, γεγονός που οδηγεί τους οργανισμούς σε ταχείς ρυθμούς εξαφάνισης περισσότερο σε περιοχές εκτός παρά εντός της Μεσογείου και του Ινδο-Ειρηνικού Ωκεανού (Γ); Μειόκαινο (10 my BP): έντονη ορογενετική δραστηριότητα σχηματίζει τον Ισθμό του Σουέζ που χωρίζει τη Μεσόγειο Θάλασσα από τον Ινδο-Ειρηνικό Ωκεανό (Δ); Κατώτερο Μειόκαινο ή Μεσσηνίο (6 my BP): η Αφρικανική πλάκα συγκρούεται με την Ευρασιατική, τα στενά του Γιβραλτάρ κλείνουν, εμποδίζεται η επικοινωνία της Μεσογείου με τον Ατλαντικό, η Μεσόγειος Θάλασσα εξατμίζεται και δημιουργούνται εβαποριτικές λίμνες εντός της λεκάνης της Μεσογείου (κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου). Η βιοποικιλότητα πλήττεται σημαντικά μέχρι τις αρχές του Πλειόκαινου (5 my BP), οπότε αρχίζει η διάνοιξη του στενού του Γιβραλτάρ, επαναπλημμυρίζεται η Μεσόγειος και επαναποικίζεται από είδη Ατλαντικής προέλευσης (Ε); Κατώτερο Πλειστόκαινο ή Βούρμιο (20 ky BP): η εναλλαγή των ψυχρών παγετωδών με τις θερμές μεσοπαγετώδεις περιόδους κατά τη διάρκεια όλου του Τεταρτογενούς (Πλειστόκαινο, Ολόκαινο) προκαλεί διαφορετικά μεταναστευτικά κύματα της Ατλαντικής πανίδας, αρκτικής ή υποτροπικής προέλευσης (Z) (Bianchi & Morri 2000)

Scyliorhinus canicula

Η φυλογεωγραφική ανάλυση του γάτου *Scyliorhinus canicula* στηρίχτηκε στη συνδυαστική χρήση 431 αλληλουχιών ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI του μιτοχονδριακού DNA που ενισχύθηκαν στην παρούσα μελέτη και προέρχονταν από τις Ελληνικές Θάλασσες, τις Βαlearίδες και την Αλγερία και 39 δημοσιευμένων αντίστοιχων αλληλουχιών που προέρχονταν από Ατλαντικό και τη Λεβαντίνη (Moftah *et al.* 2011, Costa *et al.* 2012).

Η γενετική ετερογένεια των πληθυσμών του είδους αποτυπώθηκε με ιδιαίτερη έμφαση στο φυλογεωγραφικό δίκτυο των μιτοχονδριακών απλοτύπων (βλ. Εικόνα 7.12) όπου ένας κεντρικός προγονικός απλότυπος ήταν παρόν σε όλα τα πληθυσμιακά δείγματα, ενώ οι υπόλοιποι απλότυποι κατανεμήθηκαν είτε στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου (Βαlearίδες, Αλγερία)/Ατλαντικού ή στην ανατολική Μεσόγειο. Εξαιρεση σε αυτό το πρότυπο αποτέλεσε ο πληθυσμός της Λεβαντίνης, ο οποίος, εκτός από τους ιδιωματικούς απλοτύπους (hap34–37) και τον κεντρικό απλότυπο (hap1), παρουσίασε κοινούς απλοτύπους τόσο με την περιοχή της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού (hap4, 12) όσο και με την ανατολική Μεσόγειο (hap2, 6, 13). Μάλιστα, η ασύνδετη τοποθέτηση αυτών των κοινών απλοτύπων στο δίκτυο διάμεσης σύνδεσης (προέλευση από τρεις διαφορετικούς απλοτύπους, hap1, 2, 4) δείχνει ότι η αποίκηση και η εξάπλωση του είδους στη Λεβαντίνη έγινε στο ιστορικό παρελθόν.

Λαμβάνοντας υπόψη το δίκτυο απλοτύπων και τα αποτελέσματα της ένθετης κλαδιστικής ανάλυσης (NCA) (βλ. Εικόνες 7.12, 7.13) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα βαθιά νερά αποτελούν εμπόδιο στη μετακίνηση του είδους, πιθανολογείται ότι η αποίκηση της Λεβαντίνης συνέβη μέσω των παράκτιων διαδρομών: από το Αιγαίο κατά μήκος της ακτής της Λεβαντίνης (κλάδος 1-12 και hap6), από τη δυτική Μεσόγειο κατά μήκος της βόρειας Αφρικανικής ακτής (hap4, 12) και από το Ιόνιο (hap13) μέσω των δυτικών ακτών του Ιονίου και των βόρειων ακτών της Αφρικής. Το πρότυπο της εξάπλωσης σε συνεχόμενη κλίμακα (continuous range expansion) που προτάθηκε για τον κλάδο 1-12 πιθανώς ενισχύει αυτή την υπόθεση. Ωστόσο, η έλλειψη δειγμάτων από τη βόρεια Αφρικανική ακτή και επαρκών δειγμάτων από την ακτή της Λεβαντίνης δεν επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την κατεύθυνση που ακολούθησε αυτή η εξάπλωση.

Με βάση τα παραπάνω φαίνεται ότι το Κανάλι Σικελίας–Τυνησίας δεν αποτελεί έναν ανυπέρβλητο φραγμό για το είδος *Scyliorhinus canicula*, αν και η στένωσή του κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων του Πλειστόκαινου πιθανώς ευνόησε τη γενετική διαφοροποίησή του μεταξύ της δυτικής και ανατολικής Μεσογείου.

Σύμφωνα με την ένθετη κλαδιστική ανάλυση (βλ. Εικόνα 7.13, Πίνακα 7.21), στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού επικρατεί ο κλάδος 3-1 που παρουσίασε το

πρότυπο της εξάπλωσης σε συνεχόμενη κλίμακα (contiguous range expansion). Ο εξωτερικός του κλάδος 2-1 περιλαμβάνει μόνο ιδιωτικούς απλοτύπους που αντιστοιχούν στις Βαlearίδες, την Αλγερία, τον Ατλαντικό και τη Λεβαντίνη, γεγονός που πιθανώς μαρτυρά περιορισμένη γονιδιακή ροή μεταξύ αυτών των περιοχών σε πιο πρόσφατη περίοδο. Ο κλάδος 2-2, ο οποίος κατέχει εσωτερική θέση στον κλάδο 3-1, και άρα είναι παλαιότερος του κλάδου 2-1, περιλαμβάνει τρεις απλοτύπους (hap7, 8, 14) που απαντούν στην Αλγερία και στον Ατλαντικό, δύο απλοτύπους (hap28, 29) που απαντούν μόνο στην Αλγερία και τρεις απλοτύπους (hap22, 23, 24) που απαντούν μόνο στις Βαlearίδες. Για τον κλάδο 2-2 προτάθηκε περιορισμένη γονιδιακή ροή και απομόνωση λόγω απόστασης (restricted gene flow with isolation by distance). Στο δίκτυο απλοτύπων αποτυπώνεται περισσότερη γονιδιακή ροή μεταξύ της Αλγερίας και του Ατλαντικού παρά μεταξύ αυτών των περιοχών και των Βαlearίδων, πιθανώς εξαιτίας της γεωγραφικής απομόνωσης των τελευταίων.

Οι Βαlearίδες συγκροτούν ένα σύμπλεγμα νησιών στη δυτική Μεσόγειο, το οποίο απέχει περίπου 200 km από τις ανατολικές ακτογραμμές της Ιβηρικής Χερσονήσου (Acosta *et al.* 2004) και λειτουργεί ως φυσικό εμπόδιο ανάμεσα στη λεκάνη των Βαlearίδων προς τα βόρεια και τη λεκάνη Αλγερίας–Βαlearίδων προς τα νότια (Acosta *et al.* 2002). Η χερσαία επικοινωνία αυτού του νησιωτικού συμπλέγματος με την Ευρωπαϊκή ήπειρο διακόπηκε από το Πλειστόκαινο, αν και η στάθμη της θάλασσας μειώθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια των περιόδων μέγιστης ανάπτυξης παγετώνων. Πράγματι, το στενό θαλάσσιο πέρασμα (92 km) ανάμεσα στη νήσο Ίμπιθα (το πλησιέστερο νησί των Βαlearίδων στην Ιβηρική Χερσόνησο) και τη νοτιοανατολική Ισπανική ακτή είναι πολύ βαθύ για να έχει αποκαλυφθεί από την πτώση της στάθμης της θάλασσας κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων του Πλειστόκαινου (Schüle 1993), ενώ στη Θάλασσα των Βαlearίδων το μέγιστο βάθος φτάνει τα 3.000 m (Acosta *et al.* 2002). Επομένως, μόλις τα άτομα Ατλαντικής προέλευσης διαπεράσουν το στενό του Γιβραλτάρ, πιθανώς προσεγγίζουν με μεγαλύτερη ευκολία τις ακτές της Αλγερίας παρά τα περισσότερα απομονωμένα νησιά των Βαlearίδων.

Το στενό του Γιβραλτάρ (σημερινό μέγιστο βάθος 280 m) έχει χαρακτηριστεί ως κύριος φυσικός φραγμός για τον αποικισμό της Μεσογείου από την πλούσια πανίδα των βαθιών νερών του Ατλαντικού (Bouchet & Taviani 1992), με αποτέλεσμα τα ψάρια των οποίων το εύρος κατανομής ξεκινάει κάτω από τα 300 m να αποικίζουν τη Μεσόγειο μόνο στην περίπτωση που παράγουν πελαγικές προνύμφες (Moranta *et al.* 1998). Αν και το είδος *Scyliorhinus canicula* δεν διαθέτει πελαγικές προνύμφες, μπορεί να εισέλθει με σχετική ευκολία στη Μεσόγειο. Η βασική αιτία είναι ότι πρόκειται για ένα βενθικό, παράκτιο είδος καρχαρία που συχνάζει κυρίως στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα και το βάθος κατανομής του

κυμαίνεται συνήθως από ορισμένα μέτρα έως 500 m (π.χ. Carapé *et al.* 1991, Sims *et al.* 2001; 2006, Massutí & Montana 2003, Rodríguez-Cabello *et al.* 2004).

Στην ανατολική Μεσόγειο, η φυλογεωγραφική ανάλυση αποκάλυψε περιορισμένη γονιδιακή ροή μεταξύ του Ιονίου και του Αιγαίου, με περιστασιακά φαινόμενα διασποράς από τη μια περιοχή στην άλλη. Ο απλότυπος *hap3*, που προέκυψε με ένα μεταλλακτικό βήμα από τον κοινό προγονικό απλότυπο *hap1*, βρέθηκε σχεδόν αποκλειστικά στο Αιγαίο και σε χαμηλή συχνότητα στο Ιόνιο, αποκαλύπτοντας ένα πιθανό φαινόμενο διασποράς του είδους από την πρώτη στη δεύτερη περιοχή. Από την άλλη πλευρά, ο απλότυπος *hap2* βρέθηκε σε υψηλή συχνότητα και στις δύο περιοχές, ενώ παράλληλα συνδεόταν με τον κοινό προγονικό απλότυπο *hap1* μέσω του *hap16*, ο οποίος βρέθηκε αποκλειστικά στο Ιόνιο. Το γεγονός αυτό, πιθανώς μαρτυρά ένα φαινόμενο διασποράς από το Ιόνιο προς το Αιγαίο. Αυτά τα φαινόμενα διασποράς είναι πιθανό να ευνοήθηκαν κατά τη διάρκεια των μεσοπαγετωνικών περιόδων με την επανάκαμψη των θαλάσσιων ενδιαιτημάτων και την αύξηση του βαθμού επικοινωνίας τους (Zazo 1999). Ωστόσο, αυτό το πρότυπο θα μπορούσε να αποδοθεί και στην επίδραση της τυχαίας γενετικής παρέκκλισης που προέκυψε έπειτα από έναν πιθανό κατακερματισμό του ενδιαιτήματος του είδους κατά τις παγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου.

Οι πληθυσμοί του *Scyliorhinus canicula* από το Ιόνιο (και τον Κορινθιακό) παρουσίασαν μεγαλύτερη γενετική ομοιότητα με τους πληθυσμούς του Αιγαίου παρά με τους πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου. Η γενετική απομόνωση των πληθυσμών του Ιονίου και του Αιγαίου από τους πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου συμπίπτει με τη γεωγραφική τους απομόνωση μέσω της Ελληνικής Τάφρου, ενός συμπλέγματος τοπογραφικών βαθών (μέγιστου βάθους >4.000 m) που εξαπλώνονται πάνω σε ένα μήκος 1.000 km στο όριο της πλάκας του Αιγαίου, περιβάλλοντας από τα εξωτερικά το ιζηματογενές τόξο, από το Ιόνιο Πέλαγος μέχρι νότια της Κρήτης και της Ρόδου (Le Pinchon & Angelier 1979). Σε αρκετούς θαλάσσιους οργανισμούς η παρατηρούμενη γενετική ετερογένεια μεταξύ της δυτικής και ανατολικής Μεσογείου αποδόθηκε στη γεωγραφική απομόνωση του Ιονίου και του Αιγαίου, και όχι στη γεωγραφική υποδιαίρεση της λεκάνης της Μεσογείου μέσω του Καναλιού της Σικελίας–Τυνησίας (Borrero-Pérez *et al.* 2011 και αναφορές εντός).

Τέλος, ο Κορινθιακός κόλπος, ο οποίος αποτελεί σήμερα μια βαθιά (935 m) και κλειστή θαλάσσια λεκάνη, υπήρξε ως απομονωμένη λίμνη κατά το μέγιστο της τελευταίας παγετώδους περιόδου (22–18 ky BP), όταν η θαλάσσια στάθμη βρισκόταν πολλές δεκάδες μέτρα κάτω από τη σημερινή (Sakellariou *et al.* 2010). Η μέγιστη πτώση της στάθμης της θάλασσας (περίπου στα -120 m) τοποθετείται χρονικά γύρω στα 21,5 ky BP και θεωρείται ότι άλλαξε τη μορφολογία των παράκτιων περιοχών της Ελλάδας μέσω της δημιουργίας

εκτεταμένων ηπειρωτικών κρηπίδων, της σύνδεσης των νησιών μεταξύ τους ή με τη χέρσο και του αποκλεισμού των σημερινών ημίκλειστων κόλπων (Παγασητικός, βόρειος και νότιος Ευβοϊκός, δυτικός Σαρωνικός, Κορινθιακός και Πατραϊκός), οι οποίοι λειτουργούσαν ως παλαιολίμνες (Perissoratis & Conispoliatis 2003). Ραδιοχρονολογικά δεδομένα έδειξαν ότι οι θαλάσσιες μάζες εισήρθαν ξανά στην παλαιολίμνη του Κορινθιακού μέσω στενών περασμάτων περίπου 13–14 ky BP (Sakellariou *et al.* 2010). Συνεπώς, το *Scyliorhinus canicula* πιθανώς εγκαθιδρύθηκε στον Κορινθιακό, προερχόμενο από το Ιόνιο, το Ολόκαινο (11,7 ky BP) όταν αυτές οι περιοχές επικοινωνήσαν μέσω του Πατραϊκού κόλπου. Στο γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί η μεγαλύτερη γενετική ομοιότητα που παρουσίασε ο πληθυσμός του Κορινθιακού με εκείνον του Ιονίου, ιδιαίτερα ως προς το μικροδορυφορικό DNA. Προς τα ανατολικά, ο Κορινθιακός κόλπος οριοθετούνταν από το Αιγαίο από τον ομώνυμο Ισθμό μέχρι το 1893 οπότε έγινε η διάνοιξη του καναλιού. Στον πληθυσμό του Κορινθιακού, εκτός από τον κοινό προγονικό απλότυπο (hap1) όλων των δειγμάτων, βρέθηκε ένας απλότυπος (hap2) που απαντά στο Ιόνιο, στο Αιγαίο και στη Λεβαντίνη, και ο απλότυπος hap10 που απαντά μόνο στον Κορινθιακό και στο Αιγαίο. Το γεγονός αυτό πιθανώς υποδεικνύει μια πολύ πρόσφατη γονιδιακή ροή από το Αιγαίο προς τον Κορινθιακό, μια άποψη που ενισχύεται περαιτέρω από το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής που είχε το Αιγαίο στη γενετική δεξαμενή του Κορινθιακού από ό,τι του Ιονίου βάσει της ανάλυσης STRUCTURE. Παρ' όλα αυτά, το μικρό πληθυσμιακό δείγμα από τον Κορινθιακό δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Squalus blainville

Η φυλογεωγραφική ανάλυση του είδους περιελάμβανε 112 αλληλουχίες ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI του μιτοχονδριακού DNA, από τις οποίες οι 107 ενισχύθηκαν στην παρούσα μελέτη και προέρχονταν από τις Ελληνικές Θάλασσες (Ιόνιο, Λιβυκό, Αιγαίο) και τις Βαlearίδες, ενώ οι υπόλοιπες 5 μη δημοσιευμένες αλληλουχίες ανακτήθηκαν από τη βάση γενετικών δεδομένων GenBank και προέρχονταν από τη Νότια Αφρική και το Αιγαίο.

Στο δίκτυο διάμεσης σύνδεσης (βλ. Εικόνα 7.14) δεν αποτυπώθηκε κάποια συγκεκριμένη γεωγραφική κατανομή των απλοτύπων. Το βασικό πρότυπο που προέκυψε χαρακτηρίστηκε από την παρουσία δύο κεντρικών απλοτύπων (hap1, 2) σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας (με εξαίρεση τη Νότια Αφρική, πιθανώς εξαιτίας του μικρού αντιπροσωπευτικού δείγματος), γεγονός που μαρτυρά υψηλά επίπεδα μητρικής γονιδιακής ροής σε όλη την περιοχή μελέτης. Η ακτινωτή διάταξη των απλοτύπων, οι οποίοι διαχωρίζονται κυρίως κατά ένα μεταλλακτικό βήμα από τους κεντρικούς απλοτύπους, σε

συνδυασμό με την παρουσία ιδιωτικών απλοτύπων σχεδόν σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας, είναι ενδεικτική της πρόσφατης πληθυσμιακής εξάπλωσης του είδους που πιθανώς ευνοήθηκε κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου. Εξάλλου, ο χρόνος απόσχισης του συνολικού πληθυσμιακού δείγματος τοποθετήθηκε χρονολογικά στο Μέσο Πλειστόκαινο. Δεδομένου ότι οι διαθέσιμοι απλότυποι προέρχονται από περιορισμένο εύρος της κατανομής του *Squalus blainville*, δεν ήταν δυνατή η αποσαφήνιση των ιστορικών διεργασιών που διαμόρφωσαν τη σύγχρονη φυλογεωγραφία του.

7.4.4 Δημογραφική ιστορία

Scyliorhinus canicula

Διαφορετικά πρότυπα δημογραφικής ιστορίας παρουσίασε το είδος ανάλογα με την περιοχή προέλευσής του. Στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού, εμφάνισε το πρότυπο της πληθυσμιακής εξάπλωσης βάσει των δημογραφικών δεικτών D , F_s και r , και της δοκιμασίας κατανομής αναντιστοιχίας (mismatch distribution). Το πρότυπο αυτό, που επιβεβαιώθηκε και από την ένθετη κλαδιστική ανάλυση (NCA), τοποθετήθηκε χρονολογικά, σύμφωνα με τον εκτιμητή τ και την Μπεϋζιανή ανακατασκευή της δημογραφικής ιστορίας (Skyline), στο Μέσο Πλειστόκαινο (425–250 ky BP), δηλαδή αρκετές χιλιάδες χρόνια πριν από το μέγιστο της τελευταίας παγετώδους περιόδου (22–18 ky BP), ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών σε άλλα είδη Χονδριχθύων (π.χ. Chevolut *et al.* 2006, Duncan *et al.* 2006a, Portnoy *et al.* 2010, Mendonça *et al.* 2011, Tillett *et al.* 2012a). Η αύξηση του πληθυσμιακού μεγέθους πριν από την τελευταία παγετώδη περίοδο αποτελεί γενική τάση στους θαλάσσιους οργανισμούς, σε αντίθεση με τους χερσαίους που παρουσίασαν την αντίστοιχη δημογραφική μεταβολή μετά από αυτή την περίοδο. Συνεπώς, φαίνεται ότι η τελευταία παγετώδης περίοδος επηρέασε περισσότερο την κατανομή παρά το μέγεθος των πληθυσμών των Χονδριχθύων (Chevolut *et al.* 2006). Από την άλλη πλευρά, στις περιοχές του Ιονίου και του Αιγαίου, το *Scyliorhinus canicula* παρουσίασε σχετικά σταθερό πληθυσμιακό μέγεθος με μικρή τάση αύξησης και μείωσης, αντίστοιχα.

Τα διαφορετικά δημογραφικά πρότυπα που εμφάνισε το *Scyliorhinus canicula* στις απομακρυσμένες περιοχές της Μεσογείου, πιθανώς αποδίδονται στο διαφορετικό βαθμό με τον οποίο επηρεάστηκαν αυτές οι περιοχές το Πλειστόκαινο, όταν οι κύκλοι των παγετώνων μετέβαλαν δραστικά την Ευρωπαϊκή ακτογραμμή (Svendsen *et al.* 2004) με σημαντική επίδραση στη φυλογεωγραφία ιδιαίτερα των παράκτιων ειδών (Wilson & Veraguth 2010).

Αν και η νότια Ευρώπη παρέμεινε ακάλυπτη από τους παγετώνες κατά τη διάρκεια όλου του Πλειστόκαινου, η εξάπλωση των παγετικών καλυμμάτων στις βορειότερες περιοχές με την επακόλουθη πτώση της στάθμης της θάλασσας, οδήγησε στην αποκάλυψη των ρηχών περιοχών εντός της Μεσογείου (Mudie *et al.* 2002) και ίσως σε μεγαλύτερη έκταση στο Αιγαίο. Το Αιγαίο αποτελεί μια ημίκλειστη θαλάσσια λεκάνη που είναι «κατακερματισμένη» σε χιλιάδες νησιά. Κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων του Μέσου Πλειστόκαινου, σχεδόν το 50–60% της σημερινής του έκτασης μετατράπηκε σε ξηρά με εκτεταμένα συστήματα απορροής, δελταϊκές πεδιάδες και μεγάλες λίμνες στα κεντρικά και βόρεια (Lykousis 2009). Ως αποτέλεσμα, εκτεταμένες περιοχές της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας, όπου το *Scyliorhinus canicula* ζει και αναπαράγεται, μετατράπηκαν σε ξηρά. Συνεπώς, δεν αποκλείεται το ενδεχόμενο η βιωσιμότητα του είδους να επηρεάστηκε δραματικά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη αφενός ότι πρόκειται για ένα ωστόκο είδος που αποθέτει τα έμβρυα εντός πρωτεϊνικών θηκών στα ρηχά, παράκτια ενδιαιτήματα (Wheeler 1978, Dodd 1983, Rodríguez-Cabello *et al.* 2004) αφετέρου ότι η χρονική διάρκεια παραμονής των εμβρύων εντός των θηκών, και συνεπώς στα ρηχά στρώματα, κυμαίνεται από 5 έως 11 μήνες (ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος) για την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους (Compagno 1984b, Ellis & Shackley 1997). Από την άλλη πλευρά, είναι πιθανό η πληθυσμιακή ανάκαμψη του είδους έπειτα από τις παγετώδεις περιόδους να μην ήταν αρκετά έντονη στο Αιγαίο (λόγω του ημίκλειστου χαρακτήρα της λεκάνης) για να αφήσει ένα γενετικό «αποτύπωμα» δημογραφικής εξάπλωσης. Πιθανώς για τους λόγους αυτούς, το είδος εμφάνισε μικρή τάση πληθυσμιακής αύξησης στο Αιγαίο, η οποία αντανακλάται και στη χαμηλή απλοτυπική ποικιλότητα που παρατηρήθηκε σε αυτή την περιοχή (μόλις 6 απλότυποι ανιχνεύθηκαν σε 233 άτομα).

Οι παγετώδεις–μεσοπαγετώδεις περίοδοι του Πλειστόκαινου πιθανώς επηρέασαν και το Ιόνιο Πέλαγος, έναν επιμήκη εγκολιισμό της Μεσογείου, που περιβρέχει τη στενή υφαλοκρηπίδα κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής της Ελλάδας (Perissoratis & Conispoliatis 2003). Ωστόσο, καθώς περικλείει σημαντικά λιγότερα νησιά συγκριτικά με το Αιγαίο και επικοινωνεί με τα ρηχά περιβάλλοντα της νότιας Αδριατικής και της νότιας Ιταλίας, παρέχει ευκολότερη πρόσβαση σε νέα περιβάλλοντα για αποίκιση. Συνεπώς, δεν αποκλείεται οι επιπτώσεις των παγετώνων στο ενδιαίτημα και στους πληθυσμούς του *Scyliorhinus canicula* σε αυτή τη θαλάσσια περιοχή να ήταν λιγότερο έντονες.

Η χαμηλή απλοτυπική ποικιλότητα (μόλις 6 απλότυποι ανιχνεύθηκαν σε 233 άτομα), η απουσία ιδιωτικών απλοτύπων (με εξαίρεση τον hap33 που βρέθηκε στο βόρειο Αιγαίο) και η μέτρια αλληλική ποικιλότητα του πληθυσμού από το Αιγαίο, θα μπορούσαν να θεωρηθούν

ενδείξεις της επίδρασης του Πλειστόκαινου σε αυτόν τον πληθυσμό πιθανώς μέσω του φαινομένου της στενωπού (Nei *et al.* 1975). Ωστόσο, ο πληθυσμός του Αιγαίου, ομοίως με τους υπόλοιπους πληθυσμούς, δεν έδειξε σημαντικό πλεόνασμα ετεροζυγωτίας και επομένως αποκλείστηκε το ενδεχόμενο διέλευσής του από στενωπό. Βέβαια, δεν αποκλείεται, η μείωση του δραστικού μεγέθους του πληθυσμού να πραγματοποιήθηκε σταδιακά και όχι απότομα, οδηγώντας σε σημαντική απώλεια απλοτύπων και αλληλομόρφων ή και το ενδεχόμενο η στενωπός να έγινε αρκετά παλαιότερα και όχι πρόσφατα (Luikart & Cornuet 1998). Η πιο ασφαλής μέθοδος για τον έλεγχο στενωπών αποτελεί η σύγκριση της γενετικής ποικιλότητας μεταξύ «ιστορικών» (π.χ. παλαιοντολογικών) δειγμάτων ατόμων από πληθυσμούς που έζησαν πριν από την πιθανή δράση της στενωπού και πρόσφατα συλλεχθέντων ατόμων (Ólafsdóttir *et al.* 2014). Παρ' όλα αυτά, η εφαρμογή της είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη, λόγω της αδυναμίας συλλογής ιστορικών δειγμάτων.

Στη δυτική Μεσόγειο, η πληθυσμιακή εξάπλωση του είδους με την επακόλουθη αύξηση της απλοτυπικής ποικιλότητας (19 απλότυποι ανιχνεύθηκαν σε 101 άτομα) θα μπορούσε να αποδοθεί στο λιγότερο «κατακερματισμένο» περιβάλλον που πιθανώς επηρεάστηκε λιγότερο από τις παγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου και/ή στη θαλάσσια επικοινωνία με τον Ατλαντικό. Ο Ατλαντικός πιθανώς λειτούργησε είτε ως νέα περιοχή αποικισμού κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους ή ως καταφύγιο κατά τις παγετώδεις περιόδους. Μάλιστα, η υψηλή απλοτυπική ποικιλότητα που βρέθηκε στον Ατλαντικό θα μπορούσε να αποδοθεί στην παρουσία ενός Πλειστοκαινικού καταφυγίου στις ακτές της Ιβηρικής Χερσονήσου, όπως διαπιστώθηκε στη ράγια *Raja clavata* (Chevolot *et al.* 2006). Ωστόσο, περισσότερα δείγματα χρειάζονται για τον έλεγχο αυτής της υπόθεσης.

Squalus blainville

Η δημογραφική ιστορία του είδους μελετήθηκε λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των πληθυσμιακών δειγμάτων, εξαιτίας της απουσίας γενετικής δομής. Βάσει όλων των δημογραφικών δεικτών D , F_s και r , και της δοκιμασίας κατανομής αναντιστοιχίας (mismatch distribution), το συνολικό πληθυσμιακό δείγμα εμφάνισε το πρότυπο της πληθυσμιακής εξάπλωσης, το οποίο τοποθετήθηκε χρονολογικά κατά προσέγγιση στο Μέσο Πλειστόκαινο, με βάση αφενός τη δοκιμασία κατανομής αναντιστοιχίας (757 ky BP) αφετέρου την Μπεϋζιανή ανάλυση «Skyline» (986 ky BP). Το γεγονός αυτό ενίσχυσε τη γενική άποψη που υποστηρίζει ότι τα σύγχρονα φυλογεωγραφικά πρότυπα των ειδών του βόρειου ημισφαιρίου καθορίστηκαν από τις κλιματικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν κατά τις παγετώδεις-μεσοπαγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου (Hewitt 2000).

7.4.5 Διαχειριστικές προτάσεις

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του μιτοχονδριακού DNA και των μικροδορυφορικών τόπων, διαπιστώθηκε ότι το είδος *Scyliorhinus canicula* σχηματίζει διακριτές γενετικές δεξαμενές εντός της Μεσογείου, αν και περισσότερα δείγματα χρειάζονται για τον ακριβή προσδιορισμό του αριθμού και των γεωγραφικών ορίων τους. Τα διαθέσιμα μοριακά δεδομένα υποστηρίζουν την παρουσία τουλάχιστον τεσσάρων γενετικών αποθεμάτων: στις Βαλεαρίδες, στην Αλγερία, στο Ιόνιο και στο Αιγαίο Πέλαγος, τα οποία προτείνεται να ληφθούν υπόψη ως ανεξάρτητες διαχειριστικές μονάδες (*sensu* Moritz 1994). Το γεγονός ότι τα βαθιά νερά αποτελούν σημαντικό φραγμό στη γονιδιακή ροή του είδους σε συνδυασμό με την έντονη φιλοπατρική συμπεριφορά του, προτείνεται επίσης να ληφθεί υπόψη στη θέσπιση μέτρων για τη διαχείριση και διατήρηση των αποθεμάτων του είδους, καθώς οι πληθυσμοί σε ημίκλειστες περιοχές, όπως το Αιγαίο, αναμένεται να παρουσιάσουν μικρότερη ικανότητα ανάκαμψης έπειτα από την υπεραλίευσή τους.

Από την άλλη μεριά η απουσία γενετικής δομής, βάσει τόσο του μιτοχονδριακού όσο και του μικροδορυφορικού DNA, στην περίπτωση του είδους *Squalus blainville* δεν σημαίνει απαραίτητα ότι οι φυσικοί γεωγραφικοί πληθυσμοί του πρέπει να αποτελέσουν μια ενιαία διαχειριστική μονάδα για δύο λόγους. Πρώτον, πληθυσμιακή δομή μπορεί να υπάρχει, αλλά η ανάλυση μόλις έξι μικροδορυφορικών τόπων δεν ήταν επαρκής για την ανίχνευσή της. Δεύτερον, ορισμένα είδη, ενώ μπορεί να διαχωρίζονται σε πληθυσμούς που παρουσιάζουν αναπαραγωγική ακεραιότητα και ανταποκρίνονται με διαφορετικό τρόπο στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες, συνιστούν μια ενιαία γενετική δεξαμενή, εξαιτίας της διαπληθυσμιακής γονιδιακής ροής που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία γενετικής ομοιογένειας (Pawson & Ellis 2005). Εξάλλου, στο πλαίσιο του ολιστικού προσδιορισμού των ιχθυαποθεμάτων θεωρείται απαραίτητη η συνδυασμένη χρήση των μοριακών εργαλείων με άλλες μεθόδους, όπως τη μελέτη της διαπληθυσμιακής ετερογένειας ως προς τα βιολογικά χαρακτηριστικά, τη χωρική ποικιλότητα φυσικών δεικτών και την επανασύλληψη χημικά ή τεχνητά μαρκαρισμένων ατόμων (Begg & Waldman 1999).

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα μπορούσαν να αποτελέσουν αφενός σημαντική επιστημονική βάση για την περαιτέρω διερεύνηση της γενετικής ποικιλότητας των καρχαριών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* σε ευρύτερη γεωγραφική κλίμακα αφετέρου σημείο αναφοράς για τη μελλοντική χρονική παρακολούθηση των αποθεμάτων τους σε σχέση με ενδεχόμενες πληθυσμιακές μεταβολές λόγω αλιευτικής πίεσης, κλιματικών αλλαγών ή άλλων αλλαγών στο οικοσύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Βαρέα μέταλλα



Δειγματοληψία στον Ευβοϊκό κόλπο (Μάρτιος 2010)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΑΓΙΟΣ ΦΑΝΟΥΡΙΟΣ»
(Φωτο. Β Κουστένη)

8.1 Εισαγωγή

Σημαντική τάση βιοσυσσώρευσης τόσο ανόργανων όσο και οργανικών ρύπων έχει παρατηρηθεί σε αρκετά είδη Χονδριχθύων (Gelsleichter & Walker 2010). Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην κορυφαία θέση που κατέχουν στα τροφικά πλέγματα, στην αργή αύξηση, στο χαμηλό μεταβολικό ρυθμό και στη μεγάλη διάρκεια ζωής τους (Hueter *et al.* 1995, Van der Oost *et al.* 2003, Endo *et al.* 2008). Τα ενδογενή χαρακτηριστικά των Χονδριχθύων (Worm *et al.* 2013) σε συνδυασμό με την τάση που έχουν οι χημικοί ρύποι να αυξάνουν τη συγκέντρωσή τους στους βιολογικούς ιστούς σε σχέση είτε με το περιβάλλον μέσο (βιοσυσσώρευση) ή με την αύξηση των τροφικών επιπέδων (βιομεγέθυνση) (Sweet & Zelikoff 2001), συχνά οδηγούν αρκετούς ρύπους σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις σε αυτήν την ομάδα οργανισμών (Gelsleichter & Walker 2010). Ιδιαίτερα στην περίπτωση των Χονδριχθύων, οι οποίοι έχουν υψηλό τροφικό επίπεδο (Cortés 1999), και μάλιστα παρόμοιο με εκείνο των θαλάσσιων θηλαστικών (Pauly *et al.* 1998b), το φαινόμενο της βιομεγέθυνσης είναι ιδιαίτερα έντονο (Domí *et al.* 2005). Επίσης, η χρήση των παράκτιων περιοχών για την αναπαραγωγή και/ή την ανατροφή των νεογέννητων ορισμένων ειδών, καθώς και οι εκτενείς μεταναστεύσεις άλλων πελαγικών ειδών αυξάνουν την έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που ενώ απαγορεύτηκαν στις ανεπτυγμένες χώρες, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται στις αναπτυσσόμενες (Gelsleichter & Walker 2010).

Φαίνεται ότι οι χημικοί ρύποι αποτελούν σημαντική απειλή για τους Χονδριχθύς, και πιθανώς σε μεγαλύτερο βαθμό για τα είδη που έχουν υπεραλιευθεί ή έχουν υποστεί υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων τους. Συχνά, μάλιστα, οι συγκεντρώσεις τους υπερβαίνουν τόσο τα κατώτερα όρια πέρα από τα οποία εμφανίζονται τοξικά συμπτώματα στους Οστεϊχθύς (Adams *et al.* 2010) όσο και τα ασφαλή επίπεδα, θεσπισμένα από διεθνείς οργανισμούς, που επιτρέπουν την κατανάλωσή τους (Turoczy *et al.* 2000, Davis *et al.* 2002). Ως συνέπεια, η συσσώρευση των ρύπων στους Χονδριχθύς θέτει περαιτέρω σε κίνδυνο τις κοινωνίες που καταναλώνουν προϊόντα προερχόμενα από αυτούς τους οργανισμούς, δεδομένου ότι αρκετοί ρύποι απορροφώνται εύκολα από τον ανθρώπινο οργανισμό και διαπερνούν ακόμα και τον πλακούντα επηρεάζοντας την εμβρυϊκή ανάπτυξη (Gelsleichter & Walker 2010). Αρκετές, εξάλλου, είναι οι μελέτες που επιβεβαίωσαν ότι τα ψάρια αποτελούν την κύρια πηγή έκθεσης του ανθρώπου σε βαρέα μέταλλα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια και οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα (π.χ. Dakeba *et al.* 1993, Cuadrado *et al.* 1995, Alcock *et*

al. 1998). Χαρακτηριστικό παράδειγμα μαζικής δηλητηρίασης από την κατανάλωση ψαριών με υψηλό τοξικό φορτίο είναι η περίπτωση της ιαπωνικής παραθαλάσσιας πόλης Minamata, όπου στα μέσα της δεκαετίας του '50 καταγράφηκαν χιλιάδες περιστατικά οξείας προσβολής από μεθυλδράργυρο (Thurman & Trujillo 2002) και περισσότεροι από εκατό θάνατοι ανθρώπων (Clevenger *et al.* 1997). Το γεγονός αυτό αποτέλεσε μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές καταστροφές των νεότερων χρόνων (Κουϊμτζής *κ.α.* 1998) και ταυτόχρονα την κυριότερη αφορμή για την παγκόσμια επαγρύπνηση σχετικά με τα επίπεδα των τοξικών ουσιών στα ψάρια (Ruelas-Inzunza & Páez-Osuna 2005).

8.1.1 Βαρέα μέταλλα: γενικά στοιχεία–είσοδος στο θαλάσσιο περιβάλλον

Τα βαρέα μέταλλα, γνωστά και ως ιχνημέταλλα, περιλαμβάνουν μια μεγάλη ομάδα στοιχείων, μετάλλων και μεταλλοειδών, με πυκνότητα μεγαλύτερη από 6 g/cm³ (Alloway 1995). Σύμφωνα με τους Saxena και Misra (2010) τα βαρέα μέταλλα φτάνουν περίπου τα 65 σε αριθμό. Αν και ο όρος χρησιμοποιείται ευρέως για τα στοιχεία που σχετίζονται με θέματα ρύπανσης του περιβάλλοντος και τοξικής δράσης στα βιολογικά συστήματα (Alloway 1995), οδηγώντας συχνά σε παρερμηνείες (Duffus 2002, Hodson 2004), τα βαρέα μέταλλα αποτελούν μια σημαντική κατηγορία στοιχείων από άποψη όχι μόνο τοξικότητας αλλά και βιολογικής χρησιμότητας (Bhat & Khan 2011).

Για παράδειγμα, το βόριο (B) για τους φυτικούς οργανισμούς, το κοβάλτιο (Co) και το σελήνιο (Se) για τους ζωικούς οργανισμούς, ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), το μολυβδαίνιο (Mo), το νικέλιο (Ni), ο σίδηρος (Fe) και ο ψευδάργυρος (Zn) τόσο για τους φυτικούς όσο και για τους ζωικούς οργανισμούς, είναι απαραίτητα στοιχεία για την ομαλή ανάπτυξη και επιβίωσή τους. Καθώς συμμετέχουν σε διάφορες φυσιολογικές διεργασίες, σε έλλειψή τους προκαλούνται μεταβολικές διαταραχές, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις δρουν τοξικά (Alloway 1995). Αξίζει να σημειωθεί ότι από τα 30 απαραίτητα στοιχεία για τη ζωή, 17 είναι μέταλλα και 4 μεταλλοειδή (Cotton & Wilkinson 1988). Αντίθετα, τα μη απαραίτητα μέταλλα, όπως το αρσενικό (As), το βάριο (Ba), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg), ο μόλυβδος (Pb), το πλουτώνιο (Pu), το αντιμόνιο (Sb), το θάλιο (Tl), το θόριο (Th) και το ουράνιο (U), δεν έχουν κάποια γνωστή βιολογική λειτουργία. Συνεπώς, η έλλειψή τους δεν προκαλεί καμία διαταραχή, αλλά όταν υπερβούν τα ανεκτά από τους οργανισμούς όρια, προκαλούν τοξικότητα (Alloway 1995). Συνεπώς, ο όρος «βαρέα μέταλλα» περιλαμβάνει τόσο απαραίτητα όσο και μη απαραίτητα στοιχεία, τα οποία μπορούν να δράσουν τοξικά ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους στους ιστούς (Bhat & Khan 2011).

Σε αντίθεση με τους οργανικούς ρύπους, τα βαρέα μέταλλα υπάρχουν φυσικά στο περιβάλλον. Η εισόδός τους στο θαλάσσιο οικοσύστημα γίνεται μέσω φυσικών διεργασιών, όπως είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η αποσάθρωση και η διάβρωση των εδαφών, οι ποτάμιες απορροές και οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, ενώ εντείνεται από πληθώρα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, οι οποίες αυξάνουν τη διακίνησή τους μεταξύ της ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας, της λιθόσφαιρας και της βιόσφαιρας. Τελικά, με μια σειρά πολύπλοκων διεργασιών εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα, φτάνοντας έως τον άνθρωπο (Alloway 1995).

Ακολούθως, δίνονται συνοπτικά, για κάθε διερευνώμενο στοιχείο, πληροφορίες σχετικά με τις πηγές προέλευσης, τις κυριότερες χρήσεις, τη σημασία από άποψη χρησιμότητας ή τοξικότητας στους οργανισμούς, με έμφαση στα ψάρια, καθώς και τους βασικούς μηχανισμούς αντιστάθμισης της τοξικής τους δράσης.

8.1.2 Στοιχεία για τα διερευνώμενα βαρέα μέταλλα

Υδράργυρος (Hg)

Είναι ισχυρά χαλκόφιλος και αποτελεί το μοναδικό μεταλλικό στοιχείο που παραμένει υγρό σε θερμοκρασία δωματίου. Με διάφορα μέταλλα σχηματίζει κράματα, γνωστά ως αμαγάλματα (Cox 1995). Ως υγρό στοιχείο με υψηλή θερμική αγωγιμότητα, χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 3.000 βιομηχανικές εφαρμογές (Clevenger *et al.* 1997), όπως η εξόρυξη του χρυσού και άλλων πολύτιμων μετάλλων, η κατασκευή θερμομέτρων, βαρόμετρων, ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και πλαστικών, η παραγωγή χρωμάτων και χαρτοπολτού, και η παρασκευή οδοντιατρικών αμαλγαμάτων και φαρμάκων (Cox 1995, USEPA 1999).

Είναι ένα σπάνιο στοιχείο του φλοιού της γης, όπου απαντά κυρίως με τη μορφή του θειούχου άλατος της κιννάβαρης (HgS). Τα ορυκτά του εντοπίζονται κυρίως στη Μεσογειακή-Ιμαλαϊκή ζώνη και τη ζώνη του Ειρηνικού. Μάλιστα, το 65% των παγκόσμιων ορυκτών του εντοπίζεται στη Μεσόγειο, αν και αυτή η λεκάνη καταλαμβάνει μόλις το 1% της επιφάνειας της γης (UNEP/FAO/WHO 1987). Η ατμοσφαιρική κατακρήμιση αιωρούμενων σωματιδίων αποτελεί το κύριο μονοπάτι εισόδου του Hg στους ωκεανούς. Εξαιρέση αποτελούν οι ημίκλειστες λεκάνες, όπως η Μεσόγειος, όπου οι ποτάμιες απορροές και η διάβρωση των παράκτιων εδαφών ευθύνονται περίπου για το 50% των εισροών Hg (UNEP 2013). Για τους λόγους αυτούς, η Μεσόγειος είναι η πιο πλούσια φυσική δεξαμενή Hg, όπου επίσης βιομεγεθύνεται μέσω των βενθικών τροφικών δικτύων (Bacci 1989).

Εκτός από την ηφαιστειακή δραστηριότητα, η μεθυλίωση αποτελεί μια ακόμα φυσική διεργασία που αυξάνει τη διακίνηση του Hg στο περιβάλλον (Cox 1995). Η μεθυλίωση επιτελείται σε ιζήματα και νερά υποξικών συνθηκών από βακτήρια που μετατρέπουν τον ανόργανο Hg στην πιο τοξική του οργανική μορφή, το μονομεθυλυδράργυρο (CH_3Hg^+ ή mmHg) (Bloom 1992, Benoit *et al.* 2003). Η ισχυρή τοξικότητα του mmHg οφείλεται στην υψηλή διαπερατότητά του μέσω των κυτταρικών μεμβρανών και στον υψηλό βαθμό συγγενείας του με τις σουλφυδρυλομάδες ($-\text{SH}$) των πρωτεϊνών (Thompson *et al.* 1990). Ως αποτέλεσμα, ο mmHg προσλαμβάνεται ταχύτατα από τους θαλάσσιους οργανισμούς και βιοσυσσωρεύεται με την αύξηση της ηλικίας (Boudou & Ribeyre 1997). Επίσης, οι αργοί μηχανισμοί απομάκρυνσής του προκαλούν τη βιομεγένθυσή του μέσω των τροφικών επιπέδων (Boudou & Ribeyre 1997). Με τον τρόπο αυτό ο mmHg, ενώ συνιστά λιγότερο από το 10% του ολικού Hg στο νερό (Cossa & Coquery 2005), φτάνει σε ποσοστά >90–95% στους ανώτερους θηρευτές (Grieb *et al.* 1990, Bloom 1992).

Τα ψάρια προσλαμβάνουν Hg κυρίως μέσω της διατροφής (Hall *et al.* 1997). Ανάλογα με το βαθμό έκθεσης παρουσιάζουν ποικίλα συμπτώματα, όπως βλάβη του αναπαραγωγικού συστήματος, αργή αύξηση, καρδιοαναπνευστικά προβλήματα, νευρολογικές διαταραχές (απώλεια ισορροπίας, μείωση κολυμβητικής ικανότητας, απώλεια όρασης κ.λπ.), σκελετικές και κρανιακές δυσμορφίες, τερατογενέσεις και θάνατο (Heisinger & Green 1975, Armstrong 1979, Weis *et al.* 1981, Wiener & Spry 1996, Smith & Weis 1997, Sweet & Zelikoff 2001). Ο Hg μπορεί να εκτοπίσει άλλα απαραίτητα μέταλλα, όπως τον Zn, ειδικά από τις περιοχές δέσμευσης πρωτεϊνών που περιέχουν κυστεΐνη, αδρανοποιώντας τις πρωτεΐνες που χρειάζονται Zn (Fraústo da Silva & Williams 2001). Καθώς, επίσης, δεν συμμετέχει σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, αντιδρά με τις ομάδες $-\text{SH}$ των αντιοξειδωτικών ενζύμων, αναστέλλοντας τη δράση τους και επάγοντας το οξειδωτικό στρες (Stohs & Bagchi 1995).

Η αντιστάθμιση της τοξικότητας του Hg γίνεται μέσω της δέσμευσής του από τις μεταλλοθειονίνες (Sweet & Zelikoff 2001). Οι μεταλλοθειονίνες είναι πρωτεΐνες χαμηλού μοριακού βάρους, πλούσιες σε κυστεΐνη που περιέχουν θείο, χωρίς αρωματικά ή ετεροκυκλικά αμινοξέα ή ιστιδίνες (Nordberg 1998). Έχουν περιγραφεί ως φυσικά συστατικά των ιστών των ψαριών, συμπεριλαμβανομένων και των Χονδριχθύων (Bonwick *et al.* 1990, Cho *et al.* 2005, Company *et al.* 2010). Οι κύριες λειτουργίες τους περιλαμβάνουν τη ρύθμιση του μεταβολισμού των απαραίτητων μετάλλων, την πρόσδεση των τοξικών μετάλλων με σκοπό την αποτοξίνωση, καθώς και την προστασία έναντι του οξειδωτικού στρες (Cosson *et al.* 1991, Bauman *et al.* 1993, Viarengo *et al.* 2000, Baird *et al.* 2006). Ένας ακόμα μηχανισμός μείωσης της τοξικότητας του Hg περιλαμβάνει την αντίδρασή του με το

Se και έχει παρατηρηθεί τόσο σε Οστεϊχθός (Ganther *et al.* 1972, Ohi *et al.* 1976) όσο και σε Χονδριχθός (Storelli & Marcotrigianno 2002, Branco *et al.* 2007, Escobar-Sánchez *et al.* 2011). Η ενεργοποίηση των αντιοξειδωτικών ενζύμων, καθώς και οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής ή υδρόλυσης αποτελούν επιπλέον τρόπους απομάκρυνσης των βαρέων μετάλλων (Lushchak 2011). Επίσης, στους Χονδριχθός, η ουρία και το οξείδιο της τριμεθυλαμίνης δρουν ως αντιοξειδωτικοί παράγοντες, δεσμεύοντας και απομακρύνοντας τις υπεροξυλικές ρίζες από τον οργανισμό (Gorbi *et al.* 2004). Τέλος, τα παράσιτα μπορούν να λειτουργήσουν ως φίλτρα των τοξικών μετάλλων τόσο σε Οστεϊχθός (Sures & Taraschewski 1999) όσο και σε Χονδριχθός (Malek *et al.* 2007).

Κάδμιο (Cd)

Είναι ένα ισχυρά χαλκόφιλο στοιχείο που απαντά σπάνια στο φυσικό περιβάλλον, συνήθως σε συνδυασμό με το θείο. Εντοπίζεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, κυρίως σε ορυκτά Zn από τα οποία παραλαμβάνεται ως παραπροϊόν (Cox 1995). Στα επιφανειακά εδάφη η συγκέντρωσή του έχει αυξηθεί, εξαιτίας της χρήσης του σε εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα και λιπάσματα (Kumar & Singh 2010). Χρησιμοποιείται, σε επιμεταλώσεις, στη βιομηχανία αυτοκινήτων, σε μπαταρίες και χρώματα (Cox 1995, Kumar & Singh 2010). Καθώς η κυριότερη ανθρωπογενής πηγή του είναι η επεξεργασία ορυκτών για την παραλαβή Zn και άλλων χαλκόφιλων μετάλλων, απαντά σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα σε ποτάμια και εκβολές κοντά σε κέντρα εξόρυξης (Cox 1995). Η ηφαιστειακή δραστηριότητα συνεισφέρει περίπου κατά 62% στις φυσικές εκπομπές του Cd, ενώ άλλες φυσικές πηγές του είναι η αποσύνθεση της βλάστησης (25%), τα αιωρούμενα σωματίδια (12%) και οι δασικές πυρκαγιές (2%) (Kumar & Singh 2010). Συνολικά, το 10% του Cd στο περιβάλλον προέρχεται από φυσικές διεργασίες και το 90% από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Okada *et al.* 1997).

Το Cd προσλαμβάνεται από τα ψάρια μέσω των βραγχίων (αναπνευστική οδός), του εντέρου (πεπτική οδός) και του δέρματος (διαδερμική απορρόφηση). Ενδοκυτταρικά αλληλεπιδρά με τα ένζυμα προκαλώντας τοξικότητα και με τις μεταλλοθειονίνες (Kumar & Singh 2010), οι οποίες προσδένοντας μέχρι επτά άτομα Cd ανά μόριο, αντισταθμίζουν την τοξικότητά του (Duncan *et al.* 2006b). Στα ψάρια ένας ακόμα μηχανισμός μείωσης της τοξικότητας του Cd, όπως και άλλων μετάλλων, περιλαμβάνει τη δράση της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης, ενός ισχυρού αντιοξειδωτικού παράγοντα (Martínez-Álvarez *et al.* 2005).

Αν και η απορρόφηση του Cd από το βραγχιακό επιθήλιο επάγει τη σύνθεση των μεταλλοθειονινών, τα βράγχια δεν συμβάλλουν σημαντικά στην αποτοξίνωση από το στοιχείο αυτό (Olsson & Hogstrand 1987). Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην ανταγωνιστική

σχέση μεταξύ των ιόντων Cd και Ca για τις ίδιες θέσεις πρόσδεσης στα βράγχια (Flick *et al.* 1987). Αντίθετα, το ήπαρ αποθηκεύει σημαντικό μέρος του Cd (Sumet & Blust 2001), ενώ ο νεφρός αποτελεί το κύριο όργανο-στόχο του (Olsson & Hogstrand 1987). Σε περιπτώσεις υψηλής έκθεσης των ψαριών σε Cd, οι μεταλλοθειονίνες αδυνατούν να δεσμεύσουν όλα τα διαθέσιμα ιόντα του και εμφανίζονται συμπτώματα τοξικότητας, όπως δομικές και λειτουργικές βλάβες σε ζωτικά όργανα, εξασθένιση της άμυνας, επαγωγή οξειδωτικού στρες (Kumar & Singh 2010 και αναφορές εντός), διατάραξη του ενδοκρινικού συστήματος (Garcia-Santos *et al.* 2013, Sassi *et al.* 2013), απόπτωση των γεννητικών κυττάρων και σπερματοκτόνος δράση (McClusky *et al.* 1996, Migliarini *et al.* 2005), δυσμορφίες και τερατογενέσεις κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη, πρόωμη ή καθυστερημένη εκκόλαψη αυγών και καρδιοαναπνευστικά προβλήματα (Jezierska *et al.* 2009).

Το Cd ανταγωνίζεται με αρκετά απαραίτητα μέταλλα (π.χ. Ca, Cu, Fe και Zn), παρεμβαίνοντας στο μεταβολισμό τους (Cox 1995). Πειράματα σε Οστεϊχθύς έδειξαν ότι τα ιόντα Cd μιμούνται σε κάποιο βαθμό τα ιόντα Ca (Baldisserotto *et al.* 2004), αντικαθιστώντας το Ca στα οστά και σε πρωτεΐνες που φυσιολογικά δεσμεύουν Ca (π.χ. στην καλμοντουλίνη, η οποία ρυθμίζει το διαθέσιμο Ca και επηρεάζει ευρύ φάσμα κυτταρικών λειτουργιών) (Behra 1993). Το Cd διαταράσσει την πρόσληψη του Ca από τους Οστεϊχθύς μέσω της αναστολής της δραστηριότητας της Ca-ATPάσης (Reddy *et al.* 1988, Wong & Wong 2000), και συνεπώς μειώνει τα επίπεδά του (Verbost *et al.* 1989). Επίσης, ενώνεται με τις ομάδες -SH της κυστεΐνης και της γλουταθειόνης, αναστέλλοντας τη λειτουργία αρκετών βιομορίων (Jezierska *et al.* 2009). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον εκτοπισμό και την αύξηση της διαθεσιμότητας των μετάλλων που συμμετέχουν σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής (π.χ. Cu και Fe), επάγει το οξειδωτικό στρες (Ercal *et al.* 2001).

Χαλκός (Cu)

Είναι σιδηρόφιλο στοιχείο. Εμφανίζει μεγαλύτερη αφθονία στον πυρήνα της γης και μέση αφθονία στο φλοιό, όπου απαντά κυρίως σε συνδυασμό με το θείο σε ορυκτά, όπως ο χαλκοπυρίτης (CuFeS₂). Η οξείδωση των επιφανειακών ορυκτών οδηγεί στην απελευθέρωσή του. Απαντά επίσης σε ανθρακικά και άλλα οξείδια, ενώ ένα μέρος του βρίσκεται και σε μεταλλική μορφή (Cox 1995). Οι κύριες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που συμβάλλουν στη ρύπανση από Cu είναι η εξόρυξη μεταλλευμάτων, η παραγωγή μπρούτζου, οι επιμεταλλώσεις και η εκτεταμένη χρήση γεωργικών φαρμάκων (Alloway 1995).

Ο Cu είναι μικροθρεπτικό στοιχείο, απαραίτητο για τη ζωή και αποτελεί συστατικό πολλών ενζύμων και άλλων πρωτεϊνών. Στα αρθρόποδα, η αιμοκυανίνη, μια πρωτεΐνη που

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

περιέχει Cu, χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του οξυγόνου, δηλαδή έχει τον ίδιο ρόλο με την αιμογλοβίνη που περιέχει Fe και μεταφέρει οξυγόνο στα σπονδυλωτά. Ο Cu, ομοίως με το Fe, αποτελεί συστατικό ενζύμων που καταλύουν αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, ενώ σε αντίθεση με αυτόν χρησιμοποιείται κυρίως εξωκυτταρικά. Τα ένζυμα που φέρουν Cu καταλύουν επίσης σημαντικές αντιδράσεις για την ανάπτυξη του συνδετικού ιστού. Σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις Cu, οι μεταλλοθειονίνες δεσμεύουν τα ιόντα του και μειώνουν την τοξικότητά του (Cox 1995). Κάθε μόριο μεταλλοθειονίνης μπορεί να προσδέσει έως και 10 άτομα Cu (Nielson & Winge 1985). Πειράματα σε Οστεϊχθύς έδειξαν ότι και το Ca μειώνει την τοξική του δράση (Abdel-Tawwab *et al.* 2007).

Στους Οστεϊχθύς, ο Cu σε υψηλές συγκεντρώσεις διαταράσσει τη φυσιολογική εμβρυϊκή ανάπτυξη (Jeziarska *et al.* 2009), οδηγώντας ακόμα και σε θάνατο (Ługowska 2005), μειώνει τη γονιμότητα (Jeziarska *et al.* 1995), παρεμποδίζει την εκκόλαψη των αυγών (Dave & Xiu 1991), και επάγει το οξειδωτικό στρες μέσω είτε της παραγωγής ελεύθερων ριζών (Gravato *et al.* 2006) ή της αναστολής της δράσης της γλουταθειόνης (Sanchez *et al.* 2005). Επίσης, επηρεάζει τη δραστηριότητα της Na/K-ATPάσης, διαταράσσοντας την κυτταρική ωσμωρύθμιση (Pelgrom *et al.* 1995, Sloman 2003, Grosell *et al.* 2004).

Σίδηρος (Fe)

Είναι το πιο άφθονο στοιχείο της γης και συνιστά το 30% της συνολικής της μάζας. Αποτελεί περισσότερο από το 80% του πυρήνα και είναι το τέταρτο αφθονότερο στοιχείο του φλοιού. Εμφανίζει ενδιάμεσες λιθόφιλες και χαλκόφιλες ιδιότητες με συχνή παρουσία σε θειούχα ορυκτά, όπως ο σιδηροπυρίτης (FeS_2), και σε οξείδια, όπως ο αιματίτης (Fe_2O_3). Στο φλοιό απαντά κυρίως ως Fe^{2+} , αλλά στην επιφάνεια της γης οξειδώνεται γρήγορα προς Fe^{3+} . Στην τελευταία μορφή εμφανίζει μικρή διαλυτότητα. Στις παράκτιες περιοχές προέρχεται από ιζηματογενείς αποθέσεις, ενώ στον ανοιχτό ωκεανό από ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (Cox 1995). Σημαντική πηγή ρύπανσης των θαλασσών από Fe αποτελεί η διάθεση της ερυθράς ύλης από τη βιομηχανία παραγωγής αλουμίνας από βωξίτη. Το κόκκινο χρώμα της ύλης οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητά της σε οξείδια του Fe, φτάνοντας μέχρι και 60% (Schmitz 2006). Εκτιμάται ότι η παγκόσμια παραγωγή ερυθράς ύλης είναι 70–120 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι το χρόνο (Renforth *et al.* 2012).

Τα τρισθενή οξείδια του Fe είναι έγχρωμα και το χρώμα τους ποικίλλει από κίτρινο έως καφέ, ενώ τα μείγματα των δισθενών και τρισθενών οξειδίων του είναι σχεδόν μαύρα. Για το λόγο αυτό, τα σιδηρούχα ορυκτά έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως πηγές χρωστικών και σμάλτων κεραμικής. Ορισμένα σιδηρούχα ορυκτά αποτελούν σημαντικές πηγές άλλων

μετάλλων, όπως ο χαλκοπυρίτης για το χαλκό, ο ιλμενίτης για το τιτάνιο, και ο χρωμίτης για το χρώμιο (Cox 1995). Ο σιδηροπυρίτης αποτελεί το πιο κοινό συστατικό των θειούχων μεταλλευμάτων και χρησιμοποιείται για την παραγωγή του διοξειδίου του θείου με εφαρμογές στη βιομηχανία χάρτου και στην παρασκευή του θειικού οξέος (Liu *et al.* 2014).

Ο Fe είναι ένα απαραίτητο στοιχείο που συμμετέχει σε πολλές φυσιολογικές λειτουργίες. Στα βιολογικά συστήματα απαντά σε τρεις οξειδωτικές καταστάσεις (II, III και IV). Το μεγαλύτερο μέρος του προσδένεται στην αιμογλοβίνη, στην τρανσφερίνη και στη φεριτίνη, καθώς και σε διάφορα ένζυμα (Valko *et al.* 2005). Σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί τοξικότητα, γεγονός που αποδίδεται στην ικανότητά του να καταλύει το σχηματισμό ελεύθερων ριζών (Stohs & Bagchi 1995). Μέταλλα που συμμετέχουν σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, όπως ο Fe και ο Cu, παράγουν επιβλαβείς δραστικές μορφές οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) και επάγουν το οξειδωτικό στρες (Stohs & Bagchi 1995), εφόσον διαταραχθεί η ισορροπία μεταξύ της παραγωγής ROS και των αντιοξειδωτικών μηχανισμών (Nishida 2011). Ένας ακόμα μηχανισμός παραγωγής ελεύθερων ριζών είναι η αντίδραση Fenton, κατά την οποία ο δισθενής Fe οξειδώνεται από το υπεροξείδιο του υδρογόνου και προκύπτει ο τρισθενής Fe, μία ελεύθερη υδροξυλική ρίζα και ένα υδροξυλικό ανιόν (Valko *et al.* 2005). Ο χαλκός, το χρώμιο, το βανάδιο, το τιτάνιο και το κοβάλτιο συμμετέχουν επίσης στην αντίδραση Fenton (Lushchak 2011). Οι δηλητηριώδεις επιπτώσεις του Fe σε Οστεϊχθύς περιλαμβάνουν την υπεροξείδωση των λιπιδίων (Baker *et al.* 1997) και την οξείδωση των πρωτεϊνών (Bagnyukova *et al.* 2006).

Ψευδάργυρος (Zn)

Παρουσιάζει μέτρια αφθονία στο φλοιό της γης. Είναι χαλκόφιλο στοιχείο και απαντά σε θειούχα ορυκτά, κυρίως στο σφαλερίτη (ZnS) από την επεξεργασία του οποίου προκύπτει το Cd ως παραπροϊόν. Η επιφανειακή οξείδωση απελευθερώνει τα ευδιάλυτα ιόντα Zn, τα οποία σχηματίζουν ανθρακικά και πυριτικά ορυκτά. Χρησιμοποιείται σε επιμεταλλώσεις, κράματα, μπαταρίες και σκεπές. Η φυσική του συγκέντρωση στο νερό είναι χαμηλή (Cox 1995).

Ο Zn είναι απαραίτητο στοιχείο για τη φυσιολογική ανάπτυξη των οργανισμών. Λειτουργεί ως συμπράγοντας σε ένζυμα και άλλες πρωτεΐνες. Δεν παρουσιάζει οξειδοαναγωγική δράση, γιατί απαντά σε μία οξειδωτική κατάσταση. Στις πρωτεΐνες συνδέεται με ομάδες που περιέχουν άζωτο ή θείο και υποβοηθά τις αντιδράσεις οξέων-βάσεων. Επίσης, συμμετέχει στη σύνθεση των νουκλεϊκών οξέων και στην υδρόλυση των πολυμερών κατά τη διάρκεια της πέψης (Cox 1995).

Μελέτες σε Οστεϊχθούς έδειξαν ότι ο Zn μέσω της ενεργοποίησης του μεταγραφικού παράγοντα MTF-1 προκαλεί την έκφραση των μεταλλοθειονινών, οι οποίες με τη σειρά τους δεσμεύουν τα ιόντα Cd και άλλων μετάλλων (Di Giulio & Meyer 2008, Hahn & Hestermann 2008). Αυτή η ανταγωνιστική σχέση του Zn με το Cd επιβεβαιώθηκε και στο ήπαρ των Χονδριχθών (Hidalgo *et al.* 1985, Heath, 1995). Επίσης, ο ηπατικός Zn που είναι ήδη συνδεδεμένος με μεταλλοθειονίνες μπορεί να αντικατασταθεί από το Cd, γεγονός που αντισταθμίζει την τοξική δράση του Cd (Nordberg 1998).

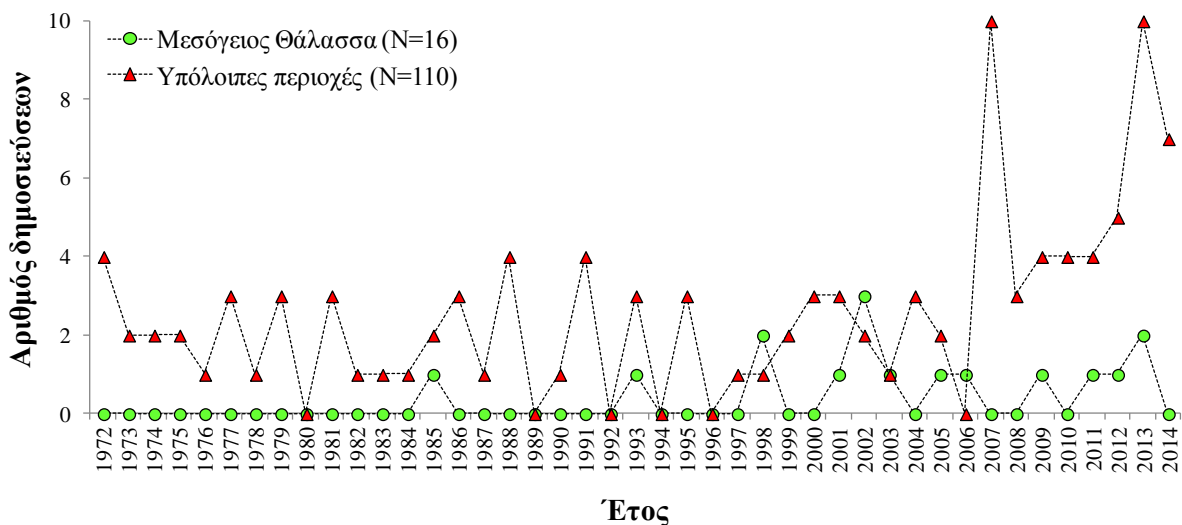
Ο Zn σε συνθήκες περίσσειας προκαλεί τοξικότητα, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό από ό,τι τα υπόλοιπα μέταλλα (Cox 1995). Οστεϊχθούς έπειτα από έκθεση σε Zn, εμφάνισαν αλλοιώσεις του βραγχιακού επιθηλίου (Skidmore & Tovell 1972), ασφυξία (Wong *et al.* 1977), ωσμωρυθμιστικά προβλήματα (Skidmore 1970), παρεμπόδιση της αύξησης και της γεννητικής ωρίμασης, ιστολογικές αλλοιώσεις σε ζωτικά όργανα (Crandall & Goodnight 1963), δυσμορφίες και τερατογενέσεις κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη (Speranza *et al.* 1977), πρόωμη εκκόλαψη αυγών (Brungs 1969) και μείωση της κινητικότητας των σπερματοζώων (Chyb *et al.* 2000). Η χρόνια τοξικότητα από Zn σε Χονδριχθούς εκδηλώθηκε με βλάβες στο ήπαρ, στο πάγκρεας και στο σπλήνα, με το ήπαρ να παρουσιάζει σημαντικά ταχύτερο ρυθμό απορρόφησης του μετάλλου σε σχέση με τα υπόλοιπα όργανα (Flos *et al.* 1979).

8.1.3 Μελέτες οικοτοξικολογίας σε Χονδριχθούς

Η ολοένα και αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με την έκθεση του ανθρώπου σε χημικούς ρύπους μέσω της κατανάλωσης ψαριών (Gelsleichter & Walker 2010) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι Χονδριχθούς αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους αλιευτικούς πόρους (FAO 2014), προώθησε την έρευνα πάνω στην οικοτοξικολογία των Χονδριχθών, προσανατολίζοντάς της κυρίως στον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στον εδώδιμο ιστό τους (Gelsleichter & Walker 2010). Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποκάλυψε τη σταδιακή αύξηση του επιστημονικού ενδιαφέροντος πάνω σε αυτήν τη θεματική (Εικόνα 8.1). Συνολικά, καταγράφηκαν 123 δημοσιευμένες εργασίες που αναφέρονται σε 102 διαφορετικά είδη Χονδριχθών. Από το σύνολό τους, το 58,8% (N=65) αφορά στα επίπεδα διαφόρων μετάλλων στους ιστούς, ενώ το 47,2% (N=58) αφορά αποκλειστικά στο υδραργυρικό περιεχόμενο του μυϊκού ιστού (Πίνακας 8.1). Το αυξανόμενο επιστημονικό ενδιαφέρον σχετικά με τα επίπεδα του Hg στους Χονδριχθούς αποδίδεται στην ισχυρή τοξική δράση του μετάλλου (Boening 2000) και εστιάζεται κυρίως στο μυϊκό ιστό ως

το σύνηθες εδώδιμο τμήμα τους, οπότε είναι σημαντικό να εκτιμηθεί κατά πόσο το μεταλλικό του φορτίο επιτρέπει την ασφαλή κατανάλωση (Company *et al.* 2010).

Λιγότερες μελέτες (N=52) αναφέρονται στα επίπεδα των οργανικών ρύπων στους Χονδριχθύς, από τις οποίες το 76,9% πραγματοποιήθηκε την τελευταία δεκαετία (π.χ. Silva *et al.* 1992, Gelsleichter *et al.* 2005; 2006; 2007; 2008, Strid *et al.* 2007, Zhou *et al.* 2013, Cascaes *et al.* 2014, Corsolini *et al.* 2014) και επτά μελέτες αφορούν στη Μεσόγειο (Storelli & Marcotrigiano 2001, Storelli *et al.* 2003a; b; 2004; 2005a; 2006; 2011a; b). Επίσης, αρκετά πειράματα έχουν διεξαχθεί για τη διερεύνηση της τοξικής δράσης των μετάλλων στους Χονδριχθύς, με το είδος *Scyliorhinus canicula* να κατέχει πρωταγωνιστική θέση (Crespo *et al.* 1979, Flos *et al.* 1979, Jeffrey *et al.* 2006a; b; 2008, Mathews & Fisher 2009, De Boeck *et al.* 2010), πιθανώς λόγω των πλεονεκτημάτων που διαθέτει έναντι άλλων ειδών, τα οποία καθιέρωσαν το είδος ως μοντέλο-καρχαρία (Coolen *et al.* 2009). Τέλος, πειράματα με ραδιενεργά ισότοπα αποκάλυψαν ότι οι Χονδριχθύς είναι περισσότερο επιρρεπείς στη βιοσυσώρευση των βαρέων μετάλλων από ό,τι οι Οστειχθύς, εμφανίζοντας ταχύτερους ρυθμούς απορρόφησής τους (Jeffrey *et al.* 2006a; 2010).



Εικόνα 8.1 Πρόοδος των δημοσιεύσεων σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά που αφορούν στα επίπεδα βαρέων μετάλλων σε Χονδριχθύς από τη Μεσόγειο Θάλασσα (N=16) και από άλλες θαλάσσιες περιοχές: τον Αρκτικό (N=2), τον Ατλαντικό (N=50), και τον Ειρηνικό Ωκεανό (N=30), την Ερυθρά Θάλασσα (N=1), τον Ινδικό Ωκεανό (N=1), τον κόλπο του Μεξικού (N=3), τη Νότια Αφρική (N=3), τον Περσικό κόλπο (N=3) και την Ωκεανία (N=17). Οι εργασίες των Olmedo *et al.* (2013a; b) αναφέρονται τόσο στη Μεσόγειο όσο και στον Ατλαντικό, και η εργασία των McMeans *et al.* (2007) αναφέρεται τόσο στον Ειρηνικό όσο και στον Αρκτικό Ωκεανό, με αποτέλεσμα 16 εργασίες να αφορούν στη Μεσόγειο και 110 στις υπόλοιπες θαλάσσιες περιοχές (βιβλιογραφική ανασκόπηση έως Μάρτιο 2015)

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Πίνακας 8.1 Δημοσιεύσεις που αφορούν στα επίπεδα βαρέων μετάλλων σε Χονδριχθός. Για κάθε μελέτη δίνεται η περιοχή έρευνας, ο αριθμός των εξεταζόμενων ειδών (N), τα μέταλλα που προσδιορίστηκαν και το είδος των εξεταζόμενων ιστών (A, άκανθα; B, βράγχια; Γ¹, γνάθος; Γ², γονάδα; Δ¹, δέρμα; Δ², δόντια; E¹, εγκέφαλος; E², έντερο; EO, επιγοναδικό όργανο; H, ήπαρ; K, καρδιά; Λ, λιπώδης ιστός; M, μυϊκός ιστός; N, νεφρός; O, οφθαλμός; Π¹, πάγκρεας; Π², πτερύγιο; Σ¹, σπλήνας; Σ², ιστός στομάχου; X, χόνδρος; Ω, ωοκύτταρα). Ο αστερίσκος (*) αφορά στις περιπτώσεις όπου δεν ήταν εφικτή η συλλογή πληροφοριών (βιβλιογραφική ανασκόπηση έως Μάρτιο 2015)

	Περιοχή	N	Βαρέα μέταλλα	Ιστός	Αναφορά	
Αρκτικός Ωκεανός	Γροιλανδία	1	Hg, Cd, Pb, Se	Γ ² , Δ ¹ , E ¹ , H, Λ, M, Π ¹ , Σ ¹	Corsolini <i>et al.</i> 2014	
	Καναδάς (Cumberland Sound)	1	Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, Hg, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, Rb, Sb, Se, Sr, Tl, U, V, Zn	H	McMeans <i>et al.</i> 2007	
Ατλαντικός Ωκεανός	Αζόρες, Κανάρια Νησιά	1	Hg	M	Branco <i>et al.</i> 2004	
	Αζόρες, Ισημερινός	1	Hg, Se	H, M	Branco <i>et al.</i> 2007	
	Αργεντινή		1	Hg	M	Marcovecchio <i>et al.</i> 1986
			1	Hg	M	Pérez <i>et al.</i> 1986
			2	Hg, Cd, Zn	M	Marcovecchio <i>et al.</i> 1988a
			2	Hg	M	Marcovecchio <i>et al.</i> 1988b
			3	Hg, Cd, Zn	H, M	Marcovecchio <i>et al.</i> 1991
			2	Hg	M	Scapini <i>et al.</i> 1993
	ΒΔ Ατλαντικός		4	Hg	M	Cumont <i>et al.</i> 1972
			1	Hg	M	Windom 1972
	Βόρεια Θάλασσα		1	Hg	M	Greig <i>et al.</i> 1977
			1	Hg	M	Krüger <i>et al.</i> 1975
			*	Hg	M	Krüger & Nieper 1978
	Βραζιλία		*	Hg	M	Guns <i>et al.</i> 1985
			1	Hg	M	De Pinho 1998
			6	Hg	M	Morales-Aizpurúa <i>et al.</i> 1999
			3	Hg	M	Lacerda <i>et al.</i> 2000
			5	Hg	M	De Pinho <i>et al.</i> 2002
			1	Hg	M	Ferreira <i>et al.</i> 2004
			3	Hg	M	Mársico <i>et al.</i> 2007
			1	Hg	M	Dias <i>et al.</i> 2008
			1	Hg	M	De Carvalho <i>et al.</i> 2014
		Ιρλανδική Θάλασσα		1	Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	B, Γ ² , Δ ¹ , H, K, M, N, Σ ¹ , X	Vas 1987
			1	Hg	M	Leah <i>et al.</i> 1991a; b
	Ισημερινός	1	Hg	M	Ferreira <i>et al.</i> 2004	
	Κανάρια Νησιά	1	Cd, Pb	H, Δ ¹ , M	Lozano <i>et al.</i> 2009	
	Κέλτικη Θάλασσα		5	Cd, Cu, Fe, Hg, Se, Zn	M, N	Domí <i>et al.</i> 2005
		1	Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn	H	Bendal <i>et al.</i> 2014	
Κορνουάλλη	2	Cu, Cd, Pb, Zn	Γ ² , EO, H, M	Stevens & Brown 1974		
Μεσο-οκεάνια ράχη (Αζόρες)	3	Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni	B, H, M	Company <i>et al.</i> 2010		
Νέα Αγγλία	4	Hg	M	Taylor <i>et al.</i> 2014		
New Jersey	1	Hg, Se	M	Burger <i>et al.</i> 2011		
Νορβηγική Θάλασσα	1	Hg	M	D' Aubert <i>et al.</i> 1975		
Πορτογαλία		1	Hg	B, H, K, M, Π ¹	Coelho <i>et al.</i> 2010	
		1	Cd, Pb, Zn	M	Raimundo <i>et al.</i> 2011	

Πίνακας 8.1 (συνέχεια)						
	Περιοχή	N	Βαρέα μέταλλα	Ιστός	Αναφορά	
Ατλαντικός Ωκεανός		2	Cd, Cu, Fe, Mn, Ni	B, Γ^2 , Δ^1 , H, K, M, N, Σ^1 , X	Vas & Gordon 1988	
	Rockall Trough	8	Cd, Mn, Ni	A, B, Δ^1 , H, M, Σ^1 , X	Vas & Gordon 1993	
		1	Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	B, H, M	Mormede & Davies 2001	
	Rockall Trough, Μάγγη, Ιρλανδική Θάλασσα	10	Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	B, Γ^2 , Δ^1 , H, K, M, N, Σ^1 , X	Vas 1991	
		9	mHg	H	Hueter <i>et al.</i> 1995	
		4	Hg	M	Adams & McMichael 1999	
		1	Hg	M	Strom & Graves 2001	
	Φλόριδα	5	Hg	M	Adams <i>et al.</i> 2003	
		3	Hg	M	Evers <i>et al.</i> 2008	
		1	Hg, Se	E ¹ , H, M, N	Nam <i>et al.</i> 2011	
		7	Hg	M	Rumbold <i>et al.</i> 2014	
	Χώρα των Βάσκων (Ισπανία)	1	Cu, Mn, Se, Zn	M	Olmedo <i>et al.</i> 2013a	
		1	As, Cd, Hg, Pb, Sn	M	Olmedo <i>et al.</i> 2013b	
	Ειρηνικός Ωκεανός	Αλάσκα (Prince William Sound)	1	Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, Hg, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, Rb, Sb, Se, Sr, Tl, U, V, Zn	H	McMeans <i>et al.</i> 2007
Βρετανική Κολομβία		1	Hg	M	Forrester <i>et al.</i> 1972	
BA Ειρηνικός		1	Hg	M	Childs & Gaffke 1973	
		1	Hg	M	Hall <i>et al.</i> 1977	
Ιαπωνία (αγορά Chiba)		1	Cd, Cu, Fe, Hg, Zn	M	Taguchi <i>et al.</i> 1979	
Ιαπωνία (Νησί Ισιγκάκι)		4	Cu, Hg, Zn	H, M	Endo <i>et al.</i> 2008	
Ιαπωνία (βόρεια ακτή)		1	Hg	M	Endo <i>et al.</i> 2009	
Ιαπωνία (βόρεια ακτή)		1	Hg	H, M	Endo <i>et al.</i> 2013	
Καλιφόρνια		1	Hg	H, M	Lyons & Lowe 2013	
		4	Hg	H, M	Lyons <i>et al.</i> 2013	
Καναδάς		1	As	M	Le Blanc & Jackson 1973	
Κίνα		1	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn	B, Δ^1 , H, M	Wang <i>et al.</i> 2014	
Λος Άντζελες		2	Hg	M	Suk <i>et al.</i> 2009	
		2	Hg	B, E ¹ , H, M	Ruelas-Inzuzna & Páez-Osuna '05	
		20	Hg	M	García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		2	Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn	B, E ¹ , H, M	Ruelas-Inzuzna & Páez-Osuna '07	
		1	As, Hg	H, M	Gutiérrez-Mejía <i>et al.</i> 2009	
Μεξικό			1	Hg, Se	M, Π^2	Escobar-Sánchez <i>et al.</i> 2010
			1	Hg, Se	M	Escobar-Sánchez <i>et al.</i> 2011
			1	Hg	M	Barrera-García <i>et al.</i> 2012
			2	Hg	H, M	Hurtado-Banda <i>et al.</i> 2012
			4	Hg	M	Maz-Courrau <i>et al.</i> 2012
			1	As, Cd, Hg, Pb, Zn	H, N	Barrera-García <i>et al.</i> 2013
			4	Hg	H, M	Escobar-Sánchez <i>et al.</i> 2014
		Νέα Ζηλανδία	2	As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sn, Sr, Zn	M	Vlieg <i>et al.</i> 1993
		Όρεγκον	1	Hg	M	Cutshall & Holton 1972
		Σαν Φρανσίσκο	1	Hg	M	Fairey <i>et al.</i> 1997
Χιλή	2	Hg, Pb	H, M, Σ^2	Lopez <i>et al.</i> 2013		
Χαβάη	2	Hg	M	Boush & Thieleke 1983		
	2	Hg, Se	M	Kaneko & Ralston 2007		
Χονγκ Κονγκ	1	Ag, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn	H, M, Σ^1	Cornish <i>et al.</i> 2007		

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Πίνακας 8.1 (τέλος)					
Περιοχή	N	Βαρέα μέταλλα	Ιστός	Αναφορά	
Ερυθρά Θάλασσα	1	Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	B, Γ ¹ , H, M, N, Ω	Khalaf <i>et al.</i> 2013	
Ινδικός Ωκεανός (Ανταμάν)	4	Hg	M	Menasveta & Siriyong 1977	
Κόλπος του Μεξικού	1	Hg	M	Ache <i>et al.</i> 2000	
	1	Hg	M	Cai <i>et al.</i> 2007	
	1	As, Cd, Cr, Hg, Pb	H	Mendoza-Diaz <i>et al.</i> 2013	
Μεσόγειος Θάλασσα	Βαλένθια	1	Cu, Mn, Se, Zn	M	Olmedo <i>et al.</i> 2013a
		1	As, Cd, Hg, Pb, Sn	M	Olmedo <i>et al.</i> 2013b
	Αδριατική Θάλασσα	1	Cd, Cr, Hg, Pb	Δ ¹ , H, M	Storelli <i>et al.</i> 1998a
		5	Hg	M	Storelli <i>et al.</i> 1998b
		1	Hg	M	Storelli <i>et al.</i> 2001
		12	Hg	M	Storelli <i>et al.</i> 2002a
		3	Hg, mHg	M	Storelli <i>et al.</i> 2002b
		1	As, Hg	M	Storelli <i>et al.</i> 2005b
		1	Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	Γ ² , Δ ¹ , E ¹ , M	Storelli <i>et al.</i> 2011c
	Αδριατική, Ιόνιο, Αιγαίο	1	Hg, Se	H	Storelli & Marcotrigiano 2002
	Αττάλεια	1	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	M, H	Türkmen <i>et al.</i> 2009
	Ιόνιο Πέλαγος	1	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Se, Zn	H, M	Storelli <i>et al.</i> 2003a
	Ισραήλ	5	Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn	Γ ² , Δ ¹ , E ¹ , E ² , H, K, M, N	Hornung <i>et al.</i> 1993
	Κρήτη, Κύθηρα	2	Hg	M	Kousteni <i>et al.</i> 2006
Μεσόγειος Θάλασσα	*	Hg	M	Attuci <i>et al.</i> 1986	
Προποντίδα	1	Al, Cd, Fe, Pb, Zn	M, H, X	Berik & Kahraman 2012	
Νότια Αφρική	Λιμνοθάλασσα Langebaan	1	Al, B, Ca, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, P, Zn	M	Bosch <i>et al.</i> 2013
	Νατάλ	4	Hg	M	Watling <i>et al.</i> 1981
Περσικός κόλπος (Ιράν)		*	Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn	E ¹ , H, K, M, N, O, Σ ¹ , X	Watling <i>et al.</i> 1982
		1	Cd, Pb	Γ ² , E ² , H, M	Malek <i>et al.</i> 2007
		1	Hg	H, M, Π ²	Delshad <i>et al.</i> 2012
Ωκεανία	Αυστραλία	1	Hg, Se	H, M	Tarassoli <i>et al.</i> 2012
		2	Cd, Cu, Mn, Zn	M	Estace 1974
		2	Hg	M	Walker 1976
		4	Hg	M	Caputi <i>et al.</i> 1979
		2	As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Zn	M	Glover 1979
		6	Hg	M	Denton & Breck 1981
		7	Hg	M	Lyle 1984
		4	Hg	M	Thompson 1985
		3	Hg	M	Walker 1988
		18	Hg, Se	M	Lyle 1986
		2	Cd, Mn, Zn	X	Vas <i>et al.</i> 1990
		5	Hg	M	Davenport 1995
		1	Ag, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn	M	Gibbs & Miskiewicz 1995
		3	As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Sr, Zn	M	Turoczy <i>et al.</i> 2000
		2	As, Ca, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Sr, Zn	X	Allinson <i>et al.</i> 2002
		16	Hg	M, H, Δ ¹ , N	Pethybridge <i>et al.</i> 2010
	Παπούα-Νέα Γουινέα	3	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn	M	Powell <i>et al.</i> 1981
3		As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn	H, M, N	Powell & Powell 2001	

8.1.4 Σκοπός παρούσας μελέτης

Η Μεσόγειος Θάλασσα διατρέχει αυξημένο κίνδυνο ρύπανσης εξαιτίας των ιδιαίτερων γεωγραφικών και ωκεανογραφικών της χαρακτηριστικών (UNEP 1989), καθώς και του έντονου φορτίου ρύπανσης που δέχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που τελούνται κατά μήκος των ακτών της (Storelli *et al.* 2011a). Παρ' όλα αυτά, αν και οι Χονδριχθές αποτελούν ιδανικούς δείκτες της θαλάσσιας ρύπανσης (Vas 1991), μόλις 16 εργασίες έχουν δημοσιευθεί σχετικά με τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων σε αυτούς τους οργανισμούς στη Μεσόγειο, με μόνο μια αναφορά στις Ελληνικές Θάλασσες (Kousteni *et al.* 2006) (Πίνακας 8.1). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες μελέτες σχετικά με την επίδραση της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα στον Ελλαδικό χώρο αφορούν στα υδάτινα οικοσυστήματα (Farmaki & Thomaidis 2008), από τις οποίες οι αναφερόμενες στο θαλάσσιο περιβάλλον εστιάζουν σε κοινά είδη Οστέιχθών (Tsoukali-Papadopoulou *et al.* 1989, Catsiki & Strogyloudi 1999; 2000), σε δίθυρα μαλάκια (Tsangaris *et al.* 2011, Strogyloudi *et al.* 2012, Sakellari *et al.* 2013), σε νερά (NCMR 2000, Scoullou *et al.* 2007, Paraskevopoulou *et al.* 2014) και ιζήματα (Voutsinou-Taliadouri & Satsmadjis 1983, Dassenakis *et al.* 2003, Sakellari *et al.* 2011).

Όσο αφορά τα υπό μελέτη είδη, αρκετά εργαστηριακά πειράματα τοξικότητας πραγματοποιήθηκαν στο είδος *Scyliorhinus canicula*, επιβεβαιώνοντας την πρόσληψη βαρέων μετάλλων τόσο από ενήλικα άτομα (Jeffree *et al.* 2006a) όσο και από έμβρυα (Jeffree *et al.* 2006b; 2008). Από την άλλη πλευρά, σχετικά με τα επίπεδα βαρέων μετάλλων στους φυσικούς πληθυσμούς των εξεταζόμενων ειδών, μόλις μια μελέτη αναφέρει το υδραργυρικό περιεχόμενο στο μυϊκό ιστό 20 ατόμων του είδους *Squalus blainville* από την Αδριατική (Storelli *et al.* 2002a), ενώ για το είδος *Scyliorhinus canicula* έχουν πραγματοποιηθεί έξι μελέτες στον Ατλαντικό και τρεις στη Μεσόγειο (Πίνακας 8.1): οι Leah *et al.* (1991a; b) μελέτησαν τη γεωγραφική διακύμανση των επιπέδων του Hg στο μυϊκό ιστό του είδους, την οποία συσχέτισαν με το μέγεθός του. Ο Vas (1991) σύγκρινε τις συγκεντρώσεις εφτά μετάλλων σε διαφορετικούς ιστούς μεταξύ 46 ειδών καρχαριών, συμπεριλαμβανομένου και του *Scyliorhinus canicula*. Οι Storelli *et al.* (2002a) προσδιόρισαν μόνο το υδραργυρικό περιεχόμενο του μυϊκού ιστού, το οποίο συσχέτισαν με το μέγεθος των ατόμων. Παρόμοια μελέτη πραγματοποίησαν και οι Storelli *et al.* (2005b), συμπεριλαμβάνοντας και το As στις αναλύσεις. Οι Domi *et al.* (2005) ανέλυσαν τα επίπεδα έξι μετάλλων στο μυϊκό ιστό και στο νεφρό, αλλά δεν εξέτασαν τη μεταβολή τους σε σχέση με το μέγεθος ή το φύλο των ατόμων. Οι Türkmen *et al.* (2009) αναφέρουν τα επίπεδα 8 μετάλλων στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ μόλις τεσσάρων ατόμων του είδους, μεταξύ άλλων

ειδών. Οι Coelho *et al.* (2010) ήταν οι πρώτοι που σύγκριναν τα επίπεδα του Hg μεταξύ πέντε διαφορετικών ιστών και μεταξύ των φύλων, τα οποία συσχέτισαν με το μέγεθος και την ηλικία των ατόμων. Τέλος, οι Raimundo *et al.* (2011) αναφέρουν τα επίπεδα Cd, Pb και Zn από το μυϊκό ιστό του είδους, μεταξύ άλλων ειδών.

Έχει αποδειχθεί ότι το πρότυπο βιοσυσώρευσης των βαρέων μετάλλων μπορεί να μεταβληθεί σε σχέση με το είδος, το φύλο, το μέγεθος (ή την ηλικία), την κατάσταση ωρίμασης, τις τροφικές συνήθειες, το ενδιαίτημα, την εποχή, ακόμα και σε σχέση με τα διαφορετικά τμήματα του ίδιου ιστού (Stevens & Brown 1974, Walker 1976, Hornug *et al.* 1993, Lacerda *et al.* 2000, De Pinho *et al.* 2002, Branco *et al.* 2007, McMeans *et al.* 2007, Endo *et al.* 2009; 2013, Staudinger 2011, Barrera-Garcia *et al.* 2012, Hurtado-Banda *et al.* 2012, Bendall *et al.* 2014). Επίσης, δεδομένου ότι οι ιστοί των ψαριών επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο τους μηχανισμούς απορρόφησης, αποθήκευσης και ρύθμισης των βαρέων μετάλλων, και κατ' επέκταση εμφανίζουν διαφορετικούς ρυθμούς συσώρευσης, η ανάλυση του μεταλλικού περιεχομένου των διαφορετικών ιστών μπορεί να αναδείξει ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αποτελέσματα (Catsiki & Stroglyoudi 1999). Αυτός ο πολυπαραγοντικός καθορισμός του μεταλλικού φορτίου των ιστών σε συνδυασμό με τις αυξημένες εκφορτώσεις των αλιευμάτων Χονδριχθύων στην Ευρώπη (Biessi 1994), καθιστά αναγκαία τη συλλογή λεπτομερέστερων πληροφοριών σχετικά με τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων ιδιαίτερα σε είδη που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, όπως είναι τα υπό μελέτη είδη.

Κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εμπλουτίσει τη διεθνή βιβλιογραφία με πληροφορίες σχετικά με το συσσωρευτικό πρότυπο τόσο των μη απαραίτητων όσο και των απαραίτητων βαρέων μετάλλων σε δύο ελάχιστα μελετημένα είδη καρχαριών από τις Ελληνικές Θάλασσες, εξετάζοντας ταυτόχρονα τον τρόπο με τον οποίο αυτό καθορίζεται από διαφορετικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό, έπειτα από τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του ολικού Hg, Cd, Cu, Fe και Zn στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στις γονάδες και στα βράγχια των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* από διαφορετικές περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών πραγματοποιήθηκε: (α) η μελέτη του καταμερισμού των στοιχείων στους ιστούς σε σχέση με το φύλο, την κατάσταση της γεννητικής ωρίμασης, το μήκος, την ηλικία και την περιοχή αλίευσης, (β) η συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων των βαρέων μετάλλων ανά ιστό, (γ) η σύγκριση των επιπέδων των βαρέων μετάλλων μεταξύ των υπό μελέτη ειδών, (δ) η σύγκριση με τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών που αφορούν στα ίδια ή σε άλλα είδη Χονδριχθύων, και (ε) η διερεύνηση τόσο των θρεπτικών οφελών όσο και του κινδύνου που διατρέχει το ελληνικό κοινό από την κατανάλωση των εξεταζόμενων ειδών, τα οποία συνήθως προωθούνται στις ιχθυαγορές ως «γαλέοι».

8.2 Υλικά και Μέθοδοι

8.2.1 Παραλαβή και προκατεργασία δειγμάτων

Δείγματα βιολογικών ιστών (μυϊκός ιστός, ήπαρ, βράγχια και γονάδες) συλλέχθηκαν με τη βοήθεια πλαστικού μαχαιριού και λαβίδας προς αποφυγή επιμολύνσεων με μέταλλα (Batley 1989). Περίπου 5 g από κάθε νωπό ιστό τοποθετήθηκαν σε προζυγισμένα φιαλίδια πολυπροπυλενίου (Sarstedt). Η ζύγιση των φιαλιδίων πριν και μετά την τοποθέτηση του ιστού έγινε με ηλεκτρονικό ζυγό αναγνωσιμότητας τεσσάρων δεκαδικών (Adventurer, Ohaus). Τα δείγματα διατηρήθηκαν στην κατάψυξη (-20 °C).

Ακολούθησε η λυοφιλίωση των δειγμάτων στο λυοφιλιωτή Freeze Dry System/Freezone 4,5 (Labonco). Με τη λυοφιλίωση επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του νερού ή άλλου διαλύτη από έναν κατεψυγμένο ιστό με εξάχνωση, δηλαδή με απευθείας μετάβαση από τη στερεή στην αέρια φάση. Για το λόγο αυτό, το προς κατεργασία δείγμα πρέπει να είναι επαρκώς παγωμένο. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι επιτρέπει την ξήρανση των δειγμάτων χωρίς απώλεια στοιχείων ή επιμολύνσεις και είναι ιδανική ακόμα και για πολύ πτητικά στοιχεία σαν τον Hg (Batley 1989). Στη συνέχεια τα λυοφιλωμένα δείγματα ομογενοποιήθηκαν σε πορσελάνινο ιγδίο και διαλυτοποιήθηκαν με όξινη χώνευση σύμφωνα με τη μέθοδο USEPA 245.6 (1991a): σε δοχεία Teflon με βιδωτό πώμα τοποθετήθηκαν 0,3–0,5 g ιστού και 10 ml HNO₃ 65% v/v (Merck). Τα δοχεία σφραγίστηκαν και τοποθετήθηκαν για 2 h πάνω σε θερμαντική πλάκα (Sybron Thermolyne 92603, Bioblock Scientific) με σταθεροποιημένη θερμοκρασία στους 80 °C. Μετά τη χώνευση, τα δείγματα αφέθηκαν να ψυχθούν για περίπου μια ώρα και έγινε η παραλαβή τους σε διαβαθμισμένα φιαλίδια πολυπροπυλενίου (Sarstedt), όπου και αραιώθηκαν με υπερκάθαρο νερό Milli-Q έως τα 30 ml. Ακολούθησε ο διαχωρισμός κάθε δείγματος σε δύο υποδείγματα ίσου όγκου (15 ml), από τα οποία το ένα χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του Hg, οπότε και συντηρήθηκε με 1–3 ml K₂Cr₂O₇ 5% w/v (Merck) για τη διατήρηση των ενώσεων του Hg στη μέγιστη οξειδωτική τους κατάσταση, και το άλλο χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των υπόλοιπων μετάλλων. Για τον περιορισμό των επιμολύνσεων και των αραιώσεων των δειγμάτων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, ο τελικός όγκος αραιώσεως των δειγμάτων του ήπατος και των βραγχίων ήταν 50 ml, ανεξάρτητα από το προσδιοριζόμενο μέταλλο, ενώ στους υπόλοιπους ιστούς παρέμεινε στα 15 ml. Τα δείγματα διατηρήθηκαν στους 4 °C μέχρι το φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό της συγκέντρωσης των μετάλλων.

Για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου επιμόλυνσης, όλα τα εργαστηριακά σκεύη (πορσελάνινα, γυάλινα και πλαστικά) παλαιώνονταν με διάλυμα HNO_3 10% v/v (Merck) για μια εβδομάδα και ξεπλένονταν με υπερκάθαρο νερό Milli-Q έπειτα από κάθε χρήση. Όλα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αναλυτικού βαθμού (analytical grade).

8.2.2 Προσδιορισμός συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στα διαλυτοποιημένα δείγματα ιστών πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας τρεις αναλυτικές μεθόδους που βασίζονται στη γενική αρχή της φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης, δηλαδή στη μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας χαρακτηριστικού μήκους κύματος από τα ελεύθερα ουδέτερα άτομα ενός στοιχείου, τα οποία βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση (Chatwal & Anand 1979), αλλά διαφέρουν ως προς την τεχνική ατομοποίησης των στοιχείων.

Ο προσδιορισμός του Hg έγινε εφαρμόζοντας τη **φασματομετρία ατομικής απορρόφησης ψυχρού ατμού** (Cold Vapour Atomic Absorption Spectroscopy, CVAAS), η οποία αποτελεί την πιο εύχρηστη και ευρέως διαδεδομένη μέθοδο για τον προσδιορισμό αυτού του στοιχείου (Clevenger *et al.* 1997). Η μέθοδος περιλαμβάνει τρία στάδια: (α) τη μετατροπή όλων των μορφών του Hg που εμπεριέχονται σε ένα υγρό δείγμα σε δισθενή ιόντα (Hg^{2+}) με την επίδραση κατάλληλου οξειδωτικού, (β) την αναγωγή των ιόντων Hg σε στοιχειακό υδράργυρο (Hg^0) με τη χρήση κατάλληλου αναγωγικού, και (γ) την έκλυση του στοιχειακού Hg με απαέρωση του διαλύματος (ατομοποίηση) (Hatch & Ott 1968).

Η αναγωγή των Hg^{2+} πραγματοποιήθηκε στη συσκευή ψυχρού ατμού VGA 77 (Varian), η οποία ήταν κατάλληλα προσαρμοσμένη στο φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης φλόγας SpectraAA 200 (Varian). Σε αυτή τη συσκευή, αρχικά αναμιγνύεται το υγρό δείγμα με το οξειδωτικό, στη συνέχεια προστίθεται το αναγωγικό και τελικά εισάγεται το φέρον αέριο. Με περισταλτική αντλία εξασφαλίζεται η συνεχής ροή και ανάμειξη του δείγματος και των αντιδραστηρίων. Τελικά, το μείγμα οδηγείται στο διαχωριστή αέριας/υγρής φάσης, όπου τα υγρά απομακρύνονται ως απόβλητα, ενώ το εναπομείναν ατομοποιημένο νέφος Hg μεταφέρεται με ρεύμα αργού ή αζώτου στην κυψελίδα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό και άλλων στοιχείων (As, Se κ.α.) που σχηματίζουν πτητικά υδρίδια (Ward & Gray 1996). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε υπερκάθαρο νερό Milli-Q ως οξειδωτικό, διάλυμα διχλωριούχου κασσίτερου (SnCl_2 15% w/v, Merck) ως αναγωγικό, διάλυμα νιτρικού οξέος (HNO_3 10% v/v, Merck) για την έκπλυση του δειγματοληπτικού σωληναρίου μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων και αργό ως φέρον αέριο.

Ο προσδιορισμός του Cd και του Cu έγινε με τη **φασματομετρία ατομικής απορρόφησης με φούρνο γραφίτη** (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy, GFAAS) στο φασματοφωτόμετρο SpectraAA 640Z (Varian). Σε αυτήν τη μέθοδο τα στοιχεία ενός υγρού δείγματος ατομοποιούνται χωρίς φλόγα, σε σωλήνα γραφίτη που λειτουργεί ως κυψελίδα. Ο σωλήνας τοποθετείται μεταξύ των ψυχομένων από νερό ηλεκτροδίων. Για την αποφυγή της οξειδωσής του, διαβιβάζεται συνεχώς αδρανές αέριο τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική του επιφάνεια, ενώ μετακινούμενα παράθυρα από χαλαζία εμποδίζουν την είσοδο οξυγόνου διαμέσου του οπτικού μονοπατιού. Μικρή ποσότητα υγρού δείγματος εισέρχεται μέσω αυτόματου δειγματολήπτη στο εσωτερικό του. Όταν εισάγεται το δείγμα, ο σωλήνας γραφίτη θερμαίνεται σταδιακά μέσω της εφαρμογής τάσης στα ηλεκτρόδια και το δείγμα υφίσταται τις ακόλουθες μεταβολές: (α) ξήρανση στους 100–150 °C για την απομάκρυνση του διαλύτη, (β) πυρόλυση στους 300–1.500 °C για τη διάσπαση και απομάκρυνση των οργανικών και άλλων πτητικών ενώσεων, και (γ) ατομοποίηση στους 1.600–2.700 °C κατά τη διάρκεια της οποίας τα μεταλλικά συστατικά μετατρέπονται σε άτομα και διακόπτεται η ροή του αδρανούς αερίου για να μην παρασυρθούν τα άτομα του προσδιοριζόμενου μετάλλου εκτός του σωλήνα. Η θερμοκρασία ατομοποίησης εξαρτάται από τη φύση όχι μόνο του προσδιοριζόμενου στοιχείου, αλλά και του δείγματος. Τελικά, στους 2.500–2.700 °C αποκαθίσταται η ροή του αερίου και ο χώρος καθαρίζεται από τυχόν υπολείμματα, πριν την εισαγωγή του επόμενου δείγματος (Butcher & Sneddon 1998). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες γραφίτη με πυρολυτική επίστρωση (VPTU12EL, Best Buy Analytical) και αργό ως αδρανές αέριο.

Ο προσδιορισμός του Fe και του Zn έγινε με τη **φασματομετρία ατομικής απορρόφησης με φλόγα** (Flame Atomic Absorption Spectroscopy, FAAS) στο φασματοφωτόμετρο SpectraAA 200 (Varian), όπου η ατομοποίηση των στοιχείων γίνεται με φλόγα σε ρόλο κυψελίδας. Σε καυστήρα προανάμειξης, αναμειγνύονται το καύσιμο, το οξειδωτικό και το υγρό δείγμα πριν την εισαγωγή τους στη φλόγα με τη μορφή αερολύματος. Το δείγμα διασπάται σε σταγονίδια μέσα στον εκνεφωτή και τη φλόγα, τα οποία εξατμίζονται ή καίγονται και το υπόλειμά τους μετατρέπεται σε στοιχειακά άτομα (Chatwal & Anand 1979). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός ακετυλενίου (καύσιμο) και αέρα (οξειδωτικό) για την παραγωγή φλόγας.

Η φασματομετρία GFAAS παρουσιάζει χαμηλότερα όρια ανίχνευσης και ενδείκνυται για τον προσδιορισμό στοιχείων με ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις, όπως είναι το Cd. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο φούρνος γραφίτη παρέχει ένα σχεδόν κλειστό σύστημα, με αποτέλεσμα η ακτινοβολία να διέρχεται από μεγάλο αριθμό ατόμων, δίνοντας ισχυρό σήμα

απορρόφησης. Άλλα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι απαιτεί μικρή ποσότητα δείγματος και αναλύει ακόμα και στερεά δείγματα. Ωστόσο, χαρακτηρίζεται ως μια αργή και υψηλού κόστους τεχνική. Από την άλλη πλευρά, η φασματομετρία FAAS είναι μια γρήγορη, εύχρηστη και χαμηλού κόστους τεχνική, η οποία παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία, χρειάζεται μεγαλύτερες ποσότητες δείγματος, δεδομένου ότι ατομοποιεί περίπου 1% από αυτό, και αναλύει μόνο υγρά δείγματα (Butcher & Sneddon 1998, Levinson 2001).

Σε καθεμία από τις προαναφερθείσες μεθόδους (CVAAS, FAAS και GFAAS) χρησιμοποιείται μια πηγή μονοχρωματικής ακτινοβολίας. Αν στην εκάστοτε κυψελίδα υπάρχουν άτομα του προσδιοριζόμενου στοιχείου, τότε αυτά απορροφούν την ακτινοβολία που απαιτείται για τη μετάπτωσή τους από τη θεμελιώδη κατάσταση στη διεγερμένη. Ως αποτέλεσμα, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία έχει μικρότερη ένταση από την εισερχόμενη. Ο λόγος της εκπεμπόμενης προς την εισερχόμενη ακτινοβολία ορίζεται ως διαπερατότητα (T) και λαμβάνει τιμές από μηδέν, όταν δεν μπορεί να διέλθει ακτινοβολία διαμέσου της κυψελίδας, εξαιτίας της πολύ υψηλής συγκέντρωσης των στοιχειακών ατόμων, έως τη μονάδα στην περίπτωση πλήρους απουσίας ατόμων εντός της κυψελίδας. Καθώς δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της διαπερατότητας και της συγκέντρωσης του προσδιοριζόμενου στοιχείου, υπολογίζεται η απορρόφηση (A), η οποία ισούται με τον αρνητικό λογάριθμο της διαπερατότητας ($A = -\log T$). Η απορρόφηση έχει γραμμική σχέση με τη συγκέντρωση του προσδιοριζόμενου στοιχείου, η οποία περιγράφεται από το νόμο Beer-Lambert κατά τον οποίο: $A = abc$, όπου a είναι μια σταθερά με μονάδες L/gcm, b είναι το μήκος της κυψελίδας σε cm και c είναι η συγκέντρωση σε g/l (Butcher & Sneddon 1998).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι λυχνίες κοίλης καθόδου για την παραγωγή ακτινοβολιών χαρακτηριστικού μήκους κύματος στα φασματοφωτόμετρα SpectraAA 200 και 640Z (Varian). Η λυχνία κοίλης καθόδου αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα, ο οποίος περιέχει ευγενές αέριο (αργό ή ξένο) υπό χαμηλή πίεση (1–5 Torr) και φέρει δύο ηλεκτρόδια, την άνοδο και την κάθοδο. Η κάθοδος έχει τη μορφή κυπέλου και είναι κατασκευασμένη από το προσδιοριζόμενο στοιχείο. Εφαρμόζοντας τάση περίπου 300 V μεταξύ των ηλεκτροδίων, το ευγενές αέριο ιονίζεται και τα θετικά ιόντα του προσπίπτουν στην κάθοδο, προκαλώντας την εξαέρωση και την ατομοποίηση μέρους της. Τα άτομα του στοιχείου που παράγονται εντός της κοίλης καθόδου διεγείρονται και εκπέμπουν την επιθυμητή ακτινοβολία του προσδιοριζόμενου στοιχείου. Απέναντι από την κάθοδο υπάρχει χαλαζιάς για τη δίοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας (Chatwal & Anand 1979).

Μετά από την κυψελίδα υπάρχει ο μονοχρωμάτορας που επιλέγει συγκεκριμένη φασματική γραμμή από αυτές που εκπέμπονται από τη λυχνία και περνούν μέσα από την

κυψελίδα. Μετά το μονοχρωμάτορα τοποθετείται ο ανιχνευτής, ο οποίος είναι συνήθως φωτοπολλαπλασιαστής που περιέχει μια φωτοκάθοδο, μια σειρά από δυνόδους, και μια άνοδο. Όταν ένα φωτόνιο προσπίπτει στη φωτοκάθοδο αποσπάται ένα ηλεκτρόνιο και το φωτόνιο επιταχύνεται στις δυνόδους. Από τη μια δύνοδο στην άλλη αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρονίων που απελευθερώνονται. Ως αποτέλεσμα, ο αριθμός των ηλεκτρονίων πολλαπλασιάζεται στις δυνόδους και το τελικό ρεύμα που λαμβάνεται στην άνοδο μπορεί να μεταφερθεί σε ενισχυτή και έπειτα στο σύστημα καταγραφής (Chatwal & Anand 1979).

Η διόρθωση του υπόβαθρου, το οποίο οφείλεται σε μοριακή απορρόφηση ή διάχυση της ακτινοβολίας, αποτελεί σημαντικό βήμα για την επίτευξη μετρήσεων υψηλής ακρίβειας. Πραγματοποιείται μέσω της αφαίρεσης του σήματος του υπόβαθρου από το συνολικό σήμα. Στις μεθόδους CVAAS και FAAS, η διόρθωση του υπόβαθρου έγινε χρησιμοποιώντας λυχνία δευτερίου (D_2) σε συνδυασμό με την εκάστοτε λυχνία κοίλης καθόδου, οι οποίες εκπέμπουν σε ευρύ και στενό φάσμα ακτινοβολίας, αντίστοιχα. Η εκπομπή της ακτινοβολίας γίνεται εναλλάξ από τις δύο λυχνίες. Το προσδιοριζόμενο στοιχείο απορροφά ελάχιστη ακτινοβολία από τη λυχνία D_2 , ενώ το μεγαλύτερο μέρος της (99%) απορροφάται από το υπόβαθρο. Το σήμα από τη λυχνία κοίλης καθόδου προκύπτει από την απορρόφηση της ακτινοβολίας τόσο από το προσδιοριζόμενο στοιχείο όσο και από το υπόβαθρο. Από αυτό το σήμα αφαιρείται ηλεκτρονικά το σήμα απορρόφησης της ακτινοβολίας από τη λυχνία D_2 που οφείλεται μόνο στο υπόβαθρο και προκύπτει το διορθωμένο σήμα (Butcher & Sneddon 1998).

Στη GFAAS, η διόρθωση του υπόβαθρου έγινε σύμφωνα με το φαινόμενο Zeeman κατά το οποίο εντός μαγνητικού πεδίου προκαλείται διαχωρισμός των φασματικών γραμμών που εκπέμπουν τα άτομα (Zeeman 1897). Όταν το μαγνητικό πεδίο δεν λειτουργεί, η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη λυχνία κοίλης καθόδου απορροφάται από το προσδιοριζόμενο στοιχείο και το υπόβαθρο. Όταν το μαγνητικό πεδίο λειτουργεί, οι φασματικές γραμμές των ατόμων εντός του σωλήνα γραφίτη διασπώνται σε συστατικά, τα οποία απέχουν από το μήκος κύματος στο οποίο γίνεται η μέτρηση, ενώ το υπόβαθρο δεν επηρεάζεται. Αφαιρώντας το σήμα που προκύπτει με ανοιχτό μαγνητικό πεδίο από το σήμα που προκύπτει με κλειστό μαγνητικό πεδίο, προκύπτει το σήμα διορθωμένο ως προς το υπόβαθρο. Στη GFAAS, η διόρθωση του υπόβαθρου έγινε και με την προσθήκη χημικών τροποποιητών στο σωλήνα γραφίτη ξεχωριστά για τη μέτρηση κάθε δείγματος. Οι χημικοί τροποποιητές συμβάλλουν συνήθως στη μείωση της πτητικότητας του προσδιοριζόμενου στοιχείου, επιτρέποντας την εφαρμογή μεγαλύτερης θερμοκρασίας πυρόλυσης και κατ' επέκταση την αποτελεσματικότερη εξάτμιση των ουσιών που προκαλούν «θόρυβο» (Butcher & Sneddon 1998). Ως χημικοί τροποποιητές χρησιμοποιήθηκαν τα διαλύματα $H_2NH_4PO_4$

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

0,4% w/v (Merck) και $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 0,02% w/v (Merck) για το Cd, και τα διαλύματα $Pd(NO_3)_2$ 0,03% w/v (Merck) και $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 0,02% w/v (Merck) για το Cu.

8.2.3 Βαθμονόμηση οργάνων–Έλεγχος αξιοπιστίας μετρήσεων

Πιστοποιημένα πρότυπα διαλύματα μετάλλων γνωστής συγκέντρωσης χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση των φασματοφωτόμετρων. Στη βαθμονόμηση κάθε γνωστή συγκέντρωση μετάλλου αντιστοιχείται σε μια τιμή απορρόφησης και προκύπτει μια πρότυπη καμπύλη αναφοράς, της οποίας η κλίση αποτελεί ένα αξιόπιστο κριτήριο για τη σωστή λειτουργία του αναλυτικού οργάνου (Buther & Sneddon 1998). Η βαθμονόμηση των οργάνων γινόταν στην αρχή κάθε μέτρησης, ενώ ανά δέκα διαλυτοποιημένα δείγματα ιστών αναλύονταν ένα διάλυμα προτύπου για τον έλεγχο της μεταβολής του σήματος απορρόφησης. Η πρότυπη καμπύλη ήταν έξι σημείων για τον Hg (0, 5, 10, 10, 10 και 50 $\mu g/l$), τεσσάρων σημείων για το Cd (0, 0,5, 1, 2 $\mu g/l$), το Fe (0, 0,5, 1 και 2 mg/l) και το Cu (0, 10, 20 και 40 $\mu g/l$), και πέντε σημείων για τον Zn (0, 0,4, 0,8, 1 και 2 mg/l). Τελικά, η γραμμική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης κάθε μετάλλου και της απορρόφησης επέτρεψε την πραγματοποίηση αξιόπιστων μετρήσεων (Buther & Sneddon 1998).

Για τον έλεγχο πιθανής επιμόλυνσης, χρησιμοποιήθηκε ένα τυφλό δείγμα σε κάθε χώνευση δέκα δειγμάτων ιστών. Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα τυφλά δείγματα ήταν μηδενικές στην πλειονότητα των χωνεύσεων. Στις περιπτώσεις, ωστόσο, που ανιχνεύονταν έστω και μηδαμινές συγκεντρώσεις μετάλλων η χώνευση επαναλαμβανόταν. Για τον έλεγχο της ορθότητας των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το πιστοποιημένο υλικό αναφοράς (Certified Reference Material, CRM) μυϊκού ιστού καρχαρία DORM-2 (National Research Council of Canada, NRCC) από το οποίο χωνεύονταν 0,1 g ανά δέκα δείγματα ιστών. Βάσει της εκατοστιαίας τιμής του λόγου των πειραματικών συγκεντρώσεων των μετάλλων στο CRM προς τις θεωρητικές, υπολογίστηκε ο συντελεστής ανάκτησης (R%), οι τιμές του οποίου αναφέρονται στα αποτελέσματα. Τα δείγματα των τυφλών και του CRM υποβλήθηκαν στην ίδια διαδικασία όξινης χώνευσης με τα δείγματα των ιστών.

8.2.4 Όρια ανίχνευσης

Τα όρια ανίχνευσης (Limits Of Detection, LOD) των βαρέων μετάλλων εκτιμήθηκαν τριπλασιάζοντας την τυπική απόκλιση των τυφλών δειγμάτων και ήταν: 10^{-4} (Hg), 0,002 (Cd), 4,00 (Fe), 0,18 (Cu) και 2,00 (Zn), όλα σε mg/kg . Αν και είχε συμπεριληφθεί αρχικά και το μαγγάνιο (Mn) στις αναλύσεις, η συγκέντρωσή του ήταν χαμηλότερη από το όριο

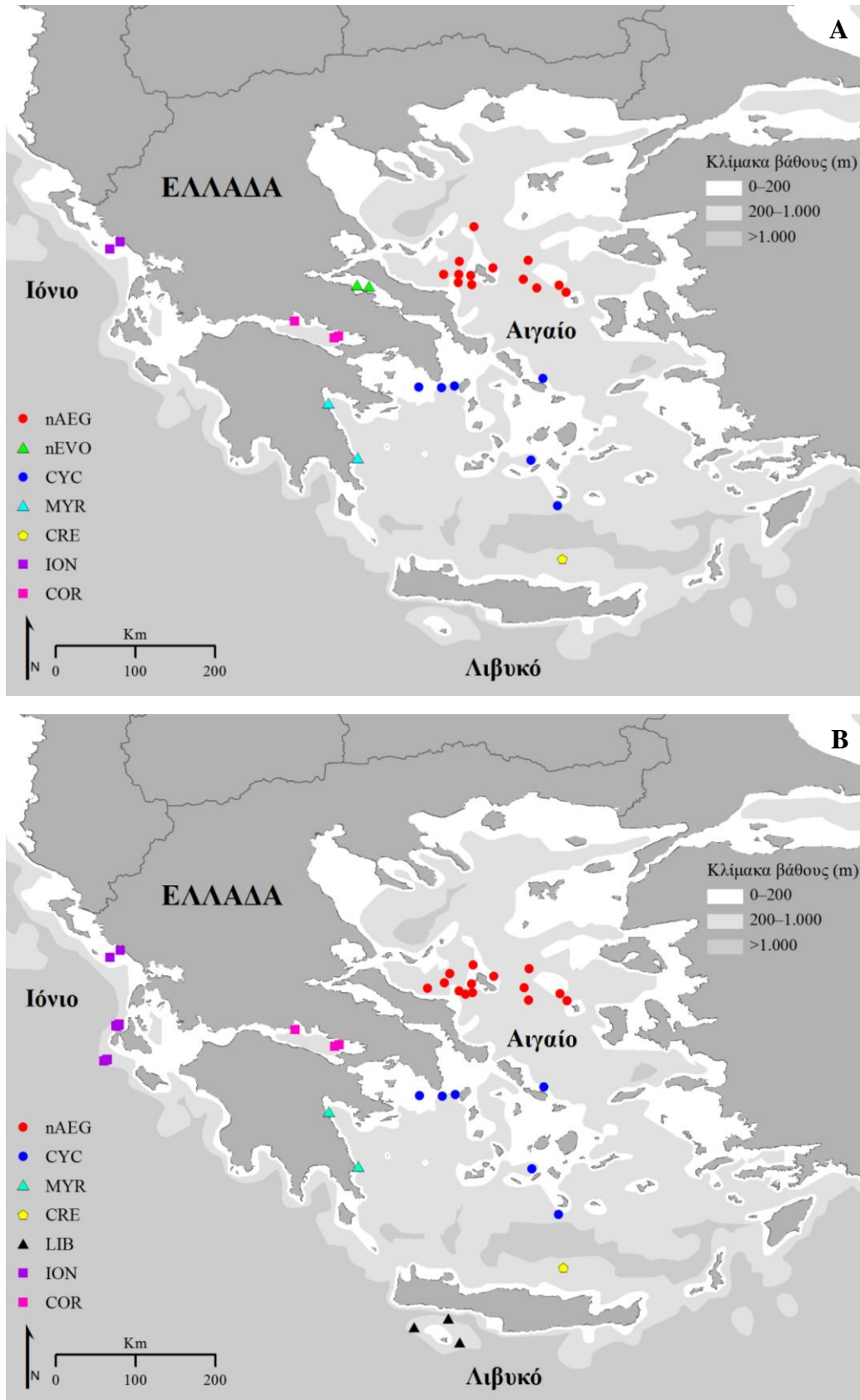
ανίχνευσης ($LOD_{Mn}=0,65$ mg/kg) στο 90% των προκαταρκτικών μετρήσεων 300 δειγμάτων (75 δείγματα ανά ιστό και των δύο ειδών). Συνεπώς, εξαιρέθηκε από την παρούσα μελέτη, όπως προτείνει η USEPA (1991b). Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται μόνο οι συγκεντρώσεις των μετάλλων που βρέθηκαν πάνω από τα LOD εκφρασμένες ως mg/kg νωπού βάρους (wet weight, w.w.), για λόγους σύγκρισης με τη διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης, δίνεται η περιεκτικότητα σε υγρασία ανά ιστό, η οποία υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση: $υγρασία(\%)=[\text{νωπό βάρος ιστού (g)}-\text{ξηρό βάρος ιστού(g)}/\text{νωπό βάρος ιστού(g)}]\times 100$.

8.2.5 Δείγματα που συμπεριλήφθηκαν στις χημικές αναλύσεις

Στις χημικές αναλύσεις συμπεριλήφθηκαν άτομα των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* που συλλέχθηκαν από διαφορετικές περιοχές των Ελληνικών Θαλασσών. Η γεωγραφική προέλευση των ατόμων σε συνδυασμό με τη στατιστική προ-επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων για τον έλεγχο ενδεχόμενων διαφορών μεταξύ των περιοχών ως προς τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων ανά ιστό και είδος αποτέλεσε το βασικό κριτήριο για την ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας, όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 8.2. Σκοπός ήταν να αναδειχθεί η γεωγραφική διαφοροποίηση των ατόμων ως προς το μεταλλικό τους φορτίο, η οποία διαπιστώθηκε ότι θα αποκρυβόταν με την ομαδοποίησή τους, ιδιαίτερα από την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου.

Τελικά, τα άτομα του είδους *Scyliorhinus canicula* ομαδοποιήθηκαν σε επτά πληθυσμιακά δείγματα προερχόμενα από τις περιοχές: βόρειο Αιγαίο Πέλαγος (nAEG), βόρειο Ευβοϊκό κόλπο (nEVO), Κυκλάδες (CYC), Μυρτώο (MYR), Κρητικό (CRE) και Ιόνιο (ION) Πέλαγος, και Κορινθιακό κόλπο (COR). Αντίστοιχα, τα άτομα του είδους *Squalus blainville* ομαδοποιήθηκαν σε επτά πληθυσμιακά δείγματα προερχόμενα από τις περιοχές: nAEG, CYC, MYR, CRE, Λιβυκό Πέλαγος (LIB), ION και COR.

Τα στοιχεία των δειγματοληψιών αυτών των ατόμων (ημερομηνία, γεωγραφικές συντεταγμένες, βάθος και εργαλείο αλίευσης) παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2, ενώ στους Πίνακες 8.2 και 8.3, αντίστοιχα, δίνονται συνοπτικά πληροφορίες για τα βιολογικά τους στοιχεία (φύλο, ολικό μήκος, ολικό βάρος και ηλικία).



Εικόνα 8.2 Χάρτης της Ελλάδας με τους σταθμούς δειγματοληψίας των ατόμων των ειδών *S. canicula* (A) και *S. blainville* (B), τα οποία συμπεριλήφθηκαν στις χημικές αναλύσεις. Οι ομαδοποιήσεις των σταθμών αντιπροσωπεύονται από διαφορετικό χρώμα

Πίνακας 8.2 Ολικό μήκος (TL) και ολικό βάρος (TW) των ατόμων του είδους *S. canicula* ανά φύλο και περιοχή δειγματοληψίας που συμπεριλήφθηκαν στις χημικές αναλύσεις

Περιοχή	Φύλο	N	TL (mm)			TW (g)		
			M.T.	T.A.	Εύρος	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	222	373	50,1	229–466	193	78,8	28–383
	A	247	393	54,8	196–513	210	82,4	23–488
	σύνολο	469	384	53,5	196–513	202	81,1	23–488
nEVO	Θ	18	416	32,0	352–461	269	71,2	149–381
	A	14	438	25,2	377–472	286	45,4	183–353
	σύνολο	32	426	30,9	352–472	276	61,0	149–381
CYC	Θ	80	376	57,9	234–482	197	90,3	34–441
	A	68	371	77,3	194–517	184	110	20–492
	σύνολο	148	374	67,3	194–517	191	100	20–492
MYR	Θ	10	390	21,7	357–416	227	44,9	152–277
	A	33	415	24,9	350–471	239	45,0	150–346
	σύνολο	43	409	26,3	350–471	236	44,7	150–346
CRE	Θ	18	375	43,5	304–455	170	57,6	79–300
	A	15	400	50,1	337–486	199	75,0	105–337
	σύνολο	33	387	47,5	304–486	183	66,5	79–337
ION	Θ	10	412	39,7	325–462	226	65,8	74–293
	A	10	397	51,8	300–462	197	83,1	79–327
	σύνολο	20	404	45,5	300–462	211	74,4	74–327
COR	Θ	14	386	84,8	227–480	217	120	31–361
	A	11	342	93,0	198–487	147	114	19–375
	σύνολο	25	367	89,4	198–487	186	120	19–375
Σύνολο		770	385	56,8	194–517	204	85,3	19–492

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας 8.3 Ολικό μήκος (TL), ολικό βάρος (TW) και ηλικία των ατόμων του είδους *S. blainville* ανά φύλο και περιοχή δειγματοληψίας που συμπεριλήφθηκαν στις χημικές αναλύσεις

Περιοχή	Φύλο	N	TL (mm)			TW (g)			Ηλικία (y)*			
			M.T.	T.A.	Εύρος	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	119	502	118	308–759	742	569	115–2.355	85	12,7	4,34	3–27
	A	89	473	77,3	253–589	533	228	78–993	65	12,1	3,64	2–20
	σύνολο	208	490	104	253–759	653	467	78–2.355	150	12,4	4,05	2–27
CYC	Θ	52	384	187	182–779	538	682	22–2.900	43	8,14	8,15	1–23
	A	42	379	132	180–570	338	278	21–890	36	7,67	5,93	1–19
	σύνολο	94	382	164	180–779	449	547	21–2.900	79	7,92	7,19	1–23
MYR	Θ	18	545	100	420–712	965	669	325–2.550	10	13,2	4,05	8–23
	A	20	493	41,6	410–551	587	145	303–788	14	13,7	2,97	9–17
	σύνολο	38	518	78,3	410–712	766	503	303–2.550	24	13,5	3,39	8–23
CRE	Θ	22	456	93,0	355–680	538	420	199–1.590	19	11,4	4,66	6–22
	A	14	418	20,7	373–456	351	48,2	286–452	12	10,4	1,83	8–13
	σύνολο	36	442	75,5	355–680	465	340	199–1.590	31	11,0	3,80	6–22
LIB	Θ	24	571	47,1	461–666	1.047	342	390–1.800	9	17,0	2,78	13–21
	A	10	480	22,7	438–507	429	113	290–600	5	13,4	3,29	10–17
	σύνολο	34	544	58,6	438–666	865	408	290–1.800	14	15,7	3,36	10–21
ION	Θ	25	515	179	280–767	1.020	933	102–2.596	17	10,2	6,61	3–25
	A	39	483	88,0	268–576	559	241	85–947	31	12,5	4,75	3–20
	σύνολο	64	495	131	268–767	739	646	85–2.596	48	11,7	5,52	3–25
COR	Θ	1	565	–	565	769	–	769	–	–	–	–
Σύνολο		475	472	126	180–779	634	515	21–2.900	346	11,4	5,45	1–27

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *η ηλικία εκτιμήθηκε σε υποσύνολο των συλλεχθέντων ατόμων (βλ. Υποκεφ. 3.3.6)

8.2.6 Στατιστική επεξεργασία

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των συγκεντρώσεων (mg/kg w.w.) των βαρέων μετάλλων υπολογίστηκαν ανά βιολογικό ιστό, ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση της γεννητικής τους ωρίμασης, και παρουσιάζονται ξεχωριστά για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το σύνολο των περιοχών. Με βάση τις μέσες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων, εκτιμήθηκε η σειρά με την οποία τα συγκεκριμένα στοιχεία συγκεντρώνονται σε κάθε ιστό των ειδών σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών.

Έπειτα από κατάλληλο στατιστικό έλεγχο, κρίθηκε απαραίτητος ο λογαριθμικός μετασχηματισμός (\log_{10}) των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων για να ικανοποιηθούν οι προϋποθέσεις της κανονικής κατανομής και να εφαρμοστούν οι ακόλουθες αναλύσεις.

Η παραμετρική μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης (One-way Analysis of Variance, ANOVA) (Zar 1999) εφαρμόστηκε για την εύρεση στατιστικών σημαντικών διαφορών στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανάμεσα στους διαφορετικούς ιστούς ή στις περιοχές δειγματοληψίας. Στις περιπτώσεις όπου βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων (multiple range tests) με βάση το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (Least Significant Difference, LSD) (Sokal & Rohlf 1987) για να εντοπιστούν οι επιμέρους διαφορές.

Η σύγκριση των γεωμετρικών μέσων όρων των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων ανά είδος, μεταξύ των ανώριμων και ώριμων ατόμων ανά φύλο και είδος, καθώς και μεταξύ των δύο ειδών έγινε με την παραμετρική δοκιμασία t (Student's t-test) (Sokal & Rohlf 1987).

Η συνεργιστική ή ανταγωνιστική σχέση μεταξύ των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό ελέγχθηκε εφαρμόζοντας την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση κατά την οποία υπολογίστηκε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r του Pearson. Ο συντελεστής r κυμαίνεται από -1 έως +1. Αυξανόμενη της απόλυτης τιμής του, αυξάνεται ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών, ενώ το πρόσημό του καθορίζει το είδος της συσχέτισης (αρνητική ή θετική).

Προκειμένου να ελεγχθεί αν το μεταλλικό φορτίο των ιστών σχετίζεται με το ολικό μήκος (TL) και την ηλικία των ατόμων (μόνο στην περίπτωση του είδους *Squalus blainville* όπου ήταν δυνατή η εκτίμηση της ηλικίας), εφαρμόστηκε η απλή γραμμική παλινδρόμηση ανάμεσα σε κάθε παράγοντα και τη συγκέντρωση (\log_{10}) κάθε μετάλλου στους ιστούς. Επίσης, αφού εξετάστηκε ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ του TL και του μεταλλικού φορτίου

κάθε ιστού, συγκρίθηκε ο συντελεστής b μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων, καθώς και μεταξύ των δύο εξεταζόμενων ειδών εφαρμόζοντας την ανάλυση συνδιακύμανσης (Analysis of Covariance, ANCOVA) (Zar 1999).

Οι προαναφερόμενες στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το σύνολο των περιοχών ανά είδος. Η σύγκριση μεταξύ των ειδών (δοκιμασίες t και ANCOVA) έγινε αφενός στις κοινές περιοχές αλίευσής τους (nAEG, CYC, MYR, CRE, και ION, με εξαίρεση τον COR, εξαιτίας των ανισομεγεθών δειγμάτων των ειδών) αφετέρου λαμβάνοντας υπόψη τα άτομα παρόμοιου μεγέθους από κάθε είδος, για αυτό και εξαιρέθηκαν τα άτομα του *Squalus blainville* >530 mm (TL).

Ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών στοιχείων των μεταβλητών και όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν στο πρόγραμμα STATGRAPHICS v.16.2. Σε κάθε στατιστική ανάλυση το επίπεδο σημαντικότητας (P) ορίστηκε ως 0,05. Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων έγινε με την κατασκευή θηκογραμμάτων στο STATGRAPHICS v.16.2 ή γραφημάτων στο υπολογιστικό φύλο MS EXCEL 2007.

8.2.7 Επικινδυνότητα από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών

Ο κίνδυνος που διατρέχει το καταναλωτικό κοινό από την κατανάλωση του γάτου *Scyliorhinus canicula* και του γκριζοκεντρονιού *Squalus blainville* εκτιμήθηκε συγκρίνοντας την παρατηρούμενη συγκέντρωση των μετάλλων στο μυϊκό ιστό των ατόμων με τα συνιστώμενα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα μετάλλων σε ψάρια: 1, 0,05, 30, 30 και 100 mg/kg w.w. για τα μέταλλα Hg και Cd σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 629/2008 (EU 2008a), Cu και Zn σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO 1983), και Fe σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Υγείας (WHO 1989), αντίστοιχα.

Επίσης, εκτιμήθηκε η ημερήσια πρόσληψη των μετάλλων (Estimated Daily Intake, EDI) μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών, λαμβάνοντας υπόψη ένα μέσο βάρος σώματος (body weight, bw) ενήλικα ίσο με 70 kg και μια μέση ημερήσια κατανάλωση ψαριών 0,068 kg που έχει καταγραφεί στην Ελλάδα (FAO 2010b). Ο δείκτης EDI ($\mu\text{g}/70 \text{ kg bw/d}$) εκτιμήθηκε σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{EDI} = \text{Μέση συγκέντρωση μετάλλου } (\mu\text{g}/\text{kg w.w.}) \times \text{Μέση κατανάλωση ψαριών ανά } 70 \text{ kg βάρος σώματος ανά ημέρα } (\text{kg}/70 \text{ kg bw/d})$.

Ακολούθως, ο δείκτης EDI συγκρίθηκε με τα διεθνή καθιερωμένα πρότυπα ασφαλείας, και ειδικότερα αφενός με την προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη των μετάλλων (Provisional Tolerable Daily Intake, PTDI), η οποία θεσπίστηκε από την κοινή επιτροπή FAO/WHO (JECFA 2003) αφετέρου με τη συνιστώμενη ημερήσια δόση αναφοράς των

μετάλλων (Reference Dose, RfD), η οποία θεσπίστηκε από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (USEPA 2014), για ένα μέσο βάρος σώματος ενήλικα ίσο με 70 kg και στις δύο περιπτώσεις. Με τον ίδιο τρόπο, εκτιμήθηκε και η εβδομαδιαία πρόσληψη των μετάλλων (Estimated Weekly Intake, EWI), η οποία συγκρίθηκε με την προσωρινή ανεκτή εβδομαδιαία πρόσληψη των μετάλλων (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) και τη συνιστώμενη εβδομαδιαία δόση αναφοράς τους (RfD) (Türkmen *et al.* 2009).

Επίσης, εκτιμήθηκε ο δείκτης κινδύνου (Hazard Index, HI) που διατρέχει το ελληνικό κοινό από την πρόσληψη κάθε στοιχείου μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών, βάσει του λόγου των δεικτών EWI/PTWI. Ο υπολογισμός του δείκτη HI έγινε ξεχωριστά για κάθε μέταλλο. Από την άθροιση των δεικτών HI όλων των μετάλλων προέκυψε ο ολικός δείκτης κινδύνου (HI_T) (Antonijevic *et al.* 2011). Όταν ο δείκτης κινδύνου λάβει τιμές >1 θεωρείται μη αποδεκτός και η κατανάλωση των ψαριών δεν είναι ασφαλής για την ανθρώπινη υγεία (USEPA 2014). Τέλος, διαιρώντας το δείκτη PTWI με τη μέση συγκέντρωση κάθε μετάλλου υπολογίστηκε η μέγιστη πιθανή εβδομαδιαία κατανάλωση του εδώδιμου ιστού των υπό μελέτη ειδών (Maximum Possible Consumption of Fish, MPCF) σε kg για ένα μέσο βάρος σώματος 70 kg (Escobar-Sánchez *et al.* 2014).

Όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το σύνολο των περιοχών ανά είδος.

8.2.8 Εκτίμηση της θρεπτικής αξίας των υπό μελέτη ειδών

Για την εκτίμηση της θρεπτικής αξίας των υπό μελέτη ειδών, αρχικά υπολογίστηκε ο δείκτης EDI των απαραίτητων μετάλλων Cu, Fe και Zn από την κατανάλωση 100 g μυϊκού ιστού για ένα μέσο βάρος σώματος 70 kg. Έπειτα εκτιμήθηκε η ημερήσια πρόσληψη αυτών των ιχνοστοιχείων (Daily Mineral Intake, $DMI=EDI/RDI*100$) (Ruelas-Inzunza & Pérez-Osuna 2007), δηλαδή ο βαθμός (%) στον οποίο καλύπτουν τα συγκεκριμένα είδη τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη (Recommended Daily Intake, RDI ή daily allowances) των μετάλλων Cu, Fe και Zn, όπως αυτή θεσπίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Cu=1, Fe=14 και Zn=10 $\mu\text{g}/100\text{g}/\text{d}$ (EU 2008b). Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για κάθε περιοχή δειγματοληψίας και για το σύνολο των περιοχών ανά είδος.

8.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

8.3.1 Έλεγχος αξιοπιστίας των χημικών αναλύσεων

Η ανάλυση των πιστοποιημένων δειγμάτων αναφοράς DORM-2, έδειξε ότι η ακρίβεια της αναλυτικής μεθόδου που εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων ήταν αρκετά υψηλή. Οι μέσες τιμές των συντελεστών ανάκτησης ανά μέταλλο παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.4. Στην πορεία των αναλύσεων καταγράφηκαν θετικά ($R > 100\%$) και αρνητικά ($R < 100\%$) σφάλματα, τα οποία κυμάνθηκαν εντός των αποδεκτών ορίων 80–120% (Veiga & Baker 2004). Συνεπώς, λήφθηκαν υπόψη για τη «διόρθωση» των συγκεντρώσεων των μετάλλων μέσω του πολλαπλασιασμού τους με το λόγο της θεωρητικής προς την πειραματική τιμή του DORM-2. Με τον τρόπο αυτό, επιτεύχθηκε η βελτιστοποίηση της ακρίβειας των τιμών των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων σε κάθε δείγμα.

Πίνακας 8.4 Αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας της αναλυτικής μεθόδου

Μέταλλο	CRM θεωρητικό		CRM πειραματικό		N	R (%)
	M.T.	T.A.	M.T.	T.A.		
Hg	4,64	0,26	4,11	0,66	360	88,6
Cd	0,04	0,008	0,04	0,004	125	95,4
Cu	2,34	0,16	2,50	0,05	138	107
Fe	142	10,0	135	8,50	196	94,7
Zn	25,6	2,30	24,0	4,13	355	93,9

CRM, πιστοποιημένο δείγμα αναφοράς, M.T., μέση τιμή (mg/kg d.w.); T.A., τυπική απόκλιση; N, αριθμός ελέγχων ανάκτησης των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων; R, συντελεστής ανάκτησης

8.3.2 Περιεκτικότητα σε υγρασία ανά βιολογικό ιστό

Η περιεκτικότητα των βιολογικών ιστών σε υγρασία παρουσίασε αύξηση κατά τη σειρά: ήπαρ>μυϊκός ιστός>γονάδα>βράγχια και στα δύο υπό μελέτη είδη (Πίνακας 8.5).

Πίνακας 8.5 Υγρασία (%) ανά βιολογικό ιστό και είδος

Ιστός	<i>Scyliorhinus canicula</i>				<i>Squalus blainville</i>			
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
Μυϊκός ιστός	748	74,4	3,11	60,5–84,0	435	74,3	2,65	59,3–88,4
Ήπαρ	584	43,4	11,4	12,3–78,8	419	39,0	13,3	11,7–77,8
Βράγχια	420	79,1	2,86	67,3–88,2	335	78,5	3,17	65,5–90,9
Γονάδα	428	75,8	5,75	56,0–90,9	282	74,6	5,24	56,5–94,7

M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; N, αριθμός ατόμων

8.3.3 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στους ιστούς

Scyliorhinus canicula

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 6.672 μετρήσεις δειγμάτων ιστών ως προς το περιεχόμενο των βαρέων μετάλλων Hg, Cd, Cu, Fe και Zn (Πίνακας 8.6, Εικόνα 8.3).

Πίνακας 8.6 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (mg/kg w.w.) ανά ιστό για το σύνολο των ατόμων του είδους *S. canicula*

Μέταλλο	Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
Hg	741	1,47	0,99	0,20–8,76	575	0,87	1,19	0,01–13,2	405	0,44	0,54	0,002–8,09	412	0,30	0,22	0,02–1,39
Cd	264	0,01	0,02	0,003–0,20	78	0,30	0,30	0,05–1,95	162	0,03	0,02	0,01–0,17	75	0,06	0,08	0,01–0,67
Cu	340	0,39	0,30	0,10–2,79	78	1,90	0,90	0,75–6,79	162	0,71	0,51	0,24–4,01	75	0,92	0,34	0,54–2,76
Fe	346	4,96	2,15	1,28–13,4	287	44,9	34,1	11,3–305	254	33,7	31,3	12,2–317	238	17,4	10,6	4,89–74,8
Zn	748	10,3	4,56	3,68–48,0	584	10,7	5,18	2,28–55,9	420	13,1	7,29	2,40–62,2	428	16,5	5,16	2,42–51,1

N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Squalus blainville

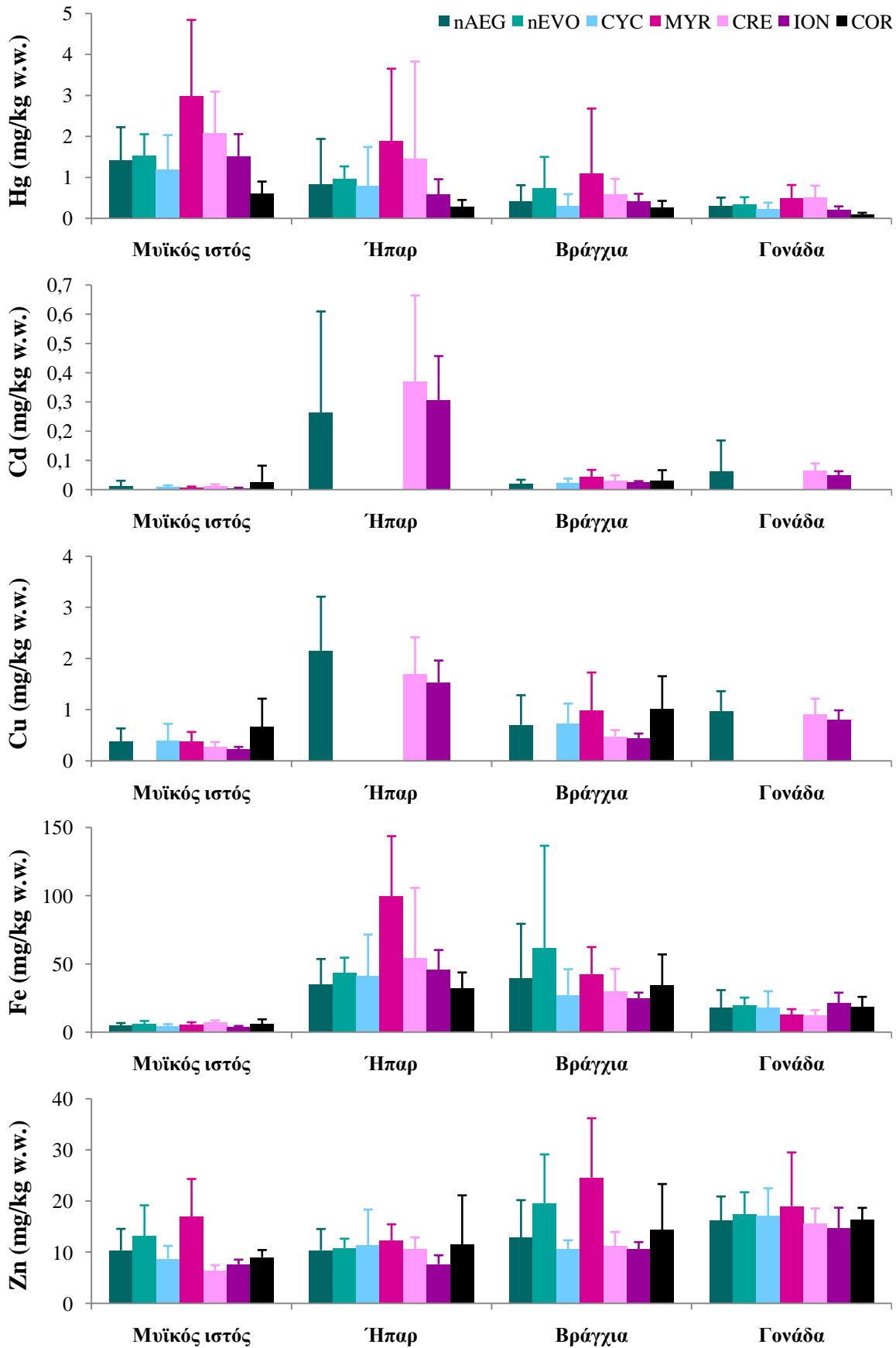
Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 5.072 μετρήσεις δειγμάτων ιστών ως προς το περιεχόμενο των βαρέων μετάλλων Hg, Cd, Cu, Fe και Zn (Πίνακας 8.7, Εικόνα 8.4).

Πίνακας 8.7 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (mg/kg w.w.) ανά ιστό για το σύνολο των ατόμων του είδους *S. blainville*

Μέταλλο	Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
Hg	435	2,85	2,37	0,05–18,7	419	1,44	2,87	0,01–27,9	335	0,92	1,00	0,04–7,71	282	0,86	0,96	0,03–6,73
Cd	279	0,03	0,15	0,003–2,48	99	0,42	0,38	0,03–1,65	181	0,04	0,07	0,004–0,67	109	0,07	0,09	0,01–0,90
Cu	326	0,37	0,43	0,05–5,31	99	1,35	0,78	0,15–5,47	193	0,49	0,36	0,13–3,72	109	0,62	0,22	0,19–1,15
Fe	272	4,78	2,17	1,31–16,4	220	39,6	21,2	3,61–129	190	32,8	20,9	4,60–211	152	17,3	8,35	4,98–53,5
Zn	404	3,38	1,60	0,72–21,4	384	10,3	4,35	1,85–44,0	321	11,2	3,36	1,95–22,7	263	16,2	5,09	4,50–30,3

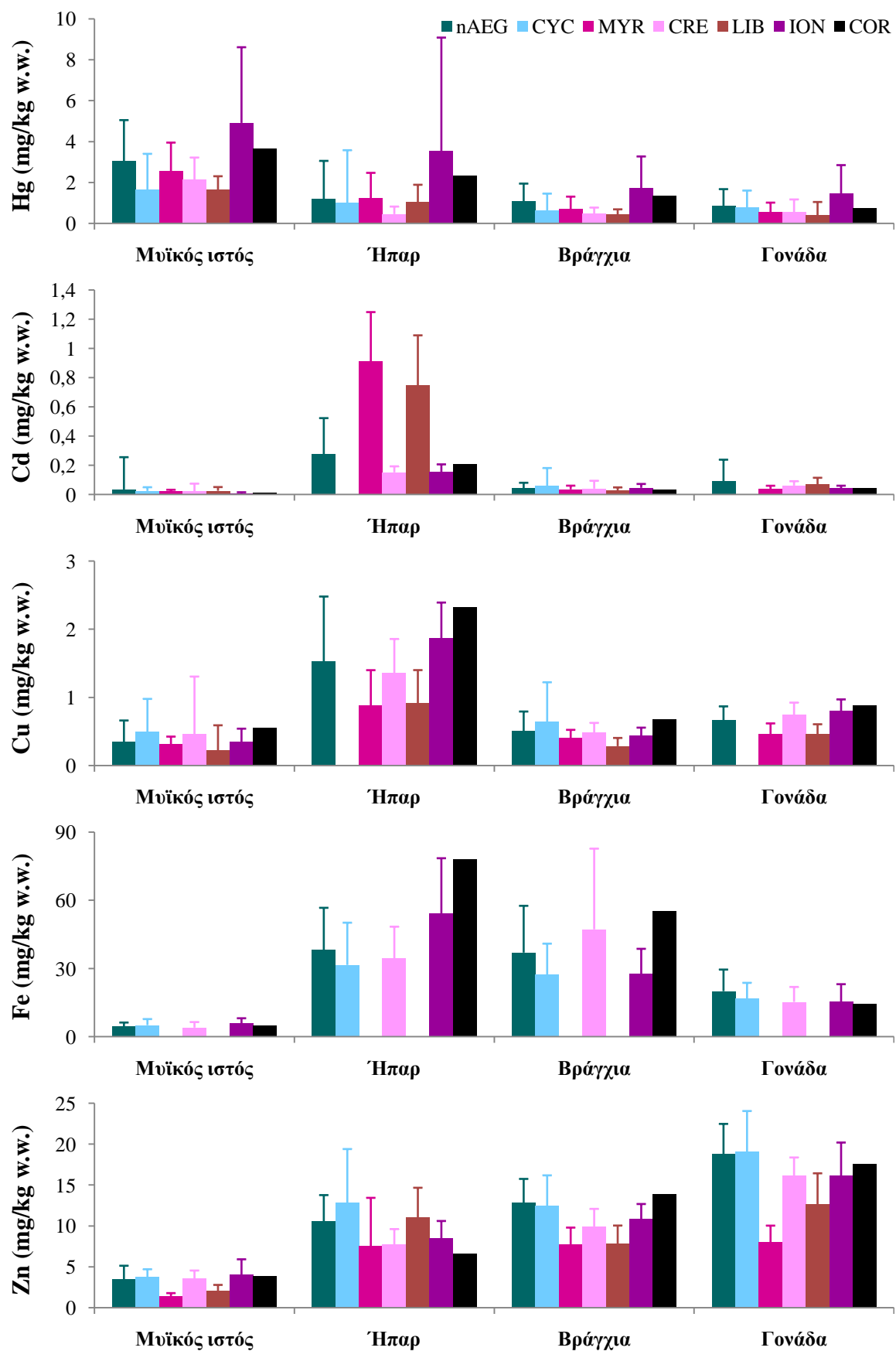
N, αριθμός ατόμων; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των συγκεντρώσεων (mg/kg w.w.) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό και περιοχή δειγματοληψίας παρουσιάζονται ξεχωριστά για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα (γεννητικά ανώριμα, ώριμα και συνολικά) στους Πίνακες Π3–Π7 και Π8–Π12 του Παραρτήματος για τα είδη *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα.



Εικόνα 8.3 Μέσες τιμές (+T.A.) των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στα βράγχια και στη γονάδα του είδους *S. canicula* ανά περιοχή δειγματοληψίας

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ



Εικόνα 8.4 Μέσες τιμές (+T.A.) των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στα βράγχια και στη γονάδα του είδους *S. blainville* ανά περιοχή δειγματοληψίας

8.3.4 Αφθονία βαρέων μετάλλων στους ιστούς

Scyliorhinus canicula

Οι μέσες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό αυξήθηκαν κατά τη σειρά: Cd<Cu<Hg<Fe<Zn στην πλειονότητα των περιοχών. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο τοξικός Hg ήταν το τρίτο αφθονότερο μέταλλο στο μυϊκό ιστό, με μέση συγκέντρωση μεγαλύτερη από αυτή του Cu, ενός στοιχείου που θεωρείται απαραίτητο για τη φυσιολογική λειτουργία των οργανισμών. Στους υπόλοιπους ιστούς, η σειρά αύξησης των μετάλλων ήταν σε γενικές γραμμές Cd<Hg<Cu<Zn<Fe, κατά την οποία φαίνεται ότι τα απαραίτητα μέταλλα φτάνουν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από ό,τι τα μη απαραίτητα στοιχεία (Πίνακας 8.8, Εικόνα 8.5).

Πίνακας 8.8 Σειρά αύξησης των μέσων συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στους ιστούς του είδους *S. canicula* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Μυϊκός ιστός	Ήπαρ	Βράγχια	Γονάδα
nAEG	Cd < Cu < Hg < Fe < Zn	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe
nEVO	Hg < Fe < Zn	Hg < Zn < Fe	Hg < Zn < Fe	Hg < Zn < Fe
CYC	Cd < Cu < Hg < Fe < Zn	Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Hg < Zn < Fe
MYR	Cd < Cu < Hg < Fe < Zn	Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Hg < Fe < Zn
CRE	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Fe < Zn
ION	Cd < Cu < Hg < Fe < Zn	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe
COR	Cd < Hg < Cu < Fe < Zn	Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Hg < Zn < Fe
Σύνολο	Cd < Cu < Hg < Fe < Zn	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe

Με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

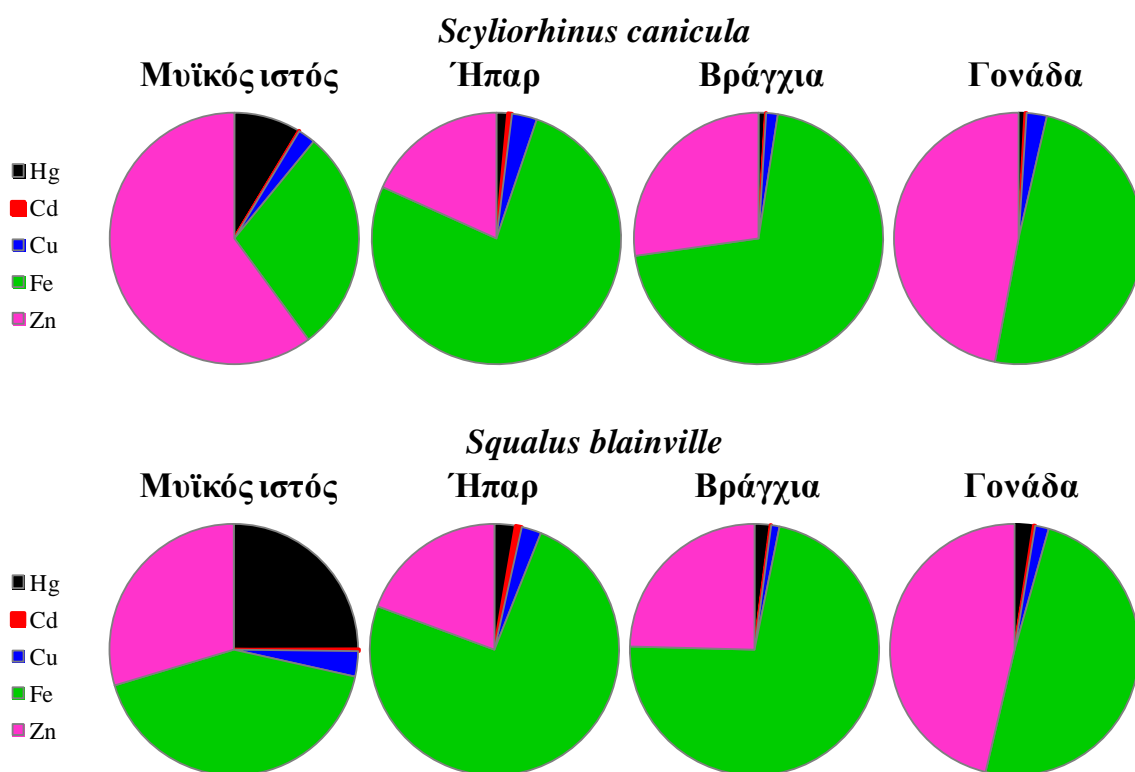
Squalus blainville

Στο μυϊκό ιστό, οι μέσες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων αυξήθηκαν κατά τη σειρά: Cd<Cu<Hg<Zn<Fe στην πλειονότητα των περιοχών. Ομοίως με το προηγούμενο είδος, ο Hg ήταν το τρίτο αφθονότερο μέταλλο στις περισσότερες περιοχές, αλλά σε αντίθεση με αυτό, ο Fe ήταν το αφθονότερο στοιχείο σε κάθε περιοχή. Στο ήπαρ και στη γονάδα, το τρίτο αφθονότερο στοιχείο ήταν άλλοτε ο Hg και άλλοτε ο Cu ανάλογα με την περιοχή, σε αντίθεση με το προηγούμενο είδος όπου σε κάθε περιοχή ίσχυε Cu>Hg. Επίσης, στο ήπαρ και των δύο ειδών ίσχυε Zn<Fe σε κάθε περιοχή, ενώ στη γονάδα άλλοτε ο Fe και άλλοτε ο Zn ήταν το αφθονότερο στοιχείο. Στα βράγχια, η σειρά αύξησης των μετάλλων ήταν σε γενικές γραμμές ίδια με εκείνη στο μυϊκό ιστό, ενώ στο προηγούμενο είδος ο Hg ήταν το δεύτερο αφθονότερο στοιχείο στις περισσότερες περιοχές (Πίνακας 8.9, Εικόνα 8.5).

Πίνακας 8.9 Σειρά αύξησης των μέσων συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στους ιστούς του είδους *S. blainville* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Μυϊκός ιστός	Ήπαρ	Βράγχια	Γονάδα
nAEG	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe
CYC	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Hg < Fe < Zn
MYR	Cd < Cu < Zn < Hg	Cu < Cd < Hg < Zn	Cd < Cu < Hg < Zn	Cd < Cu < Hg < Zn
CRE	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Fe < Zn
LIB	Cd < Cu < Hg < Zn	Cd < Cu < Hg < Zn	Cd < Cu < Hg < Zn	Cd < Hg < Cu < Zn
ION	Cd < Cu < Zn < Hg < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Fe < Zn
COR	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Hg < Cu < Fe < Zn
Σύνολο	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe	Cd < Cu < Hg < Zn < Fe

Με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων



Εικόνα 8.5 Αφθονία βαρέων μετάλλων στους ιστούς των υπό μελέτη ειδών στο σύνολο των περιοχών

8.3.5 Σχέσεις μήκους–συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων

Scyliorhinus canicula

Ο Hg εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο μυϊκό ιστό (nAEG, CYC και CRE), στο ήπαρ (nAEG, CYC και CRE), στα βράγχια (nAEG και CYC) και στη γονάδα (nAEG, MYR και CRE).

Το Cd εμφάνισε σημαντική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων, είτε θετική στο ήπαρ (nAEG, CRE και ION) ή αρνητική στη γονάδα (nAEG). Στο μυϊκό ιστό και στα βράγχια δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική συσχέτιση.

Ο Cu εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο ήπαρ (nAEG). Αντίθετα, παρατηρήθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση στο μυϊκό ιστό (nAEG, CYC, CRE και ION), στα βράγχια (COR) και στη γονάδα (CRE).

Ο Fe εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο ήπαρ (CYC, CRE, ION και COR) και στα βράγχια (ION και COR), αλλά σημαντική αρνητική συσχέτιση στο μυϊκό ιστό (nAEG και CYC) και στη γονάδα (nAEG, nEVO και MYR).

Ο Zn εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο μυϊκό ιστό (nAEG και CYC) και στα βράγχια (nAEG). Σημαντική αρνητική συσχέτιση εμφάνισε στο μυϊκό ιστό (MYR) και στη γονάδα (CYC και MYR) (Πίνακας 8.10, Εικόνα 8.6).

Squalus blainville

Η συγκέντρωση του Hg στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων σε κάθε περιοχή. Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών βρέθηκε, επίσης, τόσο στα βράγχια (σε όλες τις περιοχές, με εξαίρεση το MYR και το LIB) όσο και στη γονάδα (σε όλες τις περιοχές, με εξαίρεση το MYR και το CRE).

Το Cd εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο ήπαρ (LIB και ION) και στη γονάδα (CRE), ενώ παρουσίασε σημαντική αρνητική συσχέτιση στο μυϊκό ιστό (MYR και LIB) και στα βράγχια (LIB).

Ο Cu εμφάνισε σημαντική αρνητική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο μυϊκό ιστό (nAEG, CYC, MYR και LIB), στο ήπαρ (ION) και στη γονάδα (ION). Στα βράγχια παρουσίασε είτε θετική (nAEG) ή αρνητική (CYC και MYR) σημαντική συσχέτιση.

Ο Fe εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο ήπαρ, στη γονάδα (CYC, CRE και ION, και στους δύο ιστούς) και στα βράγχια (nAEG, CYC και ION). Στο μυϊκό ιστό εμφάνισε σημαντική θετική (CYC) ή αρνητική (nAEG) συσχέτιση.

Ο Zn εμφάνισε σημαντική αρνητική συσχέτιση με το μήκος των ατόμων στο μυϊκό ιστό (CRE, LIB και ION), στο ήπαρ (nAEG και CRE) και στη γονάδα (CRE και ION). Στα βράγχια εμφάνισε άλλοτε θετική (nAEG και ION) και άλλοτε αρνητική (LIB) σημαντική συσχέτιση (Πίνακας 8.11, Εικόνα 8.6).

Συμπερασματικά, και στα δύο είδη όλες οι σημαντικές συσχετίσεις του Hg με το ολικό μήκος των ατόμων ήταν θετικές, ενώ το είδος της συσχέτισης (θετική ή αρνητική) των υπόλοιπων μετάλλων με το μήκος των ατόμων εξαρτήθηκε από το είδος του ιστού.

Πίνακας 8.10 Συντελεστές της σχέσης ολικού μήκους–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων για το είδος *S. canicula* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων

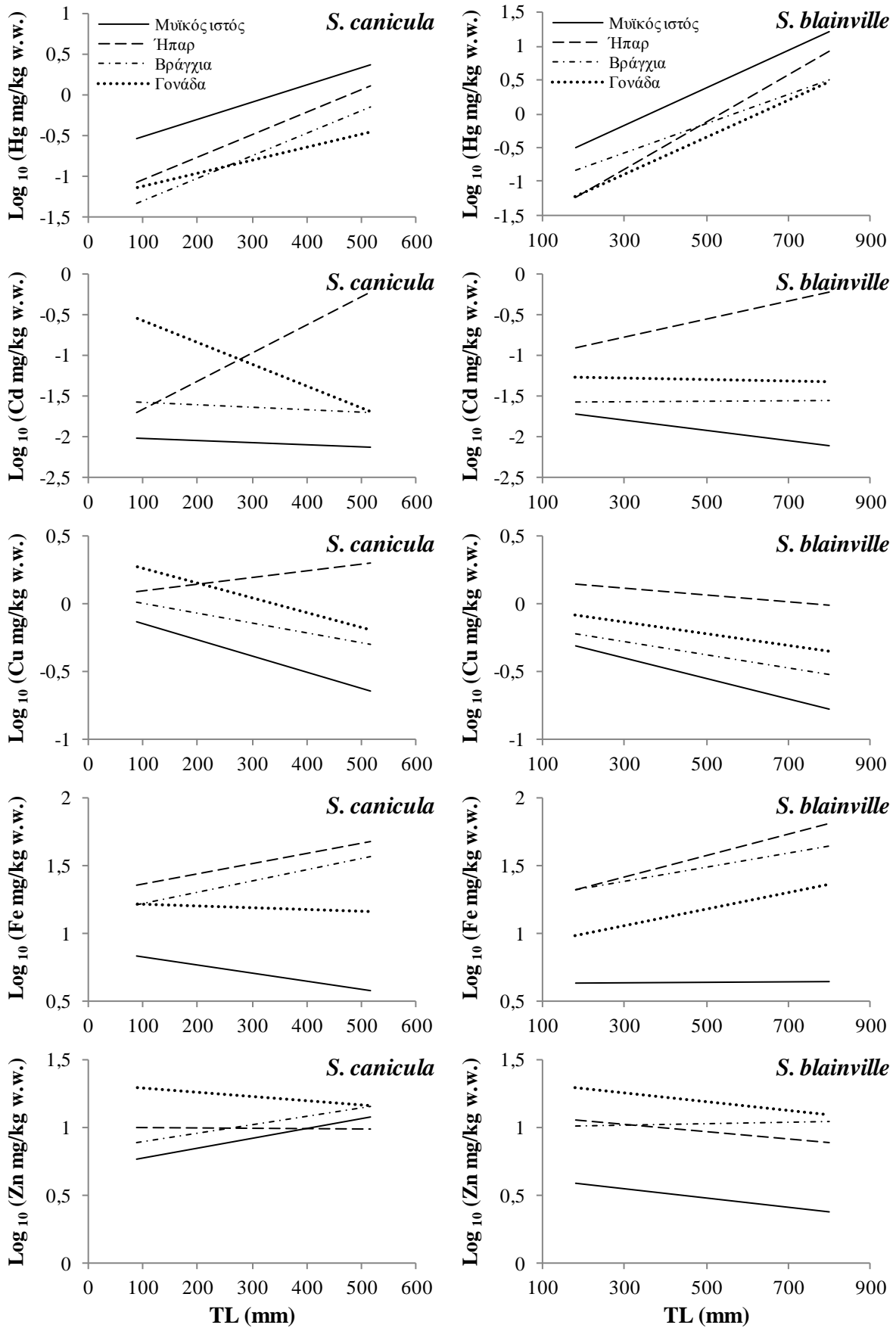
Περιοχή	Μέταλλο	Μυϊκός ιστός						Ήπαρ						Βράγμα						Γονάδα					
		N	α	b	T.Σ. _(b)	r	P	N	α	b	T.Σ. _(b)	r	P	N	α	b	T.Σ. _(b)	r	P	N	α	b	T.Σ. _(b)	r	P
nAEG	Hg	452	-0,7467	0,0022	0,0002	0,519	0	325	-1,4445	0,0031	0,0003	0,473	0	205	-1,4000	0,0024	0,0004	0,387	0	226	-1,7987	0,0029	0,0005	0,335	0
	Cd	115	-2,0087	-0,0002	0,0005	-0,046	0,6276	40	-2,1818	0,0036	0,0014	0,396	0,0114	40	-1,6086	-0,0004	0,0011	-0,061	0,7087	40	0,3438	-0,0046	0,0018	-0,384	0,0145
	Cu	156	-0,2593	-0,0006	0,0003	-0,163	0,0420	40	-0,3120	0,0015	0,0007	0,328	0,0387	40	0,0579	-0,0007	0,0009	-0,124	0,4472	40	0,3517	-0,0010	0,0006	-0,251	0,1188
	Fe	148	0,9067	-0,0007	0,0003	-0,226	0,0058	75	1,6446	-0,0004	0,0005	-0,099	0,3979	60	1,2621	0,0007	0,0007	0,115	0,3825	70	2,0715	-0,0022	0,0008	-0,331	0,0051
	Zn	452	0,7101	0,0007	0,0001	0,280	0	325	0,9715	4E-05	0,0002	0,012	0,8302	205	0,7216	0,0009	0,0002	0,280	0	230	1,0773	0,0003	0,0003	0,061	0,3548
nEVO	Hg	32	0,0749	0,0002	0,0009	0,039	0,8308	14	0,3184	-0,0009	0,0011	-0,229	0,4320	14	0,4014	-0,0016	0,0023	-0,194	0,5070	14	-1,0131	0,0012	0,0021	0,161	0,5831
	Cd																								
	Cu																								
	Fe	14	0,9701	-0,0005	0,0040	-0,106	0,7181	14	1,5040	0,0003	0,0009	0,091	0,7570	14	1,3684	0,0007	0,0022	0,091	0,7561	14	2,0734	-0,0019	0,0009	-0,535	0,0489
	Zn	32	0,7435	0,0008	0,0012	0,117	0,5235	15	1,0681	-0,0001	0,0006	-0,046	0,8698	15	0,5164	0,0017	0,0014	0,333	0,2253	15	1,7040	-0,0011	0,0010	-0,294	0,2868
CYC	Hg	141	-0,6676	0,0018	0,0003	0,449	0	141	-1,3014	0,0027	0,0005	0,420	0	95	-1,9587	0,0033	0,0006	0,518	0	90	-0,6775	-0,0002	0,0008	-0,025	0,8138
	Cd	65	-1,8817	-0,0007	0,0004	-0,217	0,0818							45	-1,5487	-0,0004	0,0005	-0,142	0,3528						
	Cu	97	0,1216	-0,0016	0,0003	-0,513	0							45	-0,0171	-0,0004	0,0003	-0,190	0,2102						
	Fe	93	1,0003	-0,0011	0,0002	-0,494	0	107	1,3073	0,0007	0,0003	0,238	0,0135	93	1,2347	0,0004	0,0002	0,161	0,1237	74	1,0276	0,0003	0,0006	1,063	0,5966
	Zn	146	0,6951	0,0006	0,0001	0,387	0	146	0,9925	3E-05	0,0003	0,010	0,9086	102	1,0110	2E-05	0,0001	0,020	0,8438	96	1,4674	-0,0006	0,0002	-0,267	0,0086
MYR	Hg	43	-0,2262	0,0015	0,0017	0,139	0,3727	22	-1,5467	0,0043	0,0024	0,364	0,0959	17	0,7340	-0,0030	0,0015	-0,471	0,0561	22	-2,1824	0,0045	0,0020	0,454	0,0338
	Cd	17	-2,2265	0,0003	0,0014	0,046	0,8599							17	-2,0412	0,0015	0,0020	0,194	0,4558						
	Cu	17	0,7340	-0,0030	0,0015	-0,471	0,0561							17	-0,6812	0,0015	0,0019	0,202	0,4378						
	Fe	21	0,6879	0,0001	0,0009	0,034	0,8822	21	1,6454	0,0008	0,0015	0,116	0,6165	19	0,6357	0,0024	0,0014	0,399	0,0910	21	2,0586	-0,0024	0,0009	-0,541	0,0113
	Zn	43	2,3234	-0,0028	0,0012	-0,330	0,0305	23	1,5619	-0,0012	0,0009	-0,275	0,2034	23	0,6726	0,0017	0,0014	0,264	0,2228	23	2,6174	-0,0035	0,0014	-0,479	0,0207
CRE	Hg	32	-0,7190	0,0026	0,0006	0,592	0,0004	32	-1,9186	0,0046	0,0017	0,454	0,0090	32	-0,9347	0,0015	0,0013	0,213	0,2409	23	-1,6404	0,0032	0,0010	0,581	0,0036
	Cd	32	-1,4169	-0,0014	0,0007	-0,345	0,0528	21	-2,2945	0,0046	0,0013	0,646	0,0016	25	-1,5791	0,0001	0,0009	0,017	0,9364	18	-1,0193	-0,0005	0,0013	-0,094	0,7118
	Cu	32	-0,1621	-0,0011	0,0005	-0,398	0,0240	21	0,4366	-0,0006	0,0012	-0,124	0,5923	25	-0,2283	-0,0003	0,0006	-0,104	0,6203	18	0,7977	-0,0022	0,0009	-0,530	0,0237
	Fe	32	0,9394	-0,0002	0,0004	-0,124	0,4997	32	0,7754	0,0022	0,0009	0,407	0,0209	32	1,4716	-0,0001	0,0008	-0,030	0,8726	23	0,9262	0,0004	0,0007	0,105	0,6336
	Zn	33	0,6592	0,0004	0,0002	0,264	0,1378	33	0,8719	0,0004	0,0003	0,198	0,2684	33	1,1192	-0,0002	0,0003	-0,109	0,5464	28	1,2218	-0,0001	0,0004	-0,046	0,8163
ION	Hg	20	-0,1884	0,0008	0,0008	0,241	0,3057	20	-0,7799	0,0011	0,0016	0,160	0,5013	20	-0,9014	0,0012	0,0011	0,248	0,2924	20	-1,3686	0,0016	0,0009	0,371	0,1078
	Cd	17	-2,0044	-0,0006	0,0005	-0,295	0,2503	17	-1,8044	0,0031	0,0009	0,670	0,0032	17	-1,2753	-0,0008	0,0004	-0,453	0,0680	17	-1,2436	-0,0002	0,0008	-0,068	0,7958
	Cu	17	-0,2360	-0,0010	0,0004	-0,573	0,0162	17	0,2749	-0,0003	0,0007	-0,099	0,7068	17	-0,0124	-0,0009	0,0004	-0,472	0,0557	17	0,1226	-0,2226	0,0006	-0,254	0,3257
	Fe	17	0,8630	-0,0007	0,0005	-0,373	0,1406	17	0,8481	0,0020	0,0006	0,624	0,0074	17	1,0168	0,0009	0,0004	0,518	0,0331	17	1,3046	5E-07	0,0008	2E-4	0,9995
	Zn	17	0,6792	0,0005	0,0003	0,435	0,0812	17	1,0032	-0,0003	0,0006	-0,140	0,5910	17	0,8463	0,0004	0,0003	0,341	0,1498	17	1,3926	-0,0006	0,0006	-0,250	0,3323
COR	Hg	21	-0,4092	0,0004	0,0005	0,209	0,3623	21	-0,4067	-0,0007	0,0008	-0,199	0,3867	17	-1,1566	0,0012	0,0010	0,311	0,2245	17	-1,3524	0,0008	0,0006	0,333	0,1912
	Cd	18	-2,4400	0,0013	0,0012	0,244	0,3291							18	-1,4707	-0,0006	0,0011	-0,140	0,5807						
	Cu	21	0,1785	-0,0012	0,0006	-0,419	0,0590							18	0,5439	-0,0016	0,0006	-0,582	0,0112						
	Fe	21	0,6941	0,0001	0,0006	0,031	0,8932	21	1,1921	0,0008	0,0003	0,490	0,0241	19	0,9038	0,0015	0,0051	0,584	0,0087	19	0,8544	0,0010	0,0005	0,437	0,0613
	Zn	25	0,9067	0,0001	0,0002	0,154	0,4611	25	1,1797	-0,0006	0,0006	-0,197	0,3443	25	0,8557	0,0007	0,0004	0,319	0,1204	19	1,3038	-0,0002	0,0002	-0,246	0,3094
Σύνολο	Hg	741	-0,7213	0,0021	0,0001	0,466	0	575	-1,3303	0,0028	0,0003	0,414	0	405	-1,5599	0,0027	0,0003	0,408	0	412	-1,2835	0,0016	0,0004	0,206	0
	Cd	264	-1,9953	-0,0003	0,0003	-0,057	0,3587	78	-2,0080	0,0035	0,0008	0,432	0,0001	162	-1,5389	-0,0003	0,0004	-0,072	0,3652	75	-0,3182	-0,0027	0,0010	-0,290	0,0117
	Cu	340	-0,0278	-0,0012	0,0002	-0,345	0	78	0,0508	0,0005	0,0005	0,107	0,3493	162	0,0838	-0,0007	0,0003	-0,217	0,0055	75	0,3690	-0,0011	0,0004	-0,306	0,0076
	Fe	346	0,8931	-0,0006	0,0002	-0,208	0,0001	287	1,2930	0,0007	0,0002	0,201	0,0006	254	1,1388	0,0008	0,0002	0,231	0,0002	238	1,2296	-0,0001	0,0003	-0,028	0,6697
	Zn	748	0,7023	0,0007	0,0001	0,266	0	584	1,0014	-2E-05	0,0001	-0,008	0,8425	420	0,8369	0,0006	0,0001	0,225	0	428	1,3296	-0,0003	0,0002	-0,095	0,0497

N, αριθμός ατόμων; α , τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; r, συντελεστής συσχέτισης; P, τιμή πιθανότητας; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Πίνακας 8.11 Συντελεστές της σχέσης ολικού μήκους–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων για το είδος *S. blainville* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων

Περιοχή	Μέταλλο	Μυϊκός ιστός						Ήπαρ						Βράγχια						Γονάδα					
		N	<i>a</i>	<i>b</i>	T.Σ. _(b)	<i>r</i>	<i>P</i>	N	<i>a</i>	<i>b</i>	T.Σ. _(b)	<i>r</i>	<i>P</i>	N	<i>a</i>	<i>b</i>	T.Σ. _(b)	<i>r</i>	<i>P</i>	N	<i>a</i>	<i>b</i>	T.Σ. _(b)	<i>r</i>	<i>P</i>
nAEG	Hg	196	-0,6107	0,0021	0,0001	0,745	0	180	-1,6444	0,0029	0,0003	0,652	0	105	-1,0953	0,0021	0,0002	0,716	0	120	-1,4399	0,0023	0,0003	0,573	0
	Cd	125	-1,6554	-0,0006	0,0003	-0,156	0,0825	35	-1,0370	0,0008	0,0004	0,316	0,0641	45	-1,2346	-0,0005	0,0004	-0,171	0,2603	35	-1,4425	0,0004	0,0007	0,116	0,5053
	Cu	150	-0,4120	-0,0002	0,0001	-0,127	0,1202	35	0,1817	-0,0001	0,0003	-0,062	0,7225	45	-0,5818	0,0005	0,0002	0,302	0,0440	35	-0,0272	-0,0003	0,0003	-0,212	0,2225
	Fe	142	0,8662	-0,0005	0,0001	-0,311	0,0002	75	1,5957	-0,0001	0,0002	-0,067	0,5705	40	0,9377	0,0012	0,0002	0,656	0	55	1,0881	0,0003	0,0003	0,149	0,2764
	Zn	185	0,5911	-0,0001	0,0001	-0,121	0,1019	175	1,2372	-0,0005	0,0001	-0,362	0	100	0,8941	0,0004	0,0000	0,523	0	112	1,3487	-0,0002	0,0001	-0,169	0,0747
CYC	Hg	83	-1,4454	0,0036	0,0002	0,918	0	83	-2,0971	0,0042	0,0002	0,903	0	83	-1,2887	0,0024	0,0002	0,853	0	33	-2,4104	0,0039	0,0006	0,743	0
	Cd	43	-1,5219	-0,0008	0,0004	-0,265	0,0860							42	-1,7730	0,0003	0,0006	0,069	0,6646						
	Cu	61	-0,1116	-0,0008	0,0002	-0,550	0							50	-0,0551	-0,0006	0,0002	-0,364	0,0094						
	Fe	64	0,3889	0,0008	0,0002	0,543	0	64	1,0001	0,0012	0,0002	0,705	0	69	1,2396	0,0005	0,0002	0,340	0,0043	26	0,9077	0,0006	0,0003	0,397	0,0449
	Zn	68	0,5645	-3E-05	0,0001	-0,042	0,7323	73	0,9747	0,0003	0,0001	0,202	0,0858	73	0,9897	0,0002	0,0001	0,221	0,0605	23	1,5751	-0,0006	0,0003	-0,405	0,0542
MYR	Hg	30	-0,3216	0,0013	0,0005	0,465	0,0095	30	-0,8956	0,0016	0,0006	0,437	0,0156	30	-0,8216	0,0011	0,0005	0,355	0,0541	30	-1,0367	0,0012	0,0007	0,306	0,1000
	Cd	20	-0,9294	-0,0016	0,0005	-0,565	0,0094	15	-0,4268	0,0007	0,0004	0,451	0,0915	20	-1,2788	-0,0005	0,0006	-0,189	0,4259	17	-0,9984	-0,0009	0,0006	-0,357	0,1599
	Cu	20	-0,0958	-0,0008	0,0003	-0,544	0,0131	15	0,1091	-0,0004	0,0005	-0,222	0,4275	20	-0,0988	-0,0006	0,0003	-0,458	0,0423	17	-0,2873	-0,0001	0,0004	-0,089	0,7347
	Fe																								
	Zn	27	0,0789	0,0001	0,0003	0,057	0,7764	17	1,1441	-0,0007	0,0007	-0,261	0,3125	33	0,7518	0,0002	0,0003	0,145	0,4212	30	0,9889	-0,0002	0,0002	-0,146	0,4424
CRE	Hg	33	-0,5539	0,0019	0,0006	0,512	0,0023	33	-1,7451	0,0030	0,0008	0,559	0,0007	33	-1,1511	0,0018	0,0005	0,524	0,0017	15	-0,8351	0,0009	0,0011	0,224	0,4214
	Cd	15	-1,1290	0,0006	0,0004	0,407	0,1316	15	-1,1290	0,0006	0,0004	0,407	0,1316	31	-0,8845	-0,0016	0,0009	-0,299	0,1022	15	-1,9760	0,0015	0,0006	0,605	0,0169
	Cu	34	-0,0789	-0,0010	0,0006	-0,277	0,1066	15	0,3277	-0,0005	0,0005	-0,255	0,3597	31	-0,1660	-0,0004	0,0003	-0,227	0,2198	15	0,0258	-0,0004	0,0003	-0,312	0,2575
	Fe	30	0,9539	-0,0009	0,0005	-0,333	0,0717	30	1,0222	0,0011	0,0003	0,564	0,0012	30	1,3736	0,0005	0,0006	0,165	0,3843	20	0,6751	0,0010	0,0004	0,479	0,0326
	Zn	34	0,9520	-0,0010	0,0002	-0,568	0,0005	34	1,3017	-0,0010	0,0002	-0,674	0	33	0,9323	0,0001	0,0002	0,112	0,5299	17	1,4265	-0,0005	0,0001	-0,635	0,0062
LIB	Hg	30	-0,4451	0,0012	0,0005	0,395	0,0307	30	-1,0990	0,0019	0,0008	0,392	0,0320	30	-0,8978	0,0009	0,0007	0,251	0,1808	30	-2,3149	0,0032	0,0009	0,552	0,0016
	Cd	22	0,0661	-0,0034	0,0012	-0,535	0,0102	18	-1,1441	0,0018	0,0008	0,518	0,0276	22	-0,3519	-0,0025	0,0011	-0,442	0,0397	26	-0,9097	-0,0006	0,0010	-0,119	0,5624
	Cu	26	1,3947	-0,0041	0,0009	-0,667	0,0002	18	-0,9631	0,0016	0,0011	0,345	0,1612	26	-0,1609	-0,0008	0,0006	-0,270	0,1821	26	-0,2995	-0,0001	0,0005	-0,042	0,8393
	Fe																								
	Zn	27	1,0620	-0,0015	0,0004	-0,605	0,0008	22	1,2728	-0,0005	0,0006	-0,189	0,3987	27	1,5302	-0,0012	0,0003	-0,624	0,0005	27	1,4617	-0,0007	0,0004	-0,355	0,0688
ION	Hg	62	-0,5566	0,0023	0,0002	0,868	0	62	-1,7926	0,0038	0,0004	0,744	0	53	-1,2931	0,0026	0,0003	0,757	0	53	-2,1208	0,0039	0,0004	0,821	0
	Cd	33	-1,9908	-0,0003	0,0003	-0,177	0,3245	15	-1,3217	0,0009	0,0003	0,686	0,0047	20	-1,2336	-0,0003	0,0005	-0,141	0,5532	15	-1,2071	-0,0003	0,0004	-0,253	0,3624
	Cu	33	-0,3778	-0,0003	0,0002	-0,198	0,2695	15	0,5183	-0,0005	0,0002	-0,533	0,0406	20	-0,2281	-0,0003	0,0002	-0,276	0,2381	15	0,1792	-0,0005	0,0001	-0,735	0,0018
	Fe	35	0,7452	-4E-06	0,0001	-0,005	0,9776	50	1,4824	0,0004	0,0002	0,314	0,0264	50	1,1071	0,0006	0,0002	0,374	0,0074	50	0,7641	0,0007	0,0002	0,431	0,0018
	Zn	62	0,8046	-0,0005	0,0001	-0,418	0,0007	62	0,9923	-0,0002	0,0001	-0,181	0,1588	53	0,8979	0,0002	0,0001	0,398	0,0031	53	1,4735	-0,0005	0,0001	-0,458	0,0006
Σύνολο	Hg	435	-0,9979	0,0028	0,0001	0,808	0	419	-1,8661	0,0035	0,0001	0,773	0	335	-1,2172	0,0021	0,0001	0,729	0	282	-1,7265	0,0027	0,0002	0,589	0
	Cd	279	-1,6087	-0,0006	0,0002	-0,199	0,0008	99	-1,1027	0,0011	0,0003	0,329	0,0009	181	-1,5840	4E-05	0,0002	0,013	0,8607	109	-1,2562	-0,0001	0,0003	-0,024	0,8043
	Cu	326	-0,1833	-0,0007	0,0001	-0,392	0	99	0,1889	-0,0002	0,0002	-0,108	0,2854	181	-0,1419	-0,0005	0,0003	-0,305	0	109	-0,0118	-0,0004	0,0002	-0,252	0,0081
	Fe	272	0,6302	2E-05	0,0001	0,012	0,8470	220	1,1822	0,0008	0,0001	0,475	0	190	1,2341	0,0005	0,0001	0,357	0	152	0,8802	0,0006	0,0001	0,337	0
	Zn	404	0,6505	-0,0003	0,0001	-0,253	0	384	1,1054	-0,0003	0,0001	-0,214	0	321	1,0034	0,0001	0,0001	0,049	0,3835	263	1,3478	-0,0003	0,0001	-0,182	0,0030

N, αριθμός ατόμων; *a*, τετμημένη; *b*, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του *b*; *r*, συντελεστής συσχέτισης; *P*, τιμή πιθανότητας με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων; ο COR εξαερέθηκε, γιατί αντιπροσωπεύτηκε από ένα άτομο



Εικόνα 8.6 Γραμμική συσχέτιση του ολικού μήκους (TL) και των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό των ειδών *S. canicula* και *S. blainville* στο σύνολο των περιοχών

8.3.6 Σχέσεις ηλικίας–συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων

Squalus blainville

Η συσχέτιση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων με την ηλικία των ατόμων διερευνήθηκε σε λιγότερο αριθμό ατόμων, καθότι δεν ήταν εφικτή η εκτίμηση της ηλικίας στο σύνολό τους. Παρ' όλα αυτά, το πρότυπο μεταβολής του μεταλλικού φορτίου των ιστών αυξανόμενης της ηλικίας ήταν παρόμοιο με εκείνο που παρατηρήθηκε όταν χρησιμοποιήθηκε ως παράγοντας το μήκος των ατόμων (Πίνακας 8.12).

Ο Hg εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με την ηλικία των ατόμων στο μυϊκό ιστό στην πλειονότητα των περιοχών (nAEG, CYC, CRE και ION), στο ήπαρ σε κάθε περιοχή, καθώς και στην πλειονότητα των περιοχών είτε στα βράγχια (nAEG, CYC, MYR, CRE και ION) ή στη γονάδα (nAEG, CYC, MYR, LIB και ION).

Το Cd εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με την ηλικία των ατόμων μόνο στη γονάδα (CRE). Στους υπόλοιπους ιστούς δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική συσχέτιση.

Ο Cu εμφάνισε σημαντική συσχέτιση με την ηλικία των ατόμων μόνο στο μυϊκό ιστό (CYC) και στη γονάδα (ION) όπου ήταν αρνητική. Στους υπόλοιπους ιστούς δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική συσχέτιση.

Ο Fe εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με την ηλικία των ατόμων, κυρίως στο ήπαρ (CYC, CRE και ION) και στα βράγχια (nAEG, CYC και ION). Στο μυϊκό ιστό εμφάνισε σημαντική θετική (CYC) ή αρνητική (nAEG) συσχέτιση. Στη γονάδα δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική συσχέτιση.

Τέλος, ο Zn εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με την ηλικία των ατόμων στα βράγχια (nAEG και ION), ενώ σημαντική αρνητική συσχέτιση εμφάνισε στο μυϊκό ιστό (ION), στο ήπαρ (nAEG και CRE) και στη γονάδα (CYC και CRE).

Πίνακας 8.12 Συντελεστές της σχέσης ηλικίας–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων για το είδος *S. blainville* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων

Περιοχή	Μέταλλο	Μυϊκός ιστός					Ήπαρ					Βράγχια					Γονάδα								
		N	a	b	T.Σ. _(b)	r	P	N	a	b	T.Σ. _(b)	r	P	N	a	b	T.Σ. _(b)	r	P	N	a	b	T.Σ. _(b)	r	P
nAEG	Hg	140	-0,2293	0,0503	0,0051	0,647	0	129	-1,2034	0,0786	0,0096	0,587	0	83	-0,7577	0,0523	0,0079	0,591	0	86	-1,1251	0,0658	0,0103	0,573	0
	Cd	98	-1,8668	-0,0033	0,0108	-0,032	0,7580	26	-0,8919	0,0175	0,0141	0,244	0,2280	33	-1,2922	-0,0158	0,0169	-0,165	0,3581	24	-1,4779	0,0176	0,0269	0,1380	0,5201
	Cu	117	-0,4455	-0,0063	0,0045	-0,130	0,1622	26	0,2664	-0,0116	0,0088	-0,259	0,2009	33	-0,3646	0,0023	0,0079	0,051	0,7760	24	0,0196	-0,0154	0,0097	-0,319	0,1281
	Fe	109	0,7693	-0,0123	0,0042	-0,272	0,0043	51	1,5730	-0,0048	0,0090	-0,075	0,6000	26	1,1639	0,0225	0,0074	0,530	0,0054	39	1,2704	-0,0004	0,0102	-0,006	0,9703
	Zn	132	0,5958	-0,0055	0,0030	-0,159	0,0689	122	1,1206	-0,0099	0,0032	-0,270	0,0026	77	0,9904	0,0082	0,0027	0,329	0,0035	79	1,2961	-0,0016	0,0032	-0,058	0,6139
CYC	Hg	75	-0,7766	0,0881	0,0048	0,894	0	75	-1,3123	0,0917	0,0057	0,884	0	75	-0,8554	0,0533	0,0040	0,841	0	27	-1,4518	0,0745	0,0116	0,788	0
	Cd	37	-1,7191	-0,0056	0,0118	-0,080	0,6368							35	-1,7815	0,0117	0,0153	0,132	0,4503						
	Cu	55	-0,2557	-0,0191	0,0046	-0,497	0,0001							42	-0,1875	-0,0082	0,0062	-0,205	0,1934						
	Fe	59	0,5259	0,0175	0,0039	0,508	0	58	1,2517	0,0239	0,0039	0,629	0	63	1,3330	0,0097	0,0039	0,306	0,0148	22	1,0295	0,0109	0,0068	0,337	0,1254
	Zn	62	0,5570	0,0006	0,0019	0,043	0,7377	64	1,0262	0,0063	0,0036	0,214	0,0896	64	1,0352	0,0047	0,0034	0,174	0,1684	16	1,5182	-0,0152	0,0064	-0,537	0,0318
MYR	Hg	20	-0,0795	0,0304	0,0149	0,432	0,0570	20	-0,6481	0,0443	0,0159	0,549	0,0121	20	-0,9431	0,0521	0,0141	0,656	0,0017	20	-1,1480	0,0536	0,0200	0,534	0,0153
	Cd	14	-1,3892	-0,0228	0,0274	-0,234	0,4215	10	-0,5531	0,0362	0,0169	0,603	0,0650	14	-1,3893	-0,0077	0,0274	-0,080	0,7846	11	-1,5251	0,0066	0,0431	0,051	0,8814
	Cu	14	-0,3587	-0,0096	0,0140	-0,195	0,5038	10	-0,1695	0,0072	0,0276	0,092	0,7995	14	-0,4100	0,0027	0,0119	0,065	0,8240	11	-0,1325	-0,0159	0,0177	-0,287	0,3923
	Fe																								
	Zn	18	-0,0194	0,0115	0,0081	0,335	0,1747	10	0,9718	-0,0162	0,0408	-0,139	0,7023	22	0,8344	0,0033	0,0086	0,087	0,7018	20	0,9859	-0,0062	0,0076	-0,190	0,4226
CRE	Hg	28	-0,1017	0,0362	0,0156	0,414	0,0286	28	-0,9166	0,0452	0,0197	0,410	0,0304	28	-0,7747	0,0404	0,0124	0,540	0,0030	12	-0,7286	0,0249	0,0244	0,307	0,3317
	Cd	30	-1,6176	-0,0210	0,0183	-0,212	0,2611	14	-1,0560	0,0190	0,0091	0,517	0,0584	26	-1,2241	-0,0305	0,0237	-0,254	0,2103	14	-1,7224	0,0404	0,0132	0,663	0,0098
	Cu	30	-0,3668	-0,0098	0,0135	-0,136	0,4751	14	0,2653	-0,0144	0,0127	-0,311	0,2783	26	-0,2788	-0,0046	0,0082	-0,113	0,5811	14	-0,1137	-0,0015	0,0074	-0,060	0,8392
	Fe	26	0,6768	-0,0130	0,0106	-0,243	0,2322	26	1,3488	0,0139	0,0066	0,396	0,0454	26	1,6016	-0,0007	0,0131	-0,011	0,9567	17	0,9791	0,0148	0,0089	0,396	0,1155
	Zn	29	0,6702	-0,0117	0,0065	-0,327	0,0836	29	1,0799	-0,0182	0,0049	-0,578	0,0010	29	0,9620	0,0024	0,0052	0,089	0,6453	14	1,3699	-0,0145	0,0034	-0,775	0,0011
LIB	Hg	13	-0,2235	0,0230	0,0133	0,462	0,1117	13	-0,7531	0,0380	0,0166	0,568	0,0428	13	-0,8148	0,0223	0,0180	0,350	0,2413	13	-1,4081	0,0411	0,0147	0,644	0,0174
	Cd	9	-1,0434	-0,0450	0,0603	-0,271	0,4802	6	-0,0682	-0,0050	0,0474	-0,052	0,9216	9	-0,6216	-0,0616	0,0395	-0,508	0,1628	9	-1,3333	0,0091	0,0381	0,090	0,8182
	Cu	9	0,5547	-0,0794	0,0384	-0,590	0,0728	6	-1,5207	0,0938	0,0552	0,648	0,1643	10	-0,0122	-0,0332	0,0206	-0,495	0,1454	9	-0,8126	0,0265	0,0120	0,641	0,0627
	Fe																								
	Zn	10	0,6859	-0,0245	0,0181	-0,432	0,2129	8	1,4000	-0,0257	0,0261	-0,373	0,3629	10	1,1021	-0,0135	0,0119	-0,373	0,2885	10	1,5025	-0,0270	0,0154	-0,527	0,1178
ION	Hg	46	-0,1058	0,0502	0,0043	0,872	0	46	-1,0761	0,0848	0,0117	0,737	0	37	-0,7690	0,0572	0,0091	0,727	0	37	-1,4132	0,0917	0,0113	0,807	0
	Cd	24	-2,0653	-0,0089	0,0072	-0,257	0,2250	24	-2,0653	-0,0089	0,0072	-0,257	0,2250	12	-1,2690	-0,0162	0,0147	-0,329	0,2959	11	-1,2325	-0,0138	0,0100	-0,417	0,2016
	Cu	24	-0,4704	-0,0052	0,0063	-0,174	0,4160	11	0,4062	-0,2294	0,0054	-0,499	0,1182	12	-0,2664	-0,0088	0,0061	-0,417	0,1776	11	0,0576	-0,0112	0,0045	-0,639	0,0344
	Fe	26	0,7411	-0,0011	0,0034	-0,068	0,7412	37	1,5217	0,0128	0,0042	0,453	0,0048	34	1,2151	0,0118	0,0050	0,388	0,0235	34	0,9649	0,0118	0,0062	0,319	0,0656
	Zn	46	0,7631	-0,0149	0,0036	-0,527	0,0002	46	0,9423	-0,0024	0,0031	-0,113	0,4545	37	0,9554	0,0050	0,0022	0,361	0,0281	37	1,2929	-0,0042	0,0044	-0,157	0,3533
Σύνολο	Hg	322	-0,5026	0,0676	0,0030	0,783	0	311	-1,2322	0,0830	0,0040	0,760	0	256	-0,8229	0,0514	0,0031	0,722	0	195	-1,1805	0,0637	0,0064	0,584	0
	Cd	212	-1,8136	-0,0058	0,0057	-0,070	0,3131	67	-0,8955	0,0228	0,0106	0,258	0,0348	129	-1,6143	0,0048	0,0073	0,058	0,5123	69	-1,4527	0,0115	0,0101	0,138	0,2597
	Cu	250	-0,3214	-0,0158	0,0026	-0,363	0	67	0,1729	-0,0067	0,0070	-0,117	0,3453	137	-0,2036	-0,0116	0,0031	-0,307	0,0003	69	-0,0606	-0,0112	0,0047	-0,278	0,0208
	Fe	220	0,6165	0,0013	0,0024	0,036	0,5952	172	1,3222	0,0187	0,0027	0,474	0,0000	149	1,3479	0,0087	0,0026	0,260	0,0013	112	1,0478	0,0104	0,0039	0,245	0,0091
	Zn	297	0,5959	-0,0074	0,0018	-0,237	0	279	1,0324	-0,0047	0,0019	-0,144	0,0163	239	1,0199	0,0012	0,0016	0,047	0,4724	176	1,2791	-0,0056	0,0031	-0,136	0,0722

N, αριθμός ατόμων; a, τετμημένη; b, κλίση; T.Σ._(b), τυπικό σφάλμα του b; r, συντελεστής συσχέτισης; P, τιμή πιθανότητας με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων; ο COR εξαιρέθηκε, γιατί αντιπροσωπεύτηκε από ένα άτομο

8.3.7 Δυναμικές σχέσεις βαρέων μετάλλων

Σύμφωνα με το συντελεστή συσχέτισης r του Pearson, βρέθηκαν αρκετές στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των στοιχείων, η πλειονότητα των οποίων ήταν θετικές και στα δύο υπό μελέτη είδη. Ωστόσο, στο είδος *Scyliorhinus canicula*, ο Hg έδωσε τις περισσότερες στατιστικά σημαντικές αρνητικές συσχετίσεις, και συγκεκριμένα στο μυϊκό ιστό με το Cd (CRE και COR), το Cu (COR) και το Fe (nAEG και COR). Ισχυρά αρνητικές συσχετίσεις παρουσίασαν επίσης τα ζεύγη Cu–Fe στο ήπαρ (ION), Cu–Zn στα βράγχια (ION) και Cd–Zn στη γονάδα (CRE). Αντίθετα, όλες οι στατιστικά σημαντικές αρνητικές συσχετίσεις στο είδος *Squalus blainville* παρατηρήθηκαν μεταξύ του Hg και των άλλων μετάλλων είτε στο μυϊκό ιστό με το Cu (CYC) και τον Zn (CRE) είτε στο ήπαρ με τον Zn (CRE και LIB) είτε στη γονάδα με το Cd (LIB) και το Cu (ION). Ακολούθως, περιγράφονται συνοπτικά οι στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις που βρέθηκαν ανά είδος και ιστό. Υπενθυμίζεται ότι δεν ήταν εφικτή η εκτίμηση του βαθμού συσχέτισης σε όλα τα πιθανά ζεύγη μετάλλων, εξαιτίας των ανεπαρκών δειγμάτων.

Scyliorhinus canicula

Στο μυϊκό ιστό, η ισχυρότερη συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Cd–Cu (CRE). Γενικά, το Cd παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με το Cu σχεδόν σε κάθε περιοχή. Σημαντική συσχέτιση παρουσίασε και ο Hg με τον Zn (nAEG και CYC), ενώ μέτριες συσχετίσεις βρέθηκαν στα ζεύγη Cd–Fe (nAEG), Cu–Fe (nAEG και CYC) και Fe–Zn (CYC).

Στο ήπαρ, η ισχυρότερη συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Hg–Cd στο CRE, εμφανίζοντας υποδιπλάσια συσχέτιση στο nAEG. Η δεύτερη ισχυρότερη συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Hg–Zn (ION), το οποίο παρουσίασε τις περισσότερες σημαντικές συσχετίσεις, (στις πέντε από τις επτά περιοχές). Σημαντικές συσχετίσεις παρουσίασε και το ζεύγος Hg–Fe (CYC, MYR και COR). Το ζεύγος Cd–Fe παρουσίασε την τρίτη ισχυρότερη και μοναδική σημαντική συσχέτιση στο CRE. Σχετικά υψηλές συσχετίσεις βρέθηκαν στα ζεύγη Cd–Cu (nAEG) και Cd–Zn (CRE). Χαμηλή, αλλά σημαντική συσχέτιση βρέθηκε στο Fe–Zn (CYC).

Στα βράγχια, οι περισσότερες και ισχυρότερες συσχετίσεις βρέθηκαν στο MYR. Συγκεκριμένα, στα οκτώ από τα εννέα εξεταζόμενα ζεύγη μετάλλων, ο συντελεστής r κυμάνθηκε από 0,591 έως 0,915. Ισχυρές συσχετίσεις βρέθηκαν και στα ζεύγη Hg–Fe, Hg–Zn και Fe–Zn ($r=0,599-0,718$) από το nEVO, τα οποία ήταν και τα μοναδικά ζεύγη που εξετάστηκαν σε αυτή την περιοχή. Στα βράγχια, παρατηρήθηκε πάλι η ισχυρή συσχέτιση του ζεύγους Cd–Cu (MYR, CRE και COR), όπως και στο μυϊκό ιστό, αν και όχι ακριβώς στις

ίδιες περιοχές. Μέτριες έως υψηλές συσχετίσεις βρέθηκαν στα ζεύγη Cd–Zn (CYC και MYR), Cu–Zn (nAEG, MYR και CRE) και Fe–Zn (nEVO, CYC και MYR).

Στη γονάδα, παρουσιάστηκε ο μικρότερος αριθμός σημαντικών θετικών συσχετίσεων, με αποκλειστική παρουσία στο nAEG και στο nEVO. Στο nEVO, τα ζεύγη Hg–Zn και Fe–Zn εμφάνισαν τις δύο ισχυρότερες συσχετίσεις ($r=0,662$ και $0,718$, αντίστοιχα) ενώ στο nAEG ο συντελεστής r κυμάνθηκε από $0,516$ έως $0,590$ στα ζεύγη Cd–Cu, Cd–Fe και Cu–Fe (Πίνακας 8.13, Εικόνα 8.7).

Squalus blainville

Ομοίως με το προηγούμενο είδος, το Cd στο μυϊκό ιστό παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με το Cu, σχεδόν σε κάθε περιοχή και σε υψηλότερο βαθμό στο CRE. Ισχυρή συσχέτιση βρέθηκε στα ζεύγη Hg–Fe σε μόνο μια περιοχή (CYC). Μέτριες έως υψηλές συσχετίσεις βρέθηκαν στα ζεύγη Cd–Fe (CYC), Cd–Zn (CRE), Cu–Fe (nAEG και ION), Cu–Zn (nAEG, CYC, CRE και LIB) και Fe–Zn (nAEG και CRE). Ιδιαίτερα χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι στο CRE, ο Zn παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση με όλα τα υπόλοιπα μέταλλα, είτε θετική (Cd, Cu και Fe) ή αρνητική (Hg).

Στο ήπαρ, η ισχυρότερη συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Hg–Fe στις CYC, το οποίο παρουσίασε σημαντική συσχέτιση και στις περιοχές nAEG και CRE. Υψηλές συσχετίσεις βρέθηκαν στα ζεύγη Hg–Cd (nAEG και ION) και Cu–Zn (MYR). Χαμηλότερες συσχετίσεις βρέθηκαν στα ζεύγη Hg–Zn (CYC), Cd–Fe (nAEG και CRE) και Fe–Zn (CYC και ION).

Στα βράγχια, η ισχυρότερη συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Cd–Cu στο ION. Το ίδιο ζεύγος παρουσίασε υψηλές συσχετίσεις και στις περιοχές MYR, CRE και LIB. Όπως στο είδος *Scyliorhinus canicula*, το ζεύγος Cd–Cu παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση ιδιαίτερα στα βράγχια και στο μυϊκό ιστό, αν και όχι ακριβώς στις ίδιες περιοχές. Χαρακτηριστική ήταν η σχετικά υψηλή συσχέτιση που παρουσίασε αφενός ο Hg με το Cu, το Fe και τον Zn στο nAEG αφετέρου ο Fe με τον Hg, το Cd και το Cu στο ION. Σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν επίσης στα ζεύγη Cu–Zn (nAEG, CYC, CRE και LIB) και Fe–Zn (CYC), όπως με παρόμοιο τρόπο διαπιστώθηκε και στο *Scyliorhinus canicula*.

Στη γονάδα, παρουσιάστηκε ο μικρότερος αριθμός στατιστικά σημαντικών θετικών συσχετίσεων, ομοίως με το προηγούμενο είδος. Η ισχυρότερη συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Hg–Fe στο CRE, το οποίο παρουσίασε σημαντική συσχέτιση και στις CYC και στο ION. Μέτρια, αλλά σημαντική συσχέτιση βρέθηκε στο ζεύγος Cd–Cu (nAEG), ενώ υψηλότερη ήταν η συσχέτιση στο ζεύγος Cu–Zn (ION) (Πίνακας 8.14, Εικόνα 8.7).

Πίνακας 8.13 Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r του Pearson των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στα βράγχια και στη γονάδα των ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών. Οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σημειώνονται με ***όταν $P < 0,001$, με **όταν $P < 0,01$ και με *όταν $P < 0,05$

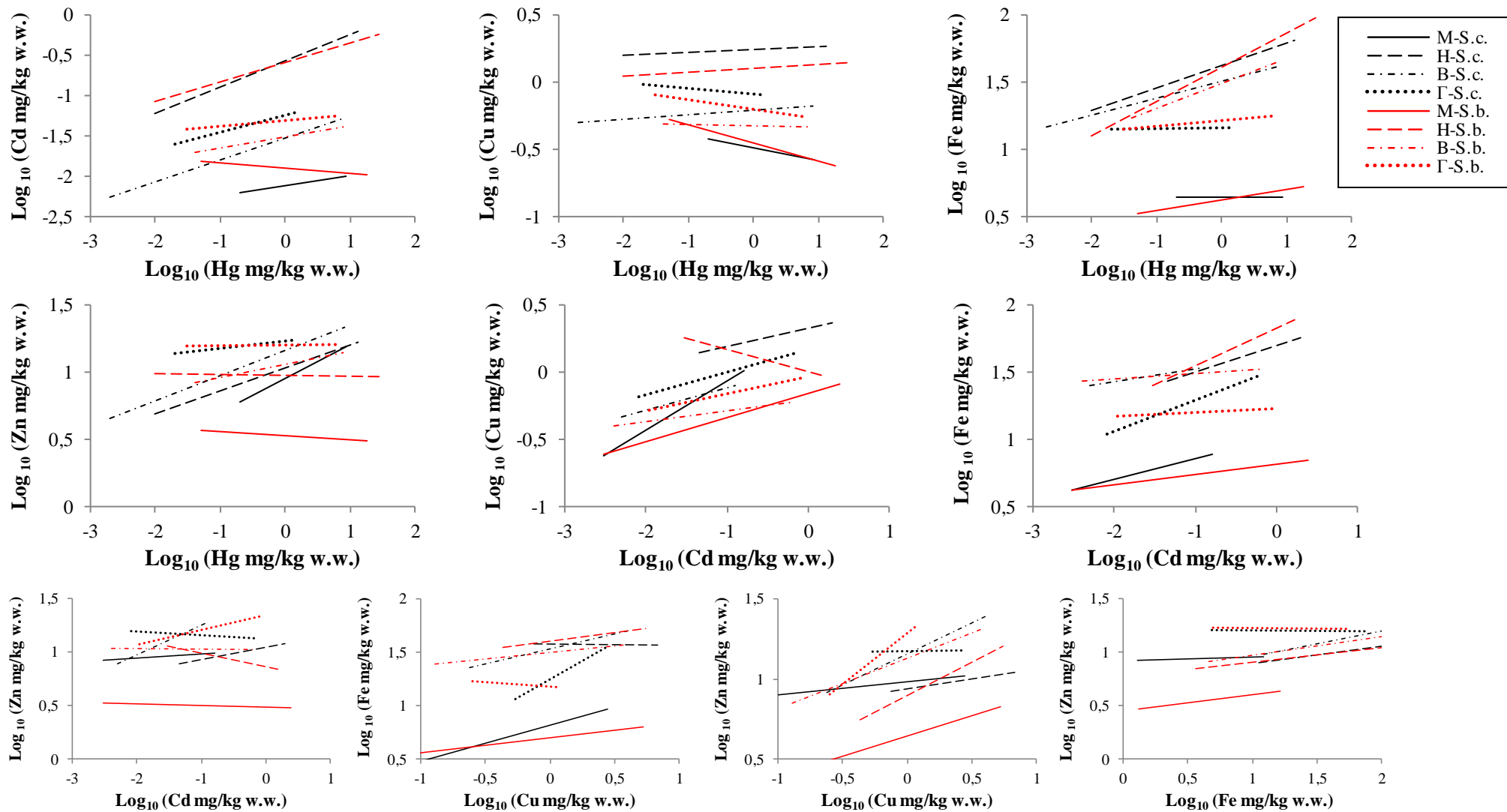
Περιοχή	Μυϊκός ιστός				Περιοχή	Ήπαρ				Περιοχή	Βράγχια				Περιοχή	Γονάδα			
	Hg	Cd	Cu	Fe		Hg	Cd	Cu	Fe		Hg	Cd	Cu	Fe		Hg	Cd	Cu	Fe
nAEG (N=106)	Cd 0,152 Cu 0,047 Fe -0,243* Zn 0,557***	0,612*** 0,236* 0,246*	0,358*** 0,187	0,028	nAEG (N=35)	Cd 0,366* Cu 0,347* Fe 0,283 Zn 0,436**	0,637*** -0,081	0,267	0,165	nAEG (N=38)	Cd 0,059 Cu 0,310 Fe 0,102 Zn 0,307	0,210 -0,092	0,149	-0,051	nAEG (N=37)	Cd 0,149 Cu 0,134 Fe 0,162 Zn 0,024	0,590*** 0,567***	0,516** 0,078	-0,244
nEVO (N=13)	Cd - Cu - Fe 0,477 Zn -0,420	- -	- -	0,231	nEVO (N=13)	Cd - Cu - Fe -0,218 Zn 0,441	- -	- 0,053		nEVO (N=13)	Cd - Cu - Fe 0,662* Zn 0,599*	- -	- -	0,718**	nEVO (N=13)	Cd - Cu - Fe 0,188 Zn 0,658*	- -	- -	0,678*
CYC (N=64)	Cd 0,235* Cu -0,128 Fe -0,092 Zn 0,488***	0,378** 0,118	0,444*** 0,058	0,375**	CYC (N=107)	Cd - Cu - Fe 0,229* Zn 0,386***	- -	- 0,262**		CYC (N=41)	Cd 0,253 Cu -0,249 Fe -0,055 Zn -0,009	0,118 0,154	0,208	0,317*	CYC (N=71)	Cd - Cu - Fe 0,112 Zn 0,209	- -	- -	0,063
MYR (N=17)	Cd -0,048 Cu -0,357 Fe -0,235 Zn 0,055	0,203 -0,247	-0,009	-0,344	MYR (N=20)	Cd - Cu - Fe 0,646** Zn 0,354	- -	- 0,411		MYR (N=16)	Cd 0,865*** Cu 0,800*** Fe 0,667** Zn 0,915***	0,668** 0,470	0,591*	0,717**	MYR (N=20)	Cd - Cu - Fe -0,222 Zn 0,068	- -	- -	0,393
CRE (N=32)	Cd -0,353* Cu -0,295 Fe -0,047 Zn 0,212	0,639*** 0,006	0,324	0,326	CRE (N=21)	Cd 0,693*** Cu -0,098 Fe 0,336 Zn 0,657**	0,102 0,659**	0,073	0,453	CRE (N=25)	Cd 0,294 Cu -0,049 Fe 0,228 Zn 0,265	0,612** 0,241	0,217	0,291	CRE (N=17)	Cd -0,130 Cu -0,623** Fe -0,083 Zn 0,026	0,298 0,180	0,288	0,399
ION (N=17)	Cd -0,021 Cu -0,091 Fe 0,218 Zn -0,068	0,152 0,446	0,244	0,015	ION (N=17)	Cd 0,186 Cu -0,324 Fe 0,312 Zn 0,680**	0,010 0,404	-0,538* 0,105		ION (N=17)	Cd 0,102 Cu -0,522* Fe 0,142 Zn 0,290	-0,196 -0,295	-0,170	0,204	ION (N=17)	Cd -0,069 Cu -0,260 Fe 0,096 Zn 0,128	0,141 -0,062	0,311	-0,082
COR (N=18)	Cd -0,499* Cu -0,489* Fe -0,681** Zn 0,139	0,473* 0,408	0,201	-0,099	COR (N=21)	Cd - Cu - Fe 0,561** Zn 0,127	- -	- 0,187		COR (N=21)	Cd -0,113 Cu -0,115 Fe 0,045 Zn 0,097	0,537* -0,228	-0,317	0,077	COR (N=14)	Cd - Cu - Fe 0,080 Zn 0,036	- -	- -	0,070
Σύνολο (N=254)	Cd 0,039 Cu -0,259*** Fe -0,056 Zn 0,311***	0,472*** 0,278***	0,262*** 0,139*	0,035	Σύνολο (N=73)	Cd 0,425*** Cu 0,049 Fe 0,301** Zn 0,536***	0,259* 0,289*	-0,014 0,176	0,174	Σύνολο (N=153)	Cd 0,329*** Cu 0,003 Fe 0,176* Zn 0,404***	0,264** 0,060	0,203*	0,288***	Σύνολο (N=71)	Cd 0,181 Cu -0,054 Fe -0,095 Zn 0,059	0,422*** 0,354**	0,383** 0,026	-0,161

Οι παύλες (-) αντιπροσώπευαν μη επαρκείς δειγμάτων για τις επιμέρους συσχετίσεις των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων

Πίνακας 8.14 Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r του Pearson των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στα βράγχια και στη γονάδα των ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών. Οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σημειώνονται με ***όταν $P < 0,001$, με **όταν $P < 0,01$ και με *όταν $P < 0,05$

Περιοχή		Μυϊκός ιστός				Περιοχή		Ήπαρ				Περιοχή		Βράγχια				Περιοχή		Γονάδα					
		Hg	Cd	Cu	Fe			Hg	Cd	Cu	Fe			Hg	Cd	Cu	Fe			Hg	Cd	Cu	Fe		
nAEG (N=120)	Cd	0,075				nAEG (N=33)	Cd	0,638***				nAEG (N=33)	Cd	-0,088				nAEG (N=28)	Cd	0,218					
	Cu	0,117	0,271**				Cu	0,287	0,307				Cu	0,437**	0,088					Cu	-0,370	0,404*			
	Fe	-0,076	0,163	0,268**			Fe	0,467**	0,402*	0,296				Fe	0,656***	0,040	0,218				Fe	-0,278	-0,112	0,274	
	Zn	0,045	0,045	0,515***	0,202*		Zn	-0,277	-0,171	0,339	0,098			Zn	0,625***	-0,213	0,595***		0,320			Zn	0,038	0,021	0,282	-0,055
CYC (N=33)	Cd	0,128				CYC (N=56)	Cd	-				CYC (N=33)	Cd	0,173				CYC (N=13)	Cd	-					
	Cu	-0,572***	0,145				Cu	-	-				Cu	-0,179	0,245					Cu	-	-			
	Fe	0,707***	0,395*	-0,228			Fe	0,774***	-	-				Fe	0,465	0,027	0,199				Fe	0,574*	-	-	
	Zn	0,124	0,046	0,394*	0,253		Zn	0,372**	-	-	0,536***			Zn	0,439	-0,092	0,396*		0,697*			Zn	-0,186	-	-	0,232
MYR (N=14)	Cd	-0,031				MYR (N=14)	Cd	0,442				MYR (N=15)	Cd	0,016				MYR (N=12)	Cd	0,250					
	Cu	-0,020	0,589*				Cu	-0,141	0,185				Cu	0,103	0,524*					Cu	-0,481	0,106			
	Fe	-	-	-			Fe	-	-	-			Fe	-	-	-				Fe	-	-	-		
	Zn	0,130	-0,027	-0,226	-		Zn	-0,255	0,269	0,719**	-			Zn	-0,026	0,286	0,004		-		Zn	-0,276	-0,022	0,174	-
CRE (N=28)	Cd	-0,183				CRE (N=12)	Cd	0,203				CRE (N=27)	Cd	-0,156				CRE (N=9)	Cd	0,360					
	Cu	-0,037	0,780***				Cu	-0,312	-0,022				Cu	0,101	0,622***					Cu	-0,050	-0,218			
	Fe	-0,197	0,175	0,224			Fe	0,620*	0,631*	0,047			Fe	0,173	-0,023	0,114				Fe	0,775*	0,293	-0,376		
	Zn	-0,434*	0,652***	0,621***	0,478*		Zn	-0,827**	-0,175	0,285	-0,520			Zn	0,140	0,349	0,390*		0,086		Zn	0,104	-0,466	0,450	-0,027
ION (N=32)	Cd	-0,174				ION (N=11)	Cd	0,729*				ION (N=19)	Cd	-0,031				ION (N=13)	Cd	-0,285					
	Cu	-0,036	0,339				Cu	-0,503	-0,404				Cu	0,011	0,760***					Cu	-0,672*	0,073			
	Fe	0,137	0,236	0,569***			Fe	0,566	0,388	-0,500			Fe	0,511*	0,508*	0,566*				Fe	0,566*	0,236	-0,540		
	Zn	-0,301	0,121	0,327	0,251		Zn	0,054	0,058	-0,238	0,630*			Zn	0,436	0,107	0,084		0,134		Zn	-0,417	-0,016	0,623*	-0,180
LIB (N=16)	Cd	0,050				LIB (N=15)	Cd	0,221				LIB (N=17)	Cd	-0,336				LIB (N=17)	Cd	-0,571*					
	Cu	-0,156	0,742**				Cu	0,376	0,038				Cu	-0,475	0,495*					Cu	0,012	0,191			
	Fe	-	-	-			Fe	-	-	-			Fe	-	-	-				Fe	-	-	-		
	Zn	-0,131	0,546	0,687**	-		Zn	-0,616*	0,147	-0,438	-			Zn	-0,027	0,436	0,514*		-		Zn	-0,233	0,268	0,388	-
Σύνολο (N=214)	Cd	-0,053				Σύνολο (N=57)	Cd	0,482***				Σύνολο (N=113)	Cd	0,170				Σύνολο (N=51)	Cd	-0,009					
	Cu	-0,187**	0,334***				Cu	0,155	0,154				Cu	-0,110	0,156					Cu	-0,379**	0,232			
	Fe	0,062	0,183**	0,202**			Fe	0,522***	0,411**	0,199			Fe	0,339***	0,112	0,112				Fe	0,142	0,007	-0,037		
	Zn	-0,060	0,083	0,448***	0,301***		Zn	-0,253	0,047	0,199	0,061			Zn	0,360***	-0,028	0,392***		0,306		Zn	-0,138	0,069	0,284*	-0,100

Οι παύλες (-) αντιστοιχούν σε περιπτώσεις μη επάρκειας δειγμάτων για τις επιμέρους συσχετίσεις των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων



Εικόνα 8.7 Γραμμική συσχέτιση Pearson των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (M), στο ήπαρ (H), στα βράγχια (B) και στη γονάδα (Γ) των ειδών *S. canicula* (S.c.) και *S. blainville* (S.b.) στο σύνολο των περιοχών

8.3.8 Σύγκριση μεταξύ βιολογικών ιστών

Scyliorhinus canicula

Εφαρμόζοντας την ανάλυση διακύμανσης, βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των διαφορετικών ιστών σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών (Πίνακες 8.15 και 8.16).

Πίνακας 8.15 Αποτελέσματα (τιμές P και F) της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA). Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ιστών

Περιοχή	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	0 (F=352,63)	0 (F=168,25)	0 (F=189,58)	0 (F=418,70)	0 (F=105,84)
nEVO	0 (F=38,15)			0 (F=72,30)	0,0004 (F=6,80)
CYC	0 (F=100,89)	0 (t=9,08)*	2E-12 (t=7,76)*	0 (F=413,53)	0 (F=82,21)
MYR	0 (F=36,84)	2E-11 (t=9,99)*	1E-5 (t=5,33)*	0 (F=239,97)	0 (F=8,37)
CRE	0 (F=22,19)	0 (F=230,40)	0 (F=146,86)	0 (F=112,02)	0 (F=111,14)
ION	0 (F=49,14)	0 (F=428,51)	0 (F=216,14)	0 (F=271,88)	0 (F=42,30)
COR	0 (F=29,77)	0,0608 (t=1,94)*	0,0143 (t=2,57)*	0 (F=62,47)	0 (F=10,76)
Σύνολο	0 (F=511,98)	0 (F=529,03)	0 (F=323,74)	0 (F=1.182)	0 (F=199,06)

*ο προσδιορισμός του μετάλλου έγινε μόνο στο μυϊκό ιστό και στα βράγχια, και συνεπώς εφαρμόστηκε η δοκιμασία t για τις επιμέρους συγκρίσεις; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Πίνακας 8.16 Επιμέρους στατιστικά σημαντικές διαφορές (*) στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας βάσει της δοκιμασίας πολλαπλούς εύρους

Σύγκριση	nAEG				nEVO				CYC				MYR				CRE				ION				COR				Σύνολο						
	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
M-H	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M-B	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M-Γ	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B-H	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B-Γ	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
H-Γ	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Με βάση το γεωμετρικό μέσο όρο των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων, εκτιμήθηκε η σειρά με την οποία αυξάνεται η συγκέντρωση κάθε στοιχείου ανάμεσα στους ιστούς. Από τον Πίνακα 8.17 διαπιστώνεται ότι: (α) η συγκέντρωση του Hg αυξήθηκε κατά τη σειρά: γονάδα<βράγχια<ήπαρ<μυϊκός ιστός σε κάθε περιοχή, (β) το Cd και ο Cu παρουσίασαν το ίδιο πρότυπο αύξησης κατά τη σειρά: μυϊκός ιστός<βράγχια<γονάδα<ήπαρ σε κάθε περιοχή, (γ) ο Fe αυξήθηκε κατά τη σειρά: μυϊκός ιστός<γονάδα<βράγχια<ήπαρ στην πλειονότητα των περιοχών, και (δ) ο Zn παρουσίασε αντίθετο πρότυπο αύξησης σε σχέση με τον Hg, με ορισμένες εξαιρέσεις.

Πίνακας 8.17 Σειρά αύξησης των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων στους ιστούς του είδους *S. canicula* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < H < B	H < M < B < Γ
nEVO	Γ < B < H < M			M < Γ < H < B	H < M < Γ < B
CYC	Γ < B < H < M	M < B	M < B	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
MYR	Γ < B < H < M	M < B	M < B	M < Γ < B < H	H < M < Γ < B
CRE	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
ION	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	H < M < B < Γ
COR	Γ < B < H < M	M < B	M < B	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
Σύνολο	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Squalus blainville

Ομοίως με το προηγούμενο είδος, η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι οι μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των ιστών σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών (Πίνακες 8.18 και 8.19).

Πίνακας 8.18 Αποτελέσματα (τιμές P και F) της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA). Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ιστών

Περιοχή	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	0 (F=104,58)	0 (F=127,39)	0 (F=122,19)	0 (F=463,11)	0 (F=1,088)
CYC	0 (F=8,17)	0,2096 (t=1,26)*	0,0249 (t=2,27)*	0 (F=148,39)	0 (F=200,74)
MYR	0 (F=35,76)	0 (F=154,50)	0 (F=20,39)		0 (F=157,58)
CRE	0 (F=44,49)	0 (F=39,14)	0 (F=39,63)	0 (F=160,76)	0 (F=219,38)
LIB	0 (F=51,53)	0 (F=103,12)	0 (F=37,30)		0 (F=184,24)
ION	0 (F=18,54)	0 (F=112,11)	0 (F=82,34)	0 (F=233,95)	0 (F=268,66)
Σύνολο	0 (F=127,93)	0 (F=331,49)	0 (F=180,41)	0 (F=877,78)	0 (F=1,199)

*ο προσδιορισμός του μετάλλου έγινε μόνο στο μυϊκό ιστό και στα βράγχια, και συνεπώς εφαρμόστηκε η δοκιμασία t για τις επιμέρους συγκρίσεις; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Πίνακας 8.19 Επιμέρους στατιστικά σημαντικές διαφορές (*) στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας βάσει της δοκιμασίας πολλαπλούς εύρους

Σύγκριση	nAEG				CYC				MYR				CRE				LIB				ION				COR				Σύνολο			
	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe	Hg	Cd	Cu	Fe
M-H	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M-B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M-Γ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B-H	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B-Γ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
H-Γ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα, με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων; Ο COR εξαιρέθηκε από τις επιμέρους συγκρίσεις, γιατί αντιπροσωπεύονταν από 1 άτομο

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Από τον Πίνακα 8.20 διαπιστώνεται ότι: (α) η συγκέντρωση του Hg αυξήθηκε κατά τη σειρά: γονάδα<βράγγια<ήπαρ<μυϊκός ιστός στην πλειονότητα των περιοχών, (β) το Cd και ο Cu παρουσίασαν το ίδιο πρότυπο αύξησης κατά τη σειρά: μυϊκός ιστός<βράγγια<γονάδα<ήπαρ σε κάθε περιοχή, (γ) ο Fe αυξήθηκε κατά τη σειρά: μυϊκός ιστός<γονάδα<βράγγια<ήπαρ στην πλειονότητα των περιοχών, και (δ) ο Zn παρουσίασε αντίθετο πρότυπο αύξησης σε σχέση με τον Hg, με μόνο μια εξαίρεση.

Σε γενικές γραμμές, το πρότυπο της μεταβολής της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων ανάμεσα στους διαφορετικούς ιστούς ήταν κοινό στα εξεταζόμενα είδη.

Πίνακας 8.20 Σειρά αύξησης των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων στους ιστούς του είδους *S. blainville* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	Γ < H < B < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
CYC	H < B < Γ < M	M < B	M < B	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
MYR	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H		M < H < B < Γ
CRE	H < Γ < B < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < H < B	M < H < B < Γ
LIB	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H		M < B < H < Γ
ION	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
COR	Γ < B < H < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ
Σύνολο	Γ < H < B < M	M < B < Γ < H	M < B < Γ < H	M < Γ < B < H	M < H < B < Γ

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγγια; Γ, γονάδα; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

8.3.9 Σύγκριση μεταξύ φύλων

Scyliorhinus canicula

Στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των δύο φύλων σχεδόν σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ιστών και σε μεγαλύτερο βαθμό στη γονάδα. Στο μυϊκό ιστό, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση των μετάλλων μεταξύ των φύλων σε καμία περιοχή. Στο ήπαρ, η μέση συγκέντρωση του Fe ήταν σημαντικά υψηλότερη στα αρσενικά άτομα από ό,τι στα θηλυκά (CYC και CRE), ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε στον Hg (CYC). Στα βράγγια, τα θηλυκά άτομα υπερείχαν ως προς το Cd (nAEG) και τον Zn (CRE), και τα αρσενικά ως προς τον Hg (nEVO) και το Cu (COR). Στη γονάδα, η μέση συγκέντρωση του Zn ήταν σημαντικά υψηλότερη στα αρσενικά άτομα από ό,τι στα θηλυκά (nAEG, CYC και ION). Τα θηλυκά άτομα από το nAEG παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Cd, Cu και Fe (ομοίως με τις CYC) στη γονάδα από ό,τι τα αρσενικά (Πίνακας 8.21, Εικόνα 8.8).

Πίνακας 8.21 Αποτελέσματα (τιμές *P* και *t*) της δοκιμασίας *t* για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των φύλων του *S. canicula* ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	M	0,2272 (t=1,2093)	0,5601 (t=0,5845)	0,1264 (t=1,5366)	0,6252 (t=-0,4895)	0,1599 (t=-1,4075)
	H	0,0679 (t=-1,8319)	0,5041 (t=-0,6745)	0,8413 (t=0,2017)	0,4137 (t=0,8221)	0,7975 (t=0,2568)
	B	0,3261 (t=0,9845)	0,0097 (t=-2,7251)	0,9306 (t=-0,0877)	0,9824 (t=-0,0221)	0,0822 (t=-1,7465)
	Γ	0,4199 (t=0,8081)	3E-5 (t=4,7201)	0,0008 (t=3,6286)	1E-7 (t=6,0635)	1E-10 (t=-6,7770)
nEVO	M	0,4465 (t=-0,7713)			0,1497 (t=-1,5392)	0,7798 (t=0,2821)
	H	0,3217 (t=-1,0337)			0,7360 (t=0,3451)	0,8345 (t=0,2131)
	B	0,0286 (t=-2,4864)			0,4941 (t=-0,7053)	0,2892 (t=-1,1050)
	Γ	0,0265 (t=-2,5293)			0,2004 (t=1,3550)	0,9092 (t=0,1163)
CYC	M	0,1275 (t=1,5332)	0,5165 (t=0,6524)	0,7462 (t=0,3246)	0,7781 (t=0,2826)	0,5773 (t=0,5586)
	H	0,0483 (t=1,9920)			0,0205 (t=-2,352)	0,6823 (t=-0,4101)
	B	0,1899 (t=1,3207)	0,1491 (t=-1,4691)	0,9518 (t=-0,0608)	0,2885 (t=-1,0678)	0,0615 (t=-1,8909)
	Γ	0,5396 (t=0,6159)			0 (t=-8,6532)	0,0334 (t=-2,1593)
MYR	M	0,4242 (t=-0,8072)	0,5986 (t=-0,5379)	0,2938 (t=1,0878)	0,9817 (t=-0,0232)	0,8508 (t=-0,1893)
	H	0,6890 (t=-0,4061)			0,2241 (t=-1,2566)	0,0686 (t=-1,9199)
	B	0,9943 (t=-0,0072)	0,7762 (t=0,2895)	0,6158 (t=-0,5124)	0,5626 (t=-0,5905)	0,8713 (t=-0,1640)
	Γ	0,4734 (t=-0,7308)			0,4043 (t=-0,8531)	0,3695 (t=0,9171)
CRE	M	0,5281 (t=-0,6384)	0,0684 (t=1,8903)	0,3025 (t=1,0490)	0,6910 (t=-0,4013)	0,2730 (t=-1,1161)
	H	0,8805 (t=0,1517)	0,9321 (t=-0,0863)	0,3867 (t=-0,8860)	0,0243 (t=-2,3726)	0,9225 (t=-0,0600)
	B	0,1545 (t=1,4606)	0,3371 (t=0,9804)	0,2908 (t=1,1529)	0,2304 (t=1,2242)	0,0006 (t=2,9812)
	Γ	0,8072 (t=0,2472)	0,1184 (t=1,6500)	0,5819 (t=0,5620)	0,4569 (t=0,7580)	0,7274 (t=-0,3524)
ION	M	0,4274 (t=0,8120)	0,0981 (t=-1,7637)	0,7436 (t=0,3331)	0,7126 (t=-0,3754)	0,6417 (t=0,4748)
	H	0,2406 (t=-1,2134)	0,8914 (t=0,1389)	0,4905 (t=0,7068)	0,6398 (t=-0,4777)	0,2319 (t=-1,2458)
	B	0,2486 (t=-1,1924)	0,1949 (t=1,3570)	0,7264 (t=-0,3566)	0,1236 (t=1,6316)	0,6980 (t=-0,3956)
	Γ	0,5333 (t=-0,6363)	0,4697 (t=-0,7417)	0,4875 (t=-0,7118)	0,3843 (t=0,8961)	0,0265 (t=-2,4607)
COR	M	0,7774 (t=-0,2868)	0,7207 (t=-0,3638)	0,7774 (t=-0,2868)	0,8046 (t=0,2509)	0,3738 (t=-0,9071)
	H	0,0928 (t=-1,7696)			0,8312 (t=-0,2161)	0,6668 (t=-0,4361)
	B	0,8863 (t=-0,1454)	0,2944 (t=-1,0840)	0,0145 (t=-2,7418)	0,4730 (t=0,7339)	0,8174 (t=-0,2336)
	Γ	0,3927 (t=-0,8800)			0,1957 (t=1,3468)	0,1693 (t=-1,4356)
Σύνολο	M	0,9690 (t=0,0388)	0,4216 (t=0,8049)	0,1672 (t=1,3842)	0,7428 (t=-0,3285)	0,0208 (t=-2,3112)
	H	0,4019 (t=-0,8389)	0,5918 (t=-0,5386)	0,9062 (t=-0,1183)	0,0597 (t=-1,8907)	0,5643 (t=-0,5768)
	B	0,4131 (t=0,8193)	0,0477 (t=-1,9953)	0,2825 (t=-1,0783)	0,9721 (t=-0,0916)	0,0569 (t=-1,9093)
	Γ	0,4057 (t=-0,8323)	0,0001 (t=4,0791)	0,0131 (t=2,5437)	0 (t=9,1631)	2E-8 (t=-5,7501)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους κόκκινους και μαύρους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα θηλυκά και τα αρσενικά άτομα, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο μεταλλικό φορτίο; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων

Βάσει της ανάλυσης συνδιακύμανσης, σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων ως προς το συντελεστή *b* των εξισώσεων ολικού μήκους–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων βρέθηκαν σε ελάχιστες περιπτώσεις που παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.22. Σε γενικές γραμμές, φάνηκε ότι τα θηλυκά άτομα φέρουν παρόμοιο μεταλλικό φορτίο για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα αρσενικά άτομα, γεγονός που δεν επιβεβαιώθηκε στην περίπτωση του είδους *Squalus blainville*, όπως περιγράφεται ακολούθως.

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Πίνακας 8.22 Αποτελέσματα (τιμές *P* και *F*) της ανάλυσης συνδιακύμανσης (ANCOVA) για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των φύλων του είδους *S. canicula* ως προς τις τιμές του συντελεστή *b* των σχέσεων ολικού μήκους–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	M	0,7588 (F=0,09)	0,1892 (F=1,74)	0,5233 (F=0,41)	0,2437 (F=1,37)	0,6106 (F=0,26)
	H	0,9142 (F=0,01)	0,5665 (F=0,33)	0,3505 (F=0,89)	0,4080 (F=0,69)	0,9916 (F=0,00)
	B	0,9845 (F=0,00)	0,6990 (F=0,15)	0,8376 (F=0,04)	0,2066 (F=1,63)	0,5211 (F=0,41)
	Γ	0,9042 (F=0,01)	0,7510 (F=0,10)	0,0700 (F=3,49)	0,1737 (F=1,89)	0,7804 (F=0,08)
nEVO	M	0,8991 (F=0,02)			0,5532 (F=0,38)	0,2477 (F=1,39)
	H	0,1763 (F=2,12)			0,8795 (F=0,02)	0,8422 (F=0,04)
	B	0,7378 (F=0,12)			0,9611 (F=0,00)	0,4899 (F=0,51)
	Γ	0,8192 (F=0,06)			0,5869 (F=0,32)	0,7724 (F=0,09)
CYC	M	0,2126 (F=1,57)	0,3039 (F=1,07)	0,8249 (F=0,05)	0,2195 (F=1,53)	0,2436 (F=1,37)
	H	0,4014 (F=0,71)			0,0072 (F=7,52)	0,0445 (F=4,11)
	B	0,2523 (F=1,33)	0,0721 (F=3,41)	0,2163 (F=1,58)	0,9969 (F=0,00)	0,0326 (F=4,70)
	Γ	0,6920 (F=0,16)			0,4035 (F=0,71)	0,2800 (F=1,18)
MYR	M	0,5114 (F=0,44)	0,7945 (F=0,07)	0,0688 (F=3,94)	0,1221 (F=2,65)	0,2046 (F=1,66)
	H	0,6857 (F=0,17)			0,2393 (F=1,49)	0,3150 (F=1,07)
	B	0,8845 (F=0,02)	0,5073 (F=0,46)	0,6271 (F=0,25)	0,2434 (F=1,47)	0,4215 (F=0,68)
	Γ	0,8445 (F=0,04)			0,3144 (F=1,07)	0,0183 (F=6,66)
CRE	M	0,8989 (F=0,02)	0,8205 (F=0,05)	0,5089 (F=0,45)	0,1700 (F=1,98)	0,1450 (F=2,24)
	H	0,8349 (F=0,04)	0,6398 (F=0,23)	0,1945 (F=1,82)	0,5480 (F=0,37)	0,1534 (F=2,15)
	B	0,8582 (F=0,03)	0,7529 (F=0,10)	0,7286 (F=0,12)	0,0075 (F=8,31)	0,3538 (F=0,89)
	Γ	0,5464 (F=0,38)	0,7205 (F=0,13)	0,2995 (F=1,16)	0,2099 (F=1,68)	0,0093 (F=8,00)
ION	M	0,3834 (F=0,80)	0,4201 (F=0,69)	0,8539 (F=0,04)	0,1683 (F=2,13)	0,0549 (F=4,45)
	H	0,0918 (F=3,22)	0,7389 (F=0,12)	0,3906 (F=0,79)	0,6131 (F=0,27)	0,7077 (F=0,15)
	B	0,8515 (F=0,04)	0,4940 (F=0,50)	0,0704 (F=3,88)	0,4874 (F=0,51)	0,4471 (F=0,61)
	Γ	0,5270 (F=0,42)	0,6199 (F=0,26)	0,9024 (F=0,02)	0,4190 (F=0,70)	0,4845 (F=0,52)
COR	M	0,0538 (F=4,29)	0,6397 (F=0,23)	0,9054 (F=0,01)	0,3348 (F=0,99)	0,7186 (F=0,13)
	H	0,1622 (F=2,13)			0,0840 (F=3,37)	0,6972 (F=0,16)
	B	0,9025 (F=0,02)	0,8858(F=0,02)	0,5971(F=0,29)	0,6726 (F=0,19)	0,3163 (F=1,05)
	Γ	0,9838 (F=0,00)			0,6194 (F=0,26)	0,9908 (F=0,00)
Σύνολο	M	0,0233 (F=5,14)	0,1954 (F=1,69)	0,9285 (F=0,01)	0,7006 (F=0,15)	0,7377 (F=0,11)
	H	0,8764 (F=0,02)	0,7726 (F=0,08)	0,6012 (F=0,28)	0,0178 (F=5,68)	0,1478 (F=2,10)
	B	0,9010 (F=0,02)	0,0882 (F=2,94)	0,5181 (F=0,42)	0,3030 (F=1,07)	0,4871 (F=0,48)
	Γ	0,6229 (F=0,24)	0,9472 (F=0,00)	0,2298 (F=1,47)	0,2141 (F=1,55)	0,4665 (F=0,53)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους κόκκινους και μαύρους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή *b*; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Squalus blainville

Οι μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ήταν υψηλότερες στα αρσενικά άτομα από ό,τι στα θηλυκά στην πλειονότητα των στατιστικά σημαντικών αποτελεσμάτων. Στο μυϊκό ιστό, τα αρσενικά άτομα παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση του Hg (CRE), του Cd (LIB) και του Cu (nAEG, MYR και LIB) από ό,τι τα θηλυκά, τα οποία

υπερείχαν μόνο ως προς το Fe (nAEG). Στο ήπαρ, η μέση συγκέντρωση του Hg στο nAEG και του Fe στις CYC ήταν σημαντικά υψηλότερη στα αρσενικά άτομα από ό,τι στα θηλυκά. Στα βράγχια, παρατηρήθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός των στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων με τα αρσενικά άτομα να έχουν υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις Hg και Zn στο nAEG, Hg, Cd και Cu στο CRE, Cd και Zn στο LIB, και Cu στο ION. Στη γονάδα, η μέση συγκέντρωση του Zn ήταν σημαντικά υψηλότερη στα αρσενικά άτομα από ό,τι στα θηλυκά (nAEG και ION). Επίσης, τα θηλυκά άτομα από το nAEG και το ION παρουσίασαν στις γονάδες σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση του Fe (Πίνακας 8.23, Εικόνα 8.8).

Πίνακας 8.23 Αποτελέσματα (τιμές *P* και *t*) της δοκιμασίας *t* για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των φύλων του *S. blainville* ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	M	0,7641 (t=-0,3006)	0,0768 (t=-1,7848)	0,0208 (t=-2,3368)	0,0125 (t=-2,5288)	0,6298 (t=0,4829)
	H	0,0001 (t=-4,0063)	0,1617 (t=-1,4315)	0,8669 (t=-0,1688)	0,1412 (t=-1,4875)	0,3508 (t=-0,9355)
	B	0,0137 (t=-2,5078)	0,6467 (t=0,4616)	0,0826 (t=-1,7771)	0,8603 (t=-0,1772)	0,0001 (t=-4,0113)
	Γ	0,0894 (t=-1,7127)	0,6156 (t=0,5068)	0,1409 (t=1,5085)	0,0042 (t=2,9953)	0,0028 (t=-3,0517)
CYC	M	0,4599 (t=-0,7424)	0,1126 (t=-1,6214)	0,5463 (t=-0,6069)	0,1876 (t=1,3324)	0,1923 (t=1,3172)
	H	0,1676 (t=-1,3992)			0,0479 (t=-2,0181)	0,3122 (t=-1,0178)
	B	0,3228 (t=-0,9949)	0,6227 (t=-0,4959)	0,5434 (t=0,6120)	0,8075 (t=0,2446)	0,8052 (t=-0,2475)
	Γ	0,0371 (t=2,1779)			0,1065 (t=1,6772)	0,2592 (t=-1,1597)
MYR	M	0,4186 (t=-0,8209)	0,5956 (t=-0,5403)	0,0252 (t=-2,4409)		0,6445 (t=-0,4671)
	H	0,3692 (t=-0,9127)	0,4170 (t=0,8383)	0,7316 (t=-0,3505)		0,1944 (t=1,3585)
	B	0,2013 (t=-1,3088)	0,2198 (t=-1,2715)	0,2809 (t=-1,1117)		0,7849 (t=0,2753)
	Γ	0,1057 (t=-1,6718)	0,0528 (t=-2,1025)	0,4255 (t=0,8192)		0,1057 (t=-1,6718)
CRE	M	0,0248 (t=-2,3594)	0,8109 (t=-0,2412)	0,2218 (t=-1,2454)	0,8376 (t=-0,20689)	0,4648 (t=-0,7448)
	H	0,1297 (t=-1,5565)	0,0815 (t=1,8884)	0,6654 (t=0,4424)	0,4339 (t=0,7940)	0,9919 (t=0,0102)
	B	0,0463 (t=-2,0757)	0,0019 (t=-2,4754)	0,0244 (t=-2,3750)	0,9897 (t=-0,0129)	0,4387 (t=-0,7841)
	Γ	0,5226 (t=-0,6571)	0,2033 (t=1,3396)	0,1746 (t=-1,4360)	0,1884 (t=1,3670)	0,0581 (t=-2,0509)
LIB	M	0,8285 (t=-0,2187)	0,0033 (t=-3,3345)	0,0019 (t=-3,4832)		0,0188 (t=-2,5137)
	H	0,6926 (t=-0,3995)	0,0743 (t=1,9096)	0,6699 (t=0,4341)		0,5009 (t=0,6854)
	B	0,7069 (t=0,3798)	0,0183 (t=-2,5694)	0,6222 (t=-0,4992)		0,0006 (t=-3,9329)
	Γ	0,4110 (t=0,8346)	0,4859 (t=0,7078)	0,1815 (t=-1,3761)		0,0922 (t=-1,7513)
ION	M	0,9427 (t=-0,0722)	0,0515 (t=-2,0251)	0,0652 (t=-1,9115)	0,0457 (t=-2,0763)	0,6621 (t=0,4392)
	H	0,4094 (t=-0,8307)	0,2951 (t=1,0909)	0,8989 (t=0,1296)	0,2203 (t=-1,2419)	0,5392 (t=0,6175)
	B	0,9400 (t=0,0756)	0,1267 (t=-1,6015)	0,0051 (t=-3,1832)	0,2925 (t=-1,0644)	0,6712 (t=0,4269)
	Γ	0,9516 (t=0,0609)	0,2293 (t=1,2614)	0,3387 (t=-0,9932)	0,0003 (t=3,9510)	0,0170 (t=-2,4672)
Σύνολο	M	0,0624 (t=-1,8685)	0,0019 (t=-3,1344)	2E-5 (t=-4,3727)	0,0807 (t=1,7533)	0,5855 (t=-0,5458)
	H	2E-5 (t=-4,2861)	0,6668 (t=0,4597)	0,8614 (t=0,1750)	0,0033 (t=-2,9711)	0,7069 (t=0,3763)
	B	0,0005 (t=-3,5077)	0,0178 (t=-2,3921)	0,0161 (t=-2,4275)	0,9119 (t=-0,1108)	0,0225 (t=-2,2928)
	Γ	0,1747 (t=-1,3607)	0,5896 (t=0,5411)	0,3322 (t=-0,9742)	2E-7 (t=5,4317)	0,0184 (t=-2,3733)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους κόκκινους και μαύρους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα θηλυκά και τα αρσενικά άτομα, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο μεταλλικό φορτίο; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων

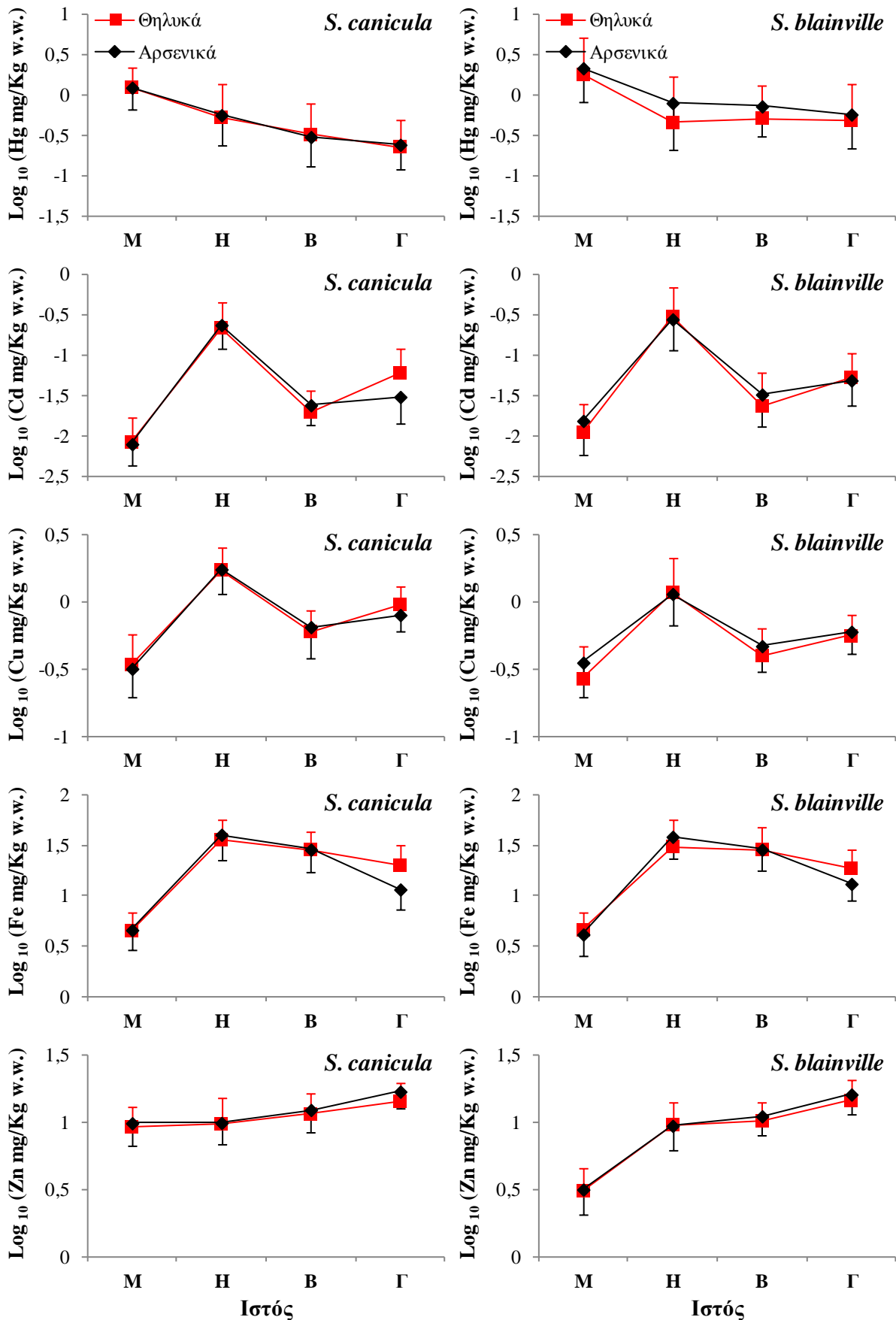
ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Συγκρίνοντας τις τιμές του συντελεστή b των εξισώσεων ολικού μήκους–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων μεταξύ των φύλων, διαπιστώθηκε ότι τα αρσενικά άτομα φέρουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Hg για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα θηλυκά άτομα. Το πρότυπο αυτό παρατηρήθηκε στο μυϊκό ιστό (nAEG και ION), στο ήπαρ (nAEG, CYC και ION), στα βράγχια (nAEG, MYR και ION) και στη γονάδα (CYC, MYR και ION). Μικρότερος αριθμός στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των φύλων βρέθηκε ως προς το συντελεστή b των εξισώσεων του μήκους με τα υπόλοιπα μέταλλα, δείχνοντας την ιδιαίτερη συσσωρευτική συμπεριφορά του Hg (Πίνακας 8.24).

Πίνακας 8.24 Αποτελέσματα (τιμές P και F) της ανάλυσης συνδιακύμανσης (ANCOVA) για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των φύλων του είδους *S. blainville* ως προς τις τιμές του συντελεστή b των σχέσεων ολικού μήκους–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	M	0,0005 (F=12,5)	0,0008 (F=11,8)	0,3903 (F=0,74)	0,6351 (F=0,23)	0,1472 (F=2,12)
	H	0 (F=24,9)	0,0238 (F=5,65)	0,0599 (F=3,81)	0,0030 (F=9,48)	0,6845 (F=0,17)
	B	0,0447 (F=4,13)	0,5831 (F=0,31)	0,3481 (F=0,90)	0,3275 (F=0,99)	0,2479 (F=1,35)
	Γ	0,7119 (F=0,14)	0,6050 (F=0,27)	0,5754 (F=0,32)	0,0613 (F=3,66)	0,2790 (F=1,18)
CYC	M	0,5556 (F=0,35)	0,1502 (F=2,15)	0,9586 (F=0,00)	0,4113 (F=0,68)	0,2273 (F=1,49)
	H	0,0266 (F=5,10)			0,8409 (F=0,04)	0,4321 (F=0,62)
	B	0,2394 (F=1,40)	0,1680 (F=1,98)	0,1385 (F=2,27)	0,4695 (F=0,53)	0,8540 (F=0,03)
	Γ	0,0295 (F=5,25)			0,9841 (F=0,00)	0,1412 (F=2,36)
MYR	M	0,3798 (F=0,80)	0,8228 (F=0,05)	0,5148 (F=0,44)		0,7114 (F=0,14)
	H	0,3738 (F=0,82)	0,5693 (F=0,34)	0,3552 (F=0,93)		0,1638 (F=2,18)
	B	0,0025 (F=11,2)	0,7229 (F=0,13)	0,8235 (F=0,05)		0,7599 (F=0,10)
	Γ	0,0194 (F=6,21)	0,8276 (F=0,05)	0,0197 (F=7,07)		0,0023 (F=11,4)
CRE	M	0,7616 (F=0,09)	0,0311 (F=5,10)	0,0001 (F=22,7)	0,1246 (F=2,52)	0,0086 (F=7,91)
	H	0,1288 (F=2,44)	0,9285 (F=0,01)	0,6416 (F=0,23)	0,2121 (F=1,64)	0,2150 (F=1,60)
	B	0,0795 (F=3,30)	0,1737 (F=1,95)	0,6327 (F=0,23)	0,0850 (F=3,21)	0,8749 (F=0,03)
	Γ	0,5996 (F=0,29)	0,1218 (F=2,81)	0,5927 (F=0,30)	0,5401 (F=0,39)	0,2532 (F=1,43)
LIB	M	0,1438 (F=2,27)	0,4633 (F=0,56)	0,0066 (F=8,99)		0,0915 (F=3,10)
	H	0,0877 (F=3,15)	0,7090 (F=0,15)	0,2126 (F=1,71)		0,5805 (F=0,32)
	B	0,3255 (F=1,00)	0,7183 (F=0,13)	0,6923 (F=0,16)		0,6378 (F=0,23)
	Γ	0,1929 (F=1,79)	0,4504 (F=0,59)	0,6551 (F=0,21)		0,1992 (F=1,75)
ION	M	0,0273 (F=5,13)	0,5822 (F=0,31)	0,1378 (F=2,33)	0,2964 (F=1,13)	0,0006 (F=13,1)
	H	0,0155 (F=6,22)	0,3601 (F=0,91)	0,1837 (F=2,01)	0,2975 (F=1,11)	0,1158 (F=2,55)
	B	0,0225 (F=5,55)	0,8633 (F=0,03)	0,2002 (F=1,79)	0,0716 (F=3,40)	0,0079 (F=7,67)
	Γ	0,0019 (F=10,7)	0,1760 (F=2,09)	0,8675 (F=0,03)	0,0157 (F=6,29)	0,9198 (F=0,01)
Σύνολο	M	0 (F=18,0)	0,0013 (F=10,6)	0,1412 (F=2,18)	0,5737 (F=0,32)	0,1589 (F=1,99)
	H	0 (F=41,1)	0,1362 (F=2,26)	0,1508 (F=2,10)	0,0589 (F=3,61)	0,1938 (F=2,19)
	B	0,0035 (F=8,63)	0,0460 (F=4,04)	0,6123 (F=0,26)	0,2241 (F=1,49)	0,5786 (F=0,31)
	Γ	0,0028 (F=9,10)	0,8148 (F=0,06)	0,2341 (F=1,43)	0,0064 (F=7,66)	0,5737 (F=0,32)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους κόκκινους και μαύρους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή b ; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων



Εικόνα 8.8 Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων (log₁₀) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (M), στο ήπαρ (H), στα βράγχια (B) και στη γονάδα (Γ) ανά φύλο των υπό μελέτη ειδών στο σύνολο των περιοχών. Δίνεται η τυπική απόκλιση για τα θηλυκά (+T.A.) και αρσενικά άτομα (-T.A.)

8.3.10 Σύγκριση μεταξύ ανώριμων και ώριμων ατόμων*Scyliorhinus canicula*

Ο Hg έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση κυρίως στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ των ώριμων ατόμων, ανεξάρτητα από το φύλο, στην πλειονότητα των περιοχών.

Το Cd έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο μυϊκό ιστό των ανώριμων θηλυκών ατόμων (CYC και ION) και στο ήπαρ των ώριμων θηλυκών (nAEG, CRE και ION) ή αρσενικών ατόμων (CRE).

Ο Cu έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο μυϊκό ιστό (CYC και MYR), στο ήπαρ (CRE) και στη γονάδα (CRE και ION) των ανώριμων θηλυκών ατόμων. Στα αρσενικά, έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο μυϊκό ιστό (CYC) και στη γονάδα (nAEG) των ανώριμων ατόμων.

Ο Fe έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στη γονάδα είτε των ανώριμων (CRE) ή των ώριμων (COR) θηλυκών ατόμων. Στα αρσενικά, έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση κυρίως στο ήπαρ των ώριμων ατόμων (CYC, CRE, ION και COR). Σημαντικά υψηλότερες μέσες τιμές βρέθηκαν επίσης στο μυϊκό ιστό (CYC) και στη γονάδα (nAEG) των ανώριμων αρσενικών ατόμων, καθώς και στα βράγχια (nAEG και COR) των ώριμων αρσενικών ατόμων.

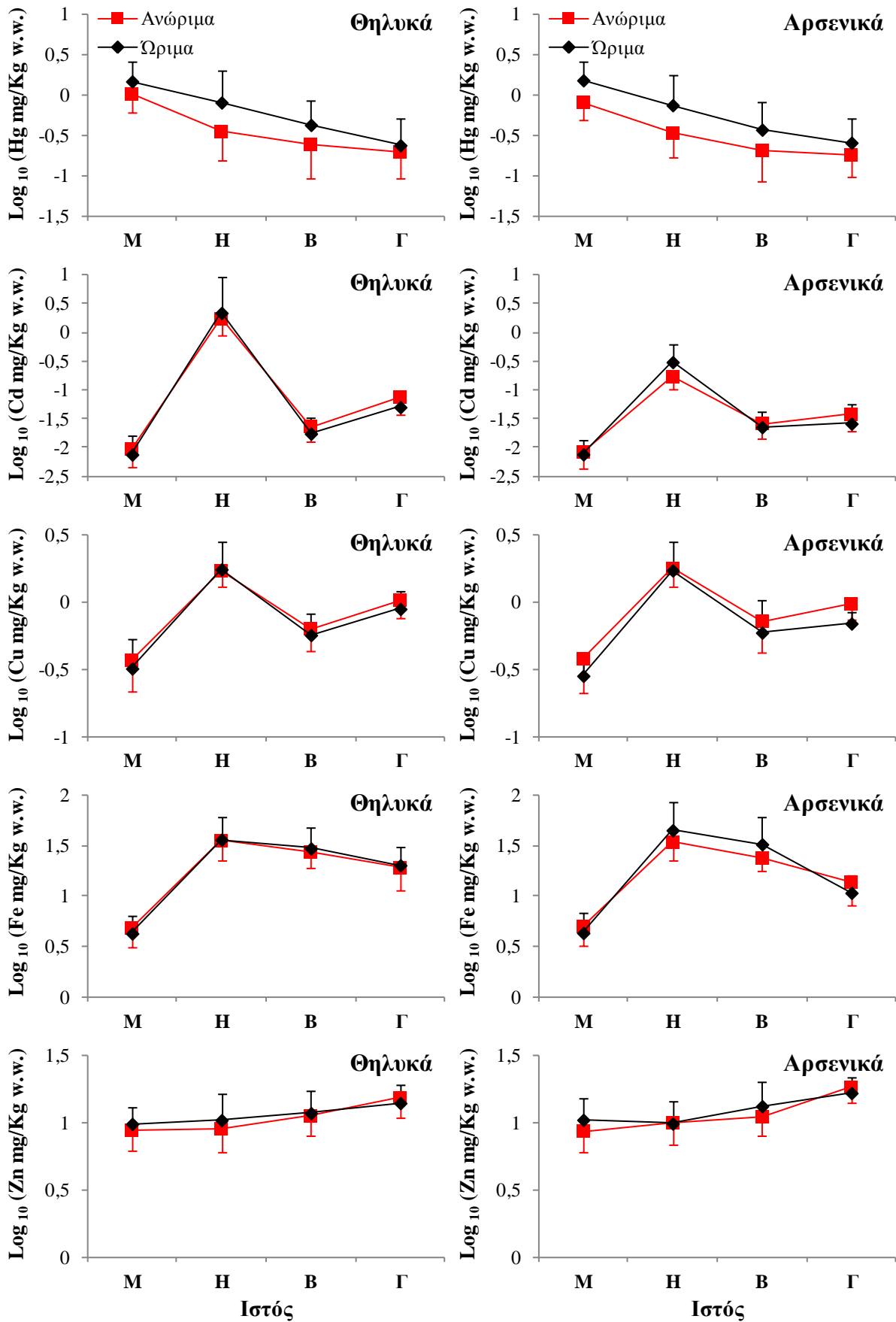
Ο Zn έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση αφενός στο μυϊκό ιστό (nAEG) και στο ήπαρ (nAEG και CRE) των ώριμων θηλυκών ατόμων αφετέρου στο μυϊκό ιστό (nAEG και CYC) και στα βράγχια (nAEG και ION) των ώριμων αρσενικών ατόμων, καθώς και στη γονάδα (CYC) των ανώριμων αρσενικών ατόμων (Πίνακας 8.25, Εικόνα 8.9).

Πίνακας 8.25 Αποτελέσματα (τιμές *P* και *t*) της δοκιμασίας *t* για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ανώριμων και ώριμων θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. canicula* ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg		Cd		Cu		Fe		Zn	
		Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά
nAEG	M	1E-12 (t=-7,5613)	0 (t=-8,4623)	0,5816 (t=0,5543)	0,6937 (t=-0,3959)	0,8999 (t=0,1263)	0,3182 (t=1,0048)	0,3340 (t=0,9733)	0,1384 (t=1,4973)	0,0236 (t=-2,2796)	0,0003 (t=-3,6509)
	H	0 (t=-8,6536)	2E-7 (t=-6,0078)	0,0265 (t=-2,4160)	0,0596 (t=-2,0102)	0,0712 (t=-1,9174)	0,6081 (t=-0,5219)	0,4781 (t=0,7183)	0,7003 (t=0,3876)	0,0134 (t=-2,5027)	0,4604 (t=-0,7399)
	B	0,0003 (t=-3,7242)	0,0001 (t=-4,0758)	0,9939 (t=0,0077)	0,4673 (t=0,7425)	0,5723 (t=0,5752)	0,6863 (t=-0,4105)	0,3812 (t=0,8897)	0,0381 (t=-2,1765)	0,5817 (t=-0,5528)	0,0022 (t=-3,1439)
	Γ	0,1210 (t=-1,5676)	0,0240 (t=-2,2822)	0,0516 (t=2,085)	0,1028 (t=1,7186)	0,4415 (t=0,7870)	0,0001 (t=4,8256)	0,1611 (t=1,4370)	0,0036 (t=3,1188)	0,6943 (t=0,3944)	0,1369 (t=1,4958)
nEVO	M	0,7398 (t=-0,3379)						0,3249 (t=-1,072)		0,4311 (t=-0,8078)	
	H	0,1914 (t=-1,4722)						0,7418 (t=-0,3451)		0,5711 (t=-0,5990)	
	B	0,0949 (t=1,9811)						0,5195 (t=0,6841)		0,8624 (t=0,1809)	
	Γ	0,4551 (t=0,7983)						0,1015 (t=1,9325)		0,5308 (t=0,6650)	
CYC	M	0,1081 (t=-1,6259)	2E-6 (t=-5,3468)	0,0027 (t=3,2625)	0,5347 (t=0,6282)	0,0056 (t=2,9065)	0,0060 (t=2,8755)	0,1969 (t=1,3099)	0,0031 (t=3,1255)	0,1516 (t=-1,4484)	0,0022 (t=-3,1901)
	H	0,0007 (t=-3,5519)	0,0001 (t=-4,2255)					0,6888 (t=0,4026)	0,0045 (t=-2,9792)	0,1108 (t=-1,6131)	0,2265 (t=1,2210)
	B	0,0004 (t=-3,8229)	0,0001 (t=-4,3126)	0,0736 (t=1,8834)	0,5779 (t=-0,5658)	0,2186 (t=1,2682)	0,58819 (t=0,5503)	0,1509 (t=-1,4607)	0,3767 (t=0,8933)	0,2369 (t=1,1978)	0,7091 (t=-0,3753)
	Γ	0,5457 (t=0,6088)	0,2397 (t=-1,1930)					0,2231 (t=-1,2403)	0,3292 (t=-0,9895)	0,2369 (t=1,1978)	0,0333 (t=2,19761)
MYR	M	0,2223 (t=-1,3233)	0,1517 (t=-1,4696)	0,7596 (t=-0,3202)	0,4437 (t=0,8117)	0,0300 (t=2,8282)	0,3297 (t=1,0475)	0,3439 (t=-1,0059)	0,1954 (t=1,3990)	0,5498 (t=-0,6243)	0,1665 (t=1,4167)
	H	0,88881 (t=-0,1459)	0,2083 (t=-1,3366)					0,2410 (t=-1,2664)	0,8982 (t=0,1316)	0,0668 (t=2,1201)	0,1469 (t=1,5605)
	B	0,0277 (t=-2,7697)	0,9966 (t=0,0043)	0,6983 (t=-0,4067)	0,5589 (t=-0,6136)	0,4831 (t=-0,7473)	0,5779 (t=0,5834)	0,0573 (t=-2,2187)	0,8768 (t=-0,1608)	0,0698 (t=-2,0919)	0,9679 (t=0,0422)
	Γ	0,1110 (t=-1,8233)	0,2066 (t=-1,3120)					0,0674 (t=2,1148)	0,2389 (t=1,2612)	0,2205 (t=-1,3290)	0,3024 (t=1,0821)
CRE	M	2E-6 (t=-7,5971)	0,0013 (t=-4,0917)	0,3803 (t=0,9039)	0,1574 (t=1,5001)	0,4599 (t=0,7585)	0,3498 (t=0,9700)	0,0683 (t=1,9641)	0,6445 (t=0,4724)	0,8327 (t=0,2147)	0,6471 (t=-0,4686)
	H	0,0338 (t=-2,3354)	0,0027 (t=-3,6998)	0,0038 (t=-4,0263)	0,0449 (t=-2,3269)	0,0053 (t=3,7865)	0,7918 (t=0,2720)	0,1112 (t=-1,6923)	0,0516 (t=-2,1431)	0,0339 (t=-2,3203)	0,4399 (t=-0,7966)
	B	0,0536 (t=-2,0941)	0,4557 (t=-0,7690)	0,7072 (t=0,3855)	0,1903 (t=1,4051)	0,5326 (t=0,6443)	0,4529 (t=0,7811)	0,1812 (t=1,4021)	0,3181 (t=-1,0383)	0,4684 (t=0,7427)	0,3596 (t=-0,9496)
	Γ	0,0591 (t=-2,3239)	0,0142 (t=-2,8314)	0,7092 (t=0,3886)	0,9407 (t=-0,0771)	0,0152 (t=3,2953)	0,1528 (t=1,6037)	0,0406 (t=2,6006)	0,4763 (t=0,7335)	0,1603 (t=1,5056)	0,5054 (t=-0,6850)
ION	M	0,1112 (t=-1,7899)	0,1073 (t=-1,8135)	0,0288 (t=2,7420)	0,8996 (t=-0,1317)	0,3242 (t=-1,0603)	0,0467 (t=-2,4980)	0,2742 (t=-1,1862)	0,4857 (t=-0,7427)	0,6081 (t=-0,5366)	0,1323 (t=-1,7111)
	H	0,0001 (t=-7,2982)	0,9214 (t=-0,1018)	0,0045 (t=-4,1109)	0,4200 (t=-0,8656)	0,3022 (t=1,1135)	0,0896 (t=-2,0225)	0,2038 (t=-1,4017)	0,0010 (t=-5,9935)	0,0535 (t=-2,3181)	0,7991 (t=0,2660)
	B	0,1121 (t=-1,7846)	0,8542 (t=0,1899)	0,8409 (t=-0,02083)	0,1622 (t=1,5932)	0,0254 (t=2,8295)	0,1188 (t=1,8188)	0,3154 (t=-1,0831)	0,2005 (t=-1,4378)	0,2478 (t=-1,2608)	0,0457 (t=-2,5138)
	Γ	0,0606 (t=-2,1828)	0,9286 (t=-0,09377)	0,7375 (t=0,3488)	0,5763 (t=0,5907)	0,0262 (t=2,8090)	0,3442 (t=1,0267)	0,8532 (t=0,1920)	0,4894 (t=0,7362)	0,2270 (t=1,3245)	0,6164 (t=0,5280)
COR	M	0,0812 (t=-1,9943)	0,1451 (t=-1,5955)	0,5438 (t=-0,6339)	0,4938 (t=0,7285)	0,3017 (t=1,1039)	0,3068 (t=1,0835)	0,3823 (t=-0,9243)	0,9131 (t=-0,1122)	0,8434 (t=-0,2019)	0,2289 (t=-1,2909)
	H	0,0722 (t=-2,0698)	0,5739 (t=-0,5834)					0,4572 (t=-0,7811)	0,0269 (t=-2,6389)	0,9853 (t=0,0189)	0,6519 (t=0,4666)
	B	0,1389 (t=-1,6434)	0,7593 (t=0,3237)	0,5727 (t=0,5916)	0,1437 (t=1,6465)	0,0774 (t=-2,0681)	0,2447 (t=1,2700)	0,0837 (t=-1,9749)	0,0009 (t=-5,4897)	0,1204 (t=-1,6717)	0,2965 (t=-1,1082)
	Γ	0,0975 (t=-1,8759)	0,8558 (t=-0,1511)					0,0367 (t=-2,5035)	0,0859 (t=-1,9978)	0,7721 (t=-0,2976)	0,7562 (t=0,3280)
Σύνολο	M	2E-7 (t=-6,4010)	0 (t=-11,201)	0,0996 (t=1,6585)	0,4418 (t=0,7715)	0,0861 (t=1,7266)	0,0001 (t=3,9811)	0,0822 (t=1,7487)	0,0340 (t=2,1363)	0,0012 (t=-3,2570)	1E-6 (t=-4,9910)
	H	0 (t=-7,9913)	2E-7 (t=-8,2311)	0,0113 (t=-2,6665)	0,0051 (t=-2,9809)	0,7867 (t=-0,2726)	0,8014 (t=0,2534)	0,7461 (t=-0,3244)	0,0041 (t=-2,9153)	0,0045 (t=-2,8619)	0,8196 (t=0,2282)
	B	3E-6 (t=-4,7976)	1E-6 (t=-4,9631)	0,0473 (t=2,0145)	0,3151 (t=1,0112)	0,2030 (t=1,2835)	0,1224 (t=1,5616)	0,2647 (t=-1,1202)	0,0010 (t=-3,3835)	0,3584 (t=-0,9205)	0,0005 (t=-3,5122)
	Γ	0,1338 (t=-1,5063)	0,0021 (t=-3,1060)	0,0769 (t=1,8212)	0,1433 (t=1,4973)	0,1540 (t=1,4561)	0,0001 (t=4,3648)	0,5305 (t=-0,6292)	0,0070 (t=2,7406)	0,0934 (t=1,6862)	0,0460 (t=2,0056)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους κόκκινους και μαύρους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα ανώριμα και ώριμα άτομα, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο μεταλλικό φορτίο; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων ή ανεπαρκών δειγμάτων για επιμέρους συγκρίσεις

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ



Εικόνα 8.9 Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (M), στο ήπαρ (H), στα βράγχια (B) και στη γονάδα (Γ) των ανώριμων και ώριμων ατόμων του είδους *S. canicula* στο σύνολο των περιοχών. Δίνεται η τυπική απόκλιση για τα ανώριμα (+T.A.) και ώριμα άτομα (-T.A.)

Squalus blainville

Ο Hg έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στα ώριμα άτομα, ανεξάρτητα από το φύλο και τον ιστό, στην πλειονότητα των περιοχών.

Το Cd έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση αφενός στο μυϊκό ιστό (nAEG και MYR) και στα βράγχια (nAEG) των ανώριμων θηλυκών ατόμων αφετέρου στο ήπαρ των ώριμων αρσενικών ατόμων (nAEG).

Ο Cu έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο μυϊκό ιστό (CYC, LIB και ION) και στη γονάδα (ION) των ανώριμων θηλυκών ατόμων. Στα αρσενικά, ο Cu υπερέιχε άλλοτε στα ανώριμα (CYC: βράγχια και MYR: γονάδα) και άλλοτε στα ώριμα άτομα (nAEG: ήπαρ, βράγχια και LIB: ήπαρ).

Ο Fe έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση αφενός στο μυϊκό ιστό των ανώριμων θηλυκών ατόμων (nAEG) αφετέρου στο ήπαρ (CYC και CRE), στα βράγχια (nAEG) και στη γονάδα (ION) των ώριμων θηλυκών ατόμων. Στα αρσενικά, ο Fe έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση αφενός στο μυϊκό ιστό (CRE) και στη γονάδα (nAEG) των ανώριμων ατόμων αφετέρου στο ήπαρ (nAEG και ION) και στα βράγχια (nAEG και ION) των ώριμων ατόμων.

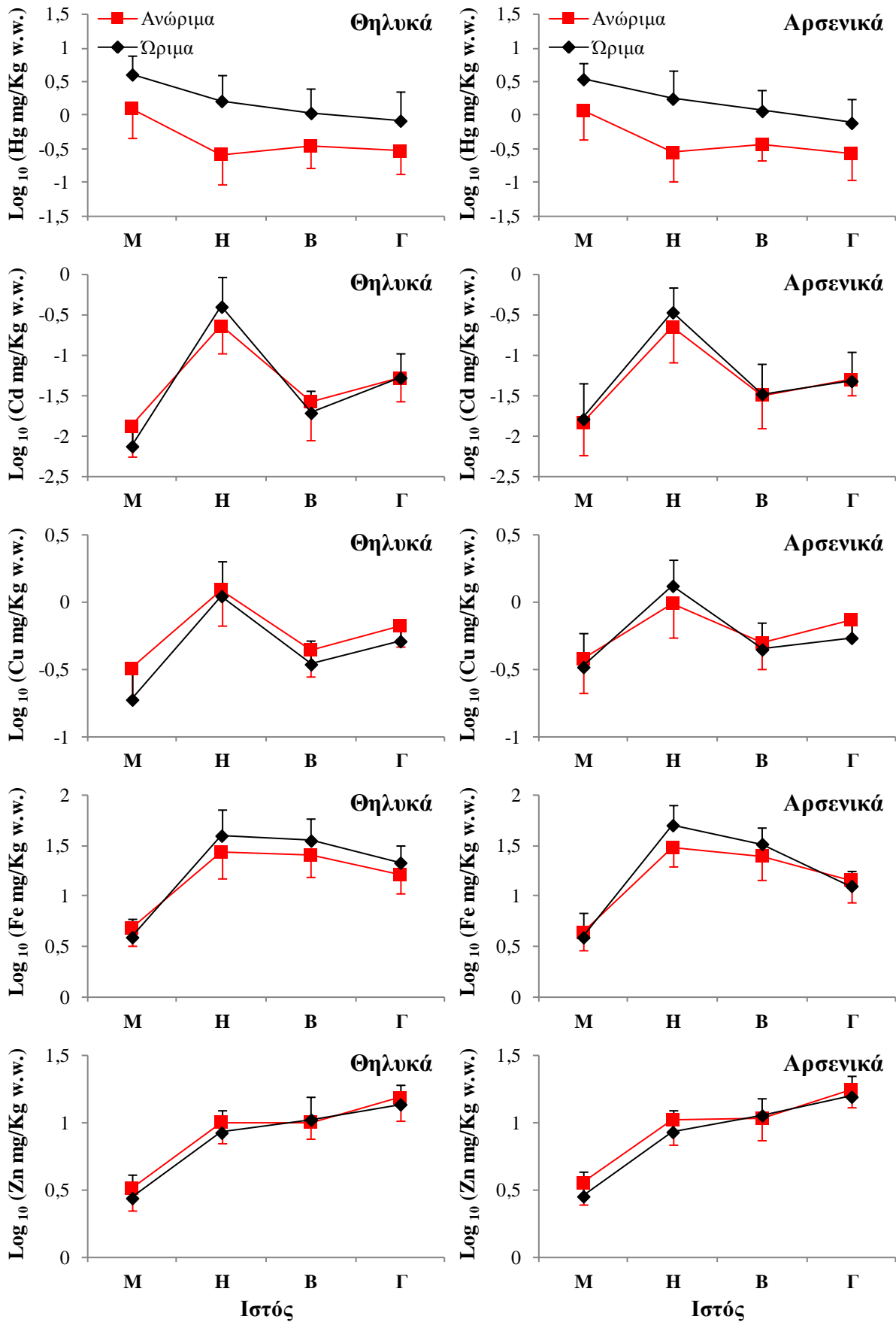
Ο Zn έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση τιμή στο μυϊκό ιστό (CRE και LIB), στο ήπαρ (nAEG και CRE) και στη γονάδα (CYC, CRE και ION) των ανώριμων θηλυκών ατόμων, καθώς και στα βράγχια (nAEG) των ώριμων θηλυκών ατόμων. Στα αρσενικά, ο Zn έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση τιμή αφενός στο μυϊκό ιστό (CYC, CRE και ION), στο ήπαρ (ION) και στη γονάδα (MYR και ION) των ανώριμων ατόμων αφετέρου στο ήπαρ (nAEG) και στα βράγχια (nAEG και ION) των ώριμων ατόμων (Πίνακας 8.26, Εικόνα 8.10).

Στις Εικόνες Π1–Π2 και Π3–Π4 του Παραρτήματος απεικονίζεται γραφικά η μεταβολή των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των διαφορετικών σταδίων γεννητικής ωριμότητας (βλ. Υποκεφ. 5.3.1 για ερμηνεία σταδίων) των θηλυκών και αρσενικών ατόμων των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα.

Πίνακας 8.26 Αποτελέσματα (τιμές P και t) της δοκιμασίας t για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ανώριμων και ώριμων θηλυκών και αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας (με εξαίρεση τον COR) και στο σύνολο των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg		Cd		Cu		Fe		Zn	
		Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά
nAEG	M	0 (t=-9,9699)	2E-8 (t=-6,2220)	0,0004 (t=3,6999)	0,2221 (t=-1,2366)	0,0659 (t=1,8649)	0,3777 (t=-0,8879)	0,0006 (t=3,5915)	0,0659 (t=1,8724)	0,6370 (t=0,4732)	0,2196 (t=1,2383)
	H	0 (t=-9,9916)	0 (t=-9,0452)	0,1335 (t=-1,5806)	0,0169 (t=-2,6869)	0,5105 (t=-0,6732)	0,0039 (t=-3,4125)	0,1686 (t=1,4010)	0,0103 (t=-2,7442)	0,0486 (t=1,9949)	0,0451 (t=2,0441)
	B	2E-10 (t=-7,9260)	3E-10 (t=-7,9129)	0,0279 (t=2,3709)	0,8071 (t=0,2472)	0,1764 (t=-1,4014)	0,0238 (t=-2,4370)	0,0010 (t=-3,8492)	0,0007 (t=-4,1555)	1E-11 (t=-8,7576)	0,0172 (t=-2,4797)
	Γ	3E-7 (t=-6,3598)	3E-5 (t=-4,5294)	0,7952 (t=0,2659)	0,4847 (t=-0,7120)	0,5312 (t=0,5466)	0,0628 (t=1,9705)	0,0768 (t=-1,8378)	0,0563 (t=2,0100)	0,6719 (t=-0,4269)	0,3589 (t=0,9279)
CYC	M	2E-5 (t=-4,7942)	1E-5 (t=-5,1706)	0,1236 (t=1,5912)	0,8602 (t=0,1408)	0,0247 (t=2,3508)	0,1467 (t=1,5020)	0,6502 (t=-0,4576)	0,4179 (t=-0,8233)	0,9525 (t=0,0599)	0,0443 (t=2,1180)
	H	1E-6 (t=-5,9900)	2E-7 (t=-6,4600)					0,0002 (t=-4,1575)	0,0711 (t=-1,8854)	0,6573 (t=-0,4470)	0,3116 (t=1,0298)
	B	1E-6 (t=-5,7162)	2E-5 (t=-4,9659)	0,3759 (t=0,9067)	0,3993 (t=-0,8622)	0,3968 (t=0,8641)	0,0482 (t=2,0820)	0,1489 (t=-1,4725)	0,0875 (t=-1,7754)	0,4411 (t=-0,7780)	0,3925 (t=-0,8681)
	Γ	0,0895 (t=-1,8241)	0,0332 (t=-2,3453)					0,9354 (t=0,0828)	0,7344 (t=-0,3488)	0,0326 (t=-2,5234)	
MYR	M	0,0490 (t=-2,1897)	0,2561 (t=-1,1841)	0,0448 (t=2,3759)	0,1074 (t=1,8132)	0,2475 (t=1,2476)	0,0974 (t=1,8769)			0,7193 (t=0,3669)	0,9330 (t=-0,0862)
	H	0,0237 (t=-2,5898)	0,3011 (t=-1,0737)	0,2018 (t=-1,4332)	0,7039 (t=0,4026)	0,8579 (t=0,1868)	0,3529 (t=1,0237)			0,1267 (t=1,7329)	0,3777 (t=0,9523)
	B	0,1946 (t=-1,3739)	0,0364 (t=-2,3136)	0,7424 (t=0,3403)	0,4876 (t=0,7276)	1,8037 (t=0,1089)	0,3039 (t=1,0987)			0,9490 (t=-0,0649)	0,9726 (t=-0,0350)
	Γ	0,0045 (t=-3,4859)	0,1714 (t=-1,4418)	0,6118 (t=-0,5351)	0,1914 (t=1,4459)	0,7726 (t=0,3023)	0,0046 (t=4,0893)			0,4967 (t=-0,7010)	0,0372 (t=2,3028)
CRE	M	0,0014 (t=-3,8094)	0,4306 (t=0,8457)	0,1792 (t=1,3949)	0,6258 (t=0,5004)	0,5470 (t=-0,6132)	0,3380 (t=-0,9980)	0,1682 (t=1,4533)	0,0029 (t=3,7333)	0,0379 (t=2,2399)	0,0007 (t=3,2432)
	H	0,0001 (t=-4,9115)	0,2806 (t=-1,1299)	0,1710 (t=-1,5548)	0,3766 (t=-0,9699)	0,1491 (t=1,6545)	0,8417 (t=-0,2103)	0,0033 (t=-3,4954)	0,1897 (t=-1,3980)	0,0063 (t=3,0896)	0,4869 (t=0,7174)
	B	0,0002 (t=-4,7852)	0,9148 (t=-0,1092)	0,4639 (t=0,7505)	0,8058 (t=-0,2518)	0,1674 (t=1,4464)	0,2636 (t=-1,1782)	0,5116 (t=-0,6735)	0,8100 (t=-0,24574)	0,2997 (t=-1,0679)	0,4818 (t=0,7289)
	Γ	0,0306 (t=-3,2760)	0,1873 (t=1,4614)	0,0738 (t=-2,1623)	0,0605 (t=-2,4143)	0,5448 (t=-0,6417)	0,6847 (t=0,4306)	0,0947 (t=-1,8674)	0,6225 (t=-0,5149)	0,0256 (t=2,9502)	0,1077 (t=1,8493)
LIB	M	0,1785 (t=-1,3999)	0,1102 (t=-1,7960)	0,4374 (t=0,8034)	0,2904 (t=1,1592)	0,0312 (t=2,3492)	0,2041 (t=1,4660)			0,0027 (t=3,5805)	0,0891 (t=1,9343)
	H	0,0617 (t=-1,9926)	0,1632 (t=-1,5354)	0,1087 (t=-1,8054)	0,5139 (t=0,6935)	0,4055 (t=-0,8780)	0,0100 (t=-3,7044)			0,0627 (t=2,0943)	0,1679 (t=1,5163)
	B	0,6115 (t=-0,5170)	0,0362 (t=-2,5136)	0,3405 (t=0,9926)	0,2149 (t=1,3866)	0,4823 (t=0,7193)	0,6776 (t=0,4368)			0,6409 (t=0,4761)	0,9943 (t=-0,0074)
	Γ	0,2982 (t=-1,0714)	0,0064 (t=-3,6596)	0,6640 (t=0,4426)	0,1102 (t=1,8729)	0,9775 (t=-0,0286)				0,8591 (t=0,1806)	0,2203 (t=1,3298)
ION	M	1E-7 (t=-8,0440)	1E-7 (t=-6,8179)	0,1247 (t=1,6265)	0,2386 (t=-1,2310)	0,0099 (t=2,9531)	0,5268 (t=-0,6491)	0,6671 (t=0,4387)	0,3205 (t=-1,0252)	0,1281 (t=1,5841)	3E-5 (t=4,7810)
	H	4E-6 (t=-6,1889)	1E-5 (t=-5,1958)	0,0621 (t=-2,2880)	0,0528 (t=-2,5251)	0,0812 (t=2,0932)	0,7017 (t=-0,4058)	0,1109 (t=-1,6768)	0,0241 (t=-2,3855)	0,3442 (t=0,9677)	0,0056 (t=2,9410)
	B	4E-5 (t=-5,5609)	2E-5 (t=-4,9272)	0,6693 (t=0,4415)	0,7220 (t=0,3705)	0,8937 (t=0,1374)	0,1885 (t=1,4568)	0,1188 (t=-1,6543)	0,0028 (t=-3,2485)	0,4363 (t=-0,7985)	0,0047 (t=-3,0312)
	Γ	2E-6 (t=-7,1652)	1E-6 (t=-5,9703)	0,0721 (t=2,1800)	0,0718 (t=2,2774)	0,0205 (t=3,1288)	0,1768 (t=1,5717)	0,0448 (t=-2,1891)	0,3372 (t=0,9747)	0,0109 (t=2,8798)	0,0297 (t=2,2725)
Σύνολο	M	2E-7 (t=-6,4010)	2E-7 (t=-9,5145)	0,0996 (t=1,6585)	0,5471 (t=-0,6040)	0,0861 (t=1,7266)	0,1784 (t=1,3525)	0,0822 (t=1,7487)	0,2612 (t=1,1289)	0,0012 (t=-3,2570)	0,002 (t=3,7501)
	H	0 (t=-7,9913)	4E-7 (t=-12,6194)	0,0113 (t=-2,6665)	0,1022 (t=-1,6690)	0,7867 (t=-0,2726)	0,0571 (t=-1,9540)	0,7461 (t=-0,3244)	2E-7 (t=-5,8742)	0,0045 (t=-2,8619)	0,0007 (t=3,4367)
	B	3E-6 (t=-4,7975)	0 (t=-11,1583)	0,0473 (t=-2,0145)	0,8395 (t=-0,2032)	0,2030 (t=1,2835)	0,2520 (t=1,1532)	0,2647 (t=-1,1202)	0,0057 (t=-2,8335)	0,3584 (t=-0,9205)	0,3409 (t=-0,9554)
	Γ	0,1338 (t=-1,5063)	1E-9 (t=-6,5186)	0,0769 (t=1,8212)	0,8653 (t=-0,1705)	0,1540 (t=1,4561)	0,0052 (t=2,9285)	0,5305 (t=-0,6292)	0,1708 (t=1,3826)	0,0934 (t=1,6862)	0,1036 (t=1,6400)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους κόκκινους και μαύρους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα ανώριμα και ώριμα άτομα, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο μεταλλικό φορτίο; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων ή ανεπαρκών δειγμάτων για επιμέρους συγκρίσεις



Εικόνα 8.10 Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων (log₁₀) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (M), στο ήπαρ (H), στα βράγχια (B) και στη γονάδα (Γ) των ανώριμων και ώριμων ατόμων του είδους *S. blainville* στο σύνολο των περιοχών. Δίνεται η τυπική απόκλιση για τα ανώριμα (+T.A.) και ώριμα άτομα (-T.A.)

8.3.11 Σύγκριση μεταξύ περιοχών

Scyliorhinus canicula

Οι μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των περιοχών σε κάθε ιστό ($P_{ANOVA} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), με εξαίρεση τη γονάδα (Πίνακες 8.27, 8.28). Στον Πίνακα 8.31 παρουσιάζεται η σειρά αύξησης των μέσων συγκεντρώσεων (\log_{10}) των στοιχείων ανά ιστό στις διαφορετικές περιοχές δειγματοληψίας των υπό μελέτη ειδών.

Πίνακας 8.27 Αποτελέσματα (τιμές *P* και *F*) της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων σε κάθε ιστό των ατόμων του είδους *S. canicula*. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών

Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
Μυϊκός ιστός	0 (F=28,77)	0,0104 (F=3,07)	0 (F=8,18)	0 (F=16,92)	0 (F=32,21)
Ήπαρ	0 (F=9,49)	0,0068 (F=5,34)	0,0109 (F=4,81)	0 (F=11,63)	0,0203 (F=2,52)
Βράγχια	0 (F=12,60)	0 (F=6,48)	0 (F=9,47)	0 (F=8,68)	0 (F=21,43)
Γονάδα	0 (F=16,35)	0,0378 (F=3,43)	0,1805 (F=1,75)	0,082 (F=2,97)	0,3325 (F=1,15)

Πίνακας 8.28 Επιμέρους στατιστικά σημαντικές διαφορές (*) στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας βάσει της δοκιμασίας πολλαπλούς εύρους

Σύγκριση	Hg				Cd				Cu				Fe				Zn			
	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ
nAEG-nEVO	*	*											*	*	*		*	*		
nAEG-CYC	*		*	*										*	*		*	*		
nAEG-MYR	*	*	*	*			*						*	*			*	*	*	
nAEG-CRE	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
nAEG-ION					*	*	*		*	*	*		*	*			*	*		
nAEG-COR	*	*	*	*					*				*							
nEVO-CYC	*	*	*	*									*		*		*		*	
nEVO-MYR	*												*				*		*	
nEVO-CRE														*			*		*	
nEVO-ION		*		*									*		*		*	*	*	
nEVO-COR	*	*	*	*									*	*	*		*		*	
CYC-MYR	*	*	*	*			*						*	*	*		*		*	
CYC-CRE	*	*	*	*	*		*		*		*		*				*			
CYC-ION	*		*						*										*	
CYC-COR	*	*	*	*					*				*							*
MYR-CRE	*	*	*	*									*	*	*		*		*	
MYR-ION	*	*	*	*			*		*				*	*	*		*	*	*	
MYR-COR	*	*	*	*			*		*				*				*		*	
CRE-ION				*	*						*		*					*		
CRE-COR	*	*	*	*			*		*				*	*			*			
ION-COR	*	*	*	*	*				*	*			*	*			*			

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Ο Hg στο μυϊκό ιστό έλαβε τη σημαντικά υψηλότερη μέση τιμή στο MYR. Στο ήπαρ και στα βράγχια, ο Hg ήταν σημαντικά υψηλότερος στο MYR σε σχέση με τις άλλες περιοχές, με εξαίρεση το nEVO, ενώ στη γονάδα, κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στις περιοχές nEVO, MYR και CRE. Στον COR, βρέθηκε η σημαντικά χαμηλότερη μέση τιμή Hg σε κάθε ιστό, με εξαίρεση τα βράγχια. Στα βράγχια, ο Hg κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στις περιοχές CYC και COR, τα οποία ήταν σημαντικά χαμηλότερα από εκείνα των άλλων περιοχών. Το υδραργυρικό φορτίο κάθε ιστού ήταν σημαντικά υψηλότερο στο MYR σε σχέση με τις CYC, καθώς και στο ION σε σχέση με τον COR, παρά τη σχετικά μικρή γεωγραφική απόσταση που χωρίζει αυτές τις περιοχές. Επίσης, συγκρίνοντας τους κόλπους nEVO και COR, ο Hg ήταν σημαντικά υψηλότερος στο nEVO, ανεξάρτητα από τον ιστό.

Το ζεύγος nAEG–CRE ήταν το μοναδικό που παρουσίασε σημαντική διαφοροποίηση ως προς το Cd σε κάθε ιστό. Σημαντική διαφοροποίηση βρέθηκε και στο ζεύγος nAEG–ION στην πλειονότητα των ιστών. Στα βράγχια, το Cd έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση τιμή στο MYR σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές, εκτός του CRE.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η πανομοιότυπη σειρά αύξησης που εμφάνισε η μέση συγκέντρωσή του Cu μεταξύ των διαφορετικών περιοχών, ανεξάρτητα από τον ιστό (Πίνακας 8.31). Σημαντική διαφοροποίηση ως προς το Cu βρέθηκε στα ζεύγη nAEG–CRE και nAEG–ION στην πλειονότητα των ιστών. Στις περιοχές CRE και ION, ο Cu στο μυϊκό ιστό κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα, τα οποία ήταν σημαντικά χαμηλότερα από εκείνα που καταγράφηκαν στις υπόλοιπες περιοχές, με εξαίρεση το ζεύγος CRE–MYR.

Ο Fe στο μυϊκό ιστό έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο CRE σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές, με εξαίρεση το nEVO, όπου κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα. Ο σημαντικά υψηλότερος ηπατικός Fe βρέθηκε στο MYR. Στα βράγχια, ο Fe έλαβε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο nEVO σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές, με εξαίρεση το MYR, όπου κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα. Συγκρίνοντας τους κόλπους nEVO και COR, ο Fe ήταν σημαντικά υψηλότερος στο nEVO, αλλά μόνο στο ήπαρ και στα βράγχια, ενώ κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στους υπόλοιπους ιστούς.

Ο Zn στο μυϊκό ιστό και στα βράγχια ήταν σημαντικά υψηλότερος στο MYR σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές. Στο ήπαρ, ήταν σημαντικά χαμηλότερος στο ION σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές και σημαντικά υψηλότερος στο MYR σε σχέση μόνο με το nAEG και το ION. Ομοίως με το Cu και το Fe, ο Zn στη γονάδα κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα σε όλες τις περιοχές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι περισσότερες σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των περιοχών ως προς το ψευδαργυρικό φορτίο αφορούν στο μυϊκό ιστό και στα βράγχια (Πίνακας 8.28, Εικόνα 8.11).

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Squalus blainville

Οι μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των στοιχείων διέφεραν σημαντικά μεταξύ των περιοχών σε κάθε ιστό ($P_{ANOVA} < 0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις), εκτός της γονάδας (Πίνακες 8.29, 8.30).

Πίνακας 8.29 Αποτελέσματα (τιμές P και F) της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων σε κάθε ιστό των ατόμων του είδους *S. blainville*. Οι έντονοι χαρακτήρες αντιστοιχούν στην παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών

Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
Μυϊκός ιστός	0 (F=31,41)	0,0014 (F=4,08)	0 (F=15,80)	0,0004 (F=6,29)	0 (F=73,16)
Ήπαρ	0 (F=13,84)	0 (F=43,52)	0 (F=9,73)	0 (F=13,89)	0 (F=15,56)
Βράγχια	0 (F=19,00)	0,0736 (F=2,05)	0 (F=9,56)	0 (F=9,40)	0 (F=31,05)
Γονάδα	0 (F=7,27)	0,0069 (F=3,75)	0 (F=15,74)	0,0149 (F=3,61)	0 (F=66,77)

Πίνακας 8.30 Επιμέρους στατιστικά σημαντικές διαφορές (*) στις μέσες συγκεντρώσεις (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας βάσει της δοκιμασίας πολλαπλούς εύρους

Σύγκριση	Hg				Cd				Cu				Fe				Zn				
	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	M	H	B	Γ	
nAEG-CYC	*	*	*			*			*				*	*					*		
nAEG-MYR			*			*		*	*		*							*	*	*	*
nAEG-CRE		*	*			*			*		*		*		*			*	*	*	*
nAEG-LIB		*	*	*		*			*	*	*	*			*			*	*	*	*
nAEG-ION	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CYC-MYR	*	*	*						*				*		*			*	*	*	*
CYC-CRE	*								*		*		*		*			*	*	*	*
CYC-LIB	*	*		*					*		*		*		*			*	*	*	*
CYC-ION	*	*	*	*	*		*		*		*		*	*	*			*	*	*	*
MYR-CRE		*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MYR-LIB				*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MYR-ION	*		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CRE-LIB		*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CRE-ION	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LIB-ION	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων

Ο Hg στο μυϊκό ιστό, στα βράγχια και στη γονάδα ήταν σημαντικά υψηλότερος στο ION σε σχέση με τις άλλες περιοχές, ενώ στο ήπαρ ήταν σημαντικά υψηλότερος στο ION σε σχέση με το nAEG, τις CYC και το CRE. Οι CYC παρουσίασαν τα χαμηλότερα επίπεδα Hg σε όλους τους ιστούς, εκτός της γονάδας. Σημαντική διαφορά ως προς τα επίπεδα Hg στην πλειονότητα των ιστών βρέθηκε μεταξύ του LIB και των περιοχών nAEG, CYC και ION, ενώ μόλις σε έναν ιστό το LIB διέφερε σημαντικά από τις περιοχές MYR και CRE. Το MYR και οι CYC διέφεραν σημαντικά ως προς τον Hg όλων των ιστών, εκτός της γονάδας.

Στην πλειονότητα των ιστών βρέθηκε σημαντική διαφορά ως προς το Cd μεταξύ του ION και των περιοχών nAEG και LIB. Στο ION καταγράφηκε η σημαντικά χαμηλότερη

μέση συγκέντρωση του Cd στο μυϊκό ιστό. Το nAEG έλαβε ενδιάμεση θέση μεταξύ των περιοχών CRE, ION και LIB, MYR ως προς το ηπατικό Cd. Το Cd στα βράγχια εμφάνισε τα υψηλότερα και παρόμοια επίπεδα στο nAEG και ION, τα οποία ξεπέρασαν σημαντικά μόνο εκείνα των CYC. Το Cd στη γονάδα ήταν σημαντικά υψηλότερο στο nAEG σε σχέση με το MYR και το ION, καθώς και στο LIB σε σχέση με το CRE και το MYR.

Ο Cu ήταν σημαντικά χαμηλότερος στην πλειονότητα των ιστών αφενός στο LIB σε σχέση με τις περιοχές nAEG, CRE και ION αφετέρου στο MYR σε σχέση με το CRE και το ION. Στο μυϊκό ιστό ήταν σημαντικά χαμηλότερος στο LIB σε σχέση με τις άλλες περιοχές, ενώ στους υπόλοιπους ιστούς κυμάνθηκε σε παρόμοια χαμηλά επίπεδα στο MYR και στο LIB. Ο Cu στο μυϊκό ιστό και στα βράγχια ήταν σημαντικά υψηλότερος στις CYC σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές ή με ένα μέρος τους, αντίστοιχα, ενώ στο ήπαρ και στη γονάδα έλαβε την υψηλότερη μέση συγκέντρωση στο ION.

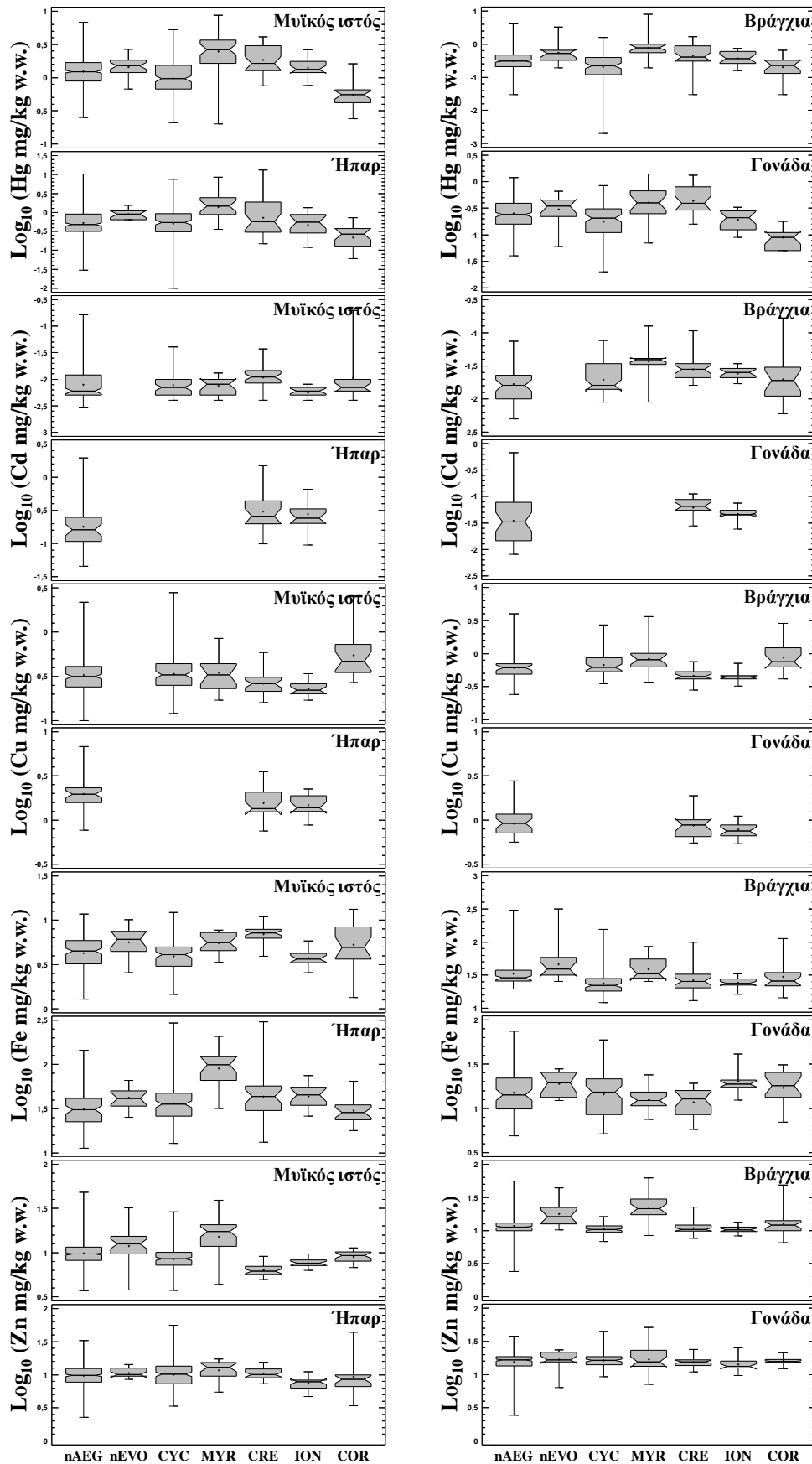
Σημαντική διαφοροποίηση ως προς το Fe βρέθηκε στα ζεύγη nAEG–ION σε όλους τους ιστούς και CRE–ION στην πλειονότητα των ιστών.

Στο MYR, ο Zn ήταν σημαντικά χαμηλότερος σε σχέση με τις άλλες περιοχές σε κάθε ιστό, εκτός των βραγχιών όπου είχε παρόμοια επίπεδα με το LIB. Σημαντικά υψηλό φορτίο Zn βρέθηκε στο nAEG, CYC και ION ανάλογα με τον ιστό (Πίνακας 8.31, Εικόνα 8.12).

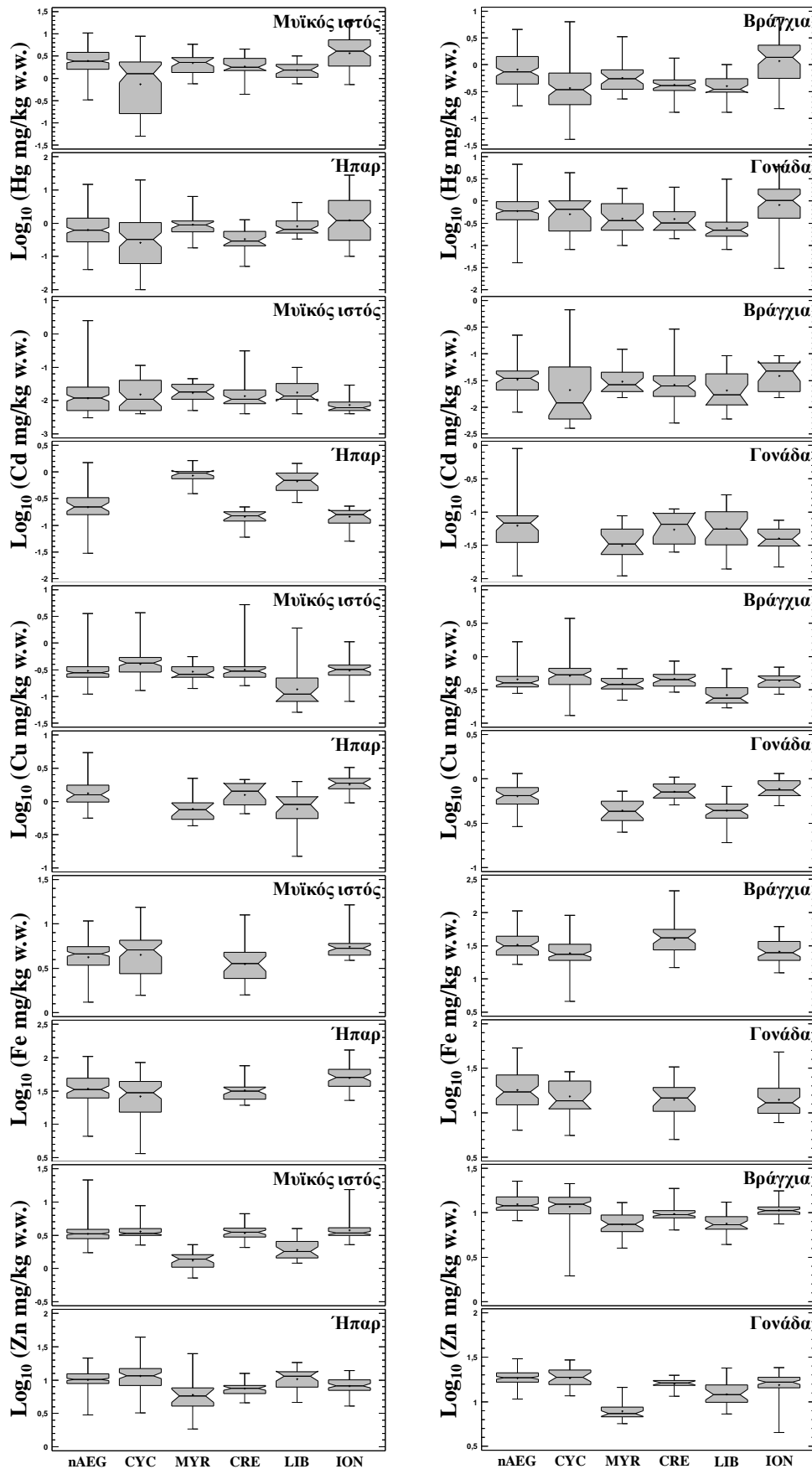
Πίνακας 8.31 Σειρά αύξησης των μέσων συγκεντρώσεων (log₁₀) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό των υπό μελέτη ειδών στις διαφορετικές περιοχές δειγματοληψίας

Μέταλλο	Ιστός	<i>Scyliorhinus canicula</i>	<i>Squalus blainville</i>
Hg	M	COR < CYC < nAEG < ION < nEVO < CRE < MYR	CYC < LIB < CRE < MYR < nAEG < ION
	H	COR < ION < CYC < nAEG < CRE < nEVO < MYR	CYC < CRE < nAEG < LIB < MYR < ION
	B	CYC < COR < nAEG < ION < CRE < nEVO < MYR	CYC < LIB < CRE < MYR < nAEG < ION
	Γ	COR < CYC < ION < nAEG < nEVO < MYR < CRE	LIB < CRE < MYR < CYC < nAEG < ION
Cd	M	ION < MYR < CYC < nAEG < COR < CRE	ION < nAEG < CRE < CYC < MYR < LIB
	H	nAEG < ION < CRE	CRE < ION < nAEG < LIB < MYR
	B	nAEG < CYC < COR < ION < CRE < MYR	LIB < CYC < CRE < MYR < nAEG < ION
	Γ	nAEG < ION < CRE	MYR < ION < CRE < LIB < nAEG
Cu	M	ION < CRE < nAEG < CYC < MYR < COR	LIB < MYR < nAEG < ION < CRE < CYC
	H	ION < CRE < nAEG	LIB < MYR < CRE < nAEG < ION
	B	ION < CRE < nAEG < CYC < MYR < COR	LIB < MYR < ION < nAEG < CRE < CYC
	Γ	ION < CRE < nAEG	MYR < LIB < nAEG < CRE < ION
Fe	M	ION < CYC < nAEG < COR < MYR < nEVO < CRE	CRE < nAEG < CYC < ION
	H	COR < nAEG < CYC < nEVO < ION < CRE < MYR	CYC < CRE < nAEG < ION
	B	CYC < ION < CRE < COR < nAEG < MYR < nEVO	CYC < ION < nAEG < CRE
	Γ	CRE < MYR < CYC < nAEG < COR < nEVO < ION	ION < CRE < CYC < nAEG
Zn	M	CRE < ION < CYC < COR < nAEG < nEVO < MYR	MYR < LIB < nAEG < CRE < CYC < ION
	H	ION < COR < nAEG < CYC < CRE < nEVO < MYR	MYR < CRE < ION < nAEG < LIB < CYC
	B	CYC < ION < CRE < nAEG < COR < nEVO < MYR	MYR < LIB < CRE < ION < CYC < nAEG
	Γ	ION < CRE < nAEG < COR < CYC < nEVO < MYR	MYR < LIB < ION < CRE < nAEG < CYC

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων



Εικόνα 8.11 Θηκογράμματα των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό του είδους *S. canicula* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% Δ.Ε. για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)



Εικόνα 8.12 Θηκογράμματα των συγκεντρώσεων (log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό του είδους *S. blainville* σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

8.3.12 Σύγκριση μεταξύ ειδών

Συγκρίνοντας τις μέσες συγκεντρώσεις (log₁₀) των μετάλλων ανά ιστό μεταξύ απόμων παρόμοιου μεγέθους των ειδών, διαπιστώθηκε ότι ο Hg και το Cd παρουσίασαν υψηλά επίπεδα κυρίως στο *Squalus blainville*, ενώ ο Cu, ο Fe και ο Zn έλαβαν υψηλές τιμές κυρίως στο *Scyliorhinus canicula*. Το *Squalus blainville* εμφάνισε σημαντικά υψηλότερη μέση συγκέντρωση αφενός Hg στην πλειονότητα των ιστών από το nAEG και το ION αφετέρου Cd στην πλειονότητα των ιστών από το nAEG. Το ήπαρ φάνηκε ότι αποτελεί το όργανο-στόχο του Hg και Cd μόνο στο *Scyliorhinus canicula*. Το *Scyliorhinus canicula* εμφάνισε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Cu στην πλειονότητα των ιστών από το nAEG και στα βράγχια από τις CYC και το MYR, Fe κυρίως στο ήπαρ (CYC και CRE) και Zn κυρίως στο μυϊκό ιστό (όλες οι περιοχές) και στα βράγχια (MYR και CRE) (Πίνακας 8.32, Εικόνα 8.13).

Πίνακας 8.32 Αποτελέσματα (τιμές P και t) της δοκιμασίας t για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ειδών ως προς τις μέσες συγκεντρώσεις (log₁₀) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε κοινή περιοχή αλίευσής τους και στο σύνολο αυτών των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	M	0 (t=7,5949)	1E-4 (t=3,8863)	0,3076 (t=-1,0223)	0,2157 (t=1,2412)	0 (t=-34,1454)
	H	0,0008 (t=-3,3849)	0,7499 (t=0,3202)	0,0002 (t=-3,9831)	0,1588 (t=1,4178)	0,0073 (t=2,6979)
	B	1E-6 (t=5,0966)	1E-5 (t=4,8209)	0,0002 (t=-3,9572)	0,1069 (t=-1,6302)	0,7572 (t=-0,3095)
	Γ	4E-6 (t=4,7253)	0,0403 (t=2,1016)	0,0329 (t=-2,1884)	0,2462 (t=1,1668)	4E-6 (t=4,6968)
CYC	M	1E-6 (t=-5,1274)	1E-7 (t=5,8126)	0,0043 (t=2,9016)	0,40082 (t=0,8426)	0 (t=-23,0174)
	H	2E-7 (t=-6,6387)			2E-6 (t=-4,9274)	0,0753 (t=1,7879)
	B	0,0642 (t=1,8637)	0,2844 (t=1,0780)	0,0411 (t=-2,0734)	0,7435 (t=-0,3278)	0,0809 (t=1,7568)
	Γ	0,0653 (t=1,8624)			0,4279 (t=-0,7964)	0,0370 (t=2,113)
MYR	M	0,0569 (t=-1,9418)	1E-5 (t=5,3443)	0,5776 (t=-0,5635)		0 (t=-19,0672)
	H	0,0010 (t=-3,5667)				0,0004 (t=-3,9880)
	B	0,0049 (t=-2,9865)	0,2412 (t=-1,1983)	0,0002 (t=-1,4108)		2E-12 (t=-9,9630)
	Γ	0,3291 (t=-0,9886)				1E-7 (t=-5,8713)
CRE	M	0,6022 (t=-0,5240)	0,0661 (t=1,8714)	0,0699 (t=1,8454)	3E-7 (t=-6,3166)	0 (t=-11,0213)
	H	0,0004 (t=-3,7583)	0,0002 (t=-4,2906)	0,3331 (t=-0,9837)	0,0059 (t=-2,8659)	1E-6 (t=-5,3888)
	B	0,3921 (t=-0,8619)	0,8983 (t=0,1285)	0,5988 (t=0,5295)	0,0089 (t=2,7107)	0,0215 (t=-2,3595)
	Γ	0,4605 (t=-0,7468)	0,0762 (t=-1,8438)	0,2185 (t=-1,2599)	0,7034 (t=0,9839)	0,0817 (t=1,7869)
ION	M	0,0019 (t=3,2637)	0,0122 (t=2,6398)	0,0044 (t=3,0403)	2E-6 (t=5,5592)	3E-8 (t=-6,5679)
	H	0,6508 (t=0,4552)	0,0005 (t=-4,0944)	0,0087 (t=2,8811)	0,6191 (t=0,5009)	0,0949 (t=1,7024)
	B	0,0090 (t=2,7224)	0,0010 (t=3,7268)	0,6576 (t=0,4488)	0,4234 (t=-0,8092)	0,2919 (t=-1,0678)
	Γ	0,0289 (t=2,2594)	0,5370 (t=0,6272)	0,1530 (t=1,4803)	0,0001 (t=-4,2710)	0,0213 (t=2,3954)
Σύνολο	M	0,120 (t=1,6352)	2E-7 (t=7,3709)	0,1109 (t=1,5968)	0,9419 (t=0,0729)	0 (t=-40,8083)
	H	2E-12 (t=-7,0355)	0,3650 (t=-0,9092)	0,0002 (t=-3,8135)	0,0001 (t=-3,9445)	0,6211 (t=0,4943)
	B	0,0002 (t=3,7821)	0,0022 (t=3,0900)	2E-5 (t=-4,3155)	0,3298 (t=-0,9759)	0,0003 (t=-3,5985)
	Γ	1E-7 (t=5,0278)	0,3191 (t=1,0010)	0,0002 (t=-3,8354)	0,6442 (t=-0,4623)	0,2238 (t=1,2179)

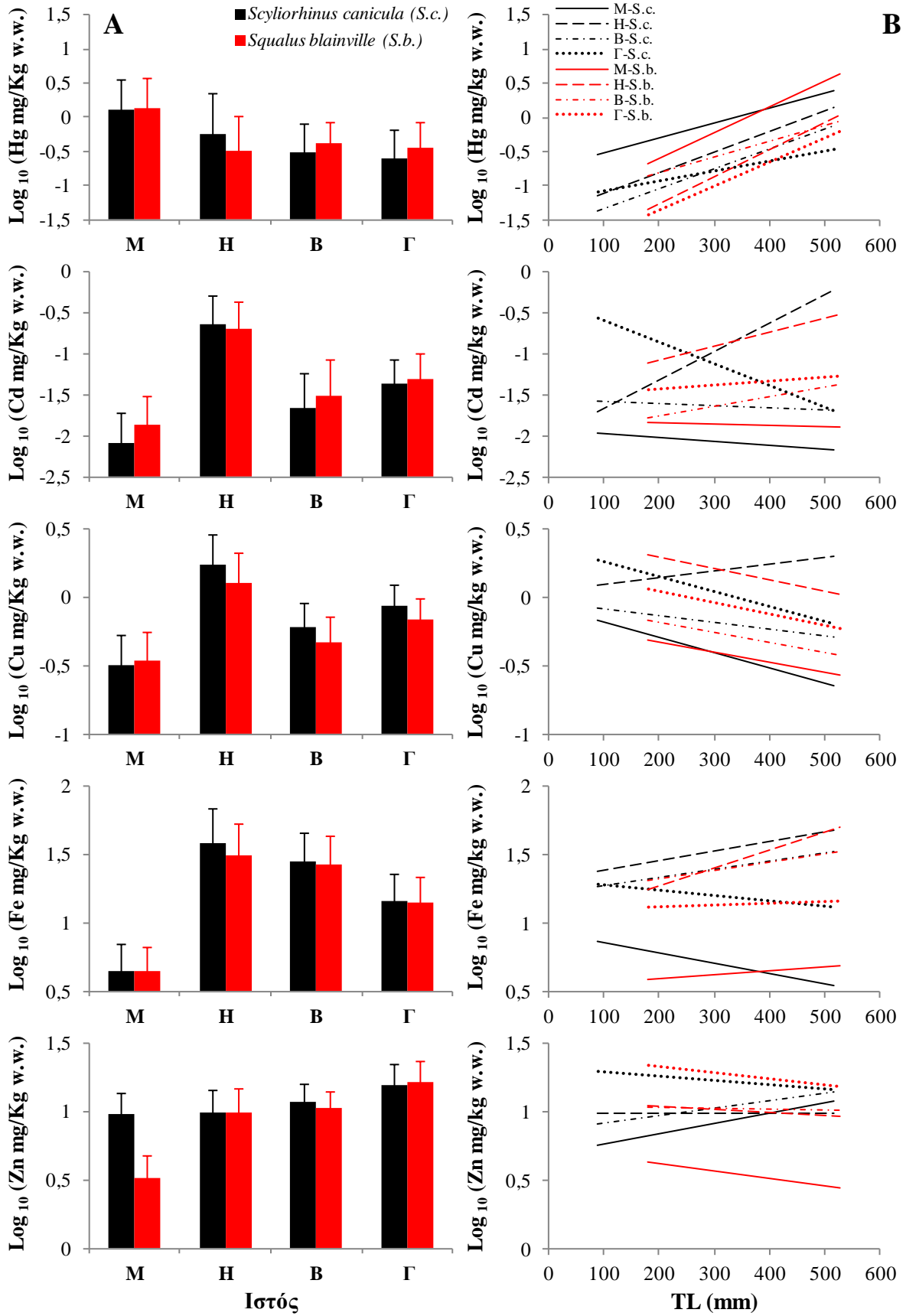
M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους μαύρους και κόκκινους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα είδη *S. canicula* και *S. blainville*, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή b; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων

Εφαρμόζοντας την ανάλυση συνδιακύμανσης, βρέθηκε ότι τα δύο είδη διαφέρουν ως προς το συντελεστή b των εξισώσεων TL–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων σε ορισμένες περιπτώσεις (Πίνακας 8.33, Εικόνα 8.13). Σύμφωνα με τα στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα της ανάλυσης, διαπιστώθηκε ότι το *Squalus blainville* παρουσίασε υψηλότερο μεταλλικό φορτίο για το ίδιο μήκος σε σχέση με το *Scyliorhinus canicula* ως προς τον Hg κυρίως στο μυϊκό ιστό και στη γονάδα (CYC και ION), το Cd κυρίως στη γονάδα (nAEG και CRE) και το Fe αποκλειστικά στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ (CYC). Αντίθετα, το είδος *Scyliorhinus canicula* εμφάνισε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Zn στο μυϊκό ιστό (nAEG, CYC, CRE και ION) και στο ήπαρ (nAEG και CRE) για το ίδιο μήκος σε σχέση με το *Squalus blainville*. Ως προς το Cu, δεν παρατηρήθηκε κάποιο σαφές πρότυπο.

Πίνακας 8.33 Αποτελέσματα (τιμές P και F) της ανάλυσης συνδιακύμανσης (ANCOVA) για τον έλεγχο παρουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ειδών ως προς τις τιμές του συντελεστή b των σχέσεων TL–συγκεντρώσεων (\log_{10}) βαρέων μετάλλων ανά ιστό, σε κάθε κοινή περιοχή αλίευσής τους και στο σύνολο αυτών των περιοχών

Περιοχή	Ιστός	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn
nAEG	M	0,8629 (F=0,03)	0,5482 (F=0,36)	0,1489 (F=2,10)	0,3386 (F=0,92)	0 (F=29,09)
	H	0,8184 (F=0,05)	0,1343 (F=2,30)	0,0117 (F=6,77)	0,2025 (F=1,64)	0,0452 (F=4,03)
	B	0,3535 (F=0,86)	0,7945 (F=0,07)	0,2215 (F=1,53)	0,3845 (F=0,76)	0,0791 (F=3,11)
	Γ	0,3209 (F=0,99)	0,0213 (F=5,64)	0,1834 (F=1,82)	0,3283 (F=0,97)	0,2624 (F=1,26)
CYC	M	0 (F=46,92)	0,1345 (F=2,28)	0,0973 (F=2,79)	0 (F=49,80)	0 (F=18,96)
	H	0,0002 (F=14,49)			0,0018 (F=10,11)	0,1451 (F=2,14)
	B	0,0773 (F=3,16)	0,0139 (F=6,34)	0,4070 (F=0,69)	0,7519 (F=0,10)	0,6364 (F=0,22)
	Γ	0,0006 (F=12,53)			0,7675 (F=0,03)	0,3034 (F=1,07)
MYR	M	0,8488 (F=0,04)	0,0678 (F=3,64)	0,6523 (F=0,21)		0,0735 (F=3,32)
	H	0,3400 (F=0,94)				0,5054 (F=0,45)
	B	0,4787 (F=0,51)	0,0844 (F=3,23)	0,1260 (F=2,51)		0,9322 (F=0,01)
	Γ	0,8246 (F=0,05)				0,1762 (F=1,90)
CRE	M	0,1158 (F=2,55)	0,0916 (F=2,94)	0,0055 (F=8,33)	0,0737 (F=3,32)	0 (F=28,62)
	H	0,9289 (F=0,01)	0,0881 (F=3,12)	0,4229 (F=0,66)	0,5689 (F=0,33)	0 (F=22,44)
	B	0,2929 (F=1,13)	0,0847 (F=3,10)	0,4482 (F=0,58)	0,2287 (F=1,48)	0,9587 (F=0,00)
	Γ	0,9057 (F=0,01)	0,0282 (F=5,43)	0,0304 (F=5,27)	0,5313 (F=0,40)	0,2828 (F=1,19)
ION	M	0,0220 (F=5,59)	0,1956 (F=1,74)	0,2549 (F=1,34)	0,1658 (F=2,00)	0,0250 (F=5,36)
	H	0,0636 (F=3,60)	0,4393 (F=0,62)	0,8375 (F=0,04)	0,1478 (F=2,18)	0,9444 (F=0,00)
	B	0,0922 (F=2,97)	0,9105 (F=0,01)	0,9577 (F=0,00)	0,9442 (F=0,00)	0,7668 (F=0,09)
	Γ	0,0047 (F=8,90)	0,7635 (F=0,09)	0,9134 (F=0,01)	0,7320 (F=0,12)	0,8969 (F=0,02)
Σύνολο	M	0 (F=53,04)	0,4952 (F=0,47)	0,0939 (F=2,82)	0 (F=25,16)	0 (F=81,48)
	H	0,0045 (F=8,09)	0,1493 (F=2,11)	0,0932 (F=2,86)	0,0345 (F=4,50)	0,1797 (F=1,80)
	B	0,0793 (F=3,09)	0,0240 (F=5,16)	0,4967 (F=0,46)	0,9867 (F=0,00)	0,0005 (F=12,27)
	Γ	0,0007 (F=11,62)	0,0353 (F=4,54)	0,6855 (F=0,16)	0,3277 (F=0,96)	0,6489 (F=0,21)

M, μυϊκός ιστός; H, ήπαρ; B, βράγχια; Γ, γονάδα; με έντονους μαύρους και κόκκινους χαρακτήρες τονίζονται οι περιπτώσεις όπου τα είδη *S. canicula* και *S. blainville*, αντίστοιχα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή b ; με γκρι χρώμα τονίζονται οι περιπτώσεις μη προσδιορισμού της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων



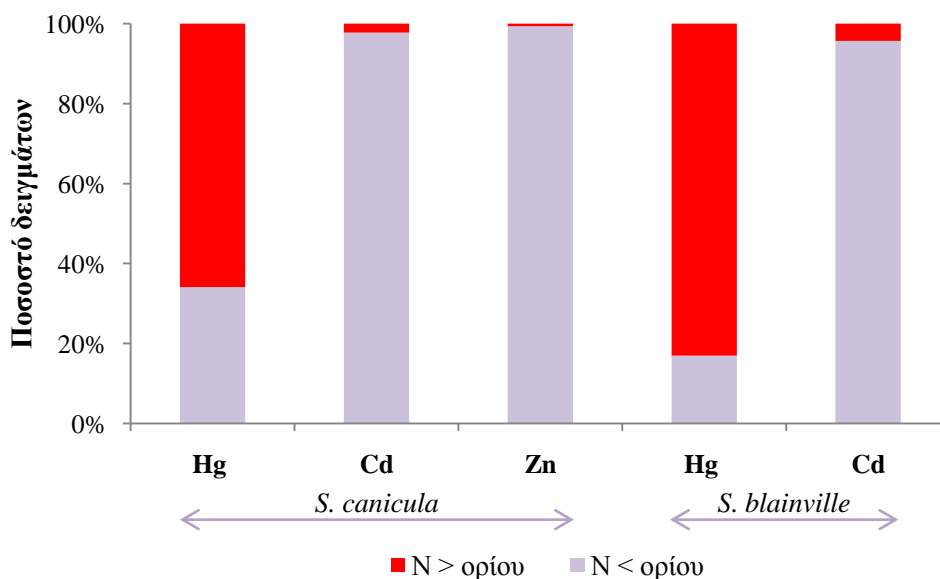
Εικόνα 8.13 Μέσες τιμές (+Τ.Α.) (Α) και γραμμική συσχέτιση με το ολικό μήκος (TL) (Β) των συγκεντρώσεων (log₁₀) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (Μ), στο ήπαρ (Η), στα βράγχια (Β) και στη γονάδα (Γ) των υπό μελέτη ειδών στο σύνολο των κοινών περιοχών αλιείας τους

8.3.13 Επικινδυνότητα από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών

Η συγκέντρωση του Hg ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο του 1 mg/kg w.w. (EU 2008a) σε 65,9% (N=488) και 83% (N=361) δειγμάτων μυϊκού ιστού των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, αντίστοιχα.

Η συγκέντρωση του Cd ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των 0,05 mg/kg w.w. (EU 2008a) σε 2,27% (N=6) και 4,30% (N=12) δειγμάτων μυϊκού ιστού των ειδών *Scyliorhinus canicula* (αποκλειστικά από τις περιοχές nAEG και COR) και *Squalus blainville* (αποκλειστικά από τις περιοχές nAEG, CYC, CRE και LIB), αντίστοιχα.

Μόλις σε 0,67% (N=5) δειγμάτων μυϊκού ιστού του είδους *Scyliorhinus canicula* (αποκλειστικά από τις περιοχές nAEG, nEVO και MYR) η συγκέντρωση του Zn ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των 30 mg/kg w.w. σύμφωνα με τον FAO (1983). Στο είδος *Squalus blainville* ο Zn δεν ξεπέρασε το ανώτατο όριο σε κανένα δείγμα. Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισαν τα στοιχεία Cu και Fe, και στα δύο υπό μελέτη είδη (Εικόνα 8.14).



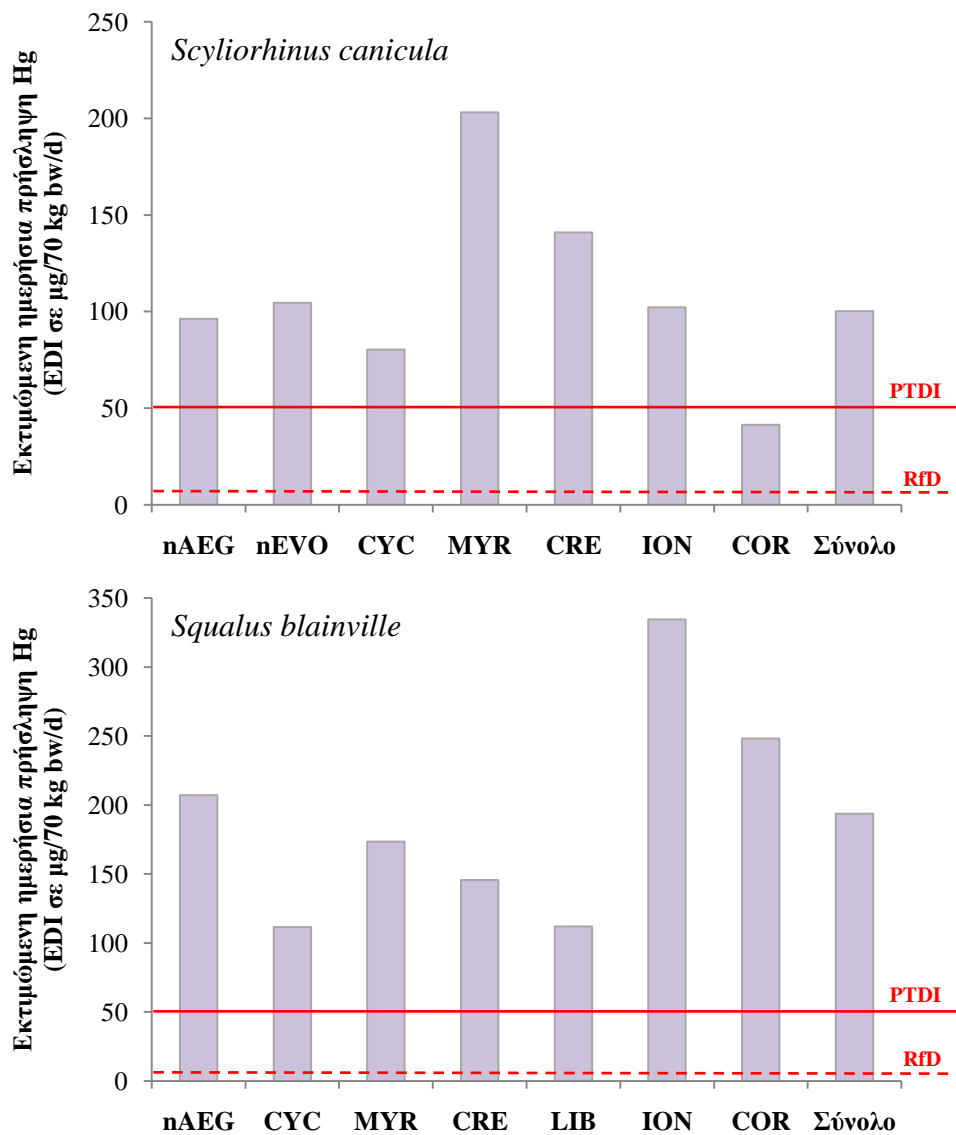
Εικόνα 8.14 Ποσοστό δειγμάτων μυϊκού ιστού των υπό μελέτη ειδών που ξεπέρασαν τα συνιστώμενα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα των βαρέων μετάλλων Hg, Cd και Cu σε ψάρια (Hg=1, Cd=0,05 και Cu=30 mg/kg w.w. από EU 2008 και FAO 1983)

Για έναν μέσο καταναλωτή στην Ελλάδα, η εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη (EDI) των μετάλλων Cd, Cu, Fe και Zn από την κατανάλωση και των δύο υπό μελέτη ειδών ήταν εκατοντάδες έως χιλιάδες φορές μικρότερη από την προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (PTDI) (JECFA 2003) και από τη συνιστώμενη ημερήσια δόση αναφοράς (RfD) (USEPA 2014) αυτών των στοιχείων. Εξαιρέση σε αυτό το πρότυπο παρουσίασε ο Hg και στα δύο υπό μελέτη είδη (Πίνακας 8.34).

Πίνακας 8.34 Εκτιμώμενη ημερήσια (EDI) και εβδομαδιαία (EWI) πρόσληψη βαρέων μετάλλων, δείκτης κινδύνου (HI και ολικός HI_T) από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών και μέγιστη πιθανή ασφαλής εβδομαδιαία κατανάλωσή τους (MPCF) σε διάφορες περιοχές στην Ελλάδα. Δίνεται η μέση συγκέντρωση κάθε μετάλλου στο μυϊκό ιστό, η προσωρινή ανεκτή ημερήσια (PTDI) και εβδομαδιαία (PTWI) πρόσληψή τους, και η θεσπισμένη δόση αναφοράς (RfD) για κάθε μέταλλο για λόγους σύγκρισης με τους εκτιμώμενους δείκτες. Οι περιπτώσεις υψηλού τοξικολογικού κινδύνου επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα

Περιοχή (Αριθμός ατόμων)	Μέση συγκέντρωση μετάλλου (mg/kg w.w.)					EDI (μg/70 kg bw/d)					EWI (μg/70 kg bw/w)					HI					MPCF (kg/70 kg bw/w)						
	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	HI _T	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	
<i>Scyliorhinus canicula</i>																											
nAEG	1,41 (452)	0,012 (115)	0,38 (156)	4,70 (148)	10,4 (452)	96,2	0,81	25,7	320	706	673	5,65	180	2.238	4.941	1,92	0,012	0,001	0,006	0,010	1,95	0,25	41,3	648	83,4	47,2	
nEVO	1,54 (32)	–	–	6,09 (14)	13,2 (32)	104	–	–	414	898	731	–	–	2.899	6.285	2,09	–	–	0,007	0,013	2,11	0,23	–	–	64,4	37,1	
CYC	1,18 (141)	0,009 (65)	0,40 (97)	4,20 (93)	8,75 (146)	80,3	0,61	27,2	286	595	562	4,25	190	2.001	4.164	1,61	0,009	0,001	0,005	0,008	1,63	0,30	54,9	613	93,3	56,0	
MYR	2,99 (43)	0,008 (17)	0,38 (17)	5,76 (21)	17,0 (43)	203	0,54	26,1	392	1.152	1.421	3,78	183	2.743	8.061	4,06	0,008	0,001	0,007	0,016	4,09	0,12	61,7	639	68,0	28,9	
CRE	2,07 (32)	0,012 (32)	0,28 (32)	7,14 (32)	6,44 (33)	141	0,81	18,7	486	438	986	5,68	131	3.399	3.064	2,82	0,012	0,001	0,009	0,006	2,84	0,17	41,0	889	54,9	76,1	
ION	1,50 (20)	0,006 (17)	0,23 (17)	3,83 (17)	7,65 (17)	102	0,39	15,8	261	520	715	2,72	111	1.825	3.642	2,04	0,006	5E-4	0,005	0,007	2,06	0,23	85,9	1.054	102	64,0	
COR	0,61 (21)	0,027 (18)	0,67 (21)	6,16 (21)	9,04 (25)	41,3	1,84	45,6	419	615	289	12,9	319	2.930	4.304	0,83	0,026	0,001	0,007	0,009	0,87	0,58	18,1	366	63,7	54,2	
Σύνολο	1,47 (741)	0,012 (264)	0,39 (340)	4,96 (346)	10,3 (748)	100	0,78	26,2	337	699	702	5,49	184	2.361	4.892	2,00	0,011	0,001	0,006	0,010	2,03	0,24	42,5	635	79,0	47,7	
<i>Squalus blainville</i>																											
nAEG	3,05 (196)	0,035 (125)	0,35 (150)	4,55 (142)	3,50 (185)	207	2,38	23,6	309	238	1.450	16,7	165	2.164	1.667	4,14	0,034	0,001	0,006	0,003	4,19	0,11	14,0	707	86,2	140	
CYC	1,64 (83)	0,025 (43)	0,49 (61)	5,09 (64)	3,70 (68)	111	1,70	33,5	346	252	780	12	234	2.421	1.761	2,23	0,024	0,001	0,006	0,004	2,26	0,21	19,7	497	77,1	132	
MYR	2,55 (30)	0,021 (20)	0,31 (20)	–	1,39 (27)	173	1,40	21,2	–	94,4	1.213	9,8	148	–	661	3,47	0,020	0,001	–	0,001	3,49	0,14	23,8	787	–	353	
CRE	2,14 (33)	0,023 (35)	0,45 (35)	4,02 (30)	3,56 (34)	146	1,60	30,8	273	242	1.019	11,2	216	1.912	1.693	2,91	0,023	0,001	0,005	0,003	2,94	0,16	20,9	540	97,6	138	
LIB	1,64 (30)	0,026 (22)	0,22 (26)	–	2,01 (27)	112	1,76	15,1	–	137	783	12,3	106	–	958	2,24	0,025	4E-4	–	0,002	2,26	0,21	19,0	1.102	–	244	
ION	4,92 (62)	0,009 (33)	0,35 (33)	5,82 (35)	4,01 (62)	334	0,62	23,8	395	273	2.341	4,33	167	2.768	1.910	6,69	0,009	0,001	0,007	0,004	6,71	0,07	53,9	699	67,4	122	
COR	3,65 (1)	0,011 (1)	0,55 (1)	4,85 (1)	3,85 (1)	248	0,75	37	330	262	1.737	5,24	262	2.309	1.833	4,96	0,011	0,001	0,006	0,004	4,99	0,10	44,5	445	80,8	127	
Σύνολο	2,85 (435)	0,027 (279)	0,37 (326)	4,78 (272)	3,38 (404)	194	1,84	25,4	325	230	1.355	12,9	178	2.275	1.608	3,87	0,026	0,001	0,006	0,003	3,91	0,12	18,1	655	82,0	145	
Δείκτης	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Επεξήγηση																					
PTDI ^a	0,71	1	500	800	1.000	^a προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (μg/kg bw/d) (JECFA 2003)																					
PTDI ^b	50	70	35.000	56.000	70.000	^b προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη για μέσο βάρος σώματος 70 kg (μg/70 kg bw/d)																					
PTWI ^c	5	7	3.500	5.600	7.000	^c προσωρινή ανεκτή εβδομαδιαία πρόσληψη (μg/kg bw/w) (JECFA 2003)																					
PTWI ^d	350	490	245.000	392.000	490.000	^d προσωρινή ανεκτή εβδομαδιαία πρόσληψη για μέσο βάρος σώματος 70 kg (μg/70 kg bw/w)																					
RfD ^e	0,1	1	40	700	300	^e ημερήσια δόση αναφοράς (μg/kg bw/d) (USEPA 2012)																					
RfD ^f	7	70	2.800	49.000	21.000	^f ημερήσια δόση αναφοράς για μέσο βάρος σώματος 70 kg (μg/70 kg bw/d)																					
RfD ^g	49	490	19.600	343.000	147.000	^g εβδομαδιαία δόση αναφοράς για μέσο βάρος σώματος 70 kg (μg/70 kg bw/w)																					

Στο είδος *Scyliorhinus canicula*, η εκτιμώμενη τιμή EDI (ή EDW) του Hg ξεπέρασε τη θεωρητική τιμή PTDI (ή PTWI), όπως και την ημερήσια (ή εβδομαδιαία) δόση αναφοράς RfD του Hg, για τους καταναλωτές από κάθε περιοχή, με εξαίρεση τον COR. Αντίστοιχο πρότυπο εμφάνισε και το είδος *Squalus blainville*, αλλά σε όλες τις περιοχές (Εικόνα 8.15). Σύμφωνα με το δείκτη HI, το ελληνικό κοινό φαίνεται ότι διατρέχει σημαντικό κίνδυνο πρόσληψης υψηλού φορτίου Hg μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η μέγιστη πιθανή ασφαλής εβδομαδιαία κατανάλωσή τους (Πίνακας 8.34). Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί, ότι οι σχετικοί υπολογισμοί βασίστηκαν σε ένα υποθετικό σενάριο ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση ψαριών που έχει καταγραφεί στην Ελλάδα (0,068 kg από FAO 2010b) αφορά αποκλειστικά στα υπό μελέτη είδη.



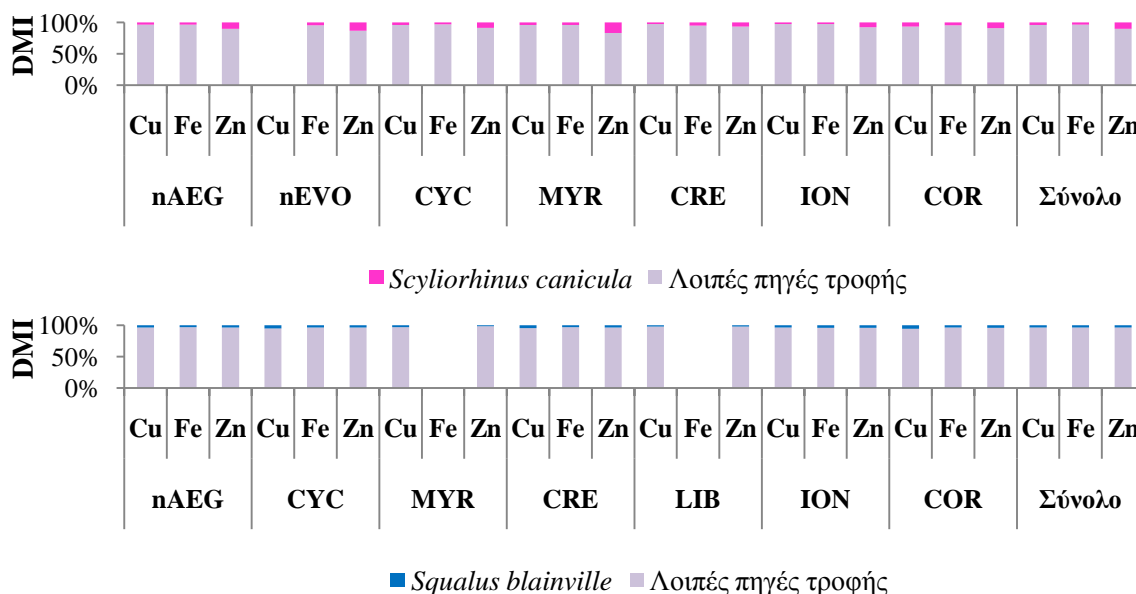
Εικόνα 8.15 Εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη Hg μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών για τους κατοίκους κάθε περιοχής και επί του συνόλου των περιοχών. Η συνεχής γραμμή αντιστοιχεί στην προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη Hg (PTDI=50 $\mu\text{g}/70 \text{ kg bw/d}$ από JEFCA 2003) και η διακεκομμένη γραμμή στην ημερήσια δόση αναφοράς Hg (RfD=7 $\mu\text{g}/70 \text{ kg bw/d}$ από USEPA 2012)

8.3.14 Εκτίμηση της θρεπτικής αξίας των υπό μελέτη ειδών

Υπολογίζοντας την ημερήσια πρόσληψη (DMI%) των ιχνοστοιχείων Cu, Fe και Zn μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών, διαπιστώθηκε ότι, ανεξάρτητα από την περιοχή προέλευσης, μια μερίδα 100 g περιέχει πολύ χαμηλά επίπεδα αυτών των στοιχείων. Ο βαθμός στον οποίο καλύπτουν τα είδη *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη των απαραίτητων μετάλλων ήταν 2,32–6,70% και 2,22–5,50% για το Cu, και 2,74–5,10% και 2,87–4,15% για το Fe, αντίστοιχα. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι το *Scyliorhinus canicula* καλύπτει υψηλότερα επίπεδα Zn (4,44–17,0%) από ό,τι το *Squalus blainville* (1,39–4,01%) (Πίνακας 8.35, Εικόνα 8.16).

Πίνακας 8.35 Εκτίμηση της ημερήσιας πρόσληψης (EDI) και του ποσοστού κάλυψης (DMI%) της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης (RDI από EU 2008b) των ιχνοστοιχείων Cu, Fe και Zn μέσω της κατανάλωσης 100 g ψαριών από ενήλικα βάρους 70 kg

<i>Scyliorhinus canicula</i>							<i>Squalus blainville</i>						
Περιοχή	EDI (μg/70 kg bw/d)			DMI (%)			Περιοχή	EDI (μg/70 kg bw/d)			DMI (%)		
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn		Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn
nAEG	37,80	470	1040	3,78	3,36	10,4	nAEG	34,65	455	350	3,46	3,25	3,50
nEVO	–	609	1320	–	4,35	13,2	CYC	49,26	509	370	4,93	3,63	3,70
CYC	39,97	420	875	4,00	3,00	8,75	MYR	31,15	–	139	3,12	–	1,39
MYR	38,35	576	1700	3,84	4,12	17,0	CRE	45,34	402	356	4,53	2,87	3,56
CRE	27,56	714	644	2,76	5,10	6,44	LIB	22,23	–	201	2,22	–	2,01
ION	23,24	383	765	2,32	2,74	7,65	ION	35,03	582	401	3,50	4,15	4,01
COR	67,00	616	904	6,70	4,40	9,04	COR	55,00	485	385	5,50	3,46	3,85
Σύνολο	38,56	496	1030	3,86	3,54	10,3	Σύνολο	37,43	478	338	3,74	3,41	3,38



Εικόνα 8.16 Ποσοστό κάλυψης (DMI%) της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης (RDI από EU 2008b) των ιχνοστοιχείων Cu, Fe και Zn μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών

8.4 Συζήτηση

8.4.1 Πολυπαραγοντικός καθορισμός του μεταλλικού φορτίου των ιστών

Είδος βιολογικού ιστού

Στην παρούσα μελέτη, η κατανομή των βαρέων μετάλλων στους ιστούς ήταν σε γενικές γραμμές κοινή στα υπό μελέτη είδη (Hg: γονάδα<βράγχια<ήπαρ<μυϊκός ιστός, Cd και Cu: μυϊκός ιστός<βράγχια<γονάδα<ήπαρ, Fe: μυϊκός ιστός<γονάδα<βράγχια<ήπαρ και Zn: μυϊκός ιστός<ήπαρ<βράγχια<γονάδα) και παρόμοια με αυτή που έχει αναφερθεί σε άλλα είδη Χονδριχθύων (Watling *et al.* 1982, Hornung *et al.* 1993).

Η διαφοροποίηση των ιστών ως προς το μεταλλικό περιεχόμενο σχετίζεται κυρίως με τη λειτουργία τους και το βαθμό συγγένειας που παρουσιάζουν με τα διάφορα στοιχεία. Για παράδειγμα, ο Fe απαντά σε υψηλές συγκεντρώσεις σε ιστούς με μεγάλη αγγείωση, όπως το ήπαρ (Eisler 1981). Επίσης, τα βιοχημικά χαρακτηριστικά κάθε ιστού, όπως η περιεκτικότητά σε δραστικές ομάδες και η διαθεσιμότητα αυτών των ομάδων για τη σύνθεση μέταλλο-οργανικών συμπλόκων, μπορούν να επηρεάσουν τη συσσώρευση των μετάλλων (Storelli *et al.* 2011c). Για παράδειγμα, οι μεταβολικά ενεργοί ιστοί, όπως το ήπαρ και οι γονάδες, διαθέτουν υψηλή περιεκτικότητα σε μεταλλοθειονίνες, οι οποίες προσδένουν ισχυρά τα μεταλλικά ιόντα, αυξάνοντας τη συσσώρευσή τους περισσότερο σε αυτούς τους ιστούς παρά σε άλλους (De Smet *et al.* 2001, Atli & Canli 2003). Συνεπώς, τα χαμηλά επίπεδα των μετάλλων Cd, Cu, Fe και Zn που βρέθηκαν στο μυϊκό ιστό των υπό μελέτη ειδών πιθανώς αντανακλούν τη μικρή περιεκτικότητά του σε μεταλλοθειονίνες, όπως διαπιστώθηκε και στο γαλέο *Mustelus mustelus* (Storelli *et al.* 2011c).

Στα υπό μελέτη είδη, τα υψηλότερα επίπεδα Hg βρέθηκαν στο μυϊκό ιστό, ενώ τα υπόλοιπα μέταλλα παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στο ήπαρ ή στη γονάδα. Αναλυτικότερα, το ήπαρ φάνηκε ότι λειτουργεί ως όργανο-στόχος των μετάλλων Cd, Cu και Fe, ομοίως με άλλα είδη Χονδριχθύων (π.χ. Stevens & Brown 1974, Mormede & Davies 2001, Company *et al.* 2010). Επίσης, αν και στα βράγχια βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις Zn (και Fe), η γονάδα φάνηκε ότι αποτελεί τον κυριότερο υποδοχέα Zn, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (π.χ. Hornung *et al.* 1993, Storelli *et al.* 2011c, Khalaf *et al.* 2013).

Αν και το ήπαρ είναι το κύριο όργανο μεταβολισμού και αποτοξίνωσης (Hinton *et al.* 2008), παρουσίασε χαμηλότερα επίπεδα Hg από ό,τι ο μυϊκός ιστός στα υπό μελέτη είδη, ένα

σύνηθες, ωστόσο, πρότυπο στους Χονδριχθούς (π.χ. Branco *et al.* 2007, Endo *et al.* 2008; 2013, Pethybridge *et al.* 2010 Corsolini *et al.* 2014). Μελέτες έδειξαν ότι από 60 έως 90% του απόλυτου περιεχομένου σε Hg αποτίθεται στο μυϊκό ιστό διάφορων ειδών ψαριών (Harris *et al.* 2003). Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην υψηλή συγγενεία που παρουσιάζουν ορισμένα ουδέτερα σύμπλοκα του Hg για τα πρωτεϊνικά μόρια (Boudou & Ribeyre 1997). Στους Χονδριχθούς, η συσσώρευση του Hg στον εδώδιμο ιστό αυξάνεται περαιτέρω, εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως είναι η μακροβιότητα, η αργή αύξηση και το υψηλό τροφικό επίπεδο (Lyle 1984).

Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί και το αντίθετο πρότυπο (Hornung *et al.* 1993, Pethybridge *et al.* 2013). Υψηλότερα επίπεδα Hg, αλλά και Cd, Cu και Zn, βρέθηκαν στο ήπαρ από ό,τι στο μυϊκό ιστό του σφυροκέφαλου καρχαρία *Sphyrna zygaena*, γεγονός που αποδόθηκε στις τροφικές συνήθειες του είδους σε συνδυασμό με το ρόλο που παίζει το ήπαρ στη ρύθμιση του μεταβολισμού των απαραίτητων μετάλλων και στην αποτοξίνωση (Storelli *et al.* 2003a). Οι Boush και Thieleke (1983) απέδωσαν τα υψηλότερα επίπεδα του ηπατικού Hg του μαυροπτερυγού καρχαρία *Carcharhinus limbatus* είτε σε πρόσφατη έκθεσή του σε Hg, ακολουθούμενη από συσσώρευση στο ήπαρ, ή στην ισχυρή δέσμευση του Hg σε μεταλλοθειονίνες. Επίσης, τα υψηλότερα επίπεδα Hg που βρέθηκαν στο ήπαρ από ό,τι στο μυϊκό ιστό των ώριμων, αλλά όχι των ανώριμων ατόμων του καρχαρία τίγρη *Galeocerdo cuvier* αποδόθηκαν στις αλλαγές που υφίσταται ο μεταβολισμός στην πορεία της ωρίμασης και στη συσσώρευση του Hg αυξανόμενης της ηλικίας (Endo *et al.* 2008). Ομοίως, ο γαλέος *Mustelus manazo* παρουσίασε απότομη αύξηση του ηπατικού Hg κατά τη φάση της ωρίμασης, η οποία αποδόθηκε στην παύση της αύξησης και στη σύνθεση του σεληνιούχου υδραργύρου (HgSe) στο ήπαρ (Endo *et al.* 2013), έναν ακόμα μηχανισμό αποτοξίνωσης του οργάνου που έπεται της απομεθυλίωσης του mmHg (Palmisano *et al.* 1995).

Ομοίως με άλλα είδη Χονδριχθών (Ruelas-Inzunza & Pérez-Osuna 2007), στο *Scyliorhinus canicula* τα απαραίτητα μέταλλα ήταν αφθονότερα από ό,τι τα μη απαραίτητα μέταλλα στην πλειονότητα των ιστών (εκτός του μυϊκού), πιθανώς εξαιτίας της σημαντικής συμμετοχής τους στο μεταβολισμό. Αντίθετα, σε κάθε ιστό του *Squalus blainville*, ενώ ο Fe ή ο Zn ήταν το αφθονότερο μέταλλο, ο Cu παρουσίασε μικρότερη αφθονία από τον τοξικό Hg, μαρτυρώντας πιθανώς τη σημαντική επίδραση της ρύπανσης στο είδος.

Συμπεραίνεται ότι η κατανομή των μετάλλων στους ιστούς των Χονδριχθών καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το μεταβολισμό, τη φυσιολογική ρύθμιση του μεταλλικού περιεχομένου, το ρυθμό αύξησης και τις τροφικές συνήθειες κάθε είδους.

Μέγεθος σώματος

Το μέγεθος ενός οργανισμού καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο οι διάφορες φυσιολογικές διαδικασίες επηρεάζουν την πρόσληψη, την κατανομή και την εξάλειψη των μετάλλων (Barron 1990, Gutenmann *et al.* 1992). Ομοίως με την παρούσα μελέτη, σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του υδραργυρικού περιεχομένου του μυϊκού ιστού και του μήκους των ατόμων παρατηρήθηκε στο *Scyliorhinus canicula* από άλλες περιοχές της Μεσογείου (Storelli *et al.* 2002a; 2005b) και του Ατλαντικού (Leah *et al.* 1991a; b, Coelho *et al.* 2010). Η θετική συσχέτιση αυτών των μεταβλητών αποτελεί συχνό φαινόμενο στους Χονδριχθούς (Walker 1976, Lyle 1986, Hornung *et al.* 1993, Turoczy *et al.* 2000, De Pinho *et al.* 2002, Branco *et al.* 2004; 2007, Endo *et al.* 2008; 2013, Pethybridge *et al.* 2010, Taylor *et al.* 2014), δείχνοντας την έντονη συσσωρευτική τάση του Hg. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο mmHg, ο οποίος συνιστά το μεγαλύτερο μέρος του Hg στο μυϊκό ιστό, δεσμεύεται ισχυρά με τις θειόλες των πρωτεϊνών, οι οποίες αυξάνονται με το μήκος (Storelli *et al.* 2002a, Sfezer *et al.* 2003). Άλλοι παράγοντες που μπορούν να αυξήσουν τα επίπεδα του Hg στο μυϊκό ιστό, αλλά και στους άλλους ιστούς, όπως παρατηρήθηκε στα υπό μελέτη είδη, είναι η αύξηση του τροφικού επιπέδου των ψαριών καθώς μεγαλώνουν και μπορούν να τρέφονται με λεία μεγαλύτερου μεγέθους (McMeans *et al.* 2007), καθώς και οι λιγότερο αποδοτικοί μηχανισμοί περιορισμού του στοιχείου (Trudel & Rasmussen 1997). Από την άλλη πλευρά, η σημαντική αρνητική συσχέτιση των συγκεντρώσεων του Hg του μυϊκού ιστού με το μήκος που βρέθηκε σε ορισμένα είδη Χονδριχθών αποδόθηκε στη μικρή αντιπροσώπευση όλου του εύρους των μηκών (De Pinho *et al.* 2002). Δεν αποκλείεται, ωστόσο, να οφείλεται σε αλλαγές που υφίσταται ο ρυθμός πρόσληψης των μετάλλων με την ηλικία, κατά τις οποίες τα νεαρότερα άτομα συσσωρεύουν περισσότερο μεταλλικό φορτίο από ό,τι τα μεγαλύτερα σε ηλικία άτομα, εξαιτίας της ταχύτερης αύξησης τους (Vas *et al.* 1990).

Σημαντική αύξηση των επιπέδων του Cd στο ήπαρ με την αύξηση του μήκους παρατηρήθηκε στα υπό μελέτη είδη, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών σε Χονδριχθούς (Marcovecchio *et al.* 1991, Endo *et al.* 2008). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει αφενός την αποτοξινωτική δράση του οργάνου αφετέρου μια δίαιτα πλούσια σε Κεφαλόποδα (Endo *et al.* 2008). Πράγματι, τα Κεφαλόποδα συνιστούν μια από τις σημαντικότερες λείες των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* (βλ. Υποκεφ. 6.3.3). Αντίθετα, δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων του Cd στο μυϊκό ιστό και του μήκους των ειδών, ενισχύοντας τα αποτελέσματα των Marcovecchio *et al.* (1991).

Τα απαραίτητα στοιχεία Cu και Zn χρειάζονται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα μικρότερα και ταχέως αυξανόμενα άτομα για να καλύψουν τις φυσιολογικές τους ανάγκες

(McMeans *et al.* 2007, Endo *et al.* 2008). Για το λόγο αυτό, θεωρείται αναμενόμενη η παρατηρούμενη μείωση των επιπέδων τους στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ και στη γονάδα του *Squalus blainville* αυξανόμενου του μήκους, ομοίως με άλλα είδη Χονδριχθύων (Vas & Gordon 1993, Cornish *et al.* 2007, Endo *et al.* 2008). Οι Stevens και Brown (1974) απέδωσαν τη μείωση του Zn και του Cu στο ήπαρ και στις γονάδες του *Prionace glauca* αυξανόμενου του μήκους στη μεταναστευτική συμπεριφορά του είδους, σε διατροφικές αλλαγές και στη διάλυση των στοιχείων κατά την αύξηση. Στο *Scyliorhinus canicula* ο Zn ήταν αμετάβλητος στο ήπαρ, εμφάνισε σημαντική μείωση στα βράγχια και στη γονάδα, και σημαντική αύξηση στο μυϊκό ιστό, ενώ ο Cu παρουσίασε σημαντική αύξηση στο ήπαρ και σημαντική μείωση στους υπόλοιπους ιστούς, αυξανόμενου του μήκους. Ποικίλα πρότυπα μεταβολής του μεταλλικού φορτίου με το μήκος έχουν παρατηρηθεί στους Χονδριχθύς (Marcovecchio *et al.* 1991, Hornung 1993), πιθανώς εξαιτίας αντίστοιχων διαφορών ως προς τη φυσιολογία, το ρυθμό αύξησης, τη διατροφή, την περιοχή προέλευσης και/ή το δειγματοληπτικό μέγεθος.

Διαδικές σχέσεις βαρέων μετάλλων

Αν και η συνεργιστική ή ανταγωνιστική σχέση μεταξύ των μετάλλων επηρεάζει το βαθμό της τοξικότητάς τους στους οργανισμούς (Cox 1995), οι δυαδικές σχέσεις τους έχουν μελετηθεί ελάχιστα στους Χονδριχθύς (Watling *et al.* 1982, Endo *et al.* 2008, παρούσα μελέτη).

Στην παρούσα μελέτη, οι δυαδικές σχέσεις των μετάλλων παρουσίασαν ποικίλα πρότυπα ανά περιοχή δειγματοληψίας, πιθανώς εξαιτίας των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών και/ή του διαφορετικού δειγματοληπτικού μεγέθους. Στην πλειονότητά τους ήταν θετικές σε κάθε είδος. Ωστόσο, ο Hg παρουσίασε την πλειονότητα των αρνητικών συσχετίσεων με τα υπόλοιπα μέταλλα, εξαιτίας της ιδιαίτερης συσσωρευτικής του τάσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις στατιστικά σημαντικές θετικές δυαδικές σχέσεις των μετάλλων σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας, παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού τους κατά τη σειρά κατάταξης των ιστών: γονάδα (N=7)<ήπαρ (N=15)<μυϊκός ιστός (N=17)<βράγχια (N=20) στο είδος *Scyliorhinus canicula* και γονάδα (N=7)<ήπαρ (N=13)<βράγχια (N=15)<μυϊκός ιστός (N=17) στο είδος *Squalus blainville*. Το γεγονός αυτό πιθανώς είναι ενδεικτικό του διαφορετικού ρόλου που παίζει κάθε ιστός στην κατανομή των στοιχείων.

Στην παρούσα μελέτη, η σημαντική θετική συσχέτιση που βρέθηκε στα ζεύγη Cd–Cu Cu–Fe και Cu–Zn στο μυϊκό ιστό και των δύο ειδών, αποδίδεται στη σημαντική μείωση των επιπέδων αυτών των στοιχείων με την αύξηση του μήκους. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του Hg και του Zn στο μυϊκό του *Scyliorhinus canicula*, αντανακλώντας τη συσσωρευτική συμπεριφορά και των δύο μετάλλων, ένα πρότυπο που δεν

παρουσίασε το *Squalus blainville*. Αντίθετα, η σημαντική αρνητική συσχέτιση που βρέθηκε μεταξύ του Hg και του Cu στο μυϊκό ιστό και των δύο ειδών, αντανακλά αφενός την αύξηση της συγκέντρωσης του Hg αφετέρου τη μείωση της συγκέντρωσης του Cu σε αυτόν τον ιστό αυξανόμενου του μήκους. Καμία σημαντική συσχέτιση δεν παρουσίασαν οι δυαδικές σχέσεις 10 μετάλλων στο μυϊκό ιστό των καρχαριών *Isurus oxyrinchus*, *Carcharhinus obscurus* και *Carcharodon carcharias*, πιθανώς εξαιτίας των ελλιπών δειγμάτων (Watling *et al.* 1982).

Και στα δύο υπό μελέτη είδη βρέθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του Hg και του Cd στο ήπαρ, εξαιτίας της συσσώρευσης των στοιχείων στο ήπαρ αυξανόμενου του μήκους. Το πρότυπο αυτό δεν παρατηρήθηκε στον ασημοπτερυγο καρχαρία *Carcharhinus albimarginatus*, γιατί αντιπροσωπεύονταν από ανώριμα άτομα που έφεραν αρκετά χαμηλό φορτίο Hg και Cd για να ενισχύσει τη σύνθεση των μεταλλοθειονινών ή για να παρουσιάσει αύξηση με το μήκος. Αντίθετα, στο ήπαρ του ίδιου είδους παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ των απαραίτητων μετάλλων Cu και Zn, αντανακλώντας την παρατηρούμενη μείωση της συγκέντρωσης αυτών των στοιχείων αυξανόμενου του μήκους (Endo *et al.* 2008).

Καμία σημαντική συσχέτιση δεν βρέθηκε στα ζεύγη Cd–Cu και Cd–Zn στο ήπαρ των ειδών *Carcharhinus albimarginatus* και *Galeocerdo cuvier* (Endo *et al.* 2008). Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισε το *Squalus blainville*, ενώ το *Scyliorhinus canicula* εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση και στα δύο ζεύγη, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών σε Χονδριχθός (Watling *et al.* 1982) και θαλάσσια θηλαστικά (Honda *et al.* 1983, Zhou *et al.* 2001, Endo *et al.* 2007). Τα αυξημένα επίπεδα Hg και Cd διεγείρουν τη σύνθεση των μεταλλοθειονινών στο ήπαρ των θαλάσσιων θηλαστικών, στις οποίες προσδένονται και τα απαραίτητα μέταλλα Cu και Zn, αυξάνοντας τελικά το μεταλλικό φορτίο του οργάνου (Das *et al.* 2000). Πιθανώς με τον ίδιο τρόπο ερμηνεύεται η σημαντική θετική συσχέτιση που παρουσίασε το ζεύγος Cd–Cu στη γονάδα και των δύο υπό μελέτη ειδών, έναν ιστό στον οποίο, ομοίως με το ήπαρ, συνθέτονται μεταλλοθειονίνες (Atli & Canli 2003). Σημαντική θετική συσχέτιση βρέθηκε και στα ζεύγη Hg–Fe και Cd–Fe στο ήπαρ των υπό μελέτη ειδών. Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε σε θαλάσσια θηλαστικά (Endo *et al.* 2002; 2007) στα οποία ο Fe φάνηκε ότι συσσωρεύεται αυξανόμενης της ηλικίας (Honda *et al.* 1987).

Τέλος, και τα δύο υπό μελέτη είδη εμφάνισαν σημαντική θετική συσχέτιση στα ζεύγη Hg–Fe και Hg–Zn στα βράγχια, αντανακλώντας είτε την αύξηση των επιπέδων αυτών των στοιχείων με το μήκος ή τον υψηλό βαθμό ρύπανσης, αν και ορισμένων περιοχών. Από την άλλη πλευρά, η σημαντική μείωση των μετάλλων Cd και Cu στα βράγχια και των δύο ειδών αυξανόμενου του μήκους αποτυπώθηκε στη σημαντική αρνητική τους συσχέτιση.

Φύλο και γεννητική ωρίμαση

Σημαντική διαφοροποίηση του μεταλλικού φορτίου μεταξύ των φύλων του *Scyliorhinus canicula* βρέθηκε σε ελάχιστες περιπτώσεις ιστών ή μετάλλων ανά περιοχή δειγματοληψίας, χωρίς κάποιο σαφές πρότυπο. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι γονάδες στις οποίες βρέθηκε η πλειονότητα των στατιστικά σημαντικών διαφορών, κυρίως με τα αρσενικά άτομα να φέρουν υψηλότερα επίπεδα Zn. Ομοίως με την παρούσα μελέτη, οι Coelho *et al.* (2010) δεν βρήκαν σημαντική διαφοροποίηση των συγκεντρώσεων Hg, ανεξαρτήτως ιστού, μεταξύ των φύλων του *Scyliorhinus canicula* από τον Ατλαντικό. Η απουσία φυλετικής διαφοροποίησης ως προς τα επίπεδα των μετάλλων παρατηρείται συχνά στους Χονδριχθούς, σε ποικιλία ιστών ή μετάλλων (π.χ. Hornung *et al.* 1993, Branco *et al.* 2007, Endo *et al.* 2008, Taylor *et al.* 2014).

Από την άλλη πλευρά, το *Squalus blainville* παρουσίασε μεγαλύτερη διαφοροποίηση ως προς μεταλλικό φορτίο μεταξύ των φύλων, με τα αρσενικά άτομα να έχουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα κυρίως Hg, Cu και Zn από ό,τι τα θηλυκά. Το πρότυπο διαφοροποίησης (είδος ιστού ή μετάλλου) εμφάνισε σχετικά μεγάλη διακύμανση μεταξύ των περιοχών, πιθανώς εξαιτίας της επίδρασης των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών και/ή της δειγματοληπτικής μεθόδου. Ωστόσο, η πλειονότητα των στατιστικά σημαντικών διαφορών υπέρ των αρσενικών εντοπίστηκε στα βράγχια, ενώ οι αρσενικές γονάδες φάνηκε ότι συσσωρεύουν περισσότερο Zn από ό,τι οι θηλυκές, όπως και στο *Scyliorhinus canicula*.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποκάλυψε ότι συνήθως τα αρσενικά άτομα των Χονδριχθών είναι περισσότερο επιβαρυνμένα με μέταλλα. Σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Zn βρέθηκαν στο ήπαρ των αρσενικών ατόμων του γαλάζιου καρχαρία *Prionace glauca*, τα οποία αποδόθηκαν στις διαφορετικές τροφικές προτιμήσεις των φύλων (Barrera-García *et al.* 2013). Ο Lyle (1984) απέδωσε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Hg που βρέθηκαν στο μυϊκό ιστό των αρσενικών ατόμων του *Carcharhinus* spp. στον τρόπο αναπαραγωγής του είδους, την πλακουντοφόρο ζωοτοκία κατά την οποία ο Hg με τα θρεπτικά μεταφέρονται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος απευθείας από τη μητέρα στα έμβρυα (Conrath & Musick 2012), και έτσι μειώνεται το υδραργυρικό της φορτίο. Το ίδιο πρότυπο παρατηρήθηκε στους γαλέους *Mustelus canis* (De Pinho *et al.* 2002) και *Mustelus manazo* (Endo *et al.* 2013), οι οποίοι αναπαράγονται με τον ίδιο τρόπο, αν και στον πρώτο ήταν μη στατιστικά σημαντικό.

Με μια πρώτη ματιά, φαίνεται ότι η μεταφορά ενέργειας από τα θηλυκά άτομα στα έμβρυα μειώνει το υδραργυρικό τους φορτίο. Ωστόσο, το πρότυπο αυτό ποικίλλει ανάλογα με τον τρόπο αναπαραγωγής των ειδών. Οι Coelho *et al.* (2010) παρατήρησαν ότι τα θηλυκά άτομα του *Scyliorhinus canicula* (ένα είδος που αναπαράγεται με ωοτοκία κατά την οποία τα έμβρυα αναπτύσσονται με λέκιθο μέσα σε πρωτεϊνικές θήκες και δεν λαμβάνουν πρόσθετα

θρεπτικά από τη μητέρα, Conrath & Musick 2012) είχαν δεκαπλάσια επίπεδα Hg από ό,τι τα έμβρυα. Για το λόγο αυτό, απέκλιναν το ενδεχόμενο μητρικής μεταφοράς του Hg στα έμβρυα, ερμηνεύοντας ταυτόχρονα τη μη διαφοροποίηση των φύλων ως προς τα επίπεδα Hg.

Στην παρούσα μελέτη δεν προσδιορίστηκε το υδραργυρικό περιεχόμενο των εμβρύων του *Scyliorhinus canicula*. Παρ' όλα αυτά, η μεταβολή των συγκεντρώσεων του Hg σε σχέση με τα στάδια της γεννητικής ωριμότητας αποκάλυψε ότι τα μη κυοφορούντα θηλυκά άτομα (στάδιο III) είχαν παρόμοιο υδραργυρικό φορτίο με τα κυοφορούντα (στάδιο IV), ανεξάρτητα από τον ιστό ($P_{ANOVA} < 0,05$). Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να ενισχύσει τα συμπεράσματα των Coelho *et al.* (2010). Ωστόσο, καθώς ένα αντίστοιχο πρότυπο μεταβολής του υδραργυρικού περιεχομένου των ιστών με την πρόοδο της ωρίμασης εμφάνισαν και τα αρσενικά (παρόμοια επίπεδα Hg στα ώριμα στάδια III–IV και σημαντικά υψηλότερα από εκείνα των ανώριμων σταδίων I–II) (βλ. Εικόνες Π1, Π2 του Παραρτήματος) είναι μάλλον απίθανο η μη διαφοροποίηση των φύλων ως προς τον Hg να οφείλεται στην παρεμπόδιση της μεταφοράς του από τη μητέρα στα έμβρυα. Εξάλλου, πειράματα επιβεβαίωσαν την υψηλή διαπερατότητα των εμβρυϊκών θηκών σε βαρέα μέταλλα (Jeffree *et al.* 2006b; 2008), γεγονός που αντιπαρατίθεται με τα συμπεράσματα των Coelho *et al.* (2010).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε σχεδόν ταυτόχρονη προσέγγιση της γεννητικής ωρίμασης από τα δύο φύλα του είδους *Scyliorhinus canicula* ($L_{50}=397$ και 382 mm, για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα), υποδεικνύοντας σχεδόν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης. Το γεγονός αυτό αποτελεί πιθανότερη ερμηνεία για τα παρόμοια επίπεδα Hg που παρουσίασαν, καθώς και για το ότι τα θηλυκά άτομα είχαν παρόμοιο μεταλλικό φορτίο για το ίδιο μήκος σε σχέση με τα αρσενικά. Μάλιστα, πληθώρα αναφορών έρχεται να επιβεβαιώσει τη σχεδόν ταυτόχρονη γεννητική τους ωρίμαση (βλ. Υποκεφ. 5.4.1), αν και μελέτες αναφέρουν άλλοτε ταχύτερο (Ivory *et al.* 2004) και άλλοτε αργότερο (Rodríguez-Cabello *et al.* 2005) ρυθμό αύξησης των θηλυκών ατόμων από ό,τι των αρσενικών.

Σε αντίθεση με τους Greig *et al.* (1977), οι οποίοι παρατήρησαν χαμηλά επίπεδα Hg στα έμβρυα του κεντρονιού *Squalus acanthias* και απέκλιναν το ενδεχόμενο μητρικής μεταφοράς του Hg σε αυτά, στην παρούσα μελέτη υψηλά επίπεδα Hg καταγράφηκαν σε ομάδες (pools) εμβρύων από 16 κυοφορούντα θηλυκά άτομα του *Squalus blainville* (M.T.=1,39±0,69, εύρος=0,35–2,45 mg/kg w.w.), αποκαλύπτοντας πιθανή μεταφορά του Hg από τη μητέρα στα έμβρυα κατά την ωζωοτοκία (κατά την οποία τα έμβρυα αναπτύσσονται με λέκιθο μέσα στους ωαγωγούς και δεν λαμβάνουν πρόσθετα θρεπτικά από τη μητέρα, Conrath & Musick 2012). Μάλιστα, σημαντική θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ των εμβρύων και των μητέρων τους ως προς το υδραργυρικό περιεχόμενο του μυϊκού ιστού

($R^2=0,53$, $P<0,05$). Επίσης, η μεταβολή των συγκεντρώσεων του Hg στην πορεία της γεννητικής ωρίμασης αποκάλυψε ότι από τη στιγμή που τα θηλυκά άτομα φέρουν εντός των ωαγωγών μικροσκοπικά έμβρυα προσαρτημένα σε μεγάλες λεκιθικές σφαίρες (στάδιο V) μέχρι την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των εμβρύων (στάδιο VI) και την αποβολή τους στο θαλάσσιο περιβάλλον (στάδιο VII), το υδραργυρικό φορτίο των θηλυκών ατόμων μειώνεται σταδιακά και στατιστικά σημαντικά ($P_{ANOVA}<0,05$). Συνεπώς, υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις της μητρικής μεταφοράς του Hg στα έμβρυα. Αντίθετα, στην περίπτωση των αρσενικών ατόμων παρατηρήθηκε συνεχόμενη και στατιστικά σημαντική αύξηση του υδραργυρικού φορτίου των ιστών με την πρόοδο της γεννητικής ωρίμασης ($P_{ANOVA}<0,05$) (βλ. Εικόνες Π3, Π4 του Παραρτήματος). Με βάση τα παραπάνω, ερμηνεύονται τα σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Hg που εμφάνισαν τα αρσενικά άτομα του *Squalus blainville*, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις ιστών και περιοχών. Ομοίως, οι Taguchi *et al.* (1979) ανέφεραν υψηλότερα, αλλά μη στατιστικά σημαντικά επίπεδα Hg στα αρσενικά άτομα του κεντρονιού *Squalus mitsukurii*. Επίσης, οι Endo *et al.* (2013) παρατήρησαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Hg στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ των αρσενικών ατόμων του κεντρονιού *Squalus acanthias* από ό,τι των θηλυκών παρόμοιου μεγέθους, γεγονός που αποδόθηκε στον πιο αργό ρυθμό αύξησης των αρσενικών. Ενώ, το ίδιο πρότυπο παρουσίασαν και τα αρσενικά άτομα του *Squalus blainville*, δεν είναι δυνατό να συσχετιστεί με το ρυθμό αύξησης, καθώς εμφάνισαν ταχύτερο ρυθμό αύξησης από ό,τι τα θηλυκά (π.χ. Kousteni & Megalofonou 2015). Πιθανώς η μεταφορά του Hg από τα θηλυκά άτομα στα έμβρυα σε συνδυασμό με τη συνεχόμενη συσσώρευση Hg στα αρσενικά άτομα, είναι δυνατό να επισκιάσει την επίδραση του διαφορετικού ρυθμού αύξησης στο μεταλλικό τους φορτίο.

Σε αντίθεση με το φύλο, η κατάσταση της γεννητικής ωρίμασης αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα καθορισμού του μεταλλικού περιεχομένου των ιστών (ιδιαίτερα του Hg) και στα δύο υπό μελέτη είδη. Η σημαντική αύξηση του υδραργυρικού περιεχομένου των ιστών με την πρόοδο της γεννητικής τους ωρίμασης, πιθανώς οφείλεται στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες των ατόμων καθώς ωριμάζουν και στη συσσωρευτική συμπεριφορά του Hg. Επίσης, με την πρόοδο της γεννητικής ωρίμασης του *Scyliorhinus canicula* η συγκέντρωση του Cd αυξήθηκε στο ήπαρ, μειώθηκε στο μυϊκό ιστό και στη γονάδα, ενώ ήταν σχεδόν αμετάβλητη στα βράγχια. Σχεδόν το ίδιο πρότυπο παρατηρήθηκε και στο *Squalus blainville*, δείχνοντας ότι το ήπαρ αποτελεί το όργανο-στόχο του Cd και στα δύο είδη. Από την άλλη πλευρά, τα αυξημένα επίπεδα του Fe στα βράγχια των ώριμων ατόμων και των δύο ειδών, αν και από ορισμένες περιοχές (nAEG και COR για το *Scyliorhinus canicula*, nAEG και ION για το *Squalus blainville*), πιθανώς σχετίζονται με τη ρύπανση αυτών των περιοχών από Fe,

δεδομένου ότι τα βράγχια αποτελούν πολύ καλούς δείκτες της ποιότητας των υδάτων (El-Serafy *et al.* 2009). Η παρατηρούμενη μείωση των επιπέδων του Cu με την πρόοδο της γεννητικής ωρίμασης πιθανώς αποδίδεται στις αυξημένες απαιτήσεις των ειδών ως προς αυτό το στοιχείο κατά τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια. Τέλος, τα ώριμα άτομα του *Squalus blainville* παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Zn από ό,τι τα ανώριμα. Το αντίθετο πρότυπο παρατηρήθηκε στο *Scyliorhinus canicula*, αποκαλύπτοντας τις υψηλές απαιτήσεις του είδους σε αυτό το στοιχείο κατά τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια.

Η μεταβολή του μεταλλικού περιεχομένου των ιστών με την πρόοδο της γεννητικής ωρίμασης έχει μελετηθεί ελάχιστα σε Χονδριχθούς και αφορά κυρίως στα επίπεδα του Hg στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ, τα οποία ήταν υψηλότερα στα ώριμα από ό,τι στα ανώριμα άτομα (De Pinho *et al.* 2002, Endo *et al.* 2008, Coelho *et al.* 2010, Pethybridge *et al.* 2010, Escobar-Sánchez *et al.* 2011, Hurtado-Banda *et al.* 2012). Η απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του Hg στο ήπαρ του *Galeocerdo cuvier* με την είσοδό του στην ώριμη φάση αποδόθηκε στη συνεχή διατροφική πρόσληψη του Hg και στην επιβράδυνση της αύξησης των ώριμων ατόμων (Endo *et al.* 2008). Από την άλλη πλευρά, αν και δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ανώριμων και ώριμων ατόμων του *Prionace glauca* ως προς το μεταλλικό περιεχόμενο του ήπατος (Hg, Cd, Cu, Fe και Zn), παρατηρήθηκαν υψηλά επίπεδα Zn στο ήπαρ των ανώριμων αρσενικών ατόμων, τα οποία αποδόθηκαν στην υψηλή περιεκτικότητα του οργάνου σε Cd (Barrera-García *et al.* 2013). Η ερμηνεία βασίστηκε στο ό,τι ο Zn δρα ανταγωνιστικά με το Cd στο ήπαρ, διεγείροντας συγκεκριμένα την έκφραση των μεταλλοθειονινών, οι οποίες με τη σειρά τους δεσμεύουν τα ιόντα Cd και μειώνουν την τοξικότητα (Di Giulio & Meyer 2008, Hahn & Hestermann 2008). Με τον ίδιο τρόπο, πιθανώς ερμηνεύονται τα σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Cd και Zn που βρέθηκαν στο ήπαρ αφενός των ώριμων θηλυκών ατόμων του *Scyliorhinus canicula* αφετέρου των ώριμων θηλυκών και αρσενικών ατόμων του *Squalus blainville*, αν και από ορισμένες περιοχές.

Περιοχή δειγματοληψίας

Οι αβιοτικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή αποτελούν καθοριστικό παράγοντα του μεταλλικού φορτίου των Χονδριχθών, δεδομένου ότι τα μέταλλα που απαντούν στην υδάτινη στήλη και στα ιζήματα απορροφώνται μέσω της τροφικής αλυσίδας ή άμεσα από τα βράγχια (Walker 1976). Για παράδειγμα, οι Leah *et al.* (1991a; b) μελετώντας τη μεταβολή του υδραργυρικού περιεχομένου του μυϊκού ιστού με το μήκος στο *Scyliorhinus canicula* από διαφορετικές περιοχές στην Ιρλανδική Θάλασσα, παρατήρησαν ότι η κλίση της καμπύλης συσχέτισης ήταν περισσότερο απότομη σε περιοχές με σημαντική ρύπανση από

Hg, δείχνοντας τη σημαντική βιοσυσώρευση του στοιχείου. Από την άλλη πλευρά, οι Raimundo *et al.* (2011) παρατήρησαν σημαντική μείωση των επιπέδων Cd, Pb και Zn στο μυϊκό ιστό του *Scyliorhinus canicula* από τις εκβολές του ποταμού Τάγου στην Πορτογαλία μέσα σε μια δεκαετία, γεγονός που αποδόθηκε στη μείωση της διαθεσιμότητας αυτών των μετάλλων μέσω του περιορισμού των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε αυτήν την περιοχή.

Η σύγκριση του μεταλλικού περιεχομένου μεταξύ ατόμων παρόμοιου μεγέθους από διαφορετικές περιοχές παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα των μετάλλων στα διαφορετικά περιβάλλοντα (Storelli *et al.* 2002a). Το γεγονός αυτό ισχύει κυρίως για τα μη απαραίτητα μέταλλα, τα οποία δεν υπόκεινται σε κάποιο ρυθμιστικό μηχανισμό, όπως τα απαραίτητα στοιχεία (Storelli *et al.* 2011c). Εστιάζοντας στα κυριότερα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, τα υψηλότερα επίπεδα Hg, ανεξάρτητα από τον ιστό, καταγράφηκαν στο *Squalus blainville* από το Ιόνιο Πέλαγος, αποκαλύπτοντας τη σημαντική ρύπανση αυτής της θαλάσσιας περιοχής από Hg, και πιθανώς τη σημαντική επιρροή που δέχεται από τη γειτονική Αδριατική Θάλασσα, η οποία είναι γνωστή για το υψηλό υδραργυρικό φορτίο, εξαιτίας της έντονης βιομηχανοποίησης κατά μήκος των Ιταλικών ακτών (Storelli *et al.* 2002a). Τα υψηλά επίπεδα των μη απαραίτητων μετάλλων (Hg και Cd) που καταγράφηκαν αφενός στο *Scyliorhinus canicula* από το βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, το Μυρτώο και το Κρητικό αφετέρου στο *Squalus blainville* από το βόρειο Αιγαίο και το Μυρτώο υποδεικνύουν τον υψηλό βαθμό ρύπανσης αυτών των περιοχών, αν και δεν υπάρχουν διαθέσιμα περιβαλλοντικά στοιχεία για την ποιότητα των βαθιών νερών και των υποστρωμάτων στα οποία συχνάζουν τα υπό μελέτη είδη.

Τα βράγχια αποτελούν ένα σημαντικό δείκτη της ποιότητας του νερού. Είναι επιρρεπή σε οποιαδήποτε μεταβολή των συστατικών του με τα οποία έρχονται σε άμεση και διαρκή επαφή μέσω της μεγάλης επιφάνειας των ελασμάτων τους (Au 2004, El-Serafy *et al.* 2009). Για το λόγο αυτό, τα εξαιρετικά υψηλά επίπεδα Fe (M.T.=61,9±74,8, εύρος=25,3–317 mg/kg w.w.) που βρέθηκαν στα βράγχια του *Scyliorhinus canicula* από το βόρειο Ευβοϊκό κόλπο πιθανώς σχετίζονται με τη θαλάσσια απόθεση αποβλήτων πλούσιων σε Fe, τα οποία προέρχονται από την εκμετάλλευση σιδηρονικελιούχων κοιτασμάτων που λαμβάνει χώρα σε αυτήν την περιοχή (Voutsinou-Taliadouri *et al.* 1995). Επίσης, σχετικά υψηλά επίπεδα Fe (M.T.=34,2±22,8, εύρος=14,3–112 mg/kg w.w.) βρέθηκαν στα βράγχια του *Scyliorhinus canicula* από τον Κορινθιακό κόλπο. Το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στη θαλάσσια απόθεση της ερυθράς ίλυος (πλούσια σε Fe, Ti, Ni, Co, Pb και Cu) από το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στον κόλπο της Αντίκυρας (Varnavas & Papatheodorou 1987), εκατέρωθεν του οποίου συλλέχθηκαν τα δείγματα.

8.4.2 Σύγκριση με προηγούμενες μελέτες των υπό μελέτη ειδών

Υψηλά επίπεδα Hg βρέθηκαν στο μυϊκό ιστό του *Squalus blainville* από την Αδριατική (M.T.=4,53 mg/kg w.w., Storelli *et al.* 2002a). Παρόμοια επίπεδα Hg καταγράφηκαν στο Ιόνιο (M.T.=4,92 mg/kg w.w., παρούσα μελέτη). Στον Κορινθιακό κόλπο βρέθηκε η δεύτερη υψηλότερη μέση συγκέντρωση Hg στο μυϊκό ιστό του είδους (M.T.=3,65 mg/kg w.w.), ενώ στις υπόλοιπες περιοχές της παρούσας μελέτης κυμάνθηκε από 1,64 έως 3,05 mg/kg w.w.

Ομοίως με το *Squalus blainville*, ο Hg στο μυϊκό ιστό του *Scyliorhinus canicula* κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στο Ιόνιο (M.T.=1,50 mg/kg w.w., παρούσα μελέτη) και στην Αδριατική (M.T.=1,10–1,49 mg/kg w.w., Storelli *et al.* 2002a; 2005b). Στις υπόλοιπες περιοχές της παρούσας μελέτης, με εξαίρεση τον Κορινθιακό κόλπο, η μέση συγκέντρωση του Hg στο μυϊκό ιστό ξεπέρασε τη μονάδα, λαμβάνοντας τη μέγιστη συγκέντρωση στο Μυρτώο (M.T.=2,99 mg/kg w.w.). Σύμφωνα με τη μελέτη της Γεωργίου (2008, αδημοσίευτα αποτελέσματα) που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ II, η μέση συγκέντρωση του Hg στο μυϊκό ιστό του *Scyliorhinus canicula* ήταν 1,49 στο βόρειο Αιγαίο, 1,37 στο βόρειο Ευβοϊκό και 2,31 mg/kg w.w. στο Μυρτώο, όπου και έλαβε σημαντικά υψηλότερη τιμή από ό,τι στις άλλες δύο περιοχές, ομοίως με την παρούσα μελέτη.

Στο ανατολικό Αιγαίο (Αττάλεια) τα μέταλλα Cd, Cu, Fe και Zn στο μυϊκό ιστό του είδους κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα με την παρούσα μελέτη, ενώ στο ήπαρ βρέθηκαν εξαιρετικά υψηλά επίπεδα Cu και Fe (Türkmen *et al.* 2009) (Εικόνα 8.17).

Συγκριτικά με τη Μεσόγειο, ο Hg στο μυϊκό ιστό του *Scyliorhinus canicula* κυμάνθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα τόσο στις ακτές τις Πορτογαλίας (M.T.=0,27–0,42 mg/kg w.w., Coelho *et al.* 2010) όσο και στην Ιρλανδική Θάλασσα (M.T.=0,60–2,38 mg/kg, w.w., Vas 1991, Leah *et al.* 1991a). Δύο ακόμα αναφορές έρχονται από τους Domí *et al.* (2005) και Raimundo *et al.* (2011). Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων εκφράζονται επί ξηρού βάρους (d.w.), και άρα δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης μόνο με την παρούσα μελέτη. Αναλυτικότερα, φάνηκε ότι το είδος στην Κέλτικη Θάλασσα συσσωρεύει στο μυϊκό ιστό λιγότερο Hg, αλλά περισσότερο Cd, Cu, Fe και Zn (M.T.: Hg=1,9, Cd=1, Cu=3,0, Fe=20,1 και Zn=49 mg/kg d.w., Domí *et al.* 2005) από ό,τι στις Ελληνικές Θάλασσες (M.T.: Hg>5,50, Cd<0,10, Cu<2,00, Fe<20 και Zn<40 mg/kg d.w., παρούσα μελέτη). Εντός των ορίων της παρούσας μελέτης κυμάνθηκαν το Cd και ο Zn στο μυϊκό ιστό ατόμων στις ακτές της Πορτογαλίας (Δ.Τ.: Cd=0,031 και Zn=36 mg/kg d.w., Raimundo *et al.* 2011).

Χαμηλότερα επίπεδα Hg βρέθηκαν στο ήπαρ και στα βράγχια του *Scyliorhinus canicula* στην Ιρλανδική Θάλασσα (M.T.=0,08–0,09 και 0,08–0,09 mg/kg w.w., αντίστοιχα,

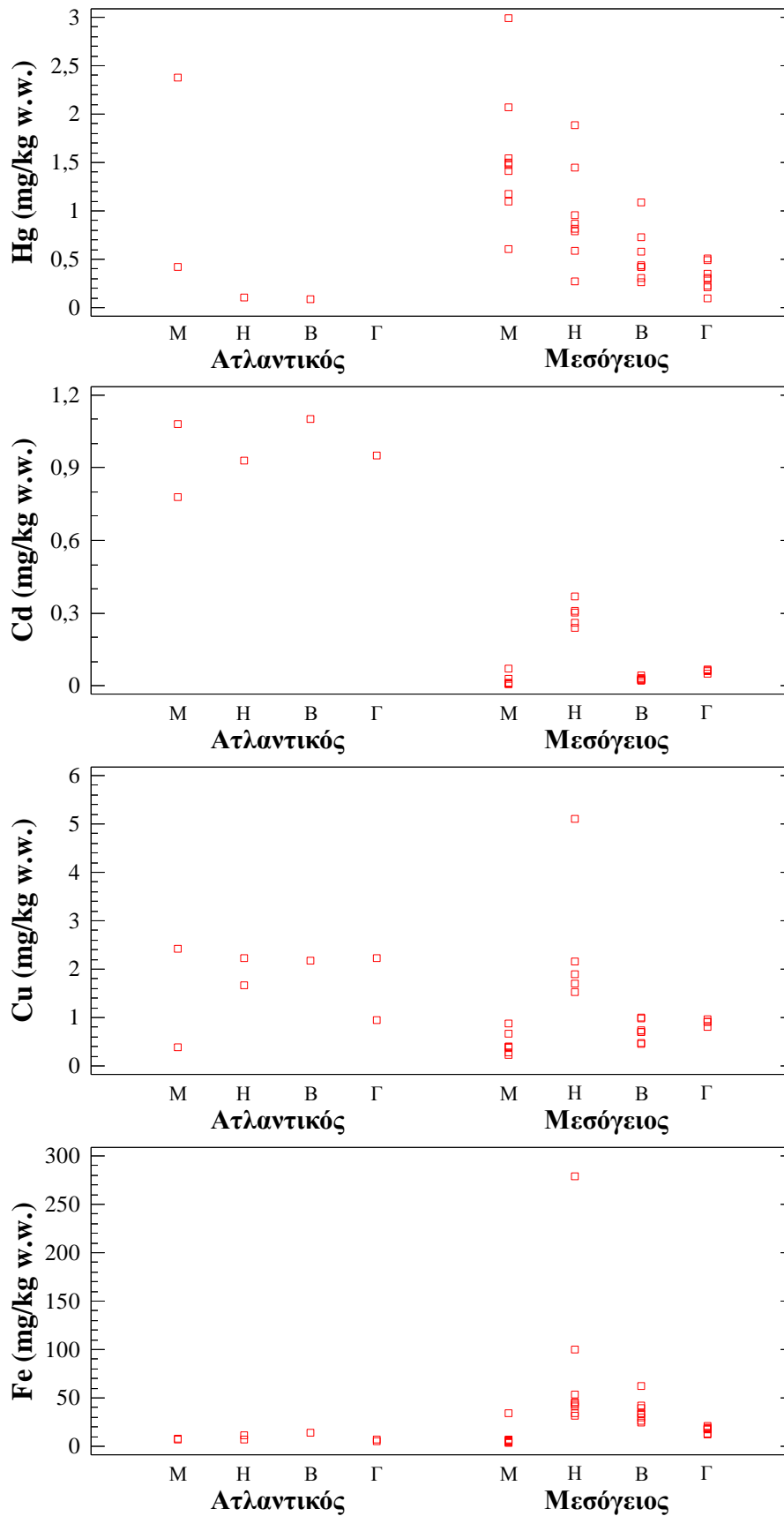
Coelho *et al.* 2010) από ό,τι στην παρούσα μελέτη (M.T.=0,27–1,89 και 0,26–1,09 mg/kg w.w., αντίστοιχα). Συγκρίνοντας τα επίπεδα των μετάλλων Cd, Cu και Fe στο ήπαρ, στα βράγχια, και στις γονάδες του είδους μεταξύ της Μεσογείου (Türkmen *et al.* 2009, παρούσα μελέτη) και του Ατλαντικού (Vas 1991), διαπιστώθηκε ότι το Cd απαντά σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα, ανεξαρτήτως ιστού, στα άτομα Ατλαντικής προέλευσης. Σχεδόν παρόμοιο πρότυπο εμφάνισε ο Cu. Αντίθετα, ο Fe εμφάνισε υψηλότερα επίπεδα σε όλους τους ιστούς, εκτός του μυϊκού, στα άτομα Μεσογειακής από ό,τι Ατλαντικής προέλευσης.

Η γεωγραφική διαφοροποίηση του *Scyliorhinus canicula* ως προς το μεταλλικό φορτίο πιθανώς αντανακλά αντίστοιχες διαφορές ως προς το ρυθμό αύξησης, τη φυσιολογία, τη διατροφή, καθώς πρόκειται για έναν ευκαιριακό θηρευτή, και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η Μεσόγειος, εξαιτίας των ιδιαίτερών της συνθηκών φιλοξενεί είδη που φτάνουν σε μικρότερα μεγέθη από ό,τι στον Ατλαντικό (Sonin *et al.* 2007). Το φαινόμενο αυτό, γνωστό ως «Μεσογειακός νανισμός» (Por 1989, Bellan-Santini *et al.* 1994), επιβεβαιώθηκε και στο *Scyliorhinus canicula* (βλ. Υποκεφ. 3.4.2). Συνεπώς, άτομα του ίδιου μήκους έχουν μεγαλύτερη ηλικία και φέρουν υψηλότερα επίπεδα Hg στη Μεσόγειο από ό,τι στον Ατλαντικό, εξαιτίας του χαμηλότερου ρυθμού αύξησης και της πιο εκτεταμένης έκθεσης σε Hg. Αρκετά είδη Χονδριχθύων παρουσίασαν υψηλότερο φορτίο Hg στη Μεσόγειο σε σχέση με άλλες περιοχές (π.χ. Hornung *et al.* 1993, Domi *et al.* 2005, Pethybridge *et al.* 2010).

Οι αβιοτικές συνθήκες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βιοαπορρόφηση των μετάλλων (Walker 1976). Είναι γνωστό ότι το υψηλό φορτίο Hg των αλιευμάτων της Μεσογείου δεν αποδίδεται μόνο σε ανθρωπογενή αίτια, αλλά και στο φυσικό εμπλουτισμό της με Hg, καθώς και στις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν σε αυτή την ημίκλειστη λεκάνη, όπως είναι η υψηλή θερμοκρασία (Bacci 1989) και η παρουσία της ζώνης ελάχιστου οξυγόνου (ζώνη αποσύνθεσης της βυθιζόμενης οργανικής ουσίας) σε ρηχότερα στρώματα από ό,τι σε άλλες περιοχές (Cossa *et al.* 2009, 2012). Αυτές οι συνθήκες οδηγούν σε ταχύτερη μεθυλίωση, και άρα σε εξαιρετικά υψηλά διαθέσιμα επίπεδα mmHg για το θαλάσσια τροφικά δίκτυα, τα οποία είναι «ρηχά» (Cossa *et al.* 2009, 2012). Τέλος, η χαμηλή πρωτογενής παραγωγικότητα στην oligοτροφική Μεσόγειο μειώνει τη «βιοδιάλυση» των ρυπαντών σε λιγότερο άφθονα βιογενή σωματίδια στη βάση των τροφικών δικτύων (Heimbürger *et al.* 2010).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ερμηνεύεται το υψηλότερο φορτίο Hg του *Scyliorhinus canicula* στη Μεσόγειο από ό,τι στον Ατλαντικό, καθώς και το «ανώμαλο πρότυπο του Hg στη Μεσόγειο» («Mediterranean mercury anomaly», Cossa & Coquery 2005) κατά το οποίο σε περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού με παρόμοια ρύπανση σε Hg, τα άτομα Μεσογειακής προέλευσης είχαν περισσότερο Hg (Cresson *et al.* 2014 και αναφορές εντός).



Εικόνα 8.17 Μέσες συγκεντρώσεις (mg/kg w.w.) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (M), στο ήπαρ (H), στα βράγχια (B) και στη γονάδα (Γ) του είδους *S. canicula* από διάφορες περιοχές του Ατλαντικού και της Μεσογείου. Ο Zn εξαιρέθηκε, λόγω απουσίας αναφορών από τον Ατλαντικό. Επίσης, εξαιρέθηκαν οι τιμές εκφρασμένες σε d.w. (Domi *et al.* 2005 και Raimundo *et al.* 2011)

8.4.3 Σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ειδών Χονδριχθύων

Οι βασικότεροι λόγοι διαφοροποίησης του μεταλλικού περιεχομένου των ιστών μεταξύ διαφορετικών ειδών Χονδριχθύων περιλαμβάνουν διαφορές ως προς το τροφικό επίπεδο, τη σύνθεση της διατροφής, το ρυθμό μεταβολισμού και αύξησης, τη φυσιολογία (Pethybridge *et al.* 2010, Endo *et al.* 2013) και τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Leah *et al.* 1991a: b).

Το *Squalus blainville* ανήκει σε υψηλότερο τροφικό επίπεδο από ό,τι το *Scyliorhinus canicula* (Cortés 1999), γεγονός που πιθανώς ερμηνεύει το υψηλότερο φορτίο του σε Hg και Cd, στοιχεία με βιομεγεθυντικές ιδιότητες (Viana *et al.* 2005, McMeans *et al.* 2007).

Η διατροφή ήταν η κύρια αιτία των υψηλών συγκεντρώσεων Hg και Cd που βρέθηκαν σε άλλα είδη Χονδριχθύων (Domí *et al.* 2005). Τα υψηλά επίπεδα Hg που καταγράφηκαν στο σφυροκέφαλο καρχαρία *Sphyrna zygaena* αποδόθηκαν στη διατροφή του κυρίως με καρχαρίες και σαλάγια (Storelli *et al.* 2002a; 2003a). Η σημαντική επίδραση της διατροφής στο μεταλλικό φορτίο των ειδών φάνηκε και από τα χαμηλά επίπεδα Hg που βρέθηκαν στο φαλινοκαρχαρία *Rhincodon typus*, γεγονός που αποδόθηκε στην πλακτονοφαγία του είδους, η οποία οδηγεί στη συσσώρευση κυρίως Cd, Cu και Zn (Wang *et al.* 2014). Φαίνεται ότι η μοίρα του Hg μέσω των τροφικών μονοπατιών εξαρτάται από τον αριθμό των τροφικών επιπέδων και τη σύνθεση της λείας των θηρευτών (Kim *et al.* 2011).

Στην παρούσα μελέτη, η μεγαλύτερη προτίμηση που έδειξε το *Squalus blainville* σε Κεφαλόποδα, από ό,τι το *Scyliorhinus canicula* (50,8 και 30,8%, αντίστοιχα) θα μπορούσε να ερμηνεύσει το υψηλό φορτίο του σε Cd, μια και αυτή η ταξινομική ομάδα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε Cd (Bustamante *et al.* 1998, Storelli & Marcotrigiano 1999). Από την άλλη πλευρά, το υδραργυρικό φορτίο των υπό μελέτη ειδών φάνηκε ότι δεν επηρεάζεται από τη διατροφή, πιθανώς γιατί είναι γενικευμένοι θηρευτές (Domí *et al.* 2005, Martinho *et al.* 2012) και τα κύρια τροφικά τους αντικείμενα (Μαλάκια, Οστεϊχθύες και Καρκινοειδή) φέρουν χαμηλότερα επίπεδα Hg σε σχέση με τους μεγαλύτερους Οστεϊχθύς με τους οποίους τρέφονται οι εξειδικευμένοι-ιχθυοφάγοι Χονδριχθύες (Coelho *et al.* 2010). Η άποψη αυτή ενισχύεται περαιτέρω από το γεγονός ότι οι Οστεϊχθύες, οι οποίοι συνιστούν την κυριότερη πηγή Hg (Domí *et al.* 2005), κατέλαβαν παρόμοια ποσοστά κάλυψης της διατροφής των υπό μελέτη ειδών (42,5 και 42,2%, αντίστοιχα), ενώ θα περίμενε κανείς το ποσοστό αυτό να είναι ιδιαίτερα αυξημένο στο *Squalus blainville* ως φέρων το υψηλότερο φορτίο Hg.

Ένας σημαντικός παράγοντας διαφοροποίησης των ειδών ως προς τις συγκεντρώσεις του Hg, πιθανώς και του Cd, θα μπορούσε να θεωρηθεί ο διαφορετικός ρυθμός αύξησης που διαθέτουν. Σε γενικές γραμμές, η συσσώρευση του Hg στους κορυφαίους θηρευτές

σχετίζεται θετικά περισσότερο με την αύξηση της ηλικίας από ό,τι με την αύξηση του μήκους (Taguchi *et al.* 1979, Honda *et al.* 1983) και τείνει να είναι μεγαλύτερη σε είδη που έχουν πιο αργό ρυθμό αύξησης (Greig *et al.* 1977, Taguchi *et al.* 1979, Lyle 1984). Μελέτες έδειξαν ότι το *Squalus blainville* είναι περισσότερο μακρόβιο είδος και έχει χαμηλότερο ρυθμό αύξησης (π.χ. Kousteni & Megalofonou 2015) από ό,τι το *Scyliorhinus canicula* (π.χ. Rodríguez-Cabello *et al.* 2005). Συνεπώς, το *Squalus blainville* έχει περισσότερο χρόνο στη διάθεσή του για να προσλάβει και να συσσωρεύσει Hg. Επίσης, ο χαμηλός ρυθμός αύξησης, και άρα αργός μεταβολισμός, κοινά γνωρίσματα των μακρόβιων ειδών (Huckabee *et al.* 1979), μπορεί να μειώσει το ρυθμό αποβολής του Hg ενισχύοντας τη βιοσυσσώρευσή του. Για τους λόγους αυτούς, το *Squalus blainville* παρουσίασε υψηλότερες συγκεντρώσεις Hg και Cd σε σχέση με άτομα παρόμοιου μεγέθους του *Scyliorhinus canicula*, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις περιοχών και ιστών. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί και το αντίθετο πρότυπο όπου το μακροβιότερο είδος *Squalus acanthias* έφερε λιγότερο Hg στο μυϊκό ιστό και ήπαρ για το ίδιο μήκος σε σχέση με το *Mustelus manazo*, γεγονός που αποδόθηκε στην προτίμηση του πρώτου σε απομακρυσμένη από την ακτή ή πελαγική λεία και του δεύτερου σε παράκτια βενθική, και άρα με περισσότερο τοξικό φορτίο λεία (Endo *et al.* 2013).

Προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι τα επίπεδα Hg ενός ιστού μπορεί να επηρεαστούν και από την περιεκτικότητά του σε λιπίδια. Οι Endo *et al.* (2013) παρατήρησαν ότι άτομα του *Squalus acanthias* είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις Hg στο ήπαρ συγκριτικά με άτομα παρόμοιου μεγέθους του *Mustelus manazo*, παρά τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και το βραδύτερο ρυθμό αύξησης του πρώτου. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στο ότι το *Squalus acanthias* έχει μεγαλύτερο ήπαρ με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπίδια (Endo *et al.* 2013). Ομοίως, τα χαμηλά επίπεδα Hg στο μυϊκό ιστό καλλιεργημένου τόνου αποδόθηκαν στην υψηλή περιεκτικότητά του σε λιπίδια (Balshaw *et al.* 2008, Hisamichi *et al.* 2012). Συνεπώς, το γεγονός ότι το *Squalus blainville* διαθέτει μεγαλύτερο ήπαρ (HSI=9,98 και 9,57% για θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα) από ό,τι το *Scyliorhinus canicula* (HSI=7,92 και 6,53% για θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα) (βλ. Υποκεφ. 5.3.8), πιθανώς αντανακλά το σημαντικά χαμηλότερο φορτίο Hg που εμφάνισε στο ήπαρ στις περισσότερες περιοχές.

Ομοίως με την παρούσα μελέτη, υψηλά επίπεδα Cu βρέθηκαν στο *Scyliorhinus canicula* από τη Μάγχη, τα οποία αποδόθηκαν στην πλούσια διατροφή του με Μαλάκια και Καρκινοειδή, καθώς αυτοί οι οργανισμοί φέρουν Cu ως συστατικό της αιμοκυανίνης που χρησιμοποιείται στη μεταφορά του οξυγόνου (Vas 1991). Το γεγονός αυτό, ωστόσο, δεν μπορεί να ερμηνεύσει τα υψηλότερα επίπεδα Cu που βρέθηκαν στο *Scyliorhinus canicula* από ό,τι στο *Squalus blainville*, γιατί είχαν παρόμοιο ποσοστό κάλυψης της διατροφής τους

από Μαλάκια και Καρκινοειδή (52,9 και 56,8%, αντίστοιχα). Οι Domi *et al.* (2005) κατέγραψαν τα υψηλότερα επίπεδα Cu, Fe και Zn στο μυϊκό ιστό του *Scyliorhinus canicula* μεταξύ άλλων ειδών, τα οποία απέδωσαν στο βενθικό και παράκτιο τρόπο ζωής του. Επίσης, οι Vas και Gordon (1993) βρήκαν αυξημένα επίπεδα Cu σε Χονδριχθούς των ρηχότερων στρωμάτων, τα οποία δεν απέδωσαν στις τροφικές προτιμήσεις τους, γιατί τα Καρκινοειδή κατέλαβαν μικρό ποσοστό (20%), αλλά στη διαβίωσή τους σε παράκτια περιβάλλοντα, τα οποία είναι πιο επιρρεπή στη ρύπανση από ό,τι τα ωκεάνια, λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Kremling 1985). Οι Storelli *et al.* (1998a) κατέγραψαν υψηλότερο μεταλλικό φορτίο στο *Scyliorhinus canicula* από τη ρυπασμένη βόρεια Αδριατική από ό,τι στο *Galeus melastomus* από τη νότια Αδριατική στις ακτές της οποίας η βιομηχανοποίηση είναι μικρότερη. Πιθανώς, ο περισσότερο βενθικός και παράκτιος τρόπος ζωής του *Scyliorhinus canicula* σχετίζεται με το αυξημένο φορτίο του σε Cu, Fe και Zn.

Δεν αποκλείεται, ωστόσο, η διαφοροποίηση των υπό μελέτη ειδών ως προς τα απαραίτητα μέταλλα να αντανakλά τις διαφορετικές φυσιολογικές ανάγκες τους, όπως διαπιστώθηκε σε άλλα είδη Χονδριχθών (Domi *et al.* 2005, Pethybridge *et al.* 2010). Το *Scyliorhinus canicula* εμφάνισε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Zn στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ από ό,τι το *Squalus blainville*, πιθανώς λόγω των υψηλότερων απαιτήσεών του σε αυτό. Τέλος, καθώς η σύγκριση μεταξύ των ειδών έγινε στις κοινές περιοχές αλίευσής τους, η διαφοροποίησή τους ως προς το μεταλλικό φορτίο δεν σχετίζεται με αβιοτικές συνθήκες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μελέτες οικοτοξικολογίας που αφορούν σε διαφορετικά είδη Χονδριχθών σε παγκόσμια γεωγραφική κλίμακα, το μεταλλικό φορτίο των υπό μελέτη ειδών κυμάνθηκε εντός των ορίων που έχουν αναφερθεί σε άλλα είδη (Πίνακας 8.36). Σε γενικές γραμμές, φάνηκε ότι οι Χονδριχθούς στη Μεσόγειο συσσωρεύουν περισσότερο Hg, Fe και Zn σε σχέση με τις άλλες περιοχές, ενώ στον Ατλαντικό εμφανίζουν υψηλά επίπεδα κυρίως Cd και Cu (Εικόνα 8.18). Καθώς τα μη απαραίτητα μέταλλα δεν εξυπηρετούν καμία βιολογική λειτουργία, και άρα δεν υπόκεινται σε κάποιο ρυθμιστικό μηχανισμό, οι συγκεντρώσεις τους στους Χονδριχθούς μπορούν να αποκαλύψουν το βαθμό της θαλάσσιας ρύπανσης (Storelli *et al.* 2011c). Συνεπώς, θα μπορούσε να υποτεθεί ότι στον Ατλαντικό υπάρχει μεγαλύτερη ρύπανση από Cd, ενώ στη Μεσόγειο από Hg. Παρόμοιες υποθέσεις διατυπώθηκαν και σε προηγούμενες μελέτες (π.χ. Pethybridge *et al.* 2010, Storelli *et al.* 2011c). Αντίθετα, η συμμετοχή των απαραίτητων μετάλλων σε ποικίλες φυσιολογικές λειτουργίες σε συνδυασμό με τις διαφορετικές απαιτήσεις κάθε είδους σε αυτά, είναι δυνατόν να επισκιάσει την ανταπόκριση των ειδών σε πιθανή αύξηση ή μείωση των επιπέδων τους στο περιβάλλον (McMeans *et al.* 2007, Raimundo *et al.* 2011).

Πίνακας 8.36 Μέσες συγκεντρώσεις (mg/kg w.w.) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ, στα βράγχια και στη γονάδα 88 ειδών Χονδριχθύων από διάφορες θαλάσσιες περιοχές. Με γκρι χρώμα τονίζεται το εύρος των συγκεντρώσεων, ενώ με κόκκινους χαρακτήρες η διάμεση τιμή (Δ.Τ.)

Περιοχή	Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά	
Μυϊκός ιστός								
Ατλαντικός Ωκεανός	Αζόρες	<i>Centroscymnus coelolepis</i>		0,05			Lozano <i>et al.</i> 2009	
		<i>Prionace glauca</i>	0,16–1,20				Branco <i>et al.</i> 2004	
		<i>Prionace glauca</i>	0,22–1,30				Branco <i>et al.</i> 2007	
	Αργεντινή	<i>Galeorhinus vitaminicus</i>	0,34				16,9	Scapini <i>et al.</i> 1993
		<i>Mustelus schmitti</i>	0,77	0,14				Marcovecchio <i>et al.</i> 1991
		<i>Mustelus schmitti</i>	0,45					Scapini <i>et al.</i> 1993
		<i>Notorynchus</i> sp.	2,99	0,18			18,3	Marcovecchio <i>et al.</i> 1991
		<i>Schroederichthys bivius</i>	2,22	0,15			26,4	Marcovecchio <i>et al.</i> 1991
		<i>Squatina argentina</i>	0,48					Marcovecchio <i>et al.</i> 1988a
		<i>Squatina argentina</i>	0,41					Marcovecchio <i>et al.</i> 1988b
		<i>Sympterygia bonapartei</i>	0,18					Marcovecchio <i>et al.</i> 1988a
	<i>Sympterygia bonapartei</i>	0,10					Marcovecchio <i>et al.</i> 1988b	
	Βραζιλία	<i>Carcharhinus signatus</i>	1,78					De Pinho 1998
		<i>Carcharhinus signatus</i>	1,77					De Pinho <i>et al.</i> 2002
		<i>Carcharhinus signatus</i>	1,74					Ferreira <i>et al.</i> 2004
		<i>Isurus oxyrinchus</i>	0,38					Mársico <i>et al.</i> 2007
		<i>Mustelus canis</i>	0,41					De Pinho <i>et al.</i> 2002
		<i>Mustelus norrisi</i>	0,36					De Pinho <i>et al.</i> 2002
		<i>Prionace glauca</i>	0,40					Mársico <i>et al.</i> 2007
		<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	0,07					Lacerda <i>et al.</i> 2000
<i>Sphyrna zygaena</i>		0,44					Mársico <i>et al.</i> 2007	
<i>Squalus megalops</i>		1,90					De Pinho <i>et al.</i> 2002	
<i>Squalus mitsukurii</i>	2,22					De Pinho <i>et al.</i> 2002		
Ιρλανδική Θάλασσα	<i>Galeorhinus galeus</i>		<0,02	0,44	3,14	2,12	Vas 1991	
	<i>Lamna nasus</i>		0,79		0,60	7,21	Vas 1991	
	<i>Scyliorhinus canicula</i>		0,78	0,39	7,89		Vas 1991	
	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,60–2,38					Leah <i>et al.</i> 1991α	
	<i>Scyliorhinus stellaris</i>		<0,02	0,56	1,54		Vas 1991	
Ισημερινός	<i>Prionace glauca</i>	1,68–2,50					Branco <i>et al.</i> 2007	
Κανάρια Νησιά	<i>Centroscymnus coelolepis</i>		0,06				Lozano <i>et al.</i> 2009	
	<i>Prionace glauca</i>	0,16–1,84					Branco <i>et al.</i> 2004	
Μάγχι	<i>Prionace glauca</i>		0,45	0,24	6,34		Vas 1991	
	<i>Scyliorhinus canicula</i>		1,08	2,42	6,79		Vas 1991	

Πίνακας 8.36 (συνέχεια)

Περιοχή	Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά	
Μυϊκός ιστός								
Ατλαντικός Ωκεανός	Μεσο-ωκεάνια ράχη (Αζόρες)	<i>Deania hystricosa</i>		0,003–0,004	0,15–0,18	5,67–16,7	Company <i>et al.</i> 2010	
		<i>Etmopterus princeps</i>		0,002–0,029	0,13–7,05	8,24–54,5	Company <i>et al.</i> 2010	
		<i>Hydrolagus pallidus</i>		0,005–0,012	0,14–0,24	11,8–35,3	Company <i>et al.</i> 2010	
	Πορτογαλία	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,27–0,42				Coelho <i>et al.</i> 2010	
	Φλόριδα	<i>Carcharhinus leucas</i>	0,77					Adams & McMichael 1999
		<i>Carcharhinus limbatus</i>	0,77					Adams & McMichael 1999
		<i>Negaprion brevirostris</i>	0,31					Nam <i>et al.</i> 2011
		<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	1,06					Adams & McMichael 1999
		<i>Sphyrna tiburo</i>	0,50					Adams & McMichael 1999
	Χώρα των Βάσκων (Ισπανία)	<i>Prionace glauca</i>			0,14		1,95	Olmedo <i>et al.</i> 2013a
		<i>Prionace glauca</i>	0,35	0,003				Olmedo <i>et al.</i> 2013b
	Rockall Trough	<i>Apristurus</i> sp.			0,41		3,11	Vas & Gordon 1993
		<i>Centroscyllium fabricii</i>			0,07			Vas & Gordon 1993
		<i>Centroscymnus coelolepis</i>			0,03			Vas & Gordon 1993
		<i>Centroscymnus crepidator</i>			1,91			Vas & Gordon 1993
		<i>Dalatias licha</i>			3,80			Vas & Gordon 1993
		<i>Deania calcea</i>			<0,02			Vas & Gordon 1993
		<i>Etmopterus princeps</i>			0,13			Vas & Gordon 1993
		<i>Etmopterus spinax</i>		0,25			<0,05	Vas 1991
		<i>Etmopterus spinax</i>			5,31			Vas & Gordon 1993
		<i>Galeus melastomus</i>		0,08	0,22	1,99		Vas & Gordon 1988
		<i>Galeus melastomus</i>		0,08	0,22	1,99		Vas 1991
		<i>Galeus murinus</i>			<0,02			Vas & Gordon 1993
		<i>Raja fyllae</i>	0,13	0,01	0,33		5,53	Mormede & Davies 2001
		<i>Scymnorhinus licha</i>		<0,02			<0,05	Vas 1991
	Ειρηνικός Ωκεανός	Ιαπωνία (αγορά Chiba)	<i>Squalus mitsukurii</i>	1,21	0,006	0,28	3,20	2,60	Taguchi et al. 1979
<i>Mustelus manazo</i>			0,78					Endo <i>et al.</i> 2013
Ιαπωνία (βόρεια ακτή)		<i>Mustelus manazo</i>	1,15					Endo <i>et al.</i> 2013
		<i>Squalus acanthias</i>	0,32					Endo <i>et al.</i> 2009
		<i>Squalus acanthias</i>	0,39					Endo <i>et al.</i> 2009
Ιαπωνία (Νησί Ισιγκάκι)		<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	1,80	<O.A.	<O.A.	3,26	3,40	Endo <i>et al.</i> 2008
		<i>Carcharhinus leucas</i>	3,65	<O.A.	<O.A.	3,51	4,36	Endo <i>et al.</i> 2008
		<i>Carcharhinus plumbeus</i>	1,66	<O.A.	<O.A.	3,51	3,35	Endo <i>et al.</i> 2008
		<i>Galeocerdo cuvier</i>	0,78	<O.A.	<O.A.	3,10	4,72	Endo <i>et al.</i> 2008
Κίνα		<i>Rhincodon typus</i>	0,0004	0,12	3,58		11,1	Wang <i>et al.</i> 2014

Πίνακας 8.36 (συνέχεια)

Περιοχή	Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά	
Μυϊκός ιστός								
Ειρηνικός Ωκεανός	Μεξικό	<i>Alopias pelagicus</i>	1,30				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Carcharhinus falciformis</i>	0,30				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Carcharhinus limbatus</i>	0,51				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Carcharhinus obscurus</i>	1,16				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Mustelus henlei</i>	0,18				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Nasolamia velox</i>	1,02				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Prionace glauca</i>	0,27				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Rhizoprionodon longurio</i>	1,30				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Sphyrna lewini</i>	1,08				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
		<i>Sphyrna zygaena</i>	0,73				Escobar-Sánchez <i>et al.</i> 2010	
		<i>Sphyrna zygaena</i>	8,25				García-Hernández <i>et al.</i> 2007	
	<i>Triakis semifasciata</i>	0,08				García-Hernández <i>et al.</i> 2007		
	Νέα Ζηλανδία	<i>Isurus oxyrinchus</i>	1,58		0,35		4,00	Vlieg <i>et al.</i> 1993
		<i>Lamna nasus</i>	0,68		0,40		4,00	Vlieg <i>et al.</i> 1993
	Χαβάη	<i>Alopias vulpinus</i>	0,92					Kaneko & Ralston 2007
		<i>Isurus oxyrinchus</i>	1,81					Kaneko & Ralston 2007
	Χιλή	<i>Isurus oxyrinchus</i>	0,03					Lopez <i>et al.</i> 2013
		<i>Prionace glauca</i>	0,05					Lopez <i>et al.</i> 2013
	Χονγκ Κονγκ	<i>Chiloscyllium plagiosum</i>		0,01	0,15		7,42	Cornish <i>et al.</i> 2007
Μεσόγειος Θάλασσα	Αδριατική Θάλασσα (Αλβανία)	<i>Centrophorus granulosus</i>	9,66					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Galeus melastomus</i>	0,46	0,04				Storelli <i>et al.</i> 1998a
		<i>Galeus melastomus</i>	1,01					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Squalus blainville</i>	4,53					Storelli <i>et al.</i> 2002a
	Αδριατική Θάλασσα (Ιταλία)	<i>Galeus melastomus</i>	0,97	0,04				Storelli <i>et al.</i> 1998a
		<i>Galeus melastomus</i>	2,66					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Mustelus mustelus</i>	0,31					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Mustelus mustelus</i>	1,77	0,01	0,71		3,38	Storelli <i>et al.</i> 2011c
		<i>Prionace glauca</i>	0,38					Storelli <i>et al.</i> 2001
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,10					Storelli <i>et al.</i> 2005b
		<i>Chimaera monstrosa</i>	3,14					Storelli <i>et al.</i> 2002b
		<i>Myliobatis aquila</i>	0,83					Storelli <i>et al.</i> 2002b
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,49					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Torpedo nobiliana</i>	2,42					Storelli <i>et al.</i> 2002b
	Αιγαίο Πέλαγος	<i>Galeus melastomus</i>	2,14					Storelli <i>et al.</i> 2002a
	Αττάλεια	<i>Scyliorhinus canicula</i>		0,07	0,88	34,7	10,9	Türkmen <i>et al.</i> 2009

Πίνακας 8.36 (συνέχεια)

Περιοχή	Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά	
Μυϊκός ιστός								
Μεσόγειος Θάλασσα	Βαλένθια	<i>Galeus melastomus</i>		0,45		2,42	Olmedo <i>et al.</i> 2013a	
		<i>Galeus melastomus</i>	0,70	0,002			Olmedo <i>et al.</i> 2013b	
	Βόρειο Αιγαίο	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,41	0,012	0,38	4,70	10,4	παρούσα μελέτη
	Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	3,05	0,035	0,35	4,55	3,50	παρούσα μελέτη
	Βόρειος Ευβοϊκός	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,54			6,09	13,2	παρούσα μελέτη
	Ιόνιο Πέλαγος	<i>Dalatias licha</i>	4,38					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Etmopterus spinax</i>	0,63					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Galeus melastomus</i>	0,82					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Heptranchias perlo</i>	1,27					Storelli <i>et al.</i> 2002a
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,50	0,006	0,23	3,83	7,65	παρούσα μελέτη
		<i>Sphyrna zygaena</i>	12,2	0,03	1,45		6,97	Storelli <i>et al.</i> 2003a
		<i>Sphyrna zygaena</i>	18,3					Storelli <i>et al.</i> 2002a
	Ισραήλ	<i>Squalus blainville</i>	4,92	0,009	0,35	5,82	4,01	παρούσα μελέτη
		<i>Centrophorus granulosus</i>	0,48–8,37	0,06	0,36	4,89	3,13	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Etmopterus spinax</i>	1,83–4,58	0,08	0,58	10,2	4,93	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Galeus melastomus</i>	0,99–8,76	0,07	0,45	6,79	3,63	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Hexanchus griseus</i>	0,41–4,55	0,04	0,31	4,10	4,28	Hornung <i>et al.</i> 1993
	Κορινθιακός κόλπος	<i>Somniosus rostratus</i>	0,86–5,60	0,07	0,64	7,08	4,53	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,61	0,027	0,67	6,16	9,04	παρούσα μελέτη
	Κρήτη, Κύθηρα (Μεσόγειος)	<i>Squalus blainville</i>	3,65	0,011	0,55	4,85	3,85	παρούσα μελέτη
		<i>Mustelus mustelus</i>	0,39					Kousteni <i>et al.</i> 2006
	Κρητικό Πέλαγος	<i>Squalus acanthias</i>	2,07					Kousteni <i>et al.</i> 2006
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	2,07	0,012	0,28	7,14	6,44	παρούσα μελέτη
Κυκλάδες	<i>Squalus blainville</i>	2,14	0,023	0,45	4,02	3,56	παρούσα μελέτη	
	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,18	0,009	0,40	4,20	8,75	παρούσα μελέτη	
Λιβυκό Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	1,64	0,025	0,49	5,09	3,70	παρούσα μελέτη	
	<i>Squalus blainville</i>	1,64	0,026	0,22		2,01	παρούσα μελέτη	
Μυρτώο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	2,99	0,008	0,38	5,76	16,9	παρούσα μελέτη	
	<i>Squalus blainville</i>	2,55	0,021	0,31		1,39	παρούσα μελέτη	
Ωκεανία		<i>Apristurus</i> sp.	1,50–1,70				Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
	Αυστραλία	<i>Carcharhinus amblyrhynchoides</i>	1,90					Lyle 1986
		<i>Carcharhinus amboinensis</i>	1,51					Lyle 1986
		<i>Carcharhinus brachyurus</i>	0,60					Walker 1988
		<i>Carcharhinus brevipinna</i>	0,14					Lyle 1986
		<i>Carcharhinus brevipinna</i>	1,48					Walker 1988

Πίνακας 8.36 (συνέχεια)

Περιοχή	Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά		
Μυϊκός ιστός									
Ωκεανία	Αυστραλία	<i>Carcharhinus cautus</i>	1,14				Lyle 1986		
		<i>Carcharhinus dussumieri</i>	0,35				Lyle 1986		
		<i>Carcharhinus fitzroyensis</i>	0,90				Lyle 1986		
		<i>Carcharhinus limbatus</i>	1,50				Lyle 1986		
		<i>Carcharhinus macloiti</i>	0,25				Lyle 1986		
		<i>Carcharhinus melanopterus</i>	1,59				Lyle 1986		
		<i>Carcharhinus sorrah</i>	0,33				Lyle 1986		
		<i>Centrophorus zeehaani</i>	3,30				Pethybridge <i>et al.</i> 2010		
		<i>Centroscymnus coelolepis</i>	2,30–2,50				Pethybridge <i>et al.</i> 2010		
		<i>Centroscymnus crepidator</i>		0,003	0,07		2,20	Turoczy <i>et al.</i> 2000	
		<i>Centroscymnus owstonii</i>	2,30–2,50					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Centroscymnus owstonii</i>		0,13	0,01		2,40	Turoczy <i>et al.</i> 2000	
		<i>Centroselachus crepidater</i>	1,50					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Chimaera lignaria</i>	0,90					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Dalatias licha</i>	1,60					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Deania calcea</i>		0,01	0,06		2,00	Turoczy <i>et al.</i> 2000	
		<i>Deania calcea</i>	1,70					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Etmopterus baxteri</i>	2,20					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Figaro boardmani</i>	0,40					Pethybridge <i>et al.</i> 2010	
		<i>Galeocerdo cuvier</i>	0,77					Lyle 1986	
		<i>Galeocerdo cuvier</i>	0,77					Lyle 1986	
		<i>Galeorhinus australis</i>		<0,05				5,00	Estace 1974
		<i>Galeorhinus australis</i>	1,18						Glover 1979
		<i>Galeorhinus galeus</i>	0,64						Walker 1988
		<i>Heterodontus portusjacksoni</i>	1,64	0,005	0,22			5,52	Gibbs & Miskiewicz 1995
		<i>Mustelus antarcticus</i>		<0,05	0,25			4,60	Estace 1974
		<i>Mustelus antarcticus</i>	0,73						Glover 1979
		<i>Negaprion acutidens</i>	0,55						Lyle 1986
		<i>Notorynchus cepedianus</i>	1,20–1,50						Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Proscymnodon plunketi</i>	4,50						Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Rhinochimaera pacifica</i>	0,50						Pethybridge <i>et al.</i> 2010
<i>Rhizoprionodon acutus</i>	1,01						Lyle 1986		
<i>Squalus acanthias</i>	1,40						Pethybridge <i>et al.</i> 2010		
<i>Squalus megalops</i>	1,40						Pethybridge <i>et al.</i> 2010		
<i>Squalus mitsukurii</i>	2,60						Pethybridge <i>et al.</i> 2010		

Πίνακας 8.36 (συνέχεια)									
Περιοχή		Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά	
Μυϊκός ιστός									
Ωκεανία	Παπούα-Νέα Γουινέα	<i>Carcharhinus limbatus</i>	0,24	0,01	0,31		3,11	Powell & Powell 2001	
		<i>Rhixoprionodon acutus</i>	0,12	0,01	0,29		3,13	Powell & Powell 2001	
		<i>Sphyrna lewini</i>	0,32	0,02	0,37		3,80	Powell & Powell 2001	
Ήπαρ									
Ατλαντικός Ωκεανός	Αζόρες	<i>Centroscymnus coelolepis</i>		4,18				Lozano <i>et al.</i> 2009	
		<i>Prionace glauca</i>	0,03–0,96					Branco <i>et al.</i> 2007	
	Αργεντινή	<i>Mustelus schmitti</i>	0,79	5,62			33,3	Marcovecchio <i>et al.</i> 1991	
		<i>Notorynchus</i> sp.	2,11	8,41			84,1	Marcovecchio <i>et al.</i> 1991	
		<i>Schroederichthys bivius</i>	2,26	7,93			33,0	Marcovecchio <i>et al.</i> 1991	
	Ιρλανδική Θάλασσα	<i>Galeorhinus galeus</i>		<0,02	0,45	10,2	1,44	Vas 1991	
		<i>Scyliorhinus canicula</i>		<0,02	2,22	11,9		Vas 1991	
		<i>Scyliorhinus stellaris</i>		<0,02	7,85	<0,50		Vas 1991	
	Ισημερινός	<i>Prionace glauca</i>	0,15–2,20					Branco <i>et al.</i> 2007	
	Κανάρια Νησιά	<i>Centroscymnus coelolepis</i>		3,27				Lozano <i>et al.</i> 2009	
	Μάγχη	<i>Prionace glauca</i>		0,25	0,65	4,02		Vas 1991	
		<i>Scyliorhinus canicula</i>		0,93	1,67	7,34		Vas 1991	
	Μεσο-ωκεάνια ράχη (Αζόρες)	<i>Deania hystricosa</i>		0,46–1,33	0,24–0,57	15,1–27,3		Company <i>et al.</i> 2010	
		<i>Etmopterus princeps</i>		0,41–1,83	0,23–9,53	13,8–80,6		Company <i>et al.</i> 2010	
		<i>Hydrolagus pallidus</i>		0,26–0,68	2,28–7,88	44,9–60,1		Company <i>et al.</i> 2010	
	Πορτογαλία	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,08–0,11					Coelho <i>et al.</i> 2010	
	Φλόριδα	<i>Negaprion brevirostris</i>	0,16					Nam <i>et al.</i> 2011	
	Rockall Trough	<i>Apristurus</i> sp.				0,38			Vas & Gordon 1993
		<i>Centroscyllium fabricii</i>				<0,02			Vas & Gordon 1993
		<i>Centroscymnus coelolepis</i>				0,26			Vas & Gordon 1993
<i>Centroscymnus crepidator</i>					2,72			Vas & Gordon 1993	
<i>Dalatias licha</i>					5,42			Vas & Gordon 1993	
<i>Deania calcea</i>					<0,02			Vas & Gordon 1993	
<i>Etmopterus princeps</i>					0,51			Vas & Gordon 1993	
<i>Etmopterus spinax</i>			1,76				4,60	Vas 1991	
<i>Etmopterus spinax</i>					3,24			Vas & Gordon 1993	
<i>Galeus melastomus</i>			0,07	0,25	4,65			Vas & Gordon 1988	
<i>Galeus melastomus</i>			0,07	0,25	4,65			Vas 1991	
<i>Galeus murinus</i>					0,02			Vas & Gordon 1993	
<i>Raja fyllae</i>		0,08	0,51	1,98			18,0	Mormede & Davies 2001	
<i>Scymnorhinus licha</i>			<0,02				<0,05	Vas 1991	

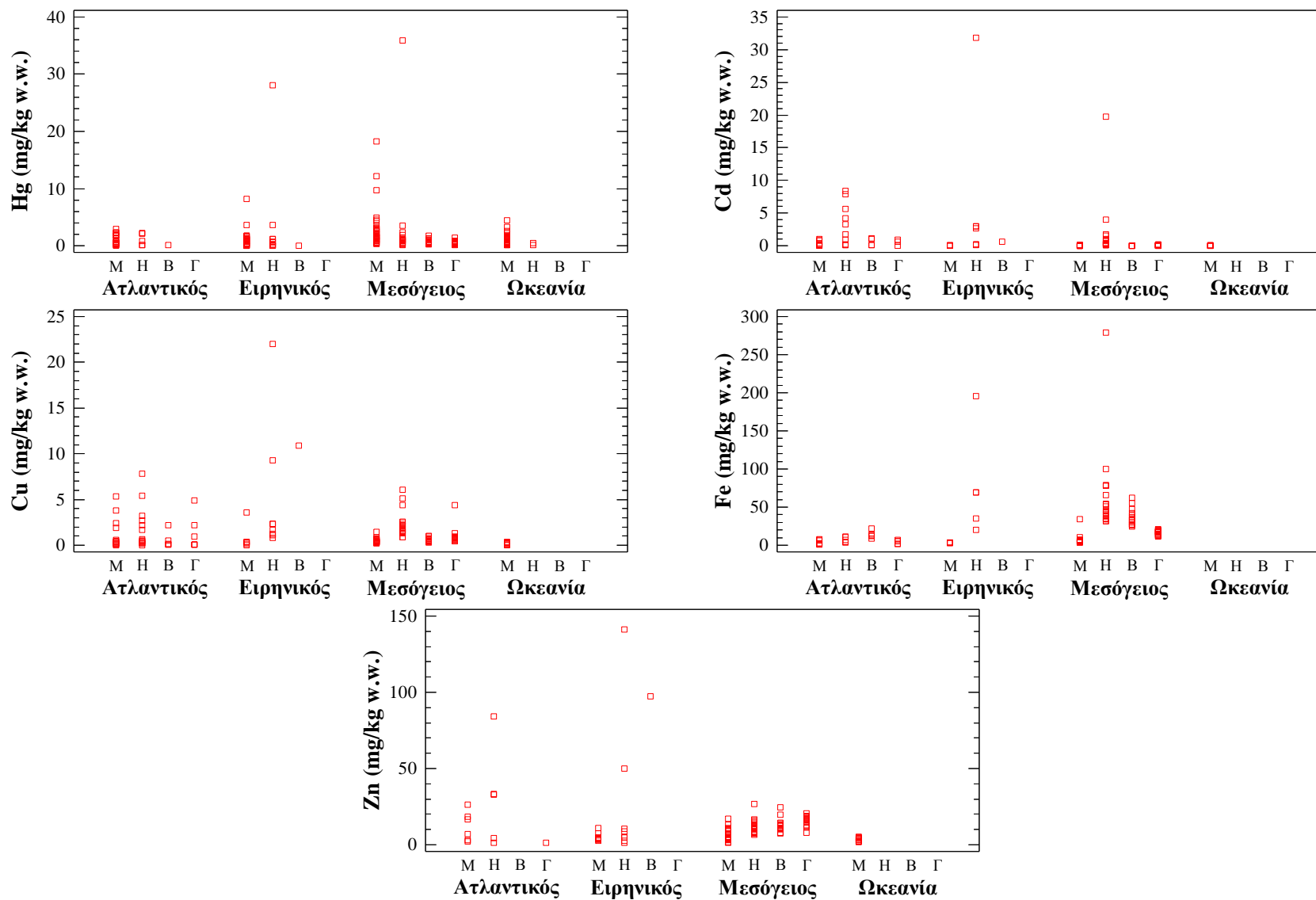
Πίνακας 8.36 (συνέχεια)

Περιοχή	Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά		
Ήπαρ									
Ειρηνικός Ωκεανός	Αλάσκα	<i>Somniosus pacificus</i>	0,12	2,64	0,83		10,4	McMeans <i>et al.</i> 2007	
	Ιαπωνία (βόρεια ακτή)	<i>Mustelus manazo</i>	0,61						Endo <i>et al.</i> 2013
		<i>Mustelus manazo</i>	1,17						Endo <i>et al.</i> 2013
		<i>Squalus acanthias</i>	0,02						Endo <i>et al.</i> 2009
		<i>Squalus acanthias</i>	0,03						Endo <i>et al.</i> 2009
		<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	0,70	0,26	1,24	35,3	1,28		Endo <i>et al.</i> 2008
	Ιαπωνία (Νησί Ισιγκάκι)	<i>Carcharhinus leucas</i>	28,1	2,97	2,38	69,7	5,02		Endo <i>et al.</i> 2008
		<i>Carcharhinus plumbeus</i>	3,62	2,97	2,38	69,7	5,02		Endo <i>et al.</i> 2008
		<i>Galeocerdo cuvier</i>	1,17	0,15	1,67	20,2	2,88		Endo <i>et al.</i> 2008
	Κίνα	<i>Rhincodon typus</i>	0,003	31,8	22,0		141		Wang <i>et al.</i> 2014
	Μεξικό	<i>Prionace glauca</i>	0,22		9,28	196	49,9		Barrera-García <i>et al.</i> 2013
	Χονγκ Κονγκ	<i>Chiloscyllium plagiosum</i>		0,24	1,07		8,72		Cornish <i>et al.</i> 2007
Μεσόγειος Θάλασσα	Αδριατική Θάλασσα (Αλβανία)	<i>Galeus melastomus</i>	<O.A.	0,16				Storelli <i>et al.</i> 1998b	
		<i>Galeus melastomus</i>	0,32					Storelli & Marcotrigiano 2002	
	Αδριατική Θάλασσα (Ιταλία)	<i>Galeus melastomus</i>	0,22	0,16				Storelli <i>et al.</i> 1998b	
		<i>Galeus melastomus</i>	1,08					Storelli & Marcotrigiano 2002	
	Αιγαίο Πέλαγος	<i>Galeus melastomus</i>	1,02					Storelli & Marcotrigiano 2002	
	Αττάλεια	<i>Scyliorhinus canicula</i>		0,24	5,10	279	16,9	Türkmen <i>et al.</i> 2009	
	Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,82	0,26	2,16	34,7	10,4	παρούσα μελέτη	
	Βόρειος Ευβοϊκός	<i>Squalus blainville</i>	1,20	0,28	1,53	38,2	10,6	παρούσα μελέτη	
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,96			43,4	10,8	παρούσα μελέτη	
	Ιόνιο Πέλαγος	<i>Galeus melastomus</i>	0,13						Storelli & Marcotrigiano 2002
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,59	0,31	1,53	45,5	7,66		παρούσα μελέτη
		<i>Sphyrna zygaena</i>	35,9	19,8	6,06		26,7		Storelli <i>et al.</i> 2003a
		<i>Squalus blainville</i>	3,55	0,16	1,87	54,3	8,47		παρούσα μελέτη
	Ισραήλ	<i>Centrophorus granulosus</i>	0,60–10,5	1,76	1,35	35,5	8,72		Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Etmopterus spinax</i>	1,97–2,97	0,79	2,58	65,9	10,3		Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Galeus melastomus</i>	0,28–5,90	1,57	2,55	50,8	14,0		Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Hexanchus griseus</i>	0,42–13,3	1,06	4,38	79,3	15,0		Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Somniosus rostratus</i>	1,14–22,8	3,97	2,23	78,1	15,9		Hornung <i>et al.</i> 1993
	Κορινθιακός κόλπος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,27			31,9	11,5		παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	2,31	0,21	2,32	78,1	6,55		παρούσα μελέτη
Κρητικό Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,45	0,37	1,70	54,0	10,7		παρούσα μελέτη	
	<i>Squalus blainville</i>	0,46	0,15	1,36	34,5	7,73		παρούσα μελέτη	

Πίνακας 8.36 (συνέχεια)								
Περιοχή		Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά
Ήπαρ								
Μεσόγειος Θάλασσα	Κυκλάδες	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,79			41,3	11,4	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	1,01			31,6	12,8	παρούσα μελέτη
	Λιβυκό Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	1,03	0,75	0,91		11,0	παρούσα μελέτη
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,89			99,6	12,2	παρούσα μελέτη
	Μυρτώο Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	1,23	0,91	0,88		7,47	παρούσα μελέτη
Ωκεανία	Αυστραλία	<i>Centrophorus zeehaani</i>	0,18					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Centroselachus crepidater</i>	0,24–0,46					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Chimaera lignaria</i>	0,68–1,49					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Dalatias licha</i>	0,49					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Etmopterus baxteri</i>	0,47–1,30					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Proscymnodon plunketi</i>	0,84–1,34					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Rhinochimaera pacifica</i>	0,50					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Squalus acanthias</i>	0,61–0,83					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
		<i>Squalus megalops</i>	0,38–0,70					Pethybridge <i>et al.</i> 2010
Βράγχια								
Ατλαντικός Ωκεανός	Ιρλανδική Θάλασσα	<i>Galeorhinus galeus</i>		<0,02	0,16	9,22		Vas 1991
		<i>Prionace glauca</i>		0,99	0,55	21,7		Vas 1991
	Μάγχη	<i>Scyliorhinus canicula</i>		1,10	2,17	14,3		Vas 1991
		<i>Deania hystricosa</i>		0,05–0,16	0,57–0,91	24,4–47,2		Company <i>et al.</i> 2010
	Μεσο-ωκεάνια ράχη (Αζόρες)	<i>Etmopterus princeps</i>		0,07–0,45	0,49–0,68	24,8–105		Company <i>et al.</i> 2010
		<i>Hydrolagus pallidus</i>		0,05–0,10	0,85–1,84	18,3–35,9		Company <i>et al.</i> 2010
	Πορτογαλία	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,08–0,09					Coelho <i>et al.</i> 2010
	Rockall Trough	<i>Galeus melastomus</i>		0,09	0,05	12,7		Vas & Gordon 1988
		<i>Galeus melastomus</i>		0,09	0,05	12,7		Vas 1991
<i>Raja fyllae</i>		0,10	0,09	0,47		12,9	Mormede & Davies 2001	
Ε.Ω.	Κίνα	<i>Rhincodon typus</i>	0,002	0,59	10,9	97,2	Wang <i>et al.</i> 2014	
Μεσόγειος Θάλασσα	Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,42	0,020	0,71	39,7	12,9	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	1,08	0,043	0,50	37,0	12,8	παρούσα μελέτη
	Βόρειος Εββοϊκός	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,73			61,9	19,6	παρούσα μελέτη
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,42	0,025	0,45	24,6	10,6	παρούσα μελέτη
	Ιόνιο Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	1,74	0,046	0,44	27,7	10,8	παρούσα μελέτη
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,26	0,030	1,01	34,2	14,4	παρούσα μελέτη
	Κορινθιακός κόλπος	<i>Squalus blainville</i>	1,33	0,035	0,68	55,3	13,9	παρούσα μελέτη
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,58	0,031	0,48	29,7	11,2	παρούσα μελέτη
	Κρητικό Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	0,48	0,041	0,48	47,2	9,94	παρούσα μελέτη

Πίνακας 8.36 (τέλος)								
Περιοχή		Είδος	Hg	Cd	Cu	Fe	Zn	Αναφορά
Βράγχια								
Μεσόγειος Θάλασσα	Κυκλάδες	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,31	0,023	0,73	26,8	10,6	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	0,63	0,060	0,64	27,4	12,5	παρούσα μελέτη
	Λιβυκό Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	0,45	0,027	0,29		7,84	παρούσα μελέτη
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	1,09	0,042	0,99	42,6	24,6	παρούσα μελέτη
	Μυρτώο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>						παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	0,71	0,036	0,40		7,70	παρούσα μελέτη
Γονάδα								
Ατλαντικός Ωκεανός	Ιρλανδική Θάλασσα	<i>Galeorhinus galeus</i>		<0,02	0,10	5,05		Vas 1991
		<i>Scyliorhinus canicula</i>		<0,02	0,95	5,52		Vas 1991
		<i>Scyliorhinus stellaris</i>		<0,02	4,88	<0,50		Vas 1991
	Μάγγη	<i>Scyliorhinus canicula</i>		0,95	2,22	6,80		Vas 1991
		<i>Etmopterus spinax</i>		<0,02			1,53	Vas 1991
	Rockall Trough	<i>Galeus melastomus</i>		0,06	0,11	2,28		Vas 1991
<i>Galeus melastomus</i>				0,60	0,11	2,28	Vas & Gordon 1988	
Μεσόγειος Θάλασσα								
Μεσόγειος Θάλασσα	Αδριατική Θάλασσα	<i>Mustelus mustelus</i>	0,34	0,07	4,39		12,0	Storelli <i>et al.</i> 2011c
	Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,31	0,062	0,97	18,1	16,2	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	0,84	0,093	0,67	20,0	18,7	παρούσα μελέτη
	Βόρειος Ευβοϊκός	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,35			19,8	17,4	παρούσα μελέτη
	Ιόνιο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,21	0,049	0,80	21,2	14,6	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	1,46	0,043	0,79	15,4	16,1	παρούσα μελέτη
	Ισραήλ	<i>Centrophorus granulosus</i>	<O.A.–3,69	0,13	0,59	12,7	12,7	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Etmopterus spinax</i>	1,21–2,70	0,17	0,82	17,7	20,8	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Galeus melastomus</i>	0,24–2,06	0,16	1,32		18,6	Hornung <i>et al.</i> 1993
		<i>Somniosus rostratus</i>	0,58–3,04	0,10	0,61	11,9	11,3	Hornung <i>et al.</i> 1993
	Κορινθιακός κόλπος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,10			18,7	16,3	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	0,74	0,045	0,88	14,5	17,6	παρούσα μελέτη
	Κρητικό Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,51	0,066	0,91	12,4	15,6	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	0,57	0,062	0,74	15,3	16,1	παρούσα μελέτη
	Κυκλάδες	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,23			17,8	17,1	παρούσα μελέτη
		<i>Squalus blainville</i>	0,79			16,7	19,0	παρούσα μελέτη
Λιβυκό Πέλαγος	<i>Squalus blainville</i>	0,39	0,071	0,46		12,6	παρούσα μελέτη	
Μυρτώο Πέλαγος	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,49			13,0	19,0	παρούσα μελέτη	
	<i>Squalus blainville</i>	0,55	0,037	0,47		8,02	παρούσα μελέτη	

O.A., όριο ανίχνευσης; A.Ω., Ατλαντικός Ωκεανός; E.Ω., Ειρηνικός Ωκεανός



Εικόνα 8.18 Μέσες συγκεντρώσεις (mg/kg w.w.) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό (M), στο ήπαρ (H), στα βράγχια (B) και στη γονάδα (Γ) 88 ειδών Χονδριχθύων από διάφορες θαλάσσιες περιοχές (σύμφωνα με τον Πίνακα 8.36).

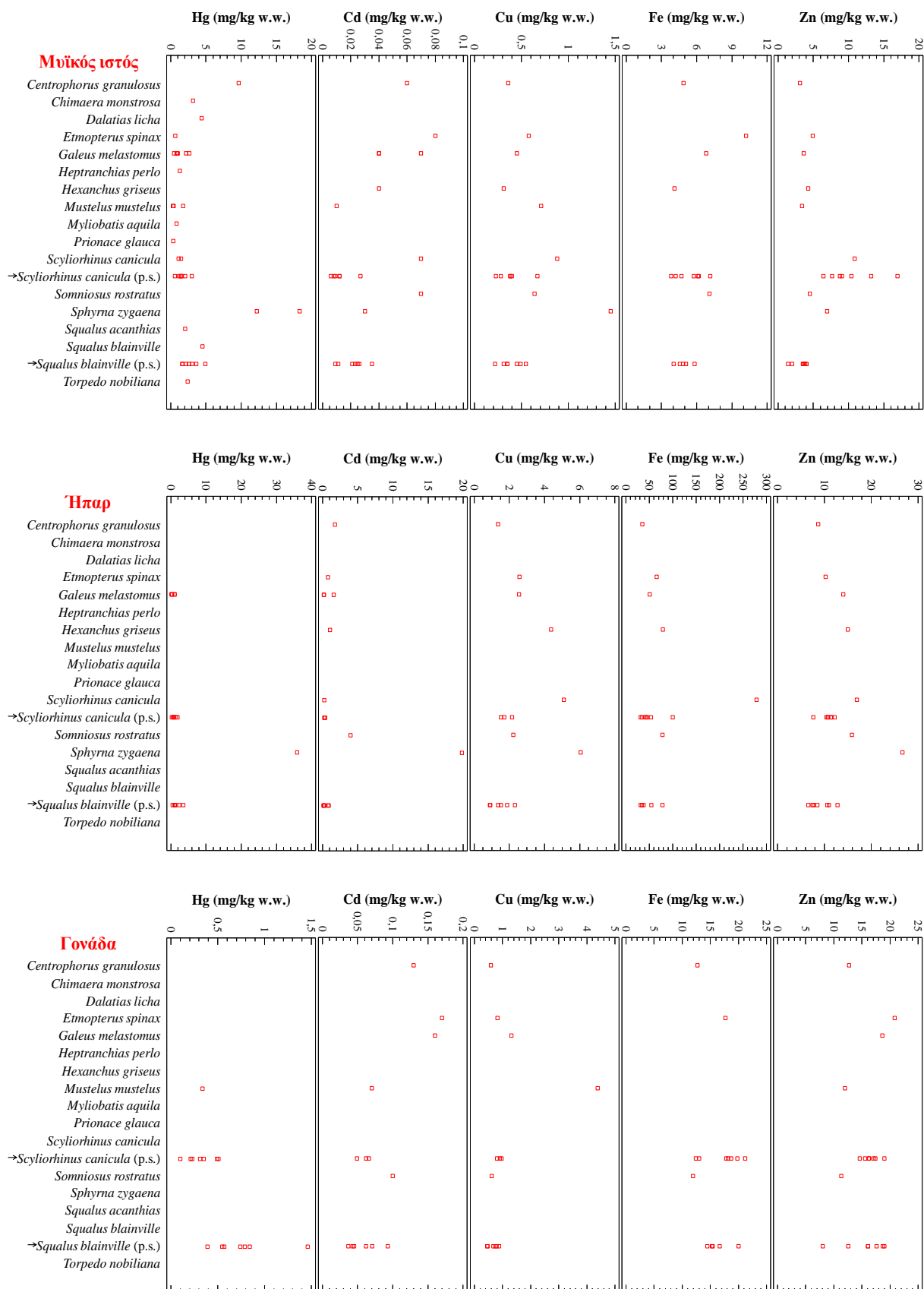
Εστιάζοντας στην περιοχή της Μεσογείου, ο Hg στο μυϊκό ιστό του είδους *Squalus blainville* κυμάνθηκε στα υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με άλλα είδη Χονδριχθύων (Εικόνα 8.19, Πίνακας 8.36). Εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις Hg καταγράφηκαν στο μυϊκό ιστό του *Sphyrna zygaena* από το Ιόνιο (Μ.Τ.=12,2–18,3 mg/kg w.w., Storelli *et al.* 2002a; 2003a) και στο *Centrophorus granulosus* από την Αδριατική (Μ.Τ.=9,66 mg/kg w.w., Storelli *et al.* 2002a). Η μέση συγκέντρωση του Hg στο ήπαρ κυμάνθηκε σε σχετικά υψηλότερα επίπεδα στα υπό μελέτη είδη (παρούσα μελέτη) από ό,τι στο *Galeus melastomus* από την Αδριατική (Storelli *et al.* 1998a, Storelli & Marcotrigiano 2002), ενώ έλαβε τη μέγιστη τιμή στο *Sphyrna zygaena* από το Ιόνιο (Storelli & Marcotrigiano 2002). Σε παρόμοια επίπεδα με το *Scyliorhinus canicula* (παρούσα μελέτη) κυμάνθηκαν τα επίπεδα Hg στις γονάδες του *Mustelus mustelus* από την Αδριατική (Storelli *et al.* 2011c).

Η μέση συγκέντρωση Cd στο μυϊκό ιστό των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* από τις Ελληνικές Θάλασσες (παρούσα μελέτη) κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα με άλλα είδη των Χονδριχθύων στη Μεσόγειο, με εξαίρεση εκείνα που αλιεύθηκαν στις ακτές του Ισραήλ, τα οποία έφεραν υψηλότερες συγκεντρώσεις (Hornung *et al.* 1993). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο μυϊκός ιστός του *Scyliorhinus canicula* εμφάνισε τουλάχιστον διπλάσια μέση συγκέντρωση Cd στο Ανατολικό Αιγαίο (Türkmen *et al.* 2009) από ό,τι στην παρούσα μελέτη. Συγκριτικά με τα υπό μελέτη είδη, η μέση συγκέντρωση του ηπατικού Cd ήταν περίπου 18 φορές υψηλότερη στο *Sphyrna zygaena* από το Ιόνιο (Storelli & Marcotrigiano 2002), σε υψηλότερα επίπεδα κυμάνθηκε στα περισσότερα είδη από τις ακτές του Ισραήλ (Hornung *et al.* 1993), ενώ ήταν χαμηλότερη στο *Galeus melastomus* από την Αδριατική (Storelli *et al.* 1998b). Υψηλότερο φορτίο Cd βρέθηκε στις γονάδες όλων των ειδών από τις ακτές του Ισραήλ (Hornung *et al.* 1993) από ό,τι στις γονάδες των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville* από τις Ελληνικές Θάλασσες (παρούσα μελέτη).

Όσο αφορά τα απαραίτητα μέταλλα Cu, Fe και Zn, οι μέσες τιμές τους κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα, ανεξαρτήτως ιστού, μεταξύ των διαφορετικών ειδών στη Μεσόγειο. Σημαντικές εξαιρέσεις αποτέλεσαν τα υψηλά επίπεδα Zn που βρέθηκαν στο μυϊκό ιστό του *Scyliorhinus canicula* στην παρούσα μελέτη και στο Ανατολικό Αιγαίο (Türkmen *et al.* 2009), και στο ήπαρ του *Sphyrna zygaena* από το Ιόνιο (Storelli & Marcotrigiano 2002).

Εξαιτίας της απουσίας στοιχείων σχετικά με το μεταλλικό περιεχόμενο των βραγχίων σε Χονδριχθύς Μεσογειακής προέλευσης, δεν έγινε σύγκριση με την παρούσα μελέτη, η οποία παρουσιάζει για πρώτη φορά τα επίπεδα του Hg στο ήπαρ, Fe στο μυϊκό ιστό και όλων των μετάλλων στα βράγχια και στη γονάδα του *Scyliorhinus canicula*, καθώς και όλων των μετάλλων ανά ιστό (εκτός του Hg στο μυϊκό ιστό) του *Squalus blainville* στη Μεσόγειο.

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ



Εικόνα 8.19 Μέσες συγκεντρώσεις (mg/kg w.w.) των βαρέων μετάλλων στο μυϊκό ιστό, στο ήπαρ και στη γονάδα 16 ειδών Χονδριχθύων από τη Μεσόγειο Θάλασσα (σύμφωνα με τον Πίνακα 8.36). Εξαιρέθηκαν τα βράγχια, λόγω πλήρους απουσίας βιβλιογραφικών αναφορών. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύονται με βέλη

8.4.4 Επικινδυνότητα από την κατανάλωση των υπό μελέτη ειδών

Ο κίνδυνος που διατρέχει το ελληνικό κοινό από την κατανάλωση των ειδών *Scyliorhinus canicula* και *Squalus blainville*, εκτιμήθηκε, λαμβάνοντας υπόψη το μεταλλικό φορτίο μόνο του μυϊκού ιστού, μια και αποτελεί το σύνηθες εδώδιμο τμήμα τους. Η συγκέντρωση του Hg ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο για ασφαλή κατανάλωση (EU 2008a) στην πλειονότητα των δειγμάτων και στα δύο είδη, επιβεβαιώνοντας προηγούμενες μελέτες σύμφωνα με τις οποίες η συχνή κατανάλωση Χονδριχθύων μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία (Turoczy *et al.* 2000, De Pinho *et al.* 2002, Domi *et al.* 2005, García-Hernández *et al.* 2007, Storelli *et al.* 2011c, Taylor *et al.* 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη το υδραργυρικό περιεχόμενο 72 ειδών Χονδριχθύων από διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές, διαπιστώθηκε ότι η πέμπτη κατά σειρά υψηλότερη μέση συγκέντρωση καταγράφηκε στο είδος *Squalus blainville* από το Ιόνιο Πέλαγος (4,92 mg/kg w.w., παρούσα μελέτη), ενώ η δέκατη έκτη στο είδος *Scyliorhinus canicula* από το Μυρτώο Πέλαγος (2,99 mg/kg w.w., παρούσα μελέτη) (Πίνακας 8.36, Εικόνα 8.20).

Το είδος *Scyliorhinus canicula* συχνά έχει αναφερθεί να ξεπερνά το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο Hg για ασφαλή κατανάλωση (EU 2008a) τόσο στη Μεσόγειο (Storelli *et al.* 2002a; 2005b) όσο και στον Ατλαντικό (Leah *et al.* 1991a; b). Βέβαια, οι Coelho *et al.* (2010) παρατήρησαν ότι ενώ σε κανένα από τα 48 άτομα του *Scyliorhinus canicula* από τον Ατλαντικό ο Hg δεν ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο, η συνιστώμενη εβδομαδιαία πρόσληψη του μετάλλου (EWI=5,98 μg/kg bw/w) ξεπέρασε τα ασφαλή όρια θεσπισμένα από διεθνείς οργανισμούς (JECFA 2003, USEPA 2014). Για το λόγο αυτό, αφενός αποθάρρυναν τη συχνή κατανάλωση του είδους αφετέρου θεώρησαν ότι ο προσδιορισμός του συνολικού φορτίου Hg δεν αρκεί για την πρόβλεψη του τοξικολογικού κινδύνου μέσω της κατανάλωσής του (Coelho *et al.* 2010). Εξάλλου, η εκτίμηση του EWI θεωρείται πιο αξιόπιστη μέθοδος, γιατί λαμβάνει υπόψη τις διατροφικές συνήθειες ενός πληθυσμού (Watling *et al.* 1982).

Για ένα μέσο Έλληνα καταναλωτή, η εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη Hg (EDI) μέσω της κατανάλωσης των υπό μελέτη ειδών ξεπέρασε την προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (PTDI) (JECFA 2003) και τη συνιστώμενη ημερήσια δόση αναφοράς (RfD) (USEPA 2014) για αυτό το στοιχείο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές (>1) του δείκτη κινδύνου (HI) έδειξε ότι η συχνή κατανάλωση αυτών των ειδών ενέχει υψηλό τοξικολογικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Όσο αφορά τα μέταλλα Cd, Cu και Fe, δεν φάνηκε να συνιστούν κίνδυνο για την υγεία, ενώ ο Zn ξεπέρασε τα θεσπισμένα ασφαλή όρια (FAO 1983, USEPA 2014) σε ελάχιστα δείγματα του *Scyliorhinus canicula*.

Τέλος, σύμφωνα με τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη των απαραίτητων μετάλλων (DMI%), διαπιστώθηκε ότι τα υπό μελέτη είδη δεν αποτελούν επαρκείς πηγές των απαραίτητων μετάλλων Cu, Fe και Zn για τον άνθρωπο.

Επισημαίνεται ότι δεν αποκλείεται να έχουν υπερεκτιμηθεί οι προαναφερόμενοι δείκτες, γιατί είναι μάλλον απίθανο ένας μέσος Έλληνας να καταναλώνει 0,068 kg αποκλειστικά αυτών των ειδών ημερησίως (FAO 2010b), μια ποσότητα που λήφθηκε υπόψη στον υπολογισμό τους. Ωστόσο, ακόμα και στην υποθετική περίπτωση μιας μέσης ημερήσιας κατανάλωσης 0,034 kg, δηλαδή κατά το ήμισυ σε σχέση με την προαναφερόμενη, ο δείκτης EDI ξεπέρασε πάλι τις θεσπισμένες ασφαλείς δόσεις PTDI και RfD και στα δύο υπό μελέτη είδη. Επίσης, υπενθυμίζεται ότι για την εκτίμηση της διατροφικής πρόσληψης των μετάλλων μέσω της κατανάλωσης των εξεταζόμενων ειδών, λήφθηκαν υπόψη οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα νωπά αλιεύματα. Καθώς, όμως, ο τρόπος μαγειρέματος (π.χ. ψήσιμο ή τηγάνισμα) (Ersoy *et al.* 2006) ή η μέθοδος επεξεργασίας (π.χ. θερμική επεξεργασία και κονσερβοποίηση) των νωπών αλιευμάτων (Γκαλιτσοπούλου 2014) μπορεί να αυξήσει το μεταλλικό τους φορτίο, δεν αποκλείεται και η περίπτωση υποεκτίμησης των δεικτών. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η αναθεώρηση της μεθόδου εκτίμησης της διαιτητικής πρόσληψης των βαρέων μετάλλων, λαμβάνοντας υπόψη την περιεκτικότητα των μαγειρεμένων ή μεταποιημένων αλιευμάτων σε αυτά (Γκαλιτσοπούλου 2014).

Συμπερασματικά, το ιδιαίτερα υψηλό φορτίο Hg των εξεταζόμενων ειδών χρήζει μεγαλύτερης προσοχής, ιδιαίτερα αν ληφθούν υπόψη οι αυξημένες εκφορτώσεις των Χονδριχθύν που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ωστόσο, εκτός από την ανθρωποκεντρική διάσταση του προβλήματος, η χρόνια έκθεση σε Hg μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα στους ίδιους τους θαλάσσιους οργανισμούς τόσο σε επίπεδο ατόμου, επηρεάζοντας το μεταβολισμό, την ωσμωρύθμιση, την αύξηση και την αναπαραγωγή όσο και σε επίπεδο πληθυσμού, μειώνοντας την επιβίωση και το ρυθμό ανάκαμψης (Candelmo *et al.* 2010). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι υψηλά ποσοστά υπογονιμότητας παρατηρήθηκαν στους πληθυσμούς του *Sphyrna tiburo* σε ρυπασμένα παράκτια ύδατα της Φλόριδα (Parsons 1993, Gelsleichter *et al.* 2005). Συνεπώς, θεωρείται αναγκαία η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων των χημικών ρυπαντών στους Χονδριχθύς, ιδιαίτερα στα παράκτια και βενθικά είδη που υπόκεινται σε μεγαλύτερη έκθεση. Επίσης, η διερεύνηση και κατανόηση των μηχανισμών αφομοίωσης, κατανομής και εξάλειψης τόσο των μη απαραίτητων όσο και των απαραίτητων μετάλλων θα συμβάλλουν στην ερμηνεία των μηχανισμών με τους οποίους η θαλάσσια ρύπανση επηρεάζει τους οργανισμούς και την ανθρώπινη υγεία, καθώς και στη λήψη περισσότερο ολοκληρωμένων μέτρων διαχείρισης.



Εικόνα 8.20 Μέση συγκέντρωση Hg στο μυϊκό ιστό 72 ειδών Χονδριχθύων από διάφορες περιοχές (σύμφωνα με τον Πίνακα 8.36). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύονται με βέλη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Γενικά συμπεράσματα



Δειγματοληψία στον Κορινθιακό κόλπο (Δεκέμβριος 2007)
με την εμπορική μηχανότρατα «ΣΙΔΗ» (καπετάνιος Χ Καρατζής)
(Φωτο. Β Κουστένη)

Ηλικία και αύξηση

- Η αναλογία φύλων δεν διέφερε σημαντικά από τη θεωρητική μονάδα για κανέναν εξεταζόμενο παράγοντα (εποχή, αλιευτικό εργαλείο, βάθος και περιοχή), δείχνοντας μικρό διαχωρισμό στο χώρο μεταξύ των θηλυκών και αρσενικών ατόμων κάθε είδους.
- Τα δύο φύλα του *S. canicula* διέφεραν ως προς τις κατά μήκος συνθέσεις, εξαιτίας της υπεροχής των θηλυκών σε μήκη <410 mm και των αρσενικών σε μήκη >410 mm. Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα του *S. blainville* έφτασαν σε σημαντικά μεγαλύτερα μεγέθη από ό,τι τα αρσενικά, με σχεδόν αποκλειστική παρουσία σε μήκη >600 mm. Η διαφορά στο μέγεθος υπέρ των θηλυκών έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες μελέτες και σχετίζεται με το γεγονός ότι τα θηλυκά των ζωοτόκων ειδών εξασφαλίζουν χώρο για να φιλοξενήσουν τα έμβρυα και να μεγιστοποιήσουν την αναπαραγωγική επιτυχία.
- Και τα δύο είδη εισέρχονται στην αλιευτική φάση αμέσως μετά τη γέννησή τους, και συγκεκριμένα από 89 mm (TL) το *S. canicula* και 180 mm (TL) το *S. blainville*.
- Και τα δύο είδη εμφάνισαν ευρεία βαθυμετρική κατανομή, χωρίς κάποιο σαφή διαχωρισμό ως προς το μέγεθος.
- Η μελέτη των σχέσεων μήκους-βάρους αποκάλυψε θετική αλλομετρική αύξηση και για τα δύο είδη, με το συντελεστή b να λαμβάνει υψηλότερη τιμή στα θηλυκά άτομα από ό,τι στα αρσενικά. Οι παράμετροι a και b κυμάνθηκαν στο εύρος των δημοσιευμένων τιμών από άλλες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού.
- Το *S. blainville* αποδείχτηκε ως ένα εξαιρετικά μακρόβιο είδος (μέγιστη παρατηρούμενη ηλικία=28 y), το οποίο παρουσιάζει αργή αύξηση ($k=0,03$ και $0,08 \text{ y}^{-1}$ για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα) και καθυστερημένη γεννητική ωρίμαση ($T_{50}=17,03$ και $11,31 \text{ y}$ για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα, αντίστοιχα), χαρακτηριστικά που το καθιστούν ευάλωτο στην αλιευτική πίεση.
- Εξετάζοντας τους αυξητικούς δακτυλίους στην εξωτερική επιφάνεια των ακανθών, η εκτίμηση της ηλικίας 569 ατόμων θεωρήθηκε ιδιαίτερα υψηλής ακρίβειας, δεδομένης της μακροβιότητας του είδους και της δυσκολίας της εφαρμοζόμενης τεχνικής.
- Εκτός από την άκανθα του δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου που χρησιμοποιείται ευρέως σε μελέτες αύξησης των σκουαλοειδών, η άκανθα από το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο αποδείχθηκε εξίσου κατάλληλη για την εκτίμηση της ηλικίας του *S. blainville*.
- Η εμπειρία στην ανάγνωση των ακανθών φάνηκε ότι επηρεάζει την ακρίβεια των ηλικιακών εκτιμήσεων τόσο του ίδιου όσο και διαφορετικών αναγνωστών.
- Το *S. blainville* εμφάνισε φυλετικό διμορφισμό ως προς τη μορφομετρία των ακανθών με τα αρσενικά άτομα να φέρουν μεγαλύτερες άκανθες από ό,τι τα θηλυκά.
- Στην ανατολική Μεσόγειο, το είδος παρουσίασε χαμηλότερο ρυθμό αύξησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από ό,τι στην κεντρική Μεσόγειο. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη διαφορετική τεχνική εκτίμησης της ηλικίας που εφαρμόστηκε σε κάθε μελέτη και σε διαφορές ως προς τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, τη δειγματοληπτική μεθοδολογία ή/και το ρυθμό αύξησης μεταξύ των διαφορετικών αποθεμάτων.
- Η τεχνική εκτίμησης της ηλικίας του είδους *S. canicula* χρήζει περισσότερης διερεύνησης, εξαιτίας της ασθενούς ασβεστοποίησης των σπονδύλων του.

Μορφομετρία

- Και τα δύο είδη εμφάνισαν φυλετικό διμορφισμό ως προς την εξωτερική μορφομετρία. Τα αρσενικά άτομα του *S. canicula* φάνηκε ότι διαθέτουν σημαντικά μακρύτερο σώμα, μεγαλύτερα κοιλιακά πτερύγια και μακρύτερο στόμα και κεφάλι από ό,τι τα θηλυκά, τα οποία εμφάνισαν μια σχετική υπεροχή ως προς ορισμένες διαστάσεις των ραχιαίων πτερυγίων και της ουράς. Τα αρσενικά άτομα του *S. blainville* είχαν σημαντικά μακρύτερο και στενότερο κεφάλι, και μεγαλύτερα κοιλιακά πτερύγια από ό,τι τα θηλυκά, τα οποία εμφάνισαν μια σχετική υπεροχή ως προς ορισμένες διαστάσεις του πρώτου ραχιαίου και του ουραίου πτερυγίου, και είχαν σημαντικά μεγαλύτερα μάτια από ό,τι τα αρσενικά. Και στα δύο είδη, αφενός τα θηλυκά άτομα είχαν σημαντικά μεγαλύτερο πλάτος στόματος, μεγαλύτερο ύψος κεφαλιού, κοιλιάς και ουράς για το ίδιο μήκος σώματος σε σχέση με τα αρσενικά αφετέρου τα αρσενικά άτομα είχαν σημαντικά μακρύτερο κεφάλι, μακρύτερο ρύγχος, και μεγαλύτερο διάστημα μεταξύ κοιλιακού και ουραίου πτερυγίου σε σχέση με τα θηλυκά παρόμοιου μήκους.
- Σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν και μεταξύ των περιοχών. Στην περίπτωση του *S. canicula*, τα άτομα από το Αιγαίο είχαν μακρύτερο και φαρδύτερο στόμα και μεγαλύτερα μάτια, ενώ τα άτομα από το Ιόνιο υπερείχαν ως προς ορισμένες διαστάσεις όλων των πτερυγίων. Στην περίπτωση του *S. blainville*, τα άτομα από το Αιγαίο ήταν σημαντικά χονδρότερα από εκείνα του Ιονίου, με τα αρσενικά να φέρουν μεγαλύτερα γονοπόδια, ενώ τα άτομα από το Ιόνιο είχαν σημαντικά μακρύτερο και στενότερο κεφάλι, μεγαλύτερα μάτια και εμφάνισαν σχετική υπεροχή ως προς ορισμένες διαστάσεις των ραχιαίων και κοιλιακών πτερυγίων. Επίσης, οι σχέσεις του ολικού μήκους με τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά διέφεραν σημαντικά σε σχέση με την περιοχή, παρουσιάζοντας στην πλειονότητά τους σημαντικά υψηλότερες τιμές του συντελεστή b στο Ιόνιο σε σχέση με το Αιγαίο. Πιθανώς, οι εξελικτικές προσαρμογές των ειδών σε συνδυασμό με τη γεωγραφική απομόνωση των πληθυσμών τους επηρέασε την εξωτερική τους μορφολογία.

Αναπαραγωγή

- Η μικροσκοπική παρατήρηση των αναπαραγωγικών οργάνων αποκάλυψε την παρουσία διακριτών ιστολογικών μεταβολών στην πορεία της ωρίμασης των ατόμων κάθε είδους, οι οποίες παρουσίασαν συνέπεια με τα μακροσκοπικά αναγνωρισμένα στάδια γεννητικής ωριμότητας.
- Η ταυτόχρονη παρουσία ωοθυλακίων όλων των αναπτυξιακών σταδίων στα ώριμα θηλυκά άτομα και των δύο ειδών έδειξε ότι διαθέτουν τον ασύγχρονο τύπο ωοθήκης και ως εκ τούτου χαρακτηρίζονται ως πολλαπλοί αποθέτες με πολλές ωοτοκίες κατά τη διάρκεια μιας παρατεταμένης αναπαραγωγικής περιόδου.
- Η εποχική παρουσία τόσο θηλυκών ατόμων που κυοφορούν ή έχουν γεννήσει όσο και δραστήριων αρσενικών, αλλά και θηκών ή εμβρύων σε προχωρημένη ανάπτυξη αποτέλεσε σημαντική ένδειξη της παρατεταμένης αναπαραγωγικής δραστηριότητας των ειδών. Η άποψη αυτή ενισχύθηκε περαιτέρω από τις υψηλές τιμές των δεικτών GSI και HSI που βρέθηκαν σε εποχική βάση, ανεξάρτητα από το φύλο ή το είδος. Η παρατεταμένη περίοδος αναπαραγωγής των υπό μελέτη ειδών πιθανώς αποτελεί ένα

είδος στρατηγικής που αντισταθμίζει τη χαμηλή γονιμότητα και την καθυστερημένη ωρίμαση, χαρακτηριστικά που τα καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτα στην υπεραλίευση.

- Τα ώριμα αρσενικά άτομα υπερείχαν των ώριμων θηλυκών σε κάθε εποχή, δείχνοντας ότι μόλις ωριμάσουν παραμένουν σε αυτή τη φάση για το υπόλοιπο της ζωής τους. Πράγματι, σε κανένα αρσενικό άτομο δεν βρέθηκαν όρχεις σε εξάντληση.
- Σαφής αλληλοεπικάλυψη των ώριμων και ανώριμων ατόμων παρατηρήθηκε σε όλες τις ζώνες βάθους, ανεξάρτητα από το φύλο ή το είδος. Ωστόσο, ο τοκετός στο *S. blainville* φάνηκε ότι λαμβάνει χώρα κυρίως στην ηπειρωτική πλαγιά (βάθος > 200 m), ενώ το είδος *S. canicula* φάνηκε ότι προτιμάει τα βάθη 100–300 m για το σκοπό αυτό.
- Η πλειονότητα των ανώριμων ατόμων και των δύο φύλων του *S. canicula* βρέθηκε στη ζώνη βάθους 300–400 m. Αντίθετα, τα ανώριμα θηλυκά άτομα του *S. blainville* φάνηκε ότι συχνάζουν κυρίως σε βάθη από 200 έως 300 m, ενώ τα ανώριμα αρσενικά στη ζώνη βάθους 100–200 m. Συνεπώς, τα ανώριμα άτομα του *S. blainville* εμφάνισαν περισσότερο παράκτια κατανομή σε σχέση με τα ανώριμα άτομα του *S. canicula*.
- Το μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμασης προσεγγίστηκε κατά την ταχύτατη αύξηση των αναπαραγωγικών οργάνων, ανεξάρτητα από το φύλο ή το είδος.
- Και στα δύο είδη, τα θηλυκά άτομα είχαν μεγαλύτερο ήπαρ από ό,τι τα αρσενικά, γεγονός που πιθανώς σχετίζεται με το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει το ήπαρ στον αναπαραγωγικό τους κύκλο.
- Τα θηλυκά και αρσενικά άτομα του *S. canicula* παρουσίασαν παραπλήσιο μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης ($L_{50}=397,2$ και 382 mm, αντίστοιχα). Αντίθετα, τα θηλυκά άτομα του *S. blainville* φάνηκε ότι ωριμάζουν σε μεγαλύτερο μέγεθος ($L_{50}=568,1$ mm) και μεγαλύτερη ηλικία ($T_{50}=17$ y.) από ό,τι τα αρσενικά ($L_{50}=460,6$ mm $T_{50}=11,3$ y, αντίστοιχα). Η διαφορετική ταχύτητα ωρίμασης των δύο φύλων οφείλεται στην καθυστερημένη ωρίμαση των θηλυκών ατόμων, η οποία τους επιτρέπει να αποκτήσουν μεγαλύτερο μέγεθος σώματος, και άρα μεγαλύτερη σπλαχνική κοιλότητα που θα φιλοξενήσει τα έμβρυα και τις ευμεγέθεις γονάδες.
- Και τα δύο είδη παρουσίασαν χαμηλή γονιμότητα. Στο *S. canicula*, η ωοθηκική γονιμότητα κυμάνθηκε από 1 έως 19 ώριμα ωοκύτταρα, ενώ ο μέγιστος αριθμός εμβρυϊκών θηκών ήταν δύο. Στο *S. blainville* η ωοθηκική γονιμότητα κυμάνθηκε από 1 έως 7 ώριμα ωοκύτταρα και στους ωαγωγούς καταγράφηκαν 1 έως 6 έμβρυα.
- Ο χαμηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ του μήκους των θηλυκών και της γονιμότητάς τους έδειξε ότι μόλις ωριμάσουν μπορεί να εμφανίσουν τη μέγιστη γονιμότητα.
- Τα ώριμα ωοκύτταρα ήταν μικρότερα στο *S. canicula* από ό,τι στο *S. blainville*, πιθανώς γιατί η μέγιστη ωοκυτταρική διάμετρος σχετίζεται με το μέγιστο μέγεθος που φτάνει κάθε είδος. Επίσης, στα αποκλειστικά λεκιθότροφα είδη, όπως το *S. blainville*, η παραγωγή μεγαλύτερων ωοκυττάρων αποτελεί την κύρια στρατηγική παραγωγής μεγαλύτερων εμβρύων με μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης. Για το λόγο αυτό, η σημαντική μείωση του δείκτη GSI στα κυοφορούντα θηλυκά άτομα που είχαν ωαγωγούς γεμάτους με λέκιθο ή διαφοροποιημένες λεκιθικές σφαίρες, πιθανώς σχετίζεται με τη μεγάλη ανάγκη σε λέκιθο που έχουν σε αυτή τη φάση τα έμβρυα.
- Σε κάθε κυοφορούν άτομο, οι θήκες ή τα έμβρυα είχαν παρόμοιο μέγεθος και βάρος και βρισκόνταν πάντα στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης.

- Ο δείκτης K παρουσίασε σχεδόν την ίδια μηνιαία διακύμανση με τους δείκτες GSI και HSI, δείχνοντας ότι ο ρυθμός αφομοίωσης του λίπους ακολουθεί το ρυθμό της αναπαραγωγικής ωρίμασης, επηρεάζοντας μαζί την ευρωστία. Το φύλο, το μέγεθος σώματος, η κατάσταση ωρίμασης και η εποχή φάνηκε ότι επηρεάζουν περισσότερο τους δείκτες GSI και HSI παρά το δείκτη K και στα δύο είδη.
- Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η μείωση του δείκτη HSI και στα δύο φύλα του *S. blainville* τα πρώτα περίπου 5 y, πέρα από τα οποία άρχισε να αυξάνεται πάλι. Το ήπαρ πιθανώς παίζει σημαντικό ρόλο στα νεογέννητα, με τη βοήθεια του οποίου ρυθμίζουν καλύτερα τις κινήσεις τους για να αποφεύγουν πιθανούς θηρευτές ή να βρίσκουν τροφή. Επίσης, η παρουσία μεγάλου ήπατος στα νεογέννητα πιθανώς αντανακλά την ανάγκη που έχουν για ευκολότερη πρόσβαση σε αποθέματα ενέργειας.

Τροφική οικολογία

- Οι κύριες τροφικές ομάδες των εξεταζόμενων ειδών ήταν οι Τελεόστεοι, τα Μαλάκια και τα Καρκινοειδή. Η πλειονότητα των κατηγοριών λείας ήταν βενθικοί οργανισμοί, αποτυπώνοντας το βενθικό τρόπο διαβίωσής τους.
- Η καταγραφή μιας εμβρυϊκής θήκης χονδριχθύος στο στομαχικό περιεχόμενο του *S. canicula*, υποδεικνύει μια ενδεχόμενη κανιβαλιστική συμπεριφορά, ενώ η παρουσία πλαστικών αντικειμένων αποτυπώνει τη σαρωτική τροφική συμπεριφορά του είδους.
- Η ένταση της διατροφής των ειδών φάνηκε ότι επηρεάζεται από τις μεταβολές της φυσιολογίας που συνδέονται με την αναπαραγωγή. Αφενός τα θηλυκά άτομα παρουσίασαν υψηλότερη ένταση διατροφής από ό,τι τα αρσενικά, μια και η αναπαραγωγή είναι περισσότερο ενεργειακά κοστοβόρος για αυτά, αφετέρου η μείωση του βαθμού τροφοληψίας με την πρόοδο της ωρίμασης αποδόθηκε στην ανάγκη εξασφάλισης σπλαχνικού χώρου για να φιλοξενηθούν οι γονάδες και τα έμβρυα.
- Η τροφική ποικιλότητα κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα στα δύο φύλα του *S. canicula*, ενώ τα θηλυκά άτομα του *S. blainville* παρουσίασαν υψηλότερη τροφική ποικιλότητα από ό,τι τα αρσενικά. Και στα δύο είδη, τα ανώριμα άτομα παρουσίασαν υψηλότερη τροφική ποικιλότητα από ό,τι τα ώριμα, ανεξάρτητα από το φύλο.
- Η εποχή φάνηκε ότι επηρεάζει την ένταση της διατροφής και των δύο ειδών, τα οποία μάλιστα παρουσίασαν παρόμοιες εποχικές τροφικές προτιμήσεις, γεγονός που αποτυπώνει τις εποχικές αλλαγές της πανίδας του ενδιαιτήματος όπου συχνάζουν.
- Ο παρατηρούμενος μικρός βαθμός επικάλυψης των τροφικών θώκων μεταξύ των ειδών αποκάλυψε τη σημαντική διαφοροποίηση των τροφικών τους συνηθειών.
- Η μεγαλύτερη τροφική ποικιλότητα που παρουσίασε το *S. canicula* σε σχέση με το *S. blainville*, πιθανώς αποτελεί μια εξελικτική προσαρμογή και την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, εξαιτίας της φιλοπατρικής του συμπεριφοράς. Αντίθετα, το *S. blainville* μπορεί να εξερευνήσει απομακρυσμένα περιβάλλοντα, με αποτέλεσμα να μην έχει ανάγκη από σημαντική διεύρυνση του τροφικού του φάσματος.
- Και τα δύο είδη κατατάχθηκαν στα σαρκοφάγα (TROPH>4) με προτίμηση στους Τελεόστεους και στα Κεφαλόποδα, επιβεβαιώνοντας τον κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζουν ως κορυφαίοι θηρευτές στο τροφικό πλέγμα.

Γενετική πληθυσμών και φυλογεωγραφία

- Η γενετική ποικιλότητα του *S. canicula* δεν ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένη στους φυσικούς πληθυσμούς του βάσει αφενός ενός τμήματος (590 bp) του γονιδίου COI του μιτοχondριακού DNA αφετέρου 12 πολυμορφικών μικροδορυφορικών τόπων.
- Σημαντική διαπληθυσμιακή διαφοροποίηση βάσει και των δύο τύπων μοριακών δεικτών βρέθηκε μεταξύ της ανατολικής και δυτικής Μεσογείου (συμπεριλαμβανομένου και του Ατλαντικού στην περίπτωση του mtDNA), η οποία φάνηκε ότι συμπίπτει με τη γεωγραφική απομόνωση των λεκανών της Μεσογείου. Εξαιρεση σε αυτό το πρότυπο αποτέλεσε η Λεβαντίνη όπου εντοπίστηκαν κοινοί απλότυποι και με τις δύο προαναφερθείσες περιοχές, δείχνοντας ότι το Κανάλι Σικελίας–Τυνησίας δεν αποτελεί έναν ανυπέρβλητο φραγμό για το είδος.
- Περαιτέρω διαπληθυσμιακή διαφοροποίηση παρατηρήθηκε εντός της δυτικής και ανατολικής Μεσογείου, αλλά μόνο ως προς το μικροδορυφορικό DNA. Σημαντική γενετική ετερογένεια παρουσίασαν οι πληθυσμοί από τις Βαλεαρίδες και την Αλγερία, όπως και οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού σε σχέση με τον πληθυσμό του Αιγαίου. Οι πληθυσμοί του Ιονίου και του Κορινθιακού κατέλαβαν ενδιάμεση θέση μεταξύ των πληθυσμών της δυτικής Μεσογείου και του Αιγαίου μόνο ως προς το μικροδορυφορικό DNA, μια και διαμοιράζονταν κοινούς απλοτύπους μόνο με τους πληθυσμούς του Αιγαίου. Μικρότερη, αν και σημαντική διαφοροποίηση εντοπίστηκε μεταξύ των πληθυσμών του Ιονίου και του Κορινθιακού, βάσει και των δύο τύπων μοριακών δεικτών, που πιθανώς αποδίδεται στη θαλάσσια σύνδεση αυτών των περιοχών μέσω του σχετικά αβαθή Πατραϊκού κόλπου.
- Η φυλογεωγραφική ανάλυση αποκάλυψε περιορισμένη γονιδιακή ροή μεταξύ του Ιονίου και του Αιγαίου με περιστασιακά φαινόμενα διασποράς από τη μια περιοχή στην άλλη. Αυτά τα φαινόμενα διασποράς είναι πιθανό να ευνοήθηκαν κατά τη διάρκεια των μεσοπαγετωνικών περιόδων με την επανάκαμψη των θαλάσσιων ενδιαιτημάτων και την αύξηση του βαθμού επικοινωνίας τους. Ωστόσο, αυτό το πρότυπο θα μπορούσε να αποδοθεί και στην επίδραση της τυχαίας γενετικής παρέκκλισης που προέκυψε έπειτα από έναν πιθανό κατακερματισμό του ενδιαιτήματος του είδους κατά τις παγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου.
- Οι πληθυσμοί από το Ιόνιο (και τον Κορινθιακό) παρουσίασαν μεγαλύτερη γενετική ομοιότητα με τους πληθυσμούς του Αιγαίου παρά με τους πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου. Η γενετική απομόνωση των πληθυσμών του Ιονίου και του Αιγαίου από τους πληθυσμούς της δυτικής Μεσογείου πιθανώς συμπίπτει με τη γεωγραφική απομόνωση αυτών των περιοχών μέσω της Ελληνικής Τάφρου, και όχι με τη γεωγραφική υποδιαίρεση της λεκάνης της Μεσογείου μέσω του Καναλιού της Σικελίας–Τυνησίας.
- Διαφορετικά επίπεδα γενετικής διαφοροποίησης βρέθηκαν μεταξύ περιοχών που, ενώ απέχουν παρόμοια απόσταση, διαχωρίζονται από διαφορετικά βάθη. Σημαντική διαφοροποίηση βρέθηκε μεταξύ των Βαλεαρίδων και της Αλγερίας (μόνο ως προς το μικροδορυφορικό DNA) που απέχουν λιγότερο από 300 km, αλλά διαχωρίζονται από την αβυσσική λεκάνη Αλγερίας–Βαλεαρίδων. Αντίθετα, γενετική ομοιογένεια βρέθηκε εντός της ίδιας απόστασης στο Αιγαίο, σε μια θαλάσσια έκταση μεγάλο μέρος της

οποίας δεν ξεπερνά τα 200 m βάθους. Συνεπώς, φαίνεται ότι τα βαθιά νερά αποτελούν σημαντικό φραγμό στη μετακίνηση του είδους.

- Διαφορετικά πρότυπα δημογραφικής ιστορίας παρουσίασε το είδος ανάλογα με την περιοχή προέλευσής του. Στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου/Ατλαντικού εμφάνισε το πρότυπο της πληθυσμιακής εξάπλωσης, το οποίο τοποθετήθηκε χρονολογικά στο Μέσο Πλειστόκαινο. Από την άλλη πλευρά, στις περιοχές του Ιονίου και του Αιγαίου το είδος παρουσίασε σχετικά σταθερό πληθυσμιακό μέγεθος με μικρή τάση αύξησης και μείωσης, αντίστοιχα. Τα διαφορετικά δημογραφικά πρότυπα στις απομακρυσμένες περιοχές της Μεσογείου φάνηκε ότι αντανακλούν το διαφορετικό βαθμό με τον οποίο επηρεάστηκαν αυτές οι περιοχές κατά τις παγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου.
- Στη δυτική Μεσόγειο, η πληθυσμιακή εξάπλωση του είδους θα μπορούσε να αποδοθεί στο λιγότερο «κατακερματισμένο» περιβάλλον που πιθανώς επηρεάστηκε λιγότερο από τις παγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου και/ή στη θαλάσσια επικοινωνία με τον Ατλαντικό. Ο Ατλαντικός πιθανώς λειτούργησε είτε ως νέα περιοχή αποικισμού κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους ή ως καταφύγιο κατά τις παγετώδεις περιόδους. Ωστόσο, περισσότερα δείγματα χρειάζονται για τον έλεγχο αυτής της υπόθεσης.
- Στο Αιγαίο, η πληθυσμιακή ανάκαμψη του είδους έπεται από τις παγετώδεις περιόδους πιθανώς να μην ήταν αρκετά έντονη, εξαιτίας του ημίκλειστου χαρακτήρα της λεκάνης, για να αφήσει ένα γενετικό «αποτύπωμα» δημογραφικής εξάπλωσης. Στο Ιόνιο, οι επιπτώσεις των παγετώνων στο ενδιαίτημα και στους πληθυσμούς του είδους πιθανώς ήταν λιγότερο έντονες, καθώς περικλείει σημαντικά λιγότερα νησιά σε σχέση με το Αιγαίο, ενώ μέσω της επικοινωνίας του με τα ρηχά περιβάλλοντα της νότιας Αδριατικής και της νότιας Ιταλίας, παρέχει ευκολότερη πρόσβαση σε νέα περιβάλλοντα για αποίκιση.
- Το *S. canicula* πιθανώς εγκαθιδρύθηκε στον Κορινθιακό, προερχόμενο από το Ιόνιο, το Ολόκαινο (11,7 ky BP) όταν αυτές οι περιοχές επικοινωνήσαν μέσω του Πατραϊκού κόλπου. Στο γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί η μεγαλύτερη γενετική ομοιότητα που παρουσίασε ο πληθυσμός του Κορινθιακού με εκείνον του Ιονίου, ιδιαίτερα ως προς το μικροδορυφορικό DNA. Προς τα ανατολικά, ο Κορινθιακός κόλπος οριοθετούνταν από το Αιγαίο από τον ομώνυμο Ισθμό μέχρι το 1893 οπότε έγινε η διάνοιξη του καναλιού. Στον πληθυσμό του Κορινθιακού, εκτός από τον κοινό προγονικό απλότυπο hap1 όλων των δειγμάτων, βρέθηκε ο απλότυπος hap2 που απαντά στο Ιόνιο, στο Αιγαίο και στη Λεβαντίνη, και ο απλότυπος hap10 που απαντά μόνο στον Κορινθιακό και στο Αιγαίο. Το γεγονός αυτό πιθανώς υποδεικνύει μια πολύ πρόσφατη γονιδιακή ροή από το Αιγαίο προς τον Κορινθιακό, μια άποψη που ενισχύεται περαιτέρω από το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής που είχε το Αιγαίο στη γενετική δεξαμενή του Κορινθιακού από ό,τι του Ιονίου βάσει της ανάλυσης STRUCTURE. Παρ' όλα αυτά, το μικρό πληθυσμιακό δείγμα από τον Κορινθιακό δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.
- Η χαμηλή απλοτυπική ποικιλότητα, η απουσία ιδιωτικών απλοτύπων (με εξαίρεση τον hap33 που βρέθηκε στο βόρειο Αιγαίο) και η μέτρια αλληλική ποικιλότητα του πληθυσμού από το Αιγαίο, θα μπορούσαν να θεωρηθούν ενδείξεις της επίδρασης του Πλειστόκαινου σε αυτόν τον πληθυσμό πιθανώς μέσω του φαινομένου της στενωπού.

Ωστόσο, ο πληθυσμός του Αιγαίου, ομοίως με τους υπόλοιπους πληθυσμούς, δεν έδειξε σημαντικό πλεόνασμα ετεροζυγωτίας και επομένως αποκλείστηκε το ενδεχόμενο διέλευσής του από στενωπό. Βέβαια, δεν αποκλείεται, η μείωση του δραστικού μεγέθους του πληθυσμού να πραγματοποιήθηκε σταδιακά και όχι απότομα, οδηγώντας σε σημαντική απώλεια απλοτύπων και αλληλομόρφων, αλλά και το ενδεχόμενο η στενωπός να έγινε αρκετά παλαιότερα και όχι πρόσφατα.

- Το *S. canicula* εμφάνισε ισχυρή δομή εντός της Μεσογείου. Τα διαθέσιμα μοριακά δεδομένα υποστηρίζουν την παρουσία τουλάχιστον τεσσάρων γενετικών δεξαμενών: στις Βαλεαρίδες, στην Αλγερία, στο Ιόνιο και στο Αιγαίο Πέλαγος, οι οποίες προτείνεται να ληφθούν υπόψη ως ανεξάρτητες διαχειριστικές μονάδες. Ωστόσο, περισσότερα δείγματα χρειάζονται για τον ακριβή προσδιορισμό του αριθμού και των γεωγραφικών ορίων των γενετικών αποθεμάτων του είδους.
- Στο *S. blainville*, οι μοριακές αναλύσεις αποκάλυψαν την παρουσία ενός παμμικτικού πληθυσμού, τουλάχιστον στην ανατολική Μεσόγειο όπου η δειγματοληψία ήταν επαρκής. Η παρουσία παμμικξίας επιβεβαιώθηκε με βάση τους πολυμορφισμούς τόσο των απλοτύπων του γονιδίου COI (590 bp) του μιτοχονδριακού DNA όσο και των αλληλομόρφων 6 πολυμορφικών μικροδορυφορικών τόπων.
- Η ακτινωτή διάταξη των απλοτύπων στο δίκτυο διάμεσης σύνδεσης, όπου διαχωρίζονται κυρίως κατά ένα μεταλλακτικό βήμα από τους δύο κεντρικούς απλοτύπους, σε συνδυασμό με την παρουσία ιδιωτικών απλοτύπων σχεδόν σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας, είναι ενδεικτική της πρόσφατης πληθυσμιακής εξάπλωσης του είδους που πιθανώς ευνοήθηκε κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου. Ο χρόνος απόσχισης του συνολικού πληθυσμιακού δείγματος τοποθετήθηκε χρονολογικά κατά προσέγγιση στο Μέσο Πλειστόκαινο.
- Φαίνεται ότι το *S. blainville* διαθέτει υψηλή ικανότητα διασποράς ομοίως με άλλα σκουαλοειδή στα οποία τα μεγάλα βάθη και οι μεγάλες γεωγραφικές αποστάσεις δεν εμπόδισαν τη γονιδιακή ροή μεταξύ των απομακρυσμένων πληθυσμών τους.
- Η γενετική ομοιογένεια των πληθυσμών του *S. blainville* φαίνεται ότι σχετίζεται με τα ιδιαίτερα στοιχεία της βιολογίας και οικολογίας του. Η βενθοπελαγική συμπεριφορά, η ευρεία βαθυμετρική κατανομή και η αναπαραγωγή του με ζωοτοκία κατά την οποία προκύπτουν απευθείας ενεργητικά άτομα, πιθανώς προσδίδουν στο είδος μεγαλύτερη ικανότητα διασποράς, σε αντίθεση με το βενθικό, ωτόκο και με στενότερο εύρος βαθυμετρικής κατανομής *S. canicula*. Για το λόγο αυτό, πιθανώς τα υπό μελέτη είδη παρουσίασαν διαφορετικά πρότυπα γενετικής δομής.
- Η επιτυχής δια-ειδική ενίσχυση μόλις 6 μικροδορυφορικών τόπων από τους 12 αρχικά επιλεγμένους τύπους αφενός υποδηλώνει το ενδεχόμενο παρουσίας διαπληθυσμιακής διαφοροποίησης, που δεν ήταν εφικτό να ανιχνευθεί, αφετέρου αναδεικνύει την ανάγκη για μελλοντικό σχεδιασμό μικροδορυφορικών δεικτών ειδικών για το είδος.
- Η απουσία γενετικής δομής βάσει και των δύο τύπων μοριακών δεικτών δεν σημαίνει απαραίτητα ότι οι φυσικοί γεωγραφικοί πληθυσμοί του *S. blainville* πρέπει να αποτελέσουν μια ενιαία διαχειριστική μονάδα αφενός γιατί πληθυσμιακή δομή μπορεί να υπάρχει, αλλά δεν ανιχνεύθηκε αφετέρου ορισμένα είδη, ενώ μπορεί να διαχωρίζονται σε πληθυσμούς που παρουσιάζουν αναπαραγωγική ακεραιότητα και

ανταποκρίνονται με διαφορετικό τρόπο στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες, συνιστούν μια ενιαία γενετική δεξαμενή, εξαιτίας της διαπληθυσμιακής γονιδιακής ροής που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία γενετικής ομοιογένειας (Pawson & Ellis 2005). Εξάλλου, στο πλαίσιο του ολιστικού προσδιορισμού των ιχθυαποθεμάτων θεωρείται απαραίτητη η συνδυαστική χρήση των μοριακών εργαλείων με άλλες μεθόδους, όπως τη μελέτη της διαπληθυσμιακής ετερογένειας ως προς τα βιολογικά χαρακτηριστικά, τη χωρική ποικιλότητα φυσικών δεικτών και την επανασύλληψη χημικά ή τεχνητά μαρκαρισμένων ατόμων (Begg & Waldman 1999).

- Η ανάλυση περισσότερων δειγμάτων θα μπορούσε να διαλευκάνει αν πράγματι το *S. blainville* παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα διασποράς καθώς και να αποσαφηνίσει όλες εκείνες τις ιστορικές διεργασίες που διαμόρφωσαν τη σύγχρονη φυλογεωγραφία του.

Βαρέα μέταλλα

- Η κατανομή των βαρέων μετάλλων στους ιστούς ήταν σε γενικές γραμμές κοινή στα υπό μελέτη είδη και φάνηκε ότι σχετίζεται κυρίως με τη λειτουργία των οργάνων και το βαθμό συγγένειάς τους με τα διάφορα στοιχεία
- Η κυριαρχούσα σειρά αύξησης των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στην πλειονότητα των ιστών του *S. canicula* ήταν: Cd<Hg<Cu<Fe<Zn, δείχνοντας ότι τα απαραίτητα μέταλλα ήταν αφθονότερα από τα μη απαραίτητα, πιθανώς εξαιτίας της συμμετοχής τους στο μεταβολισμό. Αντίθετα, σε κάθε ιστό του *S. blainville* ίσχυε: Cd<Cu<Hg<Zn<Fe, με το Cu να έχει μικρότερη αφθονία από τον τοξικό Hg, δείχνοντας τη σημαντική συσσώρευση του Hg στο είδος.
- Όλες οι σημαντικές συσχετίσεις του Hg με το ολικό μήκος των ατόμων ήταν θετικές, δείχνοντας την έντονη συσσωρευτική συμπεριφορά του στοιχείου. Αντίθετα, τα μέταλλα Cd, Cu, Fe και Zn παρουσίασαν σημαντική θετική ή αρνητική με το μήκος των ατόμων ανάλογα με το είδος του ιστού. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η αύξηση των επιπέδων του Cd στο ήπαρ αυξανόμενου του μήκους, η οποία αποδόθηκε στην αποτοξινωτική δράση του οργάνου και στην πλούσια διατροφή των ειδών με Κεφαλόποδα. Παρόμοιο πρότυπο εμφάνισε και ο Fe πιθανώς εξαιτίας της υψηλής αγγείωσης του ήπατος. Σημαντική αρνητική συσχέτιση παρουσίασαν τα στοιχεία Cu και Zn στην πλειονότητα των ιστών με το μήκος, πιθανώς εξαιτίας των υψηλότερων φυσιολογικών απαιτήσεων των μικρότερων και ταχέως αυξανόμενων ατόμων.
- Οι στατιστικά σημαντικές δυαδικές σχέσεις των βαρέων μετάλλων ήταν στην πλειονότητά τους θετικές, υποδηλώνοντας τη συνεργιστική αλληλεπίδραση των μετάλλων. Ωστόσο, ο Hg παρουσίασε τις περισσότερες σημαντικές αρνητικές συσχετίσεις με τα υπόλοιπα μέταλλα, αντανakλώντας την αύξηση της συγκέντρωσής του και τη μείωση της συγκέντρωσης των άλλων μετάλλων αυξανόμενου του μήκους.
- Το φύλο δεν αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα διαφοροποίησης του μεταλλικού φορτίου των ιστών του *S. canicula*, πιθανώς εξαιτίας των παρόμοιων ρυθμών αύξησης και/ή των τροφικών συνηθειών των θηλυκών και αρσενικών ατόμων. Αντίθετα, τα αρσενικά άτομα του *S. blainville* έφεραν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα κυρίως Hg, Cu και Zn από ό,τι τα θηλυκά, πιθανώς εξαιτίας της μητρικής μεταφοράς των μετάλλων στα έμβρυα σε συνδυασμό με τη συνεχόμενη συσσώρευση Hg στα αρσενικά άτομα.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Σε αντίθεση με το φύλο, η κατάσταση της γεννητικής ωρίμασης αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα καθορισμού του μεταλλικού περιεχομένου των ιστών και στα δύο είδη. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική ήταν η σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων του Hg, ανεξάρτητα από τον ιστό, με την πρόοδο της γεννητικής ωρίμασης, πιθανώς λόγω των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων και της συσσωρευτικής συμπεριφορά του Hg. Τα υπόλοιπα μέταλλα παρουσίασαν ποικίλα πρότυπα ανάλογα με τον ιστό.
- Σημαντική ρύπανση από Hg βρέθηκε στο Ιόνιο, καθώς και υψηλά επίπεδα Hg και Cd παρατηρήθηκαν στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, στο βόρειο Αιγαίο, στο Μυρτώο και στο Κρητικό Πέλαγος. Τα εξαιρετικά υψηλά επίπεδα Fe που βρέθηκαν στα βράγγια του *S. canicula* από το βόρειο Ευβοϊκό πιθανώς σχετίζονται με την απόθεση αποβλήτων πλούσιων σε Fe προερχόμενα από την εκμετάλλευση των σιδηρονικελιούχων κοιτασμάτων σε αυτήν την περιοχή. Επίσης, τα υψηλά επίπεδα Fe στα βράγγια του *S. canicula* από τον Κορινθιακό κόλπο πιθανώς αποδίδονται στην απόρριψη της ερυθράς ιλύος από το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στον κόλπο της Αντίκυρας όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα.
- Η παρατηρούμενη διαφοροποίηση των υπό μελέτη ειδών ως προς το μεταλλικό περιεχόμενο των ιστών αντανακλά αντίστοιχες διαφορές τους ως προς τις τροφικές συνήθειες, το ρυθμό αύξησης, τη φυσιολογία και την οικολογία.
- Η θρεπτική αξία των υπό μελέτη ειδών ως προς τα απαραίτητα στοιχεία Cu, Fe και Zn θεωρήθηκε χαμηλή για την κάλυψη των ημερήσιων διατροφικών αναγκών ως προς αυτά.
- Η συγκέντρωση του Hg ξεπέρασε το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο σε 65,9% και 83% δείγματα μυϊκού ιστού των ειδών *S. canicula* και *S. blainville*, αντίστοιχα. Η συγκέντρωση του Cd στον εδώδιμο ιστό και των δύο ειδών και του Zn μόνο στο *S. blainville* ξεπέρασε τα ανώτατα επιτρεπόμενα επίπεδα σε μικρό αριθμό δειγμάτων, ενώ τα επίπεδα του Cu και Fe βρέθηκαν εντός των ασφαλών ορίων. Η εκτίμηση της ημερήσιας πρόσληψης του Hg (EDI) μέσω της κατανάλωσης των ειδών και η σύγκρισή της με τα διεθνή καθιερωμένα πρότυπα ασφαλείας, την προσωρινή ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (PTDI) και τη συνιστώμενη ημερήσια δόση αναφοράς (RfD) του Hg, έδειξαν ότι η συχνή κατανάλωση των ειδών, και σε μεγαλύτερο βαθμό του *S. blainville*, ενέχει υψηλό τοξικολογικό κίνδυνο για την υγεία ενός μέσου Έλληνα καταναλωτή. Για το λόγο αυτό, η μέγιστη πιθανή εβδομαδιαία κατανάλωση (MPCF) των ειδών *S. canicula* και *S. blainville*, κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Aasen O (1963) Length and growth of the porbeagle (*Lamna nasus* Bonnaterre) in the North West Atlantic. *Fiskeridirektoratets Skrifter: Serie Havunders kelser*, **13**(6), 20–37.
- Abdel-Tawwab M, Mousa MAA, Ahmad MH, Sakr SFM (2007) The use of calcium pre-exposure as a protective agent against environmental copper toxicity for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, **264**, 236–246.
- Abella AJ, Serena F (2005) Comparison of elasmobranch catches from research trawl surveys and commercial landings at Port of Viareggio, Italy, in the Last Decade. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, **35**, 345–356.
- Ache B, Boyle J, Morse C (2000) *A survey of the occurrence of mercury in the fishery resources of the Gulf of Mexico*. Prepared by Battelle for the U.S. EPA Gulf of Mexico Program, Stennis Space Center, Hancock.
- Acosta J, Canals M, López-Martínez J, Muñoz A, Herranz P, Urgeles R *et al.* (2002) The Balearic Promontory geomorphology (western Mediterranean): morphostructure and active processes. *Geomorphology*, **49**, 177–204.
- Acosta J, Canals M, Carbó A, Muñoz A, Urgeles R, Muñoz-Martín A *et al.* (2004) Sea floor morphology and Plio-Quaternary sedimentary cover of the Mallorca Channel, Balearic Islands, western Mediterranean. *Marine Geology*, **206**, 165–179.
- Adams DH, McMichael Jr RH (1999) Mercury levels in four species of sharks from the Atlantic coast of Florida. *Fishery Bulletin*, **97**, 372–390.
- Adams DH, McMichael RH Jr, Henderson GE (2003) *Mercury Levels in Marine and Estuarine Fishes of Florida 1989-2001*. Florida Marine Research Institute Technical Report TR-6, 57 pp. St Petersburg, Florida.
- Adams DH, Sonne C, Basu N, Detz R, Nam D-H, Leifsson PS *et al.* (2010) Mercury contamination in spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*: An assessment of liver, kidney, blood, and nervous system health. *Science on the Total Environment*, **408**, 5808–5816.
- Ahonen H, Harcourt RG, Stow AJ (2009) Nuclear and mitochondrial DNA reveals isolation of imperilled grey nurse shark populations (*Carcharias taurus*). *Molecular Ecology*, **18**, 4409–4421.
- Alcock RE, Behnisch PA, Jones KC, Hagenmaier H (1998) Dioxin-like PCBs in the environment, human exposure and the significance of sources. *Chemosphere*, **37**, 1457–1472.
- Allinson G, Nishikawa M, Laurenson LJB (2002) Metal Concentrations in the Vertebrae of the Dogfish, *Centroscymnus crepidater* (Bocage and Capello) and *Deania calcea* (Lowe). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **68**(3), 444–447.
- Alloway BJ (1995) *Heavy Metals in Soils*. Chapman and Hall, London.
- Alonso MK, Crespo EA, Garcia NA, Pedraza SN, Mariotti PA, Mora NJ (2002) Fishery and ontogenetic driven changes in the diet of the spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in Patagonian waters, Argentina. *Environmental Biology of Fishes*, **63**, 193–202.
- Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ (1990) BLAST: Basic Local Alignment Search Tool. *Journal of Molecular Biology*, **215**, 403–410.
- Amos W, Hoffman JL, Frodsham A, Zhang L, Best S, Hill AVS (2007) Automated binning of microsatellite alleles: problems and solutions. *Molecular Ecology Notes*, **7**, 10–14.
- Andreuccetti P, Iodice M, Prisco M, Gualtieri R (1999) Intercellular bridges between granulosa cells and the oocyte in the elasmobranch *R. asterias*. *Anatomical Record*, **255**, 180–187.
- Antonijevic B, Jankovic S, Curcic M, Durgo K, Stokic E, Srdic B *et al.* (2011) Risk characterization for mercury, dichlorodiphenyltrichloroethane and polychlorinated biphenyls associated with fish consumption in Serbia. *Food and Chemical Toxicology*, **49**(10), 2586–2593.
- Aquadro CF, Greenberg BD (1983) Human mitochondrial DNA variation and evolution: analysis of nucleotide sequences from seven individuals. *Genetics*, **103**, 278–312.
- Armstrong FAJ (1979) Effects of mercury compounds on fish. In: *The Biogeochemistry of Mercury in the Environment* (ed Nriagu JO), pp. 657–670. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, New York.
- Arthur DR (1950) Abnormalities in the sexual apparatus of the common dogfish (*Scyliorhinus canicula*). *Proceedings of the Linnaean Society of London*, **162**, 52–56.
- Ashburner M (1991) Mapping insect genomes. In: *Insect Molecular Science* (eds Crampton JM, Eggleston P), pp. 51–75. Academic Press, London.
- Ashe JL, Feldheim KA, Fields AT, Reyier EA, Brooks EJ, O'Connell MT *et al.* (2015) Local population structure and context-dependent isolation by distance in a large coastal shark. *Marine Ecology Progress Series*, **520**, 203–216.
- Atli G, Canli M (2003) Natural occurrence of metallothionein-like proteins in the liver of fish *Oreochromis niloticus* and effects of cadmium, lead, copper, zinc, and iron exposures on their profiles. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **70**, 619–627.
- Attucci A, Orefice G, Paone A (1986) Contaminazione da mercurio in alcune specie di Squali freschi comunitaria. *Archivio Veterinario Italiana*, **37**, 29–32.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Au DWT (2004) The application of histocytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review. *Marine Pollution Bulletin*, **48**, 817–834.
- Avise JC (1991) Ten unorthodox perspectives on evolution prompted by comparative population genetic findings on mitochondrial DNA. *Annual Review of Genetics*, **25**, 45–69.
- Avise JC (2000) *Phylogeography: The history and formation of species*. Harvard University Press, Cambridge.
- Avise JC (2004) *Molecular markers, Natural History and Evolution*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Avise JC, Arnold J, Ball RM, Bermingham E, Lamb T, Neigel JE *et al.* (1987) Intraspecific Phylogeography: The Mitochondrial DNA Bridge Between Population Genetics and Systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **18**, 489–522.
- Avsar D (2001) Age, growth, reproduction and feeding of the spurdog (*Squalus acanthias* Linnaeus, 1758) in the South-eastern Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **52**, 269–278.
- Awadalla P, Eyre-Walker A, Maynard Smith J (1999) Linkage disequilibrium and recombination in hominid mitochondrial DNA. *Science*, **286**, 2524–2525.
- B**acci E (1989) Mercury in the Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, **20**, 59–63.
- Bagenal TB, Tesch AT (1978) *Conditions and Growth Patterns in Fresh Water Habitats*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bagnyukova TV, Chahrak OI, Lushchak VI (2006) Coordinated response of gold fish antioxidant defenses to environmental stress. *Aquatic Toxicology*, **78**, 325–331.
- Baird SK, Kurz T, Brunk UT (2006) Metallothionein protects against oxidative stress-induced lysosomal destabilization. *The Biochemical Journal*, **394**, 275–283.
- Baker RTM, Martin P, Davies SJ (1997) Ingestion of sub-lethal levels of iron sulphate by African catfish affects growth and tissue lipid peroxidation. *Aquatic Toxicology*, **40**, 51–61.
- Baldisserotto B, Kamunde C, Matsuo A, Wood CM (2004) A protective effect of dietary calcium against acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, **67**, 57–73.
- Baldrige HD Jr (1970) Sinking factors and average densities of Florida sharks as functions of liver buoyancy. *Copeia*, **1970**, 744–754.
- Balshaw S, Edwards JW, Ross KE, Daughtry BJ (2008) Mercury distribution in the muscular tissue of farmed southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) is inversely related to the lipid content of tissue. *Food Chemistry*, **111**, 616–621.
- Bandelt HJ, Forster P, Rohlf A (1999) Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, **16**, 37–48.
- Barker MJ, Schluessel V (2005) Managing global shark fisheries: suggestions for prioritizing management strategies. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **15**, 325–347.
- Barone M, De Ranieri S, Fabiani O, Pirone A, Serena F (2007) Gametogenesis and maturity scale of *Raja asterias* Delaroché, 1809 (Chondrichthyes, Rajidae) from the South Ligurian Sea. *Hydrobiologia*, **580**, 245–254.
- Barrera-García A, O'Hara T, Galván-Magaña F, Méndez-Rodríguez LC, Castellini JM, Zenteno-Savín T (2012) Oxidative stress indicators and trace elements in the blue shark (*Prionace glauca*) off the east coast of the Mexican Pacific Ocean. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, **156**, 59–66.
- Barrera-García A, O'Hara T, Galván-Magaña F, Méndez-Rodríguez LC, Castellini JM, Zenteno-Savín T (2013) Trace elements and oxidative stress indicators in the liver and kidney of the blue shark (*Prionace glauca*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, **165**(4), 483–490.
- Barron MG (1990) Bioconcentration. *Environmental Science and Technology*, **24**, 1612–1618.
- Barrull J, Mate I (2001) First confirmed record of angular rough shark *Oxynotus centrina* (Linnaeus 1758) predation on shark egg case of small-spotted cat shark *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus 1758) in Mediterranean waters. *Annales, Series Historia Naturalis*, **11**(1), 23–28.
- Bas C (1964) Aspectos del crecimiento relativo de *Scyliorhinus canicula*. *Investigacion Pesquera*, **27**, 3–12.
- Batley GE (1989) *Trace Element Speciation: Analytical Methods and Problems*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Bauman JW, Liu J, Klaassen CD (1993) Production of Metallothionein and Heat-Shock Proteins in Response to Metals. *Fundamental and Applied Toxicology*, **21**, 15–22.
- Beamish RJ, Fournier DA (1981) A method for comparing the precision of a set of 744 age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**, 982–983.
- Beamish RJ, McFarlane GA (1983) The forgotten requirement for validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society*, **112**, 735–743.
- Beamish RJ, McFarlane GA (1985) Annulus development on the second dorsal spine of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and its validity for age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**(11), 1799–1805.
- Beamish RJ, McFarlane GA (2000) Reevaluation of the interpretation of annuli from otoliths of a long-lived fish, *Anoplopoma fimbria*. *Fisheries Research*, **46**, 105–111.
- Begg GA, Waldman JR (1999) An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, **43**, 35–44.
- Beheregaray LB (2008) Twenty years of phylogeography: the state of the field and the challenges for the Southern Hemisphere. *Molecular Ecology*, **17**, 3754–3774.
- Behra R (1993) In vitro effects of cadmium, zinc and lead on calmodulin-dependent actions in *Oncorhynchus mykiss*, *Mytilus sp.*, and *Chlamydomonas reinhardtii*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **24**, 21–27.
- Belkhir K, Borsa P, Chikhi L, Raufaste N, Bonhomme F (2004) *GENETIX, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations*. Laboratoire Génome, Populations, Montpellier, France, Interactions CBRS UMR 5000.
- Bellan-Santini D, Lacaze JC, Poizat C (1994) *Les biocénoses marines et littorales de la Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

- Benavides MT, Feldheim KA, Duffy CA, Wintner S, Braccini JM, Boomer J *et al.* (2011a) Phylogeography of the copper shark (*Carcharhinus brachyurus*) in the southern hemisphere: implications for the conservation of a coastal apex predator. *Marine and Freshwater Research*, **62**, 861–869.
- Benavides MT, Horn RL, Feldheim KA, Shivji MS, Clarke SC, Wintner S *et al.* (2011b) Global phylogeography of the dusky shark *Carcharhinus obscurus*: implications for fisheries management and monitoring the shark fin trade. *Endangered Species Research*, **14**, 13–22.
- Bendall VA, Barber JL, Papachlimitzou A, Bolam T, Warford L, Hetherington SJ *et al.* (2014) Organohalogen contaminants and trace metals in North-East Atlantic porbeagle shark (*Lamna nasus*). *Marine Pollution Bulletin*, **85**(1), 280–286.
- Benjamini Y, Hochberg Y (1995) Controlling the False Discovery Rate: a Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, **57**, 289–300.
- Benoit JM, Gilmour CC, Heyes A, Mason RP, Miller CL (2003) Geochemical and biological controls over methylmercury production and degradation in aquatic ecosystems. In: *Biogeochemistry of Environmentally Important Trace Elements*. ACS Symposium Series 835, pp. 262–297. American Chemical Society, Washington DC.
- Benson DA, Cavanaugh M, Clark K, Karsch-Mizrachi I, Lipman DJ, Ostell J *et al.* (2013) GenBank. *Nucleic Acids Research*, **40**, 48–53.
- Bentzen PW, Leggett C, Brown GG (1988) Length and restriction site heteroplasmy in the mitochondrial DNA of American shad (*Alosa sapidissima*). *Genetics*, **118**, 509–518.
- Berg J (1979) Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Marine Biology*, **50**, 263–273.
- Berik N, Kahraman D (2012) Element contents of spiny dogfish (*Squalus acanthias* L., 1758) from the Marmara sea (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, **21**(2), 276–281.
- Bernardi G, Powers DA (1992) Molecular phylogeny of the prickly shark, *Echinorhinus cookei*, based on a nuclear (18S rRNA) and a mitochondrial (cytochrome *b*) gene. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **1**, 161–167.
- Beverton RJH, Holt SJ (1957) *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*. U.K. Min. Agric. Fish. Fish. Invest. (Series 2), 19, 533 pp.
- Bhat UN, Khan AB (2011) Heavy metals: An ambiguous category of inorganic contaminants, nutrients and toxins. *Research Journal of Environmental Sciences*, **5**(8), 682–690.
- Bianchi CN, Morri C (2000) Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, **40**, 367–376.
- Biessi B (1994) *Les requins et les raies dans les pêcheries françaises. Mémoire Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations*. Université Pierre et Marie Curie.
- Blackburn DC, Measey GJ (2009) Dispersal to or from an African biodiversity hotspot? *Molecular Ecology*, **18**, 1904–1915.
- Bloom NS (1992) On the chemical form of mercury in edible fish and marine invertebrate tissue. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **49**, 1010–1017.
- Blower DC, Pandolfi JM, Gomez Cabrera M, Bruce BD, Ovenden JR (2012) Population genetics of Australian white sharks reveals fine-scale spatial structure, transoceanic dispersal events and low effective population sizes. *Marine Ecology Progress Series*, **455**, 229–244.
- Boening DW (2000) Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*, **40**, 1335–1351.
- Bok TD, Gokturk D, Kahraman AE, Alicli TZ, Acun T, Ates C (2011) Length-weight relationships of 34 fish species from the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **10**, 3037–3042.
- Bonwick GA, Vas P, Fieldens PR, Gordon JDM (1990) Metallothionein-like proteins in the livers of squaloid and carcharhinid sharks. *Marine Pollution Bulletin*, **21**, 567–570.
- Boomer JJ, Stow AJ (2010) Rapid isolation of the first set of polymorphic microsatellite loci from the Australian gummy shark, *Mustelus antarcticus* and their utility across divergent shark taxa. *Conservation Genetics Resources*, **2**, 393–395.
- Borges TC, Olim S, Erzini K (2003) Weight–length relationships for fish species discarded in commercial fisheries of the Algarve (southern Portugal). *Journal of Applied Ichthyology*, **19**, 394–396.
- Bornatowski H, Braga RR, Vitule JRS (2013) Shark mislabeling threatens biodiversity. *Science*, **340**, 923–923.
- Borrero-Pérez GH, González-Wangüemert M, Marcos C, Pérez-Ruzafa A (2011) Phylogeography of the Atlanto-Mediterranean sea cucumber *Holothuria (Holothuria) mammata*: the combined effects of historical processes and current oceanographical pattern. *Molecular Ecology*, **20**, 1964–1975.
- Bosch AC, Sigge GO, Kerwath SE, Cawthorn DM, Hoffman LC (2013) The effects of gender, size and life-cycle stage on the chemical composition of smoothhound (*Mustelus mustelus*) meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **93**, 2384–2392.
- Bottari T, Busalacchi B, Profeta A, Mancuso M, Giordano D, Rinelli P (2014) Elasmobranch Distribution and Assemblages in the Southern Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean). *Journal of Aquaculture Research and Development*, **5**, 216.
- Bouchet P, Taviani M (1992) The Mediterranean deep-sea fauna. Pseudopopulations of Atlantic species? *Deep-Sea Research*, **39**(2), 169–184.
- Boudou A, Ribeyre F (1997) Mercury in the food web: accumulation and transfer mechanisms. In: *Mercury and Its Effects on Environment and Biology. Metal Ions in Biological Systems* (eds Sigel H, Sigel A), vol. 34, pp. 289–319. Dekker, New York.
- Bourgois F, Farina L (1961) Les essais de chalutage au large des côtes tunisiennes. Rapport EPTA, 1910, FAO.
- Boush G, Thieleke JR (1983) Mercury content in sharks. *Bulletin of Environmental Contaminants and Toxicology*, **30**, 284–290.
- Bowen SH (1996) Quantitative description of the diet. In: *Fisheries Techniques* (eds Murphy BR, Willis DW), pp. 513–532. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bowman RE, Bowman EW (1980) Diurnal variation in the feeding intensity and catchability of silver hake (*Merluccius bilinearis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **37**, 1565–1572.
- Bozzano A, Murgia AR, Vallerga S, Hirano J, Archer S (2001) The photoreceptor system in the retinae of two dogfishes, *Scyliorhinus canicula* and *Galeus melastomus*: Possible relationship with depth distribution and predatory lifestyle. *Journal of Fish Biology*, **59**, 1258–1278.
- Bradai MN, Saidi B, Enajjar S (2012) *Elasmobranchs of the Mediterranean and Black Sea: status, ecology and biology. Bibliographic analysis. Studies and Reviews*. General Fisheries Commission for the Mediterranean and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. No. 91, 103 pp.
- Bradley D, Gaines SD (2014) Counting the cost of overfishing on sharks and rays. *Elife*, **3**, e02199. DOI: 10.7554/eLife.02199.
- Branco V, Canário J, Vale C, Raimundo J, Reis C (2004) Total and organic mercury concentrations in muscle tissue of the blue shark (*Prionace glauca* L. 1758) from the Northeast Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, **49**, 854–874.
- Branco V, Vale C, Canário J, dos Santos MN (2007) Mercury and selenium in blue shark (*Prionace glauca*, L. 1758) and swordfish (*Xiphias gladius*, L. 1758) from two areas of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, **150**, 373–380.
- Brough J (1937) On certain secondary sexual characters in the common dogfish (*Scyliorhinus caniculus*). *Proceedings of the Zoological Society of London*, **107**, 217–222.
- Brown WM (1983) Evolution of animal mitochondrial DNA. In: *Evolution of Genes and Proteins* (eds Nei M, Koehn RK), pp. 62–68. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Brown WM (1985) The mitochondrial genome of animals. In: *Molecular Evolutionary Genetics* (ed MacIntyre RD), pp. 95–130. Plenum, New York.
- Brown WM, George M, Wilson AC (1979) Rapid evolution of mitochondrial DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, **76**, 1967–1971.
- Brown WM, Prager EM, Wang A, Wilson AC (1982) Mitochondrial DNA sequences of primates: tempo and mode of evolution. *Journal of Molecular Evolution*, **18**, 225–239.
- Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK (2011) A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, **3**, 52–70.
- Brungs WA (1969) Chronic toxicity of zinc to the fathead minnow *Pimephales promelas* Rafinesque. *Transactions of the American Fisheries Society*, **98**, 272–279.
- Bubley WJ, Kneebone J, Sulikowski JA, Tsang PCW (2012) Reassessment of spiny dogfish *Squalus acanthias* age and growth using vertebrae and dorsal-fin spines. *Journal of Fish Biology*, **80**(5), 1300–1319.
- Budker P (1958) La viviparité chez les sélachiens. In: *Traité de Zoologie: Anatomie, Systematique, Biologie* (ed Grassé PP), pp. 1755–1790. Maison et Cie Editeurs Libraires de l'Académie de Médecine, Paris.
- Burger J, Jeitner C, Gochfeld M (2011) Locational differences in mercury and selenium levels in 19 species of saltwater fish from New Jersey. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **74**(13), 863–874.
- Burzynski A, Zbawicka M, Skibinski DOF, Wenne R (2003) Evidence for recombination of mtDNA in the marine mussel *Mytilus trossulus* from the Baltic. *Molecular Biology and Evolution*, **20**, 388–392.
- Bustamante P, Caurant F, Fowler SW, Miramand P (1998) Cephalopods as a vector for the transfer of cadmium to top marine predators in the north-east Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment*, **220**, 71–80.
- Butcher DJ, Sneddon J (1998) A Practical guide to graphite furnace atomic absorption spectrometry. In: *Chemical Analysis, A Series of Monographs on Analytical Chemistry and its Applications* (ed Winefordner JD), vol. 149, pp. 15–17, 40–92. John Wiley and Sons Inc., Canada.
- C**ai Y, Rooker JR, Gill GA, Turner J P (2007) Bioaccumulation of mercury in pelagic fishes from the northern Gulf of California. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **64**, 458–469.
- Cailliet GM (1990) Elasmobranch age determination and verification: an updated review. In: *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries* (eds Pratt HL Jr, Gruber S, Taniuchi T), vol. 90, pp. 157–165. NOAA Technical Report, NMFS, Washington DC.
- Cailliet GM, Goldman KT (2004) Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), pp. 399–448. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Cailliet GM, Radtke RL, Welden BA (1986) Elasmobranch age determination and verification: a review. In: *Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes* (eds Uyeno T, Arai R, Taniuchi T, Matsuura K), pp. 345–359. Ichthyological Society of Japan, Tokyo.
- Cailliet GM, Smith W, Mollet H, Goldman K (2006) Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes*, **77**, 211–228.
- Campana SE (2001) Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, **59**, 197–242.
- Campana SE, Annand MC, McMillan JI (1995) Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Transactions of the American Fisheries Society*, **124**, 131–138.
- Campana SE, Jones C, McFarlane GA, Myklevoll S (2006) Bomb dating and age validation using the spines of spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Environmental Biology of Fishes*, **77**, 327–336.
- Campana SE, Gibson JF, Marks L, Joyce W, Rulifson R, Dadswell M (2007) *Stock Structure, Life History, Fishery and Abundance Indices for Spiny Dogfish (Squalus acanthias) in Atlantic Canada*. Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2007–2089.

- Campana SE, Joyce W, Kulka DW (2009) Growth and reproduction of spiny dogfish off the eastern coast of Canada, including inferences on stock structure. In: *Biology and Management of Dogfish Sharks* (eds Gallucci VF, McFarlane GA, Bargmann GG), pp. 195–208. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Candelmo AC, Deshpande A, Dockum B, Weis P, Weis JS (2010) The effect of contaminated prey on feeding, activity, and growth of young-of-the-year bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in the laboratory. *Estuaries Coasts*, **33**, 1025–1038.
- Cannizzaro L, Rizzo P, Levi D, Gancitano S (1995) Age determination and growth of *Squalus blainvillei* (Risso 1826). *Fisheries Research*, **23**, 113–125.
- Capapé C (1974) Contribution a la biologie des Scyliorhinidae des cotes Tunisiennes. *Annales de L'Institut Michel Pacha*, **7**, 13–29.
- Capapé C (1975) Etude du regime alimentaire de *Squalus blainvillei* (Risso, 1826) des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, **4**, 61–73.
- Capapé C (1977) Contribution à la biologie des Scyliorhinidae des côtes tunisiennes. I. *Scyliorhinus canicula* (Linné, 1758): répartition géographique et bathymétrique, sexualité, reproduction, fécondité. *Bulletin Office National Pêche Tunisie*, **1**(1), 83–101.
- Capapé C (1985) Nouvelle description de *Centrophorus granulosus* (Schneider, 1801) (Pisces, Squalidae). Données sur la biologie et le régime alimentaire des spécimens des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, **12**, 97–141.
- Capapé C, Tomasini JA, Bouchereau JL (1991) Observations sur la biologie de la reproduction de la petite rousette *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Scyliorhinidae) du Golfe du Lion (France Méridionale). *Ichthyophysiology Acta*, **14**, 87–109.
- Capapé C, Guélorget O, Reynaud C, Marquès A, Bouchereau JL, Zaouali J (2003) Effects of reproductive factors on interrelationships among three deep water sharks from northern Tunisia (Central Mediterranean). *Annales, Series Historia Naturalis*, **13**(2), 109–120.
- Capapé C, Guélorget O, Siau Y, Vergne Y, Quignard JP (2007) Reproductive biology of the thornback ray *Raja clavata* L., 1758, (Chondrichthyes: Rajidae) from the coast of Languedoc (Southern France, Northern Mediterranean). *Vie Milieu*, **57**(1–2), 83–90.
- Capapé C, Vergne Y, Reynaud C, Guélorget O, Quignard JP (2008a) Maturity, fecundity and occurrence of the smallspotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) off the Languedocian coast (Southern France, North-Western Mediterranean). *Vie et milieu-Life and Environment*, **58**(1), 47–55.
- Capapé C, Reynaud C, Vergne Y, Quignard JP (2008b) Biological observations on the smallspotted catshark *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) off the Languedocian coast (southern France, northern Mediterranean). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **3**(3), 282–289.
- Capapé C, Mnasri-Sioudi N, El Kamel-Moutalibibi O, Boumaïza M, Ben Amor MM, Reynaud C (2014) Production, maturity, reproductive cycle and fecundity of small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) from the Northern Coast of Tunisia (Central Mediterranean). *Journal of Ichthyology*, **54**(1), 111–126.
- Caputi N, Edmonds JS, Heald DI (1979) Mercury contents of sharks from south-western Australian waters. *Marine Pollution Bulletin*, **10**, 337–340.
- Carbonell A, Alemany F, Merella P, Quetglas A, Román E (2003) The by-catch of sharks in the western Mediterranean (Balearic Islands) trawl fishery. *Fisheries Research*, **61**, 7–18.
- Cardeñosa D, Hyde J, Caballero S (2014) Genetic diversity and population structure of the pelagic thresher shark (*Alopias pelagicus*) in the Pacific Ocean: evidence for two evolutionarily significant units. *PLoS ONE*, **9**(10), e110193.
- Cardinale M, Osio GC (2013) State of fish stocks and fisheries in European waters: Status of Mediterranean and Black Sea resources in European waters in 2013. European Commission, JRC. Available at http://www.ec.europa.eu/fisheries/news_and_events/events/20130917/index_en.htm.
- Carlson JK, Goldman KJ, Lowe CG (2004) Metabolism, energetic demand and endothermy. In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), pp. 203–224. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Carlucci R, Capezzuto F, Battista D, Panza M, Sion L (2010) Occurrence of juveniles of *Scyliorhinus canicula* and *Mustelus mustelus* in the north-western Ionian Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, **17**(1), 244–245.
- Carrier JC, Pratt HL Jr, Castro JI (2004) Reproductive Biology of Elasmobranchs In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), pp. 269–286. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Cascaes MJ, Oliveira RT, Ubarana MM, Sato RM, Baldassin P, Colabuono FI *et al.* (2014) Persistent organic pollutants in liver of Brazilian sharpnose shark (*Rhizoprionodon landanui*) from southeastern coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, **86**(1–2), 591–593.
- Casey JM, Myers RA (1998) Near extinction of a large, widely distributed fish. *Science*, **281**, 690–692.
- Castillo-Olguín E, Uribe-Alcocer M, Díaz-Jaimes P (2012) Assessment of the population genetic structure of *Sphyrna lewini* to identify conservation units in the Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*, **38**(4), 635–652.
- Castro JI (1993) The biology of the finetooth shark, *Carcharhinus isodon*. *Environmental Biology of Fishes*, **36**, 219–232.
- Castro A (2009) *Use of molecular tools on surveys of genetic variation and population structure in three species of sharks*. Ph.D. thesis, University of South Florida, Tampa, United States of America.
- Castro JI, Bubucis PM, Overstrom NA (1988) The reproductive biology of the chain dogfish, *Scyliorhinus retifer*. *Copeia*, **3**, 740–746.
- Castro ALF, Stewart BS, Wilson SG, Hueter RE, Meekan MG, Motta PJ *et al.* (2007) Population genetic structure of Earth's largest fish, the whale shark (*Rhincodon typus*). *Molecular Ecology*, **16**, 5183–5192.
- Catsiki VA, Stroglyoudi E (1999) Survey of metal levels in common fish species from Greek waters. *Science of the Total Environment*, **237**, 387–400.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Catsiki VA, Stroglyoudi E (2000) *Variability and correlations of bioaccumulated metals in tissues of the benthic fish Mullus barbatus*. Sixth Panhellenic Symposium of Oceanography and Fisheries, Chios.
- Cavanagh RD, Gibson C (2007) *Overview of the conservation status of cartilaginous fishes (Chondrichthyan) in the Mediterranean Sea*. Gland, Switzerland and Malaga, Spain. vi + 42 pp.
- Chabot CL (2012) Characterization of 11 microsatellite loci for the brown smooth-hound shark, *Mustelus henlei* (Triakidae), discovered with next-generation sequencing. *Conservation Genetics Resources*, **4**, 23–25.
- Chabot CL, Allen LG (2009) Global population structure of the tope (*Galeorhinus galeus*) inferred by mitochondrial control region sequence data. *Molecular Ecology*, **18**, 545–552.
- Chabot CL, Nigenda S (2011) Characterization of 13 microsatellite loci for the tope shark, *Galeorhinus galeus*, discovered with next-generation sequencing and their utility for eastern Pacific smooth-hound sharks (*Mustelus*). *Conservation Genetics Resources*, **3**, 553–555.
- Chang WYB (1982) A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39**, 1208–1210.
- Chapman DD, Prodöhl PA, Gelsleichter J, Manire CA, Shivji MS (2004) Predominance of genetic monogamy by females in a hammerhead shark, *Sphyrna tiburo*: implications for shark conservation. *Molecular Ecology*, **13**, 1965–1974.
- Chapman DD, Pinhal D, Shivji MS (2009) Tracking the fin trade: genetic stock identification in western Atlantic scalloped hammerhead sharks *Sphyrna lewini*. *Endangered Species Research*, **9**, 221–228.
- Chatwal GR, Anand S (1979) *Instrumental Methods of Chemical Analysis*. Himalaya Publishing House, Mumbai, India.
- Chen C, Taniuchi Y, Nose Y (1979) Blainville's dogfish, *Squalus blainvillei* from Japan, with notes on *S. mitsukurii* and *S. japonicus*. *Japanese Journal of Ichthyology*, **26**(1), 26–42.
- Chen CT, Huang SY, Lee SC (2001) Genetic variation between populations of starspotted dogfish *Mustelus manazo* in central Japan and northern Taiwan. *Fisheries Science*, **67**, 30–35.
- Chevolot M, Reusch TBH, Boele-Bos S, Stam WT, Olsen JL (2005) Characterization and isolation of DNA microsatellite primers in *Raja clavata* L. (thornback ray, Rajidae). *Molecular Ecology Notes*, **5**, 427–429.
- Chevolot M, Hoarau G, Rijnsdorp AD, Stam WT, Olsen JL (2006) Phylogeography and population structure of thornback rays (*Raja clavata* L., Rajidae). *Molecular Ecology*, **15**, 3693–3705.
- Chevolot M, Wolfs PHJ, Pálsson J, Rijnsdorp AD, Stam WT, Olsen JL (2007) Population structure and historical demography of the thorny skate (*Amblyraja radiata*, Rajidae) in the North Atlantic. *Marine Biology*, **151**, 1275–1286.
- Childs EA, Gaffke JN (1973) Mercury content of Oregon groundfish. *Fishery Bulletin*, **71**, 713–717.
- Cho YS, Choi BN, Ha EM, Kim KH, Kim SK, Kim DS *et al.* (2005) Shark (*Scyliorhinus torazame*) metallothionein: cDNA cloning, genomic sequence, and expression analysis. *Marine Biotechnology*, **7**, 350–362.
- Chyb J, Kime DE, Mikołajczyk T, Szczerbik P, Epleret P (2000) The influence of zinc on sperm motility of common carp—computer assisted studies. *Archives of Polish Fisheries*, **8**, 5–14.
- Cihangir B, Ünlüoğlu A, Mümtaz Tıraşın E (1997) *Distribution and some biological aspects of the lesser spotted dogfish (Chondrichthyes, Scyliorhinus canicula, L., 1758) from the northern Aegean Sea (in Turkish)*. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, 9–11 Nisan-İzmir, pp. 585–603.
- Clark G (1981) *Staining Procedures*. 4th edition. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Clarke KR, Gorley RN (2006) *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke MW, Irvine SB (2006) Terminology for the ageing of chondrichthyan fish using dorsal-fin spines. *Environmental Biology of Fishes*, **77**, 273–277.
- Clarke KR, Warwick RM (1994) *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, United Kingdom.
- Clarke MW, Connolly PL, Bracken JJ (2002a) Age estimation of the exploited deepwater shark *Centrophorus squamosus* from the continental slopes of the Rockall Trough and Porcupine Bank. *Journal of Fish Biology*, **60**, 501–514.
- Clarke MW, Connolly PL, Bracken JJ (2002b) Catch, discarding, age estimation, growth and maturity of the squalid shark *Deania calceus* west and north of Ireland. *Fisheries Research*, **56**, 139–153.
- Clarke SC, McAllister MK, Milner-Gulland EJ, Kirkwood GP, Michielsens CGJ, Agnew DJ *et al.* (2006) Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology Letters*, **9**, 1115–1126.
- Clarke SC, Milner-Gulland EJ, Bjørndal T (2007) Social, economic and regulatory drivers of the shark fin trade. *Marine Resource Economics*, **22**, 305–327.
- Clarke CR, Karl SA, Horn RL, Bernard AM, Lea JS, Hazin FH *et al.* (2015) Global mitochondrial DNA phylogeography and population structure of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*. *Marine Biology*, DOI: 10.1007/s00227-015-2636-6.
- Clayton JW (1981) The stock concept and the uncoupling of organismal and molecular evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**, 1515–1522.
- Clayton DA (1991) Replication and transcription of vertebrate mitochondrial DNA. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, **7**, 453–478.
- Clevenger WL, Smith BW, Winefordner JD (1997) Trace determination of mercury: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, **27**(1), 1–26.
- Coelho R, Erzini K (2007) Population parameters of the smooth lanternshark, *Etmopterus pusillus*, in southern Portugal (NE Atlantic). *Fisheries Research*, **86**, 42–57.
- Coelho R, Erzini K (2008) Life history of a wide-ranging deepwater lantern shark in the north-east Atlantic, *Etmopterus spinax* (Chondrichthyes: Etmopteridae), with implications for conservation. *Journal of Fish Biology*, **73**, 1419–1443.
- Coelho R, Erzini K (2010) Depth distribution of the velvet belly, *Etmopterus spinax*, in relation to growth and reproductive cycle: The case study of a deep water lantern shark with a wide-ranging critical habitat. *Marine Biology Research*, **6**, 381–389.

- Coelho JP, Santos H, Reis AT, Falcão J, Rodrigues ET, Pereira ME *et al.* (2010) Mercury bioaccumulation in the spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) from the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, **60**, 1372–1375.
- Collenot G (1966) Observations relatives au développement au laboratoire d'embryons et d'individus juvéniles de *Scyliorhinus canicula* L. *Cahiers de Biologie Marine*, **7**, 319–330.
- Colonello JH, Lucifora LO, Massa AM (2007) Reproduction of the angular shark (*Squatina guggenheim*): geographic differences, reproductive cycle, and sexual dimorphism. *ICES Journal of Marine Science*, **64**(1), 131–140.
- Compagno LJV (1984a) FAO species catalogue. Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part I. Hexanchiformes to Lamniformes. *FAO Fisheries Synopsis*, **4**, 109–123.
- Compagno LJV (1984b) FAO species catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carchariniiformes. *FAO Fisheries Synopsis*, **4**, 251–265.
- Compagno LJV (1990) Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes*, **28**, 33–75.
- Compagno LJV (1999) Systematics and Body Form. In: *Sharks, Skates and Rays-The Biology of Elasmobranch Fish* (ed Hamlett WC), pp.1–42. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Compagno LJV, Dando M, Fowler S (2005) *Sharks of the World*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Company R, Felícia H, Serafim A, Almeida AJ, Biscoito M, Bebianno MJ (2010) Metal concentrations and metallothionein-like protein levels in deep-sea fishes captured near hydrothermal vents in the Mid-Atlantic Ridge off Azores. *Deep-Sea Research I*, **57**, 893–908.
- Conrath CL, Musick JA (2012) Reproductive biology of elasmobranchs. In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), 2nd edition, pp. 291–312. CRC Press, New York.
- Conrath CL, Gelsleichter J, Musick JA (2002) Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the northwest Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, **100**, 674–682.
- Coolen M, Menuet A, Chassoux D, Compagnucci C, Henry S, Lévêque L *et al.* (2009) The dogfish *Scyliorhinus canicula*, a reference in jawed vertebrates. In: *Emerging Model Organisms, A Laboratory Manual* (eds Benhriger RR, Johnson AD, Krumlauf RE), pp. 431–446. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- Cornish AS, Ng WC, Ho VCM, Wong HL, Lam JCW, Lam PKS *et al.* (2007) Trace metals and organochlorines in the bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum* from the southern waters of Hong Kong, China. *Science of the Total Environment*, **376**(1–3), 335–345.
- Cornuet JM, Luikart G (1996) Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. *Genetics*, **144**, 2001–2014.
- Correia JP, Figueiredo IM (1997) A modified decalcification technique for enhancing growth bands in deepconed vertebrae of elasmobranchs. *Environmental Biology of Fishes*, **50**, 225–230.
- Corrigan S, Huvneers C, Schwartz TS, Harcourt RG, Beheregaray LB (2008) Genetic and reproductive evidence for two species of ornate wobbegong shark *Orectolobus* spp. on the Australian east coast. *Journal of Fish Biology*, **73**, 1662–1675.
- Corsolini S, Ancora S, Bianchi N, Mariotti G, Leonzio C, Christiansen JS (2014) Organotropism of persistent organic pollutants and heavy metals in the Greenland shark *Somniosus microcephalus* in NE Greenland. *Marine Pollution Bulletin*, **87**(1–2), 381–387.
- Cortés E (1999) Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*, **56**, 707–717.
- Cortés E (2000) Life History Patterns and Correlates in Sharks. *Reviews in Fisheries Science*, **8**(4), 299–344.
- Cossa D, Coquery M (2005) The Mediterranean mercury anomaly, a geochemical or a biological issue. In: *The Handbook of Environmental Chemistry* (ed Salio A), vol. 5, pp. 177–208. Springer, Berlin.
- Cossa D, Averty B, Pirrone N (2009) The origin of methylmercury in open Mediterranean waters. *Limnology and Oceanography*, **54**(3), 837–844.
- Cossa D, Harmelin-Vivien M, Mellon-Duval C, Loizeau V, Averty B, Crochet S *et al.* (2012) Influence of bioavailability, trophic position, and growth on methylmercury in hakes (*Merluccius merluccius*) from Northwestern Mediterranean and Northeast Atlantic. *Environmental Science and Technology*, **46**, 4885–4893.
- Cosson RP, Amiard-Triquet C, Amiard JC (1991) Metallothioneins and detoxification. Is the use of detoxication protein for MTs a language abuse? *Water, Air and Soil Pollution*, **57–58**, 555–567.
- Costa FO, Landi M, Martins R, Costa MH, Costa ME, Carneiro M *et al.* (2012) A ranking system for reference libraries of DNA barcodes: application to marine fish species from Portugal. *PLoS ONE*, **7**, e35858.
- Cotton FA, Wilkinson G (1988) *Advanced Inorganic Chemistry: a comprehensive text*. John Wiley and Sons, New York.
- Cotton CF, Grubbs RD, Daly-Engel TS, Lynch PD, Musick JA (2011) Age, growth and reproduction of a common deep-water shark, shortspine spurdog (*Squalus cf. mitsukurii*) from Hawaiian waters. *Marine and Freshwater Research*, **62**, 811–822.
- Cox PA (1995) *The Elements on Earth: Inorganic Chemistry in the Environment*. Oxford University Press, New York.
- Craik JCA (1978) An annual cycle of vitellogenesis in the elasmobranch *Scyliorhinus canicula*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **58**, 719–726.
- Crandall CA, Goodnight CJ (1963) The effects of sublethal concentrations of several toxicants to the common guppy *Lebistes reticulatus*. *Transactions of the American Microscopical Society*, **82**, 59–73.
- Crespo S, Flos R, Balasch J, Alonso G (1979) Zinc in the gills of dogfish (*Scyliorhinus canicula*) related to experimental aquatic zinc pollution. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, **88**, 261–266.
- Cresson P, Fabri MC, Bouchouca M, Brach Papa C, Chavanon F, Jadaud A *et al.* (2014) Mercury in organisms from the Northwestern Mediterranean slope: Importance of food sources. *Science of the Total Environment*, **497–498**, 229–238.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Crooks N, Waring CP (2013a) A study into the sexual dimorphisms of the Ampullae of Lorenzini in the lesser-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). *Environmental Biology of Fishes*, **96**(5), 585–590.
- Crooks N, Waring CP (2013b) Sexual dimorphisms in the dermal structure of the lesser-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). *Acta Zoologica*, **94**, 331–334.
- Crooks N, Babey L, Haddon WJ, Love AC, Waring CP (2013) Sexual dimorphisms in the dermal denticles of the lesser-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). *PLoS ONE*, **8**(10), e76887.
- Cuadrado C, Kumpulainen J, Moreiras O (1995) Lead, cadmium and mercury contents in average Spanish market basket diets from Galicia, Valencia, Andalucía and Madrid. *Food Additives and Contaminants*, **12**, 107–118.
- Cumont G, Viallex G, Lellievre H (1972) *Contamination des poissons de mer par la mercure*. Revue Internationale d'Océanographie Médicale, Tome XXVIII, 95–127.
- Cunha RL, Coscia I, Madeira C, Mariani S, Stefanni S, Castilho R (2012) Ancient divergence in the trans-oceanic deep-sea shark *Centroscymnus crepidater*. *PLoS ONE*, **7**(11), e49196.
- Cunningham CW, Collins T (1998) Beyond area relationships: Extinction and recolonization in marine molecular biogeography. In: *Molecular Approaches to Ecology and Evolution* (eds DeSalle R, Schierwate B), pp. 297–322. Birkhauser Verlag, Basel.
- Cutshall N, Holton R (1972) Metals analyses in IDOE baseline samples. In: *Baseline Studies of Pollutants in the Marine Environment* (ed Goldberg C), pp. 67–81. Background Papers for Workshop, Brookhaven Natl. Lab., 24–26 May, IDOE.
- D'Aubert S, Renon P, Cantoni C (1975) Il mercurio negli Squaloidei. *Industria Alimentari*, **14**, 68–71.
- D'Onghia G, Matarrese A, Tursi A, Sion L (1995) Observations on the depth distribution pattern of the small-spotted catshark in the North Aegean Sea. *Journal of Fish Biology*, **47**, 421–426.
- Daiber FC (1960) A technique for age determination in the skate *Raja eglantaria*. *Copeia*, **1960**, 258–260.
- Dakeba RW, McKenzie AD, Lacroix GMA, Cleroux C, Bowe S, Graham RA *et al.* (1993) Survey of arsenic in total diet food composites and estimation of the dietary intake of arsenic by Canadian adults and children. *Journal of the AOAC International*, **76**, 14–25.
- Daly-Engel TS, Grubbs RD, Feldheim KA, Bowen BW, Toonen RJ (2010) Is multiple mating beneficial or unavoidable? Low multiple paternity and genetic diversity in the shortspine spurdog *Squalus mitsukurii*. *Marine Ecology Progress Series*, **403**, 255–267.
- Daly-Engel TS, Seraphin KD, Holland KN, Coffey JP, Nance HA, Toonen RJ *et al.* (2012) Global phylogeography with mixed-marker analysis reveals male-mediated dispersal in the endangered scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *PLoS ONE*, **7**(1), e29986.
- Damalas D, Vassilopoulou V (2011) Chondrichthyan by-catch and discards in the demersal trawl fishery of the central Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *Fisheries Research*, **108**(1), 142–152.
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R, Posada D (2012) jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, **9**(8), 772.
- Das K, Debacker V, Bouquegneau JM (2000) Metallothionein in marine mammals. *Cellular and Molecular Biology*, **46**, 283–294.
- Dassenakis M, Andrianos H, Depiazzi G, Konstantas A, Karabela M, Sakellari A *et al.* (2003) The use of various methods for the study of metal pollution in marine sediments, the case of Euvoikos Gulf, Greece. *Applied Geochemistry*, **18**(6), 781–794.
- Dave G, Xiu R (1991) Toxicity of mercury, copper, nickel, lead, and cobalt to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **21**, 126–134.
- Davenport S (1995) Mercury in blue sharks and deepwater dogfish from around Tasmania. *Australian Fisheries*, **54**, 20–22.
- Davis JA, May MD, Greenfield BK, Fairey R, Roberts C, Ichikawa G *et al.* (2002) Contaminant concentrations in sport fish from San Francisco Bay, 1997. *Marine Pollution Bulletin*, **44**, 1117–1129.
- De Boeck G, Eyckmans M, Lardon I, Bobbaers R, Sinha AK, Blust R (2010) Metal accumulation and metallothionein induction in the spotted dogfish *Scyliorhinus canicula*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, **155**, 503–508.
- De Carvalho GG, Degaspari IA, Branco V, Canário J, de Amorim AF, Kennedy VH *et al.* (2014) Assessment of total and organic mercury levels in blue sharks (*Prionace glauca*) from the south and southeastern Brazilian coast. *Biological Trace Element Research*, **159**(1–3), 128–34.
- De Pinho AP (1998) *Mercurio total em elasmobrânquios e teleosteos da costa leste do Brasil*. Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- De Pinho AP, Guimarães JRD, Martins AD, Costa PAS, Olavo G, Valentin J (2002) Total mercury in muscle tissue of five shark species from Brazilian offshore waters: effects of feeding habit, sex, and length. *Environmental Research Section A*, **89**, 250–258.
- De Smet H, De Wachter B, Lobinski R, Blust R (2001) Dynamics of (Cd, Zn)-metallothioneins in gills, liver and kidney of common carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. *Aquatic Toxicology*, **52**, 269–281.
- De La Gándara F, Rodríguez-Cabello C, Sánchez F (1994) La pintarroja (*Scyliorhinus canicula* L.) en los fondos arrastrables del Cantábrico. In: *Actas del IV Coloquio Internacional de Oceanografía del Golfo de Vizcaya* (eds Cendrero O, Olaso I), pp. 31–38. Instituto Español de Oceanografía, Santander.
- Delshad ST, Mousavi SA, Islami HR, Pazira A (2012) Mercury concentration of the whitecheek shark, *Carcharhinus dussumieri* (elasmobranchii, chondrichthyes), and its relation with length and sex. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **7**(3), 135–142.
- Demirhan SA, Seyhan K (2007) Life history of spiny dogfish, *Squalus acanthias* (L. 1758), in the southern Black Sea. *Fisheries Research*, **85**(1–2), 210–216.

- Denton GRW, Breck WG (1981) Mercury in tropical marine organisms from North Queensland. *Marine Pollution Bulletin*, **12**, 116–121.
- Dias ACL, Guimaraes JRD, Malm O, Costa PAS (2008) Total mercury in muscle of the shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) and swordfish *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758), from the South-Southeast coast of Brazil and the implications for public health. *Cad Saude Publica*, **24**(9), 2063–2070.
- Di Giulio RT, Meyer JN (2008) Reactive oxygen species and oxidative stress. In: *The Toxicology of Fishes* (eds Di Giulio RT, Hinton DE), pp. 273–326. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Di Rienzo A, Peterson AC, Garza JC, Valdes AM, Slatkin M, Freimer NB (1994) Mutational processes of simple sequence repeat loci in human populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, **91**, 3166–3170.
- Ding SX, Pan Y, Zeng HS, Wang J (2009) Characterization of 12 polymorphic microsatellite loci for the whitespotted bamboo shark (*Chiloscyllium plagiosum* Bennett). *Molecular Ecology Resources*, **9**(5), 1398–1400.
- Dodd JM (1983) Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). In: *Fish Physiology* (eds Rankin JC, Pitcher TJ, Duggan RT), vol. 9, pp. 31–95. Academic Press, New York.
- Dodd MHI, Duggan RT (1982) Trawl stress ovulation in the dogfish *Scyliorhinus canicula*. *General and Comparative Endocrinology*, **46**, 392.
- Domi N, Poncin P, Voss J (2000) A new observed pre-copulatory behaviour of the lesser-spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula*, in captivity. In: *Proceedings of the 3rd European Elasmobranch Association Meeting, Boulogne-sur-Mer-Paris* (eds Seret B, Sire JY), pp. 67–71. Société Française d'Ichtyologie et de l'Institut de Recherche pour le Développement, Paris.
- Domi N, Bouquegneau JM, Das K (2005) Feeding ecology of five commercial shark species of the Celtic Sea through stable isotope and trace metal analysis. *Marine Environmental Research*, **60**, 551–569.
- Dorel D (1986) *Poissons de l'Atlantique nord-est relations taille-poids*. Institut Francais de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Nantes.
- Douady CJ, Dosay M, Shivji MS, Stanhope MJ (2003) Molecular phylogenetic evidence refuting the hypothesis of Batoidea (rays and skates) as derived sharks. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **26**, 215–221.
- Drummond AJ, Rambaut A, Shapiro B, Pybus OG (2005) Bayesian Coalescent Inference of Past Population Dynamics from Molecular Sequences. *Molecular Biology and Evolution*, **22**(5), 1185–1192.
- Drummond AJ, Suchard MA, Xie D, Rambaut A (2012) Bayesian Phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Molecular Biology and Evolution*, **29**(8), 1969–1973.
- Dudgeon CL, Feldheim K, Schick M, Ovenden JR (2006) Polymorphic microsatellite loci for the zebra shark *Stegostoma fasciatum*. *Molecular Ecology Notes*, **6**(4), 1086–1088.
- Dudgeon CL, Broderick D, Ovenden JR (2009) IUCN classification zones concord with, but underestimate, the population genetic structure of the zebra shark *Stegostoma fasciatum* in the Indo-West Pacific. *Molecular Ecology*, **18**, 248–261.
- Dudgeon CL, Ovenden JR, Blower DC, Broderick D, Giles JL, Holmes BJ *et al.* (2012) A review of the application of molecular genetics for fisheries management and conservation of sharks and rays. *Journal of Fish Biology*, **80**(5), 1789–1843.
- Duffus JH (2002) Heavy metals—a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry*, **74**, 793–807.
- Dulvy NK, Fowler SL, Musick KA, Cavanagh RD, Kyne PM, Harrison LR *et al.* (2014) Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *ELife*, **3**, e00590. DOI: 10.7554/eLife.00590
- Duncan KM, Martin AP, Bowen BW, de Couet G (2006a) Global phylogeography of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *Molecular Ecology*, **15**, 2238–2251.
- Duncan KE, Ngu TT, Chan J, Salgado MT, Merrifield ME, Stillman MJ (2006b) Peptide folding, metal-binding mechanisms, and binding site structures in metallothioneins. *Experimental Biology and Medicine*, **231**(9), 1488–1499.
- Earl DA, von Holdt BM (2012) STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genetics Resources*, **4**, 359–361.
- Ebert DA, Winton MV (2010) Chondrichthyans of High Latitude Seas. In: *Sharks and Their Relatives: Physiological Adaptations, Behavior, Ecology, Conservation, and Management* (eds Carrier JC, Heithaus MR, Musick JA), pp. 115–158. CRC Press, Boca Raton Florida.
- Ebert DA, Coweley PD, Compagno LJV (2002) First records of the longnose spiny dogfish *Squalus blainvillei* (Squalidae) and the deep-water stingray *Plesiobatis daviesi* (Urolophidae) from South African waters. *South African Journal of Marine Science*, **24**, 355–357.
- Ebert DA, Compagno LJV, Cowley PD (2008) Aspects of the reproductive biology of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei) from southern Africa. *ICES Journal of Marine Science*, **65**, 81–102.
- Eisler R (1981) *Trace Metal Concentrations in Marine Organisms*. Pergamon Press, New York.
- Ellegren H (2004) Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews Genetics*, **5**, 435–445.
- Ellis JR, Keable J (2008) Fecundity of Northeast Atlantic spurdog (*Squalus acanthias*). *ICES Journal of Marine Science*, **65**, 979–981.
- Ellis JR, Shackley SE (1995) Ontogenetic changes and sexual dimorphism in the head, mouth and teeth of the lesser spotted dogfish. *Journal of Fish Biology*, **47**, 155–164.
- Ellis JR, Shackley SE (1997) The reproductive biology of *Scyliorhinus canicula* in the Bristol Channel, U.K. *Journal of Fish Biology*, **51**, 361–372.
- El Nagar A, McHugh M, Rapp T, Sims DW, Genner MJ (2010) Characterization of polymorphic microsatellite markers for skates (Elasmobranchii: Rajidae) from expressed sequence tags. *Conservation Genetics*, **11**, 1203–1206.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- El-Serafy SS, Abdel-Hameid NAH, El-Daly AA (2009) Histological and histochemical alterations induced by phenol exposure in *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) juveniles. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, **13**(2), 151–172.
- Emerson BC, Paradis E, Thebaud C (2001) Revealing the demographic histories of species using DNA sequences. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 707–716.
- Endo T, Haraguchi K, Sakata M (2002) Mercury and selenium concentrations in the internal organs of toothed whales and dolphins marketed for human consumption in Japan. *Science of the Total Environment*, **300**, 15–22.
- Endo T, Kimura O, Hisamichi Y, Minoshima Y, Haraguchi K (2007) Age-dependent accumulation of heavy metals in a pod of killer whale (*Orcinus orca*) stranded in the northern area of Japan. *Chemosphere*, **67**, 51–59.
- Endo T, Hisamichi Y, Koichi H, Kato Y, Ohta C, Koga N (2008) Hg, Zn and Cu levels in the muscle and liver of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) from the coast of Ishigaki island, Japan: relationship between metal concentrations and body length. *Marine Pollution Bulletin*, **56**, 1774–1780.
- Endo T, Hisamichi Y, Kimura O, Kotaki Y, Kato Y, Ohta C *et al.* (2009) Contamination levels of mercury in the muscle of female and male spiny dogfishes (*Squalus acanthias*) caught off the coast of Japan. *Chemosphere*, **77**(10), 1333–1337.
- Endo T, Hisamichi Y, Kimura O, Ogasawara H, Ohta C, Koga N *et al.* (2013) Levels of mercury in muscle and liver of star-spotted dogfish (*Mustelus manazo*) from the northern region of Japan: A comparison with spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **64**(3), 467–474.
- Ercal N, Gurer-Orhan H, Aykin-Burns N (2001) Toxic metals and oxidative stress part I: Mechanisms involved in metal induced oxidative damage. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, **1**, 529–539.
- Erdogan ZA, Koç HT, Çakir DT, Nerlović, Dulčić J (2004) Sexual dimorphism in the small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (L., 1758), from the Edremit Bay (Turkey). *Series Historia Naturalis*, **14**(2), 165–169.
- Ersoy B, Yanar Y, Küçükgülmez A, Çelik M (2006) Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). *Food Chemistry*, **99**(4), 748–751.
- Eschmeyer WN (2014) Catalog Of Fishes: Genera, Species, References. Available at <http://www.research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Escobar-Sánchez O, Galván-Magaña F, Rosiles-Martínez R (2010) Mercury and selenium bioaccumulation in the smooth hammerhead shark, *Sphyrna zygaena* Linnaeus, from the Mexican Pacific Ocean. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **84**(4), 488–491.
- Escobar-Sánchez O, Galván-Magaña F, Rosiles-Martínez R (2011) Biomagnification of Mercury and Selenium in Blue Shark *Prionace glauca* from the Pacific Ocean off Mexico. *Biological Trace Element Research*, **144**, 550–559.
- Escobar-Sánchez O, Ruelas-Inzunza J, Patrón-Gómez JC, Corro-Espinosa D (2014) Mercury levels in myliobatid stingrays (Batoidea) from the Gulf of California: Tissue distribution and health risk assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, **186**(3), 1931–1937.
- Estate IJ (1974) Zinc, cadmium, copper and manganese in species of finfish and shellfish caught in Derwent estuary, Tasmania. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **25**, 209–220.
- EU (2008a) Commission Regulation (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending Regulation (EC) no. 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L173, 6–9.
- EU (2008b) Commission directive 2008/100/EC of 28 October 2008 amending Council Directive 90/496/EEC on nutrition labeling for foodstuffs as regards recommended daily allowances, energy conversion factors and definitions. *Official Journal of the European Union*, L285, 9.
- Evanno G, Regnaut S, Goudet J (2005) Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*, **14**, 2611–2620.
- Evers DC, Hammerschlag N, Die D (2008) *Mercury Levels in Florida Sharks: Interim Report*. Report BRI 2008-02. BioDiversity Research Institute, Gorham.
- Excoffier L, Smouse PE, Quattro JM (1992) Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: applications to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, **131**, 479–491.
- Excoffier L, Laval G, Schneider S (2005a) Arlequin ver. 3.0: an integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online*, **1**, 47–50.
- Excoffier L, Estoup A, Cornuet JM (2005b) Bayesian analysis of an admixture model with mutations and arbitrarily linked markers. *Genetics*, **169**, 1727–1738.
- Fairey R, Taberski K, Lamerdin S, Johnson E, Clark RP, Downing JW, Newman J, Petreas M (1997) Organochlorines and other environmental contaminants in muscle tissues of sportfish collected from San Francisco Bay. *Marine Pollution Bulletin*, **34**, 1058–1071.
- Falush D, Stephens M, Pritchard JK (2003) Inference of population structure using multilocus genotype data: Linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics*, **164**, 1567–1587.
- Fange R, Pulsford A (1983) Structural studies on lymphomyeloid tissues of the dogfish, *Scyliorhinus canicula* L. *Cell Tissue Research*, **230**, 337–351.
- FAO (1983) *Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Fishery Circular no. 464, pp. 5–100.
- FAO (1999) *International Plan of Action for the Conservation and Management of Sharks*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2000) *Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2010a) *The state of world fisheries and Aquaculture 2010*. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome.

- FAO (2010b) National Aquaculture Sector Overview. Greece. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Text by Christofilogiannis P. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Available at http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_greece/en.
- FAO (2014) *Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service*. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome. Available at <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>.
- Farmaki EG, Thomaidis NS (2008) Current status of the metal pollution of the environment of Greece - A review. *Global Nest Journal*, **10**(3), 366–375.
- Fauré-Fremiet E (1942) Notes sur la biologie sexuelle de *Scyliorhinus canicula*. *Bulletin Biologique de la France et de la Belgique*, **76**, 244–249.
- Fawcett DW, Ito S, Slautterback S (1959) The occurrence of intercellular bridges in groups of cells exhibiting synchronous differentiation. *Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, **5**, 453–460.
- Feldheim KA, Gruber SH, Ashley MV (2001a) Population genetic structure of the lemon shark (*Negaprion brevirostris*) in the western Atlantic: DNA microsatellite variation. *Molecular Ecology*, **10**, 295–303.
- Feldheim KA, Gruber SH, Ashley MV (2001b) Multiple paternity of a lemon shark litter (Chondrichthyes : Carcharhinidae). *Copeia*, **2001**, 781–786.
- Feldheim KA, Gruber SH, de MArignac JRC, Ashley MV (2002) Genetic tagging to determine passive integrated transponder tag loss in lemon sharks. *Journal of Fish Biology*, **61**, 1309–1313.
- Feldheim KA, Stow A, Ahonen H, Chapman DD, Shivji MS, Peddemors V *et al.* (2007) Polymorphic microsatellite markers for studies of the conservation and reproductive genetics of imperiled sand tiger sharks (*Carcharias taurus*). *Molecular Ecology Notes*, **7**, 1366–1368.
- Feldheim KA, Chapman DD, Simpfendorfer CA, Richards VP, Shivji MS, Wiley TR *et al.* (2010) Genetic tools to support the conservation of the endangered smalltooth sawfish, *Pristis pectinata*. *Conservation Genetics Resources*, **2**, 105–113.
- Felsenstein J (1971) Inbreeding and variance effective numbers in populations with overlapping generations. *Genetics*, **168**, 581–597.
- Felsenstein J (1981) Evolutionary trees from DNA sequences: A maximum likelihood approach. *Journal of Molecular Evolution*, **17**(6), 368–376.
- Fenton GE (2001) *Radiometric Ageing of Sharks*. Fisheries Research and Development Corporation Final Report 1994/021. Canberra, Australia.
- Ferguson A, Taggart JB, Prodohl PA, McMeel O, Thompson C, Stone C *et al.* (1995) The application of molecular markers to the study and conservation of fish populations, with special reference to *Salmo*. *Journal of Fish Biology*, **47**, 103–126.
- Ferreira AG, Faria VV, de Carvalho CEV, Lessa RPT, da Silva FMS (2004) Total mercury in the night shark, *Carcharhinus signatus* in the western equatorial Atlantic Ocean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **47**, 629–634.
- Ferretti F, Myers RA, Serena F, Lotze HK (2008) Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, **22**, 952–964.
- Filiz H, Bilge G (2004) Length-weight relationships of 24 fish species from the North Aegean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, **20**, 431–432.
- Filiz H, Mater S (2002) A preliminary study on length-weight relationships for seven elasmobranch species from North Aegean Sea, Turkey. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **19**(3–4), 401–409.
- Filiz H, Taşkavak E (2006) Sexual dimorphism in the head, mouth, and body morphology of the smallspotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) from Turkey. *Acta Adriatica*, **47**(1), 37–47.
- Fisher RA (1922) On the interpretation of χ^2 from contingency tables, and the calculation of P. *Journal of the Royal Statistical Society*, **85**, 87–94.
- Fisher RA (1930) *The Genetical Theory of Natural Selection*. Clarendon Press, Oxford.
- Fitch WM (1971) Toward defining the course of evolution: minimum change for a specified tree topology. *Systematic Zoology*, **20**(4), 406–416.
- Fitzpatrick S, Shivji MS, Chapman DD, Prodöhl PA (2011) Development and characterization of 10 polymorphic microsatellite loci for the blue shark, *Prionace glauca*, and their cross shark-species amplification. *Conservation Genetic Resources*, **3**, 523–527.
- Flick G, Van Rijis JH and Wendelaar Bonga SE (1987) Evidence for high-affinity Ca^{+2} -ATPase activity and ATP driven Ca^{+2} -transport in membrane preparations of the gill epithelium of the cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Experimental Biology*, **119**, 335–347.
- Flores JA, Sierro FJ, Frances G, Vazquez A, Zamarreno I (1997) The last 100,000 years in the western Mediterranean: Sea surface water and frontal dynamics as revealed by coccolithophores. *Marine Micropaleontology*, **29**, 351–366.
- Flos R, Caritat A, Balasch J (1979) Zinc content in organs of dogfish (*Scyliorhinus canicula* L.) subject to sublethal experimental aquatic zinc pollution. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, **64**, 77–81.
- Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, **5**, 294–299.
- Ford E (1921) A contribution to our knowledge of the life-histories of the dogfishes landed at Plymouth. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **12**, 468–505.
- Forrester CR, Ketchen KS, Wong CC (1972) Mercury content of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **29**, 1487–1490.
- Foulley MM, Mellinger J (1980) Etude chronologique, structurale et biométrique de l'oeuf et de son développement chez la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) élevée en eau de mer artificielle. *Reproduction Nutrition Development*, **20**(6), 1835–1848.

BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

- Fowler SL, Reed TM, Dipper FA (2002) *Elasmobranch Biodiversity, Conservation and Management*. Proceedings of the International Seminar and Workshop, Sabah, Malaysia, July 1997. IUCN Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xv + 258 pp.
- Francuski L, Djuracic M, Ståhls G, Milankov V (2014) Landscape genetics and wing morphometrics show a lack of structuring across island and coastal populations of the drone fly in the Mediterranean. *Journal of Zoology*, **292**(3), 156–169.
- Franks J (2006) *Phylogeography and population genetics of spiny dogfish (Squalus acanthias)*. M.Sc. thesis, University of Washington, United States of America.
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2002) *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Frantzen MAJ, Silk JB, Ferguson JWH, Wayne RK, Kohn MH (1998) Empirical evaluation of preservation methods for faecal DNA. *Molecular Ecology*, **7**, 1423–1428.
- Fraústo da Silva JJR, Williams RJP (2001) *The Biological Chemistry of the Elements*. Oxford University Press, Oxford.
- Freeland JR (2005) *Molecular Ecology*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Freer DWL, Griffiths CL (1993) Estimation of age and growth in the St. Joseph *Callorhinchus capensis* (Dumeril). *South African Journal of Marine Science*, **13**, 75–82.
- Frisk MG, Miller TJ (2009) Maturation of little skate and winter skate in the western Atlantic from Cape Hatteras to Georges Bank. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, **1**, 1–11.
- Frisk MG, Miller TJ, Fogarty MJ (2001) Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **58**, 969–981.
- Froese R (2006) Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**(4), 241–253.
- Froese R, Pauly D (2014) *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Available at <http://www.fishbase.org>.
- Froese R, Garthe S, Piatkowski U, Pauly D (2005) Trophic signatures of marine organisms in the Mediterranean as compared with other ecosystems. *Belgian Journal of Zoology*, **135**(1), 139–143.
- Fu YX (1997) Statistical tests of neutrality of mutations against population growth, hitchhiking and background selection. *Genetics*, **147**, 915–925.
- Futuyma DJ (1995) *Science on Trial: the Case for Evolution*. 2nd edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Gaggiotti OE, Excoffier L (2000) A simple method of removing the effect of a bottleneck and unequal population sizes on pair-wise genetic distances. *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **267**, 81–87.
- Gaida IH (1997) Population structure of the Pacific angel shark, *Squatina californica* (Squatiformes: Squatinidae), around the California Channel Island. *Copeia*, **1997**(4), 738–744.
- Gallagher M, Nolan CP (1999) A novel method for the estimation of age and growth in rajids using caudal thorns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **56**, 1590–1599.
- Galván-Tirado C, Díaz-Jaimes P, García-de León FJ, Galván Magaña F, Uribe-Alcocer M (2013) 13. Historical demography and genetic differentiation inferred from the mitochondrial DNA of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*) in the Pacific Ocean. *Fisheries Research*. **147**, 36–46.
- Ganther HE, Goudie C, Sunde ML, Kopecky MJ, Wagner P, Oh SH *et al.* (1972) Selenium: relation to decreased toxicity of methylmercury added to diets containing tuna. *Science*, **175**, 1122.
- García G, Pereyra S, Gutierrez V, Oviedo S, Miller P, Domingo A (2015) Population structure of *Squatina guggenheim* (Squatiformes, Squatinidae) from the south-western Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology*, **86**(1), 186–202.
- García-Garrido L, Muñoz-Chápuli R, De Andres AV (1990) Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *Journal of Fish Biology*, **36**(4), 499–509.
- García-Hernández J, Cadena-Cárdenas L, Betancourt-Lozano M, García-de la Parra LM, García-Rico L, Márquez-Farías F (2007) Total mercury content found in edible tissues of top predator fish from the Gulf of California, Mexico. *Toxicological and Environmental Chemistry*, **89**, 507–522.
- García-Santos S, Fontainhas-Fernandes A, Monteiro SM, Wilson JM (2013) Effects of exposure to cadmium on some endocrine parameters in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **90**, 55–59.
- Gardner MG, Ward RD (1998) Population structure of the Australian gummy shark (*Mustelus antarcticus* Günther) inferred from allozymes, mitochondrial DNA and vertebrae counts. *Marine and Freshwater Research*, **49**, 733–745.
- Gardner MG, Ward RD (2002) Taxonomic affinities within Australian and New Zealand *Mustelus* sharks (Chondrichthyes: Triakidae) inferred from allozymes, mitochondrial DNA and precaudal vertebrae counts. *Copeia*, **2002**, 356–363.
- Garrick JAF (1960) Studies on New Zealand Elasmobranchii. Part XII. The species of *Squalus* from New Zealand and Australia; and a general account and key to the New Zealand Squaloidea. *Transactions and Proceedings of the Royal Society of New Zealand*, **88**, 519–557.
- Gelsleichter J, Walker CJ (2010) Pollutant exposure and effects in sharks and their relatives. In: *Sharks and Their Relatives: Physiological Adaptations, Behavior, Ecology, Conservation, and Management* (eds Carrier JC, Heithaus MR, Musick JA), pp. 491–540. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Gelsleichter J, Manire CA, Szabo NJ, Cortés E, Carlson J, Lombardi-Carlson L (2005) Organochlorine concentrations in bonnethead sharks (*Sphyrna tiburo*) from four Florida estuaries. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **48**, 474–483.
- Gelsleichter J, Walsh CJ, Szabo NJ, Rasmussen LE (2006) Organochlorine concentrations, reproductive physiology, and immune function in unique populations of freshwater Atlantic stingrays (*Dasyatis sabina*) from Florida's St. Johns River. *Chemosphere*, **63**, 1506–1522.

- Gelsleichter J, Szabo NJ, Morris JJ (2007) Organochlorine contaminants in juvenile sandbar (*Carcharhinus plumbeus*) and blacktip (*Carcharhinus limbatus*) sharks from major nursery areas on the east coast of the United States. In: *Shark nursery grounds of the Gulf of Mexico and east coast waters of the United States* (eds McCandless C, Kohler N, Pratt HL Jr). American Fisheries Society, Symposium 50, Bethesda, Maryland.
- Gelsleichter J, Szabo NJ, Belcher CN, Ulrich GF (2008) Organochlorine contaminants in bonnethead sharks (*Sphyrna tiburo*) from Atlantic and Gulf estuaries on the U.S. east coast. *Marine Pollution Bulletin*, **56**, 359–363.
- Gennari E, Scacco U (2007) First age and growth estimates in the deep water shark, *Etmopterus Spinax* (Linnaeus, 1758), by deep coned vertebral analysis. *Marine Biology*, **152**, 1207–1214.
- Geraghty PT, Williamson JE, Macbeth WG, Wintner SP, Harry AV, Ovenden JR *et al.* (2013) Population expansion and genetic structure in *Carcharhinus brevipinna* in the southern Indo-Pacific. *PLoS ONE*, **8**(9), e75169.
- Gibbs PJ, Miskiewicz AG (1995) Heavy metals in fish near a major primary treatment sewage plant outfall. *Marine Pollution Bulletin*, **30**, 667–674.
- Gibson C, Valenti SV, Fowler SL, Fordham SV (2006) *The Conservation Status of Northeast Atlantic Chondrichthyans*. Report of the IUCN Shark Specialist Group Northeast Atlantic Regional Red List Workshop. VIII + 76 pp. IUCN SSC Shark Specialist Group.
- Girard M, Rivalan P, Sinquin G (2000) Testis and sperm morphology in two deep-water squaloid sharks, *Centroscyrmus coeleolepis* and *Centrophorus squamosus*. *Journal of Fish Biology*, **57**, 1575–1589.
- Giresi M, Renshaw MA, Portnoy DS, Gold JR (2011a) Isolation and characterization of microsatellite markers for the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus*. *Conservation Genetics Resources*, **4**(1), 141–145.
- Giresi M, Renshaw MA, Portnoy DS, Gold JR (2011b) Isolation and characterization of microsatellite markers for the dusky smoothhound shark, *Mustelus canis*. *Conservation Genetics Resources*, **4**(1), 104–104.
- Glover JW (1979) Concentrations of arsenic, selenium and ten heavy metals in school shark, *Galeorhinus australis* (Macleay), and gummy shark, *Mustelus antarcticus* (Gunther), from southeastern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **30**, 505–510.
- Gorbi S, Pellegrini D, Tedesco S, Regoli F (2004) Antioxidant efficiency and detoxification enzymes in spotted dogfish *Scyliorhinus canicula*. *Marine Environmental Research*, **58**, 293–297.
- Goudet J (2001) *FSTAT : A Program to Estimate and Test Gene Diversities and Fixation Indices (version 2.9.3.2)*. Available at <http://www.unil.ch/izea/software/fsstat.html>. Updated from Goudet J (1995).
- Gould SJ (1966) Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, **41**, 587–640.
- Grant A (1989) The use of graphical methods to estimate demographic parameters. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **69**, 367–371.
- Gravato C, Teles M, Oliveira M, Santos MA (2006) Oxidative stress, liver biotransformation and genotoxic effects induced by copper in *Anguilla anguilla* L. – the influence of pre-exposure to β -naphthoflavone. *Chemosphere*, **65**, 1821–1830.
- Greig RA, Wenzloff D, Shelpuk C, Adams A (1977) Mercury concentrations in three species of fish from North Atlantic offshore waters. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **5**, 315–323.
- Grieb TM, Driscoll CT, Gloss SP, Schofield CL, Bowie GL, Porcella DB (1990) Factors affecting mercury accumulation in fish in the upper Michigan peninsula. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **9**, 919–930.
- Griffiths AM, Sims DW, Cotterell SP, El Nagar A, Ellis JR, Lynghammar A *et al.* (2010) Molecular markers reveal spatially segregated cryptic species in a critically endangered fish, the common skate (*Dipturus batis*). *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **277**, 1497–1503.
- Griffiths A, Sims D, Johnson A, Lynghammar A, McHugh M, Bakken T *et al.* (2011a) Levels of connectivity between longnose skate (*Dipturus oxyrinchus*) in the Mediterranean Sea and the north-eastern Atlantic Ocean. *Conservation Genetics*, **12**, 577–582.
- Griffiths AM, Casane D, McHugh M, Wearmouth VJ, Sims DW, Genner MJ (2011b) Characterization of polymorphic microsatellite loci in the small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula* L.). *Conservation Genetics Resources*, **3**, 705–709.
- Griffiths AM, Jacoby DM, Casane D, McHugh M, Croft DP, Genner MJ *et al.* (2011c) First analysis of multiple paternity in an oviparous shark, the small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula* L.). *Journal of Heredity*, **103**(2), 166–173.
- Grogan ED, Lund R (2004) Origin and relationships of early Chondrichthyes. In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), pp. 3–31. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Grosell M, McDonald M, Wood CM, Walsh PJ (2004) Effects of prolonged copper exposure in the marine gulf toadfish (*Opsanus beta*). I. Hydromineral balance and plasma nitrogenous waste products. *Aquatic Toxicology*, **68**, 249–262.
- Guallart Furio J (1998) *Contribution to the knowledge of the biology and taxonomy of the deepsea shark, Centrophorus granulosus (Bloch and Schneider, 1801) (Elasmobranchii, Squalidae), in the Balearic Sea (western Mediterranean)*. Ph.D. thesis, Universitat de Valencia, Spain.
- Guallart J, Vicent JJ (2001) Changes in composition during embryo development of the gulper shark, *Centrophorus granulosus* (Elasmobranchii, Centrophoridae): an assessment of maternal-embryonic nutritional relationships. *Environmental Biology of Fishes*, **61**, 135–150.
- Gubili C, Bilgin R, Kalkan E, Karhan SÜ, Jones CS, Sims DW *et al.* (2011) Antipodean white sharks on a Mediterranean walkabout? Historical dispersal leads to genetic discontinuity and an endangered anomalous population. *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **278**, 1679–1686.
- Guns M, Vyncke W, De Clerk R, Moermans R (1985) Teneurs en mercure des roussettes et des aiguillats provenant des lieux de capture de la peche maritime belge. *Revue de l'Agriculture*, **38**, 253–259.
- Guo S, Thompson EA (1992) Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles. *Biometrics*, **48**, 361–372.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Gutenmann WH, Ebel Jr JG, Kunts HT, Yourstone KS, Lisk DJ (1992) Residues of p,p-DDE and mercury in lake trout as a function of age. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **22**, 452–455.
- Gutiérrez-Mejía E, Lares ML, Sosa-Nishizaki O (2009) Mercury and arsenic in muscle and liver of the golden cownose ray *Rhinoptera stendaichneri*, Evermann and Jenkins, 1891, from the upper Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **83**, 230–234.
- Gyllenstein U, Wharton D, Josefsson A, Wilson AC (1991) Paternal inheritance of mitochondrial DNA in mice. *Nature*, **352**, 255–257.
- Hagelberg E (1994) Ancient DNA studies. *Evolutionary Anthropology*, **2**, 199–207.
- Hahn ME, Hestermann EV (2008) Receptor mediated mechanisms of toxicity. In: *The Toxicology of Fishes* (eds Di Giulio RT, Hinton DE), pp. 235–272. CRC Press, New York.
- Haig SM (1998) Molecular contributions to conservation. *Ecology*, **79**, 413–425.
- Hall AS, Teeny FM, Gauglitz Jr EJ (1977) Mercury in fish and shellfish of the Northeast Pacific, III. Spiny dogfish, *Squalus acanthias*. *Fishery Bulletin*, **75**, 642–645.
- Hallerman E, Brown B, Epifanio J (2003) An overview of classical molecular genetics. In: *Population Genetics: Principles and Applications for Fisheries Scientists* (ed Hallerman EM), pp. 1–20. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Hamilton MB (2009) *Population Genetics*. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom.
- Hamlett WC, Knight DP, Pereira FTV, Steele J, Sever DM (2005) Oviducal glands in chondrichthyans. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimeras* (ed Hamlett WC), pp. 301–336. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.
- Hanchet S (1988) Reproductive biology of *Squalus acanthias* from the east coast, South Island, New Zealand. *New Journal of Marine and Freshwater Research*, **22**, 537–549.
- Hansen MM (2003) *Application of molecular markers in population and conservation genetics, with special emphasis on fishes*. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Sciences, University of Aarhus, Denmark.
- Harding RM, Boyce AJ, Clegg JB (1992) The evolution of tandemly repetitive DNA: recombination rules. *Genetics*, **132**, 847–859.
- Hardy H (1908) Mendelian proportions in a mixed population. *Science*, **28**, 49–50.
- Harmelin-Vivien M, Kaim-Malka RA, Ledoyer M, Jacob-Abraham SS (1989) Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *Journal of Fish Biology*, **34**, 715–734.
- Harpending RC (1994) Signature of ancient population growth in a low-resolution mitochondrial DNA mismatch distribution. *Human Biology*, **66**, 591–600.
- Harris JE (1952) A note of the breeding season, sex ratio and embryonic development of the dogfish *Scyliorhinus canicula* (L.). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **31**, 269–274.
- Harris HH, Pickering IJ, George GN (2003) The chemical form of mercury in fish. *Science*, **301**, 1203–1203.
- Harrison RG (1989) Mitochondrial DNA as a genetic marker in population and evolutionary genetics. *Trends in Ecology and Evolution*, **4**, 6–11.
- Hartl DL, Clark AG (1997) *Principles of Population Genetics*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Hasegawa M, Kishino H, Yano T (1985) Dating of the human-ape splitting by a molecular clock of mitochondrial DNA. *Molecular Evolution*, **22**, 160–174.
- Hatch WR, Ott WL (1968) Determination of sub-microgram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. *Analytical Chemistry*, **40**, 2085–2087.
- Hattab T, Ben Rais Lasram F, Albouy C, Salah Romdhane M, Jarboui O, Halouania G *et al.* (2013) An ecosystem model of an exploited southern Mediterranean shelf region (Gulf of Gabes, Tunisia) and a comparison with other Mediterranean ecosystem model properties. *Journal of Marine Systems*, **128**, 159–174.
- Hauser L (2009) The molecular ecology of dogfish sharks. In: *Biology and Management of Dogfish Sharks* (eds Gallucci VF, McFarlane GA, Bargmann GG), pp. 229–252. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Hauser L, Adcock GJ, Smith PJ, Bernal Ramirez JH, Carvalho GR (2002) Loss of microsatellite diversity and low effective population size in an overexploited population of New Zealand snapper (*Pagrus auratus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **99**, 11742–11747.
- Heath AG (1995) *Water Pollution and Fish Physiology*. 2nd edition. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Hebert PDN, Cywinska A, Ball SL, deWaard JR (2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **270**, 313–322.
- Hedrick PW (1999) Perspective: highly variable loci and their interpretation in evolution and conservation. *Evolution*, **53**, 313–318.
- Heimbürger LE, Cossa D, Marty JC, Migon C, Averty B, Dufour A *et al.* (2010) Methyl mercury distribution in relation to the presence of nano- and picophytoplankton in an oceanic water column (Ligurian Sea, North-western Mediterranean). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74**, 5549–5559.
- Heisinger JF, GreenW (1975) Mercuric chloride uptake by eggs of the ricefish and resulting teratogenic effects. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **14**, 665–673.
- Heist EJ (2004) Genetics of sharks, skates and rays. In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), pp. 471–485. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Heist EJ, Gold JR (1999) Microsatellite DNA variation in sandbar sharks (*Carcharhinus plumbeus*) from the Gulf of Mexico and Mid-Atlantic Bight. *Copeia*, **1999**, 182–186.
- Heist EJ, Graves JE, Musick JA (1995) Population genetics of the sandbar shark (*Carcharhinus plumbeus*) in the Gulf of Mexico and Mid-Atlantic Bight. *Copeia*, **18**(3), 555–562.

- Heist EJ, Musick JA, Graves JE (1996a) Mitochondrial DNA Diversity and Divergence Among Sharpnose Sharks, *Rhizoprionodon terraenovae*, From the Gulf of Mexico and Mid-Atlantic Bight. *Fisheries Bulletin*, **94**, 664–668.
- Heist EJ, Musick JA, Graves JE (1996b) Genetic population structure of shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) inferred from restriction fragment length polymorphism analysis of mitochondrial DNA. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **53**, 583–588.
- Heist EJ, Jenkot JL, Keeney DB, Lane RL, Moyer GR, Reading BJ *et al.* (2003) Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci in nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*). *Molecular Ecology Notes*, **3**, 59–61.
- Heithaus MR, Frid A, Wirsing AJ, Worm B (2008) Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution*, **23**, 202–210.
- Helyar S, Coscia I, Sala-Bozano M, Mariani S (2011) New microsatellite loci for the longnose velvet dogfish *Centroselachus crepidater* (Squaliformes: Somniosidae) and other deep sea sharks. *Conservation Genetics Resources*, **3**, 173–176.
- Henderson AC, Casey A (2001) Reproduction and growth in the lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Elasmobranchii; Scyliorhinidae), from the west coast of Ireland. *Cahiers de Biologie Marine*, **42**, 397–405.
- Henderson AC, Flannery K, Dunne J (2002) Growth and reproduction in spiny dogfish *Squalus acanthias* L. (Elasmobranchii: Squalidae) from the west coast of Ireland. *Sarsia*, **87**, 350–361.
- Hernández S, Daley R, Walker T, Braccini M, Varela A, Francis MP *et al.* (2015) Demographic history and the South Pacific dispersal barrier for school shark (*Galeorhinus galeus*) inferred by mitochondrial DNA and microsatellite DNA mark. *Fisheries Research*, **167**, 132–142.
- Hewitt GM (1996) Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society*, **58**, 2477–276.
- Hewitt GM (1999) Post-glacial recolonization of European biota. *Biological Journal of the Linnean Society*, **68**, 87–112.
- Hewitt GM (2000) The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, **405**, 907–913.
- Hidalgo J, Tort L, Flos R (1985) Cd-, Zn-, Cu-binding protein in the elasmobranch *Scyliorhinus canicula*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, **81**, 159–165.
- Higgins D, Thompson J, Gibson T, Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ (1994) CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, **22**, 4673–4680.
- Hinton DE, Segner H, Au DWT, Kullman SW, Hardman RC (2008) Liver toxicity. In: *The Toxicology of Fishes* (eds Di Giulio RT, Hinton DE), pp. 327–400. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Hisamichi Y, Haraguchi K, Endo T (2012) Levels of mercury and organohalogen compounds in Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) cultured at different regions of Japan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **62**, 296–305.
- Hoarau G, Holla S, Lescasse R, Stam WT, Olsen JL (2002) Heteroplasmy and evidence for recombination in the mitochondrial control region of the flatfish *Platichthys flesus*. *Molecular Biology and Evolution*, **19**, 2261–2264.
- Hodson ME (2004) Heavy metals-geochemical bogey men? *Environmental Pollution*, **129**, 341–343.
- Hoelzel AR (1993) Evolution by DNA turnover in the control region of vertebrate mitochondrial DNA. *Current Opinion in Genetics and Development*, **3**, 891–895.
- Hoelzel AR, Shivji MS, Magnussen J, Francis MP (2006) Low worldwide genetic diversity in the basking shark (*Cetorhinus maximus*). *Biology Letters*, **2**, 639–642.
- Holden MJ (1965) The stocks of spurdogs (*Squalus acanthias* L.) in British waters, and their migrations. *Fishery Investigations*, **24**, 1–19.
- Holden MJ (1967) Transatlantic movement of a tagged spurdogfish. *Nature*, **214**, 1140–1141.
- Holden MJ (1972) The growth rates of *Raja Brachiura*, *R. clavata* and *R. montagui* as determined from tagging data. *Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, **34**(2), 161–168.
- Holden MJ (1975) The fecundity of *Raja clavata* in British waters. *Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, **36**(2), 110–118.
- Holden MJ, Meadows PS (1962) The structure of the spine of the spur dogfish (*Squalus acanthias*) and its use for age determination. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **42**, 179–197.
- Holden MJ, Meadows PS (1964) The fecundity of the spurdog (*Squalus acanthias* L.). *Journal Du Conseil Permanent International Pour L'Exploration De La Mer*, **28**, 418–424.
- Holmes BH, Steinke D, Ward RD (2009) Identification of shark and ray fins using DNA barcoding. *Fisheries Research*, **95**, 280–288.
- Honda K, Tatsukawa R, Itano K, Miyazaki N, Fujiyama T (1983) Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissue of striped dolphins, *Stenella coeruleoalba*, and their variation with body length, weight, age and sex. *Agricultural and Biological Chemistry*, **47**, 1219–1228.
- Honda K, Yamamoto Y, Kato H, Tatsukawa R (1987) Heavy metal accumulation and their recent changes in southern minke whale balaenoptera acutorostrata. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **16**, 209–216.
- Hornung H, Krom MD, Cohen Y, Bernhard M (1993) Trace metal content in deep-water sharks from the eastern Mediterranean Sea. *Marine biology*, **115**, 331–338.
- Houziaux JS, Voss J (1997) First observation covered by film of behaviour related to mating in the smallspotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linné, 1758). *Revue Française d'Aquariologie*, **24**, 15–26.
- Huckabee JW, Elwood JW, Hildebrand SG (1979) Accumulation of mercury in freshwater biota. In: *The Biogeochemistry of Mercury in the Environment* (ed Nriagu J), pp. 277–302. Elsevier, North-Holland, Amsterdam.
- Huelsenbeck JP, Ronquist F (2001) MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics*, **17**, 754–755.
- Huelsenbeck JP, Larget B, Miller RE, Ronquist F (2002) Potential applications and pitfalls of Bayesian inference of phylogeny. *Systematic Biology*, **51**, 673–688.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Hueter R, Fong W, Henderson G, French M, Manire CA (1995) Methylmercury concentration in shark muscle by species, size and distribution of sharks in Florida coastal waters. *Water, Air and Soil Pollution*, **80**, 893–899.
- Hueter RE, Heupel MR, Heist EJ, Keeney DB (2005) Evidence of philopatry in sharks and implications for the management of shark fisheries. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, **35**, 239–247.
- Hunter E, Buckley AA, Stewart C, Metcalfe JD (2005) Migratory behaviour of the thornback ray, *Raja clavata*, in the southern North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **85**, 1095–1105.
- Hureau JC (1969) Biologie compare de quelques poissons antarctiques (Nothotheniidae). *Bulletin de l'Institute Oceanographique du Monaco*, **68**, 1–44.
- Hurtado-Banda R, Gomez-Alvarez A, Márquez-Farías JF, Cordoba-Figueroa M, Navarro-García G, Medina-Juárez LA (2012) Total mercury in liver and muscle tissue of two coastal sharks from the northwest of Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **88**(6), 971–975.
- Hyslop EJ (1980) Stomach contents analysis – a review of the methods and their application. *Journal of Fish Biology*, **17**, 411–429.
- Iglésias SP (2011) Chondrichthyans from the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (A natural classification based on collection specimens, with DNA barcodes and standardized photographs), (plates & text), Provisional version 05, 01 April 2011. 76p. <http://www.mnhn.fr/iccnam>.
- Iglésias SP, Toulhout L, Sellos DP (2010) Taxonomic confusion and market mislabelling of threatened skates: Important consequences for their conservation status. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **20**, 319–333.
- Ihssen PE, Booke HE, Casselman JM, McGlade JM, Payne NR, Utter FM (1981) Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**, 1838–1855.
- İlkyaz AT, Metin G, Soykan O, Kinacıgil HT (2008) Length-weight relationship of 62 species from the Central Aegean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, **24**, 699–702.
- Irvine SB, Stevens JD, Laurenson LJB (2006a) Comparing external and internal dorsal-spine bands to interpret the age and growth of the giant lantern shark, *Etmopterus baxteri* (Squaliformes: Etmopteridae). *Environmental Biology of Fishes*, **77**(3–4), 253–264.
- Irvine SB, Stevens JD, Laurenson LJB (2006b) Surface bands on deepwater squalid dorsal-fin spines: an alternative method for ageing the golden dogfish *Centroselachus crepidater*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **63**, 617–627.
- Ishiyama R (1951) Studies on the rays and skates belonging to the family Rajidae, found in Japan and adjacent regions. 2. On the age determination of Japanese black-skate *Raja fusca* Garman (preliminary report). *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, **16**(12), 112–118.
- Ismen A, Ozen O, Altınagac U, Ozekinci U, Ayaz A (2007) Weight-length relationships of 63 fish species in Saros Bay, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, **23**, 707–708.
- Ismen A, Cigdem Yigin C, Altınagac U, Ayaz A (2009) Length-weight relationships for ten shark species from Saros Bay (North Aegean Sea). *Journal of Applied Ichthyology*, **25**, 109–112.
- IUCN (2014) *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.2. Available at <http://www.iucnredlist.org>.
- Ivanova EV (2009) *The Global Thermohaline Paleocirculation*. Springer, New York.
- Ivanova NV, Zemlak TS, Hanner RH, Hebert PDN (2007) Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. *Molecular Ecology Notes*, **7**, 544–548.
- Ivory P, Jeal F, Nolan CP (2004) Age determination, growth and reproduction in the lesser-spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula* (L.). *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, **35**, 89–106.
- Jalabert B (2005) Particularities of reproduction and oogenesis in teleost fish compared to mammals. *Reproduction Nutrition Development*, **45**, 261–279.
- Jardas I (1972) Supplement to the knowledge of ecology of some Adriatic cartilaginous fishes (Chondrichthyes) with special reference to their nutrition. *Acta Adriatica*, **14**, 1–60.
- Jardas I (1979) Morphological, biological and ecological characteristics of the lesser spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) population in the Adriatic Sea. *Izvišća Reports*, **4**, 1–104.
- Jardas I, Šantić M, Pallaoro A (2004) Diet composition and feeding intensity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Osteichthyes: Carangidae) in the eastern Adriatic. *Marine Biology*, **144**, 1051–1056.
- JECFA (2003) *Summary and conclusions of the sixty-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. Rome, Italy.
- Jeffree RA, Warnau M, Teyssie JL, Markich SJ (2006a) Comparison of the bioaccumulation from seawater and depuration of heavy metals and radionuclides in the spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthys) and the turbot *Psetta maxima* (Actinopterygii: Teleostei). *Science of the Total Environment*, **368**, 839–852.
- Jeffree RA, Warnau M, Oberhansli F, Teyssie JL (2006b) Bioaccumulation of heavy metals and radionuclides from seawater by encased embryos of the spotted dogfish *Scyliorhinus canicula*. *Marine Pollution Bulletin*, **52**, 1278–1286.
- Jeffree RA, Oberhansli F, Teyssie JL (2008) The accumulation of lead and mercury from seawater and their depuration by eggs of the spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthys). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **55**, 451–461.
- Jeffree RA, Oberhansli F, Teyssie JL (2010) Phylogenetic consistencies among chondrichthyan and teleost fishes in their bioaccumulation of multiple trace elements from seawater. *Science of the Total Environment*, **408**, 3200–3210.
- Jennings S, Reñones O, Morales-Nin B, Polunin NVC, Moranta J, Coll J (1997) Spatial variation in the ¹⁵N and ¹³C stable isotope composition of plants, invertebrates and fishes on Mediterranean reefs: implications for the study of trophic pathways. *Marine Ecology Progress Series*, **146**, 109–116.
- Jennings S, Greenstreet SPR, Reynolds JD (1999) Structural change in an exploited fish community: a consequence of differential fishing effects on species with contrasting life histories. *Journal of Animal Ecology*, **68**, 617–627.

- Jennings S, Kaiser MJ, Reynolds JD (2001) *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Oxford.
- Jensen AC (1965) Life history of the spiny dogfish. *Fishery Bulletin*, **65**, 527–554.
- Jensen AC, Edwards RL, GC Matthiessen GC (1961) *The Spiny Dogfish - A Review*. Woods Hole Laboratory Report, no. 61, 42 pp. Woods Hole Laboratory, Mass, USA.
- Jensen JL, Bohonak AJ, Kelley ST (2005) Isolation by distance, web service. *BMC Genetics*, **6**, 13. Available at <http://www.ibdws.sdsu.edu>.
- Jeziarska B, Słomińska I, Głuchowska E (1995) Wpływ metali ciężkich: Pb, Cd i Cu na aktywność plemników karpia. *Kom Ryb*, **3**, 11–13.
- Jeziarska B, Ługowska K, Witeska M (2009) The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review). *Fish Physiology and Biochemistry*, **35**, 625–640.
- Johansen S, Guddal PH, Johansen T (1990) Organization of the mitochondrial genome of Atlantic Cod, *Gadus morhua*. *Nucleic Acid Research*, **18**, 411–419.
- Johnson AG (1979) A simple method for staining the centra of teleosts vertebrae. *Northeast Gulf Science*, **3**, 113–115.
- Jones BC, Geen GH (1977a) Age determination of an elasmobranch (*Squalus acanthias*) by X-ray spectrometry. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **34**, 44–48.
- Jones BC, Geen GH (1977b) Age and growth of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. Fisheries and Marine Service Research Division Technical Report, no. 699, 16 pp.
- Jones BC, Geen GH (1977c) Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *Journal of the Fisheries Resource Board of Canada*, **34**, 1286–1292.
- Jones TS, Uglund KI (2001) Reproduction of female spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the Oslofjord. *Fishery Bulletin*, **99**, 685–690.
- Jorgensen SJ, Reeb CA, Chapple TK, Anderson S, Perle C, Van Sommeran SR *et al.* (2010) Philopatry and migration of Pacific white sharks. *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **277**, 679–688.
- Juanes F, Buckel JA, Scharf FS (2001) Predatory behaviour and selectivity of a primary piscivore: comparison of fish and non-fish prey. *Marine Ecology Progress Series*, **217**, 157–165.
- K**abasakal H (2002) Stomach contents of the longnose spurdog, *Squalus blainville* (Risso, 1826) from the north-eastern Aegean Sea. *Annales, Series Historia Naturalis*, **12**(2), 173–176
- Kaganovskaya SM (1933) A method of determining the age and composition of the catches of the spiny dogfish (*Squalus acanthias* L.). *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*, **1–3**, 139–141.
- Kajiura SM, Sebastian AP, Tricas TC (2000) Dermal bite wounds as indicators of reproductive seasonality and behaviour in the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*. *Environmental Biology of Fishes*, **58**, 23–31.
- Kalinowski ST (2002) How many alleles per locus should be used to estimate genetic distances? *Heredity*, **88**, 62–65.
- Kaneko JJ, Ralston NVC (2007) Selenium and mercury in pelagic fish in the central north Pacific near Hawaii. *Biological Trace Element Research*, **119**, 242–254.
- Karachle PK, Stergiou KI (2008a) Length-length and length-weight relationships of several fish species from the North Aegean Sea (Greece). *Journal of Biological Research*, **10**, 149–157.
- Karachle PK, Stergiou KI (2008b) The effect of season and sex on trophic levels of marine fishes. *Journal of fish Biology*, **72**, 1463–1487.
- Karachle PK, Stergiou KI (2010) Food and feeding habits of nine elasmobranch species in the Aegean Aea. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, **39**, 553.
- Karachle PK, Stergiou KI (2012) Morphometrics and allometry in fishes. In: *Morphometrics* (ed Wahl C), InTech. Available at <http://www.intechopen.com/articles/show/title/morphometrics-and-allometry-in-fishes>. ISBN: 978-953-51-0172-7.
- Karl SA, Castro ALF, Lopez JA, Charvet P, Burgess GH (2011) Phylogeography and conservation of the bull shark (*Carcharhinus leucas*) inferred from mitochondrial and microsatellite DNA. *Conservation Genetics*, **12**, 371–382.
- Karl SA, Castro ALF, Garla RC (2012) Population genetics of the nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) in the western Atlantic. *Marine Biology*, **159**, 489–498.
- Kashiwagi T, Broderick D, Lance SL, Bennett MB, Ovenden JR (2012) Development and characterization of ten microsatellite loci for the reef manta ray *Manta alfredi*. *Conservation Genetics Resources*, **4**, 1055–1058.
- Keeney DB, Heist EJ (2003) Characterization of microsatellite loci isolated from the blacktip shark and their utility in requiem and hammerhead sharks. *Molecular Ecology Notes*, **3**, 501–504.
- Keeney DB, Heist EJ (2006) Worldwide phylogeography of the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) inferred from mitochondrial DNA reveals isolation of western Atlantic populations coupled with recent Pacific dispersal. *Molecular Ecology*, **15**, 3669–3679.
- Keeney DB, Heupel M, Hueter RE, Heist EJ (2003) Genetic heterogeneity among blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, continental nurseries along the US Atlantic and Gulf of Mexico. *Marine Biology*, **143**, 1039–1046.
- Keeney DB, Heupel MR, Hueter RE, Heist EJ (2005) Microsatellite and mitochondrial DNA analyses of the genetic structure of blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) nurseries in the northwestern Atlantic, Gulf of Mexico, and Caribbean Sea. *Molecular Ecology*, **14**, 1911–1923.
- Kenchington E, Heino M, Nielsen EE (2003) Managing marine genetic diversity: time for action? *ICES Journal of Marine Science*, **60**, 1172–1176.
- Kennedy M (1969) *The sea angler's fishes*. Stanley Paul and Co, London.
- Ketchen KS (1972) Size at maturity, fecundity, and embryonic growth of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **29**, 1717–1723.
- Ketchen KS (1975) Age and growth of dogfish *Squalus acanthias* in British Columbia waters. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **32**, 43–59.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Khalaf MA, Alawi M, Al-Zgool A, Al-Najjar T (2013) Levels of trace metals in the bigeye hound deep sea shark *Lago omanensis* from the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, **22**(12), 3534–3540.
- Kilpatrick W (2002) Non cryogenic preservation of mammalian tissues for DNA extraction: an assessment of storage methods. *Biochemical Genetics*, **40**, 53–62.
- Kim SL, Casper DR, Galvan-Magaña F, Ochoa-Díaz R, Hernandez-Aguilar SB, Koch PL (2011) Carbon and nitrogen discrimination factors for elasmobranch soft tissues based on a long-term controlled feeding study. *Environmental Biology of Fishes*, **95**, 37–52.
- Kimber JA, Sims DW, Bellamy PH, Gill AB (2009) Male-female interactions affect foraging behavior within groups of small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula*. *Animal Behaviour*, **77**, 1435–1440.
- Kimura M (1980) A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, **16**, 111–120.
- Kimura M, Crow JF (1964) The number of alleles that can be maintained in a finite population. *Genetics*, **49**, 725–738.
- King M (1995) *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Fishing News Books, Oxford.
- Kitamura T, Matsunaga H (2010) Population structure of porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean and SBT fishery found as inferred from mitochondrial DNA control region sequences. *Collective Volume of Scientific Papers - ICCAT*, **65**(6), 2082–2087.
- Knight DP, Feng D, Stewart M (1996) Structure and function of the Selachian egg case. *Biological Reviews*, **71**, 81–111.
- Kollmann M, Van Gaver F, Timon-David J (1929) Le développement du foie et son rendement en huile chez *Scyllium canicula* L. dans leurs rapports avec l'état sexuel de l'animal. *Comptes-Rendus de la Société de Biologie*, **100**, 355–358.
- Koob TJ, Callard IP (1999) Reproductive endocrinology of female elasmobranchs: lessons from the little skate (*Raja erinacea*) and spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Journal of Experimental Zoology*, **284**, 557–574.
- Kousteni V, Megalofonou P (2011) Reproductive biology and embryonic development of *Squalus blainvillei* in the eastern Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, **75**(2), 237–249.
- Kousteni V, Megalofonou P (2015) Aging and life history traits of the longnose spiny dogfish in the Mediterranean: New insights into conservation and management needs. *Fisheries Research*, **168**, 6–19.
- Kousteni V, Kasapidis P, Kotoulas G, Megalofonou P (2015) Evidence of high genetic connectivity for the longnose spurdog *Squalus blainville* in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, Submitted.
- Kousteni V, Megalofonou P, Dassenakis M, Stathopoulou E (2006) Total mercury concentrations in edible tissues of two elasmobranch species from Crete (eastern Mediterranean Sea). *Cybium*, **30**(4), 119–123.
- Kousteni V, Kontopoulou M, Megalofonou P (2010) Sexual maturity and fecundity of *Scylliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) in the Aegean Sea. *Marine Biology Research*, **6**, 390–398.
- Kousteni V, Kasapidis P, Kotoulas G, Megalofonou P (2014) Strong population genetic structure and contrasting demographic histories for the small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*) in the Mediterranean Sea. *Heredity*, **114**(3), 333–343.
- Kremling K (1985) The distribution of cadmium, copper, nickel, manganese, and aluminium in surface waters of the open Atlantic and European shelf seas. *Deep Sea Research*, **32**, 531–555.
- Krüger KE, Nieper L (1978) Determination of mercury content of fishes in the catching areas of the German deep sea and inshore fishery. *Journal of Food Safety and Food Quality*, **29**(5), 165–168.
- Krüger KE, Nieper L, Auslitz HJ (1975) Determination of the mercury content of sea fish in the fishing ground of the German deep sea and inshore fishing. *Journal of Food Safety and Food Quality*, **26**(6), 201–207.
- Kruskal WH, Wallis WA (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, **47**, 583–621.
- Kuhner MK (2008) Coalescent genealogy samplers: windows into population history. *Trends in Ecology and Evolution*, **24**, 86–93.
- Kumar P, Singh A (2010) Cadmium toxicity in fish: An overview. *GERF Bulletin of Biosciences December*, **1**(1), 41–47.
- Kumar S, Tamura K, Nei M (2004) MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics*, **5**, 150–163.
- Kumar S, Nei M, Dudley J, Tamura K (2008) MEGA: A biologist-centric software for evolutionary analysis of DNA and protein sequences. *Briefings in Bioinformatics*, **9**, 299–306.
- Kvist L, Martens J, Nazarenko AA, Orell M (2003) Paternal leakage of mitochondrial DNA in the great tit (*Parus major*). *Molecular Biology and Evolution*, **20**, 243–247.
- Kyne PM, Simpfendorfer CA (2007) *A Collation and Summarization of Available Data on Deepwater Chondrichthyans: Biodiversity, Life History and Fisheries*. IUCN Shark Specialist Group for the Marine Conservation Biology Institute, Bellevue, Washington DC.
- Labropoulou M, Machias A (1998) Effect of habitat selection on the dietary patterns of two triglid species. *Marine Ecology Progress Series*, **173**, 275–288.
- Lacerda LD, Paraquetti HHM, Marins RV, Rezende CE, Zalmon IR, Gomes MP, Farias V (2000) Mercury content in shark species from the south-eastern Brazilian coast. *Revista Brasileira de Biologia*, **60**, 571–576.
- Lack M, Sant G (2009) *Trends in global shark catch and recent developments in management*. TRAFFIC International, Cambridge.
- Ladoukakis ED, Zouros E (2001) Direct evidence for homologous recombination in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) mitochondrial DNA. *Molecular Biology and Evolution*, **18**, 1168–1175.
- Lakshminpathy U, Campbell C (1999) The human DNA ligase III gene encodes nuclear and mitochondrial proteins. *Molecular and Cellular Biology*, **19**, 3869–3876.

- LaMarca MJ (1966) A simple technique for demonstrating calcified annuli in the vertebrae of large elasmobranchs. *Copeia*, **1966**, 351–352.
- Lambeck K, Purcell A (2005) Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas. *Quaternary Science Reviews*, **24**, 1969–1988.
- Larizza A, Pesole G, Reyes A, Sbisà E, Saccone C (2002) Lineage specificity of the evolutionary dynamics of the mtDNA D-loop region in rodents. *Journal of Molecular Evolution*, **54**(2), 145–155.
- Larson S, Tinnemore D, Amemiya C (2009) Microsatellite loci within sixgill sharks, *Hexanchus griseus*. *Molecular Ecology Resources*, **9**(3), 978–981.
- Larson S, Christiansen J, Griffing D, Ashe J, Lowry D, Andrews K (2011) Relatedness and polyandry of sixgill sharks, *Hexanchus griseus*, in an urban estuary. *Conservation Genetics*, **12**, 679–690.
- Last PR, Stevens JD (2009) *Sharks and Rays of Australia*. 2nd edition. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Lavery S (1992) Electrophoretic analysis of phylogenetic relationships among Australian Carcharhinid sharks. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **43**, 97–108.
- Lavery S, Shaklee JB (1989) Population genetics of two tropical sharks, *Carcharhinus tilstoni* and *C. sorrah*, in Northern Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **40**, 541–557.
- Leah RT, Evans SJ, Johnson MS (1991a) Mercury in muscle tissue of lesser-spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) from the Northeast Irish Sea. *Science of the Total Environment*, **108**, 215–224.
- Leah RT, Evans SJ, Johnson MS, Collings S (1991b) Spatial patterns in accumulation by fish from the NE Irish Sea. *Marine Pollution Bulletin*, **22**(4), 172–175.
- Le Blanc PJ, Jackson AL (1973) Arsenic in marine fish and invertebrates. *Marine Pollution Bulletin*, **4**, 88–90.
- Le Cren ED (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition of perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, **20**, 201–219.
- Le HLV, Lecointre G, Perasso R (1993) A 28S rRNA-based phylogeny of the gnathostomes: first steps in the analysis of conflict and congruence with morphologically based cladograms. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **2**, 31–51.
- Le Pinchon X, Angelier J (1979) The Hellenic Arc and Trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, **60**, 1–42.
- Lee SC, Chang JT, Tsu YY (1995a) Genetic relationships of four Taiwan mullets (Pisces: Perciformes: Mugilidae). *Journal of Fish Biology*, **46**, 159–162.
- Lee WJ, Conroy J, Huntting W, Howell N, Kocher TD (1995b) Structure and evolution of teleost mitochondrial control regions. *Journal of Molecular Evolution*, **41**, 54–66.
- Leigh-Sharpe WH (1926) The comparative morphology of the secondary sexual characters of elasmobranch fishes. The claspers, clasper siphons, and clasper glands. Memoir X. *Journal of Morphology*, **42**, 335–348.
- Leloup J, Olivereau M (1951) Données biométriques comparatives sur la rousette (*Scyllium canicula* L.) de la Manche et de la Méditerranée. *Vie et Milieu*, **2**, 182–209.
- Levinson R (2001) *More Modern Chemical Techniques*. Royal Society of Chemistry, London.
- Lewallen EA, Anderson TW, Bohonka AJ (2007) Genetic structure of leopard shark (*Triakis semifasciata*) populations in California waters. *Marine Biology*, **152**, 599–609.
- Li YC, Korol AB, Fahima T, Beiles A, Nevo E (2002) Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review. *Molecular Ecology*, **11**, 2453–2465.
- Lindeman RL (1942) The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, **23**(4), 399–418.
- Liu Y, Zhao B, Tang Y, Wan P, Chen Y, Lv Z (2014) Recycling of iron from red mud by magnetic separation after co-roasting with pyrite. *Thermochimica Acta*, **588**(20), 11–15.
- Lizama MAP, Ambrosio AM (2002) Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Parana River Floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **62**(1), 113–124.
- Lleonart J, Salat J, Torres GJ (2000) Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of theoretical Biology*, **205**, 85–93.
- Lombardi Carlson LA, Cortés E, Parsons GR, Manire CA (2003) Latitudinal variation in life history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo* (Carchariformes: Sphyrnidae), from the Eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*, **54**(7), 875–883.
- Lopez SA, Abarca NL, Melendez RC (2013) Heavy metal concentrations of two highly migratory sharks (*Prionace glauca* and *Isurus oxyrinchus*) in the southeastern Pacific waters: comments on public health and conservation. *Tropical Conservation Science*, **6**, 126–137.
- Lozano G, Brito A, Hardisson A, Gutiérrez A, González-Weller D, Lozano IJ (2009) Content of lead and cadmium in barred hogfish, *Bodianus scrofa*, island grouper, *Mycteroperca fusca*, and Portuguese dogfish, *Centroscymnus coelolepis*, from Canary Islands, Spain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **83**(4), 591–594.
- Lucifora LO, Menni RC, Escalante AH (2005) Reproduction, abundance and feeding habits of the broadnose sevengill shark *Notorhynchus cepedianus* in north Patagonia. *Marine Ecology Progress Series*, **289**, 237–244.
- Ługowska K (2005) *The effects of copper and cadmium on embryonic development, and quality of newly hatched common carp (Cyprinus carpio L.) larvae*. Ph.D. thesis, University of Podlasie, Poland.
- Luikart G, Cornuet JM (1998) Empirical evaluation of a test for identifying recently bottlenecked populations from allele frequency data. *Conservation Biology*, **12**, 228–237.
- Luikart G, Sherwin WB, Steele BM, Allendorf FW (1998) Usefulness of molecular markers for detecting population bottlenecks via monitoring genetic change. *Molecular Ecology*, **7**, 963–974.
- Luo A, Qiao H, Zhang Y, Shi W, Ho SYW, Xu W *et al.* (2010) Performance of criteria for selecting evolutionary models in phylogenetics: a comprehensive study based on simulated datasets. *BMC Evolutionary Biology*, **10**, 242.
- Lushchak VI (2011) Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic Toxicology*, **1**, 13–30.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Lutton BV, St. George J, Murrin CR, Fileti LA, Callard IP (2005) The Elasmobranch Ovary In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Rays and Chimaeras* (ed Hamlett WC), vol. 3, pp. 237–282. Science Publishers, Endfield.
- Lykousis V (2009) Sea-level changes and shelf break prograding sequences during the last 400 ka in the Aegean margins: Subsidence rates and palaeogeographic implications. *Continental Shelf Research*, **29**(16), 2037–2044.
- Lyle JM (1983) Food and feeding habits of the lesser spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula* L., in Isle of Man waters. *Journal of Fish Biology*, **23**, 725–737.
- Lyle JM (1984) Mercury concentrations in four carcharhinid and three hammerhead sharks from coastal waters of the Northern Territory. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **35**, 441–451.
- Lyle JM (1986) Mercury and selenium concentrations in sharks from Northern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **37**, 309–321.
- Lyons K, Lowe CG (2013) Mechanisms of maternal transfer of organochlorine contaminants and mercury in the common thresher shark (*Alopias vulpinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **70**(12), 1667–1672.
- Lyons K, Carlisle A, Preti A, Mull C, Blasius M, O'Sullivan J *et al.* (2013) Effects of trophic ecology and habitat use on maternal transfer of contaminants in four species of young of the year lamniform sharks. *Marine Environmental Research*, **90**, 27–38.
- Macpherson E (1980) Régime alimentaire de *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 *Etmopterus spinax* (L., 1758) et *Scymnorhinus licha* (Bonnaterre, 1788) en Méditerranée occidentale. *Vie Milieu*, **30**, 139–148
- Macpherson E (1981) Resource partitioning in a Mediterranean demersal fish community. *Marine Ecology Progress Series*, **4**, 183–193.
- Maes GE, Volckaert FAM (2007) Challenges for genetic research in European eel management. *ICES Journal of Marine Science*, **64**, 1463–1471.
- Maggs C, Castilho R, Foltz D, Henzler C, Jolly MT, Kelly J *et al.* (2008) Evaluating signatures of glacial refugia for north atlantic benthic marine taxa. *Ecology*, **89**(11), 108–122.
- Magrabaña E, Lucifora LO, Massa AM (2002) The reproductive ecology and abundance of *Sympterygia bonapartii* endemic to the south-west Atlantic. *Journal of Fish Biology*, **60**(4), 951–967.
- Maisey JG (1979) Fin spine morphogenesis in squalid and heterodontid sharks. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **66**, 161–183.
- Malek M, Haseli M, Mobedi I, Ganjali MR, Mackenzie K (2007) Parasites as heavy metal bioindicators in the shark *Carcharhinus dussumieri* from the Persian Gulf. *Parasitology*, **134**, 1053–1056.
- Mann HB, Whitney DR (1947) On a test whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, **18**, 50–60.
- Manooch CS, Drennon CL (1987) Age and growth of yellowtail snapper and queen triggerfish collected from the U.S. Virgin Islands and Puerto Rico. *Fisheries Research*, **6**, 53–68.
- Mantel N (1967) The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research*, **27**, 209–220.
- Maravelias CD, Tserpes G, Pantazi M, Peristeraki P (2012) Habitat selection and temporal abundance fluctuations of demersal cartilaginous species in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *PLoS ONE*, **7**(4), e35474.
- Marcovecchio JE, Moreno VJ, Perez A (1986) Bio-magnification of total mercury in Bahia Blanca estuary shark. *Marine Pollution Bulletin*, **17**, 276–278.
- Marcovecchio JE, Moreno VJ, Perez A (1988a) Determination of heavy metal concentrations in biota of Bahia Blanca, Argentina. *Science of the Total Environment*, **75**, 181–190.
- Marcovecchio JE, Moreno MJ, Perez A (1988b) Total mercury levels in marine organisms of the Bahia Blanca estuary food web, Argentina. In: *Metals in Coastal Environments of Latin America* (eds Seeliger U, Lacerda LD, Patchineelam SR), pp. 122–129. Springer Verlag, Berlin.
- Marcovecchio JE, Moreno VJ, Pérez A (1991) Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahia Balanca estuary, Argentina. *Marine Environmental Research*, **31**, 263–274.
- Marouani S, Kadri H, Saidi B, Morize E, Bouain A, Bradai MN (2012) Age, growth, longevity, natural mortality and maturity of the longnose spurdog, *Squalus blainvillei* (Chondrichthyes: Squalidae), in the Gulf of Gabès (Central Mediterranean Sea). *Cahiers de Biologie Marine*, **53**(2), 197–204.
- Marquardt DW (1963) An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, **11**, 431–441.
- Mársico ET, Machado MES, Knoff M, São Clemente SC (2007) Total mercury in sharks along the southern Brazilian Coast. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **59**, 1593–1596.
- Martínez-Álvarez RM, Morales AE, Sanz A (2005) Antioxidant defenses in fish: Biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **15**, 75–88.
- Martinho F, Sá C, Falcão J, Cabral HN, Pardal MA (2012) Comparative feeding ecology of two elasmobranch species, *Squalus blainville* and *Scyliorhinus canicula*, off the coast of Portugal. *Fishery Bulletin*, **110**, 71–84.
- Massuti E, Moranta J (2003) Demersal assemblages and depth distribution of elasmobranchs from the continental shelf and slope off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, **60**, 753–766.
- Mathews T, Fisher NS (2009) Dominance of dietary intake of metals in marine elasmobranch and teleost fish. *Science of the Total Environment*, **407**, 5156–5161.
- Maz-Courrau A, López-Vera C, Galván-Magaña F, Escobar-Sánchez O, Rosiles-Martínez R, Sanjuán-Muñoz A (2012) Bioaccumulation and biomagnification of total mercury in four exploited shark species in the Baja California Peninsula, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **88**(2), 129–134.
- McCaughey L, Goecker C, Parker P, Rudolph T, Goetz F, Gerlach G (2004) Characterization and isolation of DNA microsatellite primers in the spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Molecular Ecology Notes*, **4**, 494–496.

- McClusky LM, Betka M, Miller D, Callard GV (1996) Analysis of the apoptotic form of programmed cell death (PCD) during spermatogenesis in spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Bulletin of the Mount Desert Island Biological Laboratory*, **35**, 96–97.
- McDonald CM (1988) Genetic variation breeding structure and taxonomic status of the gummy shark *Mustelus antarcticus* in southern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **39**, 641–648.
- McFarlane GA, Beamish RJ (1987) Validation of the dorsal spine method of age determination for spiny dogfish. In: *Age and Growth of Fish* (eds Summerfelt RC, Hall GE), pp. 287–300. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- McFarlane GA, King JR, Saunders MW (2002) Preliminary study on the use of neural arches in the age determination of bluntnose sixgill sharks (*Hexanchus griseus*). *Fishery Bulletin*, **100**, 861–864.
- McFarlane GA, King JR (2009) Re-evaluating the age determination of spiny dogfish using oxytetracycline and fish at liberty up to 20 years. In: *Biology and Management of Dogfish Sharks* (eds Gallucci VF, McFarlane GA, Bargmann GG), pp. 153–160. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- McFarlane GA, King JR (2003) Migration patterns of Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*) in the North Pacific Ocean. *Fisheries Bulletin*, **101**, 358–367.
- McFarlane GA, King JR (2009) Re-evaluating the age determination of spiny dogfish using oxytetracycline and fish at liberty up to 20 years. In: *Biology and Management of Dogfish Sharks* (eds Gallucci VF, McFarlane GA, Bargmann GG), pp. 153–160. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- McMeans BC, Borgå K, Bechtol WR, Higginbotham D, Fisk AT (2007) Essential and non-essential element concentrations in two sleeper shark species collected in arctic waters. *Environmental Pollution*, **148**, 281–290.
- McNeely JA, Miller KR, Reid WV Mittermeier RA, Werner TB (1990) *Conserving the World's Biological Diversity*. IUCN, World Resources Institute, Conservation International, WWF-US and the World Bank, Washington, DC.
- Mejri R, Lo Brutto S, Hassine N, Arculeo M, Hassine OKB (2012) Overlapping patterns of morphometric and genetic differentiation in the Mediterranean goby *Pomatoschistus tortonesei* Miller, 1968 (Perciformes, Gobiidae) in Tunisian lagoons. *Zoology*, **115**(4), 239–244.
- Mellinger J (1983) Egg-case diversity among dogfish, *Scyliorhinus canicula* (L.): a study of egg laying rate and nidamental gland secretory activity. *Journal of Fish Biology*, **22**, 83–90.
- Mellinger J (1989) Reproduction et développement des Chondrichthyens. *Océanis*, **15**, 283–303.
- Mellinger J, Wissez J, Alluchon-Gérard MJ (1984) Caractères biométriques distinctifs de l'embryon et de ses annexes chez la roussette (*Scyliorhinus canicula*) de la Manche comparée à celle de la Méditerranée et détermination précise du stade d'éclosion. *Cahiers de Biologie Marine*, **25**(3), 305–317.
- Menasveta P, Siriyong R (1977) Mercury content of several predacious fish in the Andaman sea. *Marine Pollution Bulletin*, **8**(9), 200–204.
- Mendes B, Fonseca P, Campos A (2004) Weight–length relationships for 46 fish species of the Portuguese west coast. *Journal of Applied Ichthyology*, **20**, 355–361.
- Mendes B, Fonseca P, Campos A (2006) Relationships between opercula girth, maximum girth and total length of fish species caught in gillnet and trammel net selectivity surveys off the Portuguese coast. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**, 209–213.
- Mendonça FF, Oliveira C, Gadig OBF, Foresti F (2009) Population analysis of the Brazilian sharpnose shark *Rhizoprionodon lalandii* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) on the São Paulo coast, southern Brazil: inferences from mtDNA sequences. *Neotropical Ichthyology*, **7**, 213–216.
- Mendonça FF, Oliveira C, Gadig OBF, Foresti F (2011) Phylogeography and genetic population structure of Caribbean sharpnose shark *Rhizoprionodon porosus*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **21**, 799–814.
- Mendonça FF, Ussami LHF, Hashimoto DT, Pereira LHG, Porto-Foresti F, Oliveira C *et al.* (2012) Identification and characterization of polymorphic microsatellite loci in the blue shark *Prionace glauca*, and cross-amplification in other shark species. *Journal of Fish Biology*, **80**, 2643–2646.
- Mendonça FF, Oliveira C, Gadig OBF, Foresti F (2013) Diversity and genetic population structure of the Brazilian sharpnose shark *Rhizoprionodon lalandii*. *Aquatic Conservation*, **23**(6), 850–857.
- Mendoza-Díaz F, Serrano A, Cuervo-López A, López-Jiménez A, Galindo JA, Basañez-Muñoz A (2013) Concentration of Hg, Pb, Cd, Cr and As in liver *Carcharhinus limbatus* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) captured in Veracruz, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **61**(2), 821–828.
- Merella P, Quetglas A, Alemany F, Carbonell A (1997) Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Naga ICLARM Quarterly*, **20**(3–4), 66–68.
- Merrett NR (1973) A new shark of the genus *Squalus* (Squalidae: Squaloidea) from the equatorial western Indian Ocean; with notes on *Squalus blainvillei*. *Journal of Zoology*, **171**, 93–110.
- Meselson M, Yuan R (1968) DNA restriction enzyme from *E. coli*. *Nature*, **217**, 1110–1114.
- Messing J (1983) New M13 vectors for cloning. *Methods in Enzymology*, **101**, 20–78.
- Metten H (1939) Studies on the reproduction of the dogfish. *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **230**, 217–238.
- Meyer A (1993) Evolution of mitochondrial DNA in fishes. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes* (eds Hochachka PW, Mommsen TP), pp. 1–38. Elsevier Science Publishers, New York.
- Meyer A, Kocher TD, Basasibwaki P, Wolson AC (1990) Monophyletic origin of Victoria cichlid fishes suggested by mitochondrial DNA sequences. *Nature*, **347**, 550–553.
- Migliarini B, Campisi AM, Maradonna F, Truzzi C, Annibaldi A, Scarponi G *et al.* (2005) Effects of cadmium exposure on testis apoptosis in the marine teleost *Gobius niger*. *General and Comparative Endocrinology*, **142**, 241–247.
- Miller SA, Dykes DD, Polesky HF (1988) A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acid Research*, **16**, 1215.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Mnasri N, El Kamel O, Boumaïza M, Reynaud C, Capapé C (2012) Food and feeding habits of the small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes : Scyliorhinidae) from the northern coast of Tunisia (central Mediterranean). *Cahiers de Biologie Marine*, **53**(1), 139–150.
- Moftah M, Abdel Aziz SH, Elramah S, Favereaux A (2011) Classification of sharks in the Egyptian Mediterranean waters using morphological and DNA barcoding approaches. *PLoS ONE*, **6**, e27001.
- Momigliano P, Robbins WD, Gardner M, Stow A (2014) Characterisation of 15 novel microsatellite loci for the grey reef shark (*Carcharhinus amblyrhynchos*). *Conservation Genetics Resources*, **6**(3), 661–663.
- Moore ABM (2001) Metazoan parasites of the lesser-potted dogfish *Scyliorhinus canicula* and their potential as stock discrimination tools. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **81**, 1009–1013.
- Morales-Aizpurúa IC, Tenuta-Filho A, Sakuma AM, Zenebon O (1999) Total mercury contents in shark species commercialized in São Paulo-SP, Brazil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **19**(3), 429–432.
- Moranta J, Stefanescu C, Massutí E, Morales-Nin B, Lloris D (1998) Fish community structure and depth-related trends on the continental slope of the Balearic Islands (Algerian basin, western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, **171**, 247–259.
- Morato T, Sola E, Gros MP, Menezes G (2003) Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of the Azores, northeastern Atlantic. *Fishery Bulletin*, **101**, 590–602.
- Morey G, Moranta J, Massutí E, Grau A, Linde M, Riera F *et al.* (2003) Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the Western Mediterranean. *Fisheries Research*, **62**, 89–96.
- Moritz C (1994) Defining 'evolutionarily significant units' for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **9**, 373–375.
- Moritz C, Dowlan TE, Brown WM (1987) Evolution of animal mitochondrial DNA: relevance for population biology and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **18**, 269–292.
- Mormede S, Davies IM (2001) Trace elements in deep-water fish species from the Rockall Trough. *Fisheries Research*, **51**(2–3), 197–206.
- Moss SA (1972) Tooth replacement and body growth rates in the smooth dogfish *Mustelus canis* (Mitchell). *Copeia*, **4**, 808–811.
- Mourier J, Planes S (2013) Direct genetic evidence for reproductive philopatry and associated fine-scale migrations in female blacktip reef sharks (*Carcharhinus melanopterus*) in French Polynesia. *Molecular Ecology*, **22**, 201–214.
- Moutopoulos DK, Stergiou KI (2002) Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, **18**, 200–203.
- Moutopoulos DK, Ramfos A, Mouka A, Katselis G (2013) Length-weight relations of 34 fish species caught by small-scale fishery in Korinthiakos Gulf (Central Greece). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, **43**(1), 57–64.
- Mudie PJ, Rochon A, Aksu AE, Gillespie H (2002) Dinoflagellate cysts, freshwater algae and fungal spores as salinity indicators in Late Quaternary cores from Marmara and Black seas. *Marine Geology*, **190**, 203–231.
- Mullis KB, Faloona FA (1987) Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalyzed chain-reaction. *Methods in Enzymology*, **155**, 335–350.
- Mumby PJ, Dahlgren CP, Harborne AR, Kappel CV, Micheli F, Brumbaugh DR *et al.* (2006) Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. *Science*, **311**, 98–101.
- Múñoz-Chápuli R (1984) Ethologie de la reproduction chez quelques requins d l'Atlantique Nord-Est. *Cybium*, **8**, 1–14.
- Múñoz-Chápuli R, Ramos F (1989) Morphological comparison of *Squalus blainvillei* and *S. megalops* in the eastern Atlantic, with notes on the genus. *Japanese Journal of Ichthyology*, **36**, 16–21.
- Munro JL, Pauly D (1983) A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, **1**, 5–6.
- Musick JA (1999) Ecology and conservation of long-lived marine animals. In: *Life in the Slow Lane: Ecology and Conservation of Long-Lived Marine Animals* (ed Musick JA), pp. 1–10. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Musick JA, Ellis JK (2005) Reproductive evolution of chondrichthyans. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Rays and Chimaeras* (ed Hamlett WC), vol. 3, pp. 1–10. Science Publishers, Endfield.
- Musick JA, Harbin MM, Compagno LJV (2004) Historical zoogeography of the Selachii. In: *Biology of Sharks and Their Relatives* (eds Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR), pp. 33–78. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Myers RA, Baum JK, Shepherd TD, Powers SP, Peterson CH (2007) Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, **315**(5820), 1846–1850.
- Mytilineou Ch, Politou C-Y, Papaconstantinou C, Kavadas S, D'Onghia G, Sion L (2005) Deep-water fish fauna in the Eastern Ionian Sea. *Belgian Journal of Zoology*, **135**(2), 229–233.
- Nam DH, Adams DH, Reyier EA, Basu N (2011) Mercury and selenium levels in lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) in relation to a harmful red tide event. *Environmental Monitoring and Assessment*, **176**, 549–559.
- Nammack MF, Musick JA, Colvocoresses JA (1985) Life history of spiny dogfish off the Northeastern United States. *Transactions of the American Fisheries Society*, **114**, 367–376.
- Nance HA, Daly-Engel TS, Marko PB (2009) New microsatellite loci for the endangered scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Molecular Ecology Resources*, **9**, 955–957.
- Nance HA, Klimley P, Galván-Maganã F, Martínez-Ortiz J, Marko PB (2011) Demographic processes underlying subtle patterns of population structure in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *PLoS ONE*, **6**(7), e21459.
- Navarro J, López L, Coll M, Barria C, Sáez- Liante R (2014) Short- and long-term importance of small sharks in the diet of the rare deep-sea shark *Dalatias licha*. *Marine Biology*, **161**, 1697–1707.
- Naylor GJP, Ryburn JA, Fedrigo O, Lopez JA (2005) Phylogenetic relationships among the major lineages of modern elasmobranchs. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimeras* (ed Hamlett WC), pp. 1–25. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.

- NCMR (2000) *Oceanographic station data and marine pollution data for the Aegean Sea (the Archipelago) and the Ionian Sea*. National Centre for Marine Research, Hellinikon.
- Nee S, Holmes EC, Rambaut A, Harvey PH (1995) Inferring population history from molecular phylogenies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, **349**, 25–31.
- Nei M (1972) Genetic distance between populations. *American Naturalist*, **106**, 283–292.
- Nei M (1975) *Molecular population genetics and evolution*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Nei M (1987) *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York.
- Nei M, Tajima F (1981) DNA polymorphism detectable by restriction endonucleases. *Genetics*, **105**, 207–17.
- Nei M, Maruyama T, Chakraborty R (1975) Bottleneck effect and genetic variability in populations. *Evolution*, **29**, 1–10.
- Nevenzel JC (1989) Biogenic hydrocarbons of marine organisms. In: *Marine Biogenic Lipids, Fats, and Oils* (ed Ackman RG), pp. 3–71. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Nielson KB, Winge DR (1985) Independence of the domains of metallothionein in metal binding. *Journal of Biological Chemistry*, **260**(15), 8698–8701.
- Nikolaidou A, Symboura (2002) *The marine environment of Evoikos Gulf and anthropogenic influences*. Hellenic Society for Biological Sciences Proceedings, 24th Annual Meeting, Eretria, Euboea Island, May 23–26, p. 202–203.
- Nikolsky GV (1963) *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London.
- Nishida Y (2011) The chemical process of oxidative stress by copper (II) and iron (III) ions in several neurodegenerative disorders. *Monatshefte für Chemie*, **142**, 375–384.
- Nordberg M (1998) Metallothioneins: historical review and state of knowledge. *Talanta*, **46**, 243–254.
- O’Leary SJ, Feldheim KA, Chapman DD (2013) Novel microsatellite loci for white, *Carcharodon carcharias* and sand tiger sharks, *Carcharias taurus* (order Lamniformes). *Conservation Genetics Resources*, **5**, 627–629.
- Oddone MC, Amorim AF, Mancini PL, Norbis W, Velazco G (2007) The reproductive biology and the cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. *Scientia Marina*, **71**(3), 593–604.
- Odum WE, Heald DEJ (1975) The detritus-based food web of an estuarine mangrove community. In: *Estuarine Research* (ed Cronin LE), vol. 1, pp. 265–286. Academic Press, New York.
- Ohi G, Nishigaki S, Seki H, Tamura Y, Maki T, Konno H *et al.* (1976) Efficacy of selenium in tuna and selenite in modifying methylmercury intoxication. *Environmental Research*, **12**, 49–58.
- Ohta T, Kimura M (1973) A model of mutation appropriate to estimate the number of electrophoretically detectable alleles in a genetic population. *Genetics Research*, **22**, 201–204.
- Okada IA, Sakuma AM, Maio FD, Dovidemskas S, Zenebon O (1997) Evaluation of lead and cadmium in milk due to environmental contamination in Paraíba Valley region of South Eastern Brazil. *Revista de Saude Publication*, **31**, 140–143.
- Ólafsdóttir GÁ, Westfall KM, Edvardsson R, Pálsson S (2014) Historical DNA reveals the demographic history of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in medieval and early modern Iceland. *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*, **281**, 20132976.
- Olaso I, Velasco F, Pérez N (1998) Importance of discarded blue whiting (*Micromesistius poutassou*) in the diet of lesser spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) in the Cantabrian Sea. *ICES Journal of Marine Science*, **55**, 331–341.
- Olaso I, Velasco F, Sánchez F, Serrano A, Rodríguez-Cabello C, Cendrero D (2005) Trophic Relations of Lesser-Spotted Catshark (*Scyliorhinus canicula*) and Blackmouth Catshark (*Galeus melastomus*) in the Cantabrian Sea. *Journal of the Northwest Atlantic Fishery Science*, **36**, 481–494.
- Olmedo P, Hernández AF, Pla A, Femia P, Navas-Acien A, Gil F (2013a) Determination of essential elements (copper, manganese, selenium and zinc) in fish and shellfish samples. Risk and nutritional assessment and mercury–selenium balance. *Food and Chemical Toxicology*, **62**, 299–307.
- Olmedo P, Pla A, Hernández AF, Barbier F, Ayouni L, Gil F (2013b) Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environment International*, **59**, 63–72.
- Olsson PE, Hogstrand C (1987) Subcellular distribution and binding of cadmium to metallothionein in tissues of rainbow trout after exposure to ¹⁰⁹Cd via the water. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **6**, 867–874.
- Oray AS (1989) *A preliminary study on the biology of some shark and ray species in Aegean Sea* (in Turkish). Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Deniz Bil. Enst., 47 s., İzmir.
- Ordines F, Massuti E, Moranta J, Quetglas A, Guijarro B, Fliti K (2011) Balearic Islands vs Algeria: two nearby western Mediterranean elasmobranch assemblages with different oceanographic scenarios and fishing histories. *Scientia Marina*, **75**(4), 707–717.
- Orlov AM, Kulish EF, Mukhametov IN, Shubin OA (2011) Age and growth of spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae, Chondrichthyes) in pacific waters off the Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*, **51**(1), 42–55.
- Oste C (1988) Polymerase chain reaction. *BioTechniques*, **6**(2), 162–167.
- Oulion S, Debais-Thibaud M, d’Aubenton-Carafa Y, Thermes C, Da Silva C, Bernard-Samain S *et al.* (2010) Evolution of Hox gene clusters in gnathostomes: insights from a survey of a shark (*Scyliorhinus canicula*) transcriptome. *Molecular Biology and Evolution*, **27**, 2828–2839.
- Ovenden JR, Street R, Broderick D (2006) New microsatellite loci for carcharhinid sharks (*Carcharhinus tilstoni* and *C. sorrah*) and their cross-amplification in other shark species. *Molecular Ecology Notes*, **6**, 415–418.
- Ovenden JR, Kashiwagi T, Broderick D, Giles J, Salini J (2009) The extent of population genetic subdivision differs among four co-distributed shark species in the Indo-Australian archipelago. *BMC Evolutionary Biology*, **9**, 40.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ovenden J R, Morgan J, Kashiwagi T, Broderick D, Salini J (2010) Towards better management of Australia's shark fishery: genetic analyses reveal unexpected ratios of cryptic blacktip species *Carcharhinus tilstoni* and *C. limbatus*. *Marine and Freshwater Research*, **61**, 253–262.
- Ovenden JR, Morgan JAT, Street R, Tobin A, Simpfendorfer C, Macbeth W *et al.* (2011) Negligible evidence for genetic population structure for two shark species *Rhizoprionodon acutus* (Rüppel, 1837) and *Sphyrna lewini* (Griffiths and Smith, 1834) with contrasting biology. *Marine Biology*, **158**, 1497–1509.
- Özaydin O, Uçkun D, Akalin S, Leblebici S, Tosunoğlu Z (2007) Length–weight relationships of fishes captured from Izmir Bay, Central Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, **23**, 695–696.
- P**age RDM, Holmes EC (1998) *Molecular Evolution, a Phylogenetic Approach*. Blackwell Science, Oxford, United Kingdom.
- Paiboonleeskul K, Romratanapun S, Thapanand-Chaidee T (2013) Ageing of shortspine spurdog in the Andaman Sea of Thailand. *Maejo International Journal of Science and Technology*, **7**, 14–21.
- Pajuelo JG, García S, Lorenzo JM, González JA (2011) Population biology of the shark, *Squalus megalops*, harvested in the central-east Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, **108**, 31–41.
- Pallaoro A, Jardas I, Santic M (2005) Weight–length relationships for 11 chondrichthyan species in the eastern Adriatic Sea. *Cybium*, **2005**, 93–96.
- Palmisano F, Cardellicchio N, Zambonin PG (1995) Speciation of mercury in dolphin liver: a two step mechanism for the demethylation accumulation process and role of selenium. *Marine Environmental Research*, **40**, 109–143.
- Palomares ML, Sa-a P (2000) The diet Table In: *FishBase 2000: Concepts, Design and Data Sources* (eds Froese E, Pauly D), pp. 188–193. ICLARM, Manila.
- Paraskevopoulou V, Zeri C, Kaberi H, Chalkiadaki O, Krasakopoulou E, Dassenakis M *et al.* (2014) Trace metal variability, background levels and pollution status assessment in line with the water framework and Marine Strategy Framework EU Directives in the waters of a heavily impacted Mediterranean Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, **87**(1–2), 323–337.
- Pardini AT, Jones CS, Scholl MC, Noble LR (2000) Isolation and characterization of dinucleotide microsatellite loci in the Great White Shark, *Carcharodon carcharias*. *Molecular Ecology*, **9**, 1176–1178.
- Pardini AT, Jones CS, Noble LR, Kreiser B, Malcolm H, Bruce BD *et al.* (2001) Sex-biased dispersal of great white sharks. *Nature*, **412**, 139–140.
- Park LK, Moran P (1994) Developments in molecular genetic techniques in fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **4**, 272–299.
- Parsons GR (1993) Geographic variation in reproduction between two populations of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. *Environmental Biology of Fishes*, **38**, 25–35.
- Parsons GR, Grier HJ (1992) Seasonal changes in shark testicular structure and spermatogenesis. *Journal of Experimental Zoology*, **261**, 173–184.
- Pasolini P, Ragazzini C, Zaccaro Z, Cariani A, Ferrara G, Gonzalez E *et al.* (2011) Quaternary geographical sibling speciation and population structuring in the Eastern Atlantic skates (suborder Rajoidea) *Raja clavata* and *R. straeleni*. *Marine Biology*, **158**, 2173–2186.
- Patarnello T, Volckaert FAM, Castilho R (2007) Pillars of Hercules: is the Atlantic-Mediterranean transition a phylogeographical break? *Molecular Ecology*, **16**, 4426–4444.
- Pauly D (1981) The relationships between gill surface area and growth performance in fish; a generalisation of von Bertalanffy's theory of growth. *Meeresforschung/Reports on Marine Research*, **28**(4), 251–282.
- Pauly D (2000) Herbivory as a low-latitude phenomenon. In: *FishBase 2000: Concepts, Design and Data Sources* (eds Froese R, Pauly D), p. 179. ICLARM, Manila.
- Pauly D, Munro JL (1984) Once more on the comparison of growth fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, **2**, 21.
- Pauly D, Christensen V (1995) Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, **374**, 255–257.
- Pauly D, Sa-a P (2000) Estimating trophic levels from individual food items. In: *FishBase 2000: Concepts, Design and Data Sources* (eds Froese R, Pauly D), p. 185. ICLARM, Manila.
- Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres FJr (1998a) Fishing down marine food webs. *Science*, **279**, 860–863.
- Pauly D, Trites A, Capuli E, Christensen V (1998b) Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science*, **55**, 467–481.
- Pauly D, Froese R, Sa-a P, Palomares ML, Christensen V, Rius J (2000). *Trophlab Manual*. ICLARM, Manila, Philippines. Available at <http://www.fishbase.org/download>.
- Pawson MG, Ellis JR (2005) Stock identity of elasmobranchs in the Northeast Atlantic in relation to assessment and management. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, **35**, 1–23.
- Peakall R, Smouse PE (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, **6**, 288–295.
- Peignoux-Deville J, Lallier F, Vidal B (1982) Evidence for the presence of osseous tissue in dogfish vertebrae. *Cell Tissue Research*, **222**, 605–614.
- Pelgrom SMGJ, Lamers LPM, Lock RAC, Balm PHM, Wendelaar Bonga SE (1995) Interactions between copper and cadmium modify metal organ distribution in mature tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Environmental Pollution*, **90**, 415–423.
- Pereyraa S, García G, Miller P, Oviedo S, Domingo A (2010) Low genetic diversity and population structure of the narrownose shark (*Mustelus schmitti*). *Fisheries Research*, **106**, 468–473.
- Pérez A, Moreno VJ, de Moreno JEA, Malaspina A (1986) Distribución de mercurio total en pescados y mariscos del Mar Argentino. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, **6**, 103–115.
- Perissoratis C, Conispoliatis N (2003) The impacts of sea-level changes during latest Pleistocene and Holocene times on the morphology of the Ionian and Aegean seas (SE Alpine Europe). *Marine Geology*, **196**(3), 146–156.

- Pethybridge H, Cossa D, Butler EC (2010) Mercury in 16 demersal sharks from southeast Australia: biotic and abiotic sources of variation and consumer health implications. *Marine Environmental Research*, **69**, 18–26.
- Phillips N, Chaplin J, Morgan D, Peverell S (2011) Population genetic structure and genetic diversity of three critically endangered *Pristis* sawfishes in Australian waters. *Marine Biology*, **158**, 903–915.
- Phleger CF (1998) Buoyancy in Marine Fishes: Direct and Indirect Role of Lipids. *American Zoologist*, **38**, 321–330.
- Pirog A, Blaison A, Jaquemet S, Soria M, Magalon H (2014) Isolation and characterization of 20 microsatellite markers from *Carcharhinus leucas* (bull shark) and cross-amplification in *Galeocerdo cuvier* (tiger shark), *Carcharhinus obscurus* (dusky shark) and *Carcharhinus plumbeus* (sandbar shark). *Conservation Genetics Resources*, **7**(1), 121–124.
- Plank SM, Lowe CG, Feldheim KA, Wilson RR, Brusslan JA (2010) Population genetic structure of the round stingray *Urobatis halleri* (Elasmobranchii: Rajiformes) in southern California and the Gulf of California. *Journal of Fish Biology*, **77**, 329–340.
- Politou C-Y, Kavadas S, Mytilineou Ch (2003) Fisheries Resources in the Deep Waters of the Eastern Mediterranean (Greek Ionian Sea). *Journal of the Northwest Atlantic Fishery Science*, **31**, 35–46.
- Por FD (1989) *The legacy of Tethys. An Aquatic Zoogeography of the Levant*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Portnoy DS, McDowell JR, Thompson K, Musick JA, Graves JE (2006) Isolation and characterization of five dinucleotide microsatellite loci in the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*. *Molecular Ecology Notes*, **6**, 431–433.
- Portnoy DS, McDowell JR, Heist EJ, Musick JA, Graves JE (2010) World phylogeography and male-mediated gene flow in the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*. *Molecular Ecology*, **19**, 1994–2010.
- Posada D, Crandall KA (2001) Intraspecific gene genealogies: trees grafting into networks. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 37–45.
- Posada D, Crandall KA, Templeton AR (2000) Geodis: a program for the cladistic nested analysis of the geographical distribution of genetic haplotypes. *Molecular Ecology*, **9**, 487–488.
- Powell JH, Powell RE (2001) Trace elements in fish overlying subaqueous tailings in the tropical west pacific. *Water, Air and Soil Pollution*, **125**, 81–104.
- Powell JH, Powell RE, Fielder DR (1981) Trace element concentrations in tropical marine fish at Bougainville Island, Papua New Guinea. *Water, Air and Soil Pollution*, **16**, 143–158.
- Power ME, Tilman D, Estes JA, Menge BA, Bond WJ, Mills Ls *et al.* (1996) Challenges in the quest for keystones. *BioScience*, **46**, 609–620.
- Powter DM, Gladstone W (2008) The reproductive biology and ecology of the Port Jackson shark, *Heterodontus portusjacksoni* in the coastal waters of eastern Australia. *Journal of Fish Biology*, **72**, 2615–2633.
- Pratt HL Jr (1979) Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fishery Bulletin*, **77**, 445–470.
- Pratt HL Jr, Casey JG (1990) Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth-parameters. In: *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries* (eds Pratt HL Jr, Gruber S, Taniuchi T), vol. 90, pp. 97–109. NOAA Technical Report, NMFS, Washington DC.
- Pratt HL Jr, Carrier JC (2005) Elasmobranch Courtship and Mating Behavior. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes Sharks, Batoids and Chimaeras* (ed Hamlett WC), vol. 3, pp. 129–164. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.
- Price KA, O'Bryhim JR, Jones KL, Lance SL (2014) Development of polymorphic microsatellite markers for the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. *Conservation Genetics Resources*, **7**(1), 69–71.
- Prisco M, Liguoro A, Ricchiari L, Del Giudice G, Andreuccetti P (2007) Oogenesis in the spotted ray *Torpedo marmorata*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **17**, 1–10.
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, **155**, 945–959.
- Provan J, Bennett KD (2008) Phylogeographic insights into cryptic glacial refugia. *Trends in Ecology and Evolution*, **23**, 564–571.
- Punt AE, Walker TI (1998) Stock assessment and risk analysis for the school shark (*Galeorhinus galeus*) off southern Australia. *Marine And Freshwater Research*, **49**, 719–731.
- Quero JC (1984) Scyliorhinidae. In: *Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean* (eds Whitehead PLP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E), pp. 95–100. UNESCO, Paris.
- Quignard JP (1971) Recherches sur la biologie de *Squalus blainvillei* (Risso, 1826). *Travaux du Laboratoire de Biologie Halieutique Universite de Rennes*, **5**, 125–141.
- Ragonese S, Jereb P (1990) Egg-case of the dogfish *Scyliorhinus canicula* (L., 1758) from the Sicilian Channel (Mediterranean Sea). *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, **32**(1), 264.
- Ragonese S, Vitale S, Mazzola S, Pagliarino E, Bianchini ML (2012) Behavior of some growth performance indexes for exploited Mediterranean hake. *Acta Adriatica*, **53**(1), 105–122.
- R Development Core Team (2009) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Raimundo J, Prereira P, Caetano M, Cabrita MT, Vale C (2011) Decrease of Zn, Cd and Pb concentrations in marine fish species over a decade as response to reduction of anthropogenic inputs: The example of Tagus estuary. *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 2854–2858.
- Rambaut A, Drummond AJ (2007) *Tracer v1.4*. Available at <http://www.beast.bio.ed.ac.uk/Tracer>.
- Ramirez-Macias D, Vazquez-Juarez R, Galvan-Magana F, Munguia-Vega A (2007) Variations of the mitochondrial control region sequence in whale sharks (*Rhincodon typus*) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, **84**, 87–95.

BIBLIOGRAFIA

- Ramírez-Macías, D, Shaw K, Ward R, Galván Magaña F, Vázquez-Juárez R (2009) Isolation and characterization of microsatellite loci in the whale shark (*Rhincodon typus*). *Molecular Ecology Resources*, **9**(3), 798–800.
- Ranzi S (1932) *Le Basi Fisio-morfologiche dello Sviluppo Embrionale dei Selaci, Parte I*. Pubblicazione Stazione Zoologica, Naples.
- Raymond M, Rousset F (1995) Genepop (version 1.2) population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity*, **86**, 248–249.
- Reddy RS, Jinna RR, Uzodinma JE, Desai D (1988) In vitro effect of mercury and cadmium on brain Ca²⁺-ATPase of the catfish *Ictalurus punctatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **41**, 324–328.
- Relini G, Bertrand J, Zamboni A (1999) SYNDEM Synthesis of the knowledge on bottom fishery resources in central Mediterranean (Italy and Corsica). *Biologia Marina Mediterranea*, **6**, 1–869.
- Relini-Orsi L, Wurtz M (1975) Osservazioni sulla alimentazione di *Galeus melastomus* dei fondi batiali liguri. *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca*, **2**, 17–36.
- Renforth P, Mayes WM, Jarvis AP, Burked IT, Manning DC, GruizeScience K (2012) Contaminant mobility and carbon sequestration downstream of the Ajka (Hungary) red mud spill: The effects of gypsum dosing. *Science of the Total Environment*, **421–422**, 253–259.
- Reñones O, Messuti E, Morales-Nin B (1995) Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Marine Biology*, **123**(3), 411–419.
- Revell AS, Dulvy NK, Holst R (2005) The survival of discarded lesser-spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) in the Western English Channel beam trawl fishery. *Fisheries Research*, **71**(1), 121–124.
- Rice WR (1989) Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, **43**, 223–225.
- Rice JS, Gallucci VF, Kruse GH (2009) Evaluation of the precision of age estimates for spiny dogfish. In: *Biology and Management of Dogfish Sharks* (eds Gallucci VF, McFarlane GA, Bargmann GG), pp. 161–168. American Fisheries Society, Washington DC.
- Richards SW, Merriman D, Calhoun LH (1963) Studies of the marine resources of southern New England. IX. The biology of the little skate, *Raja erinacea* Mitchell. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection Yale University*, **18**(3), 5–67.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, **191**, 1–382.
- Rodríguez-Cabello C, De La Gándara F, Sanchez F (1998) Preliminary results on growth and movements of dogfish *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) in the Cantabrian Sea. *Oceanologica Acta*, **21**, 363–370.
- Rodríguez-Cabello C, Sánchez F, Fernandez A, Olaso I (2004) Is the lesser spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) from the Cantabrian sea, a unique stock? *Fisheries Research*, **69**(1), 57–71.
- Rodríguez-Cabello C, Fernandez A, Olaso I, Sánchez F (2005) Survival of small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*) discarded by trawlers in the Cantabrian Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **85**, 1145–1150.
- Rodríguez-Cabello C, Sánchez F, Olaso I (2007) Distribution patterns and sexual segregations of *Scyliorhinus canicula* (L.) in the Cantabrian Sea. *Journal of Fish Biology*, **70**, 1568–1586.
- Rogers A, Harpending H (1992) Population growth makes waves in the distribution of pairwise differences. *Molecular Biology and Evolution*, **9**, 552–569.
- Rokas A, Ladoukakis E.D, Zouros E (2003) Animal mitochondrial DNA recombination revisited. *Trends in Ecology and Evolution*, **18**, 411–417.
- Romer AS, Parsons TS (1977) *The Vertebrate Body*. Holt-Saunders International, Philadelphia PA.
- Romiguier J, Gayral P, Ballenghien M, Bernard A, Cahais V, Chenuil A *et al.* (2014) Comparative population genomics in animals uncovers the determinants of genetic diversity. *Nature*, **515**(7526), 261–263.
- Rossouw GJ (1987) Function of the liver and hepatic lipids of the lesser sand shark, *Rhinobatos annulatus* (Müller and Henle). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, **86**(4), 785–790.
- Rousset F (1997) Genetic differentiation and estimation of gene flow from *F*-statistics under isolation by distance. *Genetics*, **145**, 1219–1228.
- Rousset F, Raymond M (1995) Testing Heterozygote Excess and Deficiency. *Genetics*, **140**, 1413–1419.
- Ruelas-Inzunza J, Páez-Osuna F (2005) Mercury in fish and shark tissues from two coastal lagoons in the Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **74**, 294–300.
- Ruelas-Inzunza J, Páez-Osuna F (2007) Essential and toxic metals in nine fish species for human consumption from two coastal lagoons in the Eastern Gulf of California. *Journal of Environmental Science and Health Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, **42**(10), 1411–1416.
- Rumbold D, Wasno R, Hammerschlag N, Volety A (2014) Mercury Accumulation in Sharks From the Coastal Waters of Southwest Florida. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **67**, 402–412.
- Saccone C, Pesole G, Sbisà E (1991) The main regulatory region of mammalian mitochondrial-DNA-structure-function model and evolutionary pattern. *Journal of Molecular Evolution*, **33**, 83–91.
- Saïdi B, Bradai MN, Bouaïn A (2009) Reproductive biology and diet of *Mustelus punctulatus* (Risso, 1826) (Chondrichthyes: Triakidae) from the Gulf of Gabès, central Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, **73**(2), 249–258.
- Saiki RK, Gelfand DH, Stoffel S, Scharf SJ, Higuchi R, Horn GT *et al.* (1988) Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, **239**, 487–491.
- Saitou N, Nei M (1987) The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, **4**, 406–425.
- Sakellari A, Plavšić M, Karavoltos S, Dassenakis M, Scoullou M (2011) Assessment of copper, cadmium and zinc remobilization in Mediterranean marine coastal sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **91**(1), 1–12.

- Sakellari A, Karavoltsos S, Theodorou D, Dassenakis M, Scoullou M (2013) Bioaccumulation of metals (Cd, Cu, Zn) by the marine bivalves *M. galloprovincialis*, *P. radiata*, *V. verrucosa* and *C. chione* in Mediterranean coastal microenvironments: Association with metal bioavailability. *Environmental Monitoring and Assessment*, **185**(4), 3383–3395.
- Sakellariou D, Lykousis V, Pousakis G (2010) *Reconstructing prehistoric landscapes in tectonically active regions: the Corinth and North Evia prehistoric lakes during LGM*. XIX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association / Special Session S30, Thessaloniki, Greece, 23–26 September.
- Saldanha L, Almeida AJ, Andrade F, Guerreiro J (1995) Observations on the diet of some slope dwelling fishes of southern Portugal. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie*, **80**, 217–234.
- Sánchez F (1993) *Las Comunidades de Peces de la Plataforma del Cantabrico*. Instituto Español de Oceanografía, Madrid.
- Sánchez F, Blanco M, Gancedo R (2002) *Atlas de los Peces Demersales y de los Invertebrados de Interés Comercial de Galicia y el Cantábrico*. Otoño 1997–1999. CYAN, Proyectos y Producciones Editoriales, Madrid.
- Sanchez W, Palluel O, Meunier L, Coquery M, Porcher JM, Ait-Aissa S (2005) Copper-induced oxidative stress in three-spined stickleback: relationship with hepatic metal levels. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **19**, 177–183.
- Sandoval-Castillo J, Rocha-Olivares A (2011) Deep mitochondrial divergence in Baja California populations of an aquilopelagic elasmobranch: the golden cownose ray. *Journal of Heredity*, **102**, 269–274.
- Sandoval-Castillo J, Rocha-Olivares A, Villavicencio-Garayzar C, Balart E (2004) Cryptic isolation of Gulf of California Shovelnose Guitarfish evidenced by mitochondrial DNA. *Marine Biology*, **145**, 938–988.
- Sanger F, Nicklen S, Coulson AR (1977) DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **74**(12), 5463–5467.
- Sanna D, Cossu P, Dedola GL, Scarpa F, Maltagliati F, Castelli A *et al.* (2013) Mitochondrial DNA reveals genetic structuring of *Pinna nobilis* across the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, **8**(6), e67372.
- Santos MN, Gaspar MB, Vasconcelos P, Monteiro CC (2002) Weight-length relationships for 50 selected fish species of the Algarve (southern Portugal). *Fisheries Research*, **59**, 289–295.
- Šantić M, Rađa B, Pallaoro A (2013) Feeding habits of small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula* Linnaeus, 1758) from the eastern central Adriatic Sea. *Marine Biology Research*, **8**(10), 1003–1011.
- Sassi A, Darias MJ, Said K, Messaoudi I, Gisbert E (2013) Cadmium exposure affects the expression of genes involved in skeletogenesis and stress response in gilthead sea bream larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, **39**, 649–659.
- Saunders MW, McFarlane GA (1993) Age and length at maturity of the female spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the Strait of Georgia, British Columbia, Canada. *Environmental Biology of Fishes*, **38**, 49–57.
- Savolainen V, Cowan RS, Vogler AP, Roderick GK, Lan R (2005) Towards writing the encyclopedia of life: an introduction to DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, **360**, 1805–1811.
- Saxena P, Misra N (2010) Remediation of Heavy Metal Contaminated Tropical Land. In: *Soil Heavy Metals* (eds Sherameti I, Varma A), pp. 431–478. Springer Verlag, Berlin.
- Scapini EM, Andrade S, Marcovecchio JE (1993) *Total mercury distribution in two shark species from Buenos Aires province coastal waters, in Argentina*. Proceedings of the International Conference: Heavy Metals in the Environment, Toronto.
- Scharf FS, Juanes F, Rountree A (2000) Predator size-prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Marine Ecology Progress Series*, **208**, 229–248.
- Schlötterer C (1998) *Molecular genetic analysis of populations. A practical approach*. 2nd edition. Oxford University Press, Oxford.
- Schlötterer C (2000) Evolutionary dynamics of microsatellite DNA. *Chromosoma*, **109**, 365–371.
- Schlüssel V, Broderick D, Collin SP, Ovenden JR (2010) Evidence for extensive population structure in the white spotted eagle ray within the Indo-Pacific inferred from mitochondrial gene sequences. *Journal of Zoology (London)*, **281**, 46–55.
- Schmitz C (2006) Red mud disposal. In: *Handbook of Aluminium Recycling*, 18 pp. Vulkan-Verlag, Essen, Germany.
- Schmidt JV, Schmidt CL, Ozer F, Ernst RE, Feldheim KA, Ashley MV *et al.* (2009) Low genetic differentiation across three major ocean populations of the whale shark, *Rhincodon typus*. *PLoS One*, **4**, e4988.
- Schneider S, Excoffier L (1999) Estimation of demographic parameters from the distribution of pairwise differences when the mutation rates vary among sites: Application to human mitochondrial DNA. *Genetics*, **152**, 1079–1089.
- Schoener TW (1970) Resource partitioning in ecological communities. *Science*, **185**, 27–39.
- Schrey AW, Heist EJ (2002) Microsatellite markers for the shortfin mako and cross-species amplification in Lamniformes. *Conservation Genetics*, **3**, 459–461.
- Schrey AW, Heist EJ (2003) Microsatellite analysis of population structure in the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **60**, 670–675.
- Schüle W (1993) Mammals, vegetation and the initial human settlement of the Mediterranean islands: a palaeoecological approach. *Journal of Biogeography*, **20**, 399–412.
- Schultz JK, Feldheim KA, Gruber SH, Ashley MV, McGovern TM, Bowen BW (2008) Global phylogeography and seascape genetics of the lemon sharks (genus *Negaprion*). *Molecular Ecology*, **17**, 5336–5348.
- Schwarz G (1978) Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, **6**, 461–464.
- Schwartz M, Vissing J (2002) Paternal inheritance of mitochondrial DNA. *New England Journal of Medicine*, **347**, 576–580.
- Scoullou MJ, Sakellari A, Giannopoulou K, Paraskevopoulou V, Dassenakis M (2007) Dissolved and particulate trace metal levels in the Saronikos Gulf, Greece, in 2004. The impact of the primary Wastewater Treatment Plant of Psittalia. *Desalination*, **210**(1–3), 98–109.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Selkoe K, Toonen R (2006) Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters*, **9**, 615–629.
- Sellas AB, Bassos-Hull K, Hueter RE, Feldheim KA (2011) Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers from the spotted eagle ray (*Aetobatus narinari*) *Conservation Genetics Resources*, **3**, 609–611.
- Serena F (2005) *Field identification guide to the sharks and rays of the Mediterranean and Black Sea*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. IX, 97 pp., [14] leaves of plates: ill. (some col.), col. maps; 25 cm.
- Serrano A, Velasco F, Olaso I, Sánchez F (2003) Macrobenthic crustaceans in the diet of demersal fish in the Bay of Biscay in relation to abundance in the environment. *Sarsia*, **88**, 36–48.
- Serra-Pereira B, Figueiredo I, Farias I, Moura T, Gordo LS (2008) Description of dermal denticles from the caudal region of *Raja clavata* and their use for the estimation of age and growth. *ICES Journal of Marine Science*, **65**, 1701–1709.
- Serra-Pereira B, Figueiredo I, Serrano Gordo L (2011) Maturation, fecundity, and spawning strategy of the thornback ray, *Raja clavata*: do reproductive characteristics vary regionally? *Marine Biology*, **158**, 2187–2197.
- Serra-Pereira B, Figueiredo I, Serrano Gordo L (2014) Maturation of the gonads and reproductive tracts of the thornback ray *Raja clavata*, with comments on the development of a standardized reproductive terminology for oviparous elasmobranchs. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, **3**(1), 160–175.
- Sfezer P, Domagala-Wieloszewska M, Warzocha J, Garbacik Wesolowska A, Ciesielski T (2003) Distribution and relationships of mercury, lead, cadmium, copper and zinc in perch (*Perca fluviatilis*) from the Pomeranian Bay and Szczecin lagoon, southern Baltic. *Food Chemistry*, **81**, 73–83.
- Shaklee JB, Bentzen P (1998) Genetic identification of stocks of marine fish and shellfish. *Bulletin of Marine Science*, **62**, 589–621.
- Shepherd G, Grimes CB (1983) Geographic and historic variations in growth of weakfish, *Cynoscion regalis*, in the middle Atlantic Bight. *Fishery Bulletin*, **81**, 803–813.
- Shine R (1988) The evolution of large body size in females: a critique of Darwin's "fecundity advantage" model. *The American Naturalist Journal*, **131**, 124–131.
- Shivji M, Clarke S, Pank M, Natanson L, Kohler N, Stanhope M (2002) Genetic identification of pelagic shark body parts for conservation and trade monitoring. *Conservation Biology*, **16**, 1036–1047.
- Siezen RJ (1989) Eye lens aging in the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) I. Age determination from lens weight. *Current Eye Research*, **8**, 707–712.
- Silva P, Epstein FH, Solomon RJ (1992) The effect of mercury on chloride secretion in the shark (*Squalus acanthias*) rectal gland. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, **103**, 569–575.
- Simpfendorfer CA (1993) Age and growth of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from North Queensland, Australia. *Environmental Biology of Fishes*, **36**, 233–241.
- Simpfendorfer CA, Hueter RE, Bergman U, Connitt SMH (2002) Results of a fishery-independent survey for pelagic sharks in the western North Atlantic, 1977–1994. *Fisheries Research*, **55**, 175–192.
- Sims DW (2003) Tractable models for testing theories about natural strategies: foraging behaviour and habitat selection of free-ranging sharks. *Journal of Fish Biology*, **63**, 53–73.
- Sims DW, Davies SJ (1994) Does specific dynamic action (SDA) regulate return of appetite in the lesser spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula*? *Journal of Fish Biology*, **45**(2), 341–348.
- Sims DW, Nash JP, Morritt D (2001) Movements and activity of male and female dogfish in a tidal sea lough: alternative behavioural strategies and apparent sexual segregation. *Marine Biology*, **139**, 1165–1175.
- Sims DW, Wearmouth VJ, Southall EJ, Hill J, Moore P, Rawlinson K *et al.* (2006) Hunt warm, rest cool: bioenergetic strategy underlying diel vertical migration in a benthic shark. *Journal of Animal Ecology*, **75**, 176–190.
- Sion L, D'Onghia G, Matarrese A, Mytilineou C (2003) First data on distribution and biology of *Squalus blainvillei* (Risso, 1826) from the eastern Mediterranean Sea. *Journal of the Northwest Atlantic Fishery Science*, **31**, 210–219.
- Skidmore JF (1970) Respiration and osmoregulation in rainbow trout with gills damaged by Zn sulphate. *Journal of Experimental Biology*, **52**, 481–494.
- Skidmore JF, Tovell PWA (1972) Toxic effects of Zn sulphate on the gills of rainbow trout. *Water Resources*, **6**, 217–230.
- Slatkin M, Hudson RR (1991) Pairwise comparisons of mitochondrial DNA sequences in stable and exponentially growing populations. *Genetics*, **129**, 555–562.
- Sloman KA (2003) Copper, cortisol and the common carp. *Journal of Experimental Biology*, **206**, 3309.
- Smith PJ (1986) Low genetic variation in sharks (Chondrichthyes). *Copeia*, **1986**(1), 202–207.
- Smith G, Weis JS (1997) Predator/prey interactions of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*: Effects of living in a polluted environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **209**, 75–87.
- Smith WD, Bizzarro JJ, Richards VP, Nielsen J, Márquez-Flarías F, Shivji MS (2009) Morphometric convergence and molecular divergence: the taxonomic status and evolutionary history of *Gymnura crebripunctata* and *Gymnura marmorata* in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, **75**, 761–783.
- Sneath PHA, Sokal RR (1973) *Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. WH Freeman and Co, San Francisco.
- Sodré D, Rodrigues-Filho LF, Souza RF, Rêgo PS, Schneider H, Sampaio I *et al.* (2012) Inclusion of South American samples reveals new population structuring of the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) in the western Atlantic. *Genetics and Molecular Biology*, **35**(4), 752–760.
- Sogard SM (1997) Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes: a review. *Bulletin of Marine Science*, **60**, 1129–1157.
- Sokal RR, Rohlf FJ (1987) *Introduction to Biostatistics*. WH Freeman and Co, New York.
- Soldat VT (1982) *Age and Size of Spiny Dogfish, Squalus acanthias, in the Northwest Atlantic*. NAFO Scientific Council Studies, no. 3, pp. 47–52.

- Sonin O, Spanier E, Levi D, Patti B, Rizzo P, Andreoli MG (2007) Nanism (dwarfism) in fish: a comparison between red mullet *Mullus barbatus* from the southeastern and the central Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, **343**, 221–228.
- Southern EM (1975) Detection of specific sequences among DNA fragments separated by gel electrophoresis. *Journal of Molecular Biology*, **98**, 503–517.
- Sparre P, Venema SC (1992) *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment*. Part I. FAO Fisheries Technical Paper, no. 306, 376 pp. FAO, Rome.
- Sparre P, Ursin E, Venema SC (1989) *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment*. Part I. FAO Fisheries Technical Paper, no. 306, 337 pp. FAO, Rome.
- Speranza AW, Seeley RJ, Seeley VA, Perlmutter A (1977) The effect of sublethal concentrations of zinc on reproduction in the zebrafish *Brachydanio rerio hamilton-buchanan*. *Environmental Pollution*, **12**, 217–222.
- Spieß AN, Mueller N, Ivell R (2004) Trehalose is a potent PCR enhancer: lowering of DNA melting temperature and thermal stabilization of Taq polymerase by the disaccharide trehalose. *Technical Briefs of Clinical Chemistry*, **50**(7), 1257–1259.
- Springer S (1967) Social organization of shark populations. In: *Sharks, Skates and Rays* (eds Gilbert PW, Mathewson RF, Rall DP), pp. 149–174. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
- Stanley HP (1966) The structure and development of the seminiferous follicle in *Scyliorhinus caniculus* and *Torpedo marmorata* (Elasmobranchii). *Tissue and Cell*, **75**, 453–468.
- Staudinger MD (2011) Species- and size-specific variability of mercury concentrations in four commercially important finfish and their prey from the northwest Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(1), 734–740.
- Stearns SC (2000) Life history evolution: successes, limitations, and prospects. *Naturwissenschaften*, **87**, 476–486.
- Stehmann M (1987) Quick and dirty tabulation of stomach contents and maturity stages for skates (Rajidae) squaloid and other ovoviviparous and viviparous species of sharks. *American Elasmobranch Society Newsletter*, **3**, 5–9.
- Stelbrink B, von Rintelen T, Cliff G, Kriwet J (2010) Molecular systematics and global phylogeography of angel sharks (genus *Squatina*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **54**, 395–404.
- Stenberg C (2005) Life history of the piked dogfish (*Squalus acanthias* L.) in Swedish waters. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, **35**, 155–164.
- Stergiou KI (1988) Feeding habits of the Lessepsian migrant *Siganus luridus* in the eastern Mediterranean, its new environment. *Journal of Fish Biology*, **33**, 531–543.
- Stergiou KI, Fourtouni H (1991) Food habits, ontogenetic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758. *Journal of Fish Biology*, **39**, 589–603.
- Stergiou KI, Polunin N (2000) Executive summary. In: *Fishing Down the Mediterranean Food Webs?* (CIESM Workshop Series, Fishing Down the Mediterranean Food Webs? Corfu, 26–30 July, 2000) (ed Briand F), vol. 12, pp. 7–15. CIESM, Monaco
- Stergiou KI, Karpouzi VS (2002) Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **11**, 217–254.
- Stergiou KI, Moutopoulos DK, Casal JAH, Erzini K (2007) Trophic signatures of small-scale fishing gears and their implications for conservation and management. *Marine Ecology Progress Series*, **333**, 117–128.
- Stevens JD (1975) Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca*). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **55**, 657–665.
- Stevens JD, Brown BE (1974) Occurrence of heavy metals in the blue shark *Prionace glauca* and selected pelagic in the N.E. Atlantic Ocean. *Marine Biology*, **26**, 287–293.
- Stevens JD, Bonfil R, Dulvy NK, Walker PA (2000) The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, **57**, 476–494.
- Stock D (1992) *A molecular phylogeny of fishes*. Ph.D. thesis, University of Illinois, Urbana-Champaign, United States of America.
- Stohs SJ, Bagchi D (1995) Oxidative mechanisms in the toxicity of metals ions. *Free Radical Biology and Medicine*, **2**, 321–336.
- Storelli MM, Marcotrigiano GO (1999) Cadmium and total mercury in some cephalopods from the South Adriatic Sea (Italy). *Food Additives and Contaminants*, **16**(6), 261–265.
- Storelli MM, Marcotrigiano GO (2001) Persistent organochlorine residues and toxic evaluation of polychlorinated biphenyls in sharks from the Mediterranean Sea (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, **42**, 1323–1329.
- Storelli MM, Marcotrigiano GO (2002) Mercury speciation and relationship between mercury and selenium in liver of *Galeus melastomus* from the Mediterranean Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **69**, 516–522.
- Storelli MM, Ceci E, Marcotrigiano GO (1998a) Comparative study of heavy metal residues in some tissue of the fish *Galeus melastomus* caught along the Italian and Albanian coasts. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, **35**, 228–289.
- Storelli MM, Giacomini R, Marcotrigiano GO (1998b) Total mercury in muscle of benthic and pelagic fish from the South Adriatic Sea (Italy). *Food Additives and Contaminants*, **15**(8), 876–883.
- Storelli MM, Giacomini-Stuffer R, Marcotrigiano GO (2001) Total mercury and methylmercury in tuna fish and sharks from the South Adriatic Sea. *Italian Journal of Food Science*, **13**(1), 101–106.
- Storelli MM, Giacomini-Stuffer R, Marcotrigiano GO (2002a) Mercury accumulation and speciation in muscle tissue of different species of sharks from Mediterranean Sea, Italy. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **68**, 201–210.
- Storelli MM, Giacomini-Stuffer R, Marcotrigiano GO (2002b) Total and methylmercury residues in cartilaginous fish from Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, **44**, 1354–1358.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Storelli MM, Ceci E, Storelli A, Marcotrigiano GO (2003a) Polychlorinated biphenyl, heavy metal and methylmercury residues in hammerhead sharks: contaminant status and assessment. *Marine Pollution Bulletin*, **46**, 1035–1039.
- Storelli MM, Storelli A, Marcotrigiano GO (2003b) Coplanar polychlorinated biphenyl congeners in the liver of *Galeus melastomus* from different areas of the Mediterranean Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **71**, 276–282.
- Storelli MM, Storelli A, D'Addabbo R, Barone G, Marcotrigiano GO (2004) Polychlorinated biphenyl residues in deep-sea fish from Mediterranean Sea. *Environment International*, **30**, 343–349.
- Storelli MM, Storelli A, Marcotrigiano GO (2005a) Concentrations and hazard assessment of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in shark liver from the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, **50**, 850–855.
- Storelli MM, Busco VP, Marcotrigiano GO (2005b) Mercury and arsenic speciation in the muscle tissue of *Scyliorhinus canicula* from the Mediterranean sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **75**, 81–88.
- Storelli MM, Barone G, Santamaria N, Marcotrigiano GO (2006) Residue levels of DDTs and toxic evaluation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in *Scyliorhinus canicula* liver from the Mediterranean Sea (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, **52**, 696–718.
- Storelli MM, Barone G, Storelli A, Marcotrigiano GO (2011a) Levels and congener profiles of PCBs and PCDD/Fs in blue shark (*Prionace glauca*) liver from the South-Eastern Mediterranean Sea (Italy). *Chemosphere*, **82**(1), 37–42.
- Storelli MM, Perrone VG, Barone G (2011b) Organochlorine residues (PCBs and DDTs) in two Torpedinid species liver from the Southeastern Mediterranean Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, **18**, 1160–1165.
- Storelli MM, Cuttone G, Marcotrigiano GO (2011c) Distribution of trace elements in the tissues of smooth hound *Mustelus mustelus* (Linnaeus, 1758) from the southern–eastern waters of Mediterranean Sea (Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, **174**, 271–281.
- Stow AJ, Zenger K, Briscoe D, Gillings M, Peddemors V, Otway N *et al.* (2006) Isolation and genetic diversity of endangered grey nurse shark (*Carcharias taurus*) populations. *Biology Letters*, **2**, 308–311.
- Straube N, Kriwet J, Schlieven UK (2011) Cryptic diversity and species assignment of large lantern sharks of the *Etmopterus spinax* clade from the Southern Hemisphere (Squaliformes, Etmopteridae). *Zoologica Scripta*, **40**, 61–75.
- Strauss RE, Bond CE (1990) Taxonomic methods: morphology. In: *Methods for Fish Biology*. (eds Schreck CB, Moyle PB), pp. 109–140. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Strid A, Jorundsdottir H, Papke O, Svavarsson J, Bergman A (2007) Dioxins and PCBs in Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) from the north-east Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, **54**, 1514–1522.
- Strogloudi E, Angelidis MO, Christides A, Papathanassiou E (2012) Metal concentrations and metallothionein levels in *Mytilus galloprovincialis* from Elefsis bay (Saronikos gulf, Greece). *Environmental Monitoring and Assessment*, **184**(12), 7189–7205.
- Strom DG, Graves GA (2001) A comparison of mercury in estuarine fish between Florida Bay and the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Estuaries*, **24**(4), 597–609.
- Sturmbauer C, Meyer A (1992) Genetic divergence, speciation, and morphological stasis in a lineage of African cichlid fishes. *Nature*, **359**, 578–581.
- Suk SH, Smith SE, Ramon DA (2009) *Bioaccumulation in Pelagic Sharks*. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, vol. 50, pp. 172–177. La Jolla, California.
- Sulikowski JA, Tsang PCW, Howell WH (2005) Age and size at sexual maturity for the winter skate, *Leucoraja ocellata*, in the western Gulf of Maine based on morphological, histological and steroid hormone analyses. *Environmental Biology of Fishes*, **72**, 429–441.
- Sullivan KJ (1977) Age and growth of the elephant fish *Callorhynchus milii* (Elasmobranchii: Callorhynchidae). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **11**(4), 745–753.
- Sumet HDe, Blust R (2001) Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **48**(30), 255–262.
- Sunnucks P (2000) Efficient genetic markers for population biology. *Trends in Ecology and Evolution*, **15**, 199–203.
- Sures B, Taraschewski H (1999) Parasites as accumulation indicators of heavy metal pollution. *Parasitology Today*, **15**, 16–21.
- Svendsen JI, Alexanderson H, Astakhov VI, Demidov I, Dowdeswell JA, Funder S *et al.* (2004) Late quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, **23**, 1229–1271.
- Sweet LI, Zelikoff JT (2001) Toxicology and Immunotoxicology of Mercury: A comparative Review in Fish and Humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **4**(2), 161–205.
- T**aanman JW (1999) The mitochondrial genome: structure, transcription, translation and replication. *Biochimica et Biophysica Acta*, **1410**, 103–123.
- Taberlet P, Waits LP, Luikart G (1999) Noninvasive genetic sampling: look before you leap. *Trends in Ecology and Evolution*, **14**, 323–327.
- Tachida H and Iizuka M (1992) Persistence of repeated sequences that evolve by replication slippage. *Genetics*, **131**, 471–478.
- Taguchi M, Yasuda K, Toda S, Shimizu M (1979) Study of metal contents of elasmobranch fishes. Part I: Metal concentration in the muscle tissue of a dogfish, *Squalus mitsukurii*. *Marine Environmental Research*, **2**, 239–249.
- Taguchi M, Shigenobu Y, Ohkubo M, Yanagimoto T, Sugaya T, Nakamura Y *et al.* (2013) Characterization of 12 polymorphic microsatellite DNA loci in the blue shark, *Prionace glauca*, isolated by next generation sequencing approach. *Conservation Genetics Resources*, **5**, 117–119.

- Taguchi M, King JR, Wetklo M, Withler RE, Yokawa K (2015) Population genetic structure and demographic history of Pacific blue sharks (*Prionace glauca*) inferred from mitochondrial DNA analysis. *Marine and Freshwater Research*, **66**(3), 267–275.
- Tajima F (1983) Evolutionary relationship of DNA sequences in finite populations. *Genetics*, **105**, 437–460.
- Tajima F (1989) Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. *Genetics*, **123**, 585–595.
- Takezaki N, Nei M, Tamura K (2010) POPTREE2: Software for constructing population trees from allele frequency data and computing other population statistics with windows interface. *Molecular Biology and Evolution*, **27**, 747–752.
- Taleb-Bendiab AA, Mouffok S, Boutiba Z (2012) Reproductive biology and growth of Lesser Spotted Dogfish *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) in Western Algerian coasts (Chondrichthyes, Scyliorhinidae). *Biodiversity Journal*, **3**(1), 41–48.
- Tamarin RH (2001) *Principles of Genetics*. 7th edition. The McGraw-Hill Companies, Massachusetts.
- Tambourgi MRS, Hazin FHV, Oliveira PGV, Coelho R, Burgess G, Roque PCG (2013) Reproductive aspects of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), in the equatorial and southwestern Atlantic Ocean. *Brazilian Journal of Oceanography*, **61**(2), 161–168.
- Tanaka S (1990) The structure of the dorsal spine of the deep sea squaloid shark *Centrophorus acus* and its utility for age determination. *Nippon Suisan Gakkaishi (Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries)*, **56**(6), 903–909.
- Tarassoli A, Esmaili Sari A, Vali Nassab T (2012) An Investigation of mercury bioaccumulation and its relation with selenium in the muscle and liver tissues of Milk Shark (*Rhizoprionodon acutus*). *Journal of Environmental Studies*, **38**(63), 37–46.
- Taylor DL, Kutil NJ, Malek AJ, Collie JS (2014) Mercury bioaccumulation in cartilaginous fishes from Southern New England coastal waters: contamination from a trophic ecology and human health perspective. *Marine Environmental Research*, **99**, 20–33.
- Tecchio S, Coll M, Christensen V, Company JB, Ramirez-Llodra E, Sardà F (2013) Food web structure and vulnerability of a deep-sea ecosystem in the NW Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, **75**, 1–15.
- Templeman W (1944) The life-history of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and the vitamin A values of dogfish liver oil. *Newfoundland Department of Natural Resources Research Bulletin*, **15**, 1–102.
- Templeman W (1976) Transatlantic migrations of spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Journal of the Fisheries Research Board Canada*, **33**, 2605–2609.
- Templeton AR (1998) Nested clade analyses of phylogeographic data: testing hypotheses about gene flow and population history. *Molecular Ecology*, **7**, 381–397.
- Templeton AR (2004) Statistical phylogeography: methods of evaluating and minimizing inference errors. *Molecular Ecology*, **13**, 789–809. Latest key available at http://www.darwin.uvigo.es/download/geodisKey_06Jan11.pdf.
- Templeton AR, Routman E, Phillips C (1995) Separating population structure from population history: a cladistic analysis of the geographical distribution of mitochondrial DNA haplotypes in the Tiger Salamander, *Ambystoma tigrinum*. *Genetics*, **140**, 767–782.
- Tesch FW (1971) Age and growth. In: *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters* (ed Ricker WE), pp. 99–130. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Thompson JD (1985) Mercury concentrations of the axial muscle tissue of some marine fishes of the continental shelf adjacent to Tasmania. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **36**(4), 509–517.
- Thompson DR, Stewart FM, Furness RW (1990) Using seabirds to monitor mercury in marine environments: the validity of conversion ratios for tissue comparisons. *Marine Pollution Bulletin*, **21**, 339–342.
- Thurman HV, Trujillo AP (2002) *Essentials of Oceanography*. Prentice Hall, New Jersey.
- Tillett BJ, Meekan MG, Field IC, Thornburn DC, Ovenden JR (2012a) Evidence for reproductive philopatry in the bull shark *Carcharhinus leucas*. *Journal of Fish Biology*, **80**, 2140–2158.
- Tillett BJ, Meekan MG, Broderick D, Field IC, Cliff G, Ovenden JR (2012b) Pleistocene isolation, secondary introgression and restricted contemporary gene flow in the pig-eye shark, *Carcharhinus amboinensis* across northern Australia. *Conservation Genetics*, **13**, 99–115.
- Torres MA, Ramos F, Sobrino J (2012) Length–weight relationships of 76 fish species from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, **127–128**, 171–175.
- Tortonese E (1950) Studi di plagiostomi. III. Un fondamentale carattere biologico degli Squali. *Archivio Zoologico Italiano*, **1950**, 101–155.
- Toth G, Gaspari Z, Jurka J (2000) Microsatellites in different eukaryotic genomes: survey and analysis. *Genome Research*, **10**, 967–981.
- Tribuzio CA, Rouse GH, Fujioka JT (2010) Age and growth of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Gulf of Alaska: analysis of alternative growth models. *Fishery Bulletin*, **108**, 119–135.
- Trudel M, Rasmussen JB (1997) Modeling the elimination of mercury by fish. *Environment Science and Technology*, **31**, 1716–1722.
- Tsangaris C, Hatzianestis I, Catsiki VA, Kormas KA, Stroglyoudi E, Neofitou C *et al.* (2011) Active biomonitoring in Greek coastal waters: Application of the integrated biomarker response index in relation to contaminant levels in caged mussels. *Science of the Total Environment*, **412–413**, 359–365.
- Tserpes G, Peristeraki P, Potamias G, Tsimenidis N (1999) Species distribution in the southern Aegean Sea based on bottom-trawl surveys. *Aquatic Living Resources*, **12**(3), 167–175.
- Tsoukali-Papadopoulou H, Kaniou-Gregoriades I, Epivatianos P, Stratis JA (1989) Heavy metals in marine organisms of geras gulf, Iesvos, Greece. *Journal of Environmental Science and Health Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, **24**(1), 39–47.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Tucker R (1985) Age validation studies on the spines of the spurdog (*Squalus acanthias*) using tetracycline. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **65**, 641–651.
- Türker Çakır D, Torcu Koç H, Erdoğan Z (2006) Some biological aspects of the lesser spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus 1758) in Edremit Bay (The Northern Aegean Sea) Turkey. In: *Proceedings of the Workshop on Mediterranean Cartilaginous Fish with Emphasis on Southern and Eastern Mediterranean* (eds Başusta N, N., Keskin Ç, Serena F, Seret B). Turkish Marine Research Foundation, Istanbul.
- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, Töre Y, Ateş A (2009) Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry*, **113**(1), 233–237.
- Turoczy NJ, Laurenson LJB, Allinson G, Nishikawa M, Lambert DF, Smith C *et al.* (2000) Observations on metal concentrations in three species of shark (*Deania calcea*, *Centroscymnus crepidater*, and *Centroscymnus owstoni*) from southeastern Australian waters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 4357–4364.
- Tursi A, D'Onghia G, Matarrese A, Piscitelli G (1993) Observations on population biology of the blackmouth catshark *Galeus melastomus* (Chondrichthyes, Scyliorhinidae) in the Ionian Sea. *Cybiurn*, **17**, 187–196.
- Ulltang Ø (1996) Stock assessment and biological knowledge: Can prediction uncertainty be reduced? *ICES Journal of Marine Science*, **53**, 659–675.
- UNEP (1989) *State of the Mediterranean Marine Environment*. MAP Technical Reports. Series 28, 225 pp. UNEP, Athens.
- UNEP (2013) *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. 43 pp. UNEP Chemicals Branch, Geneva.
- UNEP/FAO/WHO (1987) Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by mercury and mercury compounds and proposed measures. MAP Technical Reports. Series 18. UNEP/MAP, Athens.
- USEPA (1991a) *Determination of Mercury in Tissues by Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry: Method 245.6 (revision 2.3)*. 13 pp. United States Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati, Ohio.
- USEPA (1991b) *Guidance on Handling Chemical Concentration Data near the Detection Limit in Risk Assessments*. Technical Guidance Manual, November 4, 1991. United States Environmental Protection Agency, Region 3, Philadelphia P.A. Available at <http://www.epa.gov/reg3hscd/risk/human/info/guide3.htm>.
- USEPA (1999) *Binational Toxics Strategy - Mercury Sources and Regulations*. Draft Report, United States Environmental Protection Agency and Environment Canada.
- USEPA (2014) *Fish Tissue Screening Levels*. United States Environmental Protection Agency, Region 3, Philadelphia P.A. Available at <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>.
- Utter FM (1991) Biochemical genetics and fishery management: an historical perspective. *Journal of Fish Biology*, **39**, 1–20.
- Valko M, Morris H, Cronin MTD (2005) Metals, toxicity and oxidative stress. *Current Medicinal Chemistry*, **12**, 1161–1208.
- Valls M, Quetglas A, Ordines F, Moranta J (2011) Feeding ecology of demersal elasmobranchs from the shelf and slope off the Balearic Sea (western Mediterranean). *Scientia Marina*, **75**(4), 633–639.
- Van der Oost R, Beyer J, Vermeulen NPE (2003) Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **13**, 57–149.
- Van Oosterhout C, Hutchinson WF, Wills DPM, Shipley PF (2004) MICROCHECKER: For identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. *Molecular Ecology Notes*, **4**, 535–538.
- Varnavas S, Papatheodorou G (1987) Marine mineral resources in the Mediterranean Sea. Iron, Titanium, Chromium, Nickel deposit in the Gulf of Corinth, Greece. *Marine Mining*, **6**, 37–70.
- Vas P (1987) Observations on trace metal concentrations in a carcharhinid shark, *Galeorhinus galeus*, from Liverpool Bay. *Marine Pollution Bulletin*, **18**, 193–194.
- Vas P (1991) *A Field Guide to the Sharks of British Coastal Waters*. FSC Publications, Shrewsbury.
- Vas P, Gordon JDM (1988) Trace metal concentrations in the scyliorhinid shark *Galeus melastomus* from the Rockall Trough. *Marine Pollution Bulletin*, **19**, 396–398.
- Vas P, Gordon JDM (1993) Trace metals in deep-sea sharks from the Rockall Trough. *Marine Pollution Bulletin*, **26**, 400–402.
- Vas P, Stevens JD, Bonwick GA, Tizini OA (1990) Cd, Mn, and Zn Concentrations in Vertebrae of Blue Shark and Shortfin Mako in Australian Coastal Waters. *Marine Pollution Bulletin*, **21**(4), 203–206.
- Vassilopoulou V, Papaconstantinou C (1994) Age, growth and mortality of the spotted flounder (*Citharus linguatula* Linnaeus, 1758) in the Aegean Sea. *Scientia Marina*, **58**(3), 261–267.
- Veiga M, Baker RF (2004) *Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-scale Gold Miners*. Published by GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project. Vienna, ISBN 92-1-106429-5, 294p.
- Velez-Zuazo X, Argnarsson I (2011) Shark tales: a molecular species-level phylogeny of sharks (Selachimorpha, Chondrichthyes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **58**, 207–217.
- Verboost PM, Van Rooij J, Flik G, Lock RAC, Wendelaar Bonga SEW (1989) The movement of cadmium through fresh water trout branchial epithelium and its interference with calcium transport. *Journal of Experimental Biology*, **145**, 185–197.
- Verissimo A, McDowell JR, Graves JE (2010) Global population structure of the spiny dogfish *Squalus acanthias*, a temperate shark with an antitropical distribution. *Molecular Ecology*, **19**, 1651–1662.
- Verissimo A, McDowell JR, Graves JE (2011a) Population structure of a deep-water squaloid shark, the Portuguese dogfish (*Centroscymnus coelolepis*). *ICES Journal of Marine Science*, **68**, 555–563.

- Veríssimo A, Moura T, McDowell J, Graves J, Gordo L, Hoelzel R (2011b) Isolation and characterization of ten nuclear microsatellite loci for the Portuguese dogfish *Centroscymnus coelolepis*. *Conservation Genetic Resources*, **3**, 299–301.
- Veríssimo A, McDowell JR, Graves JE (2012) Genetic population structure and connectivity in a commercially exploited and wide-ranging deepwater shark, the leafscale gulper (*Centrophorus squamosus*). *Marine and Freshwater Research*, **63**, 505–512.
- Viana F, Huertas R, Danuat (2005) Heavy metal levels in fish from coastal waters of Uruguay. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **48**, 530–537.
- Viarengo A, Burlando B, Ceratto N, Panfoli I (2000) Antioxidant role of metallothioneins: a comparative overview. *Cellular and Molecular Biology*, **46**, 407–417.
- Vignaud TM, Clua E, Mourier J, Maynard J, Planes S (2013) Microsatellite analyses of blacktip reef sharks (*Carcharhinus melanopterus*) in a fragmented environment show structured clusters. *PLoS ONE*, **8**(4), e61067.
- Vignaud TM, Mourier J, Maynard JA, Leblois R, Spaet JLY, Clua E *et al.* (2014a) Blacktip reef sharks, *Carcharhinus melanopterus*, have high genetic structure and varying demographic histories in their Indo-Pacific range. *Molecular Ecology*, **23**(21), 5193–5207.
- Vignaud TM, Maynard JA, Leblois R, Meekan MG, Vázquez-Juárez R, Ramírez-Macías D *et al.* (2014b) Genetic structure of populations of whale sharks among ocean basins and evidence for their historic rise and recent decline. *Molecular Ecology*, **23**(10), 2590–2601.
- Vlieg P, Murray T, Body DR (1993) Nutritional data on six oceanic pelagic fish species from New Zealand waters. *Journal of Food Composition and Analysis*, **6**, 45–54.
- Vogel S (1988) *Life's Devices: The Physical World of Animals and Plants*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Von Bertalanffy L (1938) A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human Biology*, **10**, 181–213.
- Voutsinou-Taliadouri F, Satsmadjis J (1983) Metals in polluted sediments from the Thermaikos Gulf, Greece. *Marine Pollution Bulletin*, **14**(6), 234–236.
- Voutsinou-Taliadouri F, Psyllidou-Giouranovits R, Georgakopoulou-Gregoriadou E (1995) Active growth of a submarine slag disposal ore deposit in the northern Euboikos Gulf, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, **4**, 195–200.
- Wakeley J (2008) *Coalescent Theory: An Introduction*. Roberts and Company Publishers, Greenwood Village, Colorado.
- Walker TI (1976) Effects of species, sex, length and locality on the mercury content of school shark *Mustelus antarcticus* (Guenther) from south-eastern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **27**, 603–616.
- Walker TI (1988) Mercury concentration in edible tissues of elasmobranchs, teleosts, crustaceans and mollusks from south-eastern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **39**, 39–49.
- Walker P, Cavanagh RD, Ducrocq M, Fowler SL (2005) Regional Overviews: Northeast Atlantic (including Mediterranean and Black Sea). P86. In: *Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes* (eds Fowler SL, Cavanagh RD, Camhi M, Burgess GH, Cailliet GM, Fordham SV, Simpfendorfer CA, Musick JA). IUCN Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Wallace RK, Ramsey JS (1983) Reliability in measuring diet overlap. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **40**, 347–351.
- Wallace RA, Selman K (1981) Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist*, **21**, 325–343.
- Wang Y, Zhang W, Chen M (2014) Contents and evaluation of heavy metals in whale shark from China's eastern coast. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, **189**, 387–398.
- Ward RD (2000) Genetics in fisheries management. *Hydrobiologia*, **420**, 191–201.
- Ward RD, Gardner MG (1997) *Stock structure and species identification of school and gummy sharks in Australian waters*. FRDC Project 93/64. Final Report to the Fisheries Research and Development Corporation, Canberra.
- Ward M, Gray A (1996) *Vapor Generation Accessory VGA-77*. Varian Australia Pty Ltd, Publication No 85-101047-00.
- Ward RD, Zemlak TS, Innes BH, Last PR, Hebert PDN (2005) DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, **360**, 1847–1857.
- Ward RD, Holmes BH, Zemlak TS, Smith PJ (2007) DNA barcoding discriminates spurdogs of the genus *Squalus*. In: *Descriptions of New Dogfishes of the Genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)* (eds Last PR, White WT, Pogonoski JJ), pp. 117–130. CSIRO Publishing, Marine and Atmospheric Research, Tasmania, Australia.
- Ward RD, Hanner R, Hebert PDN (2009) The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL. *Journal of Fish Biology*, **74**(2), 329–356.
- Watling RJ, McClurg TP, Stanton RC (1981) Relation between mercury concentration and size in the mako shark. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **26**, 352–358.
- Watling RJ, Watling HR, Stanton RC, McClurg TP, Engelbrecht EM (1982) The Distribution and Significance of Toxic Metals in Sharks from the Natal Coast, South Africa. *Water Science and Technology*, **14**(4–5), 21–30.
- Watson JD, Crick FHC (1953) Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, **171**(3), 737–738.
- Watson G, Smale MJ (1999) Age and growth of the shortnose spiny dogfish, *Squalus megalops*, from the Agulhas Bank, South Africa. *South African Journal of Marine Science*, **21**, 9–18.
- Watterson GA (1975) On the number of segregating sites in genetic models without recombination. *Theoretical Population Biology*, **7**, 256–276.
- Wearmouth VJ, Southall EJ, Morritt D, Thompson RC, Cuthill IC, Partridge JC *et al.* (2012) Year-round sexual harassment as a behavioral mediator of vertebrate population dynamics. *Ecological Monographs*, **82**(3), 351–366.
- Weatherley AH, Gill HS (1987) *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Weinberg W (1908) On the demonstration of heredity in man. In: *Papers on Human Genetics* (ed Boyer SH), pp. 4–15. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Weir BS, Cockerham CC (1984) Estimating F -statistics for the analysis of population-structure. *Evolution*, **38**, 1358–1370.
- Weis JS, Weis P, Heber M, Vaidya S (1981) Methylmercury tolerance of killifish (*Fundulus heteroclitus*) embryos from a polluted vs non polluted environment. *Marine Biology*, **65**, 283–287.
- West-Eberhard MJ (1989) Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **20**, 249–278.
- Wheeler A (1978) *Key to the Fishes of Northern Europe*. Frederick Warne Ltd, London.
- Whitney NM, Robbins WD, Schultz, JK, Bowen BW, Holland KN (2012) Oceanic dispersal in a sedentary reef shark (*Triaenodon obesus*): genetic evidence for extensive connectivity without a pelagic larval stage. *Journal of Biogeography*, **39**(6), 1144–1156.
- WHO (1989) *Heavy metals-environmental aspects*. Environment Health Criteria. no. 85, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Wiener J G, Spry DJ (1996) Toxicological significance of mercury in freshwater fish. In: *Environmental Contamination of Wildlife* (eds Beyer WN, Heinz GH, Redmon-Norwood), pp. 297–339. Lewis Publication, Boca Raton, Florida.
- Wilcoxon F (1945) Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, **1**, 80–83.
- Williams JF (1989) Optimization strategies for the polymerase chain reaction. *Biotechniques*, **7**, 762–769.
- Williamson JH (2001) Broodstock management for imperilled and other fishes. In: *Fish hatchery management* (ed Wedemeyer GA), 2nd ed, pp. 397–482. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Wilson GA, Rannala B (2003) Bayesian inference of recent migration rates using multilocus genotypes. *Genetics*, **163**, 1177–1191.
- Wilson AB, Veraguth IE (2010) The impact of Pleistocene glaciation across the range of a widespread European coastal species. *Molecular Ecology*, **19**, 4535–4553.
- Wilson AC, Cann RL, Carr SM, George M, Gyllenstein UB, Helm-Bychowski KM *et al.* (1985) Mitochondrial DNA and two perspectives on evolutionary genetics. *Biological Journal of the Linnean Society*, **26**, 375–400.
- Windom GL (1972) *Arsenic, cadmium, copper, lead, mercury and zinc in marine biota -North Atlantic Ocean. Baseline Studies of Pollutants in the Marine Environment*. National Science Foundation, Washington DC.
- Wong CKC, Wong MH (2000) Morphological and biochemical changes in the gills of *Tilapia* (*Oreochromis mossambicus*) to ambient cadmium exposure. *Aquatic Toxicology*, **8**, 517–527.
- Wong MH, Luk KC, Choi KY (1977) The effects of zinc and copper salts on *Cyprinus carpio* and *Ctenopharyngodon idellus*. *Acta Anatomica*, **99**, 450–454.
- Wood CC, Ketchen KS, Beamish RJ (1979) Population dynamics of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **36**(6), 647–656.
- Wootton RJ (1990) *Ecology of Teleost Fishes*. 1st edition. Chapman and Hall, London.
- Wootton RJ (1998) *Ecology of Teleost Fishes*. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Wootton RJ, Evans GW, Mills LA (1978) Annual cycle in female threespined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) from an upland and lowland population. *Journal of Fish Biology*, **12**, 331–343.
- Worm B, Davis B, Kettner L, Ward-Paige CA, Chapman D, Heithaus MR *et al.* (2013) Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy*, **40**, 194–204.
- Wourms JP (1977) Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist*, **17**, 379–410.
- Wourms JP, Demski LS (1993) The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: introduction, history, overview, and future prospects. *Environmental Biology of Fishes*, **38**, 7–21.
- Wren JD, Forgacs E, Fondon JW, Pertsemliadis A, Cheng SY, Gallardo T *et al.* (2000) Repeat polymorphisms within gene regions: Phenotypic and evolutionary implications. *American Journal of Human Genetics*, **67**, 345–356.
- Wright S (1931) Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, **16**, 97–159.
- Wright S (1938) Size of population and breeding structure in relation to evolution. *Science*, **87**, 430–431.
- Wright S (1943) Isolation by distance. *Genetics*, **28**, 114–138.
- Wright S (1965) The interpretation of population structure by F -statistics with special regards to systems of mating. *Evolution*, **19**, 395–420.
- Wright JM (1992) DNA fingerprinting of fishes. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes* (eds Hochachka P, Mommsen T), vol. 2, pp. 57–91. Elsevier Science Publishers BV, New York.
- Y**agishita N, Yamaguchi A (2009) Isolation and characterization of eight microsatellite loci from the longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum* (Elasmobranchii, Myliobatidae). *Molecular Ecology resources*, **9**(3), 1034–1036.
- Z**ar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Zardi G, Nicastrò K, McQuaid C, Hancke L, Helmuth B (2011) The combination of selection and dispersal helps explain genetic structure in intertidal mussels. *Oecologia*, **165**, 947–958.
- Zazo C (1999) Interglacial sea levels. *Quaternary International*, **55**, 101–113.
- Zeeman P (1897) The effect of magnetisation on the nature of light emitted by a substance. *Nature*, **55**, 347.
- Zhou JL, Salvador SM, Liu YP, Sequeira M (2001) Heavy metals in the tissue of common dolphins (*Delphinus delphis*) stranded on the Portuguese coast. *Science of the Total Environment*, **273**, 61–76.
- Zhou S, Tong L, Tang Q, Gu X, Xue B, Liu W (2013) Residues, sources and tissue distributions of organochlorine pesticides in dog sharks (*Mustelus griseus*) from Zhoushan Fishing Ground, China. *Marine Pollution Bulletin*, **73**(1), 374–380.
- Zouros E, Freeman KR, Ball AO, Pogson GH (1992) Direct evidence for extensive paternal mitochondrial DNA inheritance in the marine mussel *Mytilus*. *Nature*, **359**, 412–414.
- Zouros E, Ball AO, Saavedra C, Freeman KR (1994) An unusual type of mitochondrial DNA inheritance in the blue mussel *Mytilus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **91**, 7463–7467.

Zupanovic S (1961) Contribution à la connaissance des poisons de l'Adriatique. *Acta Adriatica*, 9(4), 1–84.

Ελληνόγλωσση

- Γεωργίου Ελένη (2008) *Συγκριτική μελέτη της επίδρασης των διατροφικών και μορφομετρικών παραμέτρων στη συγκέντρωση Hg του Scyliorhinus canicula σε τρεις γεωγραφικές περιοχές του Αιγαίου πελάγους*. Μεταπτυχιακή εργασία, Διατμηματικό μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Γκαλιτσοπούλου ΜΑ (2014) *Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των τοξικών μετάλλων (καδμίου και μολύβδου) στα αλιεύματα σαρδέλα (Sardinia pilchardus), γάβρο (Engraulis encrasicolus) και καλαμάρι (Loligo opalescens): διερεύνηση των μηχανισμών μεταβολής της συγκέντρωσης των μετάλλων κατά τη μεταποίηση των αλιευμάτων με θερμική επεξεργασία και κονσερβοποίηση*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Δελλαπόρτας Π, Τσιαμυρτζής Π (2004) *Στατιστική κατά Bayes*. Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κουϊμτζής Θ, Φυτιάνου Κ, Σαμαρά-Κωνσταντίου Κ (1998) *Χημεία Περιβάλλοντος*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Κουσουλάκος Σ (2004) *Εισαγωγή στην Αναπτυξιακή Βιολογία και Ιστολογία*. Παρισιάνος, Αθήνα.
- Μυλωνάς Μ (2002) *Ιστολογία*. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο.
- Οικονομίδης ΠΣ (1973) *Κατάλογος των Ιχθύων της Ελλάδος*. Ελληνική Ωκεανολογία και Λιμνολογία, Πρακτικά Ι.ΩΚ.Α.Ε., 11, 421–598.
- Παπακωνσταντίνου Κ (1988) *Κατάλογος των Θαλάσσιων Ιχθύων της Ελλάδας*. Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών και Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Ιστοσελίδες

<http://www.fishbol.org>,

<http://www.prehistoric-wildlife.com/species/c/cladoselache.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα I

Ο κατάλογος με τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή είναι ο ακόλουθος:

- ARLEQUIN v.3.5.1.2
- BEAUti v.1.7.5
- BEAST v.1.7.5
- BioEdit v.7.2
- BLAST
- BOTTLENECK v.1.2.02
- FLEXIBIN v.2
- FSTAT v.2.9.3.2
- GENALEX v.6.5
- GENEPOP v.4.2
- GENETIX v.4.05
- GEODIS v.2.6
- GIS ArcView v.10
- IBDWS v.3.23
- IMAGE ANALYSIS v.6
- jMODELTEST v.2.1.4
- MEGA v.5.1
- MICROCHECKER v.2.2.3
- NETWORK v.4.5.1.6
- POPTREE v.2.0
- PRIMER v.6
- R v.2.13
- STATGRAPHICS v.16.2.
- STRand v.2.4.59
- STRUCTURE v.2.3
- STRUCTURE HARVESTER v.0.6.94
- TRACER v.1.5
- TrophLab

Παράρτημα II

Παρουσιάζεται μέρος των Πινάκων και των Εικόνων των αποτελεσμάτων.

Πίνακας ΠΙ Γενετική απόσταση (%*p*) ανά ζεύγος απλοτύπων του είδους *S. canicula*. Δίνεται η μέση τιμή της γενετικής απόστασης *p* (Μ.τ.^α) και της διορθωμένης γενετικής απόστασης K2P (Μ.τ.^β) κάθε απλοτύπου από τους υπόλοιπους. Ο έντονος χαρακτήρας αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή. Οι περιπτώσεις όπου οι αποστάσεις (*p* και K2P) διαφέρουν κατά 0,01 υπογραμμίζονται με κίτρινο χρώμα και κατά 0,02 με πορτοκαλί

% <i>p</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
1	-																																						
2	0,34	-																																					
3	0,17	0,51	-																																				
4	0,34	0,68	0,51	-																																			
5	0,17	0,51	0,34	0,17	-																																		
6	0,51	0,17	0,68	0,85	0,68	-																																	
7	0,51	0,85	0,68	0,51	0,34	1,02	-																																
8	0,34	0,68	0,51	0,34	0,17	0,85	0,51	-																															
9	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	-																														
10	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	-																													
11	0,51	0,85	0,68	0,17	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	-																												
12	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	-																											
13	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	0,34	-																										
14	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	0,34	0,34	-																									
15	0,34	0,68	0,51	0,68	0,51	0,85	0,85	0,68	0,51	0,51	0,85	0,51	0,51	0,51	-																								
16	0,17	0,17	0,34	0,51	0,34	0,34	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	0,34	0,34	0,34	0,51	-																							
17	0,68	1,02	0,85	1,02	0,85	1,19	0,85	1,02	0,85	0,85	1,19	0,85	0,51	0,85	1,02	0,85	-																						
18	0,51	0,85	0,68	0,17	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	0,34	0,68	0,34	0,68	0,85	0,68	0,85	-																					
19	0,17	0,51	0,34	0,17	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,51	0,34	0,85	0,34	-																				
20	0,51	0,85	0,68	0,17	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,85	0,68	1,19	0,34	0,34	-																			
21	0,51	0,85	0,68	0,17	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,85	0,68	1,19	0,34	0,34	0,34	-																		
22	0,51	0,85	0,68	0,51	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,85	0,68	1,19	0,68	0,68	0,68	0,68	-																	
23	0,34	0,68	0,51	0,34	0,17	0,85	0,51	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,68	0,51	1,02	0,51	0,51	0,51	0,51	0,17	-															
24	0,34	0,68	0,51	0,34	0,17	0,85	0,51	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,68	0,51	1,02	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,34	-															
25	0,68	0,68	0,85	0,34	0,51	0,85	0,85	0,68	0,85	0,85	0,51	0,85	0,85	0,85	1,02	0,85	1,36	0,51	0,51	0,51	0,51	0,85	0,68	0,68	-														
26	0,51	0,85	0,68	0,17	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,85	0,68	1,19	0,34	0,34	0,34	0,34	0,68	0,51	0,51	-														
27	0,34	0,68	0,51	0,68	0,51	0,85	0,85	0,68	0,51	0,51	0,85	0,17	0,51	0,51	0,68	0,51	1,02	0,85	0,51	0,85	0,85	0,85	0,68	0,68	1,02	0,85	-												
28	0,34	0,68	0,51	0,34	0,17	0,85	0,17	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,68	0,51	1,02	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	-											
29	0,34	0,68	0,51	0,34	0,17	0,85	0,51	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,17	0,68	0,51	1,02	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	0,34	-										
30	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	0,34	0,34	0,34	0,51	0,34	0,51	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,51	0,51	0,85	0,68	0,51	0,51	0,51	-									
31	0,51	0,51	0,68	0,85	0,68	0,34	1,02	0,85	0,68	0,68	1,02	0,68	0,68	0,68	0,85	0,34	1,19	1,02	0,68	1,02	1,02	0,85	0,85	0,85	1,19	1,02	0,85	0,85	0,85	0,68	-								
32	0,34	0,68	0,51	0,68	0,51	0,85	0,85	0,68	0,51	0,51	0,85	0,51	0,51	0,51	0,68	0,51	1,02	0,85	0,51	0,85	0,51	0,85	0,68	0,68	1,02	0,85	0,68	0,68	0,68	0,51	0,85	-							
33	0,34	0,68	0,17	0,68	0,51	0,85	0,85	0,68	0,51	0,51	0,85	0,51	0,51	0,51	0,68	0,51	1,02	0,85	0,51	0,85	0,51	0,85	0,68	0,68	1,02	0,85	0,68	0,68	0,68	0,51	0,85	0,34	-						
34	0,51	0,17	0,68	0,85	0,68	0,34	1,02	0,85	0,68	0,68	1,02	0,68	0,68	0,68	0,85	0,34	1,19	1,02	0,68	1,02	1,02	1,02	0,85	0,85	0,85	1,02	0,85	0,85	0,85	0,68	0,68	0,85	0,85	-					
35	0,51	0,85	0,68	0,17	0,34	1,02	0,68	0,51	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,85	0,68	1,19	0,34	0,34	0,34	0,34	0,68	0,51	0,51	0,51	0,34	0,85	0,51	0,51	0,68	1,02	0,85	0,85	1,02	-				
36	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	0,34	0,34	0,34	0,51	0,34	0,85	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,51	0,51	0,85	0,68	0,51	0,51	0,34	0,68	0,51	0,51	0,68	0,68	-				
37	0,17	0,51	0,34	0,51	0,34	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,68	0,34	0,34	0,34	0,51	0,34	0,85	0,68	0,34	0,68	0,68	0,68	0,51	0,51	0,85	0,68	0,51	0,51	0,34	0,68	0,51	0,51	0,68	0,68	0,34	-			
M.T. ^α	0,35	0,62	0,51	0,47	0,38	0,77	0,69	0,54	0,52	0,52	0,63	0,51	0,50	0,51	0,68	0,48	0,97	0,61	0,44	0,63	0,61	0,69	0,53	0,54	0,77	0,63	0,67	0,53	0,53	0,51	0,80	0,66	0,65	0,78	0,63	0,52	0,52		
M.T. ^β	0,35	0,62	0,51	0,47	0,38	0,78	0,69	0,54	0,52	0,52	0,64	0,51	0,50	0,51	0,69	0,48	0,98	0,62	0,44	0,64	0,62	0,70	0,54	0,54	0,77	0,64	0,68	0,54	0,54	0,51	0,80	0,67	0,66	0,79	0,64	0,52	0,52		

Πίνακας Π2 Γενετική απόσταση (%*p*) ανά ζεύγος απλοτύπων του είδους *S. blainville*. Δίνεται η μέση τιμή της γενετικής απόστασης *p* (Μ.τ.^α) και της διορθωμένης γενετικής απόστασης K2P (Μ.τ.^β) κάθε απλοτύπου από τους υπόλοιπους. Ο έντονος χαρακτήρας αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή. Οι περιπτώσεις όπου οι αποστάσεις (*p* και K2P) διαφέρουν κατά 0,01 υπογραμμίζονται με κίτρινο χρώμα

% <i>p</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	–																											
2	0,34	–																										
3	0,17	0,51	–																									
4	0,51	0,17	0,68	–																								
5	0,51	0,17	0,68	0,34	–																							
6	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	–																						
7	0,34	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	–																					
8	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	–																				
9	0,51	0,17	0,68	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	–																			
10	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	0,34	0,68	–																		
11	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	0,34	0,68	0,34	–																	
12	0,34	0,17	0,51	0,34	0,34	0,51	0,51	0,51	0,34	0,51	0,51	–																
13	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	0,34	0,68	0,34	0,34	0,51	–															
14	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,17	0,34	0,68	0,34	0,34	0,51	0,34	–														
15	0,68	0,68	0,51	0,85	0,85	0,85	0,34	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,51	–													
16	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	0,34	0,68	0,34	0,34	0,51	0,34	0,34	0,85	–												
17	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	0,34	0,68	0,34	0,34	0,51	0,34	0,34	0,85	0,34	–											
18	0,68	0,34	0,85	0,51	0,17	0,85	0,68	0,85	0,51	0,85	0,85	0,51	0,85	0,85	1,02	0,85	0,85	–										
19	0,17	0,17	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,51	0,34	0,34	0,51	–									
20	0,51	0,17	0,68	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	0,34	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,85	0,68	0,68	0,51	0,34	–								
21	0,51	0,17	0,68	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	0,34	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,85	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	–							
22	0,51	0,17	0,68	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	0,34	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,85	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,34	–						
23	0,34	0,68	0,51	0,85	0,85	0,51	0,68	0,51	0,85	0,17	0,51	0,68	0,51	0,51	1,02	0,51	0,51	1,02	0,51	0,85	0,85	0,85	–					
24	0,34	0,68	0,34	0,85	0,85	0,51	0,68	0,51	0,85	0,51	0,51	0,68	0,51	0,51	0,85	0,51	0,51	1,02	0,51	0,85	0,85	0,85	0,68	–				
25	0,17	0,51	0,34	0,68	0,68	0,34	0,51	0,34	0,68	0,34	0,34	0,51	0,34	0,34	0,85	0,34	0,34	0,85	0,34	0,68	0,68	0,68	0,51	0,51	–			
26	0,34	0,68	0,51	0,85	0,85	0,51	0,68	0,51	0,85	0,51	0,51	0,68	0,51	0,51	1,02	0,51	0,51	1,02	0,51	0,85	0,85	0,85	0,68	0,68	0,51	–		
27	0,51	0,17	0,68	0,34	0,34	0,68	0,51	0,68	0,34	0,68	0,68	0,34	0,68	0,68	0,85	0,68	0,68	0,51	0,34	0,34	0,34	0,34	0,85	0,85	0,68	0,85	–	
M.T. ^α	0,34	0,40	0,48	0,56	0,55	0,50	0,49	0,50	0,56	0,49	0,50	0,47	0,50	0,48	0,80	0,50	0,50	0,71	0,35	0,56	0,56	0,56	0,65	0,65	0,50	0,66	0,56	
M.T. ^β	0,34	0,40	0,48	0,56	0,55	0,50	0,49	0,50	0,56	0,49	0,50	0,47	0,50	0,48	0,80	0,50	0,50	0,72	0,35	0,56	0,56	0,56	0,66	0,66	0,50	0,67	0,56	

Πίνακας Π3 Συγκεντρώσεις Hg (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. canicula* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Hg															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	109	1,10	0,53	0,25–3,32	83	0,36	0,20	0,09–1,04	49	0,33	0,27	0,06–1,37	12	0,28	0,31	0,08–1,19
		ώριμα	107	1,86	1,02	0,31–6,83	73	1,22	1,54	0,16–10,4	50	0,57	0,59	0,09–4,14	69	0,34	0,22	0,07–0,96
		σύνολο	216	1,48	0,89	0,25–6,83	156	0,76	1,14	0,09–10,4	99	0,45	0,47	0,06–4,14	81	0,33	0,24	0,07–1,19
	A	ανώριμα	78	0,92	0,34	0,31–1,97	53	0,41	0,28	0,03–1,65	34	0,25	0,15	0,03–0,81	16	0,20	0,11	0,07–0,38
		ώριμα	158	1,57	0,77	0,45–5,29	116	1,10	1,25	0,11–8,23	72	0,45	0,34	0,10–1,81	129	0,30	0,18	0,04–0,91
		σύνολο	236	1,36	0,73	0,31–5,29	169	0,88	1,09	0,03–8,23	106	0,38	0,31	0,03–1,81	145	0,29	0,18	0,04–0,91
σύνολο			452	1,41	0,81	0,25–6,83	325	0,82	1,12	0,03–10,4	205	0,42	0,40	0,03–4,14	226	0,31	0,20	0,04–1,19
nEVO	Θ	ανώριμα	7	1,46	0,71	0,74–2,48	4	0,74	0,15	0,64–0,95	4	0,53	0,17	0,33–0,70	4	0,28	0,09	0,19–0,38
		ώριμα	11	1,55	0,62	0,67–2,68	4	1,04	0,39	0,65–1,55	4	0,33	0,11	0,19–0,45	4	0,24	0,16	0,06–0,45
		σύνολο	18	1,52	0,64	0,67–2,68	8	0,89	0,32	0,64–1,55	8	0,43	0,17	0,19–0,70	8	0,26	0,12	0,06–0,45
	A	ανώριμα	1	1,80	–	1,80	1	1,25	–	1,25	1	0,62	–	0,62	1	0,29	–	0,29
		ώριμα	13	1,54	0,33	1,1–2,28	5	1,01	0,33	0,65–1,55	5	1,22	1,19	0,41–3,30	5	0,51	0,13	0,36–0,66
		σύνολο	14	1,56	0,33	1,1–2,28	6	1,05	0,32	0,65–1,55	6	1,12	1,09	0,41–3,30	6	0,47	0,14	0,29–0,66
σύνολο			32	1,54	0,52	0,67–2,68	14	0,96	0,31	0,64–1,55	14	0,73	0,77	0,19–3,30	14	0,35	0,17	0,06–0,66
CYC	Θ	ανώριμα	36	1,21	1,14	0,37–5,28	36	0,68	1,23	0,01–7,60	23	0,26	0,36	0,002–1,59	8	0,29	0,25	0,07–0,84
		ώριμα	42	1,29	0,63	0,45–3,93	42	1,18	0,83	0,03–3,21	29	0,45	0,28	0,11–1,15	39	0,24	0,15	0,02–0,68
		σύνολο	78	1,25	0,90	0,37–5,28	78	0,95	1,06	0,01–7,60	52	0,36	0,33	0,002–1,59	47	0,25	0,17	0,02–0,84
	A	ανώριμα	26	0,71	0,48	0,21–2,51	26	0,33	0,20	0,06–0,88	18	0,13	0,08	0,01–0,27	6	0,17	0,15	0,04–0,41
		ώριμα	37	1,36	0,85	0,61–5,27	37	0,79	0,94	0,13–5,89	25	0,32	0,24	0,10–1,16	37	0,22	0,14	0,03–0,66
		σύνολο	63	1,09	0,79	0,21–5,27	63	0,60	0,77	0,06–5,89	43	0,24	0,21	0,01–1,16	43	0,21	0,14	0,03–0,66
σύνολο			141	1,18	0,85	0,21–5,28	141	0,79	0,95	0,01–7,60	95	0,31	0,29	0,002–1,59	90	0,23	0,16	0,02–0,84
MYR	Θ	ανώριμα	5	1,99	1,07	1,10–3,84	4	1,38	0,79	0,88–2,55	4	0,64	0,17	0,45–0,79	4	0,29	0,10	0,23–0,44
		ώριμα	5	2,64	0,77	1,49–3,37	5	1,56	0,70	0,36–2,15	5	0,93	0,13	0,77–1,11	5	0,47	0,19	0,28–0,67
		σύνολο	10	2,31	0,94	1,10–3,84	9	1,48	0,69	0,36–2,55	9	0,80	0,21	0,45–1,11	9	0,39	0,17	0,23–0,67
	A	ανώριμα	4	1,61	0,20	1,36–1,78	4	1,03	0,46	0,36–1,33	4	0,79	0,17	0,65–1,01	4	0,30	0,09	0,21–0,41
		ώριμα	29	3,41	2,07	0,20–8,76	9	2,69	2,51	0,46–8,53	9	1,52	2,49	0,19–8,09	9	0,68	0,41	0,07–1,39
		σύνολο	33	3,19	2,02	0,20–8,76	13	2,18	2,21	0,36–8,53	13	1,30	2,07	0,19–8,09	13	0,57	0,39	0,07–1,39
σύνολο			43	2,99	1,86	0,20–8,76	22	1,89	1,76	0,36–8,53	22	1,09	1,59	0,19–8,09	22	0,49	0,32	0,07–1,39

Πίνακας Π3 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Hg															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
CRE	Θ	ανώριμα	13	1,48	0,30	1,15–2,26	13	1,52	3,55	0,15–13,2	13	0,57	0,45	0,18–1,69	4	0,36	0,04	0,33–0,40
		ώριμα	4	3,34	0,60	2,55–3,99	4	2,45	0,89	1,22–3,25	4	1,00	0,28	0,61–1,26	4	0,61	0,20	0,33–0,80
		σύνολο	17	1,92	0,89	1,15–3,99	17	1,74	3,13	0,15–13,2	17	0,67	0,44	0,18–1,69	8	0,49	0,19	0,33–0,80
	A	ανώριμα	5	1,15	0,32	0,75–1,58	5	0,27	0,06	0,18–0,33	5	0,29	0,05	0,23–0,34	5	0,25	0,03	0,22–0,29
		ώριμα	10	2,79	1,02	1,26–4,12	10	1,55	1,08	0,27–3,17	10	0,56	0,33	0,03–0,98	10	0,66	0,35	0,16–1,33
		σύνολο	15	2,25	1,16	0,75–4,12	15	1,12	1,07	0,18–3,17	15	0,47	0,29	0,03–0,98	15	0,52	0,34	0,16–1,33
		σύνολο	32	2,07	1,02	0,75–4,12	32	1,45	2,38	0,15–13,2	32	0,58	0,39	0,03–1,69	23	0,51	0,29	0,16–1,33
ION	Θ	ανώριμα	5	1,34	0,75	0,76–2,62	5	0,18	0,07	0,12–0,29	5	0,27	0,19	0,16–0,6	5	0,14	0,06	0,09–0,21
		ώριμα	5	1,93	0,47	1,33–2,52	5	0,92	0,33	0,55–1,35	5	0,48	0,17	0,28–0,65	5	0,26	0,09	0,11–0,33
		σύνολο	10	1,63	0,67	0,76–2,62	10	0,55	0,45	0,12–1,35	10	0,38	0,20	0,16–0,65	10	0,20	0,09	0,09–0,33
	A	ανώριμα	5	1,17	0,30	0,85–1,65	5	0,62	0,28	0,29–0,95	5	0,46	0,15	0,23–0,62	5	0,21	0,08	0,11–0,33
		ώριμα	5	1,57	0,44	1,22–2,32	5	0,64	0,32	0,31–1,15	5	0,45	0,21	0,26–0,75	5	0,22	0,09	0,12–0,31
		σύνολο	10	1,37	0,41	0,85–2,32	10	0,63	0,28	0,29–1,15	10	0,46	0,17	0,23–0,75	10	0,22	0,08	0,11–0,33
		σύνολο	20	1,50	0,56	0,76–2,62	20	0,59	0,37	0,12–1,35	20	0,42	0,19	0,16–0,75	20	0,21	0,09	0,09–0,33
COR	Θ	ανώριμα	4	0,60	0,07	0,52–0,65	4	0,28	0,13	0,17–0,43	4	0,15	0,05	0,11–0,23	4	0,07	0,03	0,05–0,11
		ώριμα	6	0,49	0,09	0,36–0,59	6	0,14	0,09	0,06–0,29	6	0,30	0,20	0,12–0,66	6	0,11	0,04	0,05–0,17
		σύνολο	10	0,53	0,09	0,36–0,65	10	0,20	0,12	0,06–0,43	10	0,24	0,17	0,11–0,66	10	0,09	0,04	0,05–0,17
	A	ανώριμα	8	0,57	0,28	0,24–0,93	8	0,31	0,16	0,07–0,53	4	0,26	0,11	0,12–0,35	4	0,11	0,05	0,05–0,18
		ώριμα	3	0,97	0,55	0,63–1,61	3	0,43	0,30	0,13–0,72	3	0,32	0,29	0,03–0,61	3	0,11	0,04	0,07–0,14
		σύνολο	11	0,68	0,39	0,24–1,61	11	0,34	0,20	0,07–0,72	7	0,29	0,19	0,03–0,61	7	0,11	0,04	0,05–0,18
		σύνολο	21	0,61	0,29	0,24–1,61	21	0,27	0,18	0,06–0,72	17	0,26	0,17	0,03–0,66	17	0,10	0,04	0,05–0,18
		σύνολο	741	1,47	0,99	0,20–8,76	575	0,87	1,19	0,01–13,2	405	0,44	0,54	0,002–8,09	412	0,30	0,22	0,02–1,39

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας Π4 Συγκεντρώσεις Cd (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. canicula* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cd*															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	25	0,014	0,019	0,003–0,089	7	0,10	0,04	0,05–0,16	7	0,015	0,008	0,005–0,029	7	0,168	0,224	0,034–0,672
		ώριμα	32	0,013	0,028	0,004–0,164	13	0,37	0,51	0,07–1,95	13	0,017	0,019	0,006–0,074	13	0,062	0,043	0,014–0,155
		σύνολο	57	0,014	0,024	0,003–0,164	20	0,27	0,43	0,05–1,95	20	0,017	0,016	0,005–0,074	20	0,099	0,140	0,014–0,672
	A	ανώριμα	23	0,008	0,004	0,003–0,022	8	0,15	0,05	0,10–0,24	8	0,027	0,015	0,009–0,052	8	0,036	0,035	0,010–0,118
		ώριμα	35	0,011	0,013	0,004–0,077	12	0,33	0,30	0,08–1,15	12	0,021	0,009	0,010–0,043	12	0,019	0,015	0,008–0,056
		σύνολο	58	0,010	0,011	0,003–0,077	20	0,25	0,25	0,08–1,15	20	0,024	0,012	0,009–0,052	20	0,026	0,025	0,008–0,118
	σύνολο			115	0,012	0,019	0,003–0,164	40	0,26	0,35	0,045–1,95	40	0,020	0,014	0,005–0,074	40	0,062	0,106	0,008–0,672
CYC	Θ	ανώριμα	21	0,011	0,006	0,005–0,028					13	0,025	0,018	0,011–0,077				
		ώριμα	12	0,006	0,002	0,004–0,011					10	0,015	0,009	0,009–0,035				
		σύνολο	33	0,009	0,005	0,004–0,028					23	0,021	0,015	0,009–0,077				
	A	ανώριμα	18	0,010	0,009	0,004–0,041		–			11	0,023	0,013	0,012–0,047		–		
		ώριμα	14	0,008	0,004	0,004–0,017					11	0,028	0,016	0,009–0,055				
		σύνολο	32	0,009	0,007	0,004–0,041					22	0,026	0,014	0,009–0,055				
	σύνολο			65	0,009	0,006	0,004–0,041					45	0,023	0,015	0,009–0,077			
MYR	Θ	ανώριμα	4	0,007	0,002	0,005–0,010					4	0,038	0,011	0,032–0,055				
		ώριμα	4	0,009	0,005	0,004–0,013					4	0,041	0,010	0,033–0,055				
		σύνολο	8	0,008	0,004	0,004–0,013					8	0,040	0,010	0,032–0,055				
	A	ανώριμα	4	0,009	0,002	0,006–0,011		–			4	0,031	0,011	0,022–0,041		–		
		ώριμα	5	0,008	0,003	0,005–0,012					5	0,056	0,044	0,009–0,127				
		σύνολο	9	0,008	0,002	0,005–0,012					9	0,045	0,035	0,009–0,127				
	σύνολο			17	0,008	0,003	0,004–0,013					17	0,042	0,025	0,009–0,127			
CRE	Θ	ανώριμα	13	0,015	0,008	0,006–0,037	6	0,24	0,07	0,18–0,36	9	0,036	0,027	0,021–0,107	5	0,077	0,027	0,045–0,111
		ώριμα	4	0,011	0,002	0,009–0,014	4	0,45	0,09	0,38–0,58	4	0,031	0,016	0,017–0,054	4	0,069	0,015	0,055–0,090
		σύνολο	17	0,014	0,007	0,006–0,037	10	0,33	0,13	0,18–0,58	13	0,035	0,024	0,017–0,107	9	0,074	0,022	0,045–0,111
	A	ανώριμα	5	0,012	0,002	0,009–0,014	4	0,19	0,06	0,10–0,26	5	0,031	0,008	0,018–0,038	4	0,054	0,011	0,039–0,065
		ώριμα	10	0,009	0,005	0,004–0,022	7	0,54	0,45	0,20–1,49	7	0,024	0,010	0,016–0,046	5	0,061	0,033	0,028–0,111
		σύνολο	15	0,010	0,004	0,004–0,022	11	0,41	0,39	0,10–1,49	12	0,027	0,010	0,016–0,046	9	0,058	0,025	0,028–0,111
	σύνολο			32	0,012	0,006	0,004–0,037	21	0,37	0,29	0,099–1,49	25	0,031	0,018	0,016–0,107	18	0,066	0,024	0,028–0,111

Πίνακας Π4 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cd*															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
ION	Θ	ανώριμα	5	0,006	0,001	0,005–0,007	5	0,21	0,02	0,19–0,24	5	0,026	0,006	0,021–0,034	5	0,049	0,016	0,024–0,065
		ώριμα	4	0,005	0,001	0,004–0,005	4	0,41	0,14	0,28–0,59	4	0,027	0,005	0,019–0,031	4	0,045	0,018	0,025–0,065
		σύνολο	9	0,005	0,001	0,004–0,007	9	0,30	0,14	0,19–0,59	9	0,026	0,005	0,019–0,034	9	0,047	0,016	0,024–0,065
	A	ανώριμα	4	0,006	0,002	0,004–0,008	4	0,29	0,25	0,10–0,66	4	0,025	0,003	0,021–0,029	4	0,055	0,018	0,035–0,075
		ώριμα	4	0,006	0,001	0,005–0,007	4	0,33	0,09	0,23–0,44	4	0,021	0,003	0,017–0,025	4	0,048	0,005	0,045–0,055
		σύνολο	8	0,006	0,001	0,004–0,008	8	0,31	0,17	0,10–0,66	8	0,023	0,004	0,017–0,029	8	0,051	0,013	0,035–0,075
		σύνολο	17	0,006	0,001	0,004–0,008	17	0,31	0,15	0,095–0,66	17	0,025	0,005	0,017–0,034	17	0,049	0,014	0,024–0,075
COR	Θ	ανώριμα	4	0,010	0,010	0,004–0,024					3	0,021	0,011	0,011–0,033				
		ώριμα	6	0,032	0,061	0,005–0,157					6	0,017	0,009	0,006–0,030				
		σύνολο	10	0,023	0,047	0,004–0,157					9	0,018	0,010	0,006–0,033				
	A	ανώριμα	5	0,046	0,084	0,005–0,197			–		6	0,054	0,059	0,012–0,166			–	
		ώριμα	3	0,008	0,002	0,007–0,010					3	0,014	0,010	0,006–0,026				
		σύνολο	8	0,032	0,067	0,005–0,197					9	0,041	0,051	0,006–0,166				
		σύνολο	18	0,027	0,055	0,004–0,197					18	0,030	0,037	0,006–0,166				
σύνολο	264	0,012	0,020	0,003–0,197	78	0,302	0,300	0,045–1,95	162	0,026	0,020	0,005–0,166	75	0,060	0,079	0,008–0,672		

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *δεν περιλαμβάνονται άτομα από nEVO

Πίνακας Π5 Συγκεντρώσεις Cu (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. canicula* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cu*															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	29	0,43	0,31	0,10–1,47	7	1,68	0,43	0,91–2,11	7	0,69	0,22	0,30–0,95	7	1,27	0,67	0,86–2,76
		ώριμα	48	0,42	0,34	0,14–2,18	13	2,42	1,03	1,32–4,90	13	0,65	0,32	0,24–1,31	13	1,08	0,28	0,58–1,45
		σύνολο	77	0,42	0,33	0,10–2,18	20	2,16	0,92	0,91–4,90	20	0,66	0,28	0,24–1,31	20	1,15	0,45	0,58–2,76
	A	ανώριμα	25	0,37	0,21	0,19–1,16	8	1,89	0,43	1,27–2,51	8	0,59	0,10	0,45–0,73	8	0,99	0,22	0,72–1,33
		ώριμα	54	0,32	0,12	0,10–0,65	12	2,32	1,50	0,77–6,79	12	0,85	1,01	0,28–4,01	12	0,68	0,09	0,56–0,91
		σύνολο	79	0,34	0,15	0,10–1,16	20	2,15	1,19	0,77–6,79	20	0,75	0,78	0,28–4,01	20	0,80	0,22	0,56–1,33
σύνολο			156	0,38	0,26	0,10–2,18	40	2,16	1,05	0,77–6,79	40	0,71	0,58	0,24–4,01	40	0,97	0,39	0,56–2,76
CYC	Θ	ανώριμα	27	0,45	0,24	0,17–1,32					13	0,77	0,26	0,40–1,22				
		ώριμα	21	0,30	0,10	0,15–0,49					10	0,64	0,26	0,35–1,27				
		σύνολο	48	0,38	0,20	0,15–1,32					23	0,71	0,26	0,35–1,27				
	A	ανώριμα	22	0,56	0,58	0,12–2,79			–		11	0,84	0,65	0,36–2,71			–	
		ώριμα	27	0,30	0,13	0,13–0,72					11	0,68	0,27	0,38–1,26				
		σύνολο	49	0,41	0,41	0,12–2,79					22	0,76	0,49	0,36–2,71				
σύνολο			97	0,40	0,33	0,12–2,79					45	0,73	0,39	0,35–2,71				
MYR	Θ	ανώριμα	4	0,60	0,20	0,44–0,85					4	0,79	0,39	0,45–1,33				
		ώριμα	4	0,29	0,12	0,17–0,45					4	0,87	0,10	0,75–0,99				
		σύνολο	8	0,44	0,22	0,17–0,85					8	0,83	0,27	0,45–1,33				
	A	ανώριμα	4	0,39	0,18	0,23–0,65			–		4	1,08	0,28	0,75–1,42			–	
		ώριμα	5	0,29	0,07	0,21–0,35					5	1,18	1,38	0,37–3,63				
		σύνολο	9	0,33	0,13	0,21–0,65					9	1,13	0,99	0,37–3,63				
σύνολο			17	0,38	0,18	0,17–0,85					17	0,99	0,74	0,37–3,63				
CRE	Θ	ανώριμα	13	0,31	0,12	0,18–0,59	6	1,86	0,35	1,33–2,35	9	0,52	0,13	0,34–0,74	5	1,03	0,13	0,88–1,18
		ώριμα	4	0,26	0,07	0,18–0,34	4	1,04	0,32	0,75–1,35	4	0,47	0,06	0,41–0,53	4	0,78	0,10	0,65–0,88
		σύνολο	17	0,29	0,11	0,18–0,59	10	1,53	0,53	0,75–2,35	13	0,50	0,11	0,34–0,74	9	0,92	0,17	0,65–1,18
	A	ανώριμα	5	0,27	0,05	0,24–0,36	4	1,94	0,91	1,11–2,88	5	0,49	0,16	0,35–0,75	4	1,12	0,53	0,65–1,88
		ώριμα	10	0,25	0,07	0,16–0,34	7	1,80	0,89	0,95–3,54	7	0,43	0,14	0,28–0,63	5	0,73	0,21	0,55–1,01
		σύνολο	15	0,26	0,06	0,16–0,36	11	1,85	0,85	0,95–3,54	12	0,45	0,14	0,28–0,75	9	0,90	0,41	0,55–1,88
σύνολο			32	0,28	0,09	0,16–0,59	21	1,70	0,72	0,75–3,54	25	0,48	0,13	0,28–0,75	18	0,91	0,31	0,55–1,88

Πίνακας Π5 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cu*															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
ION	Θ	ανώριμα	5	0,25	0,06	0,20–0,34	5	1,72	0,46	1,15–2,25	5	0,48	0,05	0,43–0,56	5	0,88	0,15	0,68–1,11
		ώριμα	4	0,22	0,03	0,20–0,26	4	1,41	0,20	1,18–1,66	4	0,38	0,06	0,33–0,46	4	0,63	0,12	0,54–0,79
		σύνολο	9	0,24	0,05	0,20–0,34	9	1,58	0,39	1,15–2,25	9	0,44	0,07	0,33–0,56	9	0,77	0,18	0,54–1,11
	A	ανώριμα	4	0,26	0,03	0,22–0,29	4	1,77	0,55	1,25–2,25	4	0,52	0,13	0,44–0,71	4	0,90	0,18	0,75–1,11
		ώριμα	4	0,20	0,04	0,17–0,25	4	1,17	0,24	0,88–1,45	4	0,40	0,05	0,32–0,44	4	0,77	0,23	0,65–1,11
		σύνολο	8	0,23	0,04	0,17–0,29	8	1,47	0,50	0,88–2,25	8	0,46	0,11	0,32–0,71	8	0,84	0,20	0,65–1,11
	σύνολο		17	0,23	0,04	0,17–0,34	17	1,53	0,43	0,88–2,25	17	0,45	0,09	0,32–0,71	17	0,80	0,19	0,54–1,11
COR	Θ	ανώριμα	4	0,66	0,22	0,48–0,93					3	0,92	0,40	0,57–1,35				
		ώριμα	6	0,52	0,29	0,28–1,07					6	0,58	0,11	0,41–0,70				
		σύνολο	10	0,57	0,26	0,28–1,07					9	0,69	0,28	0,41–1,35				
	A	ανώριμα	8	0,90	0,81	0,27–2,57			–		6	1,55	0,87	0,65–2,88			–	
		ώριμα	3	0,39	0,07	0,35–0,47					3	0,87	0,16	0,75–1,05				
		σύνολο	11	0,76	0,72	0,27–2,57					9	1,32	0,77	0,65–2,88				
	σύνολο		21	0,67	0,55	0,27–2,57					18	1,01	0,65	0,41–2,88				
σύνολο			340	0,39	0,30	0,10–2,79	78	1,90	0,90	0,75–6,79	162	0,71	0,51	0,24–4,01	75	0,92	0,34	0,54–2,76

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *δεν περιλαμβάνονται άτομα από nEVO

Πίνακας Π6 Συγκεντρώσεις Fe (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. canicula* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Fe															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	23	5,14	2,55	1,28–11,8	9	39,1	17,0	19,9–66,4	10	38,1	11,6	20,2–56,6	8	31,3	17,6	9,85–55,7
		ώριμα	45	4,39	1,78	1,60–9,38	23	34,6	16,1	15,1–73,3	20	35,3	20,3	20,4–106	24	21,8	8,03	12,4–44,2
		σύνολο	68	4,64	2,09	1,28–11,8	32	35,8	16,2	15,1–73,3	30	36,2	17,7	20,2–106	32	24,2	11,6	9,85–55,7
	A	ανώριμα	28	5,26	2,31	2,04–11,2	14	32,6	10,0	18,4–54,3	9	24,4	3,24	19,3–28,2	9	21,7	21,0	7,27–74,8
		ώριμα	52	4,48	1,79	1,57–11,2	29	34,3	24,8	11,3–145	21	51,2	62,8	21,5–302	29	10,3	3,65	4,89–22,3
		σύνολο	80	4,75	2,01	1,57–11,2	43	33,8	21,0	11,3–145	30	43,2	53,6	19,3–302	38	13,0	11,4	4,89–74,8
σύνολο			148	4,70	2,04	1,28–11,8	75	34,7	19,0	11,3–145	60	39,7	39,8	19,3–303	70	18,1	12,7	4,89–74,8
nEVO	Θ	ανώριμα	4	4,46	1,82	2,55–6,88	4	42,1	4,71	35,9–45,9	4	46,5	11,2	31,9–58,8	4	25,4	3,76	20,0–28,0
		ώριμα	4	6,36	2,87	3,21–10,1	4	45,5	14,0	33,9–65,9	4	41,2	20,1	26,2–70,9	4	18,1	6,42	12,2–25,6
		σύνολο	8	5,41	2,45	2,55–10,1	8	43,8	9,85	33,9–65,9	8	43,8	15,4	26,3–70,9	8	21,7	6,24	12,2–28,0
	A	ανώριμα	1	7,21	–	7,21	1	33,3	–	33,3	1	25,3	–	25,3	1	22,9	–	22,9
		ώριμα	5	6,96	1,92	4,45–9,33	5	44,7	14,6	25,3–58,6	5	98,0	123	28,9–317	5	16,1	2,63	13,2–18,9
		σύνολο	6	7,00	1,72	4,45–9,33	6	42,8	13,9	25,3–58,6	6	85,9	114	25,3–317	6	17,2	3,63	13,2–22,9
σύνολο			14	6,09	2,24	2,55–10,1	14	43,4	11,2	25,3–65,9	14	61,9	74,8	25,3–317	14	19,8	5,60	12,2–28,0
CYC	Θ	ανώριμα	26	4,52	2,01	2,28–12,3	27	37,5	19,9	12,8–104	21	21,6	5,24	12,2–31,4	6	21,8	14,5	6,30–46,5
		ώριμα	21	3,83	1,08	1,45–5,71	30	35,4	15,8	13,3–78,6	27	28,3	22,6	14,5–135	31	26,2	12,8	8,98–59,6
		σύνολο	47	4,21	1,68	1,45–12,3	57	36,4	17,7	12,8–104	48	25,3	17,5	12,2–135	37	25,5	12,9	6,30–59,6
	A	ανώριμα	21	5,05	2,11	2,24–11,3	22	34,2	9,61	22,0–53,5	20	24,7	8,58	15,3–52,5	6	8,51	2,74	5,18–12,2
		ώριμα	25	3,47	1,07	1,71–5,29	28	56,9	50,4	20,4–295	25	31,2	27,6	15,2–156	31	10,3	4,13	5,17–20,8
		σύνολο	46	4,19	1,79	1,71–11,3	50	46,9	39,6	20,4–295	45	28,3	21,4	15,2–156	37	10,0	3,97	5,17–20,8
σύνολο			93	4,20	1,73	1,45–12,3	107	41,3	30,3	12,8–295	93	26,8	19,4	12,2–156	74	17,8	12,3	5,17–59,6
MYR	Θ	ανώριμα	5	5,30	1,96	3,35–7,75	5	66,6	14,4	52,3–88,6	5	31,0	6,46	25,3–41,3	5	13,2	2,32	10,9–15,6
		ώριμα	5	6,28	1,42	4,15–7,55	5	110	50,5	31,8–160	5	47,8	17,7	32,2–75,2	5	10,8	1,22	8,88–12,2
		σύνολο	10	5,79	1,69	3,35–7,75	10	88,3	41,8	31,8–160	10	39,4	15,4	25,3–75,2	10	12,0	2,18	8,88–15,6
	A	ανώριμα	4	6,54	1,41	4,55–7,55	4	107	27,6	75–142	4	45,0	27,2	27,9–85,7	4	16,2	5,29	12,2–23,9
		ώριμα	7	5,28	1,39	3,55–7,36	7	112	55,2	55,3–208	5	47,2	24,9	26,9–85,1	7	12,6	4,68	7,53–19,9
		σύνολο	11	5,74	1,47	3,55–7,55	11	110	45,4	55,3–208	9	46,2	24,3	26,9–85,7	11	13,9	4,98	7,53–23,9
σύνολο			21	5,76	1,54	3,35–7,75	21	99,6	44,0	31,8–208	19	42,6	19,8	25,3–85,7	21	13,0	3,93	7,53–23,9

Πίνακας Π6 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Fe															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
CRE	Θ	ανώριμα	13	7,44	1,57	4,08–10,8	13	34,6	16,8	13,2–66,9	13	33,3	12,1	13,0–61,5	4	14,8	1,74	13,2–16,6
		ώριμα	4	5,77	0,38	5,33–6,21	4	53,3	25,3	28,9–88,3	4	24,0	7,07	16,1–33,2	4	11,0	2,16	8,55–13,3
		σύνολο	17	7,05	1,56	4,08–10,8	17	39,0	20,0	13,2–88,3	17	31,1	11,7	13,0–61,5	8	12,9	2,70	8,55–16,6
	A	ανώριμα	5	7,39	0,42	6,99–8,08	5	36,6	8,11	28,5–45,6	5	20,3	4,95	13,4–27,0	5	12,9	3,56	8,50–17,0
		ώριμα	10	7,18	1,79	3,91–10,9	10	88,2	81,2	34,0–305	10	31,9	25,7	14,4–99,6	10	11,6	5,00	5,79–19,2
		σύνολο	15	7,25	1,46	3,91–10,9	15	71,0	70,0	28,5–305	15	28,1	21,5	13,4–99,6	15	12,1	4,49	5,79–19,2
		σύνολο	32	7,14	1,49	3,91–10,9	32	54,0	51,8	13,2–305	32	29,7	16,8	13,0–99,6	23	12,4	3,91	5,79–19,2
ION	Θ	ανώριμα	5	4,15	1,08	3,05–5,83	5	38,7	11,5	26,1–51,5	5	24,6	3,13	20,5–29,1	5	23,3	10,1	16,7–41,3
		ώριμα	4	3,40	0,92	2,55–4,71	4	49,1	10,7	35,9–59,6	4	28,0	5,52	22,6–33,2	4	22,1	8,91	15,3–35,1
		σύνολο	9	3,81	1,03	2,55–5,83	9	43,3	11,8	26,1–59,6	9	26,1	4,40	20,5–33,2	9	22,8	9,03	15,3–41,3
	A	ανώριμα	4	3,74	0,39	3,33–4,22	4	32,8	4,59	27,9–36,9	4	20,8	3,24	16,2–23,5	4	21,2	8,08	15,3–33,2
		ώριμα	4	3,98	0,54	3,65–4,78	4	63,3	10,2	50,0–74,6	4	24,8	4,12	19,5–28,6	4	17,7	3,96	12,4–21,2
		σύνολο	8	3,86	0,45	3,33–4,78	8	48,1	17,9	27,9–74,6	8	22,8	4,03	16,2–28,6	8	19,5	6,17	12,4–33,2
		σύνολο	17	3,83	0,79	2,55–5,83	17	45,5	14,7	26,1–74,6	17	24,6	4,44	16,2–33,2	17	21,2	7,77	12,4–41,3
COR	Θ	ανώριμα	4	5,01	1,69	3,22–7,15	4	28,0	6,17	20,0–35,0	4	22,8	7,08	14,3–31,6	4	15,5	7,09	8,88–25,6
		ώριμα	6	6,49	2,87	4,39–10,8	6	32,3	9,42	22,6–49,5	6	49,0	34,0	25,8–112	6	24,2	4,70	17,4–31,0
		σύνολο	10	5,90	2,47	3,22–10,8	10	30,6	8,18	20,0–49,5	10	38,6	29,0	14,3–112	10	20,7	7,00	8,88–31,0
	A	ανώριμα	8	5,87	3,44	2,72–12,5	8	27,1	7,47	17,9–38,8	6	21,6	3,14	17,6–25,6	6	13,2	5,19	7,00–19,3
		ώριμα	3	7,80	6,06	1,34–13,4	3	49,3	19,0	28,0–64,5	3	45,0	11,2	33,6–55,9	3	22,7	7,27	14,4–27,9
		σύνολο	11	6,39	4,06	1,34–13,4	11	33,2	14,8	17,9–64,5	9	29,4	13,2	17,6–55,9	9	16,4	7,26	7,00–27,9
		σύνολο	21	6,16	3,32	1,34–13,4	21	31,9	11,9	17,9–64,5	19	34,2	22,8	14,3–112	19	18,7	7,27	7,00–31,0
		σύνολο	346	4,96	2,15	1,28–13,4	287	44,9	34,1	11,3–305	254	33,7	31,3	12,2–317	238	17,4	10,6	4,89–74,8

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας Π7 Συγκεντρώσεις Zn (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. canicula* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Zn															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	109	9,88	5,38	4,33–42,13	83	9,79	4,62	3,50–32,9	49	12,1	7,09	2,4–50,7	15	14,4	5,17	5,69–23,22
		ώριμα	107	10,4	2,85	3,83–19,7	73	11,4	4,23	4,00–24,0	50	12,1	5,58	6,40–43,7	70	13,4	3,60	3,68–27,1
		σύνολο	216	10,2	4,32	3,83–42,1	156	10,5	4,49	3,50–32,9	99	12,1	6,34	2,40–50,7	85	13,6	3,91	3,68–27,1
	A	ανώριμα	78	9,69	5,14	3,68–48,0	53	9,86	3,29	2,64–19,2	34	11,0	3,73	2,60–22,9	16	20,3	8,38	11,8–38,0
		ώριμα	158	11,0	3,39	4,12–26,3	116	10,5	4,04	2,28–28,2	72	14,8	9,26	6,90–56,0	129	17,5	3,58	2,42–26,6
		σύνολο	236	10,6	4,09	3,68–48,0	169	10,3	3,82	2,28–28,2	106	13,6	8,09	2,60–56,0	145	17,8	4,42	2,42–38,0
			σύνολο	452	10,4	4,20	3,68–48,0	325	10,4	4,15	2,28–32,9	205	12,9	7,32	2,40–56,0	230	16,2	4,68	2,42–38,0
nEVO	Θ	ανώριμα	7	11,9	4,82	4,85–18,0	4	10,5	1,54	9,09–12,6	4	17,4	7,99	12,3–29,3	4	18,9	2,81	15,6–22,4
		ώριμα	11	14,0	5,33	4,81–26,2	4	11,3	2,25	9,55–14,3	4	16,1	4,69	10,8–22,2	4	17,1	7,75	6,35–23,6
		σύνολο	18	13,2	5,09	4,81–26,2	8	10,9	1,84	9,09–14,3	8	16,7	6,10	10,8–29,3	8	18,0	5,49	6,35–23,6
	A	ανώριμα	1	3,77	–	3,77	1	8,55	–	8,55	1	10,3	–	10,3	1	18,9	–	18,9
		ώριμα	13	14,0	6,89	5,80–32,2	6	11,1	1,86	9,09–13,5	6	24,9	11,8	12,5–44,4	6	16,4	2,79	13,6–21,6
		σύνολο	14	13,2	7,16	3,77–32,2	7	10,7	1,95	8,55–13,5	7	22,8	12,1	10,3–44,4	7	16,8	2,71	13,6–21,6
			σύνολο	32	13,2	5,98	3,77–32,2	15	10,8	1,83	8,55–14,3	15	19,6	9,57	10,3–44,4	15	17,4	4,31	6,35–23,6
CYC	Θ	ανώριμα	37	8,72	4,00	4,12–28,8	37	10,1	5,75	3,95–33,1	25	10,6	1,79	8,20–16,2	10	19,1	9,81	9,7–43,2
		ώριμα	42	9,05	1,60	5,97–12,4	42	12,9	8,95	3,36–55,9	29	9,99	1,74	6,80–14,8	40	15,9	5,77	9,3–44,8
		σύνολο	79	8,90	2,96	4,12–28,8	79	11,6	7,70	3,36–55,9	54	10,3	1,77	6,80–16,2	50	16,5	6,77	9,3–44,8
	A	ανώριμα	29	7,81	1,82	3,73–11,7	29	11,4	3,33	5,61–20,5	23	10,7	1,22	8,83–12,8	9	19,9	3,49	14,6–27,3
		ώριμα	38	9,15	1,70	5,82–13,4	38	11,0	7,45	4,25–50,7	25	11,1	2,11	7,19–15,5	37	17,3	3,06	11,2–26,2
		σύνολο	67	8,57	1,86	3,73–13,4	67	11,2	5,99	4,25–50,7	48	10,9	1,73	7,19–15,5	46	17,8	3,28	11,2–27,3
			σύνολο	146	8,75	2,52	3,73–28,8	146	11,4	6,95	3,36–55,9	102	10,6	1,77	6,80–16,2	96	17,1	5,40	9,30–44,8
MYR	Θ	ανώριμα	5	14,9	6,89	6,66–22,5	5	12,6	2,67	9,88–16,3	5	18,4	3,76	13,4–22,0	5	16,7	5,14	12,9–25,5
		ώριμα	5	16,9	6,14	11,8–26,7	5	8,99	2,81	5,42–13,3	5	28,8	11,3	17,2–45,9	5	23,9	12,4	15,6–45,2
		σύνολο	10	15,9	6,23	6,66–26,7	10	10,8	3,22	5,42–16,3	10	23,6	9,66	13,4–45,9	10	20,3	9,70	12,9–45,2
	A	ανώριμα	4	22,1	5,05	18,4–29,3	4	15,1	1,19	13,3–15,9	4	23,5	5,51	18,8–29,7	4	20,1	3,42	15,6–23,2
		ώριμα	29	16,6	7,90	4,36–39,1	9	12,5	3,21	7,90–17,3	9	26,2	15,8	8,40–62,2	9	17,1	13,7	7,11–51,1
		σύνολο	33	17,2	7,78	4,36–39,1	13	13,3	2,96	7,90–17,3	13	25,4	13,2	8,40–62,2	13	18,0	11,4	7,11–51,1
			σύνολο	43	16,9	7,40	4,36–39,1	23	12,2	3,25	5,42–17,3	23	24,6	11,6	8,40–62,2	23	19,0	10,5	7,11–51,1

Πίνακας Π7 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Zn															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
CRE	Θ	ανώριμα	13	6,25	0,70	5,49–7,89	13	9,94	2,28	7,31–13,9	13	12,6	3,69	9,00–22,5	8	16,4	3,46	11,3–21,3
		ώριμα	5	6,19	0,99	5,40–7,89	5	12,6	1,84	10,6–15,4	5	11,3	1,21	9,85–12,8	5	13,8	1,64	11,2–15,3
		σύνολο	18	6,23	0,76	5,40–7,89	18	10,7	2,44	7,31–15,4	18	12,3	3,22	9,00–22,5	13	15,4	3,12	11,2–21,3
	A	ανώριμα	5	6,55	1,85	4,97–8,92	5	9,94	1,04	8,81–11,6	5	9,40	0,48	8,60–9,80	5	14,9	1,13	13,5–16,2
		ώριμα	10	6,75	1,06	5,64–9,05	10	11,0	2,43	7,66–15,5	10	10,2	1,60	7,60–13,1	10	16,2	3,48	10,9–23,7
		σύνολο	15	6,69	1,31	4,97–9,05	15	10,6	2,09	7,66–15,5	15	9,92	1,36	7,60–13,1	15	15,8	2,93	10,9–23,7
σύνολο		33	6,44	1,05	4,97–9,05	33	10,7	2,25	7,31–15,5	33	11,2	2,78	7,60–22,5	28	15,6	2,97	10,9–23,7	
ION	Θ	ανώριμα	5	7,57	1,00	6,26–8,97	5	6,13	1,21	4,71–7,68	5	9,84	0,42	9,50–10,4	5	13,4	1,91	11,3–16,5
		ώριμα	4	8,02	1,35	6,55–9,63	4	8,55	1,85	6,23–10,1	4	11,2	2,17	8,28–13,3	4	11,8	1,94	9,69–14,3
		σύνολο	9	7,77	1,12	6,26–9,63	9	7,20	1,90	4,71–10,1	9	10,5	1,55	8,28–13,3	9	12,7	2,00	9,69–16,5
	A	ανώριμα	4	7,14	0,60	6,35–7,65	4	8,21	0,07	8,15–8,28	4	9,80	0,42	9,30–10,2	4	17,5	4,11	13,6–23,2
		ώριμα	4	7,89	0,61	7,23–8,54	4	8,15	2,34	5,39–11,1	4	11,6	1,40	9,85–13,1	4	16,1	6,07	12,6–25,2
		σύνολο	8	7,52	0,69	6,35–8,54	8	8,18	1,53	5,39–11,1	8	10,7	1,36	9,30–13,1	8	16,8	4,85	12,6–25,2
σύνολο		17	7,65	0,92	6,26–9,63	17	7,66	1,76	4,71–11,1	17	10,6	1,42	8,28–13,3	17	14,6	4,09	9,69–25,2	
COR	Θ	ανώριμα	6	8,71	1,54	6,85–10,3	6	10,9	8,20	3,38–26,9	6	9,80	2,42	6,55–12,6	4	15,6	3,01	12,3–19,6
		ώριμα	8	8,97	1,91	6,78–11,2	8	11,8	13,1	6,03–44,2	8	19,1	14,6	8,10–48,4	8	15,8	1,43	13,4–18,4
		σύνολο	14	8,86	1,70	6,78–11,2	14	11,4	10,9	3,38–44,2	14	15,1	11,8	6,55–48,4	12	15,7	1,95	12,3–19,6
	A	ανώριμα	8	9,05	0,88	7,47–10,2	8	12,7	9,56	3,64–34,6	8	12,9	3,16	9,55–19,6	4	17,6	2,50	15,6–21,3
		ώριμα	3	9,88	1,02	8,83–10,9	3	8,88	2,44	6,63–11,5	3	14,9	2,55	12,9–17,8	3	17,0	3,83	14,3–21,4
		σύνολο	11	9,28	0,95	7,47–10,9	11	11,6	8,26	3,64–34,6	11	13,4	3,03	9,55–19,6	7	17,3	2,85	14,3–21,4
σύνολο		25	9,04	1,41	6,78–11,2	25	11,5	9,64	3,38–44,2	25	14,4	8,96	6,55–48,4	19	16,3	2,38	12,3–21,4	
σύνολο			748	10,3	4,56	3,68–48,0	584	10,7	5,18	2,28–55,9	420	13,1	7,29	2,40–62,2	428	16,5	5,16	2,42–51,1

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας Π8 Συγκεντρώσεις Hg (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. blainville* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Hg															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	84	2,12	1,02	0,76–5,78	80	0,41	0,27	0,04–1,20	36	0,54	0,33	0,22–1,88	39	0,41	0,25	0,04–1,14
		ώριμα	30	5,26	2,14	2,52–10,6	30	1,85	1,34	0,46–5,56	18	1,57	0,75	0,60–2,88	28	1,34	1,30	0,34–6,73
		σύνολο	114	2,95	1,97	0,76–10,6	110	0,80	0,97	0,04–5,56	54	0,88	0,71	0,22–2,88	67	0,80	0,97	0,04–6,73
	A	ανώριμα	34	1,90	1,54	0,33–7,93	27	0,43	0,41	0,10–2,03	18	0,52	0,35	0,17–1,79	15	0,41	0,20	0,09–1,01
		ώριμα	48	4,09	1,91	0,47–8,97	43	2,69	3,03	0,24–14,5	33	1,71	0,96	0,65–4,58	38	1,08	0,67	0,20–2,78
		σύνολο	82	3,18	2,06	0,33–8,97	70	1,82	2,62	0,10–14,5	51	1,29	0,98	0,17–4,58	53	0,89	0,65	0,09–2,78
σύνολο			196	3,05	2,01	0,33–10,6	180	1,20	1,86	0,04–14,5	105	1,08	0,87	0,17–4,58	120	0,84	0,84	0,04–6,73
CYC	Θ	ανώριμα	39	1,11	1,65	0,05–8,82	39	0,28	0,36	0,01–1,29	39	0,37	0,40	0,04–1,65	8	0,77	0,63	0,09–1,82
		ώριμα	8	4,92	0,58	4,25–5,88	8	4,51	6,38	1,28–20,0	8	2,18	1,76	0,70–6,34	8	1,39	1,24	0,62–4,38
		σύνολο	47	1,75	2,10	0,05–8,82	47	1,00	2,98	0,01–20,0	47	0,68	1,04	0,04–6,34	16	1,08	1,00	0,09–4,38
	A	ανώριμα	22	0,78	0,73	0,05–2,22	22	0,27	0,28	0,02–0,85	22	0,32	0,15	0,05–0,66	3	0,14	0,07	0,08–0,21
		ώριμα	14	2,60	0,98	1,60–4,88	14	2,23	2,74	0,56–11,2	14	0,93	0,52	0,20–2,10	14	0,61	0,49	0,09–1,84
		σύνολο	36	1,49	1,22	0,05–4,88	36	1,03	1,94	0,02–11,2	36	0,56	0,45	0,05–2,10	17	0,53	0,48	0,08–1,84
σύνολο			83	1,64	1,77	0,05–8,82	83	1,01	2,57	0,01–20,0	83	0,63	0,83	0,04–6,34	33	0,79	0,82	0,08–4,38
MYR	Θ	ανώριμα	9	1,77	0,79	0,76–3,02	9	0,62	0,24	0,18–0,88	9	0,46	0,17	0,23–0,73	9	0,22	0,07	0,12–0,37
		ώριμα	5	3,60	1,92	1,15–5,55	5	2,19	2,39	0,65–6,33	5	0,71	0,41	0,29–1,30	5	0,57	0,31	0,21–0,89
		σύνολο	14	2,42	1,53	0,76–5,55	14	1,18	1,55	0,18–6,33	14	0,55	0,29	0,23–1,30	14	0,35	0,25	0,12–0,89
	A	ανώριμα	4	2,06	0,98	1,22–3,33	4	0,81	0,35	0,44–1,18	4	0,37	0,12	0,28–0,55	4	0,43	0,41	0,20–1,04
		ώριμα	12	2,86	1,40	1,25–5,79	12	1,42	1,07	0,35–3,88	12	1,00	0,84	0,30–3,35	12	0,83	0,56	0,10–1,91
		σύνολο	16	2,66	1,33	1,22–5,79	16	1,27	0,97	0,35–3,88	16	0,84	0,77	0,28–3,35	16	0,73	0,54	0,10–1,91
σύνολο			30	2,55	1,41	0,76–5,79	30	1,23	1,25	0,18–6,33	30	0,71	0,61	0,23–3,35	30	0,55	0,47	0,10–1,91
CRE	Θ	ανώριμα	16	1,42	0,50	0,44–2,24	16	0,25	0,15	0,05–0,69	16	0,32	0,09	0,13–0,43	3	0,22	0,07	0,14–0,28
		ώριμα	3	3,81	0,65	3,33–4,55	3	1,22	0,07	1,15–1,28	3	0,90	0,38	0,65–1,33	3	0,54	0,16	0,37–0,68
		σύνολο	19	1,79	1,03	0,44–4,55	19	0,40	0,39	0,05–1,28	19	0,41	0,26	0,13–1,33	6	0,38	0,21	0,14–0,68
	A	ανώριμα	11	2,67	0,92	1,54–4,42	11	0,49	0,36	0,11–1,23	11	0,59	0,35	0,19–1,34	6	0,91	0,87	0,20–2,04
		ώριμα	3	2,41	1,47	0,75–3,55	3	0,69	0,26	0,39–0,88	3	0,54	0,13	0,45–0,69	3	0,25	0,06	0,20–0,32
		σύνολο	14	2,61	1,00	0,75–4,42	14	0,53	0,34	0,11–1,23	14	0,58	0,31	0,19–1,34	9	0,69	0,76	0,20–2,04
σύνολο			33	2,14	1,08	0,44–4,55	33	0,46	0,37	0,05–1,28	33	0,48	0,29	0,13–1,34	15	0,57	0,61	0,14–2,04

Πίνακας Π8 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Hg															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
LIB	Θ	ανώριμα	5	1,32	0,60	0,85–2,22	5	0,52	0,14	0,33–0,65	5	0,37	0,06	0,33–0,45	5	0,20	0,10	0,11–0,35
		ώριμα	15	1,70	0,61	0,86–3,18	15	1,10	0,73	0,33–2,58	15	0,50	0,28	0,13–1,00	15	0,57	0,90	0,12–3,13
		σύνολο	20	1,61	0,61	0,85–3,18	20	0,96	0,68	0,33–2,58	20	0,47	0,25	0,13–1,00	20	0,47	0,79	0,11–3,13
	A	ανώριμα	5	1,40	0,93	0,75–3,04	5	0,66	0,30	0,40–1,15	5	0,29	0,09	0,22–0,43	5	0,14	0,06	0,08–0,22
		ώριμα	5	2,04	0,51	1,28–2,60	5	1,71	1,52	0,40–4,23	5	0,55	0,23	0,31–0,88	5	0,33	0,08	0,22–0,42
		σύνολο	10	1,72	0,78	0,75–3,04	10	1,19	1,17	0,40–4,23	10	0,42	0,22	0,22–0,88	10	0,24	0,12	0,08–0,42
		σύνολο	30	1,64	0,66	0,75–3,18	30	1,03	0,86	0,33–4,23	30	0,45	0,24	0,13–1,00	30	0,39	0,66	0,08–3,13
ION	Θ	ανώριμα	12	1,91	1,05	0,72–4,47	12	0,43	0,47	0,10–1,83	7	0,51	0,36	0,15–1,20	7	0,23	0,21	0,05–0,66
		ώριμα	11	9,39	4,10	3,75–18,7	11	5,80	5,56	0,44–19,3	11	2,86	2,03	0,90–7,71	11	2,72	1,48	0,74–4,65
		σύνολο	23	5,49	4,77	0,72–18,7	23	3,00	4,65	0,10–19,3	18	1,95	1,96	0,15–7,71	18	1,76	1,69	0,05–4,65
	A	ανώριμα	10	1,72	0,75	1,04–3,50	10	0,32	0,22	0,14–0,74	6	0,38	0,17	0,22–0,64	6	0,19	0,16	0,03–0,44
		ώριμα	29	5,57	2,71	1,89–14,4	29	5,11	6,57	0,25–27,9	29	1,89	1,27	0,38–5,33	29	1,53	1,21	0,22–5,98
		σύνολο	39	4,58	2,91	1,04–14,4	39	3,88	6,02	0,14–27,9	35	1,63	1,29	0,22–5,33	35	1,30	1,21	0,03–5,98
		σύνολο	62	4,92	3,70	0,72–18,7	62	3,55	5,53	0,10–27,9	53	1,74	1,54	0,15–7,71	53	1,46	1,40	0,03–5,98
COR	Θ	ανώριμα	1	3,65	–	3,65	1	2,31	–	2,31	1	1,33	–	1,33	1	0,74	–	0,74
		σύνολο	435	2,85	2,37	0,05–18,7	419	1,44	2,87	0,01–27,9	335	0,92	1,00	0,04–7,71	282	0,86	0,96	0,03–6,73

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας Π9 Συγκεντρώσεις Cd (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. blainville* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cd															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	52	0,017	0,011	0,004–0,048	12	0,19	0,09	0,08–0,34	12	0,053	0,033	0,016–0,131	6	0,080	0,036	0,035–0,126
		ώριμα	22	0,008	0,006	0,004–0,029	6	0,25	0,07	0,16–0,33	10	0,028	0,014	0,009–0,059	7	0,081	0,058	0,016–0,203
		σύνολο	74	0,014	0,011	0,004–0,048	18	0,21	0,09	0,08–0,34	22	0,042	0,029	0,009–0,131	13	0,081	0,048	0,016–0,203
	A	ανώριμα	23	0,015	0,011	0,004–0,037	8	0,20	0,12	0,03–0,40	8	0,043	0,027	0,008–0,090	5	0,051	0,024	0,025–0,080
		ώριμα	28	0,107	0,465	0,003–2,48	9	0,49	0,40	0,23–1,50	15	0,045	0,054	0,008–0,223	17	0,114	0,206	0,011–0,901
		σύνολο	51	0,065	0,345	0,003–2,48	17	0,35	0,33	0,03–1,50	23	0,044	0,045	0,008–0,223	22	0,100	0,182	0,011–0,901
	σύνολο	125	0,035	0,221	0,003–2,48	35	0,28	0,25	0,03–1,50	45	0,043	0,038	0,008–0,223	35	0,093	0,146	0,011–0,901	
CYC	Θ	ανώριμα	23	0,027	0,031	0,004–0,113					16	0,095	0,184	0,004–0,671				
		ώριμα	5	0,007	0,003	0,004–0,011					5	0,011	0,002	0,009–0,015				
		σύνολο	28	0,024	0,029	0,004–0,113					21	0,075	0,163	0,004–0,671				
	A	ανώριμα	9	0,030	0,019	0,005–0,050			–		14	0,033	0,028	0,004–0,082			–	
		ώριμα	6	0,023	0,010	0,006–0,035					7	0,070	0,088	0,009–0,215				
		σύνολο	15	0,027	0,016	0,005–0,050					21	0,045	0,056	0,004–0,215				
	σύνολο	43	0,025	0,025	0,004–0,113					42	0,060	0,121	0,004–0,671					
MYR	Θ	ανώριμα	5	0,025	0,010	0,010–0,033	3	0,77	0,33	0,39–0,96	5	0,030	0,015	0,017–0,055	3	0,026	0,025	0,011–0,055
		ώριμα	5	0,012	0,006	0,005–0,022	5	1,14	0,39	0,75–1,65	5	0,026	0,011	0,017–0,045	5	0,026	0,008	0,014–0,033
		σύνολο	10	0,019	0,010	0,005–0,033	8	1,00	0,39	0,39–1,65	10	0,028	0,013	0,017–0,055	8	0,026	0,015	0,011–0,055
	A	ανώριμα	4	0,032	0,016	0,018–0,045	4	0,85	0,25	0,55–1,14	4	0,046	0,019	0,022–0,068	4	0,058	0,018	0,033–0,075
		ώριμα	6	0,017	0,010	0,005–0,035	3	0,77	0,29	0,45–1,02	6	0,042	0,041	0,015–0,122	5	0,039	0,029	0,016–0,088
		σύνολο	10	0,023	0,014	0,005–0,045	7	0,82	0,25	0,45–1,14	10	0,044	0,032	0,015–0,122	9	0,047	0,025	0,016–0,088
	σύνολο	20	0,021	0,012	0,005–0,045	15	0,91	0,34	0,39–1,65	20	0,036	0,025	0,015–0,122	17	0,037	0,023	0,011–0,088	
CRE	Θ	ανώριμα	16	0,019	0,012	0,004–0,049	4	0,16	0,02	0,13–0,18	14	0,029	0,027	0,005–0,095	4	0,052	0,028	0,025–0,085
		ώριμα	5	0,010	0,005	0,006–0,018	4	0,18	0,03	0,15–0,22	4	0,017	0,009	0,007–0,025	4	0,092	0,019	0,065–0,111
		σύνολο	21	0,017	0,011	0,004–0,049	8	0,17	0,03	0,13–0,22	18	0,027	0,025	0,005–0,095	8	0,072	0,031	0,025–0,111
	A	ανώριμα	11	0,040	0,091	0,007–0,312	4	0,12	0,06	0,06–0,20	10	0,063	0,084	0,011–0,292	4	0,035	0,014	0,025–0,055
		ώριμα	3	0,012	0,005	0,009–0,017	3	0,15	0,03	0,12–0,18	3	0,051	0,032	0,027–0,088	3	0,070	0,028	0,045–0,100
		σύνολο	14	0,034	0,080	0,007–0,312	7	0,13	0,05	0,06–0,20	13	0,060	0,075	0,011–0,292	7	0,050	0,026	0,025–0,100
	σύνολο	35	0,023	0,051	0,004–0,312	15	0,15	0,04	0,06–0,22	31	0,041	0,053	0,005–0,292	15	0,062	0,030	0,025–0,111	

Πίνακας Π9 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cd															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
LIB	Θ	ανώριμα	4	0,016	0,010	0,011–0,031	4	0,67	0,25	0,45–0,95	5	0,023	0,014	0,010–0,045	3	0,076	0,028	0,045–0,099
		ώριμα	10	0,013	0,009	0,004–0,032	6	0,99	0,33	0,65–1,44	9	0,017	0,014	0,006–0,052	15	0,076	0,052	0,014–0,182
		σύνολο	14	0,014	0,009	0,004–0,032	10	0,86	0,33	0,45–1,44	14	0,019	0,014	0,006–0,052	18	0,076	0,048	0,014–0,182
	A	ανώριμα	3	0,055	0,008	0,050–0,065	3	0,64	0,08	0,55–0,71	3	0,051	0,009	0,042–0,060	3	0,081	0,016	0,065–0,096
		ώριμα	5	0,041	0,041	0,011–0,100	5	0,58	0,41	0,27–1,25	5	0,035	0,033	0,013–0,092	5	0,045	0,036	0,017–0,108
		σύνολο	8	0,047	0,032	0,011–0,100	8	0,60	0,32	0,27–1,25	8	0,041	0,027	0,013–0,092	8	0,059	0,034	0,017–0,108
		σύνολο	22	0,026	0,026	0,004–0,100	18	0,75	0,34	0,27–1,44	22	0,027	0,022	0,006–0,092	26	0,071	0,044	0,014–0,182
ION	Θ	ανώριμα	10	0,009	0,007	0,005–0,029	3	0,13	0,05	0,09–0,19	4	0,041	0,021	0,015–0,063	3	0,059	0,014	0,048–0,075
		ώριμα	7	0,005	0,003	0,004–0,011	5	0,19	0,03	0,16–0,23	7	0,039	0,035	0,015–0,093	5	0,040	0,010	0,028–0,055
		σύνολο	17	0,007	0,006	0,004–0,029	8	0,17	0,05	0,09–0,23	11	0,040	0,029	0,015–0,093	8	0,048	0,015	0,028–0,075
	A	ανώριμα	9	0,009	0,006	0,004–0,023	3	0,10	0,04	0,05–0,13	3	0,055	0,012	0,043–0,067	3	0,054	0,021	0,033–0,075
		ώριμα	7	0,014	0,009	0,004–0,027	4	0,17	0,02	0,15–0,20	6	0,054	0,025	0,020–0,078	4	0,027	0,009	0,015–0,035
		σύνολο	16	0,011	0,007	0,004–0,027	7	0,14	0,05	0,05–0,20	9	0,054	0,021	0,020–0,078	7	0,039	0,020	0,015–0,075
		σύνολο	33	0,009	0,007	0,004–0,029	15	0,16	0,05	0,05–0,23	20	0,046	0,026	0,015–0,093	15	0,043	0,017	0,015–0,075
COR	Θ	ανώριμα	1	0,011	–	0,011	1	0,21	–	0,21	1	0,035	–	0,035	1	0,045	–	0,045
		σύνολο	279	0,027	0,149	0,003–2,48	99	0,42	0,38	0,03–1,65	181	0,044	0,067	0,004–0,671	109	0,067	0,089	0,011–0,901

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας Π10 Συγκεντρώσεις Cu (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. blainville* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cu															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	57	0,31	0,14	0,11–0,86	12	1,51	1,32	0,59–5,47	12	0,37	0,05	0,31–0,48	6	0,77	0,20	0,45–1,05
		ώριμα	24	0,26	0,08	0,14–0,46	6	1,83	1,12	0,56–3,35	10	0,56	0,42	0,28–1,66	7	0,69	0,14	0,52–0,90
		σύνολο	81	0,30	0,12	0,11–0,86	18	1,62	1,23	0,56–5,47	22	0,46	0,29	0,28–1,66	13	0,72	0,17	0,45–1,05
	A	ανώριμα	28	0,34	0,19	0,13–1,11	8	1,10	0,16	0,91–1,32	8	0,41	0,12	0,31–0,68	5	0,80	0,24	0,41–1,05
		ώριμα	41	0,45	0,55	0,15–3,62	9	1,73	0,59	1,14–2,92	15	0,62	0,32	0,38–1,67	17	0,59	0,18	0,29–1,15
		σύνολο	69	0,40	0,44	0,13–3,62	17	1,43	0,54	0,91–2,92	23	0,55	0,28	0,31–1,67	22	0,64	0,21	0,29–1,15
σύνολο			150	0,35	0,32	0,11–3,62	35	1,53	0,95	0,56–5,47	45	0,50	0,29	0,28–1,67	35	0,67	0,20	0,29–1,15
CYC	Θ	ανώριμα	31	0,55	0,63	0,13–3,70					20	0,72	0,73	0,13–3,72				
		ώριμα	5	0,22	0,03	0,18–0,25					4	0,44	0,09	0,33–0,54				
		σύνολο	36	0,51	0,59	0,13–3,70					24	0,67	0,67	0,13–3,72				
	A	ανώριμα	19	0,51	0,31	0,29–1,70			–		15	0,72	0,61	0,24–2,72			–	
		ώριμα	6	0,36	0,10	0,21–0,48					11	0,43	0,26	0,18–1,12				
		σύνολο	25	0,47	0,28	0,21–1,70					26	0,60	0,50	0,18–2,72				
σύνολο			61	0,49	0,49	0,13–3,70					50	0,64	0,59	0,13–3,72				
MYR	Θ	ανώριμα	5	0,28	0,05	0,23–0,33	3	0,96	0,81	0,44–1,90	5	0,42	0,09	0,33–0,55	3	0,49	0,06	0,43–0,53
		ώριμα	5	0,23	0,06	0,14–0,31	5	0,73	0,14	0,54–0,88	5	0,32	0,08	0,22–0,44	5	0,48	0,15	0,34–0,71
		σύνολο	10	0,25	0,06	0,14–0,33	8	0,82	0,46	0,44–1,90	10	0,37	0,09	0,22–0,55	8	0,49	0,12	0,34–0,71
	A	ανώριμα	4	0,45	0,09	0,33–0,56	4	1,16	0,77	0,43–2,24	4	0,50	0,14	0,33–0,65	4	0,61	0,14	0,41–0,73
		ώριμα	6	0,32	0,13	0,20–0,55	3	0,65	0,19	0,43–0,78	6	0,40	0,14	0,25–0,61	5	0,32	0,08	0,25–0,45
		σύνολο	10	0,37	0,13	0,20–0,56	7	0,94	0,62	0,43–2,24	10	0,44	0,14	0,25–0,65	9	0,45	0,19	0,25–0,73
σύνολο			20	0,31	0,11	0,14–0,56	15	0,88	0,52	0,43–2,24	20	0,40	0,12	0,22–0,65	17	0,47	0,15	0,25–0,73
CRE	Θ	ανώριμα	16	0,31	0,12	0,16–0,71	4	1,71	0,41	1,18–2,15	14	0,45	0,11	0,33–0,66	4	0,74	0,25	0,51–1,01
		ώριμα	5	0,28	0,09	0,18–0,41	4	1,16	0,63	0,67–2,05	4	0,37	0,07	0,29–0,45	4	0,63	0,10	0,51–0,75
		σύνολο	21	0,31	0,12	0,16–0,71	8	1,43	0,57	0,67–2,15	18	0,43	0,11	0,29–0,66	8	0,69	0,18	0,51–1,01
	A	ανώριμα	11	0,79	1,50	0,23–5,31	4	1,19	0,28	0,89–1,45	10	0,53	0,17	0,35–0,85	4	0,83	0,17	0,65–1,05
		ώριμα	3	0,26	0,11	0,18–0,38	3	1,37	0,64	0,65–1,88	3	0,63	0,10	0,54–0,73	3	0,78	0,21	0,61–1,01
		σύνολο	14	0,68	1,34	0,18–5,31	7	1,27	0,43	0,65–1,88	13	0,55	0,16	0,35–0,85	7	0,81	0,17	0,61–1,05
σύνολο			35	0,45	0,85	0,16–5,31	15	1,36	0,50	0,65–2,15	31	0,48	0,14	0,29–0,85	15	0,74	0,18	0,51–1,05

Πίνακας Π10 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Cu															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
LIB	Θ	ανώριμα	4	0,19	0,11	0,08–0,31	4	0,68	0,13	0,55–0,86	5	0,32	0,20	0,17–0,65	3	0,43	0,10	0,33–0,52
		ώριμα	15	0,10	0,03	0,05–0,16	6	1,13	0,66	0,34–1,99	13	0,26	0,08	0,18–0,41	17	0,44	0,15	0,19–0,74
		σύνολο	19	0,12	0,07	0,05–0,31	10	0,95	0,55	0,34–1,99	18	0,28	0,12	0,17–0,65	20	0,44	0,14	0,19–0,74
	A	ανώριμα	3	0,84	0,93	0,28–1,92	3	0,39	0,21	0,15–0,56	3	0,34	0,17	0,17–0,50	1	0,48	–	0,48
		ώριμα	4	0,26	0,27	0,07–0,65	5	1,14	0,24	0,94–1,48	5	0,28	0,12	0,20–0,49	5	0,54	0,17	0,38–0,82
		σύνολο	7	0,51	0,65	0,07–1,92	8	0,86	0,44	0,15–1,48	8	0,30	0,13	0,17–0,50	6	0,53	0,16	0,38–0,82
			σύνολο	26	0,22	0,37	0,05–1,92	18	0,91	0,49	0,15–1,99	26	0,29	0,12	0,17–0,65	26	0,46	0,14	0,19–0,82
ION	Θ	ανώριμα	10	0,32	0,06	0,24–0,42	3	2,49	0,67	1,98–3,25	4	0,38	0,06	0,33–0,45	3	0,96	0,20	0,75–1,15
		ώριμα	7	0,22	0,08	0,09–0,34	5	1,59	0,49	0,95–2,22	7	0,38	0,09	0,27–0,51	5	0,64	0,09	0,50–0,75
		σύνολο	17	0,28	0,09	0,09–0,42	8	1,93	0,70	0,95–3,25	11	0,38	0,08	0,27–0,51	8	0,76	0,21	0,50–1,15
	A	ανώριμα	9	0,39	0,21	0,08–0,84	3	1,74	0,17	1,55–1,88	3	0,58	0,07	0,51–0,65	3	0,91	0,10	0,80–0,99
		ώριμα	7	0,47	0,29	0,22–1,07	4	1,84	0,32	1,55–2,22	6	0,48	0,11	0,36–0,69	4	0,78	0,13	0,65–0,95
		σύνολο	16	0,42	0,24	0,08–1,07	7	1,80	0,25	1,55–2,22	9	0,52	0,11	0,36–0,69	7	0,83	0,13	0,65–0,99
			σύνολο	33	0,35	0,19	0,08–1,07	15	1,87	0,52	0,95–3,25	20	0,44	0,11	0,27–0,69	15	0,79	0,18	0,50–1,15
COR	Θ	ανώριμα	1	0,55	–	0,55	1	2,32	–	2,32	1	0,68	–	0,68	1	0,88	–	0,88
		σύνολο	326	0,37	0,43	0,05–5,31	99	1,35	0,78	0,15–5,47	193	0,49	0,36	0,13–3,72	109	0,62	0,22	0,19–1,15

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

Πίνακας Π11 Συγκεντρώσεις Fe (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. blainville* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Fe*															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	57	5,09	1,37	2,61–10,5	29	37,9	16,8	8,13–77,0	13	26,3	7,86	16,8–39,8	15	20,2	8,27	6,37–35,6
		ώριμα	22	4,01	1,56	1,55–7,47	15	31,3	16,2	6,56–61,9	9	51,4	25,4	27,5–106	15	25,6	8,65	12,0–44,8
		σύνολο	79	4,79	1,50	1,55–10,5	44	35,6	16,7	6,56–77,0	22	36,6	21,0	16,8–106	30	22,9	8,76	6,37–44,8
	A	ανώριμα	28	4,67	1,85	1,31–10,8	15	31,7	9,14	14,3–43,2	8	23,4	5,60	16,6–30,9	6	20,8	6,16	11,6–27,9
		ώριμα	35	3,90	1,89	1,31–7,89	16	51,5	23,6	19,1–103	10	48,9	21,5	23,1–98,5	19	15,3	9,94	7,75–53,5
		σύνολο	63	4,24	1,89	1,31–10,8	31	41,9	20,5	14,3–103	18	37,6	20,7	16,6–98,5	25	16,6	9,37	7,75–53,5
σύνολο			142	4,55	1,70	1,31–10,8	75	38,2	18,5	6,56–103,44	40	37,0	20,6	16,6–106	55	20,0	9,49	6,37–53,5
CYC	Θ	ανώριμα	30	5,45	3,17	2,28–15,4	30	22,4	13,9	3,61–65,8	35	27,2	16,4	7,10–90,5	8	19,0	8,00	11,1–28,9
		ώριμα	6	5,66	2,26	2,93–8,65	7	55,9	19,1	26,7–84,2	6	35,1	13,7	20,1–53,3	6	18,2	6,67	10,6–27,7
		σύνολο	36	5,49	3,01	2,28–15,4	37	28,7	19,8	3,61–84,2	41	28,3	16,1	7,10–90,5	14	18,6	7,19	10,6–28,9
	A	ανώριμα	22	4,38	2,05	1,57–8,14	21	32,8	17,1	9,95–73,8	22	24,1	7,65	4,60–37,3	6	15,9	8,47	5,52–25,9
		ώριμα	6	5,29	2,35	2,22–7,55	6	44,9	8,87	34,0–55,2	6	32,7	10,0	19,0–49,6	6	12,9	3,35	8,55–18,3
		σύνολο	28	4,57	2,10	1,57–8,14	27	35,5	16,3	9,95–73,8	28	25,9	8,78	4,60–49,6	12	14,4	6,34	5,52–25,9
σύνολο			64	5,09	2,67	1,57–15,4	64	31,6	18,6	3,61–84,18	69	27,4	13,6	4,60–90,5	26	16,7	7,02	5,52–28,9
CRE	Θ	ανώριμα	11	4,90	3,57	1,88–12,6	12	29,7	6,16	19,4–40,8	11	42,4	19,8	15,7–77,2	5	13,3	4,38	7,58–18,9
		ώριμα	5	2,66	0,86	1,58–3,35	5	51,4	19,4	30,0–75,9	5	47,2	16,8	33,2–65,9	6	20,1	7,46	11,3–32,9
		σύνολο	16	4,20	3,14	1,58–12,6	17	36,1	15,0	19,4–75,9	16	43,9	18,5	15,7–77,2	11	17,0	6,94	7,58–32,9
	A	ανώριμα	11	4,23	1,10	2,46–5,81	10	30,2	12,7	19,4–55,0	11	53,0	55,4	14,7–211	6	12,8	6,52	4,98–23,2
		ώριμα	3	2,24	0,23	1,98–2,42	3	39,9	10,8	32,3–52,3	3	44,2	10,0	35,9–55,3	3	14,2	5,27	10,3–20,2
		σύνολο	14	3,81	1,29	1,98–5,81	13	32,4	12,6	19,4–55,0	14	51,1	48,8	14,7–211	9	13,3	5,83	4,98–23,2
σύνολο			30	4,02	2,42	1,58–12,6	30	34,5	13,9	19,35–75,88	30	47,2	35,5	14,7–211	20	15,3	6,58	4,98–32,9
ION	Θ	ανώριμα	10	5,23	1,23	4,05–7,72	9	39,3	12,3	24,9–65,5	6	19,0	2,37	15,2–22,3	6	14,6	5,86	8,88–23,6
		ώριμα	7	4,99	1,27	3,90–7,69	11	58,3	29,4	23,7–129	11	30,3	15,6	13,8–61,1	11	24,0	10,3	8,46–48,2
		σύνολο	17	5,13	1,21	3,90–7,72	20	49,7	24,7	23,7–129	17	26,3	13,6	13,8–61,1	17	20,7	9,93	8,46–48,2
	A	ανώριμα	9	5,64	0,34	5,10–6,01	8	40,3	8,20	28,4–52,6	5	18,1	3,09	13,3–21,6	5	14,5	6,52	9,85–25,9
		ώριμα	9	7,29	4,00	4,45–16,4	22	63,5	24,7	22,9–117	28	30,2	9,15	12,3–45,5	28	12,3	3,96	7,73–27,2
		σύνολο	18	6,46	2,88	4,45–16,4	30	57,3	23,8	22,9–117	33	28,4	9,56	12,3–45,5	33	12,7	4,38	7,73–27,2
σύνολο			35	5,82	2,30	3,90–16,4	50	54,3	24,2	22,86–129	50	27,7	11,0	12,3–61,1	50	15,4	7,72	7,73–48,2
COR	Θ	ανώριμα	1	4,85	–	4,85	1	78,1	–	78,1	1	55,3	–	55	1	14,5	–	14,5
		σύνολο			272	4,78	2,17	1,31–16,4	220	39,6	21,2	3,61–129	190	32,8	20,9	4,6–211	152	17,3	8,35	4,98–53,5

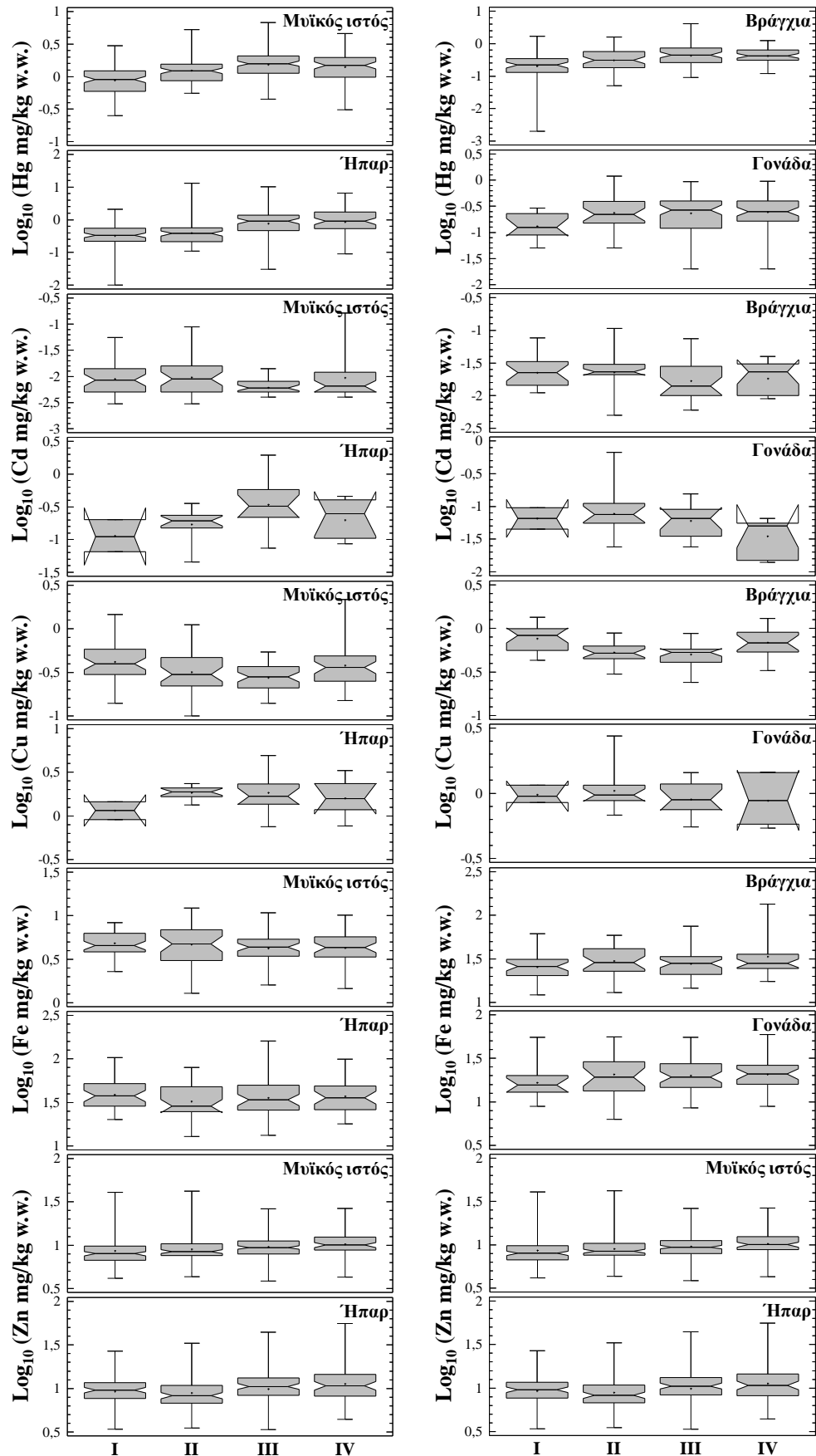
N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση; *δεν περιλαμβάνονται άτομα από MYR και LIB

Πίνακας Π12 Συγκεντρώσεις Zn (mg/kg w.w.) σε μυϊκό ιστό, ήπαρ, βράγχια και γονάδα του είδους *S. blainville* ανά φύλο και κατάσταση ωρίμασης για κάθε περιοχή δειγματοληψίας

Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Zn															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
nAEG	Θ	ανώριμα	80	3,49	1,05	1,91–9,30	78	10,8	3,20	3,00–20,6	40	10,6	1,17	8,18–13,8	41	17,8	3,41	10,7–30,3
		ώριμα	31	3,34	0,54	1,99–4,42	31	9,53	3,50	4,01–17,0	16	15,3	2,71	9,78–19,3	28	18,0	2,83	13,2–26,1
		σύνολο	111	3,45	0,94	1,91–9,30	109	10,4	3,32	3,00–20,6	56	11,9	2,75	8,18–19,3	69	17,9	3,17	10,7–30,3
	A	ανώριμα	33	3,60	1,01	2,24–6,72	28	11,5	2,90	5,57–21,3	18	13,0	3,35	8,95–22,7	12	20,8	1,89	17,8–23,6
		ώριμα	41	3,57	3,01	1,73–21,4	38	10,2	3,02	4,25–20,3	26	14,7	1,98	10,5–18,3	31	19,9	4,74	11,4–30,1
		σύνολο	74	3,59	2,33	1,73–21,4	66	10,8	3,03	4,25–21,3	44	14,0	2,72	8,95–22,7	43	20,2	4,14	11,4–30,1
σύνολο			185	3,50	1,64	1,73–21,4	175	10,6	3,21	3,00–21,3	100	12,8	2,91	8,18–22,7	112	18,7	3,73	10,7–30,3
CYC	Θ	ανώριμα	34	3,84	1,22	2,74–8,84	37	12,0	5,68	3,22–29,3	37	12,1	3,53	2,62–18,9	6	21,0	5,43	13,5–27,3
		ώριμα	7	3,72	0,52	3,16–4,27	5	12,2	2,55	7,85–14,2	5	13,4	3,47	9,54–18,4	5	14,3	2,43	11,6–16,8
		σύνολο	41	3,82	1,13	2,74–8,84	42	12,0	5,38	3,22–29,3	42	12,2	3,51	2,62–18,9	11	18,0	5,41	11,6–27,3
	A	ανώριμα	20	3,68	0,78	2,62–5,88	20	15,2	9,44	4,14–44,0	20	12,3	4,00	1,95–21,3	1	18,9	–	18,9
		ώριμα	7	3,06	0,69	2,25–4,20	11	11,3	3,09	7,14–15,3	11	13,6	4,19	8,61–20,5	11	20,1	4,80	13,3–29,5
		σύνολο	27	3,52	0,79	2,25–5,88	31	13,8	7,95	4,14–44,0	31	12,7	4,05	1,95–21,3	12	20,0	4,59	13,3–29,5
σύνολο			68	3,70	1,01	2,25–8,84	73	12,8	6,61	3,22–44,0	73	12,5	3,73	1,95–21,3	23	19,0	5,00	11,6–29,5
MYR	Θ	ανώριμα	11	1,40	0,46	0,72–2,12	5	10,0	5,29	5,79–19,0	13	7,78	2,09	4,38–10,1	10	7,25	1,33	5,64–9,53
		ώριμα	4	1,27	0,35	0,84–1,55	4	5,86	2,11	3,45–8,55	4	7,82	2,10	4,94–9,84	4	7,76	1,26	6,55–9,37
		σύνολο	15	1,37	0,43	0,72–2,12	9	8,16	4,52	3,45–19,0	17	7,79	2,03	4,38–10,1	14	7,39	1,28	5,64–9,53
	A	ανώριμα	4	1,41	0,44	1,01–2,03	4	9,25	10,5	3,33–25,0	4	7,76	3,53	5,79–13,1	4	10,8	3,71	6,46–14,5
		ώριμα	8	1,42	0,40	0,96–2,27	4	4,15	1,95	1,85–6,61	12	7,54	1,86	4,02–11,1	12	7,82	1,27	6,72–11,2
		σύνολο	12	1,42	0,40	0,96–2,27	8	6,70	7,53	1,85–25,0	16	7,59	2,25	4,02–13,1	16	8,57	2,40	6,46–14,5
σύνολο			27	1,39	0,41	0,72–2,27	17	7,47	5,96	1,85–25,0	33	7,70	2,11	4,02–13,1	30	8,02	2,02	5,64–14,5
CRE	Θ	ανώριμα	16	3,65	0,93	2,06–6,18	16	8,33	2,00	5,82–12,5	16	9,46	1,03	8,55–12,0	4	16,8	1,32	15,2–18,3
		ώριμα	4	2,66	0,69	2,10–3,65	4	5,62	0,77	4,55–6,30	4	10,3	2,11	8,88–13,3	4	13,4	1,82	11,5–15,5
		σύνολο	20	3,45	0,96	2,06–6,18	20	7,79	2,12	4,55–12,5	20	9,62	1,29	8,55–13,3	8	15,1	2,34	11,5–18,3
	A	ανώριμα	11	4,01	0,97	3,01–6,62	11	7,82	1,66	5,84–11,9	11	10,7	3,24	6,42–18,8	6	17,7	1,54	15,9–19,9
		ώριμα	3	2,57	0,46	2,29–3,10	3	7,07	1,20	5,89–8,28	3	9,23	1,69	7,33–10,6	3	15,8	1,52	14,2–17,3
		σύνολο	14	3,70	1,07	2,29–6,62	14	7,66	1,56	5,84–11,9	14	10,4	2,98	6,42–18,8	9	17,1	1,73	14,2–19,9
σύνολο			34	3,56	1,00	2,06–6,62	34	7,73	1,89	4,55–12,5	34	9,94	2,15	6,42–18,8	17	16,1	2,23	11,5–19,9

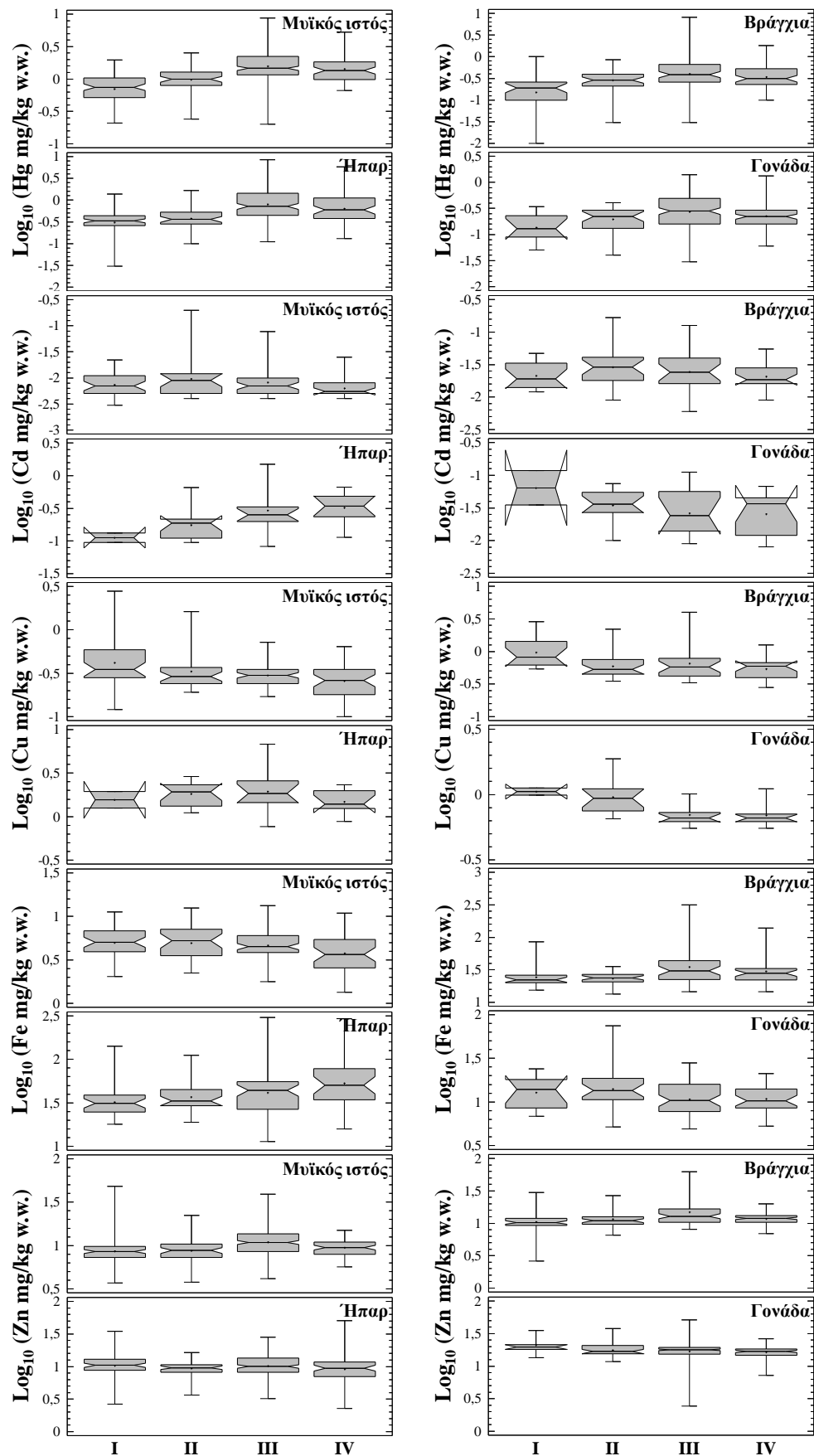
Πίνακας Π12 (τέλος)																		
Περιοχή	Φύλο	Κατάσταση ωρίμασης	Zn															
			Μυϊκός ιστός				Ήπαρ				Βράγχια				Γονάδα			
			N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος	N	M.T.	T.A.	Εύρος
LIB	Θ	ανώριμα	5	2,19	0,58	1,55–2,98	5	13,3	1,82	11,5–16,2	5	7,11	1,83	4,41–9,07	5	12,1	4,28	7,25–18,3
		ώριμα	12	1,54	0,20	1,23–1,97	7	9,91	3,09	5,88–14,3	12	6,63	1,23	4,44–8,83	12	11,4	1,98	8,26–15,7
		σύνολο	17	1,73	0,45	1,23–2,98	12	11,3	3,06	5,88–16,2	17	6,77	1,39	4,41–9,07	17	11,6	2,72	7,25–18,3
	A	ανώριμα	5	2,99	0,77	1,88–3,99	5	12,6	4,49	7,67–18,3	5	9,69	2,61	6,52–13,2	5	16,6	5,70	8,10–24,0
		ώριμα	5	2,00	1,03	1,20–3,76	5	8,62	3,81	4,61–13,2	5	9,60	2,08	6,84–12,2	5	12,2	2,62	9,03–15,5
		σύνολο	10	2,50	1,00	1,20–3,99	10	10,6	4,45	4,61–18,3	10	9,64	2,22	6,52–13,2	10	14,4	4,79	8,10–24,0
		σύνολο	27	2,01	0,79	1,20–3,99	22	11,0	3,68	4,61–18,3	27	7,84	2,21	4,41–13,2	27	12,6	3,79	7,25–24,0
ION	Θ	ανώριμα	12	4,34	1,58	3,15–7,88	12	9,15	2,12	5,71–12,4	7	10,5	1,57	8,26–12,3	7	18,4	2,53	15,5–23,0
		ώριμα	11	3,57	0,35	3,02–4,14	11	8,33	2,63	4,08–12,9	11	11,3	2,36	9,18–17,6	11	12,0	5,21	4,50–24,3
		σύνολο	23	3,97	1,21	3,02–7,88	23	8,76	2,36	4,08–12,9	18	11,0	2,07	8,26–17,6	18	14,5	5,36	4,50–24,3
	A	ανώριμα	10	6,09	3,47	3,30–15,3	10	9,73	1,36	7,91–11,8	6	9,05	1,53	7,50–11,5	6	19,6	2,47	15,5–22,3
		ώριμα	29	3,33	0,95	2,29–6,87	29	7,81	1,96	4,35–14,0	29	11,1	1,66	8,02–15,2	29	16,4	2,87	8,89–21,4
		σύνολο	39	4,04	2,24	2,29–15,3	39	8,31	2,00	4,35–14,0	35	10,7	1,79	7,50–15,2	35	16,9	3,05	8,89–22,3
		σύνολο	62	4,01	1,91	2,29–15,3	62	8,47	2,13	4,08–14,0	53	10,8	1,88	7,50–17,6	53	16,1	4,10	4,50–24,3
COR	Θ	ανώριμα	1	3,85	–	3,85	1	6,55	–	6,55	1	13,9	–	13,9	1	17,6	–	17,6
		σύνολο	404	3,38	1,60	0,72–21,4	384	10,3	4,35	1,85–44,0	321	11,2	3,36	1,95–22,7	263	16,2	5,09	4,50–30,3

N, αριθμός ατόμων; Θ, θηλυκά; A, αρσενικά; M.T., μέση τιμή; T.A., τυπική απόκλιση

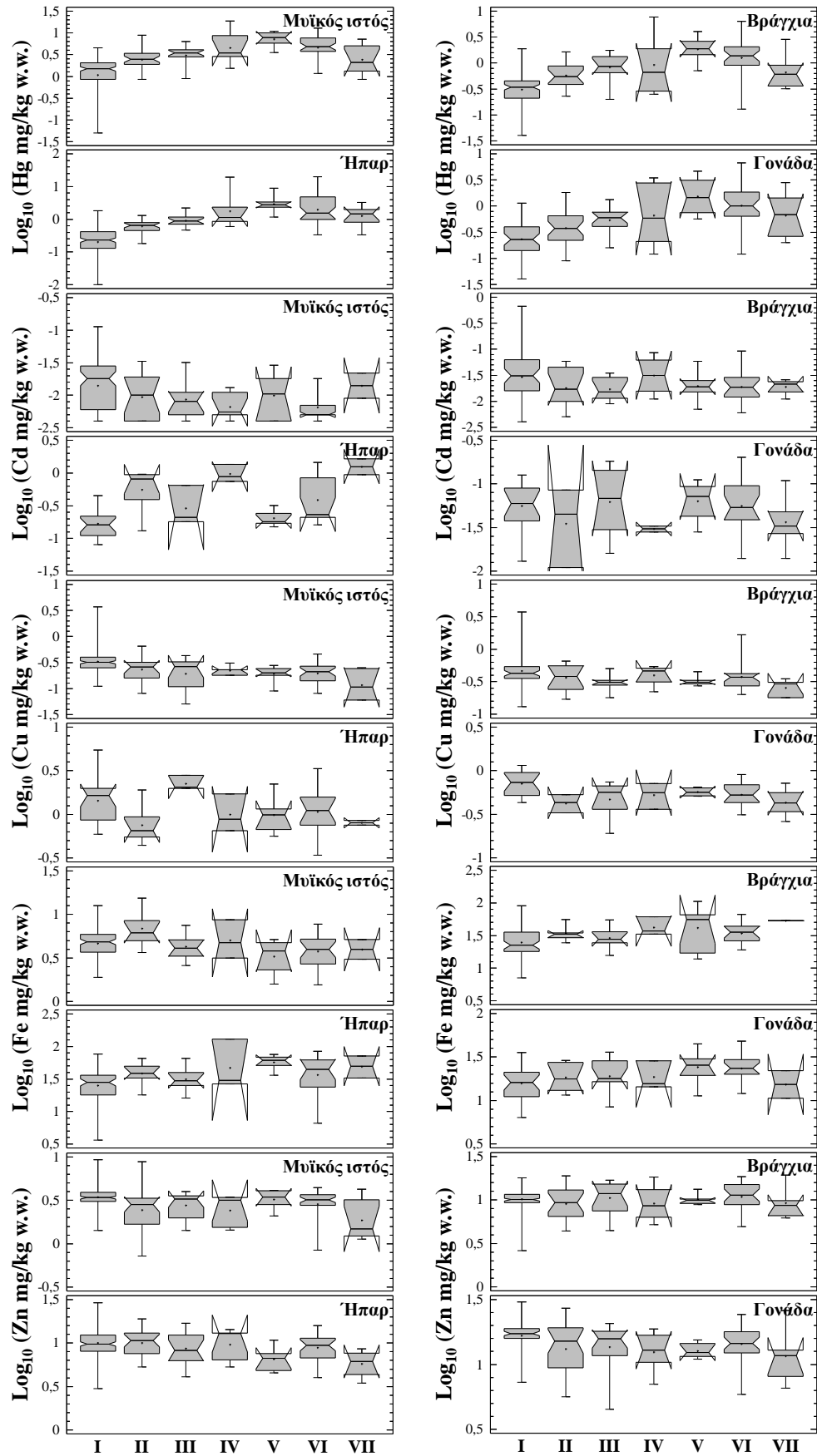


Εικόνα Π1 Θηκογράμματα των συγκεντρώσεων (log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% Δ.Ε. για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

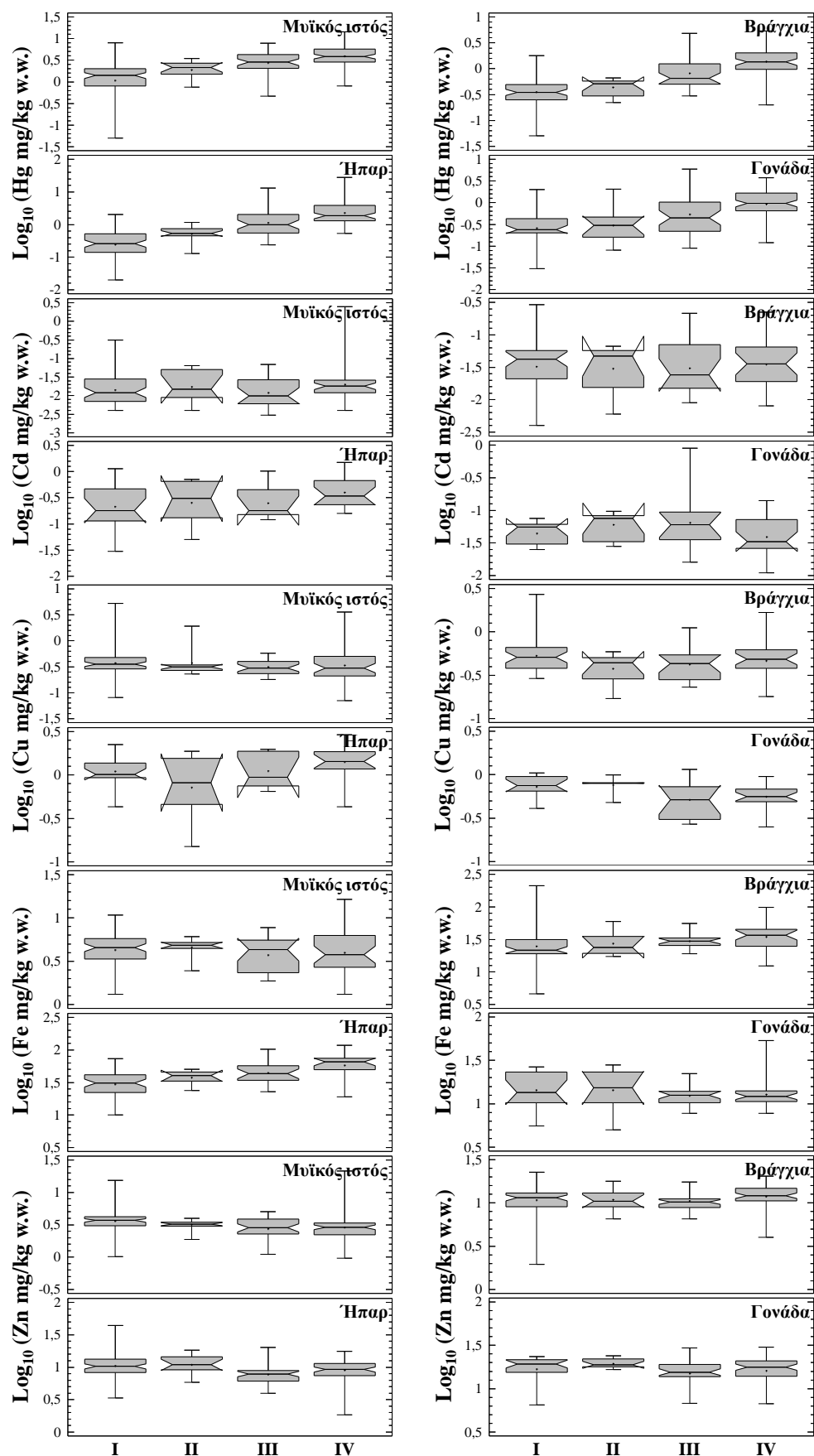
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα Π2 Θηκογράμματα των συγκεντρώσεων (log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό των θηλυκών ατόμων του είδους *S. canicula* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% Δ.Ε. για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)



Εικόνα Π3 Θηκογράμματα των συγκεντρώσεων (log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% Δ.Ε. για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)



Εικόνα Π4 Θηκογράμματα των συγκεντρώσεων (\log_{10}) των βαρέων μετάλλων ανά ιστό των αρσενικών ατόμων του είδους *S. blainville* σε κάθε στάδιο γεννητικής ωριμότητας (+, μέση τιμή; οριζόντια γραμμή, διάμεσος; γκρι περιοχή, 50% των τιμών; γωνία, 95% Δ.Ε. για τη διάμεσο; κάθετες γραμμές, ελάχιστη και μέγιστη τιμή)

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Από την παρούσα διατριβή έχουν δημοσιευθεί σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά με κριτές μέχρι στιγμής οι ακόλουθες εργασίες:

Kousteni V, Megalofonou P (2015) Aging and life history traits of the longnose spiny dogfish in the Mediterranean: New insights into conservation and management needs. *Fisheries Research*, **168**, 6–19.

IF 1.843

Kousteni V, Kasapidis P, Kotoulas G, Megalofonou P (2015) Evidence of high genetic connectivity for the longnose spurdog *Squalus blainville* in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, *Submitted*.

IF 1.734

Kousteni V, Kasapidis P, Kotoulas G, Megalofonou P (2014) Strong population genetic structure and contrasting demographic histories for the small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*) in the Mediterranean Sea. *Heredity*, **114**(3), 333–343.

IF 3.804

Kousteni V, Megalofonou P (2011) Reproductive biology and embryonic development of *Squalus blainvillei* in the eastern Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, **75**(2), 237–249.

IF 1.247

Επίσης, μέρος των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής έχει παρουσιαστεί στα ακόλουθα επιστημονικά συνέδρια:

Kousteni V, Karachle PK, Megalofonou P (2015) Comparative feeding ecology of two demersal sharks from the self and slope off the Aegean Sea in the eastern Mediterranean. Annual Symposium of the Fisheries Society of the British Isles (FSBI). Plymouth, Great Britain.

Kousteni V, Paraskevopoulou V, Dassenakis M, Megalofonou P (2015) Trace metal concentrations in *Scyliorhinus canicula* from north Evoikos Gulf (eastern Mediterranean). Annual Symposium of the Fisheries Society of the British Isles (FSBI). Plymouth, Great Britain.

Kousteni V, Dassenakis M, Megalofonou P (2015) Mercury bioaccumulation in two benthic sharks from the Ionian Sea and consumer health implications. 5th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference. Mykonos, Greece.

Kousteni V, Damalas D, Megalofonou P (2015) Multi-model inference for improved estimation of age and growth in the longnose spurdog *Squalus blainville*. 11th Symposium on Oceanography and Fisheries. Mytilene, Greece.

Kousteni V, Kasapidis P, Kotoulas G, Megalofonou P (2014) Genetic diversity and population structure of the longnose spurdog *Squalus blainville* in the Mediterranean Sea. General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM) Workshop on Elasmobranchs in the Mediterranean and Black Sea. Sète, France.

Kousteni V, Kasapidis P, Kotoulas G, Megalofonou P (2013) Population genetics and phylogeography of the small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus 1758). 16th European Elasmobranch Association (EEA) Conference. Plymouth, Great Britain.

Kousteni V, Megalofonou P (2013) Assessing growth band counts from dorsal-fin spines for aging the longnose spiny dogfish. 40th CIESM Congress. Marseille, France.

Kousteni V, Dassenakis M, Megalofonou P (2011) Hg and Zn levels in the muscle, liver, gonads and gills of the small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula*, from the Aegean Sea. 15th European Elasmobranch Association (EEA) Conference. Berlin, Germany.

Kousteni V, Megalofonou P (2010). Reproductive biology of *Squalus blainvillei* (Risso, 1826) in the Eastern Mediterranean Sea. 39th CIESM Congress. Venice, Italy.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ