

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
& ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Βιολογικά χαρακτηριστικά του μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*, Linnaeus 1784) στο Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο»

Θεοχάρης Αλέξανδρος

Βλάχου Μαρία

ΒΟΛΟΣ, 2023

**«Βιολογικά χαρακτηριστικά του μεσογειακού μπακαλιάρου
(*Merluccius merluccius*, Linnaeus 1784) στο Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Δημήτριος Κλαουδάτος**, Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής, Αλιεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*.
- 2. Δημήτριος Βαφείδης**, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.
- 3. Νικόλαος Νεοφύτου**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

Στις οικογένειές μας..

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν για να φέρουμε εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας αυτής, κ. Δημήτριο Κλαουδάτο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, κατά τη συλλογή των δεδομένων, την αξιολόγηση των πληροφοριών, την ανάλυση των δεδομένων, καθώς και κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσης εργασίας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Βαφείδη Δ. και κ. Νεοφύτου Ν., για τις χρήσιμες συμβουλές τους, την απεριόριστη πρόσβαση σε εργαστήρια και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια περάτωσης αυτής της εργασίας.

Επιπροσθέτως, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΙΘΑΒΙΠΕΥ) και πιο συγκεκριμένα την κυρία Αικατερίνη Αναστασοπούλου (Ερευνήτρια Β'), που ήταν η υπεύθυνη κατά την πρακτική μας άσκηση. Οι γνώσεις που, απλόχερα, μας παρείχε ήταν καθοριστικές για την διεκπεραίωση αυτής της διπλωματικής. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Λεγάκη Αγλαία, που ενασχόλησή της αποτελεί το είδος που μελετήσαμε και οι συμβουλές της ήταν επίσης πολύ σημαντικές.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το μεταπτυχιακό φοιτητή και υποψήφιο διδάκτορα του κ. Κλαουδάτου, Χρήστο Ντάβαρο, για την παρουσία του καθ' όλη τη διάρκεια της συλλογής των δεδομένων της πτυχιακής μας.

Επιπλέον, ένας από τους πιο σημαντικούς ανθρώπους για την διεκπεραίωση της διπλωματικής μας εργασίας ήταν η κ. Αποστολογάμβρου Χρυσούλα (ΕΔΙΠ του τμήματος). Χωρίς εκείνη δεν θα είχε προκύψει μεγάλο μέρος των αποτελεσμάτων μας. Την ευχαριστούμε για την βοήθειά της, τις συμβουλές και τις γνώσεις που μας παρείχε.

Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρά την οικονομική και οικολογική σημασία του ευρωπαϊκού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*), εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά κενά στη βιβλιογραφία. Η παρούσα προπτυχιακή διπλωματική εργασία ενημερώνει ορισμένες πτυχές της αναπαραγωγικής βιολογίας του μπακαλιάρου και για πρώτη φορά, στην Ανατολική Μεσόγειο, παρουσιάζει μικροσκοπικά, όλα τα αναπαραγωγικά στάδια των αρσενικών ατόμων του είδους.

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία με εμπορικές τράτες βυθού στο Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο, από το Μάιο του 2020 έως και το Μάιο του 2021. Ο αναπαραγωγικός κύκλος, που αξιολογήθηκε με τον γοναδοσωματικό δείκτη (GSI), εμφάνισε έναν εποχιακό κύκλο που κορυφώθηκε στα τέλη της άνοιξης (Μάιος), ενώ εμφάνισε τις χαμηλότερες τιμές στα τέλη του καλοκαιριού (Αύγουστος). Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI), εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές του το καλοκαίρι και τις μικρότερες τιμές το φθινόπωρο. Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton, είχε παρόμοια κατανομή με τον ηπατοσωματικό. Ο γοναδοσωματικός και ο ηπατοσωματικός δείκτης εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με το φύλο και την εποχή. Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές φυλετικά και εποχιακά.

Η κατανομή συχνότητας διαμέτρου ωοκυττάρων (ODF) των διαφορετικών σταδίων ωριμότητας, εμφάνισε σημαντικές διαφορές μεγέθους μεταξύ των σταδίων I και II και των σταδίων III, IV και V. Η αναλογία αρσενικών προς θηλυκά για ολόκληρο τον πληθυσμό ήταν στατιστικά σημαντική υπέρ των αρσενικών (1,23:1). Η αναλογία φύλου ήταν αρκετά μεγαλύτερη, υπέρ των αρσενικών, σε μικρότερα μεγέθη (λιγότερο από 30 εκ

σε ολικό μήκος) και υπέρ των θηλυκών σε μεγαλύτερα μεγέθη.

Η ηλικία των ιχθύων υπολογίστηκε μέσω της μεθόδου ανάλυσης συχνοτήτων μηκών (Modal Progression Analysis), όπου εκτιμήθηκαν 7 ηλικιακές κλάσεις. Ο πληθυσμός έφτασε στο μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας (L_{50}) σε ηλικία 2,9 ετών ή 27,1 εκατοστών. Πιο συγκεκριμένα, τα θηλυκά έφθασαν στην αναπαραγωγική ωριμότητα σε μεγαλύτερα μεγέθη (30,7 cm ή 3,8 έτη) σε σύγκριση με τα αρσενικά (25,3 cm ή 2.6 έτη).

Υπολογίστηκαν οι παράμετροι αύξησης του Von Bertalanffy, όπου για τον πληθυσμό, το ασυμπτωτικό μήκος (L_{∞}) υπολογίστηκε στα 65,192 εκατοστά, ο ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους (k) υπολογίστηκε σε 0,1246 και η υποθετική ηλικία, στην οποία το ψάρι θα είχε μηδενικό μήκος, (t_0) υπολογίστηκε σε -1,3407. Ο δείκτης αύξησης Φ' υπολογίστηκε σε 2,72, ενώ τα αρσενικά είχαν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης από τα θηλυκά. Τα αρσενικά εμφάνισαν μικρότερο L_{∞} σε σχέση με τα θηλυκά, αλλά μεγαλύτερο k και t_0 . Το σημείο καμπής, χρονικό σημείο που ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού αρχίζει να επιβραδύνεται, υπολογίστηκε στα 7,5 έτη για τον πληθυσμό, 5,2 έτη για τα αρσενικά και 8,2 έτη για τα θηλυκά. Η μέγιστη ηλικία υπολογίστηκε στα 24 έτη. Το άριστο μήκος (κλάση μήκους που κατέχει την υψηλότερη βιομάζα σε έναν μη αλιευμένο πληθυσμό - L_{opt}) υπολογίστηκε στα 39 εκατοστά.

Η φυσική θνησιμότητα (M), υπολογίστηκε 0,247, ενώ η ολική θνησιμότητα (Z) βρέθηκε πως ήταν 0,973. Η αλιευτική θνησιμότητα εκτιμήθηκε ως 0,73 και, τέλος, ο ρυθμός εκμετάλλευσης (E) υπολογίστηκε ως 0,75 και αποτελεί ένδειξη ότι ο υπό μελέτη πληθυσμός ήταν υπεραλιευμένος.

Ο λόγος F/M ήταν 2,96, που σημαίνει ότι η αλιευτική θνησιμότητα επηρεάζει περισσότερο τον πληθυσμό από ότι η φυσική θνησιμότητα. Επιπλέον, ο λόγος Z/K υπολογίστηκε 7,81, το οποίο επικυρώνει την υπεραλιεύση του πληθυσμού.

Λέξεις κλειδιά: Μεσογειακός μπακαλιάρος, *Merluccius merluccius*, Αναπαραγωγική βιολογία, Διαχείριση αλιευτικών αποθεμάτων, Ιστολογία, Αιγαίο Πέλαγος

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Περιγραφή γενικών χαρακτηριστικών	1
1.2 Συστηματική κατάταξη του είδους.....	1
1.3 Βιότοπος	2
1.4 Αναπαραγωγική βιολογία	3
1.4.1 Ιστολογία γονάδων.....	4
1.5 Διατροφικές συνήθειες	5
1.6 Βιογεωγραφία	6
1.7 Ωτόλιθοι, ηλικία και ανάπτυξη	7
1.8 Αλιεία και εμπορική σημασία του μπακαλιάρου	10
1.9 Σκοπός της εργασίας	11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	12
2.1 Τρόπος και μέρος δειγματοληψίας.....	12
2.2 Ανάλυση δειγμάτων	13
2.2.1 Βιολογικοί δείκτες.....	13
2.2.2 Μακροσκοπική ανάλυση γονάδων.....	14
2.2.3 Μορφομετρικά χαρακτηριστικά μπακαλιάρου.....	16
2.3.3.1 Συντελεστής Pearson.....	18
2.3.4 Σχέση μήκους βάρους.....	19
2.2.5 Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας.....	19
2.2.6 Εύρεση ηλικίας και παραμέτρων αύξησης του πληθυσμού.....	19
2.2.6.1 Μορφομετρία ωτολίθων	21
2.2.7 Θνησιμότητα, άριστο μήκος και ρυθμός εκμετάλλευσης	22
2.2.8 Ιστολογική ανάλυση γονάδων	25
2.2.9 Λήψη βιολογικού υλικού.....	25
2.2.10 Μονιμοποίηση.....	26
2.2.11 Αφυδάτωση σε Ιστοκινέτα.....	27
2.2.12 Έγκλειση Ιστών σε Παραφίνη	28
2.2.13 Τεχνική κοπής ιστολογικών τομών.....	30
2.2.14 Αποπαραφίνωση και χρώση.....	31
2.2.15 Επικάλυψη των τομών.....	32
2.3 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	33
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	35
3.1 Περιγραφική στατιστική.....	35
3.2 Ιστόγραμμα Μήκους	36
3.2.1 Ιστόγραμμα μήκους αρσενικών	37
3.2.2 Ιστόγραμμα μήκους θηλυκών.....	38
3.3 Ιστόγραμμα βάρους.....	39
3.4 Σχέση μήκους βάρους.....	40
3.5 Μορφομετρικά χαρακτηριστικά ψαριού.....	41
3.6 Φυλετική αναλογία.....	42
3.6.1 Σύγκριση φύλου με εποχή	43
3.6.2 Σύγκριση φύλου με την περιοχή της δειγματοληψίας	45
3.7 Γοναδοσωματικός δείκτης	45
3.8 Ηπατοσωματικός δείκτης	50
3.9 Δείκτης ευρωστίας κατά Fulton	54
3.10 Συσχέτιση δεικτών και μορφομετρικών χαρακτηριστικών.....	59

3.11 Μακροσκοπική ανάλυση αναπαραγωγικών σταδίων	60
3.12 Εποχιακές διακυμάνσεις μήκους - βάρους	63
3.12.1 Ολικό μήκος.....	63
3.12.2 Ολικό βάρος.....	65
3.13 Υπολογισμός ηλικίας – Bhattacharya.....	65
3.13.1 Μορφομετρία ωτολίθων	69
3.14 Παράμετροι αύξησης, σημείο καμπής και μέγιστη ηλικία	70
3.14.1 Θηλυκά.....	72
3.14.2 Αρσενικά.....	73
3.15 Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας.....	75
3.15.1 Θηλυκά.....	76
3.15.2 Αρσενικά.....	77
3.16 Θνησιμότητα, άριστο μήκος και ρυθμός εκμετάλλευσης.....	79
3.17 Μικροσκοπική ανατομία των γονάδων	80
3.17.1 Θηλυκά.....	80
3.17.1.1 Ανάλυση σταδίων	81
3.17.2 Αρσενικά.....	87
3.17.2.1 Ανάλυση σταδίων	88
3.18 Συχνότητα διαμέτρου μεγέθους ωαρίου	94
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	97
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107
5.1 Ελληνική βιβλιογραφία	107
5.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	107
6. ABSTRACT.....	128
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	130

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Περιγραφή γενικών χαρακτηριστικών

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος (Εικ. 1) διαθέτει επίμηκες και ατρακτοειδές σώμα. Η κάτω σιαγόνα εξέχει ελαφρώς της πάνω και φέρει διάφορες σειρές δοντιών στη στοματική κοιλότητα. Έχει δύο ραχιαία πτερύγια, από τα οποία το δεύτερο είναι σχεδόν συμμετρικό με το εδρικό. Το ουραίο πτερύγιο είναι αποκοπτόμενο ή ελαφρώς εγκοπτόμενο. Ο χρωματισμός του είναι γενικά γκριζος και κυανός και η κοιλιά ασημένια (Νεοφύτου 2015). Το μέγιστο μήκος και βάρος αυτού του είδους είναι περίπου 140 εκατοστά και 15 κιλά αντίστοιχα (ICES 2009). Υπάρχουν δύο αποθέματα του *M. merluccius*, το βόρειο και το νότιο (ICES 1979), τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους από το φαράγγι του Cape Breton. Πιστεύεται ότι το νότιο απόθεμα έχει υποστεί υπερεκμετάλλευση (ICES 2013).

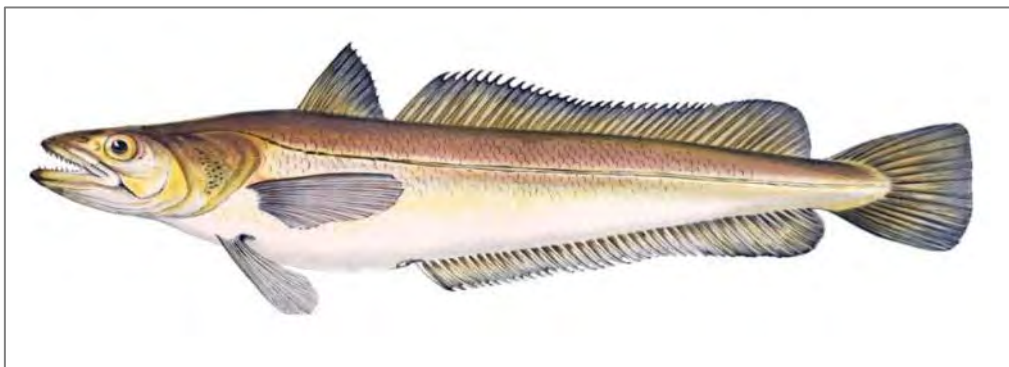
1.2 Συστηματική κατάταξη του είδους

- **Βασίλειο:** Animalia
- **Φύλο:** Chordata
- **Υποφύλο:** Vertebrata
- **Υπερομοταξία:** Gnathostomata
- **Ομοταξία:** Actinopterygii
- **Υπέρταξη:** Paracanthopterygii
- **Τάξη:** Gadiformes
- **Οικογένεια:** Merluccidae
- **Γένος:** Merluccius
- **Είδος:** *merluccius*

1.3 Βιότοπος

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος πραγματοποιεί καθημερινά κατακόρυφες μετακινήσεις. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ζει κοντά στον βυθό της θάλασσας και μετακινείται σε ρηχά νερά τη νύχτα για να τραφεί (Bozzano et al. 2005). Είναι βενθικό είδος και ζει συνήθως σε βάθος από 30 μέχρι 1.000 μέτρα, ενώ συναντάται συχνότερα σε βάθη μεταξύ 70 και 300 μέτρων, κυρίως στην περιοχή της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας (Cohen et al. 1990). Είναι μεταναστευτικό είδος και το καλοκαίρι μετακινείται προς τις παράκτιες περιοχές, ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα κατέρχεται σε βαθύτερα νερά. Συνήθως σχηματίζει κοπάδια.

Η κατανομή του μπακαλιάρου σε σχέση με το βάθος εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης και τη διασπορά του στην εκάστοτε περιοχή. Τα αυγά και οι προνύμφες συγκεντρώνονται συνήθως στην υφαλοκρηπίδα, ενώ τα νεαρά άτομα συγκεντρώνονται σε πιο ρηχά νερά από τους ενήλικες. Στις ακτές της Καταλονίας, τα νεαρά άτομα κατανέμονται μεταξύ 60 και 160 μέτρων βάθος κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα, κατεβαίνοντας ως τα 300 μέτρα βάθος την άνοιξη και το καλοκαίρι (Maynou et al. 2003; Oliver 1991).



Εικόνα 1. Μεσογειακός μπακαλιάρος. Πηγή: Gervais et Boulart - *Les poissons Gervais, H., Public Domain*, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18423607>

1.4 Αναπαραγωγική βιολογία

Το είδος αυτό ωριμάζει γεννητικά σε ηλικία 2 έως 4 ετών έχοντας αποκτήσει μήκος περίπου 30 εκατοστών. Στις ελληνικές θάλασσες, αναπαράγεται περίπου σε βάθος 200 μέτρων (Νεοφύτου 2015). Ο μεσογειακός μπακαλιάρος ωτοκεί πολλές φορές κατά τη διάρκεια του έτους, τμηματικά (multiple batch spawner) με απροσδιόριστη γονιμότητα (Murua et al. 1998). Ο αριθμός των αυγών που παράγονται ετησίως δεν καθορίζεται από την αρχή της περιόδου αναπαραγωγής, αλλά είναι το αποτέλεσμα της ασύγχρονης ανάπτυξης των ωαρίων του είδους (Carbonara et al. 2019). Είδη που χρησιμοποιούν αυτήν τη στρατηγική παράγουν μεγαλύτερο αριθμό αυγών σε σύγκριση με εκείνα που έχουν καθορισμένη γονιμότητα (Murua & Saborido-Rey 2003). Τα μεγαλύτερα θηλυκά σε μήκος παράγουν και τον υψηλότερο αριθμό αυγών.

Σύμφωνα με τους Piñeiro & Sainza (2003), ο μπακαλιάρος στα Ιβηρικά νερά γεννάει από το Δεκέμβριο έως το Μάιο, με την κορυφή της ωτοκίας να συναντάται το Φεβρουάριο. Δύο αναπαραγωγικές κορυφές έχουν αναφερθεί στην Αδριατική Θάλασσα (Ungaro et al. 2001), μία το χειμώνα και άλλη μία το καλοκαίρι. Οι Alheit & Pitcher (1995) διαφοροποίησαν τις αναπαραγωγικές εποχές του *M. merluccius* στο ΒΔ Ατλαντικό και τη Μεσόγειο Θάλασσα. Στο ΒΔ Ατλαντικό, καταγράφουν υψηλή κινητικότητα από το Δεκέμβριο έως τον Απρίλιο, με κορύφωση το Φεβρουάριο-Μάρτιο στα Ιβηρικά νερά, και το Μάρτιο-Ιούλιο στην Κελτική Θάλασσα. Για άτομα της Δυτικής Μεσογείου, παρατηρείται υψηλότερη ωτοκία μεταξύ Μαΐου και Φεβρουαρίου, με την κορύφωση της παραγωγής των αυγών να κυμαίνεται μεταξύ Οκτωβρίου και Ιανουαρίου.

Τα αρσενικά και τα θηλυκά φαίνεται να ωριμάζουν σε διαφορετικά μεγέθη και πιθανώς, σε διαφορετικές ηλικίες. Πιο συγκεκριμένα, τα αρσενικά φαίνεται να

ωριμάζουν νωρίτερα από τα θηλυκά (Dominguez-Petit 2007). Οι διαφορές οφείλονται στο ότι τα αρσενικά αυξάνονται ελαφρώς ταχύτερα από τα θηλυκά στα πρώτα στάδια της ζωής τους, φθάνοντας στην αναπαραγωγική ωριμότητα νωρίτερα. Γενικά τα αρσενικά, μεγαλώνουν γρηγορότερα από τα θηλυκά μέχρι να ωριμάσουν αναπαραγωγικά και στη συνέχεια, τα θηλυκά αυξάνονται ταχύτερα, άρα είναι πιο λογικό να βρεθούν μεγαλύτεροι θηλυκοί μπακαλιάροι (σε μήκος) σε έναν πληθυσμό. Επίσης, έχουν ανιχνευθεί διαφορές στην ωριμότητα των θηλυκών κατά την περίοδο αναπαραγωγής, πιθανώς λόγω φαινοτυπικών αποκρίσεων σε αλλαγές των περιβαλλοντικών παραγόντων, κυρίως τη θερμοκρασία και τη διαθεσιμότητα της τροφής (Dominguez-Petit 2007).

1.4.1 Ιστολογία γονάδων

Η γνώση της ιστολογίας των ιχθύων είναι το αποτέλεσμα πολυετών μελετών που επικεντρώθηκαν, ιδίως, σε εμπορικά είδη (Dykoná et al. 2022). Έχει εξελιχθεί από μια καθαρά περιγραφική προσέγγιση, σε ένα σύγχρονο τομέα που συσχετίζει τη μορφολογία με τη λειτουργία των δομικών μονάδων των οργανισμών. Ενώ η μακροσκοπική εξέταση των γονάδων μπορεί να δώσει γενικές πληροφορίες για ένα είδος, η μικροσκοπική αξιολόγηση των ιστών παρέχει κρίσιμες, λεπτομερείς πληροφορίες όπως: εποχικότητα της ωοτοκίας, μέγεθος/ηλικία ωριμότητας, αναλύσεις αναλογίας φύλου και για την γονιμότητα (συνολική αναπαραγωγική απόδοση ενός ψαριού). Κανένα από αυτά τα σημαντικά χαρακτηριστικά του ιστορικού της ζωής των ιχθύων δεν θα ήταν γνωστά χωρίς τη χρήση ιστολογίας (Marine Resource Research Institute, University of South Carolina). Η απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τον αναπαραγωγικό κύκλο του μπακαλιάρου, συμπεριλαμβανομένου του μήκους πρώτης

γεννητικής ωρίμανσης, της γονιμότητας και του κύκλου ωοτοκίας, είναι απαραίτητη για την κατανόηση της αναπαραγωγής του είδους (Murua & Saborido-Rey 2003).

Λόγω της μεγάλης εμπορικής σημασίας του ευρωπαϊκού μπακαλιάρου και της κρίσιμης κατάστασης των αποθεμάτων του, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες σε διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου Θάλασσας σχετικά με την εκτίμηση των αποθεμάτων, τον κύκλο ωοτοκίας και την εκτίμηση της γονιμότητας (Recasens et al. 2008; El Habouz et al. 2011; Bouaziz et al. 1998; Al-Absawy. 2010; Nannini et al. 2001; Carbonara et al. 2019), τις διατροφικές συνήθειες (Carpentieri et al. 2005; Carrozzi et al. 2019), τη στρατολόγηση των ανηλίκων (Ligas et al. 2015), την επιλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων (Deniz et al. 2020), τη διαχείριση της αλιείας του (Colloca et al. 2013; Tsagarakis et al. 2014) και την αναπαραγωγική του φυσιολογία (Candelma et al. 2017; Candelma et al. 2018). Ωστόσο, αναπαραγωγικά δεδομένα, όπως ο κύκλος ωοτοκίας των αρσενικών ατόμων και η διάμετρος των ωοκυττάρων των θηλυκών είναι ελλιπή στη διεθνή βιβλιογραφία.

1.5 Διατροφικές συνήθειες

Η διατροφή του μεσογειακού μπακαλιάρου έχει μελετηθεί ευρέως λόγω του οικονομικού του ενδιαφέροντος. Ο μπακαλιάρος είναι βασικός θηρευτής των μεσογειακών βενθοπελαγικών κοινοτήτων (D'Iglio et al. 2022). Τα ενήλικα άτομα, ως κορυφαία αρπακτικά ψάρια, θηρεύονται μόνο από θαλάσσια θηλαστικά, καρχαρίες και ανθρώπους. Σε βαθιά νερά τρέφεται κυρίως με σκάρους, ενώ στην περιοχή της Νορβηγίας με ρέγκες. Τα οστρακόδερμα αποτελούν τροφή των νεαρών ατόμων του είδους. Συνήθως κυνηγά την τροφή του στην ανοιχτή θάλασσα τη νύχτα (Νεοφύτου 2015). Η διατροφή είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που αναγκάζει τα νεαρά

άτομα του μπακαλιάρου της Βορειοδυτικής Μεσογείου να μετατοπίζονται στη στήλη του νερού κατά τη διάρκεια της νύχτας (Bozzano et al. 2005). Οι γεωγραφικές διαφορές που εμφανίζονται στις διατροφικές του συνήθειες, υποδεικνύουν πως ο μπακαλιάρος είναι ευκαιριακός θηρευτής. Μπορεί να διαφοροποιεί τις συνήθειες του ανάλογα με την αφθονία και τη διαθεσιμότητα των θηραμάτων του στο περιβάλλον (Paraconstantinou & Stergiou 1995).

Στις ελληνικές θάλασσες βρέθηκε πως διάφορα είδη γαρίδας ήταν η κύρια πηγή τροφής για το μπακαλιάρο, ενώ άλλα είδη καρκινοειδών και ιχθύων δεν έλειπαν από τη διατροφή του (Paraconstantinou & Caragitsou 1987). Έχουν σημειωθεί περιστατικά κανιβαλισμού, κυρίως ανάμεσα στα μήκη 8,4 με 10 εκατοστά (ολικό μήκος). Μια πιθανή εξήγηση για αυτό το φαινόμενο δόθηκε από τους Velasco & Olaso (1998) και από τους Cartes et al. (2004). Ανέφεραν πως όταν τα ψάρια βρίσκονται σε περίοδο αναπαραγωγής, τρέφονται εντονότερα. Επιπλέον, κανιβαλισμός έχει παρατηρηθεί από ενήλικες σε νεαρά άτομα και χρησιμοποιείται ως εναλλακτική στρατηγική όταν λείπουν οι κύριες πηγές τροφής του. Ο κανιβαλισμός μπορεί να φτάσει το 20,8% της διατροφής του (Velasco & Olaso 1998).

1.6 Βιογεωγραφία

Ο μεσογειακός μπακαλιάρος συναντάται συχνά στη Μεσόγειο Θάλασσα και στις νότιες ακτές της Μαύρης (Εικ. 2), καθώς και στον Ατλαντικό Ωκεανό από τη Νορβηγία και την Ισλανδία μέχρι τα νότια τμήματα της Μαυριτανίας (Νεοφύτου 2015). Στη Μεσόγειο Θάλασσα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ατόμων εντοπίζονται από 100 έως 200 μέτρα βάθος, και αυξάνεται σε αφθονία από δυτικά προς τα ανατολικά (Orsi-Relini et al. 2002; Maynou et al. 2003; Oliver 1991).



Εικόνα 2. Βιογεωγραφία του Μεσογειακού μπακαλιάρου. Πηγή: Misigon - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8350703>

1.7 Ωτόλιθοι, ηλικία και ανάπτυξη

Οι ωτόλιθοι (οστεϊνοί λίθοι στα εσωτερικά αυτιά των τελεόστεων) αυξάνονται κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ψαριού και χαρακτηρίζονται από υψηλή καθαρότητα, που περιλαμβάνει περισσότερο από 90% ανόργανο υλικό (Borelli et al. 2003). Επίσης, κατέχουν σημαντικό ρόλο στις αισθήσεις της ισορροπίας και της ακοής για τους οστειχθύες (Schulz-Mirbach et al. 2018). Μπορούν να δείξουν την καθημερινή αύξηση για τα νεαρά άτομα ορισμένων ειδών - ημερήσιος σχηματισμός αύξησης (Pannella 1971; Campana & Neilson 1985). Είναι μεταβολικά σχεδόν αδρανείς (Campana 1999; Campana & Thorrold 2001) και, επομένως, διαθέτουν εξαιρετικές ιδιότητες διατήρησης στον χρόνο, παρέχοντας πληροφορίες για την ηλικία και το ιστορικό ζωής ενός ατόμου (Campana & Thorrold 2001). Οι ωτόλιθοι αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο στη διαχείριση της αλιείας και για την αξιολόγηση των προτύπων μετανάστευσης των ιχθυοθεμάτων (Limburg & Eilman 2010). Τα δεδομένα ηλικίας που προκύπτουν από τους ωτολίθους επιτρέπουν στους επιστήμονες να εκτιμήσουν τους ρυθμούς ανάπτυξης, τη μέγιστη ηλικία, την ηλικία στην ωρίμανση και τις τάσεις των μελλοντικών γενεών.

Υπάρχουν τρία ζεύγη ωτολίθων σε κάθε ψάρι και για την εκτίμηση της ηλικίας, χρησιμοποιείται το μεγαλύτερο ζεύγος, που ονομάζεται τοξοειδής ωτόλιθος.

Το μέγεθος των ωτολίθων ποικίλει από είδος σε είδος. Μελέτες για τη μορφολογία του ωτόλιθου έχουν πρόσφατα αυξηθεί σε σημασία μέσω της ανάπτυξης ψηφιακών τεχνικών, συστημάτων ανάλυσης εικόνας και σχήματος μέθοδοι ανάλυσης (Bostanci et al. 2016). Η μελέτη των μορφομετρικών χαρακτήρων του ωτόλιθου σε ιχθείς είναι σημαντική για τον προσδιορισμό των αποθεμάτων και τη διαχείριση της αλιείας, λόγω των μοναδικών πλεονεκτημάτων που παρέχει, συμπεριλαμβανομένου του χαμηλού κόστους και σχετικά υψηλής απόδοσης (Begg & Brown 2000).

Η εκτίμηση της ηλικίας του μεσογειακού μπακαλιάρου στην Ευρώπη βασίζεται στην ερμηνεία του σχηματισμού δακτυλίων στους ωτόλιθους (Εικ. 3). Η ασυνήθιστη πολυπλοκότητα αυτού έχει αναφερθεί ευρέως στη βιβλιογραφία (Piñeiro & Hunt. 1989; Piñeiro & Pereiro 1993; Morales-Nin et al. 1998). Επί του παρόντος, η μόνη διεθνώς επικυρωμένη μέθοδος για την εκτίμηση της ηλικίας του *M. merluccius* είναι η προσέγγιση μέσω του διαβάσματος των δακτυλίων του ωτόλιθου.

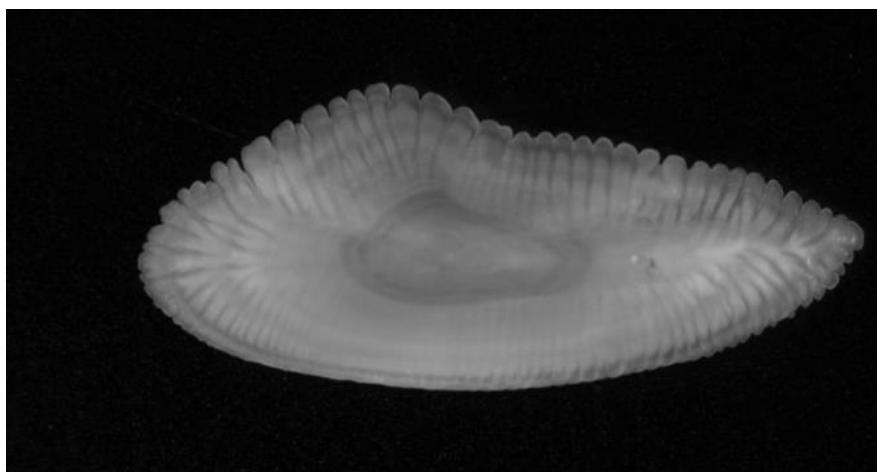
Οι κύριες δυσκολίες της κατανόησης της ηλικίας του μπακαλιάρου μέσω των ωτολίθων είναι:

1. Ορισμός του πυρήνα του ωτόλιθου.
2. Παρουσία ψευδών δακτυλίων που μπορεί να συγχέεται με ετήσιους δακτυλίους.
3. Ερμηνεία των συνόρων των δακτυλίων του ωτολίθου (Alheit & Pitcher 1995; Piñeiro & Sainza 2003; Morales-Nin & Moranta 2004).

Λόγω αυτών των δυσκολιών, δεν υπάρχουν κοινώς αποδεκτά κριτήρια για την αύξηση της ηλικίας του μεσογειακού μπακαλιάρου, αν και σε νεαρά άτομα, είναι δυνατό να διακρίνουμε τους ημερήσιους δακτυλίους ανάπτυξης.

Επιπλέον, η πολλαπλή ωτοκία και οι κάθετες μεταναστεύσεις του *M. merluccius* καθιστούν δύσκολη την αναγνώριση του πρώτου δακτυλίου (Morales-Nin & Aldebert 1997; Piñeiro & Saínza 2003). Τέτοιοι παράγοντες έχουν οδηγήσει σε διάσταση απόψεων μεταξύ των συγγραφέων, καθιστώντας τους δακτυλίους ανάπτυξης υποκειμενικούς όσον αφορά την ερμηνεία της ηλικίας (Casey & Periero 1995). Επιπλέον, η ερμηνεία της ηλικίας μέσω των τομών του ωτόλιθου έχει καθιερωθεί για τον προσδιορισμό της ηλικίας έως τα πέντε έτη, ενώ ο μπακαλιάρος είναι ένα σχετικά μακρόβιο είδος (Piñeiro & Saínza 2003). Το παλαιότερο δείγμα που καταγράφηκε ήταν 20 ετών (Cohen et al. 1990), αλλά πλέον θεωρείται ότι φτάνουν τα 12 έτη (ICES 2009).

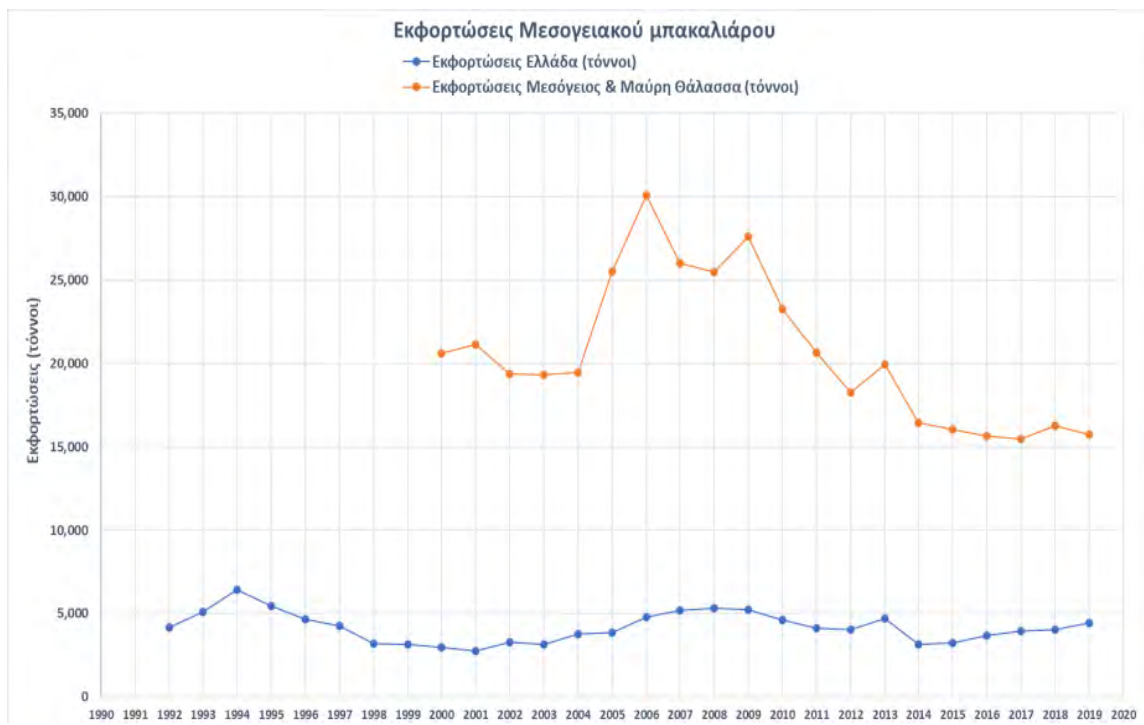
Αυτού του είδους βιολογικές πληροφορίες είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και διατήρηση του είδους, λόγω της σημασίας της εκτίμησης της ηλικίας για την αξιολόγηση των αποθεμάτων και τη διαχείριση της αλιείας τους (El Bouzidi et al. 2022).



Εικόνα 3. Δεξιός ωτόλιθος Μεσογειακού μπακαλιάρου. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

1.8 Αλιεία και εμπορική σημασία του μπακαλιάρου

Ο μεσογειακός μπακαλιάρος κατέχει σημαντική εμπορική θέση σε όλα τα μέρη που εντοπίζεται. Στα ευρωπαϊκά ύδατα του Ατλαντικού, είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τους ισπανικούς και γαλλικούς αλιευτικούς στόλους λόγω της υψηλής εμπορικής αξίας του (Korta et al. 2010). Τα αλιεύματα του *M. merluccius* αυξήθηκαν έως το 1995 και στη συνέχεια μειώθηκαν απότομα, σε λιγότερο από το μισό, από το 1995 έως το 2002 (52.000 σε 21.000 τόνους) (Recasens et al. 2008). Ωστόσο, εξακολουθεί να είναι το δεύτερο σημαντικότερο είδος βενθοπελαγικού ψαριού σε εκφορτώσεις και ένα από τα σημαντικότερα είδη στόχους του στόλου τράτας της Δυτικής Μεσογείου (Sánchez et al. 2007).



Εικόνα 4. Εκφορτώσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius Merluccius*) στη Μεσόγειο & Μαύρη Θάλασσα και στην Ελλάδα: Πηγή: Eurostat.

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος είναι πολύ συνηθισμένος στις ελληνικές θάλασσες και έχει υψηλή εμπορική αξία. Τα ετήσια αλιεύματά του το 1980-1985 ήταν περίπου

1.500 τόνους (Papaconstantinou & Caragitsou 1987). Από το 1992 έως το 2019, οι εκφορτώσεις του στην Ελλάδα (Εικ. 4) έχουν παραμείνει σταθερές, περί τους 5.000 τόνους (Eurostat 2023). Το ελάχιστο μήκος αλίευσης του μπακαλιάρου είναι τα 20 εκατοστά και απαγορεύεται η αλιεία του στην Ελλάδα κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο.

1.9 Σκοπός της εργασίας

Η εργασία πραγματοποιήθηκε με στόχο τη μελέτη της εκτίμησης του αποθέματος, της βιολογίας, ανάπτυξης, αναπαραγωγής μορφομετρίας, και πληθυσμιακής δομής του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο. Ως απώτερος στόχος της εργασίας, ήταν η αρωγή των μέτρων για τη διαχείριση αυτού του υπεραλιευμένου είδους.

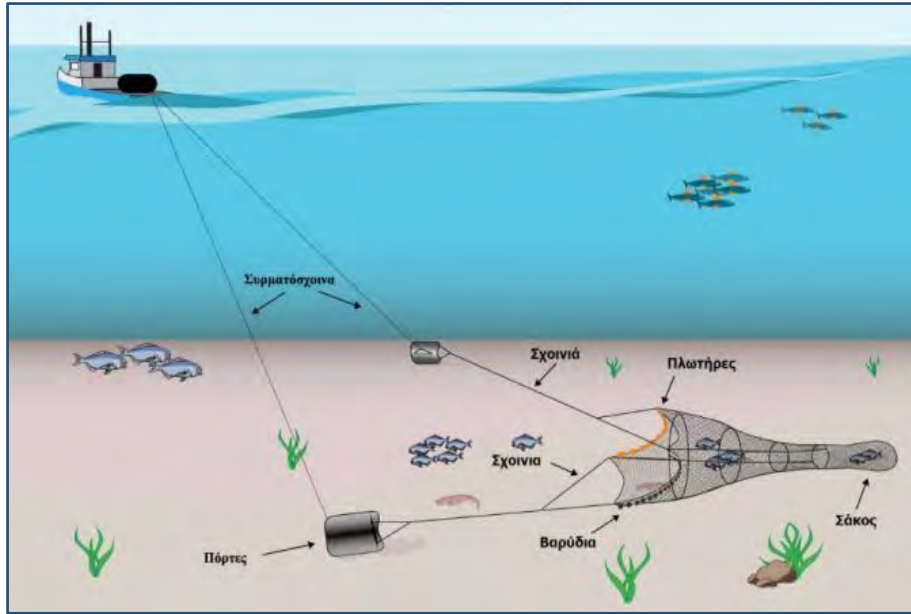
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Τρόπος και μέρος δειγματοληψίας

Συνολικά συλλέχθηκαν 979 άτομα από το Μάιο έως και το Νοέμβριο του 2021 με τράτα βυθού σε διάφορα μέρη του Βορείου και Κεντρικού Αιγαίου (Τορωναίος και Παγασητικός κόλπος). Τα δείγματα συλλέχθηκαν στα πλαίσια 2 ερευνητικών προγραμμάτων μέσω πειραματικής αλιείας («Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19» και «ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΛΙΕΙΑ ΣΤΟΝ ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟ ΚΟΛΠΟ», Χρηματοδότης: Π.Ε. Μαγνησίας και βορείων Σποράδων). Ταυτοχρόνως, ένας αριθμός ατόμων προήλθε μέσω εμπορικής αλιείας από το Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

Η τράτα βυθού (Εικ. 5) αποτελεί ένα δυναμικό, πολυειδικό και μη-επιλεκτικό αλιευτικό εργαλείο και επιλέχθηκε με σκοπό να αλιευθούν όσο το δυνατό περισσότερα είδη και μεγάλο εύρος μεγεθών από κάθε είδος (Κλαουδάτος 2020). Οι τράτες βυθού θεωρούνται, διεθνώς, τα περισσότερα καταστροφικά αλιευτικά εργαλεία τόσο για το οικοσύστημα (αλλοιώνουν τα βενθικά ενδιαίτηματα των θαλάσσιων οργανισμών), όσο και για τα αποθέματα.

Σε κάθε σύρση καταγράφονταν η αρχή και το τέλος της σύρσης, το μήκος των συρμάτων και των σχοινιών καθώς και το βάθος, η ταχύτητα και διεύθυνση της σύρσης ανά 10 λεπτά. Το βάθος των σύρσεων κυμάνθηκε μεταξύ 41 και 128 μέτρων. Το σκάφος ήταν εξοπλισμένο με βυθόμετρο και γεωγραφικό σύστημα εντοπισμού. Η εμπορική τράτα βυθού είχε συνολικό μήκος (μάτσα-σάκος) τα 70 μέτρα, οριζόντιο άνοιγμα (κάτω γραντί) 12 μέτρα και ύψος (άλτος) 1.5 μέτρο και σάκο με άνοιγμα ματιού τα 28 χιλιοστά.



Εικόνα 5. Το αλιευτικό εργαλείο της τράτας βυθού που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική αλιεία. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

2.2 Ανάλυση δειγμάτων

2.2.1 Βιολογικοί δείκτες

Κατόπιν έλευσης των δειγμάτων στο εργαστήριο γινόταν μέτρηση του βάρους τους με ζυγό ακρίβειας (SBS-LW-2000A) δύο δεκαδικών ψηφίων (Εικ. 6).



Εικόνα 6. Ζυγός ακρίβειας. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Στη συνέχεια, πραγματοποιούνταν η αφαίρεση του ήπατος και της γονάδας. Αυτά ζυγίζονταν με στόχο την εύρεση του ηπατοσωματικού (HSI) και του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), όπως φαίνεται παρακάτω:

$$HSI = (\text{βάρος ήπατος (g)} / \text{βάρος σώματος (g)}) \times 100$$

$$GSI = \text{βάρος γονάδας (g)} / \text{βάρος σώματος (g)} \times 100$$

Ο γοναδοσωματικός δείκτης αποτελεί το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μέσο ποσοτικοποίησης της αναπαραγωγικής κατάστασης των ψαριών.

Επίσης, ο συντελεστής ευρωστίας Fulton (K), που εκφράζει τη μεταβολή της σχέσης μήκους-βάρους και εξετάστηκε και υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$K = 10 * (W / L^3)$$

όπου W, είναι το ολικό σωματικό βάρος και L είναι το ολικό μήκος.

2.2.2 Μακροσκοπική ανάλυση γονάδων

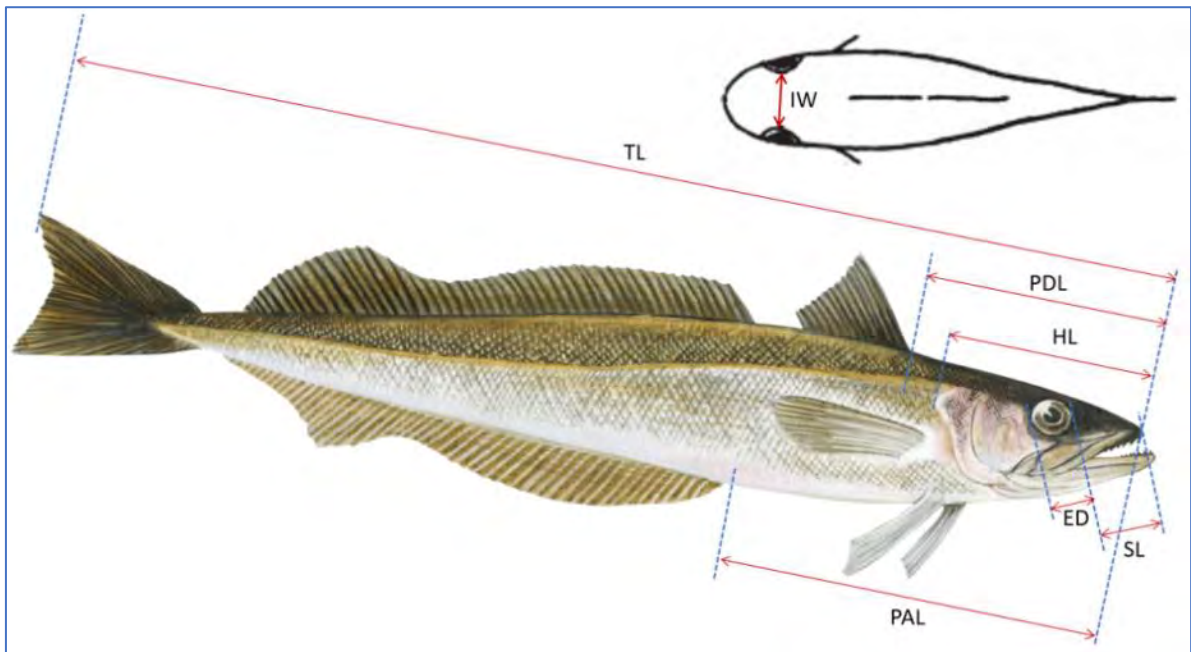
Η αναγνώριση των φύλων πραγματοποιήθηκε αρχικά μακροσκοπικά βάση της κλίμακας Nikoskly (Εικ. 7) και εν συνεχεία μικροσκοπικά μέσω ιστολογικών τομών.

ΦΥΛΟ	ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΓΟΝΑΔΩΝ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ	NIKOLSKY
U	Το φύλο δε διακρίνεται με γυμνό μάτι. Γονάδες πολύ μικρές και διάφανες.	ΑΚΑΘΟΡΙΣΤΟ	U
Θ	Μικρές και ροζ, ημιδιαφανείς ωοθήκες, μικρότερες από το 1/3 της σωματικής κοιλότητας.	ΠΑΡΘΕΝΟ	1
A	Λεπτοί, υπόλευκοι όρχεις, μικρότεροι από το 1/3 της σωματικής κοιλότητας.		
Θ	Μικρές ροζ/κόκκινες ωοθήκες, μικρότερες από το 1/2 της σωματικής κοιλότητας. Δε διακρίνονται αυγά με γυμνό μάτι.	ΠΑΡΘΕΝΟ ΣΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	2
A	Λεπτοί, υπόλευκοι όρχεις, μικρότεροι από το 1/2 της σωματικής κοιλότητας.		
Θ	Ροζ-κόκκινες/κόκκινες ημιδιαφανείς ωοθήκες, περίπου το 1/2 της σωματικής κοιλότητας. Ορατά αιμοφόρα αγγεία.	ΑΝΩΡΙΜΟ	3
A	Υπόλευκοι όρχεις, περίπου το 1/2 της σωματικής κοιλότητας.		
Θ	Ροζ ωοθήκες με κοκκοειδή εμφάνιση, περίπου τα 2/3 της σωματικής κοιλότητας. Διακρίνονται αυγά.	ΣΕ ΩΡΙΜΑΝΣΗ*	4
A	Λευκοί, κρεμώδης όρχεις, περίπου τα 2/3 της σωματικής κοιλότητας.		
Θ	Κόκκινες/ροζ ωοθήκες με ευδιάκριτα επιφανειακά αιμοφόρα αγγεία, καλύπτουν σχεδόν ολόκληρη τη σωματική κοιλότητα. Μεγάλα, διαφανή, όρμα αυγά διακρίνονται καθαρά και αποβάλλονται με ελαφρά πίεση.	ΩΡΙΜΟ	5
A	Λευκοί-κρεμώδεις μαλακοί όρχεις καλύπτουν σχεδόν ολόκληρη τη σωματική κοιλότητα. Το σπέρμα αποβάλλεται με ελαφρά πίεση.		
Θ	Κοκκινωπές ωοθήκες, συμπτυγμένες στο 1/2 περίπου της σωματικής κοιλότητας, με χαλαρά τοιχώματα. Οι ωοθήκες πιθανόν να περιέχουν υπολείμματα αυγών.	ΥΠΟ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ	6
A	Ερεθισμένοι και πλαδαροί όρχεις συρρικνωμένοι στο 1/2 περίπου της σωματικής κοιλότητας.		
Θ	Ροζ, ημιδιαφανείς ωοθήκες περίπου το 1/3 της σωματικής κοιλότητας. Δε διακρίνονται αυγά με γυμνό μάτι.	ΣΕ ΑΝΑΠΙΑΥΣΗ	
A	Υπόλευκοι/ροζ όρχεις, σχετικά συμμετρικοί, περίπου το 1/3 της σωματικής κοιλότητας.		

Εικόνα 7. Κλίμακα κατά Nikolsky (1963). U: Ακαθόριστο φύλο.

2.2.3 Μορφομετρικά χαρακτηριστικά μπακαλιάρου

Μετρήθηκαν τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά κάθε ατόμου (Εικ. 8) με το λογισμικό ανοικτού κώδικα ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>) (Εικ. 9), ένα δημοφιλές λογισμικό ανάλυσης εικόνων (Rueden et al. 2017). Ο κάθε ιχθύς τοποθετήθηκε με τον κωδικό του σε ένα ιχθυόμετρο, σε θέση ώστε να μπορεί να φωτογραφηθεί. Έπειτα, οι φωτογραφίες εισάγονταν στο ImageJ και καταγράφονταν οι μετρήσεις για κάθε ψάρι.

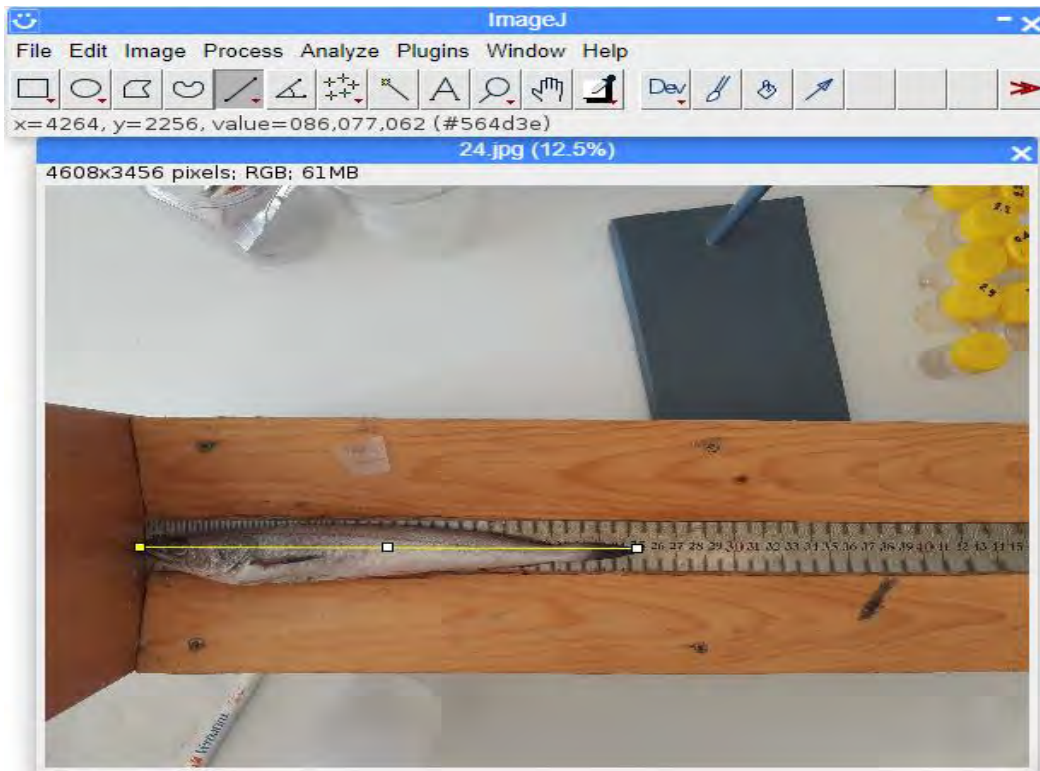


Εικόνα 8. Εργαστηριακές μετρήσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (TL: ολικό μήκος, HL: μήκος κεφαλής, PDL: μήκος ρύγχους-ραχιαίου, PAL: μήκος ρύγχους-έδρας, SL: μήκος ρύγχους-ματιού, IW: μήκος απόστασης ματιών, ED: διάμετρος ματιού): Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν:

- 1. Ολικό μήκος:** η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι την άκρη των συμπίεσμένων λοβών του ουραίου πτερυγίου.
- 2. Σταθερό μήκος:** η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι το τέλος της σπονδυλικής στήλης.

3. **Μήκος κεφαλής:** η απόσταση από την άκρη του ρύγχους έως το οπίσθιο περιθώριο του βραγχιακού καλύμματος.
4. **Μήκος ρύγχους-ραχιαίου πτερυγίου:** η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι το σημείο έναρξης της βάσης του ραχιαίου πτερυγίου.
5. **Μήκος ρύγχους-έδρας:** η απόσταση από την αρχή του ρύγχους έως το σημείο έναρξης της βάσης του εδρικού πτερυγίου.
6. **Μήκος ρύγχους-ματιού:** η απόσταση από την αρχή του ρύγχους έως την αρχή του ματιού.
7. **Μήκος απόστασης ματιών:** η απόσταση μεταξύ των δύο ματιών.
8. **Μήκος διαμέτρου ματιών:** η απόσταση από την αρχή έως το τέλος του ματιού.



Εικόνα 9. Μετρήσεις στο image J. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Εξετάστηκε η σχέση κάθε παραμέτρου με το ολικό μήκος (TL) χρησιμοποιώντας απλή γραμμική παλινδρόμηση. Πραγματοποιήθηκε η ανάλυση ANOVA, προκειμένου να ανιχνευθούν διαφορές μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών και του ολικού μήκους.

2.3.3.1 Συντελεστής Pearson

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, r , μπορεί να πάρει ένα εύρος τιμών από +1 έως -1. Η τιμή 0 υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Μια τιμή μεγαλύτερη από 0 υποδηλώνει θετική συσχέτιση (Boslaugh & Paul 2008). Δηλαδή, όσο αυξάνεται η τιμή της μιας μεταβλητής, αυξάνεται και η τιμή της άλλης μεταβλητής. Μια τιμή μικρότερη από 0 υποδηλώνει αρνητική συσχέτιση. Δηλαδή, όσο αυξάνεται η τιμή της μιας μεταβλητής, μειώνεται η τιμή της άλλης. Όσο ισχυρότερη είναι η συσχέτιση των δύο μεταβλητών, τόσο πιο κοντά θα είναι ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, r , είτε στο +1 είτε στο -1 ανάλογα με το αν η σχέση είναι θετική ή αρνητική, αντίστοιχα (Boslaugh & Paul 2008). Θετική συσχέτιση υπάρχει, όταν μια μεταβλητή αλλάζει, η άλλη μεταβλητή αλλάζει παρομοίως. Αρνητική συσχέτιση υπάρχει όταν μια μεταβλητή αλλάζει, η άλλη μεταβάλλεται αντίθετα και μηδενική συσχέτιση όταν δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών (Πίν. 1).

Πίνακας 1. Τύποι συσχετίσεων του συντελεστή Pearson.

Δύναμη της συσχέτισης	Θετική συσχέτιση	Αρνητική συσχέτιση
Μικρή συσχέτιση	0,1 έως 0,3	-0,1 έως -0,3
Μεσαία συσχέτιση	0,3 έως 0,5	-0,3 έως -0,5
Μεγάλη συσχέτιση	0,5 έως 1,0	-0,5 έως -1,0

2.3.4 Σχέση μήκους βάρους

Η εκτίμηση της σχέσης μεταξύ μήκους και βάρους πραγματοποιήθηκε με την προσαρμογή της εκθετικής καμπύλης στα δεδομένα (Quinn & Deriso 1999):

$$W = aL^b$$

όπου: W το ολικό βάρος (γρ), L το ολικό μήκος (εκ), a το σημείο τομής της καμπύλης με τον άξονα y (αρχικός συντελεστής ανάπτυξης ή συντελεστής ευρωστίας) και b η κλίση της καμπύλης (συντελεστής ανάπτυξης).

2.2.5 Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας

Η έναρξη της αναπαραγωγικής ωριμότητας του πληθυσμού (L_{50}) είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέτρο σε πληθυσμούς ψαριών, που αναφέρεται στο μήκος κατά το οποίο το 50% των ατόμων έχουν γίνει αναπαραγωγικά ώριμα. Ένα μοντέλο παλινδρόμησης probit, που χρησιμοποιεί την εκτίμηση μέγιστης πιθανότητας και βασίζεται σε γραμμικό μετασχηματισμό ενός σιγμοειδούς τύπου καμπύλης (Trippel & Harvey 1991), προσαρμόστηκε στα δεδομένα, για να προσομοιώσει τη σχέση μεταξύ του μήκους των ψαριών και της πιθανότητας της σεξουαλικής ωριμότητας. Τα στάδια ωριμότητας μεταξύ I και III ταξινομήθηκαν ως ανώριμα και τα στάδια μεταξύ IV και VI ταξινομήθηκαν ως ώριμα.

2.2.6 Εύρεση ηλικίας και παραμέτρων αύξησης του πληθυσμού

Οι κατανομές συχνότητας μήκους μετατράπηκαν σε ηλικιακές κατανομές (Bhattacharya 1967) με τη χρήση του λογισμικού FiSAT II (FAO, Rome, Italy) (v.

1.2.2.). Για την εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης, εφαρμόστηκε η εξίσωση von Bertalanffy (1938):

$$Lt = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

όπου: Lt: το ολικό μήκος τη χρονική στιγμή t, L_{∞} : το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (το μήκος που θα αποκτούσε το ψάρι αν ζούσε απεριόριστα), K: παράμετρος που εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο το ψάρι πλησιάζει το L_{∞} (μετριέται σε 1/t), t: η ηλικία σε έτη, t_0 : η υποθετική ηλικία στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος.

Η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού, η κατά προσέγγιση μέγιστη ηλικία (t_{max}) που θα έφταναν τα ψάρια ενός δεδομένου πληθυσμού, σύμφωνα με τον Taylor (1958), υπολογίζεται ως η ηλικία στο 95% του L_{∞} , χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους της συνάρτησης ανάπτυξης von Bertalanffy:

$$t_{max} = t_0 + 3 / K$$

Δεύτερος τρόπος υπολογισμού της μέγιστης ηλικίας είναι σύμφωνα με τους Froese & Binohlan (2000):

$$t_{max} = (2,9957/k) + t_0$$

Τρίτος τρόπος εύρεσης της μέγιστης ηλικίας ενός πληθυσμού είναι σύμφωνα με τον Pauly (1983):

$$t_{max} = 3 / K$$

Το σημείο καμπής ενός πληθυσμού (inflection point), που ο ρυθμός αύξησης αρχίζει να επιβραδύνεται, αποτελεί σημαντική βιολογική παράμετρο για έναν ιχθύ. Υπολογίζει την αντίστοιχη ηλικία στο μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης (t_{max})

$$\text{Σημείο καμπής} = t_0 + \ln 3 / K$$

Ο δείκτης αύξησης φ' χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ανάπτυξης των ψαριών (σε γενικές γραμμές όσο μεγαλύτερος τόσο καλύτερα), δίνεται από τον τύπο:

$$\varphi' = \log K + 2 * \log L$$

2.2.6.1 Μορφομετρία ωτολίθων

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η αφαίρεση και το καθάρισμα των ωτολίθων. Στη συνέχεια, έγινε επιλογή των ζευγαριών που θα μελετηθούν με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

1. Να μην υπάρχει σπασμένος ωτόλιθος, είτε δεξιός, είτε αριστερός.
2. Οι ωτόλιθοι που θα επιλεγθούν θα πρέπει να έχουν όλα τα δεδομένα και να μην υπάρχουν κενά σε αυτά.
3. Αν κάποιος ωτόλιθος κριθεί ότι δεν είναι αρκετά καθαρός, ή υπάρχει πρόβλημα στις μετρήσεις, εξαιρείται από τη διαδικασία.

Με βάση αυτά τα κριτήρια, επιλέχθηκαν 150 ζευγάρια ωτολίθων και οι παρακάτω παράμετροι μετρήθηκαν για κάθε ωτόλιθο: εμβαδόν (OA), περίμετρος (OP), μήκος (OL), πλάτος (OWD) και βάρος (OW). Εξετάστηκε η σχέση κάθε παραμέτρου με το ολικό μήκος (TL) χρησιμοποιώντας απλή γραμμική παλινδρόμηση. Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), προκειμένου να ανιχνευθούν διαφορές μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών.

2.2.7 Θνησιμότητα, άριστο μήκος και ρυθμός εκμετάλλευσης

Σε έναν πληθυσμό συναντάται η αλιευτική θνησιμότητα, η φυσική θνησιμότητα και η ολική θνησιμότητα. Η αλιευτική θνησιμότητα (F) αναφέρεται στην απομάκρυνση των ψαριών, από ένα απόθεμα, λόγω αλιευτικών δραστηριοτήτων. Η φυσική θνησιμότητα (M) είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στην αξιολόγηση και διαχείριση των αλιευτικών αποθεμάτων. Σχετίζεται, άμεσα, με την παραγωγικότητα των αποθεμάτων και τα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιούνται για συμβουλές διαχείρισης της αλιείας. Η φυσική θνησιμότητα (M) και η αλιευτική θνησιμότητα (F) αθροίζονται και δίνουν την ολική θνησιμότητα ενός πληθυσμού (Z), δηλαδή, $Z = M + F$. Η φυσική και η αλιευτική θνησιμότητα δύναται να υπολογιστούν από εμπειρικές εξισώσεις μέσω του λογισμικού FiSAT II (FAO, Rome, Italy) (v. 1.2.2.).

Πιο συγκεκριμένα, η φυσική θνησιμότητα (M) μπορεί να υπολογιστεί μέσω της εμπειρικής εξίσωσης του Pauly (1980):

$$\ln M = -0.152 - 0.279 * \ln L_{\infty} + 0.6543 * \ln K + 0.463 * \ln T$$

όπου το L_{∞} : ασυμπτωτικό μήκος, το M: φυσική θνησιμότητα, k: παράμετρος αύξησης και T: η θερμοκρασία του νερού.

Δεύτερος τρόπος υπολογισμού, είναι η εξίσωση των Djabali et al. (1993):

$$\log M = -0.0278 - 0.1172 * \log L_{\infty} + 0.50928 * \log k$$

Τρίτος τρόπος υπολογισμού κατά Jensen (1996):

$$M = 1,5/k$$

Κατά Beverton (1992), η φυσική θνησιμότητα μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$L_{50}/L_{\infty} = 3/(3 + M/K)$$

Η εμπειρική εξίσωση του Günderson (1980) υπολογίζει την φυσική θνησιμότητα χρησιμοποιώντας το γοναδοσωματικό δείκτη:

$$M = -0.370 + 4.64 * GSI$$

η οποία όμως, βελτιώθηκε από τους Günderson & Dygert (1988) και μετασχηματίστηκε σε:

$$M = 0.03 + 1.68 * GSI$$

Η ολική θνησιμότητα (Z) μπορεί να υπολογιστεί με το άθροισμα της αλιευτικής και της φυσικής θνησιμότητας. Όμως, άλλοι τρόποι υπολογισμού της από τους Beverton & Holt (1957) είναι:

$$Z = K * (L_{\infty} - L_{mean}) / (L_{mean} - L')$$

όπου Z: η ολική θνησιμότητα, k: παράμετρος αύξησης, L_{∞} : ασυμπτωτικό μήκος, το M: φυσική θνησιμότητα, L_{mean} : μέσο μήκος των ψαριών που αλιεύονται σε μεγέθη ίσα ή μεγαλύτερα από L' και το L' : κλάση μήκους με τα περισσότερα άτομα +0,1.

Παρομοίως με την εμπειρική εξίσωση των Beverton & Holt (1957), οι Ault & Ehrhardt (1992), υπολόγισαν την ολική θνησιμότητα μέσω του τύπου:

$$z/k = Z(L' - L_{mean}) + k(L_{\infty} - L_{mean}) / Z(L_{max} - L_{mean}) + k(L_{\infty} - L_{mean})$$

Τέλος, τέταρτη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολικής θνησιμότητας είναι το Length-Converted Catch Curve (Pauly 1982) μέσω του λογισμικού FiSAT II (FAO, Rome, Italy) (v. 1.2.2.).

Η αλιευτική θνησιμότητα (F) υπολογίζεται πλέον από την αφαίρεση της φυσικής (M) από την ολική θνησιμότητα (Z), δηλαδή:

$$F = Z - M$$

Το άριστο μήκος (L_{opt}), μέγεθος ψαριού στο οποίο η βιομάζα της κοόρτης φτάνει το μέγιστο, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τα: L_{∞} (ασυμπτωτικό μήκος) και τα M (φυσική θνησιμότητα), k (παράμετρος αύξησης).

Άρα, υπολογίζεται από τον τύπο (Beverton, 1982):

$$L_{opt} = L_{\infty} \frac{3}{3 + \frac{M}{K}}$$

Ο ρυθμός εκμετάλλευσης (E) εκφράζει την αλιευτική θνησιμότητα (F) σε σχέση με τη φυσική θνησιμότητα (M). Οι τιμές που παίρνει κυμαίνονται από 0 – 1. Γενικά, για ένα ορθολογικά αλιευόμενο απόθεμα, η αλιευτική θνησιμότητα πρέπει να είναι ίση με τη φυσική θνησιμότητα, δηλαδή $E = 0,5$. Έτσι, τιμές μεγαλύτερες από 0,5 αποτελούν ένδειξη ότι το απόθεμα είναι υπεραλιευμένο (Gulland 1977; Pauly 1984; Sparre et al. 1989; Patterson 1992; Froese et al. 2008). Η εξίσωση με την οποία υπολογίζεται ο ρυθμός εκμετάλλευσης είναι:

$$E = F / (F + M)$$

Οι παράμετροι θνησιμότητας και ανάπτυξης είναι ανταγωνιστικοί παράγοντες στη δυναμική των πληθυσμών (Ahouansou Montcho et al. 2011). Η θνησιμότητα λόγω αλιείας (F) και η φυσική θνησιμότητα (M) συμβάλλουν στη συνολική θνησιμότητα ($Z = M + F$). Η αναλογία τους είναι ένας καλός δείκτης της επικράτησης του ενός ή του άλλου. Όταν ο λόγος F/M είναι 0,25, θεωρείται χαμηλός. Όταν ο λόγος F/M, είναι 1 θεωρείται μέση τιμή, ενώ όταν ο ίδιος λόγος έχει τιμή άνω του 5, θεωρείται υψηλός. Αυτό συμβαίνει όταν $F > 1,0$ (Huynh et al. 2017).

Τέλος, εφαρμόστηκε η αναλογία:

Z (ολική θνησιμότητα) / K (ρυθμός αύξησης) για την αξιολόγηση της ισορροπίας μεταξύ ανάπτυξης και θνησιμότητας του πληθυσμού (El Bouzidi et al. 2022).

Κατά γενικό κανόνα, εάν ο λόγος $Z/K < 1$, ο πληθυσμός χαρακτηρίζεται από επικράτηση της ανάπτυξης έναντι της θνησιμότητας. Εάν ο λόγος $Z/K > 1$, τότε η θνησιμότητα υπερτερεί της ανάπτυξης. Εάν ο λόγος $Z/K = 1$, τότε ο πληθυσμός

βρίσκεται σε μια ισορροπία, όπου η θνησιμότητα εξισορροπείται με την ανάπτυξη (Barry & Tegner, 1990).

2.2.8 Ιστολογική ανάλυση γονάδων

Τα βήματα που ακολουθούνται για μια ιστολογική ανάλυση είναι τα εξής (Hatzioiannou & Vafidis 2015):

1. Λήψη βιολογικού υλικού
2. Μονιμοποίηση
3. Αφυδάτωση, καθαρισμός και εμποτισμός με παραφίνη
4. Έγκλειση σε παραφίνη
5. Κοπή των τομών
6. Αποπαραφινολοποίηση και ενυδάτωση των τομών
7. Χρώση των τομών
8. Αφυδάτωση και καθαρισμός των τομών
9. Στερεοποίηση των τομών

2.2.9 Λήψη βιολογικού υλικού

Η λήψη των δειγμάτων που προορίζονται για ιστολογική μελέτη πραγματοποιείται με όργανα ανατομίας. Κατά την απομόνωση των ιστών, τη διαδικασία μονιμοποίησης, αλλά και σε όλα τα επόμενα στάδια, πρέπει να διατηρούνται και να μεταφέρονται σωστά η αρίθμηση και οι αντίστοιχοι κωδικοί των ιχθύων από τα οποία προήλθαν.

2.2.10 Μονιμοποίηση

Τα δείγματα μετά τη λήψη τους, τοποθετούνται σε κασετίνες μιας χρήσεως (Εικ. 10) και όλες μαζί οι κασετίνες σε ένα δοχείο με καπάκι, το οποίο περιέχει το διάλυμα μονιμοποίησης (Εικ. 11).



Εικόνα 10. Κασετίνα με γονάδα του μεσογειακού μπακαλιάρου. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.



Εικόνα 11. Δοχείο με καπάκι, το οποίο περιέχει το διάλυμα μονιμοποίησης. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Το διάλυμα μονιμοποίησης (φορμόλη 10%) πρέπει να έχει πενταπλάσιο όγκο από αυτόν των ιστών. Η διαδικασία μονιμοποίησης διαρκεί 48 ώρες.

2.2.11 Αφυδάτωση σε Ιστοκινέτα

Οι κασετίνες με τους ιστούς μετά τη μονιμοποίηση, τοποθετούνται σε ειδικό εξάρτημα της ιστοκινέτας, το οποίο με τη σειρά του τοποθετείται στην ιστοκινέτα (Εικ. 12), όπου πραγματοποιούνται διαδοχικά τα παρακάτω στάδια:

1. **Αφυδάτωση:** γίνονται διαδοχικές εμβαπτίσεις με αλκοόλες αυξανόμενου βαθμού, ώστε να αποφευχθεί η συρρίκνωση του ιστού.
2. **Καθαρισμός:** η απομάκρυνση της αλκοόλης γίνεται με διαδοχικές πλύσεις με ξυλόλη.
3. **Εμποτισμός με παραφίνη**



Εικόνα 12. Ιστοκινέτα εργαστηρίου ιστολογίας. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται το πρόγραμμα λειτουργίας της ιστοκινέτας που ακολουθήθηκε διάρκειας 19 ωρών.

Πίνακας 2. Πρωτόκολλο ιστοκινέτας. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Βήματα	Διαλύματα	Χρόνος (ώρες)
1	Αιθανόλη 70%	1
2	Αιθανόλη 80%	1
3	Αιθανόλη 95%	1
4	Αιθανόλη 95%	2
5	Αιθανόλη 100%	1
6	Αιθανόλη 100%	1
7	Αιθανόλη 100%	2
8	Ξυλόλη	2
9	Ξυλόλη	2
10	Παραφίνη	2
11	Παραφίνη	4

2.2.12 Έγκλειση Ιστών σε Παραφίνη

Οι κασετίνες με τους αφυδατωμένους ιστούς τοποθετούνται σε ειδικό δοχείο με υγρή παραφίνη προς αποφυγή πήξης της υπάρχουσας παραφίνης, που έχει παραμείνει από την προηγούμενη διαδικασία του εμποτισμού. Η διαδικασία της έγκλεισης γίνεται σε μηχάνημα σκλήνωσης (Εικ. 13). Ο ιστός τοποθετείται σε ειδικό καλούπι, το οποίο γεμίζει με υγρή παραφίνη και μεταφέρεται σε μια ψυχρή πλάκα (Εικ. 14) όπου στερεοποιείται η παραφίνη.

Έπειτα, αφαιρείται το καλούπι και απομακρύνεται η στερεοποιημένη παραφίνη από τις άκρες του κύβου. Η έγκλειση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 60 °C, ενώ τα μπλοκάκια παραμένουν σε θερμοκρασία δωματίου (ή στο ψυγείο) μέχρι να παγώσει η παραφίνη. Με την ολοκλήρωση αυτού του βήματος, οι στερεοποιημένοι, πλέον, ιστοί είναι έτοιμοι για να εισαχθούν στη διαδικασία κοπής.



Εικόνα 13. Μηχάνημα σκλήρωσης. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.



Εικόνα 14. Ψυχρή πλάκα. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων

2.2.13 Τεχνική κοπής ιστολογικών τομών

Ο κύβος παραφίνης, με τον εγκλεισμένο πλέον ιστό, τοποθετείται και στερεώνεται στον ειδικό υποδοχέα της μικροτόμου (Εικ. 15). Η λεπίδα της μικροτόμου που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και ο εργαστηριακός πάγκος, καθαρίζονται προσεκτικά με ξυλόλη. Η θέση του υποδοχέα ρυθμίζεται έτσι ώστε το μπλοκ της παραφίνης να έρχεται σε επαφή με τη λεπίδα. Στη συνέχεια, η μικροτόμος ρυθμίζεται στο επιθυμητό πάχος της τομής (5-10 μm) και κατόπιν, ξεκινά το κόψιμο. Μόλις αρχίσει να σχηματίζεται αλυσίδα από τομές, αυτές απομακρύνονται με ένα λεπτό πινέλο.

Οι τομές παραφίνης, αφού εκπτυχθούν σε υδατόλουτρο, σε θερμοκρασία 40°C, επικολλώνται σε αντικειμενοφόρο πλάκα για να επακολουθήσει χρώση.



Εικόνα 15. Μικροτόμος. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

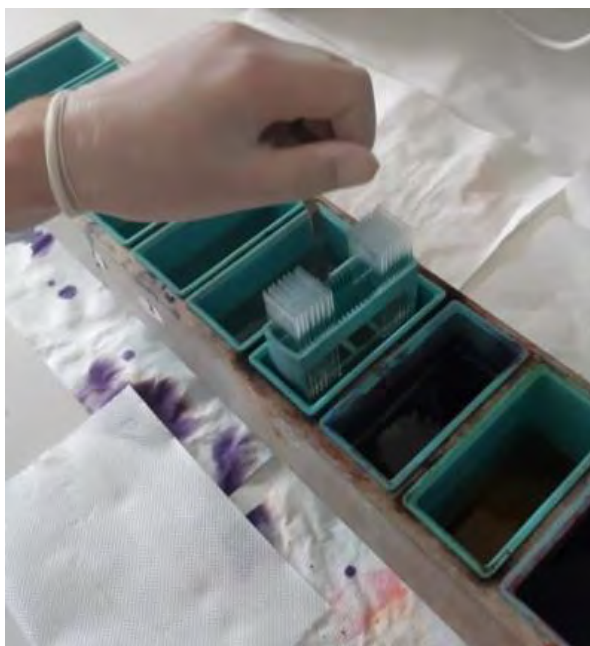
Η επιπεδοποίηση των τομών γίνεται με την τοποθέτηση της αντικειμενοφόρου πλάκας με τις τομές πάνω σε θερμαινόμενη πλάκα (Εικ. 16), ώστε να εξατμιστεί όλο το νερό.



Εικόνα 16. Θερμεινόμενη πλάκα. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

2.2.14 Αποπαραφίνωση και χρώση

Η μεταφορά των αντικειμενοφόρων γίνεται με ειδικό δοχείο με ειδικούς υποδοχείς (20 θέσεων).



Εικόνα 17. Διαδικασία χρώσης. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

Η χρώση που χρησιμοποιήθηκε είναι η ηωσίνη-αιματοξυλίνη (Εικ. 17) και το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε, διήρκησε 108 λεπτά, φαίνεται στον πίνακα 3. Τα βήματα 1 έως 8 περιγράφουν τη διαδικασία της αποπαραφίνωσης, τα βήματα 9-14 αποτελούν την χρώση και τα υπόλοιπα βήματα γίνονται για την σταθεροποίηση του ιστού.

Πίνακας 3. Πρωτόκολλο χρώσης. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφεών.

Βήματα	Διαλύματα	Χρόνος (λεπτά)
1	Ξυλόλη Ι	15
2	Ξυλόλη ΙΙ	15
3	Αλκοόλη 100%	5
4	Αλκοόλη 100%	5
5	Αλκοόλη 95%	5
6	Αλκοόλη 95%	5
7	Αλκοόλη 70%	5
8	H ₂ O Βρύσης	2
9	Αιματοξυλίνη	5
10	H ₂ O (Τρεχούμενο) Βρύσης	2
11	Διάλυμα Διαφοροποίησης	2 εμβαπτίσεις
12	H ₂ O (Τρεχούμενο) Βρύσης	2
13	Ηωσίνη	6
14	H ₂ O (Τρεχούμενο) Βρύσης	30 δευτερόλεπτα συνεχόμενες εμβαπτίσεις
15	Αλκοόλη 70%	1
16	Αλκοόλη 95%	1
17	Αλκοόλη 95%	1
18	Αλκοόλη 100%	1
19	Αλκοόλη 100%	1
20	Ξυλόλη	15
21	Ξυλόλη	15

2.2.15 Επικάλυψη των τομών

Η επικάλυψη των ιστολογικών τομών (Εικ. 18), που αποτελεί και το τελευταίο στάδιο της ιστολογικής τεχνικής, πραγματοποιείται με DPX. Αμέσως μετά τη χρώση, σε κάθε παρασκεύασμα γίνεται η προσκόλληση της καλυπτρίδας. Κατά τη διαδικασία,

απλώνεται DPX πάνω στις τομές των ιστών. Η επικάλυψη είναι απαραίτητη για να προστατευθεί το παρασκεύασμα και να διατηρηθεί, χωρίς να χάσει την ποιότητά του με την πάροδο του χρόνου.

Ύστερα, οι τομές παρατηρήθηκαν σε μικροσκόπιο φωτός συνδεδεμένο με ψηφιακή κάμερα (ProgRes Plus 2.1, JENOPTIC Optical Systems GmbH, Jena, Γερμανία). Οι ιστολογικές τομές φωτογραφήθηκαν σε κατάλληλη κλίμακα μεγέθυνσης χρησιμοποιώντας το λογισμικό Progress Capture 2.1.



Εικόνα 18. Επικάλυψη τομών. Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέων.

2.3 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Η σύγκριση των δεδομένων μεταξύ των φύλων εξετάστηκε με τη χρήση της παραμετρικής δοκιμασίας Student's t-test και μη παραμετρικής δοκιμασίας Mood's median test. Ο έλεγχος των στατιστικών υποθέσεων πραγματοποιήθηκε με το Shapiro-Wilk test (κανονικότητα κατανομής), Variance ratio και Levene's tests (ομοιογένεια στη διακύμανση). Η μηδενική υπόθεση της μη στατιστικά σημαντικής διαφοράς των

δεικτών μεταξύ των εποχών, εξετάστηκε με παραμετρική δοκιμασία Welch's ANOVA (Krishnamoorthy et al. 2007). Η μη παραμετρική διαδικασία της ANOVA (Kruskal-Willis), χρησιμοποιήθηκε μεταξύ των εποχών και των περιοχών για το δείκτη ευρωστίας κατά Fulton. Η αναλογία του φύλου ελέγχθηκε με τη δοκιμασία χ^2 καλής προσαρμογής, ενώ η συνάφειά της με την εποχή και την περιοχή εξετάστηκε με τη δοκιμασία χ^2 ανεξαρτησίας. Τέλος χρησιμοποιήθηκαν γενικά γραμμικά μοντέλα (GLM) για να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ των βιολογικών δεικτών με τις περιοχές δειγματοληψίας και τις εποχές. Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Jamovi (v.2.3.13), Minitab (v.20 Minitab, Pennsylvania, USA) και Jasp (v.0.17.02). Οι υποθέσεις ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Περιγραφική στατιστική

Η περιγραφική στατιστική των μορφομετρικών χαρακτηριστικών του μπακαλιάρου φαίνεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4. Περιγραφική στατιστική μορφομετρικών χαρακτηριστικών (όπου: N, αριθμός δειγμάτων, Μ.Ο. Μέσος όρος, Τ.Α. Τυπική Απόκλιση).

	N	Απόντα	Μ. Ο.	Διάμεσος	Τ.Α.	Ελάχιστο	Μέγιστο
Ολικό Μήκος (cm)	971	0	22.6	21	5.27	14.9	59.6
Ολικό Βάρος (g)	971	0	91.8	60.4	111	20.7	1465
Σταθερό μήκος (mm)	605	366	209	199	49.5	125	507
Μήκος κεφαλής (mm)	605	366	62.9	60.7	14.6	37.6	150
Μήκος ρύγχους-ραχιαίου (mm)	605	366	74	71.1	16.9	44.7	192
Μήκος ρύγχους-έδρας (mm)	605	366	101	96.1	24.6	59.8	282
Μήκος ρύγχους-ματιού (mm)	605	366	17.5	16.6	4.52	8.99	40.9
Μήκος απόστασης ματιών (mm)	605	366	17.4	16.2	5.01	8.15	44.2
Διάμετρος ματιού (mm)	605	366	11.8	11.5	2.59	6.38	22.4

Από τον Πίνακα 4, μπορεί να παρατηρηθεί πως το μέσο μήκος των δειγμάτων ήταν 22,6 εκατοστά και το μέσο βάρος τους ήταν 91,8 γραμμάρια. Ελέγχθηκε η διαφορά αυτών των παραμέτρων σε σχέση με το φύλο, με παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά σε όλες τις παραμέτρους, εκτός του μήκους απόστασης ματιών και το ρύγχους-ματιού. Το μήκος της διαμέτρου ματιών, το ολικό μήκος, το ολικό βάρος, το σταθερό μήκος και το μήκος έδρας εμφάνισαν στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,001$), ενώ το μήκος κεφαλής και το μήκος ρύγχους-ραχιαίου η διαφορά ήταν σημαντική ($p < 0,05$).

Η περιγραφική στατιστική των βιολογικών δεικτών για τον μπακαλιάρo παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Περιγραφική στατιστική βιολογικών δεικτών, βάρους συκωτιού και γονάδας. (όπου: N, αριθμός δειγμάτων, Μ.Ο. Μέσος όρος, Τ.Α. Τυπική Απόκλιση, Δ.Ε., Δείκτης ευρωστίας).

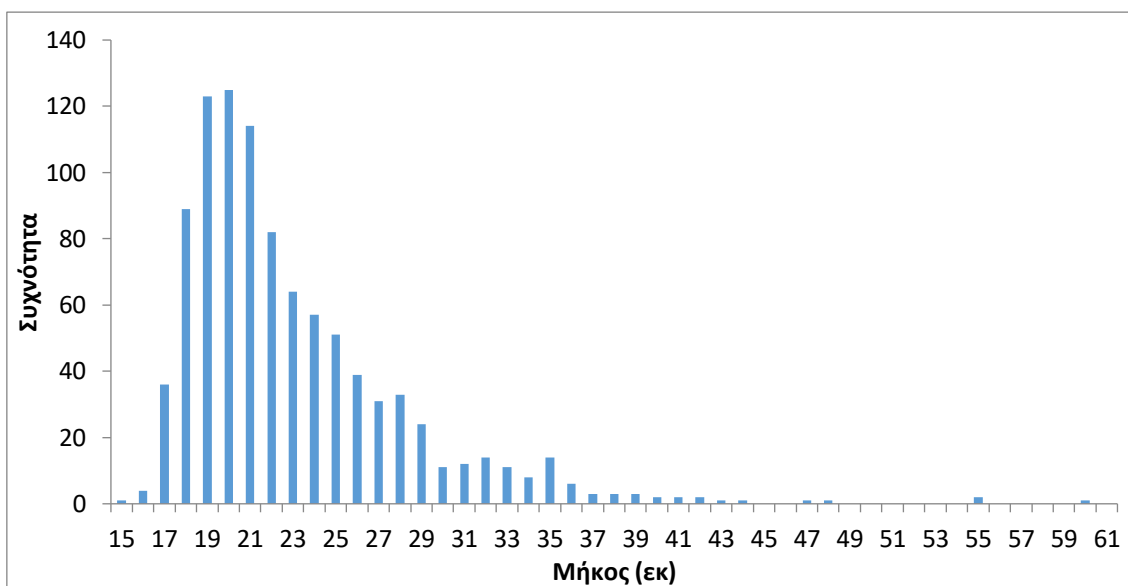
	Βάρος Συκωτιού (g)	Βάρος Γονάδας (g)	Γοναδοσωματικός δείκτης	Ηπατοσωματικός δείκτης	Δ. Ε. Fulton
N	605	601	601	605	971
Απόντα	366	370	370	366	0
Μ.Ο	2.97	1.23	0.546	2.33	0.662
Διάμεσος	1.68	0.190	0.265	2.23	0.659
Τ.Α.	4.54	5.06	1.05	0.926	0.0849
Ελάχιστο	0.160	0.0100	0.0228	0.496	0.216
Μέγιστο	62.8	66.5	8.54	7.83	1.03

Ελέγχθηκε η φυλετική διαφοροποίηση των δεικτών. Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton ήταν ο μόνος στον οποίο εμφανίστηκε κανονικότητα της κατανομής για το 50% των δειγμάτων. Μέσω του Student's t-test βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ φύλων για το δείκτη ευρωστίας ($p > 0,05$). Για τις υπόλοιπες παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε το Mood's median test, σύμφωνα με το οποίο βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά με το βάρος της γονάδας ($p < 0,01$) και με το βάρος του συκωτιού ($p < 0,05$). Ο γοναδοσωματικός και ο ηπατοσωματικός δείκτης δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$).

3.2 Ιστόγραμμα Μήκους

Στην Εικόνα 19 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα συχνοτήτων βάσει του ολικού μήκους για ολόκληρο τον πληθυσμό του Μεσογειακού μπακαλιάρου. Από το σύνολο των 971 ατόμων μπορεί να διακριθεί πως η πλειοψηφία τους (55%) βρίσκονται σε μήκη 18 έως και 22 εκατοστά, ενώ πολύ λίγα άτομα υπάρχουν κάτω από 17 εκατοστά και

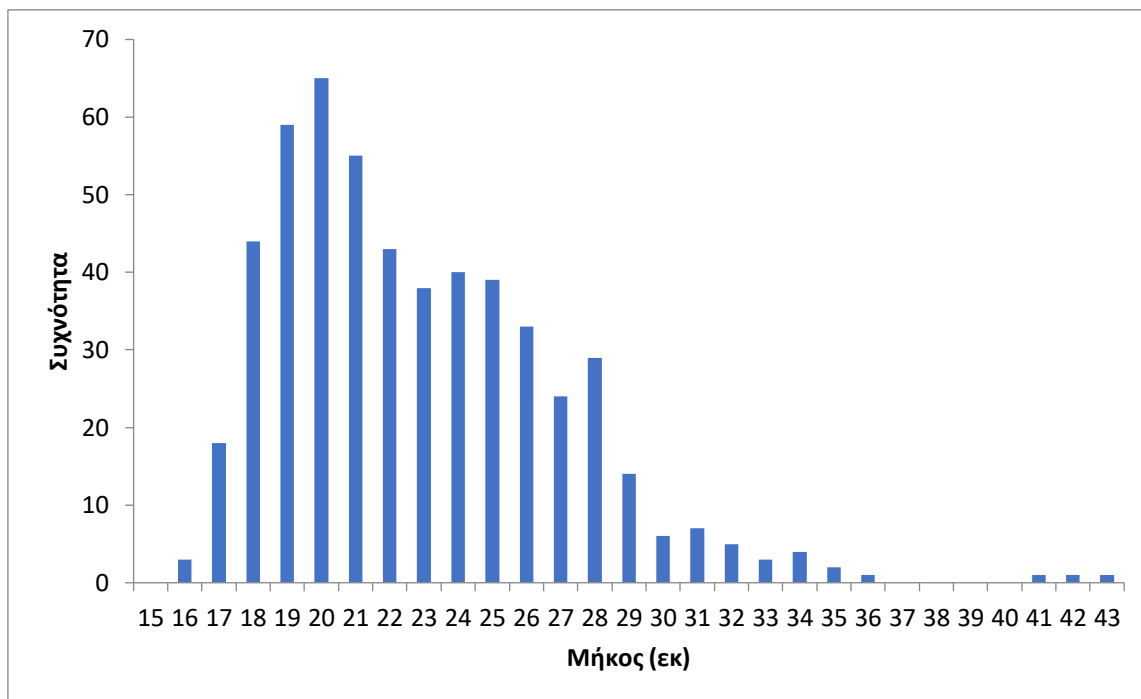
άνω από 35 εκατοστά. Το μεγαλύτερο άτομο του πληθυσμού έφτασε τα 59,5 εκατοστά, ενώ το μικρότερο τα 14,7 εκατοστά.



Εικόνα 19. Ιστόγραμμα μήκους για όλο τον πληθυσμό του Μεσογειακού μπακαλιάρου.

3.2.1 Ιστόγραμμα μήκους αρσενικών

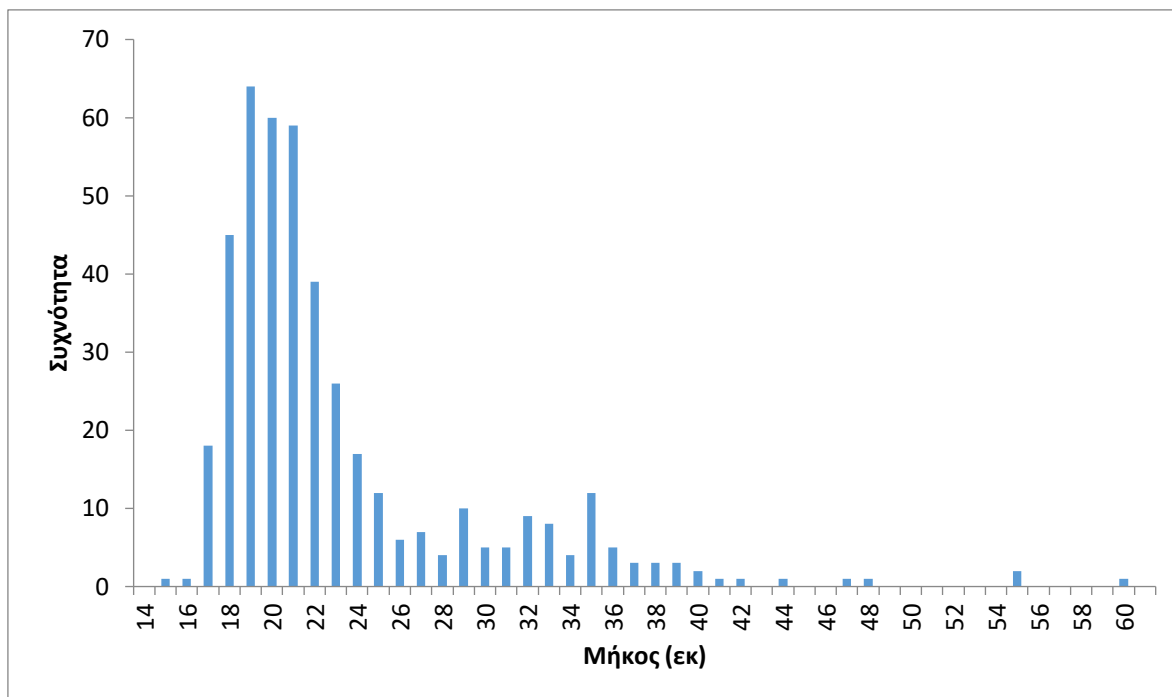
Η Εικόνα 20 δείχνει το ιστόγραμμα συχνοτήτων με βάση το ολικό μήκος για τα αρσενικά άτομα του πληθυσμού του Μεσογειακού μπακαλιάρου. Συνολικά υπήρχαν 535 αρσενικά, με τα περισσότερα εξ'αυτών συναντώνται στην κλάση των 20 εκατοστών. Σχεδόν το 72% των δειγμάτων ήταν ανάμεσα στις κλάσεις μήκους 18 έως 25 εκατοστών και το 24% των ατόμων ανήκαν σε μεγαλύτερες κλάσεις. Το μεγαλύτερο αρσενικό που βρέθηκε ήταν 42,5 εκατοστά, ενώ το μικρότερο ήταν 16,4 εκατοστά.



Εικόνα 20. Ιστόγραμμα μήκους των αρσενικών του μεσογειακού μπακαλιάρου.

3.2.2 Ιστόγραμμα μήκους θηλυκών

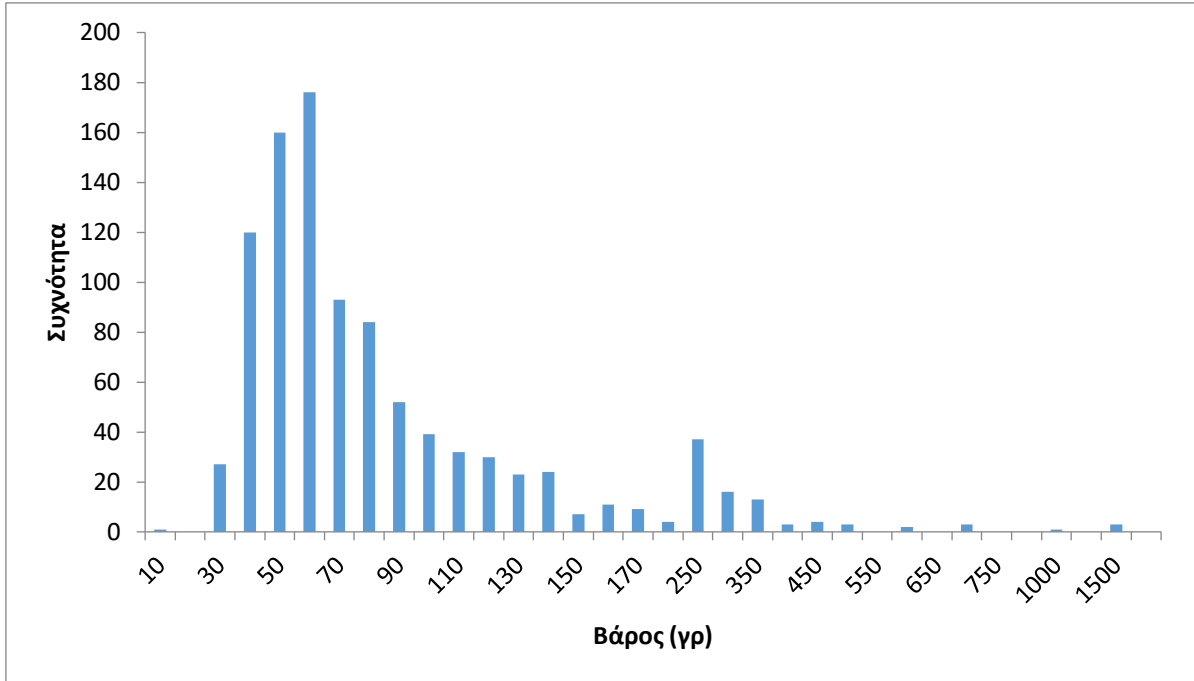
Η παρακάτω Εικόνα (Εικ. 21) αναδεικνύει τις συχνότητες μήκους των θηλυκών ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου. Συνολικά υπήρχαν 436 θηλυκά, από τα οποία το 67% των δειγμάτων βρίσκονται στις κλάσεις 18 έως 23 εκατοστών, ενώ μόνο το 4,5% των δειγμάτων βρίσκεται κάτω από τα 18 εκατοστά. Το μεγαλύτερο δείγμα ήταν 59,5 εκατοστά, ενώ το μικρότερο αναγνωρισμένο θηλυκό ήταν 15,5 εκατοστά.



Εικόνα 21. Ιστόγραμμα μήκους των θηλυκών ατόμων του μεσογειακού μπακαλιάρου.

3.3 Ιστόγραμμα βάρους

Στην Εικόνα 22, απεικονίζεται το ιστόγραμμα συχνοτήτων με βάση το βάρος των ατόμων του μεσογειακού μπακαλιάρου. Τα περισσότερα δείγματα βρέθηκαν στην κλάση των 60 γραμμαρίων (18%), ενώ από τα 40 έως και τα 80 γραμμάρια βρέθηκε η πλειοψηφία των δειγμάτων, σε ποσοστό 65%. Το μεγαλύτερο δείγμα ζύγισε 1.465 γραμμάρια και το μικρότερο 1,84 γραμμάρια.



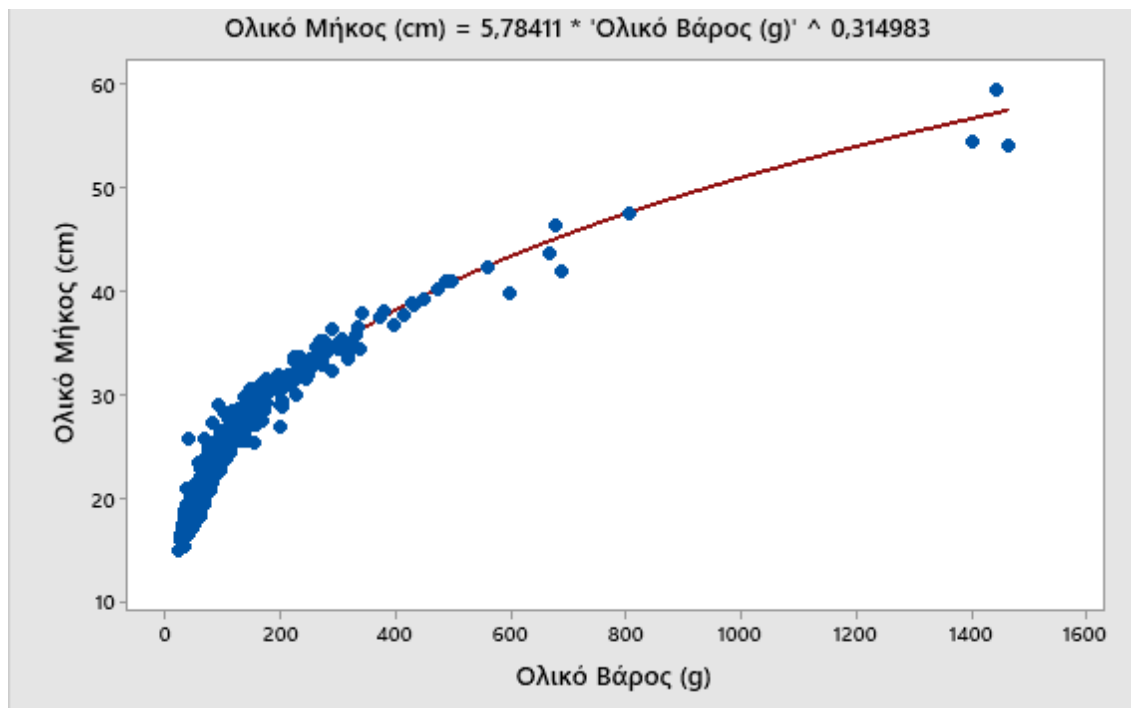
Εικόνα 22. Ιστόγραμμα βάρους για όλο τον πληθυσμό του μεσογειακού μπακαλιάρου.

3.4 Σχέση μήκους βάρους

Η σχέση μήκους-βάρους, που αποτελεί μια σημαντική παράμετρος για τη γνώση της βιολογίας των οστεϊχθύων (Εικ. 23), εκτιμήθηκε ως:

$$\text{Ολικό Μήκος (cm)} = 5,78411 * \text{'Ολικό Βάρος (g)}' ^ 0,314983$$

οι παράμετροι αύξησης α και β βρέθηκαν 5,78411 και 0,314983 αντίστοιχα.



Εικόνα 23. Σχέση μήκους βάρους για το Μεσογειακό μπακαλιάρο.

3.5 Μορφομετρικά χαρακτηριστικά ψαριού

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τις παραμέτρους ανάλυσης παλινδρόμησης μεταξύ ολικού μήκους (TL) και αρκετών μορφομετρικών χαρακτηριστικών του ιχθύος. Μπορεί να παρατηρηθεί πως όλες οι σχέσεις ήταν στατιστικά σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$). Επίσης, φαίνεται το R^2 (συντελεστής προσδιορισμού, ο οποίος καθορίζει πόσο καλά ταιριάζουν τα δεδομένα με το μοντέλο παλινδρόμησης), όπως και η εξίσωση που διέπει την κάθε παράμετρο με το ολικό μήκος (TL).

Πίνακας 6. Παράμετροι ανάλυσης παλινδρόμησης μεταξύ ολικού μήκους (TL) και αρκετών μορφομετρικών χαρακτηριστικών του ιχθύος. Παράμετροι: STL, σταθερό μήκος; HL, μήκος κεφαλής; PDL, μήκος ρύγχους-ραχιαίου πτερυγίου; PAL, μήκος ρύγχους-έδρας; SNL, μήκος ρύγχους-ματιού; IW, μήκος απόστασης ματιών; ED, μήκος διαμέτρου ματιών; *, σημαντική διαφορά ($p\text{-value}<0,05$).

N	TL (εκ)		R ² (%)	T-test	Εξίσωση
STL (mm)					
605	59,55	124,85 - 506,77	99,01	*	Ολικό Μήκος (cm) = 0,2522 + 0,1158 σταθερό μήκος
HL (mm)					
605	59,55	37,614 - 149,604	91,62	*	Ολικό Μήκος (cm) = 0,6682 + 0,3776 μήκος κεφαλής
PDL (mm)					
605	59,55	44,716 - 192,406	86,26	*	Ολικό Μήκος (cm) = 1,041 + 0,3161 μήκος ρύγχους-ραχιαίου πτερυγίου
PAL (mm)					
605	59,55	59,76 - 281,86	88,57	*	Ολικό Μήκος (cm) = 2,116 + 0,2205 μήκος ρύγχους-έδρας
SNL (mm)					
605	59,55	8,987 - 40,899	64,4	*	Ολικό Μήκος (cm) = 6,559 + 1,023 μήκος ρύγχους-ματιού
IW (mm)					
605	59,55	8,149 - 44,16	85,71	*	Ολικό Μήκος (cm) = 5,865 + 1,065 μήκος απόστασης ματιών
ED (mm)					
605	59,55	6,378 - 22,425	71,41	*	Ολικό Μήκος (cm) = 2,302 + 1,883 μήκος διαμέτρου ματιών

3.6 Φυλετική αναλογία

Στον πίνακα 6 φαίνεται πως τα αρσενικά βρέθηκαν σε ποσοστό άνω του 55% των συνολικών δειγμάτων. Η αναμενόμενη αναλογία που χρησιμοποιήθηκε (Αρσενικά/Θηλυκά = 0.89:1) ήταν αυτή που κατέγραψαν οι Soykan et al. (2015) στο κεντρικό Αιγαίο, καθώς πρόκειται για την πιο σύγχρονη εργασία κοντά στην περιοχή της δειγματοληψίας.

Οι αναλύσεις έδειξαν πως η αναλογία των Soykan et al. (2015) ήταν στατιστικά σημαντικά διαφορετική από την αναλογία της παρούσας εργασίας (Πίν. 7). Η φυλετική αναλογία βρέθηκε 1,23:1 υπέρ των αρσενικών.

Πίνακας 7. Φυλετική αναλογία ατόμων του μπακαλιάρου. Ελέγχθηκε με τη δοκιμασία χ^2 καλής προσαρμογής.

Φύλο	Αναλογία	Μετρήσεις	Ποσοστό	χ^2	df	p-value
Αρσενικό	Παρατηρούμενη	535	0.551	25.0	1	<.001
	Αναμενόμενη	457	0.471			
Θηλυκό	Παρατηρούμενη	436	0.449			
	Αναμενόμενη	514	0.529			

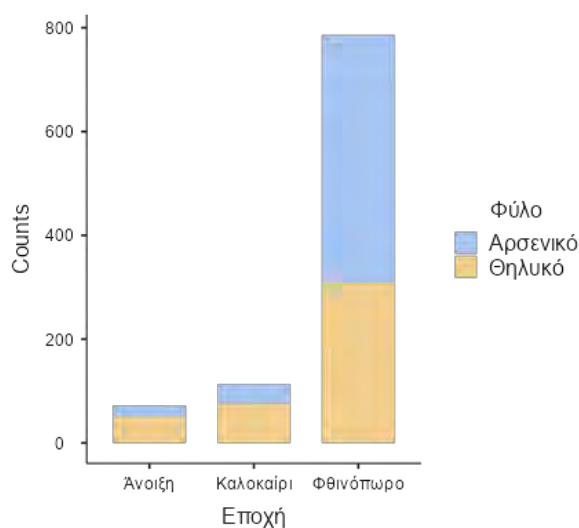
3.6.1 Σύγκριση φύλου με εποχή

Ο πίνακας 7 περιγράφει την επιρροή της εποχής στη φυλετική αναλογία. Παρατηρείται πως την άνοιξη και το καλοκαίρι βρέθηκαν περισσότερα θηλυκά από την αναμενόμενη τιμή τους, αλλά το φθινόπωρο τα αρσενικά κυριάρχησαν έναντι των θηλυκών. Το φύλο διαφέρει στατιστικώς σημαντικά ανάλογα με την εποχή, το αποτέλεσμα αυτό εξήχθη από την ανάλυση μέσω του χ^2 ανεξαρτησίας. ($p < 0,001$).

Πίνακας 7. Σύγκριση φύλου με την εποχή.

Φύλο		Εποχή			
		Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Σύνολο
Αρσενικό	Παρατηρούμενη	21	37	477	535
	Αναμενόμενη	39.7	62.3	433	535
	% επί του συνόλου	2.2 %	3.8 %	49.1 %	55.1 %
Θηλυκό	Παρατηρούμενη	51	76	309	436
	Αναμενόμενη	32.3	50.7	353	436
	% επί του συνόλου	5.3 %	7.8 %	31.8 %	44.9 %
Σύνολο	Παρατηρούμενη	72	113	786	971
	Αναμενόμενη	72.0	113.0	786	971
	% επί του συνόλου	7.4 %	11.6 %	80.9 %	100.0 %

Στην Εικόνα 24 παρουσιάζονται, οι εποχιακές διαφορές με βάση το φύλο, και στον Πίνακα 8 συγκρίνεται η αναλογία φύλου σε διάφορες έρευνες για το Μεσογειακό μπακαλιάρο.



Εικόνα 24. Εποχιακή διακύμανση των φύλων (Counts: αριθμός ατόμων).

Πίνακας 8. Σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς την αναλογία φύλου για το μεσογειακό μπακαλιάρο

Έρευνα	Αναλογία φύλων (Α:Θ)	Περιοχή έρευνας
Παρούσια εργασία	1,23:1 (κυριαρχία αρσενικών κάτω των 30εκ, κυριαρχία θηλυκών άνω των 30εκ που φτάνει το 100% σε άτομα άνω των 45εκ)	Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο
<i>Pineiro & Sainza 2003</i>	1:1, για μικρότερα από 45εκ τα αρσενικά κυριαρχούν 100% θηλυκά πάνω από 60εκ	Ατλαντικός της Ιβηρικής
<i>Sbrana et al. 2007</i>	1:01	Βόρεια Τυρρηνική Θάλασσα
<i>El Habouz et al. 2011</i>	1:1 έως τα 45εκ 100% θηλυκά πάνω από 45εκ	Κέντρο-ανατολικός Ατλαντικός
<i>Costa 2013</i>	1:1 κάτω από 40εκ / κυριαρχούν τα θηλυκά πάνω από 40εκ και 100% πάνω από 50εκ	Ακτές της Πορτογαλίας
<i>Khoufi et al. 2014</i>	1:1 έως τα 23εκ / κυριαρχούν τα θηλυκά πάνω από 40εκ	Βόρεια ακτή της Τυνησίας
<i>Soykan et al. 2015</i>	0.89:1	Κεντρικό Αιγαίο
<i>Kahraman et al. 2017</i>	0.56:1	Θάλασσα του Μαρμαρά
<i>Gül et al. 2019</i>	1:1.5	Θάλασσα του Μαρμαρά
<i>Zorica et al. 2021</i>	0.64:1 (μόνο στις περιόδους αναπαραγωγής τα θηλυκά ήταν περισσότερα)	Αδριατική Θάλασσα
<i>Yildiz et al. 2021</i>	1:1.43 1:1.09 κάτω από 24εκ 1:0.53 πάνω από 25εκ	Θάλασσα του Μαρμαρά
<i>Belhoucine et al. 2021</i>	1.47:1	Κόλπος Oran της Αλγερίας
<i>ELGazzar et al. 2022</i>	1:2.16	Αιγυπτιακά νερά της Μεσογείου

3.6.2 Σύγκριση φύλου με την περιοχή της δειγματοληψίας

Στον πίνακα 9 παρουσιάζεται ο αριθμός των ατόμων χωρισμένα ανά φύλο που υπήρχαν σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας. Έπειτα από την δοκιμασία χ^2 ανεξαρτησίας, βρέθηκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φύλων και των μελετώμενων περιοχών ($p < 0,001$).

Πίνακας 9. Φυλετική διαφοροποίηση ανά περιοχή δειγματοληψίας.

Φύλο	Περιοχές Δειγματοληψίας			Σύνολο
	Βόρειο Αιγαίο	Παγασητικός κόλπος	Τορωναίος κόλπος	
Αρσενικό	38	11	486	535
Θηλυκό	79	15	342	436
Σύνολο	117	26	828	971

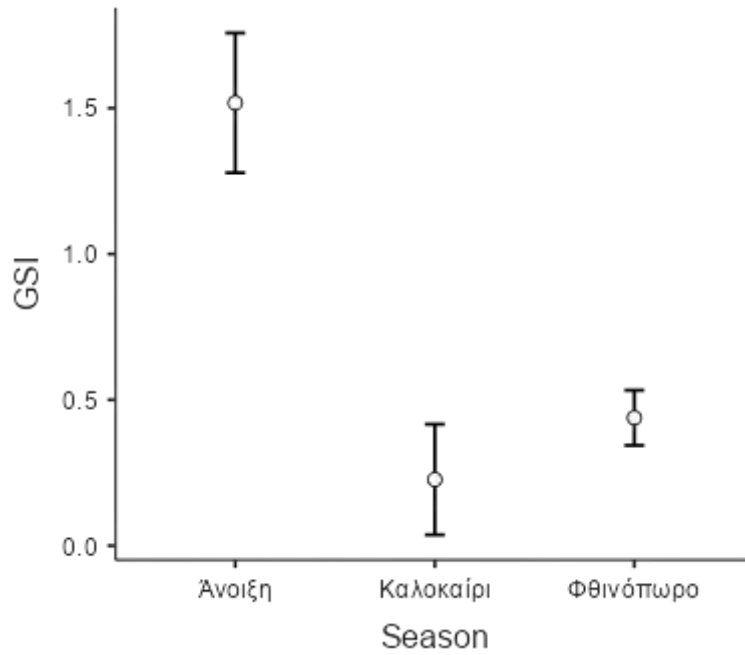
3.7 Γοναδοσωματικός δείκτης

Παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά του γοναδοσωματικού δείκτη με την περιοχή ($p < 0,001$).

Πίνακας 10. Τιμή Mood's median test για την σύγκριση του γοναδοσωματικού δείκτη και της εποχής.

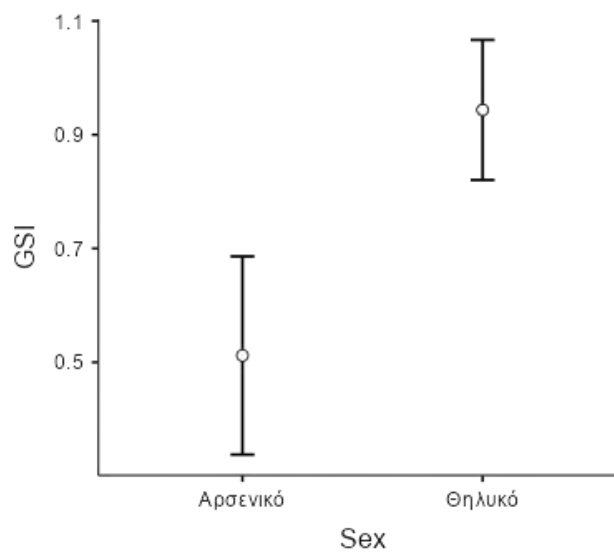
	df	X ²	p-value
Γοναδοσωματικός δείκτης	2	71,32	<0,001

Εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά του γοναδοσωματικού δείκτη με την εποχή ($p < 0,001$) (Πιν. 10). Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ άνοιξης-καλοκαιριού και άνοιξης-φθινοπώρου ($p < 0,001$). Μεταξύ καλοκαιριού και φθινοπώρου δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά (Εικ. 25) στην τιμή του γοναδοσωματικού δείκτη.



Εικόνα 25. Γοναδοσωματικός δείκτης σε σχέση με την εποχή. GSI: Γοναδοσωματικός δείκτης, Season: εποχή.

Εν συνεχεία, ελέγχθηκε η φυλετική διαφοροποίηση του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), η οποία φαίνεται στην εικόνα 26. παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά μεταξύ θηλυκών και αρσενικών, η οποία ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0,001$).



Εικόνα 26. Γοναδοσωματικός σε σχέση με το φύλο. GSI: Γοναδοσωματικός δείκτης Sex: Φύλο.

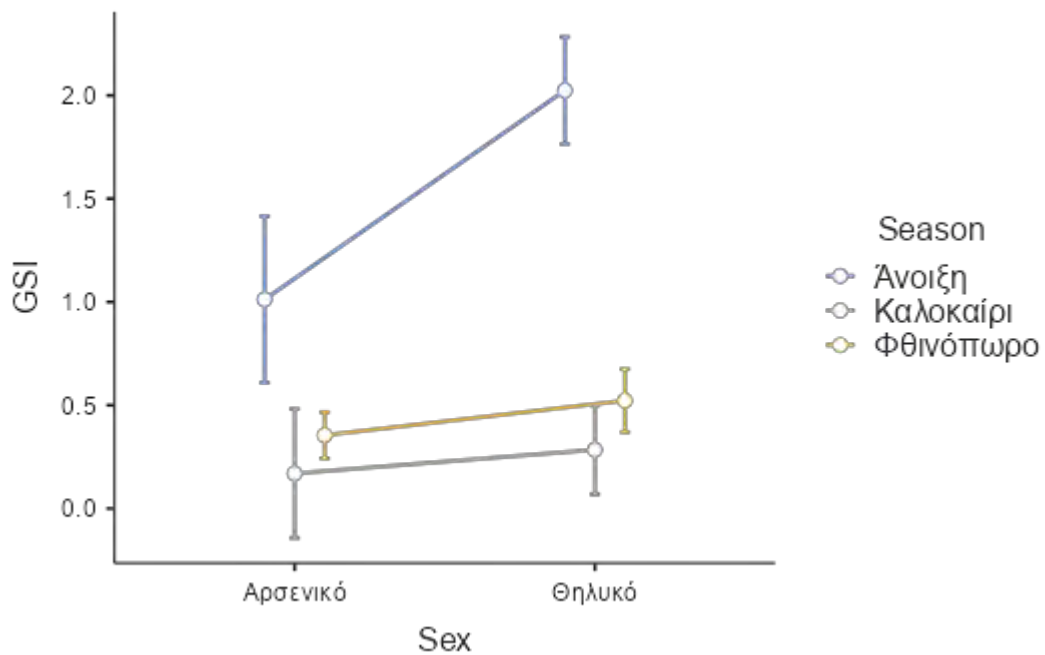
Ο πίνακας 11 παρουσιάζει το γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής, με βάση τον γοναδοσωματικό δείκτη, για τον Μεσογειακό μπακαλιάρo.

Πίνακας 11. Γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής, με βάση τον γοναδοσωματικό δείκτη (ανεξάρτητος παράγοντας) για τον Μεσογειακό μπακαλιάρo.

	SS	df	F	p
Μοντέλο	136.10	5	30.72	<.001
Εποχή	69.98	2	39.49	<.001
Φύλο	14.00	1	15.80	<.001
Εποχή*Φύλο	9.72	2	5.49	0.004
Υπόλοιπα	527.20	595		
Σύνολο	663.30	600		

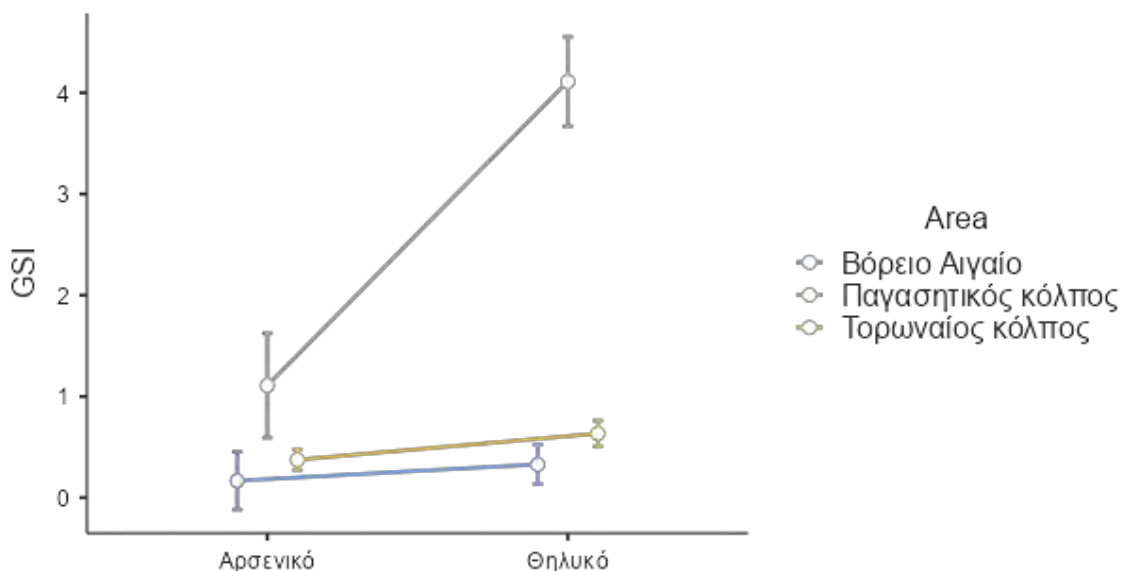
Τα αρσενικά άτομα εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά την άνοιξη με το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Στα θηλυκά άτομα στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε, επίσης, την άνοιξη με το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Και για τα 2 φύλα η σύγκριση μεταξύ καλοκαιριού και φθινοπώρου δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ανάμεσα στα φύλα, στατιστικά σημαντική διαφορά εντοπίστηκε σε αρκετές εποχές, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα και διαγραμματικά από την εικόνα 27.



Εικόνα 27. Σύγκριση του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) ανά φύλο και εποχή (Season).

Αντιστοίχως, έγινε η σύγκριση του γοναδοσωματικού δείκτη ανά φύλο και περιοχή (Εικ. 28). Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φύλων ανά περιοχή, μεταξύ των δύο φύλων και μεταξύ των τριών περιοχών που ελέγχθηκαν ($p < 0,001$). Πιο συγκεκριμένα, τα ψάρια που αλιεύθηκαν στον Παγασητικό κόλπο εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά με αυτά του Τορωναίου και του Βορείου Αιγαίου ($p < 0,001$). Ανάμεσα στον Τορωναίο κόλπο και το Βόρειο Αιγαίο, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά με αυτή να είναι $< 0,05$.



Εικόνα 28. Σύγκριση του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) ανά φύλο και περιοχή δειγματοληψίας (Area).

Ο πίνακας 12 παρουσιάζει το γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και περιοχής, με βάση τον γοναδοσωματικό δείκτη, για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο

Πίνακας 12. Γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και περιοχής, με βάση τον γοναδοσωματικό δείκτη (ανεξάρτητος παράγοντας) για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

	SS	df	F	p
Μοντέλο	212.6	5	56.1	<.001
Εποχή	117.5	2	77.6	<.001
Φύλο	56.5	1	74.6	<.001
Περιοχή*Φύλο	46.4	2	30.6	<.001
Υπόλοιπα	450.7	595		
Σύνολο	663.3	600		

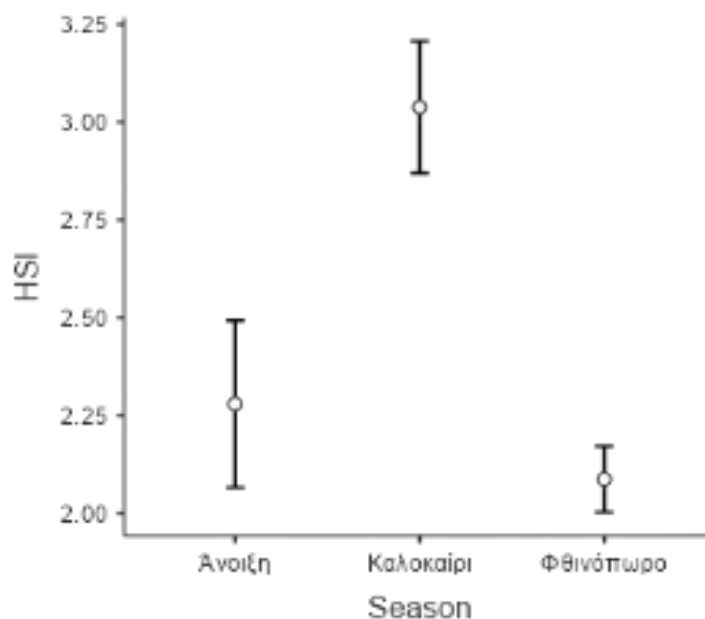
3.8 Ηπατοσωματικός δείκτης

Ο ηπατοσωματικός δείκτης εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την εποχή ($p < 0,001$) (Πίν. 13).

Πίνακας 13. Τιμή Mood's median test για τη σύγκριση του ηπατοσωματικού δείκτη και της εποχής.

	df	χ^2	P-value
Ηπατοσωματικός δείκτης	2	65,31	<0,001

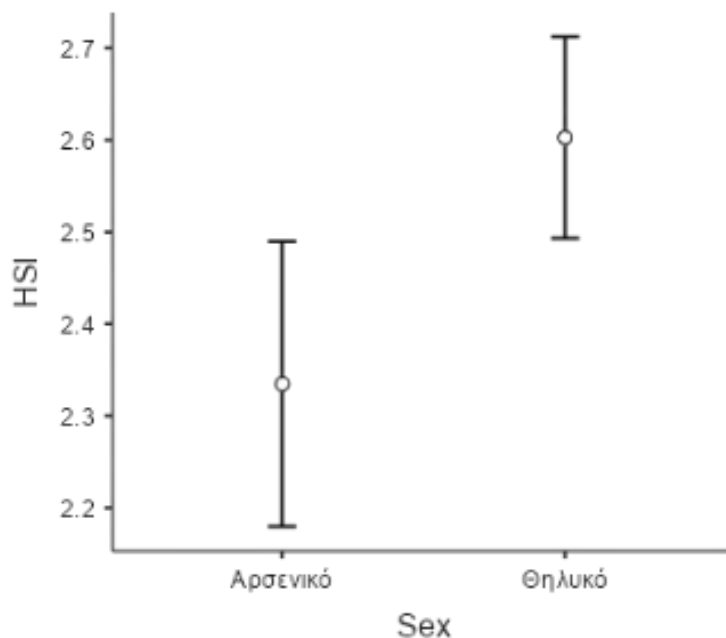
Η διακύμανση του ηπατοσωματικού δείκτη ανά εποχή φαίνεται στην Εικόνα 29.



Εικόνα 29. Διακύμανση του ηπατοσωματικού δείκτη ανά εποχή. HSI: Ηπατοσωματικός δείκτης Season: Εποχή

Παρουσιάστηκε επίσης, στατιστικά σημαντική διαφορά στον ηπατοσωματικό δείκτη σε διαφορετικές περιοχές δειγματοληψίας ($p < 0,001$).

Στη συνέχεια, αναλύθηκε η διαφορά του ηπατοσωματικού μεταξύ των φύλων, όπου βρέθηκε μεγάλη διαφορά ($p < 0,001$) με τα θηλυκά να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα αρσενικά (Εικ. 30).



Εικόνα 30. Φυλετική διαφοροποίηση του ηπατοσωματικού δείκτη. HSI: Ηπατοσωματικός δείκτης Sex: Φύλο.

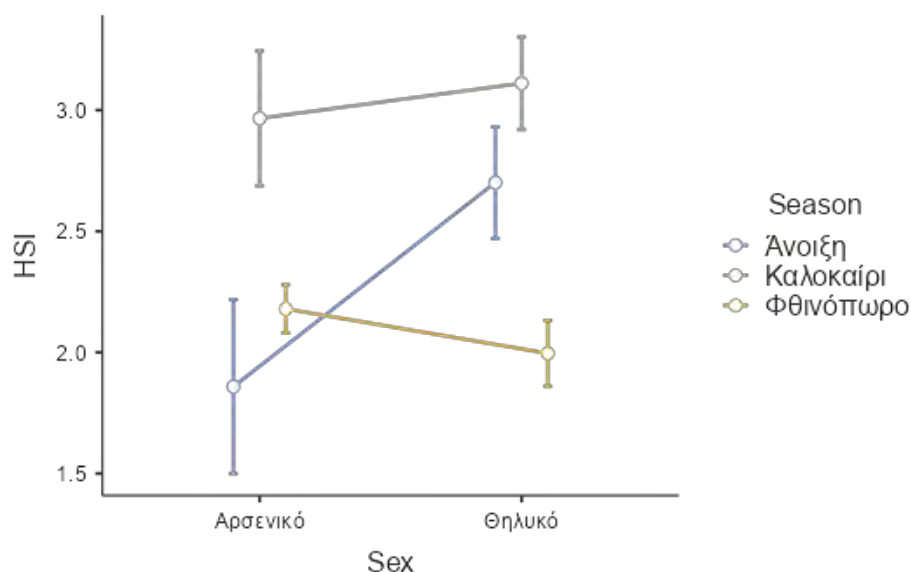
Ο πίνακας 14 παρουσιάζει το γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής με βάση τον ηπατοσωματικό δείκτη για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο

Πίνακας 14. Γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής με βάση τον ηπατοσωματικό δείκτη (ανεξάρτητος παράγοντας) για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

	SS	df	F	p
Μοντέλο	2314	5	27.1	<.001
Εποχή	1224	2	35.9	<.001
Φύλο	264	1	15.5	<.001
Εποχή*Φύλο	395	2	11.6	<.001
Υπόλοιπα	10149	595		
Σύνολο	12462	600		

Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε πως τα αρσενικά μεταξύ τους εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές την άνοιξη με το καλοκαίρι και το καλοκαίρι με το φθινόπωρο ($p < 0,001$). Τα θηλυκά, από την άλλη, εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά, έπειτα από σύγκριση, την άνοιξη με το καλοκαίρι ($p < 0,001$).

Η εικόνα 31 παρουσιάζει διαγραμματικά αυτές τις διαφορές. Φαίνεται πως το καλοκαίρι παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές του ηπατοσωματικού και για τα δύο φύλα και επιπροσθέτως υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των φύλων στις τιμές του ηπατοσωματικού την άνοιξη.



Εικόνα 31. Απεικόνιση του ηπατοσωματικού δείκτη (HSI) με την εποχή (Season) χωρισμένα με το φύλο (Sex).

Ο πίνακας 15, παρουσιάζει το γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής, με βάση τον ηπατοσωματικό δείκτη για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

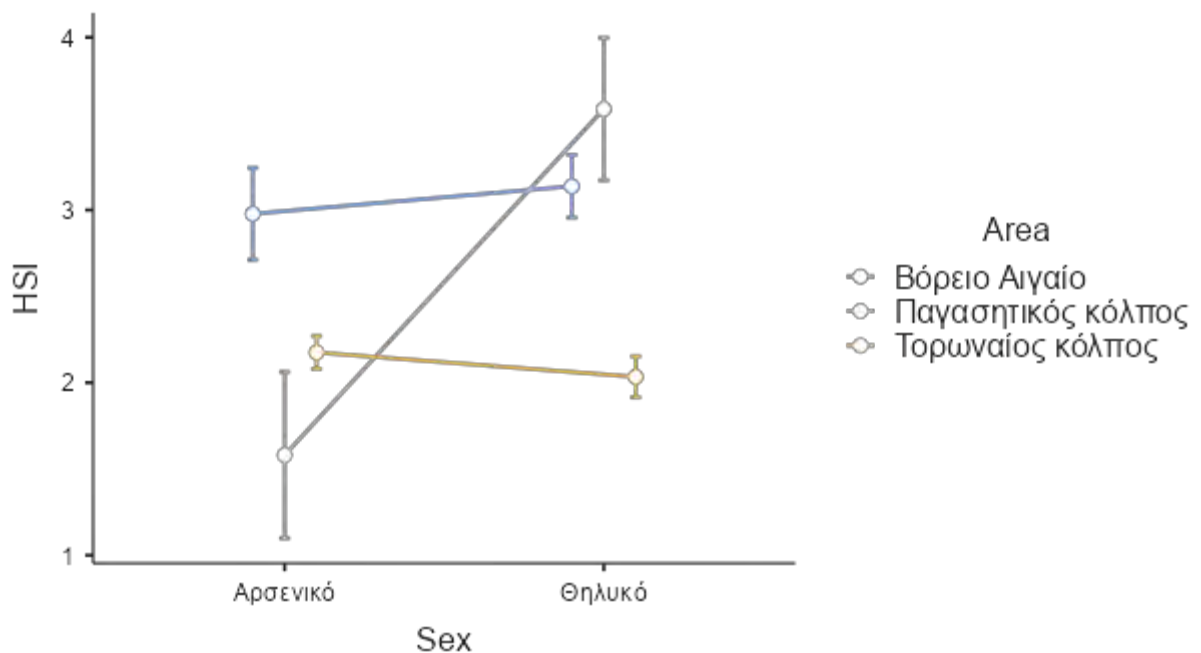
Πίνακας 15. Γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής, με βάση τον ηπατοσωματικό δείκτη (ανεξάρτητος παράγοντας) για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

	SS	df	F	p
Μοντέλο	3551	5	47.4	<.001
Εποχή	1887	2	63.0	<.001
Φύλο	944	1	63.0	<.001
Περιοχή*Φύλο	993	2	33.2	<.001
Υπόλοιπα	8912	595		
Σύνολο	12462	600		

Τα αρσενικά άτομα του Βορείου Αιγαίου παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά με τα αρσενικά που αλιεύθηκαν στον Παγασητικό και στον Τρωναίο κόλπο

($p < 0,001$). Τα θηλυκά άτομα του Βορείου Αιγαίου εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά με αυτά του Τορωναίου, όπως και τα θηλυκά του Παγασητικού με αυτά του Τορωναίου κόλπου ($p < 0,001$).

Αυτές οι διαφορές παρατηρούνται και στην εικόνα 32. Φαίνεται πως τα θηλυκά έχουν τις μεγαλύτερες τιμές τους στον Παγασητικό κόλπο, ενώ τα αρσενικά στο Βόρειο Αιγαίο. Μεγαλύτερη διαφορά στις τιμές του ηπατοσωματικού δείκτη, μεταξύ των φύλων, παρατηρείται στον Παγασητικό κόλπο.



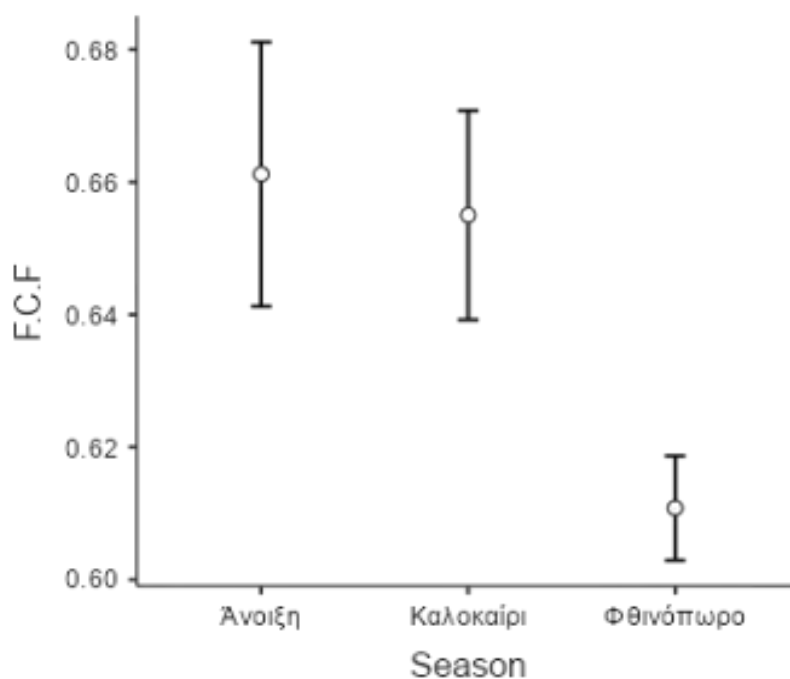
Εικόνα 32. Ο διαχωρισμός του ηπατοσωματικού δείκτη (HSI) ανά περιοχή δειγματοληψίας (Area) και φύλο (Sex).

3.9 Δείκτης ευρωστίας κατά Fulton

Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton, ελέγχθηκε, για το αν εμφανίζει διαφορά εποχιακά. Σύμφωνα με το αποτέλεσμα του πίνακα 16, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά (Εικ. 33).

Πίνακας 16. Δοκιμασία Kruskal-Wallis για το δείκτη ευρωστίας K.

	χ^2	df	p-value
Δείκτης ευρωστίας Fulton	3.46	2	0.178



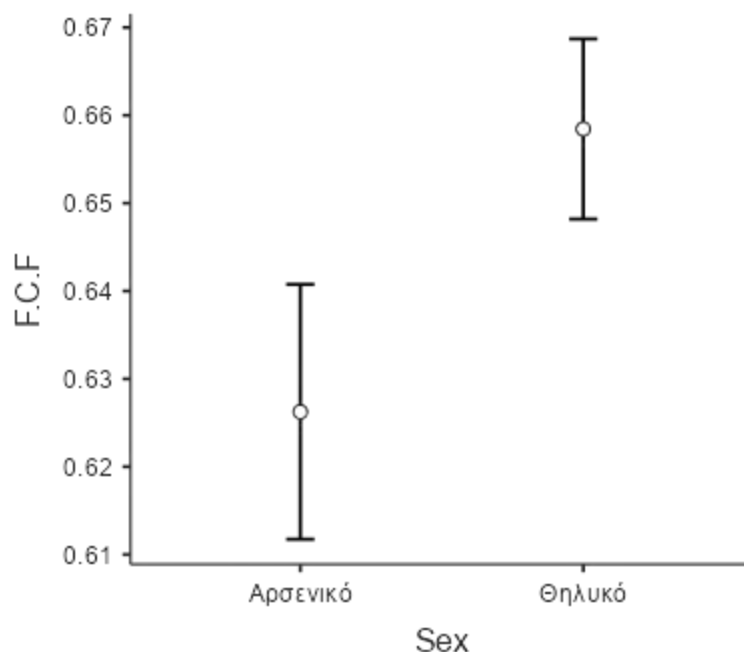
Εικόνα 33. Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ευρωστίας Fulton (FCF).

Ο μέσος όρος του δείκτη ευρωστίας ήταν 0,661 – 0,655 – 0,611 για την άνοιξη το καλοκαίρι και το φθινόπωρο αντίστοιχα χωρίς να εμφανίζει στατιστικά σημαντική εποχιακή διαφορά (Πίν. 17).

Πίνακας 17. Δοκιμασία Kruskal-Wallis για το δείκτη ευρωστίας σε σχέση με την περιοχή.

	χ^2	df	p-value
Δείκτης ευρωστίας Fulton	0.541	2	0.763

Ελέγχθηκε επίσης η φυλετική διαφοροποίηση του δείκτη ευρωστίας (Εικ. 34), όπου εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,001$).



Εικόνα 34. Δείκτης ευρωστίας κατά Fulton ανά Φύλο.

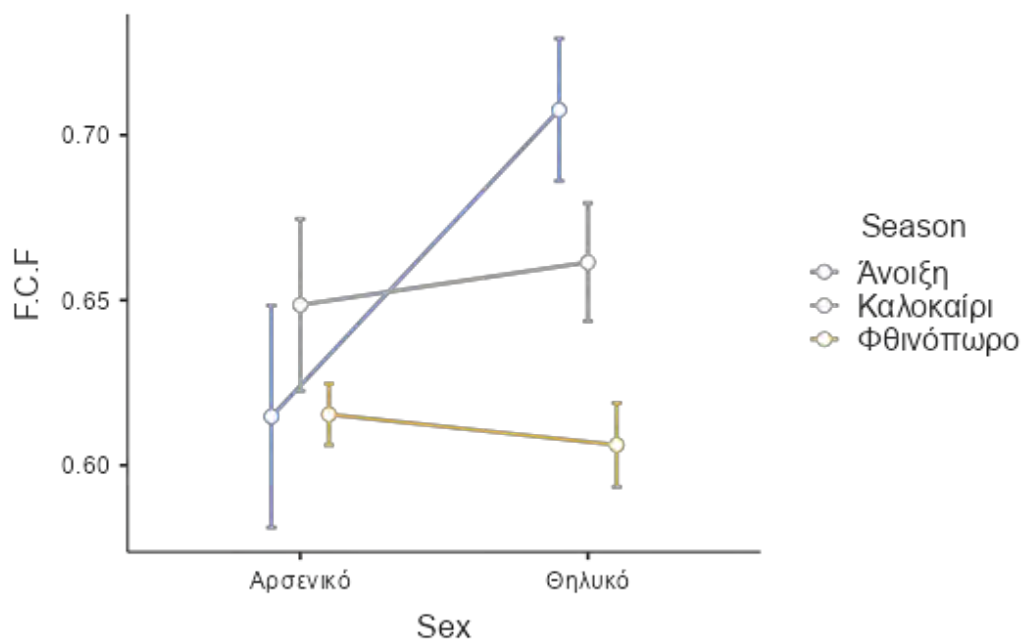
Ο πίνακας 18, παρουσιάζει το γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής, με βάση τον δείκτη ευρωστίας κατά Fulton, για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

Πίνακας 18. Γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και εποχής, με βάση τον δείκτη ευρωστίας (ανεξάρτητος παράγοντας) για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

	SS	df	F	p
Μοντέλο	0.5379	5	17.5	<.001
Εποχή	0.2404	2	19.6	<.001
Φύλο	0.0779	1	12.7	<.001
Εποχή*Φύλο	0.1356	2	11.0	<.001
Υπόλοιπα	3.6560	595		
Σύνολο	4.1940	600		

Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε διαφορά μεταξύ αρσενικών και θηλυκών την άνοιξη ($p<0,001$). Επίσης, τα αρσενικά που αλιεύτηκαν το καλοκαίρι εμφάνισαν διαφορές με τα θηλυκά που αλιεύτηκαν την άνοιξη ($p<0,01$) και το καλοκαίρι ($p<0,001$). Τέλος, τα θηλυκά που αλιεύτηκαν την άνοιξη και το καλοκαίρι, εμφάνισαν μεγάλες διαφορές σε σχέση με αυτά που αλιεύθηκαν το φθινόπωρο ($p<0,001$).

Στην εικόνα 35, απεικονίζεται η διακύμανση του δείκτη ευρωστίας κατά Fulton εποχιακά ανά φύλο. Τις μεγαλύτερες τιμές του, όσον αφορά τα θηλυκά άτομα, τις εμφανίζει την άνοιξη και όσον αφορά τα αρσενικά, το καλοκαίρι. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί πως τα δείγματα του φθινοπώρου, γενικά, κατείχαν τις χαμηλότερες τιμές.



Εικόνα 35. Δείκτης ευρωστίας κατά Fulton (F.C.F) εποχιακά (Season) και ανά φύλο (Sex).

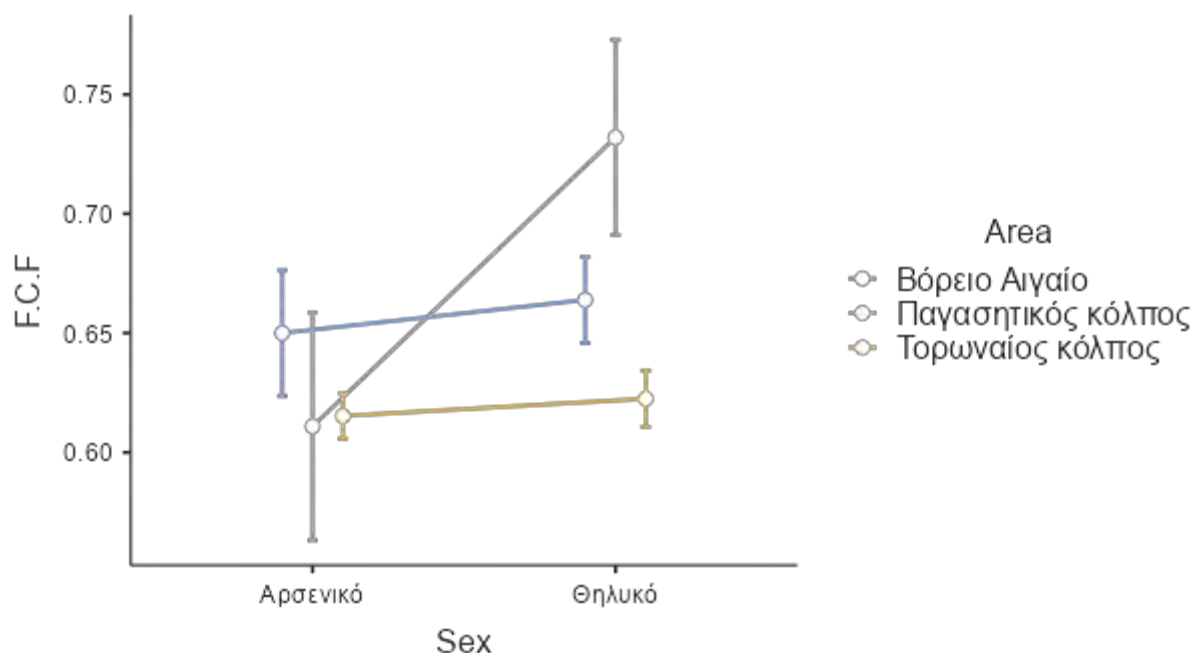
Ο πίνακας 19, παρουσιάζει το γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και περιοχής, με βάση τον δείκτη ευρωστίας κατά Fulton, για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

Πίνακας 19. Γενικό γραμμικό μοντέλο που αναδεικνύει την σχέση μεταξύ φύλου και περιοχής, με βάση τον δείκτη ευρωστίας (ανεξάρτητος παράγοντας) για τον Μεσογειακό μπακαλιάρο.

	SS	df	F	p
Μοντέλο	0.3332	5	10.27	<.001
Εποχή	0.1668	2	12.85	<.001
Φύλο	0.0975	1	15.03	<.001
Περιοχή*Φύλο	0.0778	2	5.99	0.003
Υπόλοιπα	3.8608	595		
Σύνολο	4.1940	600		

Τα αρσενικά άτομα που αλιεύθηκαν στον Παγασητικό κόλπο είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά με τα θηλυκά που αλιεύτηκαν στον Τορωναίο κόλπο ($p < 0,05$). Επίσης, τα αρσενικά που αλιεύθηκαν στον Παγασητικό με τα θηλυκά του ίδιου μέρους, εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,01$). Αξίζει να τονιστεί, πως τα θηλυκά άτομα που αλιεύθηκαν στο Βόρειο Αιγαίο, είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά από τα θηλυκά που αλιεύθηκαν στις άλλες περιοχές δειγματοληψίας.

Στην εικόνα 36, παρατηρείται η φυλετική διαφοροποίηση του δείκτη ευρωστίας με την περιοχή της δειγματοληψίας. Μεγαλύτερο δείκτη ευρωστίας εμφάνισαν τα θηλυκά του Παγασητικού, ενώ μικρότερο δείκτη ευρωστίας εμφάνισαν τα αρσενικά του ίδιου κόλπου. Τα αρσενικά είχαν τις μεγαλύτερες τιμές τους στο Βόρειο Αιγαίο, ενώ τα θηλυκά είχαν τις μικρότερες τιμές τους στον Τορωναίο κόλπο.



Εικόνα 36. Φυλετική διαφοροποίηση (Sex) του δείκτη ευρωστίας (F.C.F) ανά περιοχή της δειγματοληψίας (Area).

3.10 Συσχέτιση δεικτών και μορφομετρικών χαρακτηριστικών

Στην εικόνα 37, παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης Pearson. Όσο πιο σκούρο το χρώμα, τόσο μεγαλύτερη συσχέτιση υπάρχει. Μπορεί να παρατηρηθεί πως όλες οι τιμές των μορφομετρικών του ιχθύος εμφάνισαν μεγάλη συσχέτιση και από τους δείκτες, ο γοναδοσωματικός εμφάνισε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά. Ο συμβολισμός «***», δείχνει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών ($p < 0,001$).

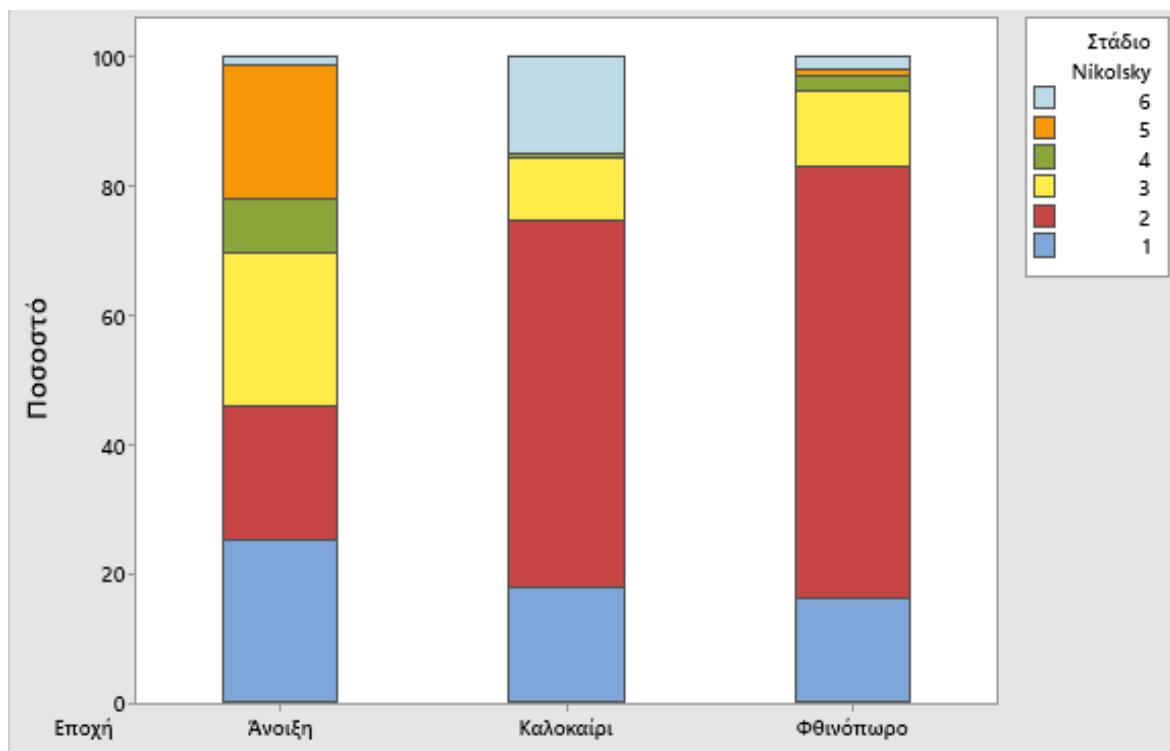
Ολικό Βάρος (g)		0.868***	0.877***	0.83***	0.873***	0.838***	0.723***	0.823***	0.686***	0.427***	0.235***	0.232***
Ολικό Μήκος (cm)	0.868***		0.925***	0.929***	0.941***	0.95***	0.801***	0.926***	0.846***	0.448***	0.249***	0.03
S.L. (mm)	0.877***	0.925***		0.932***	0.937***	0.946***	0.787***	0.927***	0.848***	0.459***	0.235***	0.328***
P.D.L.(mm)	0.83***	0.929***	0.932***		0.915***	0.913***	0.774***	0.863***	0.818***	0.427***	0.196***	0.265***
P.A.L.(mm)	0.873***	0.941***	0.937***	0.915***		0.906***	0.771***	0.859***	0.828***	0.467***	0.178***	0.344***
H.L. (mm)	0.838***	0.95***	0.946***	0.913***	0.906***		0.869***	0.877***	0.861***	0.386***	0.234***	0.315***
S.L.(mm)	0.723***	0.801***	0.787***	0.774***	0.771***	0.869***		0.735***	0.717***	0.276***	0.261***	0.312***
I.W.(mm)	0.823***	0.926***	0.927***	0.863***	0.859***	0.877***	0.735***		0.777***	0.425***	0.231***	0.328***
E.D.(mm)	0.686***	0.846***	0.848***	0.818***	0.828***	0.861***	0.717***	0.777***		0.358***	0.075	0.233***
G.S.I.	0.427***	0.448***	0.459***	0.427***	0.467***	0.386***	0.276***	0.425***	0.358***		0.142***	0.252***
H.S.I.	0.235***	0.249***	0.235***	0.196***	0.178***	0.234***	0.261***	0.231***	0.075	0.142***		0.329***
F.C.F.	0.232***	0.03	0.328***	0.265***	0.344***	0.315***	0.312***	0.328***	0.233***	0.252***	0.329***	
	Ολικό Βάρος (g)	Ολικό Μήκος (cm)	S.L. (mm)	P.D.L.(mm)	P.A.L.(mm)	H.L. (mm)	S.L.(mm)	I.W.(mm)	E.D.(mm)	G.S.I.	H.S.I.	F.C.F.

Εικόνα 37. Τιμές του συντελεστή συσχέτισης Pearson για τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του μπακαλιάρου και για τους δείκτες, όπου: SL: σταθερό μήκος, HL: μήκος κεφαλής, PDL: μήκος ρύγχους-ραχιαίου, PAL: μήκος ρύγχους-έδρας, SL: μήκος ρύγχους-ματιού, IW: μήκος απόστασης ματιών, ED: διάμετρος ματιού, GSI: γοναδοσωματικός δείκτης, HSI: ηπατοσωματικός δείκτης, FCF: δείκτης ευρωστίας κατά Fulton, ***: στατιστικά σημαντική διαφορά με $p < 0,001$.

3.11 Μακροσκοπική ανάλυση αναπαραγωγικών σταδίων

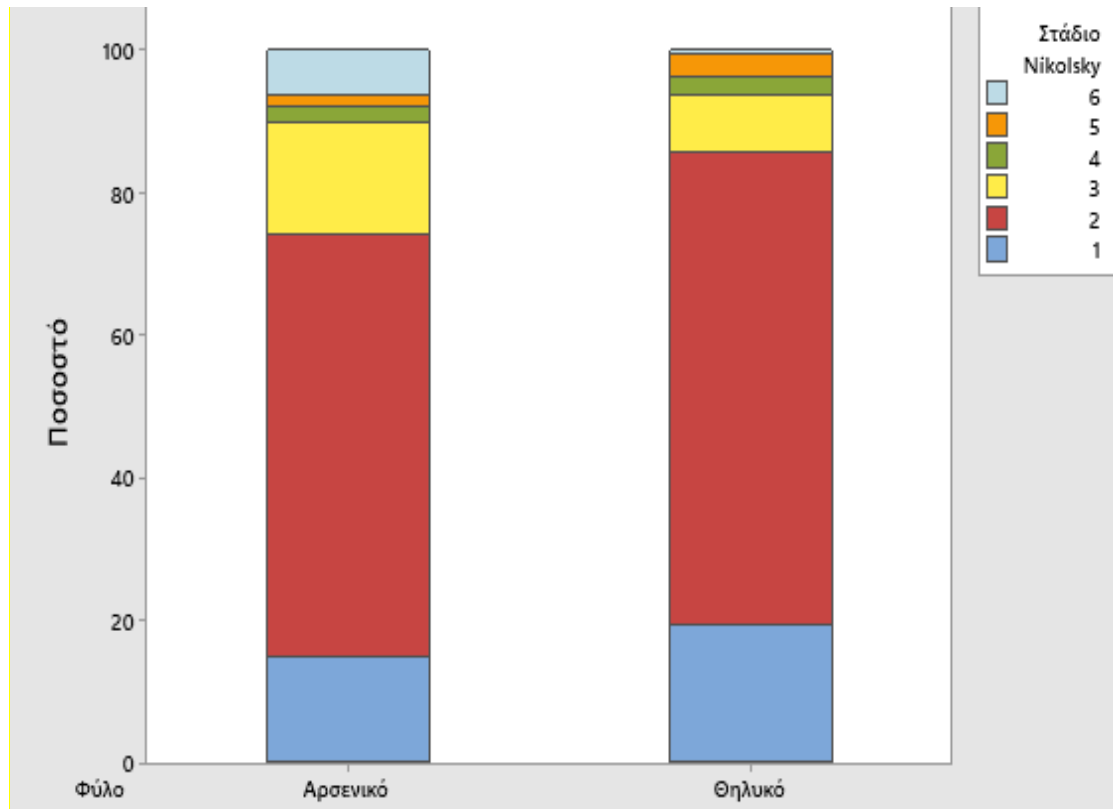
Τα στάδια της αναπαραγωγικής ωριμότητας, σύμφωνα με την κλίμακα Nikolsky, ελέγχθηκαν εποχιακά, φυλετικά και με βάση τις περιοχές δειγματοληψίας. Και στις τρεις περιπτώσεις τα στάδια αναπαραγωγικής ωριμότητας εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω του Moods median test ($p < 0,001$). Εποχιακά, φάνηκε πως η

άνοιξη κατείχε το μεγαλύτερο αριθμό ατόμων για τα στάδια I, III, V, στο καλοκαίρι βρέθηκε η πλειοψηφία των ατόμων σταδίου VI και τέλος το φθινόπωρο, το στάδιο II ήταν το κυρίαρχο (Εικ 38).



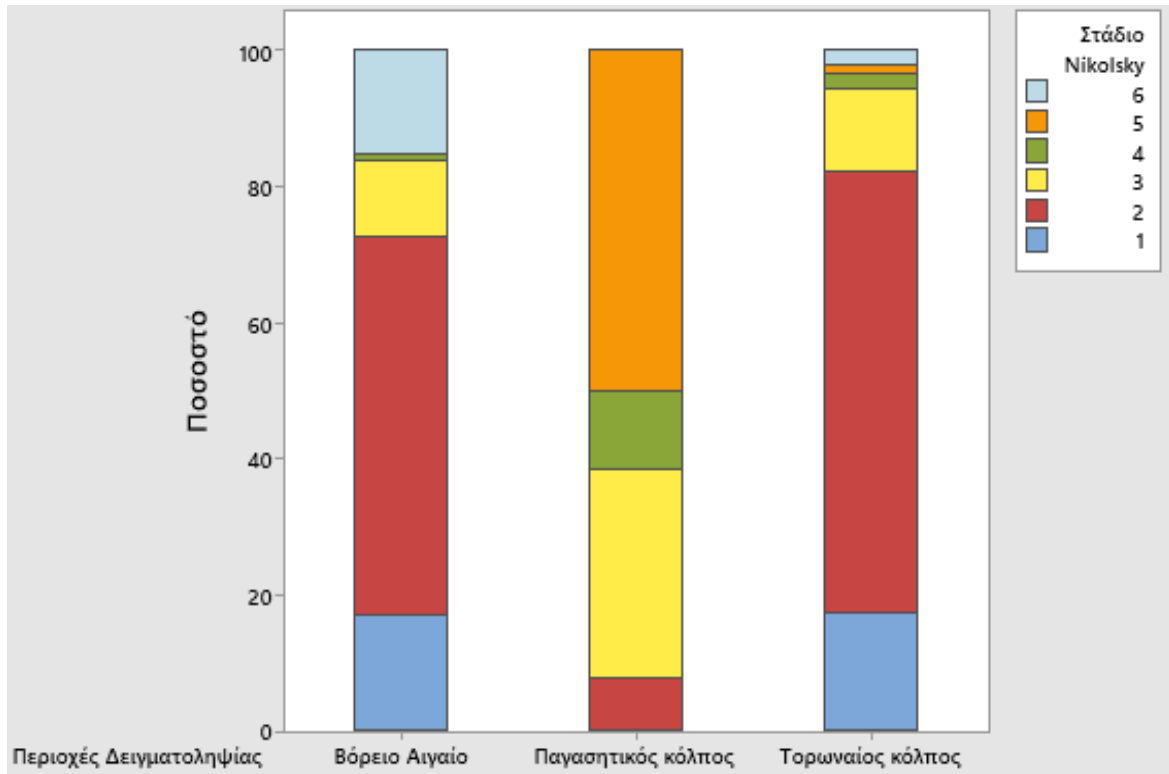
Εικόνα 38. Απεικόνιση σταδίων ωριμότητας βάσει εποχής δειγματοληψίας.

Κατά τη σύγκριση του φύλου με τα στάδια αναπαραγωγικής ωριμότητας εμφανίστηκαν, επίσης, διαφορές στην κατανομή των σταδίων. Πιο συγκεκριμένα, τα αρσενικά υπερείχαν αριθμητικά στα στάδια III, VI, ενώ τα θηλυκά στα υπόλοιπα στάδια (Εικ. 39).



Εικόνα 39. Απεικόνιση σταδίων ωριμότητας βάσει φύλου.

Με βάση την περιοχή της δειγματοληψίας, στα δείγματα του Βορείου Αιγαίου κυριαρχεί το στάδιο VI (Εικ. 40). Στα δείγματα του Παγασητικού κόλπου την πλειοψηφία κατείχαν τα στάδια III, IV, V, ωστόσο δε βρέθηκαν καθόλου άτομα σταδίων I, VI. Τέλος, στα δείγματα του Τορωναίου κόλπου κυριαρχούν τα άτομα των σταδίων I, II. Αυτό σημαίνει πως ενώ στον Παγασητικό βρέθηκαν τα περισσότερα ώριμα άτομα, στον Τορωναίο κόλπο βρέθηκαν τα περισσότερα ανώριμα άτομα.



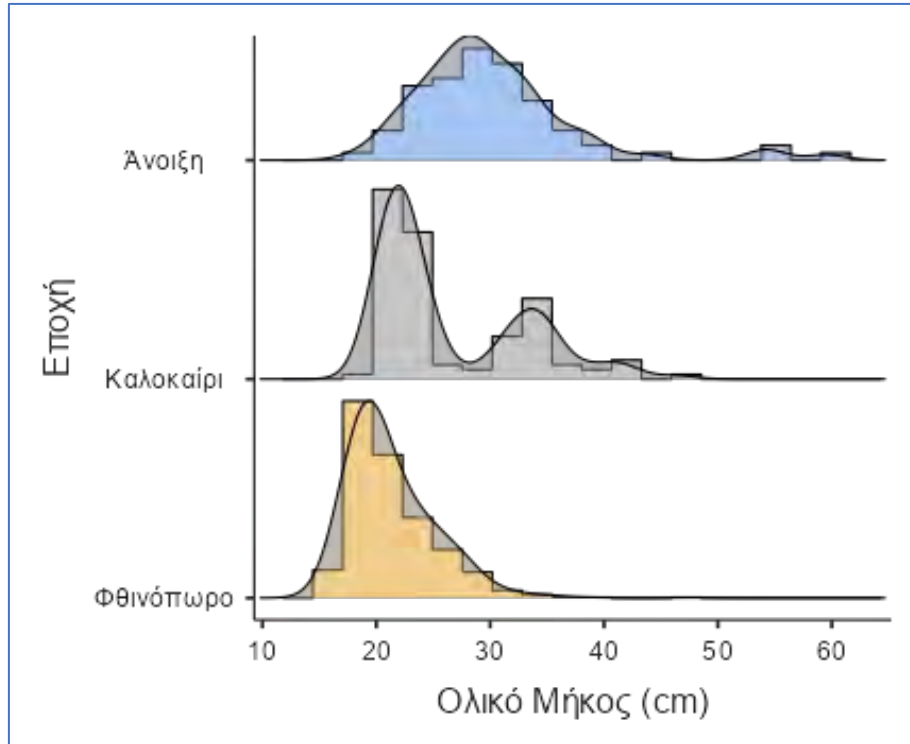
Εικόνα 40. Απεικόνιση σταδίων ωριμότητας βάσει περιοχής δειγματοληψίας.

3.12 Εποχιακές διακυμάνσεις μήκους - βάρους

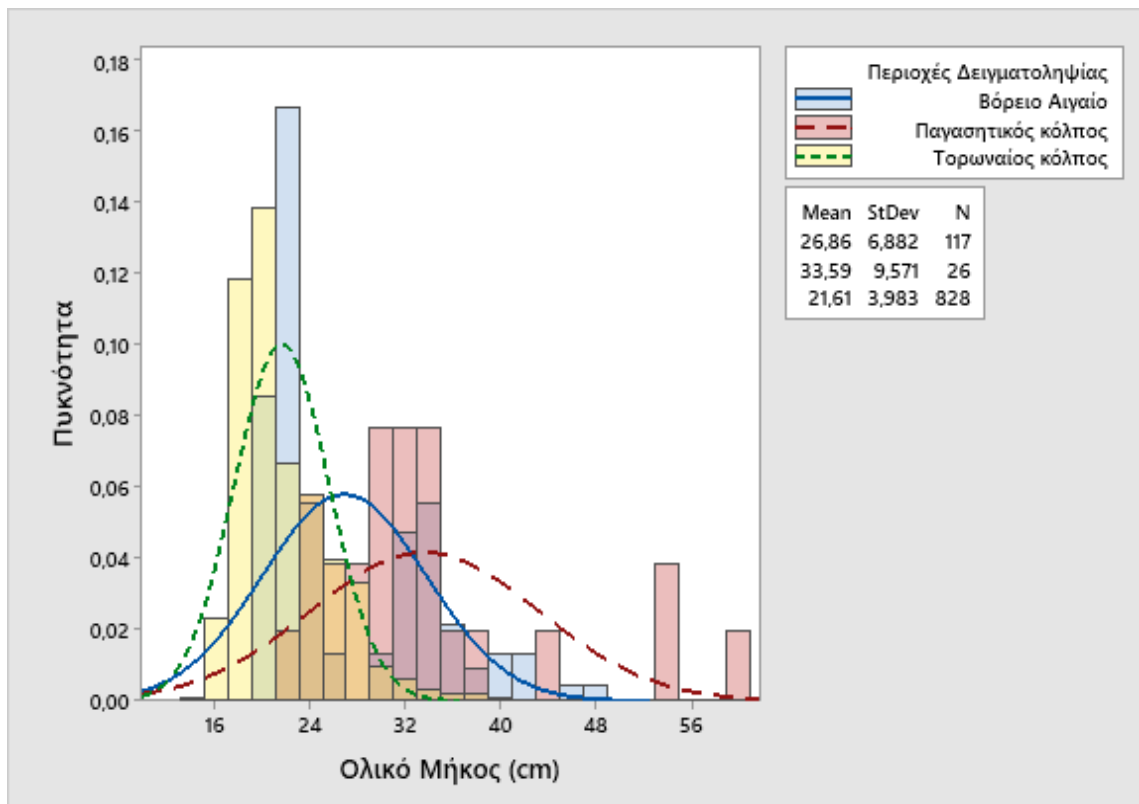
3.12.1 Ολικό μήκος

Στη συνέχεια, ελέγχθηκε αν η τιμή του ολικού μήκους εξαρτάται από την εποχή (Εικ. 41). Τα δεδομένα αναλύθηκαν με το Mood's median test, του οποίου τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,001$).

Τα αποτελέσματα του μη παραμετρικού Mood's median test έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,001$) στο ολικό μήκος και βάρος μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας.



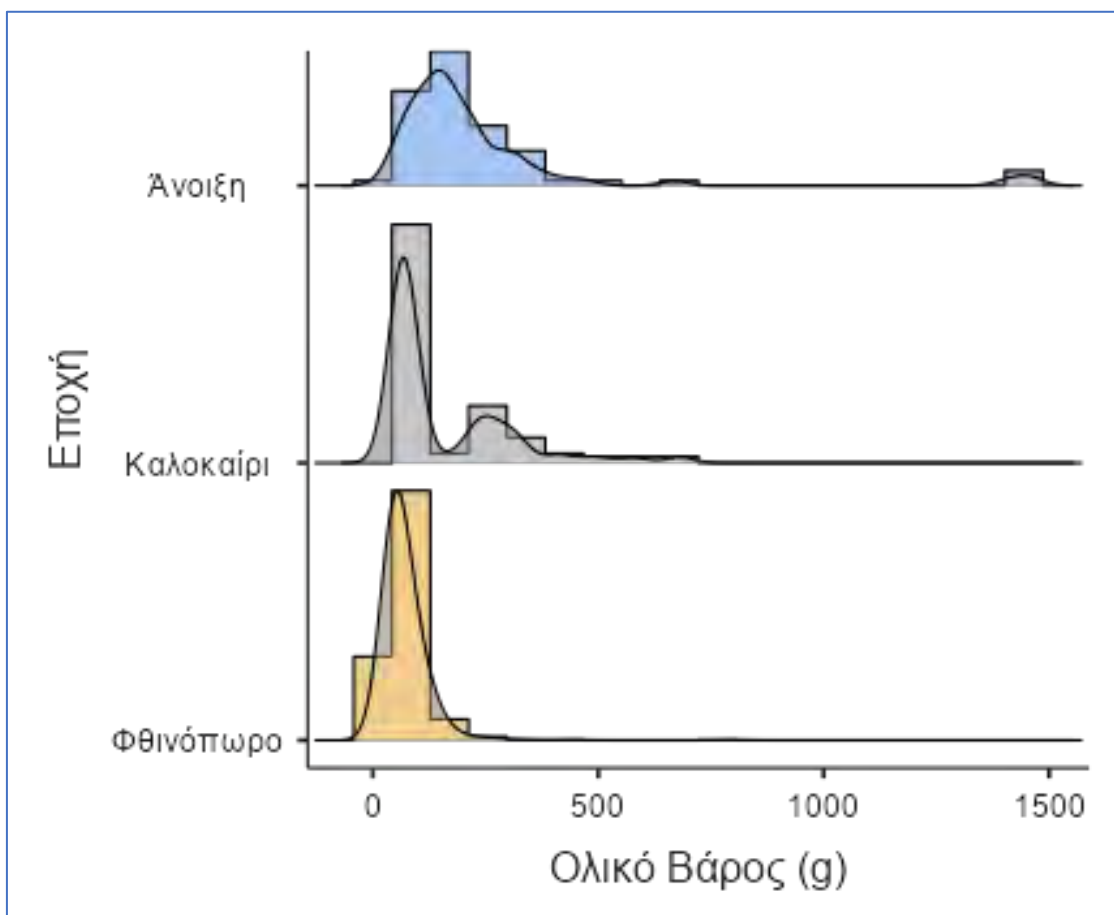
Εικόνα 41. Η εποχιακή διακύμανση του μήκους.



Εικόνα 42. Διακύμανση ολικού μήκους ανά περιοχή δειγματοληψίας.

3.12.2 Ολικό βάρος

Το ολικό βάρος (Εικ. 43) εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των εποχών ($p < 0,001$).



Εικόνα 43. Η εποχιακή διακύμανση του βάρους.

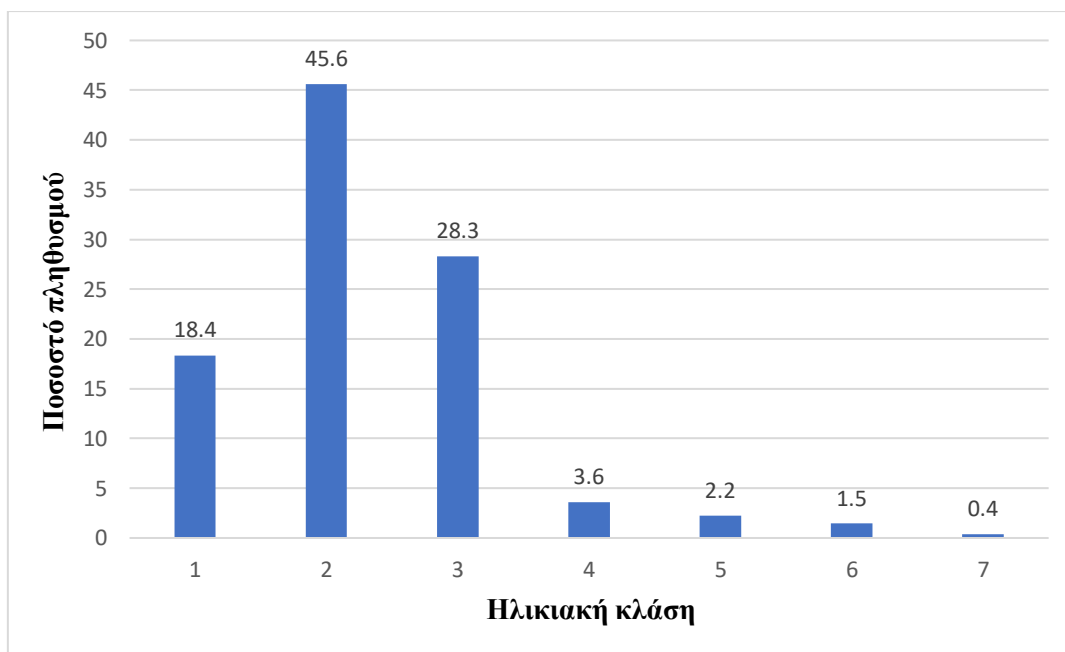
3.13 Υπολογισμός ηλικίας – Bhattacharya

Ο πίνακας 20 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας του Bhattacharya. Υπολογίστηκαν 7 ηλικιακές ομάδες, με τη δεύτερη να είναι η πιο συχνή (45,61%). Οι πρώτες 3 ηλικιακές κλάσεις, έως δηλαδή τα 26 εκατοστά, καλύπτουν σχεδόν το σύνολο του πληθυσμού, καθώς αντιστοιχούν σε ποσοστό 92,3%. Άνω των 26 εκατοστών, συναντώνται 4 ηλικιακές κλάσεις, με την τελευταία να κατέχει τα λιγότερα άτομα.

Πίνακας 20. Ηλικιακές κλάσεις και ποσοστό του πληθυσμού σε κάθε μια από αυτές.

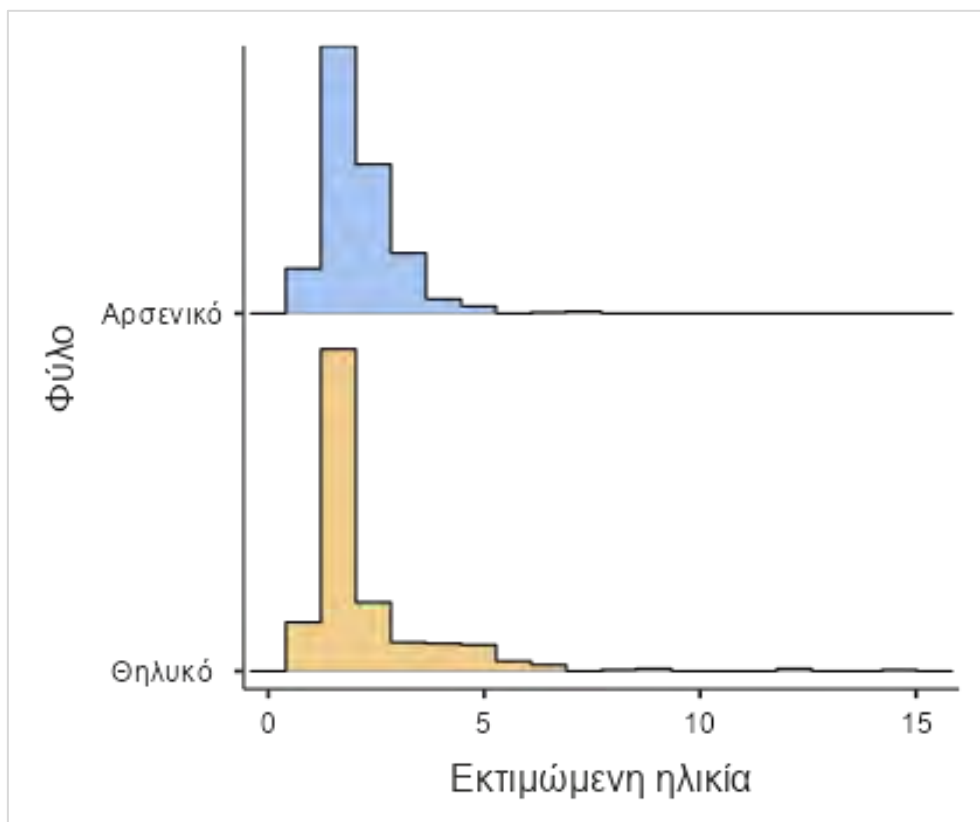
Ηλικιακές κλάσεις	1	2	3	4	5	6	7
Μέσο ολικό μήκος (εκ)	18,20	20,66	25,79	32,29	35,14	38,26	41,96
Τυπική απόκλιση	0,88	1,54	2,47	1,19	0,68	1,83	0,95
Ποσοστό πληθυσμού (%)	18,36	45,61	28,32	3,61	2,25	1,46	0,39

Η εικόνα 44 τονίζει τις ποσοστιαίες μεταβολές μεταξύ των ηλικιακών κλάσεων που αναλύθηκαν στον παραπάνω πίνακα. Είναι εμφανής η επικράτηση της 2^{ης} κλάσης έναντι των υπολοίπων και το γεγονός ότι οι πρώτες 3 κλάσεις κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού.

**Εικόνα 44.** Ποσοστό ηλικιακών κλάσεων.

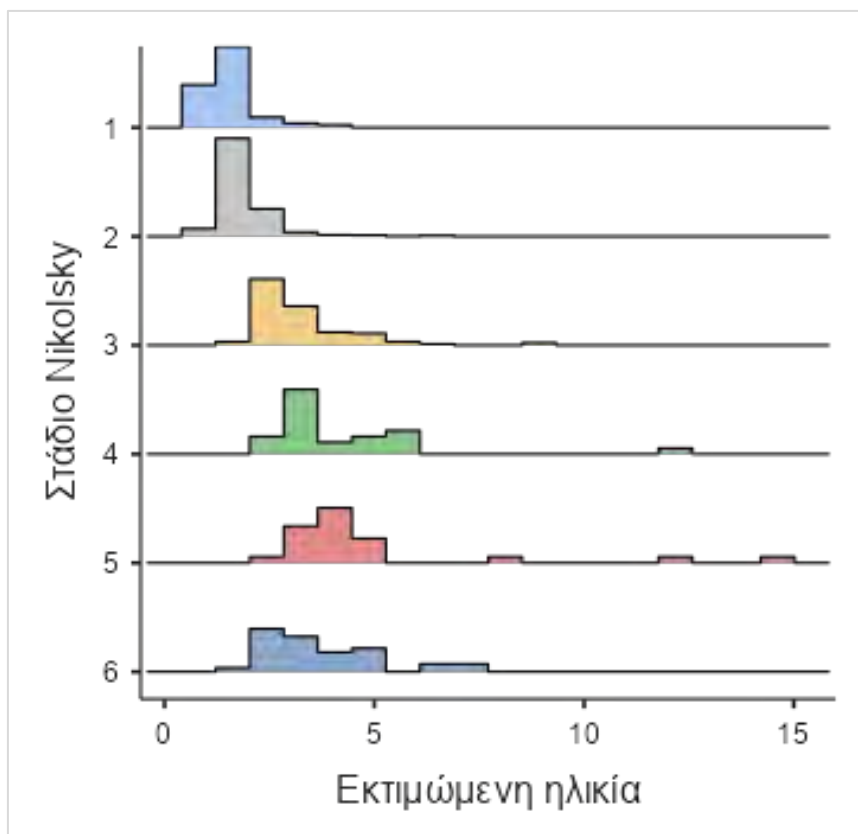
Η μέση ηλικία του πληθυσμού υπολογίστηκε στα 2,1 έτη, ενώ η ελάχιστη βρέθηκε στα 0,8 έτη. Η μέγιστη ηλικία, που καταγράφηκε σε άτομο που αλιεύθηκε στον Παγασητικό, υπολογίστηκε στα 14,7 έτη. Τα θηλυκά άτομα του πληθυσμού

εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερα από τα αρσενικά (Εικ. 45) με τη μέση ηλικία των θηλυκών στα 2,25 έτη, ενώ των αρσενικών στα 2.



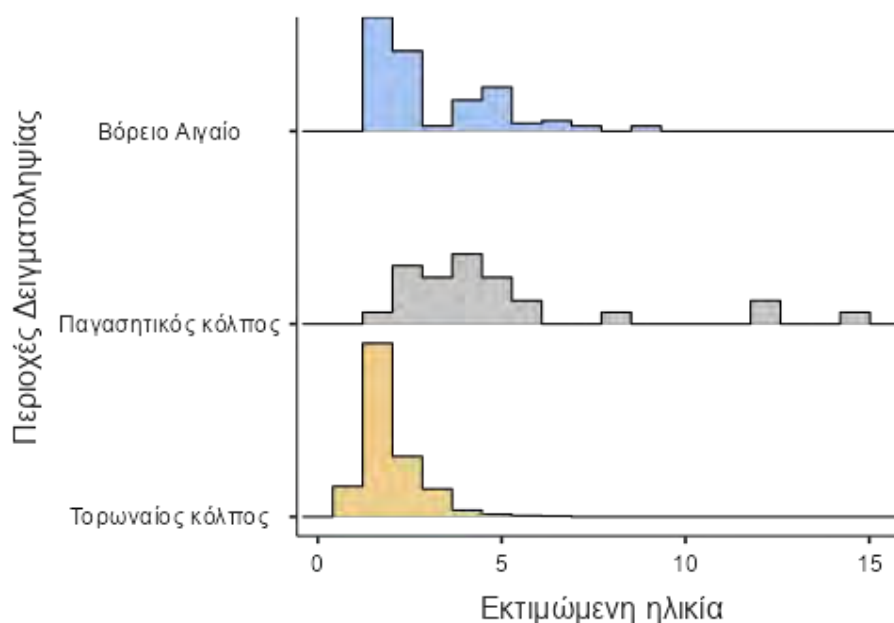
Εικόνα 45. Φυλετική διαφοροποίηση της ηλικίας.

Στη συνέχεια, ελέγχθηκε η ηλικιακή διαφοροποίηση του πληθυσμού σύμφωνα με το στάδιο ωριμότητας των ιχθύων. Η ηλικία του πληθυσμού εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας ($p < 0,001$). Η μέση ηλικία υπολογίστηκε στα 1,5 – 1,8 – 3,2 – 4,1 – 4,9 – 3,8 για κάθε ένα από τα έξι στάδια ωριμότητας αντίστοιχα. Στο στάδιο V ανήκε το μεγαλύτερο άτομο, ενώ μεγαλύτερα άτομα ηλικιακά, βρέθηκαν στα στάδια III, IV, V, σε σχέση με το στάδιο VI (Εικ. 46).



Εικόνα 46. Διαφοροποίηση της ηλικίας βάσει του σταδίου ωριμότητας.

Τέλος, διερευνήθηκαν διαφορές της ηλικίας με την περιοχή της δειγματοληψίας. Μέσω του Mood's median test βρέθηκε πως η ηλικία του πληθυσμού επηρεάζεται από την περιοχή ($p < 0,001$). Στην εικόνα 47 φαίνεται πως τα μεγαλύτερα άτομα ανήκαν στα δείγματα που αλιεύτηκαν από τον Παγασητικό κόλπο, ενώ τα μικρότερα προέρχονταν από τον Τορωναίο. Πιο συγκεκριμένα, η μέση ηλικία των ατόμων που αλιεύτηκαν στον Παγασητικό ήταν τα 5 έτη, ενώ η αντίστοιχη στον Τορωναίο βρέθηκε στα 2 έτη.



Εικόνα 47. Διαφοροποίηση της ηλικίας βάσει περιοχλης δειγματοληψίας.

3.13.1 Μορφομετρία ωτολίθων

Στον πίνακα 21 παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ωτολίθων. Διακρίνεται ο μέσος, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση, το ελάχιστο και το μέγιστο για κάθε ωτόλιθο.

Πίνακας 21. Περιγραφή των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ωτολίθων (όπου: N, αριθμός δειγμάτων, Μ.Ο. Μέσος όρος, Τ.Α. Τυπική Απόκλιση).

	N	Μ. Ο.	Διάμεσος	Τ.Α.	Ελάχιστο	Μέγιστο
Βάρος ωτολίθου	298	0.0963	0.0910	0.0538	0.0259	0.298
Περίμετρος ωτολίθου	300	37.8	35.8	9.74	21.4	82.7
Εμβαδόν ωτολίθου	300	51.3	47.9	21.5	19.3	121
Διάμετρος ωτολίθου	300	13.3	13.1	2.93	8.13	21.2
Πλάτος ωτολίθου	300	5.44	5.46	1.09	3.32	8.84

Ο πίνακας 22 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης μεταξύ του ολικού μήκους (TL) και των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ωτολίθων.

Μπορεί να διακριθεί και η εξίσωση υπολογισμού της κάθε παραμέτρου από το ολικό μήκος.

Πίνακας 22. Παράμετροι ανάλυσης παλινδρόμησης μεταξύ ολικού μήκους (TL) και αρκετών μορφομετρικών των ωτόλιθων. Παράμετροι: OA, εμβαδόν ωτολίθου; OL, μήκος ωτολίθου; OWD, πλάτος ωτολίθου; OP, περίμετρος ωτολίθου; N, αριθμός από δείγματα; *, σημαντική διαφορά ($p\text{-value} < 0,05$).

N	TL (εκ)		R2 (%)	T-test	Εξίσωση
OA (mm)					
150	47,59	19,257 - 121,258	86,5	*	TL (εκ) = 14,29 + 0,2715 Εμβαδόν ωτολίθου
OW (γρ)					
149	47,59	0,2983	87,74	*	TL (εκ) = 17,82 + 108,7 Βάρος ωτολίθου
OP (mm)					
150	47,59	21,406 - 82,68	72,95	*	TL (εκ) = 7,474 + 0,5487 Περίμετρο ωτολίθου
OWD (mm)					
150	47,59	3,324 - 8,84	84,43	*	TL (εκ) = - 0,4051 + 5,268 πλάτος ωτολίθου
OL (mm)					
150	47,59	8,132 - 21,216	87,17	*	TL (εκ) = 1,724 + 1,991 Μήκος ωτολίθου

3.14 Παράμετροι αύξησης, σημείο καμπής και μέγιστη ηλικία

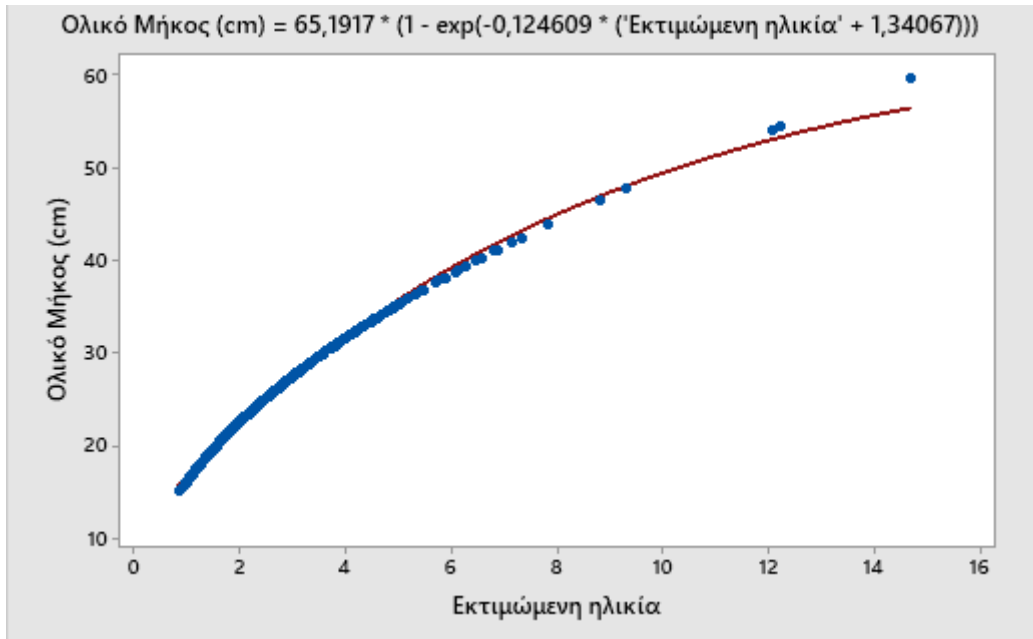
Ο πίνακας 23 δείχνει τις τιμές των παραμέτρων του von Bertalanffy που προέκυψαν για το σύνολο του πληθυσμού. Πιο συγκεκριμένα, το ασυμπτωτικό μήκος (L_{∞}) υπολογίστηκε στα 65,192 εκατοστά, το k (παραμέτρος που εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο το ψάρι πλησιάζει το L_{∞}) υπολογίστηκε στο 0,1246 και το t_0 (θεωρητική ηλικία όταν το μέγεθος ενός ιχθύος είναι μηδέν εκατοστά) υπολογίστηκε σε -1,3407 έτη.

Πίνακας 23. Παράμετροι της εξίσωσης von Bertalanffy για το σύνολο του πληθυσμού.

Παράμετροι	L_{∞}	k	t_0
Τιμή	65,192	0,1246	-1,3407
SE	0,322531	0,00111	0,010067

Η εικόνα 48 παρουσιάζει την εξίσωση του von Bertalanffy για το σύνολο του πληθυσμού και τη γραμμή τάσης που τη διαπερνά. Η εξίσωση είναι η εξής:

$$\text{Ολικό Μήκος (cm)} = L_{inf} * (1 - \exp(-k * ('\text{Εκτιμώμενη ηλικία}' - t_0)))$$



Εικόνα 48. Καμπύλη ανάπτυξης με βάση την εξίσωση von Bertalanffy για το σύνολο του πληθυσμού.

Το σημείο καμπής για τον πληθυσμό υπολογίστηκε στα 7,5 έτη. Η μέγιστη ηλικία, κατά τον Taylor (1958), υπολογίστηκε στα 22,74 έτη. Κατά τους Froese & Binohlan (2000), η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού υπολογίστηκε στα 22,70 έτη. Σύμφωνα με τον Pauly (1983), η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού υπολογίστηκε στα 24,08 έτη. Ως μέγιστη ηλικία του πληθυσμού πάρθηκε ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων, που υπολογίστηκε στα 23,17 έτη. Ο ρυθμός αύξησης βρέθηκε πως ήταν 2,72.

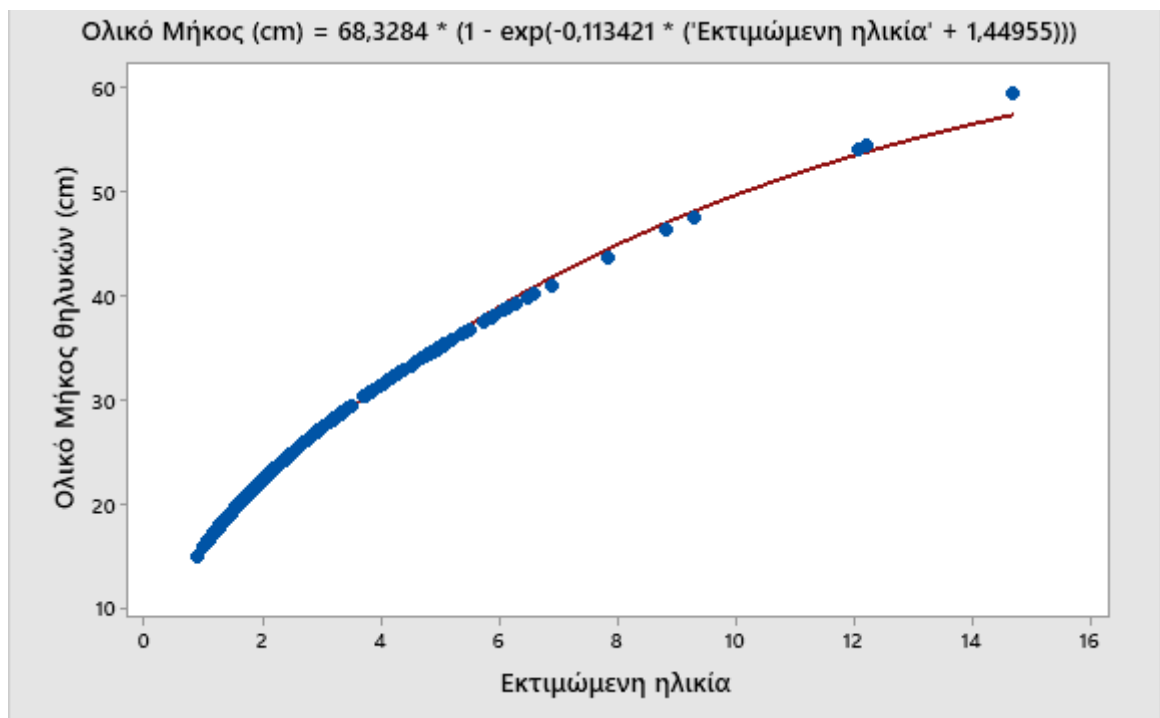
3.14.1 Θηλυκά

Στον πίνακα 24 παρουσιάζονται οι τιμές της εξίσωσης von Bertalanffy για τα θηλυκά άτομα του πληθυσμού. Πιο συγκεκριμένα, το L_{∞} υπολογίστηκε στα 68,3284 εκατοστά, το k υπολογίστηκε στο 0,1134 και το t_0 υπολογίστηκε σε -1,4496 έτη.

Πίνακας 24. Τιμές του von Bertalanffy για τα θηλυκά άτομα του πληθυσμού.

Παράμετροι	L_{∞}	k	t_0
Τιμή	68,3284	0,1134	-1,4496
SE	0,470842	0,001433	0,015472

Αντίστοιχα με την εικόνα 48, η εικόνα 49 παρουσιάζει την εξίσωση και την καμπύλη του von Bertalanffy για τα θηλυκά δείγματα του μεσογειακού μπακαλιάρου.



Εικόνα 49. Εξίσωση και καμπύλη του von Bertalanffy για τα θηλυκά δείγματα του μεσογειακού μπακαλιάρου.

Το σημείο καμπής για τα θηλυκά άτομα υπολογίστηκε στα 8,24 έτη. Η μέγιστη ηλικία κατά τον Taylor (1958), υπολογίστηκε στα 25 έτη. Κατά τους Froese & Binohlan (2000), η μέγιστη ηλικία των θηλυκών υπολογίστηκε στα 25 έτη. Σύμφωνα με τον Pauly (1983) η μέγιστη ηλικία υπολογίστηκε στα 26,5 έτη. Ως μέγιστη ηλικία των θηλυκών πάρθηκε ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων που υπολογίστηκε στα 25,5 έτη. Ο ρυθμός αύξησης βρέθηκε πως ήταν 2,71.

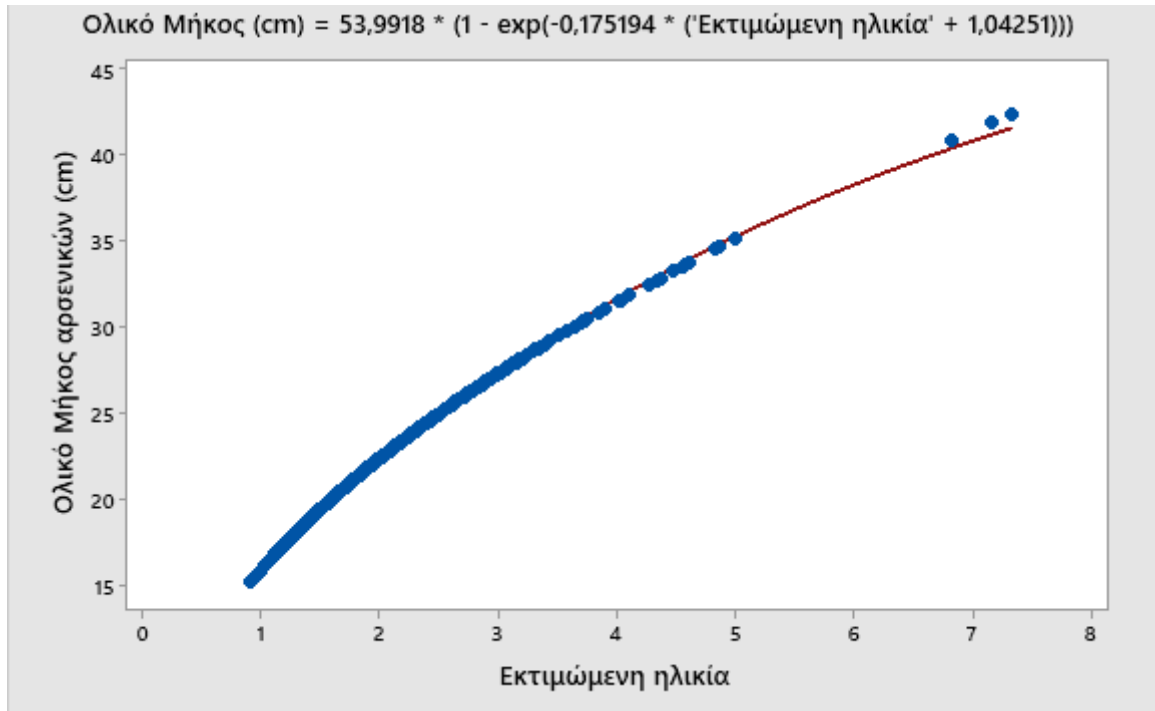
3.14.2 Αρσενικά

Στον πίνακα 25 παρουσιάζονται οι τιμές του von Bertalanffy για τα αρσενικά άτομα του πληθυσμού. Πιο συγκεκριμένα, το L_{∞} υπολογίστηκε στα 53,992 εκατοστά, το k υπολογίστηκε στο 0,1752 και το t_0 υπολογίστηκε σε -1,0425 έτη.

Πίνακας 25. Τιμές των παραμέτρων του von Bertalanffy για τα αρσενικά άτομα του πληθυσμού.

Παράμετροι	L_{∞}	k	t_0
Τιμή	53,992	0,1752	-1,0425
SE	0,249649	0,00152	0,00801

Αντίστοιχα με την εικόνα 49, η εικόνα 50 παρουσιάζει την εξίσωση και την καμπύλη του von Bertalanffy για τα αρσενικά δείγματα του μεσογειακού μπακαλιάρου.



Εικόνα 50. Εξίσωση και καμπύλη του von Bertalanffy για τα αρσενικά δείγματα του μεσογειακού μπακαλιάρου.

Το σημείο καμπής για τα αρσενικά άτομα υπολογίστηκε στα 5,23 έτη. Η μέγιστη ηλικία κατά τον Taylor (1958), υπολογίστηκε στα 16,08 έτη. Κατά τους Froese & Binohlan (2000), η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού υπολογίστηκε στα 16,1 έτη. Σύμφωνα με τον Pauly (1983), η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού υπολογίστηκε στα 24,1 έτη. Ως μέγιστη ηλικία του πληθυσμού πάρθηκε ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων, που υπολογίστηκε στα 18,76 έτη. Ο ρυθμός αύξησης βρέθηκε πως ήταν 2,72

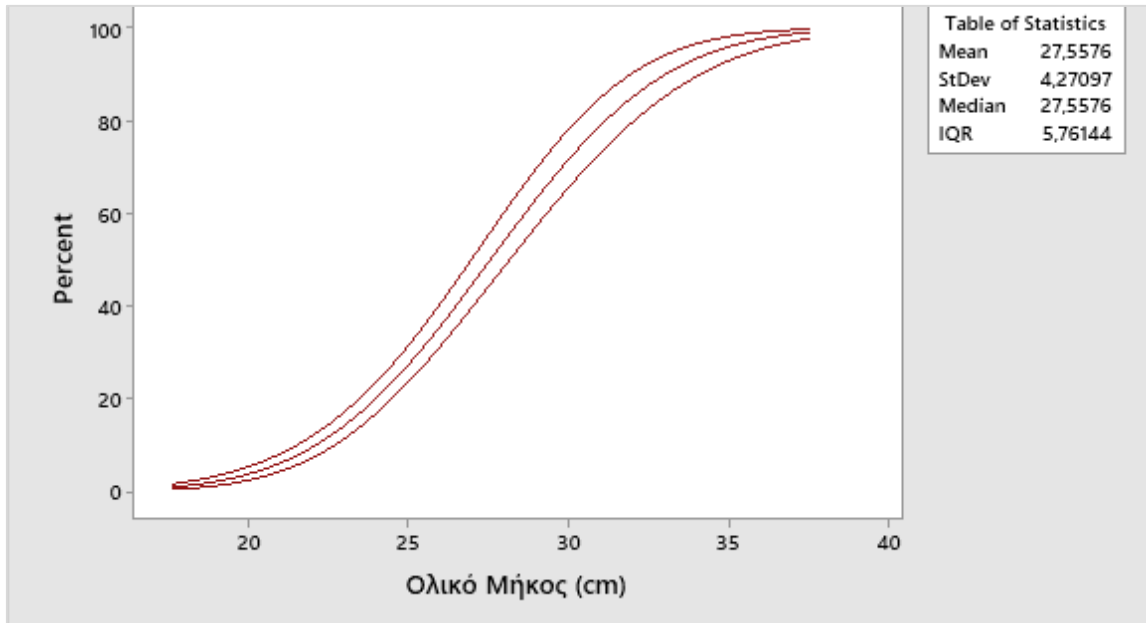
Στον πίνακα 26 παρουσιάζεται η σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς τις παραμέτρους του von Bertalanffy για το Μεσογειακό μπακαλιάρο.

Πίνακας 26. Σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς τις παραμέτρους του von Bertalanffy για το Μεσογειακό μπακαλιάρο.

Έρευνες	Φύλο	L_{∞}	K	t0	ϕ'	Περιοχή μελέτης
Παρούσα εργασία	Και τα 2 φύλα	65,192	0,1246	-1,3407	2,72	Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο
	Αρσενικά	53,9918	0,1752	-1,0425	2,72	
	Θηλυκά	68,3284	0,1134	-1,4496	2,71	
Bouaziz et al. 1998	Αρσενικά	48,72	0,321	-0,074	2.882	Ακτές τις Αλγερίας
	Θηλυκά	80,64	0,139	-0,422	2.956	
Piñeiro & Sainza, 2003	Και τα 2 φύλα	80,8	0,35	-1,7	3,36	Στενό του Γιβραλτάρ, Ισπανία
Belcaid & Ahmed 2011	Και τα 2 φύλα	72,45	0,28	-0,72	3,16	Ατλαντικός, Μαρόκο
El Habouz et al. 2011	Και τα 2 φύλα	115,4	0,14	-0,919	3,27	Ατλαντικός, Μαρόκο
Khoufi et al. 2014	Και τα 2 φύλα	110	0,198	-0,5	3,29	Ακτές της Τυνησίας
Philips 2014	Και τα 2 φύλα	74.193	0,119	-0,281	2,82	Μεσόγειος, Αίγυπτος
Soykan et al. 2015	Και τα 2 φύλα	54,53	0,315	-0,223	2,97	Κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος
Kahraman et al. 2017	Αρσενικά	102,43	0,091	-0,829	2,93	Θάλασσα του Μαρμαρά
	Θηλυκά	106,36	0,082	-1,097	2,96	
	Και τα 2 φύλα	103,97	0,087	-0,926	2,97	
Uzer et al. 2019	Αρσενικά	88,54	0,108	-0,99	2,93	Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος, Τουρκία
	females	102,3	0,091	-1,31	2,97	
	Και τα 2 φύλα	102,6	0,099	-0,8	3,01	
Gül et al. 2019	Και τα 2 φύλα	57,5	0,27	-0,57	-	Θάλασσα του Μαρμαρά
El Bouzidi et al. 2022	Αρσενικά	69,15	0,31	-0,426	-	Ατλαντικός, Μαρόκο
	Θηλυκά	80,19	0,27	-0,472	-	
	Και τα 2 φύλα	77,39	0,3	-0,427	3,25	

3.15 Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας

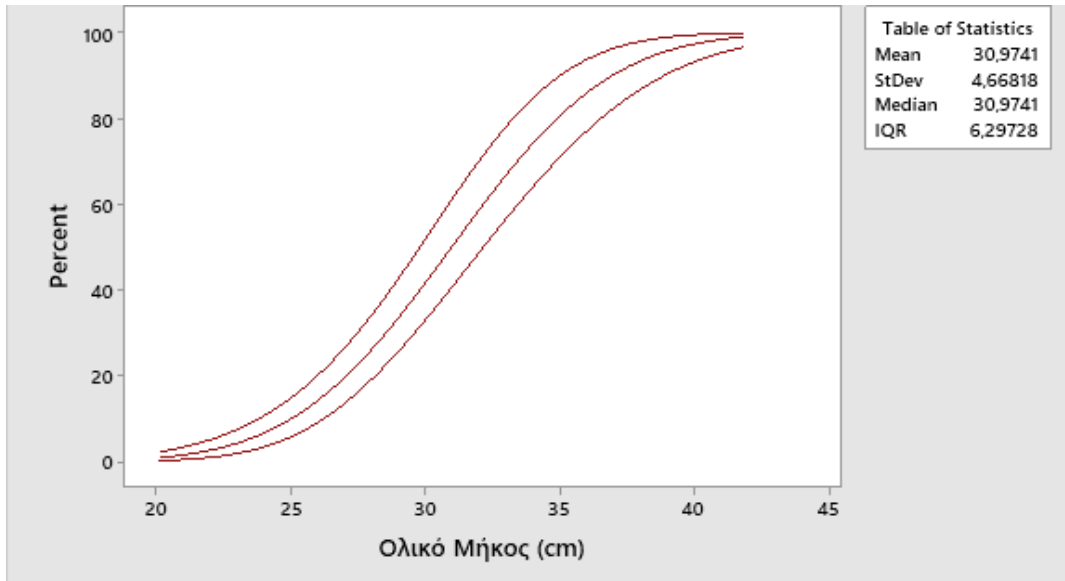
Το μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας, που αναφέρεται στο μήκος κατά το οποίο το 50% των ατόμων έχουν γίνει σεξουαλικά ώριμα, υπολογίστηκε για το σύνολο του πληθυσμού στα 2,9 έτη ή στα 27,55 εκατοστά, όπως φαίνεται και από την εικόνα 51 μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης.



Εικόνα 51. Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας για το σύνολο του πληθυσμού. Percent: ποσοστό, Mean: μέσος, StDen: τυπική απόκλιση, Median: διάμεσος, IQR: ενδοτεταρτημοριακό εύρος.

3.15.1 Θηλυκά

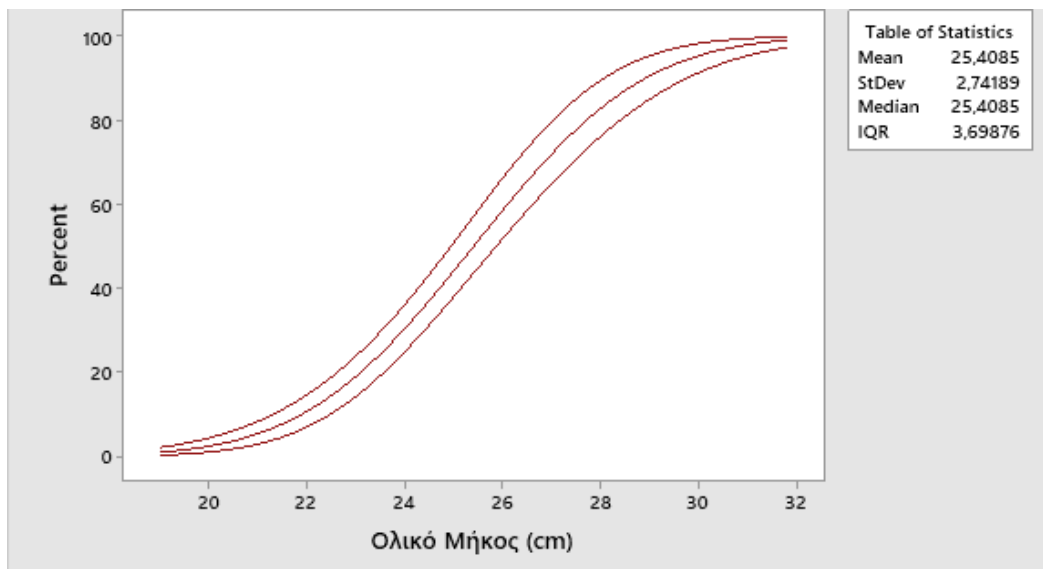
Το μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας υπολογίστηκε για τα θηλυκά δείγματα του πληθυσμού στα 3,8 έτη ή στα 30,97 εκατοστά, όπως φαίνεται και από την εικόνα 52 μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης.



Εικόνα 52. Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας για τα θηλυκά. Percent: ποσοστό, Mean: μέσος, StDev: τυπική απόκλιση, Median: διάμεσος, IQR: ενδοτεταρτημοριακό εύρος.

3.15.2 Αρσενικά

Το μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας υπολογίστηκε για τα αρσενικά δείγματα του πληθυσμού στα 2,6 έτη ή στα 25,41 εκατοστά, όπως φαίνεται και από την εικόνα 53 μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης.



Εικόνα 53. Μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας για τα αρσενικά. Percent: ποσοστό, Mean: μέσος, StDev: τυπική απόκλιση, Median: διάμεσος, IQR: ενδοτεταρτημοριακό εύρος.

Στον πίνακα 27 παρουσιάζεται η σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς το μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας για το Μεσογειακό μπακαλιάρο.

Πίνακας 27. Σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς το μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας για το Μεσογειακό μπακαλιάρο

Έρευνες	L ₅₀ αρσενικά (εκ)	L ₅₀ θηλυκά (εκ)	Περιοχή μελέτης
Παρούσια εργασία	25,41	30,97	Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο
<i>Alegria</i>			
<i>Hernandez & Jukic 1992</i>	-	31.3	Κεντρική Αδριατική Θάλασσα
<i>Bouaziz 1992</i>	21,5	30,6	Bou-Isnaïl, Αλγερία
<i>Biagi et al. 1995</i>	27	42,5	Βόρεια Τυρρηνική Θάλασσα
<i>El Habouz. 1995</i>	35	46.5	Ατλαντικός, Μαρόκο
<i>Lahrizi. 1996</i>	37.8	41.1	Ατλαντικός, Μαρόκο
<i>Stergiou et al. 1997</i>	-	36.0	Ελληνικές ακτές
<i>Bouaziz et al. 1998</i>	21.5	35.1	Bou-Ismail, Αλγερία
<i>Recasens et al. 1998</i>	28.8	28.8	Μεσόγειος Θάλασσα, Κόλπος των Lions
<i>Pineiro & Sainza 2003</i>	32.8	45.0	Ατλαντικός, Ιβηρικά νερά
<i>Ragonese et al. 2004</i>	-	33.5	Διώρυγα της Σικελίας
<i>Recasens et al. 2008</i>	-	35.8	Καταλανική Θάλασσα
	-	35.1	Βόρεια Τυρρηνική Θάλασσα
<i>Al-Absawy 2010</i>	-	34,4	Αιγυπτιακά Μεσογειακά νερά
<i>El Habouz. 2014</i>	28.6	33.8	Ατλαντικός, Μαρόκο
<i>Soykan et al. 2015</i>	25.6	21.4	Κεντρικό Αιγαίο
<i>Kahraman et al. 2017</i>	22.5	29.9	Θάλασσα του Μαρμαρά
	-	30.03	Σαρδηνία
<i>Carbonara et al. 2019</i>	-	31.95	Νότια Αδριατική Θάλασσα
	-	33.03	Κεντρική και Νότια Τυρρηνική Θάλασσα
	-	32.94	Δυτικό Ιόνιο Πέλαγος
<i>Candelma et al. 2021</i>	-	30.81 (μακροσκοπικά), 33.73 (μικροσκοπικά)	Κεντρική Αδριατική Θάλασσα
	-	31.95	Νότια Αδριατική Θάλασσα

3.16 Θνησιμότητα, άριστο μήκος και ρυθμός εκμετάλλευσης

Η φυσική θνησιμότητα (M), που αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στην αξιολόγηση και διαχείριση των αλιευτικών αποθεμάτων, υπολογίστηκε κατά Pauly (1980) 0,284. Κατά τους Djabali et al. (1993), βρέθηκε 0,26. Σύμφωνα με τον Jensen (1996), η φυσική θνησιμότητα υπολογίστηκε 0,186 και με την μέθοδο Length-Converted Catch Curve (Pauly 1982), βρέθηκε 0,26. Ως τιμή για τη φυσική θνησιμότητα θεωρήθηκε ο μέσος των τεσσάρων μεθοδολογιών και ήταν 0,247.

Η ολική θνησιμότητα (Z) υπολογίστηκε κατά Beverton & Holt (1957) και η τιμή της ήταν 0,975, κατά Ault & Ehrhardt (1992) και βρέθηκε πως ήταν 0,965, και με την μέθοδο Length-Converted Catch Curve (Pauly 1982) η τιμή που προέκυψε ήταν 0,98. Άρα, ως τιμή για την ολική θνησιμότητα θεωρήθηκε ο μέσος των τριών μεθοδολογιών και ήταν 0,973.

Η αλιευτική θνησιμότητα (F), προέκυψε μέσω της αφαίρεσης της φυσικής (M) από την ολική θνησιμότητα (Z). Η τιμή της υπολογίστηκε σε 0,73. Το άριστο μήκος (L_{opt}), μέγεθος ψαριού στο οποίο η βιομάζα της κοόρτης φτάνει το μέγιστο, υπολογίστηκε στα 39 εκατοστά, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του (Beverton, 1982).

Ο ρυθμός εκμετάλλευσης (E) που εκφράζει την αλιευτική θνησιμότητα (F) σε σχέση με τη φυσική θνησιμότητα (M), υπολογίστηκε από την εξίσωση:

$$E = F / (F + M)$$

και βρέθηκε πως η τιμή του είναι 0,75, η οποία είναι μεγαλύτερη του 0,5, άρα υποδηλώνει πως ο πληθυσμός είναι υπεραλιευμένος.

Η αναλογία F/M υπολογίστηκε 2,96, κάτι που σημαίνει πως η αλιευτική θνησιμότητα επηρεάζει περισσότερο τον πληθυσμό από ότι η φυσική. Τέλος, η τιμή της

αναλογίας Z/K υπολογίστηκε $7,81 \gg 1$. Άρα, η θνησιμότητα κυριαρχεί έναντι της ανάπτυξης.

Στον πίνακα 28 παρουσιάζεται η σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς τη θνησιμότητα και τον ρυθμό εκμετάλλευσης για το Μεσογειακό μπακαλιάρο.

Πίνακας 28. Σύγκριση διαφορετικών περιοχών και ετών ως προς την θνησιμότητα για το μεσογειακό μπακαλιάρο.

Έρευνες	Z (y^{-1})	M (y^{-1})	F (y^{-1})	E	Περιοχή μελέτης
Παρούσα εργασία	0,973	0,247	0,73	0,75	Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο
<i>Djabali et al. 1991</i>	0.66	0.3	0.36	0.54	Αλγερία
<i>Belhocine 2012</i>	0.86	0.23	0.63	0.73	Δυτικές ακτές της Αλγερίας
<i>Gurbet et al. 2013</i>	2.24	0.58	1.66	0.74	Κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος
<i>Betatache-Alik 2015</i>	2.28	0.24	2.04	0.89	Ανατολικές ακτές της Αλγερίας
<i>Soykan et al. 2015</i>	1,539	0.579	0.959	0.62	Κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος
<i>Kahraman et al. 2017</i>	2.01	0.19	1.81	0.9	Θάλασσα του Μαρμαρά
<i>Uzer et al. 2019</i>	2.21	0.57	1.61	0.72	Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος
<i>El Bouzidi et al. 2022</i>	1.49	0.51	0.98	0.66	Ατλαντικός, Μαρόκο

3.17 Μικροσκοπική ανατομία των γονάδων

3.17.1 Θηλυκά

Η οργάνωση των ωοθηκών ποικίλει έντονα στα διάφορα είδη τελεόστων ιχθύων. Συνήθως οι ωοθήκες αποτελούν διπλές (ζεύγος) δίλοβες επιμήκεις δομές, που κρέμονται από το ραχιαίο κοιλιακό τοίχωμα μέσω του μεσοωθηλακίου και περιβάλλονται από τον ινώδη χιτώνα, που περιέχει ινώδη ιστό και λείες μυϊκές ίνες. Ένας κοντός ωαγωγός, οδηγεί τα αβγά στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του γεννητικού πόρου (Ferguson 2006). Τα πέταλα αυτά είναι τοποθετημένα κάθετα προς τον επιμήκη άξονα κάθε ωοθήκης (Groman 1982). Η ανάπτυξη των αβγών από τα ωογόνια ξεκινάει μέσα στα πέταλα, στη συνέχεια όμως, πέφτουν μέσα στην κοιλότητα της ωοθήκης με μια επένδυση από κύτταρα. Έτσι, σχηματίζεται το ωοθυλάκιο, το οποίο

περιλαμβάνει το ωοκύτταρο, την υαλοειδή διαυγή ζώνη, τη ζώνη των κυλινδρικών ωοθυλακικών κυττάρων, αλλιώς κοκκώδη υμένα, και τη θήκη του ωοθυλακίου εξωτερικά (Ferguson 2006).

Στους τελεόστεους ιχθύες, η ωογένεση περιλαμβάνει έξι βασικά στάδια, τα οποία είναι:

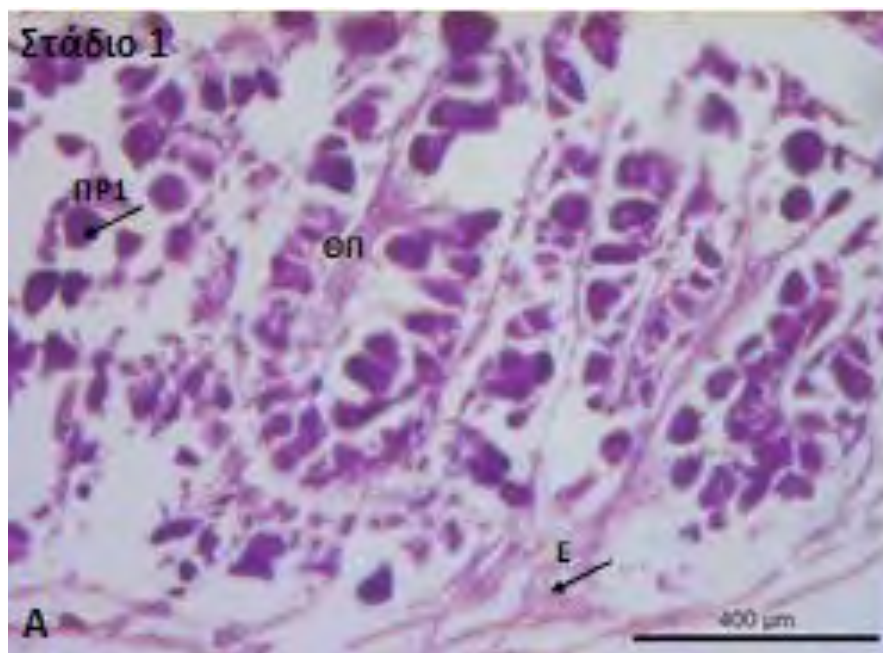
1. σχηματισμός των αρχέγονων γεννητικών κυττάρων (διαχωρισμός της γεννητικής γραμμής),
2. μεταμόρφωση των αρχέγονων γεννητικών κυττάρων σε ωογόνια (σεξουαλική διαφοροποίηση),
3. μεταμόρφωση των ωογονίων σε ωοκύτταρα (έναρξη της μείωσης),
4. ανάπτυξη των ωοκυττάρων με αναστολή της μείωσης,
5. συνέχιση της μείωσης (ωρίμανση) και
6. αποβολή του ωαρίου από το ωοθυλάκιο (ωοθυλακιορρηξία).

3.17.1.1 Ανάλυση σταδίων

Ο Nikolsky (1963), περιγράφοντας τα διάφορα στάδια εξέλιξης των γονάδων των ιχθύων, έδωσε τα παρακάτω στάδια για τα θηλυκά άτομα:

1) Στάδιο ανωριμότητας ή ανώριμο στάδιο

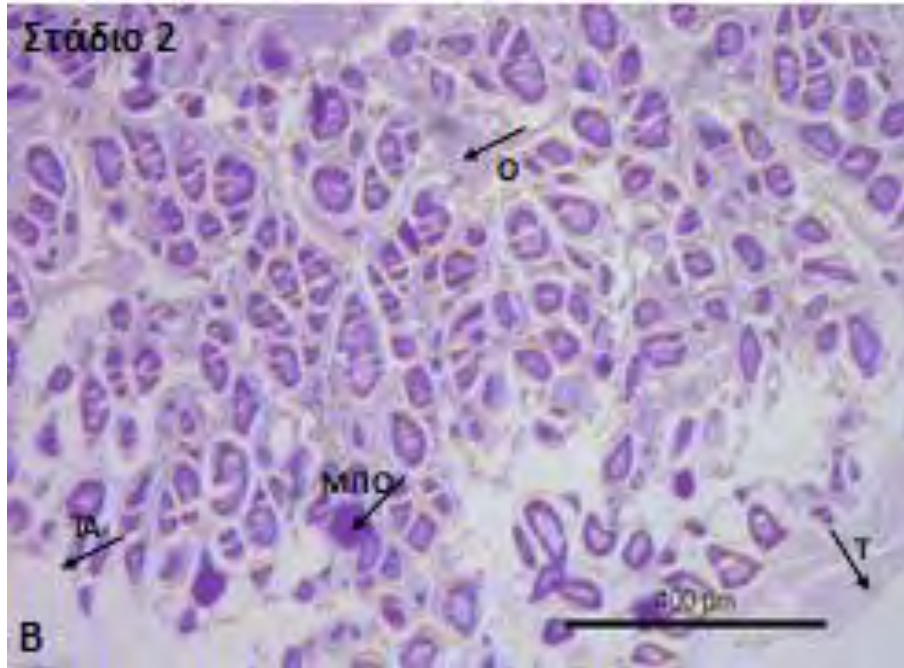
Νεαρά άτομα, τα οποία δεν έχουν ποτέ συμμετάσχει στην αναπαραγωγική διαδικασία. Οι γονάδες, μακροσκοπικά, είναι πολύ μικρού μεγέθους. Το φύλο δεν μπορεί να προσδιορισθεί εκτός ιστολογικών τεχνικών. Ιστολογικά παρατηρούνται θρεπτικά φαγοκύτταρα και πρώιμα ωοκύτταρα (Εικ. 54). Το κυτταρικό τοίχωμα είναι λεπτό και υπάρχουν κενά μεταξύ των ωοκυττάρων.



Εικόνα 54. Στάδιο 1 θηλυκών ατόμων μεσογειακού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΠΡ1: πρώιμα ωοκύτταρα 1, ΘΠ: Θρεπτικά φαγοκύτταρα, Ε: Επιθηλιακός ιστός. Κλίμακα: 400μm.

2) Πρώτο στάδιο εξέλιξης ή στάδιο ανάπτυξης

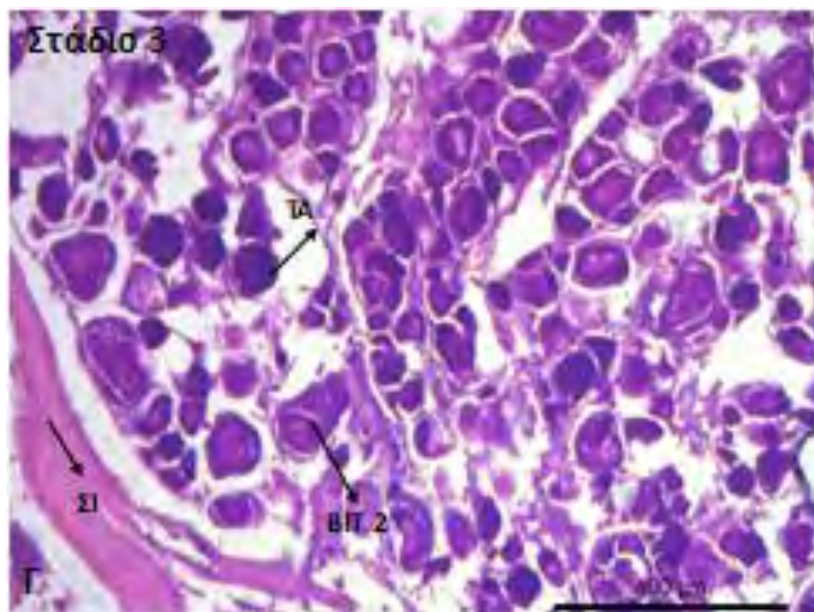
Τα όργανα αναπαραγωγής δεν έχουν αρχίσει ακόμη να αναπτύσσονται ραγδαία. Οι γονάδες είναι πολύ μικρού μεγέθους και τα αυγά δε διακρίνονται με γυμνό μάτι. Ιστολογικά παρατηρούνται διαφόρων τύπων ωοκύτταρα χωρίς να έχουν εισέλθει στη βιτελλογένεση (Εικ. 55). Το κυτταρικό τοίχωμα εμφανίζεται πιο παχύ συγκριτικά με το στάδιο 1.



Εικόνα 55. Στάδιο 2 θηλυκών ατόμων μεσογειακού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΜΠΟ: μαύρα πρώιμα ωκύτταρα, Ο: ωγόνια, Τ: κυτταρικό τοίχωμα, ΤΑ: tunica albuginea. Κλίμακα: 400μm.

3) Ανώριμο

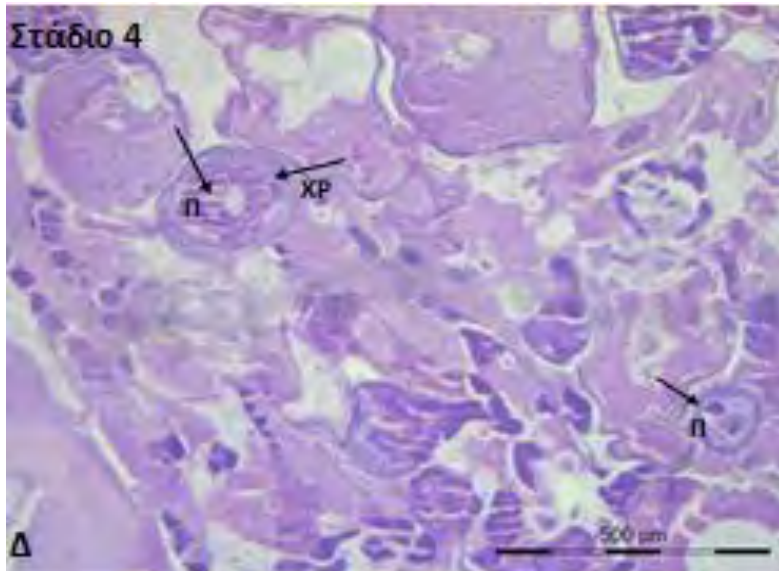
Τα αναπαραγωγικά όργανα είναι ορατά με γυμνό μάτι. Αρχίζει μια πολύ ταχεία αύξηση των γονάδων σε βάρος. Οι ωοθήκες αλλάζουν από διαφανή σε ωχρό ροδόχρον χρωματισμό. Ιστολογικά παρατηρείται η έναρξη της βιτελλογένεσης και η αύξηση σε μέγεθος των ωοκυττάρων (Εικ. 56).



Εικόνα 56. Στάδιο 3 θηλυκών ατόμων μεσογειακού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. BIT 2: 2ο στάδιο βιτελλογένεσης, ΣΙ: συνδετικός ιστός, ΤΑ: tunica albuginea. Κλίμακα: 400μm.

4) Στάδιο ωρίμανσης (ωριμότητας)

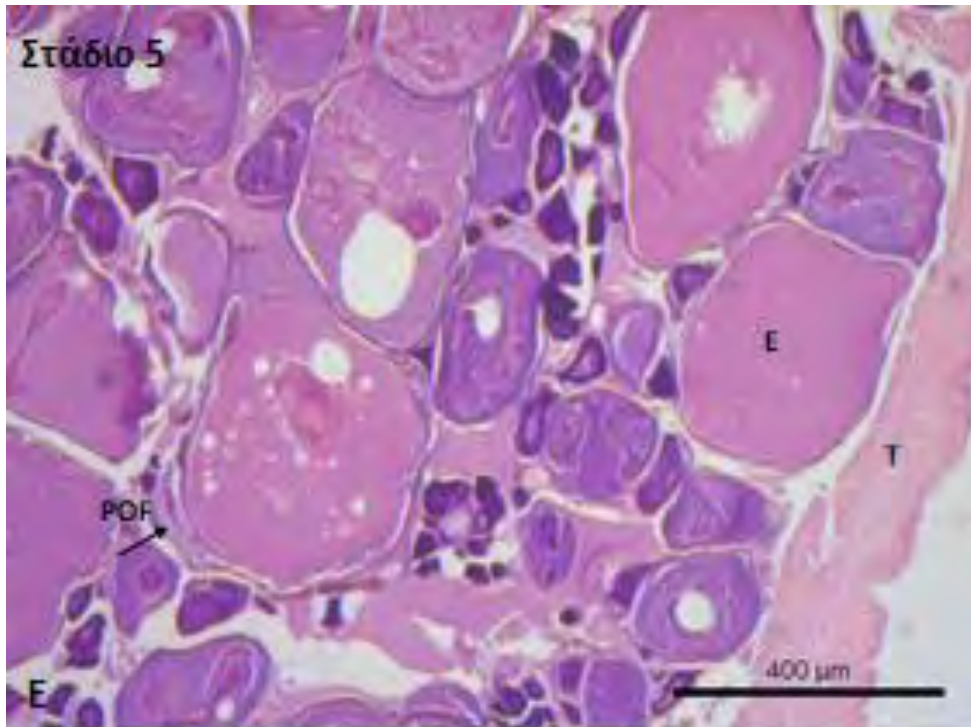
Τα αναπαραγωγικά όργανα ωριμάζουν. Οι γονάδες αρχίζουν να φθάνουν στο μέγιστο μέγεθός τους και βάρος τους. Οι ωοθήκες γεμίζουν την υπογάστρια κοιλότητα, αλλά τα αναπαραγωγικά προϊόντα, αυγά, δεν εξέρχονται από το γεννητικό πόρο με ελαφρά πίεση των κοιλιακών τοιχωμάτων. Ιστολογικά παρατηρούνται ωοκύτταρα όλων των σταδίων, εκτός ενυδατωμένων (Εικ. 57), τα οποία και αυξάνονται σε μέγεθος.



Εικόνα 57. Στάδιο 4 θηλυκών ατόμων μεσογειικού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΧΡ: χώριον, Π: πυρήνας, Κλίμακα: 500μm.

5) Στάδιο αναπαραγωγής

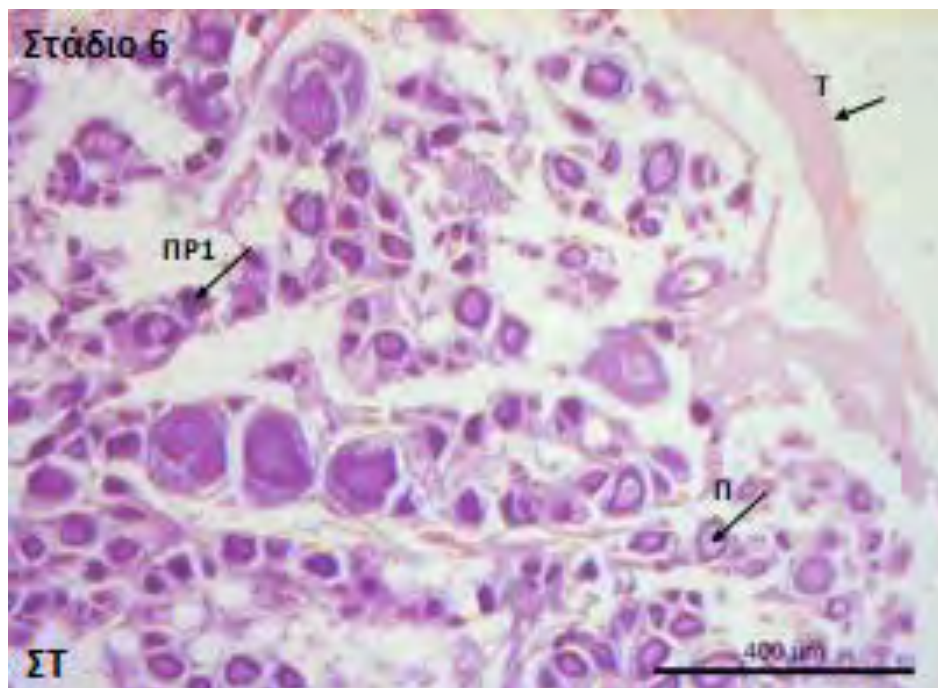
Τα προϊόντα της αναπαραγωγής εξέρχονται με ελαφρά πίεση των κοιλιακών τοιχωμάτων. Το βάρος των γονάδων ελαττώνεται ταχέως από την έναρξη της εναπόθεσης αυγών μέχρι της πλήρης κένωσης. Ιστολογικά παρατηρούμε ωοκύτταρα όλων των σταδίων ανάπτυξης (εξαιτίας της τμηματικής αναπαραγωγής του είδους), ενυδατωμένα ωοκύτταρα και κηλίδες ελαίου. Το κυτταρικό τοίχωμα έχει το μεγαλύτερο μέγεθος. Η ύπαρξη κενών ωοθυλακίων (POFs) αποτελεί χαρακτηριστικό ιστολογικό εύρημα αυτού του σταδίου (Εικ. 58).



Εικόνα 58. Στάδιο 5 θηλυκών ατόμων μεσογειακού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. POF: κενά ωθηλάκια, E: ενυδατωμένο ωοκύτταρο, T: κυτταρικό τοίχωμα. Κλίμακα: 400μm.

6) Στάδιο ανάπαυσης

Τα αναπαραγωγικά όργανα έχουν εκκενωθεί. Εκκινεί και ολοκληρώνεται η διαδικασία απορρόφησης των υπολειμμάτων των αυγών. Ο γεννητικός πόρος είναι ακόμη ερεθισμένος και φλεγμένος. Τα όργανα αναπαραγωγής εμφανίζονται σαν ξεφουσκομένοι σάκοι. Οι ωθήκες μπορεί να περιέχουν λίγα υπολείμματα αυγών. Ιστολογικά παρατηρείται εικόνα όμοια του σταδίου 3 (σε μέγεθος ωοκυττάρων) με την εξαίρεση της αραιής ύπαρξης υπολειμμάτων – ώριμων ωοκυττάρων (Εικ. 59). Το τοίχωμα είναι πιο λεπτό και συναντώνται περισσότερα πρώιμα ωοκύτταρα. Ύστερα από αυτό το στάδιο, ο ιχθύς ξαναγυρνά στο στάδιο 2, όπου και ξεκινάει ξανά η διαδικασία αναπαραγωγής.



Εικόνα 59. Στάδιο 6 θηλυκών ατόμων μεσογειακού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΠΡ1: πρώιμα ωκύτταρα 1, Π: πυρήνας, Τ: κυτταρικό τοίχωμα. Κλίμακα: 400μm.

3.17.2 Αρσενικά

Οι όρχεις (Testes) εξωτερικά καλύπτονται από μία επιθηλιακή μεμβράνη του κοιλώματος και στη συνέχεια, ακολουθεί ένας ινώδης χιτώνας (tunica albuginea), αποτελούμενος από πυκνό ινώδη συνδετικό ιστό (Φώτης & Αγγελίδης 2003), καθώς και λεία μυϊκά κύτταρα και κολλαγόνες ίνες (Groman 1982).

Το εσωτερικό των όρχεων συνίσταται κυρίως από τμήματα με ασκοειδή σωληνάρια (tubuli), στα οποία συντελείται η σπερματογένεση, καθώς και η παραγωγή ειδικών σωματικών κυττάρων, τα οποία στα ανώτερα σπονδυλωτά ονομάζονται κύτταρα του Sertoli. Μεταξύ των σωληναρίων των όρχεων υπάρχει ενδιάμεσος συνδετικός ιστός, στον οποίο κυριαρχούν τα κύτταρα του Leyding, που παράγουν την τεστοστερόνη.

Τα σωληνάρια των περισσότερων τελεόστεων εκβάλλουν σε έναν αγωγό που βρίσκεται στο κέντρο των όρχεων. Ο κεντρικός αυτός αγωγός εξέρχεται από τους

όρχεις και σχηματίζει τον σπερματαγωγό (Φώτης & Αγγελίδης 2003). Τα γαμετοκύτταρα αναπτύσσονται σε θύλακες, οι οποίοι διαρρηγνύονται στο τέλος της περιόδου ωρίμανσης και το ώριμο σπέρμα απελευθερώνεται στον σπερματαγωγό και από εκεί οδηγείται στο ουρογεννητικό άνοιγμα.

3.17.2.1 Ανάλυση σταδίων

Τα στάδια της σπερματογένεσης είναι κοινά σε όλα τα σπονδυλόζωα και περιλαμβάνουν:

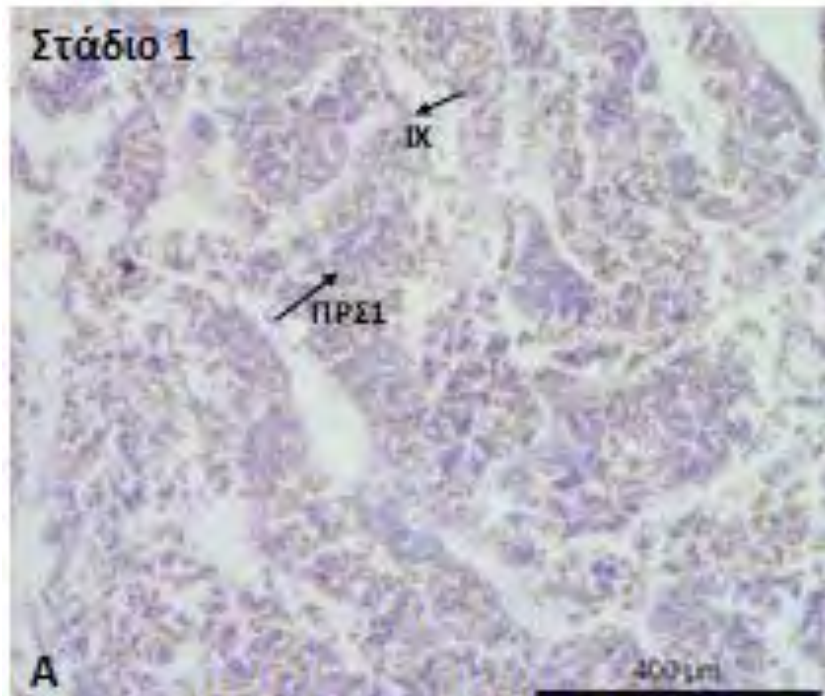
1. Το μιτωτικό πολλαπλασιασμό των σπερματογονίων.
2. Το σχηματισμό των πρωτογενών σπερματοκυττάρων.
3. Την πρώτη μειωτική διαίρεση, που δίνει τα δευτερογενή σπερματοκύτταρα.
4. Τη δεύτερη μειωτική διαίρεση, που δημιουργεί τις σπερματίδες.
5. Τη διαφοροποίηση των σπερματίδων σε σπερματοζώαρια.

Ο Nikolsky (1963) περιγράφοντας τα διάφορα στάδια εξέλιξης των γονάδων των ιχθύων έδωσε τα παρακάτω στάδια για τα αρσενικά άτομα:

1) Στάδιο ανωριμότητας ή ανώριμο στάδιο

Νεαρά άτομα τα οποία δεν έχουν ποτέ συμμετάσχει στην αναπαραγωγική διαδικασία. Οι γονάδες, μακροσκοπικά, είναι πολύ μικρού μεγέθους και το φύλο δεν μπορεί να προσδιορισθεί εκτός ιστολογικών τεχνικών. Ιστολογικά παρατηρούνται θρεπτικά φαγοκύτταρα και πρώιμα σπερματοκύτταρα (Εικ. 60). Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει αυλός στους λοβούς, κάτι που ήταν αναμενόμενο καθώς κάθε λοβός περιέχει έναν έως τρεις σπερματοφόρους σωληνίσκους. Τα κύτταρα και οι ιστοί στους

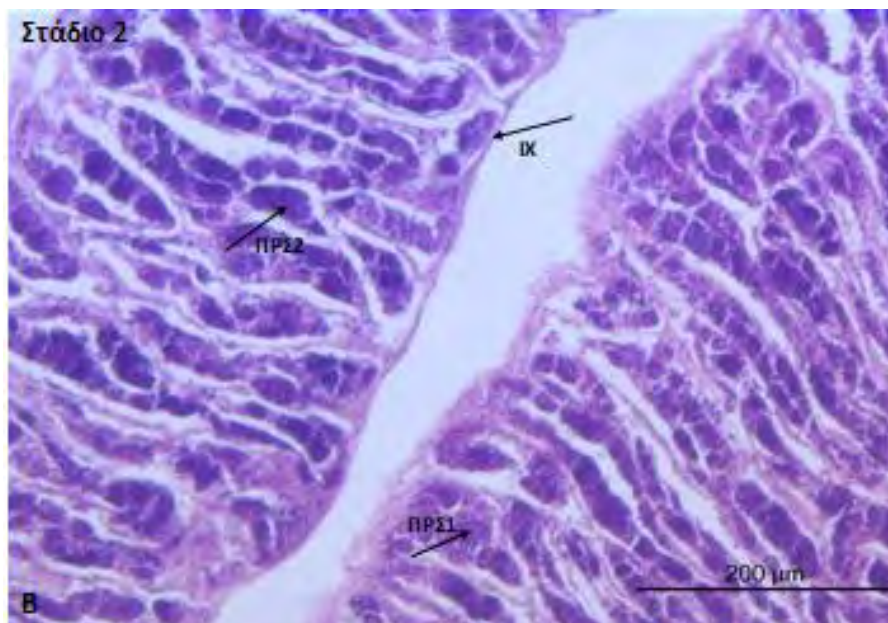
σπερματοφόρους σωληνίσκους είναι υπεύθυνα για τη σπερματογένεση, οπότε στο ανώριμο στάδιο δεν αναμένεται η παρουσία τους.



Εικόνα 60. Στάδιο 1 αρσενικών ατόμων Μεσογειακού μπακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΠΡΣ1: πρώιμα σπερματοκύτταρα 1, IX: ινώδης χιτώνας. Κλίμακα: 400μm.

2) Πρώτο στάδιο εξέλιξης ή στάδιο ανάπτυξης

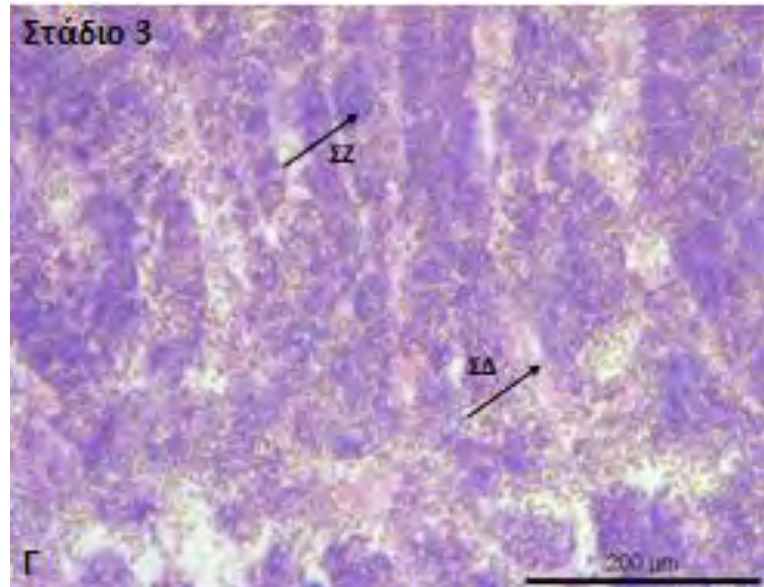
Οι γονάδες είναι πολύ μικρού μεγέθους και το σπέρμα δε διακρίνεται με γυμνό μάτι. Ιστολογικά παρατηρούνται διαφόρων τύπων σπερματοκύτταρα (Εικ. 61). Το κυτταρικό τοίχωμα εμφανίζεται πιο παχύ συγκριτικά με το στάδιο 1. Το αναπτυσσόμενο στάδιο εμφανίζει εμφανή σπερματοκύτταρα κατά μήκος των λοβών που μπορεί να περιέχουν δευτερογενή σπερματογονία, πρωτογενή και δευτερογενή σπερματοκύτταρα, σπερματίδες και σπάνια, τα σπερματοζωάρια δεν έχουν ακόμη απελευθερωθεί από τους λοβούς.



Εικόνα 61. Στάδιο 2 αρσενικών ατόμων Μεσογειακού μακαλιάρου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΠΡΣ1: πρώιμα σπερματοκύτταρα 1, IX: ινώδης χιτώνας. ΠΡΣ2: πρώιμα σπερματοκύτταρα 2. Κλίμακα: 200μm.

3) Ανώριμο

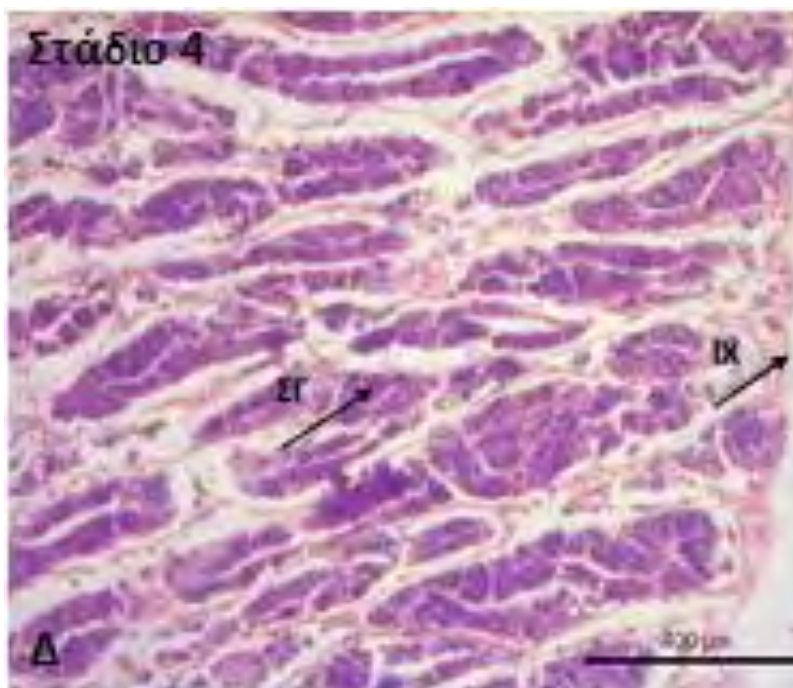
Το σπέρμα είναι ορατό με γυμνό μάτι (γυαλίζει). Αρχίζει μια πολύ ταχεία αύξηση των γονάδων σε βάρος. Οι όρχεις αλλάζουν από διαφανείς σε λευκούς. Ιστολογικά παρατηρείται το γέμισμα των σπερματογωγών και δομές, όπως τα σπερματοζώα (Εικ. 62). Όλα τα γεννητικά κύτταρα μπορούν να ανιχνευθούν. Μικρές ομάδες σπερματοζωαρίων βρίσκονται στον αυλό των λοβών. Ο αυλός είναι σχεδόν άδειος και μικρές ομάδες σπερματοζωαρίων αρχίζουν να απελευθερώνονται.



Εικόνα 62. Στάδιο 3 αρσενικών ατόμων μεσογειακού Μπακαλίου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΠΡΣ1: πρώιμα σπερματοκύτταρα 1, ΙΧ: ινώδης χιτώνας. ΠΡΣ2: πρώιμα σπερματοκύτταρα 2. Κλίμακα: 200μm.

4) Στάδιο ωρίμανσης (ωριμότητας)

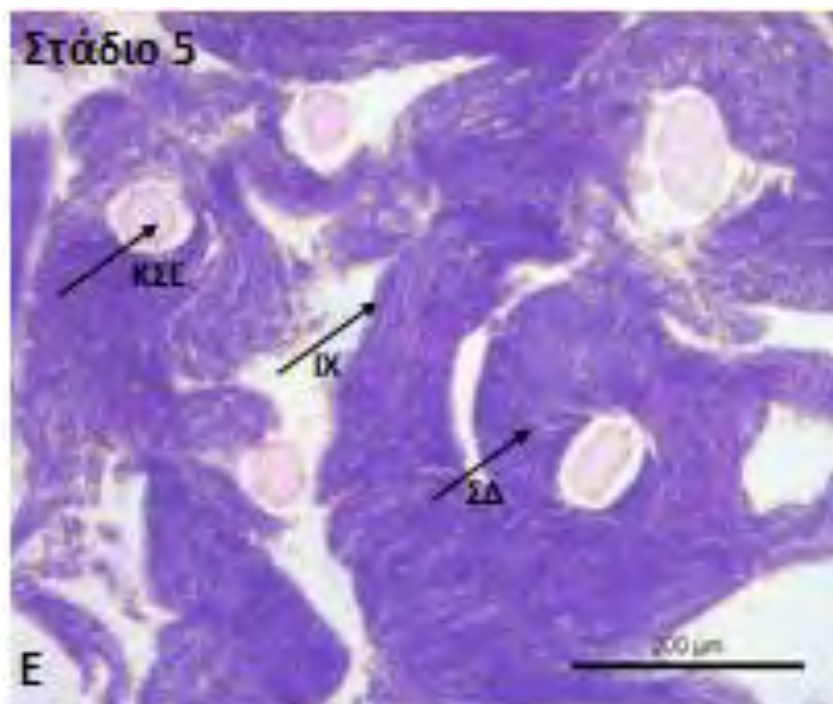
Τα αναπαραγωγικά όργανα ωριμάζουν. Οι γονάδες φθάνουν στο μέγιστο μέγεθός τους και βάρος τους. Οι όρχεις γεμίζουν την υπογάστρια κοιλότητα, αλλά το σπέρμα δεν εξέρχεται από το γεννητικό πόρο με ελαφρά πίεση των κοιλιακών τοιχωμάτων. Ιστολογικά παρατηρούνται σπερματογόνια και αρχίζουν να φαίνονται τα κύτταρα Sertoli (Εικ. 63). Υπάρχει κυριαρχία των σπερματοκυττάρων και των σπερματίδων.



Εικόνα 63. Στάδιο 4 αρσενικών ατόμων μεσογειακού μπακαλίου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΣΓ: σπερματογόνια, ΙΧ: ινώδης χιτώνας. Κλίμακα: 400μm.

5) Στάδιο αναπαραγωγής

Τα προϊόντα της αναπαραγωγής εξέρχονται με ελαφρά πίεση των κοιλιακών τοιχωμάτων. Το βάρος των γονάδων ελαττώνεται ταχέως από την έναρξη της εναπόθεσης σπέρματος μέχρι της πλήρης κένωσης. Ιστολογικά παρατηρούμε κύτταρα Sertoli και έντονη ύπαρξη σπερματίδων (Εικ. 64). Το στάδιο της σπερμογένεσης χαρακτηρίζεται από έναν σημαντικό αριθμό σπερματοζωαρίων στον αυλό των λοβών και των σπερματοζωαρίων, σε σύγκριση με άλλα στάδια. Ο αυλός των λοβών φαίνεται εντελώς γεμάτος με σπερματοζωάρια.



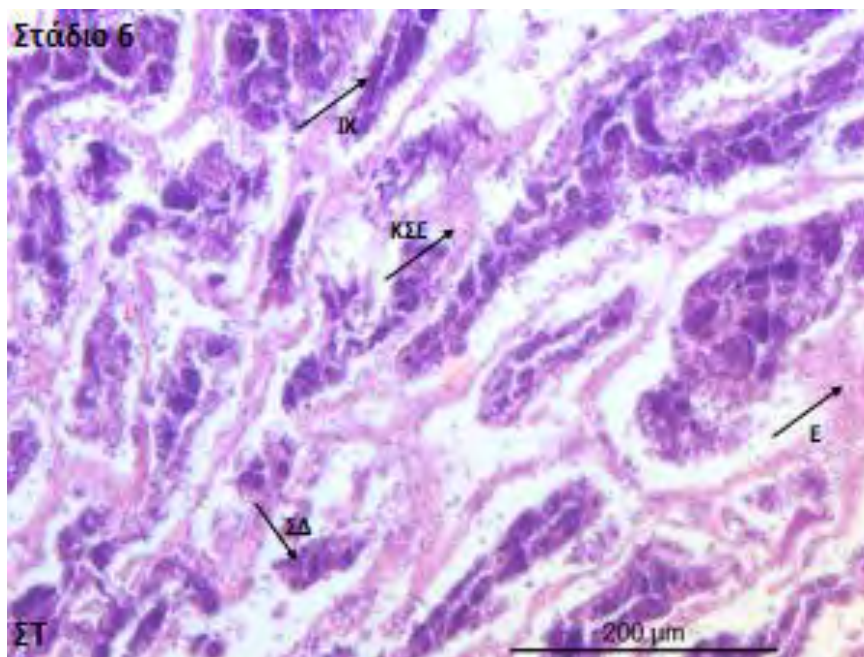
Εικόνα 64. Στάδιο 5 αρσενικών ατόμων Μεσογειακού μπακαλίου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΚΣΕ: κύτταρο σερτολί, ΙΧ: ινώδης χιτώνας, ΣΔ: σπερματίδες. Κλίμακα: 200μm.

6) Στάδιο ανάπαυσης

Τα αναπαραγωγικά όργανα έχουν εκκενωθεί. Εκκινεί και ολοκληρώνεται η διαδικασία απορρόφησης των υπολειμμάτων του σπέρματος. Τα όργανα αναπαραγωγής εμφανίζονται σαν ξεφουσκωμένοι σάκοι. Ιστολογικά παρατηρείται άδειασμα των αγωγών και ανά διαστήματα φαίνονται υπολείμματα (Εικ. 65). Αποτελείται κυρίως από σπερματογονία (Sg) που πολλαπλασιάζονται σε όλο τον όρχι και υπολειμματικά σπερματοζώαρια (Sz) στον αυλό.

Ύστερα από αυτό το στάδιο, ο ιχθύς ξαναγεννά στο στάδιο 2, όπου και ξεκινάει ξανά η διαδικασία αναπαραγωγής. Τότε, τα σπερματοκύτταρα αποτελούνται από πρωτογενή και δευτερογενή σπερματοκύτταρα, η σπερματογονία πολλαπλασιάζεται σε όλο τον όρχι, τον αυλό των λοβών και οι πόροι του σπέρματος περιέχουν υπολείμματα

σπερματοζωαρίων. Τα άτομα που βρέθηκαν σε αυτό το στάδιο έδειξαν κάποια μεταβλητότητα στα χαρακτηριστικά, με βάση το χρόνο από την τελευταία ωοτοκία.



Εικόνα 65. Στάδιο 6 αρσενικών ατόμων Μεσογειακού μπακαλίου. Χρώση: Εωσίνη-Αιματοξυλίνη. ΚΣΕ: κότταρο σερτολί, ΙΧ: ινώδης χιτώνας, ΣΔ: σπερματίδες, Ε: επιθηλιακός ιστός. Κλίμακα: 200μm.

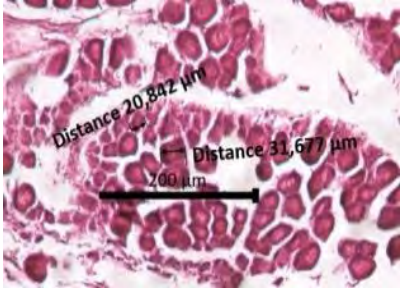
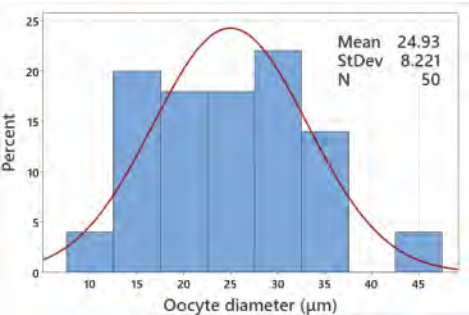
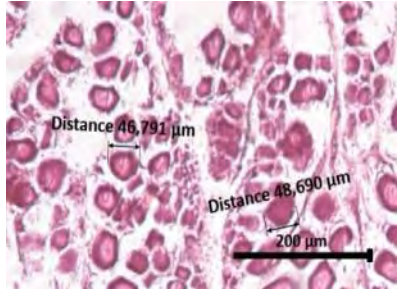
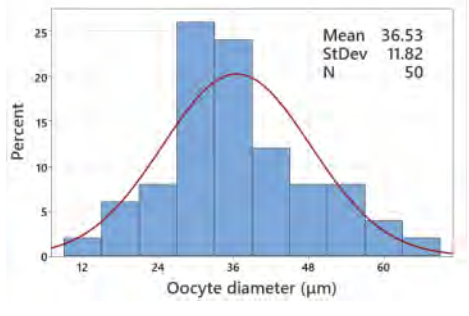
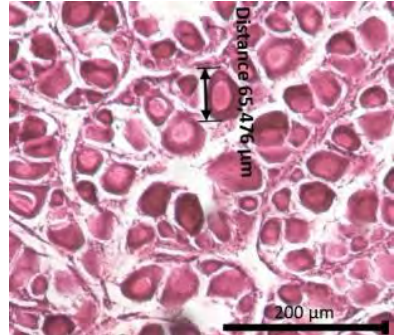
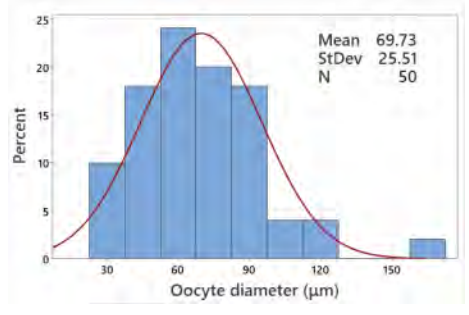
3.18 Συχνότητα διαμέτρου μεγέθους ωαρίου

Ο πίνακας 29 παρουσιάζει κάθε στάδιο αναπαραγωγικής ωριμότητας για το θηλυκό πληθυσμό *M. merluccius*, τη μικροσκοπική απεικόνιση, την κατανομή συχνότητας διαμέτρου ωαρίου και τις τιμές γοναδοσωματικού δείκτη. Οι κατανομές συχνότητας διαμέτρου ωαρίων (ODF) των διαφορετικών σταδίων ωριμότητας (Πίν. 29), εμφάνισαν διαφορές μεταξύ των σταδίων I και II και των σταδίων III, IV και V.

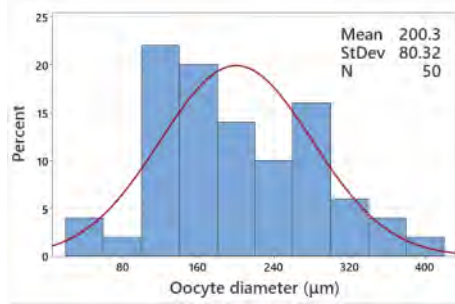
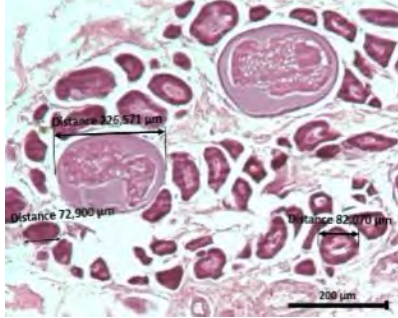
Εμφάνισε επίσης, μια σταδιακή αύξηση από το στάδιο ανώριμο/παρθένο ($24,9 \pm 1,16$, μέσος όρος \pm S.E.) στο στάδιο ώριμης ηλικίας / ωοτοκίας ($345,1 \pm 30$). Τελικά, μειώθηκε στο στάδιο VI, σύμφωνα με την ανάπτυξη των ωοθηκών ($81,1 \pm 3,84$).

Η παραμετρική δοκιμή Welch ANOVA, έδειξε πολύ σημαντικές διαφορές στις τιμές ODF μεταξύ των έξι σταδίων ωριμότητας ($p < 0,001$). Διαπιστώθηκαν εξαιρετικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των σταδίων ωριμότητας, με εξαίρεση τη μη σημαντική διαφορά που παρουσιάστηκε μεταξύ του ανώριμου σταδίου (στάδιο III) και του τελευταίου σταδίου (στάδιο VI).

Πίνακας 29. Κατανομή συχνότητας διαμέτρου ωαρίου και τις τιμές γοναδοσωματικού δείκτη.

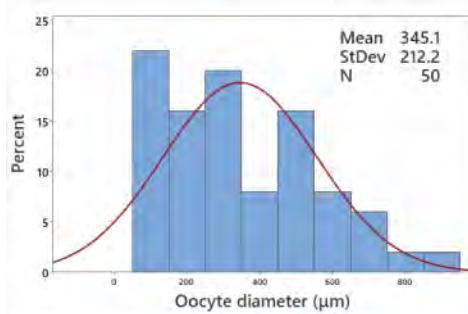
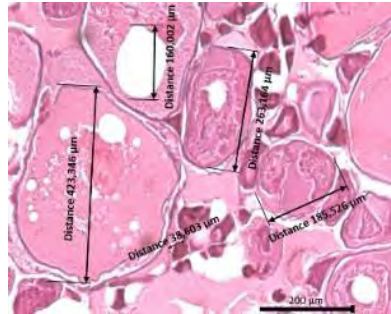
Στάδιο ωριμότητας	Μικροσκοπική απεικόνιση	Διάμετρος ωοκυττάρων (μm)	Γοναδοσωματικός δείκτης
I			Μέσος 0.25 Τυπική απόκλιση 0.39 Ελάχιστο 0.02 Μέγιστο 1.84
II			Μέσος 0.29 Τυπική απόκλιση 0.19 Ελάχιστο 0.03 Μέγιστο 1.50
III			Μέσος 0.82 Τυπική απόκλιση 0.64 Ελάχιστο 0.16 Μέγιστο 5.18

IV



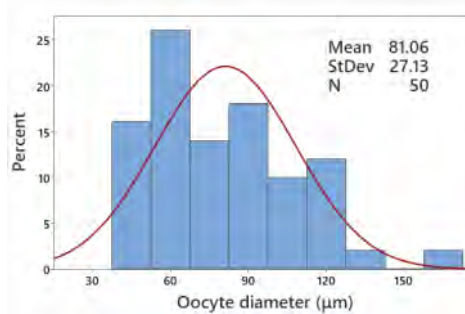
Μέσος 2.51
Τυπική απόκλιση 2.10
Ελάχιστο 0.34
Μέγιστο 7.02

V



Μέσος 4.05
Τυπική απόκλιση 2.58
Ελάχιστο 0.74
Μέγιστο 8.54

VI



Μέσος 0.35
Τυπική απόκλιση 0.21
Ελάχιστο 0.08
Μέγιστο 0.99

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι παραδοσιακές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του σταδίου της αναπαραγωγικής ωριμότητας περιλαμβάνουν τη μακροσκοπική - οπτική εξέταση των γονάδων. Αν και η διαδικασία είναι γρήγορη και ανέξοδη (Tomkiewicz et al. 2003a), δεν είναι πάντα αξιόπιστη (Costa 2009).

Η παρούσα μελέτη επικύρωσε τον κοινό, μακροσκοπικό οδηγό των σταδίων ωριμότητας (Nikolsky 1963) τόσο για τα αρσενικά, όσο και για τα θηλυκά άτομα του ευρωπαϊκού μπακαλιάρου χρησιμοποιώντας ιστολογικές αναλύσεις. Αυτή είναι **η πρώτη μελέτη για το συγκεκριμένο είδος, που απεικονίζει και αξιολογεί μικροσκοπικά τις γονάδες και των δύο φύλων για όλα τα αναπαραγωγικά στάδια.**

Ένα κύριο εμπόδιο για την ορθή περιγραφή των σταδίων ωριμότητας συνδέεται συνήθως με την προκατάληψη των ερευνητών κατά τη διάρκεια της μακροσκοπικής αξιολόγησης των σταδίων ωριμότητας. Λόγω της ασύγχρονης ανάπτυξης ωαρίων στο *M. merluccius* (Murua et al. 1998; Murua & Motos 2006), ορισμένες δομές, αν και υπάρχουν, δεν μπορούν να εντοπιστούν με οπτική επιθεώρηση (Murua et al. 2003), που οδηγεί σε εσφαλμένη κατηγοριοποίηση των σταδίων μακροσκοπικά.

Συνιστάται ως πιθανή αντικατάσταση ή βοήθημα της οπτικής κατηγοριοποίησης των σταδίων ωριμότητας, η χρήση ιστολογικών τεχνικών, που έχουν αποδειχθεί πιο ακριβείς από τις μακροσκοπικές. Αυτές βοηθούν στην εξέταση της ωρίμανσης των γονάδων, στην εκτίμηση του μήκους ή της ηλικίας πρώτης γεννητικής ωριμότητας (Tomkiewicz et al. 2003b; Ferreri et al. 2009) και το σωστό προσδιορισμό της περιόδου ωοτοκίας (Vitale et al. 2005).

Η γνώση του γοναδοσωματικού δείκτη ενός είδους και η ιστολογική εξέταση των γονάδων είναι οι δύο πιο συχνές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της περιόδου

αναπαραγωγής ενός είδους (Assem 2003, 2000; El-Greisy 2000; Honji et al. 2009). Στη συγκεκριμένη εργασία, η υψηλότερη μέση τιμή του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) βρέθηκε στο στάδιο ωτοκίας V (ώριμο), υποδεικνύοντας μια σύνδεση μεταξύ της τιμής του GSI και της ανάπτυξης των γονάδων. Το GSI εκφράζει την ωριμότητα των γονάδων (Lahaye 1972), με τις υψηλότερες τιμές να υποδεικνύουν την ανάπτυξη των γονάδων, ενώ χαμηλότερες τιμές υποδηλώνουν το τέλος της περιόδου ωτοκίας.

Στην παρούσα μελέτη, η κορύφωση της ωτοκίας σημειώθηκε την άνοιξη, με ελάχιστα άτομα να είναι αναπαραγωγικά ώριμα το φθινόπωρο. Η κορύφωση της ωτοκίας των αρσενικών παρατηρήθηκε την άνοιξη, χωρίς να υπάρχουν ώριμα αρσενικά το καλοκαίρι. Ωστόσο, περισσότερα ώριμα άτομα ήταν παρόντα το φθινόπωρο (Στάδιο V), σε σύγκριση με την άνοιξη. Τα θηλυκά ικανά για ωτοκία (στάδιο V), βρέθηκαν σε όλες τις εποχές, με τον κορυφαίο αριθμό αυτών να συγκεντρώνεται την άνοιξη.

Στις ακτές της Αιγύπτου στη Μεσόγειο Θάλασσα, η περίοδος ωτοκίας διαρκεί από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο (ELGazzar et al. 2022). Αυτό έχει, επίσης, υποστηριχθεί από διάφορες μελέτες σε άλλες περιοχές, όπως την ανατολική μεσόγειο στις ακτές της Αιγύπτου (Philips and Ragheb, 2013), την Κεντρική και Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα (Carbonara et al. 2019), την ακτή του Μαρόκου στον Ανατολικό Κεντρικό Ατλαντικό (El Habouz et al. 2011) και τη Θάλασσα του Μαρμαρά στην Τουρκία (Kahraman et al. 2017).

Ο χρόνος και η διάρκεια της περιόδου ωτοκίας μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες (Domínguez-Petit & Saborido-Rey 2010; Ferrer-Maza et al. 2014; Mehault et al. 2010). Η ανάλυση του GSI και της διαμέτρου των ωοκυττάρων (ODF) έδειξαν ότι το σχετικό μέγεθος της γονάδας στον

Ευρωπαϊκό μπακαλιάρο είναι ανάλογο των σταδίων ωριμότητας, ειδικά μεταξύ ανώριμων και ώριμων δειγμάτων, επιβεβαιώνοντας έτσι ότι το σχετικό μέγεθος ωοθηκών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικειμενική παράμετρος στη μακροσκοπική μελέτη των γονάδων.

Η σύγκριση της πρώτης γεννητικής ωριμότητας στην παρούσα μελέτη με προηγούμενες μελέτες (Πιν. 27), έδειξε μερικές παρόμοιες εκτιμήσεις όσον αφορά τα θηλυκά του πληθυσμού (Bouaziz 1992; Kahraman et al. 2017; Candelma et al. 2021), αλλά υπήρξαν και αρκετές διαφοροποιήσεις (Biagi et al. 1995; El Habouz 1995; Lahrizi 1996; Pineiro & Sainza 2003; Al-Absawy 2010; El Habouz 2014).

Το μήκος πρώτης γεννητικής ωριμότητας των αρσενικών ήταν παρόμοιο μόνο με μια εργασία, αυτή των Soykan et al. (2015) στο Κεντρικό Αιγαίο. Η διακύμανση του L_{50} θα μπορούσε να αποδοθεί σε φαινοτυπικές αποκρίσεις σε περιβαλλοντικούς παράγοντες (δηλ. ανταγωνισμός, κατανομή πληθυσμών, χώρος και διαθεσιμότητα τροφής) ή σε επιλεκτική πίεση, όπως η αλιευτική προσπάθεια, με αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση του αποθέματος μειώνοντας τη βιομάζα ωοτοκίας σε διάφορες περιοχές (Carbonara et al. 2019; El Habouz et al. 2011).

Η παρατηρούμενη απόκλιση στο μήκος κατά την πρώτη ωριμότητα με τα θηλυκά που φθάνουν στην ωριμότητα (L_{50}) σε μεγαλύτερα μεγέθη (30,97 εκ) σε σύγκριση με τα αρσενικά (25,41 εκ), θα μπορούσε, επίσης, να συσχετιστεί με το επίπεδο εκμετάλλευσης του αποθέματος (Lappalainen et al. 2016).

Η έναρξη της αναπαραγωγικής ωριμότητας είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του ιστορικού της ζωής στους πληθυσμούς των ψαριών, καθώς μπορεί να επηρεάσει την αύξηση του πληθυσμού, την αναπαραγωγή και τη στρατολόγηση. Οι διαχειριστές των αλιευτικών αποθεμάτων συχνά χρησιμοποιούν δεδομένα σχετικά με την έναρξη της

αναπαραγωγικής ωριμότητας για να ενημερώσουν τις διαχειριστικές αρχές για βιολογικές παραμέτρους, όπως ο καθορισμός ελάχιστων ορίων μεγέθους ή ο καθορισμός των αλιευτικών περιόδων.

Η αναλογία φύλου, ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI) και η περίοδος ωοτοκίας ενός τελεόστεου είναι συγκεκριμένα για το εκάστοτε είδος (Rajendiran et al. 2021) και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως θερμοκρασία, αλατότητα, διακύμανση ενδαιτημάτων, διαθεσιμότητα τροφής, στάδιο ωριμότητας, περίοδος αλιείας, υψηλή θνησιμότητα λόγω αλιείας και γενετικά αίτια (Bagenal 1978; Basilone et al. 2006; Domínguez-Petit et al. 2010; Froese 2006; Recasens et al. 1998; Ricker 1969). Η αναλογία φύλου (Πιν. 8) ήταν υπερ των αρσενικών σε μικρότερα μεγέθη (λιγότερο από 30εκ σε συνολικό μήκος) και ύστερα από αυτό το μήκος επικράτησαν τα θηλυκά (μεγαλύτερο από 30εκ σε συνολικό μήκος). Αυτό το μοτίβο παρατηρήθηκε παρομοίως από τους (Piñeiro & Saínza 2003; El Habouz et al. 2011; Costa 2013), ενώ το αντίθετο μοτίβο αναφέρθηκε από τους (Yildiz et al. 2021) στη Θάλασσα του Μαρμαρά (Τουρκία). Στη μελέτη των Zorica et al. (2021), η κυριαρχία των αρσενικών ατόμων διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, εκτός από τις κορυφές της περιόδου ωοτοκίας (Δεκέμβριος, Ιούνιος) όπου η αναλογία των φύλων ήταν υπέρ των θηλυκών. Οι El Habouz et al. (2011), μελετώντας τον Ευρωπαϊκό μπακαλιάρο από τον ανατολικό και κεντρικό Ατλαντικό, αναφέρουν, επίσης, ότι μόνο θηλυκά παρατηρήθηκαν να είναι μεγαλύτερα από 45εκ και ότι η εξέλιξη της αναλογίας του φύλου σε μήκη μεταξύ 17 και 45εκ ήταν περίπου 1: 1. Οι Piñeiro & Sainza (2003) ανέφεραν ότι στα ύδατα της Ιβηρικής-Ατλαντικός, τα αρσενικά ήταν περισσότερα από τα θηλυκά στο εύρος μεγεθών 25-45εκ, ακολουθούμενα από την κυριαρχία των

θηλυκών και μια ταχεία αύξηση της σχετικής αφθονίας, φτάνοντας το 100% πάνω από 60εκ.

Επιπλέον, το τμήμα του πληθυσμού με συνολικό μήκος μεγαλύτερο από 45εκ αποτελούταν αποκλειστικά από θηλυκά, παρόμοια με τους El Habouz et al. (2011). Αυτή η αλλαγή στην αναλογία των φύλων μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της ανάπτυξης των δύο φύλων με διαφορετικούς ρυθμούς, των μεγάλων σε ηλικία αρσενικών που πεθαίνουν φυσικά με ρυθμό σημαντικά υψηλότερο από αυτό των θηλυκών ή μειωμένης διαθεσιμότητας ψαριών ως αποτέλεσμα της υπεραλιεύσης (Piñeiro-Álvarez 2011).

Η επίδραση της ανάπτυξης και του ποσοστού θνησιμότητας θα οδηγούσε, επίσης, σε υψηλότερο ποσοστό θηλυκών με μεγαλύτερα μήκη, εάν τα αρσενικά μεγαλώνουν με πιο αργό ρυθμό, ειδικά μετά την έναρξη της αναπαραγωγής (Martin 1991).

Στον Ευρωπαϊκό μπακαλιάρο, μέρος της αφομοιωμένης ενέργειας αφιερώνεται στην παραγωγή γαμετών κατά την περίοδο αναπαραγωγής, μειώνοντας την εξάρτηση για την αποθήκευση της ενέργειας. Αυτό εξηγεί γιατί τα επίπεδα ενέργειας του ήπατος και των μυών δε μειώνονται με την ανάπτυξη των ωοθηκών (Domínguez-Petit & Saborido-Rey 2010), επιβεβαιώνοντας το σημαντικό ρόλο αυτού του οργάνου σε αυτόν τον τύπο αποθήκευσης ενέργειας (Lloret et al. 2008). Ο ηπατοσωματικός δείκτης περιγράφει την κατάσταση του ψαριού σε σχέση με την φωτοκία, αφού η συγκέντρωση ελεύθερων αμινοξέων και ορμονών αυξομειώνεται στο ήπαρ με την εξέλιξη της ωρίμανσης (Nikolsky 1963). Η ανάλυση του ηπατοσωματικού δείκτη (HSI) παρέχει έναν καλό δείκτη για τα ενεργειακά αποθέματα που είναι διαθέσιμα στα ψάρια (Candelma et al. 2021). Ο HSI έφτασε στο υψηλότερο επίπεδο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, πιθανώς επειδή η έλλειψη αναπαραγωγικής δραστηριότητας

επέτρεπε τη συνεχή συσσώρευση λιπιδίων. Με βάση το στάδιο ανάπτυξης των ωοθηκών, οι χαμηλότερες τιμές του HSI επιτυγχάνονται στο ανώριμο στάδιο, υποδεικνύοντας ότι τα νεαρά ψάρια χρησιμοποιούν λιπιδική ενέργεια για ανάπτυξη και δε συσσωρεύονται στο ήπαρ (Lloret et al. 2008). Κατά την ωρίμανση, τα αποθέματα λίπους που συσσωρεύονται στο ήπαρ, κατά τις κορυφές του HSI, κινητοποιούνται στην ωογένεση των ωοθηκών και ο ηπατοσωματικός δείκτης μειώνεται γρήγορα (Billard 1979; Lahaye 1972), κάτι το οποίο επιβεβαίωσαν και τα αποτελέσματά μας.

Οι παράγοντες που μετράνε την κατάσταση ενός ψαριού, όπως ο δείκτης του Fulton, είναι ένα μέτρο της φυσικής κατάστασης, της γενικής ευημερίας ή/και της ανάπτυξης των γονάδων ενός ατόμου ή μιας ομάδας ατόμων, καθώς σχετίζεται με την οικολογία του πληθυσμού των ψαριών (Saliu et al. 2007). Η εξίσωση που παρουσιάζεται από τον Fulton έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την εκτίμηση της κατάστασης των ψαριών. Ο δείκτης του Fulton χρησιμοποιείται συχνά στην αλιεία και σε γενικές μελέτες βιολογίας ψαριών για την αξιολόγηση της υγείας των ψαριών (Nash et al. 2006). Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton όταν παίρνει τιμές κοντά στο 1 δείχνει ένα «κανονικό» ψάρι, δηλαδή βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Ένα ψάρι το οποίο ξεπερνάει την τιμή 1 θεωρείται «παχύ», ενώ όταν ένα ψάρι έχει τιμή κάτω από 1, της 0,8 ή λιγότερο, θεωρείται πως είτε βρίσκεται μετά την περίοδο της αναπαραγωγής του, είτε πως δε βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Θεωρείται ότι μια ποικιλία παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας τροφής, των φυσικών συνθηκών και της φυσιολογίας των ιχθύων, έχουν αντίκτυπο στους δείκτες ευρωστίας των ψαριών (Kreiner et al. 2001). Η εποχικότητα είναι ένας από τους παράγοντες που είναι γνωστό ότι έχει σημαντικό αντίκτυπο στην υγεία των ψαριών, καθώς μπορεί να επηρεάσει τις αλλαγές στο περιβάλλον (Nash et al. 2006).

Κατά τον προσδιορισμό της περιόδου ωρίμανσης των γονάδων, ο δείκτης Fulton μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για να συγκρίνει πώς ζούσαν οι πληθυσμοί σε σχέση με την πυκνότητα, τις κλιματικές συνθήκες και άλλους παράγοντες. Η κατανόηση του κύκλου ζωής των ψαριών απαιτεί μελέτη δεικτών ευρωστίας, το οποίο βοηθά επίσης στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των ειδών (Lizama et al. 2002).

Το στάδιο ανάπτυξης και της ωριμότητας των γονάδων είναι μία από τις πτυχές που επηρεάζουν το δείκτη της κατάστασης των ψαριών (Lambert & Dutil 1997). Οι πολύ υψηλοί μεταβολικοί ρυθμοί στην αρχή της περιόδου ωοτοκίας μπορεί να είναι η αιτία των χαμηλών τιμών στον δείκτη ευρωστίας σε μεταγενέστερα στάδια (Vazzoler & Vazzoler 1965). Καθώς το μήκος ενός ιχθύος αυξάνεται, η τιμή του δείκτη μειώνεται και λόγω αυτού ο δείκτης Fulton έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης αύξησης και έντασης της τροφοληψίας (Fagade 1979).

Η σύγκριση της τιμής του εκτιμώμενου ρυθμού ανάπτυξης (κ) σε αυτή τη μελέτη (Πίν. 26), έδειξε ότι είναι υψηλότερος από εκείνον που εκτιμήθηκε από τους Kahraman et al. (2017) στη Θάλασσα του Μαρμαρά και των Uzer et al. (2019) στο Βόρειο Αιγαίο. Ωστόσο, υψηλότερος ρυθμός ανάπτυξης έχει καταγραφεί στο Στενό του Γιβραλτάρ (Piñeiro & Sainza 2003), στο Κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος από τους Soykan et al. (2015) και στις ακτές του Μαρόκο (El Bouzidi et al. 2022). Ωστόσο, οι εκτιμώμενες τιμές του ρυθμού ανάπτυξης του *M. merluccius* από τον Philips (2014) στα Αιγυπτιακά ύδατα της Μεσογείου ήταν σχετικά παρόμοιες με αυτές που αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία.

Το ασυμπτωτικό μήκος (L_{∞}) που βρέθηκε σε αυτή τη μελέτη δεν ήταν παρόμοιο με καμία προηγούμενη εργασία. Από την άλλη πλευρά, ήταν χαμηλότερο από αυτό που εκτιμήθηκε στο Στενό του Γιβραλτάρ (Piñeiro & Sainza 2003), στον

Ατλαντικό (Belcaid & Ahmed 2011; El Habouz et al. 2011), στις ακτές της Τυνησίας (Khoufi et al. 2014), στη Θάλασσα του Μαρμαρά (Kahraman et al. 2017) και στο Βόρειο Αιγαίο (Uzer et al. 2019).

Οι τιμές του ρυθμού ανάπτυξης (Φ') των άλλων μελετών από διαφορετικές περιοχές κυμαίνονταν μεταξύ 2,82 και 3,36 (Πίν. 26) και είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με τα ευρήματα της παρούσης εργασίας. Η διαφορά στους ρυθμούς ανάπτυξης του *M. merluccius* που αναφέρθηκε σε πολλές μελέτες θα μπορούσε να εξηγηθεί από τη γενετική παραλλαγή, τις βιοτικές συνθήκες, όπως η διαθεσιμότητα τροφής, η μακροζωία και τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες που υπάρχουν σε κάθε περιοχή (θερμοκρασία, αλατότητα, βάθος) (Mellon-Duval et al. 2010).

Οι μελέτες σχετικά με τον παράγοντα ανάπτυξης και κατάστασης του *M. merluccius* είναι πολύ σπάνιες στην Ανατολική Μεσόγειο και, επομένως, πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες για να διαπιστωθεί η διαθεσιμότητα των αποθεμάτων τους, με βάση το ρυθμό αύξησης. Έτσι, πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους ανάπτυξης και τον παράγοντα κατάστασης του ευρωπαϊκού μπακαλιάρου στη βόρεια και κεντρική Μεσόγειο βρέθηκαν για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια της αλιευτικής περιόδου 2015-2016 και αυτή η εργασία προσθέτει σημαντικές πληροφορίες λόγω της διαφοράς τους με τις προηγούμενες. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιολογικές παράμετροι σε περαιτέρω αξιολογήσεις αποθεμάτων σε αυτήν την περιοχή.

Τα ποσοστά θνησιμότητας Z, M και F αυτής της μελέτης υπολογίστηκαν στο 0,973/ έτος (Πίν. 28), 0,247/ έτος και 0,73/ έτος, αντίστοιχα. Η ληφθείσα τιμή $Z/K = 7,81 > 1$, αποκάλυψε ότι η θνησιμότητα κυριαρχούσε της ανάπτυξης. Υπερεκτιμήσεις της θνησιμότητας είναι απίθανες όταν ο λόγος F/M είναι μεγάλος. Τέτοιες πληροφορίες

θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της κατάστασης και του μεγέθους του σφάλματος που βασίζεται στα εσφαλμένα δεδομένα της θνησιμότητας (Huynh et al. 2017).

Επιπλέον, αυτό το αποτέλεσμα έδειξε υψηλό επίπεδο εκμετάλλευσης, που φαίνεται και από το ποσοστό εκμετάλλευσης (E). Αυτό υπολογίστηκε στα 0,75, γεγονός που επιβεβαίωσε την υψηλή αλιευτική πίεση στα ευρωπαϊκά αποθέματα. μπακαλιάρου. Οι El Bouzidi et al. (2022) στον Ατλαντικό Ωκεανό, βρήκαν την τιμή της αναλογίας Z/K ίση με 4,97, κάτι που συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας, αλλά ταυτοχρόνως είναι πολύ μικρότερο.

Η ολική θνησιμότητα ήταν υψηλότερη από τους Djabali et al. (1991) στην Αλγερία και του Belhocine (2012) στις Δυτικές ακτές της Αλγερίας. Παράλληλα, ήταν μικρότερη από όλες τις υπόλοιπες εργασίες του πίνακα 35. Η φυσική θνησιμότητα (M), ήταν παρόμοια με τις εργασίες των Belhocine (2012) και Betatache-Alik (2015) στις Ανατολικές ακτές της Αλγερίας, ενώ ήταν μεγαλύτερη από εκείνη που παρουσιάζεται στην εργασία των Kahraman et al. (2017) στη Θάλασσα του Μαρμαρά. Η αλιευτική θνησιμότητα της παρούσης εργασίας ήταν μεγαλύτερη από αυτή των Djabali et al. (1991) και Belhocine (2012).

Όσον αφορά το ρυθμό εκμετάλλευσης, όλες οι εργασίες του πίνακα 35 βρήκαν υπεραλιευμένο το είδος, με αυτή των Kahraman et al. (2017) στη Θάλασσα του Μαρμαρά να έχει τη μεγαλύτερη τιμή από όλες τις άλλες εργασίες. Σε σχέση με την αλιευτική εκμετάλλευση, τέτοιες εκτιμήσεις συμφωνούν γενικά με την άποψη ότι οι πληθυσμοί του μπακαλιάρου αποτελούν αντικείμενο πλήρους εκμετάλλευσης ή υπερεκμετάλλευσης (Fiorentino 2000). Σε μια τέτοια κατάσταση, η δράση για την προστασία των νεαρών ατόμων καθίσταται επείγουσα, προκειμένου να αποφευχθεί η

περαιτέρω εξάντληση των αποθεμάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εποχιακής απαγόρευσης ή/και της εφαρμογής μεγαλύτερων μεγεθών ματιών στο σάκο του δικτυού της τράτας, είτε με χρήση δικτυών με διαφορετική γεωμετρία (τετράγωνο έναντι διαμαντιού) (Carlucci et al. 2009).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 Ελληνική βιβλιογραφία

Κλαουδάτος Δ. (2020) Διαχείριση αλιευτικών αποθεμάτων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις του μαθήματος (2020-2021). Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 246

Φώτης Γ., Αγγελίδης Π. (2003) Εκτροφή και παθολογία ιχθύων, τόμος Α, υδάτινο περιβάλλον, στοιχεία ιχθυολογίας, ιχθυοτροφία και ιχθυοπαθολογία, σελ 430.

Χρήστος Ν. Νεοφύτου. (2015) Βιολογία Ιχθύων & Θαλάσσιων θηλαστικών.

5.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Alegría Hernández, V., S. Jukic. (1992) Abundance dynamics of the Hake (*Merluccius merluccius* L.) from the middle Adriatic Sea. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 11: 151-161

Alheit, J., Pitcher, T.J. (1995) Hake. Fisheries, Ecology and Markets, Fish and Fisheries Series 15. Chapman & Hall, London, 478 pp.

Assem, S. S. (2000) The reproductive biology and histological characteristics of pelagic Carangid female *Caranx crysos*, from the Egyptian Mediterranean sea. J.Egypt. Ger. Soc. Zool. 31(C): 195- 215.

Assem, S. S. (2003) The reproductive biology and the histological and ultrastructural characteristics of the ovary of the female pelagic fish *Pagellus erythrinus* from the Egyptian Mediterranean water. J. Egypt. Ger. Soc. Zool. 42: 77-103.

- Bagenal, T. B., Tesch, F. W. (1978)** Age and growth. In: Bagenal T. B. (ed.): Methods for assessment of fish production in freshwater, 3rd edition. Blackwell Scientific Publication, Oxford, UK, pp. 101–136.
- Basilone, G., Guisande, C., Patti, B., Mazzola, S., Cuttitta, A., Bonanno, A., Vergara, A. R., Maneiro I. (2006)** Effect of habitat conditions on reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Strait of Sicily. Fisheries Oceanography 15(4): 271–280.
- Barry, J. P., Tegner, M. J. (1990)** Inferring demographic processes from size–frequency distributions: simple models indicate specific patterns of growth and mortality. Fish. Bull. U.S. 88: 13–19.
- Begg G. A., Brown R. W. (2000)** Stock identification of haddock *Meleanogrammus aeglefinus* on Georges Bank base don otolith shape analysis. Transactions of the American Fisheries Society, 129, 935-945.
- Belcaid, S., Ahmed, S. (2011)** Growth, mortality and exploitation of european hake *Merluccius merluccius* in the moroccan north atlantic sea. S.Aquat.Res., 37(2), 139-145. Retrieved from www.scopus.com
- Belhoucine, F. (2012)** Etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius* L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zinc, Plomb et Cadmium) dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse de Doctorat. Université d'Oran.189pp.
- Belhoucine, F., Pierson, P.M., Alioua, A. (2022)** CHARACTERIZATION OF THE REPRODUCTION OF EUROPEAN HAKE (*MERLUCCIVS MERLUCCIVS*, LINNAEUS, 1758) IN ORAN BAY. Appl. Ecol. Environ. Res. 20, 947–965.

- Betatache-Alik, O. (2015)** Biologie de la reproduction et dynamique du merlu, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) de la côte Est Algérienne. Mémoire de Magister, Université de Béjaïa. 233pp.
- Beverton, R. J. H., Holt, S. J. (1957)** On the dynamics of exploited fish populations. U. K. Ministry of Agricult. Fish. Invest., Ser. 2, 19: 1-533.
- Beverton, R. J. H. (1992)** Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. J. Fish Biol. 41(B):137-160
- Beverton, R. J. H. (1982)** Resource variability and exploitation strategy.--Monografias Biologicas 2" 121-133. Fish resources: threats and protection.--Neth. J. Zool. 42: 139-175.
- Bhattacharya C. G. (1967)** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 23: 115-135.
- Biagi F., Sbrana M., Cesarini A., Viva C. (1995)** Reproductive biology and fecundity of *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the Northern Tyrrhenian sea. *Dynamique des populations marines*. Zaragoza: CIHEAM, 1995. p. 47-48. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 10). 1. Première Réunion du Groupe de Travail DYNPOP du CIESM, 1994/09/10-14, (Tunisia).
- Billard, R. (1979)** La Gametogenese, le Cycle Sexuel et le Con-trole de la Reproduction chez les Poissons Teleosteens. Bulletin Franqais de la Peche et de la Pisciculture, Vol. 273, pp. 117-136. doi:10.1051 kmae:1979008
- Borelli, G., Mayer-Gostan, N., Merle, P.L., De Pontual, H., Boeuf, G., Allemand, D., Payan, P. (2003)** Composition of biomineral organic matrices with special emphasis on turbot (*Psetta maxima*) otolith and endolymph. Calcified Tissue International 72, 717–725.

- Boslaugh S., Paul A. W. (2008).** Statistics in a Nutshell: A Desktop Quick Reference, ch. 7. Sebastopol, CA: O'Reilly Media. ISBN-13: 978-0596510497.
- Bostanci D., Yilmaz M., Yedier S., Kurucu G., Kontas S., Darçin M., Polat N. (2016)** Sagittal Otolith Morphology of Sharpsnout Seabream *Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792) in the Aegean Sea. *International Journal of Morphology*, 34(2), 484–488.
- Bouaziz A., Bennoui A., Djabali F., Maurin C. (1998)** Reproduction du merlu *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) dans la région de Bou-Ismaïl. In: Lleonart J. (ed.): *Dynamique des populations marines*, Zaragoza: CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes, n. 35, Genova (Italy), pp. 109–117.
- Bouaziz, A. (1992)** Le merlu (*Merluccius merluccius* mediterraneus Cadenat, 1950) de la baie de Bou-Ismaïl: biologie et écologie, Thèse de Magistère en Océanographie, ISMAL, Alger.
- Bozzano, A., Sardà, F., Ríos, J. (2005)** Vertical distribution and feeding patterns of the juvenile European hake, *Merluccius merluccius* in the NW Mediterranean. *Fisheries Research*, 73(1–2), 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.01.006>
- Campana, S. E. (1999)** Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **188**: 263–297.
- Campana, S. E., Neilson, J. D. (1985)** Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 1014–1032.
- Campana, S. E., Thorrold, S. R. (2001)** Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**, 30–38.

- Candelma, M., Fontaine, R., Colella, S., Santojanni, A., Weltzien, F. A., Carnevali, O. (2017).** Gonadotropin characterization, localization and expression in the European hake (*Merluccius merluccius*). *Reproduction*, 153(2), 123–132. <https://doi.org/10.1530/REP-16-0377>
- Candelma, M., Marisaldi, L., Bertotto, D., Radaelli, G., Gioacchini, G., Santojanni, A., Colella, S., Carnevali, O. (2021).** Aspects of Reproductive Biology of the European Hake (*Merluccius merluccius*) in the Northern and Central Adriatic Sea (GSA 17-Central Mediterranean Sea). *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 389. <https://doi.org/10.3390/jmse9040389>
- Candelma, M., Valle, L.D., Colella, S., Santojanni, A., Carnevali, O. C. (2018)** Characterization, and molecular expression of gonadotropin receptors in European hake (*Merluccius merluccius*), a multiple-spawning species. *Fish Physiol. Biochem.* 2018, 44, 895–910.
- Carbonara, P., Porcu, C., Donnalioia, M., Pesci, P., Sion, L., Spedicato, M. T., Zupa, W., Vitale, F., Follesa, M. C. (2019)** The spawning strategy of European hake (*Merluccius merluccius*, L. 1758) across the Western and Central Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 219(July). <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105333>
- Carlucci, R., Giuseppe, L., Porzia, M., Francesca, C., Alessandra, M. C., Letizia, S., Teresa, S. M., Nicola, U., Angelo, T., D’Onghia, G. (2009)** Nursery areas of red mullet (*Mullus barbatus*), hake (*Merluccius merluccius*) and deep-water rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*) in the Eastern-Central Mediterranean Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 83, 529–538.

- Carpentieri, P., Colloca, F., Cardinale, M., Belluscio, A., Ardizzone, G. D. (2005)** Feeding habits of European hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea. *Fishery Bulletin*, 103(2), 411–416.
- Carrozzi, V., Di Lorenzo, M., Massi, D., Titone, A., Ardizzone, G., Colloca, F. (2019)** Prey preferences and ontogenetic diet shift of European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the central Mediterranean Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.100440>
- Cartes, J. E., Rey, J., Lloris, D., Gil De Sola, L. (2004)** Influence of environmental variables on the feeding and diet of European hake (*Merluccius merluccius*) on the Mediterranean Iberian coasts. www.ieo.es
- Casey, J., Pereiro, F. J. (1995)** European hake (*M. merluccius*) in the North-east Atlantic. In Hake: Fisheries, Ecology and Markets. Fish and Fisheries Series 15, pp. 125–148. Ed. by J. Alheit, and T. J. Pitcher. Chapman and Hall, London. 478 pp.
- Cohen, D. M., Inada, T., Iwamoto, T., Scialabba, N. (1990)** FAO Species catalogue.vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated Catalogue of Cods, Hakes, Grenadiers and other Gadiform fishes Known to Date. FAOFish. Synopsis 125, 10–442.
- Colloca, F., Cardinale, M., Maynou, F., Giannoulaki, M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido J. M., Fiorentino F. (2013)** Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability: sustainability of Mediterranean fisheries. *Fish Fish*. 14, 89–109. doi: 10.1111/j.1467-2979.2011.00453.x
- Costa, A. M. (2009)** Macroscopic vs. microscopic identification of the maturity stages of female horse mackerel. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 509–516.

- Costa, A. M. (2013)** Somatic Condition, Growth and Reproduction of Hake, *Merluccius merluccius* L., in the Portuguese Coast. *Open Journal of Marine Science*, 03(01), 12–30. <https://doi.org/10.4236/ojms.2013.31002>
- D'Iglio, C., Porcino, N., Savoca, S., Profeta, A., Perdichizzi, A., Armeli Minicante, E., Salvati, D., Soraci, F., Rinelli, P., Giordano, D. (2022)** Ontogenetic shift and feeding habits of the European hake (*Merluccius merluccius* L., 1758) in Central and Southern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean Sea): A comparison between past and present data. *Ecology and Evolution*, 12, e8634. <https://doi.org/10.1002/ece3.8634>
- Deniz, T., Göktürk, D., Ateş, C. (2020)** Selectivity parameters of European hake gillnets for target and by-catch species with a perspective on small-scale fisheries management in the Sea of Marmara, Turkey. *Regional Studies in Marine Science*, 33, 100934.
- Djabali, F., Mehailia, A., Koudil, M., Brahmi, B. (1993)** Empirical equations for the estimation of natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga ICLARM Q.* 16(1):35-37.
- Djabali, F., Boudraa, S., Bouhdid, A., Bousbia, H., Bouchelaghem, E. H., Brahmi, B., Dob, M., Derdiche, O., Djekrir, F., Kadri, L., Mammasse, M., Stambouli, A., Tehami, B. (1991)** Travaux réalisés sur les stocks pélagiques et démersaux de la région de Béni-Saf. *FAO Fish. Rep.*, 447, 160-165.
- Domínguez-Petit, R. (2007)** Study on reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician shelf. Thesis Doctoral. <http://hdl.handle.net/10261/4377>
- Domínguez-Petit, R., Saborido-Rey, F., Medina I. (2010)** Changes of proximate composition, energy storage and condition of European hake (*Merluccius*

merluccius, L. 1758) through the spawning season. *Fisheries Research* 104 (1–3): 73–82.

Domínguez-Petit, R., Saborido-Rey, F. (2010). New bioenergetic perspective of European hake (*Merluccius merluccius* L.) reproductive ecology. *Fisheries Research*, 104(1–3), 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.09.002>

Dyková, I., Žák J., Blažek, R., Reichard, M., Souckova, K., Slaby, O. (2022) Histology of major organ systems of Nothobranchius fishes: short-lived model species. *J Vertebr Biol* 71:21074. <https://doi.org/10.25225/jvb.21074>

El Bouzidi, C., Abid, N., Awadh, H., Bakkali, M., Zerrouk, M. H. (2022) Growth and mortality of the European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) from the north of Moroccan Atlantic coasts. *Egypt J Aquat Res.* <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.12.003>

El Habouz, H. (1995) Etude de la biologie et la dynamique des populations du merlu blanc (*Merluccius merluccius* Linnaeus 1758) débarqué par les chalutiers côtiers au port d'Agadir. Thèse de troisième cycle. Option Océanographie biologique. Univ. Ibn Zohr. Agadir. Maroc. N° d18/95: 1–108.

El Habouz, H., Recasens, L., Kifani, S., Moukrim, A., Bouhaimi, A., El Ayoubi, S. (2011) Madurez y fecundidad parcial de la merluza Europea (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) en el atlántico oriental central. *Scientia Marina*, 75(3), 447–454. <https://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n3447>

ELGazzar, H. M., Mahmoud, H. H., Abdel-Rahman, S. A., Hussein, E. M. E. (2022) MATURITY AND GONADOSOMATIC INDEX OF EUROPEAN HAKE *MERLUCCIOUS MERLUCCIOUS* (LINNAEUS, 1758) FROM THE EGYPTIAN

MEDITERRANEAN WATER. *Menoufia Journal of Animal Poultry and Fish Production*, 6(8), 143-152. doi: 10.21608/mjapfp.2022.263865

El-Greisy ZAEI-B. (2000) Reproductive biology and physiology of *Diplodus sargus* (Family: Sparidae), in the Mediterranean environment. Ph.D Thesis. Department of Environmental Studies Institution of Graduate Studies Alex. University

Fagade, S. O. (1979) Observation of to the biology of two species of Tilapia from the Lagos lagoon Nigeria. *Bull. Inst. Fond Afr. Nore (Ser. A)*, 41: 627-658.

Ferreri, R., Basilone, G., D'Elia, M., Traina, A., Saborido-Rey, F., Mazzola, S. (2009) Validation of macroscopic maturity stages according to microscopic histological examination for European anchovy. *Mar. Ecol.* 30, 181–187.

Ferrer-Maza, D., Lloret, J., Munoz, M., Faliex, E., Vila, S., Sasal, P. (2014) Parasitism, condition and reproduction of the European hake (*Merluccius merluccius*) in the northwestern Mediterranean Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 71, 1088–1099.

Ferguson, H. W. (2006) Systemic Pathology of Fish: a text and atlas of normal tissues in teleosts and their responses in disease. Scotian Press, 2nd Edition. Dalton House, 60 Windsor Avenue, London SW19 2RR, UK.

Fiorentino, F. (2000) A compilation of information on stock assessment in the GFCM areas presented in standard forms. ED/TN/ FF/4/0600/REL.1, pp. 109.

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., Stern-Pirlot A., Winker H., Gascuel D. (2008)** Size matters: How single-species management can contribute to ecosystem-based fisheries management. *Fisheries Research* 92: 231–241
- Froese, R., C. Binohlan. (2000)** Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *J. Fish Biol.* 56:758-773.
- Groman, D. (1982)** *Histology of the Striped Bass*. American Fisheries Society. 5410 Grosvenor Lane, Bethesda, Maryland 20814.
- Gül, G., Dalkara, E. M., Yüksek, A., Demirel, N. (2019)** *Age and Growth of European Hake, Merluccius merluccius in The Sea of Marmara Marmara Denizi 'nde Berlam Balığının Yaş ve Büyümesi*. 2(2), 147–154.
- Gulland, J. A. (1977)** *Fish population dynamics*. John Wiley and Sons, New York
- Gunderson, D. R. (1980)** Using r-K selection theory to predict natural mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 2266–2271
- Gunderson, D. R., Dygert, P. H. (1988)** Reproductive effort as a predictor of natural mortality rate. *ICES Journal of Marine Science*, 44(2), 200-209.
- Gurbet, R., Akyol, O., Yalçın, E. (2013)** Exploitation and mortality rates of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Aegean Sea (Izmir Bay, Turkey). *Journal of Applied Ichthyology* 29 (3): 569–572. DOI: 10.1111/jai.12082
- Hatzioannou M., Vafidis D. (2015)** Εργαστηριακές ασκήσεις ιστολογίας. [ebook] Athens: Hellenic Academic Libraries Link. Chapter 6. Available Online at: <http://hdl.handle.net/11419/513173>. <https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n4765>
- Hellenic Statistical Authority Sea fisheries [WWW Document], (2023)** ELSTAT. URL <http://www.statistics.gr/> (accessed 3.2.23).

- Honji, R. M., Vas-dos-Santos, A. M., Rossi, W. S. (2006)** Identification of the stages of ovarian maturation of the Argentine hake **Merluccius hubbsi**, Marini, 1933 (Teleostei: Merlucciidae) advantages and disadvantages of the use of the macroscopic and microscopic scales. *Neotrop. Ichthiol.* 443: 329-337.
- Huynh, Quang C. (2017)** "Extensions and Applications of Mean Length Mortality Estimators for Assessment of Data-Limited Fisheries". Dissertations, Theses, and Masters Projects. Paper 1516639583. <http://dx.doi.org/doi:10.21220/V5CM9D>
- ICES, (1979)** Report of the Working Group on Assessment of Hake Stocks, ICES CM, G. 27;65.
- ICES, (2009)** Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk, and Megrim, 5-11 May 2009, ICES CM 2009/ACOM:08.
- ICES, (2013)** Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim (WGHMM), ICES Headquarters, Copenhagen, ICES CM, ACOM. 11A;11
- Jensen A. L (1996)** Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 53(4): 820-822. <https://doi.org/10.1139/f95-233>
- Kahraman, A. E., Yıldız, T., Uzer, U., Karakulak, F. S. (2017)** Age composition, growth and mortality of European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii: Merlucciidae) from the Sea of Marmara, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 69(3), 377-384.
- Khoufi, W., Ferreri, R., Jaziri, H., El Fehri, S., Gargano, A., Mangano, S., Meriem, S. Ben, Romdhane, M.S., Bonanno, A., Aronica, S., (2014)** Reproductive traits and

seasonal variability of *Merluccius merluccius* from the Tunisian coast. J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom 94, 1545–1556.

Korta, M., Domínguez-Petit, R., Murua, H., Saborido-Rey, F. (2010) Regional variability in reproductive traits of European hake *Merluccius merluccius* L. populations. *Fisheries Research*, 104(1–3), 64–72.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.03.007>

Kreiner, A., Van Der Lingen, C. D., Freon, P. (2001) A decade of Namibian fisheries science, A comparison of the condition factor and gonadosomatic index of sardine *Sardinops sagax* stocks in the northern and southern Benguela upwelling ecosystem, 1984-1999., Pretoria, Department of Environmental Affairs and Tourism Marine and Coastal Management.

Lahaye, J. (1972) Cycles Sexuels de Quelques Poissons Plats Des Cotes Bretonnes. Revue des Travaux de l'Institut des Reches Maritimes, Vol. 36, No. 2, p. 191-207.

Lahrizi, H. (1996) Etude de la biologie de croissance et de reproduction du merlu blanc *Merluccius merluccius* (L. 1758) débarqué par les chalutiers au port de Casablanca. Thèse de troisième cycle. Univ. Mohamed V, Rabat, Maroc.

Lappalainen, A., Saks, L., Šuštar, M., Heikinheimo, O., Jürgens, K., Kokkonen, E., Kurkilahti, M., Verliin, A., Vetemaa, M. (2016) Length at maturity as a potential indicator of fishing pressure effects on coastal pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks in the northern Baltic Sea. Fish. Res. 174, 47–57.

Lambert, Y., Dutil, J. D. (1997) Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence stock. Can J Fish Aquat Sci 54: 2388– 2400.

- Ligas, A., Pierattini, C., Viva, C., Bertolini, D., Belcari, P. (2011)** Age estimation and growth of European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), in the northern Tyrrhenian Sea. *Atti Della Societa Toscana Di Scienze Naturali, Memorie Serie B*, 118(November 2017), 9–14. <https://doi.org/10.2424/ASTSN.M.2011.16>
- Limburg, K. E., Elfman, M. (2010)** Patterns and magnitude of Zn:Ca in otoliths support therecent phylogenetic typology of Salmoniformes and their sister groups. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67, 597–604
- Lizama, M., de los, A. P., Ambrosio, A. M. (2002)** Condition factor of the nine species of fish of the Characidae family in the upper Parana River floodplain, Rio de Janeiro.
- Lloret J., Demestre M., Sánchez-Pardo J. (2008)** Lipid (energy) reserves of European hake (*Merluccius merluccius*) in the north-western Mediterranean, Vie et Milieu-Life and Environment, vol. 58 (pg. 75-85)
- Martin, I. (1991)** A PRELIMINARY ANALYSIS OF SOME BIOLOGICAL ASPECTS OF HAKE. *Merluccius merluccius* L. 1758) IN THE BAY OF BISCAY.
- Maynou, F., Leonart, J., Cartes, J. E. (2003)** Seasonal and spatial variability of hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment in the NW Mediterranean. In *Fisheries Research* (Vol. 60).
- Mehault, S., Domínguez-Petit, R., Cervino, S., Saborido-Rey, F. (2010)** Variability in total egg production and implications for management of the southern stock of European hake. *Fish. Res.* 104, 111–122.
- Mellon-Duval, C., de Pontual, H., Métral, L., & Quemener, L. (2010)** Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 62–70. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp215>.

- Ahouansou Montcho S., Chikou, A., Lalèyè, P. A., Linsenmair, K. E. (2011)** Population structure and reproductive biology of *Schilbe intermedius* (Teleostei: Schilbeidae) in the Pendjari River, Benin, African Journal of Aquatic Science, 36:2, 139-145, DOI: [10.2989/16085914.2011.589111](https://doi.org/10.2989/16085914.2011.589111)
- Morales-Nin, B., Moranta, J. (2004)** “Recruitment and post-settlement growth of juvenile *Merluccius merluccius* on the western Mediterranean shelf”, *Scientia Marina*, 68(3), pp. 399–409. doi: 10.3989/scimar.2004.68n3399.
- Morales-Nin, B., Aldebert, Y. (1997)** Growth of juvenile *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on otolith microstructure and length frequency analysis. *Fisheries Research*, 30: 77–85.
- Morales-Nin, B., Torres, G. J., Lombarte, A., Recasens, L. (1998)** Otolith growth and age estimation in the European hake. *Journal of Fish Biology*, 53(6): 1155–1168
- Murua, H. (2010).** The Biology and Fisheries of European Hake, *Merluccius merluccius*, in the North-East Atlantic. *Advances in marine biology*. 58. 97-154. 10.1016/B978-0-12-381015-1.00002-2.
- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P.R., Thorsen, A., Junquera, S. (2003)** Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy.
- Murua, H., Motos, L. (2006)** Reproductive strategy and spawning activity of the European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. *J. Fish Biol.* 69, 1288–1303.
- Murua, H., Motos, L., Lucio, P. (1998)** Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* L.) in the Bay of Biscay. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Investig. Rep.* 196–203.

- Murua, H., Saborido-Rey, F. (2003).** Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 33:23-31.
- Nannini, N., Pinna, D., Chiericoni, V., Biagi, F., Belcari, P. (2001)** Ciclo ovarico di *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) del mar Tirreno settentrionale. – *Biol. Mar. Medit.* 8(1): 745-748.
- Nash, R. D. M., Valencia, A. H., Greffen, A. J. (2006)** The origin of Fulton’s condition factor setting the record straight, Retrieved November 15, 2022, from <http://www.fisheries.org>
- Nikolsky, G. V. (1963)** The ecology of fishes. Acad. Press, London, 352 pp
- Oliver, P. (1991).** Dinámica de la población de merluza (*Merluccius merluccius* L.) de Mallorca (Reclutamiento, Crecimiento y Mortalidad). Doctoral thesis. University of Baleares. Palma de Mallorca. 392pp.
- Orsi Relini, L., Papaconstantinou, C., Jukic-Peladic, S., Souplet, A., De Sola, L. G., Piccinetti, C., Kavadas, S., Rossi, M. (2002)** Distribution of the Mediterranean hake populations (*Merluccius merluccius* smiridus Rafinesque, 1810) (Osteichthyes: Gadiformes) based on six years monitoring by trawl-surveys: Some implications for management. *Scientia Marina*, 66(2 SUPPL), 21–38.
<https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66s221>
- Pannella, G. (1971).** Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science* 173, 1124–1127.
- Papaconstantinou, C., Caragitsou, E. (1987)** *The food of hake (Merluccius merluccius) in Greek seas* (Vol. 37, Issue 2).
<https://www.researchgate.net/publication/259192094>

- Papaconstantinou, C., Stergiou, K.I. (1995)** Biology and fisheries of eastern Mediterranean hake (*M. merluccius*). In: Alheit, J., Pitcher, T.J. (Eds.), Hake. Fisheries, Ecology and Markets. In: Fish & Fisheries Ser., vol. 15, Chapman & Hall, London, pp. 140–180.
- Patterson, K. (1992).** Fisheries for smallpelagic species: An empirical approach to management targets. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, pp. 321-338.
- Pauly, D. (1980).** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal de Conseil Internationale pour l'Exploration de la Mer* 39: 175-192
- Pauly, D. (1982)** Studying single species dynamics in a multispecies context. p. 33-70
In D. Pauly and G.I. Murphy (eds.) *Theory and management of tropical fisheries*. ICLARM Conference Proceedings 9, 360 p.
- Pauly, D. (1984)** A mechanism for the juvenile-to-adults transition in fishes. *J. Cons. CIEM* 41:280-284.
- Pauly, D. (1983)** Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* (234):52 p.
- Philips, A., Ragheb, E. (2013)** Reproductive biology of European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the Egyptian Mediterranean waters. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 17, 37–47.
- Philips, A. E., Ragheb, E. (2013)** Reproductive biology of European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the Egyptian Mediterranean waters. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.*

- Piñeiro, C., Saínza, M. (2003)** Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. ICES J. Mar. Sci. 60:1086-1102.
- Pineiro, C. G., Pereiro, J. A. (1993)** Study on juvenile growth pattern of European hake (*Merluccius merluccius* L.) using whole otoliths and length frequency distributions from commercial catches and fish surveys. ICES CM 1993/G: 12. 14 pp.
- Pineiro, C., Hunt, J. J. (1989)** Comparative study on growth of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from southern stock using whole and sectioned otoliths, and length frequency distributions. ICES CM 1989/G: 37. 16 pp.
- Piñeiro-Álvarez, C. G. (2011)** Edad y crecimiento de la merluza europea *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) del Noroeste de la Península Ibérica: evolución de un paradigma.
- Quinn, T. J., Deriso, R. B. (1999)** Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. New York. 542 pp.
- R Core Team (2021)** *R: A Language and environment for statistical computing.* (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01).
- Ragonese, S., Andreoli, M. G., Bono, G., Giusto, G. B., Rizzo, P., Sinacori, G. (2004)** Overview of the biological information on demersal resources of the Strait of Sicily. MedSudMed Technical Documents (FAO/MedSudMed).
- Rajendiran, P., Jaafar, F., Kar, S., Sudhakumari, C., Senthilkumaran, B., Parhar, I. S. (2021)** Sex determination and differentiation in teleost: roles of genetics, environment, and Brain. *Biology (Basel)*. 10, 973.

- Recasens, L., Lombarte, A., Morales-Nin, B., Torres, G. J. (1998)** Spatiotemporal variation in the population structure of the European hake in the NW Mediterranean. *Journal of Fish Biology* 53(2): 387–401.
- Recasens, L., Chiericoni, V., Belcari, P. (2008)** Spawning pattern and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 72(4), 721–732.
<https://doi.org/10.3989/scimar.2008.72n4721>
- Ricker, W. E. (1969)** Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production and yield. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26(3): 479–541.
- Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E.T., Eliceiri, K. W. (2017)** Imagej 2: Imagej for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinf* 18(1):529
- Saliu, J. K., Joy, O., Catherine O. (2007)** Condition factor, fat and protein content of five species in Lekki Lagoon, Lagos, University of Lagos.
- Sánchez, P., Sartor, P., Recasens, L., Ligas, A., Martin, J., De Ranieri, S., Demestre, M. (2007)** Trawl catch composition during different fishing intensity periods in two Mediterranean demersal fishing grounds. *Scientia Marina*, 71(4), 765–7
- Sbrana, M., Belcari, P., De Ranieri, S., Sartor, P., Viva, C. (2007)** Comparison of the catches of European hake (*Merluccius merluccius*, L. 1758) taken with experimental gillnets of different mesh sizes in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Sci. Mar.* 71, 47–56.

- Schulz-Mirbach, T., Ladich, F., Plath, M., Heß, M. (2019)** Enigmatic ear stones: what we know about the functional role and evolution of fish otoliths. *Biol Rev*;94:457–82. pmid:30239135
- Soykan, O., Ilkyaz, A. T., Metin, G., Kinacigil, H. T. (2015)** Age, growth and reproduction of European hake (*Merluccius merluccius* (Linn., 1758)) in the Central Aegean Sea, Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 95(4): 829–837.
- Sparre P., Ursin E., Venema S. C. (1989)** Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fish.Tech.Pap.*, (306.1):337 p
- Stergiou, K. I., Christou, E. D., Georgopoulos, D., Zenetos, A., Souvermezoglou, C. (1997)** The Hellenic seas: physics, chemistry, biology and fisheries. *Oceanography marine biology: an annual review*, 35: 415-538.
- Taylor, C.C. (1958)** Cod growth and temperature. *J. Cons. CIEM* 23:366-370
- The jamovi project (2022).** *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Tomkiewicz, J., Morgan, M.J., Burnett, J., Saborido-Rey, F. (2003a)** Available information for estimating reproductive potential of Northwest Atlantic groundfish stocks.
- Tomkiewicz, J., Tybjerg, L., Jespersen, Å. (2003b)** Micro-and macroscopic characteristics to stage gonadal maturation of female Baltic cod. *J. Fish Biol.* 62, 253–275.
- Trippel, E.A., Harvey, H.H. (1991)** Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, 1446–1459.

- Tsagarakis, K., Palialexis, A., Vassilopoulou, V. (2014)** Mediterranean fishery discards: review of the existing knowledge. *ICES J. Mar. Sci.* 71, 1219–1234. doi: 10.1093/icesjms/fst074
- Ungaro, N., Vrgoc, N., Mannini, P. (2001)** The biology and stock assessment of *Merluccius merluccius* (L.) in the Adriatic Sea: an historical review by geographical management units. FAO Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea (Adriamed). Italia.: 12pp.
- Uzer, U., Öztürk, B., Yildiz, T. (2019)** Age composition, growth, and mortality of european hake *Merluccius merluccius* (Actinopterygii: Gadiformes: Merlucciidae) from the northern aegean sea, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 49(2), 109–117. <https://doi.org/10.3750/AIEP/02465>
- Vazzoler, A. E. A. de M., Vazzoler, G. (1965)** Relation between condition factor and sexual development in *Sardinella aurita* (Cuv. & Val. 1847). *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, 37(supl.): 353-359.
- Velasco, F., Olaso, I. (1998)** *European hake Merluccius merluccius (L., 1758) feeding in the Cantabrian Sea: seasonal, bathymetric and length variations.*
- Vitale, F., Cardinale, M., Svedäng, H. (2005)** Evaluation of the temporal development of the ovaries in *Gadus morhua* from the Sound and Kattegat, North Sea. *J. Fish Biol.* 67, 669–683.
- von Bertalanffy L. (1938)** A quantitative theory of organic growth(inquiries on growth laws II). *Hum Biol* 10:181–213
- Yildiz, T., Kesiktaş, M., Yemiskan, E., Sonmez, B., Eryilmaz, L., (2022)** Modeling the trajectories of growth and reproduction in European Hake (*Merluccius*

merluccius, L. 1758) from the Sea of Marmara, Turkey. Iran. J. Fish. Sci. 21, 445–462.

Zorica, B., Isajlović, I., Vrgoč, N., Čikeš Keč, V., Medvešek, D., Vuletin, V., Radonić, I., Cvitanić, R., Lepen Pleić, I., Šestanović, M., (2021) Reproductivna biologija oslića, *Merluccius merluccius* (L. 1758), u Jadranskom moru. Acta Adriat. Int. J. Mar. Sci. 62, 183–198.

ŽUPANOVIĆ, Š., JARDAS, I., (1986) A contribution to the study of biology and population dynamics of the Adriatic hake, *Merluccius merluccius* (L.). Acta Adriat. 27, 97–146.

6. ABSTRACT

Despite the economic and ecological importance of European hake (*Merluccius merluccius*), significant gaps in the literature remain. This undergraduate thesis updates some aspects of the reproductive biology of the European hake and for the first time in the Eastern Mediterranean, presents microscopically, all male reproductive stages.

Commercial demersal trawls from the Central and North Aegean seas were used for sampling from May 2020 to May 2021. The reproductive cycle was assessed using the gonad-somatic index (GSI) and it showed a seasonal cycle peaking at the end of spring (May) and its lowest values were exhibited at the end of summer (August). The hepatosomatic index (HSI) exhibited its highest values during summer and its lowest values during autumn. The Fulton condition factor displayed a similar distribution to the hepatosomatic index. While the gonadosomatic and hepatosomatic indices exhibited statistically significant differences with sex and season, the Fulton condition factor did not show statistically significant differences either by sex or season.

The oocyte diameter frequency distribution (ODF) of the different maturity stages showed significant size differences among different stages. The male to female ratio for the entire population was significantly in favor of males (1.23:1). Sex ratio was considerably higher, over males, at smaller sizes (less than 30 cm in total length) and over females at larger sizes.

The age of the fish was calculated by Modal Progression Analysis, with 7 age classes identified. The population reached the length at first maturity (L_{50}) at the age of 2.9 years, with females reaching reproductive maturity at higher sizes (30.7 cm or 3.8 years) compared to males (25.3 cm or 2.6 years).

Von Bertalanffy parameters calculated for the whole population were: L_{∞} was found 65.192 cm, k was calculated 0.1246 and t_0 was calculated -1.3407. Growth rate was 2.72 for the whole population, with males having a higher growth rate than females. Males showed lower L_{∞} than females, but higher k and t_0 . The inflection point, the point where rapid population growth stops, was found at 7.5 years for the whole population, 5.2 years for males and 8.2 years for females. The maximum age of the population was estimated at 24 years. The optimal length (L_{opt}) was found at 39 cm.

Natural mortality (M) was calculated as 0.247, and total mortality (Z) at 0.973. Fishing mortality (F) was estimated at 0.73 and finally the exploitation rate was 0.75, indicating that the population in question is heavily overexploited. The F/M ratio was 2.96, indicating that fishing mortality affects the population more than natural mortality does. In addition, the Z/K ratio was calculated to be 7.81, which validates that the population is overfished.

Key words: *Merluccius merluccius*, *Reproductive biology*, *Fisheries management*, *Histology*, *Aegean Sea*

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Δημοσίευση στο διεθνές συνέδριο (HydroMediT, 2021)


4-6 November 2021
Virtual
www.hydromedit.gr

PRELIMINARY STUDY ON THE REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE EUROPEAN HAKE *Merluccius merluccius* (LINNAEUS, 1758) IN PAGASITIKOS GULF, GREECE

Apostologamvrou C.^{1*}, Theocharis A.¹, Vlachou M.¹, Ntavaros C.¹, Klaoudatos D.¹

¹ Department of Ichthyology and Aquatic Environment, School of Agricultural Sciences, University of Thessaly, Fytokou str., 38446 Volos, Greece

Abstract
It is believed that European hake, a multiple batch spawner with indeterminate fecundity, exhibits variable maturity stages for different sexes at different stages of life cycle with earlier maturity in males. The reproductive biology in Pagasitikos gulf was assessed through histological examination. None of the male individuals examined were mature spawners and two females were mature. Spawning cycle of *Merluccius merluccius*, in Pagasitikos gulf is yet to be determined with further investigation warranted to assess its reproductive cycle.

Keywords: *Histology, Merluccius merluccius, reproduction, Pagasitikos gulf, European hake*

*Corresponding author: Apostologamvrou Chryssoula (chryssoula@uth.gr)

1. Introduction
European hake inhabits the Atlantic coast of Europe and western North Africa, northward to Norway and Iceland, southward to Mauritania. It is abundant in the Mediterranean Sea and along the southern coast of the Black Sea (FAO 1990). The spawning period is annual and exhibits considerable variation amongst populations. In the Mediterranean Sea reproduction mainly occurs between December and June. Spawning takes place between 100 and 300m depth (FAO 1990). The European hake is a multiple batch spawner with indeterminate fecundity, associated with the asynchronous development of the oocytes (Murua *et al.* 1998). Males and females mature at different sizes, probably at different ages, with males maturing earlier than females (Dominguez-Petit 2007). The aim of this study was to investigate the reproductive biology of the male European hake in Pagasitikos gulf.

2. Materials and Methods
Gonads were immediately fixed in 10% neutral buffered formalin solution. Fixed gonads were further processed in the laboratory using histological examination. The middle portions of each gonad tissues were placed in a histokinette (Leica TP 1020, Leica Microsystems GmbH, Nussloch, Germany) for dehydration (immersion in ethanol solution of increasing concentrations), clearing (immersion in xylene solutions to replace ethanol with an organic dissolvent), and embedding in liquid paraffin wax. Paraffin blocks with gonad tissue were left for cooling (Leica EG 1150H Leica Microsystems GmbH, Nussloch, Germany); mold was removed, and blocks were mounted on a microtome (Slee Mainz Cut 5062, SLEE medical GmbH, Mainz, Germany) for sectioning (5 µm sections). Sections were stained with hematoxylin-eosin regressive staining procedure, covered with Canada balsam mounting medium, and observed under light microscope connected with a digital camera (ProgRes Plus 2.1, JENOPTIC Optical Systems GmbH, Jena, Germany). Histological sections were photographed in appropriate magnification scale using the software Progress Capture 2.1. Different developmental gametogenic stages were assessed according to FAO (2019).

3. Results
Male microscopic maturity stages are shown in Figure 1. Stage 1: Only spermatogonia and primary spermatocytes are visible (Figure 1A). Stage 4A: Seminiferous tubules are empty, with residual spermatozoa (Figure 1B). The female microscopic maturity stage key was defined as: RECOVERING STAGE: The histological depiction of three microscopic maturity stages was carried out (Figure 2A). The most common characteristics of the immature stages were the oogonia and small primary growth oocytes (PG). MATURE SPAWNER STAGE: In this stage, germinal vesicle breakdown stage could be observed (Figure 2B). RESTING STAGE: Females at this stage do not produce more oocytes, but are characterized by a high level of atresia (Figure 2C).

E POSTERS | 48th Int'l Marine Diversity and Conservation
572
HydroMediT 2021 | Book of Proceedings

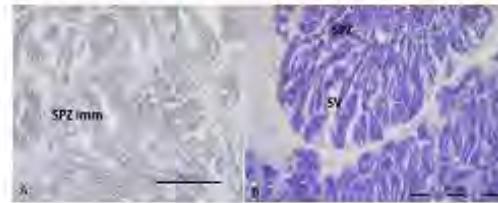


Figure 1. Male reproductive cycle for European hake. Microscopic maturity stages. A) Stage 1; B) Stage 4A; SPZ imm; immature spermatozoa, SPZ; Spermatozoa, SV; seminal vesicle; H & E stain; Scale bar A 400 μ m; B, 500 μ m.



Figure 2. Histological sections of *Merluccius merluccius* ovaries, A) recovering ovary; B) mature spawner; C) resting. (MB, muscle bundle; PG, primary growth; CA, cortical alveolar oocyte; GVBD, germinal vesicle breakdown stage; H & E stain; Scale bar A 200 μ m; B, C 500 μ m).

4. Discussion

European hake is a highly prized commercial species with a considerable reduction in annual landings in Europe since the 1960s (Groison *et al.* 2008). There is lack of available information on the reproduction of male *Merluccius merluccius* and a better understanding on male reproductive biology could contribute towards more suitable management decisions. According to Al-Absawy (2010), the European hake in the Mediterranean Basin exhibits a well-defined spawning peak from January to April. The current preliminary study indicated that in Pagasitikos gulf, *Merluccius merluccius* presents a similar reproductive pattern, since during May three female maturity stages were observed. The completed study aims to provide further information on the reproductive biology of the species in Eastern Mediterranean Sea.

References

- Al-Absawy M.A.E.-G. (2010). The Reproductive Biology and the Histological and Ultrastructural Characteristics in Ovaries of the Female Gadidae Fish *Merluccius Merluccius* from the Egyptian Mediterranean Water. *African Journal of Biotechnology* 9(17), 2544–2559.
- Cohen D.M., Inada T., Iwamoto T., Scialabba N. (1990). FAO species catalogue, Vol. 10, Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop. 125(10), Rome: FAO, 442 p.
- Groison A.L., Suquet M., Cosson J., Le Coz J.R., Jolivet A., Garren F. (2008): Biological characteristics of European hake (*Merluccius merluccius*) sperm. *Cybium* 32, 178.
- Follesa M.C., Carbonara P. (2019). Atlas of the maturity stages of Mediterranean fishery resources (Issue April). Hatzigeorgiou M., Vafidis D. (2015). *Ελληνική οικόσημο ιστολογία*; [ebook] Athens: Hellenic Academic Libraries Link, Chapter 6. Available Online at: <http://hdl.handle.net/11419/5131>
- Murua H., Motos L., Lucio P. (1998). Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius Merluccius* L.) in the Bay of Biscay. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Investig. Rep.* 196–203.
- Domínguez-Petit R. (2007). Study on reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician shelf. Thesis Doctoral. <http://hdl.handle.net/10261/4377>.

Δημοσιεύσεις σε ελληνικό συνέδριο (18^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, 2022)

18^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων

ΑΛΙΕΙΑ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Αναπαραγωγική βιολογία των αρσενικών ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) στον Παγασητικό κόλπο

Μαρία Βλάχου, Αλέξανδρος Θεοχάρης, Χρήστος Ντάβαρος, Δημήτριος Κλαουδάτος, Αποστολόγáμβρου Χρυσούλα

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος
E-mail: chapostol@uth.gr

ABSTRACT

European hake, a multiple batch spawner with indeterminate fecundity, exhibits variable maturity stages for different sexes at different stages of life cycle with earlier maturity in males. Male reproductive biology in Pagasitikos gulf was assessed through histological examination. Spawning cycle of *Merluccius merluccius*, in Pagasitikos gulf is yet to be determined with further investigation warranted to assess its reproductive cycle. This study is the first complete histological depiction of every male reproductive stage of this species.

Keywords: Histology, European hake, reproduction, Pagasitikos gulf, testes

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*), αποτελεί σημαντικό εμπορικό είδος και εντοπίζεται κυρίως στις ακτές του Ατλαντικού, στη Βορειοδυτική Αφρική, βόρεια της Νορβηγίας, στην Ισλανδία και νότια στη Μαυριτανία. Σύμφωνα με το FAO βρίσκεται σε αφθονία τόσο στη Μεσόγειο όσο και κατά μήκος της νότιας ακτής της Μαύρης Θάλασσας (FAO 1990). Αναπαράγεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και παρουσιάζει σημαντικές πληθυσμιακές διακυμάνσεις. Στη Μεσόγειο η αναπαραγωγή λαμβάνει χώρα κυρίως μεταξύ Δεκεμβρίου και Ιουνίου και η ωσοκία μεταξύ 100 και 300 μέτρων (FAO 1990).

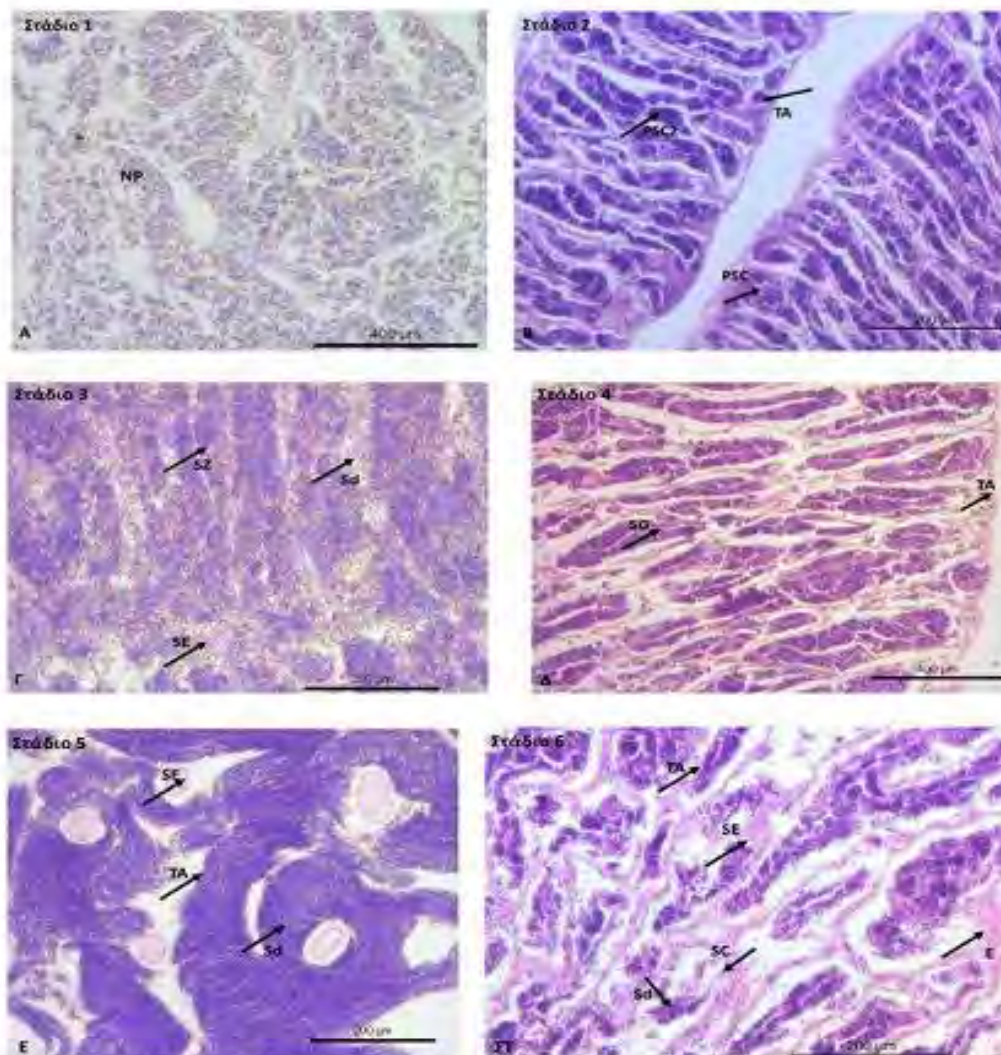
Η αναπαραγωγή του μπακαλιάρου αναφέρεται ως πολλαπλώς τμηματική και χαρακτηρίζεται από απροσδιόριστη γονιμότητα, που σχετίζεται με την ασύγχρονη ανάπτυξη των ωοκυττάρων (Mugua et al. 1998). Τα αρσενικά και τα θηλυκά ωριμάζουν σε διαφορετικά μεγέθη, πιθανώς σε διαφορετικές ηλικίες, με τα αρσενικά να ωριμάζουν νωρίτερα από τα θηλυκά (Dominguez-Petit 2007). Η βιολογία του, ωστόσο, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Η παρούσα μελέτη εξετάζει την αναπαραγωγική βιολογία του αρσενικού ευρωπαϊκού μπακαλιάρου στον Παγασητικό κόλπο.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Συνολικά συλλέχθηκαν 300 αρσενικά άτομα από τον Παγασητικό κόλπο, από τον Μάιο έως τον Νοέμβριο του 2021. Ύστερα από την ανατομή τους, οι γονάδες ζυγίστηκαν και μονιμοποιήθηκαν σε ουδέτερο ρυθμισμένο διάλυμα φορμόλης 10% και ακολούθησε ιστολογική τεχνική. Τμήματα των γονάδων τοποθετήθηκαν σε ιστοκινέτα (Leica TP 1020, Leica Microsystems GmbH, Nussloch, Γερμανία) για αφυδάτωση (εμβύθιση σε διάλυμα αιθανόλης αυξανόμενων συγκεντρώσεων), καθαρισμό (βύθιση σε διαλύματα ξυλόλης για την αντικατάσταση της αιθανόλης με οργανικό διαλύτη), και ενσωμάτωση σε παραφίνη. Τα μπλοκ της παραφίνης που περιείχαν τον ιστό των γονάδων αφέθηκαν για ψύξη (Leica EG 1150H Leica Microsystems GmbH, Nussloch, Γερμανία). Το καλούπι αφαιρέθηκε και τα μπλοκ τοποθετήθηκαν σε μικροτόμο (Slee Mainz Cut 5062, SLEE medical GmbH, Mainz, Γερμανία) για τομή (τομές 10 μm). Οι τομές χρωματίστηκαν με διαδικασία χρώσης αιματοξυλίνης-ηωσίνης, καλύφθηκαν με μέσο στήριξης Canada balsam και παρατηρήθηκαν σε μικροσκόπιο φωτός συνδεδεμένο με ψηφιακή κάμερα (ProgRes Plus 2.1, JENOPTIC Optical Systems GmbH, Jena, Γερμανία). Οι ιστολογικές τομές φωτογραφήθηκαν σε κατάλληλη κλίμακα μεγέθυνσης χρησιμοποιώντας το λογισμικό Progress Capture 2.1.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το πρότυπο ανάπτυξης των αρσενικών γονάδων, ακολουθώντας τον Al-Absawy (2010), χωρίστηκε σε 6 στάδια (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Αναπαραγωγικός κύκλος αρσενικών ατόμων μπακαλιάρου. Μικροσκοπικά στάδια ωριμότητας. NP; Θρεπτικά φαγοκύτταρα, Sc; Σπερματοκύτταρα, TA; Τοίχωμα όρχεως, PSC; Πρώιμα σπερματοκύτταρα, PSC2; Πρώιμα σπερματοκύτταρα 2, Sd; σπερματίδες, SG; Σπερματογόνια, SE; κύτταρα σερτολί, E; Επιθηλιακά κύτταρα. Στάδιο I = παρθένο, Στάδιο II = παρθένο σε ανάπτυξη, Στάδιο III = ανώριμο, Στάδιο IV = σε ωρίμανση, Στάδιο V = ώριμο, Στάδιο VI = ανάπαυσης. Χρώση H&E; Κλίμακα: A 400μm; B, 500μm; Γ, 200μm; Δ, 400μm; E, 200μm; ΣΤ, 200μm.

Figure 1. Male European hake reproductive cycle. Microscopic maturity stages. NP; Nutrient phagocytes, Sc; Spermatocytes, TA; Testes wall, PSC; Premature spermatocytes, PSC2; Premature spermatocytes 2, Sd; spermatids, SG; Spermatogonia, SE; Sertoli cells, E; Epithelial cells. Stage I = virgin, Stage II = virgin developing, Stage III = immature, Stage IV = maturing, Stage V = mature, Stage VI = resting. Stain H&E; Scale: A 400μm; B, 500μm; Γ, 200μm; Δ, 400μm; E, 200μm; ΣΤ, 200μm.

Στάδιο I Παρθένοι όρχεις, όπου περιέχουν μόνο θρεπτικά φαγοκύτταρα. Στους παρθένους σε ανάπτυξη όρχεις (Στάδιο II), βρίσκονται οι σπερματίδες και τα σπερματοκύτταρα, τα οποία θα αναπτυχθούν περαιτέρω σε σπερματοζωάρια. Στο ανώριμο στάδιο III, τα σπερματοζωάρια αρχίζουν να γεμίζουν τον όρχι και ξεκινούν να ωριμάζουν (Στάδιο IV). Στο ώριμο στάδιο (Στάδιο V) τα σπερματοζωάρια

συσσωρεύονται πυκνά στον όρχι, ενώ στο στάδιο VI μόνο λίγα υπολείμματα από σπερματοζωάρια παρατηρούνται στον αυλό των όρχων.

Στην παρούσα μελέτη, ένα σαφές σημαντικό γεγονός ωοτοκίας εμφανίζεται το φθινόπωρο και συγκεκριμένα τους μήνες Οκτώβριο-Νοέμβριο, όπως τεκμηριώθηκε με βάση την ιστολογία του. Ο ευρωπαϊκός μπακαλιάρος αποτελεί σημαντικό εμπορικό είδος που παρουσιάζει μείωση των ετήσιων εκφορτώσεων στην Ευρώπη από τη δεκαετία του 1960 (Groison *et al.* 2008). Υπάρχει έλλειψη διαθέσιμης πληροφορίας σχετικά με την βιολογία και αναπαραγωγή του αρσενικού *M. Merluccius*, σημαντική για τη βιώσιμη αλιευτική διαχείριση. Η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη ολοκληρωμένη μελέτη όλων των σταδίων ανάπτυξης των αρσενικών ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου, και θα αποτελέσουν βάση για επόμενες μελέτες της αναπαραγωγικής βιολογίας του είδους στον Παγασητικό κόλπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Absawy, AG (2010) The reproductive biology and the histological and ultrastructural characteristics in ovaries of the female gadidae fish *Merluccius merluccius* from the Egyptian Mediterranean water. *African Journal of Biotechnology*, 9(17): 2544–2559. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Cohen DM, Inada T, Iwamoto T, Scialabba N (1990) FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop. 125(10). Rome: FAO. 442 p.
- Follesa MC, Carbonara P (2019) Atlas of the maturity stages of Mediterranean fishery resources (Issue April).
- Groison AL, Suquet M, Cosson J, Le Coz JR, Jolivet A, Garren F (2008) Biological characteristics of European hake (*Merluccius merluccius*) sperm. *Cybium* 32: 178.
- Hatzioannou M, Vafidis D (2015) *Εργαστηριακές ασκήσεις ιστολογίας*. [ebook] Athens: Hellenic Academic Libraries Link. chapter 6. Available Online at: <http://hdl.handle.net/11419/5131>
- Murua H, Motos L, Lucio P (1998) Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius Merluccius* L.) in the Bay of Biscay. California Cooperative Oceanic Fisheries, Investigations Reports. 196–203.
- Domínguez-Petit R (2007) Study on reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician shelf. Thesis Doctoral. <http://hdl.handle.net/10261/4377>.

Αναλογία φύλου και αλλομετρικές σχέσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο βόρειο Αιγαίο

Μαρία Βλάχου¹, Αλέξανδρος Θεοχάρης¹, Χρήστος Ντάβαρος¹, Δημήτριος Κλαουδάτος^{1*}, Γεώργιος Α. Γκάφας¹, Νικόλαος Νεοφύτου¹, Γεώργιος Μιχαήλ¹, Δημήτριος Βαφείδης¹, Απόστολος Αποστολίδης², Αλέξιος Κονίδης³, Αθανάσιος Εξαδάκτυλος¹

¹Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

²Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκης, 54624, Θεσσαλονίκη

³Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτινων, 46.7 χμ Αθηνών-Σαυνίου, 15013, Ανάβυσσος Αττικής.

*E-mail: dkloud@uth.gr

ABSTRACT

Sex ratio and allometric relationships of European hake, an important target species of the Greek fisheries, were investigated in the northern Aegean Sea. In total 236 females (48%) and 259 males (52%) were captured by otter bottom trawler. Sex ratio was significantly affected by fishing season with males outnumbering females in spring (21.7% of total) and summer (32.7%) and predominating in autumn (63%). All allometric relationships exhibited positive allometry most statistically significant. Significantly higher allometric coefficient was indicated for male length-weight relationship compared to the female.

Keywords: Allometry, sex ratio, European hake, north Aegean.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συνολικά, 14 βενθοπελαγικά είδη που ανήκουν στο γένος *Merluccius* είναι γνωστά ως μπακαλιάροι (hakes) και εμφανίζουν παγκόσμια εξάπλωση (Froese & Pauly 2018). Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*) συναντάται στις Ατλαντικές ακτές της Ευρώπης, της δυτικής Βόρειας Αφρικής, βόρεια προς τη Νορβηγία, Ισλανδία και νότια προς τη Μαυριτανία, ενώ βρίσκεται σε αφθονία στη Μεσόγειο Θάλασσα και κατά μήκος των νοτίων ακτών της Μαύρης Θάλασσας (Cohen et al. 1990). Το είδος έχει αναφερθεί ως ένα από τα σημαντικότερα είδη-στόχους για τις μηχανότρατες στο Ιόνιο και το Αιγαίο Πέλαγος (Katsanevakis et al. 2010). Η εκτίμηση των παραμέτρων ενός μοντέλου σχέσης μήκους-βάρους είναι σημαντική για την ανάλυση αλιευτικών δεδομένων και για τον υπολογισμό της βιομάζας ενός ιχθυοπληθυσμού (Anderson & Gutreuter 1983). Εκτιμήσεις του μέσου βάρους ανά κλάση μήκους απαιτούνται για την αξιολόγηση της βιομάζας μέσω αναλυτικών μοντέλων (Andrade & Campos 2002). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση δυνητικών διαφορών στην αναλογία φύλου και τις αλλομετρικές σχέσεις των μορφομετρικών χαρακτηριστικών του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με τράτα βυθού στο βόρειο Αιγαίο μεταξύ Μαΐου και Νοεμβρίου 2021. Η συλλογή των δειγμάτων από τον Τορωναίο Κόλπο πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος: «Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19». Πραγματοποιήθηκε αναγνώριση του φύλου μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μέσω ιστολογικών τομών και μετρήθηκαν τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά κάθε ατόμου (Εκ. 1). Η εκτίμηση των αλλομετρικών σχέσεων πραγματοποιήθηκε με την προσαρμογή της εκθετικής καμπύλης (1) στα δεδομένα (Quinn II & Deriso 1999):

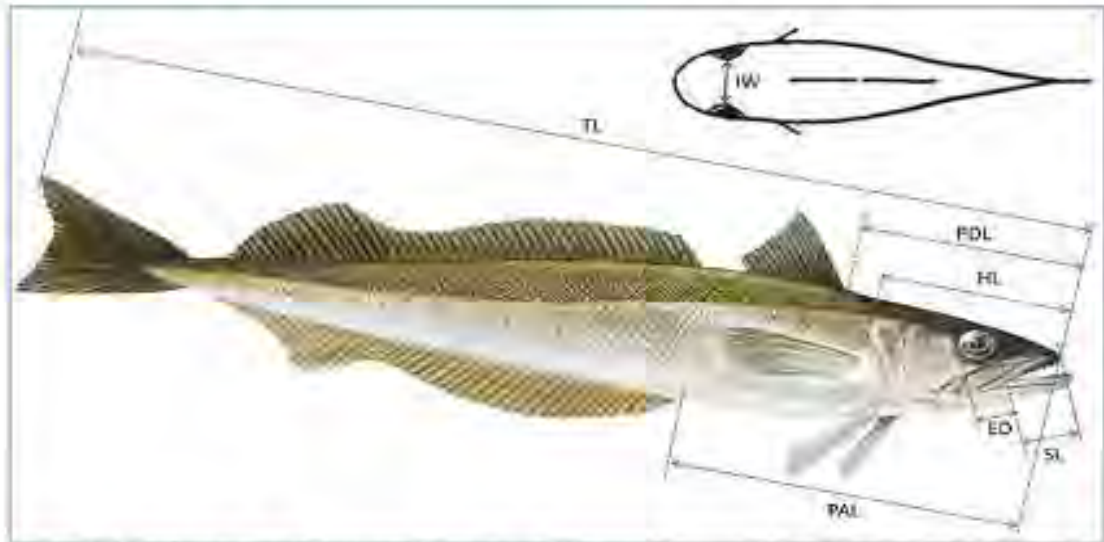
$$W = aL^b \quad (1)$$

Όπου: W το ολικό βάρος (g), L το ολικό μήκος, a το σημείο τομής της καμπύλης με τον άξονα y (αρχικός συντελεστής ανάπτυξης ή συντελεστής ευρωστίας) και b η κλίση της καμπύλης (συντελεστής ανάπτυξης).

Η υπόθεση της ισομετρίας και η σύγκριση της αλλομετρικής σχέσης μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων εξετάστηκε με παραμετρικές δοκιμασίες (student t-test για ανεξάρτητους ή εξαρτημένους πληθυσμούς τιμών) ή μη παραμετρικές δοκιμασίες (δοκιμασία Mann-Whitney U, δοκιμασία Wilcoxon) μετά από έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων (δοκιμασία Shapiro-Wilk) και

της ομοιογένειας των διακυμάνσεων (δοκιμασία Levene's tests). Οι υποθέσεις ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

Η αναλογία του φύλου ελέγχθηκε με τη δοκιμασία χ^2 καλής προσαρμογής ενώ η συνάφεια της με την εποχή εξετάστηκε με τη δοκιμασία χ^2 ανεξαρτησίας. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Jamovi (v.2.3.13) και Minitab (v.20 Minitab, Pennsylvania, USA).



Εικόνα 1. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον Μεσογειακό μπακαλιάρo (TL: ολικό μήκος, HL: μήκος κεφαλής, PDL: μήκος ρύγχους-ραχιαίου, PAL: μήκος ρύγχους-έδρας, SL: μήκος ρύγχους-ματιού, IW: μήκος απόστασης ματιών, ED: διάμετρος ματιού).

Figure 1. Measurements acquired from European hake (TL: total length, HL: head length, PDL: pre dorsal length, PAL: pre anal length, SL: snout length, IW: interorbital width, ED: eye diameter).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά κάθε φύλου παρουσιάζονται στον Πίνακα I. Συνολικά μετρήθηκαν 236 θηλυκά (48%) και 259 αρσενικά (52%) άτομα. Η αναλογία φύλου δεν απέκλινε σημαντικά από την αναλογία 1:1 για το σύνολο του πληθυσμού ($\chi^2=0.98$, $p=0.322$) σε αντίθεση με τον Ακαλίπ (2004) και τους Soykan *et al* (2015) όπου καταγράφηκε στατιστικά σημαντική απόκλιση υπέρ των θηλυκών ατόμων στις Τουρκικές ακτές του κεντρικού Αιγαίου. Επιπλέον η αναλογία φύλου επηρεάστηκε σημαντικά από την εποχή αλιείας ($\chi^2=49.87$, $p<0.001$) με τα αρσενικά να υπολείπονται συγκριτικά των θηλυκών την άνοιξη (21,7% του συνόλου) και το καλοκαίρι (32,7%) και να κυριαρχούν το φθινόπωρο (63%).

Για περιγραφικά στατιστικά μέτρα των μορφομετρικών γνωρισμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα I ενώ οι αλλομετρικές σχέσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα II.

Πίνακας I. Περιγραφικά στατιστικά των μορφομετρικών γνωρισμάτων (TW: ολικό βάρος, TL: ολικό μήκος, HL: μήκος κεφαλής, PDL: μήκος ρύγχους-ραχιαίου, PAL: μήκος ρύγχους-έδρας, SL: μήκος ρύγχους-ματιού, IW: μήκος απόστασης ματιών, ED: διάμετρος ματιού) του Μεσογειακού μπακαλιάρου.

Table I. Descriptive statistics of the morphometric characteristics (TW: total weight, TL: total length, HL: head length, PDL: pre dorsal length, PAL: pre anal length, SL: snout length, IW: interorbital width, ED: eye diameter) of the European hake.

	Φύλο	TW (g)	TL (cm)	HL (mm)	PDL (mm)	PAL (mm)	SL (mm)	IW (mm)	ED (mm)
Πλήθος	Θηλυκό	236	236	236	236	236	236	236	236
	Αρσενικό	258	258	258	258	258	258	258	258
Μέσος	Θηλυκό	120.16	24.49	62.94	73.92	100.72	18.02	17.89	11.4
	Αρσενικό	97.98	24.06	62.27	73.06	100.25	17.29	17.09	11.99
Διάμεσος	Θηλυκό	68.15	22.13	58.55	68.78	93.44	16.99	15.9	10.86
	Αρσενικό	79.84	23.65	61.47	72.8	98.28	16.63	16.55	12.02
Τυπ. Απ.	Θηλυκό	119.46	6.16	15.06	17.1	23.38	4.84	5.45	2.41
	Αρσενικό	73.27	4.35	11.51	12.73	17.97	3.7	3.74	2.37
Ελάχιστη	Θηλυκό	26.48	16.51	37.61	45.86	66.49	9.31	8.71	7.1
	Αρσενικό	24.5	16.24	40.85	49.12	66.37	10.38	10.6	6.38
Μέγιστη	Θηλυκό	804.5	47.6	115.98	133.92	198.43	32.81	39.12	19.42
	Αρσενικό	687.74	42.35	108.56	114.89	162.35	30.57	29.17	19.02

Δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ των φύλων ($p > 0.05$).

Πίνακας II. Αλλομετρικές σχέσεις μεταξύ ολικού βάρους (TW), ολικού μήκους (TL), μήκους κεφαλής (HL), διαμέτρου ματιού (ED) και μήκους ρύγχους-έδρας (PAL) του Μεσογειακού μπακαλιάρου. N: αριθμός ατόμων, R²: συντελεστής προσδιορισμού, p value: στατιστική σημαντικότητα της αλλομετρικής σχέσης, ΣΑ: Συντελεστής αλλομετρίας (b), ΣΕ: Συντελεστής ευρωστίας (a), επίπεδο σημαντικότητας (ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

Table IV. Allometric equations between total weight (TW), total length (TL), head length (HL), eye diameter (ED) and pre anal length (PAL) of the European hake. N: number of individuals, R²: coefficient of determination, p value: statistical significance of the allometric relationship, ΣΑ: allometry coefficient (b), ΣΕ: condition factor (a), significance level (ns: non-significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

Φύλο	Μορφομετρικές σχέσεις					Σύγκριση εξισώσεων	
	Εξισώσεις	N	R ²	p value	Αλλομετρία	ΣΑ	ΣΕ
Σύνολο πληθυσμού	TW = 0.00241299 × TL ^{3.50135}	494	0.968	***	Θετική		
	Θηλυκά TW = 0.00336631 × TL ^{3.20967}	236	0.978	***	Θετική	***	***
	Αρσενικά TW = 0.00148989 × TL ^{3.42967}	258	0.948	***	Θετική		
Σύνολο πληθυσμού	TW = 6.65186e-05 × HL ^{3.40965}	494	0.882	***	Θετική		
	Θηλυκά TW = 0.000113875 × HL ^{3.28666}	236	0.896	***	Θετική	ns	ns
	Αρσενικά TW = 5.08705e-05 × HL ^{3.46013}	258	0.856	***	Θετική		
Σύνολο πληθυσμού	TW = 0.0115557 × ED ^{3.62734}	494	0.582	***	Θετική		
	Θηλυκά TW = 0.00674662 × ED ^{3.93499}	236	0.755	***	Θετική	**	ns
	Αρσενικά TW = 0.0406832 × ED ^{3.07427}	258	0.499	ns	Θετική		
Σύνολο πληθυσμού	TW = 1.4634e-05 × PAL ^{3.38347}	494	0.811	***	Θετική		
	Θηλυκά TW = 3.0387e-05 × PAL ^{3.25435}	236	0.872	**	Θετική	ns	ns
	Αρσενικά TW = 1.0107e-05 × PAL ^{3.45984}	258	0.680	**	Θετική		

Στατιστικά σημαντική θετική αλλομετρία παρατηρήθηκε σχεδόν σε όλες τις σχέσεις (Πίνακας II). Μεταξύ των φύλων στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στις σχέσεις μήκους-βάρους (TL-TW, $p < 0.001$) και διαμέτρου ματιού-βάρους (ED-TW) μόνο για το συντελεστή αλλομετρίας (ΣΑ). Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις σχέσεις μήκους κεφαλής-βάρους και μήκους ρύγχους έδρας-βάρους.

Εκτιμήσεις του συντελεστή ευρωστίας (a) και του συντελεστή αλλομετρίας (b) μπορούν να συσχετιστούν με οικολογικές διεργασίες και την ιστορία ζωής. Υψηλές τιμές του συντελεστή αλλομετρίας υποδηλώνουν ότι το είδος κερδίζει βάρος με ταχεία αύξηση του μήκους. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο συντελεστή αλλομετρίας της σχέσης μήκους-βάρους υπέρ των αρσενικών ατόμων παρόμοια με τους *Paraconstantinou et al* (1993) στο κεντρικό Αιγαίο και τους *El Bouzidi et al* (2002) στις ακτές του Μαρόκου στο βόρειο Ατλαντικό. Αντίθετα οι *Pineiro & Sainza* (2003) στις ακτές της Ισπανίας στον Ατλαντικό και οι *Soykan et al* (2015) στις ακτές της Τουρκίας στο κεντρικό Αιγαίο παρατήρησαν διαφορά στο συντελεστή αλλομετρίας της σχέσης μήκους-βάρους υπέρ των θηλυκών

ατόμων. Η τιμή του συντελεστή που εκτιμάται για ένα είδος μπορεί να διαφέρει μεταξύ των αποθεμάτων, ακόμη και μεταξύ των περιοχών (Andrade & Campos 2002). Οι διαφορές αυτές υποδεικνύουν μικρές διακυμάνσεις που σχετίζονται με την εκάστοτε περιοχή μελέτης, το έτος, την περίοδο δειγματοληψίας, καθώς και τις φυσικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που αντιμετωπίζουν τα αποθέματα.

Οι σχέσεις μήκους-βάρους έχουν πολλές εφαρμογές στη βιολογία, στη φυσιολογία, στην οικολογία και στην αξιολόγηση των αλιευτικών δεδομένων. Σε βιολογικές μελέτες, οι σχέσεις μήκους-βάρους επιτρέπουν την εκτίμηση των εποχιακών διακυμάνσεων στην ανάπτυξη των αλιευμάτων, στον υπολογισμό δεικτών της φυσιολογίας του σώματος (Richter *et al.* 2000), καθώς και στη σύγκριση του κύκλου ζωής και της μορφολογίας μεταξύ διαφορετικών ειδών ή του ίδιου είδους σε διαφορετικά ενδιαιτήματα ή περιοχές (Goncalves *et al.* 1997). Επιπλέον η σχέση μήκους-βάρους είναι μια σημαντική παράμετρος για τη γνώση της βιολογίας των οσειχθύων επειδή παρέχει πληροφορίες για τα πρότυπα ανάπτυξής τους και τις συνθήκες της περιοχής που διαβιούν (Agboola & Anetekhai 2008), ενώ είναι σημαντική και για συγκριτικές μελέτες σχετικής ανάπτυξης (Moutopoulos & Stergiou 2002).

Στα ψάρια, το μέγεθος έχει γενικά μεγαλύτερη βιολογική σημασία από την ηλικία, κυρίως επειδή διάφοροι παράγοντες που σχετίζονται με την οικολογία και τη φυσιολογία εξαρτώνται περισσότερο από το μέγεθος παρά από την ηλικία. Κατά συνέπεια, η μεταβλητότητα του μεγέθους έχει σημαντικές επιπτώσεις σε διάφορες πτυχές της αλιευτικής βιολογίας και της δυναμικής των ιχθυοπληθυσμών (Erzini 1994).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agboola JI, Anetekhai MA (2008) Length–weight relationships of some fresh and brackish water fishes in Badagry creek, Nigeria. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(5), 623–625.
- Akalin, S (2014). Edremit Körfezi'nde Bakalyaro'nun (*Merluccius merluccius* L., 1758) gas ve büyüme özelliklerinin incelenmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(4), 195–203.
- Anderson R, Gutreuter S (1983) Length, weight, and associated structural indices. In: Nielsen L, Johnson D (Eds) *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, p. 283–300.
- Andrade HA, Campos RO (2002) Allometry coefficient variations of the length–weight relationship of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest South Atlantic. *Fisheries Research* 55(1–3): 307–312.
- Cohen DM, Inada T, Iwamoto T, Scialabba N (1990) *FAO species catalogue*. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. *FAO Fish Synop.* 125(10) Rome: FAO 442 p.
- El Bouzidi C, Abid N, Awadh H, Bakkali M, Zerrouk MH (2022) Growth and mortality of the European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) from the North of Moroccan Atlantic coasts. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*.
- Erzini K (1994). An empirical study of variability in length-at-age of marine fishes. *Journal of Applied Ichthyology* 10: 17–41.
- Froese R, Pauly D (2018) *Species of Merluccius* in FishBase. April 2018 version.
- Goncalves JMS, Bentes L, Lino PG, Ribeiro J, Candrio AVM, Erzini K (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. *Fisheries Research* 30: 253–256.
- Katsanevakis S, Maravelias CD, Vassilopoulou V (2010) Otter trawls in Greece: landing profiles and potential métiers. *Mediterranean Marine Science* 11: 43–59.
- Moutopoulos DK, Stergiou KI (2002) Length–weight and length–length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18(3), 200–203.
- Papaconstantinou C, Caragitsou E, Vassilopoulou V, Petrakis G, Mytilineou Ch, Fourtouni Ch, Tursi A, Politou C-Y, Giagnisi M, D' Onghia G, Siapatis A, Matarese A, Economou A, Papageorgiou E (1993) Investigation of the abundance and distribution of demersal stocks of primary importance to the Greek fishery in the North Aegean Sea, Greece. National Centre for Marine Research, Athens, Hellas, Technical Report, 316
- Piñeiro C, Sainza M (2003) Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 60(5), 1086–1102.

- Quinn TJ, Deriso RB (1999) Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. New York. 542 pp.
- Richter HC, Luckstadt C, Focken U, Becker K (2000). An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Archive of Fishery and Marine Research* 48: 255-264.
- Soykan O, Ilkyaz AT, Metin G, Kinacigil HT (2015). Age, growth and reproduction of European hake (*Merluccius merluccius* (Linn., 1758)) in the Central Aegean Sea, Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(4), 829-837.

Πληθυσμιακή δομή του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο βόρειο Αιγαίο

Μαρία Βλάχου¹, Αλέξανδρος Θεοχάρης², Χρήστος Ντάβαρος¹, Δημήτριος Κλαουδάτος^{1*}, Γεώργιος Α. Γκάφας³, Νικόλαος Νεοφύτου¹, Γεώργιος Μιχαήλ¹, Δημήτριος Βαφείδης¹, Απόστολος Αποστολίδης², Αλέξιος Κονίδης¹, Αθανάσιος Εξαδάκτυλος¹

¹Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

²Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκης, 54624, Θεσσαλονίκη

³Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, 46.7 χμ Αθηνών-Σουνίου, 19013, Ανάβυσσος Αττικής,
*E-mail: dkl@uoi.uth.gr

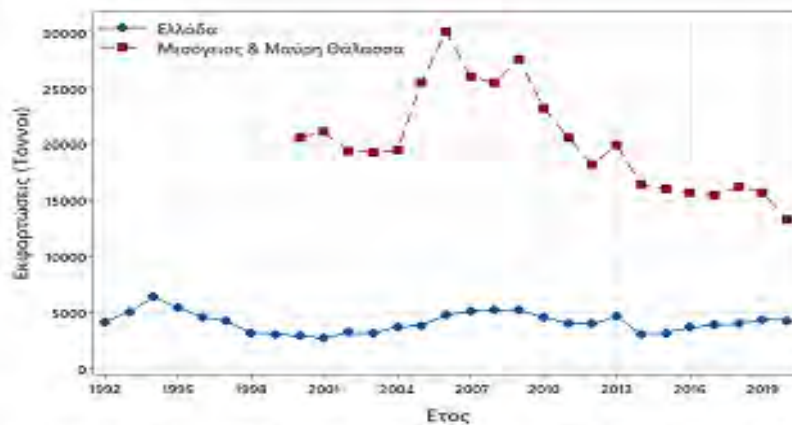
ABSTRACT

Population dynamics of the European hake in north Aegean Sea, a highly exploited demersal fish species, was assessed. Fulton condition index exhibited significantly larger values in spring and summer, hepatosomatic index exhibited significantly larger values during summer and gonadosomatic index exhibited significantly larger values in spring and Autumn. Age composition indicated 85% of the individuals were younger than 3-year-old. Seven age classes were identified with the second class as the dominant cohort. Maximum approximate length was calculated at 56,31 cm, maximum approximate age at 11.7 years, age at first maturity at 34.8 cm and 28.7 cm for females and males respectively. Length at first maturity (L50%) was estimated at 3.49 years in 29.7 cm total weight for the total population.

Keywords: Population structure, growth, reproduction, age composition, condition index.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) είναι ένα βενθοπελαγικό είδος το οποίο διαβιεί σε λασπώδη υποστρώματα από 100 μέχρι 1000 μέτρα (Golani et al. 2006). Συναντάται στον Ατλαντικό και τη Μεσόγειο με κατανομή από τη Νορβηγία και Ισλανδία μέχρι τη Μαυριτανία. Αποτελεί ένα σημαντικό εμπορικό είδος με μεγάλη αλιευτική πίεση στη δυτική Ευρώπη και τη Μεσογειακή λεκάνη (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Εκφορτώσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius Merluccius*) στη Μεσόγειο και Μαύρη Θάλασσα και στην Ελλάδα (Πηγή: Eurostat).

Figure 1. European hake (*Merluccius Merluccius*) landings in the Mediterranean and Black Sea and Greece (Source: Eurostat).

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην εκτίμηση των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών του Μεσογειακού μπακαλιάρου, τη δομή μήκους και βάρους, αναπαραγωγή, ανάπτυξη, ηλικιακή κατανομή και βιολογικών δεικτών στο βόρειο Αιγαίο.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με το αλιευτικό εργαλείο της τράτας βυθού στο βόρειο Αιγαίο μεταξύ Μαΐου και Νοεμβρίου 2021. Η συλλογή των δειγμάτων από τον Τορωναίο Κόλπο πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος: «Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΔΠ19».

Η σύγκριση των δεδομένων μεταξύ των φύλων εξετάστηκε με τη χρήση της παραμετρικής δοκιμασίας Student's t-test, και μη παραμετρικών δοκιμασιών Wilcoxon test και Mann-Whitney U test. Ο έλεγχος των στατιστικών υποθέσεων πραγματοποιήθηκε με το Shapiro-Wilk test, (κανονικότητα κατανομής), Variance ratio και Levene's tests (ομοιογένεια στη διακύμανση). Η μηδενική υπόθεση της μη στατιστικά σημαντικής διαφοράς των δεικτών μεταξύ των εποχών εξετάστηκε με παραμετρική δοκιμασία Welch's ANOVA (Krishnamoorthy et al. 2007) και ακολούθως χρησιμοποιήθηκε το Games-Howell post hoc test για ετερογενή διακύμανση με σκοπό την αναγνώριση πιθανών διαφορών μεταξύ των δειγμάτων. Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Jamovi (v.2.3.13), και Minitab (v.20 Minitab, Pennsylvania, USA). Οι υποθέσεις ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

Οι κατανομές συχνότητας μήκους μετατράπηκαν σε ηλικιακές κατανομές (Bhattacharya 1967) με τη χρήση του λογισμικού FISAT II (FAO, Rome, Italy) (v. 1.2.2.) (Gayanilo et al. 2005). Για την εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης, εφαρμόστηκε η εξίσωση von Bertalanffy (1938): $L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$ (Lester et al. 2004). Όπου: L_t : Το ολικό μήκος τη χρονική στιγμή t , L_{∞} : Το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (το μήκος που θα αποκτούσε το ψάρι αν ζούσε απεριόριστα), k : Παράμετρος που εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο το ψάρι πλησιάζει το L_{∞} (μετριέται σε $1/t$), t : Η ηλικία σε έτη, t_0 : Η υποθετική ηλικία στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος. Ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI) υπολογίστηκε ως: (βάρους γονάδας / ολικό βάρος) * 100 (Strange 1996). Ο δείκτης ευρωστίας (K) κατά Fulton υπολογίστηκε ως: $K = (W/TL^3) * 100$. Όπου: W: Ολικό βάρος (σε gr), L: Ολικό μήκος (σε cm). Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI) υπολογίστηκε ως: $HSI = (\text{βάρους ήπατος} / \text{ολικό βάρος}) * 100$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά συλλέχθηκαν 236 θηλυκά (48%) και 259 αρσενικά (52%) άτομα.

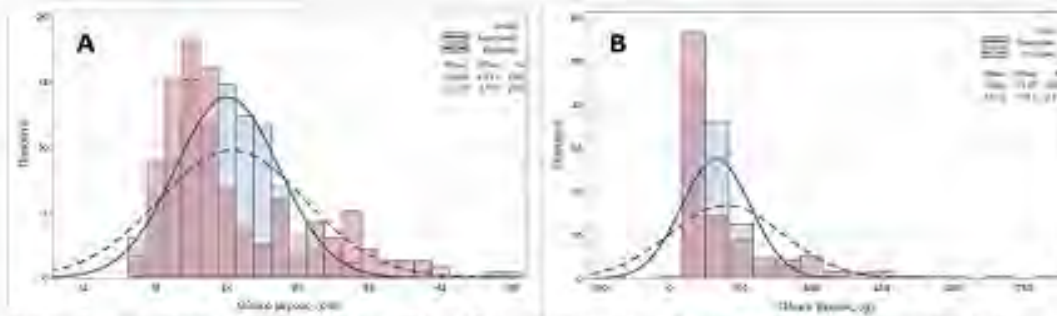
Πίνακας 1. Περιγραφικά μέτρα του ολικού μήκους, ολικού βάρους, γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), ηπατικού δείκτη (HSI), δείκτη ευρωστίας κατά Fulton (K) και ηλικία των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.

Table 1. Descriptive statistics of the total length, total weight, gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), Fulton condition factor (K) and approximate age of Mediterranean hake in north Aegean.

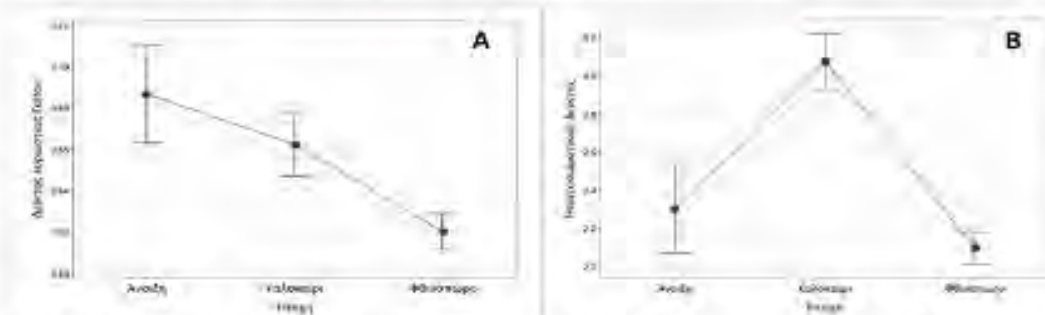
	TL (cm)	TW(g)	GSI	HSI	K	Ηλικία
Αριθμός ατόμων	494	494	490	494	494	494
Μέσος όρος	24.27	108.58	0.45	2.34	0.64	2.4
Διάμεσος	22.96	75.39	0.25	2.24	0.63	2.02
Τυπική απόκλιση	5.29	98.61	0.89	0.9	0.08	1.23
Ελάχιστο	16.24	24.5	0.02	0.5	0.22	0.97
Μέγιστο	47.6	804.5	8.54	7.83	1.03	9.48

Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ ολικού μήκους, ολικού βάρους, γοναδοσωματικού δείκτη, ηπατικού δείκτη, δείκτη ευρωστίας κατά Fulton και ηλικία μεταξύ φύλων για το Μεσογειακό μπακαλιάρο στο βόρειο Αιγαίο ($p>0.05$).

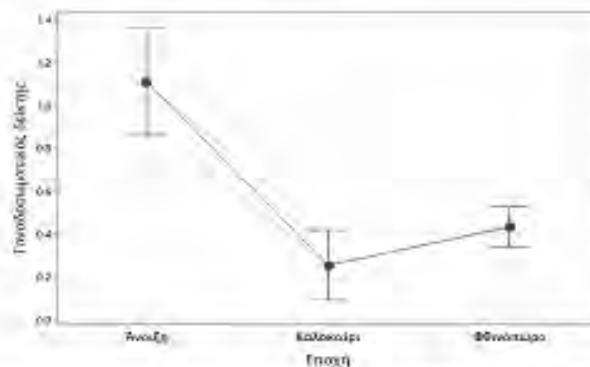
Η κατά μήκος και κατά βάρος σύνθεση του υπό μελέτη πληθυσμού παρουσιάζεται στην Εικόνα 2. Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton (Εικόνα 3) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το καλοκαίρι σε σχέση με το φθινόπωρο ($F=18.31$, $P<0.001$). Ο ηπατοσωματικός δείκτης (Εικόνα 3) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος το καλοκαίρι σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο ($F=51.72$, $P<0.001$). Ο γοναδοσωματικός δείκτης (Εικόνα 4) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το φθινόπωρο σε σχέση με το καλοκαίρι ($F=9.37$, $P<0.001$).



Εικόνα 2. Κατά μήκος (A) και κατά βάρος (B) σύνθεση του μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.
Figure 2. European hake length (A) and weight (B) distribution in north Aegean Sea.



Εικόνα 3. Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ευρωστίας κατά Fulton (A) και του ηπατοσωματικού δείκτη (B) για το Μεσογειακό μπακαλιάρo στο βόρειο Αιγαίο (διακρίνεται η μέση τιμή και το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης).
Figure 3. Seasonal variation of Fulton condition index (A) and hepatosomatic index (B) for European hake in north Aegean Sea (mean and 95% confidence interval are shown).



Εικόνα 4. Εποχιακή διακύμανση του γοναδοσωματικού δείκτη των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο (διακρίνεται η μέση τιμή και το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης).
Figure 4. Seasonal variation of gonadosomatic index for European hake in north Aegean Sea (mean and 95% confidence interval are shown).

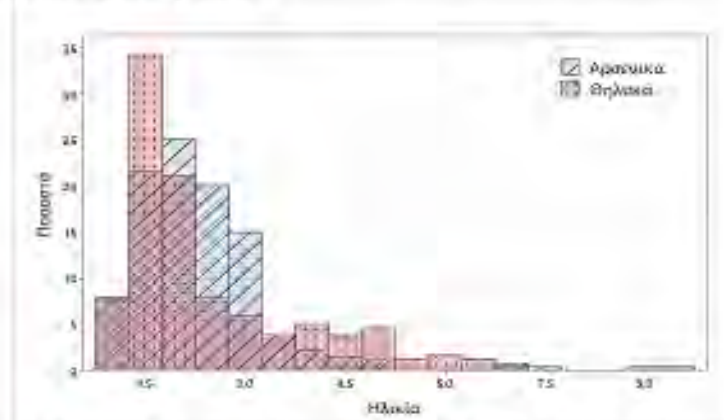
Η ηλικιακή σύνθεση των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο (Πίνακας II) υπέδειξε ότι ποσοστό μεγαλύτερο του 85% των συλληφθέντων ατόμων ήταν ηλικίας μέχρι τριών ετών.

Πίνακας II. Ηλικιακή σύνθεση των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.
Table II. Age distribution of European hake in north Aegean Sea.

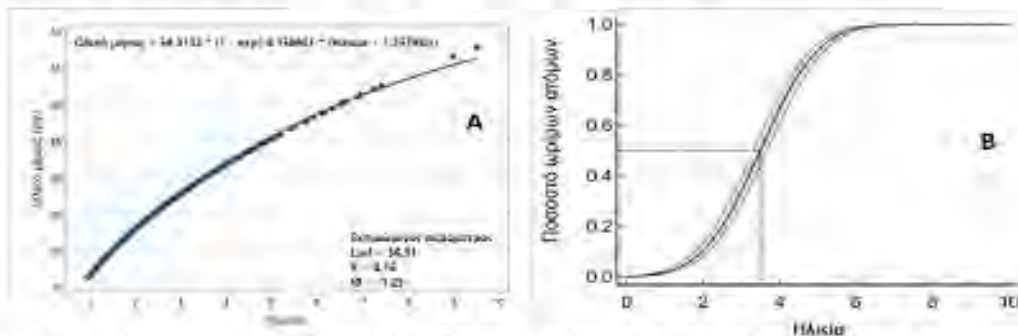
Ηλικιακές κλάσεις	Μέσο ολικό μήκος (cm)	Τυπική απόκλιση	Ποσοστό πληθυσμού
1	18.46	0.94	12.72
2	21.61	1.62	47.01
3	26.31	1.80	25.96
4	31.93	1.22	7.25
5	35.23	0.65	4.09
6	38.18	1.69	2.23
7	42.00	0.93	0.74

Συνολικά επτά ηλικιακές κλάσεις αναγνωρίστηκαν με κυρίαρχη την κλάση των δύο ετών. Είναι γνωστό ότι ο Μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί ένα σχετικά μακρόβιο είδος ξεπερνώντας σε ηλικία τα δέκα έτη (Rifaieto & Sainza 2003).

Τα θηλυκά άτομα του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο Βόρειο Αιγαίο παρουσίασαν μεγαλύτερο ποσοστό μεγαλύτερων ηλικιών σε σχέση με τα αρσενικά με το 16% των αρσενικών και το 26% των θηλυκών ατόμων να είναι μεγαλύτερα των 4 ετών (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Ηλικιακή σύνθεση του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο για κάθε φύλο.
Figure 5. Age composition of European hake in north Aegean Sea for each sex.



Εικόνα 6. Εξίσωση von Bertalanffy και οι εκτιμώμενοι παράμετροι ανάπτυξης (A), ανάλυση παλινδρόμησης probit (B) του ποσοστού των ώριμων ατόμων σε κάθε ηλικία, για το Μεσογειακό μπακαλιάρο στο βόρειο Αιγαίο.
Figure 6. Von Bertalanffy equation and estimated growth parameters (A), probit regression analysis (B) of the percentage of mature individuals at each age class, for European hake in north Aegean Sea.

Το ασυμπτωτικό μήκος (Linf) υπολογίστηκε στα 56.31 cm (Εικόνα 6), μικρότερο σε σχέση με τους El Bouzidi et al (2022) στα 80.19 cm και 69.15 cm στο βορειοδυτικό Μαρόκο για τα θηλυκά και αρσενικά αντίστοιχα και παραπλήσιο σε σχέση με τους Soykan et al (2015) στα 54.53 cm για το σύνολο του πληθυσμού στις τουρκικές ακτές του κεντρικού Αιγαίου. Η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού εκτιμήθηκε στα 11.7 έτη βάση ηλικίας πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας σύμφωνα με τους (Froese & Binohlan 2000), σε συμφωνία με τους El Bouzidi et al (2022) που εκτίμησαν την ηλικία του συνολικού πληθυσμού στα 10 έτη στο βορειοδυτικό Μαρόκο. Η ηλικία πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας εκτιμήθηκε στα 34.8 cm και 28.7 cm για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα αντίστοιχα, με βάση τις εμπειρικές εξισώσεις των (Froese & Binohlan 2000) σημαντικά μεγαλύτερη από τους Soykan et al (2015) που εκτίμησαν την ηλικία πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας στα 21.49 cm και 25.65 στις Τουρκικές ακτές του κεντρικού Αιγαίου και τους Zorica et al (2001), στα 22.38 cm και 20.74 cm στην Αδριατική για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα αντίστοιχα.

Η ηλικία πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας (L50%) στο σύνολο του πληθυσμού υπολογίστηκε σύμφωνα με την ανάλυση παλινδρόμησης probit (Εικόνα 6) (Finney, 1947) στα 3.49 έτη (95% διάστημα εμπιστοσύνης 3.31-3.68 έτη) σε ολικό μήκος 29.7 cm, σε συμφωνία με τους Candelma et al (2001) στην Αδριατική θάλασσα που υπολόγισαν το μήκος πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας στα 30.81 cm. Σημαντικά μεγαλύτερο μήκος αναπαραγωγικής ωριμότητας υπολόγισαν οι Recasens et al (2008) στα 35.8 cm στη θάλασσα της Καταλονίας και στα 35.1 cm στη βόρεια Τυρρηνική θάλασσα.

Ο γοναδοσωματικός δείκτης εκφράζει την ωριμότητα των γονάδων και οι υψηλότερες τιμές του υποδεικνύουν ότι οι γονάδες αναπτύσσονται, ενώ οι χαμηλότερες τιμές του σηματοδοτούν το τέλος της περιόδου ωοτοκίας (Lahaye 1972). Ο γοναδοσωματικός δείκτης εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το φθινόπωρο σε σχέση με το καλοκαίρι. Οι Zorica et al (2021) αναφέρουν υψηλότερες τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη το χειμώνα και χαμηλότερες το καλοκαίρι και οι Candelma et al (2021) υψηλότερες τιμές άνοιξη-καλοκαίρι στην Αδριατική. Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί είδος που εμφανίζει πολλαπλή ωοτοκία με ενδιάμεση γονιμότητα, η οποία σχετίζεται με την ασύγχρονη ανάπτυξη των ωοκυττάρων (Murua et al. 1998). Επιπλέον, στη λεκάνη της Μεσογείου, εμφανίζει ωοτοκία κατά διαστήματα στη διάρκεια του έτους (Reñones et al. 1995).

Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton εμφανίστηκε σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το καλοκαίρι σε σχέση με το φθινόπωρο σε συμφωνία με τους Καρύδα & Μίνο (2008) στο Θερμαϊκό όπου ο δείκτης ευρωστίας εμφανίστηκε χαμηλότερος το φθινόπωρο και υψηλότερος της άνοιξη και το χειμώνα. Ο ηπατοσωματικός δείκτης εμφανίστηκε μεγαλύτερος το καλοκαίρι σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο. Σε αντίθεση με τους Garcia-Fernandez et al. (2020) στη βορειοδυτική Ισπανία και τους Candelma et al (2021) στην Αδριατική όπου το φθινόπωρο εμφανίστηκε η υψηλότερη τιμή και στους δύο δείκτες. Κατά την ωρίμανση τα αποθέματα λίπους που συσσωρεύονται στο ήπαρ κινητοποιούνται στην ωογένεση των ωοθηκών και ο ηπατοσωματικός δείκτης μειώνεται ταχύτατα (Billard 1979). Οι δείκτες (ευρωστίας, ηπατοσωματικός) είναι χρήσιμοι για την εκτίμηση περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών επιδράσεων στους αλιευόμενους πληθυσμούς (Hidalgo et al. 2008) και συνήθως σχετίζονται με εποχιακές αλλαγές στη διατροφή, την κατανάλωση τροφής και το ισοζύγιο ενέργειας που κατανέμεται μεταξύ ανάπτυξης και αναπαραγωγής (Alonso-Fernandez & Saborido-Rey 2012).

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί ένα σημαντικότερο εμπορικό είδος (Casey & Pereiro 1995), όχι μόνο εξαιτίας της αφθονίας του και της εκτεταμένης του κατανομής αλλά και λόγω του ρόλου του στην τροφική αλυσίδα. Δεδομένα ανάπτυξης και ηλικίας για τους αλιευόμενους πληθυσμούς είναι καθοριστικά για την κατανόηση των βιολογικών τους χαρακτηριστικών, τη μελέτη της πληθυσμιακής τους δομής και δυναμικής (Panfili et al. 2002), της αξιολόγησης των αποθεμάτων τους και της βελτίωσης της αλιευτικής τους διαχείρισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καρύδας Θ, Μίνος Γ (2008) Μελέτη της ευρωστίας του Μπακαλιάρου *Merluccius Merluccius* (Linnaeus, 1758) στο Θερμαϊκό κόλπο. 30^ο Επιστημονικό συνέδριο Ελληνικής Εταιρίας Βιολογικών Επιστημών, Θεσσαλονίκη 22-24 Μαΐου.
- Alonso-Fernandez A, Saborido-Rey F (2012). Relationship between energy allocation and reproductive strategy in *Trisopterus luscus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 416, 8-16.
- Bhattacharya C G (1967) A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135

- Billard R (1979) La Gametogenese, le Cycle Sexuel et le Con-trole de la Reproduction chez les Poissons Teleosteens. Bulletin Franqais de la Peche et de la Pisciculture, Vol. 273, pp. 117-136. doi:10.1051/kmae:1979008
- Candelma M, Marisaldi L, Bertotto D, Radaelli G, Gioacchini G, Santojanni A, ... Carnevali O (2021). Aspects of Reproductive Biology of the European Hake (*Merluccius merluccius*) in the Northern and Central Adriatic Sea (GSA 17-Central Mediterranean Sea). *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 389.
- Casey J, Pereiro J (1995) European Hake (*M. merluccius*) in the Northeast Atlantic In: Alheit J, Pitcher T J (eds) Hake: Fisheries, ecology and markets, Chapman and Hall, London, 1995 p. 125-148
- El Bouzidi C, Abid N, Awadh H, Bakkali M, Zerrouk MH (2022). Growth and mortality of the European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) from the North of Moroccan Atlantic coasts. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*.
- Finney D J (1947) Probit Analysis. A statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge: Cambridge University Press.
- Froese R, Binohlan C (2000) Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology*. 56: 758–773. <https://doi.org/10.1006/jfbi.1999.1194>
- García-Fernández C, Domínguez-Petit R, Aldanondo N, Saborido-Rey F (2020). Seasonal variability of maternal effects in European hake *Merluccius merluccius*. *Marine Ecology Progress Series*, 650, 125-140.
- Gayanilo F, Sparre P, Pauly D (2005) FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FISAT II) User's Guide; FAO: Rome, Italy
- Golani D, Öztürk B, Başusta N (2006) Fishes of the Eastern Mediterranean. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul, Turkey. Pub. Number: 24, 259 p
- Hidalgo M, Massutí E, Moranta J, Cartes J, Lloret J, Oliver P, Morales-Nin B (2008) Seasonal and short spatial patterns in European hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment process at the Balearic Islands (western Mediterranean): the role of environment on distribution and condition. *Journal of Marine Systems* 71(3-4): 367-384.
- Krishnamoorthy K, Mathew T, Ramachandran G (2007) Upper limits for exceedance probabilities under the one-way random effects model. *Annals of Occupational Hygiene*. 51: 397–406.
- Lahaye J (1972) Cycles Sexuels de Quelques Poissons Plats Des Cotes Bretonnes. *Revue des Travaux de l'Institute des Reches Maritimes*, Vol. 36, No. 2, p. 191-207.
- Lester NP, Shuter BJ, Abrams PA (2004) Interpreting the von Bertalanffy model of somatic growth in fishes: The cost of reproduction. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271: 1625–1631. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2778>.
- Murua H, Motos L, Lucio P (1998) Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *CalCOFI Rep* 39: 196–203.
- Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wrigh PJ (2002). Manual of fish sclerochronology.
- Piñeiro C, Sainza M (2003). Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1086–1102. [https://doi.org/10.1016/S1054-3139\(03\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S1054-3139(03)00086-9).
- Recasens L, Chiericoni V, Belcari P (2008). Spawning pattern and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 72(4), 721-732.
- Renones 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). *Mar. Biol.* 123: 411-419.
- Strange RJ (1996) Field examination of fishes. In: Murphy BR, Willis DW (eds) *Fisheries techniques*, 2nd edn. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, p.433-446.
- Soykan O, Ilkyaz AT, Metin G, Kinacigil HT (2015). Age, growth and reproduction of European hake (*Merluccius merluccius* (Linn., 1758)) in the Central Aegean Sea, Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(4), 829-837.
- Zorica B, Isajlović I, Vrgoč N, KEČ VČ, Medvešek D, Vuletin V, ... Šestanović M (2021) Reproductive traits of the European hake, *Merluccius merluccius* (L. 1758), in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 62(2), 183-198.