ΑΝΑΛΥΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΣΥΛΛΗΨΕΩΝ ΚΕΦΑΛΟΥ ΑΝΑ ΦΥΛΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΠΑΛΑΙΟΠΟΤΑΜΟΣ (ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ)

Κατσέλης Γ., Κούκου Κ., Ράμφος Α., Μουτόπουλος Δ.Κ.

ΤΕΙ Μεσολογγίου, Τμήμα ΙΧΘΥ-ΑΛ, Νέα Κτίρια, 30200 Μεσολόγγι, gkatsel@teimes.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αναλύονται οι χρονοσειρές συλλήψεων ατόμων του είδους *Mugil cephalus* (κέφαλος), ανά φύλο και ημέρα που αλιεύθηκαν στις ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις της λιμνοθάλασσας Παλαιοπόταμος (σύμπλεγμα Μεσολογγίου-Αιτωλικού), κατά την αναπαραγωγική του μετανάστευση. Η ανάλυση Fourier έδειξε ότι τα δύο φύλα παρουσίασαν διαφορές στην περιοδικότητα και το συντονισμό της μετανάστευσής τους. Ο ημερήσιος ρυθμός μετανάστευσης στα θηλυκά άτομα χαρακτηρίζεται από περιοδικότητα μεγάλης διάρκειας, ενώ η μετανάστευσή τους είναι συντονισμένη με τα αρσενικά. Αντίθετα, ο ημερήσιος ρυθμός μετανάστευσης των αρσενικών χαρακτηρίζεται από περιοδικότητα μικρής διάρκειας και χωρίς συντονισμό με τα θηλυκά.

Λέξεις κλειδιά: *Mugil cephalus*, αναπαραγωγική μετανάστευση, ημερήσιες συλλήψεις, χρονοσειρές, Fourier analysis, λιμνοθάλασσες

ANALYSIS OF DAILY CATCHES OF *MUGIL CEPHALUS* PER SEX DURING THEIR SPAWNING SEAWARD MIGRATION IN PAPEOPOTAMOS LAGOON (WESTERN GREECE)

Katselis G., Koukou K., Ramfos A., Moutopoulos D.K.

TEI Mesolonghi, Department of Aquaculture and Fisheries, Nea Ktiria, 30200 Mesolonghi, gkatsel@teimes.gr

Abstract

In the present study, the daily catches of *Mugil cephalus* per sex caught from barrier traps in Paleopotamos lagoon (Ionian Sea) during their spawning seaward migration were analyzed. Univariate and bi-variate spectral analyses (Fourier analysis) revealed differences both on periodicity and coupling in daily rhythm and migration between sexes. The time series of females were characterized by long term cycles and coupling with males, whereas the time series of males were characterized by short term cycles with a self-governed migration.

Keywords: *Mugil cephalus*, spawning migration, daily rhythm of migration, time series, Fourier analysis, sex, lagoons

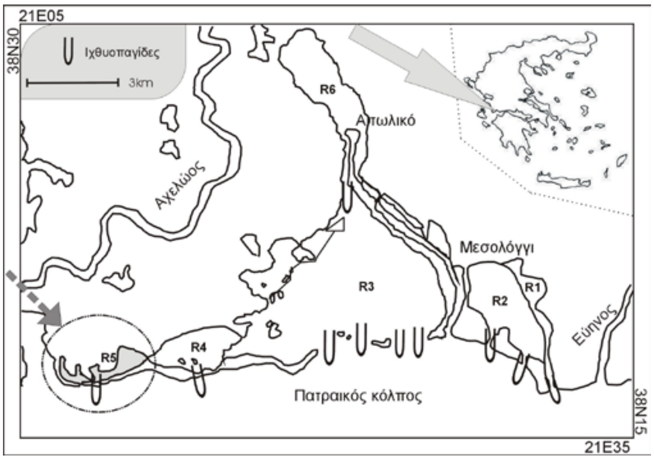
1. Εισαγωγή

Τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής πολλών ειδών ψαριών, αποτελώντας διατροφικά πεδία τόσο για τα νεαρά οντογενητικά στάδια (Blader & Blader, 1980), όσο και για τα ενήλικα. Στα οικοσυστήματα αυτά αναπτύσσεται μια σημαντική τοπικού χαρακτήρα αλιευτική δραστηριότητα με έντονες κοινωνικοοικονομικές διαστάσεις (Kapetsky & Lasserre, 1984). Ο κέφαλος (*Mugil cephalus*), ευρύαλο και ευρύθερμο είδος με παγκόσμια εξάπλωση (Oren, 1981), αποτελεί βασικό είδος στην αλιευτική παραγωγή των λιμνοθαλασσών (Koutrakis et al., 2007) και παρουσιάζει υψηλό εμπορικό ενδιαφέρον λόγω της γρήγορης αύξησής του (Oren, 1981) και της εκμετάλλευσης των θηλυκών γονάδων είτε στη νωπή τους μορφή (Brusle, 1981) ή με τη μορφή αλίπαστου ή αυγοτάραχου (γονάδες στεγνωμένες στον ήλιο, αλατισμένες ή και εμβαπτισμένες σε φυσικό κερί) (Brusle, 1981, Katselis et al., 2005). Η μεταναστευτική συμπεριφορά του είδους κατά την αναπαραγωγική περίοδο αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη διαχείριση και βελτιστοποίηση της εκμετάλλευσής του. Στην παρούσα έρευνα γίνεται ανάλυση των ημερήσιων συλλήψεων του είδους ανά φύλο στη λιμνοθάλασσα Παλαιοπόταμος, κατά την αναπαραγωγική του μετανάστευση.

2. Υλικά και Μέθοδοι

Το λιμνοθαλάσσιο σύμπλεγμα Μεσολογγίου-Αιτωλικού (Εικ.1) είναι το μεγαλύτερο στην Ελλάδα και βρίσκεται βορειοδυτικά του Πατραϊκού κόλπου καλύπτοντας μια έκταση περίπου 150 km^2. Η αλιευτική του παραγωγή υπολογίζεται ότι φτάνει τους 1000-1500 tn ετησίως. Το 45% της αλιευτικής παραγωγής προέρχεται από τις αλιευτικές εγκαταστάσεις, που είναι τοποθετημένες στα όρια της λιμνοθάλασσας με τη θάλασσα. Οι ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις είναι παθητικά εργαλεία και συλλαμβάνουν τα ψάρια που μεταναστεύουν από τη λιμνοθάλασσα προς την ανοιχτή θάλασσα (Katselis et al., 2003).

Η λιμνοθάλασσα του Παλαιοπόταμου βρίσκεται στο δυτικότερο τμήμα του συμπλέγματος, έχει έκταση 4.5 km^2 με μέσο βάθος 1m και μέγιστο τα 2.5 m. Διαθέτει τρία κανάλια επικοινωνίας με τη θάλασσα και δέχεται το 10 % των εκροών ενός αποστραγγιστικού αντλιοστασίου.



Εικ 1. Χάρτης της περιοχής μελέτης. Με R1-R6 σημειώνονται οι επιμέρους λιμνοθάλασσες του λιμνοθαλάσσιου συμπλέγματος Μεσολογγίου –Αιτωλικού. R5 η λιμνοθάλασσα του Παλαιοπόταμου.

Η αλατότητα κυμαίνεται από 35-55 psu. Η καταγραφή των αλιευόμενων ατόμων κεφάλων έγινε σε ημερήσια συχνότητα κατά την περίοδο Ιούνιος - Δεκέμβριος 1994, που αποτελεί μια τυπική αλιευτική περίοδο στην περιοχή μελέτης.

Το φύλο αναγνωρίσθηκε μακροσκοπικά από τον τύπο και το χρώμα των εκκροώμενων γεννητικών προϊόντων (λευκό γαλακτοειδές για τα αρσενικά και το κοκκώδες υποκίτρινο πορτοκαλί έκκριμα για τα θηλυκά) ύστερα από ελαφρά πίεση της κοιλιακής χώρας. Τα άτομα του είδους, στα οποία δεν υπήρχε έκκριση γεννητικών προϊόντων χαρακτηρίστηκαν ως ανώριμα και αγνώστου φύλου. Επιπρόσθετα, καταγράφηκε ο αριθμός των θηλυκών ατόμων, για τα οποία οι γονάδες ήταν κατάλληλες για την παρασκευή αυγοτάραχου (Katselis et al., 2005).

Τα δεδομένα της αλιευτικής παραγωγής (άτομα/ημέρα) μετασχηματίστηκαν με τετραγωνική ρίζα και στις μετασχηματισμένες χρονοσειρές εφαρμόσθηκε ανάλυση Fourier. Με την ανάλυση αυτή, η ολική διακύμανση της κάθε χρονοσειράς επιμερίστηκε σε κυκλικές συνιστώσες, ενώ σε σε ανά ζεύγη χρονοσειρες υπολογίσθηκε ο συντελεστής συνάφειας (*coherency*) για κάθε κυκλική συνιστώσα (αντίστοιχος του συντελεστή συσχέτισης) και η διαφορά φάσης σε ημερες, με στόχο να διερευνηθεί η σχεση μεταξύ των χρονοσειρών ανα κύρια συνιστώσα (Diggle, 1990).

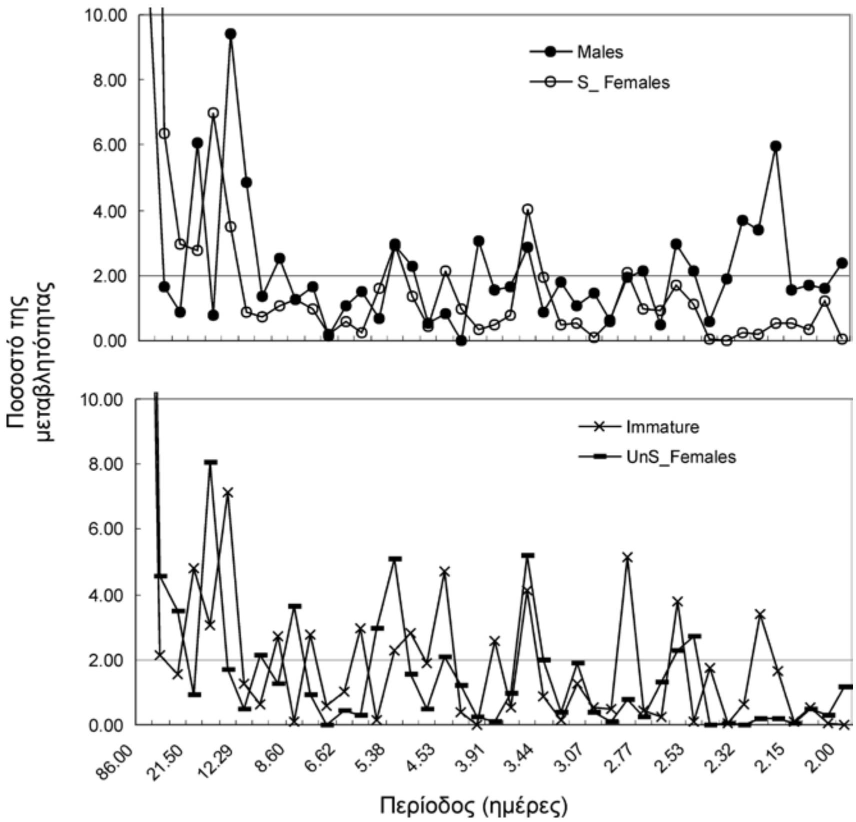
Η στατιστικά σημαντική τιμή της συνάφειας σε ορισμένη κυκλική συνιστώσα (cc) ορίζεται από την σχέση: $coh(x,y)_{cc}{}^{2} \geq \dfrac{F_{2,2L-2(a)}}{L-1+F_{2,2L-2(a)}}$, όπου $coh\ (x,\ y)^2$ το τετράγωνο της συνάφειας μεταξύ των χρονοσειρών x και y στην κυκλική συνιστώσα cc, F είναι η τιμή της F κατανομής για df = 2, 2 L - 2, σε επίπεδο σημαντικότητας α και L είναι ο βαθμός του κινητού μέσου που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της συνάφειας (Shumway & Stoffer, 2006). Στην παρούσα έρευνα το L ήταν ίσο με 5 και το όριο του τετράγωνου της συνάφειας που αντιστοιχεί στο 95% ($P \leq 0.05$) επίπεδο σημαντικότητας ήταν ίσο με 0,49.

3. Αποτελέσματα

Την περίοδο μελέτης συλλέχθηκαν 3744 άτομα του είδους. Την περίοδο από 27/7-20/10 στην οποία καταγράφηκαν τα αναπαραγωγικά άτομα του είδους (αναπαραγωγική μετανάστευση) συλλέχθηκαν 2817 άτομα από τα οποία τα 341 ήταν ανώριμα, τα 1259 αρσενικά και τα 1217 θηλυκά. Από τα θηλυκά, 966 παρείχαν κατάλληλες και 251 ακατάλληλες γονάδες για την παρασκευή αυγοτάραχου. Η πρώτη καταγραφή του είδους έγινε στις 27/7/1994 και η τελευταία στις 18/12/1994. Τα αρσενικά καταγράφηκαν κατά το διάστημα 27/7-20/10 και τα θηλυκά κατά το διάστημα 8/8-8/10.

Στην εικόνα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης Fourier και οι κυκλικές συχνότητες που ερμηνεύουν ποσοστό της αρχικής διακύμανσης μεγαλύτερο από 2%. Τα τελικά μοντέλα ερμηνεύουν ποσοστά διακύμανσης που κυμάνθηκαν από 68,8%, για τα αρσενικά άτομα, έως 83,0% για τα ανώριμα άτομα. Τα μοντέλα που εκτιμήθηκαν για τα αρσενικά άτομα χαρακτηρίζονται από κυκλικές συνιστώσες μικρής περιόδου που ερμηνεύουν υψηλό ποσοστό της αρχικής διακύμανσης (περίοδος 2-5 ημέρες, Πίνακας Ι), έναντι σχετικά χαμηλού ποσοστού στις μεγάλες περιόδους (περίοδος 30-86 ημέρες, Πίνακας Ι). Αντίθετα, τα μοντέλα που εκτιμήθηκαν για τα θηλυκά άτομα το μεγαλύτερο ποσοστό της αρχικής διακύμανσης ερμηνεύεται από κυκλικές συνιστώσες μεγάλης περιόδου (περίοδος 30-86 ημέρες, Πίνακας Ι). Τα ανώριμα ακολουθούν το μικτό πρότυπο των δύο φύλων (Πίνακας Ι).

Στην εικόνα 2 φαίνεται ότι μόνο τρεις σημαντικές κυκλικές συνιστώσες παρουσίασαν συνάφεια στατιστικά μη σημαντική (coh^2<0.49;P<0.05) για τις χρονοσειρές των αρσενικών και των μη κατάλληλων θηλυκών: (α) περίοδος 21,67 ημέρες, (β) περίοδος 2,61 ημέρες και (γ) 2,53 ημέρες. Οι υπόλοιπες συνιστώσες παρουσίασαν σχετικά υψηλή συνάφεια (0.91 ± 0.11). Η διαφορά φάσης σε όλες τις συνιστώσες ήταν μικρή και κυμάνθηκε από ± 3,5 ημέρες, κυρίως για τις μεγάλες περιόδους (>15 ημέρες), ενώ στις μικρές περιόδους ήταν σχεδόν μηδέν.

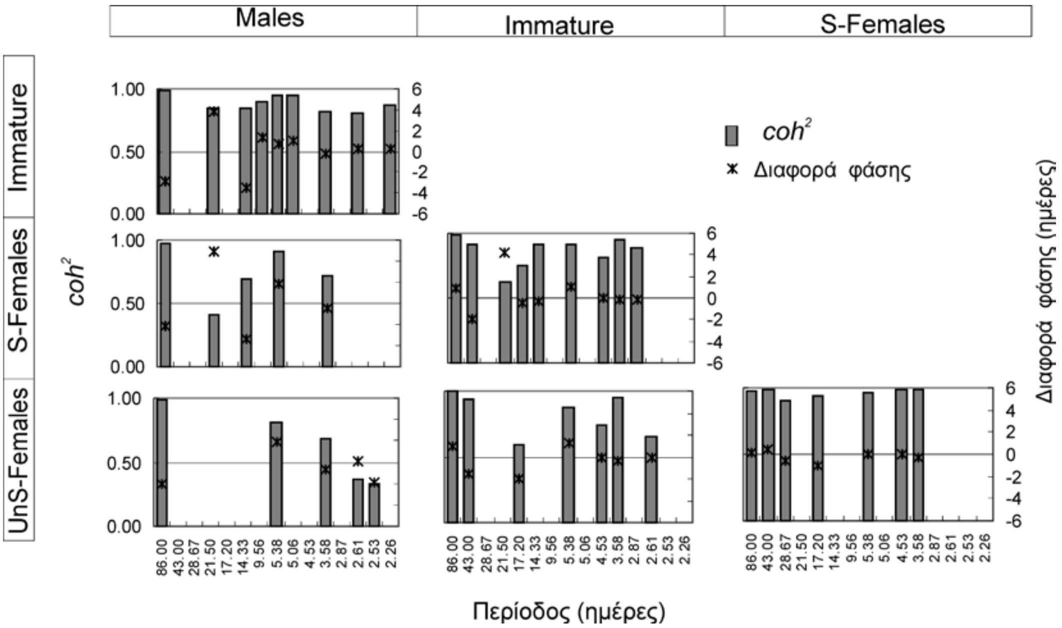


Εικ. 2. Περιοδιόγραμμα χρονοσειρών αριθμού ατόμων αρσενικών (males), ανώριμων (immature), κατάλληλων (S-Females) και ακατάλληλων (UnS-Females) για αυγοτάραχο θηλυκών ατόμων του είδους *M. cephalus* κατά την προς την θάλασσα αναπαραγωγική μετανάστευση του είδους στη λιμνοθάλασσα. Η οριζόντια γραμμή ορίσει το όριο 2% .

Στον πίνακα ΙΙ φαίνεται το ποσοστό της διακύμανσης ανά φύλο που επεξηγείται από τις κυκλικές συνιστώσες, οι οποίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συνάφεια σε όλες τις χρονοσειρές σε τρεις και σε δύο από αυτές. Στα θηλυκά, το 47-49 % της αρχικής διακύμανσης επεξηγείται από τις κυκλικές συνιστώσες, οι οποίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συνάφεια σε όλες τις χρονοσειρές, σε αντίθεση με τα αρσενικά, όπου το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 18% (Πίνακας ΙΙ). Αντίθετα, το ποσοστό της διακύμανσης κυκλικών συνιστώσες στα αρσενικά που δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συνάφεια με τις άλλες χρονοσειρές ήταν 24,2%, ενώ ήταν 0 και 11,4% για τα κατάλληλα και ακατάλληλα για αυγοτάραχο θηλυκά, αντίστοιχα (Πίνακας ΙΙ).

Πίνακας Ι. Αποτελέσματα της ανάλυσης Fourier. Ποσοστό διακύμανσης που επεξηγείτε από τις σημαντικές κυκλικές συνιστώσες.

Περίοδος (ημέρες)	Males	Immature	S-Females	UnS_Females
30-86	12.2	30.7	48.9	42.2
20-30	6.1	4.8	5.7	3.5
10-20	14.3	10.2	10.5	10.2
5-10	7.7	13.5	3.0	11.7
2-5	28.6	23.7	8.2	12.3
Σύνολο επεξηγούμενης διακύμανσης	68.8	83.0	76.4	79.9



Εικ. 3. Συνάφεια (*Coh*) και διαφορά φάσεως στις σημαντικές κυκλικές συνιστώσες (με επεξηγούμενη διακύμανση >2%) ανά δύο των χρονοσειρών αριθμού ατόμων, αρσενικών (males), ανώριμων (immature), κατάλληλων (S-Females) και ακατάλληλων για αυγοτάραχο θηλυκών (UnS-Females) του είδους *M. cephalus* κατά την προς την θάλασσα αναπαραγωγική μετανάστευση του είδους στην λιμνοθάλασσα Παλαιοπόταμος.

4. Συζήτηση/Συμπεράσματα

Η οικογένεια των κεφαλοειδών περιλαμβάνει είδη, τα οποία, εκτός μερικών εξαιρέσεων, αναπαράγονται στη θάλασσα, ενώ εισέρχονται για διατροφικούς λόγους σε εκβολικά και λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα. Πριν την περίοδο αναπαραγωγής, μεταναστεύουν σε κοπάδια προς τη θάλασσα (Brusle, 1981). Η αναπαραγωγή του κεφάλου στην περιοχή μελέτης γίνεται κατά τους μήνες Αύγουστο – Οκτώβριο και από τις λιμνοθάλασσες λαμβάνει χώρα σε αρχικό ωορηκτικό στάδιο (Katselis et al., 2005).

Αν και η αναπαραγωγική μετανάστευση είναι εποχική (Brusle, 1981, Ibanez & Benitez, 2004; Katselis et al., 2003, 2005, 2007), φαίνεται ότι ενεργοποιείται από κλιματολογικούς και υδρολογικούς παράγοντες (Brusle, 1981, Ibanez & Benitez, 2004), ενώ η έντασή της σε μικρές κλίμακες χρόνου πιθανά να ελέγχεται από κλιματολογικούς παράγοντες (Katselis et al., 2007).

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, φαίνεται ότι τα δύο φύλα του κεφάλου παρουσίασαν διαφορετικό πρότυπο ημερήσιας μετανάστευσης. Τα θηλυκά παρουσίασαν ένα σχετικά σταθερό εποχικό πρότυπο σε σύγκριση με τα αρσενικά, τα οποία παρουσίασαν σημαντικές διακυμάνσεις του ρυθμού μετανάστευσης από μερικές ημέρες έως εβδομάδες. Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι η μετανάστευση των θηλυκών γίνεται συντονισμένα με τα αρσενικά και τα ανώριμα σε μεγάλο ποσοστό (Πίνακας ΙΙ και Εικ. 2).

Πίνακας ΙΙ. Ποσοστό (%) διακύμανσης ανά χρονοσειρά, που επεξηγείτε από τις σημαντικές κυκλικές συνιστώσες οι οποίες σε συνδυασμό ανά δύο χρονοσειρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συνάφεια. (TS_PC_SC: χρονοσειρές όπου οι σημαντικές κυκλικές συνιστώσες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συνάφεια ανά δύο μεταξύ τους σε όλους τους συνδυασμούς).

TS_PC_SC	Males [1]	Immature [2]	S-Females [3]	UnS-Females [4]
1,2,3,4	18.0	35.0	49.6	47.9
1,2,3	15.5	11.9	6.3	
1,2,4	3.0	3.8		2.3
1,3,4	0.0		0.0	0.0
2,3,4		9.9	15.5	14.7
1,2	8.2	8.9		
2,3		0	0	
1,4	0			0
2,3		5.1	2.1	
2,4		0		0
3,4			2.9	3.5
Υπόλοιπο	24.2	8.3	0.0	11.4
Σύνολο επεξηγούμενης διακύμανσης	68.8	83.0	76.4	79.9

Σε αντίθεση με τα αρσενικά, τα οποία μπορεί και να μετακινούνται μόνα τους, η εποχικότητα του ρυθμού μετανάστευσης των θηλυκών ατόμων και ο συντονισμός τους με τα αρσενικά πιθανά να υποδηλώνει ότι τα ώριμα θηλυκά προσελκύουν τα αρσενικά στο σχηματισμό μικτών κοπαδιών κατά τη μετανάστευση. Η αυτόνομη όμως μετανάστευση των αρσενικών (κυρίως σε υψηλή συχνότητα) μπορεί να γίνεται προς αναζήτηση των θηλυκών έξω από τη λιμνοθάλασσα, καθώς τα αρσενικά προσελκύονται από τα ώριμα θηλυκά. Τουλάχιστον στα αναπαραγωγικά πεδία παρατηρείται η δημιουργία υποομάδων συνήθως από 1 θηλυκό και 4-5 αρσενικά (Brusle, 1981). Από την άλλη όμως, η παραπάνω υπόθεση ενισχύεται από την ύπαρξη μιας παραδοσιακής αλιευτικής τακτικής (τράινα) που βασίζεται σε αυτή την συμπεριφορά και που εφαρμόζεται στην περιοχή του συμπλέγματος Μεσολογγίου-Αιτωλικού: ένα ζωντανό ώριμο θηλυκό συρόμενο δεμένο πίσω από βάρκα συγκεντρώνει ώριμα αρσενικά τα οποία αλιεύονται με μικρό δίχτυ.

Η καταγραφή των ανώριμων ατόμων κατά την αναπαραγωγική μετανάστευση στα κεφαλοειδή είναι γνωστή (Brusle, 1981, Κατσέλης, 1996, Μίνος, 1996). Ωστόσο όμως η δυναμική της μεταναστευσή τους (Πίνακας ΙΙ) πιθανά υποδηλώνει ότι πρόκειται για αρσενικά ή θηλυκά άτομα του είδους τα οποία βρίσκονται σε πρώιμη αναπαραγωγική ωριμότητα.

Τα αποτέλεσμα της παρούσας είναι σημαντικά για την διαχείριση της παραδοσιακής αλιείας του είδους και την παραγωγή του αυγοτάραχου.

5. ΒιβλιογραφικέςΑναφορές

Blader, M., & Blader, T., 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of Fish Biology*, 17: 143-162.

Brusle, J., 1981. Food and feeding in grey mullet. In: *Aquaculture of grey mullets*, edited by Oren, O. H., Cambridge University Press, p.185-217.

DIGGLE, P.J., 1990. Times series: A biostatistical introduction. Oxford University Press Inc. New York. 257 pp.

Ibanez, A.L. & Benitez, O.G., 2004. Climate variables and spawning migrations of the striped mullet and white mullet in the north-western area of Gulf of Mexico. Journal of Fish Biology 65, 822-831.

Kapetsky, J.M. & Lasserre, G., 1984. *Management of coastal lagoon fisheries*. Stud. Rev. GFCM/Etud.Rev.CGPM., (61) p. 781

ΚΑΤΣΕΛΗΣ, Γ., 1996. Βιολογία και δυναμική του ιχθύος *Liza saliens* (Pisces: Mugilidae) στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου Αιτωλικού. *Διδακτορική διατριβή. Παν/μίο Πατρών, 193 σελ.*

Katselis, G., Koukou, K., Dimitriou, E. & Koutsikopoulos, C., 2007. Short-term seaward fish migration in the Messolonghi-Etoliko Lagoons (western Greek coast) in relation to climatic variables and the lunar cycle. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73:571-582.

Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Dimitriou, E. & Rogdakis, Y., 2003. Spatial and temporal trends in the composition of the fish barriers fisheries production of the Mesolonghi-Etoliko lagoon (western Greek coast). *Scientia Marina*, 67(4): 501-511.

Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Rogdakis, I., Dimitriou, E., Lachanas, A. & Vidalis, K., 2005. A model to estimate the annual production of roes (avgotaracho) of flathead mullet (Mugil cephalus) based on the spawning migration of species. *Fisheries Research*, 75: 138-148.

Koutrakis, E., Conides, A., Parpoura, A.C., van Ham, E.H., Katselis, G. & Koutsikopoulos, C., 2007. Lagoon fisheries' resources in Hellas. In: C Papaconstantinou, A Zenetos, V Vassilopoulou, G Tserpes (eds), State of Hellenic Fisheries, pp. p. 223-232. Hellenic Centre for Marine Research, Athens 466 pp.

ΜΙΝΟΣ, Γ., 1996. Βιολογία και Δυναμική του ιχθύος *Liza ramada* (Pisces: Mugilidae) της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού. *Διδακτορική διατριβή. Παν/μίο Πατρών, 285 σελ.*

OREN, O.H., 1981. *Aquaculture of Grey Mullets*. Cambridge University Press, Cambridge.

SHUMWAY, R.H. & STOFFER, D.S., 2006. Time Series Analysis and Its Applications. Springer Science and Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, 588pp.