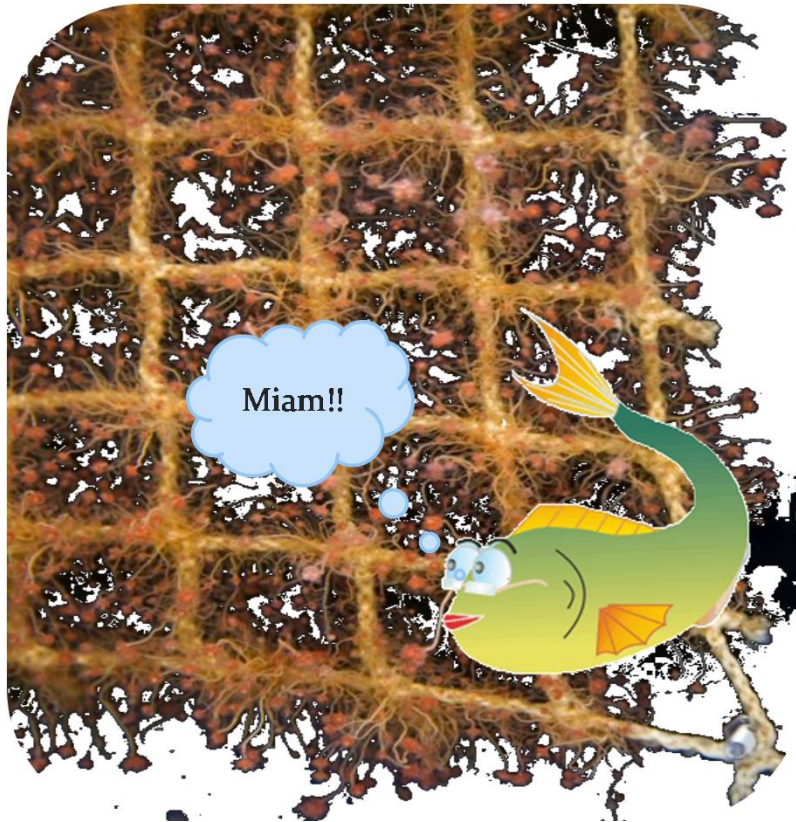


Πανεπιστήμιο Κρήτης
Σχολή Θετικών και Τεχνολογικών Επιστημών
Τμήμα Βιολογίας



Επίδραση 3 διαφορετικών «συνθηκών» διχτυών στη συμπεριφορά διαφυγής της τσιπούρας (*Sparus aurata*, L. 1758).



Γεωργαρά Αντωνία (1488)

Υπεύθυνη Καθηγήτρια: Κεντούρη Μαρουδιώ

Ηράκλειο, 2012

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Η ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΗΜΕΡΑ	4
1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ SPARUS AURATA	4
1.2.1 Κατανομή και ταξινόμηση.....	4
1.2.2 Βιολογία του είδους.....	5
1.3 ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ	6
1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ	7
1.5 ΒΙΟΕΠΙΣΤΡΩΣΗ (BIOFOULING).....	9
1.5.1 Αρνητικές συνέπειες της βιοεπίστρωσης στην υδατοκαλλιέργεια.....	9
1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	12
2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	12
2.1.1 Προέλευση ψαριών	12
2.1.2 Περιγραφή δεξαμενών	12
2.1.3 Πειραματικός σχεδιασμός	12
2.1.4 Περιγραφή διχτυών.....	13
2.1.5 Φίλτρα-μηχανισμός ανανέωσης νερού και παροχής οξυγόνου.....	13
2.1.6 Αβιοτικές συνθήκες.....	14
2.1.7 Τροφή.....	14
2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	14
2.3 ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ	14
2.4 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ.....	15
2.4.1 Ανάλυση δεδομένων.....	16
2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	17
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	17
3.1. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	17
3.2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΔΙΧΤΥ	18
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ 18 ΗΜΕΡΩΝ	19

3.3.1 Συμπεριφορά εξερεύνησης	19
3.3.2 Περιστατικά δαγκώματος	21
3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΕ ΤΕΤΑΡΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 7 ΗΜΕΡΩΝ.....	23
3.4.1 Συμπεριφορά εξερεύνησης	23
<input type="checkbox"/> Μεταξύ των ημερών.....	23
<input type="checkbox"/> Μεταξύ των διαφορετικών χρονικών παραθύρων (τετάρτων) της ίδιας ημέρας ..	244
3.4.2 Περιστατικά δαγκώματος	26
<input type="checkbox"/> Μεταξύ των ημερών.....	266
<input type="checkbox"/> Μεταξύ των διαφορετικών χρονικών παραθύρων (τετάρτων) της ίδιας ημέρας ..	277
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	299
4.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗΣ	29
4.2 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΔΑΓΚΩΜΑΤΟΣ	300
4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	322
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	333

1. Εισαγωγή

1.1 Η υδατοκαλλιέργεια σήμερα

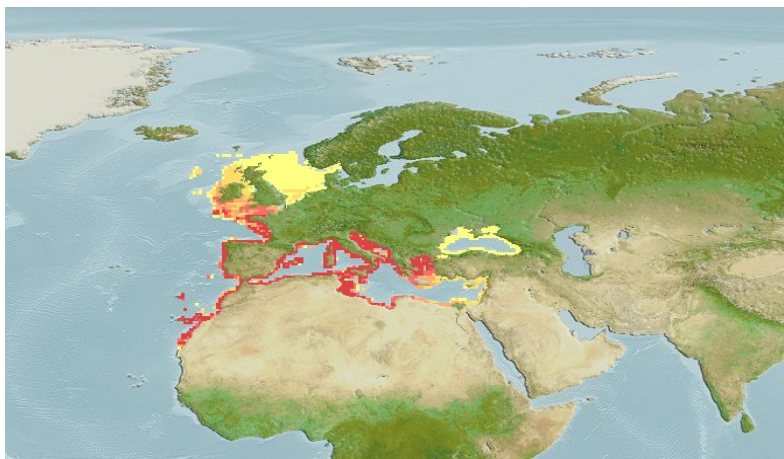
Οι αυξημένες διατροφικές ανάγκες των σύγχρονων κοινωνιών και η γνωστή πλέον διατροφική αξία των υδρόβιων οργανισμών, έχουν καταστήσει τις τελευταίες δεκαετίες την Υδατοκαλλιέργεια ως μια από τις πιο ελπιδοφόρες δραστηριότητες στον τομέα της παραγωγής τροφίμων (Phillips, 2005). Η σύγχρονη υδατοκαλλιέργεια και η βιομηχανία στην οποία βασίζεται είναι ένας τομέας που αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία 50 χρόνια, αν και η αρχή της βρίσκεται στο 6000 π.Χ. Σήμερα αποτελεί παγκοσμίως τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο τομέα παραγωγής τροφίμων. Ενδεικτικό στοιχείο αυτής της ανάπτυξης είναι το γεγονός ότι μέσα σε 50 χρόνια η εκτροφή υδρόβιων οργανισμών αυξήθηκε από περίπου 1 εκατομμύριο τόνους ετησίως στις αρχές του 1950, σε 52.5 εκ τόνους, αξίας 98.400.000.000\$, το 2008, με ετήσιο ρυθμό αύξησης 6,6% (FAO, 2010). Σύμφωνα με τα δεδομένα του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2006) ένα ποσοστό της τάξης του 40-50 % της ετήσιας παραγωγής ψαριών παγκοσμίως προέρχεται πλέον από την Ιχθυοκαλλιέργεια.

Η υδατοκαλλιέργεια αναπτύσσεται, επεκτείνεται και εντατικοποιείται σε όλες σχεδόν τις περιοχές του κόσμου, εκτός από την Υποσαχάρια Αφρική. Στην Ευρώπη η κύρια παραγωγή προϊόντων υδατοκαλλιέργειας προέρχεται από τις μεσογειακές χώρες. Τα τελευταία 25 χρόνια η Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια εισήλθε σε μια νέα εποχή δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια με κυρίαρχα είδη την τσιπούρα (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). Οι ιχθυοκαλλιέργειες της Μεσογείου, με κυρίαρχα κράτη την Ελλάδα, την Ισπανία, τη Γαλλία, την Ιταλία, και την Τουρκία, καταλαμβάνουν το 6% της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής, παράγοντας 1,35 εκ τόνους ετησίως (FAO, 2010). Στην Ελλάδα από το 1981 οι θαλάσσιες ιχθυοκαλλιέργειες αναπτύσσονται ταχύτατα μετά από οικονομική υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελληνικής κυβέρνησης. Σήμερα η Ελλάδα αποτελεί την πρώτη χώρα στη Μεσόγειο σε παραγωγή τσιπούρας και λαυρακιού. Τα δύο αυτά είδη είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας για τη χώρα καθώς μαζί αποτελούν το 95% της συνολικής παραγωγής της (FAO, 2009). Το 2008 η Ελληνική παραγωγή τσιπούρας και λαυρακιού έφτασε τους 145.000 τόνους σε σύνολο 268.000 τόνων που παρήχθησαν στην περιοχή της Μεσογείου (FAO, 2010).

1.2 Γενικά χαρακτηριστικά του είδους *Sparus aurata*

1.2.1 Κατανομή και ταξινόμηση

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι ένα είδος που ζει και αναπαράγεται σε υποτροπικά κλίματα και πιο συγκεκριμένα σε συντεταγμένες: 62°N - 15°N, 17°W - 43°E (εικόνα: 1) (Lloris, 2005). Συναντάται κυρίως στη Μεσόγειο, όπου η παρουσία της μειώνεται στην ανατολική και νότιο ανατολική πλευρά. Εκτός από τη Μεσόγειο απαντάται και κατά μήκος των ακτών του Ανατολικού Ατλαντικού, από τη Μεγάλη Βρετανία μέχρι τη Σενεγάλη. Αντιπρόσωποι του είδους ωστόσο έχουν βρεθεί γύρω από τη Νέα Ζηλανδία καθώς και στη Μαύρη Θάλασσα (Pauline *et al.*, 1989).



Εικόνα 1: Κατανομή του είδους *Sparus aurata* (Fish base: <http://www.fishbase.org>)

Η τσιπούρα ανήκει στους τελεόστεους ιχθύες, στην τάξη Περκόμορφα. Τα Περκόμορφα είναι η μεγαλύτερη τάξη ψαριών, και η ταξινόμηση τους δεν είναι πλήρως καθορισμένη ακόμα και σήμερα. Η τάξη αυτή αποτελείται από 20 υποτάξεις, 160 οικογένειες, περίπου 1540 γένη και πάνω από 10.000 είδη. Η τσιπούρα είναι μέλος της οικογένειας Sparidae, στην οποία ανήκει ένας μεγάλος αριθμός ειδών που στη Μεσόγειο αντιπροσωπεύονται από 11 γένη: Dentex, Sparus, Diplodus, Pagellus, Lithognathus, Spondylisoma, Oblada, Crenidens, Boops και Sarpa. Η τσιπούρα ανήκει στο γένος Sparus και στο είδος *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758). Πιο συγκεκριμένα η ταξινόμική της κατάταξη παρουσιάζεται στον πίνακα: 1 (Basurco *et al.*, 2011).

Πίνακας 1: Συστηματική κατάταξη της τσιπούρας, *Sparus aurata* (Fish base)

Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Chordota
Υπόφυλο	Gnathostoma
Κλάση	Osteichthyes
Υποκλάση	Actinopterygii
Τάξη	Perciformes
Οικογένεια	Sparidae
Γένος	Sparus
Είδος	<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus 1758)

1.2.2 Βιολογία του είδους

Το ψάρι αυτό έχει ωοειδές σχήμα και ένα χαρακτηριστικό ασημογάλαζο χρώμα στην κορυφή της ράχης του. Πλευρικά διακρίνονται ασημί, γαλάζιες και γκρι αποχρώσεις και εμφανίζει έναν χρυσοκίτρινο χρωματισμό ανάμεσα στους οφθαλμούς και μαύρες ζωνώσεις στην άκρη της ουράς. Επίσης χαρακτηριστική του είδους είναι η μαύρη κηλίδα που βρίσκεται στο κάλυμμα των βραγχίων, στην αρχή της πλευρικής γραμμής. Το μέγεθός του κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 30-40 cm στα ενήλικα άτομα (Fish base), ωστόσο έχει αναφερθεί και άτομο που έφτανε τα 70cm (Muus & Nielsen, 1999). Αν και το μέγιστο

βάρος που έχει δημοσιευτεί για το είδος αγγίζει τα 17,2kg (IGFA, 2001), το εμπορικό του βάρος, από εκτρεφόμενα είδη, κυμαίνεται από 250 έως 600 g.

Οι τσιπούρες λόγω των ευρύαλων και ευρύθερμων συνηθειών τους, συναντώνται τόσο σε θαλάσσια όσο και σε υφάλμυρα οικοσυστήματα, όπως παράκτιες λιμνοθάλασσες και εκβολές ποταμών, κυρίως κατά τα αρχικά στάδια του κύκλου ζωής του (FAO, 2012). Το είδος αυτό συνήθως απαντάται σε βραχώδη υποστρώματα ή σε περιοχές με λιβάδια φανερόγαμων (*Posidonia oceanica*). Ωστόσο συχνά, άτομα του είδους έχουν παρατηρηθεί και σε αμμώδη υποστρώματα. Η τσιπούρα είναι ένα στατικό ψάρι και ζει είτε απομονωμένη είτε σε μικρές συναθροίσεις στο φυσικό περιβάλλον (FAO, 2012). Τα νεαρά άτομα του είδους παραμένουν σε σχετικά αβαθείς περιοχές (πάνω από τα 30m), ενώ τα ενήλικα μπορούν να φτάσουν σε μεγαλύτερα βάθη, έως και τα 150m (Bauchot *et al.*, 1990). Η μέση ηλικία στην οποία βρίσκονται τα ψάρια στο φυσικό τους περιβάλλον είναι μεταξύ 1,4 και 4,4 χρόνων (fish portal). Παρόλα αυτά σε συνθήκες αιχμαλωσίας μπορούν να διπλασιάσουν αυτό το χρόνο καθώς ξεπερνούν τα 10 χρόνια με μέγιστη δημοσιευμένη ηλικία τα 11 χρόνια (Campillo, 1992). Όπως πολλά είδη της οικογένειας των Σπαριδών, έτσι και οι τσιπούρες είναι σαρκοφάγα και επιλεκτικά φυτοφάγα. Τρέφονται κυρίως με μαλάκια, δεκάποδα και ψάρια (Stergiou *et al.*, 2002).

Ως προς τον αναπαραγωγικό τύπο εντάσσονται στα διαδοχικά ερμαφρόδιτα είδη και συγκεκριμένα στα πρώτανδρα. Στα δύο πρώτα χρόνια της ζωής τους όλα τα άτομα λειτουργούν ως αρσενικά και στη συνέχεια ένα ποσοστό αυτών υφίσταται φυλετική αναστροφή, σε θηλυκά άτομα (Zohar *et al.*, 1995). Τα αρσενικά ωριμάζουν σεξουαλικά στο 2^ο χρόνο της ζωής τους σε μήκος που φτάνει τα 20-30 cm. Τα θηλυκά, από την άλλη, ωριμάζουν στο 2^ο - 3^ο χρόνο της ζωής τους σε μήκος από 33-40 cm (FAO, 2012). Η αναπαραγωγική περίοδος της τσιπούρας διαρκεί από τον Οκτώβριο έως τον Ιανουάριο όταν η θερμοκρασία του νερού είναι 13-17 °C, αλλά στην Ανατολική Μεσόγειο λαμβάνει χώρα αργότερα λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας του νερού (Pillay, 1990). Καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου αυτής τα θηλυκά γεννούν καθημερινά 20 με 30 χιλιάδες αυγά ανά κιλό σωματικού βάρους τους (Zohar *et al.*, 1995). Στη φύση καθώς και σε τεχνητά περιβάλλοντα τα θηλυκά απελευθερώνουν τα αυγά τους μόνο όταν είναι σε κοπάδι τουλάχιστον 5-7 ατόμων (Gorshkov *et al.*, 1997). Τα αυγά τους είναι διαφανή, με διάμετρο περίπου 0,9 με 1,1mm και περιέχουν μια σταγόνα ελαίου.

Οι νύμφες εκκολάπτονται στην πελαγική ζώνη (στην περιοχή όπου λαμβάνει χώρα η ωοτοκία) μεταξύ Οκτωβρίου και Νοεμβρίου και τα νεαρά ιχθύδια μεταναστεύουν στις αρχές της άνοιξης σε προστατευόμενες παράκτιες περιοχές, όπου μπορούν να βρουν άφθονες πηγές τροφής και ηπιότερες θερμοκρασίες (τροφική μετανάστευση). Στα τέλη του φθινοπώρου επιστρέφουν πάλι στην ανοιχτή θάλασσα όπου τα ενήλικα ψάρια αναπαράγονται (FAO, 2012).

1.3 Υγιεινή και παθολογία

Οι κυριότερες ασθένειες που έχουν παρατηρηθεί κατά την εκτροφή της τσιπούρας και που ευθύνονται για υψηλά ποσοστά θνησιμοτήτων οφείλονται είτε σε βακτήρια, είτε σε ενδοπαράσιτα είτε σε ιούς. Οι συχνότερες ασθένειες που συναντώνται στην καλλιέργεια της τσιπούρας είναι: η παστεριδίωση (Pasteurellosis), η δονακίωση (Vibriosis), η επιθηλιοκύστη, η λεμφοκύστη (Iridovirus). Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης των ασθενειών αυτών είναι η καλή υγιεινή των ψαριών και η χρήση ειδικών εμβολίων που ενισχύουν το ανοσοποιητικό τους σύστημα. (fish portal <http://www.fishportal.gr>).

1.4 Συστήματα και ιστορία εκτροφής

Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, η εκτροφή ψαριών στη Μεσόγειο βασιζόταν αποκλειστικά στη συλλογή και πάχυνση φυσικών πληθυσμών από τη θάλασσα. Οι τσιπούρες, παραδοσιακά, εκτρέφονταν για αιώνες στην Ιταλία, σε λιμνοθάλασσες στη βόρεια Αδριατική θάλασσα (γνωστές με την ονομασία «valli»). Τα νεαρά άτομα του είδους συλλέγονταν την άνοιξη και τοποθετούνταν στα εκτατικά συστήματα εκτροφής των λιμνοθαλασσών (Cautadella *et al.*, 1995). Στο τέλος του χρόνου, τα ψάρια μετακινούνταν στις λεγόμενες «λίμνες διαχείρισης» για να τοποθετηθούν ξανά την άνοιξη στις λιμνοθάλασσες. Με αυτό τον τρόπο απαιτούνταν 2-3 χρόνια πριν τα ψάρια φτάσουν στο κατάλληλο μέγεθος για πώληση (Basurco *et al.*, 2011). Μετά τη δεκαετία του 1960, η διαθεσιμότητα των φυσικών πληθυσμών μειώθηκε δραματικά λόγω της υπεραλίευσης και της ρύπανσης, προκαλώντας προβλήματα στην εκτροφή των ψαριών τόσο στις λιμνοθάλασσες όσο και στις άλλες συνθήκες εκτροφής που υπήρχαν στη βόρεια Μεσόγειο (Moretti *et al.*, 1999). Η ύπαρξη ωστόσο «ελεγχόμενων» τεχνικών αναπαραγωγής για την τσιπούρα, δημιούργησε ένα σύστημα παραγωγής που βασιζόταν σε μια αξιόπιστη και συνεχή παροχή νεαρών ψαριών, οδηγώντας έτσι στην εκβιομηχάνιση της θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας στην περιοχή της Μεσογείου (Basurco *et al.*, 2011). Το είδος αυτό πολύ γρήγορα έδειξε υψηλή προσαρμοστικότητα στις συνθήκες εντατικής εκτροφής, τόσο σε δεξαμενές όσο και σε ιχθυοκλωβούς (FAO, 2012).

Σήμερα, η ωρίμανση των γεννητόρων (*breeders*) και η παραγωγή αυγών σε αιχμαλωσία είναι τεχνικά εφικτές και δεν παρουσιάζουν προβλήματα. Τα αυγά παράγονται σε χερσαία (land-based) εκκολαπτήρια (Basurco *et al.*, 2011). Συνήθως κάθε εκκολαπτήριο έχει τη δική του μονάδα γεννητόρων, όπου γεννήτορες διαφόρων ηλικιακών ομάδων, από 1 έτους αρσενικά μέχρι 10 ετών θηλυκά, κρατούνται σε δεξαμενές χωρητικότητας 10-20m³ (ιχθυοφόρτιση 4-8 kg m⁻¹). Οι γεννήτορες μπορεί να προέρχονται από φυσικούς ή εκτρεφόμενους πληθυσμούς. Κατά την έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου οι γεννήτορες μεταφέρονται στις δεξαμενές αναπαραγωγής (FAO, 2012). Για να εξασφαλιστεί ένα καλό ποσοστό γονιμοποίησης η αναλογία αρσενικών: θηλυκών είναι 3:1, καθώς τα θηλυκά μπορούν να παράγουν και να αποθέσουν 20.000-30.000 αυγά kg⁻³ σε μία περίοδο 3-4 μηνών (Calderer & Cardona, 1993). Ένα μόνο θηλυκό άτομο μπορεί να παράγει περισσότερο από 1 εκατομμύριο αυγά σε μια περίοδο αναπαραγωγής και το σύνηθες ποσοστό γονιμοποίησης είναι 90-95% (Sola *et al.*, 2007). Ο έλεγχος της αναλογίας των φύλων στις δεξαμενές αναπαραγωγής είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τις τσιπούρες καθώς η αναστροφή φύλου καθορίζεται από τη σύσταση του πληθυσμού (αναλογία φύλων και ηλικία ατόμων), τις κοινωνικές και φυσικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η παρουσία νεαρών αρσενικών ψαριών κατά το τέλος της αναπαραγωγικής περιόδου, αυξάνει τα ποσοστά των μεγαλύτερων ηλικιακά ψαριών που θα γίνουν θηλυκά. Από την άλλη πλευρά, η παρουσία μεγαλύτερων ηλικιακά θηλυκών ατόμων μειώνει την αναστροφή του φύλου σε νεαρότερα ψάρια (FAO, 2012). Η αναπαραγωγική περίοδος των γεννητόρων μπορεί να επεκταθεί ή να τροποποιηθεί μέσω κατάλληλης διαχείρισης των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η σεξουαλική ωρίμανση επιτυγχάνεται με προσομοίωση των συνθηκών φωτοπεριόδου και θερμοκρασίας του νερού, συνθηκών που επικρατούν στο φυσικό περιβάλλον κατά την περίοδο αναπαραγωγής (FAO, 2012). Επίσης, η διατροφή των γεννητόρων έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τη γονιμότητά τους και την ποιότητα των αυγών και κατά συνέπεια και των προνυμφών. Για αυτό το λόγο αποτελείται από ειδικά τεχνητά σιτηρέσια καθώς και από νωπές τροφές, όπως ψάρια, καλαμάρια, κλπ. (Fernandez-Palacios *et al.*, 1997; Izquierdo *et al.*, 2001).

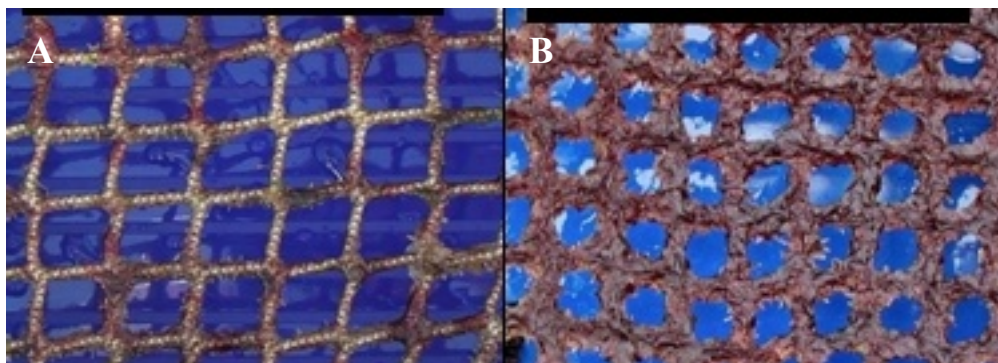
Η διαδικασία εκτροφής ουσιαστικά ξεκινάει με τη συλλογή των αυγών από τις δεξαμενές των γεννητόρων. Τα γονιμοποιημένα αυγά επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού από όπου και συλλέγονται (Zohar *et al.*, 1995). Στη συνέχεια, τοποθετούνται στις δεξαμενές επώασης με ελάχιστη κίνηση νερού και χωρίς φως για 36-48 ώρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού. Οι προνύμφες που έχουν εκκολαφθεί μεταφέρονται σε «δεξαμενές εκτροφής» όπου παραμένουν για 96-120 ώρες στις ίδιες συνθήκες όπως στις δεξαμενές επώασης. Καθ' όλο αυτό το διάστημα, τρέφονται καταναλώνοντας τα λεκιθικά τους αποθέματα (αυτότροφο στάδιο). Τρεις με τέσσερις μέρες μετά την επώαση, ξεκινάει η εξωγενής διατροφή (ετερότροφο στάδιο) και πλέον οι προνύμφες είναι έτοιμες να τραφούν μόνες τους με ζωντανή τροφή (Basurco *et al.*, 2011). Στα περισσότερα συστήματα εκτροφής οι πρώτοι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως τροφή των προνυμφών είναι τα Rotifers (*Brachionus plicatilis*). Μετά από 10-11 ημέρες συμπληρώνουμε το σιτηρέσιο με *Artemia* (*Artemia sp*) η οποία χρησιμοποιείται για τις επόμενες 22-25 ημέρες, δηλαδή μέχρι την ολοκλήρωση της μεταμόρφωσης των προνυμφών (FAO, 2012). Τόσο τα Rotifers όσο και η *Artemia*, πριν δοθούν στις προνύμφες, εμπλουτίζονται με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και βιταμίνες που είναι κρίσιμης σημασίας για την σωστή ανάπτυξη και επιβίωση τους (Sorgeloos & Legger, 1992).

Τα νεαρά ιχθύδια (περίπου 45 ημερών) μεταφέρονται σε ειδικό τμήμα του εκκολαπτηρίου εξοπλισμένο με μεγαλύτερες κυκλικές ή ορθογώνιες δεξαμενές (10-25 m³), όπου λαμβάνει χώρα η προπάχυνση (weaning). Η αρχική πυκνότητα των ψαριών (ιχθυοφόρτιση) στις δεξαμενές προ-πάχυνσης είναι πολύ μικρή, 10-20 άτομα/λίτρο (θερμοκρασία 18 °C και αλατότητα 35-37‰) αλλά η βιομάζα αυξάνεται σταδιακά και μπορεί να φτάσει τα 20 kg/m³ όταν τα ψάρια φτάσουν τα 2-3 g. Η τροφή παρέχεται κάθε 2 ώρες, από τις 08:00 μέχρι τις 20:00 και αρχικά είναι αποκλειστικά ζωντανή τροφή, η οποία σταδιακά αντικαθίσταται από βιομηχανική (FAO, 2012).

Όταν τα ψάρια φτάσουν περίπου το μέγεθος των 5g μεταφέρονται και συνεχίζουν την ανάπτυξή τους σε «εντατικές μονάδες πάχυνσης» οι οποίες μπορεί να είναι είτε δεξαμενές είτε ιχθυοκλωβοί. Τα ψάρια παραμένουν σε αυτό το στάδιο μέχρι να φτάσουν στο κατάλληλο εμπορικό μέγεθος (350-600 g) όπου και αλιεύονται για κατανάλωση. Κατά την εκτροφή σε δεξαμενές χρησιμοποιούνται υψηλές ιχθυοφορτίσεις, κυμαινόμενες μεταξύ 15-45 kg/m³ και χρειάζονται τεράστιες ποσότητες οξυγόνου για να εξασφαλιστεί η επιβίωση των ψαριών. Κάτω από εξαιρετικές συνθήκες (18-26 °C), τα ψάρια που βρίσκονται στη φάση της προ-πάχυνσης (5 g) μπορούν να φτάσουν το κατάλληλο εμπορικό μέγεθος μέσα σε περίπου ένα χρόνο (FAO, 2012). Η περαιτέρω εκτροφή μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος γίνεται στη Μεσόγειο σε ιχθυοκλωβούς (Mozes *et al.*, 2011). Αν και οι ιχθυοφορτίσεις είναι χαμηλότερες από ότι στις δεξαμενές, υπάρχουν μεγάλα πλεονεκτήματα που κάνουν τους ιχθυοκλωβούς πιο κερδοφόρους. Συγκεκριμένα, δεν υπάρχει το κόστος της ενέργειας για την άντληση, τον αερισμό και την μετέπειτα επεξεργασία του νερού. Ωστόσο, δεν είναι εφικτός ο έλεγχος της θερμοκρασίας στους κλωβούς, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη χρονική περίοδο μέχρι το επιθυμητό εμπορικό μέγεθος. Κατά μέσο όρο, άτομα των 10 g φτάνουν το εμπορικό μέγεθος σε περίπου ένα χρόνο, ενώ άτομα μικρότερα (5g) επιτυγχάνουν το ίδιο μέγεθος μέσα σε 16 μήνες (FAO, 2012).

1.5 Βιοεπίστρωση (Biofouling)

Η θαλάσσια βιοεπίστρωση είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο το οποίο είχε καταγραφεί από τον πέμπτο αιώνα π.Χ. (Woods Hole Oceanographic Institution [WHOI], 1952) και εμφανίζεται σε όλους τους ωκεανούς και σε όλα τα βάθη. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά της ποικίλλουν σημαντικά και εξαρτώνται από πολλούς φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες (Benson et al., 1973). Κατά περιόδους έχουν δοθεί ποικίλοι ορισμοί για αυτή (Evans & Christie, 1970· Evans, 1981· Callow, 1996· De Sousa *et al.*, 1998· Tan *et al.*, 2002), αλλά στο πλαίσιο αυτής της εργασίας η βιοεπίστρωση θα οριστεί ως «η ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών στην επιφάνεια τεχνητών δομών βυθισμένων στη θάλασσα, η οποία έχει οικονομικές συνέπειες» (WHOI, 1952).



Εικόνα 2: Ανάπτυξη βιοεπίστρωσης μετά από A: 2 μήνες και B: 14 μήνες

Όλες οι επιφάνειες, συμπεριλαμβανομένων και των εξοπλισμών των υδατοκαλλιεργειών, που βυθίζονται στο θαλασσινό νερό υπόκεινται σε μια σειρά διακριτών, διαδοχικών, χημικών και βιολογικών αλλαγών (Gunn *et al.*, 1987). Έτσι η ανάπτυξη μιας κοινότητας βιοεπίστρωσης είναι μια σταδιακή διαδικασία, στην οποία κάθε στάδιο «προετοιμάζει» την επιφάνεια που βρίσκεται βυθισμένη για το επόμενο στάδιο (Daniel and Chamberlain, 1981; Davis and Williamson, 1996). Αναλυτικότερα, όταν μια επιφάνεια βυθιστεί στο νερό, αρχικά παρατηρείται η προσρόφηση ανόργανων στοιχείων και μακρομορίων, (όπως πρωτεΐνες) που είναι παρόντα στο νερό (Gunn *et al.*, 1987). Μέσα σε λίγα λεπτά έχει δημιουργηθεί ένα στρώμα περίπου 5nm, το οποίο αποτελεί τη βάση για την περαιτέρω ανάπτυξη άλλων οργανισμών. Στη συνέχεια, μέσα σε μερικές ώρες, η επιφάνεια αποικίζεται από βακτήρια, μονοκύτταρα φύκη, πρωτόζωα και μύκητες (Scott *et al.*, 1996). Αυτοί οι αρχικοί οργανισμοί δημιουργούν ένα «biofilm», δηλαδή μια συνάθροιση που συχνά αναφέρεται ως «microfouling» ή βλέννα. Στο τελευταίο στάδιο ένα στρώμα από μακροοργανισμούς προσκολλάται στην επιφάνεια αποτελούμενο από μακροφύκη (με χαρακτηριστικά γένη τα *Anththamnion*, *Ulva*, *Ectocarpus* και *Enteromorpha*) και ασπόνδυλα όπως μύδια, πεταλίδες ασκίδια και υδρόζωα (Willemsen, 2005). Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι οι οργανισμοί μπορούν και θα εγκατασταθούν ακόμα και απουσία κάποιων από των προηγούμενων στρωμάτων. Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω είναι αρκετά απλοποιημένη και στην πραγματικότητα δημιουργούνται πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών, του περιβάλλοντος τους και της επιφάνειας που είναι προσκολλημένοι (Clare *et al.*, 1992).

1.5.1 Αρνητικές συνέπειες της βιοεπίστρωσης στην υδατοκαλλιέργεια

Η βιοεπίστρωση σήμερα αποτελεί παγκοσμίως ένα μεγάλο πρόβλημα για τις μονάδες υδατοκαλλιέργειας (Hodson *et al.*, 1997, 2000). Η ποικιλομορφία και η ένταση της παραγωγής της σχετίζεται με την τοποθεσία της μονάδας και εξαρτάται από την εποχή, τη

γεωγραφική θέση και τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Lane και Willemsen, 2004). Αναπτύσσεται σε ένα ευρύ φάσμα δομών και υλικών (Benson et al, 1973· Evans, 1981) τα οποία μπορεί να είναι είτε σταθερά είτε μετακινούμενα, να βρίσκονται σε παράκτια ή σε βαθύτερα ύδατα (Fletcher, 1988) μειώνοντας έτσι σημαντικά την αποτελεσματικότητα τους και προκαλώντας τους φθορά. Συγκεκριμένα περιλαμβάνουν τα δίχτυα των ιχθυοκλωβών, τις πλωτές αποβάθρες, τα αγκυροβόλια, ξύλο, μέταλλο, πλαστικό και σχοινί (Evans & Clarkson, 1993· Berk *et al.*, 2001· Stachowitsch *et al.*, 2002) Εκτός όμως από τον εξοπλισμό αναπτύσσεται και πάνω στα εκτρεφόμενα είδη ιδιαίτερα στα οστρακοειδή όπως τα μύδια, τα χτένια και τα στρείδια (Willemsen, 2005).

Αναλυτικότερα, η ανάπτυξη της βιοεπίστρωσης στα δίχτυα μειώνει τον όγκο των ιχθυοκλωβών, περιορίζει τα ανοίγματα του δικτυού και επιβαρύνει τα αγκυροβόλια (Phillippi *et al.*, 2001). Λόγω αυτού οι υδροδυναμικές δυνάμεις που ασκούνται σε ένα δίχτυ, στο οποίο έχει αναπτυχθεί η βιοεπίστρωση, μπορεί να είναι μέχρι και 12,5 φορές μεγαλύτερες σε σχέση με ένα καθαρό δίχτυ (Milne, 1970). Παράλληλα, το βάρος των κλωβών αυξάνεται σημαντικά (Milne, 1970), προκαλώντας περαιτέρω επιβάρυνση στην κατασκευή, μείωση της άνωσης του κλωβού και αύξηση της παραμόρφωσης των δικτυών (Milne, 1970· Beveridge, 1996· Phillippi *et al.*, 2001). Η μείωση του μεγέθους των ματιών του δικτυού προκαλεί διαταραχές στη ροή του νερού (Eckman *et al.*, 2001) περιορίζοντας τόσο την ανταλλαγή των θρεπτικών όσο και την απομάκρυνση των απεκκριμάτων (Ahlgren, 1998· Eckman *et al.*, 2001), κάτι που επηρεάζει όχι μόνο την υγεία των ψαριών, αλλά και του γύρω περιβάλλοντος, προκαλώντας για παράδειγμα τοπική αύξηση του ευτροφισμού (Folke *et al.*, 1994). Επιπλέον, η παροχή του οξυγόνου μειώνεται (Cronin *et al.*, 1999) και έτσι μπορεί να αναπτυχθούν ανοξικές συνθήκες στους ιχθυοκλωβούς (Lai *et al.*, 1993). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις εύκρατες περιοχές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου τότε, λόγω της αυξημένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών της βιοεπίστρωσης σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες του νερού, τα επίπεδα του οξυγόνου μειώνονται ακόμα περισσότερο (Braithwaite & McEvoy, 2005). Τέλος, η μείωση των επιπέδων οξυγόνου μπορεί επίσης να συσχετιστεί με την αναπνευστική δραστηριότητα των ζωικών οργανισμών της βιοεπίστρωσης (Cronin *et al.*, 1999).

Οι κοινότητες που αποτελούν τη βιοεπίστρωση και αναπτύσσονται στα δίχτυα μπορούν να προκαλέσουν έμμεσα περαιτέρω «στρες» στα εκτρεφόμενα ψάρια καθώς μπορεί να αποτελέσουν κατάλληλο ενδιαίτημα σε μια σειρά από «επιβλαβείς» οργανισμούς. Οι οργανισμοί αυτοί μπορούν να μεταφέρουν ασθένειες όπως η "ηπατική νόσος netpen" (Andersen *et al.*, 1993) ή η αμοιβαδική νόσος των βραγχίων (amoebic gill disease) (Tan *et al.*, 2002), αλλά και παράσιτα όπως για παράδειγμα, ο νηματώδης *Hysterothylacium aduncum* (Gonzalez, 1998) και η θαλάσσια ψείρα *Lepeophtheirus salmonis* (Huse *et al.*, 1990).

Εκτός από τις άμεσες συνέπειες, η ανάπτυξη της βιοεπίστρωσης στις υδατοκαλλιέργειες μπορεί να προκαλέσει και έμμεσες, η σημαντικότερη των οποίων είναι το κόστος που προκαλείται σε μια μονάδα υδατοκαλλιέργειας - είτε μέσω των συχνών καθαρισμών και επισκευών (Hodson *et al.*, 1997) είτε λόγω της αυξημένης θνησιμότητας των ψαριών - καθώς η βιοεπίστρωση και η απομάκρυνση της έχουν συνδεθεί με την αύξηση του «στρες» των ψαριών που οδηγεί σε αυξημένη θνησιμότητα (Ahlgren, 1998).

1.6 Σκοπός της παρούσας μελέτης

Η εντατικοποίηση των εκτροφών τα τελευταία χρόνια έχει προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον αλλά και στην ίδια τη βιομηχανία των υδατοκαλλιεργειών. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχει επιφέρει η έντονη αύξηση της ποσότητας των εκτρεφόμενων ειδών είναι ο μεγάλος αριθμός των ψαριών που διαφεύγουν από τις μονάδες παραγωγής και καταλήγουν ελεύθερα στο φυσικό περιβάλλον. Οι διαφυγές αυτές, πέρα από το μεγάλο οικονομικό κόστος που έχουν για τη βιομηχανία, προκαλούν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με τους Jensen et al (2010) τα άτομα που διαφεύγουν μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές γενετικές και οικολογικές επιπτώσεις στους άγριους πληθυσμούς του ίδιου είδους. Πιο συγκεκριμένα, έρευνες που έγιναν στο σολομό του Ατλαντικού (*Salmo salar*) έδειξαν ότι τα άτομα που διαφεύγουν μπορούν να μεταφέρουν παθογόνα και πάσης φύσεως παράσιτα στους φυσικούς πληθυσμούς όπως είναι η θαλάσσια ψείρα (Heuch & Mo, 2001) και η δοθήνωση (fungulosis – μυκητίαση) (Naylor et al. 2005). Επιπλέον, έχει αποδειχτεί ότι, τα άτομα του σολομού αφού διαφύγουν από τους ιχθυοκλωβούς, διασπείρονται εύκολα και καταλήγουν να αναμιγνύονται και να διασταυρώνονται με τους φυσικούς πληθυσμούς δημιουργώντας υβρίδια (Jensen et al. 2010). Τα υβρίδια αυτά αλλάζουν τη γενετική σύσταση των άγριων πληθυσμών, μειώνουν την προσαρμοστικότητά τους στο φυσικό περιβάλλον και επηρεάζουν αρνητικά τη βιωσιμότητα και το χαρακτήρα του πληθυσμού (Ferguson et al. 2007). Τέλος, οι διαφυγόντες σολομοί ανταγωνίζονται με τους άγριους πληθυσμούς για τις πηγές τροφής, καθώς και αυτοί έχουν την ίδια διατροφή όταν βρίσκονται στο φυσικό περιβάλλον (Jacobsen & Hansen 2001). Οι διαφυγές μπορεί να είναι αποτέλεσμα πολλών αιτιών μερικές από τις οποίες σχετίζονται με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στις μονάδες εκτροφής και τη λειτουργία του καθώς και με περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως οι δυνατοί άνεμοι, οι καταιγίδες τα ρεύματα και η εποχικότητα. Σημαντικό επίσης ρόλο παίζουν και οι βιολογικοί παράγοντες όπως η θήρευση από θηρευτές και η συμπεριφορά των ίδιων των ψαριών μέσα στους κλωβούς (Norwegian Fisheries Directorate).

Η συμπεριφορά των ψαριών σε συνθήκες αιχμαλωσίας διαφέρει αρκετά σε σχέση με τους άγριους πληθυσμούς. Τα ψάρια που βρίσκονται στους ιχθυοκλωβούς μεγαλώνουν κάτω από διαφορετικές συνθήκες και άρα εκτίθενται σε διαφορετικά ερεθίσματα (περιορισμός από το δίχτυ, παροχή τεχνητής τροφής κτλ) αναπτύσσοντας έτσι διαφορετικές συμπεριφορές. Μια από τις συμπεριφορές αυτές είναι η αλληλεπίδραση των ψαριών με το δίχτυ (Λαμπριανίδου 2010). Έχει αποδειχτεί από διάφορες μελέτες (Moe et al. 2007, Hansen et al. 2008) ότι τα ψάρια αλληλεπιδρούν με το δίχτυ είτε εξερευνώντας, είτε δαγκώνοντας το, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τη φθορά των δικτύων και να συμβάλει στη δημιουργία τρυπών, μέσα από τις οποίες τελικά θα διαφύγουν τα ψάρια. Ιδιαίτερα για την τσιπούρα έχει αποδειχθεί ότι σε συνθήκες αιχμαλωσίας εξερευνά και δαγκώνει το δίχτυ, γεγονός που πιθανόν σχετίζεται με τη συμπεριφορά διατροφής της (Glaropoulos et al., 2012). Το είδος φέρει ισχυρά δόντια λόγω των διατροφικών του συνηθειών στο φυσικό περιβάλλον -όπου τρέφεται με οργανισμούς με σκληρό εξωσκελετό (Pita et al. 2002)- τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν φθορές στο δίχτυ ακόμα και τρύπες (Glaropoulos et al., 2012)

Μέχρι σήμερα, ο μόνος τρόπος για να περιοριστούν τα φαινόμενα των διαφυγών είναι η συνεχής επίβλεψη των ιχθυοκλωβών και η επιδιόρθωση τυχόν φθορών που εμφανίζουν. Γι αυτό τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη βάση σε έρευνες που σχετίζονται με την κατανόηση και μελέτη των παραγόντων που δημιουργούν την τάση στα ψάρια να διαφεύγουν. Σκοπός λοιπόν αυτής της εργασίας είναι να μελετηθεί το κατά πόσο

διαφορετικές «συνθήκες» διχτού σχετίζονται με την συμπεριφορά της εξερεύνησης και την συχνότητα των δαγκωμάτων του διχτού από τις τσιπούρες. Οι «συνθήκες» διχτού που μελετήθηκαν αφορούσαν τόσο χρωματικές διαφοροποιήσεις (άσπρο και χρωματισμένο δίχτυ στο χρώμα της βιοεπίστρωσης) όσο και «συνθήκες» με διαφορετική υφή διχτού (δίχτυ χωρίς ή και με βιοεπίστρωση).

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικές συνθήκες και σχεδιασμός

2.1.1 Προέλευση ψαριών

Οι τσιπούρες που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος παραχωρήθηκαν από το Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) στις Γούρνες Ηρακλείου Κρήτης. Όλα τα ψάρια προέρχονταν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό, ο οποίος είχε πρώτα εκτραφεί για διάστημα 60 ημερών σε δεξαμενές 40 m³ με την τεχνολογία του μεσόκοσμου (Odum, 1984· Divanach & Kentouri, 2000) και για άλλες 170 μέρες σε δεξαμενές προπάχυνσης των 10 m³.

Αρχικά τα ψάρια υπεβλήθησαν σε μερική αναισθησία, έτσι ώστε να γίνει η επιλογή των κατάλληλων ατόμων. Κατά τη διαλογή των ψαριών μετρήθηκε το μήκος και το βάρος του κάθε ατόμου, ώστε να επιλεγούν άτομα με το ίδιο περίπου μέγεθος. Μετά τη διαλογή, τα ψάρια εισήχθησαν σε πλαστικές σακούλες των 20 l, που εμπεριείχαν νερό κορεσμένο σε οξυγόνο και μεταφέρθηκαν στις συνθήκες του εργαστηρίου ιχθυοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Κρήτης, όπου και τοποθετήθηκαν σε 9 πειραματικές δεξαμενές (ενυδρεία).

2.1.2 Περιγραφή δεξαμενών

Για τις ανάγκες του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν 9 παραλληλεπίπεδες δεξαμενές από πολυεστέρα, οι οποίες εσωτερικά ήταν άσπρου χρώματος (μήκος: 115cm, βάθος: 40cm και πλάτος: 34cm). Η μία από τις μεγαλύτερες πλευρές ήταν κατασκευασμένη από γυαλί πάχους 5mm, ώστε να είναι δυνατή η παρατήρηση και η καταγραφή της κίνησης των ψαριών. Οι δεξαμενές ήταν τοποθετημένες σε ειδικά κατασκευασμένα στηρίγματα (ράφια αλουμινίου), σε κάθετη διάταξη 3x3. Η κάθε στήλη είχε τρεις δεξαμενές, ενώ η απόσταση κάθε στήλης από την άλλη ήταν 50cm.

Κάθε δεξαμενή φωτιζόνταν από 2 λαμπτήρες φθορίου 30W οι οποίοι ήταν τοποθετημένοι σε απόσταση 30cm πάνω από αυτή. Τα φώτα παρέμεναν ανοιχτά 12 ώρες το εικοσιτετράωρο, από τις 08:00 μέχρι τις 20:00 (φωτοπερίοδος 12D:12L).

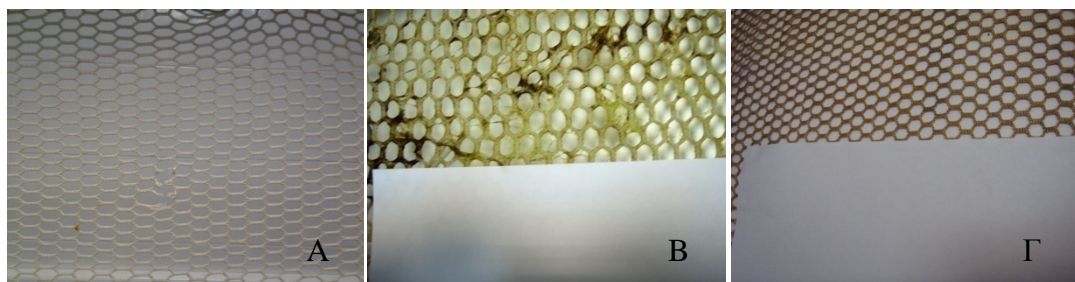
2.1.3 Πειραματικός σχεδιασμός

Το πείραμα διήρκεσε 18 μέρες (από τις 24/04/2010-11/05/2010). Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 135 άτομα, με μέσο βάρος $33.56 \pm 0.37\text{gr}$ και μέσο μήκος $14.66 \pm 0.18\text{cm}$. Σε κάθε δεξαμενή, τοποθετήθηκαν 15 άτομα που αντιστοιχούν σε βιομάζα 6,5-7 kg ανά κυβικό μέτρο (m³) νερού. Οι τσιπούρες παρέμειναν στις δεξαμενές, για μία περίοδο 4 ημερών πριν από την έναρξη του πειράματος ώστε να εγκλιματισθούν πλήρως στο περιβάλλον της δεξαμενής.

Με το πέρας της περιόδου εγκλιματισμού των ψαριών, τοποθετήθηκαν μέσα στις δεξαμενές ειδικά διαμορφωμένα πλαίσια τα οποία έφεραν ένα διαφορετικό τύπο διχτυού το καθένα (& 2.1.4). Τα δίχτυα είχαν διαστάσεις 31 x 28 cm, εξάγωνα μάτια 17 mm² και τα πλαίσια που τα έφεραν εφάπτονταν πλήρως στο εσωτερικό περίγραμμα της δεξαμενής (στις δυο πλευρές και στον πυθμένα). Τα δίχτυα αυτά χώριζαν τη δεξαμενή σε δύο τμήματα. Το τμήμα στο οποίο τοποθετήθηκαν τα ψάρια και αποτελούσε το 60% του συνολικού χώρου το ονομάσαμε «πλευρά κράτησης» των ψαριών (holding area). Το υπόλοιπο 40% του όγκου, όπου δεν υπήρχαν ψάρια, το ονομάσαμε «πλευρά διαφυγής» (escape area). Τα ψάρια δε μπορούσαν να περάσουν από την «πλευρά κράτησης» στην «πλευρά διαφυγής» παρά μόνο αν δημιουργούσαν κάποιο άνοιγμα (τρύπα) στα υπάρχοντα δίχτυα και περνούσαν μέσα από αυτό. Η κάθε «συνθήκη» διχτυού δοκιμάστηκε σε 3 επαναλήψεις (replicates), ώστε τα αποτελέσματα να είναι δυνατόν να επεξεργαστούν στατιστικά.

2.1.4 Περιγραφή διχτυών

Στην πρώτη τριάδα δεξαμενών τοποθετήθηκαν δίχτυα άσπρου χρώματος που χρησιμοποιούνται σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας (εικόνα: 3A). Στη δεύτερη τριάδα τοποθετήθηκαν δίχτυα καλυμμένα με μία λεπτή στρώση από φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς και βακτήρια (βιοεπίστρωση) (εικόνα: 3B) η οποία επετεύχθη σε διάστημα ενός μηνός από την εμβάπτιση διχτυού, όπως το προηγούμενο, σε δεξαμενή που εμπεριείχε αυτούς τους μικροοργανισμούς. Τέλος στην τρίτη τριάδα τοποθετήθηκαν δίχτυα ίδιων χαρακτηριστικών με τα προηγούμενα τα οποία βάφτηκαν με μη τοξικό χρώμα (εικόνα: 3Γ) που τους προσέδωσε ένα κόκκινο-καφέ-πράσινο χρώμα παρόμοιο με το χρώμα των διχτυών που είχαν υποβληθεί σε βιοεπίστρωση.



Εικόνα 3: Τα δίχτυα που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα: **A:** άσπρο δίχτυ, **B:** δίχτυ με βιοεπίστρωση και **Γ:** χρωματισμένο δίχτυ.

2.1.5 Φίλτρα-μηχανισμός ανανέωσης νερού και παροχής οξυγόνου

Κάθε δεξαμενή ήταν ένα κλειστό κύκλωμα χάρις στην ύπαρξη μηχανικού φίλτρου (EHEIM 20 Watt) που εξασφάλιζε την απορρύπανση και την ανακύκλωση του νερού. Η αντλία του φίλτρου συνδεόταν με 2 σωλήνες, ένα για την είσοδο του νερού και ένα για την έξοδο, τοποθετημένους στην «πλευρά διαφυγής» του ενυδρείου. Επίσης το νερό κάθε δεξαμενής οξυγονώνονταν με χρήση συμπιεσμένου αέρα και πορόλιθων.

2.1.6 Αβιοτικές συνθήκες

Οι δεξαμενές γεμίστηκαν με 100 l τεχνητό θαλασσινό νερό θερμοκρασίας ίσης με 24°C και αλατότητας ίσης με 38‰. Μετά την εισαγωγή των ψαριών, οι συνθήκες του νερού ελέγχονταν κάθε δύο μέρες, για να μην προκαλείται καθημερινή διαταραχή (stress) στα ψάρια. Έτσι, η θερμοκρασία και η αλατότητα παρέμειναν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, ο κορεσμός του νερού σε οξυγόνο διατηρήθηκε σε επίπεδα πάνω από το 85%, ενώ η συγκέντρωση νιτρικών και αμμωνίας ήταν αντίστοιχα μικρότερες από 0.3mg/L και 1.5 mg/L.

2.1.7 Τροφή

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος τα ψάρια ταΐζονταν μία φορά τη μέρα στις 14:00. (δηλαδή κατά τη διάρκεια της 6^{ης} ώρας φωτός). Η τροφή ήταν βιομηχανικού τύπου (pellets Biomar INICIO Plus No 1,9) και περιείχε 58% ακατέργαστη πρωτεΐνη (crude protein) και 18% ακατέργαστο λίπος (crude lipids). Παρεχόταν πάντα στο ίδιο σημείο, το οποίο ήταν η αριστερή γωνία της περιοχής κράτησης των ψαριών. Αυτό είχε ως σκοπό να αποφευχθεί το πέρασμα της τροφής στην πλευρά διαφυγής εξαιτίας των ρευμάτων νερού που δημιουργούνταν τόσο από την ανανέωση του νερού και τον αερισμό όσο και από την κίνηση των ίδιων των ψαριών. Η ποσότητα της τροφής σε κάθε ενυδρείο ισοδυναμούσε με το 2% της αρχικής βιομάζας του πληθυσμού κάθε δεξαμενής.

2.2 Εκτίμηση πληθυσμιακών παραμέτρων

Στην αρχή και στο τέλος του πειράματος μετρήθηκε το βάρος και το μήκος των ψαριών. Με αυτό τον τρόπο ήταν δυνατόν να υπολογιστούν οι παράμετροι αύξησης των ψαριών όπως φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 2. Εκτενέστερα, υπολογίστηκαν ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR), ο ρυθμός μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και ο συντελεστής ευρωστίας (CF).

Πίνακας 2: Εξισώσεις για τον υπολογισμό των SGR, FCR και CF. Όπου W είναι το σωματικό βάρος, Wi και Wf είναι το αρχικό και τελικό σωματικό βάρος (g). W_{TFS} είναι το βάρος της συνολικής ξηρής τροφής που δόθηκε στα ψάρια (g). L είναι το ολικό μήκος του σώματος (cm) και T είναι η διάρκεια του πειράματος σε μέρες.

Παράμετρος αύξησης	Εξίσωση
SGR	$100 * (\ln W_f - \ln W_i) / T$
FCR	$W_{TFS} / (W_f - W_i)$
CF	$(W / L^3) * 100$

2.3 Ποσοτικοποίηση της συμπεριφοράς διαφυγής των ψαριών

Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των ψαριών στις δεξαμενές έγινε μέσω ενός υπολογιστικού συστήματος παρατήρησης που σχεδιάστηκε στο εργαστήριο για τις ανάγκες του πειράματος (Paradakis *et al.*, 2012). Το σύστημα αποτελείται από 3

υπολογιστές και 9 έγχρωμες ψηφιακές CCD κάμερες (Fire-i, Unibrain), κάθε μία από τις οποίες κατέγραφε την συμπεριφορά των ψαριών σε μία μόνο δεξαμενή. Οι κάμερες τοποθετήθηκαν σε απόσταση ενός μέτρου από την πλευρά των δεξαμενών που έφερε το τζάμι.

Οι τρεις κάμερες κάθε «συνθήκης» (τύπος δικτυού) συνδεόταν μέσω ενός fire-wire πρωτοκόλλου με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή (CPU i3, 2GB RAM, 1TB HDD). Ο ρυθμός καταγραφής της κάθε κάμερας ήταν 9 καρτέ (frames) ανά δευτερόλεπτο, επιτρέποντας έτσι την ομαλή παρακολούθηση των κινήσεων των ψαριών. Οι κάμερες είχαν την δυνατότητα να καταγράφουν -και κατέγραφαν- συνεχόμενα την συμπεριφορά των ψαριών καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Όμως, η έλλειψη φωτός μεταξύ 20:00 μμ. και 08:00 πμ. δεν επέτρεψε την αξιοποίηση των εικόνων που αντιστοιχούσαν σε αυτή την περίοδο. Κατά συνέπεια, η μελέτη της συμπεριφοράς των ψαριών έγινε μεταξύ των ωρών: 08:00 - 20:00. Η καταγραφή της κάθε μέρας (συνολικός χρόνος: 24 ώρες) σταματούσε αυτόματα στις 00:00 και τα δεδομένα αποθηκεύονταν ως ξεχωριστά αρχεία στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή.

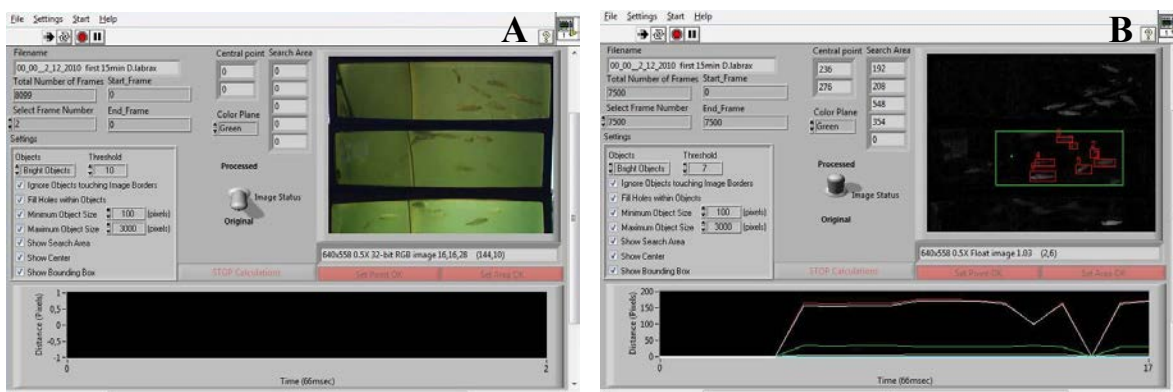
Ταυτόχρονα, γινόταν παρακολούθηση της συμπεριφοράς των ψαριών, σε όλες τις δεξαμενές, σε πραγματικό χρόνο (την ώρα δηλαδή που γινόταν η καταγραφή) με τη χρήση μιας εφαρμογής web-server (LabView, Web Publishing Tool). Έτσι, η επίδραση της ανθρώπινης παρουσίας στη συμπεριφορά των ψαριών ήταν ελάχιστη, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχανόταν η παρακολούθηση της προόδου του πειράματος

2.4 Το λογισμικό ανάλυσης των καταγραφών

Οι καταγραφές των βίντεο αναλύθηκαν με τη χρήση ενός ειδικά διαμορφωμένου προγράμματος ανάλυσης (εικόνα: 4A) που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του εργαστηρίου γραμμένο στην πλατφόρμα LabView, National Instruments (Papadakis *et al.*, 2012). Το λογισμικό αρχικά εντοπίζει στο βίντεο τη διάρκεια της περιόδου που τα φώτα ήταν αναμμένα (την έναρξη και τη λήξη της φωτοπεριόδου). Το βίντεο απεικονίζεται στην οθόνη καρτέ-καρτέ και στη συνέχεια αναλύεται. Κάθε καρτέ, πριν από την επεξεργασία, χωρίζεται στις 3 συνιστώσες χρώματος που το αποτελούν (R, G, και B). Ο χρήστης του λογισμικού μπορεί να δει και στη συνέχεια να επιλέξει το κανάλι χρώματος που παρέχει την υψηλότερη αντίθεση μεταξύ των ψαριών και του φόντου της δεξαμενής προκειμένου να ενισχύσει την αντίθεση της εικόνας και να διευκολυνθεί στη μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων. Κάθε εικόνα αναλύεται μέσω ενός αλγόριθμου αφαίρεσης του υπόβαθρου εικόνας, με αποτέλεσμα να αφαιρείται το φόντο της εικόνας και να περιέχονται μόνο τα κινητά αντικείμενα μέσα στις δεξαμενές, όπως τα ψάρια και οι φυσαλίδες από τον αέρα. Στη συνέχεια τα κινούμενα αντικείμενα που βρίσκονται στην επιλεγμένη περιοχή, εντοπίζονται με έναν πρότυπο αλγόριθμο ανίχνευσης αντικειμένων (IMAQVision, National Instruments). Ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει τις μεταβλητές του αλγόριθμου (μέγιστο μέγεθος αντικειμένου, ελάχιστο μέγεθος αντικειμένου, threshold-όριο) έτσι ώστε τα ψάρια να μπορούν να ανιχνευθούν σωστά ως αντικείμενα. Ο χρήστης έπειτα οριοθετεί την περιοχή της δεξαμενής που θέλει να ολοκληρώσει την ανάλυση (εικόνα: 4B) ενώ παράλληλα επιλέγει ένα σημείο αναφοράς το οποίο επιτρέπει την εξαγωγή χωρικής πληροφορίας των θέσεων των ψαριών μέσα στη δεξαμενή. Στο παρόν πείραμα, ως σημείο αναφοράς ορίστηκε το κέντρο της επιφάνειας του δικτυού (εικόνα: 4B). Κατά την εκτέλεση του, το λογισμικό ανιχνεύει τα αντικείμενα και καθορίζει τις θέσεις του κέντρου μάζας κάθε αντικειμένου. Επίσης από το κέντρο κάθε αντικειμένου υπολογίζεται η οριζόντια απόσταση από το σημείο αναφοράς. Στη συνέχεια ένας επιπλέον αλγόριθμος χρησιμοποιείται για να ελέγξει εάν η απόσταση του κάθε αντικειμένου από το σημείο

αναφοράς είναι μικρότερη από 10 pixels. Στις περιπτώσεις λοιπόν που η απόσταση είναι μικρότερη από 10 pixels, ο αλγόριθμος σώζει το συγκεκριμένο καρέ του βίντεο ως εικόνα BMP και την αποθηκεύει στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή για περαιτέρω παρατήρηση και αξιολόγηση από τον χρήστη.

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, το λογισμικό υπολογίζει αυτόματα και διάφορες στατιστικές μεταβλητές όπως το μέσο όρο της θέσης του κέντρου μάζας του πληθυσμού, το συνολικό αριθμό των ψαριών που εντοπίστηκαν, την οριζόντια, κάθετη, και μέση απόσταση και τη μέση ταχύτητα του κέντρου μάζας του πληθυσμού των ψαριών, καθώς και τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών κατά μέσο όρο.



Εικόνα 4: **A:** Το πρόγραμμα ανάλυσης των καταγραφών, **B:** Οριοθέτηση της περιοχής της δεξαμενής και επιλογή του σημείου αναφοράς.

2.4.1 Ανάλυση δεδομένων

Με τη χρήση του λογισμικού αυτού έγιναν και οι αναλύσεις αντιπροσωπευτικών χρονικών περιόδων, από τα δεδομένα του πειράματος. Αρχικά μια πρώτη ανάλυση έγινε για επτά τυχαίες ημέρες (24/4, 27/4, 30/4, 3/5, 6/5, 9/5, 11/5) από τις συνολικά 18 ημέρες που διήρκεσε το πείραμα. Για κάθε μια από αυτές τις ημέρες αναλύθηκαν πέντε διαφορετικές χρονικές περιόδους, διάρκειας 15 λεπτών η καθεμία (08:45-09:00, 10:50-11:05, 13:35-13:50, 15:10-15:25 και 18:05-18:20). Αυτό έγινε προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν αποκλίσεις της αλληλεπίδρασης των ψαριών με το δίκτυο κατά τη διάρκεια της μέρας. Τα πέντε τέταρτα επιλέχθηκαν προκειμένου να εντοπιστούν διαφορές στις παραμέτρους που μετρήθηκαν πριν και μετά από την ώρα του ταΐσματος. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για όλες τις δεξαμενές και για όλες τις προαναφερθείσες χρονικές περιόδους.

Στην συνέχεια την κάθε ημέρα που διήρκεσε το πείραμα (18 ημέρες) αναλύθηκαν βίντεο διάρκειας 15 λεπτών που αντιστοιχούσαν στο χρονικό παράθυρο 10:50-11:05 ώρες. Αυτή η ανάλυση έγινε προκειμένου να ελεγχθεί η ύπαρξη τυχόν επαναληψιμότητας (πρότυπο) της συμπεριφοράς των ψαριών, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, κατά την διάρκεια των ημερών.

Οι συμπεριφορές που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία ήταν ο χρόνος διερεύνησης του δικτυού από τα ψάρια καθώς και η συχνότητα όπου τα ψάρια δαγκώναν το δίκτυο. Συγκεκριμένα, ο χρόνος διερεύνησης του δικτυού από το ψάρι αναφέρεται στον χρόνο που τα άτομα παρέμειναν κοντά στο δίκτυο σε απόσταση μικρότερη των 2 εκατοστών (<2 εκ.), χωρίς να το αγγίζουν. Αντίθετα, η συχνότητα όπου τα ψάρια δαγκώνουν το δίκτυο αναφέρεται στον ακριβή αριθμό δαγκωμάτων του δικτυού. Για το χρόνο διερεύνησης του

διχτυού από το ψάρι υπολογίστηκε ο αριθμός των καρτέ (frames) ανά ημέρα και ανά δεξαμενή όπου το ψάρι βρισκόταν κοντά στο δίχτυ. Ο τρόπος υπολογισμού των δαγκωμάτων του διχτυού ισοδυναμεί με τα περιστατικά δαγκώματος κάθε ημέρας σε κάθε δεξαμενή.

2.5 Στατιστική ανάλυση

Τα ψάρια δεν είχαν σημειωθεί ούτε ήταν αναγνωρίσιμα (tracked) κατά την διάρκεια της καταγραφής της συμπεριφοράς τους. Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση two-way ANOVA (SIGMASTAT statistical package; Systat Software, San Jose, Calif). Στην two-way ANOVA οι πειραματικές ημέρες καθώς και η κατάσταση του διχτυού ήταν οι σταθερές μεταβλητές (fixed variables), ενώ η διερεύνηση και τα περιστατικά δαγκώματος ορίστηκαν ως οι τυχαίες μεταβλητές. Όταν τα δεδομένα αυτά ακολουθούσαν κανονική κατανομή, οι διαφορές μεταξύ των ομάδων ανιχνεύονταν με τη χρήση των «Tukey's test» και «Student-Newman-Keuls». Αντίθετα, όταν τα δεδομένα δεν ακολουθούσαν κανονική κατανομή, χρησιμοποιήθηκαν οι μη-παραμετρικοί έλεγχοι «Kruskal-Wallis» και «Mann-Whitney». Τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν ($n=3$). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 5% ($p < 0,05$).

3. Αποτελέσματα

3.1 Δείκτες ανάπτυξης

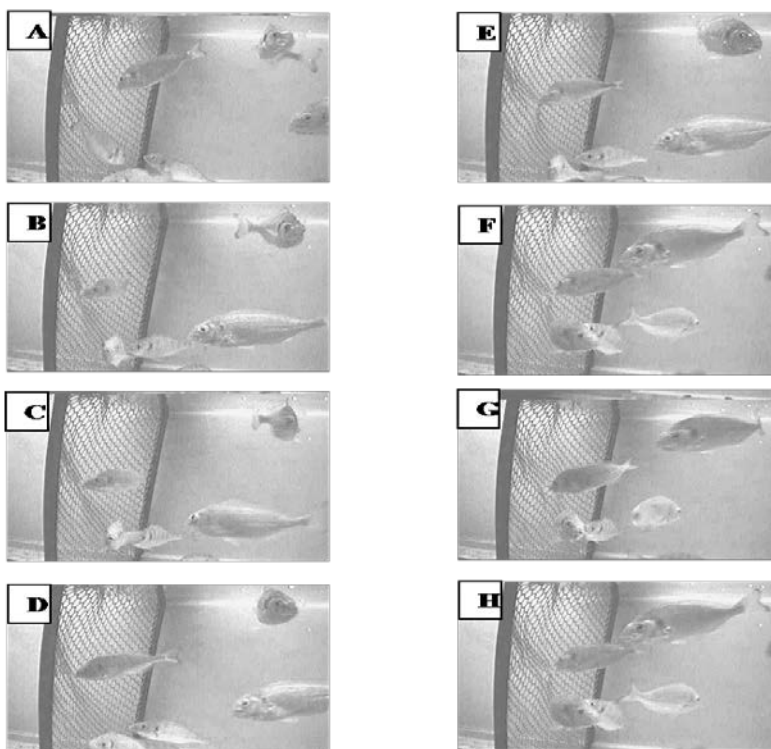
Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν παρατηρήθηκαν περιστατικά θνησιμότητας ή κανιβαλισμού σε καμία από τις 3 «συνθήκες» του διχτυού. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των παραμέτρων ανάπτυξης και στους τρεις υπό εξέταση τύπους διχτυού. Από την μέτρηση του αρχικού και του τελικού βάρους των ψαριών και στις τρεις επαναλήψεις προέκυψε ότι το βάρος αυξήθηκε στο τέλος του πειράματος, αφού παρουσίασαν θετικούς ρυθμούς αύξησης και στις τρεις «συνθήκες» διχτυού. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) στους δείκτες μεταξύ των τριών «συνθηκών» του διχτυού. Ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) παρατηρήθηκαν μεταξύ του αρχικού και τελικού συντελεστή ευρωστίας (CFi και CFf) (ο τελικός συντελεστής ήταν μεγαλύτερος από τον αρχικό) σε όλες τις δεξαμενές και στις τρεις «συνθήκες», υποδεικνύοντας τη βελτιωμένη σωματική κατάσταση των ψαριών στο τέλος του πειράματος.

Πίνακας 3: Παράμετροι ανάπτυξης στις τρεις «συνθήκες» διχτυού. Οι αστερίσκοι υποδηλώνουν τη στατιστικά σημαντική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των CFi και CFf για κάθε συνθήκη (One Way-ANOVA Tukey's test ($P < 0,05$), $n=3$)

	Άσπρο δίχτυ	Δίχτυ με βιοεπίστρωση	Χρωματισμένο δίχτυ
MWi	33,49 ± 0,36	33,79 ± 0,38	33,41 ± 0,43
MWf	43,35 ± 1,04	44,4 ± 0,46	43,36 ± 0,91
SGR	1,29 ± 0,12	1,36 ± 0,06	1,3 ± 0,06
FCR	0,61 ± 0,06	0,6 ± 0,08	0,67 ± 0,01
CFi	1,09 ± 0,04	1,08 ± 0,03	1,03 ± 0,03
CFf	1,33 ± 0,03*	1,32 ± 0,01*	1,29 ± 0,02*

3.2. Εξέλιξη της συμπεριφοράς που σχετίζεται με το δίχτυ

Από την καθημερινή παρακολούθηση των κινήσεων των ψαριών μέσα στις δεξαμενές, παρατηρήθηκε ότι αυτά εμφάνισαν συγκεκριμένες συμπεριφορές πάνω στο δίχτυ. Οι συμπεριφορές κατηγοριοποιήθηκαν σε: *συμπεριφορά εξερεύνησης* και *δαγκώματα* πάνω στο δίχτυ. Η περαιτέρω ανάλυση στα περιστατικά των δαγκωμάτων επέτρεψε τον εντοπισμό δύο προτύπων για τη δραστηριότητα αυτή: τα *βίαια* και τα *πιο απαλά* δαγκώματα του δικτυού. Τα βίαια περιστατικά δαγκώματος (εικόνα: 5) συνίσταντο σε έντονα τραβήγματα του δικτυού προς το μέρος τους. Αναλυτικότερα, το ψάρι καθώς κινιόταν στη στήλη του νερού άρχιζε να επιταχύνει την κίνησή του ξαφνικά με κατεύθυνση προς το δίχτυ. Πλησιάζοντας στο δίχτυ, σε απόσταση 2cm περίπου, το ψάρι επιτίθονταν και το δάγκωνε κάμπτοντας ταυτόχρονα το σώμα του προς τα δεξιά. Λίγο μετά το πρώτο δάγκωμα, το ψάρι άρχιζε να τραβάει το δίχτυ αλλάζοντας τη θέση του σώματός του και κάμπτοντάς το προς τα αριστερά. Οι αλλαγές στη στάση του σώματος επαναλαμβάνονταν καθ' όλη τη διάρκεια που το ψάρι συνέχιζε να δαγκώνει το δίχτυ ενώ η τελευταία επίθεσή του χαρακτηριζόταν πάντα από κάμψη του σώματός του προς τα δεξιά σε σχέση με το δίχτυ. Τελικώς, εγκατέλειπε την περιοχή στρίβοντας άλλοτε δεξιά και άλλοτε αριστερά. Η όλη διαδικασία διαρκούσε περίπου 2,2 δευτερόλεπτα. Αντίθετα, στο δεύτερο πρότυπο δαγκώματος τα ψάρια δάγκωναν το δίχτυ αλλά πολύ απαλά χωρίς να το τραβούν προς το μέρος τους. Το ψάρι αρχικά στεκόταν μπροστά στο δίχτυ εξερευνώντας το. Στη συνέχεια το πλησίαζε και το δάγκωνε απαλά χωρίς να το τραβάει ή να κάμπτει το σώμα του σε σχέση με την αρχική του στάση. Αυτό ήταν ιδιαίτερα αισθητό στις δεξαμενές που έφεραν τα δίχτυα με βιοεπίστρωση. Από την ανάλυση των δεκαπεντάλεπτων βίντεο υπολογίστηκαν τα διαστήματα και εκτιμήθηκε το ποσοστό του χρόνου όπου τα ψάρια έδειχναν συνολικά ενδιαφέρον για το δίχτυ.

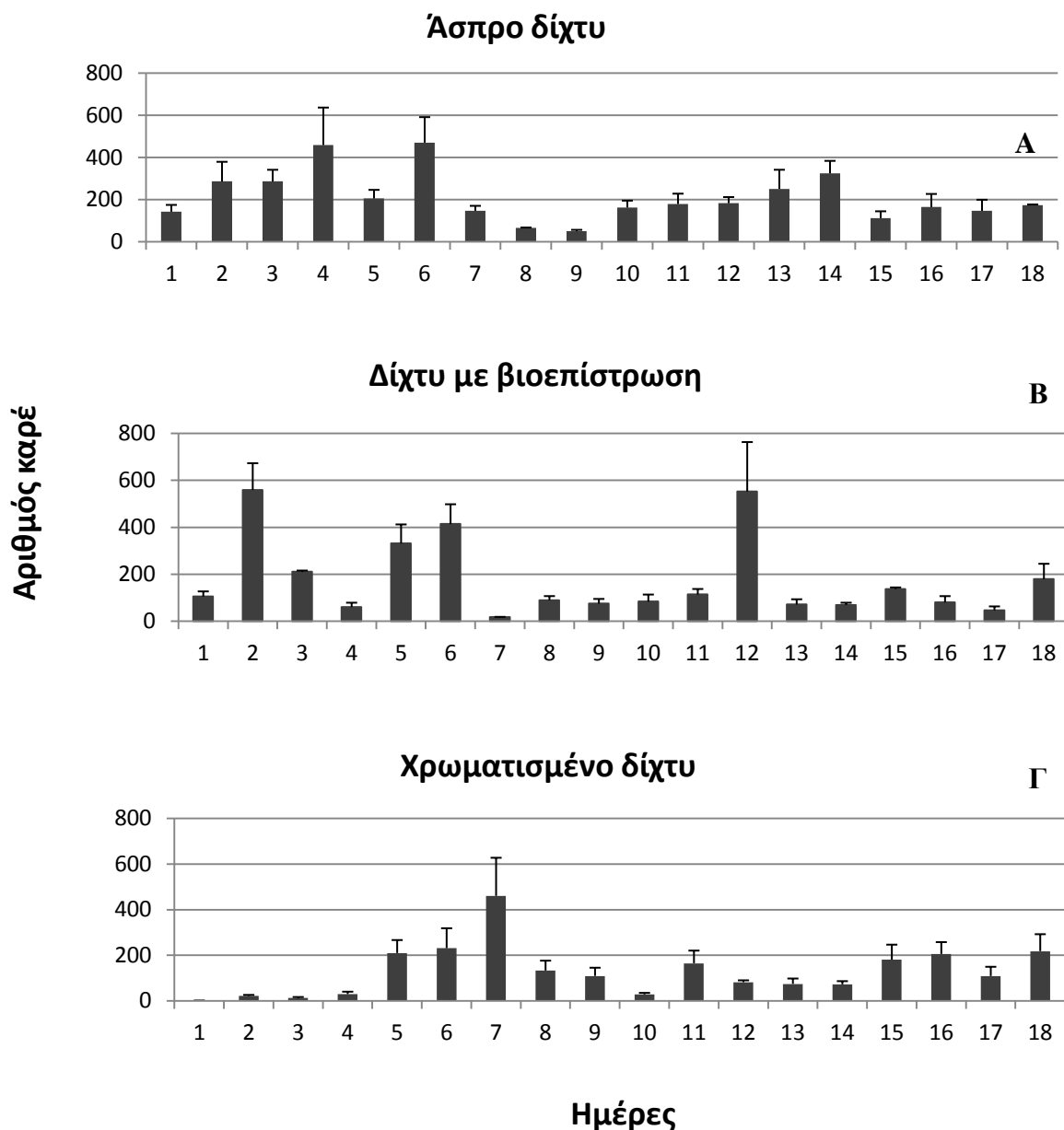


Εικόνα 5: Πρότυπο βίαιου δαγκώματος του νήματος πάνω στα δίχτυα. **A:** Το ψάρι πλησιάζει το δίχτυ. **B, C, D:** Δάγκωμα του δικτυού. Το ψάρι κάμπτει το σώμα του δεξιά και αριστερά. **E, F, G:** Συνέχιση δαγκώματος. Το σώμα του ψαριού μένει σε κάθετη κατεύθυνση σε σχέση με το δίχτυ. **H:** Σταμάτημα του δαγκώματος και απομάκρυνση από το δίχτυ

3.3 Ανάλυση ενός τετάρτου κατά τη διάρκεια των 18 ημερών

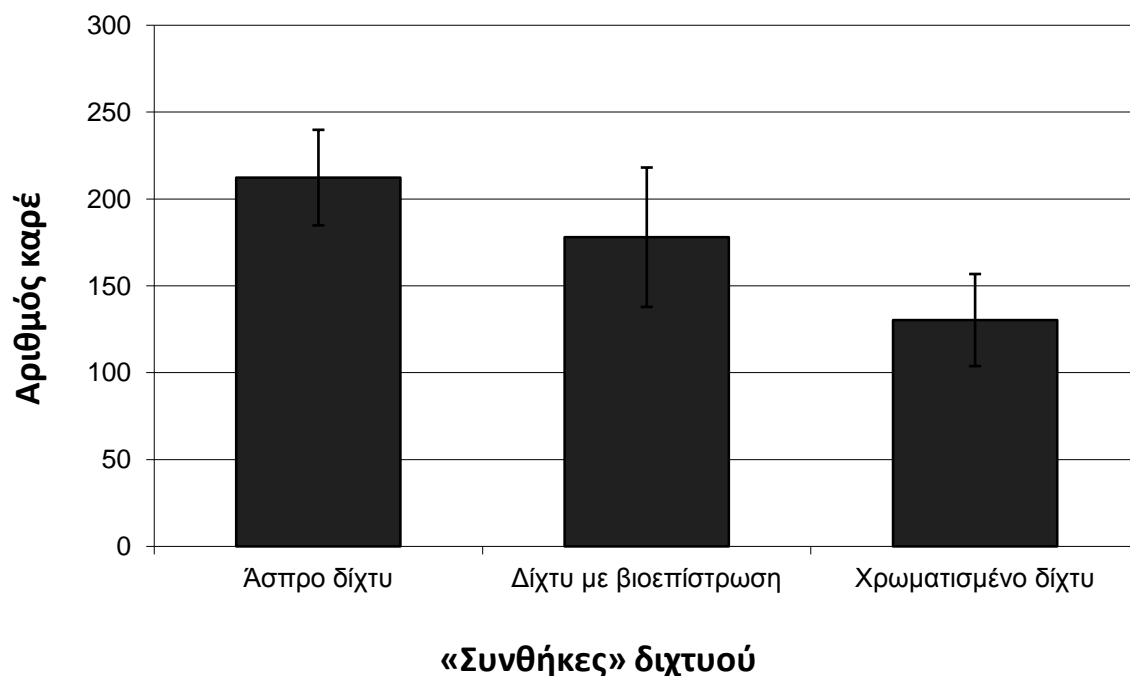
3.3.1 Συμπεριφορά εξερεύνησης

Κατόπιν ανάλυσης των δεκαπεντάλεπτων βίντεο των δεξαμενών για τις 18 ημέρες που διήρκεσε το πείραμα παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($P > 0.05$) μεταξύ των ημερών στη συμπεριφορά εξερεύνησης των ψαριών σε καμία από τις τρεις «συνθήκες» δίχτου. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος παρατηρείται ένα σχετικά σταθερό πρότυπο συμπεριφοράς των ψαριών απέναντι στο δίχτυ με μικρές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια μερικών ημερών (εικόνα 6).



Εικόνα 6: Μέσος όρος (\pm S.E) του χρόνου εξερεύνησης των δίχτων (σε αριθμό καρέ) κατά τη διάρκεια των 18 ημερών και στις τρεις «συνθήκες» δίχτου: Α: άσπρο δίχτυ, Β: δίχτυ με βιοεπίστρωση, Γ: χρωματισμένο δίχτυ.

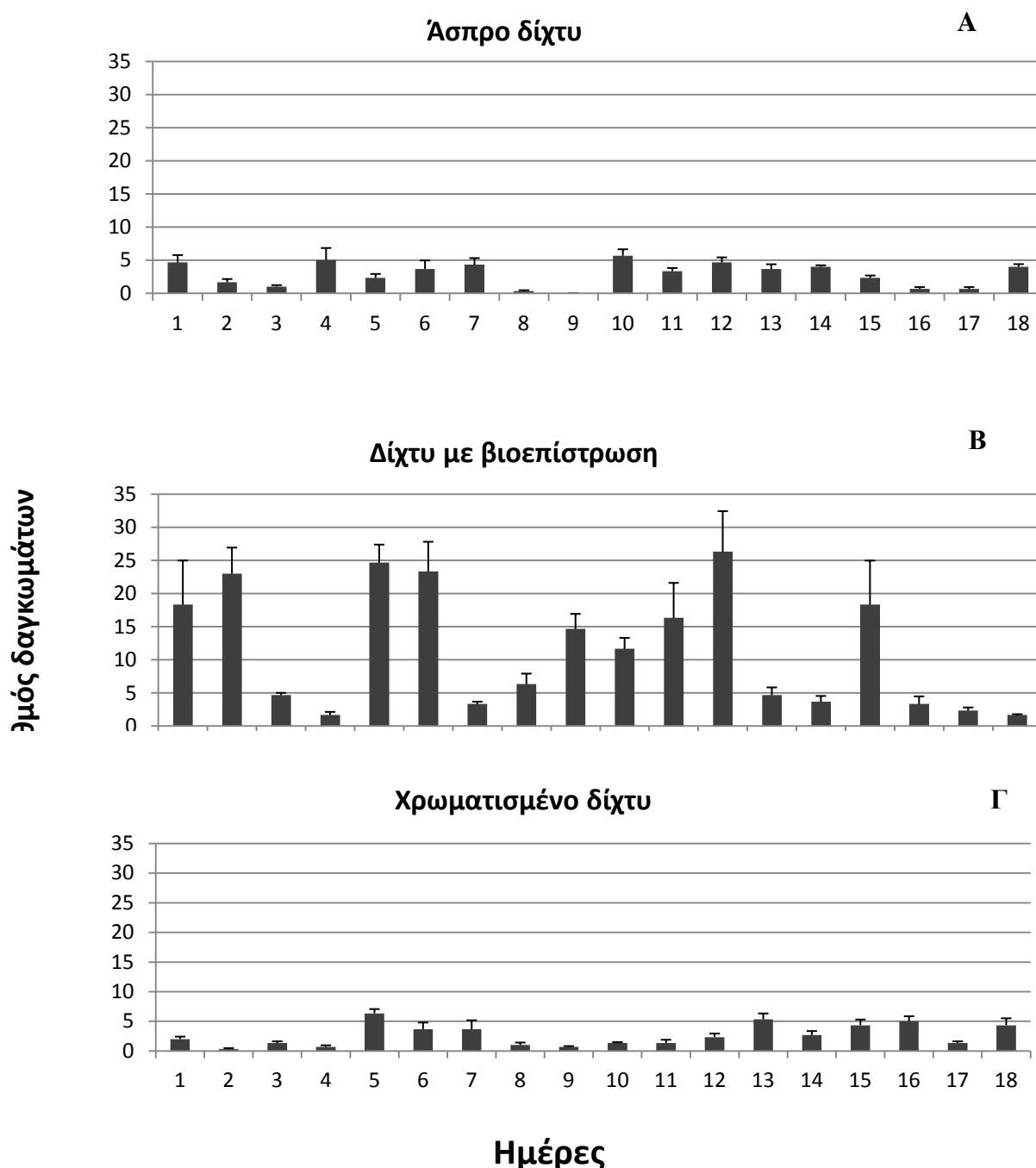
Συγκρίνοντας τη συμπεριφορά εξερεύνησης των ψαριών στο δίχτυ για τους τρεις διαφορετικούς τύπους παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($P > 0,05$), ωστόσο παρατηρείται μεγαλύτερη προσέλκυση ως προς το άσπρο δίχτυ (εικόνα: 7).



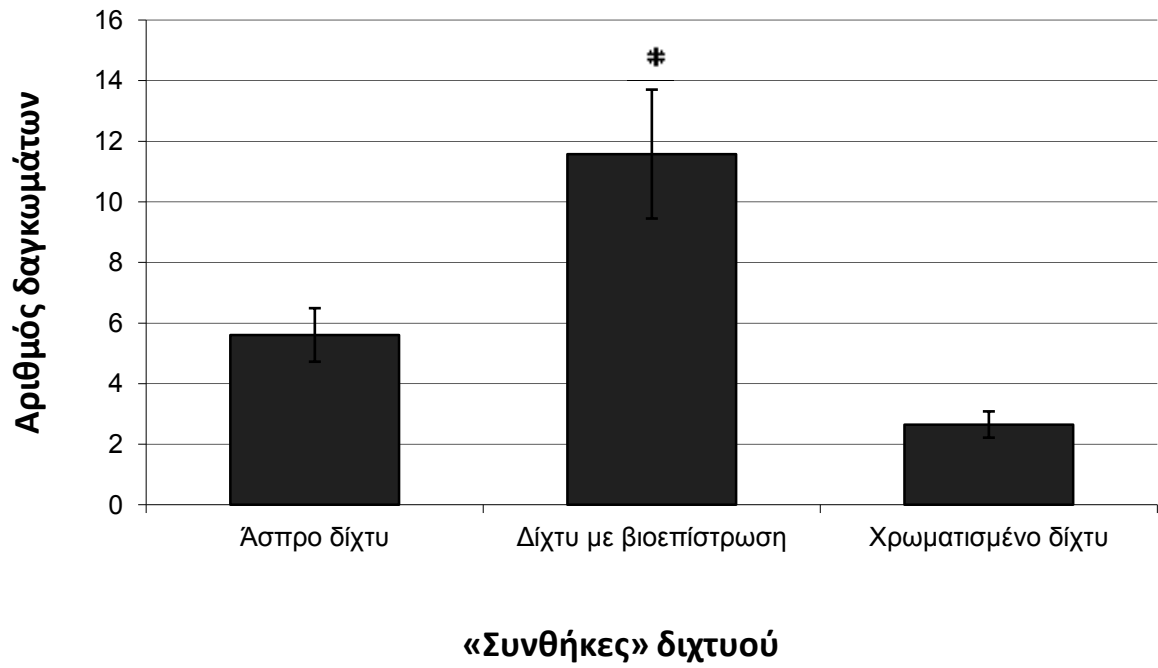
Εικόνα 7: Συνολικός χρόνος (\pm S.E) εξερεύνησης των δικτυών (σε αριθμό καρέ) κατά τη διάρκεια των 18 ημερών και στις τρεις «συνθήκες» δικτυού (άσπρο δίχτυ, δίχτυ με βιοεπίστρωση και χρωματισμένο δίχτυ).

3.3.2 Περιστατικά δαγκώματος

Αναλύοντας τα περιστατικά δαγκώματος παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχουν στατικά σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των ημερών σε καμία από τις τρεις διαφορετικές «συνθήκες» δίχτου (εικόνα: 8). Όμως, στις δεξαμενές που είχαν δίχτυ με βιοεπίστρωση τα ψάρια δάγκωναν το δίχτυ συχνότερα από ότι στις άλλες δυο, γεγονός το οποίο επιβεβαιώθηκε και από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων· όντως, ο συνολικός αριθμός των περιστατικών δαγκώματος στο δίχτυ με βιοεπίστρωση διαφέρει στατιστικώς σημαντικά ($P\leq 0,001$) από τα άλλα δύο (εικόνα 9).



Εικόνα 8: Μέσος όρος δαγκωμάτων (\pm S.E) κατά τη διάρκεια των 18 ημερών και στις τρεις «συνθήκες» δίχτου: Α: άσπρο δίχτυ, Β: δίχτυ με βιοεπίστρωση, Γ: χρωματισμένο δίχτυ.



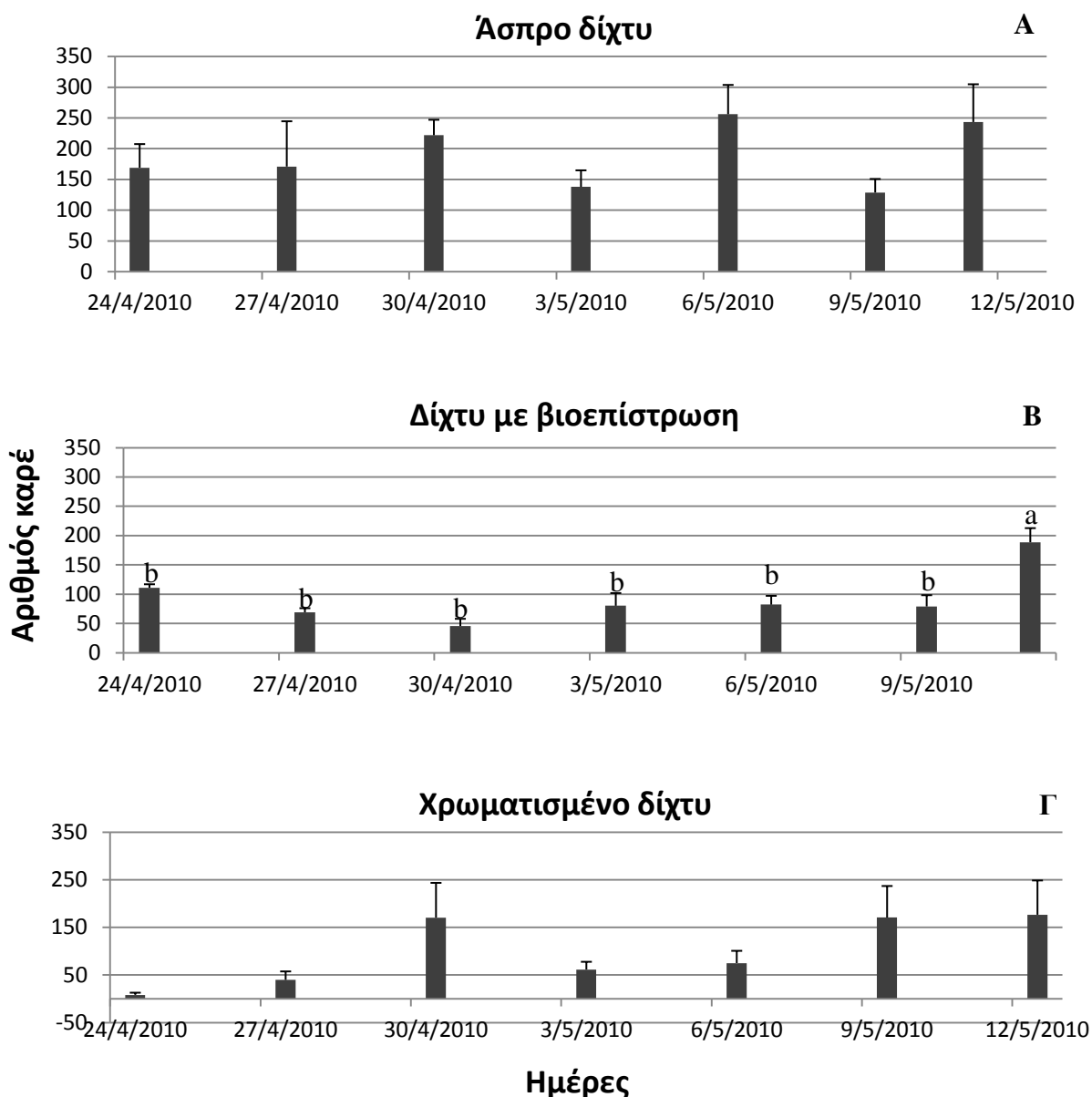
Εικόνα 9: Συνολικός αριθμός δαγκωμάτων (\pm S.E) κατά τη διάρκεια των 18 ημερών και στις τρεις «συνθήκες» δικτυού (άσπρο δίχτυ, δίχτυ με βιοεπίστρωση και χρωματισμένο δίχτυ). Ο αστερίσκος υποδηλώνει τη στατιστικώς σημαντική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των «συνθηκών» του δικτυού (Two-Way ANOVA, Tukey's test, $P < 0.05$).

3.4 Ανάλυση πέντε τετάρτων κατά τη διάρκεια 7 ημερών

3.4.1 Συμπεριφορά εξερεύνησης

- *Μεταξύ των ημερών*

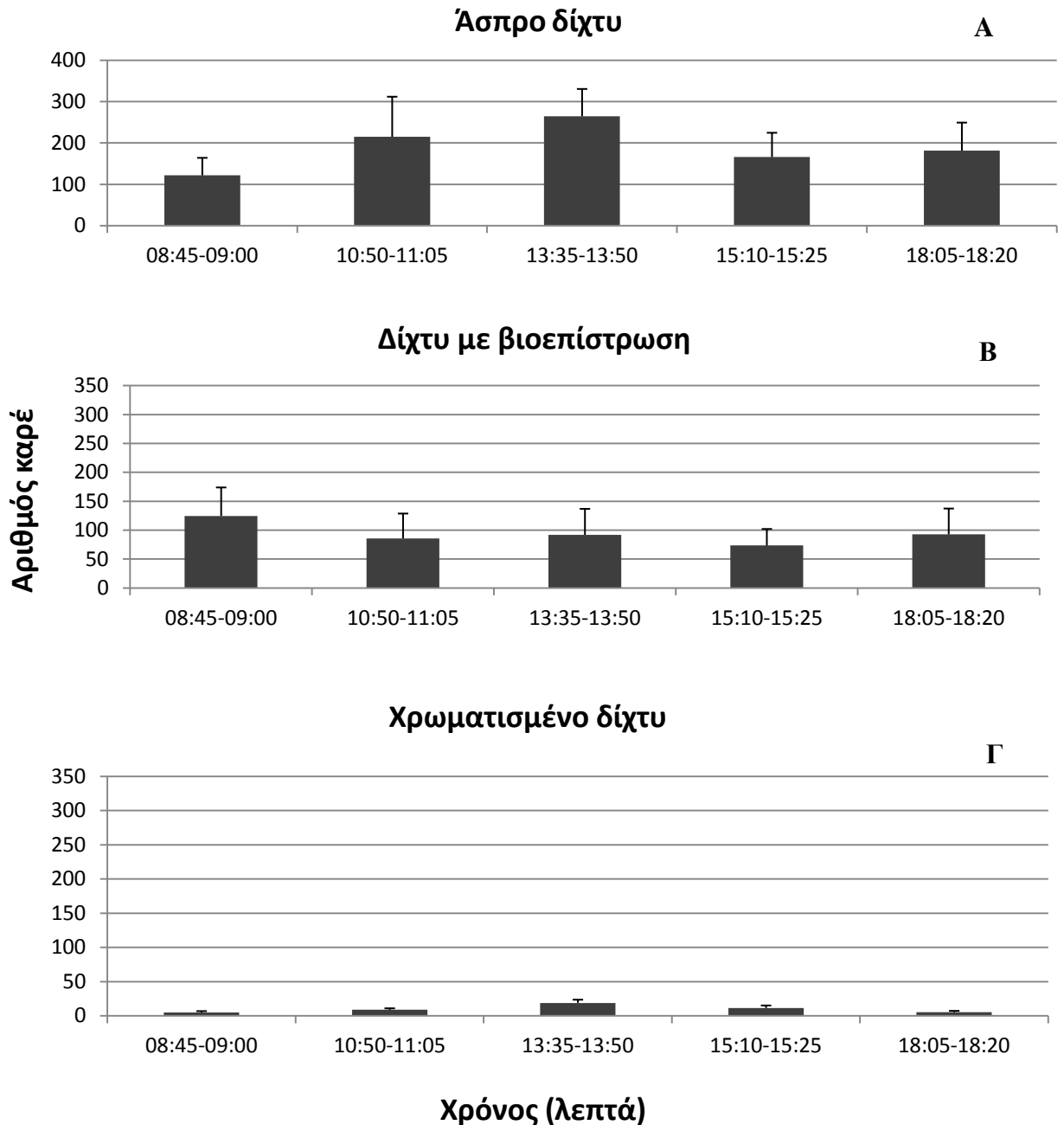
Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα που απεικονίζονται παρακάτω (εικόνα 10Α,Γ) ο μέσος ημερήσιος χρόνος εξερεύνησης των δίχτων από τα ψάρια στις δεξαμενές που είχαν το άσπρο και το χρωματισμένο δίχτυ δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0.05$) κατά τη διάρκεια των 7 ημερών. Αντίθετα οι δεξαμενές στις οποίες είχαν τοποθετηθεί τα δίχτυα με βιοεπίστρωση παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ημερών καθώς η 7^η μέρα διαφέρει σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες ($P \leq 0.001$) (εικόνα: 10B).



Εικόνα 10: Μέσος όρος (\pm S.E) του χρόνου εξερεύνησης των δίχτων (σε αριθμό καρέ) κατά τη διάρκεια 7 ημερών για 5 διαφορετικά τέταρτα και στις τρεις «συνθήκες» δίχτου: Α: άσπρο δίχτυ, Β: δίχτυ με βιοεπίστρωση, Γ: χρωματισμένο δίχτυ. Οι ημέρες που μοιράζονται διαφορετικούς γραμματικούς εκθέτες (a,b) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Two-Way ANOVA, Tukey's test, $P < 0.05$).

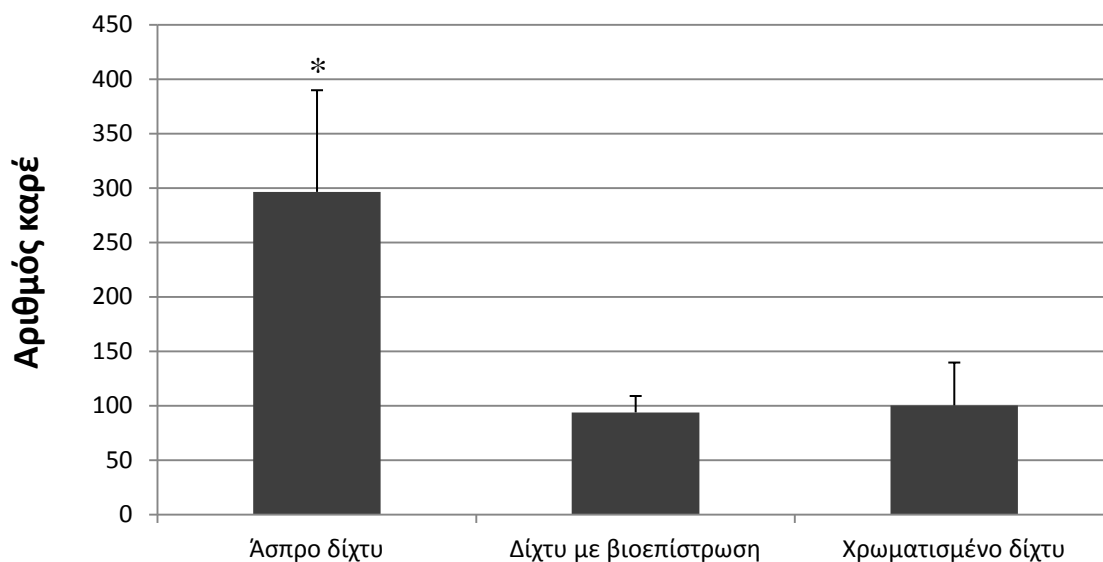
- **Μεταξύ των διαφορετικών χρονικών παραθύρων (τετάρτων) της ίδιας ημέρας**

Αναλύοντας τα αποτελέσματα των διαφορετικών τετάρτων στη διάρκεια 7 ημερών, βλέπουμε ότι καμία από τις τρεις «συνθήκες» δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0.05$) μεταξύ των τετάρτων. Ωστόσο, στο άσπρο και στο χρωματισμένο δίκτυ, παρατηρείται μια βαθμιαία αύξηση του χρόνου όπου τα ψάρια εξερευνούν το δίκτυ, από τις πρωινές ώρες (8:45-09:00), μέχρι το τέταρτο, λίγο πριν από το καθιερωμένο τάισμα τους (13:35-13:50). Μετά το τάισμα παρατηρείται μια μείωση του χρόνου αυτού (εικόνα: 11A, Γ). Στο δίκτυ με βιοεπίστρωση από την άλλη, παρατηρείται ένα σταθερό πρότυπο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (εικόνα: 11B).



Εικόνα 11: Μέσος όρος (\pm S.E) του χρόνου εξερεύνησης των δικτύων (σε αριθμό καρέ) κατά τη διάρκεια 5 διαφορετικών τετάρτων για 7 ημέρες και στις τρεις «συνθήκες» δικτυού: A: άσπρο δίκτυ, B: δίκτυ με βιοεπίστρωση, Γ: χρωματισμένο δίκτυ.

Από τη σύγκριση των τριών «συνθηκών» δικτυού για όλες τις ημέρες και για όλα τα τέταρτα προκύπτει ότι τα ψάρια καταναλώνουν περισσότερο χρόνο εξερευνώντας το άσπρο δίχτυ, με στατιστικώς σημαντική διαφορά ($P = 0,015$), παρά τα άλλα δύο δίχτυα (εικόνα: 12).



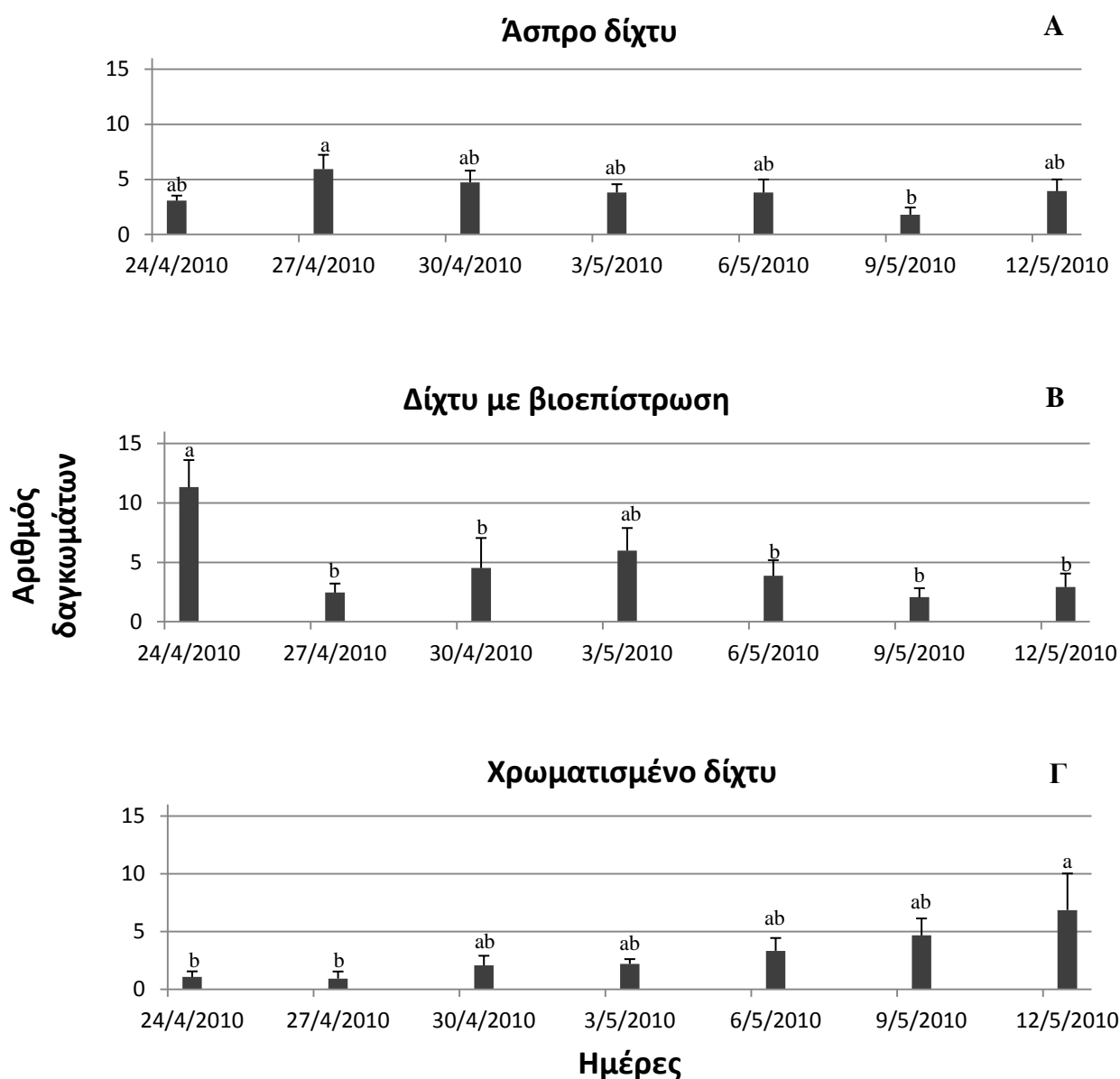
«Συνθήκες» δικτυού

Εικόνα 12: Συνολικός χρόνος εξερεύνησης του δικτυού (σε αριθμό καρέ) κατά τη διάρκεια 7 ημερών για 5 διαφορετικά τέταρτα και στις τρεις «συνθήκες δικτυού» (άσπρο δίχτυ, δίχτυ με βιοεπίστρωση και χρωματισμένο δίχτυ). Ο αστερίσκος υποδηλώνει τη στατιστικώς σημαντική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των «συνθηκών» του δικτυού (Two-Way ANOVA, Tukey' s test, $P < 0.05$).

3.4.2 Περιστατικά δαγκώματος

- *Μεταξύ των ημερών*

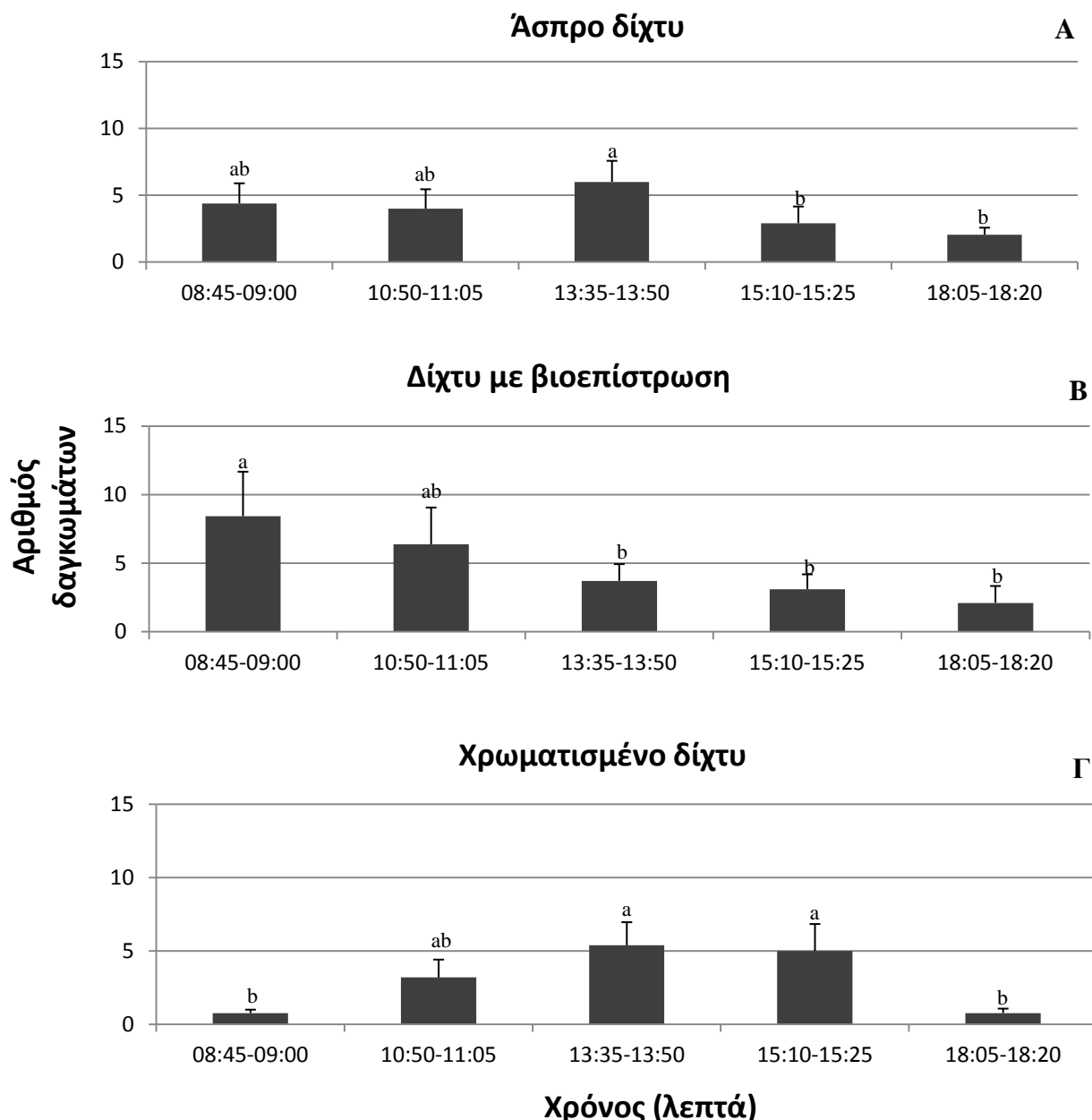
Η ανάλυση των αποτελεσμάτων για τα περιστατικά δαγκώματος κατά τη διάρκεια των 7 ημερών έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0.05$) μεταξύ των ημερών και για τις τρεις «συνθήκες» δίχτου. Στις δεξαμενές με το άσπρο δίχτυ η 2^η μέρα διαφέρει σημαντικά ($P = 0.011$) με την 6^η (εικόνα: 13Α). Ομοίως στις δεξαμενές που είχαν τα δίχτυα καλυμμένα με βιοεπίστρωση η 1^η μέρα διαφέρει σημαντικά με όλες εκτός από την 4^η ($P < 0.05$) (εικόνα: 13Β). Τέλος στις δεξαμενές με το χρωματισμένο δίχτυ η 7^η μέρα διαφέρει σημαντικά με την 1^η και την 2^η. Επιπλέον στις δεξαμενές με το χρωματισμένο δίχτυ παρατηρείται μια βαθμιαία αύξηση στον αριθμό των δαγκωμάτων από τα ψάρια με το πέρασ των ημερών (εικόνα: 13Γ).



Εικόνα 13: Μέσος όρος δαγκωμάτων (\pm S.E) κατά τη διάρκεια 7 ημερών για 5 διαφορετικά τέταρτα και στις τρεις «συνθήκες» δίχτου: **A:** άσπρο δίχτυ **B:** δίχτυ με βιοεπίστρωση **Γ:** χρωματισμένο δίχτυ. Οι ημέρες που μοιράζονται διαφορετικούς γραμματικούς εκθέτες (a,b) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Two-Way ANOVA, Tukey's test, $P < 0.05$).

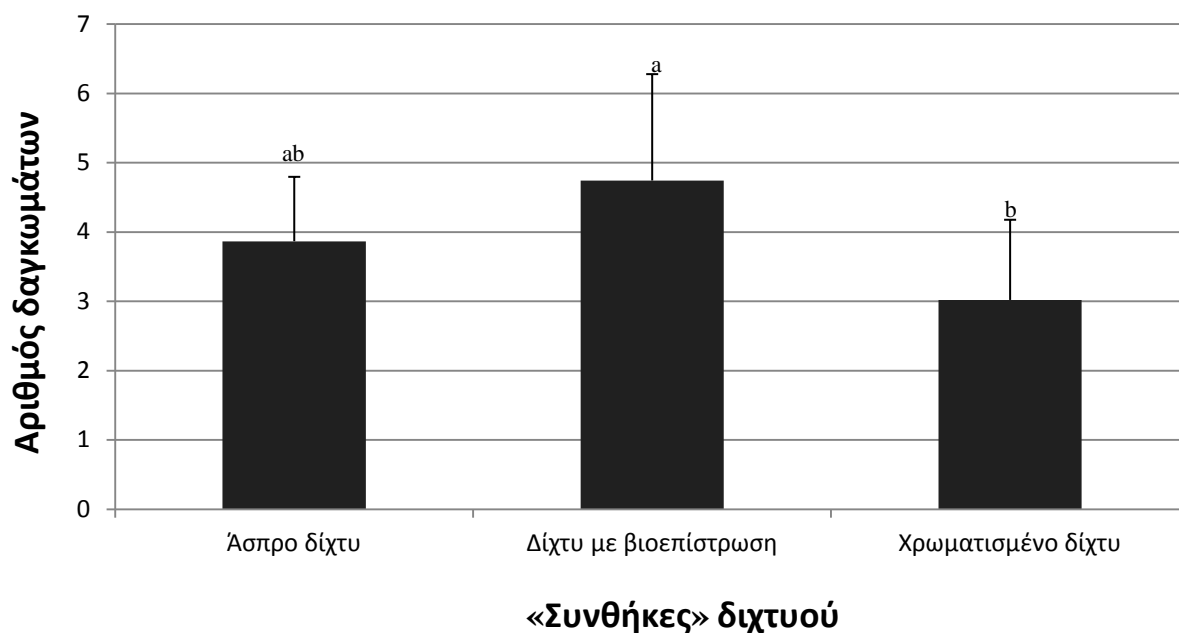
• *Μεταξύ των διαφορετικών χρονικών παραθύρων (τετάρτων) της ίδιας ημέρας*

Αναλύοντας τα τέταρτα για τα περιστατικά δαγκώματος προέκυψε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τετάρτων σε όλες τις «συνθήκες» δίχτων ($P < 0.05$). Στις δεξαμενές με το άσπρο δίχτυ το 3^ο τέταρτο διαφέρει σημαντικά και με το 4^ο και με το 5^ο τέταρτο (εικόνα: 14A). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στις δεξαμενές όπου τα δίχτυα ήταν καλυμμένα από βιοεπίστρωση. Το 1^ο τέταρτο διαφέρει σημαντικά ($P < 0.05$) με το 3^ο, το 4^ο και το 5^ο (εικόνα: 14B). Βλέπουμε λοιπόν μια σημαντική μείωση στον αριθμό των δαγκωμάτων μετά από την ώρα του ταΐσματος και για τα δυο αυτά δίχτυα. Στις δεξαμενές με το χρωματισμένο δίχτυ το 1^ο και το τελευταίο (5^ο) τέταρτο διαφέρουν σημαντικά με το 3^ο και το 4^ο (εικόνα: 14Γ).



Εικόνα 14: Μέσος όρος δαγκωμάτων (\pm S.E) κατά τη διάρκεια 5 διαφορετικών τετάρτων για 7 ημέρες στις τρεις «συνθήκες» δίχτυου: **A:** άσπρο δίχτυ, **B:** δίχτυ με βιοεπίστρωση, **Γ:** χρωματισμένο δίχτυ. Τα τέταρτα που μοιράζονται διαφορετικούς γραμματικούς εκθέτες (a,b) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Two-Way ANOVA, Tukey's test, $P < 0.05$).

Η σύγκριση όλων των ημερών για 5 διαφορετικά τέταρτα και για τις τρεις «συνθήκες» δικτυού έδειξε ότι οι δεξαμενές που είχαν τα δίχτυα καλυμμένα με βιοεπίστρωση διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.05$) με αυτές που είχαν τα χρωματισμένα δίχτυα αλλά όχι με αυτές που είχαν τα άσπρα δίχτυα (εικόνα: 15).



Εικόνα 15: Συνολικός αριθμός δαγκωμάτων κατά τη διάρκεια 7 ημερών για 5 διαφορετικά τέταρτα και στις τρεις «συνθήκες» δικτυού (δίχτυ με βιοεπίστρωση, άσπρο δίχτυ και χρωματισμένο δίχτυ). Ο αστερίσκος υποδηλώνει τη στατιστικώς σημαντική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των τριών «συνθηκών» (Two-Way ANOVA, Duncan's tests, $P < 0.05$).

4. Συζήτηση

Οι διαφυγές εκτρεφόμενων ψαριών, ιδιαίτερα όταν αυτές αφορούν σε είδη, όπως η τσιπούρα, που δημιουργούν φθορές στα δίκτυα εκτροφής οι οποίες διευκολύνουν την διαφυγή τους, οδήγησε στην αναγκαιότητα της μελέτης του φαινομένου αυτού προκειμένου να βρεθούν τρόποι πρόληψης. Απώτερος σκοπός είναι η δημιουργία καλύτερων συνθηκών εκτροφής και η βελτίωση του εξοπλισμού. Η παρούσα εργασία είναι η πρώτη που μελετά τη συμπεριφορά της τσιπούρας απέναντι σε τρεις «συνθήκες» του ίδιου τύπου δικτυού (άσπρο δίκτυ, άσπρο δίκτυ καλυμμένο με βιοεπίστρωση και χρωματισμένο δίκτυ στο χρώμα της βιοεπίστρωσης). Παρόλη τη σημασία που φαίνεται να έχει το θέμα αυτό για τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, δεν έχει προηγηθεί καμία σχετική έρευνα για κάποιο από τα εκτρεφόμενα είδη ψαριού, γεγονός που προσδίδει ιδιαίτερη αξία στην παρούσα μελέτη.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι διαφορετικές «συνθήκες» του δικτυού που μελετήθηκαν επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά των ψαριών δηλαδή τη διάρκεια της εξερεύνησης του δικτυού και την συχνότητα των περιστατικών δαγκώματος. Επιπλέον, αξιοσημείωτο είναι ότι οι παραπάνω συμπεριφορές μεταβάλλονται τόσο στην πορεία του χρόνου όσο και κατά την διάρκεια της ημέρας.

4.1 Συμπεριφορά εξερεύνησης

Κατόπιν συγκρίσεως των αποτελεσμάτων που πάρθηκαν και από τις δύο μεθοδολογικές προσεγγίσεις της μελέτης, έγινε εμφανές ότι τα ψάρια έλκονται περισσότερο από το άσπρο δίκτυ. Παρότι από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των 18 ημερών (εικόνα 7) δε προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών «συνθηκών» των δικτύων, παρατηρήθηκε και εκεί μια αυξημένη τάση των ψαριών να περνούν περισσότερο χρόνο εξερευνώντας το άσπρο δίκτυ. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει στο παρελθόν, και υποδεικνύουν ότι τα ψάρια προσελκύνονται από δίκτυα άσπρου χρώματος (Λαμπριανίδου, 2010· Glaropoulos *et al.*, 2012· Hansen, 2009· Papadakis *et al.*, 2012).

Ο χρόνος εξερεύνησης στις περιπτώσεις του «χρωματισμένου δικτυού» και του «δικτυού με βιοεπίστρωση» (χρώματα σχετικά παρόμοια) ήταν αρκετά μειωμένος (εικόνες 7 και 12), γεγονός που πιθανότατα σχετίζεται με το ότι τα ψάρια ελκύονται από κάποια χρώματα πιο πολύ από ότι από άλλα. Στο συγκεκριμένο πείραμα παρατηρήθηκε ότι οι τσιπούρες διακρίνουν το άσπρο καλύτερα απ' ότι το χρωματισμένο δίκτυ. Η έγχρωμη όραση στα ψάρια έχει αποδειχτεί ότι συμβάλει στην αναγνώριση ειδών, στη σεξουαλική επιλογή (Endler *et al.*, 2005), στην αποφυγή των θηρευτών και στον εντοπισμό της τροφής (Humphrey, 1976). Η «αποφυγή» ή η «θετική ανταπόκριση» σε χρωματικά σήματα πιθανόν ήταν μια προσαρμογή που στη συνέχεια εξελίχτηκε σε χρωματική προτίμηση στα διάφορα είδη (Humphrey, 1976). Έχει αποδειχθεί ότι τα περισσότερα ψάρια - κυρίως αυτά που ζουν σε παράκτιες περιοχές - έχουν ένα καλά ανεπτυγμένο οπτικό σύστημα και μπορούν να διακρίνουν ορισμένα χρώματα ιδιαίτερα καλά. Η ικανότητα διάκρισης διαφορετικών χρωματισμών εξαρτάται τόσο από το είδος του ψαριού (Kelber *et al.*, 2003), όσο και από τη διαύγεια του νερού και τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούν στο υδάτινο περιβάλλον (Hill, 1987). Για παράδειγμα, το είδος *Lampetra lampetra* μπορεί να διακρίνει κυρίως το ιώδες χρώμα, (Govardovskii & Lychakov, 1984) ενώ αντίθετα, το χρυσόψαρο (*Carrassius auratus*) και τα σαλμονοειδή όπως η πέστροφα αντιλαμβάνονται

μεγαλύτερη ποικιλία χρωμάτων όπως είναι το ιώδες, το μπλε, το πράσινο και το κόκκινο (Bowmaker *et al.*, 1991· Palacios *et al.*, 1998· Bowmaker & Kunz, 1987· Hawryshyn & Harosi, 1994). Επιπλέον, μέσα στο νερό τα χρώματα αλλοιώνονται με το βάθος δεδομένου ότι το χρώμα ενός αντικειμένου είναι αποτέλεσμα του φάσματος του φωτός το οποίο αντανακλά. Δεδομένου ότι το φως εισέρχεται μέσα στο νερό σε μήκη κύματος, τα χρώματα απορροφώνται διαφορετικά όσο το βάθος μεγαλώνει. Το κόκκινο παράγει τα μεγαλύτερα μήκη κύματος, ακολουθούμενο κατά σειρά από το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο, το κυανό, το μπλε, και το ιώδες. Τα χρώματα με τα μεγαλύτερα μήκη κύματος είναι αυτά που απορροφώνται πρώτα από τα μόρια του νερού. Το κόκκινο λοιπόν και τα πιο ζεστά χρώματα (το πορτοκαλί, το κίτρινο και το πράσινο) είναι από τα πρώτα που παύουν να γίνονται αντιληπτά, ακόμα και στα πιο επιφανειακά ύδατα (Guthrie & Muntz, 1993· Eastman Kodak Company, 1977· Hill, 1987).

Η συμπεριφορά των ψαριών στις δεξαμενές που είχαν δίχτυα καλυμμένα με βιοεπίστρωση διέφερε σημαντικά την 7^η μέρα από αυτή όλων των υπολοίπων δεξαμενών (εικόνα 10B). Τα ψάρια εκείνη την ημέρα, η οποία ήταν και η τελευταία του πειράματος, αύξησαν σημαντικά το χρόνο εξερεύνησης του δίχτυου σε σχέση με τις προηγούμενες. Ενδεχομένως αυτό να συνέβη καθώς, στο τέλος του πειράματος, οι μικροοργανισμοί οι οποίοι κάλυπταν τα δίχτυα, είχαν μειωθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί το αρχικό χρώμα του δίχτυου που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή το άσπρο. Αυτό είναι σε απόλυτη συμφωνία με όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Τέλος από την σύγκριση της δραστηριότητας των ψαριών κατά την διάρκεια των διαφορετικών χρονικών παραθύρων, προκύπτει, για το άσπρο και το χρωματισμένο δίχτυ (εικόνα 1A, Γ), μια βαθμιαία αύξηση του χρόνου εξερεύνησης τους τις πρωινές ώρες μέχρι λίγο πριν από το τάισμα και αντίστοιχα μια μείωση μετά το τάισμα. Η τάση αυτή μπορεί να συσχετιστεί με την ικανότητα που έχουν τα ψάρια για μάθηση (Broom, 2007· Parra & Yufere, 1999). Τα ψάρια, πιθανόν, να έχουν μάθει ότι τη συγκεκριμένη ώρα (14:00) θα τραφούν με αποτέλεσμα να εξερευνούν εντονότερα το χώρο προς αναζήτηση τροφής καθώς στη φύση η εξερεύνηση συνδέεται άμεσα με την εξεύρεση τροφής. Μετά το πέρας του χρόνου αυτού μειώνουν τη δραστηριότητα τους γιατί έχουν καλυφθεί επαρκώς οι ενεργειακές τους ανάγκες και επίσης η διαδικασία της πέψης μειώνει τη γενικότερη κινητική τους δραστηριότητα. Μελέτες που έγιναν στο παρελθόν συμφωνούν με τα αποτελέσματα αυτά καθώς αναφέρουν ότι η δραστηριότητα των ψαριών αυξάνει μέχρι την πρόσληψη τροφής (Davis & Bardach, 1965· Sorgard & Olla, 1996) και στη συνέχεια μειώνεται (Davis & Bardach, 1965). Αντίθετα, στις δεξαμενές που είχαν τα δίχτυα με βιοεπίστρωση (εικόνα 11B) τα ψάρια παρουσίασαν ένα σταθερό πρότυπο κατά τη διάρκεια της ημέρας, πιθανόν γιατί «γνώριζαν» ότι είχαν τροφή καθ' όλη την ημέρα και έτσι δεν καταλάβαιναν ιδιαίτερο χρόνο στο να ψάξουν κάποια συγκεκριμένη ώρα.

4.2 Περιστατικά δαγκώματος

Η τσιπούρα είναι ένα είδος, που όπως έχει αποδειχθεί, δαγκώνει το δίχτυ των ιχθυοκλωβών και να του προκαλεί φθορά (Glaropoulos *et al.*, 2012). Ο μεγάλος αριθμός των δαγκωμάτων που μετρήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα καθώς και η οδοντοστοιχία του είδους υποδεικνύουν ότι οι τσιπούρες είναι ικανές να προκαλέσουν ζημιά στα δίχτυα, αν παραμείνουν υπό περιορισμό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό μπορεί πιθανόν να εξηγηθεί από τις διατροφικές συνήθειες του είδους στο φυσικό του περιβάλλον όπου καταναλώνει μια ποικιλία βενθικών οργανισμών - όπως είναι τα δεκάποδα, τα γαστερόποδα, τα δίθυρα, τα αμφίποδα, τα ισόποδα, τα ψάρια, οι πολύχαιτοι και τα λιβάδια

φανερόγαμων (Tancioni *et al.*, 2003; Mariani *et al.*, 2002· Pita *et al.*, 2002· Tancioni *et al.*, 1998) - τους οποίους αποσπά από το υπόστρωμα στο οποίο διαβιούν δαγκώνοντας και τραβώντας τους. Όταν τα ψάρια εκτρέφονται σε ιχθυοκλωβούς, αν και μαθαίνουν να προσαρμόζονται στις νέες διατροφικές συνθήκες και στους τρόπους χορήγησης τροφής, διατηρούν στοιχεία της διατροφικής τους συμπεριφοράς τα οποία σχετίζονται με τον τρόπο με τον οποίο εξερευνούν το περιβάλλον τους για να βρουν τροφή στη φύση. Έτσι υποκαθιστούν το υπόστρωμα του θαλάσσιου βυθού από το δίχτυ των ιχθυοκλωβών εκφράζοντας έτσι την γενετικά προγραμματισμένη τάση τους για εξεύρεση τροφής.

Από το σύνολο των αποτελεσμάτων (εικόνες 9 και 15), προέκυψε μία έντονη προτίμηση των ψαριών για μια από τις τρεις «συνθήκες» δικτύων. Συγκεκριμένα, οι δεξαμενές που είχαν τα δίχτυα με βιοεπίστρωση παρουσίασαν μεγαλύτερο αριθμό δαγκωμάτων σε σχέση με τις άλλες. Τα αποτελέσματα της πρώτης μεθοδολογικής προσέγγισης έδειξαν ότι τα δίχτυα με βιοεπίστρωση διέφεραν σημαντικά από τα άλλα, ενώ στη δεύτερη διέφεραν μόνο από τα χρωματισμένα δίχτυα. Η βιοεπίστρωση αποτελεί δυνητική πηγή τροφής για τα εκτρεφόμενα ψάρια (Moring and Moring, 1975), οπότε το αυξημένο ποσοστό δαγκωμάτων σε αυτή τη «συνθήκη» ήταν αναμενόμενο. Επιπλέον, οι οργανισμοί που αποτελούν τη βιοεπίστρωση διαφοροποιούν την υφή των δικτύων καθώς δίνουν την εντύπωση νηματίων με αποτέλεσμα τα ψάρια να έλκονται και να δαγκώνουν περισσότερο τα δίχτυα και τη γύρω από αυτά περιοχή (Λαμπριανίδου, 2010· Glaropoulos *et al.*, 2012). Τέλος, η μειωμένη προτίμηση των ψαριών στο χρωματισμένο δίχτυ, όπως ελέγχθη και παραπάνω, πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι τα ψάρια δε μπορούν να το διακρίνουν τόσο καλά.

Σημαντικές διαφορές επίσης στα περιστατικά των δαγκωμάτων παρατηρήθηκαν και στις τρεις «συνθήκες» δικτύου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στα δίχτυα με βιοεπίστρωση (εικόνα 14B) η συχνότητα των δαγκωμάτων ήταν μεγαλύτερη κατά τις πρωινές ώρες ενώ μειωνόταν βαθμιαία προς το τέλος της ημέρας. Η πιο προφανής εξήγηση αυτής της συμπεριφοράς είναι η έλλειψη (μη χορήγηση) τροφής τις βραδινές ώρες γεγονός που ωθεί τα ψάρια να αναζητήσουν πιθανή τροφή μεταξύ των οργανισμών που αποτελούν την βιοεπίστρωση των δικτύων. Στο χρωματισμένο δίχτυ (εικόνα 14Γ) παρατηρήθηκε μια έντονη μείωση στη δραστηριότητα των ψαριών κατά το 1^ο και 5^ο τέταρτο, δηλαδή λίγο μετά το άνοιγμα και λίγο πριν το σβήσιμο των φώτων. Μελέτες που έχουν γίνει στο παρελθόν έχουν αποδείξει ότι η τσιπούρα είναι ένα είδος του οποίου η κολυμβητική δραστηριότητα και ο μεταβολικός ρυθμός μειώνονται κατά τη διάρκεια της νύχτας (Angeles *et al.*, 2003) ενώ αυξάνονται σταδιακά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όσον αφορά το άσπρο δίχτυ η μείωση που εντοπίζεται μετά την ώρα του ταΐσματος (εικόνα 14Α) ενδεχομένως, όπως προαναφέρθηκε, να οφείλεται στο γεγονός ότι τα ψάρια αφού έχουν καλύψει τις ανάγκες τους για τροφή δεν καταναλώνουν ενέργεια για την εξεύρεσή της.

Τα αποτελέσματα για τα δίχτυα με βιοεπίστρωση στην ανάλυση των 7 ημερών έδειξαν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη διαφορά της πρώτης μέρας από όλες τις υπόλοιπες πλην της 4^{ης} (εικόνα 13B). Η βιοεπίστρωση όπως έχει αναφερθεί μπορεί να αποτελέσει πηγή συμπληρωματικής τροφής για τα εκτρεφόμενα είδη αν αποτελείται από οργανισμούς που αυτά καταναλώνουν στο φυσικό τους περιβάλλον (Moring and Moring, 1975). Όταν την πρώτη μέρα προστέθηκαν τα δίχτυα με βιοεπίστρωση στις δεξαμενές τα ψάρια άρχισαν να τα δαγκώνουν έντονα καθώς η βιοεπίστρωση αποτελούσε μια «δυνητική» πηγή τροφής για αυτά όχι τόσο λόγω των οργανισμών που την συνιστούσαν – οι οποίοι δεν αποτελούν μέρος της τροφικής αλυσίδας του είδους - όσο ίσως λόγω των οπτικών ή οσφρητικών σημάτων που αυτή προκαλούσε. Τέλος οι διαφορές που εντοπίστηκαν μεταξύ

των ημερών στο άσπρο και στο χρωματισμένο δίχτυ (εικόνα 13Α,Γ) ενδεχομένως να είναι τυχαίες και να μην οφείλονται σε κάποια βιολογική αιτία ή ανάγκη.

4.3 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη αποδεικνύει ότι η παρουσία βιοεπίστρωσης καθώς και το διαφορετικό χρώμα του δικτυού επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά της τσιπούρας απέναντι και επάνω στο δίχτυ. Τα άσπρα δίχτυα είναι αυτά που προκάλεσαν το μεγαλύτερο ποσοστό ενασχόλησης των ψαριών με αυτά και τον μεγαλύτερο αριθμό δαγκωμάτων. Ομοίως, στην περίπτωση της βιοεπίστρωσης, ο αριθμός των δαγκωμάτων που μετρήθηκαν ήταν ιδιαίτερα αυξημένος παρουσιάζοντας σημαντική διαφορά από τις δύο άλλες «συνθήκες». Αντίθετα, το χρωματισμένο δίχτυ, ήταν αυτό που προκάλεσε τη μικρότερη ενασχόληση των ψαριών με αυτό καθώς και τα λιγότερα δαγκώματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα μελέτη έγινε σε μικρής κλίμακας πειράματα, σε συνθήκες εργαστηρίου. Γι αυτό είναι απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα κάτω από κανονικές συνθήκες εκτροφής σε ιχθυοκλωβούς, για να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παραπάνω. Όμως φαίνεται ότι η χρησιμοποίηση χρωματισμένου με καφέ-κόκκινο-πράσινο χρώμα δίχτυ, ο συχνός και ενδεδειγμένος έλεγχος των ιχθυοκλωβών καθώς και η απομάκρυνση της βιοεπίστρωσης από τα δίχτυα θα μπορούσαν να συμβάλλουν αποτελεσματικά στον περιορισμό ευρείας κλίμακας περιστατικών διαφυγής των ψαριών. Περαιτέρω μελέτες για τον προσδιορισμό του καταλληλότερου χρωματισμού του δικτυού κρίνονται πλέον απαραίτητες.

Βιβλιογραφία

- Ahlgren, M. O. (1998). Consumption and assimilation of salmon net pen fouling debris by the red sea cucumber *Parastichopus californicus*: Implications for polyculture. *Journal of the World Aquaculture Society* 29, 133–139.
- Andersen, R. J., Luu, H. A., Chen, D. Z. X., Holmes, C. F. B., Kent, M. L., LeBlanc, F., Taylor, F. J. R. and Williams, D. E. (1993). Chemical and biological evidence links microcystins to salmon netpen liver disease. *Toxicon* 31, 1315–1323.
- Angeles Esteban M, Cuesta A, Rodriguez A, Mesegeur J (2003) Effect of photoperiod on the fish innate immune system: a link between fish pineal gland and the immune system. *J Pineal Res* 41:261–266
- Basurco, B., Lovatelli, A., Garcia, B., (2011) Current status of Sparidae aquaculture. Pavlidis, M., & Mylonas, C. (ed). *SPARIDAE: Biology and Aquaculture of Gilthead seabream and Other Species*. Wiley-Blackwell, pp 1–42.
- Bauchot M.L., Hureau J.C. (1990) Sparidae. Check list of the Fishes of eastern Tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris and UNESCO 790-812.
- Benson, P. H., Brining, D. L. and Perrin, D. W. (1973). Marine fouling and its prevention. *Marine Technology* January, 30–37.
- Berk, S. G., Mitchell, R., Bobbie, R. J., Nickels, J. S. and White, D. C. (2001). Microfouling on metal surfaces exposed to seawater. *International Biodeterioration and Biodegradation* 48, 167–175.
- Beveridge, M. (1996). *Cage Aquaculture*. The University Press, Cambridge.
- Bowmaker, J.K., Thorpe, A. & Douglas, R. H. (1991). Ultraviolet-sensitive cones in the goldfish. *Vision Research* 31, 349-352
- Bowmaker, J.K., Kunz, Y.W., (1987) Ultraviolet receptors, tetra chromatic colour vision and retinal mosaics in the brown trout (*Salmo trutta*): age dependent change. *Vision Res* 1987;27:2101-8.
- Braithwaite, R. A. and McEvoy L. A. (2005). Marine Biofouling on Fish Farms and Its Remediation. *Advances in marine biology* 47, 216-252
- Broom, D. M. (2007). Cognitive ability and sentience: Which aquatic animals should be protected? *Diseases of aquatic organisms*, 75: 99-108
- Calderer, A. & Cardona, L. (1993) Cría intensiva de la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*). In: *Acuicultura Marina: Fundamentos Biológicos y Tecnológicos de la Producción* (ed. F.C. Orsay (Coord.)), pp. 389-401 Publicacions Universitat de Barcelona, Barcelona
- Callow, M. E. (1996). Ship-fouling: The problem and method of control. *Biodeterioration Abstracts* 10, 411–421.
- Campillo, A. (1992). Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, France. 206 p.
- Cataudella, S., Crosetti, D. & Marino, G. (1995). The seabreams. In: *Production of Aquatic Animals* (eds. C.E. Nash & A.J. Navotny), 289-303. Fishes, Elsevier, Amsterdam.
- Clare, A. S., Rittschof, D., Gerhart, D. J. and Maki, J. S. (1992). Molecular approaches to nontoxic antifouling. *Invertebrate Reproduction and Development* 22, 67–76.
- Cronin, E. R., Cheshire, A. C., Clarke, S. M. and Melville, A. J. (1999). An investigation into the composition, biomass and oxygen budget of the fouling community on a tuna aquaculture farm. *Biofouling* 13, 279–299.
- Daniel, G. F. and Chamberlain, A. H. L. (1981). Copper immobilisation in fouling diatoms. *Botanica Marina* 24, 229–243.
- Davis, A. and Williamson, P. (1996). Marine biofouling: A sticky problem. *NERC News* April, 25–27.
- Davis, R.E. and Bardach, J.E. (1965). Time-co-ordinated prefeeding activity in fish. *Animal Behaviour*, 13, 154–162
- De Sousa, G., Delescluse, C., Pralavorio, M., Perichaud, M., Avon, M., Lafaurie, M. and Rahmani, R. (1998). Toxic effects of several types of antifouling paints in human and rat hepatic or epidermal cells. *Toxicology Letters* 96/97, 41–46.

- Divanach, P. and Kentouri, M., (2000). Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish lavriculture. B. Basurco (ed), Mediterranean marine aquaculture finfish species diversification. Cahiers Options mediterraneennes, vol. 47. C.I.H.E.A.M., Zaragoza, Spain, pp 75-87
- Eastman Kodak Company (1977). The Fifth and Sixth Here's How. Combined edition, 38-39.
- Eckman, J. E., Thistle, D., Burnett, W. C., Paterson, G. L. J., Robertson, C. Y. and Lambshead, P. J. D. (2001). Performance of cages as large animal-exclusion devices in the deep sea. *Journal of Marine Research* 59, 79–95.
- Endler, J.A., D.A. Westcott, J.R. Madden & T. Robson, 2005. Animal visual systems and the evolution of colour patterns: sensory processing illuminates signal evolution. *Evolution* 59: 1795-1818.
- Evans, L. V. and Christie, A. O. (1970). Studies on the ship-fouling alga *Enteromorpha*: I. Aspects of the fine-structure and biochemistry of swimming and newly settled zoospores. *Annals of Botany* 34, 451–466.
- Evans, L. V. (1981). Marine algae and fouling—a review, with particular reference to ship-fouling. *Botanica Marina* 24, 167–171.
- Evans, L. V. and Clarkson, N. (1993). Antifouling strategies in the marine environment. *Journal of Applied Bacteriology* 74, S119–S124.
- FAO (2006). FishStat. <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>
- FAO (2009) The state of food insecurity in the world. Economic crisis-impacts and lessons learned. FAO Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division Production, Rome 61 pp
- FAO (2010) Synthesis of Mediterranean marine finfish aquaculture—a marketing and promotion strategy. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 88 Rome, p 198
- FAO (2012) A world overview of species of interest to fisheries. Chapter: *Sparus aurata*. www.fao.org/figis/servlet/species?fid=2384. 3p. FIGIS Species Fact Sheets. Species Identification and Data Programme-SIDP, FAO-FIGIS
- Ferguson A, Fleming I, Hindar K, Skaala Ø, McGinnity P, Cross TF, Prodöhl P (2007) Farm escapes. In: Verspoor E, Stradmeyer L, Nielsen JL (eds) *The Atlantic salmon: genetics, conservation and management*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, p 357–398
- Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Robaina, L., *et al.* (1997). The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on the egg quality of broodstock for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 148, 233-246
- Fish base: <http://www.fishbase.org>
- Fletcher, R. L. (1988). Brief review of the role of marine algae in biodeterioration. *International Biodeterioration* 24, 141–152.
- Folke, C., Kautsky, N. and Troell, M. (1997). Salmon farming in context: Response to Black *et al.* *Journal of Environmental Management* 50, 95–103.
- Glaropoulos, A., Papadakis, V., Papadakis, I., Kentouri, M., (2012). Escape-related behavior and coping ability of sea bream due to food supply. *Aquaculture International* (In press)
- Gonzalez, L. (1998). The life cycle of *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) in Chilean marine farms. *Aquaculture* 162, 173–186.
- Gorshkov S., Gordin H., Gorshkova G., Knibb W. (1997). Reproductive constrains for family selection of the gilthead seabream I: practice size and feeding dry and live food. *Aquaculture*: 152, 181-190
- Govardovskii, V. I. & Lychakov, D. V. (1984). Visual cells and visual pigments of the lamprey, *Lampetra fluviatilis*. *Journal of Comparative Physiology A* 154, 279-286.
- Gunn, N., Woods, D. C., Blunn, G., Fletcher, R. L. and Jones, E. B. G. (1987). Problems associated with marine microbial fouling. In “Microbial Problems in the Offshore Oil Industry” (E. C. Hill, J. L. Shennan and R. J. Watkinson, eds.), pp. 175–200. Wiley, London.
- Guthrie, D.M. and Muntz W.R.A. (1993). Behaviour of Teleost Fishes. Pitcher, T. (ed). Role of vision in fish behaviour. Chapman & Hall, pp 89-128
- Hansen L. A, Dale T, Uglem I, Aas K, Damsgård B, Bjørn PA (2009) Escape related behaviour of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in a simulated farm situation. *Aquac Res* 40: 26–34
- Hasse, J. (1974). Utilisation of rabbit fishes (Signidae) in tropical oyster culture. *The Progressive Fish-Culturist* 36, 160–162.

- Hawryshyn CW, Harosi F.,(1994). Spectral characteristics of visual pigments in rainbow trout (Ol/carity/ielills rnykiss). *Vision Res* 34:1385-92.
- Heuch P.A., Mo T.A. (2001). A model of salmon louse production in Norway: effects of increasing salmon production and public management measures. *Dis Aquat Org* 45:145–152
- Hill L. (1987). Method and apparatus for selecting fishing lure color. U.S Pat. No. 4,595,820
- Hodson, S. L., Lewis, T. E. and Burke, C. M. (1997). Biofouling of fish-cage netting: efficacy and problems of in situ cleaning. *Aquaculture* 152, 77–90.
- Hodson, S. L., Burke, C. M. and Bissett, A. P. (2000). Biofouling of fish-cage netting: The efficacy of a silicone coating and the effect of netting colour. *Aquaculture* 184, 277–290.
- Humphrey, N., 1976. The colour currency of nature. In: Porter, T. & B. Mikellides (eds.). *Colour for Architecture*. Studio-Vista, London, UK. pp. 95-98.
- Huse, I., Bjordal, A., Ferno, A. and Furevik, D. (1990). The effect of shading in pen rearing of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacultural Engineering* 9, 235–244.
- IGFA, (2001). Database of IGFA angling records until 2001. IGFA, Fort Lauderdale, USA.
- Izquierdo, M.S., Fernández-Palacios, H. & Tacon, A.G.J. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197, 25-42
- Jacobsen JA, Hansen LP (2001). Feeding habits of wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the Northeast Atlantic. *ICES J Mar Sci* 58:916–933
- Jensen Ø., Dempster T., Thorstad E.B., Uglem I., and Fredheim A. (2010). Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions* August 2010: 1, 71-83.
- Kelber, A., Vorobyev, M. and Osorio, D., (2003). Animal colour vision - behavioural tests and physiological concepts. *Cambridge Philosophical Society 2003*: 78, pp. 81-118
- Λαμπριανίδου Φανή (2010) Επίδραση της ιχθυοφόρτισης στη συμπεριφορά διαφυγής της τσιπούρας (*Sparus aurata*, L.). Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας.
- Lai H., Kessler A. O., and Khoo, L. E. (1993). Biofouling and its possible modes of control at fish farms in Penang, Malaysia. *Asian Fisheries Science* 6, 99–116.
- Lane A. and P.R. Willemsen. 2004. Collaborative effort looks into biofouling. *Fish Farming International* September 2004: 34-35.
- Lloris, D., (2005). A world overview of species of interest to fisheries. Chapter: *Sparus aurata*. Retrieved on 08 July 2005, from www.fao.org/figis/servlet/species?fid=2384. 3p. FIGIS Species Fact Sheets. Species Identification and Data Programme-SIDP, FAO-FIGIS
- Mariani, S., Maccaroni, A., Massa, F., Rampacci, M., Pancioni, L., 2002. Lack of consistency between the trophic interrelationships of five sparid species in two adjacent central Mediterranean coastal lagoons. *J. Fish Biol.* 61 (Suppl. A), 138–147.
- Milne P. H. (1970). Fish farming: A guide to the design and construction of net enclosures. *Marine Research* 1, 1–31.
- Moe H, Dempster T, Sunde LM, Winther U, Fredheim A (2007a) Technological solutions and operational measures to prevent escapes of Atlantic cod (*Gadus morhua*) from sea-cages. *Aquac Res* 38:91–99
- Moretti, A., Fernandez-Criado M.P., Cittolin G. and Guidastrì R., (1999). Manual on Hatchery Production of Seabass and Gilthead seabream. Vol 2, Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy, pp: 152
- Moring J. R. and Moring K. A. (1975). Succession of net biofouling material and its role in the diet of pen-cultured Chinook salmon. *The Progressive Fish-Culturist* 37, 27–30.
- Mozes, N., Papandroulakis, N., Vergara, J.M., Biswas, A., Takii, T. and Ntatsopoulos, A. (2011). Production systems. Pavlidis, M., & Mylonas, C. (ed.). *SPARIDAE: Biology and Aquaculture of Gilthead seabream and Other Species*. Wiley-Blackwell, pp 170-195.
- Muus, B.J. and Nielsen, J.G. (1999). Sea fish. *Scandinavian Fishing Year Book*. Hedehusene, Denmark. pp 340.
- Naylor R, Hindar K, Fleming IA, Goldberg R and others (2005). Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *Bioscience* 55:427–437

- Norwegian Directorate of Fisheries (2009) Statistics for Aquaculture 2008. Norwegian Directorate of Fisheries, Bergen. Available at: www.fiskeridir.no/fiskeridir/kystsone_og_havbruk/statistikk (accessed 6 Aug 2010) (in Norwegian)
- Odum, P.E., (1984) The mesocosm. *American Institute of Biological Sciences* 34, 558-562
- Paclibare, J. O., Evelyn, T. P. T., Albright, L. J. and Prosperiporta, L. (1994). Clearing of the kidney-disease bacterium *Renibacterium salmoninarum* from seawater by the blue mussel *Mytilus edulis*, and the status of the mussel as a reservoir of the bacterium. *Diseases of Aquatic Organisms* 18, 129–133.
- Palacios, A.G., Varela, F. J., Srivastava, R. & Goldsmith, T. H. (1998). Spectral sensitivity of cones in the goldfish, *Carassius auratus*. *Vision Research* 38, 2135-2146.
- Papadakis VM, Papadakis IE, Lamprianidou F, Glaropoulos A, Kentouri M (2012). A computer-vision system and methodology for the analysis of fish behavior. *Aquac Eng* 46: 53–59
- Parra, G. and Yufera, M. (2000). Feeding, physiology and growth responses in first-feeding gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae in relation to prey density. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 243: 1-15
- Pauline C., Stewart A., Roberts C., McMillan (1989). *New Zealand fish: a complete guide*. National Museum of New Zealand 19, xiv+279.
- Phillippi, A. L., O’Conner, N. J., Lewis, A. F. and Kim, Y. K. (2001). Surface flocking as a possible anti-biofoulant. *Aquaculture* 195, 225–238.
- Phillips, S. (2005) *Marine aquaculture issue paper*. Seafood Demand Production Obstacles Federal and State Actions Opportunities
- Pillay T.V.R. (1990) *Aquaculture, Principles and Practices*. Fishing News books, Oxford.
- Pita C, Gamito S, Erzini K (2002) Feeding habits of the gilthead sea bream (*Sparus aurata*) from the Ria Formosa (southern Portugal) as compared to the black sea bream (*Spondyliosoma Cantharus*) and the annular sea bream (*Diplopodus annularis*). *J Appl Ichthyol* 18:81–86
- Scott, C., Fletcher, R. L. and Bremer, G. B. (1996). Observations on the mechanisms of attachment of some marine fouling blue-green algae. *Biofouling* 10, 161–173.
- Sola, L., Moretti, A., Crosetti, D., *et al.* (2007). Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations. *Gilthead seabream – Sparus aurata. Genetic Impact of Aquaculture Activities on Native Populations* (eds. T. Svasand, D. Drosetti, E. Garcia-Vazquez & E. Verspoor), pp. 47-54
- Sorgan, S. and Olla, B. (1982). Fish feeding and the structure of benthic communities. *Marine ecology progress series* 133, 43-55
- Sorgeloos P., Leger P. (1992). Improved larviculture outputs of marine fish larval feeds. *Journal of the World of Aquaculture Society*: 23, 251-254
- Stachowitsch, M., Kikinger, R., Herler, J., Zolda, P. and Geutebrück, E. (2002). Offshore oil platforms and fouling communities in the southern Arabian Gulf (Abu Dhabi). *Marine Pollution Bulletin*: 44, 853–860.
- Stergiou K.L., Karpouzi V.S. (2002). Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*: 11, 217-254
- Tan, C. K. F., Nowak, B. F. and Hodson, S. L. (2002). Biofouling as a reservoir of *Neoparamoeba pemaquidensis* (Page, 1970), the causative agent of amoebic gill disease in Atlantic salmon. *Aquaculture* 210, 49–58.
- Tancioni, L., D’Ambra, R., Mamone, R., Mariani, A., Massa, F., Rampacci, M., Scardi, M., Maccaroni, A., 1998. Lo studio del comportamento alimentare di pesci teleostei nel monitoraggio biologico delle lagune costiere: il caso dell’orata (*Sparus aurata* L.) nelle lagune di Fogliano e Caprolace (Parco Nazionale del Circeo Italia Centrale). *Biol. Mar. Medit.* 5, 2133–2141.
- Tancioni, L., Mariani, S., Maccaroni, A., Mariani, A., Massa, F., Scardi, M., Cataudella, S., 2003. Locality-specific variation in the feeding of *Sparus aurata* L.: evidence from two Mediterranean lagoon systems. *Est. Coast. Shelf Sci.* 57, 469–474.
- Willemsen P.R. (2005) *Biofouling in European aquaculture: is there an easy solution?*
- Woods Hole Oceanographic Institution (1952). “*Marine Fouling and its Prevention*”. United States Naval Institute, Annapolis, MD.
- Zohar Y., Harel M., Hassain S., Tandler A. (1995). *Gilthead seabream (Sparus aurata). Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Science, Oxford.