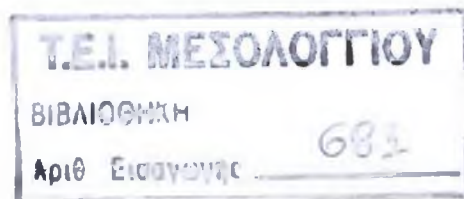


Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ – ΑΛΙΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

“ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΑ ΚΕΦΑΛΟΕΙΔΗ”

21



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

Επικ. καθ. Γεώργιος Χώτος.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

Αλέξανδρος Σ. Πατσάλας
Ιωάννης Αθ. Αναστασιάδης.

Message
11-3-1999

F. James
E. J. ...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		Σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ		03.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ		04
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο		05
1.1	Περιγραφή και βιολογία των <i>Mugilidae</i> .	05.
1.2	Αναπνοή.	06.
1.3	Αναπνευστικό σύστημα.	06.
1.4	Είδη αναπνοής.	08.
1.5	Μεταβολισμός.	10.
1.6	Είδη μεταβολισμού.	11.
1.7	Παράγοντες που επηρεάζουν τον μεταβολισμό.	11.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο		13.
2.1	Πρόλογος.	13.
2.2	Περιγραφή πειραμάτων.	13.
2.3	Σκοπός και διαφορές μεταξύ των δύο πειραμάτων	14.
2.4	Πείραμα με χρήση respirometer.	14.
	2.4.1. Όργανα και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν.	14.
	2.4.2. Περιγραφή και τρόπος λειτουργίας του συστήματος.	15.
	2.4.3. Διαδικασία πειράματος.	16.
	2.4.4. Αποτελέσματα.	17.
	2.4.5. Σχόλια – Συμπεράσματα.	30.
2.5	Πείραμα σε ενυδρεία.	37.
	2.5.1. Περιγραφή και τρόπος λειτουργίας του συστήματος.	37.
	2.5.2. Διαδικασία πειράματος.	37.
	2.5.3. Τρόπος εργασίας.	38.
	2.5.4. Αποτελέσματα.	39.
	2.5.5. Σχόλια – Συμπεράσματα.	53.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ	63.
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα πειράματα που θα περιγραφούν, έγιναν στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου «Υδατοκαλλιέργειες γλυκών και υφάλμυρων υδάτων» στο Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, τους μήνες Μάρτιο έως Ιούνιο 1998.

Το θέμα της εργασίας επιλέχθηκε, αναλύθηκε και καταστρώθηκε πρόγραμμα δράσης, από τον υπεύθυνο του εργαστηρίου επίκουρο καθηγητή κ.Γ.Χώτο. Το θέμα αυτό ανήκει στις δραστηριότητες του εργαστηρίου αυτού, που τα τελευταία χρόνια έχει ασχοληθεί με την φυσιολογία και εκτροφή του γόνου των κεφαλοειδών.

Στην εκπόνηση της εργασίας αυτής συνέβαλαν ορισμένα άτομα των οποίων την προσφορά θέλουμε να τονίσουμε ιδιαίτερα.

Νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε θερμά, για την αμέριστη βοήθεια που μας πρόσφεραν με τις επιστημονικές τους παρατηρήσεις, τους καθηγητές του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου: Ν.Βλάχο, Κ.Βιδάλη και Κ.Ξένο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ

ΠΑΤΣΑΛΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ – ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ



ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 1999

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρόσληψη του οξυγόνου και η απελευθέρωση του διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν την αναπνοή, μία λέξη που ισχύει τόσο για έναν ολόκληρο οργανισμό όσο και για τις διαδικασίες στο κύτταρο. Τα ζώα προσλαμβάνουν οξυγόνο από το μέσο στο οποίο ζουν και αποδίδουν διοξείδιο του άνθρακα σ' αυτό.

Τα περισσότερα ζώα ικανοποιούν τις ενεργειακές τους απαιτήσεις με την οξείδωση των τροφών. Η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική λαμβάνοντας υπόψιν ότι η ενέργεια που παράγεται με την πλήρη οξείδωση των τροφών είναι 10-20 φορές μεγαλύτερη, σε σχέση με την χημική ενέργεια που παράγεται – από τις τροφές – απουσία οξυγόνου. Η οξείδωση των υδατανθράκων και των λιπών παρέχει διοξείδιο του άνθρακα και νερό σαν τελικά προϊόντα. Η οξείδωση των πρωτεϊνών παρέχει μικρά ποσά και άλλων τελικών προϊόντων επιπλέον του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού. Το νερό που σχηματίζεται κατά τις οξειδώσεις εισέρχεται στο γενικό απόθεμα του νερού στο σώμα, χωρίς να παρουσιάζεται κανένα πρόβλημα.

Όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν προσλαμβάνουν το απαραίτητο οξυγόνο με τον ίδιο τρόπο. Υπάρχουν οργανισμοί – κυρίως μικροί – που προσλαμβάνουν επαρκή ποσότητα οξυγόνου μέσω της γενικής σωματικής τους επιφάνειας, άλλοι οργανισμοί μέσω ειδικών αναπνευστικών οργάνων και άλλοι με συνδυασμό αυτών.

Το οξυγόνο που προσλαμβάνουν οι υδρόβιοι οργανισμοί, είναι το διαλελυμένο στο νερό ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Η πρόσληψη του οξυγόνου και η απελευθέρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό στηρίζεται στο φαινόμενο της διάχυσης δηλαδή στην μετακίνηση του αερίου σαν διαλελυμένη ουσία από υψηλότερη προς χαμηλότερη συγκέντρωση (O_2 εξωτ. > O_2 εσωτ., CO_2 εξωτ. < CO_2 εσωτ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 Περιγραφή και βιολογία των *Mugilidae*

Τα ψάρια που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα ήταν είδη της οικογένειας *Mugilidae* και συγκεκριμένα:

Mugil cephalus (Κέφαλος)

Mugil capito ή *Liza ramada* (Μαυράκι).

Το σώμα των ψαριών είναι ατρακτοειδές καλυμμένο από λέπια κυκλοειδή και κτενοειδή που υπάρχουν και στο κεφάλι, το οποίο είναι πεπιεσμένο. Αυτά τα ψάρια ζουν σε όλους τους ωκεανούς, σε θαλάσσιες περιοχές κοντά στις ακτές, σε λιμνοθάλασσες, ρεύματα και λίμνες. Είναι είδη ευρύαλα που εκτελούν μετακινήσεις από την θάλασσα στα γλυκά νερά. Είναι ως επί το πλείστον κοπαδιαστά και μένουν κοντά στον βυθό ψάχνοντας για την τροφή τους, που αποτελείται από οργανικές ουσίες που βρίσκονται στην λάσπη, φύκη και μικρά ασπόνδυλα.

Ο Κέφαλος (*Mugil cephalus*) έχει το χαρακτηριστικό λιπώδες βλέφαρο που καλύπτει το μάτι. Τα θωρακικά πτερύγια εάν αναδιπλωθούν δεν φθάνουν έως την οφθαλμική κόγχη. Στο θωρακικό πτερύγιο υπάρχει μία μαύρη κηλίδα, το χρώμα της ράχης είναι μπλε ή σχεδόν μαύρο, τα πλευρά ασημόχρωμα με επιμήκεις γκριζες γραμμές και στο στομάχι έχει δύο πυλωρικά τυφλά. Είναι ευρύθερμο και ευρύαλο μιας και ανέχεται αλατότητες από 4 - 40‰, αλλά ζει σε νερά με ενδιάμεσες τιμές αλατότητας έως την άνοιξη που μπαίνει σε υφάλμυρες λιμνοθάλασσες. Αναπαράγεται μεταξύ Ιουλίου και Σεπτεμβρίου στην χώρα μας.

Το μαυράκι (*Liza ramada*) φέρει μία χρυσίζουσα κηλίδα στο βραγχιακό επικάλυμμα και μία σκούρα κηλίδα στην βάση των θωρακικών πτερυγίων. Τα θωρακικά πτερύγια εάν αναδιπλωθούν φθάνουν στο πίσω μέρος της οφθαλμικής κόγχης ή το ξεπερνούν λίγο, έχει 6-9 πυλωρικά τυφλά ίσου μεγέθους. Το είδος αυτό ζει πολύ καλά σε γλυκό νερό, και αναπαράγεται από Οκτώβριο μέχρι Ιανουάριο.

1.2 Αναπνοή

Η αναπνοή των ψαριών περιλαμβάνει την πρόσληψη του οξυγόνου από το περιβάλλον με την ανταλλαγή αερίων, την χρησιμοποίηση στα μιτοχόνδρια των κυττάρων και την αποβολή των «άχρηστων» αερίων όπως διοξείδιο του άνθρακα στο περιβάλλον. Η αναπνοή παρέχει το απαραίτητο οξυγόνο για την αεροβική μετατροπή της ενέργειας των τροφών, σε χημικές ενώσεις υψηλής ενέργειας, όπως αυτές που σχηματίζονται κατά την μετατροπή της διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP) σε τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP).

Η ενέργεια που προμηθεύεται ο οργανισμός με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιείται για να διατηρηθεί στην ζωή ενώ παρέχει και την απαραίτητη ενεργειακή υποστήριξη για την κίνησή του, για την πέψη της τροφής, για την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και βοηθάει γενικά στην εκτέλεση όλων των λειτουργιών που απαιτούν ενέργεια.

1.3 Αναπνευστικό σύστημα

Το κατεξοχήν όργανο αναπνοής στα ψάρια είναι τα βράγχια που βρίσκονται μέσα στην βραγχιακή κοιλότητα – όταν αυτή υπάρχει – και επικαλύπτονται από το βραγχιακό επικάλυμμα. Το βράγχιο αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Βραγχιακό τόξο
- Βραγχιακές άκανθες
- Βραγχιακά νημάτια ή ελάσματα.

Τα βράγχια διακρίνονται σε εξωτερικά ή εσωτερικά ανάλογα με το εάν περικλείονται ή όχι σε μία βραγχιακή κοιλότητα.

- Εξωτερικά βράγχια: Τα συναντάμε σε ζώα που είναι μεταβολικά ήρεμα και ζουν σε νερά που οξυγονώνονται καλά. Παραδείγματα ζώων που φέρουν εξωτερικά βράγχια είναι τα περισσότερα εχينوειδή, πολύχαιτοι όπως το *Spirographis* και *Arenicola* όπως και οι προνύμφες ορισμένων ψαριών (χονδροιχθύες). Τα εξωτερικά έχουν ορισμένα μειονεκτήματα όπως:
 1. Η εύκολη φθορά τους
 2. Η πρόκληση καταβροχθιστών
 3. Η αύξηση της αντίστασης στην κίνηση του ψαριού
 4. Δεν υπάρχει συνεχής αερισμός.

- Εσωτερικά βράγχια: Τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών βραγχίων είναι:
 1. Η μεγάλη επιφάνεια των βραγχίων σκεπασμένη σε μία βραγχιακή κοιλότητα.
 2. Υπάρχει μηχανισμός διαρκούς κατιονισμού των βραγχίων με νερό.
 3. Η ροή νερού – αίματος είναι αντίθετες.Συναντάται στους οστεϊχθύες, στα ελασματοβράγχια, στα κεφαλόποδα και στα δεκάποδα.

Σε μικρό αριθμό ειδών ψαριών χρησιμοποιείται σαν αναπνευστικό όργανο η αεροφόρος κύστη, είτε σαν πνεύμονας είτε σαν αποθηκευτικός χώρος οξυγόνου. Η αεροφόρος κύστη είναι ένα ασκοειδές όργανο με λεπτά τοιχώματα και βρίσκεται στο επάνω μέρος της γαστρικής κοιλότητας κάτω από τους νεφρούς. Όταν χρησιμοποιείται σαν όργανο αναπνοής παρουσιάζει πλούσιο αγγειακό σύστημα. Το σχήμα και το μέγεθος ποικίλλει στα διάφορα είδη ψαριών.

Ένα ακόμα αναπνευστικό όργανο που συναντάται σε ορισμένα ψάρια και σε μικρά χερσόβια ασπόνδυλα είναι οι πνεύμονες. Πρόκειται για ειδικά εσωτερικά όργανα αναπνοής με μορφή αγγειοβριθούς αεροφόρου σάκου.

1.4 Είδη αναπνοής

1. Δερμική αναπνοή

Η δερμική αναπνοή χωρίζεται σε άμεσης και έμμεσης διάχυσης, ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ του οργανισμού και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

1.α. Δερμική αναπνοή άμεσης διάχυσης

Για μικρούς υδρόβιους οργανισμούς όπως τα πρωτόζωα και τα τροχόζωα, το οξυγόνο εισέρχεται κατευθείαν με διάχυση από το εξωτερικό περιβάλλον μέσα στα κύτταρα, όπου και χρησιμοποιείται, εφόσον όλες οι κυτταρικές επιφάνειες είναι περατές από το οξυγόνο ακόμα και εκείνες που είναι λίγο περατές από το νερό. Σε μεγαλύτερους οργανισμούς, που διαθέτουν ιστούς οι οποίοι απέχουν περισσότερο από 0,5mm. από την επιφάνεια, απαιτείται η ύπαρξη ενός μηχανισμού για την μεταφορά του οξυγόνου στο εσωτερικό του (π.χ. κυκλοφορικό σύστημα), εκτός και εάν ο μεταβολισμός είναι ιδιαίτερα χαμηλός οπότε και οι απαιτήσεις σε οξυγόνο μικρές.

1.β. Δερμική αναπνοή έμμεσης διάχυσης

Η ανταλλαγή αερίων γίνεται μέσω ενός αποτελεσματικού κυκλοφορικού συστήματος από υδρόβιους οργανισμούς μεγαλύτερους από αυτούς που αναφέρθηκαν στην άμεση διάχυση. Η δερμική αναπνοή έμμεσης διάχυσης διακρίνεται σε αποκλειστική και συμπληρωματική.

- Αποκλειστική: Την χρησιμοποιούν αποκλειστικά οργανισμοί με χαμηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο όπως οι ολιγόχαιτοι δακτυλιοσκόκληκες, η βδέλλα και μερικές προνύμφες ψαριών.
- Συμπληρωματική: Η δερμική αναπνοή χρησιμοποιείται συμπληρωματικά προς τους πνεύμονες ή τα βράγχια, από κάποιες κατηγορίες υδρόβιων οργανισμών, όπως το κοινό χέλι (*Anguilla anguilla*).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η δερμική αναπνοή επιτυγχάνεται μόνο όταν η επιφάνεια του σώματος είναι υγρή, λεπτή και διαπερατή. Αυτό όμως θέτει σοβαρούς περιορισμούς διότι: α) ο κίνδυνος αφυδάτωσης στο χερσαίο περιβάλλον είναι προφανής και η προσθήκη χιτίνης στην επιδερμίδα, που προστατεύει από την απώλεια νερού, ελαττώνει την δερμική αναπνοή, β) οι μαλακές εξωτερικές επιφάνειες είναι τρωτές

στους καταβροχθιστές και εύκολα υπόκεινται σε φθορά και γ) τα προβλήματα ισοζυγίου ηλεκτρολυτών και νερού αυξάνουν ανάλογα με τον βαθμό διαπερατότητας της επιφάνειας.

2. Πνευμονική αναπνοή

Η πνευμονική αναπνοή γίνεται με ειδικά εσωτερικά όργανα, που έχουν την μορφή αγγειοβριθούς σάκου, τους πνεύμονες. Επίσης υπάρχει κυκλοφορικό σύστημα προορισμένο για την μεταφορά των αερίων της αναπνοής. Οι πνεύμονες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Πνεύμονες διάχυσης: όπου η ανταλλαγή των αερίων με τον περιβάλλοντα αέρα γίνεται μόνο με διάχυση (μικρά χερσόβια ασπόνδυλα).
- Πνεύμονες αερισμού: όπου με κινήσεις των μυών αντλείται αέρας στους πνεύμονες (αμφίβια, ερπετά, πτηνά, θηλαστικά και ορισμένα είδη ψαριών).

3. Βραγχιακή αναπνοή

Τα βράγχια των ψαριών είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να χωρίζουν δύο θαλάμους, τον στοματοφαρυγγικό και τον επικαλυμματικό θάλαμο. Η πίεση σε κάθε θάλαμο παίρνει θετική ή αρνητική τιμή, ανάλογα με το εάν είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη της πίεσης του νερού στον περιβάλλοντα χώρο. Η αυξομείωση της πίεσης στους θαλάμους επιτυγχάνεται με κινήσεις του στόματος και των βραγχιακών επικαλυμμάτων ώστε να μικραίνει ή να μεγαλώνει ο χώρος σε κάθε θάλαμο και να αυξάνεται ή να μειώνεται η πίεση σε αυτόν. Για να επιτυγχάνεται η συνεχής κυκλοφορία του νερού, η πίεση στον στοματοφαρυγγικό θάλαμο πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ότι στον επικαλυμματικό θάλαμο και αυτή (η πίεση στον επικαλυμματικό θάλαμο) μεγαλύτερη της πίεσης του περιβάλλοντος νερού.

Η ανταλλαγή των αερίων γίνεται στα ελάσματα των βραγχιακών νηματίων ανάμεσα στο νερό και στο αίμα που κινούνται παράλληλα αλλά προς αντίθετες κατευθύνσεις (αρχή αντίθετης ροής). Το αίμα καθώς κυλά στα ελάσματα παραλαμβάνει συνεχώς περισσότερο οξυγόνο, εφόσον συναντά διαρκώς νερό με υψηλότερη συγκέντρωση οξυγόνου. Έτσι και το εξερχόμενο νερό, το οποίο έχει χάσει το περισσότερο από το οξυγόνο το οποίο είχε, συνεχίζει να προσφέρει οξυγόνο εφόσον συναντά αίμα με χαμηλή συγκέντρωση σε οξυγόνο. Τελικά το οξυγόνο που φεύγει

από τα βράγχια έχει χάσει το 80-90% της αρχικής ποσότητας οξυγόνου που είχε.

1.5 Μεταβολισμός

Μεταβολισμός είναι η ελεγχόμενη διεργασία παραγωγής ενέργειας από την τροφή. Ο μεταβολισμός διακρίνεται σε αερόβιο και αναερόβιο ανάλογα με το εάν η παραγωγή χημικής ενέργειας από την τροφή γίνεται παρουσία ή όχι οξυγόνου.

Για την μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού χρησιμοποιούνται δύο βασικές μέθοδοι, η άμεση και η έμμεση θερμιδομετρία.

- Η άμεση θερμιδομετρία δηλαδή η μέτρηση της παραγωγής θερμότητας (η οποία παράγεται από τις αντιδράσεις μεταβολισμού) χρησιμοποιείται για πουλιά και θηλαστικά. Σπάνια χρησιμοποιείται για ψάρια διότι η παραγωγή θερμότητας των ψαριών είναι πολύ μικρή σχετικά με την μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού.
- Ο έμμεσος τρόπος μέτρησης του μεταβολισμού είναι η μέτρηση της κατανάλωσης του οξυγόνου, που εφαρμόζεται κυρίως στα ψάρια, επειδή το διαλελυμένο οξυγόνο στο νερό μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα (μέθοδος Winkler, μέτρηση του όγκου ή της πίεσης του αερίου και με ευαίσθητα ηλεκτρόδια). Ωστόσο η μέτρηση της κατανάλωσης του οξυγόνου είναι ακριβής μέτρηση του συνολικού μεταβολισμού μόνο όταν οι αναερόβιες συνεισφορές είναι ασήμαντες.

1.6 Είδη μεταβολισμού

Ο μεταβολισμός δεν είναι σταθερός πάντα και εξαρτάται από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο οργανισμός. Ανάλογα με την κατάσταση του οργανισμού διακρίνονται τα εξής είδη μεταβολισμού:

- **Βασικός μεταβολισμός**, που καταγράφεται όταν ο οργανισμός είναι σε ανάπαυση, δηλαδή όταν έχει την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση οξυγόνου στην μονάδα του χρόνου, για να διατηρηθεί στην ζωή.
- **Συνήθης μεταβολισμός**, που καταγράφεται όταν ο οργανισμός εμφανίζει την συνήθη δραστηριότητά του.
- **Μεταβολισμός διατροφής**, ο οποίος καταγράφεται σε οργανισμούς που μόλις έχουν φάει.
- **Ενεργός μεταβολισμός**, που καταγράφεται σε οργανισμούς που παρουσιάζουν έντονη δραστηριότητα.

1.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τον μεταβολισμό

Οι παράγοντες που θα αναφερθούν επηρεάζουν την αναπνοή ενός οργανισμού, την κατανάλωση του οξυγόνου και ως εκ τούτου τον μεταβολικό ρυθμό του οργανισμού. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- **Μέγεθος σώματος**, η αύξηση του οποίου προκαλεί μείωση του μεταβολικού ρυθμού ανά μονάδα βάρους και το αντίστροφο.
- **Διατροφή**, η οποία προκαλεί τη θερμιδογόνο επίδραση, σύμφωνα με την οποία η κατανάλωση του οξυγόνου αυξάνεται αμέσως μετά την λήψη τροφής για να ελαττωθεί λίγο αργότερα.
- **Θερμοκρασία**, αύξηση της οποίας συνοδεύεται από αυξημένο μεταβολικό ρυθμό του οργανισμού.
- **Συγκέντρωση οξυγόνου**, αύξηση της οποίας προκαλεί και αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου και του μεταβολικού ρυθμού. Έτσι τα ψάρια που ζουν σε στάσιμα νερά και όχι καλά οξυγονωμένα, επιτυγχάνουν οξυγόνωση του αίματός τους με μικρότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου. Επίσης τα ψάρια όταν βρεθούν σε νερό με χαμηλή συγκέντρωση σε οξυγόνο μειώνουν τις απαιτήσεις τους σε αυτό.
- **Δραστηριότητα**, η κίνηση ενός οργανισμού οδηγεί σε αύξηση του μεταβολισμού πάνω από τον μεταβολικό ρυθμό.
- **Αλατότητα**, αλλαγές της οποίας προκαλούν και αλλαγές στην κατανάλωση οξυγόνου, επειδή επηρεάζουν την συμπεριφορά και την φυσιολογία των υδρόβιων οργανισμών.

Στα πειράματα που έγιναν στο Respirometer, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο η θερμοκρασία του νερού και το μέγεθος των ψαριών, επηρεάζουν την κατανάλωση οξυγόνου και κατ'επέκταση τον μεταβολισμό. Στα πειράματα που έγιναν στα ενυδρεία εξετάζεται η μεταβολή της κατανάλωσης οξυγόνου από το σύστημα, με και χωρίς την χορήγηση τροφής στο σύστημα. Επίσης τα πειράματα στα ενυδρεία σε σχέση με το πρώτο πείραμα έγιναν σε διαφορετικές συνθήκες ανανέωσης του νερού και παροχής οξυγόνου στο νερό και μπορούμε να παρατηρήσουμε την μεταβολή του μεταβολικού ρυθμού σε σχέση με την συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας δεν περιλαμβάνεται ο έλεγχος της κατανάλωσης του οξυγόνου σε σχέση με την αλατότητα που ήταν σταθερή, ούτε σε σχέση με την δραστηριότητα εφόσον πάντα μετρούσαμε τον συνήθη μεταβολισμό στο Respirometer.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Πρόλογος

Τα ψάρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: *Liza ramada* (*Mugil capito*) και *Mugil cephalus*, βάρους από 0,9gr. έως 4,0gr. ανάλογα με το πείραμα στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν. Τα ψάρια προήλθαν από ελεύθερη αλιεία γόνου στον νομό Αιτωλοακαρνανίας και μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου όπου παρέμειναν στο εργαστήριο ένα μήνα πριν την έναρξη των πειραμάτων.

2.2 Περιγραφή πειραμάτων

Η εργασία που έγινε χωρίζεται σε δύο ενότητες:

α) Μέτρηση του μεταβολισμού των ψαριών σε σχέση με την θερμοκρασία και το βάρος αυτών, μέσω της κατανάλωσης του οξυγόνου. Οι μετρήσεις έγιναν σε απόλυτα πειραματικές συνθήκες, με την χρήση respirometer, απομονώνοντας τα ψάρια από παράγοντες όπως φύκη, πλαγκτό, αμμωνία και τα παράγωγά της που θα επηρέαζαν τις μετρήσεις. Οι μετρήσεις έγιναν με την χρήση ηλεκτροδίου και όχι με μεθόδους όπως η μέτρηση της μερικής πίεσης του αερίου ή του όγκου του.

β) Μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου σε ένα ενυδρείο με συγκεκριμένο είδος ψαριών. Οι μετρήσεις έγιναν με παροχή τροφής και χωρίς παροχή τροφής προκειμένου να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο επηρεάζει την κατανάλωση οξυγόνου. Οι μετρήσεις έγιναν πάλι με χρήση ηλεκτροδίου.

2.3 Σκοπός και διαφορές μεταξύ των δύο πειραμάτων.

Ο σκοπός των δύο πειραμάτων ήταν διαφορετικός. Το πείραμα (α) έγινε για να μετρήσουμε απόλυτα τον μεταβολισμό των ψαριών σε σχέση με την θερμοκρασία και το βάρος αυτών. Τα αποτελέσματα της μέτρησης του οξυγόνου τέθηκαν σε σχέση με τα γραμμάρια του ζώντος βάρους. Το πείραμα (β) έγινε για να υπολογίσουμε την συνολική κατανάλωση οξυγόνου στο περιβάλλον διαβίωσης των ψαριών και να την θέσουμε σε σχέση με τα γραμμάρια ζώντος βάρους.

2.4 Πείραμα με χρήση respirometer.

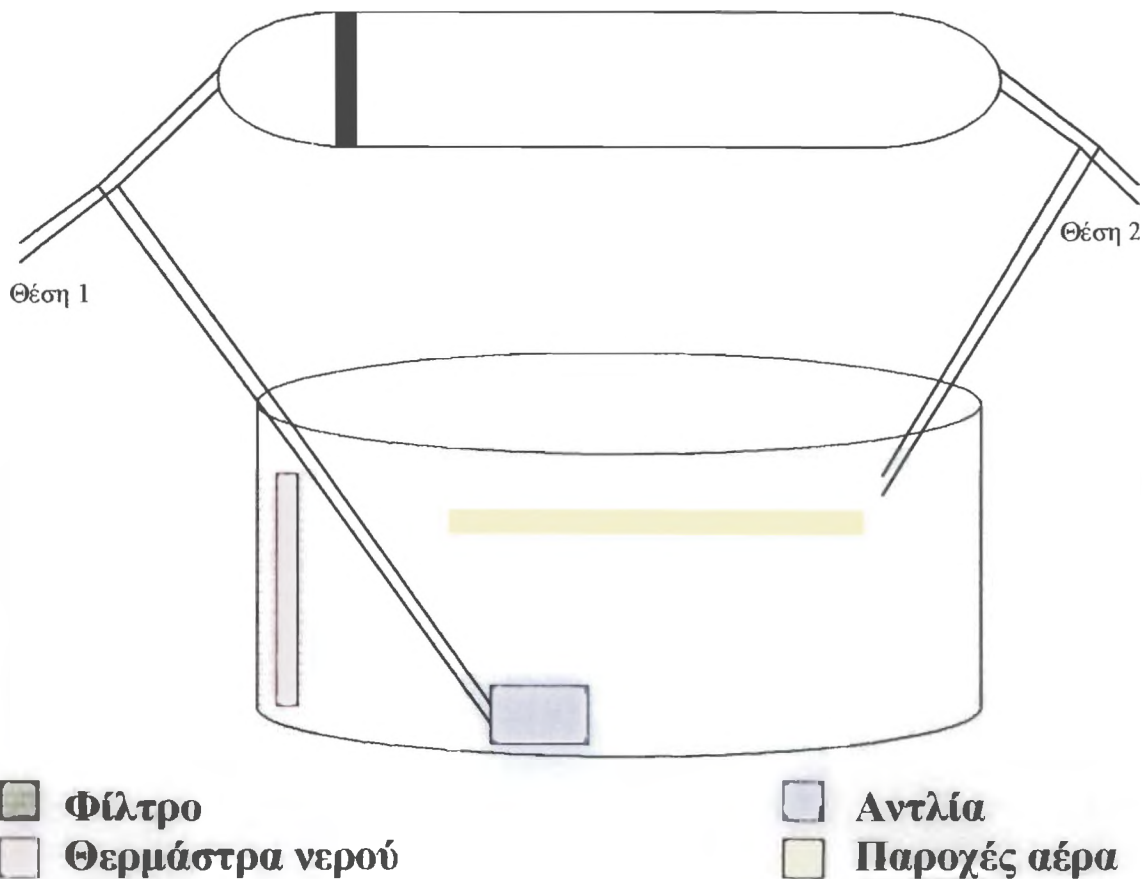
2.4.1 Όργανα και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν.

Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

- Αναπνεόμετρο (respirometer)
- Οξυγονόμετρο
- Θερμόμετρο
- Θερμάστρα νερού
- Παροχή οξυγόνου
- Αντλία νερού
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Φιαλίδια δειγματοληψίας (250ml.)
- Ογκομετρικός κύλινδρος
- Ζυγός ακριβείας
- Χρονόμετρο
- Βοηθητικά ενυδρεία
- Δεξαμενή νερού

2.4.2 Περιγραφή και τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Το σύστημα αποτελείται από δύο κύρια μέρη: Τον κύλινδρο (respirometer) και την δεξαμενή νερού (βλ. σχ.). Το νερό της δεξαμενής οξυγονώνεται από τις παροχές αέρα και μέσω της θερμάστρας επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία. Με την βοήθεια της αντλίας το νερό από την δεξαμενή μέσω σωλήνων φθάνει στον κύλινδρο και περνάει από το φίλτρο όπου γίνεται η κατακράτηση υλικών. Το νερό επιστρέφει στην δεξαμενή από τον σωλήνα εξόδου. Αυτή η διαδικασία είναι συνεχής.



Θέση 1: Σωλήνας δειγματοληψίας εισόδου

Θέση 2: Σωλήνας δειγματοληψίας εξόδου

2.4.3 Διαδικασία πειράματος

- Με την βοήθεια νερού υπεραλατότητας φτιάχναμε νερό αλατότητας 10 ‰ για την δεξαμενή του πειράματος. Το νερό ήταν πάντα καλής ποιότητας ώστε να επιτυγχάνετε μείωση του stress των ψαριών στο ελάχιστο.
- Κατόπιν γίνονταν συλλογή 20 περίπου ψαριών από τις δεξαμενές. Τα ψάρια αναισθητοποιούνταν με αναισθητικό MS-222, ζυγίζονταν με όργανο ακριβείας και γίνονταν η επιλογή 6 από αυτών που ικανοποιούσαν τις ανάγκες του πειράματος. Τα ψάρια εισέρχονταν σε ενυδρείο με καθαρό νερό για να επανέλθουν από την αναισθησία.
- Όταν τα ψάρια επανέρχονταν, τα 6 που είχαν επιλεγεί στοκάρονταν σε ενυδρεία με θερμάστρες. Σταδιακά επιτυγχάνονταν η επιθυμητή θερμοκρασία του πειράματος έτσι ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερο εγκλιματισμό. Με τον σωστό εγκλιματισμό, τον έλεγχο της αμμωνίας και των παραγώγων της μειώνεται το stress των ψαριών. Παράλληλα υποβάλλονταν σε νηστεία τουλάχιστον για 24 ώρες για την πλήρη απέκκριση των προϊόντων του μεταβολισμού.
- Συγχρόνως ρυθμίζονταν η θερμοκρασία στην δεξαμενή του πειράματος και δίδονταν ιδιαίτερη προσοχή στον επαρκή αερισμό του νερού.
- Την επόμενη ημέρα τα ψάρια εισάγονταν στον κύλινδρο με ειδική προσοχή στους χειρισμούς για την αποφυγή τραυματισμών. Τα ψάρια αφήνονταν να ηρεμήσουν για αρκετό χρονικό διάστημα πριν προχωρήσουμε στις μετρήσεις. Ταυτόχρονα ρυθμίζονταν η παροχή του νερού, η οποία μετρούταν με χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου και χρονομέτρου.
- Ακολούθησε η δειγματοληψία. Ταυτόχρονα από τον σωλήνα δειγματοληψίας εισόδου και εξόδου παίρναμε δείγμα νερού, προσέχοντας να μην δημιουργούμε φυσαλίδες και ανάδευση του νερού. Τα φιαλίδια μεταφέρονταν αμέσως στο μαγνητικό αναδευτήρα, όπου με την βοήθεια οξυγονομέτρου, μετρούσαμε την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο. Η διαδικασία της δειγματοληψίας και της μέτρησης επαναλαμβάνονταν πέντε φορές, για ασφαλέστερα συμπεράσματα. Η διαφορά των τιμών στα φιαλίδια εισόδου – εξόδου αποτελούσε την κατανάλωση του οξυγόνου.
- Μετά την διαδικασία των μετρήσεων βγάξαμε τα ψάρια από τον κύλινδρο και τα τοποθετούσαμε σε ενυδρεία για τον εγκλιματισμό τους πριν την επιστροφή τους στις αρχικές δεξαμενές.
- Επειδή κατά την διάρκεια του πειράματος να είχαν αναπτυχθεί μικροοργανισμοί – ειδικά σε πειράματα υψηλών θερμοκρασιών – οι οποίοι μπορούσαν να επηρεάσουν το οξυγόνο του συστήματος,

ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία: Μετά την αφαίρεση των ψαριών από το σύστημα αυτό συνέχιζε να λειτουργεί χωρίς τα ψάρια. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, ανάλογα με την ροή, κάναμε δειγματοληψίες και μετρήσεις με τον τρόπο που προαναφέραμε, για να βρούμε εάν η ανάπτυξη αυτών των οργανισμών επηρέασε (θετικά ή αρνητικά και κατά πόσο) το οξυγόνο του συστήματος. Για να ορίσουμε αυτήν την ποσότητα του οξυγόνου χρησιμοποιήσαμε το σύμβολο Z.

- Στους σωλήνες εισόδου – εξόδου καθώς και στα τοιχώματα του κυλίνδρου είναι πιθανό να αναπτυχθεί μικροβιακό φορτίο που μπορεί να επηρεάσει το σύστημα. Έτσι απαιτείται συχνός καθαρισμός του συστήματος. Μετά από κάθε πείραμα το σύστημα (κύλινδρος – σωλήνες – δεξαμενή) πλένονταν σχολαστικά.

2.4.4 Αποτελέσματα

A. ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τύποι:

$$\left. \begin{array}{l} K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 \quad \textcircled{1} \\ K_M = \Pi_2 \cdot Z \quad \textcircled{2} \\ K_{\Psi} = \frac{K_{\Sigma} - K_M}{\Sigma \beta_{\mu}} \quad \textcircled{3} \end{array} \right\} \textcircled{1}, \textcircled{2}, \textcircled{3} \rightarrow K_{\Psi} = \frac{(\Pi_1 \cdot \Delta O_2) - (\Pi_2 \cdot Z)}{\Sigma \beta_{\mu}}$$

Όπου:

K_{Σ} : Κατανάλωση οξυγόνου του συστήματος (mg.O₂/min)

Π_1 : Παροχή νερού σ' αυτή την μέτρηση (lt./min)

ΔO_2 : Διαφορά οξυγονόμετρου σ' αυτή την μέτρηση (mg.O₂/lt.)

K_M : Κατανάλωση οξυγόνου που οφείλεται σε μικρο-οργανισμούς του συστήματος. Σε περίπτωση που οι μικροοργανισμοί παρέχουν οξυγόνο στο σύστημα τότε το K_M είναι αρνητικό. (mg.O₂/min)

Π_2 : Παροχή νερού σ' αυτή την μέτρηση (lt./min)

Z : Διαφορά οξυγονόμετρου σ' αυτή την μέτρηση (mg.O₂/lt.)

K_{Ψ} : Κατανάλωση οξυγόνου από τα ψάρια, εκφραζόμενη ανά gr. βάρους των ψαριών. (mg.O₂/min * gr)

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 1,007gr. Σε θερμοκρασία: 20°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης
οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π1 (lt./min.)	T (°C)
10	0,152	20
10	0,152	20
10	0,152	20
10	0,152	20
10	0,152	20

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
9,1	8,9	0,2
9,3	9,05	0,25
9,1	8,8	0,3
9,2	9	0,2
9,3	9,1	0,2

Μέσοι Όροι :

9,2	8,97	0,23
-----	------	------

$$K_S = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,035 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π2 (lt./min.)	T (°C)
10	0,09	20
10	0,09	20
10	0,09	20

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
9	8,9	0,1
9,1	9	0,1
9	8,9	0,1

Μέσοι Όροι :

0,1

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,009 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_\Psi = K_S - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00431 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr. ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 1,007 gr. Σε θερμοκρασία: 23 °C

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₁ (lt./min.)	T (°C)
10	0,2	23
10	0,2	23
10	0,2	23
10	0,2	23
10	0,2	23

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
8,2	7,8	0,4
8,3	8	0,3
8,4	8	0,4
8,2	8	0,2
8,2	8	0,2

Μέσοι Όροι :

8,26	7,96	0,3
------	------	-----

$$K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,06 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₂ (lt./min.)	T (°C)
10	0,056	23
10	0,056	23
10	0,056	23

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
8,1	7,8	0,3
8,2	8	0,2
8,2	8,1	0,1

Μέσοι Όροι :

0,2

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,0112 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_{\Sigma} - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00807 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr. ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 1,007 gr. Σε θερμοκρασία: 26°C

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₁ (lt./min.)	T (°C)
10	0,172	26
10	0,172	26
10	0,172	26
10	0,172	26
10	0,172	26

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7,3	7	0,3
7,7	7,1	0,6
7,5	7,1	0,4
7,5	7,1	0,4
7,5	7,2	0,3

Μέσοι Όροι :

7,5	7,1	0,4
-----	-----	-----

$$K_S = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,0688 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₂ (lt./min.)	T (°C)
10	0,06	26
10	0,06	26
10	0,06	26

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
7,4	7,3	0,1
7,2	6,9	0,3
7,2	7	0,2

Μέσοι Όροι :

0,2

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,012 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_\Psi = K_S - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,0094 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr.ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*
Μέσου βάρους: 1,007 gr. Σε θερμοκρασία: 29°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης
οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007
<i>Liza ramada</i>	6	1,007

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π1 (lt./min.)	T (°C)
10	0,34	29
10	0,34	29
10	0,34	29
10	0,34	29
10	0,34	29

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7,2	7	0,2
7,2	6,8	0,4
7,1	7	0,1
7,1	6,9	0,2
7,1	7	0,1

Μέσοι Όροι :

7,14	6,94	0,2
------	------	-----

$$K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,068 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π2 (lt./min.)	T (°C)
10	0,1	29
10	0,1	29
10	0,1	29

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
7,3	7,2	0,1
7	6,9	0,1
7	6,9	0,1

Μέσοι Όροι :

0,1

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,01 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_{\Sigma} - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,0096 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr.ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,03 gr. Σε θερμοκρασία: 20 °C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π1 (lt./min.)	T (°C)
10	0,173	20
10	0,173	20
10	0,173	20
10	0,173	20
10	0,173	20

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔΟ ₂
8,3	8	0,3
8,5	8,15	0,35
8,5	8,1	0,4
8,55	8,15	0,4
8,5	8,2	0,3

Μέσοι Όροι :

8,47	8,12	0,35
------	------	------

$$K_S = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,06055 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (Κ_Μ)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π2 (lt./min.)	T (°C)
10	0,064	20
10	0,064	20
10	0,064	20

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
8,4	8,1	0,3
8,4	8,3	0,1
8,3	7,95	0,35

Μέσοι Όροι :

0,25

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,016 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (Κ_Ψ) :

$$K_\Psi = K_S - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00365 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr.ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρος: 2,03 gr. Σε θερμοκρασία: 23°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή.

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρος (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₁ (lt./min.)	T (°C)
10	0,156	23
10	0,156	23
10	0,156	23
10	0,156	23
10	0,156	23

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7,6	7,1	0,5
7,6	7,2	0,4
7,6	7,1	0,5
7,6	7,1	0,5
7,7	7,1	0,6

Μέσοι Όροι :

7,62	7,12	0,5
------	------	-----

$$K_S = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,078 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₂ (lt./min.)	T (°C)
10	0,09	23
10	0,09	23
10	0,09	23

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
7,5	7,25	0,25
7,5	7,3	0,2
7,4	7,25	0,15

Μέσοι Όροι :

0,2

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,018 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_S - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00493 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr. ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,03 gr. Σε θερμοκρασία: 26°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π1 (lt./min.)	T (°C)
10	0,208	26
10	0,208	26
10	0,208	26
10	0,208	26
10	0,208	26

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7,3	7	0,3
7,3	6,9	0,4
7,4	6,9	0,5
7,3	6,9	0,4
7,4	7	0,4

Μέσοι Όροι :

7,34	6,94	0,4
------	------	-----

$$K_S = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,0832 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π2 (lt./min.)	T (°C)
10	0,04	26
10	0,04	26
10	0,04	26

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
7,2	6,9	0,3
7,2	6,9	0,3
7,2	6,9	0,3

Μέσοι Όροι :

0,3

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,012 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_\Psi = K_S - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00584 \text{ (mg.O}_2\text{/min}^* \text{gr. ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,03 gr. Σε θερμοκρασία: 29°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03
<i>Liza ramada</i>	6	2,03

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π1 (lt./min.)	T (°C)
10	0,282	29
10	0,282	29
10	0,282	29
10	0,282	29
10	0,282	29

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7	6,6	0,4
6,9	6,4	0,5
6,8	6,5	0,3
6,8	6,4	0,4
6,9	6,6	0,3

Μέσοι Όροι :

6,88	6,5	0,38
------	-----	------

$$K_E = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,10716 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π2 (lt./min.)	T (°C)
10	0,095	29
10	0,095	29
10	0,095	29

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
6,8	6,6	0,2
6,8	6,55	0,25
6,9	6,75	0,15

Μέσοι Όροι :

0,2

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,019 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_\Psi = K_E - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00724 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr.ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,96 gr. Σε θερμοκρασία: 20°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₁ (lt./min.)	T (°C)
10	0,117	20
10	0,117	20
10	0,117	20
10	0,117	20
10	0,117	20

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
8,5	8	0,5
8,4	8,1	0,3
8,5	8,05	0,45
8,5	8,1	0,4
8,4	7,9	0,5

Μέσοι Όροι :

8,46	8,03	0,43
------	------	------

$$K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,05031 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₂ (lt./min.)	T (°C)
10	0,087	20
10	0,087	20
10	0,087	20

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
8,4	8,3	0,1
8,4	8,15	0,25
8,3	8,2	0,1

Μέσοι Όροι :

0,15

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,013 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_{\Sigma} - K_M / \Sigma. \text{ βιομάζα} = 0,0021 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr. ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,96 gr. Σε θερμοκρασία: 23°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₁ (lt./min.)	T (°C)
10	0,2	23
10	0,2	23
10	0,2	23
10	0,2	23
10	0,2	23

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7,7	7,4	0,3
7,7	7,45	0,25
7,8	7,5	0,3
7,9	7,5	0,4
7,9	7,4	0,5

Μέσοι Όροι :

7,8	7,4	0,35
-----	-----	------

$$K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,07 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₂ (lt./min.)	T (°C)
10	0,04	23
10	0,04	23
10	0,04	23

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
7,7	7,5	0,2
7,8	7,6	0,2
7,8	7,45	0,35

Μέσοι Όροι :

0,25

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,01 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_{\Sigma} - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00338 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr.ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,96 gr. Σε θερμοκρασία: 26°C

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης οξυγόνου στα κεφαλοειδή.

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₁ (lt./min.)	T (°C)
10	0,235	26
10	0,235	26
10	0,235	26
10	0,235	26
10	0,235	26

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔO ₂
7,7	7,4	0,3
7,7	7,4	0,3
7,7	7,2	0,5
7,5	7,1	0,4
7,4	7	0,4

Μέσοι Όροι :

7,6	7,22	0,38
-----	------	------

$$K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,0893 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (K_M)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π ₂ (lt./min.)	T (°C)
10	0,05	26
10	0,05	26
10	0,05	26

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
7,6	7,3	0,3
7,7	7,35	0,35
7,7	7,45	0,25

Μέσοι Όροι :

0,3

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,015 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (K_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_{\Sigma} - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,00418 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr. ψαριών)}$$

Μέτρηση κατανάλωσης Οξυγόνου στο είδος *Liza ramada*

Μέσου βάρους: 2,96 gr. Σε θερμοκρασία: 29°C

Ιχθύδια		
Είδος	Αριθ.	Μ.βάρους (gr.)
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96
<i>Liza ramada</i>	6	2,96

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π1 (lt./min.)	T (°C)
10	0,16	29
10	0,16	29
10	0,16	29
10	0,16	29
10	0,16	29

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	ΔΟ ₂
7	6,3	0,7
6,8	6,2	0,6
7,1	6,4	0,7
6,7	6,2	0,5
6,9	6,4	0,5

Μέσοι Όροι :

6,9	6,3	0,6
-----	-----	-----

$$K_{\Sigma} = \Pi_1 \cdot \Delta O_2 = 0,096 \text{ (mg./min.)}$$

Μέτρηση ποσότητας Οξυγόνου οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς (Κ_Μ)

Συνθήκες πειράματος		
S‰	Π2 (lt./min.)	T (°C)
10	0,08	29
10	0,08	29
10	0,08	29

Συγκέντρωση Οξυγόνου(mg./lt.)		
Είσοδος	Έξοδος	Z
6,9	6,7	0,2
6,9	6,6	0,3
6,7	6,6	0,1

Μέσοι Όροι :

0,2

$$K_M = \Pi_2 \cdot Z = 0,016 \text{ (mg./min.)}$$

Κατανάλωση Οξυγόνου από τα ψάρια (Κ_Ψ) :

$$K_{\Psi} = K_{\Sigma} - K_M / \Sigma \text{ βιομάζα} = 0,0045 \text{ (mg.O}_2\text{/min*gr.ψαριών)}$$

2.4.5 Σχόλια – Συμπεράσματα

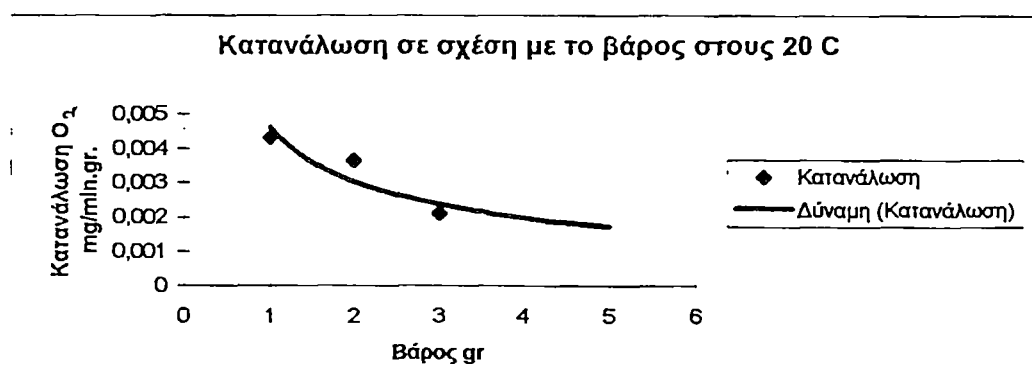
Τα πειράματα έγιναν σε ψάρια βάρους από 1gr. έως 3gr. με απόκλιση για κάθε κατηγορία ψαριών $\pm 0,05$ gr. και σε θερμοκρασίες με εύρος από 20°C – 29°C .

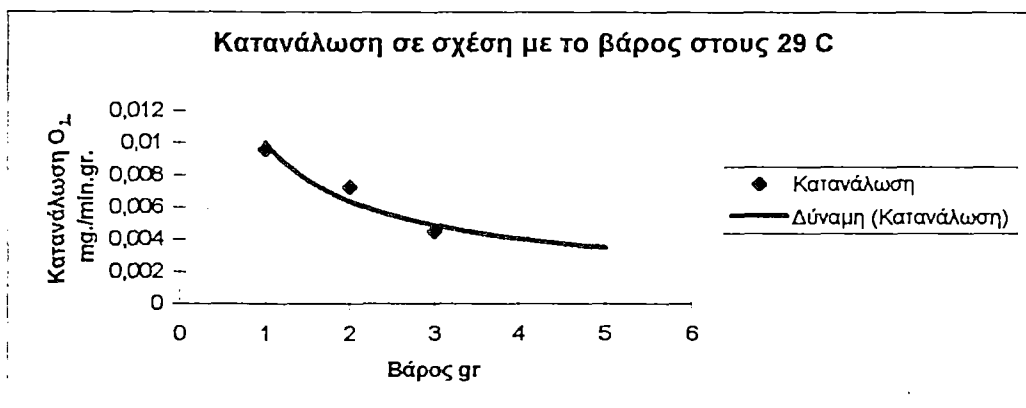
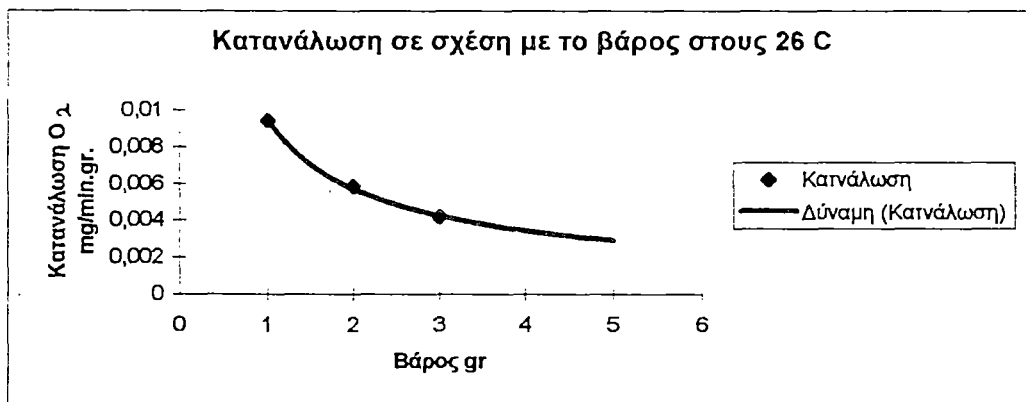
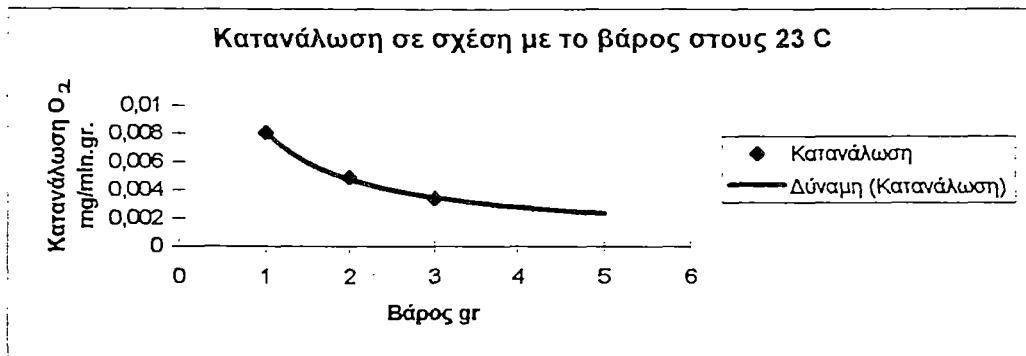
Οι τιμές της κατανάλωσης κυμαίνονταν:

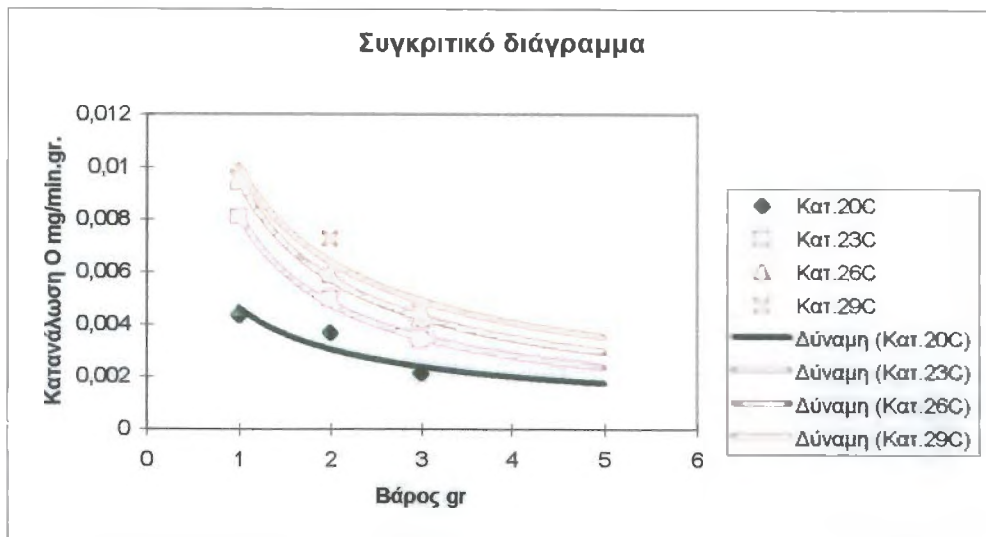
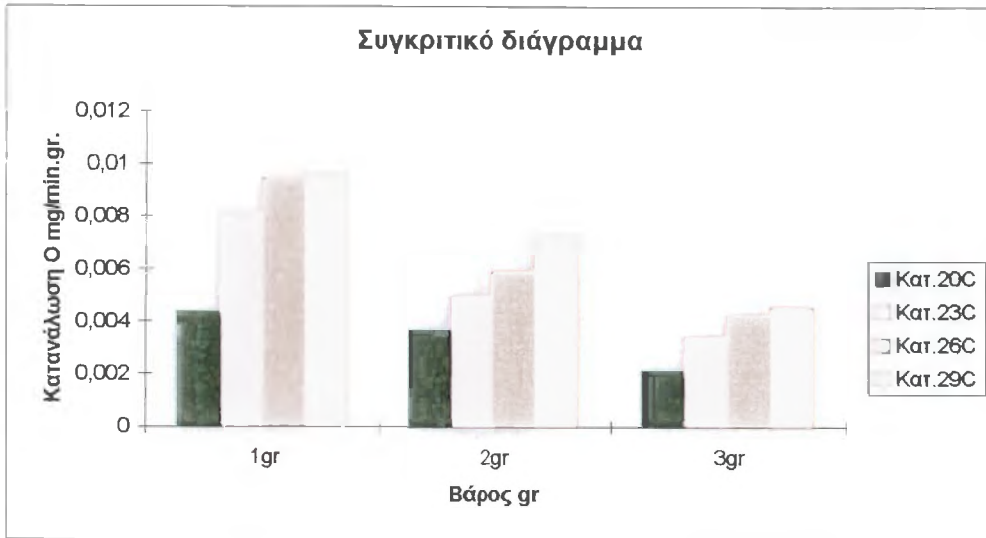
- Για τα ψάρια 1gr. από $4,31 \cdot 10^{-3} \text{mg O}_2/\text{min} \cdot \text{gr}$. στους 20°C
έως $9,60 \cdot 10^{-3} \text{mg O}_2/\text{min} \cdot \text{gr}$. στους 29°C
- Για τα ψάρια 2gr. από $3,65 \cdot 10^{-3} \text{mg O}_2/\text{min} \cdot \text{gr}$. στους 20°C
έως $7,24 \cdot 10^{-3} \text{mg O}_2/\text{min} \cdot \text{gr}$. στους 29°C
- Για τα ψάρια 3gr. από $2,10 \cdot 10^{-3} \text{mg O}_2/\text{min} \cdot \text{gr}$. στους 20°C
έως $4,50 \cdot 10^{-3} \text{mg O}_2/\text{min} \cdot \text{gr}$. στους 29°C

Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκαν τα εξής:

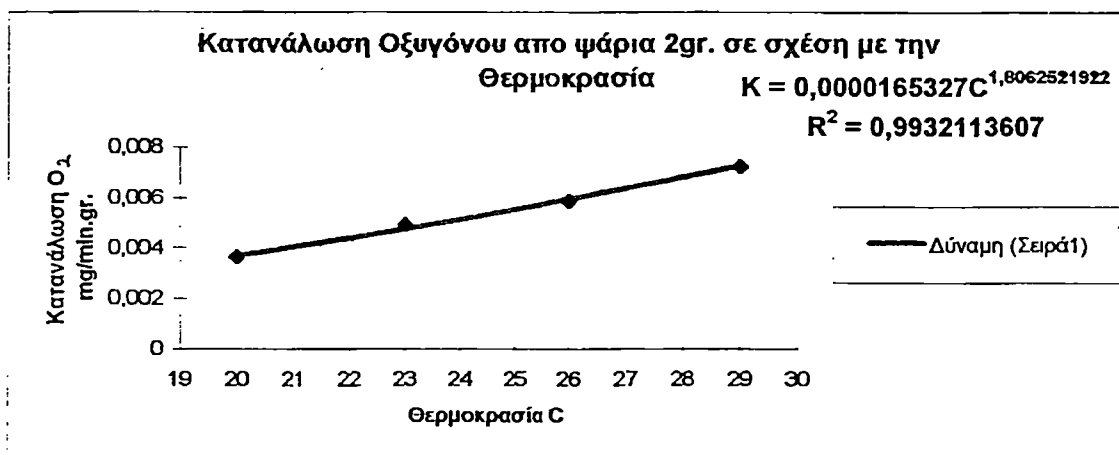
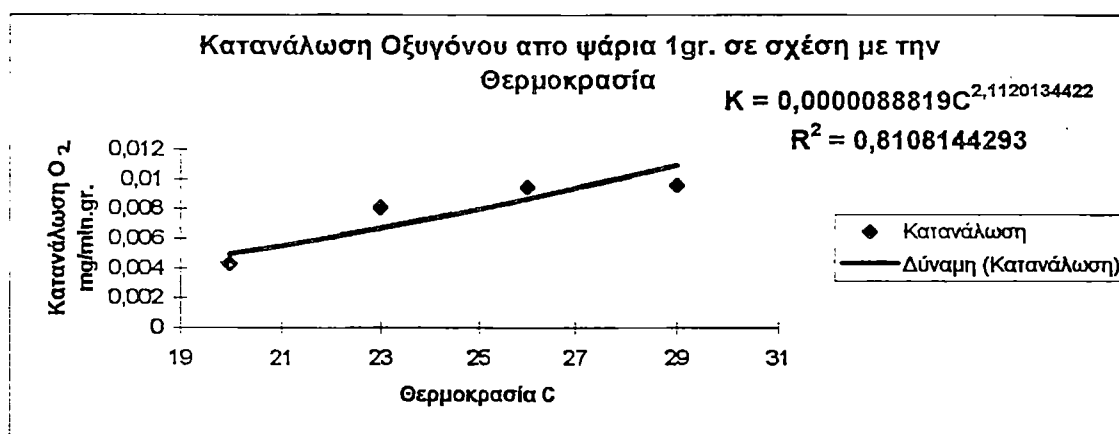
- Σε κάθε κατηγορία ψαριών, από άποψη βάρους, παρατηρήθηκε διπλασιασμός της κατανάλωσης του οξυγόνου ανά γραμμάριο βάρους ψαριών, για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 9°C (από 20°C - 29°C).
- Η μέγιστη τιμή κατανάλωσης οξυγόνου ανά γραμμάριο βάρους ψαριών παρατηρήθηκε στα μικρότερα ψάρια (1gr.) στην μεγαλύτερη θερμοκρασία (29°C). Η ελάχιστη τιμή κατανάλωσης παρατηρήθηκε στα μεγαλύτερα ψάρια (3gr) στην μικρότερη θερμοκρασία (20°C).
- Από τα παρακάτω διαγράμματα βάρους – κατανάλωσης παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του βάρους των ψαριών συνεπάγεται μείωση της κατανάλωσης.

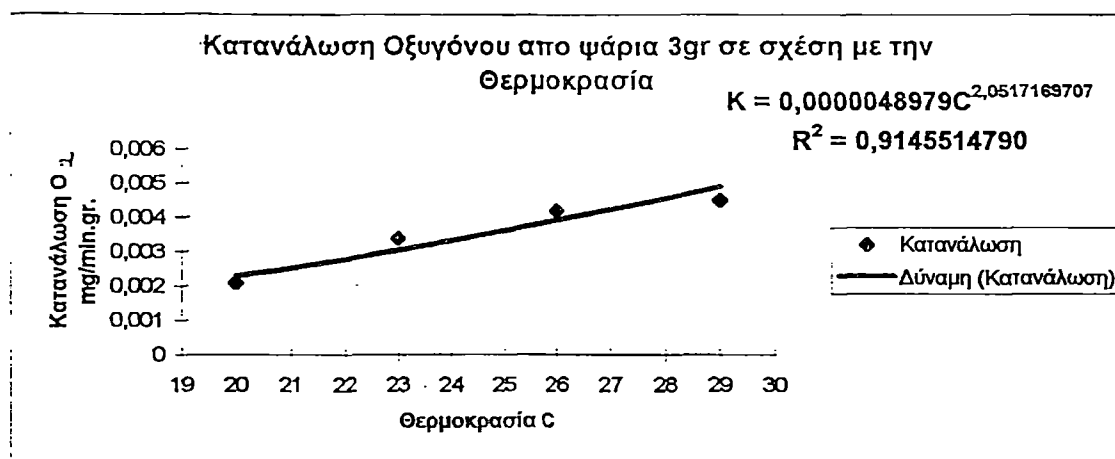






- Από τα διαγράμματα θερμοκρασίας – κατανάλωσης που δίδονται παρακάτω, παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης. Στα διαγράμματα αναφέρεται και η σχέση που συνδέει την κατανάλωση με την θερμοκρασία για συγκεκριμένο βάρος ψαριών και ο συντελεστής ακριβείας αυτής (R^2).



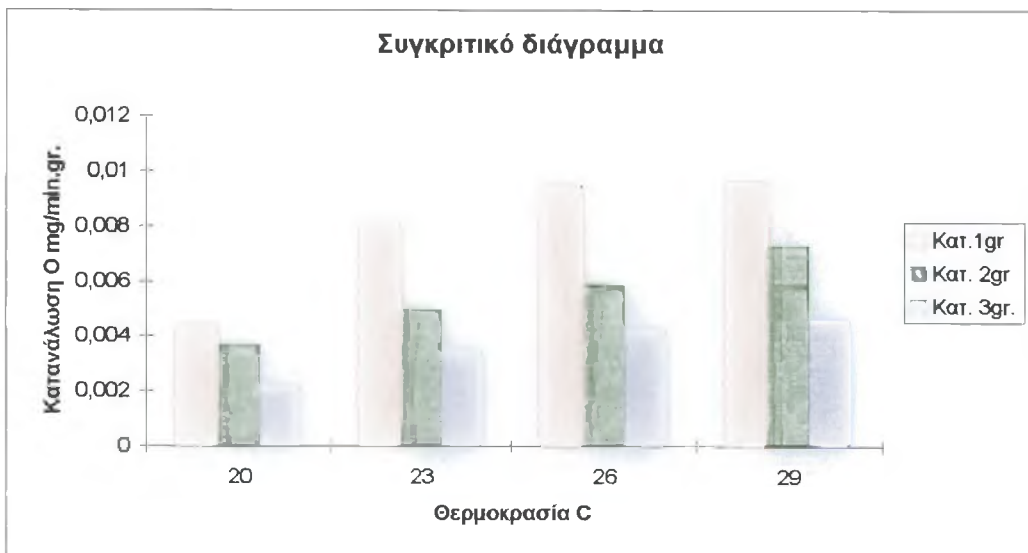
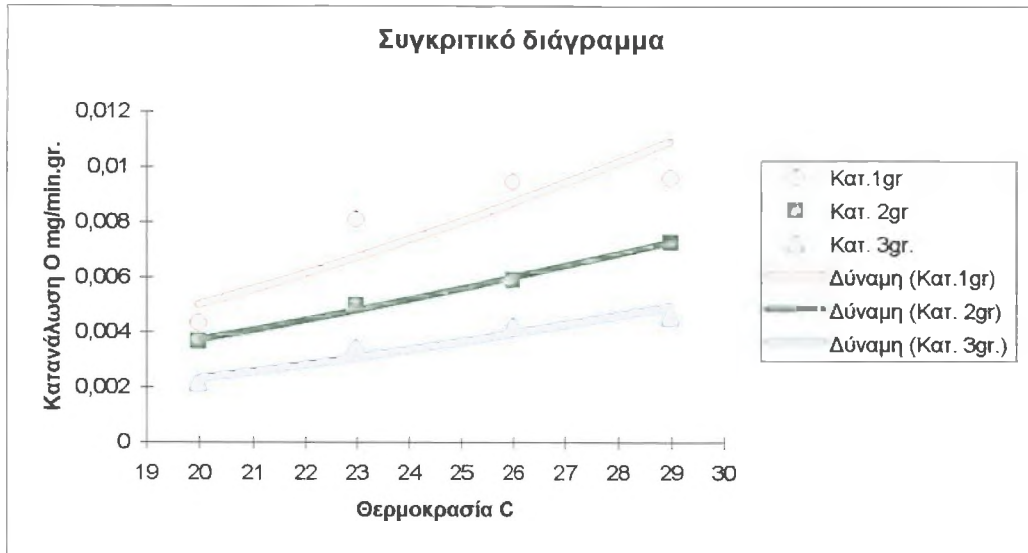


Από τις σχέσεις αυτές εξάγονται οι θεωρητικές τιμές κατανάλωσης στις αντίστοιχες θερμοκρασίες για κάθε κατηγορία (σε σχέση με το βάρος των ψαριών). Οι τιμές ήταν:

Θερμ.	Ψάρια 1gr.	Ψάρια 2gr.	Ψάρια 3gr.
20	0,00497	0,0037	0,00228
23	0,00667	0,00476	0,00305
26	0,00865	0,00594	0,00392
29	0,01089	0,00741	0,0049

Από τις θεωρητικές τιμές του πίνακα παραθέτουμε τα ενδεικτικά ποσοστά αύξησης της κατανάλωσης σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα ποσοστά είναι:

- Για αύξηση από 20°C - 23°C \Rightarrow 23 – 25,5%
- Για αύξηση από 23°C - 26°C \Rightarrow 20 – 23 %
- Για αύξηση από 26°C - 29°C \Rightarrow 19,5 – 21%



Σύμφωνα με τις σχέσεις K/Θ για θερμοκρασίες 20-29°C οι θεωρητικές τιμές κατανάλωσης για ψάρια 1,2,3gr αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

	Κατανάλωση (mgO ₂ /min.gr.)	Κατανάλωση (mgO ₂ /min.gr.)	Κατανάλωση (mgO ₂ /min.gr.)
Θερ(°C)	Ψάρια 1gr.	Ψάρια 2gr.	Ψάρια 3gr.
20	0,00497	0,0037	0,00228
21	0,0055	0,00404	0,00252
22	0,00607	0,00439	0,00278
23	0,00667	0,00476	0,00304
24	0,0073	0,00514	0,00332
25	0,00796	0,00553	0,00361
26	0,00865	0,00594	0,00391
27	0,00936	0,00636	0,00423
28	0,01011	0,00679	0,00456
29	0,01089	0,00724	0,0049

2.5 Πείραμα σε Ενυδρεία

2.5.1 Περιγραφή και τρόπος λειτουργίας του συστήματος

Το σύστημα στο δεύτερο πείραμα αποτελούνταν από δύο ενυδρεία. Στο ένα υπήρχανε ψάρια του είδους *Liza ramada* (*Mugil capito*) και στο άλλο *Mugil cephalus*.

Τα δύο αυτά ενυδρεία ήταν τμήμα ενός κλειστού συστήματος πολλών ενυδρείων με ψάρια της οικογένειας *Mugilidae*. Το νερό από το ενυδρείο οδηγούνταν μέσω του συστήματος απορροής σε ένα φίλτρο όπου γίνονταν καθαρισμός από βλαβερές ουσίες και επέστρεφε στα ενυδρεία. Τα ενυδρεία ήταν στανταρισμένα (condition). Υπήρχε το κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* για την μετατροπή της αμμωνίας. Εκτός αυτού υπήρχε και επαρκής αερισμός.

2.5.2 Διαδικασία πειράματος

Το πείραμα χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες, που αποτελούνται από τέσσερα πειράματα η κάθε μία. Αναλυτικά έγιναν τα εξής πειράματα:

A. Με παροχή τροφής

- Με παροχή αέρα και ανανέωση του νερού.
- Με παροχή αέρα.
- Με ανανέωση νερού.
- Χωρίς παροχή αέρα και χωρίς ανανέωση του νερού.

B. Χωρίς παροχή τροφής

- Με παροχή αέρα και ανανέωση του νερού.
- Με παροχή αέρα.
- Με ανανέωση νερού.
- Χωρίς παροχή αέρα και χωρίς ανανέωση του νερού.

2.5.3 Τρόπος εργασίας

- Με χρήση αναισθητικού MS-222 αναισθητοποιήσαμε τα ψάρια και με ξηρό ζύγισμα σε ζυγό ακριβείας μετρήσαμε την βιομάζα τους.
- Αφού τοποθετήθηκαν σε καθαρό νερό για να επανέλθουν από την αναισθησία επανατοποθετήθηκαν στα ενυδρεία τους.
- Στην συνέχεια μετρήθηκε ο όγκος του κάθε ενυδρείου με την βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου.
- Στα πειράματα που είχαμε ανανέωση του νερού μετρήθηκε η ροή με ογκομετρικό κύλινδρο και χρονόμετρο ακριβείας αλλά και παράλληλα η συγκέντρωση του νερού της παροχής σε οξυγόνο.
- Στα πειράματα που είχαμε αερισμό μετρήθηκε ο όγκος του αέρα ανά λεπτό με ογκομετρικό κύλινδρο και χρονόμετρο.
- Στα πειράματα με χορήγηση τροφής μετά από ζύγισμα χορηγούνταν συγκεκριμένη ποσότητα τροφής και οι μετρήσεις άρχιζαν αμέσως μετά.
- Σε κάθε πείραμα γίνονταν μέτρηση της αμμωνίας και των παραγώγων της, του ΡΗ και της θερμοκρασίας.
- Η διαδικασία των μετρήσεων ήταν η εξής:

Οι μετρήσεις γίνονταν με χρήση ηλεκτροδίου το οποίο βυθίζονταν στο ενυδρείο σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τις συνθήκες του πειράματος. Στους πίνακες του πειράματος η χρονική στιγμή 0 σηματοδοτεί την έναρξη του πειράματος. Όταν μετά από αρκετό χρονικό διάστημα οι ενδείξεις του οξυγονομέτρου παρέμειναν σχεδόν σταθερές ή όταν είχαμε ανοξικές συνθήκες στα πειράματα χωρίς αερισμό και παροχή νερού σταματούσαμε το πείραμα.

2.5.4 Αποτελέσματα

Α. ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

$$\Sigma K = (CO_2 \text{ ΕΙΣΟΔ.} - MCO_2 \text{ ΕΝΥΔ.}) \cdot \Pi + \lambda + \frac{\Delta CO_2 \cdot V_{H_2O}}{t}$$

- $CO_2 \text{ ΕΙΣΟΔ.}$: Συγκέντρωση στο εισερχόμενο νερό (mg./lt.)
- $MCO_2 \text{ ΕΝΥΔ.}$: Μέση τιμή των μετρήσεων του οξυγόνου στο ενυδρείο (mg./lt.)
- Π : Παροχή νερού (lt./min.)
- λ : Η ποσότητα οξυγόνου που διαλύθηκε στο νερό, προερχόμενη από τον αερισμό (mg./min.)
- ΔCO_2 : Η αρχική μείων την τελική τιμή συγκέντρωσης στο νερό του ενυδρείου ($CO_2 \text{ αρχ.} - CO_2 \text{ τελ.}$) (mg./lt.)
- V_{H_2O} : Ο όγκος του ενυδρείου (lt.)
- T : Η χρονική διάρκεια του πειράματος (min.)

Ο όρος λ προκύπτει από τους εξής τύπους:

$$\left. \begin{aligned} \Psi &= \text{αερισμός} \cdot 60 \cdot 0,2095 \quad (i) \\ dO_2 &= \frac{32 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + \Theta)} \quad (ii) \end{aligned} \right\} \Omega = dO_2 \cdot \Psi \quad (\text{mg./min.})$$

$$\lambda = \Omega \cdot 0,00338 \quad (\text{mg./min.})$$

- Ω : Η ποσότητα οξυγόνου που εισήλθε στο ενυδρείο

Είδος:	<i>Liza ramada</i>	T:	23,6° C	S‰:	7
Ροή:	0,289 lt./min	PH:	5,5	Αριθμός ψαριών	31
Αερισμός:	7,0 ml/sec.	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,68gr
VH ₂ O :	11,8 lt.	NO ₂ :	0,3	Ολικό βάρος	114,08gr
CO ₂ εισόδου	7,4mg./lt	NO ₃ :	75	Τροφή	-

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	4,8	0
2	4,8	0
4	4,8	0
6	4,75	-0,05
8	4,6	-0,15
10	4,8	0
12	4,6	0
15	4,7	0,1
20	4,8	0,1
30	4,8	0

$$\Sigma K = 1 \cdot 10^{-2}$$

Είδος:	<i>Mugil cephalus</i>	T:	22,8° C	S‰:	12,5
Ροή:	1,978	PH:	5,1	Αριθμός ψαριών	16
Αερισμός:	19,5 ml/sec.	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,338gr.
VH ₂ O :	16 lt.	NO ₂ :	0,15	Ολικό βάρος	53,42gr.
CO ₂ εισόδου	7,5mg./lt	NO ₃ :	5	Τροφή	-

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	6,8	0
5	7	0,2
10	6,8	-0,2
20	6,8	0
30	6,8	0

$$\Sigma K = 4,16 \cdot 10^{-2}$$

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης
οξυγόνου στα κεφαλοειδή

Είδος: <i>Liza ramada</i>	T: 23,4° C	S‰: 7
Ροή: -	PH: 5,5	Αριθμός ψαριών 31
Αερισμός: 7,1 ml/sec.	NH ₃ : >1	Μέσο βάρος 3,68gr
VH ₂ O : 11,8 lt.	NO ₂ : 0,3	Ολικό βάρος 114,08gr
CO ₂ εισόδου -	NO ₃ : 75	Τροφή -

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	4,8	0
2	4,6	-0,2
4	4,4	-0,2
6	4,3	-0,1
8	4,3	0
10	4,3	0
12	3,95	-0,35
14	3,75	-0,2
18	3,6	-0,15
22	3,8	0,2
26	3,6	-0,2
30	3,4	-0,2
40	3,6	0,2
50	3,4	-0,2
60	3,4	0

$$\Sigma K = 5,854 \cdot 10^{-3}$$

Είδος: <i>Mugil cephalus</i>	T: 23,2° C	S‰: 12,5
Ροή: -	PH: 5	Αριθμός ψαριών 16
Αερισμός: 21 ml/sec.	NH ₃ : >1	Μέσο βάρος 3,338gr.
VH ₂ O : 16	NO ₂ : 0,2	Ολικό βάρος 53,42gr.
CO ₂ εισόδου -	NO ₃ : 5	Τροφή -

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	7	0
3	7,2	0,2
6	7	-0,2
9	6,8	-0,2
12	6,5	-0,3
18	6,4	-0,1
24	6,4	0
30	5,9	-0,5
40	5,8	-0,1
45	5,8	0
60	5,8	0

$$\Sigma K = 2,8 \cdot 10^{-2}$$

Είδος: <i>Mugil cephalus</i>	T: 23,2° C	S‰: 12,5
Ροή: 1,978lt/min	PH: 5	Αριθμός ψαριών 16
Αερισμός: -	NH ₃ : >1	Μέσο βάρος 3,338gr
VH ₂ O : 16	NO ₂ : 0,2	Ολικό βάρος 53,42gr
CO ₂ εισόδου 7,4mg./lt	NO ₃ : 5	Τροφή -

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	6,8	0
3	6,75	-0,05
6	6,6	-0,15
9	7	0,4
12	7	0
15	6,7	-0,3
20	6,7	0
30	7	0,3

$$\Sigma K = 2,42 \cdot 10^{-2}$$

Είδος: <i>Liza ramada</i>	T: 23,3° C	S‰: 7
Ροή: 0,262lt/ min	PH: 5,5	Αριθμός ψαριών 31
Αερισμός: -	NH3: >1	Μέσο βάρος 3,68gr
VH ₂ O : 11,8 lt.	NO ₂ : 0,3	Ολικό βάρος 114,08gr
CO ₂ 7,5 mg/lt εισόδου	NO ₃ : 75	Τροφή -

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	5,2	0
1	5,35	0,15
2	5,3	-0,05
3	5,3	0
4	5,3	0
5	5,3	0
6	4,8	-0,5
7	4,8	0
8	4,8	0
9	4,6	-0,2
10	4,6	0
11	4,65	0,05
12	4,65	0
13	4,6	-0,05
16	4,65	0,05
20	4,5	-0,15
30	4,2	-0,3
40	4,2	0

$$\Sigma K = 9,27 \cdot 10^{-3}$$

Είδος:	<i>Liza ramada</i>	T:	23,3° C	S‰:	7
Ροή:	-	PH:	5,5	Αριθμός ψαριών	31
Αερισμός:	-	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,68gr
VH ₂ O :	11,8 lt.	NO ₂ :	0,3	Ολικό βάρος	114,08gr
CO ₂ εισόδου	-	NO ₃ :	75	Τροφή	-

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	4,55	
1	4,3	-0,25
2	4,2	-0,1
3	3,8	-0,4
4	3,9	0,1
5	3,8	-0,1
6	3,5	-0,3
7	3,6	0,1
8	3,5	-0,1
9	3,5	0
10	3,4	-0,1
11	3,2	-0,2
12	3,1	-0,1
13	3,2	0,1
14	3	0,1
15	3	0
16	3	0
17	2,9	-0,1
18	3	0,1
19	2,8	-0,2
20	2,8	0
21	2,7	-0,1
22	2,6	-0,1
23	2,6	0
24	2,6	0
27	2,4	-0,2
30	2,3	-0,1
33	2,1	-0,2
36	2	-0,1
39	1,8	-0,2
42	1,7	-0,1

$$\Sigma K = 4,46 \cdot 10^{-3}$$

Από το 18^ο λεπτό τα ψάρια άρχιζαν να παρουσιάζουν μειωμένη κινητικότητα και τάση ανόδου προς την επιφάνεια

Τα περισσότερα ψάρια έχουν ανέβει στην επιφάνεια

Πειραματική μέτρηση κατανάλωσης
οξυγόνου στα κεφαλοειδή

45	1,6	-0,1
48	1,4	-0,2
51	1,4	0
54	1,4	0
57	1,3	-0,1
60	1,3	0
65	1,2	-0,1
70	1,2	0
75	1,1	-0,1
80	1,1	0

Τα ψάρια παρουσιάζουν
μειωμένη αντίδραση.

Είδος: <i>Mugil cephalus</i>	T: 22,8° C	S‰: 12,5
Ροή: -	PH: 5,1	Αριθμός ψαριών 16
Αερισμός: -	NH ₃ : >1	Μέσο βάρος 3,338gr
VH ₂ O : 16 lt.	NO ₂ : 0,15	Ολικό βάρος 53,42gr
CO ₂ εισόδου -	NO ₃ : 5	Τροφή -

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	5,8	
3	5,65	-0,15
6	5,55	-0,1
9	5,4	-0,15
12	5,1	-0,3
15	4,95	-0,15
18	4,8	-0,15
21	4,8	0
24	4,75	-0,05
27	4,6	-0,15
30	4,65	0,05
36	4,7	0,05
42	4,6	-0,1
48	4,2	-0,4
54	3,9	-0,3
60	3,9	0
72	3,8	-0,1
84	3,7	-0,1
96	3,15	-0,55
108	2,8	-0,35
120	2,8	0
135	2,7	-0,1
150	2,6	-0,1
180	2,2	-0,4
210	2,2	0

$$\Sigma K = 5,135 \cdot 10^{-3}$$

Τάση ανόδου των ψαριών στην επιφάνεια.

Εντονη άνοδος στην επιφάνεια και μειωμένη κινητικότητα

Είδος:	<i>Liza ramada</i>	T:	23,2° C	S‰:	7
Ροή:	0,835 lt./min	PH:	5,5	Αριθμός ψαριών	28
Αερισμός:	7,2 ml/sec.	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,68gr
VH ₂ O :	11,8 lt.	NO ₂ :	0,25	Ολικό βάρος	103,04gr
CO ₂ εισόδου	7,4mg./lt	NO ₃ :	75	Τροφή:	5,152gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	6,8	
5	6,5	-0,3
10	6,3	-0,2
15	6,2	-0,1
20	6,2	0
25	6	-0,2
30	6	0

$$\Sigma K = 1,596 \cdot 10^{-2}$$

Είδος:	<i>Mugil cephalus</i>	T:	22,5° C	S‰:	12
Ροή:	1,6lt./min	PH:	5,1	Αριθμός ψαριών	15
Αερισμός:	18 ml/sec.	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,338gr.
VH ₂ O :	16 lt.	NO ₂ :	0,15	Ολικό βάρος	50,08gr.
CO ₂ εισόδου	7,6mg./lt	NO ₃ :	5	Τροφή:	2,504gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	7,5	
5	7,3	-0,2
10	7,2	-0,1
15	7	-0,2
20	7	0
25	7	0
30	6,9	-0,1

$$\Sigma K = 4,6 \cdot 10^{-2}$$

Είδος:	<i>Liza ramada</i>	T:	23,2° C	S‰:	7
Ροή:	-	PH:	5,5	Αριθμός ψαριών	28
Αερισμός:	7,3 ml/sec.	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,68gr
VH ₂ O :	11,8 lt.	NO ₂ :	0,3	Ολικό βάρος	103,04gr
CO ₂ εισόδου	-	NO ₃ :	75	Τροφή:	5,152gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	5,85	0
3	4,9	-0,95
6	4,1	-0,8
9	3,95	-0,15
12	3,35	-0,6
15	2,9	-0,45
18	2,65	-0,35
21	2,5	-0,15
24	2,15	-0,35
27	2	-0,15
30	2	0
35	1,8	-0,2
40	1,5	-0,3
45	1,2	-0,3

$$\Sigma K = 1,57 \cdot 10^{-2}$$

Είδος:	<i>Mugil cephalus</i>	T:	23,1° C	S%:	12
Ροή:	-	PH:	5	Αριθμός ψαριών	15
Αερισμός:	20 ml/sec.	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,338gr.
VH ₂ O :	16	NO ₂ :	0,2	Ολικό βάρος	50,08
CO ₂ εισόδου	-	NO ₃ :	5	Τροφή:	2,504gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	7	0
3	7,2	0,2
6	7	-0,2
9	6,8	-0,2
12	6,5	-0,3
15	6,4	-0,1
18	6,4	0
21	5,9	-0,5
24	5,8	-0,1
27	5,8	0
30	5,8	0
35	4,6	-1,2
40	4,3	-0,3
45	4,2	-0,1
50	4,1	-0,1
60	3,8	-0,3
80	3,3	-0,5
110	2,8	-0,5
150	2,5	-0,3
180	2,15	-0,35

$$\Sigma K = 3 \cdot 10^{-2}$$

Είδος:	<i>Liza ramada</i>	T:	23,5° C	S‰:	7
Ροή:	1,527 lt/min	PH:	5,5	Αριθμός ψαριών	28
Αερισμός:	-	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,68gr
VH ₂ O :	11,8 lt.	NO ₂ :	0,3	Ολικό βάρος	103,04gr
CO ₂ εισόδου	7,4 mg/lt	NO ₃ :	75	Τροφή:	5,152gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	6,6	0
10	6,2	-0,4
20	5,9	-0,3
30	5,7	-0,2
40	5,55	-0,15
50	5,4	-0,15
60	5,6	0,2
70	5,65	0,05

$$\Sigma K = 2,5 \cdot 10^{-2}$$

Είδος:	<i>Mugil cephalus</i>	T:	23,2° C	S‰ :	12
Ροή:	2,095 lt/min	PH:	5	Αριθμός ψαριών	15
Αερισμός:	-	NH ₃ :	>1	Μέσο βάρος	3,338gr.
VH ₂ O :	16	NO ₂ :	0,2	Ολικό βάρος	50,08
CO ₂ εισόδου	7,5mg./lt	NO ₃ :	5	Τροφή:	2,504gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	7,4	0
10	7,1	-0,3
20	6,8	-0,3
30	6,65	-0,15
40	6,7	0,05
50	6,65	-0,05
60	6,7	0,05
70	6,65	-0,05

$$\Sigma K = 3,1 \cdot 10^{-2}$$

Είδος: <i>Liza ramada</i>	T: 23,3° C	S‰: 7
Ροή: -	PH: 5,5	Αριθμός ψαριών 28
Αερισμός: -	NH ₃ : >1	Μέσο βάρος 3,68gr
VH ₂ O : 11,8 lt.	NO ₂ : 0,3	Ολικό βάρος 103,04gr
CO ₂ εισόδου -	NO ₃ : 75	Τροφή: 5,152gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	5,8	
3	5,2	-0,6
6	4,7	-0,5
9	4	-0,7
12	3,7	-0,3
15	3,2	-0,5
18	2,8	-0,4
21	2,6	-0,2
24	2,4	-0,2
27	2	-0,4
30	1,95	-0,05
33	1,8	-0,15
36	1,7	-0,1
39	1,4	-0,3
42	1,4	0
45	1,35	-0,05
50	1,2	-0,15
55	1,2	0

$$\Sigma K = 9,578 \cdot 10^{-3}$$

Κίνηση των ψαριών
προς την επιφάνεια

Μειωμένη αντίδραση των
ψαριών

Σχεδόν αναισθητα βρίσκονται
στον πυθμένα.

Είδος: <i>Mugil cephalus</i>	T: 22,8° C	S‰: 12
Ροή: -	PH: 5,1	Αριθμός ψαριών 15
Αερισμός: -	NH ₃ : >1	Μέσο βάρος 3,338gr.
VH ₂ O : 16 lt.	NO ₂ : 0,15	Ολικό βάρος 50,08
CO ₂ εισόδου -	NO ₃ : 5	Τροφή: 2,504gr.

t (min)	CO ₂	ΔCO ₂
0	6,95	
3	6,8	-0,15
6	6,6	-0,2
9	6,4	-0,2
12	6,2	-0,2
15	6	-0,2
18	5,75	-0,25
21	5,5	-0,15
24	5,1	-0,4
27	5,1	0
30	4,9	-0,1
33	4,7	-0,2
36	4,5	-0,2
39	4,3	-0,2
42	4,2	-0,1
45	4,05	-0,15
50	3,85	-0,2
55	3,65	-0,2
60	3,35	-0,3
65	3,2	-0,15
75	2,85	-0,35
90	2,2	-0,65
110	1,7	-0,5
130	1,3	-0,4

$$\Sigma K = 1,38 \cdot 10^{-2}$$

Τα ψάρια παρουσιάζονται
νευρικά και έχουν τάση ανόδου
προς την επιφάνεια

Τα ψάρια παρουσιάζουν
μειωμένη αντίδραση.

2.5.5 Σχόλια – Συμπεράσματα

A) Τα *M. cephalus* φαίνεται να αναπνέουν περισσότερο από τα *L. ramada* κάτι που οφείλεται, εκτός από τη διαφορά του είδους που πιθανόν επηρεάζει την κατανάλωση οξυγόνου, στην διαφορετική ιχθυοφόρτιση. Έτσι στο ενυδρείο με τα *L. ramada* έχουμε σε όγκο νερού 11,8lt. βιομάζα 114gr. δηλ. ιχθυοφόρτιση ίση με 9,66gr./lt. ενώ στο ενυδρείο με τα *M. cephalus* έχουμε σε όγκο νερού 16 lt. βιομάζα 54gr. δηλ. ιχθυοφόρτιση ίση με 3,375gr./lt. Έτσι η συγκέντρωση οξυγόνου (αρχικά) στο ενυδρείο με τα *L. ramada* είναι πάντα μικρότερη από το ενυδρείο με τα *M. cephalus*. Αυτό δικαιολογείται λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η συγκέντρωση οξυγόνου στο περιβάλλον νερό (ποιότητα νερού) επηρεάζει ανάλογα και την κατανάλωση οξυγόνου από τα ψάρια. Παρατηρούμαι επίσης ότι όσο ελαττώνεται η παροχή οξυγόνου στο σύστημα είτε με παροχή νερού είτε με παροχή αερισμού, τόσο μειώνεται και η κατανάλωση οξυγόνου από τα ψάρια. Συγκεκριμένα είχαμε:

1. Στο ενυδρείο με τα *Liza ramada*

1.α) Με χορήγηση τροφής.

- Για μέγιστη παροχή οξυγόνου (ροή και αερισμός): $\Sigma K_{\max.} = 1,596 \cdot 10^{-2}$
- Χωρίς παροχή οξυγόνου: $\Sigma K_{\min.} = 9,578 \cdot 10^{-3}$

1.β) Χωρίς χορήγηση τροφής.

- Για μέγιστη παροχή οξυγόνου (ροή και αερισμός): $\Sigma K_{\max.} = 1 \cdot 10^{-2}$
- Χωρίς παροχή οξυγόνου: $\Sigma K_{\min.} = 4,46 \cdot 10^{-3}$

2. Στο ενυδρείο με τα *Mugil cephalus*

2.α) Με χορήγηση τροφής.

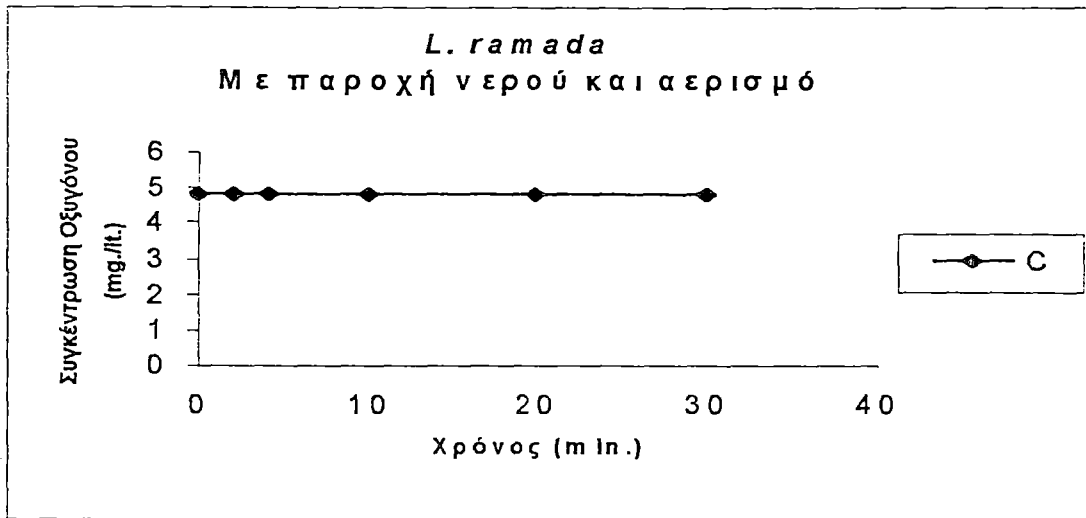
- Για μέγιστη παροχή οξυγόνου (ροή και αερισμός): $\Sigma K_{\max.} = 4,6 \cdot 10^{-2}$
- Χωρίς παροχή οξυγόνου: $\Sigma K_{\min.} = 1,38 \cdot 10^{-2}$

2.β) Χωρίς χορήγηση τροφής.

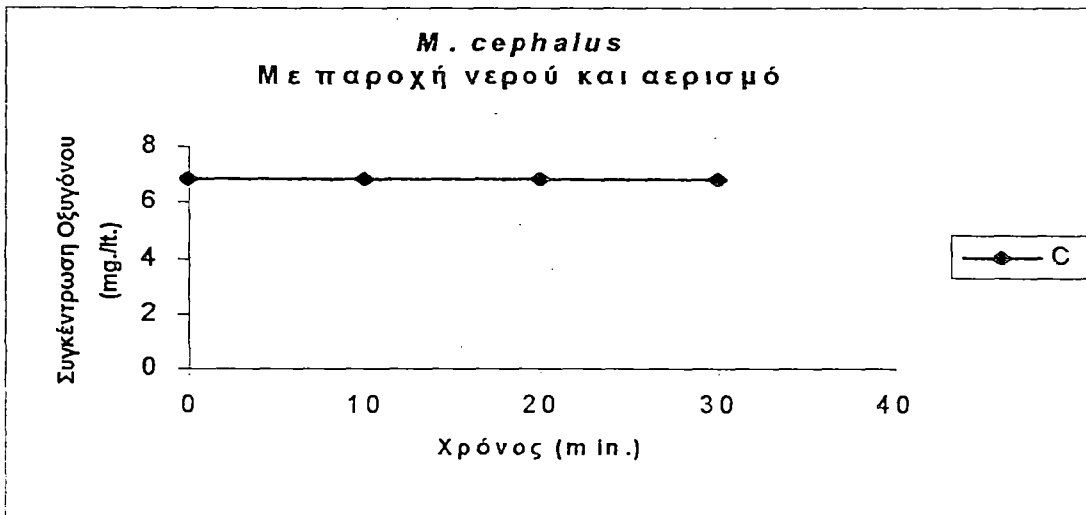
- Για μέγιστη παροχή οξυγόνου (ροή και αερισμός): $\Sigma K_{\max.} = 4,16 \cdot 10^{-2}$
- Χωρίς παροχή οξυγόνου: $\Sigma K_{\min.} = 5,135 \cdot 10^{-3}$

B) Σε όλα τα πειράματα μετά την χορήγηση τροφής αυξάνει η κατανάλωση οξυγόνου, γεγονός που δικαιολογείται από την αύξηση του μεταβολικού ρυθμού λόγω της πέψης.

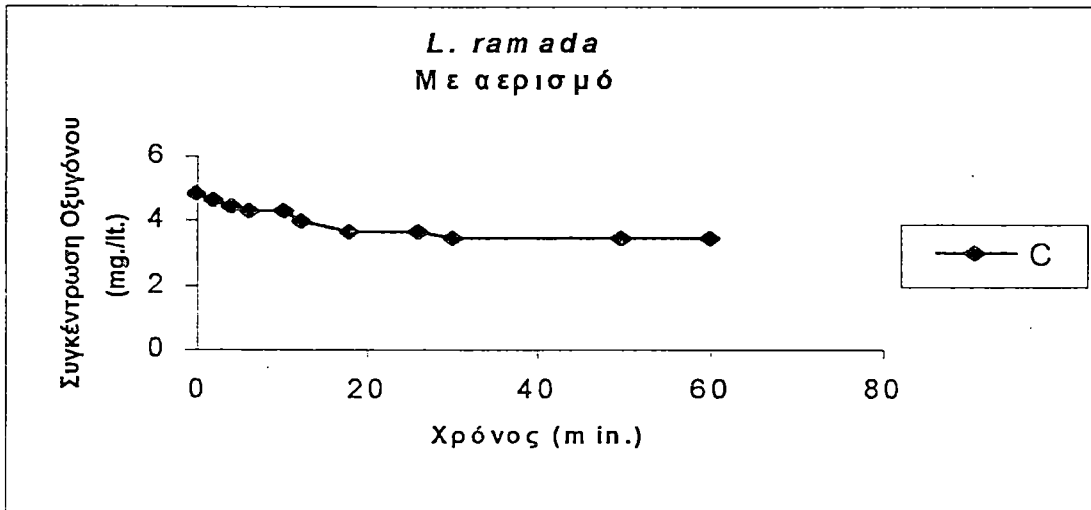
Γ) Παρακάτω δίδονται τα σχεδιαγράμματα της συγκέντρωσης οξυγόνου σε συνάρτηση με τον χρόνο για κάθε τύπο πειράματος. Τα σχεδιαγράμματα 1 έως 8 αναφέρονται στα πειράματα χωρίς χορήγηση τροφής, ενώ τα σχεδιαγράμματα 9 έως 16 με χορήγηση τροφής.



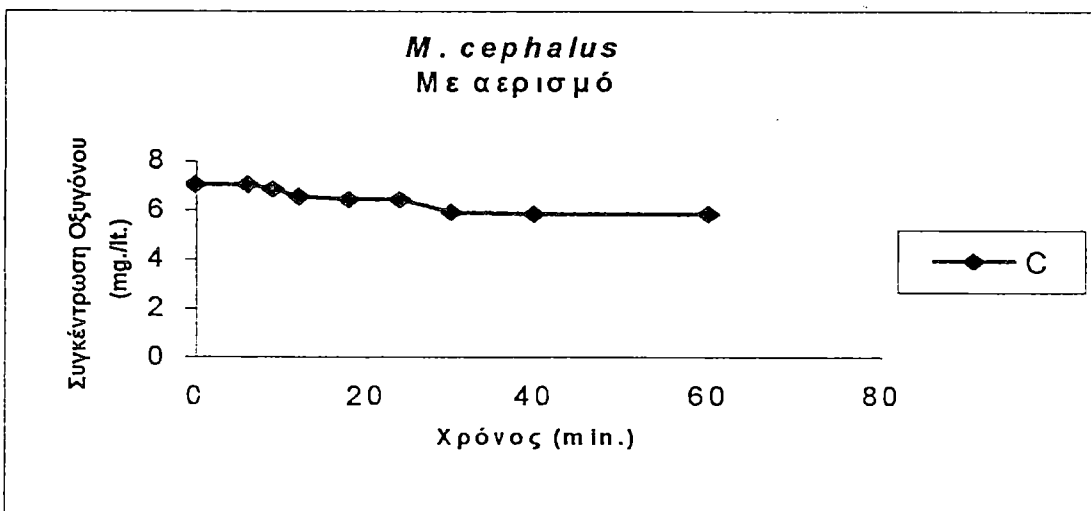
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1



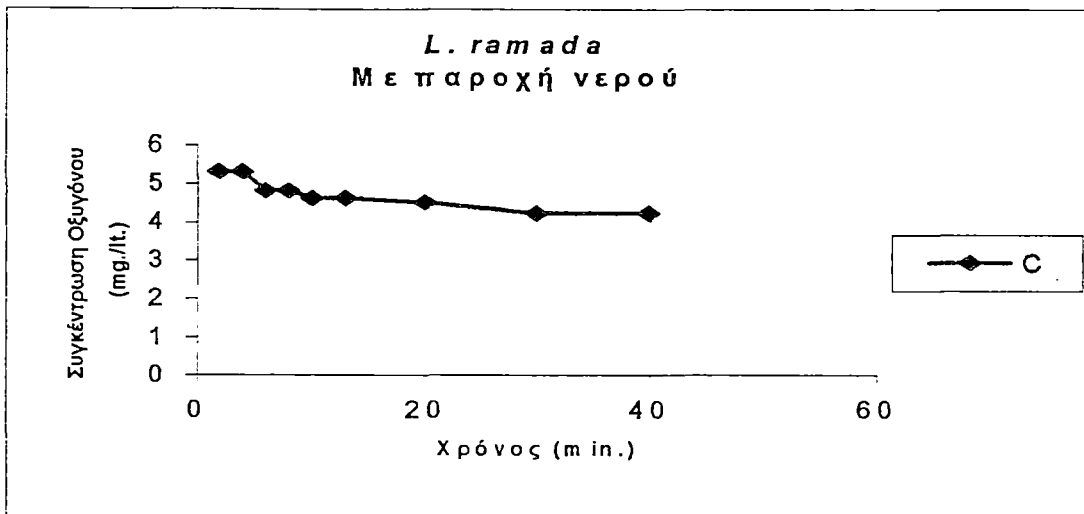
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2



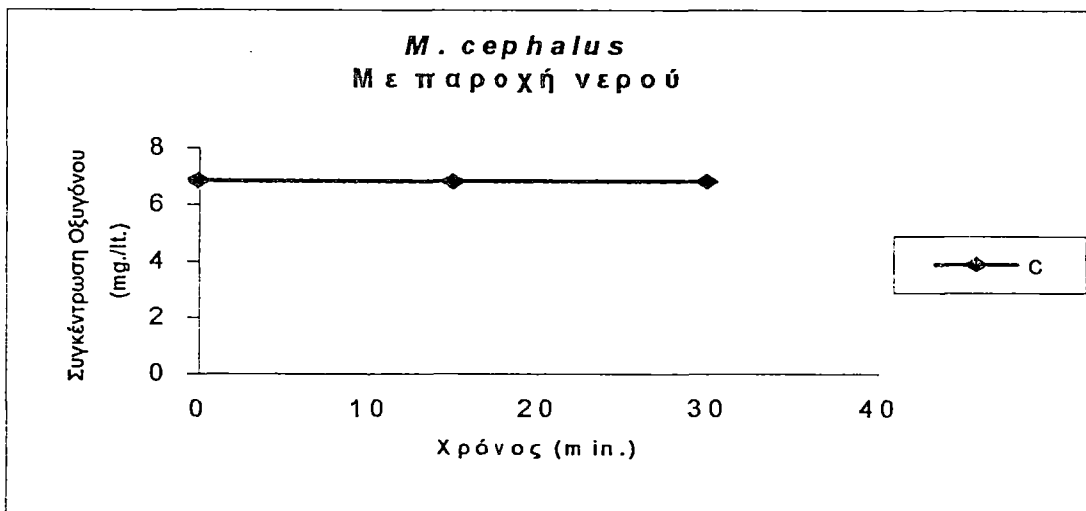
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3



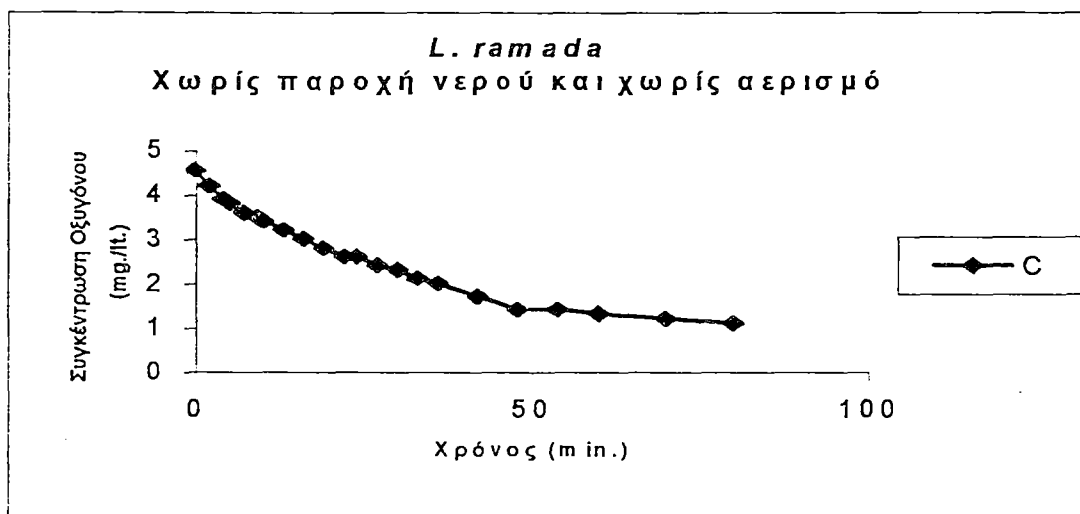
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4



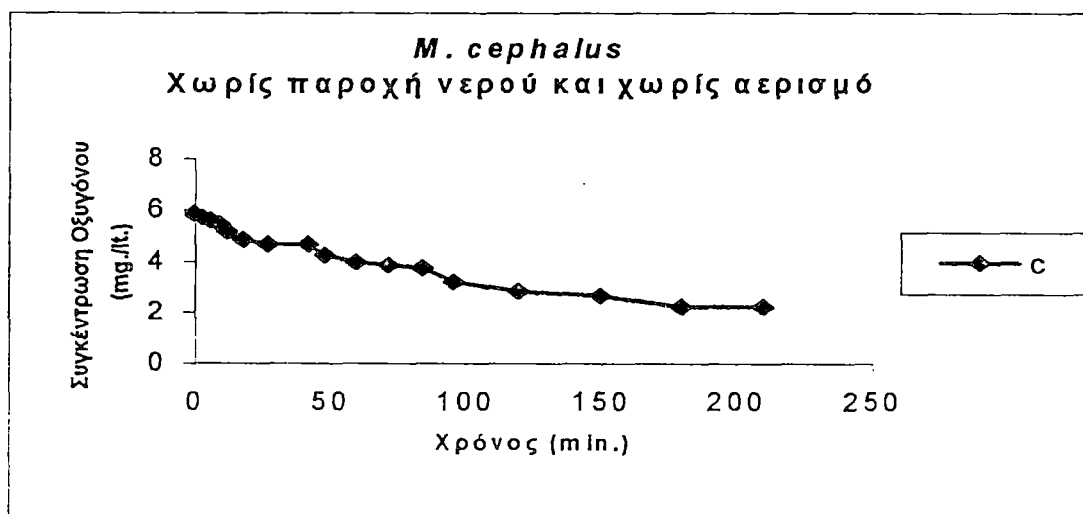
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5



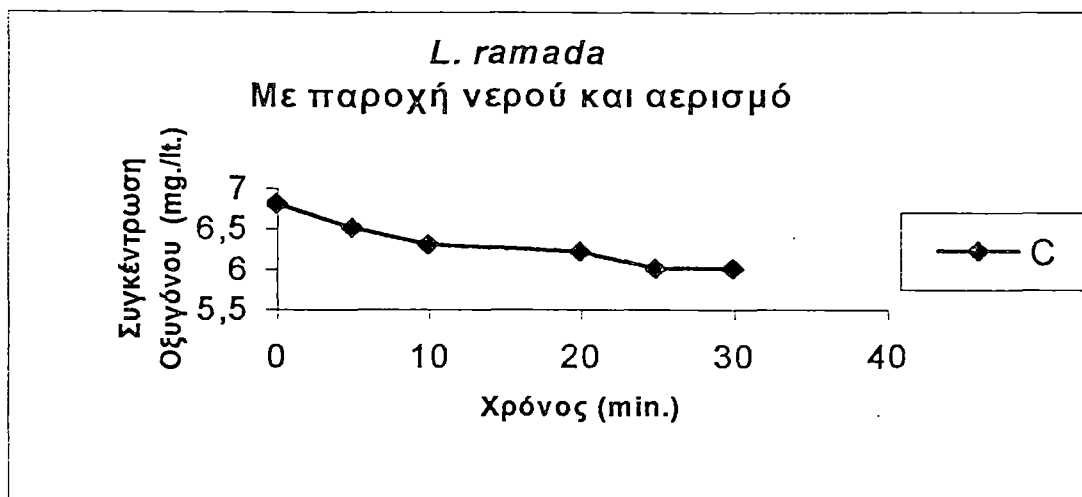
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6



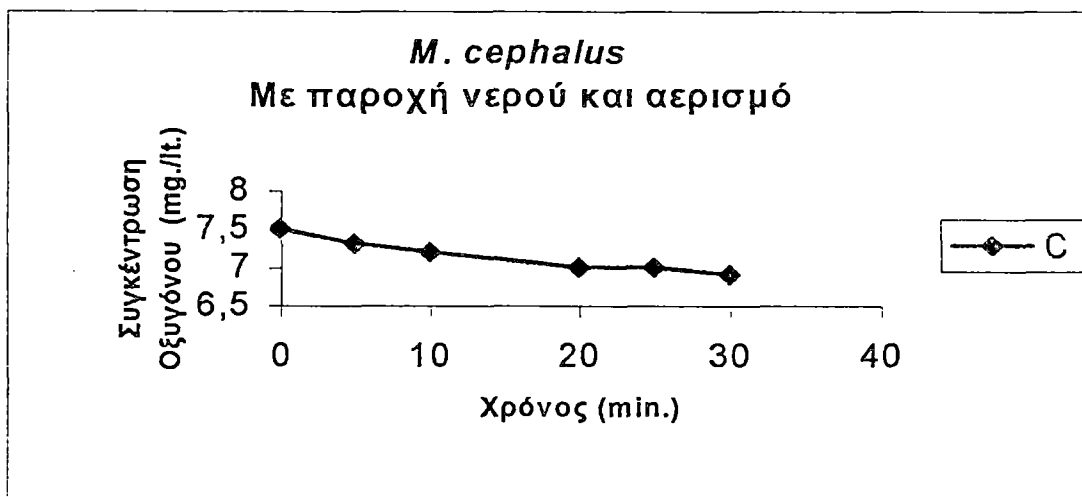
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7



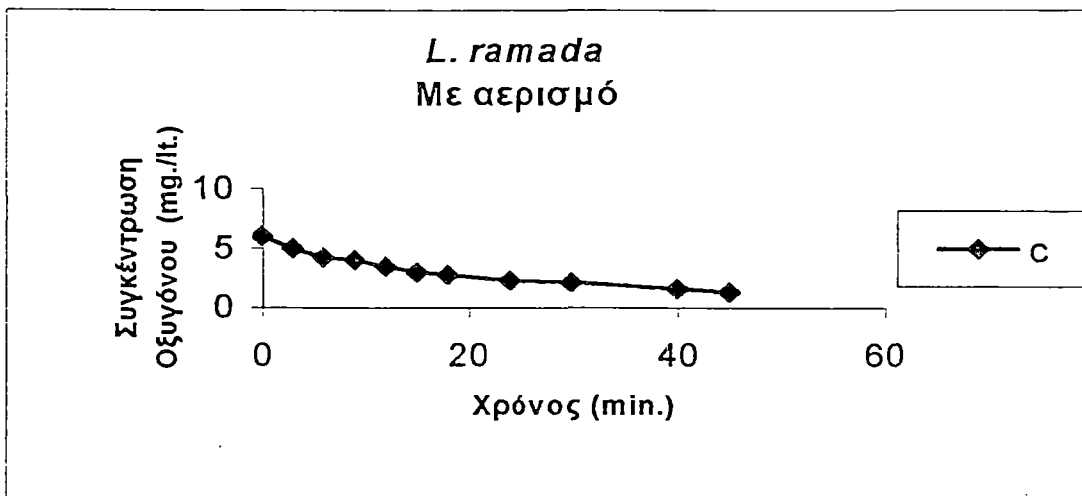
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8



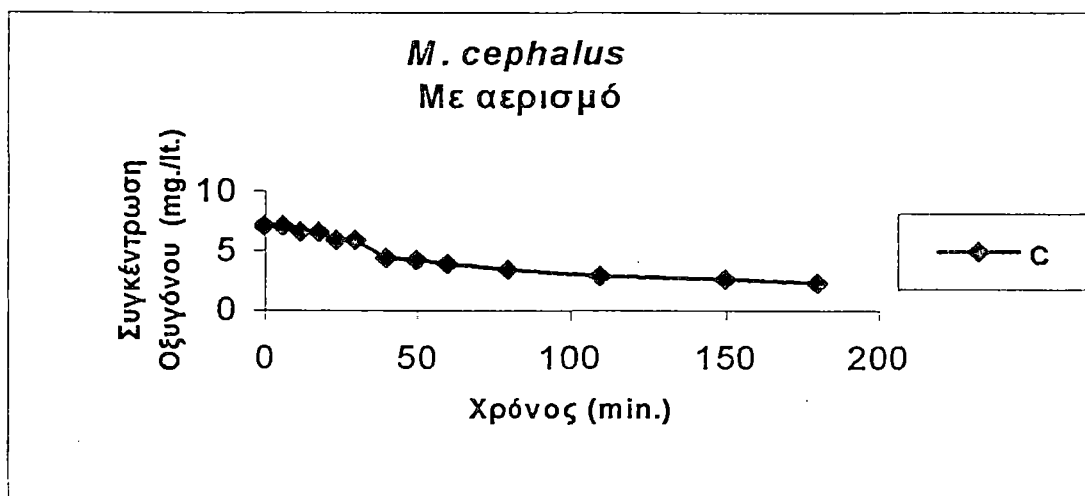
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9



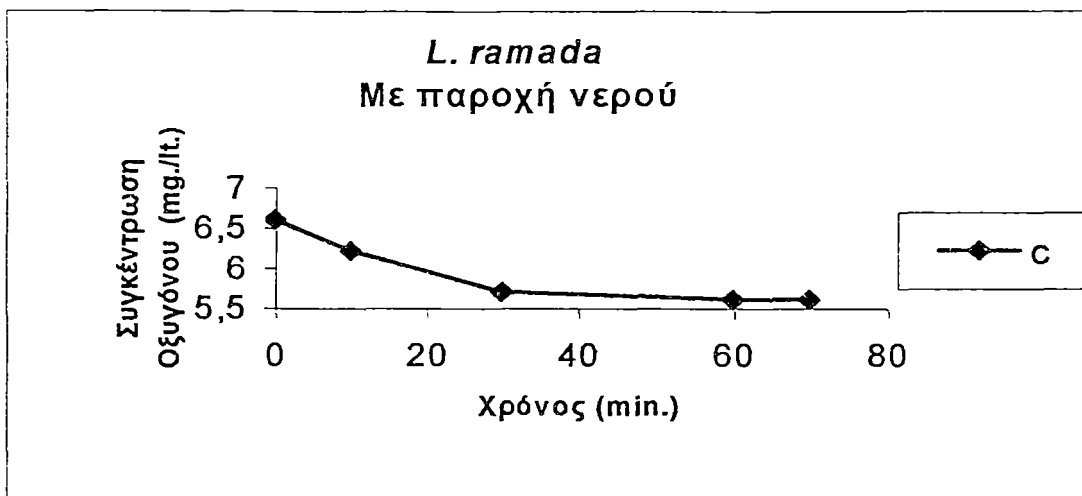
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10



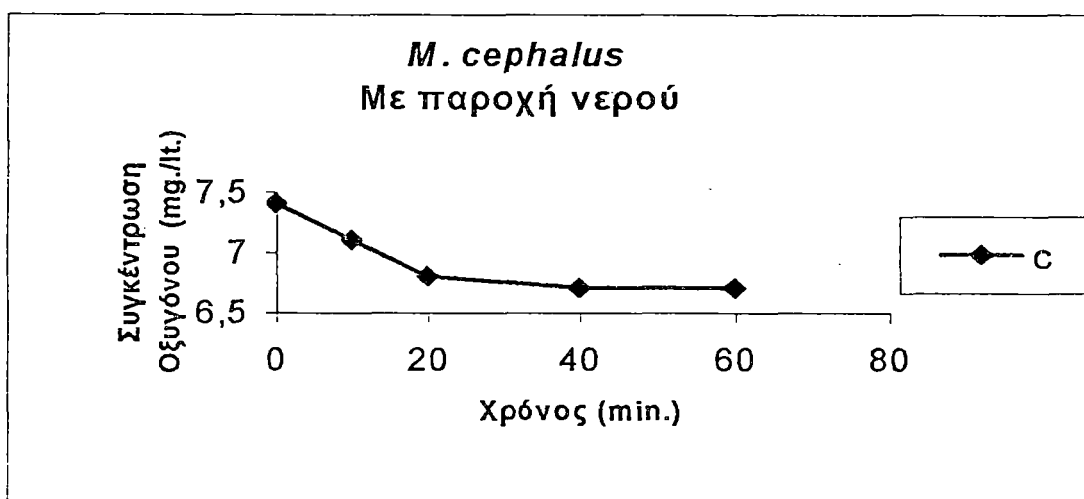
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11



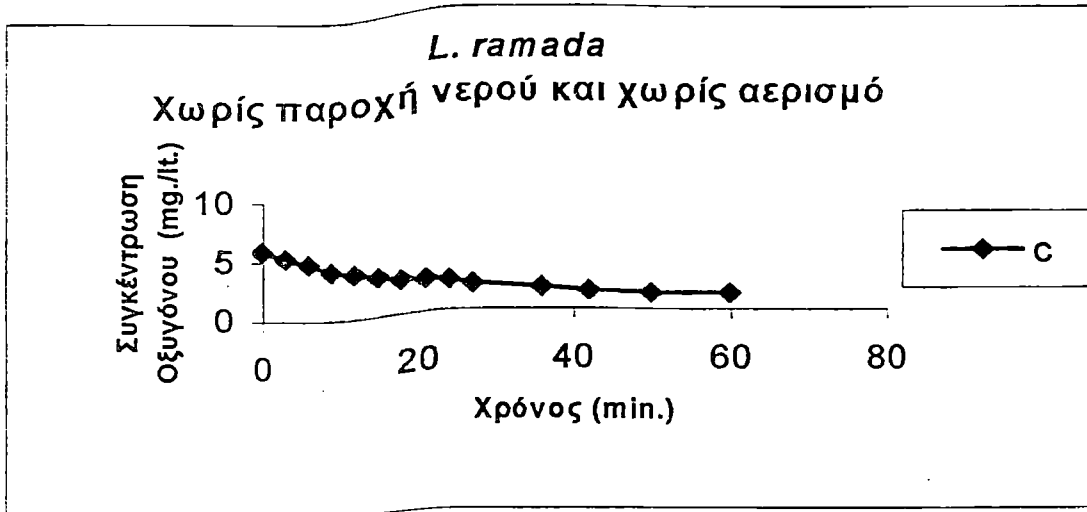
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12



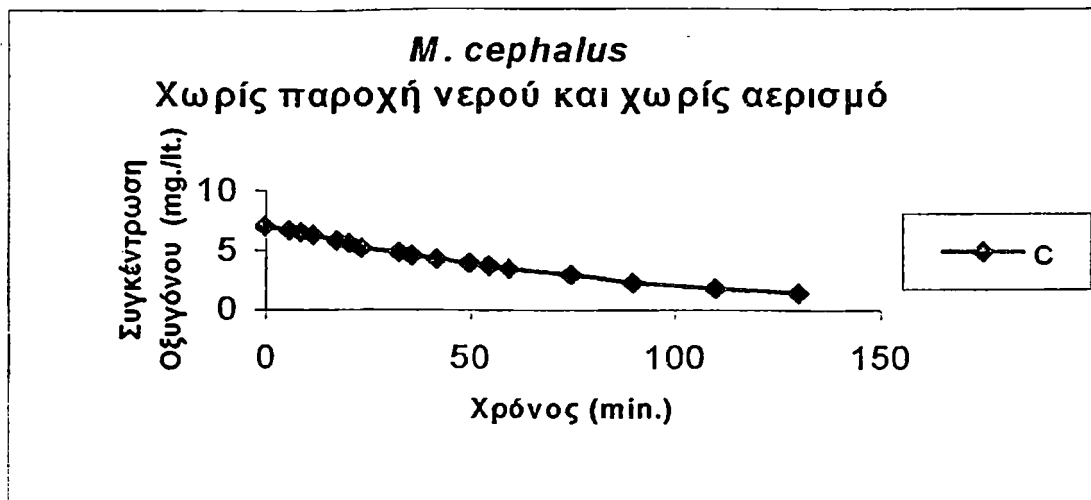
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16

Γ.1) Από τα σχεδιαγράμματα 1 και 2 είναι σαφές, ότι το σύστημα είναι σε ισορροπία και η συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή με την πάροδο του χρόνου.

Γ.2) Από την μείωση της παροχής οξυγόνου στα ενυδρεία, λόγω διακοπής της ροής, προκαλείται μια μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου στο νερό και μετά την πάροδο 40 min. περίπου, η συγκέντρωση αυτή παραμένει σταθερή, όπως φαίνεται στα σχεδιαγράμματα 3 και 4. Η μείωση που προκλήθηκε για τα πρώτα 40 min. οφείλεται στην μικρότερη παροχή οξυγόνου στο σύστημα με αποτέλεσμα την σταθεροποίηση της συγκέντρωσης οξυγόνου σε χαμηλότερα επίπεδα τιμών.

Γ.3) Στα πειράματα με διακοπή του αερισμού (Σχεδ. 5 και 6) παρατηρούμε ότι: α) Στο ενυδρείο με τα *M. cephalus* λόγω χαμηλής ιχθυοφόρτισης και μεγάλης ροής, δεν είχαμε μεταβολή στην συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό. β) Στο ενυδρείο με τα *L.ramada* αντίθετα λόγω μεγάλης ιχθυοφόρτισης και χαμηλής ροής, σταθεροποιείται η συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό μετά από 30 min. περίπου σε χαμηλότερα επίπεδα τιμών.

Γ.4) Στα πειράματα χωρίς παροχή οξυγόνου (Σχεδ. 7 και 8), έχουμε μια απότομη πτώση της συγκέντρωσης οξυγόνου στο νερό, η οποία στο ενυδρείο με τα *Liza ramada* συμβαίνει σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από ότι στο ενυδρείο με τα *Mugil cephalus* λόγω μεγαλύτερης ιχθυοφόρτισης.

Δ) Συγκρίνοντας όλα τα σχεδιαγράμματα με παροχή τροφής με αυτά χωρίς παροχή τροφής, παρατηρούμε ότι μετά την χορήγηση τροφής η συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό μειώνετε μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο, κάτι που οφείλεται στην μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου από τα ψάρια λόγω της πέψης. Η παρατήρηση αυτή επαληθεύεται με την σύγκριση των σχεδιαγραμμάτων 1 και 2 με τα 9 και 10, 3 και 4 με τα 11 και 12, 5 και 6 με τα 13 και 14 και των 7 και 8 με τα 15 και 16. Είναι προφανές ότι με την πάροδο του χρόνου το οξυγόνο του νερού στα ενυδρεία θα επανέλθει στα αρχικά του επίπεδα.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Πρέπει να επισημάνουμε ότι τα αποτελέσματα των δύο τμημάτων της εργασίας: α) μετρήσεις σε αναπνεόμετρο και β) μετρήσεις στο ενυδρείο, δεν είναι συγκρίσιμα. Το πείραμα στο αναπνεόμετρο αφορά την μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου από τα ψάρια (σε πειραματικές συνθήκες), όταν αυτά έχουν την συνήθη δραστηριότητά τους και κατ'επέκταση την μέτρηση του μεταβολισμού τους και το πώς αυτός επηρεάζεται από την θερμοκρασία και το βάρος των ψαριών.

Το πείραμα στα ενυδρεία αφορά τον υπολογισμό της συγκέντρωσης οξυγόνου σε ένα συγκεκριμένο σύστημα (ενυδρείο) με ψάρια και το πώς αυτή μεταβάλλεται με την χορήγηση τροφής και με την ποιότητα του νερού όσον αφορά τα επίπεδα οξυγόνου σ' αυτό. Όλες οι μετρήσεις αφορούν τον συνήθη μεταβολισμό δηλαδή αυτόν που καταγράφεται όταν τα ψάρια εμφανίζουν την συνήθη δραστηριότητά τους.

Ο τρόπος με τον οποίο οι μεταβολές στην δραστηριότητα των ψαριών και οι μεταβολές της αλατότητας του νερού επηρεάζουν τον μεταβολισμό, δεν αποτελεί τμήμα της εργασίας αυτής. Αυτοί οι δύο παράγοντες μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης για μελλοντικές έρευνες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- SHIN OIKAWA – YASUO ITAZAWA: “Examination of techniques for manometric determination of the rate of tissue respiration”. (1982)
- A.D.F. JOHNSTONE: “Measurements of aerobic metabolism of a school of a horse mackerel at different swimming speeds”. (1996)
- F.W.H. BEAMISH – P.S. MOOKHERLI: “Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. Influence of weight and temperature on respiration of *goldfish*”. (1964)
- F.E.J. FRY: “The aquatic respiration of fish”. (1957)
- E. GNAIGER – J.M. SHICK – J. WIDDOWS: “Metabolic microcalorimetry and respirometry of aquatic animals”. (1989)
- G.M. HUGHES – B. KNIGHTS: “The effect of loading the respiratory pumps on the oxygen consumption of *callionymais lyra*”. (1968)
- A.J. INNES – R.M.G. WELLS: “Respiration and oxygen transport functions of the blood from an intertidal fish *Heliogramma medium*”. (1985)
- R.R. SMITH: “Studies on the energy metabolism of cultured fish”. (1976)
- J. KARJALAINEN – D. MISERQUET- H. HUUSKONEN: “The estimation of food consumption in larval and juvenile fish: experimental evaluation of bioenergetics models”. (1997)
- A. SCHWALB – J. GROPP: “A system for continuous measurement of oxygen – consumption by fish”. (1980)
- L.B. KLYASHTORIN – R.F. SALIKZYANOV: “A device for the automatic measuring of the respiration of fish and other aquatic organism under given temperature and oxygen conditions”. (1980)
- P.J. CAMPBELL – F.H. RIGLER: “Effect of ambient oxygen concentration on measurements of sediment oxygen consumption”. (1986)
- K.R. DABROWSKI: “A new type of metabolism chamber for the determination of active and postprandial metabolism of fish, and consideration of results for *coregonid* and *salmo* juveniles”. (1986)
- M.J. BODDINGTON – B.A. MACKENZIE – A.S.W. DE FREITAS: “A respirometer to measure the uptake efficiency of waterborne contaminants in fish”. (1979)
- T.A. ANDERTON: “Rate of metabolism and food requirements of fishes”. (1964)

- ΑΠ. ΚΑΠΑΡΕΛΙΩΤΗΣ: “Φυσιολογία ιχθύων (Σημειώσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου)”. (1997)
- ΑΙΚ. Σ. ΚΡΙΜΠΙΕΝΗ: “Στοιχεία βιολογίας ιχθύων θαλάσσης (Σημειώσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου)”. (1997)
- ΑΘ. ΑΡΓΥΡΙΟΥ: “Ιχθυολογία (Σημειώσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου)”. (1994)