



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ & ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Ολοκληρωμένη Πολυτροφική Υδατοκαλλιέργεια: διερεύνηση της δυνατότητας εκτροφής Δίθυρων Μαλακίων σε θαλάσσιο πάρκο πλωτών ιχθυοκλωβών

**Κωνσταντίνος Αθανάσιος Γκαρπούσης**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Ελένη Μήλιου – Μπαρσάκη, Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ, 2021**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Ολοκληρωμένη Πολυτροφική Υδατοκαλλιέργεια: διερεύνηση της δυνατότητας εκτροφής Δίθυρων Μαλακίων σε θαλάσσιο πάρκο πλωτών ιχθυοκλωβών

“Integrated Multi-trophic Aquaculture: examination of the possibility of intensive farming of Bivalve Molluscs in aquaculture”

**Κωνσταντίνος Αθανάσιος Γκαρπούσης**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Ελένη Μήλιου – Μπαρσάκη, Καθηγήτρια ΓΠΑ (Επιβλέπουσα)

Ναυσικά Καρακατσούλη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ευθυμία Κώτου, Ερευνήτρια Β', Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε

## **Ολοκληρωμένη Πολυτροφική Υδατοκαλλιέργεια: διερεύνηση της δυνατότητας εκτροφής Δίθυρων Μαλακίων σε θαλάσσιο πάρκο πλωτών ιχθυοκλωβών**

*ΔΙΠΜΣ Επιχειρηματικότητα και Συμβουλευτική στην Αγροτική Ανάπτυξη*

*Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης*

*Τμήμα Επιστήμης και Ζωικής Παραγωγής*

### **Περίληψη**

Η παρούσα μελέτη, είχε σκοπό να διερευνήσει την δυνατότητα εκτροφής Δίθυρων Μαλακίων σε θαλάσσιο πάρκο πλωτών ιχθυοκλωβών και συγκεκριμένα αν η ανάπτυξη των μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) και στρειδιών (*Crassostrea gigas*) διαφοροποιείται κατά την εκτροφή τους σε ιχθυοκαλλιέργεια ή οστρακοκαλλιέργεια.

Η παράλληλη εκτροφή εφαρμόστηκε σε δυο σταθμούς της ιχθυοκαλλιέργειας. Ο ένας τοποθετήθηκε κοντά στην ακτή (Α) και ο άλλος εντός του πάρκου υδατοκαλλιέργειας (Β). Η μεταξύ τους απόσταση υπολογίζεται στα 600 μέτρα. Τοποθετήθηκαν τα μύδια (σε κάλτσες) και τα στρείδια (σε καλάθια) σε βάθος 5 μέτρων (Μάρτιος). Δύο μήνες περίπου μετά από την έναρξη του πειράματος (Μάιος), μεταφέρθηκε ένας πληθυσμός μυδιών και στρειδιών σε οστρακοκαλλιέργεια (Μ) στον Σαρωνικό κόλπο. Η διεξαγωγή του πειράματος διήρκησε 122 ημέρες (Ιούλιος) και οι δειγματοληψίες των παραμέτρων της θερμοκρασίας και του οξυγόνου πραγματοποιούταν καθημερινά καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Εκτιμήθηκαν βιομετρικοί δείκτες των μυδιών *M. galloprovincialis* και στρειδιών *C. Gigas*, και συγκεκριμένα το ολικό βάρος και ολικό μήκος που μετρήθηκαν στην αρχή (Μάρτιο), καθώς και ενδιάμεσα του πειράματος (Μάιο) και στο τέλος του πειράματος (Ιούλιο), όπου μετρήθηκε και το εσωτερικό τους βάρος. Σύμφωνα με τις τελικές μετρήσεις οι βιομετρικοί δείκτες των μυδιών *M. galloprovincialis* και στρειδιών *C. Gigas* έδειξαν ότι υπήρξε πράγματι στατιστικά σημαντική αύξηση στους σταθμούς παρατήρησης, η μεγαλύτερη όμως παρατηρήθηκε στον σταθμό κοντά στην ακτή.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι στο σταθμό εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας (Β) τα μύδια είχαν μικρότερη ανάπτυξη, δείχνοντας χαμηλότερες τιμές εσωτερικού βάρους, σε σχέση με αυτά της οστρακοκαλλιέργειας (Μ), ενώ τα στρείδια παρουσίασαν παρεμφερείς βιομετρικούς δείκτες μεταξύ των δύο αυτών σταθμών (Β και Μ).

Ως συμπέρασμα που μπορεί να αναγνωριστεί είναι ότι η συνεκτροφή μυδιών *M. galloprovincialis* και στρειδιών *C. Gigas* με τσιπούρες *Sparus aurata* και φαγκρία *Pagrus major*, συμβάλει παράλληλα στην ανάπτυξη των μυδιών και των στρειδιών, ενώ ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας στην περιοχή που δραστηριοποιείται.

**Επιστημονική περιοχή:** Υδατοκαλλιέργειες

**Λέξεις κλειδιά:** Ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια, Σαρωνικός Κόλπος, βιωσιμότητα, *Mytilus galloprovincialis*, *Crassostrea gigas*

## **Integrated Multi-trophic Aquaculture: examination of the possibility of intensive farming of Bivalve Molluscs in aquaculture.**

*M.Sc. Farm Business Management*

*Department of Agricultural Economics & Rural Development*

*Department of Animal Science*

### **Abstract**

In the current study, was examined the possibility of intensive farming of Bivalve Molluscs in aquaculture and specifically the co-culture of *Mytilus galloprovincialis* (mussels) and *Crassostrea gigas* (oysters) in intensive farming of *Sparus aurata* (gilthead sea bream) and *Pagrus major* (red sea bream) in the Saronic Gulf, and as well as the comparison of their growth with that of a shellfish farm.

This co-culture was applied in two stations of the fish farm. One was placed toward the shore (A) and the other placed inside the marine aquaculture park (B). The distance between them is estimated at approximately 600 meters. The Mussels (in socks) and the oysters (in baskets) were placed inside the marine aquaculture park (floating fish cages) at 5 meters depth (March). About two months after the start of the experiment (May), a population of mussels and oysters was transferred to a shellfish farm (M) in the Saronic Gulf. The experiment lasted 122 days (July) and temperature and oxygen sampling was performed daily during the experiment.

The biometric indicators of the total weight and total length of *Mytilus galloprovincialis* (mussels) and *Crassostrea gigas* (oysters) has been measured by the start of the experiment (March), also a middle measurement take place (May) when the population of mussels and oysters was transferred to the shellfish farm and at the end of the experiment (July). According to the final biometric indicators sampling of *M. galloprovincialis* mussels and *C. gigas* oysters show, there has been parallel growth at the observation stations, but more significantly at the station toward the shore.

Also, at inside the marine aquaculture park (B), the mussels had displayed less net weight growth, in comparison to the station at shellfish farm (M), while the oysters displayed similar biometric indicators between those two (B and M).

In conclusion the combination of *M. galloprovincialis* mussels and *C. gigas* oysters with *Sparus aurata* (gilthead sea bream) and *Pagrus major* (red sea bream) contributes positively to the development of the mussels and oysters themselves, while minimizing the environmental consequences at the area of fish farming.

**Scientific area:** Aquaculture

**Key words:** IMTA, Saronic Gulf, *sustainability*, *Mytilus galloprovincialis*, *Crassostrea gigas*.

## ***Ευχαριστίες***

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών το έτος 2020-2021.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Δρ. Μήλιου Ελένη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της πτυχιακής, όπως επίσης και για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές της κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας και της μετέπειτα συγγραφής.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω την ερευνήτρια του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Δρ. Ευθυμία Κώτου για τη στήριξη, τις συμβουλές της και για τη βοήθεια στην υλοποίηση του πειράματος και να συμμετέχει στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Δρ. Ναυσικά Καρακατσούλη για την συμμετοχή της, στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στη Δρ. Ευανθία Χατζόγλου. Η συμβολή της ήταν καθοριστική καθώς ανά πάσα στιγμή ήταν διαθέσιμη.

Ενά μεγάλο ευχαριστώ, επίσης στον κ. Ανδρέα Πετρόπουλο που είχε την ευγενική καλοσύνη να υποστηρίξει το συγκεκριμένο πείραμα στην μονάδα οστρακοκαλλιέργειας που διαθέτει και με μεγάλη διάθεση πάντα να παραχωρεί προσωπικό χρόνο για τις δειματοληψίες που λάμβαναν μέρος.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Ασπασία Λιάπη για τις ευχάριστες στιγμές της συνεργασίας μας, καθώς και για τη συμβολή της, στην συνολική πειραματική διαδικασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω, την κα. Νάνσυ Δουράλα τέως διευθύντρια του ιχθυοπαθολογικού εργαστηρίου της μονάδας Όρμου Σελόντα, αλλά και τον νυν διευθυντή κ. Ανδρέα Κυριάκου, όπως και την βοηθό του κα. Νεφέλη Γιαννοπούλου, όπως επίσης τον κ. Χρήστο Παππά και όλο διοικητικό προσωπικό της μονάδας εκτροφής Όρμου Σελόντα για την αμέριστη υποστήριξη και υπομονή στο πόνημα αυτό.

Ακόμα ένα μεγάλο ευχαριστώ και στον κ. Δημήτρη Παΐσιο της εταιρίας Γαλαξίδι Α.Ε., που με τη συμβολή και τη κατανόηση που κατέδειξε, κατέστη δυνατή η εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Ακόμη, ένα μεγάλο ευχαριστώ για τη συμβολή τους στην πειραματική διαδικασία, τους φοιτητές Θεοωρή Κονζίδη, Σταματούλα Μισαηλίδη και Μαρία Αθανασοπούλου για την όμορφη συνεργασία που είχαμε.

\*\*\*

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ από καρδιάς, στη μητέρα μου που όλο αυτό και το διάστημα ήταν μαζί μου σ' αυτό το δύσκολο ταξίδι και με τις συμβουλές της, μου παρείχε βοήθεια και ψυχολογική στήριξη, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

\*\*\*

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	2
Abstract .....	3
Ευχαριστίες.....	4
Περιεχόμενα.....	5
Ευρετήριο εικόνων.....	7
Ευρετήριο πινάκων .....	9
Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή.....	10
1.1 Η υδατοκαλλιέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	10
1.2 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα.....	13
1.2.1 Μυδοκαλλιέργεια .....	16
1.3 Τύποι, συστήματα και υδρολογικά χαρακτηριστικά της υδατοκαλλιέργειας .....	19
1.3.1 Τύποι υδατοκαλλιέργειας.....	19
1.3.2 Συστήματα υδατοκαλλιέργειας και θαλασσοκαλλιέργειας.....	21
1.3.3 Υδρολογικά χαρακτηριστικά.....	22
1.4 Φυσικοχημικές Παράμετροι στις υδατοκαλλιέργειες .....	23
1.4.1 Φυσικές παράμετροι.....	23
1.4.2 Χημικές παράμετροι.....	24
1.4.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αλληλεπιδράσεις αιωρούμενων στερεών μεταξύ υδατοκαλλιεργειών και θαλάσσιου περιβάλλοντος .....	25
1.5 Ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια.....	26
1.6 Έρευνα για το IMTA στην Ε.Ε .....	27
1.6.1 Επιλογή των ειδών βάσει της ιδιαιτερότητας των ενδαιτημάτων .....	28
1.7 Το στρείδι <i>Crassostrea gigas</i> .....	30
1.8 Το μύδι <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	32
1.9 Τα λιπαρά οξέα .....	33
1.10 Το ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο ως βασικό συστατικό για την τροφή των ιχθύων εντατικής καλλιέργειας.....	34
1.11 Σκοπός της μελέτης.....	35
Κεφάλαιο 2 : Υλικά και μέθοδοι.....	36
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός.....	36
2.2 Στατιστική ανάλυση δεδομένων.....	41
Κεφάλαιο 3 : Αποτελέσματα.....	42
3.1 Θερμοκρασία και οξυγόνο των υδάτων στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας.....	42
3.2 Μετρήσεις μυδιών.....	43
3.2.1 Σύγκριση εσωτερικού βάρους μυδιών.....	43

3.2.2 Σύγκριση ολικού μήκους μυδίων .....	44
3.2.3 Σύγκριση ολικού βάρους μυδίων .....	45
3.2.4 Σύγκριση συσχέτισης ολικού μήκους – βάρους μυδίων .....	46
3.2.5 Σύγκριση συσχέτισης ολικού βάρους – εσωτερικού βάρους μυδίων.....	47
3.2.6 Σύγκριση συσχέτισης ολικού μήκους – εσωτερικού βάρους μυδίων.....	48
3.3 Μετρήσεις στρειδιών .....	49
3.3.1 Σύγκριση εσωτερικού βάρους στρειδιών .....	49
3.3.2 Σύγκριση ολικού μήκους στρειδιών.....	50
3.3.3 Σύγκριση ολικού βάρους στρειδιών.....	51
3.3.4 Σύγκριση συσχέτισης ολικού μήκους – βάρους στρειδιών .....	52
3.3.5 Σύγκριση συσχέτισης ολικού βάρους – εσωτερικού βάρους στρειδιών .....	53
3.3.6 Σύγκριση συσχέτισης ολικού μήκους – εσωτερικού βάρους στρειδιών .....	54
Κεφάλαιο 4 : Συζήτηση.....	56
4.1 Συμπεράσματα και προοπτικές .....	60
Κεφάλαιο 5 : Βιβλιογραφία.....	62

## Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1.1: Εξέλιξη παραγωγής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε (FAO, 2019) .....	11
Εικόνα 1.1.2: Παραγωγή χωρών της Ε.Ε στα είδη τσιπούρας και λαβρακιού (Πηγή: FEAP, Kontali, ΣΕΘ, 2020).....	11
Εικόνα 1.1.3: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. το 2018 (FAO, 2019; ΣΕΘ, 2020) .....	12
Εικόνα 1.2.1 : Διάρθρωση παραγωγής (ΥΠΑΑΤ, 2014; ΣΕΘ, 2020).....	14
Εικόνα 1.2.2: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2019 (ΥΠΑΑΤ, 2014; ΣΕΘ,2020).....	15
Εικόνα 1.2.3: Συνολική ποσότητα & αξία των εκτρεφόμενων – ειδών (ΕΛΣΤΑΤ, 2019) .....	16
Εικόνα 1.2.3: Ποσοστό (%) του αριθμού και της δυναμικότητας των μονάδων μυδοκαλλιέργειας της Ελλάδας ανά περιοχή (πρωτογενή στοιχεία 2012 από Ιχθυολόγους Περιφερειών & Τμημάτων Αλιείας) (Γαληνού-Μητσούδη κ.ά., 2013).....	18
Εικόνα 1.2.4: Υποθαλάσσια εικόνα συστήματος longline (Πηγή: yraithros.gr, 2021) .....	18
Εικόνα 1.2.5: Διαχείριση και εξαγωγή μυδιών από το σύστημα εκτροφής longline (Πηγή: yraithros.gr, 2021) .....	19
Εικόνα 1.3.2: Παράκτια μονάδα εκτροφής ιχθύων στη θέση Λιμανάκι Ταρσού Βοιωτίας. ....	21
Εικόνα 1.7.1: Στρείδι του Ειρηνικού ( <i>Crassostrea gigas</i> ). Φωτογραφία από: google images .....	30
Εικόνα 1.8.1: Μύδι <i>Mytilus galloprovincialis</i> σε κάτοψη εξωτερικά και εσωτερικά. Πηγή: (A.M. Arias 2012). ....	32
Εικόνα 2.1.1 : Πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας στο Σαρωνικό κόλπο όπου διεξήχθη το πείραμα. ....	36
Εικόνα 2.1.2: Πανοραμική φωτογραφία για την θέση των μονάδων οστρακοκαλλιέργειας και ιχθυοκαλλιέργειας όπου έγινε και το πείραμα, όπως και των σταθμών παρατήρησης. (φωτογραφία από Google maps).....	36
Εικόνα 2.1.2: Πόντιση καλτσών σε επιλεγμένα σημεία της μονάδας.....	37
Εικόνα 2.1.3: Τοποθέτηση στρειδιών σε καλαθάκια. (Φωτογραφία από Δρ. Ε. Κώτου).....	38
Εικόνα 2.1.4: Λήψη από τον κόλπο της ιχθυοκαλλιέργειας (google maps) όπου διεξήχθη το πείραμα επισημαίνοντας τους δύο σταθμούς όπου τοποθετήθηκαν τα μύδια και τα στρείδια. ....	38
Εικόνα 2.1.5: Oxy Guard Handy Polaris (φωτογραφία, google photos).....	39
Εικόνα 2.1.6: Ηλεκτρονικό παχύμετρο ακριβείας. (φωτογραφία, google photos).....	39
Εικόνα 2.1.8: Λήψη εσωτερικού βάρους μυδιών ανά άτομο. (φωτογραφία Λιάπη Ασπασία).....	40
Εικόνα 2.1.7: Προετοιμασία για λήψη εσωτερικού βάρους μυδιών ανά άτομο. ....	40
Εικόνες 2.1.9, 2.1.10: Προετοιμασία για λήψη εσωτερικού βάρους στρειδιών ανά άτομο.....	40
Εικόνα 3.1.1: Διαγραμματική απεικόνιση περιβαλλοντικών παραμέτρων ανα ημέρα, στον ενιαίο χώρο του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας, με ενδείξεις τις χαμηλότερες και υψηλότερες μετρήσεις που καταγράφηκαν, κατά την διάρκεια του πειράματος. ....	42
Εικόνα 3.2.1: Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot εσωτερικού βάρους (IW) μυδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης IWF1, της ενδιάμεσης μέτρησης IWF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών IWF3A κοντά στην ακτή, IWF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας IWM3. ....	43
Εικόνα 3.2.2: Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού μήκους (L) μυδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης LF1, της ενδιάμεσης μέτρησης LF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών LF3A κοντά στην ακτή, LF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας LM3. ....	44
Εικόνα 3.2.3: Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού βάρους (W) μυδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης WF1, της ενδιάμεσης μέτρησης WF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών WF3A κοντά στην ακτή, WF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας WM3. ....	45



Εικόνα 3.2.4: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το ολικό μήκος των μυδιών (mm) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών. Όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.....	46
Εικόνα 3.2.5: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το εσωτερικό βάρος των μυδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών. όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας. ....	47
Εικόνα 3.2.6: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού μήκους (mm) με το εσωτερικό βάρος των μυδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών. όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας. ....	48
Εικόνα 3.3.1: Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot εσωτερικού βάρους (IW) στρειδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης IWF1, της ενδιάμεσης μέτρησης IWF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών IWF3A κοντά στην ακτή, IWF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας IWM3. ....	49
Εικόνα 3.2.2: Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού μήκους (L) στρειδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης LF1, της ενδιάμεσης μέτρησης LF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών LF3A κοντά στην ακτή, LF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας LM3. ....	50
Εικόνα 3.3.3: Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού βάρους (W) στρειδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης WF1, της ενδιάμεσης μέτρησης WF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών WF3A κοντά στην ακτή, WF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας WM3. ....	51
Εικόνα 3.3.4: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το ολικό μήκος των στρειδιών (mm) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών. όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας. ....	52
Εικόνα 3.3.5: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το εσωτερικό βάρος των στρειδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας. ....	53
Εικόνα 3.3.6: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού μήκους (mm) με το εσωτερικό βάρος των στρειδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας. ....	54
Εικόνα 3.4.1: Διαγραμματική απεικόνιση μέσω των όρων βιομετρικών δεικτών δειγμάτων μυδιών. Κωδικοί σταθμών: A: Σταθμός προσκείμενος στην ακτή. B: Σταθμός εντός του πάρκου υδατοκαλλιέργειας. M: Σταθμός στην οστρακοκαλλιέργεια.....	55
Εικόνα 3.4.2: Διαγραμματική απεικόνιση μέσω των όρων βιομετρικών δεικτών δειγμάτων στρειδιών. Κωδικοί σταθμών: A: Σταθμός προσκείμενος στην ακτή. B: Σταθμός εντός του πάρκου υδατοκαλλιέργειας, M: Σταθμός στην οστρακοκαλλιέργεια.....	55

## **Ευρετήριο πινάκων**

Πίνακας 1.2.1: Ενδεικτική επιτρεπόμενη βιομάζα ( <i>tn</i> ) εκτρεφόμενων ιχθύων, αναλόγως της ταχύτητας των υδάτινων ρευμάτων ( <i>cm/sec</i> ), και την υφιστάμενη ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος. ....	23
Πίνακας 3.2.1: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών εσωτερικού βάρους ( <i>g</i> ) μυδιών της αρχικής μέτρησης <i>IWF1</i> , της ενδιάμεσης μέτρησης <i>IWF2AM2</i> και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών <i>IWF3A</i> κοντά στην ακτή, <i>IWF3B</i> εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας <i>IWM3</i> .....	43
Πίνακας 3.2.2: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού μήκους ( <i>mm</i> ) μυδιών της αρχικής μέτρησης <i>LF1</i> , της ενδιάμεσης μέτρησης <i>LF2AM2</i> και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών <i>LF3A</i> κοντά στην ακτή, <i>LF3B</i> εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας <i>LM3</i> . ....	44
Πίνακας 3.2.3: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού βάρους ( <i>g</i> ) μυδιών της αρχικής μέτρησης <i>WF1</i> , της ενδιάμεσης μέτρησης <i>WF2AM2</i> και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών <i>WF3A</i> κοντά στην ακτή, <i>WF3B</i> εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας <i>WM3</i> . ....	45
Πίνακας 3.2.4: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.....	46
Πίνακας 3.2.5: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.....	47
Πίνακας 3.2.6: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.....	48
Πίνακας 3.3.1: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών εσωτερικού βάρους ( <i>g</i> ) στρειδιών της αρχικής μέτρησης <i>IWF1</i> , της ενδιάμεσης μέτρησης <i>IWF2AM2</i> και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών <i>IWF3A</i> κοντά στην ακτή, <i>IWF3B</i> εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας <i>IWM3</i> .....	49
Πίνακας 3.3.2: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού μήκους ( <i>mm</i> ) στρειδιών της αρχικής μέτρησης <i>LF1</i> , της ενδιάμεσης μέτρησης <i>LF2AM2</i> και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών <i>LF3A</i> κοντά στην ακτή, <i>LF3B</i> εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας <i>LM3</i> . ....	50
Πίνακας 3.3.3: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού βάρους ( <i>g</i> ) στρειδιών της αρχικής μέτρησης <i>WF1</i> , της ενδιάμεσης μέτρησης <i>WF2AM2</i> και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών <i>WF3A</i> κοντά στην ακτή, <i>WF3B</i> εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας <i>WM3</i> . ....	51
Πίνακας 3.3.4: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.....	52
Πίνακας 3.3.5: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.....	53
Πίνακας 3.3.6: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.....	54

# Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

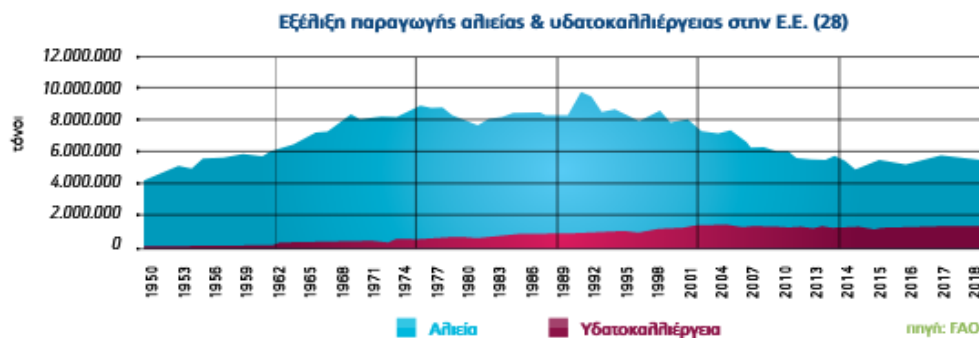
## 1.1 Η υδατοκαλλιέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Σύμφωνα με τον ορισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), υδατοκαλλιέργεια είναι: “η εκτροφή υδρόβιων οργανισμών σε ηπειρωτικές ή παράκτιες περιοχές η οποία περιλαμβάνει παρεμβάσεις στη διαδικασία της αύξησης και της εκκόλαψης προκειμένου να βελτιωθεί η παραγωγή και η ατομική ή συνεταιριστική ιδιοκτησία του καλλιεργούμενου αποθέματος”.

Ενώ η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας τετραπλασιάστηκε κατά την περίοδο 1990-2017, η συνολική παραγωγή εκτρεφόμενων θαλασσινών στα κράτη μέλη της ΕΕ παρέμεινε σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα στους 1,2 εκατομμύρια τόνους περίπου. Ωστόσο, τα αριθμητικά στοιχεία για την παραγωγή στην ΕΕ αυξήθηκαν πρόσφατα κατά περίπου 24 %, ενώ η αξία της ευρωπαϊκής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας ανήλθε σε 5,6 δισεκατομμύρια ευρώ το 2017. Το 76 % αυτού του αριθμού αντιστοιχούσε σε προϊόντα αλιείας και το 24 % σε καρκινοειδή και μαλάκια. Οι παραγωγοί υδατοκαλλιέργειας της Ε.Ε. επικεντρώθηκαν κυρίως σε τέσσερα είδη: μύδια (35 % της συνολικής ποσότητας), σολομό (15 %), πέστροφα (14 %) και στρείδια (7 %), ενώ άλλα σημαντικά εκτρεφόμενα είδη στην ΕΕ είναι η συναγρίδα, ο κυπρίνος, το λαβράκι και τα κυδώνια (Europarl, 2021).

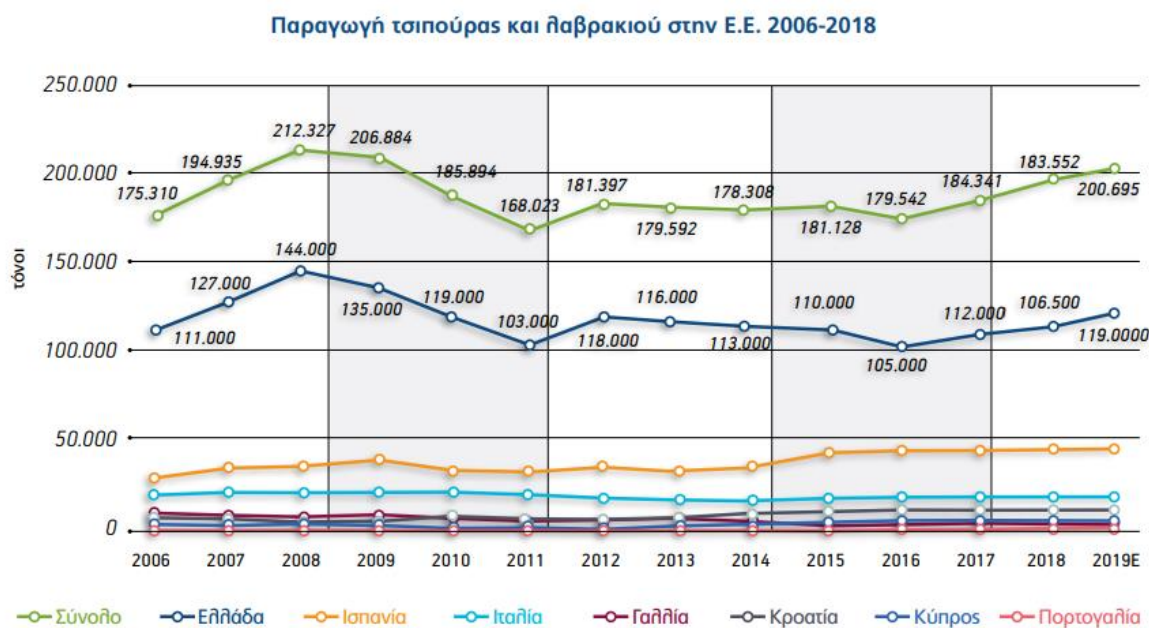
Οι βασικοί παραγωγοί υδατοκαλλιέργειας μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ το 2017 ήταν η Ισπανία (21%), η Γαλλία (15%), το Ηνωμένο Βασίλειο (14%), η Ιταλία (14%) και η Ελλάδα (10%), που από κοινού αντιστοιχούσαν περίπου στο 74% της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη η αξία της παραγωγής, το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν ο κύριος παραγωγός (21%) και ακολουθούσαν η Γαλλία (16%), η Ισπανία (13%) η Ελλάδα (12%) και η Ιταλία (11%). Τα Δίθυρα Μαλάκια (μύδια, στρείδια και κυδώνια) κυριαρχούν στην Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία. Το Ηνωμένο Βασίλειο παρήγε κυρίως σολομό, ενώ η Ελλάδα παρήγε κυρίως λαβράκι και τσιπούρα (Europarl, 2021).

Το 2018 η συνολική προσφορά αλιευτικών προϊόντων (παραγωγή προϊόντων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας) στην Ε.Ε.-28 ανήλθε σε 6.854.419 τόνους παρουσιάζοντας μείωση 2,7% σε σχέση με το 2017 (7.042.047 τόνοι), η οποία οφείλεται στη μείωση των εκφορτώσεων από την ελεύθερη αλιεία. Συγκεκριμένα, η προσφορά από την αλιεία ανήλθε σε 5,5 εκ. τόνους παρουσιάζοντας πτώση 3,4% σε σχέση με το 2017 (5,7 εκ. τόνοι). Η παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανήλθε στους 1.365.112 τόνους παρουσιάζοντας οριακή αύξηση 0,4%, δηλαδή μόλις 5.863 τόνους παραπάνω (1,3 εκ. τόνοι το 2017). Η αξία των πωληθέντων προϊόντων υδατοκαλλιέργειας ομοίως παρουσίασε αύξηση κατά 3,2% και ανήλθε σε 4,3 δισ. ευρώ (4,2 δισ. ευρώ το 2017). Και το 2018 το 80% της προσφοράς αλιευτικών προϊόντων προήλθε από την αλιεία και το 20% από την υδατοκαλλιέργεια, παγιώνοντας μια αναλογία που με ελάχιστες διακυμάνσεις παρατηρείται τα τελευταία 20 χρόνια στην Ε.Ε. (ΣΕΘ, 2020).



Εικόνα 1.1: Εξέλιξη παραγωγής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε (FAO, 2019)

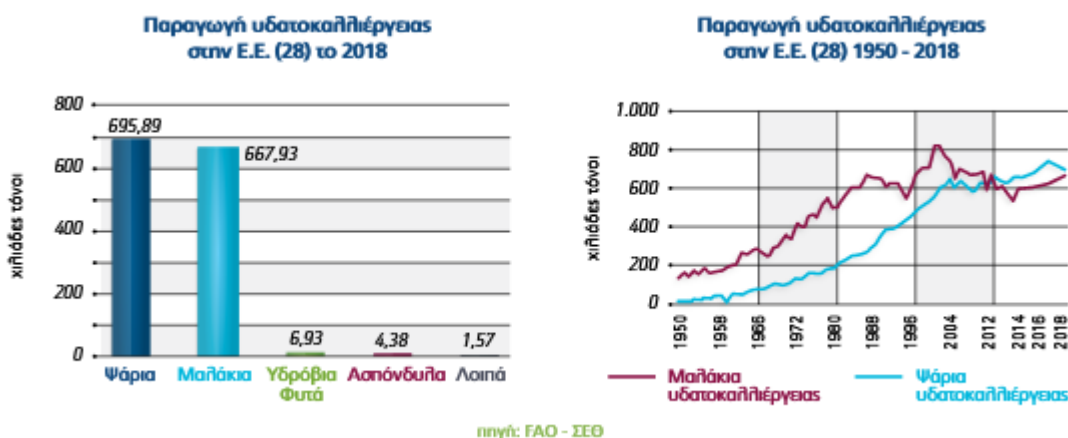
Οι δυο κύριες κατηγορίες εκτρεφόμενων ειδών στην Ε.Ε. είναι οι ιχθύες και τα όστρακα που αντιπροσωπεύουν το 50,5% και το 48,5% της ευρωπαϊκής παραγωγής, ενώ σε πολύ μικρότερες ποσότητες παράγονται καρκινοειδή και υδρόβια φυτά, αποτελώντας μόλις το 1% της ευρωπαϊκής παραγωγής. Αξίζει να σημειωθεί πως η ιχθυοκαλλιέργεια άρχισε να αναπτύσσεται στην Ε.Ε. από το 1980 και μετά ενώ μέχρι τότε η παραγωγή αποτελούνταν κυρίως από τα όστρακα. Η Ελλάδα είναι από τις πλέον σημαντικές χώρες παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε-28, καθώς το 2018 καταλαμβάνει την 5η θέση ως προς τον συνολικό όγκο παραγωγής προϊόντων υδατοκαλλιέργειας και την 3η θέση ως προς την αξία τους. Λαμβάνοντας υπόψη πως το 85% της ελληνικής παραγωγής είναι ιχθύες, στη συγκεκριμένη κατηγορία η Ελλάδα κατέχει τη 2η θέση ως προς τον όγκο και την αξία παραγωγής ιχθυοκαλλιέργειας, ακολουθώντας το Ηνωμένο Βασίλειο λόγω της σημαντικής παραγωγής σολομού που έχει. Αυτές οι δύο χώρες είναι οι μόνες χώρες στην Ε.Ε.-28 που παράγουν πάνω από 100.000 τόνους ιχθύων και μετά την αποχώρηση της πρώτης από την Ε.Ε., η Ελλάδα θα είναι η πρώτη χώρα παραγωγής ιχθυοκαλλιέργειας στην Ευρώπη με μεγάλη διαφορά από τη 2η χώρα (Ισπανία) (ΣΕΘ, 2020).



Εικόνα 1.1.2: Παραγωγή χωρών της Ε.Ε στα είδη τσιπούρας και λαβρακιού (Πηγή: FEAP, Kontali, ΣΕΘ, 2020)

Βάσει των στοιχείων του FAO, στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα σημαντικότερα εκτρεφόμενα είδη ως προς τον όγκο και την αξία τους είναι οι ιχθύες ακολουθούμενοι από τα μύδια, ενώ τα υπόλοιπα είδη (φύκη, ασπόνδυλα, κλπ.), αποτελούν ένα πάρα πολύ μικρό ποσοστό της παραγωγής. Συγκεκριμένα, ο όγκος παραγωγής ιχθύων ιχθυοκαλλιέργειας το 2018 ανήλθε σε 695.885 τόνους αξίας 3,2 δις. ευρώ, αντιπροσωπεύοντας αντίστοιχα το 51% ως προς τον όγκο και το 74,4% ως προς την αξία της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. (28) αντίστοιχα. Σε σχέση με το προηγούμενο έτος η παραγωγή ιχθύων υδατοκαλλιέργειας παρουσιάζει μείωση 4,9% ως προς τον όγκο και 0,3% ως προς την αξία. Ο όγκος παραγωγής οστράκων ανήλθε σε 667.934 τόνους αξίας 1.107,7 εκ. ευρώ, αντιπροσωπεύοντας το 49% και το 25,4% ως προς τον όγκο και την αξία της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. αντίστοιχα. Σε σχέση με το προηγούμενο έτος η παραγωγή μαλακίων υδατοκαλλιέργειας είναι αυξημένη κατά 6,6% ως προς τον όγκο και κατά 15,2% ως προς την αξία. Γενικότερα η παραγωγή μαλακίων από το 2000 παρουσιάζει μια πτωτική πορεία στην Ε.Ε., ενώ η εκτροφή ιχθύων από το 1980 έως το 2000 παρουσίασε σημαντική αύξηση και από τότε παρουσιάζει οριακές διακυμάνσεις. Την ίδια περίοδο παρήχθησαν σε πολύ μικρότερη ποσότητα στην Ε.Ε. και 693 τόνοι κυρίως υδρόβιων φυτών (κυρίως φύκια) αξίας 4,1 εκ. ευρώ. Σε σχέση με το 2017, η παραγωγή υδρόβιων φυτών μειώθηκε κατά 1% και η αξία τους αυξήθηκε κατά 2,8%, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων της Γαλλίας η παραγωγή της οποίας δεν είχε καταχωρηθεί στον FAO για το 2017. Συνολικά αυτή η κατηγορία αντιπροσωπεύει το 0,05% του όγκου και το 0,1% της αξίας της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε., με την Ελλάδα να παράγει το 13,5% των υδρόβιων φυτών (ΣΕΘ, 2020).

Λαμβάνοντας υπόψη τα δύο κύρια είδη εκτροφής στην Ε.Ε., γίνεται αντιληπτό πώς το μεγαλύτερο μέρος αυτής της δραστηριότητας πραγματοποιείται σε εκμεταλλεύσεις στη θάλασσα. Συγκεκριμένα, το 76% της παραγωγής πραγματοποιείται στη θάλασσα και το υπόλοιπο 24% σε υφάλμυρα και γλυκά νερά (ΣΕΘ, 2020).



**Εικόνα 1.1.3:** Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. το 2018 (FAO, 2019; ΣΕΘ, 2020)

Η υδατοκαλλιέργεια στην ΕΕ συνίσταται από τρεις υποτομείς με διαφορετική ιστορία και χαρακτηριστικά. Την οστρακοκαλλιέργεια (57% της συνολικής παραγωγής το 2009), την ιχθυοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων (18%) και την θαλασσοκαλλιέργεια (25%). Η

οστρακοκαλλιέργεια αν και παράγει τις ίδιες ποσότητες αλιευμάτων με την ιχθυοκαλλιέργεια, αποτελεί μόνο το 34% της συνολικής αξίας του τομέα. (European Commission, Directorate General for Environment, 2018).

## 1.2 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Η ιχθυοκαλλιέργεια στα ελληνικά παράκτια ύδατα παρουσιάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ως ένας πολλά υποσχόμενος προσαρμοσμένος τομέας στους εθνικούς πόρους και στο θαλάσσιο περιβάλλον της Ελλάδας (Frentzos, 2013). Τα νέα, τότε, διαρθρωτικά - επιχειρησιακά προγράμματα της Ε.Ε., οι κατάλληλες περιβαλλοντικές και κλιματολογικές συνθήκες, η μορφολογία της ελληνικής ακτογραμμής, η διαθέσιμη τεχνολογία εκκίνησης και τεχνογνωσία από την Ιαπωνία, τη Γαλλία, την Ιταλία και τη Νορβηγία (Stephanis, 1995a και 1995b) και η εμφάνιση μιας μικρής αλλά κρίσιμης μάζας εξειδικευμένων επιστημόνων και μελλοντικών επιχειρηματιών ήταν απαραίτητη κατά την πρώιμη αναπτυξιακή φάση (Σκαρμούτσος, 2021).

Στις ελληνικές θάλασσες εκτρέφονται μεσογειακά είδη κυρίως τσιπούρα, όπως και λαβράκι αποτελώντας περίπου το 96% των πωλήσεων, και σε ένα μικρότερο ποσοστό «νέα είδη» όπως μυτάκι, κρانيός, συναγρίδα κ.α. που αποτελεί και το υπόλοιπο 4%. Η θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη τη δεκαετία του '80 με τη χρήση πλωτών ιχθυοκλωβών, μιας μεθόδου που χρησιμοποιούταν ευρέως στη Νορβηγία για την εκτροφή σολομού. Ενδεικτικό της κατάστασης είναι ότι ενώ το 1985 υπήρχαν 12 μονάδες με συνολική παραγωγή περίπου 100 τόνους, σήμερα υπάρχουν πάνω από 300 μονάδες με παραγωγή που ξεπερνάει τους 100.000 τόνους (ΣΕΘ, 2020).

Επί του παρόντος, η Ελλάδα κυριαρχεί στη μεσογειακή βιομηχανία θαλάσσιας εκτροφής, βασισμένη σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή ειδών όπως το λαβράκι και η τσιπούρα (Theodorou & Charalambakis, 2001). Ο συνεχής εμβολιασμός καινοτομιών στη διαδικασία παραγωγής από τα πρώτα στάδια (1980) οδήγησε σε ταχεία ανάπτυξη των επιχειρήσεων (Theodorou, 2002 & Theodorou, Viaene, et al. 2011). Στην αρχή λειτούργησαν τρεις μονάδες, ενώ στα τέλη της δεκαετίας λειτουργούσαν τριάντα. Η κοσμογονία για τον κλάδο έρχεται αργότερα και, σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, το 2001 στον ελλαδικό χώρο λειτουργούσαν 290 μονάδες. Ωστόσο, η Ελλάδα εξακολουθεί να παραμένει εχθρικό επιχειρηματικό περιβάλλον, ιδίως για νέες πρωτοβουλίες, κυρίως λόγω της γραφειοκρατίας και της απουσίας (έως το 2011) χωροταξικού σχεδιασμού και μεσοπρόθεσμου / μακροπρόθεσμου τομεακού στρατηγικού σχεδιασμού (Theodorou et al., 2015).

Η 2η πιο σημαντική κατηγορία εκτροφής είναι η οστρακοκαλλιέργεια. Η δραστηριότητα αυτή πραγματοποιείται κυρίως σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας όπου εκτρέφεται σχεδόν αποκλειστικά το Μεσογειακό μύδι. Η πρώτη παραχώρηση χώρου για εκτροφή μυδιών καταγράφηκε το 1955 και αφορούσε μια πασσαλωτή μονάδα στον ΒΑ κόλπο Θεσσαλονίκης. Το 1970 ξεκίνησε η συστηματικότερη εκτροφή μυδιών σε τμήματα των ποταμών Λουδία και Αξιού και επεκτάθηκε στην Πιερία, την Ημαθία και την Καβάλα. Αρχικά γινόταν χρήση του πασσαλωτού συστήματος που είναι κατάλληλο για πιο ρηχά νερά και στη συνέχεια το 1985 χρησιμοποιήθηκε το σύστημα long line για βαθύτερα νερά, με αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση του αριθμού των μονάδων από 70 σε 600. Εκτός από τις θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες,

ιδιαίτερη θέση κατέχει η υδατοκαλλιέργεια των εσωτερικών υδάτων καθώς αποτελεί μια παραδοσιακή μορφή πρωτογενούς παραγωγής και πηγή κύριας ή συμπληρωματικής απασχόλησης και εισοδήματος για τους κατοίκους ορεινών και απομακρυσμένων ηπειρωτικών περιοχών. Σήμερα δραστηριοποιούνται 85 μονάδες εντατικής εκτροφής ιχθύων, με κυριότερο είδος την ιριδίζουσα πέστροφα, ενώ σε μικρότερη κλίμακα εκτρέφονται ο κυπρίνος και το ευρωπαϊκό χέλι (ΣΕΘ, 2020).

Στις ελληνικές λιμνοθάλασσες ασκείται και η παραδοσιακή εκτατική υδατοκαλλιέργεια με ιδιαίτερες οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις σε τοπικό επίπεδο. Σήμερα λειτουργούν 72 οργανωμένες εκμεταλλεύσεις λιμνοθαλασσών κυρίως από αλιευτικούς συλλόγους συνολικής έκτασης 400 χιλ. στρεμμάτων. Τα κυριότερα παραγόμενα είδη είναι τσιπούρες, λαβράκια, κέφαλοι και χέλια (ΣΕΘ, 2020).

Τα τελευταία χρόνια, ο κλάδος έχει στραφεί και σε υδρόβια φυτά με πολύ έντονο ενδιαφέρον όπως το Κυανοβακτήριο *Spirulina*, το μακροφύκος *Ulva* κ.α., τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρώματα διατροφής, πρώτη ύλη στη βιομηχανία καλλυντικών, βιοκαύσιμα κ.λπ. (ΣΕΘ, 2020).

Το 2019 ο συνολικός όγκος παραγωγής (κυρίως ιχθύες ιχθυοκαλλιέργειας και όστρακα) εκτιμάται ότι ανήλθε σε 149.975 τόνους αξίας 564,6 εκ. ευρώ (συμπεριλαμβάνονται και οι εκτατικές εκμεταλλεύσεις λιμνοθαλασσών). Σε σχέση με το 2018 καταγράφεται αύξηση 2% ως προς τον όγκο (146.627 τόνοι) και 5% ως προς την αξία παραγωγής (534 εκ. ευρώ). Αν συνυπολογίσουμε και την αξία των ιχθυδίων που παρήχθησαν από τους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, τότε η συνολική αξία από όλες τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας το 2019 ανέρχεται σχεδόν στα 650 εκ. ευρώ. Οι ιχθύες ιχθυοκαλλιέργειας (θαλάσσια και εσωτερικά ύδατα) αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραγωγής (85% του όγκου και 98% της αξίας) και ακολουθούν τα μύδια (15% του όγκου και μόλις το 2% της αξίας παραγωγής) (ΣΕΘ, 2020).



**Εικόνα 1.2.1 :** Διάρθρωση παραγωγής (ΥΠΑΑΤ, 2014; ΣΕΘ, 2020)

Η εκτροφή ιχθύων σε θαλάσσια και εσωτερικά ύδατα, ανήλθε το 2019 συνολικά σε 127.055 τόνους αξίας 553,4 εκ. ευρώ (δεν περιλαμβάνονται οι εκμεταλλεύσεις σε λιμνοθάλασσες).

Αξιίζει να σημειωθεί πως οι ιχθύες που εκτρέφονται σε θαλάσσια ύδατα αντιπροσωπεύουν το 98% του όγκου των ιχθύων ιχθυοκαλλιέργειας ενώ μόλις το 2% προέρχεται από την ιχθυοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων (ΣΕΘ, 2020).

Η παραγωγή οστρακοειδών, ανήλθε το 2019 στους 22.020 τόνους αξίας 7,8 εκ. ευρώ. Στην ανωτέρω ανάλυση δεν έχει συμπεριληφθεί η καλλιέργεια υδρόβιων φυτών λόγω του πολύ μικρού ποσοστού συμμετοχής τους στη συνολική παραγωγή της χώρας (0,07%). Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του FAO, η καλλιέργεια των υδρόβιων φυτών σε θαλάσσια ύδατα (το 2018) ανήλθε σε 93,8 τόνους αξίας 983,7 χιλ. ευρώ. Σε σχέση με το 2018 παρατηρείται μείωση 8,9% ως προς τον όγκο και 20% ως προς την αξία (ΣΕΘ, 2020).

#### Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2019

	Αριθμ. Μονάδων	όγκος (τόνοι)	αξία (εκ. ευρώ)
<b>A. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΝΕΡΑ (ΕΚΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)</b>			
Πέστροφα	62	2.000	6,50 €
Κυπρίνος	7	7	0,02 €
Σοϊομός	2	2	0,02 €
Χέλια	3	146	1,22 €
Γαριδοκαλλιέργειες	1	0	0,00 €
Λοιπά είδη (κέφαλοι, τιλάπια κλπ)	12	100	0,950
<b>Σύνολο A</b>	<b>87</b>	<b>2.255</b>	<b>7,75 €</b>
<b>B. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΝΕΡΑ (ΕΚΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)</b>			
Τσιπούρα & λαβράκι	302	120.500	545,66 €
Λοιπά μεσογειακά είδη		4.300	
Οστρακοκαλλιέργειες (κυρίως μύδια)	520	22.020	7,78 €
<b>Σύνολο B</b>	<b>822</b>	<b>146.820</b>	<b>553,44 €</b>
<b>Σύνολο A+B</b>	<b>909</b>	<b>149.075</b>	<b>561,20 €</b>
<b>Γ. ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ (ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΥΡΙΩΣ ΑΠΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΥΛΛΟΓΟΥΣ)</b>			
Ευρύαλα είδη (τσιπούρα, λαβράκι, κέφαλοι κλπ)	72	900	3,42 €
<b>Σύνολο Γ</b>	<b>72</b>	<b>900</b>	<b>3,42 €</b>
<b>Δ. ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΙΧΘΥΩΝ (Θ.Μ.Ι.)</b>			
	<b>Αριθμ. Σταθμών</b>	<b>Παραγ. εκ. ιχθύδια</b>	<b>αξία (εκ. ευρώ)</b>
Τσιπούρα & λαβράκι		411	
Λοιπά μεσογειακά είδη	26	11,3	86,70 €
<b>Σύνολο Δ</b>	<b>26</b>	<b>422,3</b>	<b>86,70 €</b>

πηγή: ΥΠΙΑΑΤ, ΣΕΘ

Εικόνα 1.2.2: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2019 (ΥΠΙΑΑΤ, 2014; ΣΕΘ, 2020)



ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ - ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ	2012		2013		2014		2015	
	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ
ΣΥΝΟΛΟ	94.167,0	439.044,3	95.185,9	428.396,9	87.761,0	436.072,3	89.334,9	469.968,0
ΚΕΦΑΛΟΙ	245,6	585,7	274,9	585,6	263,5	609,7	251,0	628,3
ΛΑΒΡΑΚΙΑ	35.805,1	195.445,2	34.919,7	179.351,6	32.141,5	172.921,2	36.600,1	199.871,4
ΜΥΛΟΚΟΠΙΑ	524,9	2.820,1	308,3	1.879,9	461,9	2.737,5	475,6	2.663,6
ΜΥΤΑΚΙΑ	347,4	1.826,4	255,1	1.372,3	530,3	2.778,0	202,0	1.125,3
ΠΕΣΤΡΟΦΕΣ	1.967,5	5.510,4	2.016,5	6.556,2	1.611,4	5.030,4	1.758,7	5.521,2
ΤΣΙΠΟΥΡΕΣ	53.459,2	221.427,9	55.751,3	229.173,8	50.688,2	238.563,3	47.713,3	246.551,1
ΦΑΓΚΡΙΑ	696,9	3.791,7	638,5	3.662,3	711,3	4.705,2	781,6	4.918,1
ΧΕΛΙΑ	322,0	4.163,0	250,3	2.415,6	284,8	2.580,3	322,1	2.779,5
ΛΟΙΠΑ ΨΑΡΙΑ	798,4	3.473,9	771,3	3.399,6	1.068,1	5.146,7	1.230,4	5.909,4
ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ - ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ	2016		2017		2018			
	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΑ		
ΣΥΝΟΛΟ	100.295,1	518.956,8	106.230,0	536.129,5	110.239,6	526.732,9		
ΚΕΦΑΛΟΙ	314,7	651,5	197,6	489,4	344,9	550,7		
ΛΑΒΡΑΚΙΑ	42.479,4	235.579,7	44.407,4	248.358,4	47.027,6	239.284,1		
ΜΥΛΟΚΟΠΙΑ	127,6	667,5	157,9	842,9	114,9	622,2		
ΜΥΤΑΚΙΑ	144,6	839,1	143,4	918,1	55,0	341,7		
ΠΕΣΤΡΟΦΕΣ	1.644,3	5.077,9	1.988,7	6.220,7	2.126,5	6.768,4		
ΤΣΙΠΟΥΡΕΣ	49.620,8	242.222,9	55.884,6	257.139,7	56.184,5	251.099,1		
ΦΑΓΚΡΙΑ	3.030,6	16.443,8	1.280,2	8.334,1	2.178,2	14.714,3		
ΧΕΛΙΑ	473,6	4.869,3	358,4	4.037,2	391,0	2.740,1		
ΛΟΙΠΑ ΨΑΡΙΑ	2.459,7	12.605,2	1.811,7	9.789,0	1.817,1	10.612,4		

Εικόνα 1.2.3: Συνολική ποσότητα & αξία των εκτρεφόμενων – ειδών (ΕΛΣΤΑΤ, 2019)

### 1.2.1 Μυδοκαλλιέργεια

Η μυδοκαλλιέργεια είναι μία δραστηριότητα πολύ σημαντική για την τοπική, αλλά και για την εθνική οικονομία, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των μυδιών που παράγονται κατευθύνεται σε χώρες του εξωτερικού, όπως η Ισπανία, η Ολλανδία και η Γαλλία και κυρίως η Ιταλία (ΦΟΡΕΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΘΕΡΜΑΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ).

Τα συστήματα εκτροφής που χρησιμοποιούνται γενικά είναι τα εξής :

**Εκτροφή βυθού**, που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί στην Ολλανδία, Γερμανία, και σε μικρότερο βαθμό στην Ιρλανδία και Μ. Βρετανία (Spencer, 2002).

**Εκτροφή στη στήλη του νερού**. Τρία είδη εκτροφής διακρίνονται, αν και με πολλές παραλλαγές: το πασσαλωτό (pole), το σύστημα με σχεδίες (raft) και το σύστημα μακριάς γραμμής (longline) (Spencer, 2002).

Το είδος που εκτρέφεται στην περιοχή είναι το *Mytilus galloprovincialis*. Η εκτροφή είναι εκτατικού τύπου με δύο μεθόδους: της πλωτής (long line) και της πασσαλωτής καλλιέργειας. Η μυδοπαραγωγή είναι ομαδοποιημένη χωρικά σε τρία τμήματα: στην εκβολή του Αξιού, στα όρια του Δήμου Χαλάστρας, στην εκβολή του Λουδία, στα όρια του Δήμου Αξιού, και νότια της εκβολής του Αλιάκμονα, στις ακτές της Πιερίας (Φορέας Διαχείρισης Προστατευμένων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου).

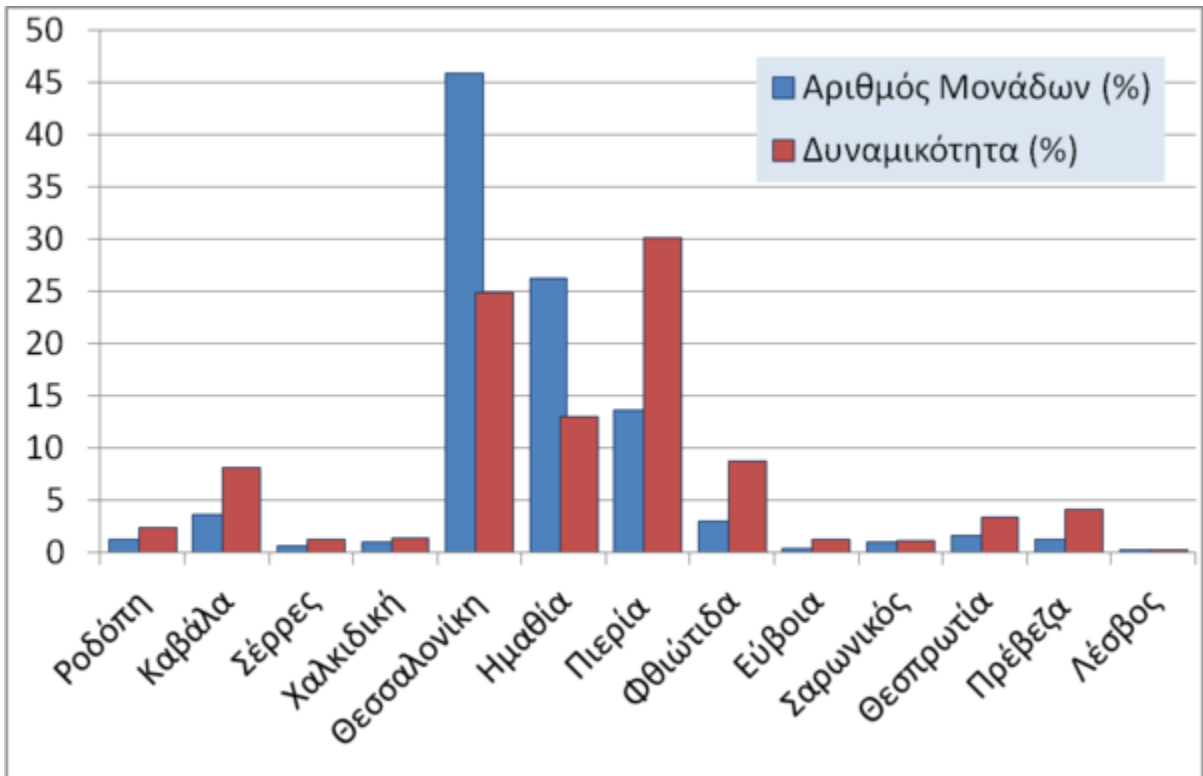
Τα μύδια είναι ευρύαλα είδη και επιβιώνουν μέσα σε ένα μεγάλο εύρος αλατότητας που κυμαίνεται μεταξύ 4‰ και 60 ‰ (Bayne *et al.*, 1976; Figueras, 1989). Τρέφονται με φυτοπλαγκτόν και οργανική ύλη που διηθούν (φιλτράρουν) από το θαλασσινό νερό με τα βράγχιά τους. Ένα μύδι μήκους 5 εκατοστών μπορεί να φιλτράρει έως και 5 λίτρα νερού την ώρα (Φορέας Διαχείρισης Προστατευμένων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου).

Τα μύδια, επίσης, είναι οργανισμοί θετικά φωτοτροπικοί. Έχουν ανάγκη σημαντικής παρουσίας φωτός για να αναπτυχθούν κανονικά. Το φως επιδρά ευνοϊκά στην ανάπτυξη των οστρακοειδών και ιδίως των μυδιών. Με την έντονη παρουσία του φωτός έχουμε υψηλή πρωτογενή παραγωγικότητα. Αυτό σημαίνει νερό πλούσιο σε φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς οι οποίοι είναι η κύρια τροφή των μυδιών. Μέτρο της επάρκειας του φωτός είναι η διαφάνεια του νερού. Η διαφάνεια εξαρτάται από την ποσότητα των μικροσκοπικών σωματιδίων που αιωρούνται μέσα στο νερό (Νεοφύτου, 2000).

Η περιεκτικότητα σε θρεπτικά άλατα (νιτρικά, φωσφορικά και καλιούχα) καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την πρωτογενή παραγωγή των θαλασσών, δηλαδή τους χλωροφυλλούχους φυτικούς μονοκύτταρους οργανισμούς, με τους οποίους διατρέφονται τα μύδια (Νεοφύτου, 2000).

Η εκτροφή ξεκινά με τη συλλογή του γόνου που προσκολλάται σε ειδικά σχοινιά, τους γονοσυλλέκτες. Οι μυδοκαλλιεργητές αφαιρούν το γόνο από τα σχοινιά και τον τοποθετούν σε πλαστικά κυλινδρικά δίχτυα, τους αρμαθούς, που κρέμονται με σχοινί στο νερό. Η εκτροφή γίνεται είτε πάνω σε πασσάλους (πασσαλωτά μυδοτροφεία), είτε πάνω σε σχοινιά που κρέμονται από πλωτήρες (πλωτά ή long-line μυδοτροφεία) (Φορέας Διαχείρισης Προστατευμένων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου).

Ο κύκλος παραγωγής διαρκεί 7-13 μήνες αρχής δεδομένης από το αρμάθιασμα του γόνου σε μήκος (2 cm) τέλος άνοιξης. Κατά τον κύκλο παραγωγής διενεργούνται 2-5 αραιώσεις ανάλογα με τη χρονιά και τα περιστατικά βιοτοξινών ή και μολύνσεων (παράταση παραμονής των μυδιών στο σημείο εκτροφής τους λόγω απαγόρευσης διακίνησης-εμπορίας). Το εμπορικό μέγεθος (5 cm μήκος) τα μύδια το φτάνουν σε 6-7 μήνες από την έναρξη της εκτροφής (Βιώσιμη Μυδοκαλλιέργεια, ΑΤΕΙΘ 2014).



**Εικόνα 1.2.3:** Ποσοστό (%) του αριθμού και της δυναμικότητας των μονάδων μυδοκαλλιέργειας της Ελλάδας ανά περιοχή (πρωτογενή στοιχεία 2012 από Ιχθυολόγους Περιφερειών & Τμημάτων Αλιείας) (Γαληνού-Μητσούδη κ.ά., 2013).



**Εικόνα 1.2.4:** Υποθαλάσσια εικόνα συστήματος longline (Πηγή: [yraithros.gr](http://yraithros.gr), 2021)



Εικόνα 1.2.5: Διαχείριση και εξαγωγή μυδιών από το σύστημα εκτροφής longline (Πηγή: [ypaithros.gr](http://ypaithros.gr), 2021)

### 1.3 Τύποι, συστήματα και υδρολογικά χαρακτηριστικά της υδατοκαλλιέργειας

#### 1.3.1 Τύποι υδατοκαλλιέργειας

Η παραγωγή υδρόβιων ειδών μπορεί γενικά να διακριθεί ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνει χώρα τρεις τύπους; τον εκτατικό το ημί-εντατικό και τον εντατικό τύπο καλλιέργειας.

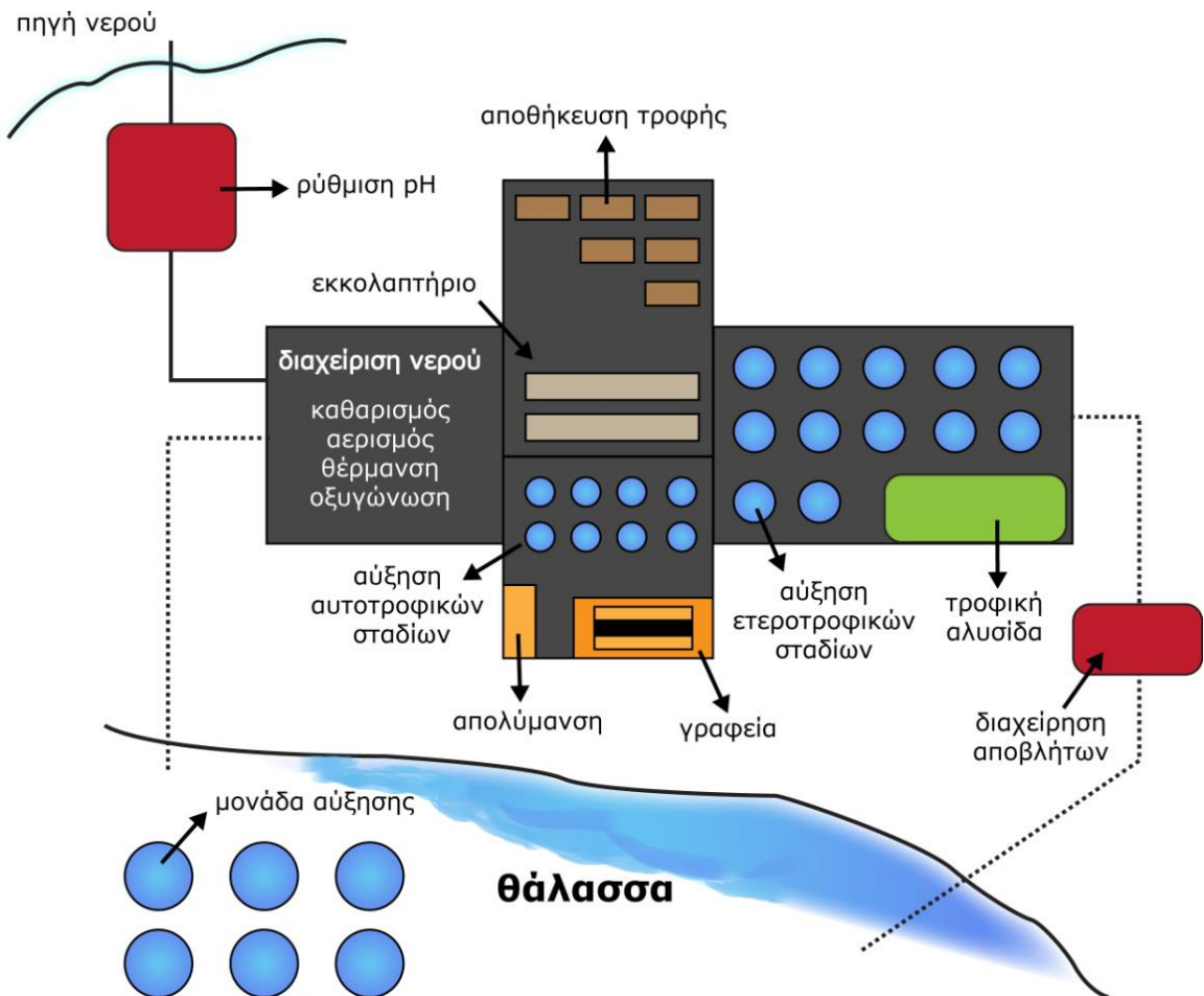
*Στον εκτατικό* τύπο καλλιεργούνται σε φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα οι λιμνοθάλασσες τι εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά τροφή που υπάρχει στο φυσικό περιβάλλον με ελάχιστη ή και καμία ανθρώπινη παρέμβαση (Υπ. Περ/ντος 2011).

*Στον ημί-εντατικό* τύπο η παραγωγή γίνεται Επίσης σε φυσικές ύδατος συλλογές π.χ. Εκτάσεις χωμάτινες λιμνοδεξαμενές αυτή τη φορά όμως με ανθρώπινη παρέμβαση.

*Στον εντατικό τύπο* επίπεδα της ανθρώπινης συμβολής και ελέγχου είναι μέγιστα η πυκνότητα Η φόρτιση των καλλιεργούμενων οργανισμών αριθμός ατόμων ανά μονάδα όγκου νερού ενώ γίνεται εκτεταμένη χρήση τεχνητής τροφής να συνοδεύεται από χορήγηση βιταμινών ιχνοστοιχείων και αντιβιοτικών Υπουργείο Περιβάλλοντος 2011 τα συστήματα αυτά πολύ υψηλές απαιτήσεις η παραγωγή ζωικής πρωτεΐνης πιο ενεργοβόρα σε σχέση με

τους άγριους πληθυσμούς (Υπ. Περ/ντος 2011). Αύτη με τη σειρά της χωρίζεται σε παράκτια υδατοκαλλιέργεια και υδατοκαλλιέργεια ανοιχτής θάλασσας.

Μια άλλη ταξινόμηση της υδατοκαλλιέργειας μπορεί να γίνει ανάλογα με το στάδιο ζωής των ειδών που καλλιεργούνται. Για παράδειγμα, τα **εκκολαπτήρια** είναι χώροι τεχνητής αναπαραγωγής και εκκόλαψης των αυγών, οι **μονάδες προπάχυνσης** είναι χώροι εκτροφής των πρώτων σταδίων ζωής (προνύμφες και νεαρά άτομα) ενώ οι **μονάδες πάχυνσης** ασχολούνται με την αύξηση των ενήλικων ατόμων των υδρόβιων οργανισμών. Οι μονάδες που μπορούν να καλύψουν το σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας, από την τεχνητή αναπαραγωγή και την εκκόλαψη μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος ονομάζονται **μονάδες πλήρους παραγωγής** (Γκάνιας, 2015).



**Εικόνα 1.3.1:** Σχεδιάγραμμα κάτοψης μιας μονάδας υδατοκαλλιέργειας πλήρους παραγωγής. Πηγή (Γκάνιας, 2015)



Εικόνα 1.3.2: Παράκτια μονάδα εκτροφής ιχθύων στη θέση Λιμανάκι Ταρσού Βοιωτίας.

### 1.3.2 Συστήματα υδατοκαλλιέργειας και θαλασσοκαλλιέργειας

Γενικά υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογών από συστήματα υδατοκαλλιέργειας, τα οποία συχνά σχετίζονται με τα επίπεδα τεχνολογικής και οικονομικής ανάπτυξης αλλά και τις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες της κάθε χώρας. Μερικά από τα συστήματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτροφή μεγάλης ποικιλίας ειδών, ενώ μερικά συστήματα είναι αρκετά πιο εξειδικευμένα κι έχουν αναπτυχθεί ειδικά για ένα ή για λίγα είδη οργανισμών. Παρακάτω αναφέρονται τα πιο διαδεδομένα.

**Η θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια:** κατηγοριοποιείται σε παράκτια και υπεράκτια ανάλογα με την θέση του ιχθυοτροφείου. Τα παράκτια συστήματα υδατοκαλλιέργειας μπορεί να χωροθετούνται σε παράκτιες λιμνοθάλασσες ή σε παράκτιες υδατοσυλλογές και δεξαμενές.

**Η υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων:** όπου διακρίνονται διάφορα συστήματα παραγωγής ιχθύων γλυκού νερού στην ΕΕ, ανάλογα με την στην ένταση της

1. **Η ιχθυοκαλλιέργεια σε υδατοσυλλογές** αποτελεί την παλιότερη δραστηριότητα υδατοκαλλιέργειας στην Ευρώπη, ήδη σε χρήση κατά τον Μεσαίωνα.

2. **Η ιχθυοκαλλιέργεια σε συστήματα ανοιχτής ροής:** στα παραδοσιακά συστήματα ανοιχτής ροής το νερό διέρχεται μέσα από την μονάδα και στη συνέχεια επιστρέφει στον υδάτινο αποδέκτη.

3. **Η υδατοκαλλιέργεια επανακυκλοφορίας νερού (RAS: Recirculation Aquaculture Systems)** είναι χερσαία συστήματα όπου το νερό επαναχρησιμοποιείται μετά από μηχανική, χημική και βιολογική επεξεργασία.

4. **Η υδατοκαλλιέργεια σε κλωβούς σε εσωτερικές λίμνες και ποτάμια** μπορούν να προσφέρουν περιορισμένες μεν, σημαντικές δε δυνατότητες καλλιέργειας σε ορισμένα υδάτινα σώματα.

5. **Η οστρακοκαλλιέργεια:** βασίζεται πρωτίστως σε γόνου αλιείας και σε θρεπτικά συστατικά που προέρχονται από το περιβάλλον. Στην πλειοψηφία τους οι

οστρακοκαλλιέργειες στην Ευρώπη αφορούν μυδοκαλλιέργειες. Επίσης, η εκτροφή στρειδιών αποτελεί σημαντική δραστηριότητα στην ΕΕ. Άλλα είδη που εκτρέφονται είναι οι αχιβάδες (Λιάπη, 2021).

Οι εφαρμοζόμενες τακτικές στις υδατοκαλλιέργειες είναι ανάλογες του εκτρεφόμενου οργανισμού (ιχθύς, οστρακοειδή, καρκινοειδή κ.α.) το υδάτινο περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται η καλλιέργεια (θαλασσινό ή γλυκό νερό), τη μέθοδο εκτροφής (εντατική, ημί-εντατική, εκτατική), στη επιλεγμένη γεωγραφική περιοχή. Επίσης στα στάδια ανάπτυξης του υδρόβιου οργανισμού (αναπαραγωγή, εκκόλαψη, ανάπτυξη, πάχυνση) απαιτούνται ειδικές και συγκεκριμένες μέθοδοι για την σωστή λειτουργία του.

6. **Η ολοκληρωμένη υδατοκαλλιέργεια** περιλαμβάνει την πολυκαλλιέργεια, την πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια και την ολοκληρωμένη υδατοκαλλιέργεια σε συνδυασμό με άλλες δραστηριότητες, όπως η γεωργία, κτλ. (European Commission, Directorate General for Environment, 2018).

### 1.3.3 Υδρολογικά χαρακτηριστικά

Τα κύρια υδρολογικά χαρακτηριστικά για υδατοκαλλιεργητική χρήση που εκτιμώνται είναι τα εξής:

- **Βάθος**

Το βάθος του υδάτινου οικοσυστήματος επηρεάζει άμεσα τη δυνατότητα της φυσικής παρουσίας των υδρόβιων οργανισμών και συνδέεται με θερμοκρασιακές μεταβολές στη στήλη του νερού. Η ύπαρξη ικανού βάθους επιτρέπει την διασπορά υπολειμμάτων τροφής και αποβλήτων σε μεγαλύτερη έκταση στον πυθμένα, αποτρέποντας την οργανική ρύπανση αποκλειστικά κάτω από τους ιχθυοκλωβούς.

- **Ισοβαθείς καμπύλες**

Η χωροθέτηση καλλιεργειών στα υδάτινα οικοσυστήματα ορίζονται την τοπογραφία του πυθμένα και τη σύσταση του ιζήματος (ΦΕΚ 2505/4-11-2011). Η καταγραφή των ισοβαθών καμπύλων των παράκτιων περιοχών καθορίζουν την χωροθέτηση υδατοκαλλιεργητικών μονάδων. Διότι η μεγάλη κλίση του πυθμένα των υδατοσυλλογών δίνει τη δυνατότητα μεγάλου βάθους νερού σε μικρή απόσταση από την ακτή, με συνέπεια διασπορά των εισερχομένων φερτών ουσιών, σε πιο μεγάλη έκταση του πυθμένα.

- **Υδάτινα ρεύματα**

Στην περιοχή που εγκαθίστανται υδατοκαλλιέργειες η παρουσία υδάτινων ρευμάτων πολλαπλό ρόλο επιτρέπει ανανέωση του νερού εκτροφής αποτέλεσμα του διαλυμένου οξυγόνου την παροχή φυσικής τροφής και την απομάκρυνση αποβλήτων και των υπολειμμάτων της τροφής. Οι ποσότητες (βιομάζα) των εκτρεφόμενων ψαριών στις ιχθυοκαλλιέργειες, καθορίζονται από την ένταση των υδάτινων ρευμάτων. Η υπηρεσία περιβάλλοντος της Σκωτίας καθορίζει τη βιομάζα (σε τόνους tn) των εκτρεφόμενων ειδών ανάλογα με την «ευαισθησία» της περιοχής της ιχθυοκαλλιέργειας ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία της. (Χαντζής 2019).

**Πίνακας 1.2.1:** Ενδεικτική επιτρεπόμενη βιομάζα (tn) εκτρεφόμενων ιχθύων, αναλόγως της ταχύτητας των υδάτινων ρευμάτων (cm/sec), και την υφιστάμενη ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος.

<b>Επιτρεπόμενη βιομάζα (tn) εκτρεφόμενων ιχθύων</b>				
Μέση ταχύτητα ρευμάτων (cm/sec)	Επίδραση της ταχύτητας στην υδάτινη μάζα	Περιοχή χαμηλού κινδύνου	Περιοχή μεσαίου κινδύνου	Περιοχή υψηλού κινδύνου
<3	Σχεδόν αδρανής	250 (tn)	100 (tn)	50 (tn)
3-5	Εβδομαδιαία ανανέωση	750 (tn)	500 (tn)	250 (tn)
5-10	Μέτρια ανανέωση	1500 (tn)	1000 (tn)	500 (tn)
>10	Ισχυρή ανανέωση	2000 (tn)	1500 (tn)	750 (tn)

## 1.4 Φυσικοχημικές Παράμετροι στις υδατοκαλλιέργειες

### 1.4.1 Φυσικές παράμετροι

Οι φυσικές παράμετροι των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού για τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι οι εξής: η θερμοκρασία, η αλατότητα, τα αιωρούμενα υλικά, η θολερότητα και η διαφάνεια.

Η **θερμοκρασία** αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο των ποιοτικών χαρακτηριστικών για τη αξιολόγηση μιας περιοχής για γίνει πάρκο υδατοκαλλιέργειας ή να απορριφθεί.

	Ελάχιστη	Μέγιστη	Άριστη
Σολομοειδή	5	22	12 – 16
Κυπρινοειδή	10	38	25 – 30
Χέλια	11	26	22 – 26
Τσιπούρα	5	34	25 – 26
Λαυράκι	5	32	23 - 25

**Εικόνα 1.4.1:** Οι ελάχιστες και οι μέγιστες θερμοκρασίες (°) για την εκτροφή ιχθύων (Πηγή: Καμαριανός, 2000)

Η **αλατότητα** αποτελεί για τα υδάτινα οικοσυστήματα τη παράμετρο που προσδιορίζει την ποσότητα των διαλυμένων χημικών στοιχείων όπως τα ανιόντα: Νάτριο, Μαγνήσιο, Κάλιο, και Ασβέστιο και τα κατιόντα: Χλώριο, Θεϊικά, Ανθρακικά και Διττανθρακικά άλατα στο νερό και εκφράζεται ως ποσοστό επι τις χιλίους (%). Η αλατότητα στο θαλασσινό νερό κυμαίνεται μεταξύ 32(‰) – 40(‰) (Beveridge, 1996).



Τα *αιωρούμενα υλικά* όπου και ορίζονται ως τον αριθμό των οργανικών ή ανόργανων στερεών, το πλαγκτόν και άλλους μικροοργανισμούς στο νερό.

Η *διαφάνεια* του νερού είναι το όριο της ορατότητας στη στήλη του νερού και προσδιορίζεται πρακτικά με το δίσκο του Socchi.

Για την *θολερότητα* του νερού τώρα οι κύριες πηγές της είναι: α) η διάβρωση εδαφών και μεταφορά φερτών, β) η εισροή λυμάτων από πηγές ρύπανσης, γ) η ανεπαρκής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της τροφής, δ) η αναμόχλευση του πυθμένα.

#### 1.4.2 Χημικές παράμετροι

Οι χημικές παράμετροι των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού για τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι οι εξής: το δεσμευμένο οξυγόνο, το pH, τα θρεπτικά συστατικά (ενώσεις Αζώτου και Φωσφόρου),

Το *δεσμευμένο οξυγόνο* στο νερό αποτελεί την Πηγή της ζωής για όλους τους υδρόβιους οργανισμούς τα ψάρια αποτελούν εντατικών ιχθυοκαλλιεργειών θερμοκρασία και η αλατότητα του νερού καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση ορίζουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου το οποίο εκφράζεται σε mg/l στις υδατοκαλλιέργειες ο κορεσμός οξυγόνου θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 70%. Με τον όρο διαλυμένο οξυγόνο, νοείται η συγκέντρωση του μοριακού οξυγόνου στο θαλασσινό νερό. Η διαλυτότητα του οξυγόνου ή αλλιώς η συγκέντρωση κορεσμού, κυμαίνεται από 6,5mg/l έως 14mg/l στην ανοιχτή θάλασσα (Μουστάκα-Γουνη, 1997).

Το μέγεθος οργανικής ρύπανσης οικοσυστημάτων εκτιμάται μεταξύ άλλων και από το ρυθμό κατανάλωσης για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης διαλυμένο οξυγόνο στο νερό. Συγκεντρώσεις διαλυμένου στο νερό οξυγόνου λιγότερες από 5mg/l μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στη λειτουργία επιβίωση των μικροοργανισμών ενώ σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 2mg/l μπορεί να προκαλέσει θάνατο στα περισσότερα είδη ψαριών.

Το *pH* του θαλασσινού νερού γενικά κυμαίνεται μεταξύ 7,5 και 8,5 και οι τιμές διατηρούνται σταθερές σε σύγκριση με αυτές των γλυκών νερών. Η μέτρηση του pH πρέπει να γίνεται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση pH-μέτρου και με ταυτόχρονη θερμομέτρηση του νερού εξαιτίας της εξάρτησης του pH από τη θερμοκρασία. Αποτέλεσμα της αύξησης του pH του νερού είναι η τοξικότητα των ψαριών από την αμμωνία που αδυνατούν να αποβάλουν τα βράγχια τους εξαιτίας του αλκαλικού περιβάλλοντος (Boyd, 1981).

Τα *θρεπτικά συστατικά (ενώσεις Αζώτου και Φωσφόρου)* για τους υδρόβιους φυτικούς οργανισμούς (πρωτογενείς παραγωγοί) για να συνθέσουν πρωτεΐνες άζωτο και φώσφορο το άζωτο προσλαμβάνεται από τους χερσαίους αλλά και από τους υδρόβιους φυτικούς οργανισμούς με την μορφή αλάτων. Τα θρεπτικά άλατα είναι απαραίτητα για την πρωτογενή παραγωγικότητα στο θαλάσσιο περιβάλλον. Οι κυριότερες ανόργανες μορφές του αζώτου χρησιμοποιούνται από τους υδρόβιους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς είναι σε μορφή αλάτων όπου είναι τα εξής: τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) τα νιτρώδη ( $\text{HNO}_2^-$ ), και τα αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ). Η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), βρίσκεται περιβάλλον σε ισορροπία με το αμμώνιο ( $\text{NH}_4^+$ ) το οποίο δεν είναι τοξικό. Η αμμωνία αποτελεί προϊόν απέκκρισης μεταβολισμού των ψαριών και έχει ποιες

ιδιότητες. Ενώ η θανατηφόρος συγκέντρωση της κυμαίνεται ανά είδος ψαριού μεταξύ 0,2 έως 2,0 mg NH<sub>3</sub>/l (Alabaste & Lloyd, 1980).

Αντίστοιχα ως πηγή *φωσφόρου* οι υδρόβιοι φυτικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν τα *ορθοφωσφορικά άλατα*. Ο φώσφορος περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης των φυτικών υδρόβιων οργανισμών είναι στοιχείο αδιάλυτο στο νερό τα ιόντα του σε συνδυασμό με την παρουσία σιδήρου (Fe), αργιλίου (Al), και ασβεστίου (Ca), δημιουργούν αδιάλυτα άλατα που καθιζάνουν στον πυθμένα των υδάτινων οικοσυστημάτων και έτσι δημιουργείται το φαινόμενο της ιζηματοποίησης.

### **1.4.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αλληλεπιδράσεις αιωρούμενων στερεών μεταξύ υδατοκαλλιέργειών και θαλάσσιου περιβάλλοντος**

Σε μία ιχθυοκαλλιέργεια τα αιωρούμενα στερεά και τα διαλυμένα θρεπτικά συστατικά προέρχονται από: α) ανεπεξέργαστη τροφή, β) μεταβολισμό των ψαριών που παράγει κόπρανα, γ) τα στέρεα που μεταφέρονται με τη ροή από εξωτερική πηγή νερού, δ) την ανάπτυξη μικροφυκιών και μικροβίων. Επίσης η παραγωγή αιωρούμενων στερεών ιχθυοκαλλιέργεια επηρεάζονται από μία σειρά από παράγοντες όπως: α) ποιότητα ζωοτροφών, β) ποσοστό σίτισης, γ) μέθοδος χορήγησης τροφής, δ) λίτρα νερού ανά κιλά ιχθύος, ε) πυκνότητα ιχθυοκαλλιέργειας, στ) επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου, ζ) αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των ιχθυοκαλλιεργειών από την εξειδίκευση των εργαζομένων. Για τη βελτίωση της διατροφής των ιχθύων χρησιμοποιώντας συστατικά με υψηλή αφομοιωσιμότητα και ειδικές τροφές που ταιριάζουν με τις απαιτήσεις των ειδών των ιχθύων έγιναν σημαντικές βελτιώσεις του λόγου τροφής προς τη μετατροπή της τροφής και συνεπώς μείωση των παραγομένων περιττωμάτων (Iaconou et al. 2018).

Λόγω όμως της ολοένα και μεγαλύτερης ζήτησης για ψάρια υδατοκαλλιέργειας και την πίεση που δέχονται για την μείωση του χρόνου εκτροφής τους, πέφτουν στο νερό όλο και περισσότερες τροφές για να μεγαλώσει το ψάρι γρηγορότερα. Αυτό λοιπόν που πρέπει να εξεταστεί ως σημαντική επίπτωση, από την περίσσεια της τροφής, είναι το φαινόμενο του ευτροφισμού. Ο ευτροφισμός είναι μία κατάσταση που διαδραματίζεται στα υδάτινα οικοσυστήματα, εξαιτίας της μεγάλης προσαγωγής θρεπτικών, για τους υδρόβιους φυτικούς οργανισμούς, συστατικών. Το φαινόμενο του ευτροφισμού εκδηλώνεται με την ανάπτυξη τόσο τον φυτοπλαγκτονικών οργανισμών όσο και των υδρόβιων φυτών και έχει θετικές και αρνητικές συνέπειες στα υδάτινα οικοσυστήματα. Οι άμεσες αρνητικές συνέπειες του φαινομένου είναι: η υπερβολική αύξηση της βιομάζας των φυτικών κυρίως οργανισμών (άνθηση του νερού), καταναλώνοντας οξυγόνο με αποτέλεσμα τη μείωση των ρυθμών ανάπτυξης των ψαριών (Χαντζής, 2019).

Ο ευτροφισμός πυροδοτεί μια αλυσιδωτή αντίδραση στο οικοσύστημα, ξεκινώντας με έναν υπερβολικό αριθμό φυκών και φυτών. Η περίσσεια φυκών και φυτικής ύλης τελικά αποσυντίθεται, παράγοντας μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον ο ευτροφισμός δύναται να προκαλέσει αναερόβιες συνθήκες, όπου παράγονται τοξικά αέρια όπως το μεθάνιο η αμμωνία και το υδρόθειο που είναι εξαιρετικά επικίνδυνα για τους υδρόβιους οργανισμούς (Καμαριανός, 2000). Επίσης, η αναπνοή των οργανισμών, που έχουν αυξηθεί υπερβολικά, μειώνει το οξυγόνο στο νερό προκαλώντας ενίοτε τον θάνατο σε

ορισμένα είδη, π.χ. ιχθύων. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, μέσω της αναπνοής και της αποσύνθεσης, μειώνει το pH του θαλασσινού νερού, μια διαδικασία γνωστή ως οξίνιση των ωκεανών. Τα τελευταία χρόνια, οξίνιση των ωκεανών έχει παρατηρηθεί και λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα που δεσμεύει το θαλασσινό νερό από την ατμόσφαιρα. Η οξίνιση επιβραδύνει την ανάπτυξη ιχθύων και οστρακοειδών και μπορεί να αποτρέψει το σχηματισμό κελύφους σε δίθυρα μαλάκια. Αυτό οδηγεί σε μειωμένη αλιεία για εμπορική και ψυχαγωγική αλιεία, που σημαίνει μικρότερες συλλογές και ακριβότερα θαλασσινά (NOAA, National Ocean Service).

## 1.5 Ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια

Η ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (IMTA) περιλαμβάνει οργανισμούς από διαφορετικά τροφικά επίπεδα του οικοσυστήματος (π.χ. ιχθύες, οστρακοειδή, φύκη), έτσι ώστε τα παραπροϊόντα του ενός επιπέδου να αποτελούν εισροές στο άλλο. Τέτοια συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν ώστε να ανακυκλώνονται οι θρεπτικές ουσίες που αποτελούν απόβλητα ειδών που βρίσκονται ψηλά στην τροφική αλυσίδα, για την εκτροφή άλλων εμπορικά αξιοποιήσιμων ειδών που βρίσκονται χαμηλότερα στην τροφική αλυσίδα (European Commission, Directorate General for Environment, 2018). Η επιλογή των κατάλληλων ειδών για την παροχή των απαραίτητων λειτουργιών του οικοσυστήματος επιτρέπει στις βιολογικές και χημικές διεργασίες να επιτυγχάνουν μια σταθερή ισορροπία (Chopin, 2006), που ωφελεί αμοιβαία τους οργανισμούς και βελτιώνει την κατάσταση των οικοσυστημάτων (Chopin, 2013). Τα συν-εκτρεφόμενα είδη πρέπει να είναι περισσότερα από απλά βιολογικά φίλτρα θα πρέπει επίσης να είναι προϊόντα παραγωγής με μεγάλη εμπορική αξία (Chopin, 2006).

Η ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (IMTA) θεωρείται πιο βιώσιμη από τα κοινά συστήματα μονοκαλλιέργειας - αυτό είναι ένα σύστημα υδατοκαλλιέργειας όπου καλλιεργείται μόνο ένα είδος – τα κοινά συστήματα μονοκαλλιέργειας τείνουν να έχουν αντίκτυπο στα τοπικά τους περιβάλλοντα λόγω της εξάρτησής τους από συμπλήρωση με εξωγενή πηγή τροφής και ενέργειας χωρίς άμβλυνση συνεπειών (Chopin *et al.*, 2001). Εδώ και είκοσι χρόνια, πολλοί συγγραφείς έχουν δείξει ότι η εξωγενής πηγή ενέργειας (π.χ. ιχθυοτροφές) μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην οργανική ύλη και στο φορτίο των θρεπτικών συστατικών σε θαλάσσιες παράκτιες περιοχές (Gowen & Bradbury, 1987; Folke & Kautsky, 1989; Cromey *et al.*, 2002) επηρεάζοντας τα ιζήματα κάτω από τις περιοχές καλλιέργειας παράγοντας παραλλαγές στη σύνθεση θρεπτικών ουσιών της στήλης νερού (Chopin *et al.*, 2001).

Η ενσωμάτωση διαφορετικών ειδών σε μία μονάδα εκτροφής μπορεί να μειώσει αυτές τις επιπτώσεις επειδή η εκτροφή των ειδών που δεν απαιτούν εξωγενή σίτιση μπορεί να εξισορροπήσει το σύστημα απόδοσης μέσω μετατροπής ενέργειας, με την οποία τα απόβλητα ενός είδους γίνονται η τροφή για άλλο (Chopin *et al.*, 2001). Για παράδειγμα, τα απόβλητα που παράγονται από την εκτροφή σολομού, π.χ. τροφή ιχθύων που δεν έχει καταναλωθεί, περιττώματα ιχθύων, άζωτο που εκκρίνεται (N) και ο φώσφορος (P), μπορούν να αφομοιωθούν από οστρακοειδή (οργανικοί επεξεργαστές) και φύκη (ανόργανοι αμεταποίητες), μειώνοντας έτσι την ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται από

ιχθυοτροφεία και μετατρέποντάς το σε ζωοτροφές για ένα άλλο είδος που είναι επίσης εμπορικής αξίας (Barrington *et al.*, 2009).

Η έρευνα για ολοκληρωμένες μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων από σύγχρονα συστήματα θαλάσσιας εκτροφής ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970 (Ryther *et al.*, 1979). Μετά από αυτήν την περίοδο, το επιστημονικό ενδιαφέρον για την ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (IMTA) έφτασε σε τέλμα, και μόλις στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Indergaard & Jensen, 1983; Buschmann *et al.*, 1996; Kautsky *et al.*, 1997; Chopin *et al.*, 1999) προέκυψε ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον, με βάση την κοινή λογική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η λύση για τη νιτροποίηση δεν είναι η διασκόρπιση, αλλά η μετατροπή στο πλαίσιο μιας προοπτικής διαχείρισης με βάση το οικοσύστημα (Barrington *et al.*, 2009). Αυτό το ενδιαφέρον πιθανότατα ήταν ένα έμμεσο αποτέλεσμα της αύξησης της ζήτησης προϊόντων υδατοκαλλιέργειας (Barrington *et al.*, 2009). Το 2004, η παραγωγή υδατοκαλλιέργειας από τη θαλάσσια καλλιέργεια ήταν 30,2 εκατομμύρια τόνοι, που αντιπροσωπεύουν το 50,9% της παγκόσμιας υδατοκαλλιέργειας (FAO, 2006), που αυξάνεται σταθερά κάθε χρόνο από τη δεκαετία του 1950, με ρυθμό περίπου 10 τοις εκατό (FAO, 2006). Αυτή η αύξηση με τη σειρά της, είχε ως αποτέλεσμα την εντατικοποίηση των εκτροφών, τη μείωση του διαθέσιμου φυσικού περιβάλλοντος (διαθέσιμος χώρος για κλωβούς / μισθώσεις υδατοκαλλιέργειας) και αυξημένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο άμεσο οικοσύστημα (Barrington *et al.*, 2009).

## 1.6 Έρευνα για το IMTA στην Ε.Ε

Παραδείγματα χωρών που διεξάγουν έρευνα σχετικά με IMTA στην Ευρώπη είναι η Ισπανία η Πορτογαλία και η Γαλλία. Όσο αναφορά την Ισπανία και την Πορτογαλία η έρευνα του IMTA κατά μήκος της ακτής του Ατλαντικού της Ιβηρικής χερσονήσου επικεντρώνεται κυρίως στη χρήση φυκών (κυρίως *Rhodophyta*) με ιχθύς (κυρίως καλκάνι, *Scophthalmus maximus*, και λαβράκι, *Dicentrarchus labrax*) (Barrington *et al.*, 2009).

Για τα φύκη, γίνεται έρευνα σχετικά με τη χρήση τους ως βιολογικά φίλτρα για χρήση σε μονάδες ολοκληρωμένης πολυτροφικής υδατοκαλλιέργειας (IMTA), στα είδη *Gracilaria bursa pastoris*, *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata* (Matos *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2006) *Porphyra dioica* (Pereira *et al.*, 2006), *Asparagopsis armata* (Mata *et al.*, 2006; Schuenhoff *et al.*, 2006), *Gracilariopsis longissima* (Hernández *et al.*, 2006), *Ulva rotundata*, *U. ususinalis* και *Gracilaria gracilis* (Martínez-Aragón *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2002) Το *U. rotundata*, το *U. ususinalis* και το *Gracilaria gracilis* έχουν καλλιεργηθεί σε εκτροφή λαβρακιού και βρέθηκε ότι είναι αποτελεσματικά βιολογικά φίλτρα φωσφορικών αλάτων ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (Martínez-Aragón *et al.*, 2002) και αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ) (Hernández *et al.*, 2002) από τα λύματα.

Στη Γαλλία η εκτροφή των στρειδιών είναι πολύ εντατική, ιδιαίτερα στον κόλπο Marennes-Oléron (Barrington *et al.*, 2009). Για να εκτιμηθεί η καταλληλότητα των στρειδιών στα συστήματα IMTA, οι Lefebvre *et al.*, (2000) διερεύνησαν την ικανότητα του στρειδιού (*Crassostrea gigas*) να καθαρίζει τα λύματα των λαβρακιών (*Dicentrarchus labrax*). Τελικώς

διαπιστώθηκε πως το *C. gigas* έχει την ικανότητα να τρέφεται με τα υπολείμματα / απόβλητα της ιχθυοκαλλιέργειας (Lefebvre *et al.*, 2000).

Επίσης ερευνα για την ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (IMTA) γίνεται και στη Μ. Βρετανία και Ιρλανδία του Ηνωμένου Βασιλείου. Η υδατοκαλλιέργεια στο Ηνωμένο Βασίλειο (κυρίως στη δυτική ακτή της Σκωτίας) και στην Ιρλανδία αποτελείται κυρίως από μονάδες μονοκαλλιέργειας, με έμφαση στους σολομούς και τα μύδια (Barrington *et al.*, 2009). Η ανάπτυξη και παραγωγή μυδιών (*Mytilus edulis*) με σολομό (*Salmo salar*) στις σκωτσέζικες θαλάσσιες λίμνες διερευνήθηκε από τους Stirling & Okumus, (1995). Βρέθηκε ότι τα μύδια που εκτραφήκαν με σολομό είχαν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης και λιγότερο μειωμένα τα αποθέματα των ιστών τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα από αυτά που εκτρέφονται χωρίς σολομό (Stirling & Okumus, 1995).

«Με αυτές τις διαδικασίες (IMTA), όλα τα συστατικά της υδατοκαλλιέργειας έχουν οικονομική αξία, καθώς και βασικό ρόλο στις περιβαλλοντικές και κοινωνικές υπηρεσίες και οφέλη» σχολίασε ο Chopin, όταν αποδέχθηκε το 2009 Research Award of Excellence, που απονεμήθηκε από την Aquaculture Association of Canada, ένα βραβείο που μοιράστηκε με τον Robinson για τη δημιουργία και την ανάπτυξη των εννοιών της Ολοκληρωμένης Πολυτροφικής Υδατοκαλλιέργειας, από το εργαστηριακό στάδιο έως τη βιομηχανική του εφαρμογή (Guerrero & Cremades, 2012).

### **1.6.1 Επιλογή των ειδών βάσει της ιδιαιτερότητας των ενδαιτημάτων**

Κατά τον προσδιορισμό των ειδών που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα IMTA, πρέπει κανείς να εξετάσει προσεκτικά την καταλληλότητα του είδους σε μια συγκεκριμένη υδατοκαλλιέργεια και σε σχέση με τα υπάρχοντα ενδαιτήματα. Όστε να εξασφαλίσει επιτυχημένη ανάπτυξη και οικονομική αξία, οι παραγωγοί πρέπει να χρησιμοποιήσουν:

Τοπικά είδη που βρίσκονται εντός της φυσιολογικής γεωγραφικής περιοχής τους και για τα οποία η τεχνολογία είναι διαθέσιμη. Αυτό θα συμβάλει στην πρόληψη του κινδύνου εισβολής ειδών που προκαλούν βλάβη στο τοπικό περιβάλλον και πιθανώς να βλάψουν άλλες οικονομικές δραστηριότητες. Αυτά τα είδη έχουν επίσης εξελιχθεί ώστε να προσαρμόζονται καλά στις τοπικές συνθήκες.

Είδη που θα αλληλοσυμπληρώνονται σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα. Για παράδειγμα, τα είδη πρέπει να είναι σε θέση να τρέφονται με τα απόβλητα των άλλων ειδών προκειμένου τα πρόσφατα εκτρεφόμενα είδη να βελτιώσουν την ποιότητα του νερού και να αναπτυχθούν αποτελεσματικά.

Είδη που μπορούν να αναπτυχθούν σε σημαντική βιομάζα. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι σημαντικό εάν οι οργανισμοί ενεργούν ως βιολογικό φίλτρο που συλλαμβάνει πολλά από τα πλεονάζοντα θρεπτικά συστατικά και μπορούν να συλλεχθούν από το νερό. Η άλλη εναλλακτική λύση είναι να έχουμε ένα είδος με πολύ υψηλή αξία, οπότε μπορεί να αναπτυχθούν μικρότεροι όγκοι. Ωστόσο, με το τελευταίο, ο ρόλος άμβλυνσης περιβαλλοντικών συνεπειών μειώνεται.

Είδη που έχουν καθορισμένη ή αντιληπτή αγοραία αξία. Οι παραγωγοί πρέπει να είναι σε θέση να πουλήσουν τα εναλλακτικά είδη για να αυξήσουν τα οικονομικά τους έσοδα (Barrington *et al.*, 2009).

Όσο αναφορά τα ενδιαίτηματα, κάθε περιοχή εκμετάλλευσης έχει τα δικά της μοναδικά ωκεανογραφικά και βιολογικά χαρακτηριστικά. Αυτοί οι παράγοντες θα επηρεάσουν την απόδοση των ειδών που καλλιεργούνται ή εκτρέφονται. Ως εκ τούτου, κατά τη θέσπιση μισθώσεων υδατοκαλλιέργειας, οι διαχειριστές τοποθεσιών πρέπει να γνωρίζουν τους ρυθμούς έκπλυσης, τα θρεπτικά συστατικά και τα επίπεδα οξυγόνου, τα εύρη θερμοκρασίας και αλατότητας, τις συνθήκες πάγου κ.λπ., για κάθε τοποθεσία (Barrington *et al.*, 2009).

Η προσθήκη υποδομών για την εκτροφή διαφορετικών ειδών μπορεί να μεταβάλει σε κάποιο βαθμό τις ωκεανογραφικές και βιολογικές συνθήκες ενός οικοτόπου. Επομένως, οι διαχειριστές τοποθεσιών πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις αλλαγές στα επίπεδα οξυγόνου, στους ρυθμούς ροής, στην οργανική ύλη σωματιδίων και στα επίπεδα διαλυμένων ανόργανων θρεπτικών ουσιών κ.λπ. όταν προστίθενται ή αφαιρούνται είδη από ένα σύστημα ΙΜΤΑ. Για παράδειγμα, η προσθήκη φυκών και οστρακοειδών μπορεί να αλλάξει τις συγκεντρώσεις του O<sub>2</sub> και του CO<sub>2</sub> για μικρό χρονικό διάστημα σε μια τοποθεσία υδατοκαλλιέργειας, που είναι φυσικά περιορισμένη σε O<sub>2</sub> σε διαφορετικές εποχές του έτους. Η χρήση εργαλείων GIS θα μπορούσε να διευκολύνει τον εντοπισμό τοποθεσιών που είναι αποδεκτές για πρακτικές ΙΜΤΑ, προσφέροντας τον καλύτερο δυνατό συμβιβασμό χαρακτηριστικών για διαφορετικά είδη με διαφορετικές απαιτήσεις (Barrington *et al.*, 2009).

## 1.7 Το στρείδι *Crassostrea gigas*



**Εικόνα 1.7.1:** Στρείδι του Ειρηνικού (*Crassostrea gigas*). Φωτογραφία από: google images

Τα στρείδια αποτελούν μέρος του φύλου Μαλάκια, το οποίο περιέχει περίπου 50.000 είδη, και βρίσκονται στην παλιρροιακή ζώνη των υδάτων σε όλο τον κόσμο και σε βάθος 30μ. Είναι παμφάγοι οργανισμοί, οι οποίοι φιλτράροντας τη στήλη νερού που τους περιβάλλει, αντλούν την τροφή τους. Τα στρείδια του γένους *Crassostrea* είναι εγγενή στις ενδό - και υπό - παλιρροϊκές ζώνες των ζεστών και υφάλμυρων υδάτων στο δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό, αλλά μπορούν να ανεχθούν και ακόμη και να ευδοκιμήσουν σε ένα ευρύ φάσμα αλατότητας και θερμοκρασίας (Matthiessen, 2001).

Τα ‘κούλο’ στρείδι είναι δυοϊκό (δηλαδή έχει δύο διαφορετικά φύλα) και φτάνει στη γεννητική ωριμότητα συνήθως μετά το πρώτο έτος. Το στρείδι χαρακτηρίζεται από διαδοχικό ερμαφροδιτισμό, γίνεται, σ’ έναν ετήσιο κύκλο, άλλοτε θηλυκό και άλλοτε αρσενικό. Ο κύκλος αυτός μπορεί να επηρεαστεί από περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, και η διαθεσιμότητα τροφής. Για παράδειγμα, περιβάλλοντα με αφθονία τροφής υπάρχει η τάση να παράγουν υψηλότερες αναλογίες θηλυκών προς τα αρσενικά. Όταν επέλθει η γενετική ωρίμανση, η ωοτοκία προκαλείται στην οριακή θερμοκρασία των 20 °C, που συνήθως γίνεται από τον Ιούνιο έως τον Ιούλιο στους φυσικούς του βιότοπους. Καθώς κατά τις χαμηλές παλίρροιες, το νερά θερμαίνονται γρηγορότερα από τον ήλιο (Boghen, 1995; Spencer, 2002). Τα θηλυκά στρείδια μπορούν να παράγουν μεταξύ 10 και 100 εκατομμυρίων αυγών ετησίως, τα οποία αποβάλλονται συνεχώς καθ’ όλη τη διάρκεια της ωοτοκίας. Κάθε αυγό έχει μέγεθος 50-80 μm και φέρει αρκετά αποθέματα λιπιδίων για να διατηρηθεί η προνύμφη μεταξύ 8-14 ημερών, έως ότου επιτευχθεί η εξωγενής διατροφή (Matthiessen, 2001; Spencer, 2002).

Οι προνύμφες στρειδιών ολοκληρώνουν τρία ξεχωριστά στάδια κατά τη διάρκεια της ζωής. Μετά από δύο έως τρεις εβδομάδες, κατά το τελευταίο στάδιο της προνύμφης, οι προνύμφες έχουν μέγεθος περίπου 280-370 μm και έχουν αναπτύξει έναν εξερευνητικό πόδα και μία οφθαλμική κηλίδα, που βοηθούν στην επιλογή μιας διαυγούς, σκληρής επιφάνειας για

καθίζηση. Αφού επιλέξει μια επιφάνεια, ξεκινά να ενσωματώνει την αριστερή του θυρίδα πάνω σε αυτήν, χρησιμοποιώντας έναν αδένα του πόδα. Κατά τη διάρκεια των επόμενων δύο έως τριών ημερών η μεταμόρφωση λαμβάνει χώρα και τα εσωτερικά όργανα υφίστανται μια αλλαγή ώστε να ταιριάζει στον νέο τρόπο ζωής. Ειδικά η δομή των βραγχίων αναπτύσσεται γρήγορα σε πολυπλοκότητα, επιτρέποντας την ενεργή διήθηση των σωματιδίων των τροφών να παρέχουν αρκετή ενέργεια για τη νεανική φάση. Τα στρείδια ονομάζονται τώρα spat (Boghen, 1995; Spencer, 2002).

Δεδομένου ότι οι περισσότερες προνύμφες πεθαίνουν κατά τη διαδικασία καθίζησης, το λεγόμενο spatfall, λόγω της έλλειψης κατάλληλου υποστρώματος, το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας υδατοκαλλιέργειας λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης παρέχοντας απλώς συλλέκτες ως τεχνητό υπόστρωμα (Boghen, 1995; Spencer, 2002). Η απελευθέρωση γαμετών επιτυγχάνεται την άνοιξη με θερμικό σοκ ή με διάσχιση. Οι γαμέτες έξι ή περισσότερων θηλυκών γονιμοποιούνται με το σπέρμα αντίστοιχου αριθμού αρσενικών. Για να επιτύχει η διαδικασία της ωοτοκίας, το νερό πρέπει να είναι στη θερμοκρασία των 21°C περίπου και η αλατότητα να μην είναι μεγάλη.

Υπάρχουν τέσσερις βασικές μέθοδοι εκτροφής των στρειδιών ανάλογα με το περιβάλλον (μέγεθος παλίρροιας, βάθος νερού κλπ.) και τις παραδόσεις.

- **Η εκτροφή σε υπερυψωμένες εξέδρες:** τα στρείδια τοποθετούνται στη θάλασσα μέσα σε θύλακες στερεωμένους πάνω σε εξέδρες οι οποίες τοποθετούνται στο έδαφος πάνω στην παλίρροιακή ζώνη.
- **Η οριζόντια εκτροφή (επάνω στον βυθό):** τα στρείδια τοποθετούνται απευθείας πάνω στην παλίρροιακή ζώνη.
- **Η εκτροφή σε βαθιά νερά ή η εκτροφή σε δοχεία:** τα στρείδια κατανέμονται σε ελεγχόμενους χώρους (πάρκα) που μπορεί να βρίσκονται μέχρι 10 μέτρα βάθος.
- **Η εκτροφή σε σειρές σχοινιών:** τα στρείδια εκτρέφονται πάνω σε σχοινιά, όπως τα μύδια, μέθοδος που επιτρέπει την εκτροφή τους στην ανοιχτή θάλασσα. Καθώς είναι διαρκώς βυθισμένα στο νερό, παχαίνουν ταχύτερα. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για εκτροφή σε ύδατα χωρίς παλίρροια ή στην ανοιχτή θάλασσα (European Commission, Fisheries).

Τα στρείδια τρέφονται φυσικά με το πλαγκτόν που περιέχει το θαλασσινό νερό, το οποίο διηθούν διαρκώς. Η εκτροφή τους επομένως μπορεί να γίνει μόνο σε μέρη τα οποία πληρούν ορισμένα κριτήρια ως προς τα ρεύματα, το βάθος και την περιεκτικότητα του νερού σε πλαγκτόν, δηλαδή γενικώς κοντά σε εκβολές ποταμών, μέσα σε λιμνοθάλασσες ή σε παράκτιες λίμνες. Τα στρείδια φτάνουν σε εμπορεύσιμο μέγεθος μετά από 18 έως 30 μήνες (GAIAPedia).



## 1.8 Το μύδι *Mytilus galloprovincialis*



**Εικόνα 1.8.1:** Μύδι *Mytilus galloprovincialis* σε κάτοψη εξωτερικά και εσωτερικά. Πηγή: (A.M. Arias 2012).

Το μύδι συναντάται σε ρηχά νερά (ως 10m) όπου υπάρχουν οι κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες για τη διαβίωσή του (Seed & Suchanek, 1992). Το μήκος του μπορεί να ξεπεράσει τα 10-13 cm σε ιδανικές συνθήκες αλλά όταν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές, το μέγεθος του δεν ξεπερνά τα 2-3 cm ακόμη και σε ηλικία 15-20 ετών (Seed, 1976; Seed & Suchanek, 1992).

Το μύδι είναι γονοχωριστικό με αναλογία φύλων 1:1 στους περισσότερους φυσικούς πληθυσμούς, αν και το φύλο δεν διακρίνεται παρά μόνο όταν υπάρχει γεννητική ωριμότητα (Seed, 1976; Sunila & Lindström, 1985; Kautsky, 1982; Brousseau, 1983; Sprung, 1983; Seed & Suchanek, 1992). Διακρίνεται, το μεν αρσενικό από τους υπόλευκους γεννητικούς αδένες, ενώ το θηλυκό από τους αντίστοιχους πορτοκαλόχρωμους (Seed & Suchanek, 1992). Η γονιμότητα δεν είναι σταθερή από χρονιά σε χρονιά υποδεικνύοντας ότι εξαρτάται από την διαθέσιμη τροφή και την ενέργεια που ενσωματώθηκε στην δημιουργία του γεννητικού υλικού (Thompson, 1979). Η γονιμότητα του *M. galloprovincialis* είναι μεγάλη, ελευθερώνει  $10-15 \times 10^6$  ωάρια (Lubet, 1983). Η περίοδος αναπαραγωγής των μυδιών φαίνεται ότι διαρκεί όλο το χρόνο με δύο εξάρσεις, μια τον Απρίλιο-Μάιο και μια τον Νοέμβριο-Δεκέμβριο. (Κλαουδάτος, 2003).

Όταν ξεκινά η γονιμοποίηση αρχίζει ημεροπλαγκτική ζωή του μυδιού, η οποία θα περάσει από τα διάφορα οντογενετικά στάδια (Seed & Suchanek, 1992). Η πλαγκτονική αυτή μορφή φτάνει σε ένα μήκος οστράκου 250-260  $\mu\text{m}$  σε διάστημα 1 έως 4 εβδομάδων και προς το τέλος αναπτύσσεται ο πόδας. Η νύμφη αναζητά με την βοήθεια του πόδα και των τριχιδίων του βύσσου το κατάλληλο υπόστρωμα για την μεταμόρφωση και την εγκατάσταση (Bayne, 1976b). Οι νύμφες μπορούν να αξιοποιήσουν τροφή μεταξύ 1-9  $\mu\text{m}$  (Riisgård *et al.*, 1980).

Στις περισσότερες περιοχές οι προνύμφες του μυδιού *Mytilus* ανιχνεύονται σε μεγάλους αριθμούς την άνοιξη και το καλοκαίρι ενώ η διάρκεια του κάθε προνυμφικού/νυμφικού σταδίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διαθέσιμη τροφή, η θερμοκρασία, η αλατότητα, η ύπαρξη κατάλληλου υποστρώματος (Lutz & Kennish, 1992). Οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας αμέσως μετά τη γονιμοποίηση (εμβρυϊκή ανάπτυξη) του είδους *M. galloprovincialis* είναι μεταξύ 15-20°C και 27-40‰ (Hrs-Brenko, 1974).

Έχει παρατηρηθεί ότι η ανατάραξη του νερού αυξάνει 2-8 φορές την προσκόλληση των προνυμφών σε φυλλοειδείς επιφάνειες (Eyster & Pechenik, 1988; Wildish & Kristmanson,

1993). Επίσης, η διασπορά του γόνου καθορίζεται από το διάστημα που μεσολαβεί μέχρι την εγκατάσταση-μεταμόρφωση σε συνδυασμό με τις κινήσεις των νερών (Day & McEdward, 1984). Μείωση της απαιτούμενης περιεκτικότητας του νερού σε οξυγόνο, έχει ως αποτέλεσμα την θνησιμότητα των προνυμφών και του γόνου, όπως συμβαίνει και σε πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών (Alfaro, 2006). Είναι γνωστό ότι μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικής ύλης επηρεάζουν την κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου, αφού εξαιτίας οξειδωτικών αντιδράσεων μειώνεται σημαντικά το ποσοστό του στο νερό (Ε.Κ.Θ.Ε., 2001).

Η παρουσία του *M. galloprovincialis* στη θαλάσσια περιοχή του Σαρωνικού είναι σε όλη τη διάρκεια του έτους με δύο μέγιστα κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Οκτώβριο (Κριάρης, 1973).

## 1.9 Τα λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα (FA) είναι βιοχημικοί δείκτες για την ανίχνευση της ροής της οργανικής ύλης κατά μήκος διαφορετικών τροφικών επιπέδων στους ιστούς θαλάσσιων τροφίμων (Dalsgaard *et al.*, 2003; Kelly & Scheibling, 2012). Τα λιπαρά οξέα παρέχουν ποιοτική μέτρηση της ενέργειας που μεταφέρεται από πρωτογενείς παραγωγούς ως τα υψηλότερα τροφικά επίπεδα (Dalsgaard *et al.*, 2003) και έχουν το πλεονέκτημα ότι όταν αποθηκεύονται στο σώμα δεν υφίστανται σημαντικές αλλαγές (Graeve *et al.*, 1994; Qiang & Hongsheng, 2007; Kelly & Scheibling, 2012). Συχνά δεν διασπώνται εντελώς όπως οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες και απορροφώνται από τον ιστό ως δομικά στοιχεία για νέα μόρια λιπιδίων. Έτσι εναποτίθενται σε διάφορα σημεία στον οργανισμό. Ως αποτέλεσμα αυτής της αποθήκευσης και ενσωμάτωσης, τα λιπαρά οξέα μπορούν να συσσωρευτούν βιολογικά μέσω τροφικών ιστών τροφίμων και ορισμένες ομάδες λιπαρών οξέων μπορούν να εντοπιστούν πίσω στην προέλευσή τους (Iverson, 2009).

Ακόμα και αν το φυτοπλαγκτόν είναι η βασική διατροφική πηγή των μυδιών, αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει πως τα μύδια μπορούν αποτελεσματικά να χρησιμοποιήσουν υπερβολική οργανική ύλη σωματιδίων που προέρχεται από κλωβούς ιχθύων όταν εκτρέφονται κοντά στα net-pens (Handå, Min, *et al.*, 2012). Η ανάλυση του προφίλ των λιπαρών οξέων των μυδιών που εκτρέφονται κοντά σε κλωβούς ιχθύων ή κατευθείαν εκτίθενται σε περιττώματα ιχθύων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό της αφομοίωσης της μη καταναλισκόμενης ποσότητας τροφής ιχθύων στον ιστό των μυδιών (Gao *et al.*, 2006; Redmond *et al.*, 2010; Both *et al.*, 2011; Both *et al.*, 2012; George & Parrish, 2013; Handå, Min, *et al.*, 2012; Both *et al.*, 2013). Όσο αναφορά το στρείδι *Crassostrea gigas*, μόνο λίγες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει μέχρι τώρα αλλαγές στο προφίλ των λιπαρών οξέων του ιστού για να μελετήσουν την ενσωμάτωση ορισμένων τύπων σωματιδίων από τα στρείδια *C. Gigas* (Handå, Ranheim, *et al.*, 2012). Γενικά, η αυξημένη πρόσληψη μιας ποικιλίας οστρακοειδών θα πρέπει να ενθαρρύνεται να παρέχει μια υγιεινή διατροφή, επειδή τα οστρακοειδή είναι χαμηλά σε λιπαρά, ιδιαίτερα χαμηλά σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, περιέχουν τα n-3 λιπαρά οξέα, είναι εξαιρετικές πηγές πρωτεΐνης και είναι ιδιαίτερα καλές πηγές σιδήρου, ψευδάργυρου, χαλκού και βιταμίνης B12 (Dong, 2001).

## **1.10 Το ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο ως βασικό συστατικό για την τροφή των ιχθύων εντατικής καλλιέργειας**

Τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια είναι τα κυριότερα συστατικά των ιχθυοτροφών με τα οποία τρέφονται τα ψάρια της ιχθυοκαλλιέργειας. Οι ιχθυοτροφές πρέπει να προσδίδουν στο εκτρεφόμενο ψάρι τις απαραίτητες για την ανάπτυξή του πρωτεΐνες και λίπη. Ως πηγή πρωτεϊνών και λιπών χρησιμοποιούνται τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια (Αναγνωστίδης, 2012).

Τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια παράγονται από την επεξεργασία (άλεσμα - αφυδάτωση) ορισμένων ειδών πελαγικών ψαριών τα οποία αλιεύονται κυρίως στον νότιο Ειρηνικό και βόρειο Ατλαντικό ωκεανό και δεν ενδείκνυνται για ανθρώπινη κατανάλωση, κυρίως λόγω του μικρού τους μεγέθους και της σκληρής σάρκας τους. Τα είδη αυτά των ψαριών, σχηματίζουν τεράστιους πληθυσμούς, πολλαπλασιάζονται πολύ γρήγορα και σε μεγάλους αριθμούς, μεγαλώνουν ταχύτατα και έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Αλιεύονται σε μεγάλες ποσότητες και αποτελούν σπουδαιότατη πηγή άριστης ποιότητας πρωτεϊνών και ιχθυελαίου, όχι μόνο για τις ανάγκες της παγκόσμιας ιχθυοκαλλιέργειας αλλά και της λοιπής ζωικής παραγωγής (κτηνοτροφία, πτηνοτροφία) (Αναγνωστίδης, 2012).

Η τροφή των ψαριών συνήθως περιέχει πρωτεΐνες (55%), λίπη (11%), ίνες (3%), μεταλλικά στοιχεία (13%) υδατάνθρακες (8%) και νερό (10%) (Hardy, 1996; Barlow, 2000). Η σύσταση και η μορφή (άλευρο, κόκκοι, pellets) των ιχθυοτροφών προσαρμόζεται ανάλογα με το είδος και την ηλικία του εκτρεφόμενου ψαριού (Hardy, 1996). Τα συστατικά με τα οποία παρασκευάζονται οι ιχθυοτροφές είναι κυρίως ψάρια (ιχθυάλευρα 50%, λίπη ψαριών 7%), φυτά με βάση τη σόγια ή την ελαιοκραμβόπιτα (μέχρι 25%), το σιτάρι (μέχρι και 20%) και μικροοργανισμοί όπως σακχαρομύκητες. Οι σακχαρομύκητες έχουν την μορφή μαγιάς για την παροχή των απαραίτητων βιταμινών (Hardy, 1996). Επίσης οι ιχθυοτροφές μπορεί να περιέχουν θαλάσσιο ζωοπλαγκτόν (zooplankton) και γαρίδες (krill) (Moren et al, 2006).

## 1.11 Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί αν η ανάπτυξη των μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) και στρειδιών (*Crassostrea gigas*) διαφοροποιείται κατά την εκτροφή τους σε ιχθυοκαλλιέργεια και στην οστρακοκαλλιέργεια.

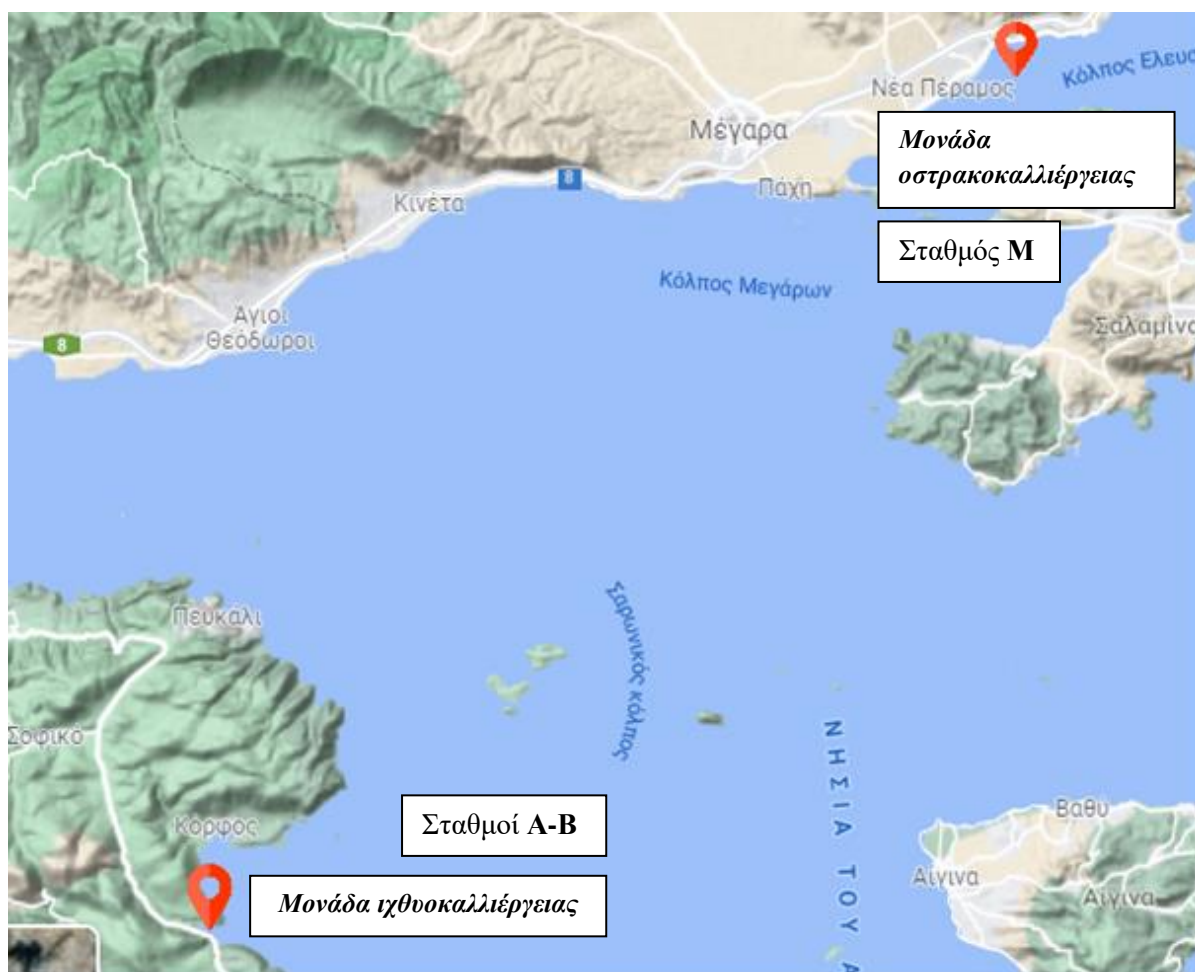
Επίσης, να διερευνηθεί η ικανότητα αξιοποίησης των υπολειμμάτων της προσπίπτουσας τροφής και κοπράνων των ιχθύων, ως θρεπτικά συστατικά από την παράλληλη εκτροφή μυδιών και στρειδιών σε πάρκα εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας ιχθύων.

## Κεφάλαιο 2 : Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Πειραματικός σχεδιασμός



Εικόνα 2.1.1 : Πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας στο Σαρωνικό κόλπο όπου διεξάχθηκε το πείραμα.



Εικόνα 2.1.2: Πανοραμική φωτογραφία για την θέση των μονάδων οστρακοκαλλιέργειας και ιχθυοκαλλιέργειας όπου έγινε και το πείραμα, όπως και των σταθμών παρατήρησης. (φωτογραφία από Google maps)

Η πειραματική διαδικασία ξεκίνησε στις 26/3/19 και υλοποιήθηκε σε θαλάσσιο πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας στο Σαρωνικό κόλπο και σε μονάδα οστρακοκαλλιέργειας στο Σαρωνικό κόλπο. Στο πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας γίνεται εντατική εκτροφή φαγκριού και τσιπούρας.

Τα μύδια και τα στρείδια του πειράματος μεταφέρθηκαν από την μονάδα εκτροφής και διακίνησης της εταιρίας Πετρόπουλος MARE, όπου η κύρια δραστηριότητά της είναι η μυδοκαλλιέργεια. Τοποθετήθηκαν σε κινητά ψυγεία των 30 – 40 lt και έφτασαν στον τόπο του πειράματος, στο πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας.

Πριν την έναρξη του πειράματος ζυγίστηκαν δειγματοληπτικά τα μύδια ως ένδειξη αρχής και ατομικά τα στρείδια και ύστερα έγινε η τοποθέτησή τους στις κάλτσες και τα καλάθια.

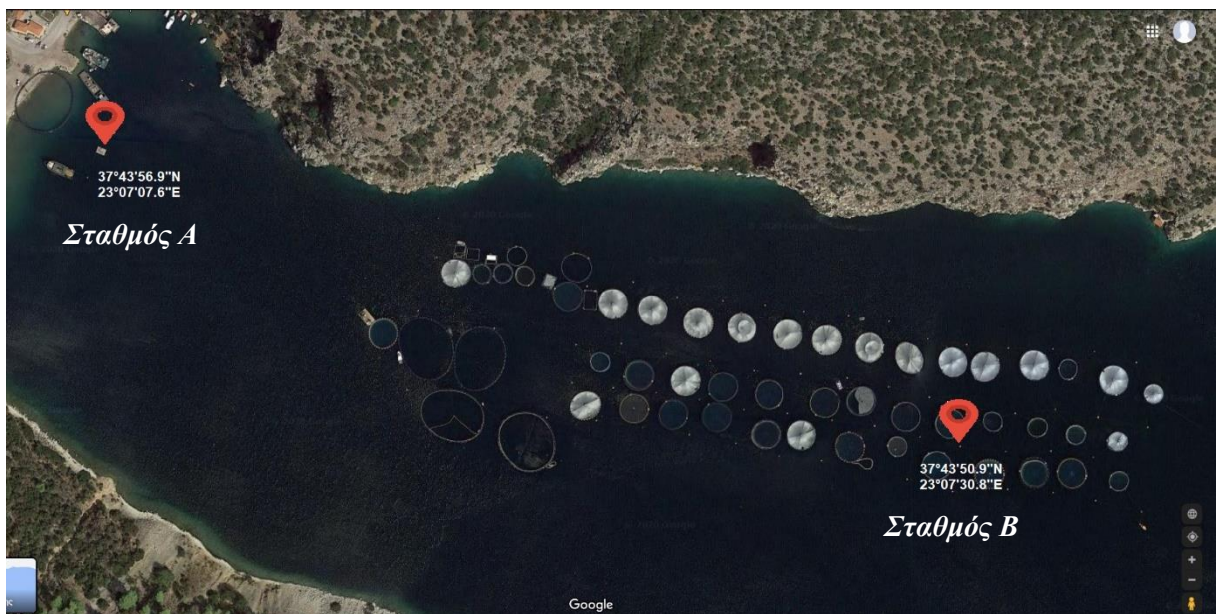
Ύστερα έγινε η πόντιση τους στα επιλεγμένα σημεία της μονάδας σε βάθος 5 έως 7μ. Τα βάθη της μονάδας εκτροφής κυμαίνονται από 20μ έως 60μ.



**Εικόνα 2.1.2:** Πόντιση καλτσών σε επιλεγμένα σημεία της μονάδας. (Φωτογραφία από Δρ. Ε. Κώτου)



**Εικόνα 2.1.3:** Τοποθέτηση στρειδιών σε καλάθια. (Φωτογραφία από Δρ. Ε. Κώτου)



**Εικόνα 2.1.4:** Λήψη από τον κόλπο της ιχθυοκαλλιέργειας (google maps) όπου διεξάχθηκε το πείραμα επισημαίνοντας τους δύο σταθμούς όπου τοποθετηθήκαν τα μύδια και τα στρείδια.

Τοποθετηθήκαν μύδια (σε κάλτσες) και στρείδια (σε καλάθια) μεταξύ των ιχθυοκλωβών αλλά και σε απόσταση περίπου 600 μέτρα από αυτούς προς την ακτή.

Μετά από την έναρξη του πειράματος, στις 20/5/2019 μεταφέρθηκε ένας πληθυσμός μυδιών και στρειδιών από το σταθμό κοντά στην ακτή στη μονάδα της οστρακοκαλλιέργειας, ώστε να γίνει σύγκριση της ανάπτυξης μεταξύ των πάρκων, αφού πρώτα έγινε καταγραφή του μήκους και του βάρους τους.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν κάθε μέρα η θερμοκρασία και το οξυγόνο, του νερού στο πάρκο της ιχθυοκαλλιέργειας, όπου χρησιμοποιήθηκε ο Oxy Guard Handy Polaris, ένας φορητός μετρητής, ο οποίος μετράει τον επί τοις εκατό κορεσμό του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο (mg/L(ppm)), τη θερμοκρασία του και διαθέτει αντιστάθμιση αλατότητας.

Επίσης ανά 2 εβδομάδες δείγματα νερού και από τα 3 1ο σημείο: σημείο κοντά στην ακτή, 2ο σημείο εντός του πάρκου των ιχθυοκλωβών και 3ο σημείο : πάρκο οστρακοκαλλιέργειας



**Εικόνα 2.1.5:** *Oxy Guard Handy Polaris (φωτογραφία, google photos)*

Το πείραμα διήρκησε 122 ημέρες.

Το πείραμα ολοκληρώθηκε στις 25/7/19, όπου και έγινε η μεταφορά των καλτσών και των καλάθων στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας του ΓΠΑ, για να γίνει λήψη του ολικού μήκους, του εξωτερικού βάρους όπως και το εσωτερικού βάρους των μυδιών και των στρειδιών.

Οι μετρήσεις έγιναν από ηλεκτρονικά όργανα ακριβείας (παχύμετρα) και ηλεκτρονικούς ζυγούς ακριβείας.



**Εικόνα 2.1.6:** *Ηλεκτρονικό παχύμετρο ακριβείας. (φωτογραφία, google photos)*



Οι πληθυσμοί των μυδιών και των στρειδιών, όπου έγιναν οι συλλογές και οι αναλύσεις έχουν ως εξής: στο πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας (F<sub>1</sub>: αρχικός πληθυσμός ιχθυοκαλλιέργειας, F<sub>2A</sub>M<sub>2</sub>: ενδιάμεσος πληθυσμός, F<sub>3A</sub>: τελικός πληθυσμός στο σταθμό κοντά στην ακτή, F<sub>3B</sub>: τελικός πληθυσμός εντός του πάρκου των ιχθυοκλωβών) και οστρακοκαλλιέργειας (F<sub>2A</sub>M<sub>2</sub>: αρχικός πληθυσμός οστρακοκαλλιέργειας, M<sub>3</sub>: τελικός πληθυσμός οστρακοκαλλιέργειας). Το F συμβολίζει fish farming και το M mussel farming, το 1 συμβολίζει το μήνα Μάρτιο, το 2 το μήνα Μάιο και το 3 το μήνα Ιούλιο. Επίσης, το A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, ενώ το B ο σταθμός εντός του πάρκου των ιχθυοκλωβών, ενώ το M είναι ο σταθμός οστρακοκαλλιέργειας.



**Εικόνα 2.1.7:** Προετοιμασία για λήψη εσωτερικού βάρους μυδιών ανά άτομο.



**Εικόνα 2.1.8:** Λήψη εσωτερικού βάρους μυδιών ανά άτομο. (φωτογραφία Λιάπη Ασπασία)



**Εικόνες 2.1.9, 2.1.10:** Προετοιμασία για λήψη εσωτερικού βάρους στρειδιών ανά άτομο.

## **2.2 Στατιστική ανάλυση δεδομένων, έλεγχος κατανομής – ομοιογένεια διακύμανσης και συγκρίσεις βιομετρικών δεικτών των Δίθυρων Μαλακίων**

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της ανάπτυξης των Δίθυρων Μαλακίων του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης STATGRAPHICS Centurion XV.Π. Τα δεδομένα ελέγχθηκαν αρχικά ως προς την κανονική κατανομή με τη δοκιμασία Kolmogorov – Smirnov ( $P>0,05$ ) και ως προς την ομοιογένεια της διακύμανσης με τη δοκιμασία Levene ( $P>0,05$ ). Για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Levene (Levene's multiple range test). Οι διαφορές θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές όταν  $P<0,05$ . Όλα τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας παρουσιάζονται ως μέσος όρος  $\pm$  τυπικό σφάλμα ( $\pm SE$ ).

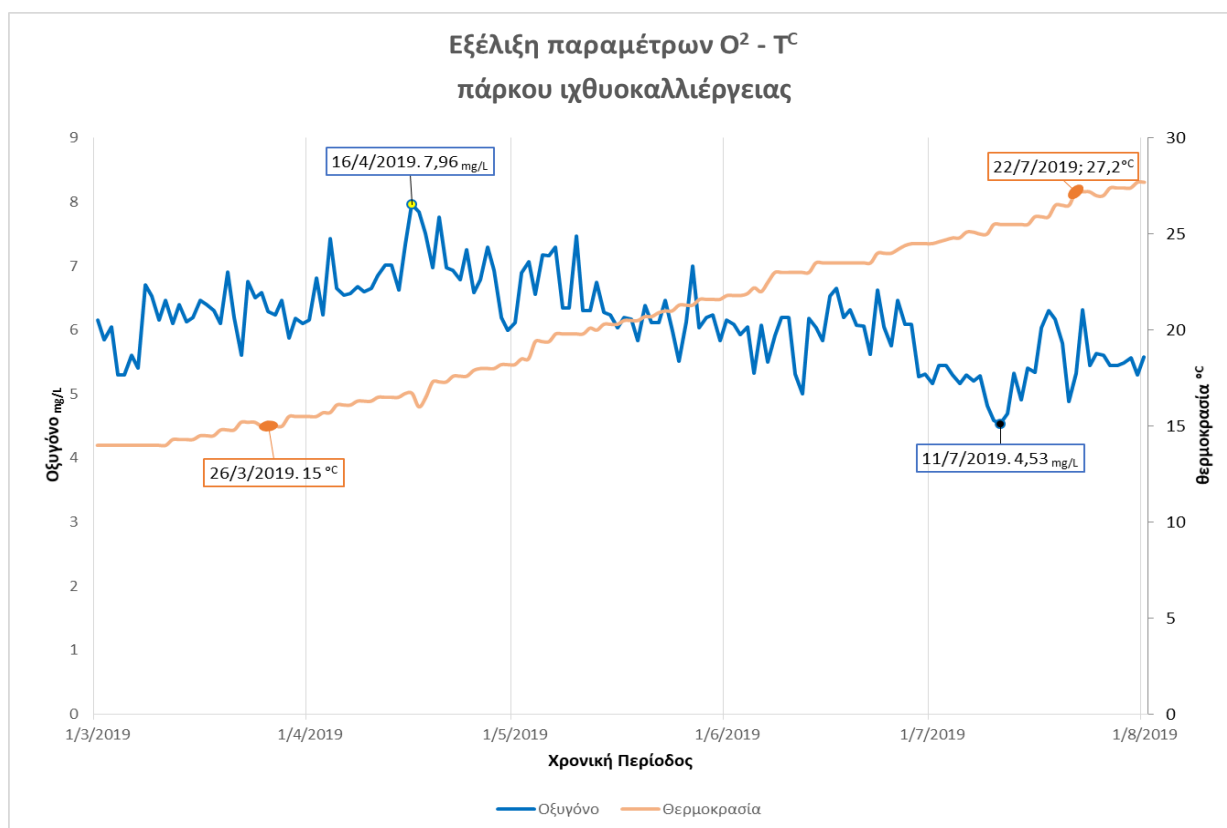
## Κεφάλαιο 3 : Αποτελέσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις θερμοκρασίας και οξυγόνου κατά τη διάρκεια του πειράματος στο πάρκο της ιχθυοκαλλιέργειας. Επίσης, παρατίθενται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης μήκους, βάρους και εσωτερικού βάρους των μυδιών *Mytilus galloprovincialis* και των στρειδιών *Crassostrea gigas*, καθώς και γραμμικά μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης μεταξύ αυτών των βιομετρικών χαρακτηριστικών.

Δίνονται πίνακες με το μέσο όρο, τυπική απόκλιση, συντελεστή διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των δειγμάτων, καθώς και θηκογράμματα που περιγράφουν στατιστικά τις κατανομές των δειγμάτων και την ασυμμετρία, όπου αυτή υπάρχει, ανάλογα με την μεταβλητότητα των τιμών που έχουν.

### 3.1 Θερμοκρασία και οξυγόνο των υδάτων στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας

Παρακάτω αναφέρονται οι θερμοκρασίες και το οξυγόνο στον ενιαίο χώρο της ιχθυοκαλλιέργειας. Οι λήψεις των μετρήσεων γίνονταν καθημερινά, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.



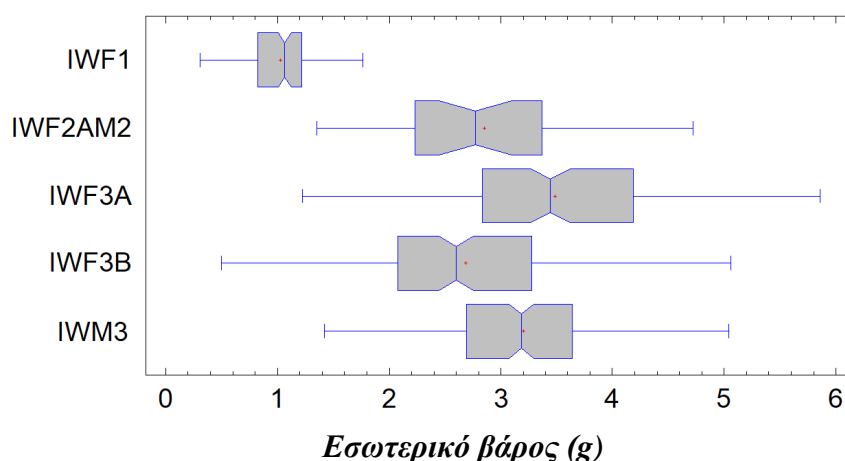
**Εικόνα 3.1.1:** Διαγραμματική απεικόνιση περιβαλλοντικών παραμέτρων ανα ημέρα, στον ενιαίο χώρο του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας, με ενδείξεις τις χαμηλότερες και υψηλότερες μετρήσεις που καταγράφηκαν, κατά την διάρκεια του πειράματος.

## 3.2 Μετρήσεις μυδιών

### 3.2.1 Σύγκριση εσωτερικού βάρους μυδιών

**Πίνακας 3.2.1:** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών εσωτερικού βάρους (g) μυδιών της αρχικής μέτρησης IWF1, της ενδιάμεσης μέτρησης IWF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών IWF3A κοντά στην ακτή, IWF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας IWM3.

	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διακύμανσης	Τυπικό σφάλμα
IWF1	1,02769	0,306835	29,8567%	0,0300877
IWF2AM2	2,84931	0,893772	31,368%	0,165969
IWF3A	3,48725	0,966616	27,7186%	0,0822838
IWF3B	2,68446	0,890196	33,1611%	0,0731737
IWM3	3,19742	0,743814	23,263%	0,0557512



**Εικόνα 3.2.1:** Θηκόγραμμα *Box and Whisker Plot* εσωτερικού βάρους (IW) μυδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης IWF1, της ενδιάμεσης μέτρησης IWF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών IWF3A κοντά στην ακτή, IWF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας IWM3.

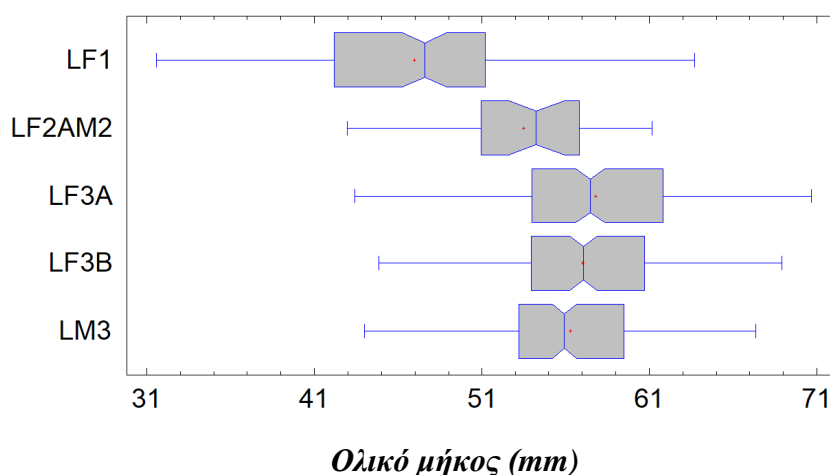
Στον Πίνακα 3.2.1 δίνονται τα αποτελέσματα της βασικής στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων του εσωτερικού βάρους των μυδιών. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε σύγκριση του εσωτερικού βάρους των μυδιών με μη παραμετρική ανάλυση και συγκεκριμένα με Kruskal-Wallis Test, καθώς η δοκιμασία Levene έδωσε  $P < 0,05$ .

Από την Εικόνα 3.2.1 προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ως προς το εσωτερικό βάρος. Συγκεκριμένα, το IWF1 είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερο από τα εσωτερικά βάρη όλων των άλλων δειγμάτων. Επίσης, το IWF2AM2 διαφέρει από το IWF1 όντας υψηλότερο σε τιμές, αλλά χαμηλότερο από τα εσωτερικά βάρη των τελικών μετρήσεων στους σταθμούς A και M, αλλά δεν διαφέρει από αυτό του σταθμού B στο τέλος του πειράματος. Τα τελικά εσωτερικά βάρη διαφέρουν μεταξύ τους και συγκεκριμένα το IWF3B είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερο από τα IWF3A και IWM3, ενώ το IWF3A είναι μεγαλύτερο από το IWM3.

### 3.2.2 Σύγκριση ολικού μήκους μυδιών

**Πίνακας 3.2.2:** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού μήκους (mm) μυδιών της αρχικής μέτρησης LF1, της ενδιάμεσης μέτρησης LF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών LF3A κοντά στην ακτή, LF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας LM3.

	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διακύμανσης	Τυπικό σφάλμα
LF1	46,9743	6,24174	13,2876%	0,600612
LF2AM2	53,5324	5,02525	9,38731%	0,933166
LF3A	57,8155	5,51594	9,54058%	0,395004
LF3B	57,0416	5,00388	8,77233%	0,390737
LM3	56,3029	4,66974	8,29396%	0,343326



**Εικόνα 3.2.2:** Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού μήκους (L) μυδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης LF1, της ενδιάμεσης μέτρησης LF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών LF3A κοντά στην ακτή, LF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας LM3.

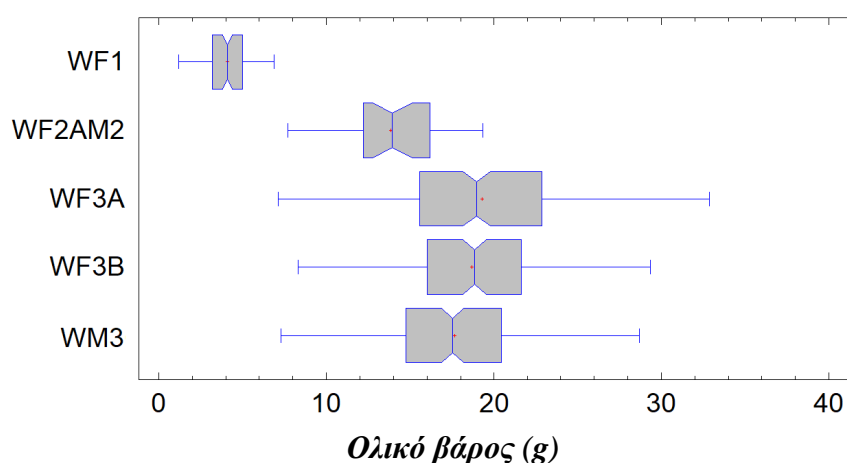
Από τη δοκιμασία Levene δίνεται  $P < 0,05$  και έτσι πραγματοποιήθηκε σύγκριση με μη παραμετρική ανάλυση και συγκεκριμένα Kruskal-Wallis Test.

Στην Εικόνα 3.2.2 φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Συγκεκριμένα το LF1 έχει μικρότερο μήκος από όλα δείγματα. Και το LF2AM2 διαφέρει όντας υψηλότερο σε τιμές από το LF1, αλλά χαμηλότερο σε τιμές από τα τελικά δείγματα και των τριών σταθμών. Στον σταθμό εντός της οστρακοκαλλιέργειας (M) το τελικό μήκος ήταν μικρότερο από αυτό των μυδιών στο σταθμό κοντά στην ακτή (A), αλλά δεν διέφερε με αυτό του σταθμού εντός του πάρκου (B).

### 3.2.3 Σύγκριση ολικού βάρους μυδιών

**Πίνακας 3.2.3:** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού βάρους (g) μυδιών της αρχικής μέτρησης WF1, της ενδιάμεσης μέτρησης WF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών WF3A κοντά στην ακτή, WF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας WM3.

	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διακύμανσης	Τυπικό σφάλμα
WF1	4,08241	1,18958	29,1393%	0,114468
WF2AM2	13,8255	3,13651	22,6864%	0,582436
WF3A	19,2801	5,02344	26,055%	0,360662
WF3B	18,6851	4,03954	21,619%	0,324463
WM3	17,6596	4,26037	24,1249%	0,30908



**Εικόνα 3.2.3:** Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού βάρους (W) μυδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης WF1, της ενδιάμεσης μέτρησης WF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών WF3A κοντά στην ακτή, WF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας WM3.

Επειδή η δοκιμασία Levene έδωσε  $P < 0,05$ , πραγματοποιήθηκε σύγκριση με μη παραμετρική ανάλυση και συγκεκριμένα Kruskal-Wallis Test.

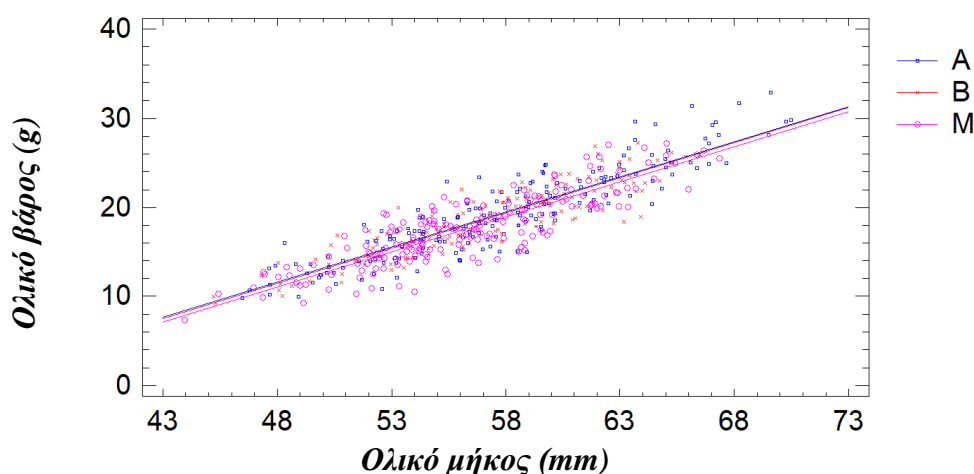
Από την Εικόνα 3.2.3 προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Συγκεκριμένα το WF1 έχει μικρότερο ολικό βάρος απ' όλα τα άλλα δείγματα. Και το WF2AM2 διαφέρει όντας υψηλότερο σε τιμές από το WF1, αλλά χαμηλότερο σε τιμές από τα 3 τελικά. Επίσης, τα τρία τελικά διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, με το ολικό βάρος των μυδιών στο σταθμό Μ να είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερο από αυτό των σταθμών Α και Β, ενώ δεν διαφέρει μεταξύ των δύο τελευταίων σταθμών.

### 3.2.4 Σύγκριση ολικού μήκους – βάρους μυδιών

Πραγματοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Comparison of regression lines) μεταξύ ολικού βάρους και ολικού μήκους των μυδιών στις τελικές μετρήσεις των τριών σταθμών. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή στην Εικόνα 3.2.4 ότι οι κλίσεις των γραμμών της γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίσες (equal slopes). Όμως, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά  $P < 0,05$  στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών. Σύγκριση ανά δύο των σταθμών έδειξε ότι ο σταθμός M διαφέρει από τον σταθμό A και B, ενώ μεταξύ των A και B δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το σημείο τομής.

Πίνακας 3.2.4: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.

Σταθμοί	Σημείο τομής	Κλίση
A	-29,0988	0,837847
B	-24,6839	0,759034
M	-24,7004	0,751022



Εικόνα 3.2.4: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το ολικό μήκος των μυδιών (mm) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών. Όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

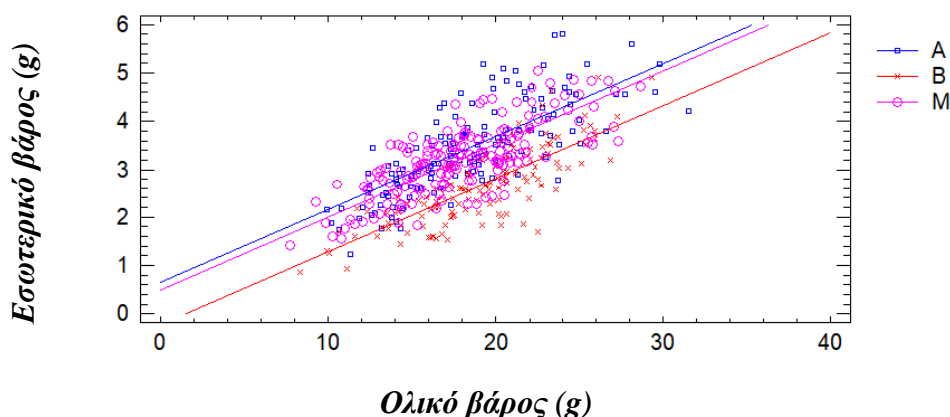
Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή ότι οι κλίσεις είναι ίσες (equal slopes), αλλά υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών A, B, και M, ιδιαίτερα μεταξύ των σταθμών A και M, όπου A ο σταθμός κοντά στην ακτή και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

### 3.2.5 Σύγκριση ολικού βάρους – εσωτερικού βάρους μυδιών

Πραγματοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Comparison of regression lines) μεταξύ ολικού βάρους (g) και του εσωτερικού βάρους (g) των μυδιών στις τελικές μετρήσεις των τριών σταθμών. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή στην Εικόνα 3.2.5 ότι οι κλίσεις των γραμμών της γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίσες (equal slopes). Όμως, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά  $P < 0,05$  στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών. Σύγκριση ανά δύο των σταθμών έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το σημείο τομής σε όλες τις περιπτώσεις.

Πίνακας 3.2.5: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.

Σταθμοί	Σημείο τομής	Κλίση
A	-3,87043	0,128349
B	-4,27481	0,120673
M	-2,41618	0,0992608



Εικόνα 3.2.5: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το εσωτερικό βάρος των μυδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή ότι οι κλίσεις είναι ίσες (equal slopes), αλλά υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών A, B, και M, ιδιαίτερα μεταξύ των σταθμών A και B, όπου A ο σταθμός κοντά στην ακτή και B ο σταθμός εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας.

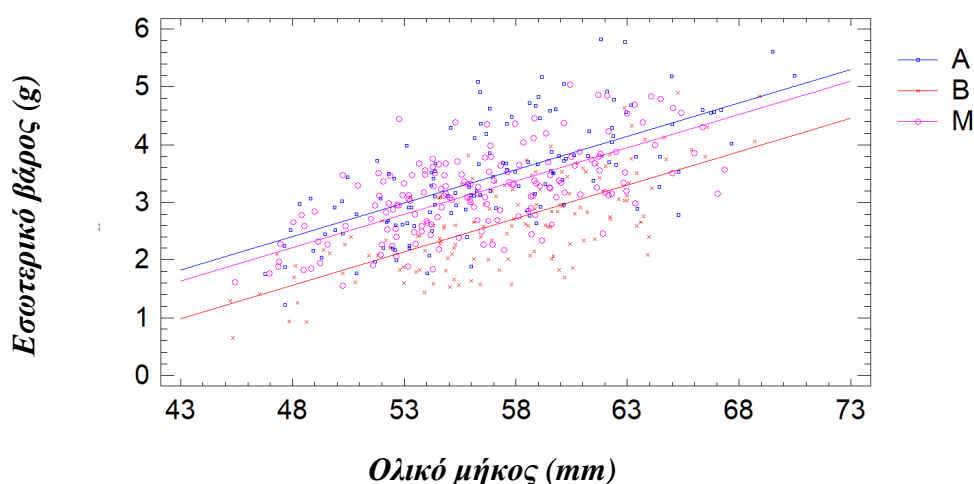


### 3.2.6 Σύγκριση ολικού μήκους – εσωτερικού βάρους μυδιών

Πραγματοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Comparison of regression lines) μεταξύ ολικού μήκους (mm) και του εσωτερικού βάρους (g) των μυδιών στις τελικές μετρήσεις των τριών σταθμών. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή στην Εικόνα 3.2.5 ότι οι κλίσεις των γραμμών της γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίσες (equal slopes). Όμως, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά  $P < 0,05$  στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών. Σύγκριση ανά δύο των σταθμών έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το σημείο τομής σε όλες τις περιπτώσεις.

**Πίνακας 3.2.6:** Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.

Σταθμοί	Σημείο τομής	Κλίση
A	0,468623	0,16141
B	-0,302105	0,15514
M	0,721742	0,138794



**Εικόνα 3.2.6:** Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού μήκους (mm) με το εσωτερικό βάρος των μυδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών. όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

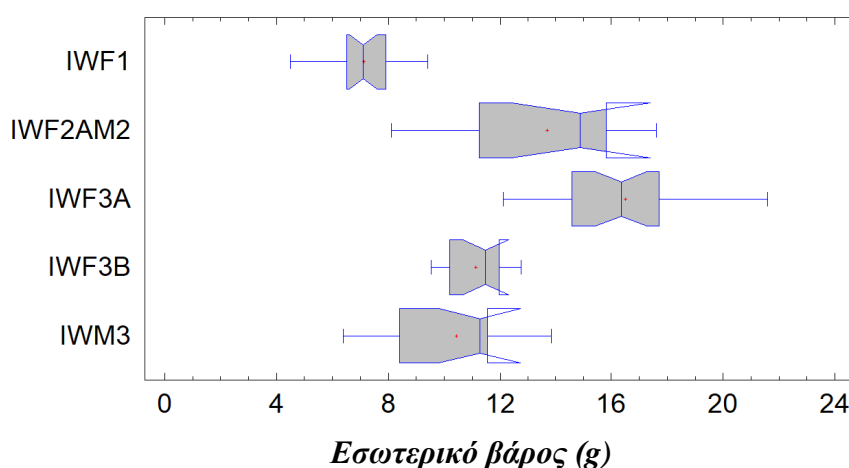
Από το παραπάνω σχήμα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή ότι οι κλίσεις είναι ίσες (equal slopes), όμως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών A, B, και M, ιδιαίτερα μεταξύ των σταθμών A και B, όπου A ο σταθμός κοντά στην ακτή και B ο σταθμός εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας.

### 3.3 Μετρήσεις στρειδιών

#### 3.3.1 Σύγκριση εσωτερικού βάρους στρειδιών

**Πίνακας 3.3.1:** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών εσωτερικού βάρους (g) στρειδιών της αρχικής μέτρησης IWF1, της ενδιάμεσης μέτρησης IWF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών IWF3A κοντά στην ακτή, IWF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας IWM3.

	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διακύμανσης	Τυπικό σφάλμα
IWF1	7,115	1,27249	17,8846%	0,284538
IWF2AM2	13,705	3,21831	23,4827%	1,13784
IWF3A	16,5154	2,61332	15,8236%	0,49387
IWF3B	11,1345	1,04297	9,36698%	0,314467
IWM3	10,4482	2,42068	23,1684%	0,729863



**Εικόνα 3.3.1:** Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot εσωτερικού βάρους (IW) στρειδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης IWF1, της ενδιάμεσης μέτρησης IWF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών IWF3A κοντά στην ακτή, IWF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας IWM3.

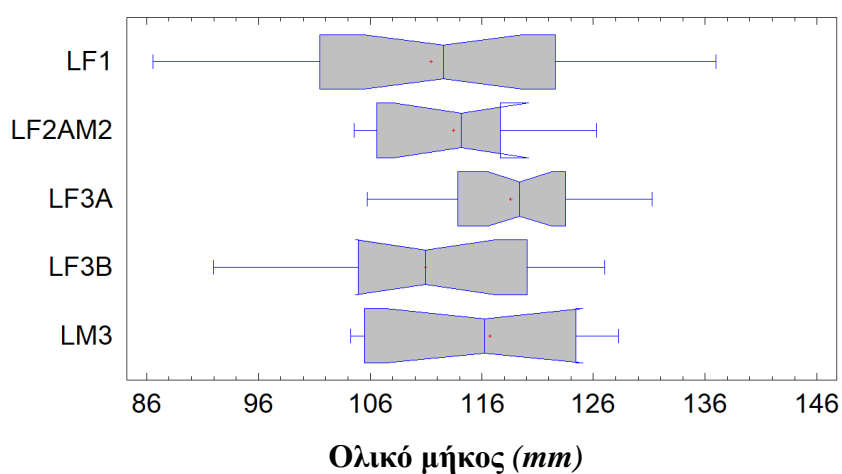
Στον Πίνακα 3.3.1 δίνονται τα αποτελέσματα της βασικής στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων του εσωτερικού βάρους των στρειδιών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση του εσωτερικού βάρους των μυδιών με μη παραμετρική ανάλυση και συγκεκριμένα με Kruskal-Wallis Test, καθώς η δοκιμασία Levene έδωσε  $P < 0,05$ .

Από την Εικόνα 3.3.1 προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ως προς το εσωτερικό βάρος. Συγκεκριμένα, το IWF1 είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερο από το εσωτερικό βάρος όλων των άλλων δειγμάτων. Επίσης, το IWF2AM2 διαφέρει από το IWF1, καθώς και από IWF3B και IWM3, όντας υψηλότερο σε τιμές, αλλά χαμηλότερο από IWF3A. Τα τελικά εσωτερικά βάρη διαφέρουν μεταξύ τους και συγκεκριμένα το IWF3A είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο από τα IWF3B και IWM3, ενώ αυτά δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

### 3.3.2 Σύγκριση ολικού μήκους στρειδιών

**Πίνακας 3.3.2:** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού μήκους (mm) στρειδιών της αρχικής μέτρησης LF1, της ενδιάμεσης μέτρησης LF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών LF3A κοντά στην ακτή, LF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας LM3.

	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διακύμανσης	Τυπικό σφάλμα
LF1	111,425	13,9279	12,4998%	3,03932
LF2AM2	113,44	7,47147	6,58627%	2,64156
LF3A	118,579	6,51957	5,49811%	1,25469
LF3B	110,906	9,81387	8,84884%	2,62287
LM3	116,688	8,90286	7,62962%	2,68431



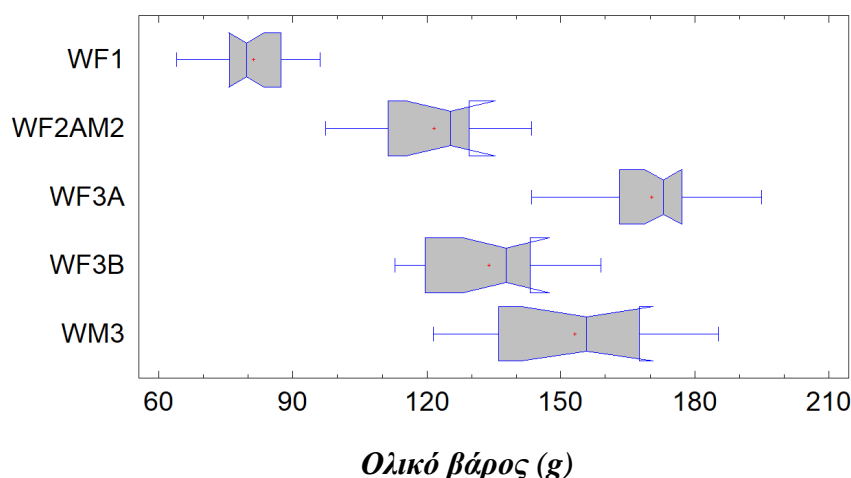
**Εικόνα 3.2.2:** Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού μήκους (L) στρειδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης LF1, της ενδιάμεσης μέτρησης LF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών LF3A κοντά στην ακτή, LF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας LM3.

Η δοκιμασία Levene έδωσε  $P < 0,05$  και έτσι πραγματοποιήθηκε σύγκριση με μη παραμετρική ανάλυση και συγκεκριμένα Kruskal-Wallis Test. Από τη δοκιμασία αυτή, αλλά και από την Εικόνα 3.3.2 προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ( $P > 0,05$ ).

### 3.3.3 Σύγκριση ολικού βάρους στρειδιών

**Πίνακας 3.3.3:** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής διακύμανσης και τυπικό σφάλμα των τιμών ολικού βάρους (g) στρειδιών της αρχικής μέτρησης WF1, της ενδιάμεσης μέτρησης WF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών WF3A κοντά στην ακτή, WF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας WM3.

	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διακύμανσης	Τυπικό σφάλμα
WF1	81,1619	9,39651	11,5775%	2,05049
WF2AM2	121,61	14,5452	11,9605%	5,14249
WF3A	170,323	14,5411	8,53739%	2,74801
WF3B	133,79	14,2063	10,6184%	3,79681
WM3	153,255	18,9643	12,3743%	5,71794



**Εικόνα 3.3.3:** Θηκόγραμμα Box and Whisker Plot ολικού βάρους (W) στρειδιών μεταξύ της αρχικής μέτρησης WF1, της ενδιάμεσης μέτρησης WF2AM2 και των τριών τελικών μετρήσεων των σταθμών WF3A κοντά στην ακτή, WF3B εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας και της οστρακοκαλλιέργειας WM3.

Επειδή η δοκιμασία Levene έδωσε  $P < 0,05$ , πραγματοποιήθηκε σύγκριση με μη παραμετρική ανάλυση και συγκεκριμένα Kruskal-Wallis Test.

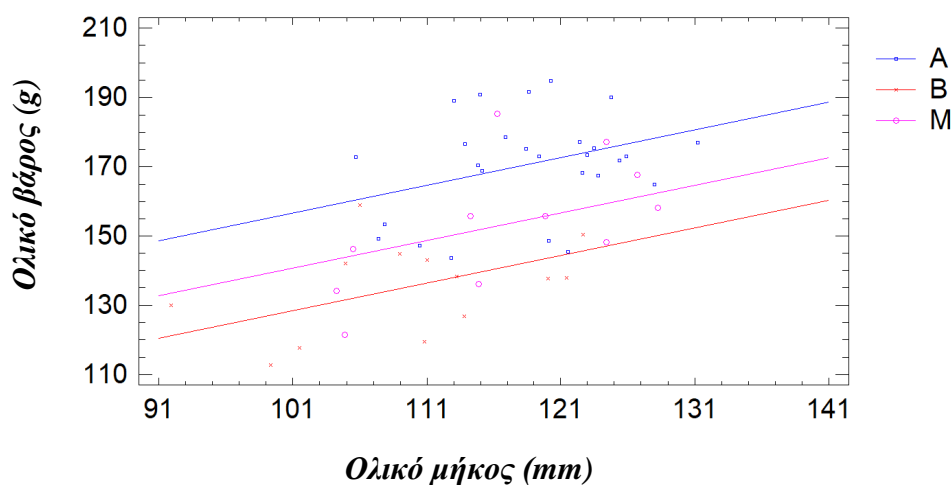
Στην Εικόνα 3.2.3 προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Συγκεκριμένα το WF1 έχει το μικρότερο ολικό βάρος από όλα τα άλλα δείγματα. Το WF2AM2 παρουσιάζει μεγαλύτερο ολικό βάρος από το WF1, αλλά χαμηλότερο από αυτό των τελικών δειγμάτων στους σταθμούς A και M. Τα τρία τελικά φαίνεται να διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους όντας το WF3A σημαντικά μεγαλύτερο, δηλαδή αυτό κοντά στην ακτή, δεύτερο σε σειρά έρχεται το WM3 αυτό της οστρακοκαλλιέργειας που είναι σημαντικά υψηλότερο από το WF3B αυτό εντός του πάρκου των ιχθυοκλωβών.

### 3.3.4 Σύγκριση ολικού μήκους – βάρους στρειδιών

Πραγματοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Comparison of regression lines) μεταξύ ολικού βάρους και ολικού μήκους των στρειδιών στις τελικές μετρήσεις των τριών σταθμών. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή στην Εικόνα 3.3.4 ότι οι κλίσεις των γραμμών της γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίσες (equal slopes). Όμως, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά  $P < 0,05$  στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών. Σύγκριση ανά δύο των σταθμών έδειξε ότι ο σταθμός B διαφέρει από τον σταθμό A και M, ενώ μεταξύ των A και M υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το σημείο τομής.

Πίνακας 3.3.4: Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.

Σταθμοί	Σημείο τομής	Κλίση
A	98,008	0,612603
B	71,779	0,579811
M	-2,679	1,33633



Εικόνα 3.3.4: Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το ολικό μήκος των στρειδιών (mm) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

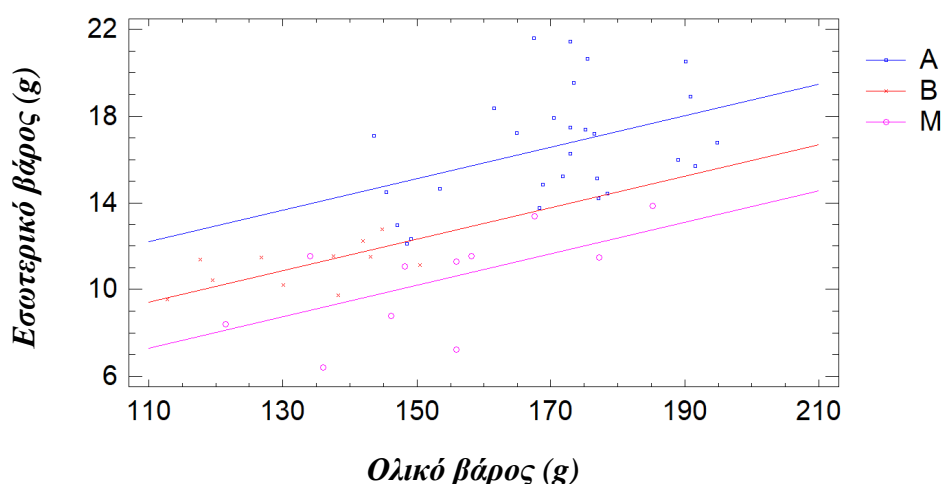
Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή ότι οι κλίσεις είναι ίσες (equal slopes), αλλά υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο τομής (Intercept) μεταξύ των σταθμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαφέρουν στατιστικά όλοι οι σταθμοί μεταξύ τους, ιδιαίτερα μεταξύ A και B.

### 3.3.5 Σύγκριση ολικού βάρους – εσωτερικού βάρους στρειδιών

Στην Εικόνα 3.3.5 γίνεται σύγκριση του εσωτερικού βάρους με το ολικό βάρος των στρειδιών, με το γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης, από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

**Πίνακας 3.3.5:** Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.

Σταθμοί	Σημείο τομής	Κλίση
A	3,91483	0,0743891
B	5,39913	0,0427189
M	-2,25858	0,0829123



**Εικόνα 3.3.5:** Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού βάρους (g) με το εσωτερικό βάρος των στρειδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

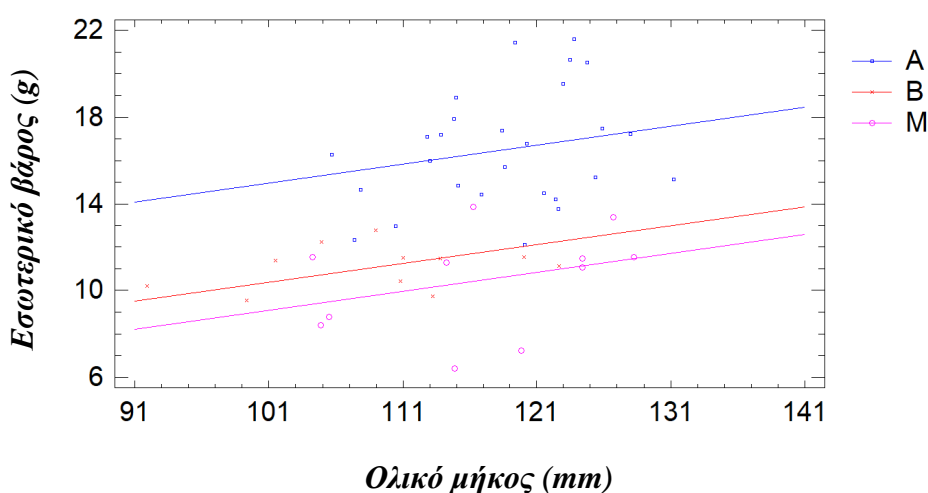
Από την παραπάνω εικόνα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή ότι οι κλίσεις είναι ίσες (equal slopes), αλλά υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο τομής (Intercept), μεταξύ των σταθμών A, B, και M, ιδιαίτερα μεταξύ των σταθμών A και M όπου A ο σταθμός κοντά στην ακτή και M ο σταθμός εντός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

### 3.3.6 Σύγκριση ολικού μήκους – εσωτερικού βάρους στρειδιών

Στην Εικόνα 3.3.6 γίνεται σύγκριση του εσωτερικού βάρους με το ολικό μήκος των στρειδιών, με το γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης, από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

**Πίνακας 3.3.6:** Συντελεστές γραμμικών εξισώσεων για τους τρεις σταθμούς.

Σταθμοί	Σημείο τομής	Κλίση
A	2,03618	0,122133
B	7,81608	0,0299645
M	-0,954722	0,0977212

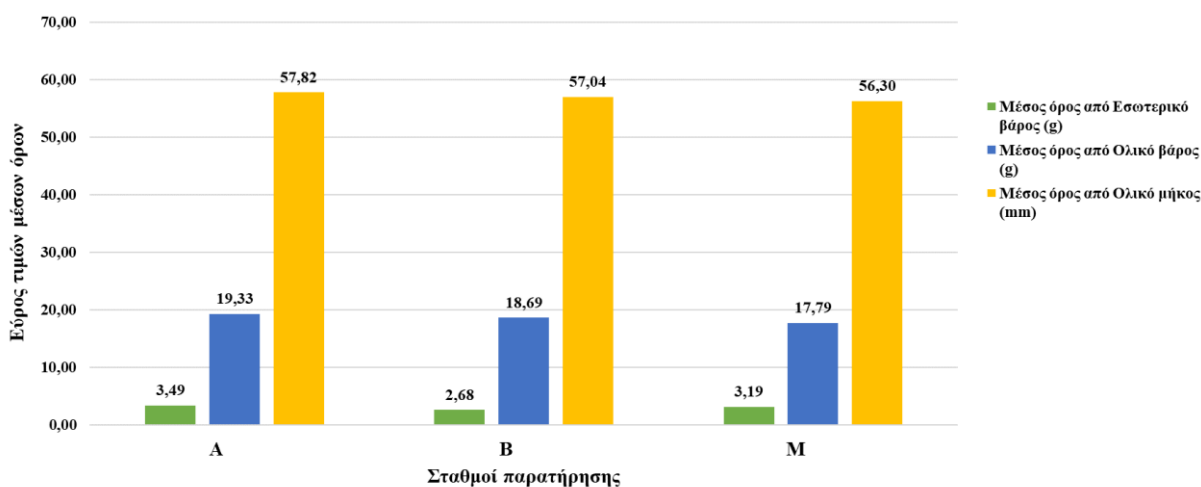


**Εικόνα 3.3.6:** Γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (regression lines) μεταξύ του ολικού μήκους (mm) με το εσωτερικό βάρος των στρειδιών (g) από τις δειγματοληψίες των τελικών σταθμών, όπου A είναι ο σταθμός κοντά στην ακτή, B ο σταθμός μέσα στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας και M ο σταθμός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

Σύμφωνα με την παραπάνω σύγκριση δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στη κλίση (Slope), διότι το  $P > 0,05$  και γι' αυτό έχει γίνει παραδοχή ότι οι κλίσεις είναι ίσες (equal slopes), αλλά υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο τομής (Intercept), μεταξύ των σταθμών A, B, και M, ιδιαίτερα μεταξύ των σταθμών A και M όπου A ο σταθμός κοντά στην ακτή και M ο σταθμός εντός του πάρκου οστρακοκαλλιέργειας.

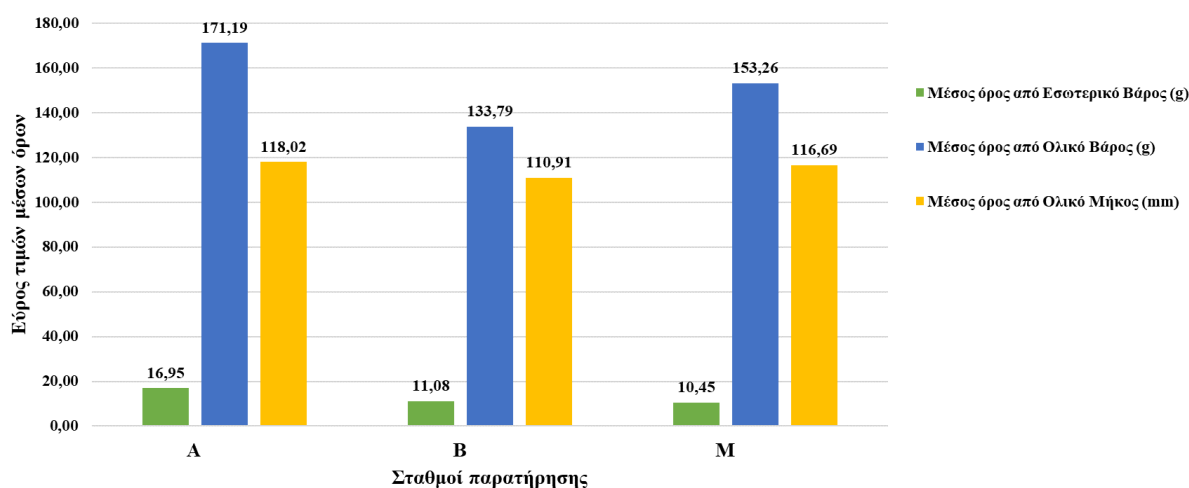
### 3.4 Μέσοι όροι βιομετρικών δεικτών τελικών δειγμάτων μυδίων και στρειδιών

#### 3.4.1 Μέσοι όροι βιομετρικών δεικτών τελικών δειγμάτων μυδίων



**Εικόνα 3.4.1:** Διαγραμματική απεικόνιση μέσων όρων βιομετρικών δεικτών δειγμάτων μυδίων. Κωδικοί σταθμών: A: Σταθμός προσκείμενος στην ακτή. B: Σταθμός εντός του πάρκου υδατοκαλλιέργειας. M: Σταθμός στην οστρακοκαλλιέργεια.

#### 3.4.2 Μέσοι όροι βιομετρικών δεικτών τελικών δειγμάτων στρειδιών



**Εικόνα 3.4.2:** Διαγραμματική απεικόνιση μέσων όρων βιομετρικών δεικτών δειγμάτων στρειδιών. Κωδικοί σταθμών: A: Σταθμός προσκείμενος στην ακτή. B: Σταθμός εντός του πάρκου υδατοκαλλιέργειας, M: Σταθμός στην οστρακοκαλλιέργεια.



## Κεφάλαιο 4 : Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη κατέδειξε τις εξής παρατηρήσεις. Αρχικά οι πληθυσμοί των μυδιών και στρειδιών παρουσίασαν ανάπτυξη σε όλους τους σταθμούς. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη παρατηρήθηκε κατά το πρώτο μισό της διάρκειας του πειράματος, δηλαδή τους μήνες Μάρτιο έως Μάιο. Στο δεύτερο μισό του διάρκειας του πειράματος (Ιούνιος – Ιούλιος), βάσει των τελικών μετρήσεων και των δύο μελετούμενων ειδών, η μεγαλύτερη αύξηση των βιομετρικών παραμέτρων, δηλ. του ολικού μήκους, ολικού βάρους και εσωτερικού βάρους, ήταν στο σταθμό της ιχθυοκαλλιέργειας κοντά στην ακτή (A) σε σχέση με τους σταθμούς εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας (B) και αυτού της οστρακοκαλλιέργειας (M).

Παρατηρήθηκε επίσης ότι στο σταθμό εντός του πάρκου ιχθυοκαλλιέργειας (B) τα μύδια είχαν μικρότερη ανάπτυξη, δείχνοντας χαμηλότερες τιμές εσωτερικού βάρους, σε σχέση με αυτά της οστρακοκαλλιέργειας (M) και πολύ περισσότερο από τα μύδια του σταθμού του προσκείμενου στην ακτή (A).

Τα στρείδια παρουσίασαν παρεμφερείς βιομετρικούς δείκτες στο σταθμό της οστρακοκαλλιέργειας (M) με το σταθμό εντός του πάρκου της ιχθυοκαλλιέργειας (B), ενώ ήταν σημαντικά μεγαλύτεροι στον σταθμό κοντά στην ακτή (A).

Ξεκινώντας από το γιατί τα μύδια είχαν την περίοδο Μαρτίου – Μαΐου τη μεγαλύτερη ανάπτυξη σε βιομετρικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με τη περίοδο Ιουνίου – Ιουλίου, θα πρέπει να αναλυθεί αρχικά η περιβαλλοντική παράμετρος της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που καθορίζουν την έναρξη της ωοτοκίας των οστρακοειδών (Hrs-Brenko, 1973). Οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας αμέσως μετά τη γονιμοποίηση (εμβρυϊκή ανάπτυξη) του είδους *Mytilus galloprovincialis* είναι μεταξύ 15-20°C και 27-40‰ (Hrs-Brenko, 1974).

Τους μήνες Ιουνίου – Ιουλίου παρατηρείται ένας μικρότερος ρυθμός αύξησης των βιομετρικών δεικτών των μυδιών σε σχέση με τους μήνες Μαρτίου – Μαΐου. Αυτό μπορεί να οφείλεται αρχικά στην περίσσεια θρεπτικών και φυτοπλαγκτού, αλλά και στη προετοιμασία του είδους για την γαμετογένεση που συμβαίνει την περίοδο Μαρτίου – Μαΐου. Άλλωστε η χημική σύσταση των μυδιών παράλληλης μελέτης (Λιάπη, 2021) δείχνει ότι το λίπος είναι μειωμένο τον Μάιο σε σχέση με τον Μάρτιο, υποδηλώνοντας το τέλος της γαμετογένεσης και αυξημένο τον Ιούλιο, που ξεκινά πάλι σταδιακά η εναπόθεσή του.

Η θερμοκρασία των υδάτων στο παρόν πείραμα κυμαίνεται όντως βάσει της Εικόνας 3.1.1, μεταξύ 15-20 °C τους μήνες Μάρτιο-Μάιο, που συμπίπτει και η αναπαραγωγή των

μυδιών. Είναι γνωστό ότι υπάρχει και σημαντική αύξηση στο φυτοπλαγκτόν την περίοδο αυτή, λόγω της αύξησης των αβιοτικών παραγόντων όπως της θερμοκρασίας και των επιπέδων των θρεπτικών ουσιών. Τα οστρακοειδή διαχωρίζουν και κατακρατούν τα μικρότερης διαμέτρου αιωρούμενα υλικά στο νερό ως τροφή τους κυρίως φυτοπλαγκτόν (Creswell & McNevin, 2008). Επιπλέον, στην μελετούμενη περιοχή υπάρχει αύξηση της ποσότητας του σιτηρεσίου που δίνεται για την εκτροφή και ανάπτυξη των ιχθύων στη μονάδα υδατοκαλλιέργειας. Ο συνδυασμός αυτός φαίνεται ότι ευνοεί τελικά την αύξηση των βιομετρικών δεικτών των μυδιών, ιδιαίτερα την χρονική περίοδο Μαρτίου – Μαΐου.

Η θερμοκρασία είναι η σημαντικότερη παράμετρος για την αύξηση του μεταβολισμού των ιχθύων. Ο μεταβολισμός των ιχθύων αυξάνεται το καλοκαίρι και μειώνεται το χειμώνα (Yıldız, Şener & Timur, 2006). Την περίοδο Μαρτίου – Μαΐου, η αύξηση της θερμοκρασίας πυροδοτεί την διαδικασία αύξησης την προσπίπτουσας τροφής στα ψάρια διότι υπάρχει αύξηση του μεταβολικού ρυθμού στους ιχθύς. Έτσι, η μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας περνάει από το στάδιο της συντήρησης του βάρους των ιχθύων, στο στάδιο της ανάπτυξης.

Η τσιπούρα ως ευρύθερμο είδος μπορεί να επιβιώσει σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 5-32 °C. Ωστόσο, ο καλύτερος ρυθμός ανάπτυξης παρατηρείται σε θερμοκρασίες μεταξύ 23-27°C (Barnabe, 1990). Σύμφωνα με τους Paspatis *et al.* (2000), η τσιπούρα και το φαγκρί έχουν διαφορετικά βέλτιστα θερμοκά εύρη για την ανάπτυξή τους: το φαγκρί μεγαλώνει καλύτερα από τη τσιπούρα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (<20 °C).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ως προς τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των μυδιών συνάδουν με αυτά παράλληλης μελέτης της χημικής σύστασης (% νωπού βάρους) των τελικών δειγμάτων (Λιάπη, 2021). Σύμφωνα με αυτήν, το λίπος ήταν σημαντικά υψηλότερο στα μύδια του σταθμού κοντά στην ακτή (2,03%) σε σχέση με το λίπος των δειγμάτων από την οστρακοκαλλιέργεια (1,90%) και αυτό σημαντικά μεγαλύτερο από το λίπος των μυδιών στο πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας (1.71%). Επίσης, τα μύδια εντός του πάρκου (B) έδειξαν και σημαντικά χαμηλότερες πρωτεΐνες (8,61%) σε σχέση με τα μύδια στο σταθμό κοντά στην ακτή (A) (9,22%) ή στην οστρακοκαλλιέργεια (M) (9,46%). Το ίδιο παρατηρήθηκε και για τους υδατάνθρακες που ήταν 3,79%, 5,01% και 5,62 αντίστοιχα για τους σταθμούς B, A και M. Όμως η υγρασία ήταν υψηλότερη στο σταθμό B (82,41%) από ότι στους σταθμούς A (80,18%) ή M (79,75%). Τα χαμηλότερα επίπεδα λίπους, πρωτεϊνών και υδατανθράκων, καθώς και τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας, στα μύδια του σταθμού B επιβεβαιώνουν το μικρότερο εσωτερικό βάρος.

Σύμφωνα πάλι με τη παράλληλη μελέτη, τον Ιούλιο η τελική σύσταση (% των ολικών λιπαρών οξέων) των μυδιών σε ΕΡΑ ήταν 8,53% στο σταθμό Μ, ενώ στο σταθμό Α ήταν 11,48% και στο σταθμό Β 10,7%. Το DHA μετρήθηκε στο 18,14% για τα μύδια στο πάρκο οστρακοκαλλιέργειας (Μ), αμέσως μετά ήταν ο σταθμός Α με 15,53% και τελευταίος ο σταθμός Β με 15,08% (Λιάπη, 2021). Επιπλέον, τον Μάρτιο στον αρχικό πληθυσμό μυδιών το ΕΡΑ ήταν (11,91%) και το DHA ήταν (10,93%). Το DHA είναι χαρακτηριστικός δείκτης των Δινομαστιγωτών, ενώ το ΕΡΑ είναι χαρακτηριστικός δείκτης των Διατόμων (Budge et al, 2001). Σύμφωνα λοιπόν από τη σύσταση των μυδιών σε λιπαρά οξέα φαίνεται να υπάρχουν περισσότερα Διάτομα την άνοιξη και περισσότερα Δινομαστιγωτά το θέρος.

Η παρουσία των Δινομαστιγωτών φαίνεται να ενισχύεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου στο σταθμό κοντά στην ακτή (Α) που μετρήθηκαν σε παράλληλη μελέτη (Λιάπη, 2021). Πλέον, είναι γνωστό ότι τουλάχιστον τα μισά από τα περίπου 2000 υπάρχοντα είδη Δινομαστιγωτών είτε είναι αποκλειστικά ετερότροφα είτε συνδυάζουν ετεροτροφία με φωτοσύνθεση, δηλαδή είναι μιξοτροφικά (Stoecker, 1999). Δηλαδή αξιοποιούν και οργανικά τις συγκεντρώσεις του φωσφορού. Από τη χημική σύσταση που αναφέρθηκε πιο πάνω, στα μύδια του σταθμού Β στους ιχθυοκλωβούς είχε χαμηλότερες τιμές λίπους, πρωτεϊνών, υδατανθράκων, ΕΡΑ και DHA σε σχέση μ' αυτές των σταθμών Α και Μ. Αυτό το γεγονός μπορεί να οφείλεται στο ότι τα μύδια φαίνεται να αξιοποιούν καλύτερα το φυτοπλαγκτόν, από τα περιττώματα των ιχθύων και τα υπολείμματα των τροφών.

Στα βιομετρικά χαρακτηριστικά των μυδιών παρατηρήθηκε επίσης, ότι ενώ τα τελικά δείγματα στους σταθμούς Β και Μ δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ολικό μήκος, εντούτοις υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο εσωτερικό και ολικό βάρος τους, με χαμηλότερες τιμές στο σταθμό Β. Οι συσχετίσεις δείχνουν ότι το εσωτερικό βάρος ως προς το ολικό βάρος και μήκος είναι μεγαλύτερο στο σταθμό Μ από ότι στο σταθμό Β. Όμως, στο σταθμό Β η γραμμή παλινδρόμησης του ολικού βάρους με το μήκος έχει υψηλότερο σημείο τομής (intercept) σε σχέση με αυτήν στο σταθμό Μ, δηλαδή μεγαλύτερο ολικό βάρος σε σχέση με το μήκος στο Β από ότι στο Μ. Σε προηγούμενη μελέτη παρατηρήθηκε ότι όταν υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας, αλλά και έλλειψη θρεπτικών ουσιών, τα μύδια παρουσιάζουν ένα σχηματικό μορφολογικό χαρακτηριστικό, όπου φαίνεται να επιμηκύνονται ή να πλαταίνουν στην τους κοιλιακή χώρα (Telesca et al. 2018). Αυτό φαίνεται να δίνει μία εξήγηση στο γιατί ενώ το εσωτερικό και ολικό βάρος, αλλά και χαρακτηριστικά της χημικής σύστασης, αρά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μυδιών είναι υποδεέστερα στο σταθμό Β από ότι στο σταθμό Μ, εντούτοις το ολικό βάρος είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το μήκος.

Πιθανότατα λοιπόν, τα μύδια στον σταθμό B να αλλάζουν σχήμα, καταλήγοντας σε μεγαλύτερο ολικό βάρος σε σχέση με το μήκος τους σε δυσμενείς διατροφικές συνθήκες. Συμπεραίνεται, ότι το εσωτερικό βάρος ως προς το ολικό βάρος ή μήκος καταδεικνύει πιο αξιόπιστα την ανάπτυξη των μυδιών. Πάντως όλες οι συσχετίσεις δείχνουν ότι το σταθμό A το εσωτερικό βάρος, όπως και το ολικό βάρος των μυδιών, είναι μεγαλύτερο από το μήκος τους, λόγω καλύτερης ανάπτυξης.

Η συμβολή των ρευμάτων θα μπορούσε να δώσει άλλη μια εξήγηση, όπως επίσης και η διαφορά του βάθους μεταξύ των σταθμών A και B. Στο σταθμό κοντά στην ακτή (A) το βάθος είναι μικρότερο με μεγαλύτερη ανάμειξη σε σχέση με τον σταθμό B. Φαίνεται λοιπόν ότι το οργανικό και ανόργανο φορτίο βάσει των στοιχείων της παράλληλης μελέτης (Λιάπη 2021), να μεταφέρεται και συσσωρεύεται στο σταθμό κοντά στην ακτή, συμβάλλοντας στην καλύτερη ανάπτυξη και αύξηση των βιομετρικών δεικτών του σταθμού A.

Σχετικά με το στρείδι *Crassostrea gigas* παρατηρήθηκε ότι και αυτό παρουσίασε μεγαλύτερους βιομετρικούς δείκτες στο σταθμό A σε σχέση με τους σταθμούς B και M βάσει των τελικών μετρήσεων. Όσον αφορά στην χημική σύσταση των στρειδιών στο σταθμό B και στο σταθμό M, τα επίπεδα του λίπους και των υδατανθράκων είναι χαμηλότερα τον Ιούλιο από αυτά που εκτιμήθηκαν τον Μαΐο και πολύ περισσότερο από αυτά του Μαρτίου (Λιάπη, 2021). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αναπαραγωγή των στρειδιών, όπου είναι Ιούνιο-Ιούλιο. Άλλωστε η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται μεταξύ 21-27 °C, όποτε υπάρχουν και οι ιδανικές συνθήκες για την ωοτοκία του *C. gigas*.

Αυτό όμως που έχει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι ότι βάσει του προφίλ των λιπαρών οξέων (% των ολικών λιπαρών ξέων) των στρειδιών, της παράλληλης μελέτης (Λιάπη, 2021), οι τιμές των μονοακόρεστων (MUFA-18,31%) και n-6 πολυακόρεστων (n-6 PUFA-9%) είναι μεγαλύτερες στο σταθμό B σε σχέση με τους σταθμούς A (MUFA-17,09%; n-6 PUFA-7,6%) και M (MUFA-16,17%; n-6 PUFA-7,89%), ενώ ο λόγος n-3/n-6 (4,35) είναι ο μικρότερος σε σχέση με τους σταθμούς A (5,19) και M (4,9) (Λιάπη, 2021). Τα τεχνητά σιτηρέσια των ιχθύων είναι πλούσια σε μονοακόρεστα και n-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Το θέρος και ειδικά την περίοδο Ιουνίου – Ιουλίου, υπάρχει πολύ μεγάλη αύξηση των διατροφικών αναγκών των ιχθύων λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας που πυροδοτεί και την αύξηση του μεταβολικού τους ρυθμού. Έτσι τα στρείδια στο σταθμό B φαίνεται να καταναλώνουν και να αξιοποιούν περισσότερο τα υπολείμματα των ιχθυοτροφών ή τα περιττώματα των ιχθύων σε σχέση με αυτά στο σταθμό A, τα οποία παρουσιάζουν σύσταση σε λιπαρά οξέα πιο όμοια με αυτή των στρειδιών στο σταθμό M της οστρακοκαλλιέργειας.

Η παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται και στα μύδια με λιγότερες όμως διαφορές στη σύσταση των λιπαρών οξέων μεταξύ των σταθμών Α και Β, υποδηλώνοντας ότι τα μύδια αξιοποιούν λιγότερο από τα στρείδια τα υπολείμματα των ιχθυοτροφών ή τα περιττώματα των ιχθύων. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί τα μύδια είχαν μικρότερο εσωτερικό βάρος στο σταθμό Β από ότι στο σταθμό Μ, ενώ τα στρείδια είχαν το ίδιο βάρος, παρόλο που η διατροφή τους διέφερε.

Στα στρείδια το εσωτερικό βάρος και το ολικό μήκος δεν διέφεραν μεταξύ των σταθμών Β και Μ, ενώ το ολικό βάρος ήταν μεγαλύτερο στο σταθμό Μ της οστρακοκαλλιέργειας από ότι στο σταθμό Β της ιχθυοκαλλιέργειας. Επίσης, οι συσχετίσεις δείχνουν ότι το ολικό βάρος των στρειδιών ως προς το μήκος τους στο σταθμό Μ ήταν μεγαλύτερο από ότι στο σταθμό Β. Όμως, το εσωτερικό βάρος των στρειδιών ως προς το ολικό βάρος τους ήταν μεγαλύτερο στο σταθμό Β από ότι στο σταθμό Μ, δείχνοντας μία καλύτερη ανάπτυξη. Βέβαια, η συσχέτιση του εσωτερικού βάρους με το ολικό βάρος ή μήκος των στρειδιών έδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές για το σημείο τομής (intercept) για το σταθμό Α σε σχέση με αυτές των σταθμών Β και Μ, όπως και στην περίπτωση των μυδιών.

Φαίνεται λοιπόν πως ο συνδυασμός πολλών παραμέτρων όπως της θερμοκρασίας, των ρευμάτων, της περίσσειας θρεπτικών είτε λόγω εποχικότητας (φυτοπλαγκτόν), είτε λόγω αύξησης σιτηρεσίου στην προσκείμενη υδατοκαλλιέργεια, οδήγησαν στο αποτέλεσμα τα μύδια και τα στρείδια του σταθμού κοντά στην ακτή (Α) να έχουν τελικά την καλύτερη αύξηση στους μελετούμενους βιομετρικούς δείκτες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς εντός του πάρκου της ιχθυοκαλλιέργειας (Β) και του πάρκου της οστρακοκαλλιέργειας (Μ).

#### **4.1 Συμπεράσματα και προοπτικές**

Ως συμπέρασμα λοιπόν μπορεί να ειπωθεί ότι η ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (ΙΜΤΑ) συνεκτροφής μυδιών *Mytilus galloprovincialis* και στρειδιών *Crassostrea gigas* με τσιπούρες και φαγκριά είναι αποτελεσματική κάτω από ορισμένες συνθήκες. Συγκεκριμένα, η συνεκτροφή μυδιών και στρειδιών με τσιπούρες και φαγκριά στην παρούσα μελέτη έδειξε ότι απαιτείται μια απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς για την εγκατάσταση των οστρακοειδών, όπου να υπάρχει εύνοια των θαλάσσιων ρευμάτων για τα θρεπτικά συστατικά, ώστε αυτά να αναπτύσσονται εξίσου ποιοτικά με μιας μονάδας οστρακοκαλλιέργειας.

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω, ως συμπέρασμα θα ήταν προτιμότερο η πιθανή εγκατάσταση παράλληλης εκτροφής μυδιών και στρειδιών σε ιχθυοκαλλιέργειες, να γινόταν κοντά στην ακτή και σε σχετικά ρηχό βάθος, αφού πρώτα είχε γίνει μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων εξετάζοντας τις εποχικές διακυμάνσεις τους, όπως και μια ρευματική καταγραφή της περιοχής, για την καλύτερη τοποθέτηση και εκμετάλλευση του οργανικού και ανόργανου φορτίου του νερού από τα συνεκτρεφόμενα είδη.

Εάν εγκατασταθεί σύστημα long line για τη παράλληλη εκτροφή μυδιών θα πρέπει να απέχει από τον βυθό τουλάχιστον πάνω από 3m, αφενός γιατί αργότερα θα βυθιστεί λόγω της αύξησης του βάρους τους και αφετέρου για να έχουν πρόσβαση οι θηρευτές τους. Τα στρείδια τώρα μπορούν να ποντιστούν σε καλαθάκια, διασφαλίζοντας αρχικά την επιβίωσή τους και πιο κοντά στο πάρκο υδατοκαλλιέργειας που θα τους επιτρέπουν να εκμεταλλεύονται καλύτερα τα περιττώματα των ιχθύων και τα υπολείμματα των τροφών, στη πιθανή παράλληλη συνεκτροφή τους με ιχθύς. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται και η καλύτερη ανάπτυξη τους, όπως και η λειτουργία τους ως “βιολογικό φίλτρο” που ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την ιχθυοκαλλιέργεια.

Από την παρατήρηση που έγινε, τόσο στη παρούσα μελέτη σε βιομετρικούς δείκτες, όσο και στη παράλληλη μελέτη (Λιάπη, 2021) για τους χημικούς δείκτες, υπάρχει ικανή εκμετάλλευση των υπολειμμάτων της τροφής όπως και των περιττωμάτων των ψαριών από τα μύδια και τα στρείδια, ιδιαίτερα από τα τελευταία. Θα ήταν δυνατή ενδεχομένως η σταδιακή και παράλληλη εκτροφή Δίθυρων Μαλακίων κοντά σε μονάδες εκτροφής ιχθύων, με απώτερο σκοπό την χρήση τους ως παράλληλη εκμετάλλευση και πώληση από τις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας.

Επίσης, θα μπορούσε η συνεκτροφή των οστρακοειδών να υποστηριχθεί και ως εναλλακτική πηγή για τη διατροφή τσιπούρας και του λαβρακιού μέσω της χρήσης του μυδάλευρου για την παρασκευή ιχθυοτροφών (Anagnostidis et al, 2015). Αρχικά σε μικρή κλίμακα θα μπορούσε να αντικαταστήσει, την χρήση ιχθυάλευρου ή να είναι μια εναλλακτική διέξοδος για τις παραγόμενες ιχθυοτροφές σε περιόδους μεγάλης ζήτησης, όπου είναι οι θερινοί μήνες.

## Κεφάλαιο 5 : Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Abad, M. *et al.* (1995) 'Seasonal variations of lipid classes and fatty acids in flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibrán (Galicia, Spain)', *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 110(2), pp. 109–118. doi: 10.1016/0742-8413(95)00006-A.
- Irisarri J., *at all* (2013) 'Absorption efficiency of mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis* cultured under Integrated Multi-Trophic Aquaculture conditions in the Bay of Fundy and Ria Ares-Betanzos'.
- Alfaro, A. C. (2006) 'Byssal attachment of juvenile mussels, *Perna canaliculus*, affected by water motion and air bubbles', *Aquaculture*, 255(1), pp. 357–361. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.059.
- Anagnostidis, A., Michailidou, M., Vatsos, I.N., Tsopeidakis, A., Miliou, H., & Angelidis, P., (2015). Use of frozen mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and mussel meal in the diet of sea bass (*Dicentrarchus labrax Linnaeus, 1758*) and sea bream (*Sparus aurata Linnaeus, 1758*) fingerlings – a preliminary study. *Aquaculture Research* 46(1), 252–256.
- Anamarija Frankic. (2003) '*Integrated Coastal Management & Sustainable Aquaculture Development in the Adriatic Sea, Republic of Croatia*'. Center for Coastal Resources Management Virginia Institute of Marine Science College of William & Mary USA.
- Al-Hafedh, Y. S., Alam, A. and Buschmann, A. H. (2014) 'Bioremediation potential, growth and biomass yield of the green seaweed, *Ulva lactuca* in an integrated marine aquaculture system at the Red Sea coast of Saudi Arabia at different stocking densities and effluent flow rates'. doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12060>.
- Alkanani, T. *et al.* (2007) 'Role of fatty acids in cultured mussels, *Mytilus edulis*, grown in Notre Dame Bay, Newfoundland', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 348(1), pp. 33–45. doi: 10.1016/j.jembe.2007.02.017.
- AOAC (1995) 'Association of official Analytical Chemists. Official methods of Analysis. 16th ed. Arlington Virginia: Association of official Analytical Chemists Inc.'
- AOCS Ce 1i-07 (2009) 'Determination of Saturated, cis -Monounsaturated and cis - Polyunsaturated Fatty Acids in Marine and Other Oils Containing Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids by Capillary GLC'.
- Barber, B. J. and Blake, N. J. (1981) 'Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (say)', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 52(2), pp. 121–134. doi: 10.1016/0022-0981(81)900319.
- Bardach, J. E., Ryther, J. H. and McLarney, W. O. (1972) *Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*.
- Barnabe, G. (1990) 'Rearing bass and gilthead bream', in Barnabe, G. (ed.) *Aquaculture*, Ellis Horwood Limited, pp. 647–683.
- Barrington, K., Chopin, T. and Robinson, S. (2009) *Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO fisheries and aquaculture technical paper, 529).

- Bayne, B. L. *et al.* (1976) 'The physiological Ecology of *Mytilus californiacus* C. 2. Adaptation to low Oxygen Tension and Air Exposure.', *Oecologia*, pp. 229–250.
- Bayne, B. L. (1976a) 'Aspects of reproduction in Bivalve Molluscs', in WILEY, M. (ed.) *Estuarine Processes*. Academic Press, pp. 432–448. doi: 10.1016/B978-0-12-751801-5.50043-5.
- Bayne, B. L. (1976b) 'The biology of mussel Larvae', in *Marine Mussels: their ecology and physiology*, pp. 81–120.
- Bayne, B. L., Thompson, R. J. and Widdons, J. (1973) 'Some effects of temperature and food on the rate of oxygen consumption by *Mytilus edulis* L.', in Wieser, W. (ed.) *Effects of temperature on ectothermic organisms*, pp. 181–193.
- Bayne, B. L. and Widdows, J. (1978) 'The physiological ecology of two populations of *Mytilus edulis* L.', *Oecologia*, 37(2), pp. 137–162. doi: 10.1007/BF00344987.
- Beninger, P. G. and Lucas, A. (1984) 'Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve)', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 79(1), pp. 19–37. doi: 10.1016/0022-0981(84)90028-5.
- Bernard, F. R. (1974) 'Annual Biodeposition and Gross Energy Budget of Mature Pacific Oysters, *Crassostrea gigas*', *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31(2), pp. 185–190. doi: 10.1139/f74-030.
- Beukema, J. J. and De Bruin, W. (1979) 'Calorific values of the soft parts of the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) as determined by two methods.', pp. 19–30.
- Beveridge, Malcolm C.M., (1996) 'Cage Aquaculture, 2<sup>nd</sup> edn.', Fishing News Books - Blackwell Science Ltd, Cambridge USA.
- Boghen, A. D. (Ed.) (1995) *Cold-water Aquaculture in Atlantic Canada*. Available at: [https://books.google.gr/books/about/Cold\\_water\\_Aquaculture\\_in\\_Atlantic\\_Canada.html?id=CAIXAQAIAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.gr/books/about/Cold_water_Aquaculture_in_Atlantic_Canada.html?id=CAIXAQAIAAJ&redir_esc=y).
- Both, A. *et al.* (2011) 'Lipid composition of *Mytilus edulis* reared on organic waste from a *Gadus morhua* aquaculture facility', *Aquatic Living Resources*. 2011/09/15 edn, 24(3), pp. 295–301. doi: 10.1051/alr/2011138.
- Both, A. *et al.* (2013) 'Physical and biochemical properties of effluent leaving an onshore Atlantic cod (*Gadus morhua*, Linnaeus 1758; Gadiformes: Gadidae) aquaculture facility and potential use in integrated multi-trophic aquaculture', *Aquaculture Research*, 44. doi: 10.1111/j.1365-2109.2012.03199.x.
- Both, Parrish, and Penney (2012) 'Growth and Biochemical Composition of *Mytilus edulis* When Reared on Effluent from a Cod, *Gadus morhua*, Aquaculture Facility', *Journal of Shellfish Research*, 31(1), pp. 79–85. doi: 10.2983/035.031.0110.
- Bougrier, S. *et al.* (1995) 'Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg)', *Aquaculture*, 134 (1), pp. 143–154. doi: 10.1016/0044-8486(95)00036-2.
- Boyd, C.E., (1981) 'Water quality in warmwater fish ponds'. Agricultural Experiment Station Auburn University, 359 P.
- Bressan, M. and Marin, G. (1985) 'Seasonal variation in biochemical composition and condition index of culture mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lmk.) in Venice Lagoon (North Adriatic)', pp. 13–21.



- Brousseau, D. J. (1983) 'Aspects of reproduction of the blue mussel, *Mytilus edulis* (PELECYPODA: MYTILIDAE) in Long Island sound'.
- Budge, S. M., Parrish, C. C. and McKenzie, C. H. (2001) 'Fatty acid composition of phytoplankton, settling particulate matter and sediments at a sheltered bivalve aquaculture site', *Marine Chemistry*, 76(4), pp. 285–303. doi: 10.1016/S0304-4203(01)00068-8.
- Buschmann, A. H., López, D. A. and Medina, A. (1996) 'A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile', *Aquacultural Engineering*, 15(6), pp. 397–421. doi: 10.1016/S0144-8609(96)01006-0.
- Butler, E. I., Knox, S. and Liddicoat, M. I. (1979) 'The relationship between inorganic and organic nutrients in sea water', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2009/05/11 edn, 59(1), pp. 239–250. doi: 10.1017/S0025315400046312.
- Camacho, A. P., Labarta, U. and Beiras, R. (1995) 'Growth of mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) on cultivation rafts: influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability', *Aquaculture*, 138(1), pp. 349–362. doi: 10.1016/0044-8486(95)01139-0.
- Cardiac activity in the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) as biomarker for assessing sea water quality in Boka Kotorska Bay, South Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science* Vol 20, 2019.
- Çelik, M. Y. *et al.* (2012) 'Meat Yield, Condition Index, and Biochemical Composition of Mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, South of the Black Sea', *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(3), pp. 198–205. doi: 10.1080/10498850.2011.589099.
- Chávez-Villalba, J. *et al.* (2002) 'Broodstock conditioning of the oyster *Crassostrea gigas*: origin and temperature effect', *Aquaculture*, 214(1), pp. 115–130. doi: 10.1016/S0044-8486(01)00898-5.
- Chopin, T. *et al.* (1999) 'Developing Porphyra/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry', *Journal of Applied Phycology*, 11(5), p. 463. doi: 10.1023/A:1008114112852.
- Chopin, T. *et al.* (2001) 'INTEGRATING SEAWEEDS INTO MARINE AQUACULTURE SYSTEMS: A KEY TOWARD SUSTAINABILITY'. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.01137.x>.
- Chopin, T. (2006) 'Integrated Multi-Trophic Aquaculture. What it is and why you should care... and don't confuse it with polyculture', *Northern Aquaculture*, 12, p. 4.
- Chopin, T. (2013) 'Aquaculture, Integrated Multi-Trophic (IMTA)', in *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, pp. 542–564. doi: 10.1007/978-1-4614-5797-8\_173.
- Chopin T., University of New Brunswick, Canada and Canadian Integrated 'Multi-Trophic Aquaculture. *Integrated Multi-Trophic Aquaculture*'. ADVANCING THE AQUACULTURE AGENDA: WORKSHOP PROCEEDINGS - © OECD 2010. pp 195-217.
- Chu, F.-L. E., Webb, K. L. and Chen, J. (1990) 'Seasonal changes of lipids and fatty acids in oyster tissues (*Crassostrea virginica*) and estuarine particulate matter', *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 95(3), pp. 385–391. doi: 10.1016/0300-9629(90)90237-M.

- Crawford, R. E. and Allen, G. H. (1977) 'Seawater Inhibition of Nitrite Toxicity to Chinook Salmon'. doi: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1977\)106<105: SIONTT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1977)106<105: SIONTT>2.0.CO;2).
- Creswell, R. L. and McNevin, A. A. (2008) 'Better management practices for Bivalve Molluscan aquaculture', in Tucker, S. C. and Hargreaves, A. J. (eds) *Environmental best management practices for aquaculture*.
- Cromeey, C. J., Nickell, T. D. and Black, K. D. (2002) 'DEPOMOD—modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms', *Aquaculture*, 214(1), pp. 211–239. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00368-X.
- Dalsgaard, J. *et al.* (2003) 'Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment', in *Advances in Marine Biology*. Academic Press, pp. 225–340. doi: 10.1016/S0065-2881(03)46005-7.
- Dare, P. J. and Edwards, D. B. (1975) 'Seasonal changes in flesh weight and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Conwy Estuary, North Wales', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 18(2), pp. 89–97. doi: 10.1016/0022-0981(75)90066-0.
- Day, R. and McEdward, L. (1984) 'Aspects of the physiology and ecology of pelagic larvae of marine benthic invertebrates.', in Steidinger, K. A. and Walker, L. M. (eds) *Marine plankton life cycle strategies*, pp. 93–120.
- De Zwaan, A. and Zandee, D. I. (1972) 'Body distribution and seasonal changes in the glycogen content of the common sea mussel *Mytilus edulis*', *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 43(1), pp. 53–58. doi: 10.1016/0300-9629(72)90468-9.
- Deslous-Paoli, J. M. *et al.* (1981) 'Reproduction naturelle de *Crassostrea gigas* Thunberg dans le bassin de Marennes-Oleron en 1979 et 1981: Aspects biochimiques et energetiques.', *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*. Edited by ISTPM. (4). Available at: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/1891/>.
- DGE special (2003) 'Mehr bewegen und die Fettaufnahme reduzieren'. Available at: <https://www.dge.de/presse/pm/mehr-bewegen-und-die-fettaufnahme-reduzieren/?L=0&cHash=2f735f333e20ca215b711ca97f83f5f4>.
- Dinamani, P. (1987) 'Gametogenic patterns in populations of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Northland, New Zealand', *Aquaculture*, 64(1), pp. 65–76. doi: 10.1016/0044-8486(87)90206-7.
- Dong, F. M. (2001) 'The Nutritional Value of Shellfish', p. 4.
- Downing, K. M. and Merkens, J. C. (1955) *THE INFLUENCE OF DISSOLVED-OXYGEN CONCENTRATION ON THE TOXICITY OF UN-IONIZED AMMONIA TO RAINBOW TROUT (SALMO GAIRDNERII RICHARDSON)*. Available at: <https://sci-hub.se/10.1111/j.1744-7348.1955.tb02472.x>.
- Dridi, S., Romdhane, M. and Elcafsi, M. (2007) 'Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia', *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 263(1–4), pp. 238–248. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.10.028.
- Edwards, P. (1993), "Environmental issues in integrated agriculture-aquaculture and wastewater-fed fish culture systems", In: *Environment and Aquaculture in Developing Countries*, pp 139-170, R.S.V.

- Epifanio, C. E. and Srna, R. F. (1975) 'Toxicity of ammonia, nitrite ion, nitrate ion, and orthophosphate to *Mercenaria mercenaria* and *Crassostrea virginica*', *Marine Biology*, 33(3), pp. 241–246. doi: 10.1007/BF00390928.
- Eyster, L. and Pechenik, J. (1988) 'Attachment of *Mytilus edulis* L. larvae on algal and byssal filaments is enhanced by water agitation.', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 114, pp. 99–110.
- Ezgeta Balic, D. *et al.* (2012) 'Seasonal fatty acid profile analysis to trace origin of food sources of four commercially important bivalves', *Aquaculture*, 334–337, pp. 89–100. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.12.041.
- FAO (2004) *The state of world fisheries and aqua-culture*. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations. [https://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus\\_aurata/en](https://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en)
- FAO (2006) *State of world aquaculture 2006*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO Fisheries Technical Paper, 500).
- FAO (2019) *The State of World Fisheries and Aquaculture*.
- Figueras, A. J. (1989) 'Mussel Culture in Spain and France. World Aquaculture 20(4): 8-17'.
- FEAP, Production report 2004 – 2017 [www.feap.info](http://www.feap.info)
- Ferreira, J.G., Sequeira, A., Hawkins, A.J.S., Newton, A., Nickell, T.D., Pastres, R., Forte, J., Bodoy, A. and Bricker, S.B. (2009), "Analysis of coastal and offshore aquaculture: application of the FARM model to multiple systems and shellfish species", *Aquaculture* 289: 32-41.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. (1957) 'A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues', *The Journal of biological chemistry*, 226(1), pp. 497–509.
- Folke, C. and Kautsky, N. (1989) 'The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture'. Available at: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SE8900254>.
- FOSS Application Note AN 310AD 'Extraction of Crude Fat using Soxtec™ 8000 Extraction System.'
- FOSS Application Note AN 390AD 'Total fat determination using SoxCap™ 2047 in combination with Soxtec extraction systems.'
- FOSS Application Note AN 300AD 'The determination of Nitrogen according to Kjeldahl using Block Digestion and Steam Distillation.'
- FOSS Application Subnote ASN 3106 'Determination of Kjeldahl Nitrogen In Meat And Meat Products.'
- Freites, L., Fernández-Reiriz, M. J. and Labarta, U. (2003) 'Biochemical composition and energy content of the mussel *Mytilus galloprovincialis* of subtidal and rocky shore origin: Influence of environmental variables and source of mussel seed', *Ciencias Marinas*, 29(4), p. 17.
- Gabbott, P. A. (1975) 'Storage cycles in marine bivalve molluscs: a hypothesis concerning the relationship between glycogen metabolism and gametogenesis', in Barnes, H. (ed.) *Proceedings of the 9th European Marine Biology Symposium*, pp. 191–211.

- Gabbott, P. A. (1983) '5 - Developmental and Seasonal Metabolic Activities in Marine Molluscs', in HOCHACHKA, P. W. (ed.) *The Mollusca*. San Diego: Academic Press, pp. 165–217. doi: 10.1016/B978-0-12-751402-4.50012-1.
- Gabbott, P. A. and Bayne, B. L. (1973) 'Biochemical Effects of Temperature and Nutritive Stress on *Mytilus Edulis* L.', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2009/05/11 edn, 53(2), pp. 269–286. doi: 10.1017/S0025315400022268.
- GAIAPedia Στρείδια (*Crassostrea gigas*). Available at: <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%B1> (*Crassostrea\_gigas*).
- Galap, C., Leboulenger, F. and Grillot, J. P. (1997) 'Seasonal variations in biochemical constituents during the reproductive cycle of the female dog cockle *Glycymeris glycymeris*', pp. 625–634.
- Gao, Q.-F. *et al.* (2006) 'Stable isotope and fatty acid evidence for uptake of organic waste by green-lipped mussels *Perna viridis* in a polyculture fish farm system', *Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER*, 317, pp. 273–283. doi: 10.3354/meps317273.
- Gardner, D. and Riley, J. P. (1972) 'The component fatty acids of the lipids of some species of marine and freshwater molluscs', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2009/05/11 edn, 52(4), pp. 827–838. doi: 10.1017/S0025315400040571.
- George, E. M. and Parrish, C. C. (2013) 'Output of organic material from land-based juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) tanks', *Aquaculture International*, 21(1), pp. 157–176. doi: 10.1007/s10499-012-9542-4.
- Goudreau, S. E. (1988) 'Effects of sewage treatment plant effluents on mollusks and fish of the Clinch River in Tazewell County, Virginia. Master's thesis, Virginia Polytechnic and State University, Blacksburg, Virginia.'
- Gowen, R. and Bradbury, N. (1987) 'The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review', *Oceanography and Marine Biology*, 25, pp. 563–575.
- Graeve, M., Kattner, G. and Hagen, W. (1994) 'Diet-induced changes in the fatty acid composition of Arctic herbivorous copepods: Experimental evidence of trophic markers', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 182(1), pp. 97–110. doi: 10.1016/0022-0981(94)90213-5.
- Guerrero, S. and Cremades, J. (2012) *Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA): A sustainable, pioneering alternative for marine cultures in Galicia*.
- Handå, A., Min, H., *et al.* (2012) 'Incorporation of fish feed and growth of blue mussels (*Mytilus edulis*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture: Implications for integrated multi-trophic aquaculture in Norwegian coastal waters', *Aquaculture*, 356–357, pp. 328–341. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.048.
- Handå, A., Ranheim, A., *et al.* (2012) 'Incorporation of salmon fish feed and feces components in mussels (*Mytilus edulis*): Implications for integrated multi-trophic aquaculture in cool-temperate North Atlantic waters', *Aquaculture*, 370–371, pp. 40–53. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.09.030.
- Hellenica World Δινοφύκη. Available at: <http://www.hellenicaworld.com/Science/Biology/gr/Dinofyki.html?fbclid=IwAR2VtpdleEXOnzqeu1AoiM5HwLn4CT0atCYQVwaBzWxLA6TJGpmBKnaALya0>.

- Hernández, I. *et al.* (2002) 'Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 2. Ammonium', *Journal of Applied Phycology*, 14(5), pp. 375–384. doi: 10.1023/A:1022178417203.
- Hernández, I. *et al.* (2006) 'Studies on the biofiltration capacity of *Gracilariopsis longissima*: From microscale to macroscale', *Seaweed-Based Integrated Mariculture*, 252(1), pp. 43–53. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.048.
- Hickman, R. W. *et al.* (1991) 'The relationship between farmed mussels, *Perna canaliculus*, and available food in Pelorus-Kenepuru Sound, New Zealand, 1983–1985', *Aquaculture*, 99(1), pp. 49–68. doi: 10.1016/0044-8486(91)90287-H.
- Holby, O. and Hall, J. (1991) 'Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. 11. Phosphorus', p. 10.
- Holdt, S. and Edwards, M. (2014) 'Cost-effective IMTA: a comparison of the production efficiencies of mussels and seaweed', *Journal of Applied Phycology*, 26. doi: 10.1007/s10811-014-0273-y.
- Hrs-Brenko, M. (1973) 'The study of mussel larvae and their settlement in Vela Draga Bay (Pula, the northern Adriatic Sea)', *Aquaculture*, 2, pp. 173–182. doi: 10.1016/0044-8486(73)90144-0.
- Hrs-Brenko, M. (1974) 'Temperature and salinity requirements for embryonic development of *Mytilus galloprovincialis* Lmk', *Thalassia jugosl*, 10, pp. 131–138.
- M. Iacovou, E. C. Mulcahy, H. Truby, J. S. Barrett, P. R. Gibson, J. G. Muir, (2017) 'Reducing the maternal dietary intake of indigestible and slowly absorbed short-chain carbohydrates is associated with improved infantile colic: a proof-of-concept study'
- Indergaard, M. and Jensen, A. (1983) 'Seaweed biomass production and fish farming.', in *Energy from biomass. Proceedings, 2nd EC Conference, Berlin, Federal Republic of Germany, 20-23 September 1982*. Applied Science Publishers, pp. 313–318.
- Ismael, A. A. (2003) 'Succession of heterotrophic and mixotrophic dinoflagellates as well as autotrophic microplankton in the harbour of Alexandria, Egypt', *Journal of Plankton Research*, 25(2), pp. 193–202. doi: 10.1093/plankt/25.2.193.
- Irisarri Jade, Alhambra M Cubillo, Maria Jose Fernandez-Reiriz & Uxio Labarto. Growth variations within a farm of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) held near fish cages: importance for the implementation of intergrated aquaculture. pp1-15 *Aquaculture Research* 2014.
- Iverson, S. J. (2009) 'Tracing aquatic food webs using fatty acids: from qualitative indicators to quantitative determination', in Kainz, M., Brett, M. T., and Arts, M. T. (eds) *Lipids in Aquatic Ecosystems*. New York, NY: Springer New York, pp. 281–308. doi: 10.1007/978-0-387-89366-2\_12.
- Karayücel, S., Kaya, Y. and Karayücel, İ. (2003) 'Effect of Environmental Factors on Biochemical Composition and Condition Index in the Medieterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in the Sinop Region', *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27, pp. 1391–1396.
- Kautsky, N. (1982) 'Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a baltic *Mytilus edulis* population', *Marine Biology*, 68(2), pp. 143–160. doi: 10.1007/BF00397601.

- Kautsky, N., Troell, M. and Folke, C. (1997) 'Ecological engineering for increased production and environmental improvement in open sea aquaculture', *Ecological Engineering for Waste Water Treatment*, pp. 387–393.
- Kelly, J. and Scheibling, R. (2012) 'Fatty acids as dietary tracers in benthic food webs', *Marine Ecology Progress Series*, 446, pp. 1–22. doi: 10.3354/meps09559.
- Ketchum, B. H., Corwin, N. and Jean Keen, D. (1955) 'The significance of organic phosphorus determinations in ocean waters', *Deep Sea Research (1953)*, 2(3), pp. 172–181. doi: 10.1016/0146-6313(55)90022-8.
- Kharlamenko, V. I. *et al.* (1995) 'Fatty acids as markers of food sources in a shallow-water hydrothermal ecosystem (Kraternaya Bight, Yankich Island, Kurile Islands)', *Marine Ecology Progress Series*, 120(1/3), pp. 231–241.
- Kuenzler, E. J., Guillard, R. R. L. and Corwin, N. (1963) 'Phosphate-free sea water for reagent blanks in chemical analyses', *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 10(6), pp. 749–755. doi: 10.1016/0011-7471(63)90669-7.
- La Rosa Tiziana, Simone Mirto, Eugenia Favalaroa, Benedetto Savonaa, Gianluca Sara, Roberto Danovaro, Antonio Mazzola. *Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm*. 05.22.2001.
- Langdon, C. J. and Waldock, M. J. (1981) 'The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* Spat', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2009/05/11 edn, 61(2), pp. 431–448. doi: 10.1017/S0025315400047056.
- Lefebvre, S., Barille, L. and Clerc, M. (2000) 'Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent', *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 187(1/2), pp. 185–198. doi: 10.1016/s0044-8486(99)00390-7.
- Lefebvre Sebastien <sup>a</sup>, Laurent Barille <sup>b</sup>, Muriel Clerc <sup>a</sup>. *Pacific oyster / Crassostrea gigas feeding responses to a fish-farm effluent*. Aquaculture 187 2000. pp: 185–198.
- Lemly, A. D. (1998) 'Bacterial Growth on Stream Insects: Potential for Use in Bioassessment', *Journal of the North American Benthological Society*, 17(2), pp. 228–238. doi: 10.2307/1467964.
- Lindsey, R., Michon, D. S. and Robert, S. (2010) *Ti einai to Φυτοπλαγκτό*; Available at: <http://users.sch.gr/vaskitsios/katsba/arti/EO/EO-Phyto.htm>.
- Luana Granada<sup>1,2</sup>, Nadia Sousa<sup>1</sup>, Sofia Lopes<sup>3</sup> and Marco F. L. Lemos<sup>1,2</sup>. *Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges? -a review*. Reviews in Aquaculture (2015) 6, pp: 1–18.
- Lubet, P. (1976) 'Ecophysiologie de la reproduction chez ies mollusques lamellibranches.', pp. 49–55.
- Lubet, P. *et al.* (1986) 'Sexual differences in the composition and metabolism of lipids in the mantle of the mussel *Mytilus galloprovincialis* LMK (Mollusca: Bivalvia)', *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 84(3), pp. 279–285. doi: 10.1016/0305-0491(86)90077-5.
- Lubet, P. E. (1983) 'Experimental studies on the action of temperature on the reproductive activity of the mussel (*Mytilus edulis* L., Mollusca, Lamellibranchia)', *Journal of Molluscan Studies*, 49(supp12A), pp. 100–105. doi: 10.1093/oxfordjournals.mollus.a065727.

- Lubet, P. and Mann, R. (1987) 'Les differentes modalites de la reproduction chez les mollusques bivalves.', pp. 29–42.
- Luca Telesca, Kati Michalek, Trystan Sanders, Lloyd S. Peck, Jakob Thyrring & Elizabeth M. Harper (2018) 'Blue mussel shell shape plasticity and natural environments: a quantitative approach'.
- Lutz, R. A. and Kennish, M. J. (1992) 'Ecology and morphology of larval and early postlarval mussels.', in Gosling, E. M. (ed.) *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture.*, pp. 53–80.
- MacDonald, B. A., Robinson, S. M. C. and Barrington, K. A. (2011) 'Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory', *Aquaculture*, 314(1), pp. 244–251. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.01.045.
- MacDonald, C. L. E., Stead, S. M. and Slater, M. J. (2013) 'Consumption and remediation of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) waste by the sea cucumber *Holothuria forskali*', *Aquaculture International*, 21(6), pp. 1279–1290. doi: 10.1007/s10499-013-9629-6.
- Mann, R. (1979) 'Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2009/05/11 edn, 59(1), pp. 95–110. doi: 10.1017/S0025315400046208.
- Mann, R. and Glomb, S. J. (1978) 'The effect of temperature on growth and ammonia excretion of the Manila clam *Tapes japonica*', *Estuarine and Coastal Marine Science*, 6(3), pp. 335–339. doi: 10.1016/0302-3524(78)90021-X.
- Martínez, B. *et al.* (2006) 'Open sea cultivation of *Palmaria palmata* (Rhodophyta) on the northern Spanish coast', *Aquaculture*, 254(1–4), pp. 376–387. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.10.025.
- Martínez-Aragón, J. F. *et al.* (2002) 'Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 1. Phosphate', *Journal of Applied Phycology*, 14(5), pp. 365–374. doi: 10.1023/A:1022134701273.
- Martínez-Pita, I. *et al.* (2012) 'Biochemical composition, lipid classes, fatty acids and sexual hormones in the mussel *Mytilus galloprovincialis* from cultivated populations in south Spain', *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 358-, pp. 274–283. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.06.003.
- Marty, Y. *et al.* (1992) 'Changes in the fatty acid composition of *Pecten maximus* (L.) during larval development', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 163(2), pp. 221–234. doi: 10.1016/0022-0981(92)90051-B.
- Marventano, S. *et al.* (2015) 'A review of recent evidence in human studies of n-3 and n-6 PUFA intake on cardiovascular disease, cancer, and depressive disorders: does the ratio really matter?', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(6), pp. 611–622. doi: 10.3109/09637486.2015.1077790.
- Mata, L. *et al.* (2006) 'The effects of light and temperature on the photosynthesis of the *Asparagopsis armata* tetrasporophyte (*Falkenbergia rufolanosa*), cultivated in tanks', *Seaweed-Based Integrated Mariculture*, 252 (1), pp. 12–19. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.045.

- Matos, J. *et al.* (2006) 'Experimental integrated aquaculture of fish and red seaweeds in Northern Portugal', *Aquaculture*, 252, pp. 31–42. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.047.
- Matthiessen, G. C. (2001) *Oyster Culture*. Available at: <https://www.wiley.com/en-pr/Oyster+Culture-p-9780852382790>.
- Menzel, D. W. and Ryther, J. H. (1959) 'The annual cycle of primary production in the Sargasso Sea off Bermuda', *Deep Sea Research (1953)*, 6, pp. 351–367. doi: 10.1016/0146-6313(59)90095-4.
- Muranaka, M. S. and Lannan, J. E. (1984) 'Broodstock management of *Crassostrea gigas*: Environmental influences on broodstock conditioning', *Recent Innovations in Cultivation of Pacific Molluscs*, 39(1), pp. 217–228. doi: 10.1016/0044-8486(84)90267-9.
- Newell, R. C. (1965) 'The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the bivalve *Macoma balthica*.' pp. 25–45.
- Newell, R. I. E. (2004) 'Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: A review', *Journal of Shellfish Research*, 23, pp. 51–61.
- NOAA (National Ocean Service) *What is eutrophication?* Available at: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html>.
- Nomura, T., Ogata, H. and Lucas, A. (1979) 'Mise en evidence des prostaglandines chez les mollusques bivalves.' pp. 87–94.
- N. Ridler, M. Wowchuk, B. Robinson, K. Barrington, T. Chopin, S. Robinson, F. Page, G. Reid, M. Szemerda, J. Sewuster & S. Boyne-Travis. *INTEGRATED MULTI-TROPHIC AQUACULTURE (IMTA): A POTENTIAL STRATEGIC CHOICE FOR FARMERS*. 03.08.2007. <https://doi.org/10.1080/13657300701202767>
- Ojea, J. *et al.* (2004) 'Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle', *Aquaculture*, 238(1), pp. 451–468. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.05.022.
- Orban, E. *et al.* (2002) 'Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites', *Food Chemistry*, 77(1), pp. 57–65. doi: 10.1016/S0308-8146(01)00322-3.
- Osada, M. and Nomura, T. (1990) 'The levels of prostaglandins associated with the reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis*', *Prostaglandins*, 40(3), pp. 229–239. doi: 10.1016/0090-6980(90)90011-J.
- Paspatis, M., Maragoudaki, D. and Kentouri, M. (2000) 'Self-feeding activity patterns in gilthead sea bream (*Sparus aurata*), red porgy (*Pagrus pagrus*) and their reciprocal hybrids', *Aquaculture*, 190, pp. 389–401. doi: 10.1016/S0044-8486(00)00409-9.
- Penczak, T. *et al.* (1982) 'The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*', *Journal of applied ecology*, 19(2), pp. 371–393. doi: 10.2307/2403474.
- Pereira, R., Yarish, C. and Sousa Pinto, I. (2006) 'The influence of stocking density, light and temperature on the growth, production and nutrient removal capacity of *Porphyra dioica* (Bangiales, Rhodophyta)', *Aquaculture*, 252, pp. 66–78. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.050.



- Perrone, S. J. and Meade, T. L. (1977) 'Protective Effect of Chloride on Nitrite Toxicity to Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*)', *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34(4), pp. 486–492. doi: 10.1139/f77-079.
- Phillips, M. J., Beveridge, M. C. M. and Ross, L. G. (1985) *The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries: present status and future trends*. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1985.tb03236.x>.
- Qiang, X. and Hongsheng, Y. (2007) 'FOOD SOURCES OF THREE BIVALVES LIVING IN TWO HABITATS OF JIAOZHOU BAY (QINGDAO, CHINA): INDICATED BY LIPID BIOMARKERS AND STABLE ISOTOPE ANALYSIS', *Journal of Shellfish Research*, 26 (2), pp. 561–567. doi: 10.2983/0730-8000(2007) 26 [561:FSOTBL]2.0.CO;2.
- Ratcliff, J. J. *et al.* (2016) 'Metal content of kelp (*Laminaria digitata*) co-cultivated with Atlantic salmon in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture system', *Aquaculture*, 450, pp. 234–243. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.07.032.
- Redmond, K. J. *et al.* (2010) 'Stable isotopes and fatty acids as tracers of the assimilation of salmon fish feed in blue mussels (*Mytilus edulis*)', *Aquaculture*, 298(3), pp. 202–210. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.10.002.
- Reid, G. K. *et al.* (2010) 'Absorption efficiency of blue mussels (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) feeding on Atlantic salmon (*Salmo salar*) feed and fecal particulates: Implications for integrated multi-trophic aquaculture', *Aquaculture*, 299(1), pp. 165–169. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.12.002.
- Richoux NB, Vermeulen I, and Froneman PW (2014) 'Fatty acid profiles reveal temporal and spatial differentiation in diets within and among syntopic rocky shore suspension-feeders', *Marine Ecology Progress Series*, 495, pp. 143–160.
- Ridler, N., Wowchuk, M., Robinson, B., Barrington, K., Chopin, T., Robinson, S., Page, F., Reid, G., Szemerda, M., Sewuster, J. and Boyne-Travis, S. (2007), 'Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): a potential strategic choice for farmers', *Aquaculture Economics and Management* 11: 99-110.
- Riisgård, H. U., Randsløv, A. and Kristensen, P. (1980) 'Rates of water processing, oxygen consumption and efficiency of particle retention in veligers and young post-metamorphic, *Mytilus edulis*', *Ophelia*, 19. doi: 10.1080/00785326.1980.10425505.
- Riley, J. P. and Sinhaseni, P. (1957) 'The determination of ammonia and total ionic inorganic nitrogen in sea water', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2009/05/11 edn, 36(1), pp. 161–168. doi: 10.1017/S0025315400017161.
- Rivkin, R. B. *et al.* (1984) 'Growth and carbon uptake by natural populations of oceanic dinoflagellates *Pyrocystis noctiluca* and *Pyrocystis fusiformis*', *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 31(4), pp. 353–367. doi: 10.1016/0198-0149(84)90089-X.
- Rivkin, R. B. and Swift, E. (1980) 'Characterization of alkaline phosphatase and organic phosphorous utilization in the oceanic dinoflagellate *Pyrocystis noctiluca*', *Marine Biology*, 61(1), pp. 1–8. doi: 10.1007/BF00410336.
- Rivkin, R. B. and Swift, E. (1985) 'Phosphorus metabolism of oceanic dinoflagellates: phosphate uptake, chemical composition and growth of *Pyrocystis noctiluca*', *Marine Biology*, 88(2), pp. 189–198. doi: 10.1007/BF00397166.

- Ryther, J. H., DeBoer, J. A. and Lapointe, B. E. (1979) 'CULTIVATION OF SEaweEDS FOR HYDROCOLLOIDS, HASTE TREATMENT AND BIOHASS FOR ENERGY CONVERSION', pp. 1–16.
- Ryther, J. H., Menzel, D. W. and Vaccaro, R. F. (1961) 'DIURNAL VARIATIONS IN SOME CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SARGASSO SEA', *Limnology and Oceanography*, 6(2), pp. 149–153. doi: 10.4319/lo.1961.6.2.0149.
- Sağlık, S. and İmre, S. (1997) 'Fatty acid composition and cholesterol content of mussel and shrimp consumed in Turkey', pp. 179–189.
- Sanchez, A. *et al.* (2004) *MUSSELODLING: En kretsloppsnaering för god miljö och hälsa samt ökad sysselsättning i skärgården. (Mussel farming: A sustainable for good health and environment and increased in the archipelago)*, pp. 3–37.
- Sarà, G. *et al.* (2012) 'Growth and reproductive simulation of candidate shellfish species at fish cages in the Southern Mediterranean: Dynamic Energy Budget (DEB) modelling for integrated multi-trophic aquaculture', *Aquaculture*, 324–325, pp. 259–266. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.10.042.
- Sarà, G. and Mazzola, A. (1997) 'Effects of trophic and environmental conditions on the growth of *Crassostrea gigas* in culture', *Aquaculture*, 153(1), pp. 81–91. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00009-4.
- Sarà, G., Zenone, A. and Tomasello, A. (2009) 'Growth of *Mytilus galloprovincialis* (mollusca, bivalvia) close to fish farms: a case of integrated multi-trophic aquaculture within the Tyrrhenian Sea', *Hydrobiologia*, 636, pp. 129–136. doi: 10.1007/s10750-009-9942-2.
- Sato, S. (1951) 'Relationship between the changes in the spawning period and water temperature at Matsushima Bay.', pp. 16–25.
- Sladana Gvozdenović. Vladimir Pesic (2017) 'Comparison between IMTA and monoculture farming of mussels (*Mytilus galloprovincialis* L.) in the Boka Kotorska Bay',. *Acta adriatic* 58(2):271-284,2017 .
- Scheller, J. L. (1997) 'THE EFFECT OF DIEOFFS OF ASIAN CLAMS (*CORBICULA FLUMINEA*) ON NATIVE FRESHWATER MUSSELS (*UNIONIDAE*)', p. 100.
- Schuenhoff, A., Mata, L. and Santos, R. (2006) 'The tetrasporophyte of *Asparagopsis armata* as a novel seaweed biofilter', *Seaweed-Based Integrated Mariculture*, 252(1), pp. 3–11. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.044.
- Schultz-Zehden, A. and Simone de Grunt, L. (eds) (2019) 'Mussel farming in the Baltic Sea as an environmental measure'. Available at: [https://www.submariner-network.eu/images/SUBMARINER\\_Paper\\_Mussel\\_farming\\_in\\_the\\_Baltic\\_Sea\\_September\\_2019.pdf](https://www.submariner-network.eu/images/SUBMARINER_Paper_Mussel_farming_in_the_Baltic_Sea_September_2019.pdf).
- Schupp, M. (2015) 'Biochemical composition and condition of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in relation to integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) feed sources'
- Scottish Environment Protection Agency, (1998) *SEPA's Conservation Duties*. Fish Farm Manual.
- Seed, R. (1976) 'Ecology', in Bayne, B. L. (ed.) *Marine Mussels: their ecology and physiology*, pp. 13–65.
- Seed, R. and Suchanek, T. (1992) 'Population and community ecology of *Mytilus*', in, pp. 87–169.

- Semina, H. J. and Tarkhova, I. A. (1972) 'Ecology of plankton in the Northern Pacific Ocean', in Takenouti, A. Y. (ed.) *Biological oceanography of the Northern North Pacific Ocean*, pp. 117–124.
- Shpigel, M. (1989) 'Gametogenesis of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in warm water in Israel', *Aquaculture*, 80(3), pp. 343–349. doi: 10.1016/0044-8486(89)90181-6.
- Simopoulos, A. P. (2016) 'An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity', p. 128. doi: 10.3390/nu8030128.
- Solorzano, L. (1969) 'DETERMINATION OF AMMONIA IN NATURAL WATERS BY THE PHENOLHYPOCHLORITE METHOD 11', pp. 799–801. doi: <https://doi.org/10.4319/lo.1969.14.5.0799>.
- Soudant, P. *et al.* (1996a) 'Effect of food fatty acid and sterol quality on *Pecten maximus* gonad composition and reproduction process', *Aquaculture*, 143(3), pp. 361–378. doi: 10.1016/0044-8486(96)01276-8.
- Soudant, P. *et al.* (1996b) 'Impact of the quality of dietary fatty acids on metabolism and the composition of polar lipid classes in female gonads of *Pecten maximus* (L.)', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 205(1), pp. 149–163. doi: 10.1016/S0022-0981(96)02608-1.
- Spencer, B. E. (2002) 'Mussel Cultivation', in *Molluscan Shellfish Farming*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 147–165. doi: 10.1002/9780470995709.ch7.
- Sprung, M. (1983) 'Reproduction and fecundity of the mussel *mytilus edulis* at helgoland (North sea)', *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 36(3), pp. 243–255. doi: 10.1007/BF01983629.
- Stickney, R. R. (1994) *Principles of aquaculture*. New York: John Wiley and Sons.
- Stirling, H. P. and Okumuş, İbrahim (1995) 'Growth and production of mussels (*Mytilus edulis* L.) suspended at salmon cages and shellfish farms in two Scottish sea lochs', *Aquaculture*, 134(3), pp. 193–210. doi: 10.1016/0044-8486(95)00033-X.
- Stoecker, D. K. (1999) 'Mixotrophy among Dinoflagellates', *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, 46(4), pp. 397–401. doi: 10.1111/j.1550-7408.1999.tb04619.x.
- Strickland, J. and Parsons, T. (1972) 'A Practical Handbook of Seawater Analysis'.
- Sunila, I. and Lindström, R. (1985) 'Survival, growth and shell deformities of copper- and cadmium-exposed mussels (*Mytilus edulis* L.) in brackish water', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21(4), pp. 555–565. doi: 10.1016/0272-7714(85)90056-3.
- Swift, E. *et al.* (1982) 'Ceratum division rates in the Gulf Stream and Sargasso Sea'.
- Thompson, P. A. and Harrison, P. J. (1992) 'Effects of monospecific algal diets of varying biochemical composition on the growth and survival of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) larvae.', *Marine Biology*, pp. 645–654.
- Thompson, R. J. (1979) 'Fecundity and Reproductive Effort in the Blue Mussel (*Mytilus edulis*), the Sea Urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*), and the Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) from Populations in Nova Scotia and Newfoundland', *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36(8), pp. 955–964. doi: 10.1139/f79-133.
- Tiews, K. (1981) 'Aquaculture in heated effluents and recirculation systems'.

- Troell, M.. Integrated marine and brackishwater aquaculture in tropical regions: research, implementation and prospects. In D. Soto (ed.). A global review of integrated marine aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 529. Rome, 2009.FAO.
- Turchini, G. M., Ng, W. K. and Tocher, D. R. (eds) (2010) *Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds*. CRC Press.
- Van Biesen, G. and Parrish, C. C. (2005) ‘Long-chain monounsaturated fatty acids as biomarkers for the dispersal of organic waste from a fish enclosure.’, *Marine environmental research*, 60(3), pp. 375–388. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.12.003>.
- Ventilla, R. F. (1984) ‘Recent Developments in the Japanese Oyster Culture Industry’, in Blaxter, J. H. S., Russell, F. S., and Yonge, M. (eds) *Advances in Marine Biology*. Academic Press, pp. 1–57. doi: 10.1016/S0065-2881(08)60098-X.
- Ventrella, V. *et al.* (2008) ‘Effect of temporal and geographical factors on fatty acid composition of *M. galloprovincialis* from the Adriatic Sea’, *Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology*, 149, pp. 241–50. doi: 10.1016/j.cbpb.2007.09.012.
- Wallace, R. B. *et al.* (2014) ‘Coastal ocean acidification: The other eutrophication problem’, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 148, pp. 1–13. doi: 10.1016/j.ecss.2014.05.027.
- Whyte, J. N. C., Englar, J. R. and Carswell, B. L. (1990) ‘Biochemical composition and energy reserves in *Crassostrea gigas* exposed to different levels of nutrition’, *Aquaculture*, 90(2), pp. 157–172. doi: 10.1016/0044-8486(90)90338-N.
- Wildish, D. J. and Kristmanson, D. D. (1993) ‘Hydrodynamic Control of Bivalve Filter Feeders: A Conceptual View’, in Dame, R. F. (ed.) *Bivalve Filter Feeders*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 299–324.
- Yıldız, M., Şener, E. and Timur, M. (2006) ‘Effect of Seasonal Change and Different Commercial Feeds on Proximate Composition of Sea Bream (*Sparus aurata*)’, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6, pp. 99–104.

## Ελληνική βιβλιογραφία

- Αναγνωστίδης Ακριβός (2018) 'Προκαταρκτική μελέτη αξιοποίησης μυδάλευρου και νωπών μυδιών για την διατροφή του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*)'.
- Βασιλείου Αναστάσιος (2004) 'Μυδοκαλλιέργειες στην περιοχή της Πιερίας' Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Ζωϊκής Παραγωγής και Υδάτινου περιβάλλοντος.
- Γεωργάκης, Σ. Α., Βαρελτζής, Κ. Π. and Αμβροσιάδης, Ι. Α. (2002) 'Τεχνολογία Τροφίμων Ζωϊκής Προέλευσης'. 2 η εκδ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονης Παιδείας'.
- Γ.Δ. Αλιείας ΥΠΑΑΤ (2014) 'Πολυετές Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα, 2014-2020'. Available at: <http://www.alieia.minagric.gr/sites/default/files/basicPageFiles/BF.pdf>.
- Γκάνιας Κωνσταντίνος, (2015) 'Συστήματα παραγωγής και τάσεις στην ευρωπαϊκή και παγκόσμια υδατοκαλλιέργεια'. Υδατοκαλλιέργειες / Εισαγωγή Κεφ 1.
- Ε.Κ.Θ.Ε. (2001) 'Διαχειριστική Μελέτη των Ζωνών Παραγωγής Μυδιών των Κόλπων Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Τελική Τεχνική Έκθεση για ΝΑΘ', Δ/ση αλιείας. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Παπαθανασίου Ε, p. 147.
- ΕΛΣΤΑΤ (2020) 'Ερευνα υδατοκαλλιεργειών 2018. Ελληνική Στατιστική Αρχή'.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Fisheries) *Το στρείδι της Ιαπωνίας (ή στρείδι του Ειρηνικού)*. Available at: [https://ec.europa.eu/fisheries/marine\\_species/farmed\\_fish\\_and\\_shellfish/oysters\\_el](https://ec.europa.eu/fisheries/marine_species/farmed_fish_and_shellfish/oysters_el).
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Directorate General for Environment.) (2018) *Υδατοκαλλιέργεια και Natura 2000: μια περίληψη: έγγραφο καθοδήγησης*. LU: Publications Office. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/227>.
- Καμαριανός Α. (2000). Σημειώσεις : 'Υδάτινο περιβάλλον -- αλληλεπιδράσεις μεταξύ περιβάλλοντος και υδατοκαλλιεργειών'. Α.Π.Θ., Τμήμα εκδόσεων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο 2000.
- Κλαουδάτος, Σ. (2003) 'Υδατοκαλλιέργειες ΙΙΙ. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις'.
- Κριάρης, Ν. (1973) 'Mytilus galloprovincialis και εποχιακές διακυμάνσεις των προνυμφών του στο πλαγκτόν. Ελληνική Ωκεανολογία και Λιμνολογία. ' Πρακτικά του Ινστιτούτου Ωκεαν. και Αλιευτ. Ερευνών,. Αθήνα, pp. 167–177.
- Λιάπη Ασπασία (2021) 'Χημική σύσταση μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) και στρειδιών (*Crassostrea gigas*) εκτρεφόμενων σε πάρκο ιχθυοκαλλιέργειας (πολύκαλλιέργεια) και σε πάρκο οστρακοκαλλιέργειας (μονοκαλλιέργεια)'.
- Μουστάκα-Γούνη, Μ (1997) (Ωκεανογραφία - μια βιολογική προσέγγιση.) Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις EXIN Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Νεοφύτου, Χ. (2000) 'Καλλιέργεια Οστρακοειδών - Καρκινοειδών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις'.
- Παπουτσόγλου, Σ. Ε. (1992) *Εφαρμοσμένη υδροβιολογία μέρος Α' γενικό: Το υδάτινο περιβάλλον και οι οργανισμοί του*. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης.
- Παραγωγή υδατοκαλλιεργείας στην Ευρωπαϊκή Ένωση [https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU\\_3.3.7.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_3.3.7.pdf)
- Σαββίδης Ιωάννης. Αντωνίου Α, Στόϊλας Β.Ο., (2014) Διερεύνηση της υδροδυναμικής σε διαφορετικούς χειρισμούς σε μονάδα μυδοκαλλιέργειας. Παρουσία και ανάλυση

μετρήσεων στο πεδίο της Χαλάστρας . (ΒΔ Κόλπος Θεσσαλονίκης). ΑΤΕΙΘ – Τμήμα τεχνολογίας αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών

ΣΕΘ (2017) *Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2017*. Συνδεσμός Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών (ΣΕΘ). Available at: [https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM17\\_WEB\\_GR.pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM17_WEB_GR.pdf).

ΣΕΘ (2020) *Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2017*. Συνδεσμός Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών (ΣΕΘ). Available, at, [https://www.agro24.gr/sites/default/files/media/fgm\\_20\\_gr\\_web.pdf](https://www.agro24.gr/sites/default/files/media/fgm_20_gr_web.pdf).

Σκαρμούτσος Χ. (2021) «Μέτρηση της τεχνικής αποδοτικότητας του κλάδου των ιχθυοκαλλιέργειών στην Ελλάδα». Available at, <https://nemertes.library.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/14787/1/91.pdf>

Τσίτσας, Α. (2009) ‘«Θρεπτικά συστατικά στο θαλάσσιο περιβάλλον: Η περίπτωση της παράκτιας ζώνης της Μυτιλήνης» ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ’. Available at: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/11604/file0.pdf?sequence=1>.

Φασούλας, Θ. (2008) ‘Δυναμική του γόνου του εκτρεφόμενου μυδιού *Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819 στον ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης’.

Χαντζής Κωνσταντίνος (2019) ‘Συγκριτική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ιχθυογεννητικών μονάδων υδατοκαλλιέργειών σε όλο τον κύκλο ζωής στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης με βάση δυναμικότητα τους (μικρής μεσαίας και μεγάλης): Περιοχή στον Κορινθιακό κόλπο.’

**ΑΘΗΝΑ, 2021**

