

Επίδραση ζωοπλαγκτικών οργανισμών στις ιχθυοκαλλιέργειες



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γουμενάκη Μαρία

ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας

Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας – Υδατοκαλλιεργειών

Επιβλέπων: Ράμφος Αλέξιος, Επίκουρος Καθηγητής

Μάρτιος 2016

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες η παρέμβαση του ανθρώπου στο περιβάλλον γίνεται όλο και πιο έντονη σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διαταραχή τόσο των χερσαίων όσο και των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, τα αστικά λύματα και η υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων έχουν αυξήσει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών και έχουν επηρεάσει αρκετούς πληθυσμούς θαλάσσιων οργανισμών. Ένας από αυτούς είναι ο πληθυσμός των ζωοπλαγκτικών οργανισμών, που περιλαμβάνει τα κνιδόζωα και τις σάλπες. Ωστόσο, η υπέρμετρη αύξηση τους επηρεάζει αρνητικά κάποιες άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες με οικονομικό ενδιαφέρον, όπως ιχθυοκαλλιέργειες. Ο τομέας αυτός είναι ταχύτατα αναπτυσσόμενος τις τελευταίες δεκαετίες και η αύξηση του ζωοπλαγκτού είναι ένας από τους παράγοντες που μπορούν να αποβούν ζημιογόνοι. Για το λόγο αυτό θεωρείται απαραίτητη η λήψη μέτρων πρόληψης και η ανάπτυξη αποτελεσματικών τρόπων αντιμετώπισης.

Abstract

During the last decades, environmental degradation due to human activities has become a global phenomenon in both terrestrial and coastal ecosystems. Urban wastes and fertilizers have increased significantly the availability of nutrients in the coastal ecosystems resulting to eutrophication and affecting the populations of various planktic organisms. Among these populations are several gelatinous organisms such as medusae and salps. The unpredictable and uncontrolled increase of the populations of such organisms causes significant impacts to human activities such as the aquaculture industry. Research on the population dynamics of such species as well as on prevention measures and countermeasures of these impacts are imperative.

Περιεχόμενα

Περίληψη

| | |
|--|----|
| 1. Γενικά-Εισαγωγή | |
| 1.1. Γενικά για το πλαγκτόν..... | 4 |
| 1.2. Γενικά για τις ιχθυοκαλλιέργειες..... | 7 |
| 2. Η επίδραση των ζωοπλακτικών οργανισμών στις ιχθυοκαλλιέργειες | |
| 2.1. Αιτίες υπερπληθυσμού του ζωοπλακτού..... | 13 |
| 2.2. Τρόποι επίδρασης του ζωοπλακτού στις ιχθυοκαλλιέργειες..... | 16 |
| 2.3. Συνέπειες- Κλινική Εικόνα ψαριών & Επιπτώσεις στην επιχείρηση..... | 17 |
| 2.4. Περιστατικά που έχουν γίνει γνωστά από μελέτες- Κατάλογος με τα είδη του ζωοπλακτού που έχουν δημιουργήσει προβλήματα | 21 |
| 2.5. Πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης και πρόληψης..... | 24 |
| 3. Συμπεράσματα-Συζήτηση..... | 27 |
| 4. Βιβλιογραφία..... | 28 |

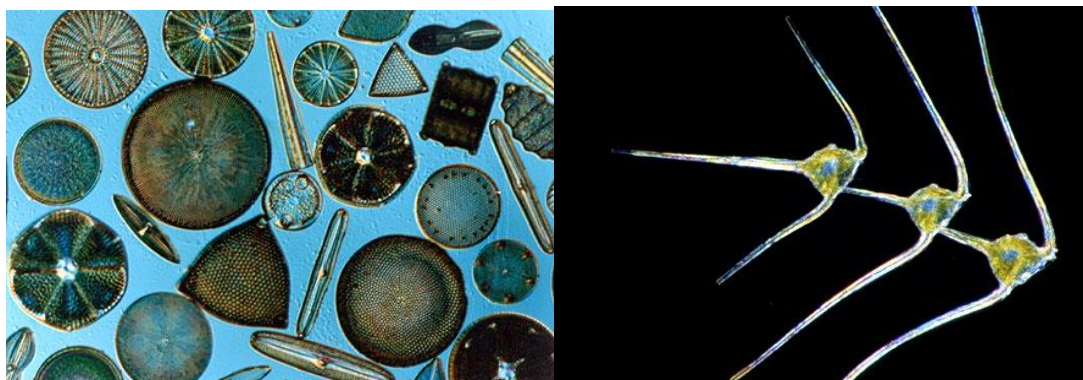
Επίδραση ζωοπλαγκτικών οργανισμών στις ιχθυοκαλλιέργειες

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά για το πλαγκτόν

Με τον όρο «πλαγκτόν» αναφερόμαστε στο σύνολο των ζωντανών οργανισμών που διαβιούν στην υδάτινη στήλη των υδάτινων οικοσυστημάτων (θαλάσσιων & εσωτερικών υδάτων) και χαρακτηρίζονται από μηδενική ή ελάχιστη κολυμβητική ικανότητα. Ο όρος «πλαγκτόν» προέρχεται από την αρχαία Ελληνική λέξη «πλαγκτός» που σημαίνει ‘πλανώμενος’, ‘περιφερόμενος’, ‘ασταθής’.

Οι πλαγκτονικοί οργανισμοί διαχωρίζονται σε αυτότροφους (φωτοσυνθετικούς ή χημειότροφους) και ετερότροφους. Οι φωτοσυνθετικοί πλαγκτονικοί οργανισμοί ονομάζονται φυτοπλαγκτόν με αντιπροσωπευτικότερες κατηγορίες τα διάτομα, τα δινωμαστιγωτά, τα κυανοβακτήρια και τα κοκκολιθοφόρα. Μέχρι σήμερα έχουν βρεθεί



Διάτομα

Δινωμαστιγωτά



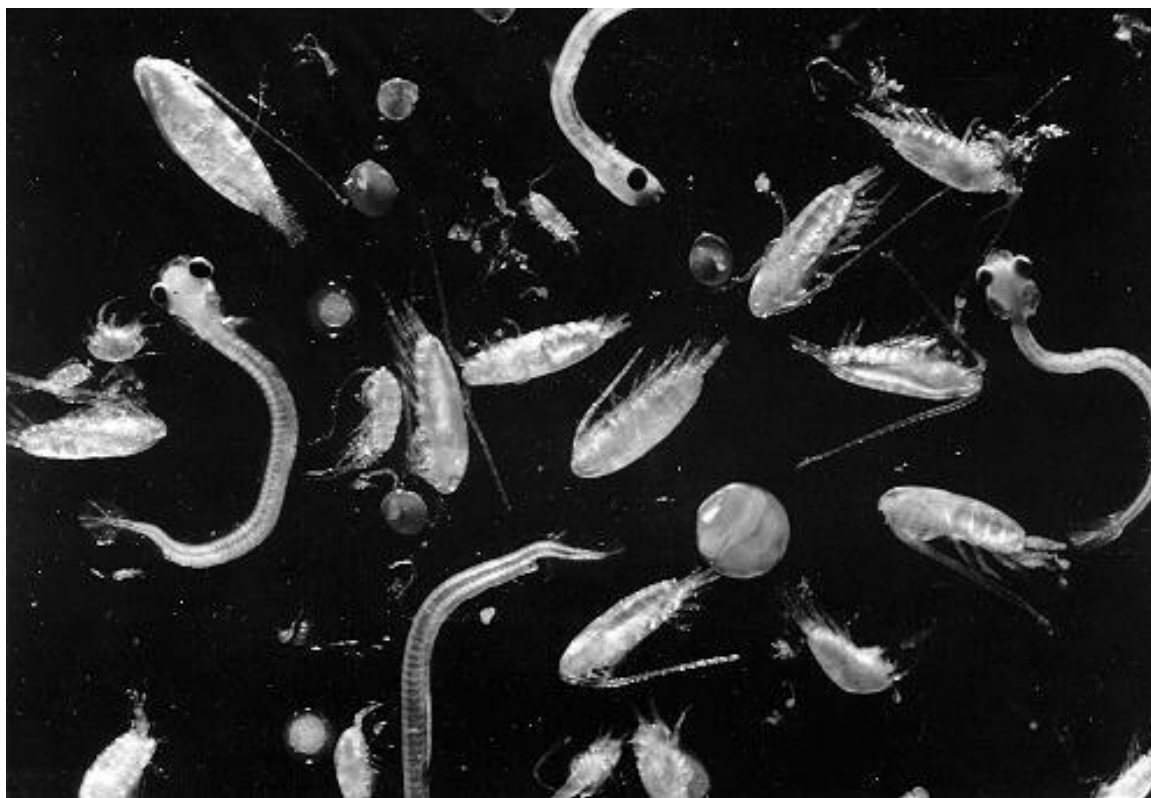
Κυανοβακτήρια

Κοκκολιθοφόρα

Εικόνα 1: Αντιπροσωπευτικές κατηγορίες φυτοπλαγκτικών οργανισμών.

περίπου 5000 φυτοπλαγκτονικά είδη.

Στους ετερότροφους πλαγκτονικούς οργανισμούς εντάσσονται πρωτόζωα (τρηματοφόρα, δινομαστιγωτά, ακτινόζωα) καθώς και μετάζωα. Στα μετάζωα η βιοποικιλότητα είναι τεράστια με πολλά φύλα κάποια εκ των οποίων απαντώνται μόνο στα θαλάσσια οικοσυστήματα (π.χ. χαιτόγναθα). Χαρακτηριστικά φύλα πλαγκτονικών ζωικών οργανισμών είναι τα αρθρόποδα-καρκινοειδή (κωπήποδα, κλαδοκεραιωτά, οστρακώδη, αμφίποδα, μυσιδώδη, ευφασεώδη, δεκάποδα, ισόποδα), τα κνιδόζωα (υδρόζωα, σκυφόζωα, κυβόζωα, σιφονοφόρα), τα κτενοφόρα, τα τροχόζωα, οι σκώληκες (πολύχαιτοι), τα μαλάκια (πτερόποδα, ετερόποδα, γυμνοβράγχια), τα χαιτόγναθα και τα χορδωτά (κωπηλάτες, πυροσώματα, βυτιοειδή και σάλπες).



Εικόνα 2: Αντιπροσωπευτική εικόνα ζωοπλαγκτονικού δείγματος στο στερεοσκόπιο.

Οι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί για πρακτικούς λόγους χωρίζονται ανάλογα με το μέγεθος τους σε φεμτοπλαγκτόν (<0.2μm, θαλάσσιοι ιοί), πικοπλαγκτόν (0.2–2μm, βακτήρια, μικρά ευκαρυωτικά πρώτιστα), νανοπλαγκτόν (2–20μm, μαστιγωτά, χλωρόφυτα, πυρρόφυτα), μικροπλαγκτόν (20–200μm, τροχόζωα, ναύπλιοικωπηπόδων), μεσοπλαγκτόν (200μm–2mm, κωπήποδα, οστρακώδη, χαιτόγναθα, κλαδοκεραιωτά), μακροπλαγκτόν (2mm–20cm, πτερόποδα, χαιτόγναθα, ευφασεώδη, βυτιοειδή, αμφίποδα) και μεγαπλαγκτόν (>20cm, μέδουσες, κτενοφόρα,

σάλπες, αμφίποδα, πυρροσώματα).

Ανάλογα με τον κύκλο ζωής τους, οι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί διαχωρίζονται σε ολοπλαγκτικούς και μεροπλαγκτικούς. Ολοπλαγκτικοί ονομάζονται οι οργανισμοί οι οποίοι ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο ως πλαγκτονικοί (π.χ. κωπήποδα, χαιτόγναθα, κωπηλάτες). Μεροπλαγκτικοί είναι οι οργανισμοί οι οποίοι διάγουν πλαγκτονικό τρόπο διαβίωσης μόνο στα αρχικά (προνυμφικά) στάδια του κύκλου ζωής τους και αποτελούν προνύμφες από βενθικούς οργανισμούς (π.χ. εχινόδερμα, δεκάποδα, πολύχαιτους) ή οργανισμούς του νηκτού (αυγά ψαριών και ιχθυονύμφες).

Το ζωοπλαγκτόν τρέφεται είτε φιλτράροντας ζωντανά και μη σωματίδια από το νερό είτε θηρεύοντας φυτικούς ή ζωικούς μικροοργανισμούς. Στα είδη που φιλτράρουν ανήκουν τα κωπήποδα, τα βυτιοειδή, οι σάλπες και τα ευφασεώδη. Οι οργανισμοί αυτοί συγκρατούν πολύ μικρά τροφικά σωματίδια που ανήκουν είτε στο φυτοπλαγκτόν είτε στο ζωοπλαγκτόν ή είναι υπόλοιπα οργανικής φύσεως. Οι θηρευτές, σε αντίθεση με τους προηγούμενους οργανισμούς, χρησιμοποιούν διάφορους μηχανισμούς για να συλλάβουν τη λεία τους. Παραδείγματα τέτοιων θηρευτών είναι οι μέδουσες, τα σιφωνοφόρα και τα χαιτόγναθα (Κεντούρη et al. 1998).

Οι περισσότεροι από τους φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς είναι μονοκύτταροι και αναπαράγονται αγενώς με διαίρεση του κυττάρου τους. Τέτοιοι οργανισμοί είναι τα διάτομα, τα δινομαστιγωτά και τα κοκκολιθοφόρα. Αντιθέτως, οι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί αναπαράγονται με εγγενείς τρόπους αναπαραγωγής. Για παράδειγμα, τα κλαδοκεραιωτά, τα αμφίποδα και τα ισόποδα επωάζουν τα αυγά τους ενώ τα κωπήποδα και τα ευφασεώδη είναι ωτόκα και εμφανίζουν πολλά προνυμφικά στάδια. Κάποια άλλα όμως, όπως τα κνιδόζωα, μπορούν να αναπαραχθούν και αγενώς.

Η ομοταξία κνιδόζωα (Cnidaria) περιλαμβάνει περίπου 1000 είδη. Η δομή του σώματος τους είναι γενικά απλή και χαρακτηρίζεται από ένα στοματικό άνοιγμα που περιτριγυρίζεται από δακτυλίδια ή πλοκάμια. Ανάλογα με τον κύκλο ζωής του κάθε είδους εμφανίζεται σε 2 μορφές: την μέδουσα και τον πολύποδα. Στη φάση του πολύποδα, ο οργανισμός παραμένει προσκολλημένος σε μια επιφάνεια ενώ στη φάση της μέδουσας κολυμπάει ελεύθερος. Ένα χαρακτηριστικό αυτής της ομοταξίας είναι η ύπαρξη κνιδοκυάρων που τα χρησιμοποιούν για άμυνα και για την πρόσληψη τροφής.

Οι τρεις κυριότερες συνομοταξίες των κνιδόζωων είναι τα υδρόζωα (Hydrozoa), τα σκυφόζωα (scyphozoa) και τα ανθόζωα (Anthozoa). Τα υδρόζωα (Hydrozoa) αποτελούνται συνήθως από πολύποδες μικρού μεγέθους που σχηματίζουν μεγάλες αποικίες με γενετικά παρόμοια άτομα. Αντιθέτως, τα σκυφόζωα (scyphozoa)

εμφανίζονται κυρίως σαν μεγάλες μέδουσες που βρίσκονται συνήθως σε κοπάδια. Το στάδιο της μέδουσας είναι το πιο φανερό στάδιο της ζωής τους. Το οποίο όμως παίζει μικρό ρολό στον κύκλο ζωής τους. Ωστόσο, το στάδιο του πολύποδα είναι το κύριο στάδιο και το σημαντικότερο, καθώς έχει την ικανότητα να απελευθερώνει νέες μέδουσες για πολλά χρόνια.. Τέλος, τα ανθόζωα (Anthozoa) δεν διαθέτουν το στάδιο της μέδουσας και δεν θεωρούνται ζωοπλαγκτόν.



Εικόνα 3: Ανθόζωο *Actinia equina* (φωτογραφία Ρένα Καρακατσάνη)



Εικόνα 4: Σκύφοζωο *Pelagia noctiluca*

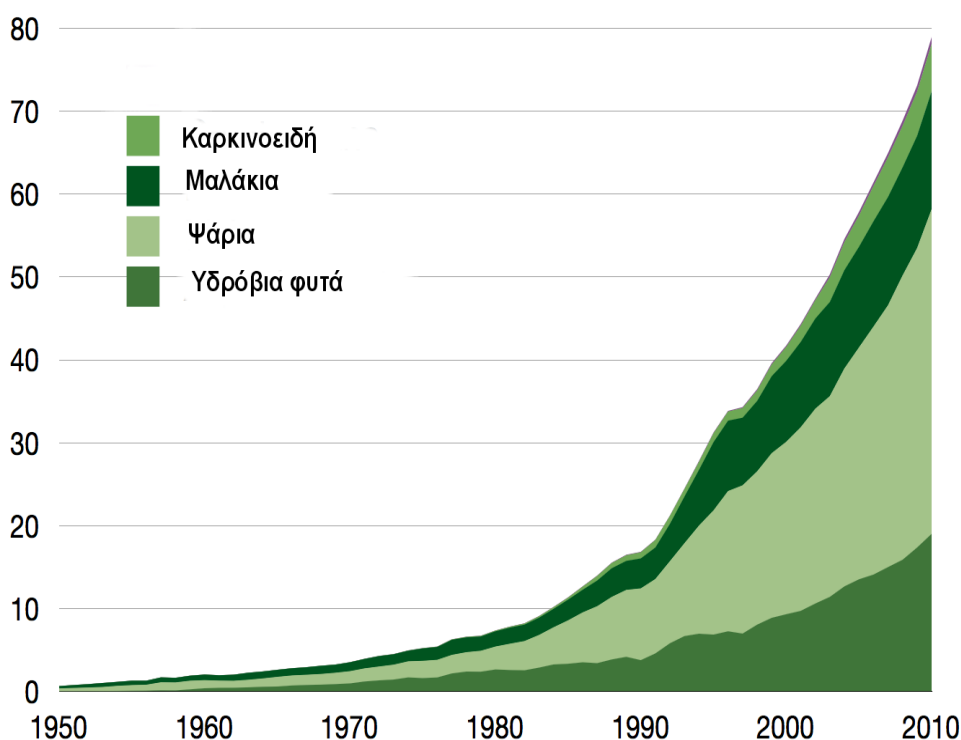


Εικόνα 5: Υδρόζωο *Salpa maxima*

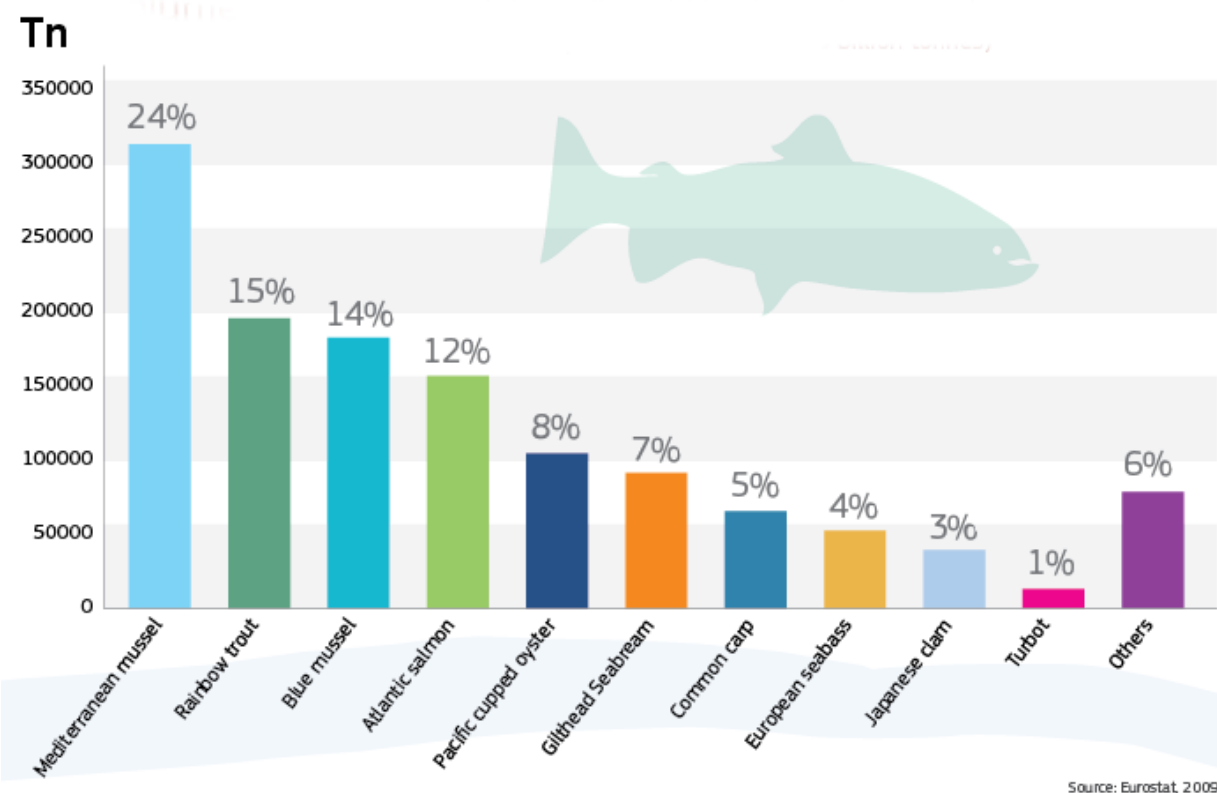
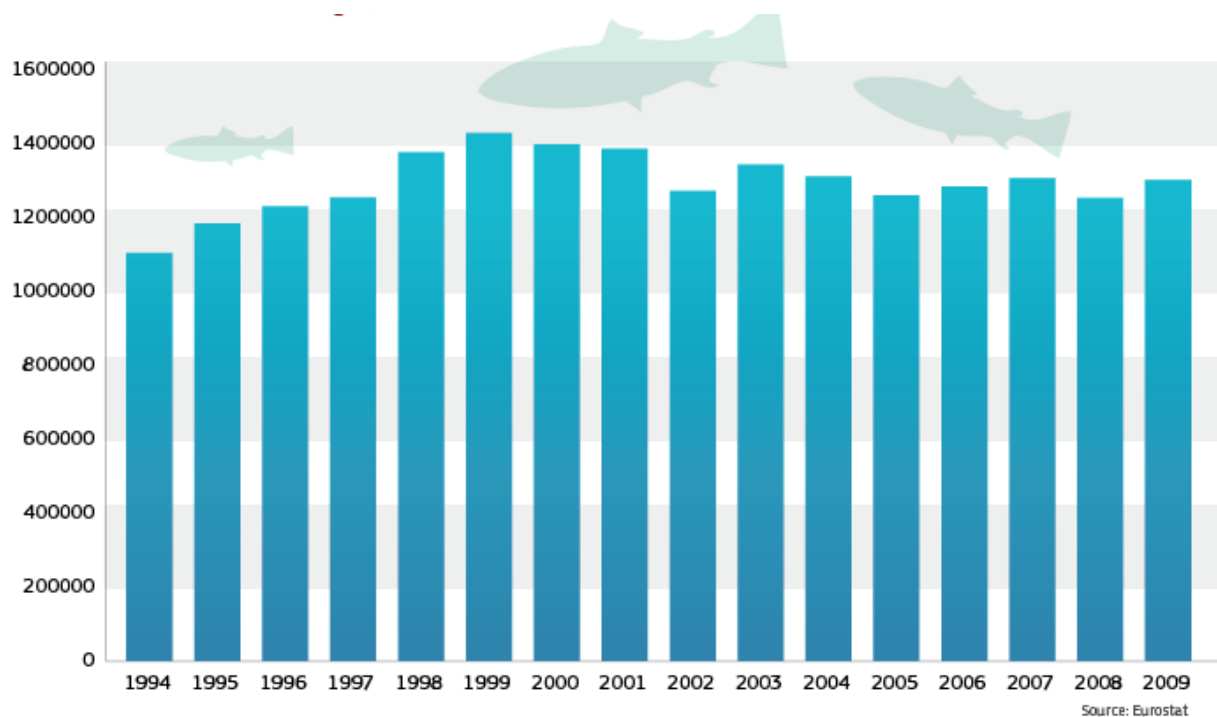
1.2. Γενικά για τις ιχθυοκαλλιέργειες

Σήμερα η κατανάλωση ψαριού αυξάνεται σε παγκόσμιο επίπεδο, με αποτέλεσμα την μείωση των ιχθυοαπόθεματων των θαλασσών. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία (τριάντα) χρόνια, ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών παρουσιάζει εκθετική ανάπτυξη, (Εικόνα 6) καλύπτοντας σημαντικό τμήμα της παγκόσμιας ζήτησης σε αλιευτικά προϊόντα..

Στα Ευρωπαϊκά νερά η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών εμφανίζεται σχετικά σταθερή τα τελευταία 15 έτη και κυμαίνεται μεταξύ 1.1×10^6 και 1.4×10^6 τόνους (Εικόνα 7) με κυριότερα είδη τα δίθυρα (μύδια, στρείδια) την πέστροφα, το σολωμό, την τσιπούρα και το λαβράκι (Εικόνα 7). Αντίστοιχη ανάπτυξη παρατηρήθηκε στον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών και στην Ελλάδα από το 1990 και μετά, με την παραγωγή να εκτινάσσεται από τους 2000 τόνους το 1990 στους 140000 τόνους το 2008 (Εικόνα 8). Το σημαντικότερο ποσοστό (71%) της Ελληνικής παραγωγής καταλαμβάνει η εκτροφή θαλάσσιων ειδών οστεϊχθύων (τσιπούρα και λαβράκι) ενώ σημαντικό ποσοστό (25%) της παραγωγής αποτελούν και τα δίθυρα (μύδια και στρείδια) (Εικόνα 8).



Εικόνα 6: Παγκόσμια παραγωγή (εκατομμύρια τόνοι) εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών για τη χρονική περίοδο 1950-2010. (Πηγή FAOStatistics)



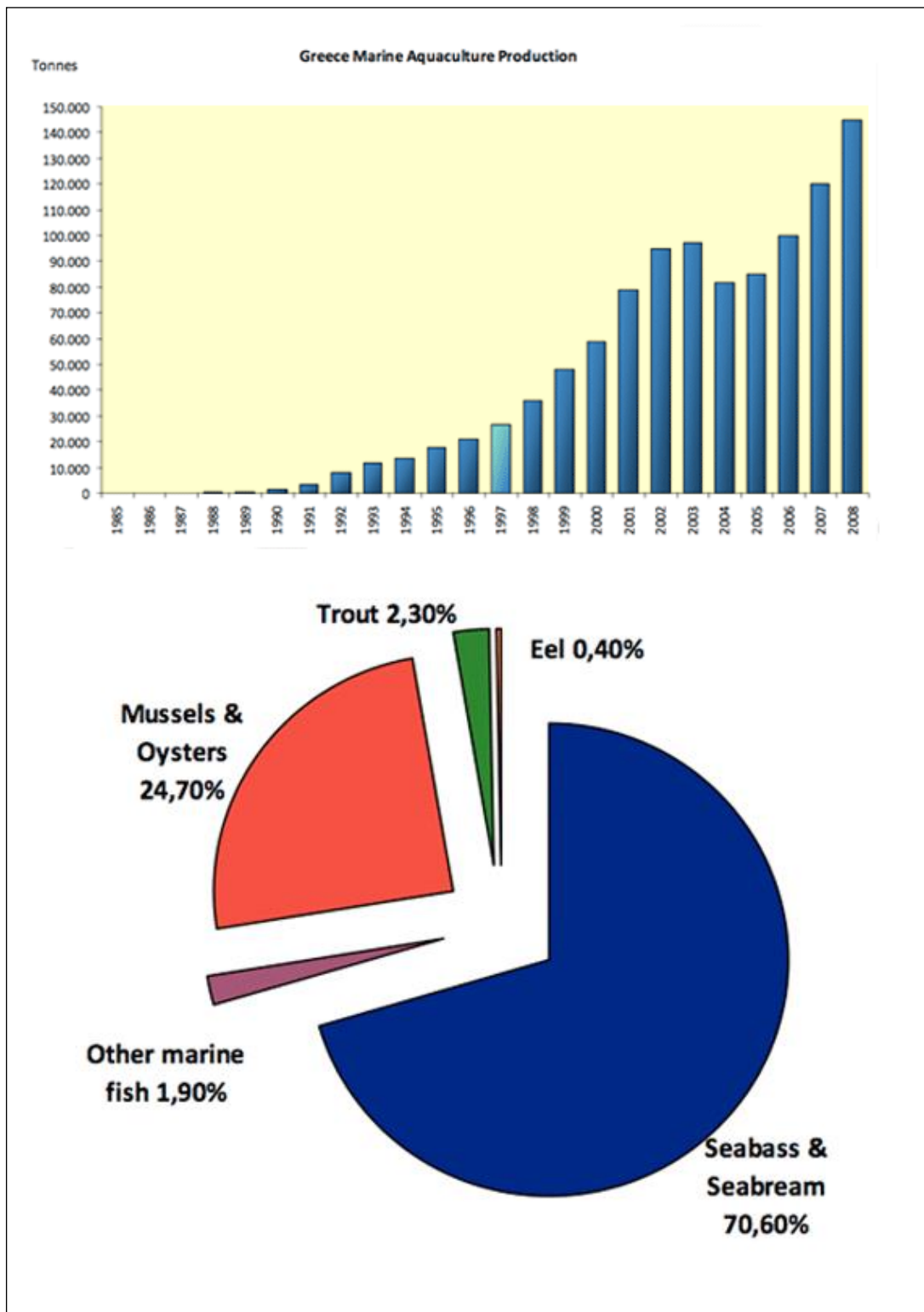
Εικόνα 7: Η Ευρωπαϊκή παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών για τη χρονική περίοδο 1994-2009 (τόνοι) καθώς και τα δέκα κυριότερα εκτρεφόμενα είδη στην Ευρώπη (τόνοι) το έτος 2009. (Πηγή Eurostat)

Η παραγωγική αυτή διαδικασία τόσο στα νερά της ΒΔ Ευρώπης, όσο και της Μεσογείου, λαμβάνει χώρα κυρίως στην παράκτια ζώνη όπως αυτό φαίνεται από τα εκτρεφόμενα είδη. Στην παράκτια ζώνη συγκεντρώνεται πληθώρα ανθρώπινων δραστηριοτήτων (οικιστική ανάπτυξη, βιομηχανία, ναυσιπλοΐα, αλιεία, τουρισμός κλπ) οι οποίες έρχονται σε πολλές περιπτώσεις σε αντίθεση μεταξύ τους και σε υψηλότερο ή χαμηλότερο βαθμό επηρεάζουν τα παράκτια οικοσυστήματα. Σε αυτό το πλαίσιο, η ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών στην παράκτια ζώνη βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τόσο σε σχέση με την κοινή χρήση του χώρου που καταλαμβάνει όσο και με τις άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις που έχει για το θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον συνοψίζονται επιγραμματικά ως εξής (Grigorakis&Rigos, 2011):

- Γενετικές αλληλεπιδράσεις: Διαφυγές ειδών από τις υδατοκαλλιέργειες, εισαγωγή νέων ειδών για εκτροφή, αναπαραγωγή ψαριών στους κλωβούς πάχυνσης.
- Μετάδοση ασθενειών μεταξύ καλλιεργούμενων και άγριων ειδών.
- Προσθήκη οργανικού φορτίου στο περιβάλλον.
- Χημική ρύπανση: Βαρέα μέταλλα, χημικά σύμπλοκα (PCBs, PAHs, DDT), αντιβιοτικά.
- Χρήση φυσικών πόρων για τις ανάγκες των υδατοκαλλιεργειών: Αλιεία άγριων πληθυσμών ψαριών για την παραγωγή τροφών.
- Αλλαγή στην ηθολογία των άγριων ειδών: Συγκέντρωση ψαριών κοντά στις εγκαταστάσεις των υδατοκαλλιεργειών.

Από τις παραπάνω επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον η πιο καλά μελετημένη είναι η προσθήκη οργανικού φορτίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το οργανικό φορτίο είναι είτε στερεό είτε διαλυμένο (Διαλυμένος οργανικός άνθρακας, άζωτο και φώσφορος) και προέρχεται από τα περιττώματα των ψαριών και τα υπολείμματα της τροφής. Ένα σημαντικό τμήμα του οργανικού αυτού φορτίου είναι σε στερεή μορφή και καταλήγει κάτω από τους κλωβούς πάχυνσης. Οι επιπτώσεις της συσσώρευσης του οργανικού αυτού φορτίου στη μακροβενθική πανίδα κάτω από τους κλωβούς της ιχθυοκαλλιέργειας, αν και είναι πλέον αρκετά μελετημένες (Grigorakis & Rigos, 2011 και αναφορές σε αυτούς), έχουν δώσει σε πολλές περιπτώσεις διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με την ένταση και την χωρική κατανομή των



Εικόνα 8: Ελληνική παραγωγή (τόνοι) εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών για τη χρονική περίοδο 1985-2008 καθώς και ποσοστιαία συμμετοχή στην παραγωγή των εκτρεφόμενων ειδών το έτος 2007. (Πηγή FEAP)

επιπτώσεων (Kalantzi & Karakassis, 2005). Η ιχθυοκαλλιεργητική δραστηριότητα στη Μεσόγειο παρουσιάζει έντονη ποικιλομορφία τόσο στα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των περιοχών που συντελείται όσο και ως προς τις πρακτικές που ακολουθούνται στην

εκτροφή. Επιπρόσθετα, οι επιπτώσεις της δραστηριότητας αυτής εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους οι οποίες σχετίζονται κυρίως με την τοπογραφία και το υδροδυναμικό καθεστώς της περιοχής και τον τύπο του υποστρώματος (Karakassis et al., 1999; 2013). Συνεπώς, αναμένονται σημαντικές αποκλίσεις από το βασικό θεωρητικό πρότυπο που περιγράφεται από τους Pearson & Rosenberg (1978) σχετικά με την απόκριση των βενθικών βιοκοινωνιών σε περιπτώσεις περιβαλλοντικής πίεσης, αν και γίνονται σημαντικές προσπάθειες για τον προσδιορισμό και την ανάπτυξη αξιόπιστων δεικτών σχετικά με τις επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στη Μεσόγειο (Kalantzi & Karakassis, 2005).

Ως γενική θεώρηση, σε περιοχές με έντονη επιβάρυνση από οργανικό φορτίο, όπως είναι οι περιοχές κάτω από τους κλωβούς των υδατοκαλλιεργειών, η βενθική μακροπανίδα παρουσιάζει έντονη μείωση στη βιοποικιλότητα (αριθμός ειδών) καθώς και στη συνολική βιομάζα των οργανισμών (Karakassis et al., 1999). Στις περιπτώσεις αυτές, η βιοκοινωνία χαρακτηρίζεται από την παρουσία κάποιων ευκαιριακών ειδών, κυρίως πολυχαίτων. Σε περιπτώσεις παρατεταμένων αντίξοων συνθηκών και έντονης ανοξίας, η περιοχή καταλήγει σε αζωικές συνθήκες όπου δεν παρατηρούνται οργανισμοί στο μακροβένθος. Σε σχέση με την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων, οι Karakassis et al. (1999, 2000) και Sevastou et al. (2006) αναφέρουν ότι η βενθική μακροπανίδα επηρεάζεται έντονα σε πολύ μικρή απόσταση από τους κλωβούς (<100m) ενώ σε μεγαλύτερες αποστάσεις η επίδραση είναι αμελητέα. Ο βαθμός επίδρασης εξαρτάται τόσο από τη σύσταση του ιζήματος όσο και από τα ρεύματα και την τοπογραφία της περιοχής. Σημαντικότερη επίδραση εμφανίζεται σε περιοχές όπου ο πυθμένας χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκα ιζήματα ενώ σε περιοχές με πιο αδρομερή πυθμένα η επίδραση είναι λιγότερη σημαντική, κυρίως λόγω της καλύτερης οξυγόνωσης του ιζήματος.

Η επίδραση των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας στην υδάτινη στήλη δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμη παρά το γεγονός ότι μέσω των απεκκρίσεων των ψαριών προστίθενται στην υδάτινη στήλη σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών άμεσα αφομοιώσιμων από το φυτοπλαγκτό. Τα θρεπτικά αυτά συστατικά, σε oligοτροφικά συστήματα όπως αυτό της Μεσογείου θάλασσας, αφομοιώνονται από πολύ μικρά φυτοπλαγκτικά είδη (πίκο- και νάνο φυτοπλαγκτό) τα οποία καταναλώνονται πολύ γρήγορα από φυτοφάγα πρωτόζωα και ενσωματώνονται στην τροφική αλυσίδα (Pitta et al., 2009). Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι δύσκολο να παρατηρηθούν μεταβολές στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα όπως αυτό του μεσοζωοπλαγκτού αφού συνήθως οι μεγαλύτεροι οργανισμοί όπως τα κωπήποδα τρέφονται με μεγαλύτερα φυτοπλαγκτικά

κύτταρα ή άλλους ζωικούς οργανισμούς (Pitta et al., 2009).

Ακόμη μια επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών είναι η παρουσία λείων και σκληρών επιφανειών των πλωτών εγκαταστάσεων οι οποίες αποτελούν ιδανικό υπόστρωμα για την προσκόλληση οργανισμών, όπως είναι οι πολύποδες των κνιδόζωων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το κατάλληλο ερέθισμα (φως, θερμοκρασία, αλατότητα, διαθεσιμότητα τροφής, σεληνιακή φάση κ.ά) μπορεί να οδηγήσει στο μαζικό πολλαπλασιασμό τους (Mills et al., 2001).

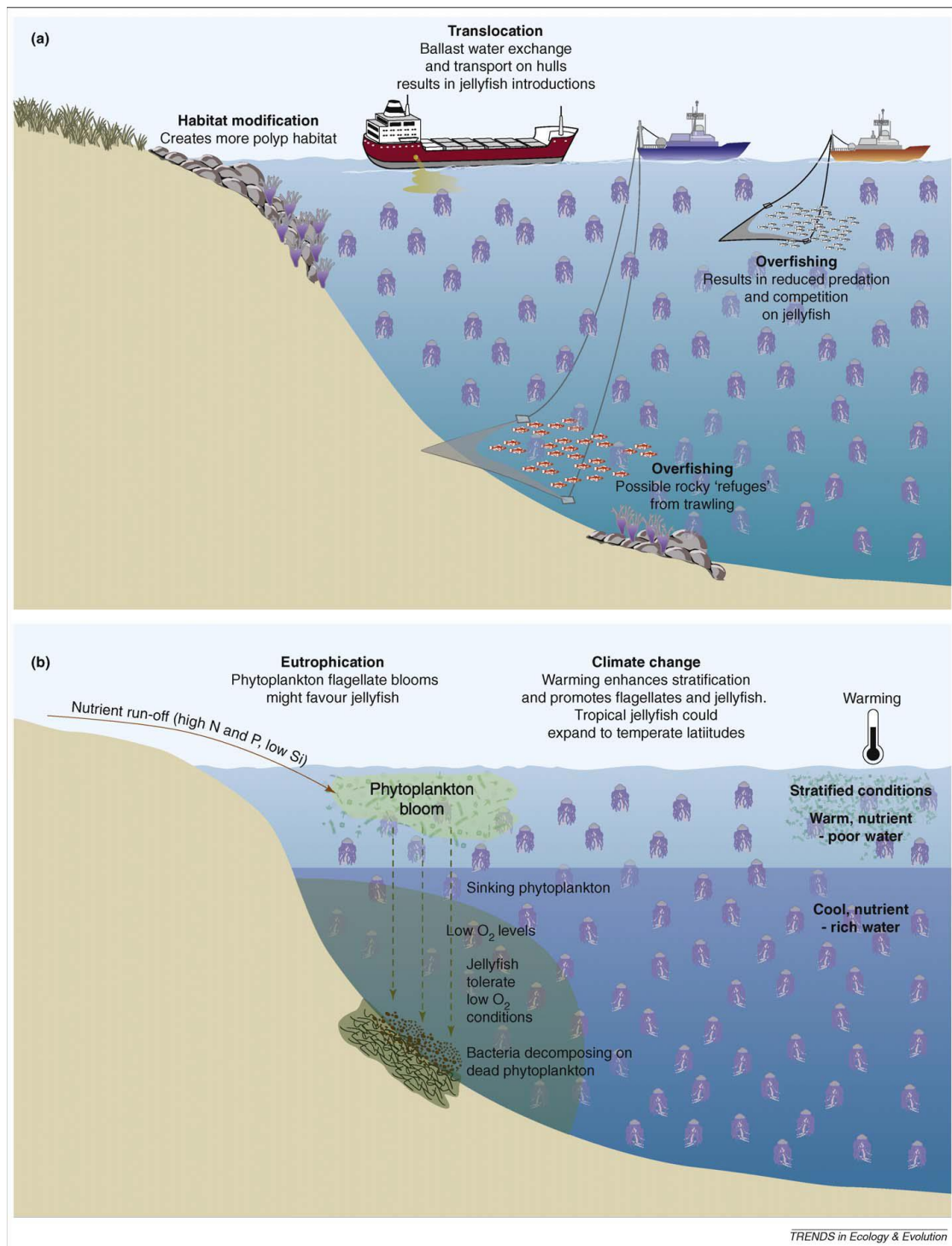
2. Η επίδραση των ζωοπλαγκτικών οργανισμών στις ιχθυοκαλλιέργειες

2.1. Αιτίες υπερπληθυσμού του ζωοπλαγκτού

Ο αριθμός των ζωοπλαγκτικών οργανισμών μπορεί να επηρεαστεί από την εποχή του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι το ζελατινώδες ζωοπλαγκτόν και διάφορα ολοπλαγκτικά είδη, όπως τα κτενοφόρα, αυξάνονται την άνοιξη ή το καλοκαίρι. Αυτό οφείλεται στο ότι το φυτοπλαγκτόν με το οποίο τρέφονται βρίσκεται τότε σε μεγαλύτερη αφθονία. Πέραν όμως από την εποχική αυτή διακύμανση, υπάρχουν και διάφοροι άλλοι παράγοντες που το επηρεάζουν και αυξάνουν τον πληθυσμό του. Για παράδειγμα, υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι οι κλιματικές αλλαγές μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο κυρίως για τους οργανισμούς εκείνους που ευδοκιμούν σε μέσες θερμοκρασίες. Έχει δειχθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τον πολλαπλασιασμό και την κατανομή τους, καθώς αυξάνει την ταχύτητα αναπαραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του νερού μπορεί να αλλάξει τη διαστρωμάτωση και να δημιουργήσει ένα επιφανειακό στρώμα φτωχό σε θρεπτικά. Αυτό αναγκάζει τα μαστιγοφόρα να μετακινηθούν σε βαθύτερα στρώματα, πλουσιότερα σε θρεπτικά και να υπερτερήσουν έναντι των διατόμων. Αυτού του είδους η τροφή μπορεί να προτιμάται καλύτερα από το ζωοπλαγκτόν παρά από τα ψάρια, με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού τους. Επιπλέον η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί την επιβίωση τροπικών ειδών ζωοπλαγκτού σε υποτροπικές περιοχές (Richardson et al., 2009). Η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την διαλυτότητα του CO₂ στο νερό μεταβάλλοντας την ανθρακική ισορροπία. Μια πρόσφατη μελέτη στην Κεντρική Βόρεια θάλασσα έδειξε ότι το ζωοπλαγκτόν αυξάνει με την μείωση του pH. Παρόλα αυτά, μια μετέπειτα μελέτη σε μεγαλύτερη περιοχή έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ

της αφθονίας του ζωοπλαγκτού και του pH (Richardson et al., 2009).

Πέραν όμως από τους προηγούμενους παράγοντες, υπάρχουν και κάποια άλλα γεγονότα που μπορεί να συντελέσουν στην αύξηση του ζωοπλαγκτού. Αυτά σχετίζονται κυρίως με τις ανθρώπινες δραστηριότητες οι οποίες διαταράσσουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Για παράδειγμα, η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και τα αστικά λύματα επηρεάζουν την ισορροπία των τροφικών αλυσίδων, ευνοώντας την υπέρμετρη ανάπτυξη συγκεκριμένων ειδών. Ωστόσο, το συγκεκριμένο θέμα δεν είναι τόσο απλό και τις περισσότερες φορές δεν υπάρχουν αρκετές επιστημονικές μελέτες να το υποστηρίξουν. Επιπλέον, η υπεραλίευση ειδών που αποτελούν ανταγωνιστές και καταναλωτές του ζελατινώδους ζωοπλαγκτού οδηγεί στην μείωση αυτών των ειδών με άμεσο επακόλουθο και την αύξηση του ζωοπλαγκτού (Richardson et al., 2009). Οι τράτες πολλές φορές απογυμνώνουν τον βυθό της θάλασσας και δημιουργούν λείες επιφάνειες πάνω στις οποίες είναι εύκολο να προσκολληθούν πολύποδες (Gershwin et al., 2009). Παράλληλα, μπορούν να βλάψουν οργανισμούς που φιλτράρουν το νερό όπως είναι τα μύδια και τα σφουγγάρια. Οι οργανισμοί αυτοί τρέφονται με λάρβες μεδουσών και συντελούν στον έλεγχο του πληθυσμού τους. Άρα, οι τράτες με αυτό τον τρόπο ευνοούν έμμεσα την ανάπτυξη των μεδουσών. Επίσης, κατά τον ερματισμό των πλοίων υπάρχει η πιθανότητα να εγκλωβιστούν είδη ζωοπλαγκτού και να μεταφερθούν έπειτα σε άλλα περιβάλλοντα (Gershwin et al., 2009). Εκεί, λόγω της απουσίας ανταγωνιστών, μπορούν να αυξηθούν υπέρμετρα. Τέλος, διάφορες κατασκευές που προωθεί ο άνθρωπος μέσα στη θάλασσα αποτελούν κατάλληλο υπόστρωμα για την εναπόθεση και αύξηση των πολυπόδων της μέδουσας. Μάλιστα, υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει ότι η δημιουργία τέτοιων κατασκευών οδήγησε στην κατακόρυφη αύξηση του πληθυσμού τους (Graham et al., 2001).



Εικόνα 9: Μοντέλα που περιγράφουν τους πιθανούς μηχανισμούς υπερπληθυσμού του ζωοπλαγκτού. Α. Λόγω αλλαγών του βιότοπου, ανταλλαγής νερού κατά τον εμβολισμό των φορτηγών πλοίων και υπεραλίευση και Β. Λόγω ευτροφισμού και κλιματικών αλλαγών. (Η εικόνα είναι από Richardson et al., 2009))

2.2. Τρόποι επίδρασης των ζωοπλαγκτικών οργανισμών στα ψάρια.

Πολλά είδη ζελατινώδους ζωοπλαγκτού φέρνουν κνιδοκύτταρα που περιέχουν νηματοκύστες, που χρησιμεύουν ως αμυντικός ή επιθετικός μηχανισμός. Τα οργανίδια αυτά είναι μικρές κάψες που εκτινάσσονται έπειτα από κάποιο απτικό ερέθισμα. Κάποιες από αυτές εισχωρούν στη λεία τους και κάποιες άλλες δεν εισχωρούν αλλά περιελίσσονται ταχύτατα και συγκρατούν όποιο τμήμα πιαστεί στην περιέλιξη. Στην περίπτωση που εισχωρήσουν, απελευθερώνουν ένα μίγμα από τοξίνες που παραλύουν και καταστρέφουν τα κύτταρα που προσβάλλουν. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την καταστροφή του δέρματος των ψαριών και των υποκείμενων ιστών και αυξάνει την πιθανότητα μόλυνσεων από παθογόνους μικροοργανισμούς. Ο βαθμός επίδρασης εξαρτάται από το είδος, τον αριθμό των κνιδοκυττάρων και τη σύσταση των τοξινών που περιέχουν οι νηματοκύστες (Hickman et al., 2001).

Κάποιοι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί με μικρό μέγεθος έχουν την ικανότητα να κυκλοφορούν ελεύθερα ανάμεσα στα δίκτυα και να εισέρχονται στους κλωβούς. Κατά την κολύμβηση των ψαριών, οι οργανισμοί αυτοί μπορούν να εισέλθουν στο στόμα τους και να φράξουν τα βράγχια τους εμποδίζοντας την ανταλλαγή αερίων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεπανόρθωτες βλάβες στα βράγχια ή ακόμα και στο θάνατο τους από ασφυξία. Παράλληλα, οι οργανισμοί αυτοί μπορούν να μεταδώσουν βακτηριακές ασθένειες στα καλλιεργούμενα ψάρια (Rodger et al., 2010). Μια τέτοια περίπτωση είναι το είδος *Phiadella quadrata* (13mm σε διάμετρο) και το είδος *Muggiaea atlantica*, τα οποία έχει δειχθεί ότι μεταδίδουν το βακτήριο *Tenacibaculum maritimum* στο σωλόμο Ατλαντικού (Ferguson et al., 2010; Fringuelli et al., 2012). Το *T. maritimum* ευθύνεται για μια ασθένεια (tenacibaculosis) που χαρακτηρίζεται από ποικίλες δερματικές αλλοιώσεις (ουλές, νέκρωση, στοματική διάβρωση, καταστροφή της μεμβράνης των πτερυγίων και σήψη στην ούρα) και ορισμένες φορές βλάβες στα μάτια και στα βράγχια (Avendaño-Herrera et al., 2006). Όσο μεγαλύτερος είναι ο πληθυσμός των ζωοπλαγκτικών οργανισμών μέσα στους κλωβούς τόσο μεγαλύτερη μπορεί να είναι και η ζημιά που θα προκαλέσουν στις ιχθυοκαλλιέργειες.

Επιπλέον, υπάρχουν και κάποια μεγαλύτερα είδη ζωοπλαγκτικών οργανισμών που παρόλο που δεν μπορούν να διαπεράσουν τα δίκτυα, πολλές φορές προσκολλώνται σ' αυτά και κλείνουν τα ανοίγματα των κλωβών. Έτσι, εμποδίζουν την εισροή νερού πλούσιου σε οξυγόνο και οδηγούν σε υποξικές συνθήκες. Τα είδη αυτά, κατά αντιστοιχία με τα μικρότερα που αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούν να

αποτελέσουν φορείς βακτηριακών μολύνσεων. Μια καταγεγραμμένη περίπτωση τέτοιου οργανισμού είναι το ολοπλαγκτικό είδος *Pelagia noctiluca*. Το είδος αυτό προκαλεί μαζικές καταστροφές σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας μέσω δυο μηχανισμών. Ο ένας σχετίζεται με την ύπαρξη νηματοκύστεων, που εκτοξεύονται και διαπερνούν τα δίκτυα, προσβάλλοντας τα βράγχια των ψαριών και εμποδίζοντας την αναπνοή τους. Ο δεύτερος στηρίζεται στην μετάδοση βακτηριακών μολύνσεων που προκαλούνται από το παθογόνο βακτήριο *Tenacibaculum maritimum* που φέρει στο στόμα του (Rodger et al., 2010).

2.3. Συνέπειες στα ψάρια.

Κλινική εικόνα ψαριών

Η αύξηση του ζωοπλαγκτού έχει άμεση επίδραση στην συμπεριφορά των ψαριών μιας μονάδας. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ληθαργικότητα, αυξημένη συγκέντρωση των ατόμων στην επιφάνεια και μειωμένη όρεξη για τροφή. Επιπλέον, λόγω του αυξημένου αναπνευστικού στρες πολλές φορές τα κεφάλια τους τρέμουν και έχουν την τάση να πηδούν έξω από το νερό (Hamish et al., 2010). Αρκετά από τα ψάρια που έχουν πληγεί τελικά δεν καταφέρνουν να επιβιώσουν και έτσι αυξάνεται το ποσοστό της θνησιμότητας στη μονάδα.

Η εξέταση της επιδερμίδας των ψαριών αποκαλύπτει την παρουσία δερματικών αλλοιώσεων (κακώσεις, πρηξίματα και ουλές ποικίλου μεγέθους, από 1cm και πάνω), απώλεια λεπιών και σε κάποιες περιπτώσεις τοπική αιμορραγία. Στην περίπτωση που τα είδη του ζωοπλαγκτού έχουν μικρό μέγεθος τότε οι δερματικές αλλοιώσεις είναι πολύ ασθενέστερες ή και ανύπαρκτες (Rodger et al., 2014). Αν τα είδη του ζωοπλαγκτού διαθέτουν νηματοκύστες τότε μπορεί να προκληθούν επιπλέον οφθαλμολογικές βλάβες στα ψάρια ή ακόμα και τύφλωση (Rodger et al., 2010). Εξετάζοντας τα βράγχια των ψαριών που πλήττονται από το ζωοπλαγκτόν (ανεξάρτητα από το μέγεθος του) παρατηρούνται βλάβες κυρίως στις βραγχιακές άκανθες και όχι τόσο στο βραγχιακό τόξο. Οι βλάβες περιλαμβάνουν εστιακή ή ακόμα και πολυεστιακή νέκρωση με συμπτώματα αιμορραγίας, λόγω αιμόλυσης στα τριχοειδή αγγεία, που πολλές φορές οδηγούν σε απώλεια ιστού. Τα τμήματα του ιστού που έχουν πληγεί εμφανίζουν κίτρινο-καφέ χρώμα που είναι ένδειξη βακτηριακής μόλυνσης. Τις περισσότερες φορές οι βλάβες αυτές καταλήγουν σε αναπνευστική ανεπάρκεια και απώλεια ελέγχου της ωσμωρύθμισης. Επιπλέον, τα

ψάρια παρουσιάζουν μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης και απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες τροφής για να αυξήσουν το βάρος τους, ενώ διαθέτουν και αυξημένη ευαισθησία στα παράσιτα. Κάποια όργανα όπως το πάγκρεας, τα νεφρά και το τυφλό έντερο φαίνεται να μην επηρεάζονται (Bruno et al., 1985). Παρόλο όμως που τα περισσότερα από αυτά καταφέρνουν τελικά να επιβιώσουν, εμφανίζουν χρόνιες βλάβες που περιλαμβάνουν υπερπλασία του επιθηλίου και σύντηξη κυττάρων, και πολλές φορές παρουσιάζουν ασυνήθιστα μεγάλα κύτταρα μέσα στην προσβεβλημένη περιοχή. Οι βλάβες αυτές οφείλονται στην φλεγμονώδη αντίδραση που συνεχίζεται και μετά το περιστατικό (Rodger et al., 2014).



Εικόνα10: Υπερπλασία στα βραγχιακά ελάσματα 6-8 εβδομάδες μετά το περιστατικό. (Πηγή Rodger et al., 2012)



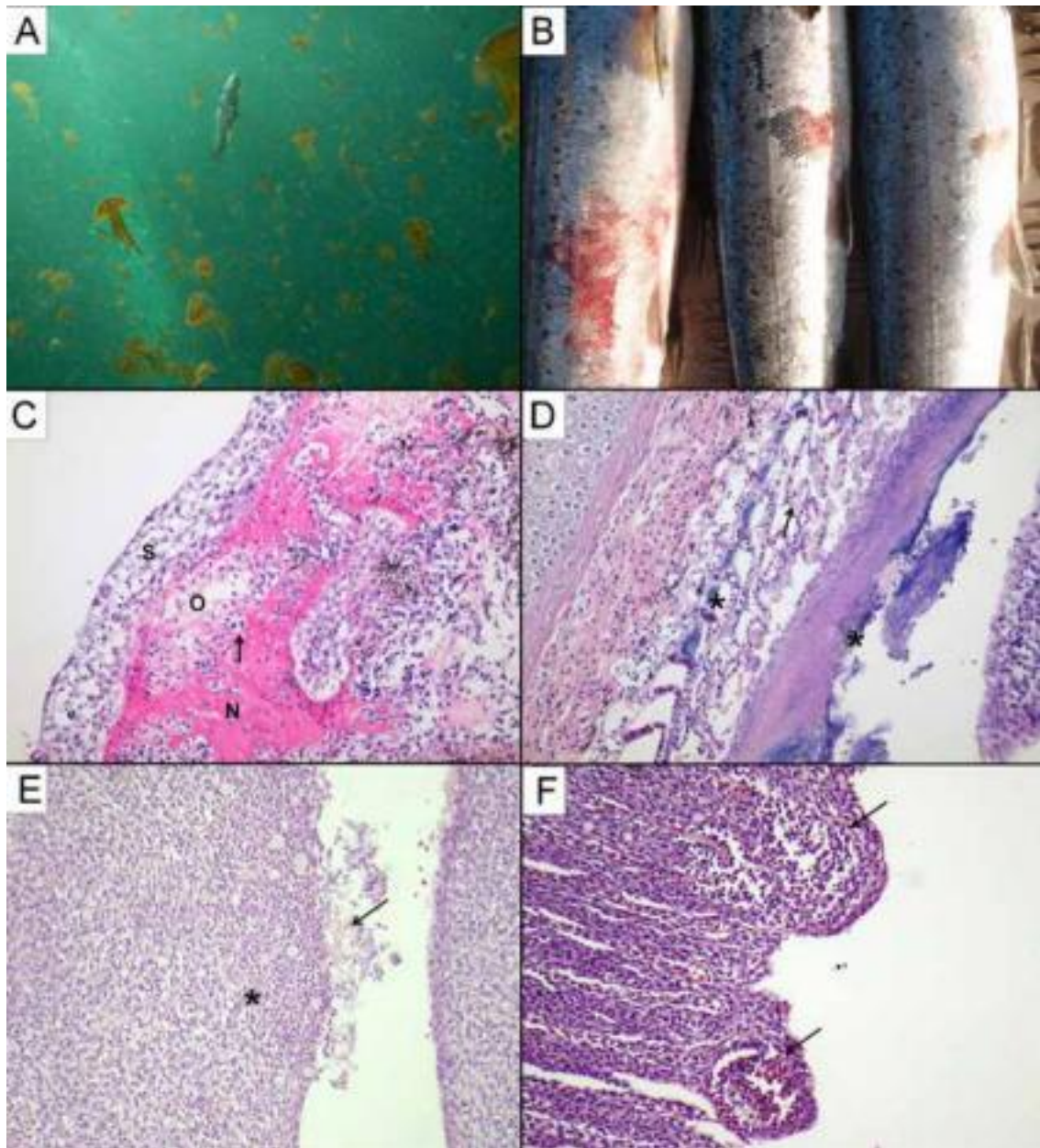
Εικόνα 11: Βραγχιακές ακτίνες ιριδίζουσας πέστροφας που παρουσιάζουν αιμορραγικές νεκρωτικές βλάβες εξαιτίας ζελατινώδους ζωοπλαγκτού (Πηγή: Rodger et al., 2010)



Εικόνα12:Καταστροφή της μύτης, του ματιού και της επιδερμίδας του καλλιεργουμένου Σολομού Ατλαντικού από την *Pelagia noctiluca* (Πηγή: Rodger et al., 2010).



Εικόνα 13: Βράγχια του καλλιεργουμένου σολωμού Ατλαντικού όπου παρατηρείται μια νεκρωτική περιοχή λόγω του ζωοπλαγκτού (Πηγή: Rodger et al., 2010).



Εικόνα 14: **A.** Η *Pelagia noctiluca* όπως φαίνεται μέσα στα κλούβιά των σολομών, **B.** Βλάβες που προκαλούνται πλευρικά στα ψάρια έπειτα από επαφή με *Pelagia nolutica*, **C.** Κακώσεις του δέρματος, **D.** Βλάβες στα βράγχια των ψαριών **E.** Σημείο επαφής του βράγχιακου επιθήλιου με το σκυφόζωο *P. noctiluca*. **F.** Εξογκώματα που παρατηρούνται στο προσβεβλημένο επιθηλιακό ιστό (Πηγή: Rodger et al., 2010).

2.4. Επιπτώσεις στην επιχείρηση.

Τα μεγάλα είδη ζωοπλάγκτου προσκολλώνται πάνω στα δίκτυα των κλωβών, προσθέτοντας επιπλέον βάρος και δυσχεραίνοντας τους χειρισμούς τους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή των δικτύων και να προκαλέσει ζημιές στους κλωβούς. Άμεσο αποτέλεσμα είναι η αύξηση του κόστους καθώς απαιτούνται εργασίες για την αποκατάσταση των ζημιών και τον καθαρισμό τους από τα νεκρά ψάρια.

Παράλληλα, τα ψάρια που έχουν πληγεί σοβαρά από το ζωοπλαγκτόν θανατώνονται άμεσα και απομακρύνονται από τους κλωβούς. Αυτό όμως επηρεάζει και τον ρυθμό ανάπτυξης των υπόλοιπων ψαριών με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος για να φτάσουν σε εμπορεύσιμο μέγεθος. Έτσι, πλήττεται η παραγωγή της μονάδας και επιβαρύνεται οικονομικά.

Οι ασφαλιστικές εταιρείες μπορούν να μεταφράσουν τα περιστατικά αυτά σε αυξημένη πιθανότητα μελλοντικής ζημιάς (από αντίστοιχη αιτία) και να αυξήσουν το κόστος των ασφαλίσεων. Για το λόγο αυτό πολλές φορές, οι επιχειρήσεις αποφεύγουν να αναφέρουν απώλειες αυτού του τύπου και έτσι πολλά μικρά περιστατικά δεν καταγράφονται (Rodger et al., 2010).

Πίνακας 1. Ζημιογόνα περιστατικά από ζωοπλαγκτικούς ζελατινώδεις οργανισμούς σε εκτρεφόμενους οργανισμούς.

| Είδος | Εκτρεφόμενος οργανισμός | Καταστροφή | Χώρα/περιοχή | Έτος | Πηγή |
|---------------------------------|---------------------------|---|---|------|--|
| Aurelia aurita (σκυφόζωο) | Σολωμός ατλαντικού | | Νορβηγία | 1998 | Bamstedt et al. 1998 |
| | Σολωμός ιχθυοκαλλιέργειας | | Σέρτλαντ | 1996 | Bruno and Poppe 1996 |
| | Πέστροφα | | Σέρτλαντ | 1998 | |
| | Σολωμός ιχθυοκαλλιέργειας | | Ιρλανδία | | Mitchell (Προσωπική παρατήρηση) |
| | | Μαζική θνησιμότητα ψαριών | Ιαπωνία λίμνη Hachirogata Περιοχή: Ακίτα | 1950 | Yasuda et al.1988 |
| | Σολωμός ιχθυοκαλλιέργειας | Θνησιμότητα ψαριών | Βορειοδυτική Ιρλανδία | 2010 | Mitchell et al. 2011 |
| Pelagia noctiluca (σκύφοζωο) | Σολωμός ατλαντικού | Περίπου 250.000 νεκρά ψάρια | Βόρεια Ιρλανδία | 2007 | Doyle et al. 2008 |
| | | | Ιρλανδία | | Marcos-Lopez |
| | | | Σκωτία | | |
| | Σολωμός και πέστροφα | | Γαλλία, Βρετάνη | 1995 | Merceron et al. 2005 |
| | | Θνησιμότητα σε καλλιεργούμενα ψάρια | Ιαπωνία περιοχή Ehime | 2004 | S. Uye (προσωπική παρατήρηση από ντόπιο ψαρά) |
| | | 20.000Σολωμοί | Ιρλανδία | 2013 | Randall et al. 2014 |
| Muggiaea atlantica | Σολωμός ατλαντικού | Πανωαπο 100.000 σολωμοί | Δυτική ακτή της Νορβηγίας | | Fossa et al. 2003 και Hellberg et al.2003 |
| | | Θάνατοι σε ιχθυοκαλλιέργεια | Σκωτία | | Sourd (Προσωπική παρατήρηση) |
| Phialella quadrata (υδρόζωο) | Σολωμός ατλαντικού | Θάνατος 1.500 ψαριών | Σέρτλαντ | 2003 | Bamsted Bruno and Ellis 1985 |
| | | Θάνατος 1500 ιχθιδίων | Σέρτλαντ | 1985 | Bruno and Ellis Seaton |
| Cyanea capillata (σκυφόζωο) | Σολωμός ατλαντικού | (90.000 και θνησιμότηταψαριων το 2004 στην Ιρλαδία) | Νορβήγια, Ιρλανδία | | Rodger (προσωπική παρατήρηση) Sourd (προσωπική |

| | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|---|-------------------|------------------|---|
| | | | | | παρατήρηση) |
| <i>Solmaris corona</i> | Σολωμός ατλαντικού | | Σκωτία | 1998 | |
| <i>Apolectia uvaria</i> (υδρόζωο) | Σολωμός ατλαντικού | Σολωμός ιχθυοκαλλιέργειας | Σουηδία, Νορβηγία | 1997 | Bamstedt et al. 1998 Hay and Murray et al. 2008 |
| | | | | 2003 | Heckmann (2004) |
| <i>Bolinopsis infundibulum</i> | Σολωμός ατλαντικού | Σολωμός ιχθυοκαλλιέργειας | Νορβηγία | 1998 | Bamstedt et al. 1998 και Rodger (Προσωπική παρατήρηση) |
| <i>Vellella vellella</i> υδρόζωο | Σολωμός Ατλαντικού | Σολωμός ιχθυοκαλλιέργειας | Ιρλανδία | | Rodger (προσωπική παρατήρηση) Bamstedt et al. 1998 |
| <i>Porpitaporpita</i> | | Θνησιμότητα σε ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας | Ιαπωνία, Κιότο | 2000 | Yasuta et al. 2003 |
| <i>Rhizostomescyphozoon</i> | Γαρίδα | | Ινδία, Γκόα | 2006 | Sreepada (Προσωπική παρατήρηση) |
| <i>Moerisia lyonsi</i> | | | Βόρεια Αμερική | Δεκαετία 1970 | Sandlifer et al. 1974 |
| | | | Μάριλαντ ΗΠΑ | 1994-97 | Purcell et al. 1999 |
| Άγνωστο | <i>Penaeus, monodon</i> | | Ινδία | Πριν το 1996 | Rajagopala et al. 1995 |
| <i>Leuckartia raocetona</i> , | | Οικονομική ζημιά £ 5 εκατομμύρια | Σκωτία | | Johnson et al. 2002) |

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ακόμα και άλλα περιστατικά που δεν έχουν μεγάλη έκταση και πιθανώς γι' αυτό δεν καταγράφονται ή και άλλα που προκαλούνται από τη συνδυασμένη δράση ζωοπλαγκτού και φυτοπλαγκτού χωρίς ωστόσο να γνωρίζουμε ποιο από τα δυο ασκεί την μεγαλύτερη επίδραση.

Στην Ελλάδα οι ιχθυοκαλλιέργειες είναι ένας τομέας που αναπτύσσεται ταχύτατα. Μέχρι σήμερα έχει γίνει γνωστό ότι λειτουργούν >200 μονάδες με μεσογειακά κυρίως είδη, όπως λαβράκι και τσιπούρα. Μερικά από τα ζημιογόνα είδη ζωοπλαγκτού που αναφέρθηκαν στον πίνακα, για παράδειγμα η *Pelagia noctiluca*, ευδοκούν και στις ελληνικές θάλασσες και υπάρχουν καταγεγραμμένα περιστατικά υπερπληθυσμού τους. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει δημοσιευμένο κανένα περιστατικό

που να περιγράφει προβλήματα σε μονάδες λόγω αυτών ή άλλων ειδών ζωοπλαγκτού.

2.5. Πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης και πρόληψης

Αντιμετώπιση

Στην περίπτωση που η ιχθυοκαλλιέργεια αντιμετωπίζει προβλήματα από τον υπερπληθυσμό του ζωοπλαγκτού, τότε είναι απαραίτητο να ληφθούν άμεσα μέτρα. Ένα από αυτά είναι η άμεση σφαγή των ψαριών που έχουν υποστεί μη αντιστρεπτές βλάβες με σκοπό την εξυγίανση (?) των δεξαμενών. Ένα άλλο είναι η διάθεση υγιών ψαριών στην αγορά,, ακόμα κι αν αυτά δεν έχουν ακόμα φτάσει το κατάλληλο εμπορικό μέγεθος. Στην περίπτωση αυτή, η τιμή πώλησης είναι χαμηλή και η επιχείρηση επιβαρύνεται οικονομικά. Παράλληλα, είναι απαραίτητο να σταματήσει η τροφή που χορηγείται στα ψάρια. Αυτό αναγκάζει τα ψάρια να κινηθούν σε βαθύτερα στρώματα προς αναζήτηση τροφής και έτσι τα προστατεύει από το ζωοπλαγκτόν, καθώς είναι λιγότερο εκτεθειμένα στα τσιμπήματα των σκυφόζων. Επιπλέον, η χρήση αντιβιοτικών μπορεί να προλάβει την εμφάνιση βακτηριακών μολύνσεων (Rodger et al.,2012). Ένα από τα αντιβιοτικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αντίστοιχες περιπτώσεις είναι η οξυτετρακυκλίνη (στοματικά για 8-10 μέρες, 100mg/κιλό βάρος σώματος).

Παράλληλα, θα πρέπει να σχεδιαστούν και στρατηγικές που περιορίζουν το πρόβλημα μακροπρόθεσμα. Μια από αυτές θα μπορούσε να είναι η παράλληλη καλλιέργεια αντισταθμιστικών ειδών, όπως είναι τα μύδια και τα στρείδια. Τα είδη αυτά μπορούν να μειώσουν τις αρνητικές συνέπειες του ευτροφισμού λόγω του ότι απορροφούν θρεπτικά συστατικά προερχόμενα είτε από την ξηρά (π.χ. λόγω χρήσης λιπασμάτων στις τριγύρω περιοχές) είτε από τη θάλασσα (π.χ. λόγω υπερβολικής αλιείας ανταγωνιστικών ειδών). Για παράδειγμα, το στρείδι *Crassostrea gigas*, έχει βρεθεί ότι αναπτύσσεται τρεις φορές γρηγορότερα όταν βρίσκεται σε περιοχές δίπλα από μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας σολωμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή του υπερπληθυσμού του ζωοπλαγκτού και άρα την προστασία της μονάδας. Επιπλέον, η αλιεία και η πώληση του είδους αυτού επιφέρει οικονομικό κέρδος στη μονάδα (Diazetal. 2012).

Μια άλλη πιθανή λύση θα ήταν η μεταφορά των κλωβών μακριά από την ακτή ώστε να μην επηρεάζονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες της στεριάς. Στην περίπτωση αυτή, εξαιτίας των αυξημένων ρευμάτων της θάλασσας, είναι ευκολότερη και η απομάκρυνση των θρεπτικών που προστίθενται στην υδάτινη στήλη από τη

ρήψη τροφής στη μονάδα. Αυτό συνεπάγεται και αποτελεσματικότερη ανανέωση του νερού στους κλωβούς που ισοδυναμεί με αυξημένες ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Το μεγαλύτερο μέρος των θρεπτικών γύρω από τις ιχθυοκαλλιέργειες προέρχεται από την τροφή που δίνεται στα ψάρια. Για να αποφευχθεί μια πιθανή έξαρση του ζωοπλαγκτού, θα μπορούσε να μειωθεί η χρήση συστατικών που δεν απορροφούνται καλά (όπως για παράδειγμα σιτηρά ή υποπροϊόντα αυτών) και να αυξηθεί παράλληλα η χρήση συστατικών που δεσμεύονται και απορροφώνται ικανοποιητικά. Έχει βρεθεί ότι την μεγαλύτερη επίδραση στον ευτροφισμό έχει ο φώσφορος (P) και το άζωτο (N) που περιλαμβάνεται στα απόβλητα των ψαριών (Bureau et al., 2001). Επομένως, κρίνεται απαραίτητη η αντικατάσταση μέρους της πρωτεΐνης που περιλαμβάνεται στην τροφή (και ευθύνεται για το άζωτο) και η αντικατάσταση της με αλλά συστατικά που παρέχουν ισοδύναμη ενέργεια (Bureau et al., 2001). Επιπλέον, η προσεκτική επιλογή των συστατικών που περιλαμβάνει η τροφή και είναι πλούσιες σε φώσφορο θα μπορούσε να μειώσει τα επίπεδα αποβολής τους. Τέλος, η υιοθέτηση νέων τρόπων χορήγησης της τροφής που οδηγούν σε μείωση των αποβλήτων, θα μπορούσε να συνεισφέρει στον έλεγχο του προβλήματος της αύξησης του ζωοπλαγκτού.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, έχει εφαρμοστεί η χρήση προληπτικών δικτύων ή κουρτίνας φυσαλίδων που περιορίζουν το ζωοπλαγκτόν. Για παράδειγμα, σε μια μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας στην Ιρλανδία (Co Donegal, Ireland) που έγινε χρήση τέτοιων κουρτινών, παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού κατά 20%. Παρόλα αυτά, η μείωση αυτή δεν θεωρήθηκε ικανή να λύσει το πρόβλημα και σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά σε πολλές περιπτώσεις (Ratcliff 2004).

Πρόληψη

Ως γνωστόν, ο καλύτερος τρόπος αποφυγής των προβλημάτων είναι πάντοτε η πρόληψη τους. Υπό αυτή την έννοια, είναι πολύ σημαντικό πριν επιλεγεί ο χώρος για την δημιουργία μιας μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας να ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο δημιουργίας υπερπληθυσμού του ζωοπλαγκτού και οι αρνητικές συνέπειες που μπορεί να έχει στις ιχθυοκαλλιέργειες. Μια καλή στρατηγική θα είναι να αποφευχθούν περιοχές στις οποίες έχουν γίνει γνωστά φαινόμενα ευτροφισμού, όπως για παράδειγμα κλειστοί κόλποι, περιοχές κοντά σε πόλεις ή εκβολές ποταμών. Επιπλέον,

οι περιοχές που βρίσκονται κοντά σε βιολογικό καθαρισμό διατρέχουν τον κίνδυνο ευτροφισμού του ζωοπλαγκτού λόγω των θρεπτικών που διαφεύγουν με τα απόβλητα.

Θα ήταν πολύ χρήσιμο, στις περιοχές που διαθέτουν είδη-ανταγωνιστές του ζωοπλαγκτού να γίνει μια προσπάθεια μείωσης της αλιευτικής δραστηριότητας. Η αύξηση των ανταγωνιστών-καταναλωτών τους μπορεί να ελέγξει με φυσικό τρόπο τον πληθυσμό τους.

Παράλληλα με την επιλογή του χώρου δημιουργίας της ιχθυοκαλλιέργειας, είναι απαραίτητο να γίνει και ο σωστός σχεδιασμός της μονάδας με συστήματα που εξασφαλίζουν καλή οξυγόνωση και κυκλοφορία του νερού μέσα και γύρω από τους κλωβούς. Επίσης, η αυστηρή εφαρμογή των μεθόδων καθαρισμού του νερού και των δικτύων μπορεί να αποτρέψει την προσκόλληση ειδών που προκαλούν βλάβες στα ψάρια.

Πέραν όμως από τα προηγούμενα μέτρα που μπορούν να βοηθήσουν, είναι πολύ σημαντική και η επικοινωνία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων: ιδιοκτητών μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας, επαγγελματιών αλιέων και ερευνητών. Η ενημέρωση για τις περιοχές που πλήττονται και η συνεργασία μεταξύ των αλιέων και των ιδιοκτητών για την μείωση του ευτροφισμού είναι απαραίτητη. Επιπλέον, η γνωστοποίηση των αποτελεσμάτων των μελετών που διεξάγουν οι ερευνητές θα βοηθήσει καθοριστικά τόσο στην καλή επιλογή των νέων μονάδων όσο και στην επιλογή των κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Τέλος, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή περαιτέρω μελετών όσον αφορά το ζωοπλαγκτόν και τους παθογόνους μικροοργανισμούς που μπορεί να μεταφέρουν τα διάφορα είδη του. Η καλύτερη κατανόηση της φυσιολογίας τους και των τρόπων με τους οποίους επηρεάζουν και βλάπτουν τα ψάρια μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων αποτελεσματικότερων μεθόδων για την καταπολέμησή τους. Παράλληλα, μπορεί να οδηγήσει στην κατάλληλη τροποποίηση της διαίτας των ψαριών, με τρόπο ώστε να μην ευνοεί την αύξηση του ζωοπλαγκτού.

3. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη του κλάδου των ιχθυοκαλλιεργειών τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο είναι ταχύτατη. Ο κλάδος αυτός αποτελεί μια οργανωμένη επιχειρηματική δραστηριότητα που βασίζεται σε νέες τεχνολογίες και περιλαμβάνει σημαντικού μεγέθους επενδύσεις. Οι εν λόγω μονάδες οργανώνονται σε παράκτιες περιοχές και λόγω της υποδομής τους παρέχουν σκληρές και λείες επιφάνειες που μπορούν να αποτελέσουν κατάλληλο υπόστρωμα για διάφορους οργανισμούς, όπως το ζωοπλακτόν.

Το ζωοπλακτόν αποτελεί απαραίτητο κρίκο των θαλάσσιων τροφικών αλυσίδων και σημαντικό παράγοντα για την ισορροπία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Διάφορες ανθρωπογενείς ενέργειες που εντοπίζονται στις παράκτιες περιοχές, όπως τα αστικά λύματα και η χρήση λιπασμάτων στους παρακείμενους αγρούς, μπορούν να προκαλέσουν υπέρμετρη αύξηση των πληθυσμών ζωοπλακτού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την διαταραχή και των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων, καθώς και των καλλιεργούμενων ψαριών που βρίσκονται στις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας.

Πράγματι, τα τελευταία χρόνια η έξαρση των πληθυσμών ζωοπλακτού έχει συνδεθεί άμεσα με τον θάνατο πολλών καλλιεργήσιμων ψαριών σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας που βρίσκονται σε διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο. Ωστόσο, η έλλειψη στοιχείων που αφορούν το μέγεθος του πληθυσμού τους πριν και μετά από το περιστατικό δυσχεραίνουν την κατανόηση της αιτίας που το προκάλεσε. Έτσι, γίνεται ολοένα και πιο φανερό ότι η παρακολούθηση των πληθυσμών ζωοπλακτού γύρω από μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας είναι απαραίτητη για να γίνει κατανοητή η αρνητική επίδραση που μπορεί να έχει η υπέρμετρη αύξηση τους στην βιωσιμότητα των ψαριών. Η παρακολούθηση αυτή θα πρέπει να είναι γενικευμένη με σκοπό την συλλογή πληροφοριών για τα συγκεκριμένα είδη ζωοπλακτού που ευδοκιμούν στην περιοχή, την παθογένεια τους, τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζονται από την εποχή του χρόνου και τις τυχόν ανθρωπογενείς ενέργειες που μπορούν να επηρεάσουν την αφθονία τους στα σημεία εκείνα. Επιπλέον, απαιτείται να γίνουν προσπάθειες εύρεσης νέων και οικονομικότερων τρόπων πρόληψης από τέτοια γεγονότα. Τέλος, δεν θα πρέπει να παραληφθεί η ανάγκη διεξαγωγής περισσότερων πειραματικών μελετών που να στοχεύουν στην καλύτερη κατανόηση των βακτηριακών ειδών που μεταφέρει το ζωοπλακτόν και στα προβλήματα που μπορούν αυτά να δημιουργήσουν στην

φυσιολογία των καλλιεργούμενων ψαριών.

4. Βιβλιογραφία

- Avendaño-Herrera Ruben, Alicia E. Toranzo, Beatriz Magariños(2006)Tenacibaculosis infection in marine fish caused by *Tenacibaculummaritimum*: Diseases of aquatic organisms. 71: 255–266, 2006
- Bureau D P,C Y Cho (2001) A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. Aquaculture research 32:349-360
- Båmstedt Ulf, Jan Helge Fosså, Monica B. Martinussen&AudunFosshagen(1998)Mass occurrence of the physonectosiphonophoreApolemiauvaria (lesueur) in Norwegian waters Sarsia 83:79–85
- Bureau D P, C Y Cho A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. Aquacult Res
- Doyle TK, De Haas H, Cotton D, Dorschell B, Cummins V, Houghton JDR, Davenport J, Hays GC (2008) Widespread occurrence of the jellyfish Pelagianoctiluca in Irish coastal and shelf waters. J Plankton Res 30:963–968
- Díaz Robert Nancy N. Rabalais Denise L. Breitburg (2012) Agriculture’s Impact on Aquaculture: Hypoxia and Eutrophication in Marine WatersOECD
- Ferguson J, Christian M. J. Delannoy, Stephen Hay, James Nicolson, David Sutherland, Margaret CrumlishJellyfish as vectors of bacterial disease for farmed salmon (*Salmo salar*) J Vet Diagn Invest 22:376–382 \
- Hugh W. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review Marine ecology progress series350: 153–174
- Ferguson Christian, M. Hugh W J. Delannoy, Stephen Hay, James Nicolson, David Sutherland, Margaret Crumlish(2011) Jellyfish as vectors of bacterial disease for farmed salmon (*Salmo salar*) J Vet Diagn Invest 22:376–382
- Gershwin Lisa-ann,Sylvia Earle- (2013) Stung!: On Jellyfish Blooms and the Future of the Ocean
- Graham, W.M. (2001) Numerical increases and distributional shifts of *Chrysaoraquinquecirrha* (Desor) and *Aurelia aurita* (Linne) (Cnidaria: Scyphozoa) in the northern Gulf of Mexico. Hydrobiologia 451, 97–111
- Grigorakis K RigosG.Aquaculture effects on environmental and public welfare - the case of Mediterranean maricultureChemosphere. 6:899-919
- Hickman Roberts Larson Ολοκληρωμένες αρχές στην ζωολογία (ελληνική μετάφραση)

- Johnson P (2002) Jellyfish, algae take toll on Scottish salmon. Fish Information Service, Europe
- KintnerAnnaH (2012).Hydrozoan jellyfish blooms and interactions with Scottish salmon aquaculture: prediction, prevention and mitigation
- Marcos-Lopez M, S O Mitchell and H D Rodger (2014) Pathology and mortality associated with the mauve stinger jellyfish *Pelagianoctiluca* in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* L. Agriculture's Impact on Aquaculture: Hypoxia and Eutrophication in Marine Waters
- Merceron M, Le Fe`vre-Lehoe`rff G, Bizouarn Y, Kempf M (1995) Des poisons me`duse`s. Equinox (Ifremer) 56:6–8
- Mills Claudia E. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?Hydrobiologia 451: 55–68
- Mitchell S. O., Baxter E. J. & Rodger H. D. (2011). Gill pathology in farmed salmon associated with the jellyfish *Aurelia aurita*. Veterinary record – 2011.
- Purcell JE, Båmstedt U, Båmstedt A (1999) Prey, feeding rates, and asexual reproduction rates of the introduced oligohaline *Aurelia aurita* in the Baltic Sea. Marine Biology 134: 317±325
- Purcell Jennifer E. Shin-ichi Uye , Wen-Tseng Lo (2015) Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES350: 153–174,
- Ratcliff J (2004) Mulroy Bay plankton monitoring, May to September 2004. Marine Harvest Ireland report, Kindrum, Co, Donegal, 12 pp
- Randall S. Abate (2014) Climate Change Impacts on Ocean and Coastal Law: U.S. and International Perspectives
- Rajagopal S, Srinivasan M, Ajmal Khan S (1995) Problems in culturing black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) the semiintensive way: an Indian experience. Naga 18:29–30
- Richardson Anthony J., Andrew Bakun , Graeme C. Hays and Mark J. Gibbons The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future
The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous futureReview
- Rodger Hamish D. Louise Henry • Susan O. Mitchell (2010)Non-infectious gill disorders of marine salmonid fishRev Fish Biol Fisheries DOI 10.1007/s11160-010-9182-6
- Rodger Hamish (2012) Harmful zooplankton & gill health
- Sandlifer PA, Smith TL J, Calder DR (1974) Hydrozoans as pests in closed-system culture of larval decapod crustaceans. Aquaculture 4:55–59
- Yasuda T (1988) Studies on the common jelly-fish, *Aurelia aurita* (Linne). (ΓαπωνικάμεΑγγλικόκείμενο)

Yasuda T (2003) Jellyfish: UFO of the sea. KoseishaKoseikaku, Tokyo (στα Ιαπωνικά).