

3. Η περίπτωση του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού

3.1 Λιμνοθαλάσσια συστήματα

Τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα είναι παράκτιες περιοχές με άμεση επίδραση από τη θάλασσα και τα εσωτερικά νερά. Είναι αποδέκτες θρεπτικών στοιχείων της ενδοχώρας και τουλάχιστον για τις λιμνοθάλασσες της Μεσόγειου αποτελούν τα περισσότερο παραγωγικά οικοσυστήματα (Τσακίρης κ.α., 2009). Αποτελούν ιδιαίτερα οικοσυστήματα που τα χαρακτηρίζουν μεγάλες διακυμάνσεις φυσικοχημικών παραμέτρων, τόσο σε εποχιακή όσο και σε ημερήσια κλίμακα. Η αστάθεια αυτή πολλές φορές δημιουργεί δυστροφικές κρίσεις με αποτέλεσμα την κατάρρευση των τροφικών πλεγμάτων που αναπτύσσονται σε αυτές (Τσακίρης κ.α., 2009). Σε γενικές γραμμές οι λιμνοθάλασσες παρουσιάζουν ενδογενώς έντονες χωροχρονικές διακυμάνσεις μικρής χρονικής κλίμακας (από ημέρες έως έτος), επιτρέποντας μόνο την ανίχνευση σε αλλαγές μεγάλων χρονικών κλιμάκων (μερικών ετών ή δεκαετιών) (Τσακίρης κ.α., 2009).

Ανάλογα με την επίδραση τους από την ξηρά και την θάλασσα παρουσιάζουν έκδηλη χωρική κατανομή των φυσικοχημικών τους χαρακτηριστικών που σχετίζεται με τις ανταλλαγές νερού με την θάλασσα, την επιφανειακή είσοδο γλυκών νερών, την βροχόπτωση και την εξάτμιση, με άμεση αντανάκλαση στην κατανομή και την σύνθεση των βιοκοινωνιών.

Για τις λιμνοθάλασσες της Μεσογείου, και γενικότερα για την παράκτια ζώνη, έχει προταθεί το μοντέλο των Geulorget & Perthuisot (1983), σύμφωνα με το οποίο αναγνωρίζονται έξι (6) οικολογικές ζώνες που ορίζονται με βάση τον βαθμό αποκλεισμού ή απομόνωσης τους από την επίδραση της θάλασσας, δηλαδή την δυνατότητα και την συχνότητα ανανέωσης των νερών από την θάλασσα αλλά και την είσοδο γλυκών νερών. Οι ζώνες διακρίνονται με τους λατινικούς αριθμούς I- VI, που αντιστοιχούν στους βαθμούς απομόνωσης 1-6. Η κλίμακα απομόνωσης ή ο βαθμός αποκλεισμού στηρίζεται στο τύπο της βενθικής πανίδας που συναντιέται σε κάθε περιοχή η οποία έχει άμεση σχέση με την κατανομή της ιχθυοπανίδας (Τσακίρης κ.α., 2009).

Η επιλογή των οργανισμών του βένθους για να προσδιορισθεί ο βαθμός αποκλεισμού, συνδέεται με το γεγονός ότι οι βενθικοί οργανισμοί, μην έχοντας τη δυνατότητα μετακίνησης, συνδέονται άμεσα με το σύνολο των περιβαλλοντικών συνθηκών και χαρακτηρίζουν το οικοσύστημα. Οι βιολογικές ζώνες, μπορούν να προσδιοριστούν, εκτός από τον προσδιορισμό των οργανισμών-δεικτών, και με τον προσδιορισμό της βιομάζας του φυτοπλαγκτού (χλωροφύλλη ανά m²) και τον προσδιορισμό της βιομάζας του βένθους.

Τα περισσότερα από αυτά τα οικοσυστήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής πολλών ειδών ψαριών. Αποτελούν διατροφικά πεδία των νεαρών σταδίων ψαριών (nursery grounds), αλλά και των ενήλικων. Κατά συνέπεια υποστηρίζουν άμεσα και έμμεσα την αλιεία (Τσακίρης κ.α., 2009).

Στις λιμνοθάλασσες διαβιούν είδη με μια ποικιλία απαιτήσεων (θαλάσσια, γλυκού νερού, ευρύαλλα), σε μόνιμη βάση ή περιστασιακά και κατανέμονται αντίστοιχα στις υπάρχουσες ζώνες αποκλεισμού κάθε λιμνοθάλασσας. Η πλειοψηφία όμως των ειδών που αποτελούν αντικείμενο αλιευτικής εκμετάλλευσης στις μεσογειακές λιμνοθάλασσες αφορούν σε είδη που αναπαράγονται στην θάλασσα και οι λιμνοθάλασσες αποτελούν πεδία διαβίωσης νεαρών ατόμων καθώς και διατροφής νεαρών και ενήλικων (Costa *et al.*, 2002; Katselis *et al.*, 2003). Συνέπεια αυτού είναι ότι η αλιεία εξαρτάται από το μεταναστευτικό πρότυπο και τον χρόνο παραμονής των παραπάνω ειδών στην λιμνοθάλασσα ενώ η κατανομή των πληθυσμών παρουσιάζει έναν βασικό εποχικό κύκλο (Costa *et al.*, 2002; Katselis *et al.*, 2003;2007).

Σε αυτό το πλαίσιο η επιπρόσθετη δράση της μεταβλητότητας διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασίας, διαλυμένου οξυγόνου, τύπος υποστρώματος, βροχοπτώσεις κτλ., συμπεριλαμβανομένης της κλιματικών αλλαγών που επηρεάζουν τις παραμέτρους αυτές, ρυθμίζει την αφθονία, την κατανομή και το χρόνο παραμονής των διαφόρων ειδών στις λιμνοθάλασσες ως συνέπεια των διαφορετικών ευρών ανοχής του καθενός (Τσακίρης κ.α., 2009).

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε ευρεία χωροχρονικής κλίμακας στην αφθονία και την αύξηση διαφορών ευρύαλλων ειδών (συμπεριλαμβανομένων και μέρος αυτών που στηρίζουν την αλιεία στις μεσογειακές λιμνοθάλασσες) έχει

καταγραφεί. Χρονοσειρές αφθονίας και ρυθμών αύξησης εμπορικών ειδών ψαριών στις εκβολές του Τάμεση έδειξαν μια διαχρονική αλλαγή στην σύνθεση των ιχθυοκοινωνιών και την αύξηση η οποία παρουσιάζει υψηλές συσχετίσεις με τον δείκτη κλιματικών αλλαγών North Atlantic oscillation (NAO) (Τσακίρης κ.α., 2009). Αντίστοιχα το επίπεδο των ετήσιων βροχοπτώσεων παρουσίασε θετική συσχέτιση με τις συλλήψεις του κεφάλου (*M. cephalus*) στην βόρειο ανατολικά εκβολικά συστήματα της Αυστραλίας (Queensland). Για την εξήγηση των αποτελεσμάτων προτάθηκαν ένας συνδυασμός μηχανισμών οι οποίοι συνδέονται με ευρείας κλίμακας κλιματικές αλλαγές: (1) τροφική σύνδεση μέσω της πρωτογενούς και/ή δευτερογενούς παραγωγής σαν αποτέλεσμα της εισόδου στα συστήματα θρεπτικών από την ενδοχώρα, (2) αλλαγές στην κατανομή ως αποτέλεσμα περιορισμού των βιοτόπων του είδους σε συνδυασμό με αλλαγές την συλλεκτικότητα και (3) αλλαγές στην δυναμική του είδους όπως στρατολόγηση, επιβίωση, αφθονία, εγκατάσταση και μεταναστευτική συμπεριφορά (Τσακίρης κ.α., 2009).

Η θερμοκρασία του νερού στις αβαθείς λιμνοθάλασσες είναι αποτέλεσμα της ηλιακής θερμότητας, των ανταλλαγών με την ατμόσφαιρα και τον πυθμένα καθώς και των ανταλλαγών θερμότητας με την θάλασσα μέσω των παλιρροϊκών κινήσεων του νερού και ρυθμίζει σε διάφορες κλίμακες χρόνου την κατανομή και το μεταναστευτικό πρότυπο των ειδών ψαριών στις λιμνοθάλασσες (Katselis *et al.*, 2007; Zoropla *et al.*, 2008). Επιπρόσθετα, σε επίπεδο μικρής χρονικής κλίμακας διάφορα μετεωρολογικοί παράμετροι πυροδοτούν ή ρυθμίζουν την μετανάστευση των ειδών προς την θάλασσα προς αναζήτηση καταφυγίου από δυσμενείς συνθήκες στην λιμνοθάλασσα. Πχ σημειώνεται ότι απότομη πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά 5 hPa σε περίοδο μερικών ωρών (ακολουθούμενη από τυφώνα) πυροδοτεί την άμεση εγκατάλειψη της λιμνοθάλασσας στο είδος *Carcharhinus limbatus* (Τσακίρης κ.α., 2009). Επίσης στο ιαπωνικό χέλι οι μεταβολές μεταξύ ημερών στην ατμοσφαιρική πίεση επηρεάζουν το μεταναστευτικό πρότυπο του (Τσακίρης κ.α., 2009), ενώ αντίστοιχα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν τόσο στο μεταναστευτικό πρότυπο ειδών στην περιοχή Μεσολογγίου Αιτωλικού (Katselis *et al.*, 2007) αλλά και στην μετανάστευση ανόδου στα γλυκά νερά του υαλόχελου στην δυτική Ελλάδα (Τσακίρης κ.α., 2009).

Από την άλλη, έχει παρατηρηθεί ότι το ανεμολογικό πρότυπο μιας περιοχής επηρεάζει το μεταναστευτικό πρότυπο της βελάνισσα (*Liza ramada*) του κεφάλου (*M. cerhalus*) και στο υαλόχελο (Τσακίρης κ.α., 2009).

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η επίδραση των κλιματικών αλλαγών επιδρά καθαρά σε διάφορες κλίμακες χρόνου στις ιχθυοκοινωνίες της περιοχής μελέτης.

3.2 Ο οικολογικός ρόλος της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου- Αιτωλικού στον κύκλο ζωής ιχθύων

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής πολλών ειδών ψαριών. Αποτελούν διατροφικά πεδία των νεαρών σταδίων ψαριών (nursery grounds), αλλά και των ενήλικων (Costa *et al.*, 2002; Katselis *et al.*, 2003), γεγονός που τα συνδέει βιολογικά με την παράκτια ζώνη (Τσακίρης *κ.α.*, 2009).

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4 από τα 56 είδη ψαριών τα οποία έχουν καταγραφεί στις λιμνοθάλασσες Μεσολογίου–Αιτωλικού τα περισσότερα από τα μισά (29 είδη) έχουν περιστασιακή εμφάνιση στην λιμνοθάλασσα. Τα 16 είδη είναι διάδρομα τα οποία χρησιμοποιούν την λιμνοθάλασσα ως πεδίο διατροφής, τα 6 είναι εσωτερικών υδάτων και μόλις τα 5 είναι αμιγώς λιμνοθαλάσσια. Η πλειονότητα των ειδών (διάδρομα και περιστασιακά) αναπαράγονται στην θάλασσα οπότε ανάλογα με τον χρόνο παραμονής τους στην λιμνοθάλασσα εκτελούν αμφίδρομες μετακινήσεις από και προς αυτή. Η αλιευτική όμως παραγωγή (η δηλούμενη) βασίζεται στο περισσότερο από το 90% σε διάδρομα είδη ενώ το υπόλοιπο ποσοστό καλύπτεται κυρίως από περιστασιακά και ελάχιστα από λιμνοθαλάσσια είδη (Λεονάρδος *κ.α.*, 2000; Katselis *et al.*, 2003).

Τα λιμνοθαλάσσια συστήματα αποτελούν πεδία διατροφής νεαρών ατόμων διαφόρων ειδών ψαριών εκμεταλλευόμενα τις μεγάλες πυκνότητες τροφής. Ειδικότερα, το πλούσιο βένθος στα μικρά αυτά βάθη δεν απαιτεί παρά μικρή προσπάθεια από το γόνιο για να του γίνει προσιτό, ιδιαίτερα τότε που αρχίζει και η αλλαγή στις διατροφικές του συνήθειες και από πλαγκτονοφάγος γίνεται βενθοφάγος (χέλι, τσιπούρα, κεφαλοειδή). Από την άλλη τα μικρά γενικά βάθη των λιμνοθαλασσών προσφέρουν αποτελεσματική προστασία στο γόνιο από τους θηρευτές του (μεγάλα λαβράκια και χέλια κυρίως). Μέσα στη λιμνοθάλασσα υπάρχουν πολλά μέρη της τα οποία είναι πολύ ρηχά και συνάμα εύτροφα για να “κατοικηθούν” από το γόνιο.

Τα περισσότερα εμπορικά είδη των λιμνοθαλασσών αναπαράγονται στην θάλασσα και οι προνύμφες ή τα νεαρά άτομα για να αποικίσουν τη λιμνοθάλασσα πρέπει να μετακινηθούν από τα πεδία ωοτοκίας. Δεδομένου ότι στα νεαρά στάδια οι οργανισμοί έχουν περιορισμένες δυνατότητες κινήσεων, τα ρεύματα προς τη λιμνοθάλασσα παίζουν σημαντικό ρόλο. Με την αύξηση των νεαρών ατόμων και μέχρι την απόκτηση ικανοτήτων κολύμβησης η μεταφορά είναι παθητική, ενώ με την απόκτηση του ρεοτακτισμού η μετακίνηση είναι ενεργητική, συνήθως αντίθετη προς τη κίνηση του νερού. Οι μηχανισμοί μεταφοράς διακρίνονται σε τρεις φάσεις. Η πρώτη αφορά την μεταφορά από τις περιοχές ωοτοκίας στη περιοχή της λιμνοθάλασσας, η δεύτερη το πέρασμα του διαύλου επικοινωνίας της λιμνοθάλασσας και η τρίτη η διασπορά των οργανισμών μέσα στη λιμνοθάλασσα.

1. Η εμφάνιση του γόνου κοντά στις ακτές παρατηρείται 2-3 μήνες μετά τη περίοδο της ωοτοκίας και σε μεγέθη τέτοια που δεν δικαιολογούν την ενεργή μετακίνηση και συνδέεται με την σταθερότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών. Ο τρόπος μετακίνησης του γόνου προς τις ακτές δεν είναι απολύτως σαφής. Ωστόσο όμως υποστηρίζεται η υπόθεση της παθητικής μετακίνησης του γόνου, προς τις ακτές με τη βοήθεια θαλασσίων ρευμάτων υποστηρίζεται και για την περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού Το πρότυπο αυτό, δηλαδή της εμφάνισης του γόνου 1-3 μήνες μετά την περίοδο της αναπαραγωγής είναι γενικό για όλα τα εμπορικά είδη ψαριών των λιμνοθαλασσών (Τσακίρης κ.α., 2009).

2. Μελέτες έχουν δείξει ότι, τα νεαρά ιχθύδια μετακινούνται προς το εσωτερικό των λιμνοθαλασσών ή των εκβολών ποταμών, μετά την απόκτηση ενός μεγέθους. Οι Picket & Pawson (1994) υποστηρίζουν την άποψη ότι οι ιχθυονύμφες παραμένουν κοντά στις ακτές και διατρέφονται για 2-3 μήνες πριν μεταναστεύσουν ενεργά προς τους τόπους διατροφής των νεαρών λαβρακιών όπως εκβολές ποταμών, λιμνοθάλασσες, ρηχούς κόλπους κτλ. Το έναυσμα για αυτή τη μετακίνηση είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία και χαμηλότερη αλατότητα). Εν τούτοις παρατήρησαν ότι, όσο προχωρά το καλοκαίρι δεν συμβαίνει μείωση στο μέγεθος των ιχθυδίων που εισέρχονται στις εκβολές, από αυτό υποστηρίζουν ότι, αν τα νεαρά ιχθύδια δεν αποκτήσουν ένα συγκεκριμένο μέγεθος, που είναι 45-55 mm, δεν

μετακινούνται, ακόμα και αν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Στο ίδιο μέγεθος φαίνεται ότι εγκαταλείπουν τις ακτές και κινούνται προς τη λιμνοθάλασσα και τα νεαρά ιχθύδια λαβρακιού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου- Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009). Αν και το πρότυπο μεταφοράς του γόνου προς τις ακτές θεωρείται γενικό, εν τούτοις δεν αποκλείεται για ορισμένα είδη, όπως η τσιπούρα η μετακίνηση προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας να είναι παθητική (Τσακίρης κ.α., 2009).

3. Η αποίκιση και η διασπορά των εισερχομένων ιχθυδίων στη λιμνοθάλασσα είναι ενεργητική και εκτός της άμεσης επίδρασης των ρευμάτων που δημιουργεί η παλίρροια, επηρεάζεται σημαντικά από την κυκλοφορία που δημιουργούν οι τοπικοί άνεμοι, την παρουσία ή όχι γλυκών νερών, την παροχή προστασίας από την βενθική χλωρίδα και την ανακατανομή και διανομή των θηραμάτων.

Οι υδροβιότοποι που σχηματίζονται περιμετρικά του συστήματος (αλμυροβάλτοι, γλυκοβάλτοι) αποτελούν πεδία διαβίωσης ειδών ψαριών αλλά και βιολογική διεπαφή με τα εσωτερικά νερά. Οι γλυκόβαλτοι οι οποίοι σχηματίζονται στις εισόδους γλυκού νερού αποτελούν πεδία διατροφής αλλά και αναπαραγωγικής ειδών ψαριών της ιχθυοπανίδας των εσωτερικών υδάτων.

3.2.1 Μεταναστευτικές κινήσεις ψαριών

Η ιχθυοπανίδα γενικά αποτελείται από μόνιμους και προσωρινούς άποικους. Οι προσωρινοί άποικοι (οι οποίοι απαρτίζουν κατά βάση την αλιευτική παραγωγή) αφορούν σε δύο βασικές κατηγορίες: α) τυπικά είδη της παράκτιας ζώνης τα οποία εισέρχονται στην λιμνοθάλασσα κυρίως την άνοιξη όταν η θερμοκρασία της λιμνοθάλασσας είναι μεγαλύτερη από αυτή της παράκτιας ζώνης εκμεταλλεύομενα το «παράθυρο ευκαιρίας» που δημιουργείται.

Τα είδη αυτά παραμένουν 2-5 μήνες στην λιμνοθάλασσα και την εγκαταλείπουν μαζικά από τα μέσα του καλοκαιριού κάτω από την πίεση των υψηλών θερμοκρασιών του νερού, β) τα διάδρομα είδη τα οποία έχουν περισσότερο χρόνο παραμονής στην λιμνοθάλασσα 4-10 μήνες, ενώ η εγκατάλειψη της λιμνοθάλασσας γίνεται είτε για λόγους αναπαραγωγής είτε κάτω από την πίεση

αντίξων περιβαλλοντικών συνθηκών παρουσιάζοντας ένα αρκετά σταθερό εποχικό πρότυπο (Katselis *et al.*, 2003). Τα είδη αυτά (χέλι, κεφαλοειδή, τσιπούρα και λαβράκι) αποτελούν την κύρια αλιευτική παραγωγή των λιμνοθαλασσών, συγκεντρωτικά βλέπουμε τις περιόδους εμφάνισης τους στον πίνακα 5.

	Μήνες εμφάνισης													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
<i>A. anguilla</i>	X	X	X	X								X	X	Zompola et al., 2008
<i>M. cephalus</i>									X	X	X			Katselis, et al., 1993
<i>L. saliens</i>								X	X	X	X			Katselis, et al., 1993
<i>L. aurata</i>	X	X										X	X	Katselis, et al., 1993
<i>L. ramada</i>	X	X	X										X	Katselis, et al., 1993
<i>C. labrosus</i>				X	X	X								Katselis, et al., 1993
<i>S. aurata</i>	X	X	X										X	Δημητρίου, 2007
<i>D. labrax</i>		X	X	X										Ρογδάκης, 2003

Πίνακας 5: Περίοδος εμφάνισης στις ακτές των ιχθυοείδων των εμπορικών ειδών ψαριών της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009)

Περιμετρικά των υποσυστημάτων διαμορφώνεται μια ποικιλία συστημάτων από λασπότοπους (κατακλυζόμενους με νερό με τον κύκλο της παλίρροιας, ή βροχοπτώσεις), αλμυρόβαλτους (κυρίως περιοχές με εποχική κατάκλυση νερού) ή γλυκόβαλτους (περιοχές εισόδου γλυκών νερών στην λιμνοθάλασσα, και βασικά οι περιοχές εκβολών στην λιμνοθάλασσες των αντλιοστασίων). Τα συστήματα αυτά αποτυπώνονται στην εικόνα 2.



ΑΛΜΥΡΟΒΑΛΤΟΙ



ΓΛΥΚΟΒΑΛΤΟΙ

Εικόνα 2: Χαρακτηριστικοί βιότοποι περιμετρικά του λιμνοθαλάσσιου συμπλέγματος Μεσολογγίου- Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).

Πράγματι οι λιμνοθάλασσες Κεντρική και Δ. Κλείσοβα από την μια και οι λιμνοθάλασσες Θολή, Παλαιοπόταμος και Αιτωλικό από την άλλη παρουσιάζουν αντίστοιχα ομοιότητες στην σύνθεση του αλιεύματος, παρόλο που τα ψάρια εισέρχονται σε αυτές από την ίδια θαλάσσια περιοχή, (Πατραϊκός κόλπος και Ιόνιο πέλαγος). Έτσι, στην Α. Κλείσοβα κυρίαρχα είδη είναι η βελάνισσα, κέφαλος, χέλια, ενώ στην Κ. Λιμνοθάλασσα επικρατούν τα κεφαλοειδή, η τσιπούρα και άλλα παράκτια είδη (σπάρος, μυτάκι, σάλπα, κουτσομούρα, σουπιά). Στη Θολή και Προκοπάνιστο συναντώνται περισσότερο τα χέλια και τα κεφαλοειδή, ενώ στη Δ. Κλείσοβα τα κεφαλοειδή, η τσιπούρα, κουτσομούρα, σπάρος, γλώσσα, γοβιός και στο Αιτωλικό τα χέλια ως αποτέλεσμα προτίμησης των ειδών στους επιμέρους βιοτόπους (Δημητρίου κ.α., 2000; Katselis *et al.*, 2003).

Οι αβαθείς περιοχές στην περίμετρο του συστήματος (αλμυρόβαλτοι, γλυκόβαλτοι) αλλά και στις αμμονησίδες με αποκλεισμένα νερά με περισσότερο έντονες αλλαγές της αλατότητας και της θερμοκρασίας (κυρίως ζώνες V) αποτελούν βιοτόπους του είδους *Aphanius fasciatus* (ζαμπαρόλα). Το είδος αυτό είναι ένα μικρό

ψάρι (μέγιστο μέσο μήκος 6 cm) που ανήκει στους οστειχθούς της οικογένειας των Κυπρινοδοντόμορφων. Είναι βενθικός οργανισμός μη μεταναστευτικός, και διαβιεί σε Γλυκό, Υφάλμυρο και Θαλασσινό νερό. Χωρίς εμπορικό ενδιαφέρον. Εξαπλώνεται σε όλες τις μεσογειακές ακτές, και παράκτια οικοσυστήματα. Είναι προστατευμένο είδος (Οδηγία 97/62/ΕΚ: αναπροσαρμογή της οδηγίας 92/43/ΕΚ: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ) και πιθανότατα απειλούμενο λόγω του περιορισμού των υδροβιοτόπων του και την εισαγωγή άλλων ειδών σε αυτούς (Τσακίρης κ.α., 2009).

3.3 Υφιστάμενα δεδομένα για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή

3.3.1 Κλιματική αλλαγή και επιπτώσεις στην ιχθυοπανίδα

Τα σενάρια επίπτωσης της κλιματικής αλλαγής περιγράφουν ως βασικά αποτελέσματα την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας κατά 0.5-1 m σε εύρος χρόνου 50-100 έτη, αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 1-2 °C, και την αύξηση της συχνότητας και έντασης των καιρικών φαινομένων (Τσακίρης κ.α., 2009).

Με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι το σενάριο της ανόδου της στάθμης κατά ένα 0.5 έως 1 μ δεν έχει κανένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον να εξετασθεί από άποψη επιπτώσεων αφού αυτές θα είναι δραματικές σε ένα πολύ ευρύτερο φάσμα. Ωστόσο όμως είναι αναμενόμενο ότι θα αναπτυχθούν έργα για την μείωση των δραματικών επιπτώσεων. Έτσι η ανάλυση των επιπτώσεων σε ένα τέτοιο σενάριο έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα για τον σχεδιασμό έργων μέσο-μακροπρόθεσμου επιπέδου ο οποίος θα συμπαρασύρει και τον σχεδιασμό των βραχυπρόθεσμου επίπεδου. Η ανάλυση σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο εμπεριέχει τον κίνδυνο, ελλείψει κατάλληλης ποσότητας και ποιότητας στοιχείων σε συνδυασμό με την υψηλή μεταβλητότητα του συστήματος, να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα και κατά συνέπεια σε λανθασμένους σχεδιασμούς απόκρισης στις μεταβολές (Τσακίρης κ.α., 2009).

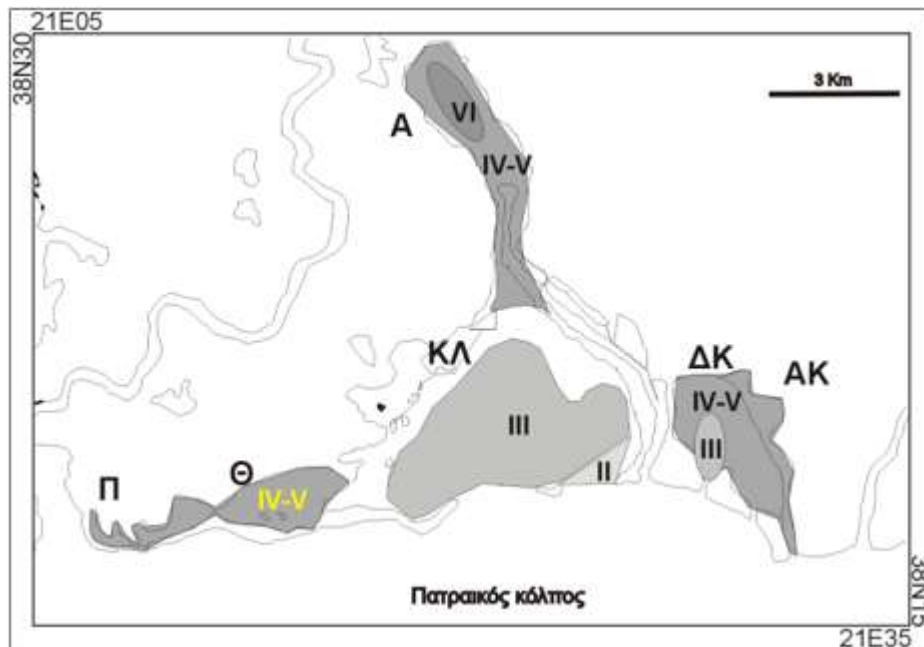
Στο πλαίσιο του παραπάνω σεναρίου αναμένεται να υπάρξουν οικολογικές επιπτώσεις όπως επιπτώσεις στην κατανομή και την εγκατάσταση των ιχθυοπληθυσμών στο σύστημα των λιμνοθαλασσών, στην στρατολόγηση και στον ρόλο της λιμνοθάλασσας ως πεδίο εκτροφής των νεαρών, στον χρονισμό και τον ρυθμό μετακινήσεων προς την θάλασσα, στην αλιευτική δραστηριότητα (λειτουργικότητα της υπάρχουσας αλιευτικής υποδομής, μεταβολή της εποχικής παραγωγής, έντονη μεταβλητότητα στις ημερήσιες συλλήψεις), αλλά και οικονομικές επιπτώσεις (Τσακίρης κ.α., 2009).

3.3.2 Οικολογικές επιπτώσεις

i) Κατανομή ιχθυοπληθυσμών και εγκατάσταση

α) μετάπτωση οικολογικών ζωνών

Από τα παραπάνω στοιχεία που παρουσιάζονται, μια βασική επίπτωση που αναμένεται να επέλθει με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι η αλλοίωση της υπάρχουσας οικολογικής ζώνωσης της λιμνοθάλασσας. Η ζώνωση διατηρείται ως αποτέλεσμα της υπάρχουσας υδρολογίας με κύρια συνιστώσα την επίδραση της θάλασσας και των γλυκών νερών. Έτσι για την σημερινή επιφάνεια, στην κεντρική λιμνοθάλασσα θα υπάρξει αύξηση και μετατόπιση προς τα ενδότερα των ζωνών II και III ενώ στις υπόλοιπες λιμνοθάλασσες θα επέλθει μετάπτωση από τις ζώνες IV-VI σε III-IV-V. Δηλαδή θα υπάρξει τάση θαλασσοποίησης σε μικρό ή μεγάλο βαθμό σε όλα τα λιμνοθαλάσσια υποσυστήματα (Τσακίρης κ.α., 2009).



Εικόνα 3: Ζώνες αποκλεισμού στην περιοχή μελέτης (κατά Guelorget 1987). Οι ζώνωση των λιμνοθαλασσών Θολής (Θ) και Παλαιοπόταμου (Π) αφορά σε εκτίμηση από τα διαθέσιμα αβιοτικά χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών (πίνακας 2). (ΑΚ: Ανατολική Κλείσοβα, ΑΔ:Δυτική Κλείσοβα, ΚΛ: Κεντρική λιμνοθάλασσα, Θ: Θολή, Π: Παλαιοπόταμος και Α: Αιτωλικό) (Τσακίρης κ.α., 2009).

Θεωρώντας ότι δεν θα υπάρξει αλλαγή στην ποσότητα και τις θέσεις εκροών των γλυκών νερών στα υποσυστήματα του συμπλέγματος, η κεντρική λιμνοθάλασσα θα αποκτήσει μεγαλύτερη έκταση επίδρασης από την θάλασσα, στις λιμνοθάλασσες του Παλαιοπόταμου και στην Δυτική Κλείσοβα θα μειωθεί η αλατότητα δεδομένου ότι σήμερα είναι υπερύαλες, και θα αυξηθεί η αλατότητα στα υφάλμυρα

λιμνοθάλασσα υποσυστήματα της ανατολικής Κλείσοβας, Θολής και Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).

Όσο αφορά, την πρωτογενή παραγωγή, η αύξηση της ροής του θαλασσινού νερού, θα μειώσει τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών, και θα προκαλέσει μείωση της φωτοσύνθεσης. Στην περίπτωση των λιμνοθαλασσών που παρουσιάζουν στρωμάτωση, η διεύρυνση των διαύλων επιδρά περισσότερο έντονα στην απώλεια θρεπτικών συστατικών και απώλειας πρωτογενούς παραγωγής του πλαγκτού. Από την άλλη μεριά, η καλύτερη διαύγεια του θαλασσινού νερού (μειωμένο ανόργανο αιωρούμενο υλικό), θα βελτιώσει την διέλευση του φωτός και κατά συνέπεια τη φωτοσύνθεση κυρίως στον πυθμένα. Επομένως, η πρωτογενής παραγωγή μπορεί είτε να αυξηθεί είτε να μειωθεί με την αύξηση της εισροής θαλασσινών νερών (Τσακίρης κ.α., 2009).

Σύμφωνα με τους Τσακίρης κ.α., (2009) η επίδραση στην δευτερογενή παραγωγή, είναι ανάλογη με εκείνη της πρωτογενούς παραγωγής. Εν τούτοις, η βελτίωση και σταθεροποίηση των αβιοτικών χαρακτηριστικών της λιμνοθάλασσας που συνδέεται με την αύξηση της εισροής θαλασσινών νερών, ευνοεί την αποίκηση από τυπικά θαλάσσιους οργανισμούς, μειώνοντας τον βαθμό αποκλεισμού της λιμνοθάλασσας. Η μείωση όμως του βαθμού αποκλεισμού δεν σημαίνει απαραίτητως και την αύξηση της αλιευτικής παραγωγής κάτι που επιβεβαιώνεται από τα παρακάτω παραδείγματα:

Στη λιμνοθάλασσα Monaci, της Ιταλίας, τα δυστροφικά της προβλήματα περιορίστηκαν με άντληση νερού από την θάλασσα και περιοδικό άνοιγμα των στομιών ενώ τα επίπεδα παραγωγής διατηρήθηκαν σε υψηλά επίπεδα 280- 520 kg/ha/y παράλληλα με την εφαρμογή προγραμμάτων εμπλουτισμού με γόνο. Αντίθετα στη λιμνοθάλασσα Fondi, που είναι βαθιά, με έντονη στρωματοποίηση, αν και δημιουργήθηκαν δυο φυσικά περάσματα για την αύξηση των ανταλλαγών, μειώθηκαν τα δυστροφικά φαινόμενα αλλά η παραγωγή μειώθηκε σε επίπεδα 50- 150 kg/ha/year. Και στις δυο περιπτώσεις, η αύξηση της εισροής θαλασσινών νερών μείωσε τα φαινόμενα δυστροφισμού. Στη δεύτερη περίπτωση η αύξηση της ανταλλαγής φαίνεται ότι μείωσε και τον γόνο ψαριών, ενώ στη πρώτη αυτό δεν

συνέβη αφενός γιατί η προσθήκη θαλασσινού νερού ήταν με άντληση ή περιορισμένο χρονικά άνοιγμα των διαύλων και συνοδεύτηκε με εμπλουτισμό. Στη λιμνοθάλασσα Salses-Leucate της Γαλλίας, η σύνδεση της με την θάλασσα αύξησε την αλατότητα αλλά παράλληλα μείωσε την παραγωγή από 40 σε 10 kg/ha/y, αν και τοποθετήθηκαν ιχθυοφραγμοί για την συγκράτηση των ψαριών. Στην υπερύαλη λιμνοθάλασσα Bardawil της Αιγύπτου, μετά την διαπλάτυνση των στομιών και την δημιουργία άλλων δύο, η αλατότητα μειώθηκε και η παραγωγή διπλασιάστηκε (Τσακίρης κ.α., 2009).

Επίσης οι Τσακίρης κ.α. (2009) αναφέρουν ότι στην περίπτωση μας όμως με την μετάπτωση των ζωνών αποκλεισμού αναμένεται εγκατάσταση μεγαλύτερων πληθυσμών περιστασιακών ειδών παράκτιας διαβίωσης τα οποία σήμερα εγκαθιστούνται κυρίως στην ζώνη II και III της κεντρικής λιμνοθάλασσας και αύξηση της βιοποικιλότητας. Στις υπόλοιπες λιμνοθάλασσες η μετάπτωση της υπάρχουσας ζώνωσης σε ζώνες επιπέδου III-IV-V, σε συνδυασμό με το μικρό βάθος των υποσυστημάτων, παρά της επερχόμενης αύξησης του λόγω αύξησης της στάθμης, δεν επιτρέπει στρωμάτωση, οπότε θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής πρωτογενούς παραγωγικότητας (φυτοπλαγκτόν) και κατά συνέπεια την μείωση των ποσοτήτων των πληθυσμών των διάδρομων ειδών χαμηλού τροφικού επιπέδου (κεφαλοειδών).

β) αλλοίωση των παράκτιων περιμετρικών μικρό-υδροβιοτόπων

Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα αυξήσει το βάθος και την δυνατότητα ανανέωσης των υδάτων στην υπάρχουσα παράκτια περιμετρική ζώνη (ζώνες VI) οποία σήμερα παρουσιάζει μια ποικιλία υδροβιοτόπων (αλμυρόβαλτοι και γλυκόβαλτοι). Η ζώνη αυτή αναμένεται να μεταπέσει σε μικρότερου επιπέδου (IV-V). Μελέτες επαναπληθυσμού λιμνοθαλάσσιων εκτάσεων δείχνουν ότι η αποίκιση από περιστασιακά είδη αλλά και μόνιμα είναι σχεδόν άμεση (Koutrakis *et al.*, 2007).

γ) περιορισμός της υπάρχουσας έκτασης των γλυκών νερών

Στα κανάλια γλυκού νερού τα οποία εκβάλλουν στην λιμνοθάλασσα θα περιορισθεί η υπάρχουσα έκτασή τους λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας

με την μετατόπιση τους προς τα ενδότερα. Αποτέλεσμα θα είναι η μείωση των βιότοπων των ψαριών γλυκών νερών.

ii) Στρατολόγηση-Γόνος

α) αλλαγή ρευματολογίας και υδροδυναμικής και τροποποίηση προσέγγισης και διασποράς του γόνου

Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και η κατάκλυση σημείων που σήμερα οριοθετούν την λιμνοθάλασσα (πχ αμμονησίδες) θα μεγαλώσει τις διόδους επικοινωνίας της θάλασσας με τη λιμνοθάλασσα με πιθανή αλλαγή στην ρευματολογία και την υδροδυναμική, τόσο έξω αλλά και μέσα στην λιμνοθάλασσα. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι η τροποποίηση της προσέγγισης του γόνου στις ακτές αλλά και διασπορά του μέσα στην λιμνοθάλασσα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν δύο λιμνοθάλασσες της περιοχής. Οι μικρές ποσότητες παραγωγής της άγριας τσιπούρας στις λιμνοθάλασσες του Παλαιοπόταμου και του Πάπα (νότιος Πατραϊκός) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι εμπλουτισμοί με γόνο τσιπούρας παρουσιάζουν και στα δύο λιμνοθαλάσσια συστήματα πολύ καλά αποτελέσματα αύξησης και επιβίωσης, ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα αδυναμίας εισόδου του γόνου τσιπούρας στην λιμνοθάλασσα που οφείλεται στην υφιστάμενη ρευματολογία και υδροδυναμική της περιοχής (Ρογδάκης κ.α., 2003).

β) Μείωση του πλεονεκτήματος προστασίας από θηρευτές

Η αύξηση του βάθους θα μειώσει το πλεονέκτημα προστασίας του γόνου από τους θηρευτές, ενώ οι κατακλυζόμενες περιοχές θα αναλάβουν το ρόλο των nursery ground του γόνου των ψαριών.

iii) Μετακινήσεις

α) Εξομάλυνση της έντονης εποχικότητας των μετακινήσεων-διεύρυνση της μεταναστευτικής περιόδου

Η θερμοκρασία ρυθμίζει τον αναπαραγωγικό κύκλο στα ψάρια αλλά και ορίζει και το «παράθυρο ευκαιρίας» για την παραμονή τους στην λιμνοθάλασσα. Η μέση αύξηση της θερμοκρασίας αν και δεν αναμένεται να επηρεάσει την αναπαραγωγική ωρίμανση (και κατά συνέπεια την αναπαραγωγική μετανάστευση) ενδέχεται να

προκαλέσει αύξηση στις καλοκαιρινές μεταναστεύσεις στα είδη τα οποία ο κύριος όγκος μετανάστευσης είναι την χειμερινή περίοδο (τσιπούρα, λαβράκι, και μερικά κεφαλοειδή) λόγω υψηλών θερμοκρασιών, αλλά από την άλλη μείωση της μετανάστευσης που λαμβάνει χώρα λόγω χαμηλών θερμοκρασιών στα ανώριμα άτομα, με παράταση της παραμονής τους στην λιμνοθάλασσα. Επίσης η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την εμφάνιση θερμοκρασιακών αυξομειώσεων την άνοιξη αναμένεται να μετατοπίσουν προς τους ανοιξιότικους μήνες στην έναρξη των προς την θάλασσα μεταναστεύσεων (Τσακίρης κ.α., 2009).

β) Αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων

Σε μικρές κλίμακες χρόνου οι διακυμάνσεις στον ρυθμό μετανάστευσης των ειδών προς την θάλασσα συνδέονται με την γενικότερη καιρική αστάθεια της εποχής. Έχει παρατηρηθεί μια παράλληλη αύξηση της μεταβλητότητας των ρυθμών μετανάστευσης 4 διάδρομων ειδών της λιμνοθάλασσας με την μεταβλητότητα διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων (ατμοσφαιρικής πίεσης και ημερήσια μεταβολή της, θερμοκρασία αέρα), ενώ μια σαφή σύνδεση επίσης καταγράφεται σε διάφορες κλίμακες χρόνου (3-20 ημερών) μεταξύ των μετεωρολογικών παραμέτρων και του ρυθμού μετανάστευσης (Katselis *et al.*, 2007). Συνεπώς η αναμενόμενη αύξηση της συχνότητας εμφάνισης έντονων καιρικών φαινομένων, ως συνιστώσα των κλιματικών αλλαγών, θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μεταβλητότητας, σε μικρές κλίμακες χρόνου, του ρυθμού μετανάστευσης των ειδών προς την θάλασσα.

γ) Η επερχόμενη αύξηση του βάθους θα έχει ως αποτέλεσμα την ενδεχόμενη παραμονή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα των περιστασιακών ειδών ψαριών στην λιμνοθάλασσα αλλά και θα εξομαλύνει σε κάποιο βαθμό την επίδραση της έντασης των καιρικών φαινομένων.

δ) Πιθανή μετατόπιση της έναρξης των προς την θάλασσα μεταναστεύσεων. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την εμφάνιση θερμοκρασιακών αυξομειώσεων, (στο πλαίσιο της πρόβλεψης για έντονα καιρικά φαινόμενα ως χαρακτηριστικό της κλιματικής αλλαγής), την περίοδο Απριλίου-Μαΐου και κυρίως

του Μαΐου, θα ενεργοποιήσει την προς την θάλασσα μετανάστευση διαφόρων ειδών με αντίστοιχη οικονομική απώλεια. Από πλευράς νομοθεσίας ορίζεται η περίοδος ανοίγματος-κλεισίματος (Μάρτιος έως Μάϊος και Ιούνιος έως Φεβρουάριο, αντίστοιχα) των διόδων θάλασσας λιμνοθάλασσας, οπότε το σημείο αυτό θα είναι αρκετά δυσλειτουργικό. Θα χρειασθεί πιθανά τροποποίηση του νομικού σκέλους προς πιο ευέλικτες και ταχύτατες διαδικασίες.

3.3.3. Επιπτώσεις στην αλιευτική δραστηριότητα

Κατά τους Τσακίρης κ.α. (2009) η κλιματική αλλαγή αναμένεται να έχει επιπτώσεις στην λειτουργικότητα των ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων και λοιπών αλιευτικών εργαλείων αλλά και στην μέση σύνθεση της παραγωγής και στην ημερήσια παραγωγή

α1) Ανάγκη ενίσχυσης ή μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών

Η αύξηση του βάθους (λόγω αύξησης της στάθμης της θάλασσας) στις εγκατεστημένες ιχθυοσυλληπτικές, σε συνδυασμό με την αύξηση των διόδων επικοινωνίας της λιμνοθάλασσας με την θάλασσα, συνέπεια κατάκλυσης των φυσικών ορίων της λιμνοθάλασσας με την θάλασσα, ενδέχεται να δημιουργήσει αφενός μεν προβλήματα αντοχής των εγκαταστάσεων αφετέρου τροποποίηση της συλλεκτικής τους ικανότητας, ως αποτέλεσμα μεταβολών της ρευματολογίας και υδροδυναμικής στην περιοχή εγκατάστασή τους. Αν και οι σημερινές θέσεις των παραδοσιακών εγκαταστάσεων δεν έχουν αλλάξει για πάνω από 150 χρόνια, γεγονός που υποδεικνύει ότι εμπειρικά καλύπτουν την βέλτιστη απόδοση, η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας πιθανά θα οδηγήσει στην ανάγκη μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών προς πιο αβαθή νερά ή άλλες θέσεις που θα καθορίζονται από τα νέα δεδομένα ρευματολογίας και υδροδυναμικής. Στις περιπτώσεις των σύγχρονων ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα μειώσει επίσης την λειτουργικότητα τους (διευκολύνσεις χειρισμών εξαλίευσης, συλλεκτική ικανότητα κτλ.).

Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο συνδυασμός έντονων καιρικών φαινομένων με τις κατασκευαστικές αδυναμίες του συστήματος των

ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων. Η εμπειρία δείχνει ότι οι φραγμοί είναι ευαίσθητοι σε έντονα καιρικά φαινόμενα που χαρακτηρίζονται από υψηλής ταχύτητας ανέμους με αποτέλεσμα συνήθως το σπάσιμό τους. Οι συνήθεις εκδηλώσεις τέτοιων φαινομένων εντοπίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο (10-12% του χρόνου του μήνα λαμβάνουν χώρα εντάσεις αέρα >43 Km/h), ενώ με μικρότερη συχνότητα εκδήλωσης (περίπου 5%) εμφανίζονται τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο περίοδος κατά την οποία λαμβάνεται το 50% της ετήσιας παραγωγής των λιμνοθαλασσών. Η αύξηση της συχνότητας ή και της έντασης την περίοδο αυτή θα έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις ως αποτέλεσμα αύξησης της πιθανότητας απώλειας σημαντικής ποσότητας αλιεύματος.

α2) Μεταβολές στην συλλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων

Πέραν των μεταβολών στην συλλεκτικότητα των ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων που ήδη περιγράφηκε παραπάνω, σε διάφορα άλλα αλιευτικά εργαλεία, τα οποία παραδοσιακά χρησιμοποιούνται και είναι αποτελεσματικά σε λιμνοθαλάσσια νερά διότι η χρήση τους συνδέεται με το βάθος του αλιευτικού πεδίου (πχ καμάκι, πυροφάνι), αναμένεται να μειωθεί η συλλεκτικότητά τους.

β) Αλλαγή της σύνθεσης ειδών του αλιεύματος

Η μετάπτωση της υπάρχουσας οικολογικής ζώνωσης σε χαμηλότερα επίπεδα η οποία αναμένεται να επέλθει από την μεγαλύτερη επίδραση της θάλασσας στα λιμνοθαλάσσια υποσυστήματα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θα αυξήσει το ποσοστό των παράκτιων ειδών στην παραγωγή των λιμνοθαλασσών.

γ) Εξομάλυνση της εποχικότητας της αλιευτικής παραγωγής

Η συνολική παραγωγή σήμερα παρουσιάζει έντονα εποχικό πρότυπο. Οι μεγαλύτερες παραγωγές καταγράφονται τους μήνες Οκτώβριο έως Νοέμβριο («χειμερινά είδη»), ως αποτέλεσμα κυρίως της μαζικής μετανάστευσης αναπαραγωγικά ώριμων και ανώριμων τριών ειδών κεφαλοειδών (μυξινάρι, βελάνισσα, λαυκίνος), της τσιπούρας και του λαβρακιού. Σημαντική επίσης είναι η συνεισφορά του χελιού αλλά και των ανώριμων ατόμων του κεφάλου και του γάστρου (Δημητρίου, 2007). Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας η οποία ενδέχεται να

αυξήσει τις προς την θάλασσα μεταναστεύσεις των «χειμερινών» ειδών τους καλοκαιρινούς μήνες (λόγω αντίξων θερμοκρασιακών συνθηκών) αλλά και την παραμονή στην λιμνοθάλασσα ανώριμων ατόμων των παραπάνω ειδών τους χειμερινούς μήνες. Αυτό σε συνδυασμό με την αύξηση του ποσοστού των παράκτιων ειδών στην παραγωγή που κατεξοχήν μεταναστεύουν τους καλοκαιρινούς και πρώτους φθινοπωρινούς μήνες, θα εξομαλύνει την εποχικότητα της παραγωγής με άμεσο αποτέλεσμα στην εποχική κατανομή των οικονομικών της αλιείας.

δ) Αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων

Σε μικρές κλίμακες χρόνου (ημέρων) αναμένεται να πιο έντονη μεταβλητότητα του ρυθμού συλλήψεων στις ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις με επίπτωση στην μείωση της δυνατότητας πρόβλεψης της παραγωγής και διάθεσης της, με την αντίστοιχη οικονομική επίπτωση.

ε) Μεταβολή της αλιευτικής παραγωγής ως αποτέλεσμα στρατολόγησης

Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας αν και θα προσφέρει μεγαλύτερες πιθανότητες προσέγγισης του γόνου και είσοδο και διασπορά του μέσα στην λιμνοθάλασσα, η συνοδευόμενη αύξηση του βάθους θα μειώσει το πλεονέκτημα προστασίας του γόνου από τους θηρευτές. Είναι προφανές ότι οι μεταβολές που θα επέλθουν στην παραγωγή και οι οποίες συνδέονται με την στρατολόγηση θα καθορισθούν από το ισοζύγιο της επιτυχούς προσέγγισης, εισόδου διασποράς και της δυνατότητας προστασίας γόνου από τους θηρευτές.

3.3.4 Οικονομικές επιπτώσεις

α) Ανάγκη ενίσχυσης ή μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών και μεταβολές στην συλλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων

α1. Οι οικονομικές επιπτώσεις αφορούν στα κόστη ενίσχυσης ή μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων, ενώ η μείωση της συλλεκτικής ικανότητας άλλων εργαλείων πιθανά θα οδηγήσει στην κατάργηση τους.

α2. Οικονομικές επιπτώσεις αποτέλεσμα αύξησης πιθανότητας απώλειας αλιεύματος λόγω έντονων καιρικών φαινομένων

β) Αλλαγή της σύνθεσης ειδών του αλιεύματος και μείωση της απόδοσης ανά μονάδα βιομάζας.

Η μετάπτωση της υπάρχουσας οικολογικής ζώνωσης σε χαμηλότερα επίπεδα η οποία αναμένεται να επέλθει από την μεγαλύτερη επίδραση της θάλασσας στα λιμνοθαλάσσια υποσυστήματα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θα αυξήσει το ποσοστό των παράκτιων ειδών στην παραγωγή των λιμνοθαλασσών. Σε αυτή την περίπτωση αναμένεται μείωση της κατά μονάδα βιομάζας των οικονομικών απολαβών των αλιέων δεδομένου ότι η πλειονότητα των ειδών αυτών θα είναι μικρά σε μέγεθος και στις περισσότερες φορές εκτός των νόμιμων μεγεθών εμπόρευσής τους (Τσακίρης κ.α., 2009).

γ) Εξομάλυνση της εποχικότητας της αλιευτικής παραγωγής

Η εξομάλυνση της εποχικότητας της παραγωγής θα έχει με άμεσο αποτέλεσμα στην εποχική κατανομή των οικονομικών της αλιείας. Από την άλλη ανάλογα με το ποσοστό της καλοκαιρινής εξόδου ή παραμονής τους χειμερινούς μήνες στην λιμνοθάλασσα, η επίδραση στην οικονομική συνιστώσα θα είναι θετική ή αρνητική. Στην περίπτωση που λάβει χώρα μεγαλύτερο ποσοστό μετανάστευσης τους καλοκαιρινούς μήνες η οικονομική επίπτωση θα είναι αρνητική λόγω του ότι τα άτομα ψαριών κατά κανόνα θα έχουν εκμεταλλευτεί για αύξηση της βιομάζας την λιμνοθάλασσα μικρότερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τη παραμονή τους μέχρι το

τέλος της περιόδου. Από την άλλη εάν το ποσοστό των ατόμων που παραμένουν μέχρι τους τελευταίους χειμερινούς μήνες ή ακόμα για δεύτερη περίοδο στην λιμνοθάλασσα εκμεταλλεόμενα την λιμνοθάλασσα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για αύξηση της βιομάζας, θα έχει θετική επίπτωση στην οικονομική συνιστώσα της αλιευτικής εκμετάλλευσης (Τσακίρης κ.α., 2009).

δ) Μείωση της αλιευτική παραγωγής

Με την μετάπτωση των ζωνών αποκλεισμού αναμένεται εγκατάσταση μεγαλύτερων πληθυσμών περιστασιακών ειδών παράκτιας διαβίωσης τα οποία σήμερα εγκαθιστούνται κυρίως στην ζώνη II και III της κεντρικής λιμνοθάλασσας και αύξηση της βιοποικιλότητας. Η μετάπτωση αυτή συνοδεύεται με μείωση της συνολικής πρωτογενούς παραγωγικότητας (φυτοπλαγκτόν) και κατά συνέπεια την μείωση των ποσοτήτων των πληθυσμών των διάδρομων ειδών χαμηλού τροφικού επιπέδου (κεφαλοειδών)(Τσακίρης κ.α., 2009).

Από την άλλη ανάλογα με το ισοζύγιο της επιτυχούς προσέγγισης, εισόδου διασποράς και της δυνατότητας προστασίας γόνου από τους θηρευτές θα επέλθουν θετικές ή αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις οι οποίες συνδέονται με την στρατολόγηση. Συνοπτικά οι επιπτώσεις στις ιχθυοκοινωνίες αποτυπώνονται στον πίνακα 6.

Οικολογικές	Αλιευτικής δραστηριότητας	Οικονομικές
α) μετάπτωση οικολογικών ζωνών Ταση για θαλασσοποίησης των περιοχών, αλλαγή στην σύνθεση της ιχθυοπανίδας, αύξηση παράκτιων ειδών, μείωση της πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγικότητας	αι) Ανάγκη ενίσχυσης ή μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών αι) μεταβολές στην συλλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων	Οικονομικές απώλειες για την βελτίωση και προσαρμογή των αλιευτικών εργαλείων
β) αλλοίωση των παράκτιων περιμετρικών μικρο-υδροβιότοπων Μείωση των ιδιαίτερων υδροβιότοπων, αρνητική επίπτωση στην βιοποικιλότητα	β) αλλαγή της σύνθεσης ειδών του αλιεύματος	Μείωση εσόδων ανά μονάδα βιομάζας λόγω αύξησης του ποσοστού νεαρών ατόμων ειδών παράκτιας διαβίωσης
γ) περιορισμός της υπάρχουσας έκτασης των γλυκών νερών μείωση των βιότοπων των ψαριών γλυκών νερών	γ) εξομάλυνση της εποχικότητας της αλιευτικής παραγωγής	Εξομάλυνση της εποχικότητας των οικονομικών της αλιείας
δ) δημιουργία νέων υδροβιότοπων στις κατακλύζουσες περιοχές Αύξηση ιδιαίτερων υδροβιότοπων, νεες περιοχές με ρόλο nursery ground	δ) αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων	Αύξηση της πιθανότητας απώλειας αλιεύματος είτε λόγω μετατόπισης της έναρξης της προς την θάλασσα μετανάστευση, είτε λόγω της αύξησης της πιθανότητας καταστροφής των εγκαταστάσεων αποτέλεσμα αύξησης της συχνότητας των έντονων καιρικών φαινομένων
ε) εξομάλυνση της έντονης εποχικότητας των μετακινήσεων	ε) Μεταβολή της αλιευτικής παραγωγής ως αποτέλεσμα στρατολόγησης	Μείωση της δυνατότητας πρόβλεψης της παραγωγής σε μικρά χρονικά διαστήματα λόγω αυξημένης μεταβλητότητας στις συλληψεις συνέπεια έντονων καιρικών φαινομένων
στ) Πιθανή μετατόπιση της έναρξης των προς την θάλασσα μεταναστεύσεων	στ) αύξηση της πιθανότητας καταστροφής των φραγμών	Μείωση του συνολικών εσόδων αλιείας αποτέλεσμα της αύξησης της ποσότητας των παρακτιων και μείωσης των διάδρομων ειδών ψαριών.
ζ) αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων	ζ) Μείωση της παραγωγής των διαδρομων ειδών και αύξηση των παρακτιων ειδών	Θετική συνεισφορά στο σύνολο των εσόδων η ενταξη στο λιμνοθαλάσσιο σύστημα και στην αλιευτική εκμετάλλευση των νεοπλημυριζόμενων περιοχών
η) αλλαγή ρευματολογίας και υδροδυναμικής και τροποποίηση προσέγγισης και διασποράς του γόνου	η) οι κατακλύζουσες περιοχές θα συνεισφέρουν θετικά την παραγωγή της λιμνοθάλασσας ως αποτέλεσμα αύξησης της έκτασης της αλλά και μεταφοράς σε αυτές της ηφιστάμενης οικολογικής ζώνωσης	
θ) Μείωση του πλειονεκτήματος προστασίας από θηρευτές		

Πίνακας 6: Επιπτώσεις στις ιχθυοκοινωνίες της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου- Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).

3.3.5 Στις νεοπλημμυριζόμενες περιοχές

Σύμφωνα με τους Τσακίρης κ.α. (2009) τα παραπάνω αποτελούν επιπτώσεις στην υπάρχουσα λιμνοθαλάσσια δομή όπως αυτή έχει οροθετηθεί γεωμορφολογικά από τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Η αύξηση της στάθμης του νερού όμως θα έχει ως αποτέλεσμα τον επαναπλημμυρισμό περιοχών οι περισσότερες από τις οποίες πριν τις παραπάνω επεμβάσεις ήταν τμήμα της λιμνοθάλασσας. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι στην σημερινή «λιμνοθάλασσα» θα μειωθεί ο οικολογικός της ρόλος ως nursery ground, και ο ρόλος αυτός μεταφέρεται στα ενδότερα επαναπλημμυρισμένα τμήματα του προ του 70 υδροβιότοπου. Επίσης στα ενδότερα θα μεταφερθούν και τα ιδιαίτερα μικροοικοσυστήματα τα οποία είναι επίσης υψηλής οικολογικής σημασίας. Οι νέες περιοχές ουσιαστικά θα αποτελέσουν την μετατόπιση της υπάρχουσας οικολογικής ζώνωσης προς τα ενδότερα ενώ θα προσαρτήσουν εκτάσεις από τις παράκτιες καλλιεργούμενες εκτάσεις με συνέπεια την αύξηση της λιμνοθαλάσσιας έκτασης. Οπότε σε ένα σενάριο που βασίζεται στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας είναι προφανές ότι ο οικολογικός ρόλος του σημερινού υδροβιότοπου θα διατηρηθεί μόνο με την ενσωμάτωση σε αυτόν των πλημμυριζόμενων περιοχών ή σημαντικό μέρος αυτών.

3.3.6 Επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις βιογεωχημικές διεργασίες

Οι γεωχημικές εργασίες που επηρεάζονται άμεσα ή έμμεσα από οργανισμούς, π.χ. η έντονη βιολογική δραστηριότητα οδηγούν στην αύξηση του οργανικού άνθρακα στα ιζήματα. Η οξείδωση του οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου με δυσμενείς επιπτώσεις στους οργανισμούς.

Η θολότητα των νερών λόγω διάβρωσης των ακτών οδηγεί σε αναστολή της φωτοσύνθεσης στο νερό και έλλειψη τροφής στη βάση της τροφικής αλυσίδας. Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε συνθήκες κορεσμού ορισμένων στοιχείων π.χ. Ca και καταβύθιση τους, με αποτέλεσμα να κλείνουν οι πόροι του ιζήματος και να δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες. Επιπλέον οι οργανισμοί που χρειάζονται το Ca

για την κατασκευή του σκελετού τους υποφέρουν και συμπιέζονται από την έλλειψη ασβεστίου (Τσακίρης κ.α., 2009).

i. Οργανικός Άνθρακας

Η παρουσία του οργανικού υλικού στα ιζήματα παίζει σημαντικό ρόλο στις βιογεωχημικές διεργασίες στην ενσωμάτωση ή την απελευθέρωση τοξικών μετάλλων. Η κατανάλωση οξυγόνου για την οξείδωση του οργανικού υλικού οδηγεί σε μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο, με δυσμενείς επιπτώσεις στους οργανισμούς (Τσακίρης κ.α., 2009).

Η ανομοιογένεια της λιθολογικής σύστασης των ιζημάτων των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού έχει ως αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα να έχουν ένα σημαντικό εύρος. Βρέθηκαν τιμές οργανικού άνθρακα στις ξέβαθες περιοχές μεταξύ 6,9 και 4,4% και στις βαθιές περιοχές 0,7 – 1,2% (Τσακίρης κ.α., 2009).

Το χαμηλό δυναμικό οξειδοαναγωγής που επικρατεί στα ιζήματα των λιμνοθαλασσών, με αυξημένο οργανικό υλικό οδηγεί στην αναγωγή των SO_4^- με αποτέλεσμα το σχηματισμό θειούχων ενώσεων. Η διεργασία αυτή στην πραγματικότητα αποτελεί ένα «εργοστάσιο» εμπλουτισμού των ιζημάτων με μέταλλα με την μορφή FeS_2 , CuS , ZnS κ.ά. Ο σιδηροπυρίτης ο οποίος σχηματίζεται εμπλουτίζεται στη συνέχεια περαιτέρω με τοξικά μέταλλα όπως Cd , Pb , As κ.ά.

Από την άλλη μεριά σε περιοχές όπου επικρατούν οξειδωτικές συνθήκες με την οξείδωση του οργανικού υλικού, τοξικά μέταλλα, όπως Cd , Pb , As , Cr , Ni κ.ά. που βρίσκονται ενσωματωμένα στα ιζήματα αποδεσμεύονται στην υδατική μορφή. Έτσι προσλαμβάνονται από τους οργανισμούς και εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα.

Με την απότομη αύξηση της παρουσία του οξυγόνου είτε με την είσοδο γλυκού νερού είτε με την έντονη κυκλοφορία των νερών επέρχεται οξείδωση του σιδηροπυρίτη η οποία οδηγεί στην αποδέσμευση των τοξικών μετάλλων στο νερό.

Επομένως το ευαίσθητο σύστημα των λιμνοθαλασσών αυτών, με την έντονη παρουσία οργανικού υλικού, τα ιδιαίτερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά όπως: ξέβαθες περιοχές, βαθύτερες περιοχές, εγκλωβισμός νερών ανοξικές συνθήκες, με τις βιογεωλογικές ανακατατάξεις λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας θα υποστεί σοβαρές αλλαγές. Ο βαθμός δυσμενούς επίδρασης των αλλαγών αυτών θα εξαρτηθεί από το πόσο βαθμιαία ή απότομα θα γίνουν αυτές οι αλλαγές και κατά πόσον οι οργανισμοί θα έχουν το βιολογικό χρόνο να προσαρμοσθούν στις νέες βιογεωχημικές συνθήκες.

ii. Αιωρούμενο Υλικό

Το αιωρούμενο υλικό στις λιμνοθάλασσες Μεσολογίου - Αιτωλικού παίζει σημαντικό ρόλο στην τύχη των τοξικών μετάλλων αλλά και στη λειτουργία των βιολογικών διεργασιών.

Η κανονική κατανομή του αιωρούμενου υλικού προϋποθέτει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο επιφανειακό στρώμα του νερού, μικρές συγκεντρώσεις στα ενδιάμεσα στρώματα και μεγάλες επίσης συγκεντρώσεις στα νερά βάθους λόγω επανααιώρησης .

Ο έμβιος λιμνοθαλάσσιος κόσμος είναι προσαρμοσμένος να διαβεί υπό τις συνθήκες αυτές.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας με την παράκτια διάβρωση αναμένεται να επιφέρει σημαντικές μεταβολές στις συνθήκες που επηρεάζουν την γεωγραφική και κατακόρυφη κατανομή του αιωρούμενου υλικού. Αν λάβει κανείς υπόψη το γεγονός ότι το αιωρούμενο υλικό επηρεάζει τη θολότητα του νερού και κατ' επέκταση τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης οι μεταβολές αυτές θα επηρεάσουν δυσμενώς σε μεγάλο βαθμό τους οργανισμούς και η συμβολή των μεταβολών του αιωρούμενου υλικού στη διαταραχή των βιολογικών λειτουργιών θα είναι σημαντική.

Η αποσάθρωση των ακτών θα οδηγήσει σε αύξηση της εισόδου αιωρούμενου υλικού στο υδατικό σύστημα και η τύχη του και επίδρασή του σ' αυτό θα εξαρτηθεί

από τα φυσικά και γεωχημικά χαρακτηριστικά των παρακτίων ιζημάτων το βαθμό και ρυθμό ανόδου της στάθμης της θάλασσας, την κυκλοφορία των νερών, την παρουσία ρύπων, τη φύση των ρύπων κ.ά.

Πρέπει να ληφθούν εδώ υπόψη οι αγροτικές δραστηριότητες στη γύρω περιοχή και ο εμπλουτισμός των εδαφών με ρύπους συνδεδεμένους με τις καλλιέργειες.

Η ενδεχόμενη αποσάθρωση χονδρόκοκκου υλικού από τη γύρω περιοχή θα οδηγήσει σε κατακύλιση υλικών στον πυθμένα με αποτέλεσμα την επανααιώρηση των ιζημάτων. Η διεργασία αυτή θα αυξήσει το πάχος του νεφελοειδούς στρώματος στα βαθύτερα τμήματα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού που έχει αρκετό βάθος.

Η επανααιώρηση ιζημάτων του πυθμένα θα μεταφέρει ρύπους, στην υδάτινη μάζα από τον πυθμένα.

iii. Αποδέσμευση τοξικών μετάλλων από το αιωρούμενο υλικό

Η μετακίνηση του αιωρούμενου υλικού από το ένα μικροπεριβάλλον στο άλλο οδηγεί σε μετακινήσεις τοξικών μετάλλων από τη στερεά στη διαλυμένη μορφή και αντιστρόφως.

Οι ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στα βαθύτερα στρώματα των λιμνοθαλασσών (π.χ. Αιτωλικού) έχουν ως αποτέλεσμα την αποδέσμευση των τοξικών μετάλλων αμέσως μετά την είσοδο του αιωρούμενου υλικού στο περιβάλλον αυτό. Αυτό οφείλεται στην αναγωγή των οξειδίων σιδήρου και Μαγγανίου στα οποία βρίσκονται ενσωματωμένα τα τοξικά μέταλλα π.χ. Cd, Pb, As, Cr, Ni κ.ά.

Με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας οι μεγάλες ποσότητες αιωρούμενου υλικού που θα καταλήγουν στο ανοξικό τμήμα των λιμνοθαλασσών λόγω αποσάθρωσης και από άλλες πηγές θα υφίσταται τις διεργασίες της αναγωγής με το πιο πάνω αποτέλεσμα. Ένα μέρος των τοξικών μετάλλων, τη παρουσία του H₂S, μπορεί να ενσωματώνεται και πάλι στα ιζήματα με τη μορφή θειούχων ενώσεων,. Ένα άλλο μέρος όμως θα παραμείνει στη διαλυμένη μορφή και θα μεταφέρεται με

τις μετακινήσεις του νερού στο τμήμα των λιμνοθαλασσών με το οξικό περιβάλλον. Εκεί θα αυξάνεται η πιθανότητα να μπου στην τροφική αλυσίδα λόγω μεγάλης συγκέντρωσής τους σε διαλυμένη μορφή.

Επομένως με την μετακίνηση των νερών της λιμνοθάλασσας στον Πατραϊκό κόλπο μεγαλύτερες ποσότητες τοξικών μετάλλων σε διαλυμένη μορφή θα μεταφέρονται στον Πατραϊκό.

Είναι φανερό λοιπόν ότι η διαταραχή της φυσικής ισορροπίας στις λιμνοθάλασσες και ο εμπλουτισμός τους σε τοξικά μέταλλα σε διαλυμένη μορφή θα επηρεάσει σημαντικά και τον Πατραϊκό κόλπο. Κρίσιμος επομένως σ' αυτή τη διεργασία είναι ο ρόλος των ανοξικών συνθηκών που επικρατούν σε μεγάλο πάχος της υδάτινης μάζας στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού.

iv. Θερμοκρασία

Είναι φανερό ότι η επερχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας των υδατικών συστημάτων λόγω των παγκόσμιων κλιματικών αλλαγών θα έχει ιδιαίτερα δυσμενείς επιπτώσεις, ιδιαίτερα στις ξέβαθες περιοχές των λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου – Αιτωλικού.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω εξάτμισης και κατ' επέκταση συμπύκνωσης των συστατικών του νερού συμπεριλαμβανομένων των SO_4^{2-} και Ca , σχηματίζεται γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), η οποία δημιουργεί ένα λεπτό στρώμα στα ιζήματα του πυθμένα. Αυτό κλείνει τους πόρους του ιζήματος με αποτέλεσμα να μην κυκλοφορεί το οξυγονωμένο νερό στο ίζημα του πορώδους, και να παραμένει ανοξειδωτο το οργανικό υλικό. Επομένως στα ιζήματα δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες με δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δημιουργία τοξικών αερίων π.χ. H_2S CH_4 , κ.ά. Σημειώνεται ότι οι μεταβολές της αλατότητας θα επηρεάσουν σημαντικά τους οργανισμούς.

v. Ανθρακικό Ασβέστιο – pH

Η μέση συγκέντρωση του CaCO_3 στα ιζήματα των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού είναι 44%. Το CaCO_3 τείνει να αυξηθεί προς τις βαθύτερες περιοχές και με την απόσταση από την ανοικτή θάλασσα. Οι μεγαλύτερες τιμές φτάνουν το 63,7% και η μικρότερη τιμή το 28,4% (Τσακίρης κ.α., 2009).

Είναι γνωστό ότι σε περιοχές διάλυσης του CaCO_3 παρατηρείται αύξηση του pH. Επομένως κατά τις ανακατατάξεις των ιζημάτων / αιωρούμενου υλικού λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας η τυχόν είσοδος ανθρακικού αιωρούμενου υλικού σε περιοχές μειωμένου pH θα οδηγήσει σε διάλυση του CaCO_3 . Αυτό θα δημιουργήσει στη συνέχεια πλέον αλκαλικό περιβάλλον με ευνοϊκά αποτελέσματα. γιατί ένα τέτοιο περιβάλλον ευνοεί την ενσωμάτωση των μετάλλων στη στερεή φάση. Έτσι μειώνεται η πιθανότητα εισόδου τους στην τροφική αλυσίδα.

vi. Μεταβολές του pH στο θαλάσσιο περιβάλλον λόγω αύξησης του CO_2 στην ατμόσφαιρα

Μελέτες έδειξαν ότι η αύξηση του CO_2 στην ατμόσφαιρα λόγω της καύσης των ορυκτών ανθράκων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του pH στο θαλάσσιο νερό κατά 0,7 μονάδες.

Το μεγαλύτερο μέρος CO_2 που παράγεται στην ατμόσφαιρα από την καύση των ορυκτών ανθράκων απορροφάτε στο θαλάσσιο νερό με δυσμενείς επιδράσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς. Υπολογισμοί έχουν δείξει ότι στους επόμενους αιώνες λόγω αυτού του φαινομένου θα προκύψει αισθητή μείωση του pH του θαλάσσιου νερού. Θαλάσσιοι οργανισμοί που θα υποστούν δυσμενείς επιπτώσεις θα είναι οι εξής: Κοραλλιογενείς ύφαλοι, ασβεστιτικό πλαγκτόν, άλλοι οργανισμοί με σκελετό ή κέλυφος ασβεστιτικό. Οι πλέον ευαίσθητοι οργανισμοί στις μεταβολές του pH θα είναι αυτοί που βρίσκονται σε βαθιά νερά.

Συμπερασματικά υπολογίζεται ότι στους επόμενους αιώνες θα υπάρξουν μεγαλύτερες μειώσεις του pH των θαλασσών λόγω ανθρωπογενούς εκπομπής CO_2 στην ατμόσφαιρα συγκριτικά με τα προηγούμενα 300 εκατομμύρια χρόνια (Τσακίρης κ.α., 2009).

