



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.)

«ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΛΙΕΙΑ - ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός και ανάπτυξη ιστοτόπου για την συγκριτική καταγραφή των οικοσυστημικών δεδομένων του συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού και προσδιορισμός των κύριων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που απειλούν την βιοποικιλότητα τους

Ζαΐμης Περικλής

A.M.: 50004

Επιβλέπων

Γαρμπής Αριστογιάννης

Ι.Π. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ 2021

Σχεδιασμός και ανάπτυξη ιστοτόπου για την συγκριτική καταγραφή των οικοσυστημικών δεδομένων του συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού και προσδιορισμός των κύριων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που απειλούν την βιοποικιλότητα τους

Website design and development for the comparative recording of ecosystem data of the Messolonghi-Aetoliko lagoon complex and identification of the main effects of climate change that threaten their biodiversity

Εξεταστική Επιτροπή

Γαρμπής Αριστογιάννης, Καθηγητής, (Επιβλέπων)

Μπαταργιάς Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Βιδάλης Κοσμάς, Καθηγητής

Περιεχόμενα

Εισαγωγή/ Abstract.....	8
1. Κλιματική αλλαγή.....	9
1.1 Ορισμός κλιματικής αλλαγής	9
1.2 Αίτια.....	11
1.3 Επιπτώσεις.....	12
2. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδάτινα συστήματα.....	16
2.1 Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας.....	18
2.1.1 Ζητήματα παροχής γλυκού νερού	19
2.1.2 Αλλαγή οικοσυστημάτων και καιρού	21
2.1.3 Οξίνιση Ωκεανών.....	24
2.2 Επίδραση στους αβιοτικούς παράγοντες.....	28
2.2.1 Θερμοκρασία (Temperature).....	28
2.2.2 Αγωγιμότητα (Conductivity-ECw) - Αλατότητα (Salinity).....	28
2.2.3 Ενεργός Οξύτης pH-Eh	28
2.2.4 Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	29
2.2.5 Θολότητα (Turbidity).....	30
2.2.6 Ενώσεις του αζώτου (N).....	30
2.2.7 Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία	31
2.2.8 Συμπέρασμα για τους αβιοτικούς παράγοντες	33
2.2.9 Επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας – Συμπεράσματα	33
2.3 Επίδραση στους βιοτικούς παράγοντες.....	37
2.3.1 Φυτοπλαγκτόν.....	37
2.3.2 Ζωοπλαγκτόν.....	38
2.3.3 Βένθος (Φυτο-ζωοβένθος).....	38

2.3.4 Ιχθυοπανίδα	39
3. Η περίπτωση του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού	42
3.1 Λιμνοθάλασσα συστήματα	42
3.2 Ο οικολογικός ρόλος της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου- Αιτωλικού στον κύκλο ζωής ιχθύων.....	45
3.2.1 Μεταναστευτικές κινήσεις ψαριών	47
3.3 Υφιστάμενα δεδομένα για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή	51
3.3.1 Κλιματική αλλαγή και επιπτώσεις στην ιχθυοπανίδα	51
3.3.2 Οικολογικές επιπτώσεις.....	51
3.3.3. Επιπτώσεις στην αλιευτική δραστηριότητα	56
3.3.4 Οικονομικές επιπτώσεις	59
3.3.5 Στις νεοπλημμυριζόμενες περιοχές	61
3.3.6 Επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις βιογεωχημικές διεργασίες	62
4 Σχεδιασμός και ανάπτυξη του ιστότοπου.....	97
3.4.1 Μόνιμη κατάκλυση από άνοδο στάθμης θάλασσας.....	99
3.4.2 Μεταβολές απορροών υδροδοτούσας λεκάνης	99
3.4.3 Επιπτώσεις στην αλατότητα του νερού	99
3.4.4 Οικολογικές επιπτώσεις, οικονομικές και επιπτώσεις στην αλιευτική δραστηριότητα.....	100
3.4.5 Επιπτώσεις στις βιογεωχημικές διεργασίες της λιμνοθάλασσας	102
6 Συμπεράσματα	98
6.1 Μόνιμη κατάκλυση από άνοδο στάθμης θάλασσας.....	98
6.2 Μεταβολές απορροών υδροδοτούσας λεκάνης.....	98
6.3 Επιπτώσεις στην αλατότητα του νερού.....	98

6.4 Οικολογικές επιπτώσεις, οικονομικές και επιπτώσεις στην αλιευτική δραστηριότητα..99	
6.5 Επιπτώσεις στις βιογεωχημικές διεργασίες της λιμνοθάλασσας.....101	
6.6 Προτάσεις..... 102	
Συμπεράσματα Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Βιβλιογραφία 103	

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Περιγραφικά στατιστικά των ποιοτικών παραμέτρων του νερού λιμνοθάλασσας Κλείσοβα (Λεμέσιος, 2008).....	31
Πίνακας 2: Σενάριο μεταβολής αλατότητας στις έξι λιμνοθάλασσες λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (Τσακίρης κ.α., 2009).....	36
Πίνακας 3: Οικολογικές ζώνες λιμνοθαλασσών (Τσακίρης κ.α., 2009).....	39
Πίνακας 4: Οικογένειες, είδη, κοινά ονόματα, οικολογικά χαρακτηριστικά των καταγεγραμμένων ψαριών που αλιεύθηκαν στις Λιμνοθάλασσες Μεσολογίου, Αιτωλικού (ΘΑ=θαλάσσια, ΥΦ=υφάλμυρα, ΜΕΣ= Μεσολόγγι, ΑΙΤ= Αιτωλικό, ΥΠΕΡ=Υπεραλμύρα, ΙΧΘ= ιχθυοσυλληπτικές) (Λεονάρδος κ.α., 2000).....	40
Πίνακας 5: Περίοδος εμφάνισης στις ακτές των ιχθυδίων των εμπορικών ειδών ψαριών της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).....	47
Πίνακας 6: Επιπτώσεις στις ιχθυοκοινωνίες της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου- Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).....	60

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ανά τομέα (World Resources Institute, 2017).....	15
Εικόνα 2: Χαρακτηριστικοί βιότοποι περιμετρικά του λιμνοθαλάσσιου συμπλέγματος Μεσολογίου- Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).....	48
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).....	51
Εικόνα 4: Σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (CMS)(Γαρμπής 2020).....	67

<i>Εικόνα 5: Διαθέσιμες εκδόσεις του XAMPP για Windows, Linux και OS X (Macintosh Apple)(Γαρμπής 2020).....</i>	<i>75</i>
<i>Εικόνα 6: Κατέβασμα του XAMPP (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>76</i>
<i>Εικόνα 7: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 1 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>77</i>
<i>Εικόνα 8: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 2 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>77</i>
<i>Εικόνα 9: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 3 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>78</i>
<i>Εικόνα 10: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 4 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>78</i>
<i>Εικόνα 11: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 5 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>79</i>
<i>Εικόνα 12: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 6 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>79</i>
<i>Εικόνα 13: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 7 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>80</i>
<i>Εικόνα 14: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 8 (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>80</i>
<i>Εικόνα 15: Αρχική εικόνα ιστοσελίδας Word Press (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>81</i>
<i>Εικόνα 16: Αρχείο zip Word Press (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>82</i>
<i>Εικόνα 17: Μεταφορά φακέλου word press στο htdocs του XAMPP (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>82</i>
<i>Εικόνα 18: Μετονομασία του φακέλου word press σε ebar (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>83</i>
<i>Εικόνα 19: Προσθήκη λογαριασμού χρήστη στην database (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>84</i>
<i>Εικόνα 20: Δικαιώματα χρήστη στην database (Γαρμπής 2020).....</i>	<i>84</i>
<i>Εικόνα 21: Αρχείο wp-config-sample.php (Γαρμπής 2020).</i>	
<i>Εικόνα 22: Αρχείο wp-config.php (Γαρμπής 2020).</i>	
<i>Εικόνα 23: Apache – αντιγραφή αρχείου ebar.</i>	
<i>Εικόνα 24: Word Press – setup wizard (Γαρμπής 2020).</i>	
<i>Εικόνα 25: Word Press – επιλογή γλώσσας για δίγλωσσο site (Γαρμπής 2020).</i>	
<i>Εικόνα 26: Word Press – απαιτούμενες πληροφορίες εισόδου (Γαρμπής 2020).</i>	

Εικόνα 27: Word Press – εγκατάσταση με επιτυχία (Γαρμπής 2020).

Εικόνα 28: Κεντρική σελίδα ιστοσελίδας (Γαρμπής 2020).

Εικόνα 29: Κεντρική σελίδα ιστότοπου (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 30: Κεντρική σελίδα ιστότοπου αγγλική έκδοση (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 31: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για το εργαστήριο (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 32: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για τα στελέχη (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 33: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για την έρευνα (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 34: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για το εργαστήριο στα Αγγλικά (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 35: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για τα στελέχη στα Αγγλικά (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 36: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για την έρευνα στα Αγγλικά (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).

Εικόνα 37: Dashboard – διαχειριστικό περιβάλλον ιστοτόπου.

Εικόνα 38: Dashboard – Υποιστότοποι.

Εικόνα 39: Dashboard – Template -Θέμα.

Εικόνα 40: Dashboard – Περιβάλλον Διαχείρισης Administrator -Editor.

Εισαγωγή

Το σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της Στερεάς Ελλάδας, εκεί όπου ο Πατραϊκός Κόλπος συναντά το Ιόνιο Πέλαγος και εκβάλλουν οι ποταμοί Εύηνος και Αχελώος. Η λιμνοθάλασσα Μεσολογίου - Αιτωλικού είναι η μεγαλύτερη της χώρας μας και από τις μεγαλύτερες της Μεσογείου. Αποτελεί, έναν από τους πλουσιότερους υγρότοπους της Ευρώπης, τόσο σε αριθμό ειδών, όσο και σε πληθυσμό. Ακόμα διακρίνονται ποτάμιες και παραποτάμιες περιοχές, λιμνοθάλασσες, γλυκόβαλτοι, αλμυρόβαλτοι, λασποτόπια, υδροχαρή δάση. Προστατεύεται από την Σύμβαση Ramsar και από το πανευρωπαϊκό δίκτυο προστασίας των ειδών και των ενδιαιτημάτων τους Natura 2000.

Η μεταβολή του παγκοσμίου κλίματος επηρεάζει τα υδάτινα συστήματα με πολλούς τρόπους. Η επίδρασή της στους αβιοτικούς παράγοντες μπορεί με την σειρά της να επιφέρει αλλαγές στην βιοποικιλότητα των συστημάτων αυτών. Δυστυχώς δεν υπάρχουν οι κατάλληλες δημοσιεύσεις ώστε να έχουμε καθαρή εικόνα των επιπτώσεων στην βιοποικιλότητα.

Το αποτέλεσμα της έρευνας δημοσιεύθηκε στον κατάλληλο ιστότοπό που δημιουργήθηκε για τον σκοπό αυτό .

Abstract

The Messolonghi-Aetoliko lagoon complex is located at the southwestern tip of Central Greece, where the Gulf of Patras meets the Ionian Sea and flows into the rivers Evinos and Acheloos. The lagoon of Messolonghi - Aetoliko is the largest in our country and one of the largest in the Mediterranean. It is one of the richest wetlands in Europe, both in number of species and in population. There are also rivers and riparian areas, lagoons, sweet marshes, salt marshes, mudflats, water forests. It is protected by the Ramsar Convention and the pan-European Natura 2000 species and habitat protection network.

Global climate change is affecting water systems in many ways. Its effect on abiotic agents can in turn bring about changes in the biodiversity of these systems. Unfortunately, there are not enough publications to have a clear picture of the impact on biodiversity.

The result of the research was published on the appropriate website created for this purpose.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού. Το σύμπλεγμα των λιμνοθαλασσών αυτών αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα συμπλέγματα της Ελλάδας ειδικότερα και της Μεσογείου γενικότερα και βρίσκεται σε καθεστώς προστασίας(NATURA2000). Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, αρχικά κρίθηκε απαραίτητη η καταγραφή και η ανάλυση της υφιστάμενης σχετικής βιβλιογραφίας, όπως αυτή παρουσιάζεται στην βιβλιογραφική βάση δεδομένων(SCOPUS). Έπειτα, σημαντική κρίθηκε εξίσου η υπογράμμιση του ελλείμματος στην βιβλιογραφία σχετικά με την περίπτωση του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού και τέλος η προσπάθεια δημιουργίας προτάσεων για την παρακολούθηση και την προστασία, με βάση τα εξαγόμενα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν αποτέλεσμα εντοπισμού, κατηγοριοποίησης των υφιστάμενων δημοσιευμένων δεδομένων.

1. Κλιματική αλλαγή

1.1 Ορισμός κλιματικής αλλαγής

Ο όρος «κλιματική αλλαγή» χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει οποιαδήποτε διακύμανση ή αλλαγή στα κλιματικά χαρακτηριστικά του πλανήτη μας. Ειδικότερα, αφορά την μεταβολή, συστηματική ή σταδιακή, σε στοιχεία του κλίματος καθολικά σε περιοχές της γης ή σε ολόκληρο τον πλανήτη που διαρκεί και διατηρείται σε μεγάλη χρονική περίοδο (Benson, 2008). Η κλιματική αλλαγή μπορεί εξίσου να χαρακτηριστεί ως η μεταβολή του καιρού που αφορά συγκεκριμένα την ένταση των καιρικών φαινομένων. Παράλληλα, οι μακροπρόθεσμες αυτές αλλαγές στις παγκόσμιες καιρικές συνθήκες σχετίζονται κυρίως με την αύξηση της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης και της δραστηριότητας καταιγίδας, με χαρακτηριστικά όπως πολύ θερμά καλοκαίρια, ξηρασία και αδιάκοπες βροχές με απόρροια αυτών οι συχνές πλημμύρες (Benson, 2008).

Τα αίτια της κλιματικής αλλαγής αποδίδονται αρχικά σε φυσικές εσωτερικές διεργασίες ή σε εξωτερικές δυνάμεις. Βασικό αίτιο της όμως στο οποίο αποδίδεται και η ραγδαία αλλαγή των τελευταίων 100 χρόνων είναι η ανθρωπογενής παρέμβαση στη σύνθεση

της ατμόσφαιρας και στη χρήση της γης (VijayavenkataRaman *et al.*, 2012). Η έμφαση των επιστημόνων και των ατόμων στην κλιματική αλλαγή στηρίζεται στο γεγονός πως η ίδια αποτελεί τον σημαντικότερο παγκόσμιο περιβαλλοντικό κίνδυνο, ο οποίος αν δεν ανατραπεί θα προκαλέσει αρνητικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις σε όλο τον πλανήτη. Συνοπτικά, μερικές από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη που θα απειλήσει με αφανισμό αρκετούς ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, η αύξηση της οξύτητας των υδάτων, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων με διαφορετική επίδραση στις διάφορες περιοχές του πλανήτη.

1.2 Αίτια

Η αύξηση των επιπέδων των αερίων του θερμοκηπίου, ο ορισμός των οποίων θα αναλυθεί παρακάτω, αποτελεί την πρώτη αιτία της κλιματικής αλλαγής, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε περαιτέρω θέρμανση, η οποία, με τη σειρά της, θα μπορούσε να έχει αντίκτυπο στο κλίμα του κόσμου, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα φαύλο κύκλο (VijayavenkataRaman *et al.*, 2012). Συνεχίζοντας, η κλιματική αλλαγή μπορεί επίσης να προκαλείται από έναν ενδογενή φυσικό εξαναγκασμό, που εμφανίζεται ως αλλαγές στις τροχιακές μεταβλητές της Γης, ή ηλιακές εκπομπές και άλλες φυσικές εσωτερικές διαδικασίες του κλιματικού συστήματος της Γης (Benson, 2008). Οι δύο παραπάνω βασικές αιτίες θα παρουσιαστούν στη συνέχεια, με την πρώτη που αφορά τους εξωγενείς παράγοντες να πρωταγωνιστεί στην πυροδότηση της κλιματικής αλλαγής.

Σύμφωνα με τους VijayavenkataRaman *et al.*, (2012), η απαρχή της κλιματικής αλλαγής και της επίδρασης του ανθρώπινου παράγοντα τοποθετείται στο ξέσπασμα της Βιομηχανικής Επανάστασης, καθώς τότε μέσω των εργοστασίων προστέθηκαν σημαντικές ποσότητες αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (Greenhouse Gas - GHGs). Σημειώνεται πως αέρια θερμοκηπίου θεωρούνται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το μονοξείδιο του δινιτρογόνου ή οξείδιο του αζώτου (N_2O), τα αέρια αλογονάνθρακες και το εξαφθοριούχο θείο (SF_6) (Benson, 2008). Ειδικότερα, έχει αναφερθεί στην τρίτη έκθεση αξιολόγησης για την κλιματική αλλαγή 2001, ότι οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και οξειδίου του αζώτου αυξήθηκαν κατά περίπου 31%, 151% και 17%, αντίστοιχα, μεταξύ 1750 και 2000 (VijayavenkataRaman *et al.*, 2012).

Ωστόσο, η σημαντικότερη αιτία για τις επιδράσεις των εξωτερικών ανθρωπογενών και φυσικών παραγόντων στο κλίμα συνήθως σχετίζεται στην σχετική βιβλιογραφία με την έννοια της ακτινοβολίας. Η ακτινοβολητική πίεση (radiative pressure) ορίζεται ως μία κατάσταση που διαταράσσει την ισορροπία της υπέρυθρης ακτινοβολίας μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται από τον Ήλιο και της ακτινοβολίας που εξέρχεται από τη Γη (Benson, 2008). Αποτελεί στην ουσία ένα μέτρο της επιρροής που έχει ένας παράγοντας στην αλλαγή της ισορροπίας της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας στο σύστημα της Γης-

ατμόσφαιρας και είναι ένας δείκτης της σημασίας του παράγοντα ως δυνητικού μηχανισμού αλλαγής του κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) AR4 report).

Σύμφωνα με τον Benson (2008), τα είδη της ακτινοβολίας χωρίζονται σε θετική και αρνητική. Η θετική ακτινοβολία προκαλεί κυρίως τη σχετική θέρμανση της επιφάνειας της Γης και οφείλεται σε αυξανόμενα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου ενώ η αρνητική ακτινοβολία τείνει να επιφέρει την ψύξη της επιφάνειας της Γης. Οι αλλαγές στις τροχιακές μεταβλητές, η ηλιακή έξοδος ή η εκρηκτική ηφαιστειακή δραστηριότητα, είναι φυσικοί εξωτερικοί παράγοντες που μπορούν επίσης να προκαλέσουν ακτινοβολική πίεση (Benson, 2008). Ο συστηματικός λογαριασμός αυτών των παραγόντων που επιβάλλουν το κλίμα και των διαφορών τους σε ένα χρονικό διάστημα απαιτείται για την κατανόηση των κλιματικών αλλαγών στο παρελθόν στο πλαίσιο των φυσικών παραλλαγών και να προβλέψουμε τη φύση των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών (Benson, 2008). Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνουν διακυμάνσεις στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος της βιόσφαιρας, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θερμική πίεση, αλλαγή στα πρότυπα βροχοπτώσεων, αύξηση της στάθμης της θάλασσας, εισβολή αλμυρού νερού, απώλεια βιοποικιλότητας, ξηρασία, απώλεια ενδιαιτημάτων και εξάντληση και ρύπανση των γλυκών υδάτων (Benson, 2008).

Η έρευνα του Benson (2008) δείχνει ότι η ακτινοβολητική πίεση που προκαλείται από τα αέρια του θερμοκηπίου είναι η κύρια αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, τα GHG παγιδεύουν τη θερμική ενέργεια του Ήλιου και επιβάλλουν την ανακατανομή της παγιδευμένης ακτινοβολίας που είναι διαθέσιμη κοντά στην επιφάνεια της Γης, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της Γης (Benson, 2008). Τα GHG, ειδικά το CO₂, είναι οι κύριοι μη κλιματικοί παράγοντες που οδηγούν στην κλιματική αλλαγή (Benson, 2008). Η συνεχής συσσώρευση αυτών των αερίων αναμένεται να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του επόμενου αιώνα (Benson, 2008).

1.3 Επιπτώσεις

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο όρος «κλιματική αλλαγή» συγγέεται με εκείνο της υπερθέρμανσης του πλανήτη και του φαινομένου του θερμοκηπίου (Benson, 2008). Παρ' αυτά, θα πρέπει αν υπογραμμιστεί πως η κλιματική αλλαγή συνάδει μόνο με οποιαδήποτε διαφοροποίηση στα σύγχρονα κλιματικά συστήματα, είτε λόγω ενδογενών παραγόντων είτε

ως εξωγενών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα την αύξηση σε μια χρονική περίοδο της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών της Γης, που είναι γνωστή ως υπερθέρμανση του πλανήτη (Benson, 2008). Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως η υπερθέρμανση του πλανήτη δεν αποτελεί ταυτόσημο όρο με την κλιματική αλλαγή αλλά πρόκειται στην πραγματικότητα για επίπτωση- συνέπεια αυτής.

Το κλίμα της Γης παρουσιάζει συνεχείς αλλαγές σε όλη την ιστορία της ύπαρξης της. Μόλις τα τελευταία 650.000 χρόνια υπήρξαν επτά κύκλοι παγετώδους προόδου και υποχώρησης, με το απότομο τέλος της τελευταίας εποχής των παγετώνων πριν από περίπου 7000 χρόνια να σηματοδοτεί την αρχή της σύγχρονης κλιματικής εποχής - και του ανθρώπινου πολιτισμού (VijayavenkataRaman *et al.*, 2012). Οι περισσότερες από αυτές τις κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε πολύ μικρές παραλλαγές στην τροχιά της Γης που αλλάζουν την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που λαμβάνει ο πλανήτης μας (VijayavenkataRaman *et al.*, 2012) και που παραπάνω χαρακτηρίστηκαν ως ενδογενείς παράγοντες.

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) έχει υιοθετήσει τη φράση **κλιματική μεταβλητότητα** για αλλαγές που προκαλούνται από τον άνθρωπο σε κλιματικά στοιχεία (Benson, 2008). Η κλιματική μεταβλητότητα- απόρροια της κλιματικής αλλαγής- είναι συνήθως φυσικής προέλευσης, που προκύπτει κυρίως από μικρές διακυμάνσεις στις πολύπλοκες διεργασίες που μετακινούν τη θερμότητα και τη μάζα μεταξύ της ατμόσφαιρας, των θαλάσσιων υδρόβιων οικοσυστημάτων και των επιφανειών της γης (Benson, 2008). Για παράδειγμα, το El Niño – Southern Oscillation (ENSO) προκαλείται από την αποδυνάμωση των αληγών ανέμων στο νότιο τμήμα του Ειρηνικού Ωκεανού και έχει επηρεάσει σταθερά τις περιφερειακές διακυμάνσεις της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας σε πολλές από τις τροπικές περιοχές, τους υποτροπικούς και κάποιους μεσαίου γεωγραφικού πλάτους περιοχές, που οδηγούν σε θερμότερα επεισόδια σε αυτές τις περιοχές (Benson, 2008). Οι αληγείς άνεμοι μεταφέρουν θερμότερο αέρα δυτικά, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας και αυξημένη βροχόπτωση (Benson, 2008).

Παράλληλα με τα παραπάνω αποτελέσματα των ενδογενών αιτιών της κλιματικής αλλαγής και σύμφωνα με αναφορές της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), οι άνθρωποι αλλάζουν το φυσικό κλίμα της Γης και επιδρούν εξίσου σε αυτό. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τον άνθρωπο, εάν αφεθεί και συνεχιστεί αμείωτα, θα μπορούσε να έχει βαθιές και ανεπανόρθωτες συνέπειες για την

οικονομία και την ποιότητα ζωής των μελλοντικών γενεών (Benson, 2008). Παράδειγμα αυτών είναι η κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων, η οποία αυξάνεται σταθερά από την βιομηχανική περίοδο, προκαλώντας μια συνολική αύξηση των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών αερίων του θερμοκηπίου, ιδίως του CO₂, γεγονός το οποίο όπως σημειώθηκε σε προηγούμενη ενότητα χαρακτηρίζεται καταστροφικό για το κλίμα (Benson, 2008).

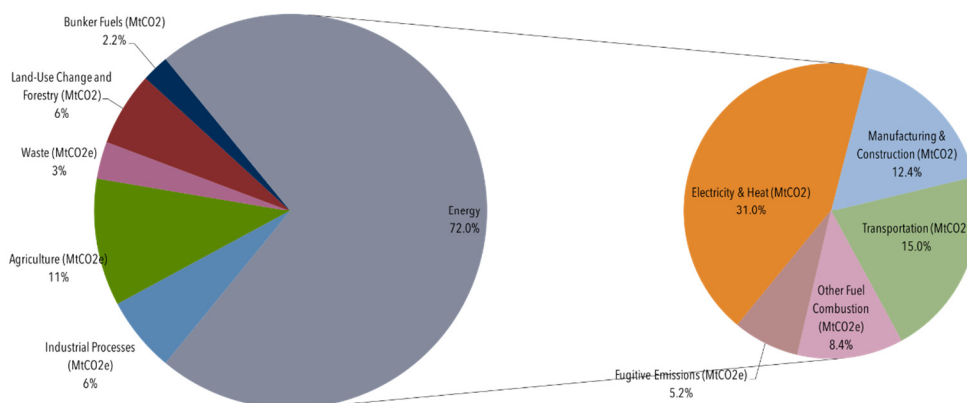
Τα στοιχεία για την ταχεία αλλαγή του κλίματος (IPCC Fourth Assessment Report) είναι αξιοσημείωτα (VijayavenkataRaman *et al.*, 2012):

- (1) Αύξηση της στάθμης της θάλασσας: Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε περίπου 17 εκατοστά (6,7 in.) τον προηγούμενο αιώνα. Το ποσοστό της τελευταίας δεκαετίας, ωστόσο, είναι σχεδόν διπλάσιο από τον περασμένο αιώνα.
- (2) Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας: Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης της θερμοκρασίας έχει συμβεί από τη δεκαετία του 1970, με τα 20 θερμότερα χρόνια από το 1981 και με τα 10 θερμότερα χρόνια να συμβαίνουν τα τελευταία 12 χρόνια.
- (3) Θέρμανση των ωκεανών: Οι ωκεανοί έχουν απορροφήσει μεγάλο μέρος της αυξημένης θερμότητας, με τα επιφανειακά 700 μέτρα (περίπου 2300 πόδια) του ωκεανού δείχνοντας θέρμανση 0,302° Φαρενάιτ από το 1969.
- (4) Συρρίκνωση των πάγων: Τα φύλλα πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής έχουν μειωθεί σε μάζα. Τα δεδομένα από το πείραμα ανάκτησης βαρύτητας και κλίματος της NASA δείχνουν ότι η Γροιλανδία έχασε 150-250 km³ (36-60 κυβικά μίλια) πάγου ετησίως μεταξύ 2002 και 2006, ενώ η Ανταρκτική έχασε περίπου 152 km³ (36 κυβικά μίλια) πάγου μεταξύ του 2002 και του 2005.
- (5) Ελάττωση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής: Τόσο η έκταση όσο και το πάχος του πάγου της Αρκτικής έχει μειωθεί γρήγορα τις τελευταίες δεκαετίες.
- (6) Παγετώδης υποχώρηση: Οι παγετώνες υποχωρούν σχεδόν παντού σε όλο τον κόσμο - συμπεριλαμβανομένων των Άλπεων, των Ιμαλαίων, των Άνδεων, των Βραχωδών, της Αλάσκας και της Αφρικής.
- (7) Οξίνιση των ωκεανών: Από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, η οξύτητα της επιφάνειας των ωκεανών έχει αυξηθεί κατά περίπου 30%. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που απορροφάτε από το ανώτερο στρώμα της υδάτινης στήλης των ωκεανών αυξάνεται κατά περίπου 2 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως.

2. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδάτινα συστήματα

Στο κεφάλαιο αυτό, θα γίνει πιο συγκεκριμένη η παρουσίαση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα υδάτινα συστήματα. Η μείωση των βροχοπτώσεων μπορεί να μειώσει την καθαρή επαναφόρτιση και να επηρεάσει τους πόρους γλυκού νερού με καταστροφικές συνέπειες για βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Benson, 2008).

Οι επιρροές από τον άνθρωπο αναμένεται να ακολουθήσουν μια σταθερή τάση ανάπτυξης στο μέλλον. Με άλλα λόγια, οι κλιματικές τροποποιήσεις που προκαλούνται από ανθρωπογενείς ακτινοβολίες θεωρούνται πιο μόνιμες από αυτές που προκαλούνται από τους ενδογενείς παράγοντες. Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), από τότε που ξεκίνησε η Βιομηχανική Επανάσταση στα μέσα του 16ου αιώνα, τα επίπεδα CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξήθηκαν κατά 35 % και η ατμοσφαιρική συγκέντρωση CH₄ αυξήθηκε κατά 1060 μέρη ανά δισεκατομμύριο (151 %) και θα συνεχίσει να αυξάνεται. Η παρούσα συγκέντρωση CH₄ δεν έχει ξεπεραστεί τα τελευταία 420.000 χρόνια. Η ενδιάμεση αύξηση στο επίπεδο CH₄ επιβραδύνθηκε και έγινε σημαντικά μεταβλητή στη δεκαετία του 1990, σε σύγκριση με τη δεκαετία του 1980. Έχει προταθεί ότι ένας σημαντικός λόγος των σημερινών εκπομπών CH₄ είναι ανθρωπογενείς και όχι φυσικοί. Οι ανθρωπογενείς πηγές παραγωγής μεθανίου περιλαμβάνουν την καύση ορυκτών καυσίμων, την εκτροφή βοοειδών, τους ορυζώνες και τους χώρους υγειονομικής ταφής. Πρόσφατες μελέτες έχουν καταγγείλει τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ως αιτία αύξησης της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης CH₄ (Benson, 2008).



Εικόνα 1: Παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ανά τομέα (World Resources Institute, 2017)

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι κύριες πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου είναι η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα (31%), η γεωργία (11%), οι μεταφορές (15%), η δασοκομία (6%) και η μεταποίηση (12%). Η παραγωγή ενέργειας όλων των τύπων αντιπροσωπεύει το 72 % όλων των εκπομπών όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.

Επιπλέον, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου όπως CO₂, N₂O, PFC και SF₆ θα μπορούσαν να συνεχίσουν να έχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην ατμοσφαιρική σύνθεση, την ακτινοβολία και τα στοιχεία του κλίματος. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή μπορεί να επιμείνει για πολύ καιρό ακόμα. Οι αυξημένες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου εμπλέκονται ως η κύρια αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Benson, 2008).

Πρόσφατα ευρήματα του IPCC δείχνουν ότι η ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO₂ το 2005 ήταν 375 ppm σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα των 280 ppm. Αυτό συνέβαλε στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης κατά 0,6 °C (έναν βαθμό F). Οι παγκόσμιες μετρήσεις της στάθμης της θάλασσας έχουν αποδείξει άνοδο κατά περίπου 0,17 μ. (0,56 ft) κατά τον 20ό αιώνα. Οι παγετώνες παγκοσμίως, με την πάροδο του χρόνου, υποχώρησαν σταθερά και η έκταση του πάγου της Αρκτικής θάλασσας συρρικνώθηκε σταθερά κατά 2,7 % ανά δεκαετία από το 1978 (Benson, 2008).

Οι παγετώνες αποτελούν ένα ενδιαφέρον μέρος του φυσικού περιβάλλοντος της Γης και έχουν αναγνωριστεί ως ένας από τους σημαντικούς και ευαίσθητους δείκτες της κλιματικής αλλαγής. Το μέγεθος, η διάρκεια ζωής και οι χρονολογικές πληροφορίες συσσώρευσης και κατάλυσης ή ανάπτυξης και κατάρρευσης (υποχώρηση παγετώνων) αποδίδονται κυρίως στην αλλαγή των κλιματικών στοιχείων όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η ταχύτητα του ανέμου, η υγρασία και η ηλιακή ακτινοβολία (Benson, 2008).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες της επιφάνειας της Γης κάνουν τους παγετώνες να λιώνουν γρηγορότερα από ό, τι τα χιόνια του χειμώνα μπορούν να τους αναπληρώσουν. Το λιώσιμο των θαλάσσιων πάγων μπορεί τελικά να οδηγήσει σε παγκόσμιες αλλαγές στους υδάτινους πόρους και την κυκλοφορία και η τήξη των πάγων θα μπορούσε να επιταχύνει τη θέρμανση της Αρκτικής γιατί το νερό απορροφά πολύ περισσότερη θερμότητα από τον πάγο. Η ακραία και συνεχείς μείωση του πάχους και της έκτασης των πάγων της Αρκτικής θάλασσας θα έχουν τεράστιες συνέπειες για τον πληθυσμό της Αρκτικής, τα οικοσυστήματά τους και την εξέλιξη των ακτών. Καθώς οι παγετώνες συρρικνώνονται, ένας μεγαλύτερος μέρος του

νερού της Γης θα εισέλθει στην υγρή φάση και γίνεται διαθέσιμο στους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα. Αυτό θα οδηγήσει τελικά σε αυξημένο όγκο νερού στους ωκεανούς, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Benson, 2008).

2.1 Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας

Κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα, η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 10-20 εκ. Αυτό προκλήθηκε κυρίως ως αποτέλεσμα της τήξης των πάγων των παγετώνων και της θερμικής διαστολής του νερού των ωκεανών. Ειδικότερα, έχει προβλεφθεί ότι θα υπάρξει άνοδος της στάθμης της θάλασσας καθώς οι ωκεανοί θερμαίνονται μαζί με την υπόλοιπη Γη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό διαστέλλεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του. Τα μοντέλα κλιματικής αλλαγής έχουν προβλέψει ότι η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας αυξάνεται τόσο πολύ ως 33 ίντσες (85 εκ.) αναμένεται κατά τον 21ο αιώνα.

Επιπροσθέτως, η παγκόσμια άνοδος της στάθμης της θάλασσας αναμένεται να έχει εκτεταμένες και δραματικές επιπτώσεις σε ευάλωτες περιοχές της Γης, όπου ήδη υπάρχουν προβλήματα καθίζησης και διάβρωσης. Ο αυξανόμενος όγκος θαλασσινού νερού έχει ήδη μετατρέψει παράκτιους υγρότοπους και μαγκρόβια βλάστηση στη νότια Φλόριντα, και περίπου ένα εκατομμύριο στρέμματα υγροτόπων της Λουϊζιάνα σε ανοιχτά νερά από τα μέσα του 20ού αιώνα (Benson, 2008).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει αύξηση της διείδυσης του αλμυρού νερού στα υπόγεια νερά. Τα νησιά που βρίσκονται χαμηλότερα από την στάθμη της θάλασσας και οι παράκτιοι υδροφόροι ορίζοντες που υποστηρίζουν την ανθρώπινη χρήση (όπως αυτά στο Λονγκ Άιλαντ, τη Νέα Υόρκη και την κεντρική Καλιφόρνια) θα μπορούσαν να διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας συνέβαλε επίσης στην αύξηση της θνησιμότητας των δέντρων στις παράκτιες περιοχές της Λουϊζιάνα και της νότιας Φλόριντα, όπου το αλμυρό νερό έχει ήδη εισχωρήσει στα υπόγεια ύδατα από τα οποία εξαρτώνται τα δέντρα (Benson, 2008).

Άλλες επιπτώσεις που σχετίζονται με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας περιλαμβάνουν αλλαγές στην κατανομή της αλατότητας στις εκβολές των ποταμών, τροποποιημένη παράκτια κυκλοφορία υδάτων, καταστροφή της υποδομής μεταφορών σε χαμηλές περιοχές και αυξημένη πίεση στα παράκτια συστήματα λιμνών. Οι ακτές του

Ατλαντικού και των ακτών του Κόλπου θα είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στη μακροπρόθεσμη άνοδο της στάθμης της θάλασσας, καθώς και σε οποιαδήποτε αύξηση της συχνότητας των καταιγίδων ή των τυφώνων. Τα περισσότερα γεγονότα διάβρωσης σε αυτές τις ακτές είναι τα αποτελέσματα καταιγίδες, και η κλίση αυτών των περιοχών είναι τόσο ευάλωτη και ήπια που μια μικρή άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει μια μεγάλη εσωτερική μετατόπιση της ακτογραμμής. Αυτό αυξάνει τις απειλές για την ανάπτυξη των ακτών, τις μεταφορές, τα υπόγεια γλυκά νερά, τις υποδομές και την αλιεία. Αυτές οι επιπτώσεις μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα των υδάτινων πόρων. Επιπλέον, οι δυνητικές αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής για την ποιότητα του νερού περιλαμβάνουν τη μείωση των ροών των ρευμάτων, την αύξηση των καταιγίδων και τις υψηλότερες θερμοκρασίες του νερού. Η αύξηση του αριθμού των ημερών έντονης βροχόπτωσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση του ρυπογόνου φορτίου που προέρχεται από αγροτικές περιοχές-επιχειρήσεις ή ημιαστικές-αστικές περιοχές που ξεπλένεται σε ποτάμια, εκβολές ποταμών και λίμνες και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα συμβάλει στην εισβολή αλμυρού νερού σε ποτάμια, εκβολές και παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες (Benson, 2008).

2.1.1 Ζητήματα παροχής γλυκού νερού

Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα γλυκού νερού. Αυτό θα επηρεάσει τη διαθεσιμότητα, καθώς και την ποιότητα, τη διανομή και τη μορφή. Σε ορισμένες περιοχές, όπου αυξάνεται η ροή και η βροχόπτωση, οι πλημμύρες θα μπορούσαν να απειλήσουν τη δομή και λειτουργίες των υδάτινων συστημάτων, που οδηγούν σε αυξημένη ρύπανση των οικοσυστημάτων γλυκού νερού, ειδικά σε περιοχές όπου οι δραστηριότητες που μεσολαβούν από τον άνθρωπο μπορεί να έχουν αλλάξει το τοπίο. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους πόρους γλυκού νερού της Γης έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τις διεθνείς σχέσεις, ειδικά στα ηπειρωτικά ή χωρικά σύνορα, όπου οι κοινόχρηστοι υγρότοποι μπορούν να δημιουργήσουν τοπικές και διεθνείς πολιτικές και γεωγραφικές διαμάχες (Benson, 2008).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους θα έχουν ευρύ φάσμα επιπτώσεων στα παράκτια οικοσυστήματα. Η εύρυθμη λειτουργία των οικοσυστημάτων θα επηρεαστεί από τις αλλαγές στην ποιότητα και την ποσότητα της απορροής γλυκών υδάτων στους παράκτιους υγροτόπους, τις υψηλότερες θερμοκρασίες του νερού, τα ακραία ποσοστά

απορροής ή τον μεταβαλλόμενο χρόνο και την ικανότητα των λεκανών απορρόφησης ρύπων και αποβλήτων (Benson, 2008).

Οι παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σοβαρή ζήτηση στην παροχή νερού. Στις περισσότερες περιοχές του κόσμου όπου παρατηρούνται και προβλέπονται μειώσεις στο κατ' άτομο μέσο όρο της ετήσιας διαθεσιμότητας γλυκού νερού, σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού, η πιθανότητα αυξημένης ζήτησης νερού θα οδηγήσει πιθανώς σε αυξημένη υπαναχώρηση νερού, η οποία θα μειώσει τον χρόνο επαναφόρτισης των υδάτινων αποθεμάτων. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να επηρεάσουν ένα ευρύ φάσμα εξαρτημάτων του συστήματος νερού, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών των ταμιευτήρων, της ποιότητας του νερού, της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας και της πλοήγησης. Σε ορισμένες περιοχές, όπου μεγάλος όγκος νερού διοχετεύεται για μη καταναλωτικούς σκοπούς, όπως η γεωργική ζήτηση, ιδιαίτερα για την άρδευση, η παροχή νερού θα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις κλιματικές συνθήκες όπου η ζήτηση για νερό άρδευσης τείνει να αυξάνεται καθώς οι κλιματολογικές συνθήκες γίνονται όλο και πιο ξηρές. Μια πιθανή αλλαγή στο κλίμα σε επίπεδο πεδίου μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή του χρόνου και της ανάγκης άρδευσης (Benson, 2008).

Οι χρήσεις νερού όπως η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ναυσιπλοΐα, η αναψυχή και η συντήρηση του οικοσυστήματος είναι επίσης ευαίσθητες στις αλλαγές στην ποσότητα, την ποιότητα και τον χρόνο της απορροής που προκύπτουν από το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνουν τη μείωση των ροών αραίωσης, αυξημένες καταιγίδες και υψηλότερες θερμοκρασίες νερού. Οι χαμηλές ροές σε πολλά ποτάμια θα οδηγήσουν σε αύξηση των επιπέδων αλατότητας στους μεταγενέστερους χρήστες νερού (Benson, 2008).

Από την άλλη πλευρά, οι υψηλότερες ροές θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη μείωση ορισμένων ανησυχιών για την ποιότητα του νερού. Η πιθανή αύξηση της θερμοκρασίας του νερού θα μπορούσε να απειλήσει την υδρόβια ζωή άμεσα, καθώς θα μπορούσε να εξαφανίσει τα ενδιαιτήματα ψυχρού νερού και έμμεσα, καθώς τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου μειώνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η αύξηση των ημερών με πιο έντονες βροχοπτώσεις θα μπορούσε να αυξήσει τους αγροτικούς και αστικούς ρύπους που έχουν απορροφηθεί σε ρέματα και λίμνες, μειώνοντας περαιτέρω τα επίπεδα οξυγόνου. Οι έντονες βροχοπτώσεις είναι κυρίως υπεύθυνες για τη διάβρωση του εδάφους, την έκπλυση

γεωργικών χημικών και την απορροή αστικών και κτηνοτροφικών απόβλητα και θρεπτικά συστατικά σε υδάτινα σώματα (Benson, 2008).

2.1.2 Αλλαγή οικοσυστημάτων και καιρού

Μια άλλη πιθανή επίδραση που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή είναι ο δυνητικός κίνδυνος που εγκυμονεί για τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Καθώς η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει, σε συνδυασμό με την αύξηση της θέρμανσης των ωκεάνιων υδάτων, η θαλάσσια βιοποικιλότητα θα απειληθεί περαιτέρω από τις μυριάδες επιπτώσεις σε όλα τα θαλάσσια οικοσυστήματα, από τους τροπικούς κοραλλιογενείς υφάλους (ειδικά στις Μαλδίβες) έως τα πολικά οικοσυστήματα. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι υφίστανται ήδη αυξημένη πίεση από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, έχουν βιώσει άνευ προηγουμένου αυξήσεις στην έκταση της λεύκανσης των κοραλλιών, των αναδυόμενων ασθενειών των κοραλλιών και των εκτεταμένο αφανισμό. Οι ζημιές στους κοραλλιογενείς υφάλους οδηγούν σε εξάντληση του σημαντικού βιότοπου για την τροφή των ψαριών (Benson, 2008).

Οι αλλαγές στη θερμοκρασία των ωκεανών, τα ρεύματα και την καθαρή παραγωγικότητα θα επηρεάσουν την κατανομή, την αφθονία, τις συγκεντρώσεις και την παραγωγικότητα των θαλάσσιων πληθυσμών, με απρόβλεπτες συνέπειες για τη θάλασσα τα οικοσυστήματα και την αλιεία. Καθώς η θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης αυξάνει, τα είδη μπορεί είτε να μεταναστεύσουν σε ένα ψυχρότερο, πιο κατάλληλο βιότοπο, είτε να πεθάνουν. Είδη που είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνουν πολικά ζώα, όπως φώκιες, πιγκουίνους και πολικές αρκούδες, κοραλλιογενείς υφάλους και πολλά άλλα απειλούμενα είδη ζώων και φυτών (Benson, 2008).

Οι αλλαγές στο κλίμα που ξεκίνησαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 οδήγησαν σε μια ενισχυμένη εκροή υδάτων χαμηλής αλατότητας από την Αρκτική και σε γενικό φρεσκάρισμα των υδάτινων μαζών από τη Θάλασσα του Λαμπραντόρ έως τον κόλπο του Μεσο – Ατλαντικού (Greene *et al.*, 2007).

Αυτή η αναζωογόνηση τροποποίησε το μοτίβο κυκλοφορίας και διαστρωμάτωσης στον ωκεανό και έχει συνδεθεί με αλλαγές στις αφθονίες και τους εποχικούς κύκλους φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού και πληθυσμών ψαριών. Τις τελευταίες δεκαετίες, η Αρκτική γνώρισε μια περίοδο ιστορικά άνευ προηγουμένου αλλαγών. Το 1987, η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας άρχισε να μειώνεται στην κεντρική Αρκτική. Δύο χρόνια

αργότερα, αυτή η πίεση της στάθμης της θάλασσας έπεσε κατακόρυφα και εμφανίστηκε ένα έντονα κυκλωνικό ατμοσφαιρικό καθεστώς. Αυτό το κυκλωνικό καθεστώς αυξάνει την παροχή θερμότερου, υψηλότερης αλατότητας νερού του Ατλαντικού στον Αρκτικό Ωκεανό, κυρίως μέσω της θάλασσας του Μπάρεντς (Greene *et al.*, 2007).

Η κρύοσφαιρα έχει επίσης ανταποκριθεί στις αλλαγές του κλίματος. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, η ηπειρωτική τήξη του μόνιμου πάγου, του χιονιού και του πάγου έχει αυξηθεί σημαντικά, γεγονός που, σε συνδυασμό με την αυξημένη βροχόπτωση, έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερη εκροή ποταμών στον Αρκτικό Ωκεανό. Ο πάγος της Αρκτικής θάλασσας έχει μειωθεί τόσο σε έκταση όσο και σε πάχος, με εκτεταμένες καλοκαιρινές συνθήκες χωρίς πάγο που παρατηρούνται στο βορρά του Καναδά και της Ρωσίας από το 1978. Οι Lindsay και Zhang (2005) είχαν υποθέσει ότι το ατμοσφαιρικό καθεστώς άλλαξε το 1989 και οι επιδράσεις του στα πρότυπα κυκλοφορίας του Αρκτικού Ωκεανού ώθησαν την κρύοσφαιρα σε μια νέα, εσωτερικά διαιωνιζόμενη κατάσταση επιταχυνόμενης τήξης πάγου στη θάλασσα. Ένας μηχανισμός ανατροφοδότησης πάγου-άλμπεδο, ο πάγος είναι πιο αντανακλαστικός (δηλαδή έχει υψηλότερο άλμπεδο) από τις επιφάνειες της γης ή του νερού, μπορεί να διατήρησε αυτό το επιταχυνόμενο τήγμα ακόμη και μετά τη μετατόπιση της ατμόσφαιρας από την έντονα κυκλωνική της κατάσταση στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Αυτή η αναζωογονητική ενίσχυση της διαστρωμάτωσης, είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή φυτοπλαγκτού και αφθονία κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, μια περίοδος κατά την οποία η πρωτογενής παραγωγή αλλιώς αναμένεται να μειωθεί καθώς η θερμική διαστρωμάτωση διασπάται και τα φύκια αναμειγνύονται βαθύτερα στη στήλη του νερού και γίνονται όλο και πιο περιορισμένα (Greene *et al.*, 2007).

Η κλιματική αλλαγή έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τον κύκλο του νερού. Σε πολλές περιοχές του κόσμου, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στις βροχοπτώσεις και την εξάτμιση. Πιο έντονες βροχοπτώσεις θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πλημμύρες σε πολλές περιοχές καθώς οι αυξημένες θερμοκρασίες επιταχύνουν τον υδρολογικό κύκλο. Οι συχνότητες πλημμύρας σε ορισμένες περιοχές είναι πιθανό να αλλάξουν. Στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη και τις λεκάνες με τήξη χιονιού, οι πλημμύρες ενδέχεται να γίνουν πιο συχνές, αν και η αύξηση των πλημμυρών για οποιοδήποτε σενάριο κλίματος είναι αβέβαιη και οι επιπτώσεις θα ποικίλλουν μεταξύ των λεκανών (Benson, 2008).

Τον περασμένο αιώνα, εκτιμάται ότι έχει σημειωθεί αύξηση 5-10 % των βροχοπτώσεων. Οι κλιματικές αλλαγές στην υδρολογία θα επηρεάσουν το μέγεθος, τη συχνότητα και το κόστος ακραίων γεγονότων, τα οποία έχουν τον μεγαλύτερο οικονομικό και κοινωνικό αντίκτυπο στους ανθρώπους. Η πλημμύρα, η πιο δαπανηρή και καταστροφική φυσική καταστροφή, γίνεται ένα συνηθισμένο και ακραίο γεγονός ως αποτέλεσμα των κλιματικών παραλλαγών. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα γίνονται επίσης συχνότερα και ακραία (Benson, 2008).

Οι ερευνητές για την κλιματική αλλαγή έχουν δείξει ότι ο αριθμός και η δύναμη των ανθρωπογενών κλιματικών ακραίων γεγονότων όπως οι καταιγίδες, οι τυφώνες, οι πλημμύρες και οι ανεμοστρόβιλοι έχουν αυξηθεί τα τελευταία 10-20 χρόνια. Όλα αυτά τα φαινόμενα είναι ανιχνεύσιμα σε διακυμάνσεις της ακτινοβολίας που προκαλούνται από ανθρωπογενή GHG (Greenhouse Gas - Αέρια του θερμοκηπίου) στην ατμόσφαιρα. Οι αυξήσεις της βροχόπτωσης και της απορροής είναι πιθανό να εντείνουν τις καταπονήσεις σε ρέματα, λίμνες, όρμους, εκβολές και ποτάμια σε ορισμένες περιοχές του κόσμου, ενισχύοντας τη μεταφορά θρεπτικών ουσιών και ρύπων που φορτώνονται στα παράκτια οικοσυστήματα. Τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη είναι πιο πιθανό να λάβουν αυξημένη βροχόπτωση και απορροή, ενώ τα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη είναι πιο πιθανό να παρουσιάσουν μειωμένη απορροή (Benson, 2008).

Έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στη θερμοκρασία της επιφάνειας, τις βροχοπτώσεις, την εξάτμιση και τα ακραία γεγονότα από τις αρχές του 20ού αιώνα. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO₂ έχει αυξηθεί από περίπου 280 μέρη ανά εκατομμύριο κατ' όγκο (ppmv) σε περίπου 369 ppmv και η παγκόσμια θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί κατά περίπου 0,6 °C. Η τρέχουσα συγκέντρωση CO₂ δεν έχει ξεπεραστεί τα τελευταία 420.000 χρόνια και πιθανώς όχι κατά τα τελευταία 20 εκατομμύρια χρόνια. Ο τρέχων ρυθμός αύξησης του επιπέδου CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι άνευ προηγουμένου τουλάχιστον κατά τα τελευταία 20.000 χρόνια. Περίπου το 75% των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα τα τελευταία 20 χρόνια αποδίδεται στην καύση ορυκτών καυσίμων. Τα υπόλοιπα οφείλονται κυρίως στην αλλαγή της χρήσης γης, ιδίως στην αποψίλωση των δασών (Benson, 2008).

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία επιφάνειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,4 έως 5,8 °C 1990 – 2100. Η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά 4 - 8 ίντσες (10 - 20 εκ.). Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία της επιφάνειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,4 –

3,0 βαθμούς °C 1990 – 2100 για σενάρια χαμηλών εκπομπών και 2,5 – 5,8 βαθμούς °C για σενάρια υψηλότερων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Κατά την ίδια περίοδο, σχετική αύξηση της μέσης παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας προβλέπεται μεταξύ 1,3 - 13,6 τετραγωνικών ιντσών (9 - 88 τετραγωνικά εκατοστά) (Benson, 2008).

2.1.3 Οξίνιση Ωκεανών

Το ανθρακικό σύστημα ($p\text{CO}_2$, pH, αλκαλικότητα και κατάσταση κορεσμού ανθρακικού ασβεστίου) των παγκόσμιων ωκεανών αλλάζει γρήγορα λόγω εισροής ανθρωπογενούς CO_2 . Η οξίνιση των ωκεανών μπορεί να οριστεί ως η αλλαγή στη χημεία των ωκεανών που οφείλεται στην ωκεάνια πρόσληψη χημικών εισροών από την ατμόσφαιρα, συμπεριλαμβανομένων των ενώσεων άνθρακα, αζώτου και θείου. Σήμερα, η συντριπτική αιτία της οξίνισης των ωκεανών είναι το ανθρωπογενές ατμοσφαιρικό CO_2 , αν και σε ορισμένες παράκτιες περιοχές, το άζωτο και το θείο είναι επίσης σημαντικά. Τα τελευταία 200 χρόνια, η ταχεία αύξηση του ανθρωπογενούς ατμοσφαιρικού CO_2 , που οδηγεί άμεσα σε μείωση του pH των ωκεανών μέσω ανταλλαγής αερίου - θάλασσας, προκαλείται και συνεχίζει να προκαλείται από την καύση ορυκτών καυσίμων, την αποψίλωση των δασών, την εκβιομηχάνιση, την παραγωγή τσιμέντου και άλλες αλλαγές στη χρήση γης. Ο τρέχων ρυθμός με τον οποίο συμβαίνει η οξίνιση των ωκεανών θα έχει πιθανότατα βαθιές βιολογικές συνέπειες για τα οικοσυστήματα των ωκεανών μέσα στις επόμενες δεκαετίες και αιώνες (Guinotte *et al.*, 2008).

Επί του παρόντος, η ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO_2 είναι περίπου 383 μέρη ανά εκατομμύριο κατ' όγκο (ppmv), επίπεδο που δεν έχει παρατηρηθεί σε τουλάχιστον 650.000 χρόνια, και προβλέπεται να αυξηθεί κατά 0,5% ετησίως σε όλο τον 21ο αιώνα. Ο ρυθμός τρέχουσας και προβλεπόμενης αύξησης του ατμοσφαιρικού CO_2 είναι περίπου 100 φορές ταχύτερος από ό, τι έχει συμβεί σε τουλάχιστον 650.000 χρόνια. Τις τελευταίες δεκαετίες, μόνο το μισό ανθρωπογενές CO_2 έχει παραμείνει στην ατμόσφαιρα, το άλλο μισό έχει καταληφθεί από τη χερσαία βιόσφαιρα (περ. 20%) και τους ωκεανούς (περ. 30%). Από τη Βιομηχανική Επανάσταση, χρονικό διάστημα μικρότερο των 250 ετών, το pH της επιφάνειας των ωκεανών έχει μειωθεί κατά 0,1 μονάδα pH (αντιπροσωπεύοντας αύξηση κατά περίπου 30% στη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου σε σχέση με την προ - βιομηχανική τιμή) και αναμένεται να μειωθεί άλλες 0,3 - 0,4 μονάδες pH έως το τέλος αυτού του αιώνα. [Σημείωση: Η κλίμακα του pH είναι λογαριθμική, και ως αποτέλεσμα, κάθε μονάδα μείωσης του pH

ισούται με 10 φορές αύξηση της οξύτητας.] Μια αλλαγή pH του μεγέθους που προβλεπόταν μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα πιθανότατα δεν έχει συμβεί για περισσότερα από 20 εκατομμύρια χρόνια της ιστορίας της Γης. Ο ρυθμός αυτής της αλλαγής προκαλεί σοβαρή ανησυχία, καθώς πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί, ιδιαίτερα αυτοί που ασβεστοποιούνται, μπορεί να μην είναι σε θέση να προσαρμοστούν αρκετά γρήγορα για να επιβιώσουν από αυτές τις αλλαγές (Guinotte *et al.*, 2008).

Η μείωση του αριθμού των διαθέσιμων ανθρακικών ιόντων θα καταστήσει πιο δύσκολη και/ή θα απαιτήσει από τους θαλάσσιους ασβεστοποιητικούς οργανισμούς να χρησιμοποιήσουν περισσότερη ενέργεια για να σχηματίσουν βιογενές ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃). Πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί σχηματίζουν βιογενές ανθρακικό ασβέστιο, συμπεριλαμβανομένων: φύκια κοραλόζης, μακροφύκος του γένους *Halimeda*, τρηματοφόρα του γένους *Foraminifera*, κοκκολιθοφόρα, κοράλλια τροπικών υφάλων, κοράλλια κρύου νερού, βρυόζωα, μαλάκια και εχινόδερμα. Η πλειοψηφία των θαλάσσιων ασβεστοποιητών που έχουν δοκιμαστεί μέχρι σήμερα είναι ευαίσθητες στις αλλαγές στην κατάσταση κορεσμού ανθρακικών και έχουν δείξει πτώση των ποσοστών ασβεστοποίησης σε εργαστηριακές και μεσοκοσμικές μελέτες. Οι παραπάνω οργανισμοί επηρεάζονται και θα συνεχίσουν να επηρεάζονται από την οξίνιση των ωκεανών, αλλά λιγότερο γνωστές είναι οι επιπτώσεις σε οργανισμούς υψηλότερου τροφικού επιπέδου που βασίζονται σε αυτούς τους ασβεστοποιητές για καταφύγιο, τροφή και άλλες βασικές λειτουργίες (Guinotte *et al.*, 2008).

Η μείωση του pH δεν είναι η μόνη επίδραση στο ανόργανο σύστημα άνθρακα στο θαλασσινό νερό που προκύπτει από την πρόσληψη ανθρωπογενούς CO₂ από τον ωκεανό. Ο ασβεστίτης και ο αραγωνίτης είναι τα κυριότερα βιογενώς σχηματισμένα ανθρακικά ορυκτά που παράγονται από θαλάσσιους ασβεστοποιητικούς οργανισμούς και η σταθερότητα και των δύο ορυκτών επηρεάζεται από την ποσότητα CO₂ στο θαλασσινό νερό, η οποία προσδιορίζεται εν μέρει από τη θερμοκρασία. Τα ψυχρότερα νερά διατηρούν φυσικά περισσότερο CO₂ και είναι πιο όξινα από τα θερμότερα νερά (Guinotte *et al.*, 2008).

Είναι σαφές ότι οι αλλαγές που προκαλούνται από τον άνθρωπο στις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις CO₂ αλλάζουν θεμελιωδώς τη χημεία των ωκεανών από την τα πιο ρηχά νερά στα πιο σκοτεινά βάθη της υδάτινης στήλης. Η χημεία των ωκεανών πλησιάζει σε συνθήκες που δεν έχουν παρατηρηθεί εδώ και πολλά εκατομμύρια χρόνια και ο ρυθμός με τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι άνευ προηγουμένου (Caldeira *et al.*, 2003). Οι Caldeira και Wickett

(2003) αναφέρουν ότι «οι αμείωτες εκπομπές CO₂ στους επόμενους αιώνες μπορεί να προκαλέσουν μεταβολές στο pH του ωκεανού που είναι μεγαλύτερες από κάθε άλλη εμπειρία τα τελευταία 300 εκατομμύρια χρόνια, με πιθανή εξαίρεση εκείνες που προκύπτουν από σπάνια, καταστροφικά γεγονότα στην ιστορία της Γης (Caldeira *et al.*, 1993, Beerling *et al.*, 2002). Πρόσφατα στοιχεία υποδηλώνουν ότι η οξίνιση των ωκεανών ήταν ο κύριος μοχλός των προηγούμενων μαζικών εξαφανίσεων και των κενών υφάλων, που είναι χρονικές περίοδοι της τάξης των εκατομμυρίων ετών που χρειάστηκαν οι ύφαλοι για να ανακάμψουν από τον μαζικό αφανισμό. Οι Zachos *et al.* (2005) υπολόγισαν ότι εάν καεί ολόκληρη η δεξαμενή ορυκτών καυσίμων (περίπου 4500 GtC), οι επιπτώσεις στην μεταβολή του pH και τη βιολογία θα ήταν πιθανώς παρόμοιες με εκείνες του Παλαιόκαινου-Ηωκενικού θερμικού μέγιστου (Paleocene – Eocene Thermal Maximum - PETM), 55 εκατομμύρια χρόνια πριν. Το PETM πιθανώς προκάλεσε μαζική εξαφάνιση των βενθικών τρηματοφόρων (Zachos *et al.*, 2005). Οι προβλεπόμενες ανθρωπογενείς εισροές άνθρακα θα συμβούν μέσα σε μόλις 300 χρόνια, κάτι που πιστεύεται ότι είναι πολύ γρηγορότερο από την απελευθέρωση του CO₂ κατά τη διάρκεια του PETM και πολύ γρήγορο για διάλυση των ασβεστολιθικών ιζημάτων για την εξουδετέρωση του ανθρωπογενούς CO₂. Κατά συνέπεια, οι επιπτώσεις που προκαλούνται από την οξίνιση των ωκεανών στο επιφανειακό pH του ωκεανού και τη βιολογία θα είναι πιθανώς πιο σοβαρές από ό, τι κατά τη διάρκεια της PETM (Zachos *et al.*, 2005).

Ενώ είναι προφανές ότι η αλλαγή της χημείας του θαλασσινού νερού θα έχει σοβαρές συνέπειες για πολλούς θαλάσσιους ασβεστοποιητές, οι επιδράσεις της οξίνισης των ωκεανών σε μη ασβεστοποιητές και οι αντιδράσεις του οικοσυστήματος σε αυτές τις αλλαγές θα είναι πολύπλοκες και δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Η εκτίμηση αν η οξίνιση των ωκεανών είναι ο πρωταρχικός παράγοντας μείωσης του πληθυσμού ενός είδους θα είναι δύσκολη λόγω του πλήθους των συνεχιζόμενων φυσικών και χημικών αλλαγών που συμβαίνουν αυτή τη στιγμή στον ωκεανό. Η οξίνιση των ωκεανών συμβαίνει σε συνέργεια με σημαντικές συνεχείς περιβαλλοντικές αλλαγές (π.χ. αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών) και αυτές οι αθροιστικές επιπτώσεις ή αλληλεπιδραστικές επιδράσεις πολλαπλών στρεσογόνων παραγόντων μπορεί να έχουν πιο σημαντικές συνέπειες για τη βιολογία από οποιοδήποτε στρεσογόνο παράγοντα. Έτσι, η έρευνα σχετικά με τις συνεργιστικές επιδράσεις

αυτών των αλλαγών στους θαλάσσιους οργανισμούς και τις επακόλουθες αποκρίσεις του οικοσυστήματος είναι κρίσιμη, αλλά ακόμα σε αρχικό στάδιο (Guinotte *et al.*, 2008).

2.2 Επίδραση στους αβιοτικούς παράγοντες

2.2.1 Θερμοκρασία (Temperature)

Η θερμοκρασία επιδρά καθοριστικά σε όλες τις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα υδάτινα συστήματα. Η αύξηση της συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Αντίστοιχα αντιλαμβανόμαστε ότι επηρεάζει την επιβίωση, την αναπαραγωγή, την ομαλή ανάπτυξη, την αύξηση και τη μετανάστευση των οργανισμών που διαβιούν σε κάθε είδους υδάτινα συστήματα. Η θερμοκρασία του αέρα διακυμαίνεται εποχιακά. Οι ελάχιστες τιμές που αγγίζουν τους 7 °C σημειώνονται κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, ενώ οι μέγιστες που φθάνουν τους 29 °C τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Η θερμοκρασία του νερού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου-Αιτωλικού κυμαίνεται από 17.20 έως 21.50 °C (Λεμέσιος, 2008).

2.2.2 Αγωγιμότητα (Conductivity - EC_w) - Αλατότητα (Salinity)

Σύμφωνα με τον Λεμέσιο (2008) η αγωγιμότητα του νερού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου κυμαίνεται από 101- 117000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Η αλατότητα στο δυτικό τμήμα της λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας κατά το μήνα Ιούλιο έχει τιμή 95 psu ενώ κατά το μήνα Απρίλιο μετά από βροχόπτωση έχει τιμή 2-3 psu (Hotos and Avramidou, 1997). Στο ανατολικό τμήμα της λιμνοθάλασσας της Κλείσοβας η αλατότητα κυμαίνεται από 0.1 έως 22 psu, γεγονός που υποδηλώνει εισροή γλυκού νερού πιθανολογούμενα από τη μονάδα βιολογικού καθαρισμού ίσως και από τις μονάδες επεξεργασίας ελαιοκάρπου (Hotos and Avramidou, 1997).

2.2.3 Ενεργός Οξύτης pH-Eh

Σύμφωνα με τον Αλεξάκη (2002) η τιμή του pH στο νερό: (α) ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων που ελέγχουν την ποιότητα του νερού, (β) σε συνάρτηση με το Eh καθορίζει την χημική μορφή με την οποία ένα στοιχείο εμφανίζεται στο νερό και (γ) παρεμποδίζει ή επιταχύνει τις βιοχημικές διεργασίες π.χ. τα κύτταρα ζώντων οργανισμών επιβιώνουν σε τιμές pH οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 5 και 9.

Η τιμή του pH στο νερό της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου κυμαίνεται από 7.6 έως 9.0 (Χώτος κ.α., 1994; Λεμέσιος, 2008), ενώ η τιμή pH στο θαλασσινό νερό είναι 8.0. Οι διαφορές των τιμών του pH μεταξύ των διαφόρων περιοχών είναι ασήμαντες, ενώ οι εποχιακές μεταβολές του είναι μικρές. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται το χειμώνα και οι

υψηλότερες την άνοιξη και το καλοκαίρι. Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο νερό επηρεάζει το μεταβολισμό των ζώων και των φυτών, αλλά είναι δύσκολο να καθοριστούν λεπτομερώς οι ειδικές επιδράσεις αυτού του παράγοντα (Χώτος κ.α., 1994).

Η τιμή του Eh στο νερό της θάλασσας του Μεσολογίου κυμαίνεται από 81 έως 241 mV (Λεμέσιος, 2008).

2.2.4 Διαλυμένο οξυγόνο (DO)

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που εξετάζονται κατά τη μελέτη της ποιότητας ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την διαλυτότητα του οξυγόνου είναι η θερμοκρασία, ο κυματισμός, η αλατότητα, καθώς και η φωτοσύνθεση. Επηρεάζει άμεσα τους οργανισμούς που ζουν στο οικοσύστημα και πιθανή έλλειψή του αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επιβίωσή τους (Τσακίρης κ.α., 2009).

Η κεντρική λιμνοθάλασσα, η ανατολική και η δυτική Κλείσοβα έχουν πολύ καλή οξυγόνωση όλη την διάρκεια του έτους (Δανιηλίδης, 1991; Χώτος κ.α., 1994). Εξαιρέσεις αποτελούν μόνο ορισμένα απομονωμένα τμήματα των περιοχών αυτών όπου τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου λαμβάνει αρκετά χαμηλές τιμές, γεγονός που εξηγείται κυρίως από τις υψηλές θερμοκρασίες, τη μη κυκλοφορία των υδάτων, τη μειωμένη φωτοσύνθεση και την έντονη βιοαποικοδομητική δραστηριότητα των αερόβιων βακτηρίων (Τσακίρης κ.α., 2009).

Σύμφωνα με τον Δημητρίου (2007) η μέση ημερήσια διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου βρίσκεται σε σχετικά υψηλό επίπεδο, ενώ καταγράφονται ορισμένες χαμηλές μέσες τιμές που δείχνουν χαμηλό σημείο κορεσμού διότι το σημείο καταγραφής βρίσκεται στο μέτωπο στα όρια με την ανοικτή θάλασσα.

Ακόμα σύμφωνα με τον Δημητρίου (2007) αναφέρει μικρές τιμές διαλυμένου οξυγόνου τον Ιούνιο του 1999 στο σταθμό του μετώπου της λιμνοθάλασσας όπου συνδέθηκε με τους μαζικούς θανάτους εγκλωβισμένων ψαριών στις ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις. Το γεγονός εξηγείται από τις συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και άπνοιας που προκάλεσαν μαζικούς θανάτους ψαριών στη λιμνοθάλασσα. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε ως το αποτέλεσμα της μετακίνησης ανοξικών υδατικών μαζών από τις εσωτερικές ζώνες της λιμνοθάλασσας προς το μέτωπο (Τσακίρης κ.α., 2009).

2.2.5 Θολότητα (Turbidity)

Η θολότητα αποτελεί μέτρο της διαύγειας ή διαφάνειας του νερού. Η αυξημένη θολότητα οφείλεται σε παράγοντες όπως η παρουσία αιωρούμενων στερεών, παρουσία οξει-υδροξειδίων σιδήρου (Fe)/ μαγγανίου (Mn), υψηλή συγκέντρωση βακτηρίων ή ακόμα και στην παρουσία μικρών φυσαλίδων αέρα (Τσακίρης κ.α., 2009).

Η θολότητα του νερού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου κυμαίνεται από 0-10 mg (Θέση Τουρλίδα) με μοναδικές εξαιρέσεις τις τιμές 19-79 mg (Θέση Τουρλίδα) οι οποίες σημειώνονται την περίοδο από Δεκέμβριο έως Μάρτιο. Στην ανατολική Κλείσοβα η θολότητα λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τη δυτική Κλείσοβα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Hotos and Avramidou, 1997).

2.2.6 Ενώσεις του αζώτου (N)

Οι ενώσεις του αζώτου είναι οι συνηθέστερες ενδείξεις ρύπανσης υπόγειων και επιφανειακών νερών. Κατά τον Αλεξάκη (2002) το διαλυμένο άζωτο εμφανίζεται στα ύδατα σε μορφές όπως τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-), η αμμωνία (NH_3). Η συνηθέστερη μορφή διαλυμένου αζώτου στο νερό είναι η νιτρική ρίζα (NO_3^-), ενώ οι αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών είναι και η πιο συνηθισμένη ένδειξη ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα. Μικρές ποσότητες αζώτου υπάρχουν στα πετρώματα, όμως οι μεγαλύτερες ποσότητες είναι συγκεντρωμένες στο έδαφος ή σε βιολογικά υλικά. Κύρια πηγή προέλευσης των νιτρικών είναι η διάθεση των αστικών λυμάτων στο έδαφος μέσω απορροφητικών βόθρων, τα αζωτούχα λιπάσματα και τα προϊόντα αποσύνθεσης των οργανικών λιπασμάτων και φυτικών υπολειμμάτων προηγούμενων καλλιεργειών, καθώς και η επιφανειακή διάθεση κτηνοτροφικών αποβλήτων (Τσακίρης κ.α., 2009).

Σύμφωνα με χημικές αναλύσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο νερό της λιμνοθάλασσας από τον Λεμέσιο (2008), η συγκέντρωση της αμμωνίας (NH_4^+) κυμαίνεται από 0,0 έως 0,47 mg (Θέση Τουρλίδα), των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) από 1 έως 24 mg (Θέση Τουρλίδα) και των νιτρωδών ιόντων (NO_2^-) από 0.01 έως 0.281 mg (Θέση Τουρλίδα). Στην λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) κυμαίνεται από 0.0 έως 2.5 mg (Θέση Τουρλίδα) και των φωσφορικών ιόντων (PO_4^{3-}) κυμαίνεται από 0,0 έως 4.15 mg (Θέση Τουρλίδα) (Κατσαργύρη, 2008). Σύμφωνα με τον Danielides (1991) ο οποίος εκπόνησε έρευνα στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού, η συγκέντρωση PO_4^{3-} στο νερό είναι

μεγαλύτερη από 10 μg (Θέση Τουρλίδα), ενώ η συγκέντρωση NH_4^+ είναι μεγαλύτερη από 400 μg (Θέση Τουρλίδα). Οι Dassenakis *et al.*, (1994) σε έρευνα που εκπόνησαν στην λιμνοθάλασσα Αιτωλικού κατέγραψαν στο νερό της λιμνοθάλασσας συγκέντρωση NO_2^- η οποία κυμαίνεται από 0.04- 5.90 μg (Θέση Τουρλίδα), ενώ η συγκέντρωση NO_3^- κυμαίνονταν από 0-15 μg (Θέση Τουρλίδα).

Οι μέθοδοι εντατικής αγροτικής καλλιέργειας που εφαρμόζονται σε εκτάσεις περιμετρικά της λιμνοθάλασσας συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου - Αιτωλικού (Βλάχος, 2005). Η εντατική χρήση φωσφορικών και νιτρικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και εδαφοβελτιωτικών πλούσιων σε αμμωνία, έχει σαν επακόλουθο ένα ποσοστό των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων να εκπλένεται και να μεταφέρεται στη λιμνοθάλασσα, με αποτέλεσμα η συσσώρευση των θρεπτικών συστατικών να δημιουργεί συνθήκες ευτροφισμού στη λιμνοθάλασσα (Τσακίρης κ.α., 2009).

2.2.7 Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία

Η συστηματική καταγραφή της συγκέντρωσης των κυρίων στοιχείων και ενώσεων (όπως Ca, Mg, K, Na, Cl, HCO_3^- , SO_4^{--}) και ιχνοστοιχείων (όπως As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb, U, Zn) είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της ποιότητας των νερών.

Τα ιχνοστοιχεία εν αντιθέσει με τις περισσότερες οργανικές ενώσεις δεν αποικοδομούνται οπότε για αυτό συσσωρεύονται στο περιβάλλον. Τελικά ένα μέρος των ιχνοστοιχείων καταλήγει μέσω της τροφικής αλυσίδας στον ανθρώπινο οργανισμό, στον οποίο προκαλούνται χρόνιες ή οξείες βλάβες.

Οι μέγιστες (max), οι ελάχιστες (min) και οι μέσες (mean) συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων του νερού της λιμνοθάλασσας Κλείσοβας περιλαμβάνονται στον πίνακα πιο κάτω, έχουν προκύψει έπειτα από στατιστική επεξεργασία των αναλυτικών δεδομένων τα οποία προέρχονται από τον Λεμέσιο (2008).

Με βάση τις τιμές των ποιοτικών παραμέτρων νερού της λιμνοθάλασσας συμπεραίνεται ότι τα δείγματα της περιόδου των υψηλών νερών σε σχέση με τα δείγματα της περιόδου των χαμηλών νερών παρουσιάζουν μείωση της μέσης τιμής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECw) και των ποιοτικών παραμέτρων As, B, Ba, Ca, Cl, Cu, K, Mg, Na, SO_4 και Zn.

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων Κάδμιο (Cd), Κοβάλτιο (Co), Μαγγάνιο (Mn) και Ουράνιο (U) στο νερό της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου είναι μικρότερες από τα αντίστοιχα όρια ανιχνευσιμότητας. Συγκεντρωτικά παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

		Περίοδος χαμηλών νερών (n=7) 26-28/10/2005			Περίοδος υψηλών νερών (n=6) 11/4/2006		
		Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
As	μg L ⁻¹	3	227	50	3	75	32
B	μg L ⁻¹	106	11133	2822	101	4678	1969
Ba	μg L ⁻¹	56	234	97	17	97	45
Ca	mg L ⁻¹	85	1308	354	59	405	207
Cd	μg L ⁻¹	<3			<3		
Cl	mg L ⁻¹	560	61000	13902	300	19500	8973
Co	μg L ⁻¹	<3			<3		
CO ₂	mg L ⁻¹	83	379	157	104	268	197
Cr	μg L ⁻¹	15	705	167	18	390	184
Cu	μg L ⁻¹	9	456	91	3	152	62
EC _w	μS cm ⁻¹	2600	117000	30522	101	9430	3949
Eh	mV	81	117	106	115	241	165
Fe	μg L ⁻¹	19	103	59	35	289	155
HCO ₃	mg L ⁻¹	144	264	212	135	395	227
K	mg L ⁻¹	12	1200	284	1	554	222
Mg	mg L ⁻¹	47	2864	723	15	797	308
Mn	μg L ⁻¹	<4			4	72	
Na	mg L ⁻¹	398	32038	7474	235	11320	5180
NH ₄	mg L ⁻¹	0	0.26	0.13	0.01	0.47	0.15
Ni	μg L ⁻¹	5	56	23	5.00	48	23
NO ₂	mg L ⁻¹	0.012	0.281	0.06	0.01	0.02	0.012
NO ₃	mg L ⁻¹	1	9	5	0	24	9
O ₂	mg L ⁻¹	4	4.5	4.14	5.6	6.0	5.88
Pb	μg L ⁻¹	3	17	10	<3		
PO ₄	mg L ⁻¹	0.014	0.395	0.14	0.02	0.48	0.194
Sb	μg L ⁻¹	87	640	300	5	132	
SO ₄	mg L ⁻¹	139	9975	2456	42	5475	2084
T	°C	19.5	21.3	20.4	17	22	20.3
U	μg L ⁻¹	<4			<3		
Zn	μg L ⁻¹	46	493	193	28	112	69
pH		7.61	8.99		7.94	8.25	8.09

Πίνακας 1: Περιγραφικά στατιστικά των ποιοτικών παραμέτρων του νερού λιμνοθάλασσας Κλείσοβα (Λεμέσιος, 2008)

2.2.8 Συμπέρασμα για τους αβιοτικούς παράγοντες

Για την ανίχνευση της τάσης μεταβολής μεγεθών, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής ή άλλων αιτιών, απαιτείται η ύπαρξη χρονοσειράς δεδομένων. Η έλλειψη χρονοσειράς δεδομένων των ποιοτικών παραμέτρων του νερού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου δεν επιτρέπει την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων προκειμένου να εκτιμηθεί η τάση μεταβολής των παραμέτρων αυτών.

2.2.9 Επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με Τσακίρης κ.α. (2009) η κλιματική αλλαγή και οι άμεσες συνέπειες μείωσης των βροχοπτώσεων, αύξησης της θερμοκρασίας και ανόδου της στάθμης της θάλασσας θα επηρεάσουν την αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας σύμφωνα με τους παρακάτω τρόπους:

(1) αύξηση της εξάτμισης η οποία συνεπάγεται συμπύκνωση του νερού και αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων στοιχείων

(2) μείωση εισροών γλυκού νερού από τα ρέματα και τα αποστραγγιστικά αντλιοστάσια

(3) εισροή θαλασσινού νερού σε τμήματα της λιμνοθάλασσας στα οποία θα προκαλέσει κατά περίπτωση αύξηση ή μείωση της αλατότητας ανάλογα με την αλατότητα του τμήματος εάν είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από την αλατότητα του θαλασσινού νερού (35 psu)

Οι έξι λιμνοθάλασσες που αποτελούν το σύμπλεγμα διαφέρουν σε μορφολογικά χαρακτηριστικά, κυκλοφορία νερού οπότε η πιθανή άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα έχει διαφορετικές επιπτώσεις σε κάθε λιμνοθάλασσα.

Εάν η αλατότητα του τμήματος της λιμνοθάλασσας είναι μεγαλύτερη από την αλατότητα του θαλασσινού νερού (35 psu), τότε η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η επακόλουθη εισροή θαλασσινού νερού στο συγκεκριμένο τμήμα, θα έχει άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση της αλατότητας του νερού του συγκεκριμένου τμήματος της λιμνοθάλασσας λόγω αραιώσης.

Αντίθετα, εάν η αλατότητα του τμήματος της λιμνοθάλασσας είναι μικρότερη από την αλατότητα του θαλασσινού νερού (35 psu) τότε, η κλιματική αλλαγή και η επακόλουθη άνοδος της στάθμης της θάλασσας η οποία θα προκαλέσει εισροή θαλασσινού νερού στο τμήμα αυτό, θα έχει άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας του συγκεκριμένου τμήματος της λιμνοθάλασσας.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η εισροή θαλασσινού νερού θα επηρεάσει το ισοζύγιο γλυκού-αλμυρού νερού στα επιμέρους τμήματα της λιμνοθάλασσας. Για την περίπτωση κατά την οποία τα τμήματα της λιμνοθάλασσας έχουν χαμηλή αλατότητα, η εισροή θαλασσινού νερού θα αυξήσει την αλατότητα τους. Για την περίπτωση κατά την οποία τα τμήματα της λιμνοθάλασσας έχουν υψηλή αλατότητα, η εισροή θαλασσινού νερού θα μειώσει την αλατότητα τους.

Ανατολική Κλείσοβα

Η αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας της Ανατολικής Κλείσοβας είναι μικρότερη από την αλατότητα του νερού της Δυτικής Κλείσοβας, εξ' αιτίας της σταθερής ροής γλυκού νερού από το βιολογικό καθαρισμό και τα αποστραγγιστικά αντλιοστάσια τα οποία αντλούν νερό από τις πλημμυρισμένες χερσαίες περιοχές και το μεταφέρουν στην λιμνοθάλασσα της Δυτικής Κλείσοβας (Hotos *et al.*, 1997; Katselis *et al.*, 2003). Χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα κλειστού τύπου και μικρής αλατότητας (0.5-42 psu) που επικοινωνεί με τη θάλασσα μέσω ενός διαύλου.

Η μικρή αλατότητα της λιμνοθάλασσας Ανατολικής Κλείσοβας οφείλεται στην εισροή μεγάλων όγκων γλυκού νερού από το βιολογικό καθαρισμό, τα αποστραγγιστικά αντλιοστάσια και τα ρέματα. Η κλιματική αλλαγή και η μείωση των βροχοπτώσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εισροών γλυκού νερού από τα αποστραγγιστικά αντλιοστάσια και τα ρέματα. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό θα επέλθει αύξηση της τιμής της αλατότητας του νερού της λιμνοθάλασσας Ανατολικής Κλείσοβας.

Επίσης, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής θα έχει σαν αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό που θα εισέλθει στη λιμνοθάλασσα της Ανατολικής Κλείσοβας να προκαλέσει αύξηση της αλατότητας.

Δυτική Κλείσοβα

Χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα κλειστού και ανοικτού τύπου η οποία επικοινωνεί με τη θάλασσα με δύο κανάλια, είναι λιμνοθάλασσα υψηλής αλατότητας (30-68 psu). Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η επιπλέον είσοδος θαλασσινού νερού θα μπορούσε να προκαλέσει μείωση της αλατότητας του νερού της Δυτικής Κλείσοβας.

Κεντρική Λιμνοθάλασσα

Επικοινωνεί άμεσα με τη θάλασσα και χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα ανοικτού τύπου. Το νερό της Κεντρικής Λιμνοθάλασσας έχει αλατότητα η οποία κυμαίνεται από 30 έως 45 psu. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η επιπλέον είσοδος θαλασσινού νερού δεν θα μπορούσαν να επηρεάσουν την αλατότητα του νερού της Κεντρικής Λιμνοθάλασσας.

Θολή

Είναι λιμνοθάλασσα κλειστού τύπου η οποία επικοινωνεί με τη θάλασσα με δύο διαύλους. Το νερό της λιμνοθάλασσας Θολή έχει μικρή αλατότητα (15-38 psu). Η μικρή αλατότητα οφείλεται στην εισροή γλυκού νερού από το αποστραγγιστικό αντλητικό συγκρότημα.

Η κλιματική αλλαγή και η μείωση των βροχοπτώσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εισροών γλυκού νερού από το αποστραγγιστικό αντλιοστάσιο το οποίο αποστραγγίζει την περιοχή του Νεοχωρίου. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό θα επέλθει αύξηση της τιμής της αλατότητας του νερού της λιμνοθάλασσας Θολή. Επίσης, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής θα έχει σαν αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό που θα εισέλθει στη λιμνοθάλασσα της Θολής να προκαλέσει οριακή αύξηση της αλατότητας.

Παλαιοπόταμος

Είναι λιμνοθάλασσα κλειστού. Το νερό της λιμνοθάλασσας Παλαιοπόταμος έχει υψηλή αλατότητα η οποία κυμαίνεται από 35 έως 55 psu. Το ανατολικό τμήμα της λιμνοθάλασσας Παλαιοπόταμος δέχεται εισροή μικρών ποσοτήτων γλυκού νερού από αντλιοστάσιο.

Η κλιματική αλλαγή και η μείωση των βροχοπτώσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εισροών γλυκού νερού από το αποστραγγιστικό αντλιοστάσιο, η οποία δεν αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά την αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας Παλαιοπόταμος.

Επίσης η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής θα έχει σαν αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό που θα εισέλθει στη λιμνοθάλασσα Παλαιοπόταμος να προκαλέσει μείωση της αλατότητας.

Αιτωλικό

Είναι λιμνοθάλασσα κλειστού τύπου η οποία έχει περιορισμένη ανταλλαγή νερού με την Κεντρική Λιμνοθάλασσα. Το νερό της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού έχει μικρή αλατότητα η οποία κυμαίνεται από 15 έως 38 psu. Η μικρή αλατότητα της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού οφείλεται στην εισροή μεγάλων όγκων γλυκού νερού από τα ρέματα της περιοχής.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα έχει σαν αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό που θα εισέλθει στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού να προκαλέσει οριακή αύξηση της αλατότητας.

Το σενάριο μεταβολής της αλατότητας λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας για κάθε τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου παρουσιάζεται συνοπτικά στον πίνακα 2.

Λιμνοθάλασσα	Ονομασία λιμνοθάλασσας	Μεταβολή αλατότητας
R1	Ανατολική Κλείσοβα	αύξηση (+)
R2	Δυτική Κλείσοβα	μείωση (-)
R3	Κεντρική Λιμνοθάλασσα	καμμία μεταβολή
R4	Θολή	οριακή αύξηση (+)
R5	Παλαιοπόταμος	μείωση (-)
R6	Αιτωλικό	οριακή αύξηση (+)

Πίνακας 2: Σενάριο μεταβολής αλατότητας στις έξι λιμνοθάλασσες λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (Τσακίρης κ.α., 2009).

2.3 Επίδραση στους βιοτικούς παράγοντες

2.3.1 Φυτοπλαγκτόν

Το φυτοπλαγκτόν παρουσιάζει σημαντικές ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές σε όλη την έκταση της λιμνοθάλασσας. Στην κεντρική λιμνοθάλασσα τα μικρομαστιγωτά (<10μm) αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό στο σύνολο του φυτοπλαγκτού (μεγαλύτερο από 90%), ενώ το ποσοστό των διατόμων είναι πολύ μικρό (0.3 - 8.2%), σε αντίθεση με την Κλείσοβα που αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό (40 - 89 %), το Αιτωλικό (26 - 43 %) και τον Παλαιοπόταμο (13%). Τα δινομαστιγωτά, παραμένουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα (0.1 - 2.4%), με εξαίρεση στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού όπου το ποσοστό συμμετοχής τους έφθασε στο 17.3%. Τα κοκκολιθοφόρα και τα πυριτιδιφόρα σχεδόν έλειπαν τελείως από τη λιμνοθάλασσα (Τσακίρης κ.α., 2009).

Τα επικρατέστερα είδη διατόμων στην περιοχή είναι τα *Cocconeis sp.*, *Navicula sp.*, *Nitzschia longissima*, *Acanthes sp.*, *Pleurosigma sp.* και από τα δινομαστιγωτά τα *Peridinium trochoideus*, *Exuviella sp.*, *Propocentrum sp.* και *Gymnodinium sp.* (Τσακίρης κ.α., 2009).

Ο αριθμός των κυττάρων ανά μονάδα όγκου, αυξάνεται σημαντικά από τα στόμια επικοινωνίας με τον Πατραϊκό κόλπο μέχρι τη περιοχή του Αιτωλικού, στην οποία ο αριθμός κυττάρων είναι υπέρ 3πλάσιος, σε σχέση με τη κεντρική λιμνοθάλασσα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με το δείκτη ποικιλότητας (Κλαουδάτος *et al.*, 1990). Η μεγάλη αυτή διαφοροποίηση, μεταξύ των δυο περιοχών οφείλεται αφενός στις μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και αλατότητας όσο και στις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων που έχουν καταγραφεί στη περιοχή του Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009).

2.3.2 Ζωοπλαγκτόν

Η αφθονία του ζωοπλαγκτού, ακολουθεί τις αυξημένες συγκεντρώσεις του φυτοπλαγκτού. Στο ζωοπλαγκτόν αφθονούν τα ευρύαλα είδη Κωπηπόδων, Ισοπόδων, Αμφιπόδων και κυρίως μεγάλη αφθονία προνυμφών Καρκινοειδών (μεροπλαγκτόν). Στην κεντρική λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου, αφθονούν τα ευρύαλα είδη (*Acartia latisetosa*, *Acartia clausi*, *Acartia discaudata*, *Oithona nana*, *Metis sp.*, κ.ά.) και συναντώνται με αρκετή συχνότητα τα Ακάρεα, Αμφίποδα και οι μεροπλαγκτονικές προνύμφες. Στις νησίδες, που χωρίζουν τη λιμνοθάλασσα από τον Πατραϊκό κόλπο, συναντώνται και θαλάσσια είδη. Στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού, συναντάται κυρίως το κωπήποδο *Calanipeda aquaedulcis* συνοδευόμενο από τα *Acartia clausi*, *Acartia latisetosa* και *Centropages kroyeri*. Τέλος, στο δίαυλο της Κλείσοβας η σύνθεση του ζωοπλαγκτού μοιάζει άλλες φορές μ' αυτή της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού και άλλες με αυτή της κεντρικής λιμνοθάλασσας του Μεσολογίου (Τσακίρης κ.α., 2009).

2.3.3 Βένθος (Φυτο-ζωοβένθος)

Στο μακροζωοβένθος κυριαρχούν οι πολύχαιτοι (48.3%) και παρουσιάζει μικρές διαφορές με θαλάσσιες περιοχές μαλακού υποστρώματος της Ελλάδος. Οι διαφορές εστιάζονται στα αυξημένα ποσοστά των καρκινοειδών και των αμφιπόδων που παρατηρούνται στην λιμνοθάλασσα Μεσολογίου - Αιτωλικού. Όμως παρουσιάζεται χωρική κατανομή του δείκτη ποικιλότητας. Η μεγαλύτερη ποικιλότητα παρατηρείται στη κεντρική λιμνοθάλασσα και η μικρότερη στην Κλείσοβα και στο Αιτωλικό. Η υδρόβια χλωρίδα

χαρακτηρίζεται φτωχή, με πιο διαδεδομένο το *Cymodocea nodosa*, ακολουθώντας ανάλογη χωρική κατανομή της ποικιλότητας με το ζωβένθος (Τσακίρης κ.α., 2009).

2.3.4 Ιχθυοπανίδα

Λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων στις λιμνοθάλασσες κατά τη διάρκεια του έτους, τα είδη των ψαριών που απαντώνται σ' αυτή είναι περιορισμένα. Η ιχθυοπανίδα γενικά αποτελείται από μόνιμους και προσωρινούς άποικους. Στην πρώτη κατηγορία συγκαταλέγονται 1-2 είδη της οικογένειας Labridae (χειλούδες), 1 είδος της οικ. Blenidae (*Blenius rano*, σαλιάρια), 1 είδος της οικ. Atherinidae (*Atherina boyeri*, αθερίνα), 3-4 είδη της οικ. Gobidae (*Gobius*, *Gogius niger*, γοβιός), 1-2 είδη της οικ. Cyprinodontidae (*Aphanius fasciatus* ζαμπαρέλα), ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα 5 είδη των κεφαλοειδών (*Mugil cephalus* κέφαλος, *Liza ramada* βελάνισσα, *Liza aurata* μυξινάρι, *Liza saliens* γάστρος, *Chelon labrosus* λαυκίνος), η τσιπούρα (*Sparus aurata*), το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), το χέλι (*Anguilla anguilla*), η γλώσσα (*Solea impar*, *Solea vulgaris*) 5-6 είδη της οικ. Sparidae (*Diplodus annularis* σπάρκος, *Diplodus sargus* σαργός, *Diplodus puntazzo* μυτάκι, *Salpa* σάλπα, και *Lithognathus mormyrus* μουρμούρα), 1 είδος της οικ. Mullidae (*Mullus barbatus* κουτσομούρα), 1 είδος της οικ. Scorpaenidae (*Scorpaena porcus*, σκορπιός). Επίσης, στο μέτωπο της λιμνοθάλασσας διαβιούν όλα τα παραπάνω είδη όπως επίσης και πολλά από τα κοινά είδη των ελληνικών ακτών (ροφοί, συναγρίδες, πέρκες κλπ.) τα οποία εισέρχονται σε περιοχές των λιμνοθαλασσών κύρια για λόγους διατροφής. Τον κατάλογο συμπληρώνουν ακόμα είδη ψαριών των εσωτερικών νερών, τα οποία εισέρχονται σε περιοχές των λιμνοθαλασσών με μικρή αλατότητα, κύρια για λόγους διατροφής. Τα είδη αυτά ανήκουν στην οικ. Cyprinidae (πεταλούδα, δρομίτσα, κυπρίνοι, τσερούκλα) (Τσακίρης κ.α., 2009). Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να δοθεί στο πολύ υποβαθμισμένο οικοσύστημα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού όπου παρατηρούνται διαχρονικές αλλαγές στην ποιοτική σύνθεση της ιχθυοπανίδας. Από ιχθυολογικής άποψης διαπιστώθηκε ότι είδη που έμπαιναν παλιότερα στην λιμνοθάλασσα και βρίσκονταν σε αφθονία στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού, είτε πλέον δεν εισέρχονται (*Solea spp*), είτε παραμένουν πολύ λίγο σε αυτήν (π.χ. τσιπούρα)(Τσακίρης κ.α., 2009).

Το ασταθές του συστήματος, η μείωση της αλατότητας στην επιφάνεια, η απουσία διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα (Λεονάρδος, 1996), η απουσία ζωής στο μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού (Τσακίρης κ.α., 2009)

ιδιαίτερα πολυχαίτων και μαλακίων, αλλά και υδρόβια χλωρίδας, οδήγησαν στο να απομακρυνθούν από τη λιμνοθάλασσα τα είδη αυτά. Αντίθετα, αυξήθηκε η παρουσία μικρών πελαγικών ειδών, όπως η αθερίνα και ο γαύρος (Τσακίρης κ.α., 2009). Στους πίνακες 3 και 4 βλέπουμε τις οικολογικές ζώνες και τα είδη που ζουν σε αυτές.

ΖΩΝΗ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
I	0-1	Συνέχεια του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	Οργανισμοί τυπικοί των παρακτινών θαλάσσιων βιοκοινωνιών τύπου πυθμένα λεπτόκοκκης άμμου. Βιοκοινότητες φανερόγαμων <i>Zoostera</i> , <i>Posidonia</i> κ.α.
II-2		Απουσιάζουν ή σπανίζουν τα μη ευρύαλα είδη τυπικά θαλάσσια είδη.	<u>ΜΑΛΑΚΙΑ</u> : <i>Maetra corallina</i> , <i>M.glauca</i> , <i>Tellina tenuis</i> , <i>Donax semistriatus</i> , <i>D.tranculus</i> , <i>Acanthocardia echinata</i> , <i>Dosinia exoleta</i> . <u>ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ</u> : <i>Audouinia tetraculata</i> , <i>Magelona papillocornis</i> , <i>Owenia Fusiformis</i> , <i>Phyllodoce mucosa</i> , <i>Pectinaria Koreni</i> . <u>ΚΑΡΚΙΝΟΕΙΔΗ</u> : <i>Portunus latipes</i> . <u>ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ</u> : <i>Asteria gibbosa</i> , <i>Holoturvia polii</i> , <i>Paracentrotus lividus</i> . <u>ΧΛΩΡΙΔΑ</u> : <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Zostera noltii</i> , <i>Caulpera prolifera</i> .
III-3		Απουσιάζουν τα εχινόδερμα. Τα είδη είναι κοινά και στη λ/θ όσο και στη θάλασσα	<u>ΜΑΛΑΚΙΑ</u> : <i>Venerupis decusata</i> , <i>V.aurea</i> , <i>Scorbicularia plana</i> , <i>Corpula gibba</i> , <i>Loripes lacteus</i> , <i>Gatrana fragillis</i> , <i>Akera bullata</i> . <u>ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ</u> : <i>Nephtys hombergii</i> , <i>Armadia cirrodsa</i> , <i>Glycera convulata</i> . <u>ΚΑΡΚΙΝΟΕΙΔΗ</u> : <i>Upogebia littoraris</i> .
IV	3-4	Δεν συναντώνται είδη της θαλάσσιας πανίδας.	<u>ΜΑΛΑΚΙΑ</u> : <i>Abra ovata</i> , <i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Hydrobia acuta</i> . <u>ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ</u> : <i>Nereis diversicolor</i> . <u>ΚΑΡΚΙΝΟΕΙΔΗ</u> : <i>Gammarus insensibilis</i> , <i>G.aequicautada</i> , <i>Corophium insidiosum</i> . <u>ΧΛΩΡΙΔΑ</u> : <i>Ruppia spiralis</i> .
V	4-5	Πυθμένας οργανική λάσπη Έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (πράσινα νερά)	<u>ΜΑΛΑΚΙΑ</u> : <i>Hydrobia acuta</i> , <i>Pirinella conica</i> . <u>ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ</u> : <i>Nereis diversicolor</i> . <u>ΚΑΡΚΙΝΟΕΙΔΗ</u> : <i>Corophium insidiosum</i> , <i>Shaeroma hookeri</i> , <i>S. rugicauda</i> , <i>Idotea balthica</i> . <i>Artemia salina</i> (μόνο σε υψηλές αλατότητες). <u>ΧΛΩΡΙΔΑ</u> : <i>Ruppia spiralis</i> , <i>Potamogeton pectrinatus</i> .
VI	5-6	A: Περιβάλλον γλυκώννερών B: Περιβάλλον υπεράλυρο.	Στο περιβάλλον των γλυκών νερών, είδη γλυκού νερού και είδη λιμνοθαλασσών ζώνης 4-5, Αντίθετα στο περιβάλλον των υπεράλυμρο δεν υπάρχουν οργανισμοί στον πυθμένα. Χαρακτηριστικά είναι τα «γαλιά» φυκών.

Πίνακας 3: Οικολογικές ζώνες λιμνοθαλασσών (Τσακίρης κ.α., 2009).

Οικογένεια	Είδος	Κοινό όνομα	Μεταναστευτικός χαρακτήρας	Οικολογικά χαρακτηριστικά	Οικοσυστήματα (περιοχές που συναντώνται)			
					ΜΕΣ	ΑΙΤ	ΥΠΕΡ	ΙΧΘ
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Χέλι, Καβάτσα	Διάδρομο	ΕΣ ΥΦ ΘΑ	•	•		•
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	Αθερίνα, Ζαμπέτα, Ζάμπα	Λιμνοθαλάσσιο	ΕΣ ΥΦ ΘΑ ΥΑ	•	•	•	
Belontiidae	<i>Belone belone</i>	Ζαργόνα	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
Bleniidae	<i>Blenius ocellaris</i>	Σαλιέρα, κολογαρίτσα	Περιστασιακό	ΘΑ ΥΦ	•	•		
Carangidae	<i>Lichia amia</i>	Λίτσα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	Σαρδέλα	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ	•	•		
Congridae	<i>Conger conger</i>	Μουγγρί, Δρόγγος	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Cyprinidae	<i>Carassius auratus gibelio</i>	Πεταλούδα	Εσωτ. Υδάτων	ΕΣ ΥΦ				
	<i>Scardinius acarnanicus</i>	Τσερούκλα	Εσωτ. Υδάτων	ΕΣ ΥΦ				
	<i>Rutilus rutilus</i>	Δρομίτσα	Εσωτ. Υδάτων	ΕΣ ΥΦ				
	<i>Tinca tinca</i>	Γλίτι	Εσωτ. Υδάτων	ΕΣ ΥΦ				
	<i>Cyprinus carpio</i>	Κυπρίνος	Εσωτ. Υδάτων	ΕΣ ΥΦ				
Cyprinodontidae	<i>Aphanius fasciatus</i>	Ζαμπορόλα, Γούργος, Ζαχαριάς	Λιμνοθαλάσσιο	ΕΣ ΥΦ ΘΑ ΥΑ	•	•	•	
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Γαύρος	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ		•		
Gobiidae	<i>Gobius cruentatus</i>	Γωβιός, Χωβιός	Λιμνοθαλάσσιο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
	<i>Aphia minuta</i>	Γωβιουδάκι	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ				
	<i>Gobius niger</i>	Γωβιός, Χωβιός	Λιμνοθαλάσσιο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>	Γωβιός, Χωβιός	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
Labridae	<i>Coris julis</i>	Γύλος	Περιστασιακό	ΘΑ	•			•
	<i>Labrus viridis</i>	Λάμπρα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Symphodus cinereus</i>	Φαγανέλι	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Symphodus tinca</i>	Χελού	Περιστασιακό	ΘΑ	•	•		•
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	Βελάνισα, Βελάνιτσα	Διάδρομο	ΕΣ ΥΦ ΘΑ	•	•		•
	<i>Liza aurata</i>	Μυξινάρι	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
	<i>Liza ramada</i>	Λουκίνος, Μαυράκι, Μαυρακούνι	Διάδρομο	ΕΣ ΥΦ ΘΑ	•			•
	<i>Liza saliens</i>	Γαστρος, Στρατηγός	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ ΥΑ	•	•	•	•
	<i>Mugil cephalus</i>	Κέφαλος, Μπάφα (Θ), Στεφράδι (Α)	Διάδρομο	ΕΣ ΥΦ ΘΑ	•	•		•
	<i>Oedalechilus labeo</i>	Γρέντζος	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ				•
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	Κουτσουμούρα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Mullus surmuletus</i>	Μπαρμπούνη	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	Κουνουπόφαρο, Γούργος γλυκός	Εσωτ. Υδάτων	ΕΣ ΥΦ	•	•		
Pomatomidae	<i>Pomatomus saltator</i>	Γοφάρι	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	Συκιός	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>	Σκορπιός	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Serranidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Λαβράκι, Τσιγκριδί (μικρό)	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ ΕΣ	•	•		•
	<i>Serranus hepatus</i>	Περκάκι	Περιστασιακό	ΘΑ	•			•
	<i>Serranus scriba</i>	Πέρκα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Soleidae	<i>Solea vulgaris</i>	Γλώσσα, Χωματίδα	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ				•
Sparidae	<i>Boops boops</i>	Γάμπα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Dentex dentex</i>	Συναγριδα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Diplodus annularis</i>	Σπόρος, Απύσπαρο (μικρό)	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Diplodus sargus</i>	Σαργός	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Diplodus puntazzo</i>	Μυτάκι	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Σαργόπαπας	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	Μουρμούρα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Oblada melanura</i>	Μελανούρι	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λιβρίνι	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Sarpa salpa</i>	Σάλπα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
	<i>Sparus aurata</i>	Τσιπούρα, Λίγδα, Μαριδα	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
	<i>Spondliosoma cantharus</i>	Σκαθάρι	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>	Λαύτσος	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Syngnathidae	<i>Hippocampus hippocampus</i>	Ιππόκαμπος	Διάδρομο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
	<i>Syngnathus abaster</i>	Σακοράφα	Λιμνοθαλάσσιο	ΘΑ ΥΦ	•	•		•
Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i>	Μουδιάστρα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	Δράκενα	Περιστασιακό	ΘΑ				•
Triglidae	<i>Aspitrigla cuculus</i>	Κατόνι	Περιστασιακό	ΘΑ				•

Πίνακας 4: Οικογένειες, είδη, κοινά ονόματα, οικολογικά χαρακτηριστικά των καταγεγραμμένων ψαριών που αλιεύθηκαν στις Λιμνοθάλασσες Μεσολογίου, Αιτωλικού (ΘΑ=θαλάσσια, ΥΦ=υφάλμυρα, ΜΕΣ= Μεσολόγγι, ΑΙΤ= Αιτωλικό, ΥΠΕΡ=Υπεραλμύρα, ΙΧΘ= ιχθυοσυλληπτικές) (Λεονάρδος κ.α., 2000)

3. Η περίπτωση του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού

3.1 Λιμνοθάλασσα συστήματα

Τα λιμνοθάλασσα 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 ενηλίκων (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; Zomprola *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 Μεσολογίου 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. cephalus*) 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 γόνο 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 γόνο 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 γόνο.

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 Μεσολογίου-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 & Rawson (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

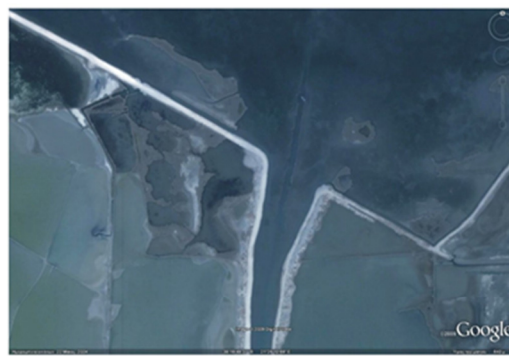
Η ιχθυοπανίδα γενικά αποτελείται από μόνιμους και προσωρινούς άποικους. Οι προσωρινοί άποικοι (οι οποίοι απαρτίζουν κατά βάση την αλιευτική παραγωγή) αφορούν σε δύο βασικές κατηγορίες: α) τυπικά είδη της παράκτιας ζώνης τα οποία εισέρχονται στην λιμνοθάλασσα κυρίως την άνοιξη όταν η θερμοκρασία της λιμνοθάλασσας είναι μεγαλύτερη από αυτή της παράκτιας ζώνης εκμεταλλεόμενα 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 αντίξωων 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 ιχθυοειδών 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 Μεσολογίου- 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 αμμοησίδες με αποκλεισμένα νερά με περισσότερο έντονες αλλαγές της αλατότητας και της θερμοκρασίας (κυρίως ζώνες V) αποτελούν βιοτόπους του είδους *Arhanius fasciatus* (ζαμπαρόλα). Το είδος αυτό είναι ένα μικρό ψάρι (μέγιστο μέσο μήκος 6

cm) που ανήκει στους οστειχθύς 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 επιπέδου. 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).

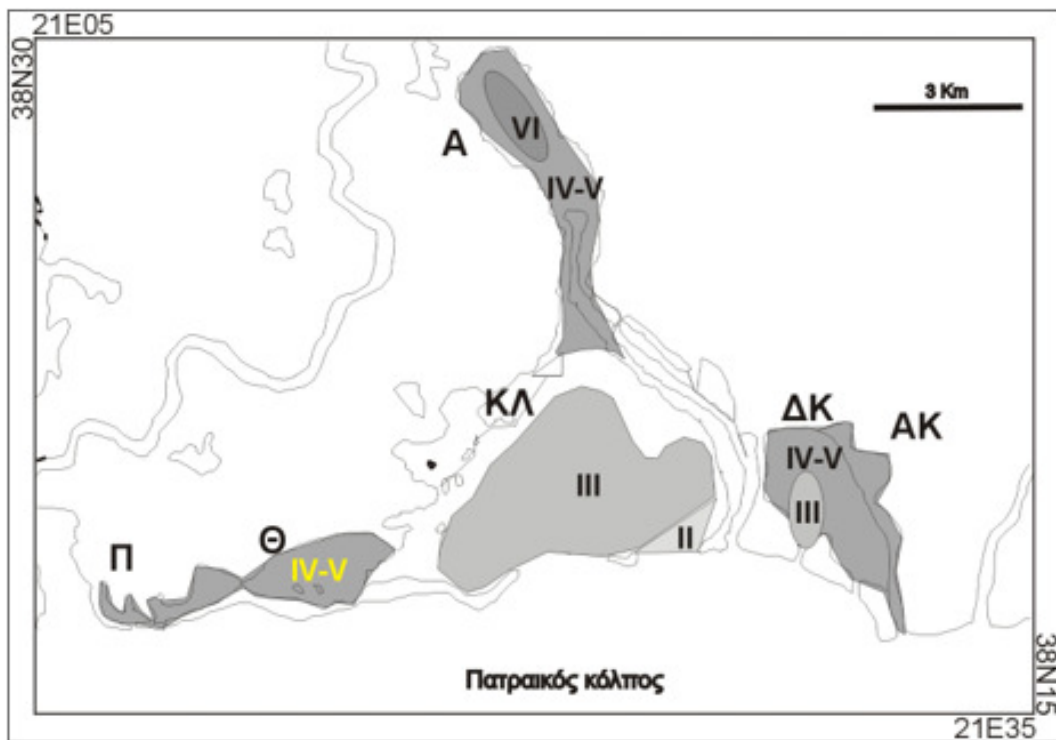
3.3.2 Οικολογικές επιπτώσεις

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 η 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). (AK: Ανατολική Κλείσσοβα, ΔΚ:Δυτική Κλείσσοβα, 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 Κλείσσοβα θα μειωθεί η αλατότητα δεδομένου ότι σήμερα είναι υπερύαλες, και θα αυξηθεί η αλατότητα στα υφάλμυρα λιμνοθαλάσσια υποσυστήματα της ανατολικής Κλείσσοβας, 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 υδροβιότοπων (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 γόνου τσιπούρας παρουσιάζουν και στα δύο λιμνοθάλασσα 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 ανοιξιάτικους 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 κατάργησή 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) <i>μετάπτωση οικολογικών ζωνών</i> Τάση για θαλασσοποίησης των περιοχών, αλλαγή στην σύνθεση της ιχθυοπανίδας, αύξηση παράκτιων ειδών, μείωση της πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγικότητας	α.) <i>Ανάγκη ενίσχυσης ή μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών</i> α.) <i>μεταβολές στην συλλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων</i>	Οικονομικές απώλειες για την βελτιώση και προσαρμογή των αλιευτικών εργαλείων
β) <i>αλλοίωση των παράκτιων περιμετρικών μικρο-υδροβιότοπων</i> Μείωση των ιδιαίτερων υδροβιότοπων, αρνητική επίπτωση στην βιοποικιλότητα	β) <i>αλλαγή της σύνθεσης ειδών του αλιεύματος</i>	Μείωση εσόδων ανά μονάδα βιομαζας λόγω αύξησης του ποσοστού νεαρών ατόμων ειδών παράκτιας διαβίωσης
γ) <i>περιορισμός της υπάρχουσας έκτασης των γλυκών νερών</i> μείωση των βιότοπων των ψαριών γλυκών νερών	γ) <i>εξομάλυνση της εποχικότητας της αλιευτικής παραγωγής</i>	Εξομάλυνση της εποχικότητας των οικονομικών της αλιείας
δ) <i>δημιουργία νέων υδροβιότοπων στις κατακλύζουσες περιοχές</i> Αύξηση ιδιαίτερων υδροβιότοπων, νεες περιοχές με ρόλο nursery ground	δ) <i>αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων</i>	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) <i>εξομάλυνση της έντονης εποχικότητας των μετακινήσεων</i>	ε) <i>Μεταβολή της αλιευτικής παραγωγής ως αποτέλεσμα στρατολόγησης</i>	Μείωση της δυναότητας πρόβλεψης της παραγωγής σε μικρά χρονικά διαστήματα λόγω αυξημένης μεταβλητότητας στις συλληψεις συνέπεια έντονων καιρικών φαινομένων
στ) <i>Πιθανή μετατόπιση της έναρξης των προς την θάλασσα μεταναστεύσεων</i>	στ) <i>αύξηση της πιθανότητας καταστροφής των φραγμών</i>	Μείωση του συνολικών εσόδων αλιείας αποτέλεσμα της αύξησης της ποσότητας των παρακτιων και μείωσης των διάδρομων ειδών ψαριών.
ζ) <i>αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων</i>	ζ) <i>Μείωση της παραγωγής των διαδρομων ειδών και αύξηση των παρακτιων ειδών</i>	Θετική συνεισφορά στο σύνολο των εσόδων η ενταξη στο λιμνοθάλασσιο σύστημα και στην αλιευτική εκμετάλλευση των νεοπλημμυριζόμενων περιοχών
η) <i>αλλαγή ρευματολογίας και υδροδυναμικής και τροποποίηση προσέγγισης και διασποράς του γόνου</i>	ηε) <i>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</i>	
θ) <i>Μείωση του πλεονεκτήματος προστασίας από θηρευτές</i>		

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

3.3.5 Στις νεοπλημμυριζόμενες περιοχές

Σύμφωνα με τους Τσακίρης κ.α. (2009) τα παραπάνω αποτελούν επιπτώσεις στην υπάρχουσα λιμνοθάλασσια 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 επαναπλυμηρισμένα 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 λιμνοθάλασσας 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 κατακύληση 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 H_2S , 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 μπουν 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 Μεσολογίου – 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, ασβεστικό πλαγκτόν, άλλοι οργανισμοί με σκελετό ή κέλυφος ασβεστικό. 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 CO₂ στην ατμόσφαιρα συγκριτικά με τα προηγούμενα 300 εκατομμύρια χρόνια (Τσακίρης κ.α., 2009).

4 Σχεδιασμός και ανάπτυξη του ιστότοπου

4.1 Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου Content Management Systems (CMS)

Τα συστήματα διαχείρισης περιεχομένου είναι μία κατηγορία λογισμικού (σύνολο προγραμμάτων ή μία εφαρμογή) που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία, τη διαχείριση και τη διανομή περιεχομένου ψηφιακής μορφής που διατίθεται στο διαδίκτυο με τη μορφή ιστοσελίδων. Χρησιμοποιείται για την δημιουργία και διαχείριση εταιρικού και διαδικτυακού περιεχομένου που εμπεριέχεται σε ιστοσελίδες ηλεκτρονικών καταστημάτων (e-shops), blogs, portals κ.α. Ως ψηφιακό περιεχόμενο νοούνται τα ψηφιακής μορφής κείμενα, πολυμέσα (π.χ. εικόνες, βίντεο, ήχος), οι σύνδεσμοι (links), οι υπερσύνδεσμοι (Hyperlinks) ή άλλες εφαρμογές και αντικείμενα (objects) όπως βλέπουμε στην εικόνα 4.



Εικόνα 4: Σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (CMS)(Γαρμπής 2020)

Συστήματα διαχείρισης εταιρικού περιεχομένου - Enterprise Content Management - ECM

Ένα σύστημα διαχείρισης εταιρικού περιεχομένου διευκολύνει τη συνεργασία ενός επαγγελματικού περιβάλλοντος ενσωματώνοντας λειτουργίες διαχείρισης εγγράφων, διαχείρισης ψηφιακών αγαθών, διατήρησης αρχείου δραστηριοτήτων και προσαρμοσμένα δικαιώματα πρόσβασης, ανάλογα με το χρήστη και το ρόλο του στην επιχείρηση.

- Οι σουίτες ECM διαθέτουν τα ακόλουθα βασικά στοιχεία, εκτός από τη διαχείριση περιεχομένου Ιστού:

- διαχείριση εγγράφων,
- απεικόνιση εγγράφων,
- διαχείριση αρχείων,
- ροή εργασιών και συνεργασία με κεντρικό έγγραφο

Εφαρμογή διαχείρισης περιεχομένου - Content Management Application (CMA)

Μια εφαρμογή διαχείρισης περιεχομένου (CMA) είναι το στοιχείο λειτουργίας της διεπαφής (the front-end component), ενός συστήματος διαχείρισης περιεχομένου (CMS) που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να διαχειρίζονται εταιρικό περιεχόμενο ή το περιεχόμενο ενός ιστότοπου.

Ένα CMA συνήθως περιλαμβάνει πρότυπα που αυτοματοποιούν πολλές από τις επαναλαμβανόμενες πτυχές της δημιουργίας και της επεξεργασίας περιεχομένου. Τα

περισσότερα τρέχοντα CMA παρέχουν μια διεπαφή που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να εργάζονται με το περιεχόμενο, χωρίς τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού HTML. Το CMA για περιεχόμενο ιστότοπου, επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να επεξεργάζονται και να καταργούν το περιεχόμενο ενός ιστότοπου.

Σύστημα διαχείρισης περιεχομένου ιστού - Web Content Management System (WCM ή WCMS)

Ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου ιστού είναι ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου λογισμικού (CMS), ειδικά για περιεχόμενο ιστού. Παρέχει εργαλεία σύνταξης, συνεργασίας και διαχείρισης ιστότοπων που βοηθούν τους χρήστες με λίγη γνώση γλωσσών προγραμματισμού ιστού να δημιουργούν και να διαχειρίζονται το περιεχόμενο ιστότοπου. Ένα WCMS παρέχει τα θεμέλια για συνεργασία, παρέχοντας στους χρήστες τη δυνατότητα να διαχειρίζονται έγγραφα ψηφιακής μορφής και δυνατότητα πολλαπλής επεξεργασίας μέσα από τη συμμετοχή αρκετών συγγραφέων. Τα περισσότερα συστήματα υποστηρίζονται από μία βάση δεδομένων για να αποθηκεύουν το περιεχόμενο της σελίδας, τα μεταδεδομένα και άλλα στοιχεία πληροφοριών που χρειάζεται το σύστημα.

Εφαρμογή διαχείρισης περιεχομένου - Content Management Application (CMA)

Μια εφαρμογή διαχείρισης περιεχομένου (CMA) είναι το στοιχείο λειτουργίας της διεπαφής (the front-end component), ενός συστήματος διαχείρισης περιεχομένου (CMS) που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να διαχειρίζονται εταιρικό περιεχόμενο ή το περιεχόμενο ενός ιστότοπου. Ένα CMA συνήθως περιλαμβάνει πρότυπα που αυτοματοποιούν πολλές από τις επαναλαμβανόμενες πτυχές της δημιουργίας και της επεξεργασίας περιεχομένου. Τα περισσότερα τρέχοντα CMA παρέχουν μια διεπαφή που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να εργάζονται με το περιεχόμενο, χωρίς τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού HTML.

Το CMA για περιεχόμενο ιστότοπου, επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να επεξεργάζονται και να καταργούν το περιεχόμενο ενός ιστότοπου.

Χαρακτηριστικά και βασικές λειτουργίες των CMS

Οι περισσότερες από τις βασικές λειτουργίες στα λογισμικά CMS είναι κοινές (εκτός από κάποιες διαφορές στα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά τους):

- Δημιουργία ευρετηρίων, αναζήτηση και ανάκτηση περιεχομένου:

Δημιουργούν ευρετήρια όλων των δεδομένων και επιτρέπουν στους χρήστες να πραγματοποιήσουν αναζητήσεις με βάση τις ιδιότητες του περιεχομένου, όπως ημερομηνία δημοσίευσης, λέξεις-κλειδιά και συγγραφέα.

- Διαχείριση μορφοποίησης περιεχομένου:

Επιτρέπει την μετατροπή εγγράφων από παρωχημένες μορφές, σε HTML και PDF.

- Έλεγχος αναθεωρήσεων:

Επιτρέπει την αναθεώρηση, ενημέρωση και την τροποποίηση του περιεχομένου, ακόμα και μετά τη δημοσίευσή του. Κρατά ιστορικό της τροποποίησης- δημοσίευσης / έκδοσης.

- Δημοσίευση / έκδοση:

Επιτρέπει τη χρήση έτοιμων προτύπων και αυτοματοποιημένων εργαλείων (wizards) εγκεκριμένων από την εταιρία για Αριστοποίησης Γραμμικής και τροποποίηση του περιεχομένου.

Άλλα συνήθη χαρακτηριστικά των CMS είναι:

- URL φιλική σε SEO (Uniform Resource Locator είναι η διεύθυνση ενός αρχείου μέσα στο Internet και Search Engine Optimization είναι η διαδικασία βελτιστοποίησης μιας ιστοσελίδας με σκοπό την κατάταξη της σε υψηλότερες θέσεις, κατά την παρουσίαση αποτελεσμάτων έρευνας μέσω μηχανών αναζήτησης.
- Ενσωματωμένη και διαδικτυακή υποστήριξη χρήστη και φόρουμ συζητήσεων.
- Συστήματα ομαδικών αδειών χρήσης.
- Πλήρη υποστήριξη χρήσης και τροποποίησης έτοιμων προτύπων.
- Ιεράρχηση περιεχομένου χωρίς περιορισμούς μεγέθους και βάθους ιεράρχησης.
- Ελάχιστες απαιτήσεις δυνατοτήτων server.
- Ενσωματωμένο σύστημα διαχείρισης αρχείων.
- Ενσωματωμένο αρχείο καταγραφής συμβάντων.

Κριτήρια για την επιλογή CMS

Μερικά από τα βασικά για την επιλογή ενός εργαλείου CMS είναι:

- Πόσο εύχρηστο είναι το περιβάλλον διαχείρισης, χρήσης και επεξεργασίας.
- Η δυνατότητα έξυπνης αναζήτησης.

- Το μέγεθος της επιχείρησης εταιρείας, οργανισμού, φορέα, κ.α. που θα υποστηρίξει.
- Τα επίπεδα ελέγχου και πρόσβασης ανά χρήστη και διαχειριστή.
- Την ποικιλία δεδομένων που θα διαχειρίζεται ηλεκτρονικά η εταιρία.
- Την ευκολία δημιουργίας ευρετηρίων για όλα τα ψηφιακά αρχεία.
- Την γεωγραφική διασπορά των χρηστών του συστήματος, το πλήθος και τον τύπο των χρηστών (όσο αυτό είναι εφικτό να εκτιμηθεί), την ανάγκη για υποστήριξη πολλαπλών γλωσσών,
- Το μέγεθος της ομάδας υποστήριξης που θα απαιτηθεί.

Γνωστά λογισμικά CMS

Υπάρχει μεγάλος αριθμός λογισμικών CMS, για προσωπική ή για εταιρική χρήση. Κάποια διατίθενται δωρεάν (Open Source Software, free) και κάποια με συνδρομή, επί πληρωμή.

Αναφέρουμε μερικά ενδεικτικά:

- Joomla: Δωρεάν CMS ανοιχτού κώδικα γραμμένο σε PHP. Παρέχει δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης, RSS, blog, αναζήτηση, υποστήριξη διεθνών γλωσσών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε online hosting ή σε τοπικό υπολογιστή που θα λειτουργήσει ως server, διαθέτει μεγάλη ποικιλία πρόσθετων για επιπλέον δυνατότητες.
- WordPress: Δωρεάν CMS ανοιχτού κώδικα, επίσης βασισμένο σε PHP, έχει πολλές λειτουργίες όμοιες με το Joomla, δημοφιλές για δημιουργία blogs και ενημερωτικών ιστοτόπων.
- SharePoint: Μια συλλογή τεχνολογιών βασισμένων σε cloud και web για την εύκολη διαχείριση, αποθήκευση και διανομή ψηφιακών πληροφοριών σε εταιρικό περιβάλλον.
- Documentum: Παρέχει εργαλεία για ταχεία αποθήκευση και ανάπτυξη περιεχομένου και είναι γνωστό για τη λεπτομερή διαχείριση δικαιωμάτων πρόσβασης.
- M-Files: Χρησιμοποιεί μια προσέγγιση βασισμένη σε meta-tags για τη διαχείριση εγγράφων.
- DNN: Παρέχει σε marketers τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση σε όλα τα ψηφιακά αρχεία τους, ασχέτως αν είναι αποθηκευμένα ή δημοσιευμένα, με την χρήση των κατάλληλων εργαλείων να εξατομικεύσουν το περιεχόμενο που προβάλλεται στον κάθε επισκέπτη και να καταγράψουν την αποτελεσματικότητα του marketing τους.

Drupal: Είναι γραμμένο στη γλώσσα PHP και επιτρέπει στο διαχειριστή συστήματος να οργανώνει το περιεχόμενο, να προσαρμόζει την παρουσίαση, να αυτοματοποιεί διαχειριστικές εργασίες και να διαχειρίζεται τους επισκέπτες του ιστοτόπου και αυτούς που συνεισφέρουν.

Διαθέτει πολύπλοκη προγραμματιστική διεπαφή και οι περισσότερες εργασίες μπορούν να γίνουν με λίγο ή καθόλου προγραμματισμό. Διαθέτει δυνατότητες που επιτρέπουν ένα μεγάλο εύρος υπηρεσιών και συναλλαγών, εκτός από τη διαχείριση περιεχομένου.

- Oracle Webcenter: Τα βασικά προϊόντα αυτής της σουίτας είναι τα Oracle Webcenter Content, Oracle Webcenter Sites και Oracle Webcenter Portal. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της σουίτας είναι η δυνατότητα κεντρικής διαχείρισης περιεχομένου σε μια θέση και ο διαμοιρασμός/κοινοποίησης σε πολλαπλές πλατφόρμες και εφαρμογές.

- Pulse CMS: Ένα λογισμικό σχεδιασμένο για μικρούς ιστότοπους που επιτρέπει την προσθήκη περιεχομένου σε ένα ήδη υπάρχον site και την εύκολη και γρήγορη διαχείριση αυτού του περιεχομένου. Χρησιμοποιεί Apache με PHP 5 και παρέχει επιπλέον υποστήριξη για τους επί πληρωμή πελάτες.

-TERMINAL FOUR Site Management: Εκτεταμένη υποστήριξη σε πολλαπλές πλατφόρμες. Αν και η τοπική άδεια χρήσης είναι σχετικά ακριβή, έχει θετικές αξιολογήσεις και η πλατφόρμα επικοινωνίας χρηστών είναι μια αξιόλογη κοινότητα ανταλλαγής ιδεών και υποστήριξης.

- OpenText CMS suite and Web experience management: Στοχεύει σε επιχειρήσεις και είναι διαθέσιμο τόσο τοπικά όσο και στο cloud. Εξειδικεύεται στη διαχείριση μεγάλου όγκου περιεχομένου, συμμόρφωση με προδιαγραφές περιορισμού, διαχείριση περιεχομένου διαδικτυακά και από κινητό για εταιρική χρήση.

- BackDrop CMS: Δωρεάν CMS ανοιχτού κώδικα, αποτελεί μέρος του Drupal project. Επικεντρώνεται στην παροχή ενός οικονομικά συμφέροντος CMS για μικρές και μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Στην βασική έκδοση του παρέχει μόνο τις στοιχειώδεις και βασικές λειτουργίες διαχείρισης διαδικτυακού περιεχομένου, μπορούν να προστεθούν λειτουργίες με χρήση επεκτάσεων που διατίθενται.

Αξιολόγηση εργαλείων CMS

Πλεονεκτήματα CMS Ανοιχτού κώδικα

Τα πλεονεκτήματα των CMS ανοιχτού κώδικα είναι πολλά και προτείνεται για τους χρήστες που διαθέτουν μικρή γνώση και εμπειρία προγραμματισμού στο διαδίκτυο καθώς μπορούν χωρίς ιδιαίτερα δυσκολία και σχετικά γρήγορα και εύκολα να δημιουργήσουν τη δική τους ιστοσελίδα χωρίς να υπάρχει κόστος.

Κυριότερα πλεονεκτήματα των CMS ανοιχτού κώδικα:

- Διαθέτουν μεγάλη ευελιξία και ελευθερία για αυτενέργεια.
- Δεν υπάρχει κόστος για την ανάπτυξη ή αν υπάρχει είναι αρκετά χαμηλό (αγορές Templates, plugins, modules κ.α.).
- Ενημερώσεις νέων εκδόσεων, αναβαθμίσεις και βελτιώσεις του λογισμικού σχετικά σε σύντομο χρόνο.
- Εμπλουτισμός του λογισμικού και υποστήριξη μέσα από την αλληλεπίδραση με την κοινότητα χρηστών ή των δημιουργών του ανοικτού κώδικα..
- Διαθέτουν σχετικά ελαφρύ και απλό πηγαίο κώδικα.

Μειονεκτήματα CMS ανοιχτού κώδικα

Τα μειονεκτήματα ενός CMS ανοιχτού κώδικα εστιάζουν κατά κάποιο τρόπο στις αναπτύξεις επαγγελματικών εφαρμογών (ειδικές περιπτώσεις), όπου οι απαιτήσεις είναι αυξημένες και οι δυνατότητες των ιστότοπων για παροχές υπηρεσιών στους χρήστες, πάρα πολλές.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα ή καλύτερα ελλείψεις είναι:

- Σε θέματα ασφάλειας διακίνησης πληροφορίας και αδυναμίες στην προστασία από κακόβουλες ενέργειες που εστιάζονται σε κενά του λογισμικού δομής.
- Η υποστήριξη για τον διαχειριστή (Administrator) του CMS σε ζητήματα που προκύπτουν, όπως προβλήματα δυσλειτουργίας από ενημερώσεις ή αναβαθμίσεις ή παραμετροποιήσεις και λανθασμένες επεμβάσεις, στηρίζεται κυρίως στα διάφορα forums και ιστοσελίδες στις οποίες οι χρήστες ανταλλάσσουν ιδέες-απόψεις. Αυτό αρκετές φορές δεν είναι αποτελεσματικό καθώς για την υποστήριξη μιας επαγγελματικής ιστοσελίδας μεγάλης επιχείρησης ή οργανισμού, καθώς απαιτείται άμεση παρέμβαση και επίλυση των προβλημάτων από μία επίσημη και οργανωμένη δομή για τεχνική υποστήριξη.

Τα CMS κλειστού κώδικα διαφοροποιούνται ως προς την πρόσβαση στον πηγαίο κώδικά τους καθώς ένα τμήμα του κώδικα τους είναι κλειστού τύπου που σημαίνει και μεγαλύτερη ασφάλεια, γενικά. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει πρόσβαση στον κώδικα από εξωτερικό χρήστη και συνεπώς δεν μπορούν να γίνουν παραμετροποιήσεις ή παρεμβάσεις στο βασικό μέρος του κώδικα, εκτός από τον διαχειριστή του συστήματος. Παραδείγματα

CMS κλειστού κώδικα με αρκετή ανταπόκριση είναι το Shopify, το Squarespace και το SharePoint.

Πλεονεκτήματα CMS κλειστού κώδικα

Ανάλογα με την γνώση και την εμπειρία του διαχειριστή του συστήματος ή της ομάδας προγραμματιστών που αναπτύσσει την εφαρμογή (developers), το σύστημα κλειστού κώδικα μπορεί να πολλαπλασιάσει τις δυνατότητες του. Τα βασικά πλεονεκτήματά τους, είναι:

- Ο κώδικας του λογισμικού παρέχει μεγάλη ασφάλεια σε κινδύνους και κρυπτογράφηση.
- Αρκετή ελευθερία στον τελικό χρήστη για την δημιουργία ιστοσελίδων και δημιουργία αισθήματος σιγουριάς για τις ενέργειες τους καθώς δεν ανησυχούν μήπως προξενήσουν ζημιές στον κώδικα.
- Ο χρήστης δεν χρειάζεται να έχει μεγάλη εμπειρία εφόσον δεν θα χρειαστεί να διαχειριστεί τεχνικά τμήματα της ιστοσελίδας. Αυτό το αναλαμβάνει η εταιρεία κατασκευής.

Μειονεκτήματα CMS κλειστού κώδικα

Στις περιπτώσεις που η δημιουργία ανατεθεί στην εταιρεία, το κόστος είναι αντίστοιχο των απαιτήσεων και των δυνατοτήτων του ιστότοπου και τις περισσότερες φορές είναι μεγάλο. Το γεγονός αυτό λειτουργεί όπως είναι λογικό αποτρεπτικά για την προτίμηση τέτοιων εργαλείων ανάπτυξης.

Επιπλέον δε, είναι και το πρόσθετο κόστος που επιφέρει η συντήρηση του ιστότοπου εφόσον ο τελικός χρήστης δεν θα έχει την ανάλογη εμπειρία για να το διαχειριστεί.

Κάποια άλλα μειονεκτήματα είναι:

- Δεν διατίθενται αρκετές επιλογές για έτοιμα Templates, Themes και plugins, διότι δεν υποστηρίζεται «ανοικτές» κοινότητες ανάπτυξης και υποστήριξης.
- Ο χρήστης χρειάζεται να δείχνει μεγάλη εμπιστοσύνη και αξιοπιστία στους συντάκτες/συντάκτη που έχει ανατεθεί το έργο, καθώς δεν θα μπορεί να διαχειριστεί και να επιλύσει κάποιο πρόβλημα που προκύπτει. Έτσι, ολο το βάρος πέφτει πάνω στην επιλογή του αρχικού κατασκευαστή.

Τεχνολογίες και εργαλεία

Οι τεχνολογίες και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν και την σχεδίαση του ιστότοπου για τη συγκριτική καταγραφή των οικοσυστημικών δεδομένων του συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού καθώς και την υποστήριξη του ερευνητικού εργαστηρίου «Εφαρμοσμένης γενετικής και γενετικής βελτίωσης» του Πανεπιστημίου Πατρών, είναι το ΧΑΜΡΡ και το WordPress.

Για την επεξεργασία των εικόνων που εμπλούτισαν τον ιστότοπο και οι οποίες είναι ελεύθερες δικαιωμάτων για χρήση, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Adobe Photoshop.

Ο ιστότοπος αρχικά σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σε τοπικό υπολογιστή και κατόπιν αναρτήθηκε στο διαδίκτυο και προσαρτήθηκε κάτω από τον ιστότοπο του Πανεπιστημίου Πατρών.

Οι διαδοχικές ενέργειες που έγιναν για τη δημιουργία και την ανάπτυξη του ιστότοπου, ήταν:

4.2 Το λογισμικό ΧΑΜΡΡ

Η ονομασία του βγαίνει από τα αρχικά των παρακάτω λέξεων:

- (X) σημαίνει λογισμικό ανεξάρτητο από πλατφόρμα (cross-platform)
- (A) Apache HTTP Server
- (M) MySQL
- (P) Php
- (P) Perl

Το ΧΑΜΡΡ είναι ένα ελεύθερο λογισμικό, χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία στην εγκατάσταση και την χρήση του. Είναι συμβατό με πολλά λειτουργικά συστήματα όπως Windows, Linux και Mac ενώ πολλοί χρήστες το χρησιμοποιούν μαζί με τα εξής προγράμματα

Joomla, WordPress και Drupal. Οι ιστοσελίδες που υποστηρίζονται μέσω του ΧΑΜΡΡ

υποστηρίζονται απ' όλους τους φυλλομετρητές (browsers). Το Χαμρρ είναι το πρόγραμμα με το οποίο πραγματοποιείται η εγκατάσταση του Apache, της MySQL και της PHP.

Apache: Είναι ένας εξυπηρετητής - Web Server. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα που περιέχει ένα σύνολο ιστοσελίδων (Websites) και αναλαμβάνει να εξυπηρετεί τους χρήστες που

αιτούνται να λάβουν κάποιες από αυτές τις σελίδες. Αυτό το πρόγραμμα πρέπει να είναι μόνιμα σε λειτουργία σε έναν υπολογιστή.

PHP: Είναι η γλώσσα προγραμματισμού για την ανάπτυξη δυναμικών ιστοσελίδων. Οι εντολές της ενσωματώνονται στην ιστοσελίδα μαζί με τις εντολές HTML και εκτελούνται στον Server, πριν αποσταλεί η σελίδα στον χρήστη (User) που την ζητάει. Οι εντολές javascript μπορεί να περιέχονται σε μία ιστοσελίδα εκτελούνται στον υπολογιστή του χρήστη όταν στην οθόνη του εμφανίζεται η σελίδα.

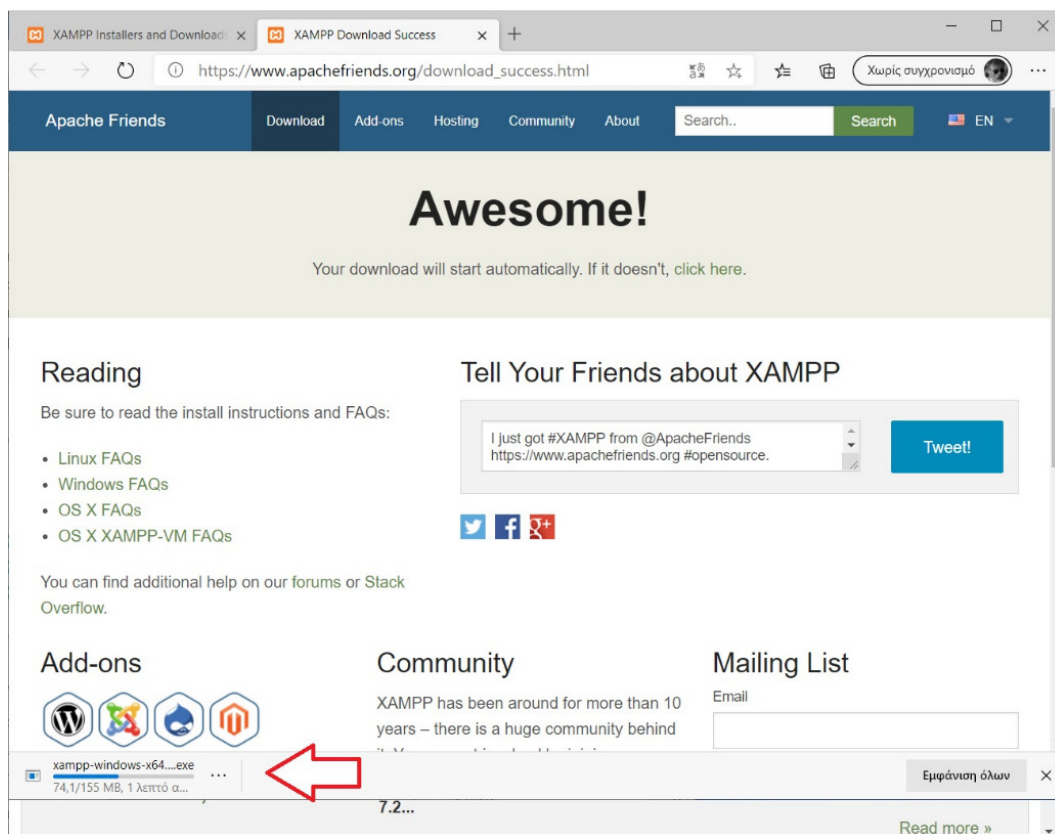
MySQL: Είναι η βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που διαχειρίζεται ένας ιστότοπος – Website, όπως: οι κωδικοί πρόσβασης, τα ονόματα χρηστών, τα άρθρα, οι πληροφορίες που αφορούν προϊόντα (π.χ. οι τιμές, ο ΦΠΑ, το είδος, η ποσότητα), εικόνες, σχήματα κ.α.

Εγκατάσταση του XAMPP

Για την εύρεση των αρχείων της εγκατάστασης του XAMMP μεταβαίνουμε στην εξής διεύθυνση URL: <https://www.apachefriends.org/index.html>.



Εικόνα 5: Διαθέσιμες εκδόσεις του Wamprr για Windows, Linux και OS X (Macintosh Apple)(Γαρμπής 2020)



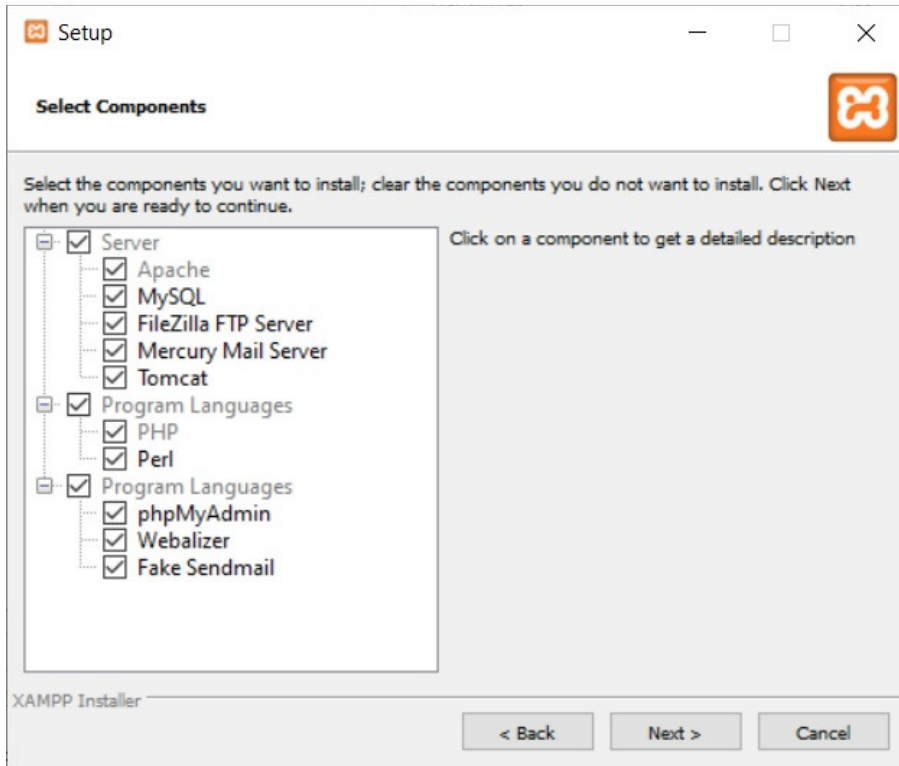
Εικόνα 6: Κατέβασμα του XAMPP (Γαρμπής 2020)

Στη συνέχεια αφού εντοπίσουμε το αρχείο εγκατάστασης στο φάκελο όπου έγινε η λήψη, εκτελούμε το αρχείο – εάν εμφανιστεί μήνυμα ασφαλείας από τα windows, επιλέγουμε να επιτραπεί η εκτέλεση της εγκατάστασης. Όπως οι περισσότεροι οδηγοί εγκατάστασης, έτσι και στον οδηγό εγκατάστασης του XAMP για windows, πατάμε επόμενο στα σημεία όπου δεν υπάρχει κάτι για παραμετροποίηση.

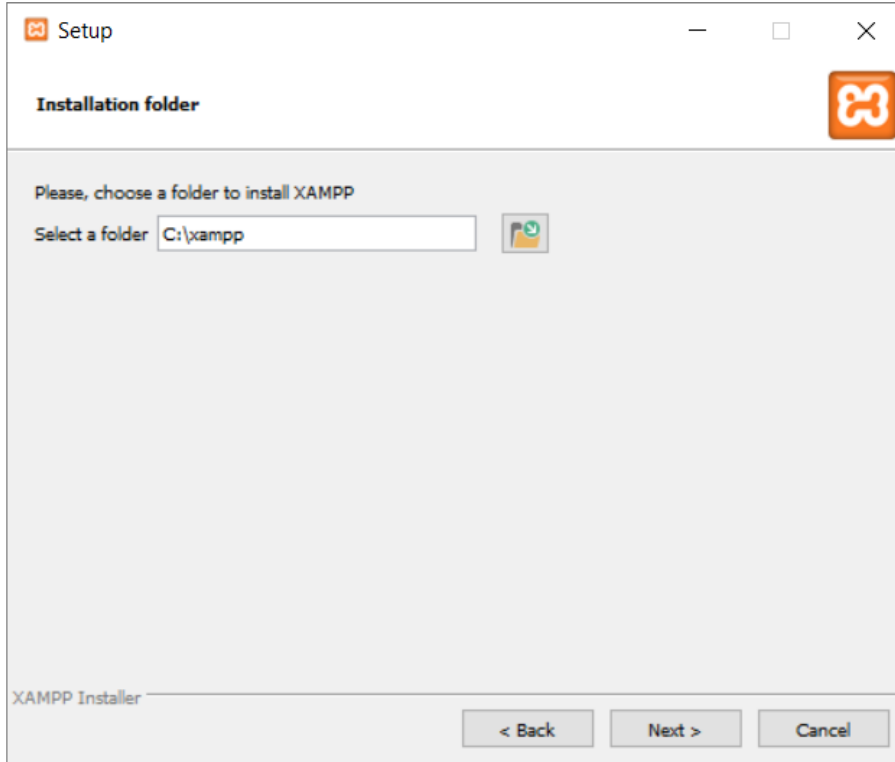
Στο αναδυόμενο παράθυρο για την προτίμηση του φακέλου που θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση πατήστε το πλήκτρο για να κλείσει το παράθυρο, αγνοώντας τις επιλογές. Έτσι το xampp θα εγκατασταθεί στο σκληρό δίσκο C.

Όλοι η λεπτομερείς διαδικασία εγκατάστασης παρουσιάζεται στις εικόνες 5 έως 14.

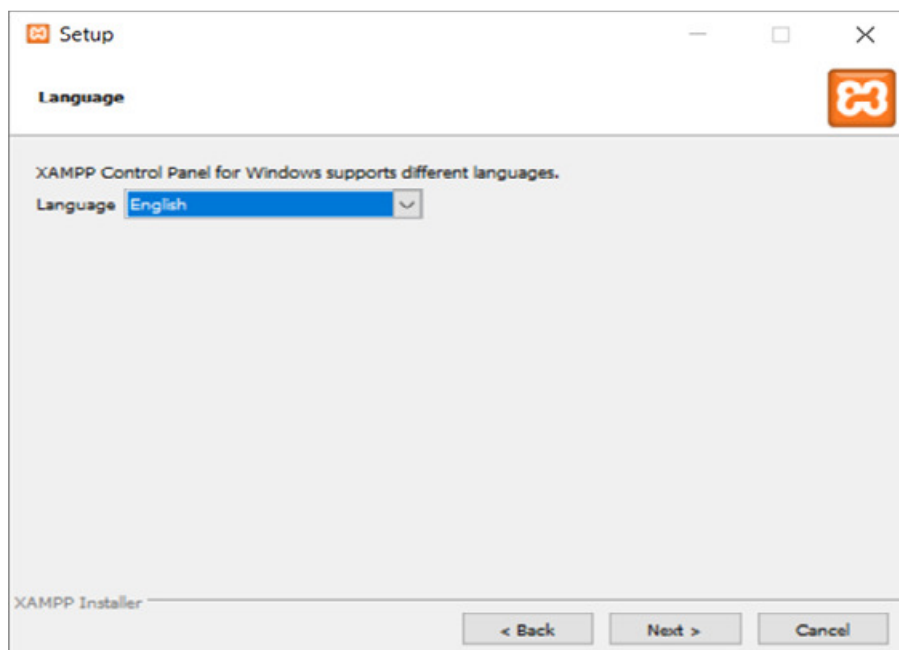
Δεν συνιστάται να εγκατασταθεί στο φάκελο C:/Program Files διότι δεν θα λειτουργεί σωστά.



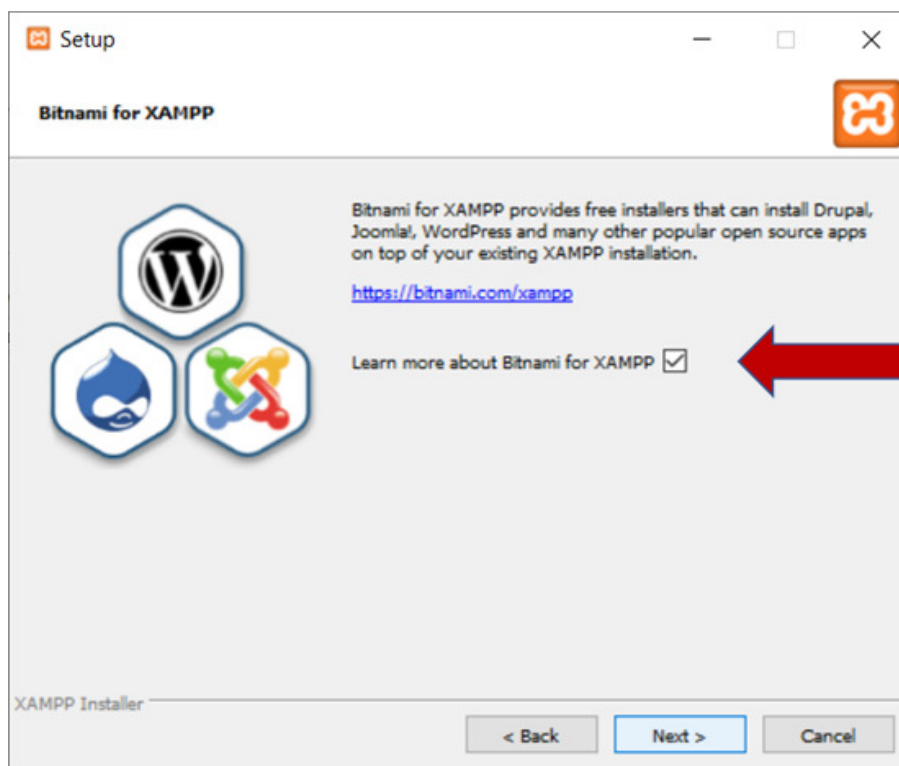
Εικόνα 7: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 1 (Γαρμπής 2020)



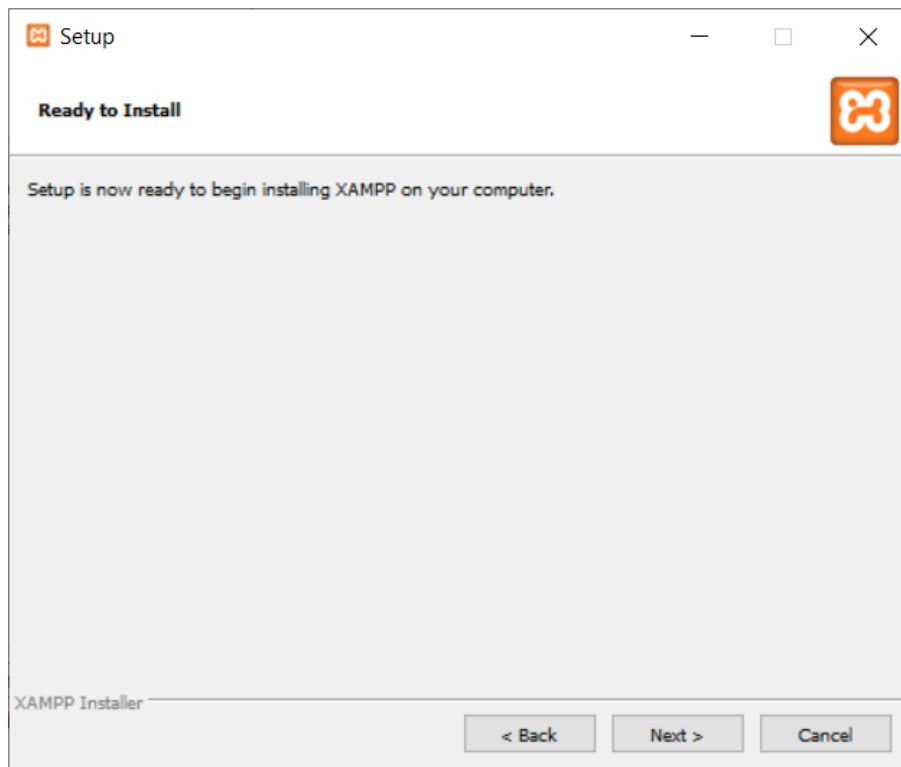
Εικόνα 8: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 2 (Γαρμπής 2020)



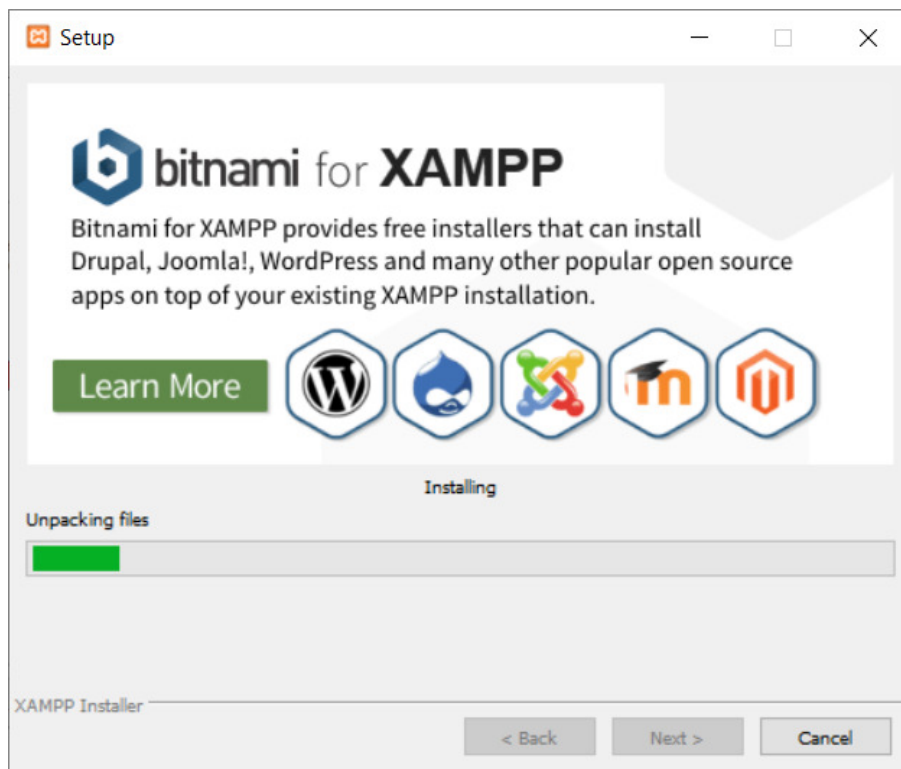
Εικόνα 9: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 3 (Γαρμπής 2020)



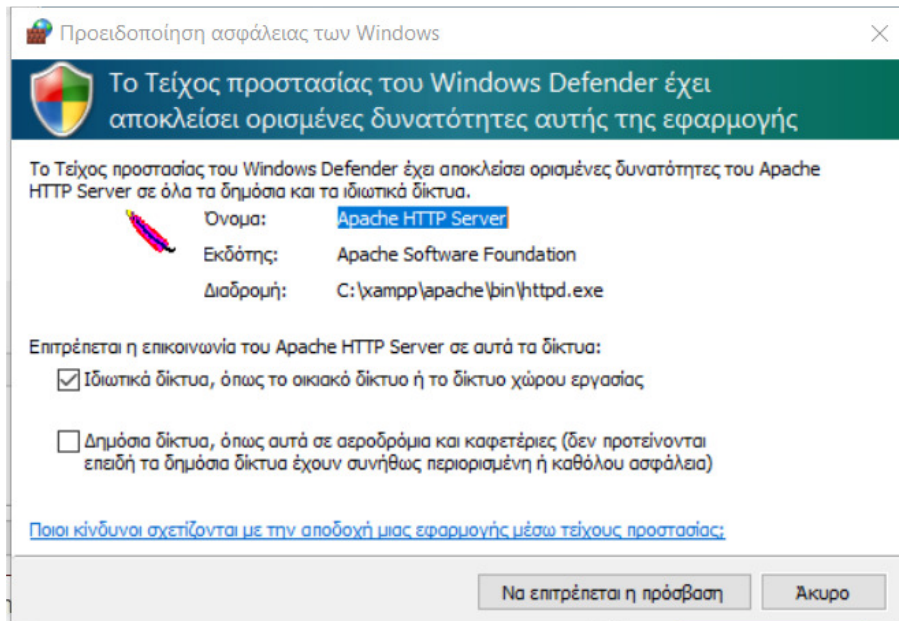
Εικόνα 10: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 4 (Γαρμπής 2020)



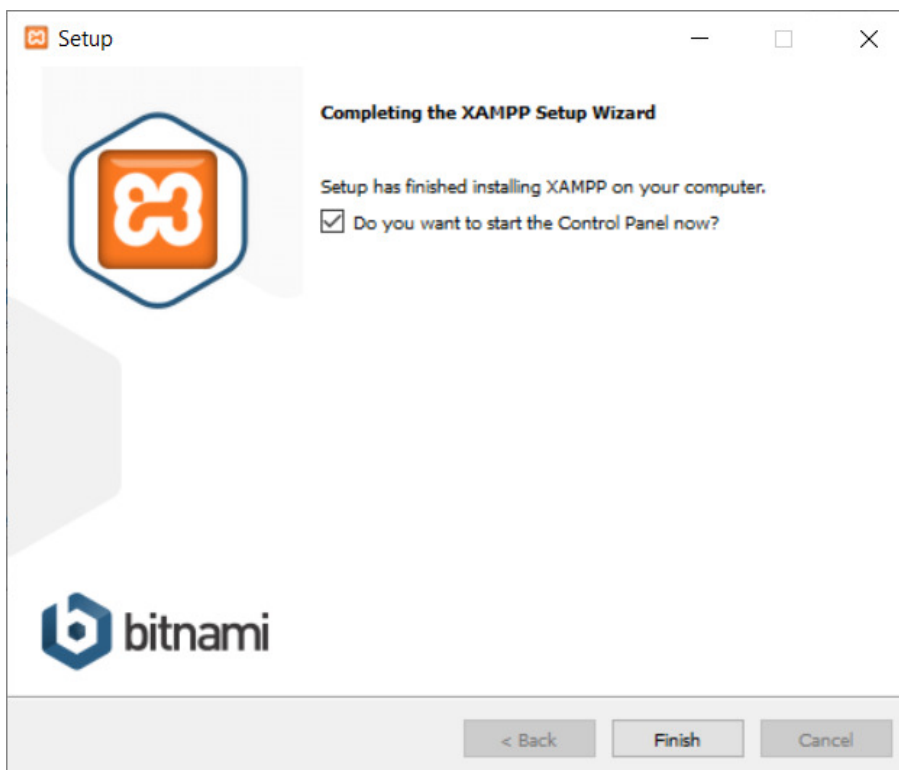
Εικόνα 11: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 5 (Γαρμπής 2020)



Εικόνα 12: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 6 (Γαρμπής 2020)



Εικόνα 13: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 7 (Γαρμπής 2020)



Εικόνα 14: Διαδικασία εγκατάστασης βήμα 8 (Γαρμπής 2020)

Όταν εκτελεστεί το πρόγραμμα του κατarr εμφανίζεται το παράθυρο της κονσόλας. Πατώντας τα πλήκτρα «Start» για τον Apache και τη MySQL ενεργοποιούμε την έναρξη τους που διαπιστώνεται με την αλλαγή του χρώματος τους σε πράσινο.

4.3 Εγκατάσταση του λογισμικού WordPress

Για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του ιστότοπου επιλέχθηκε το εργαλείο ανοικτού κώδικα WordPress. Η χρήση του Word Press επιτρέπει τη δημιουργία ιστοσελίδων στο διαδίκτυο και παρέχει στο, διαχειριστή/δημιουργό έτοιμα θέματα (templates), δηλαδή παραδείγματα ιστοσελίδων με συγκεκριμένες διατάξεις ή μοτίβα, επιλεγμένες χρωματικές επιλογές αλλά και με δυνατότητες προσαρμογής πολλών πρόσθετων (plugins) τα οποία διευρύνουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες στους χρήστες, ανάλογα με τις επιθυμίες του σχεδιαστή και τις ανάγκες. Όλα αυτά παρέχουν στον διαχειριστή/σχεδιαστή της ιστοσελίδας μεγάλη ελευθερία για αυτενέργεια, μέσα από την δυνατότητα παραμετροποίησης αλλά και των διαθέσιμων επιλογών και εργαλείων του λογισμικού WordPress.

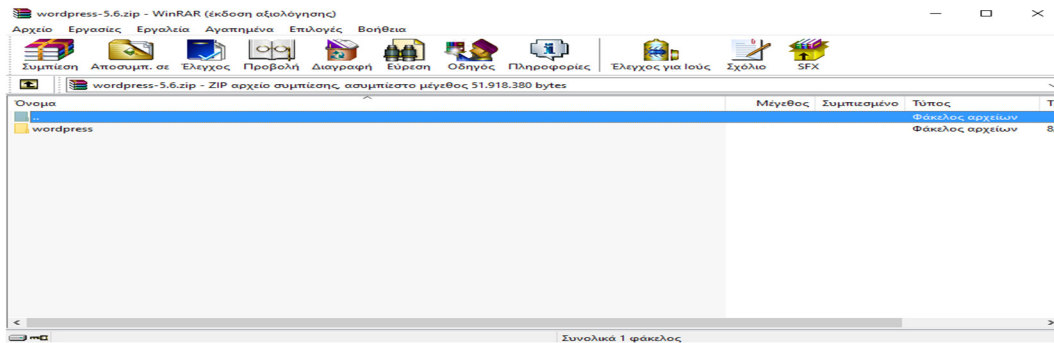
4.3.1 Εγκατάσταση του Word Press

Επισκεπτόμαστε την ιστοσελίδα του Word Press : <https://wordpress.org/download/> και κάνουμε «Λήψη Word Press». Εικόνα 15.



Εικόνα 15: Αρχική εικόνα ιστοσελίδας Word Press (Γαρμπής 2020).

Μετά την λήψη του Word Press κάνουμε εξαγωγή το αρχείο zip σε έναν φάκελο. Εκεί πρέπει να αντιγράψουμε αυτόν το φάκελο word press. Εικόνα 16.



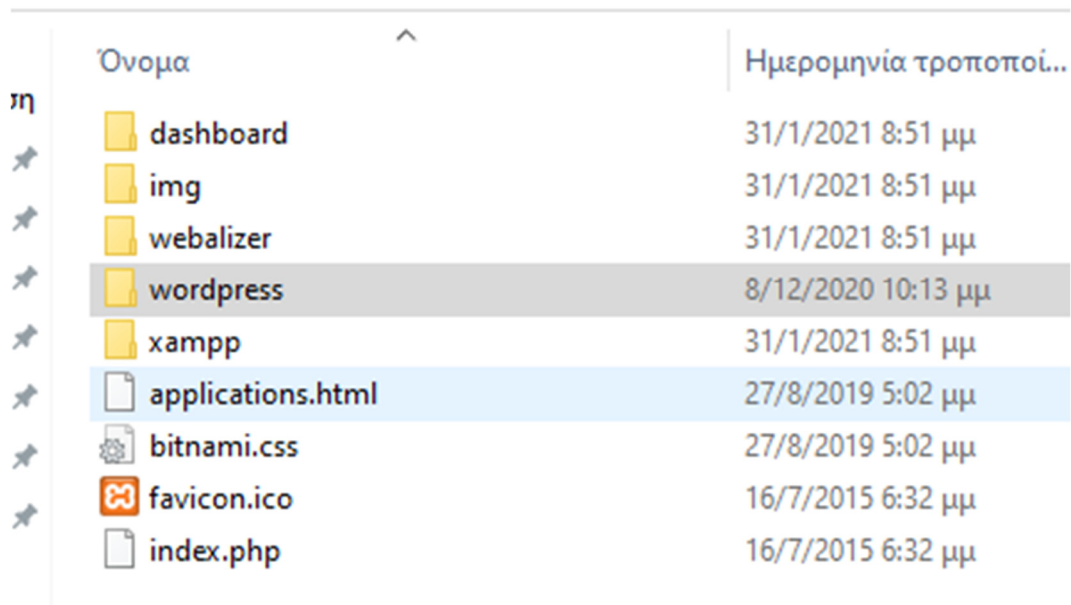
Εικόνα 16: Αρχείο zip Word Press (Γαρμπής 2020).

Το επόμενο βήμα είναι να πάμε στο φάκελο εγκατάστασης XAMPP.

C://XAMPP/htdocs/Χαμπρ/htdocs

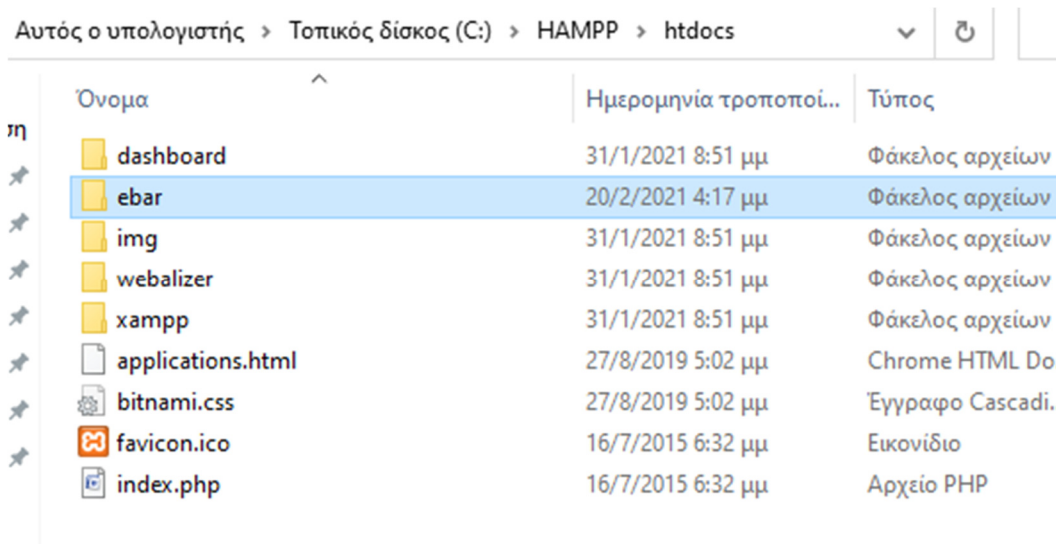
Εκεί κάνουμε επικόλληση στο htdocs τον φάκελο του word press. Αυτή η κίνηση μας βοηθάει να προσδιορίσουμε εύκολα την τοπική τοποθεσία. Εικόνα 17.

Αυτός ο υπολογιστής > Τοπικός δίσκος (C:) > XAMPP > htdocs



Εικόνα 17: Μεταφορά φακέλου word press στο htdocs του XAMPP (Γαρμπής 2020).

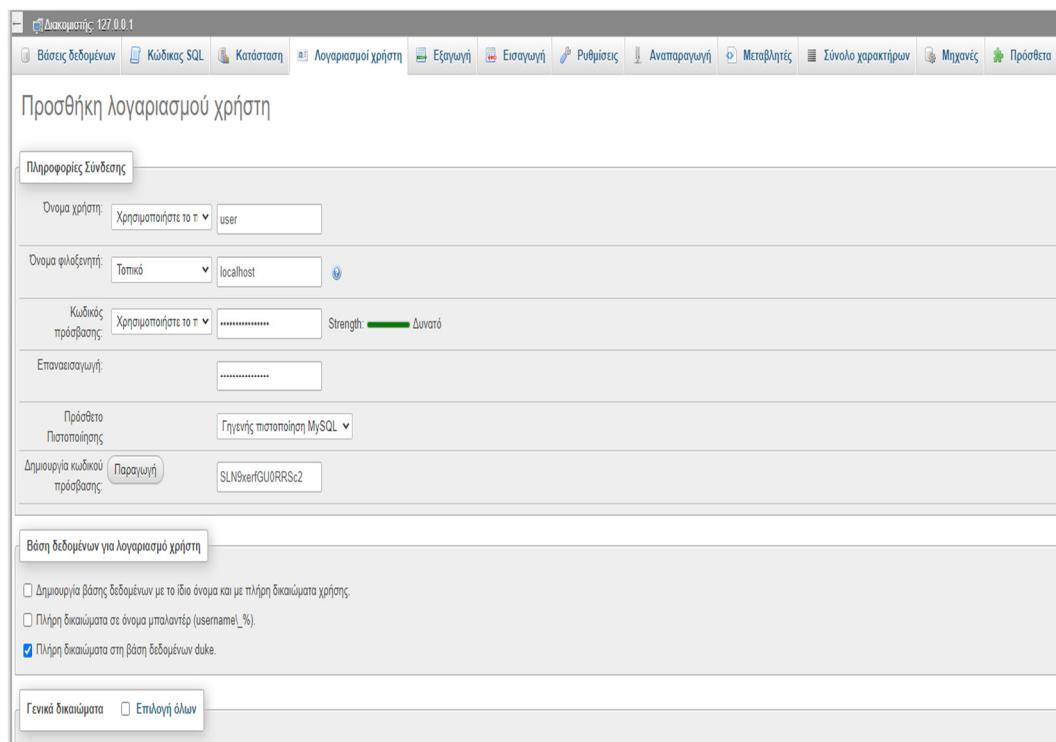
Μετονομάζουμε τον φάκελο word press με το όνομα της που έχει δοθεί και στην βάση δεδομένων έτσι ώστε να είναι πιο εύκολο να προσδιοριστεί η τοπική τοποθεσία. Εικόνα 18.



Εικόνα 18: Μετονομασία του φακέλου word press σε ebar (Γαρμπής 2020).

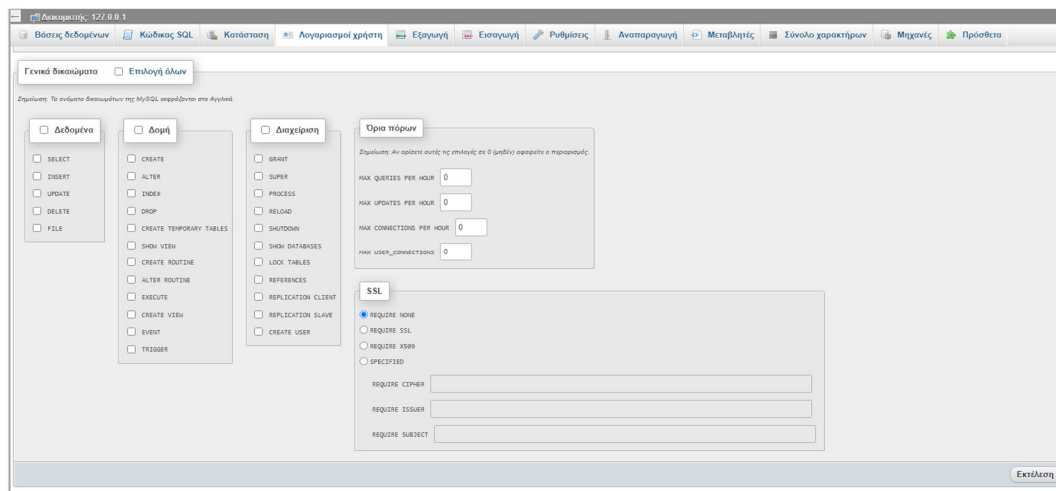
Η εγκατάσταση του Word Press θα γίνει μέσα από ένα περιβάλλον hosting στο οποίο η εφαρμογή του Word Press δίνεται δωρεάν. Ο σκοπός του περιβάλλον hosting δηλαδή της τοπικής εγκατάστασης δίνει την δυνατότητα να ελέγχετε η εγκατάσταση στον υπολογιστή. Είναι κατανοητό ότι η ιστοσελίδα που θα δημιουργηθεί δεν θα ανέβει στον δικτυακό τόπο αλλά θα είναι ορατή μόνο από τον τοπικό υπολογιστή.

Η εγκατάσταση του Word Press θα γίνει από την βάση δεδομένων phpMyAdmin. Πηγαίνουμε στην σελίδα του phpMyAdmin που έχουμε ήδη στον υπολογιστή. Διαλέγουμε «Databases» και δημιουργούμε την βάση δεδομένων. Επιλέγουμε «utf8_general_ci» για να υποστηρίξει η βάση δεδομένων και τα ελληνικά. Στην συνέχεια επιλέγουμε τον χρήστη που θα έχει πρόσβαση σε αυτήν την βάση. Από το μενού επιλέγουμε «Λογαριασμοί χρήστη» και συμπληρώνουμε τα πεδία «όνομα χρήστη» και «όνομα φιλοξενητή», εδώ επιλέγουμε το Τοπικό για να είναι ορατό μόνο στον τοπικό υπολογιστή και κατόπιν πατάμε την επιλογή «Παραγωγή» για να δημιουργηθεί το password. Το αποθηκεύουμε σε ένα αρχείο στον τοπικό υπολογιστή γιατί θα το χρειαστούμε στην συνέχεια. Εικόνα 19.



Εικόνα 19: Προσθήκη λογαριασμού χρήστη στην database (Γαρμπής 2020).

Μετά κάνουμε τσεκ στην επιλογή «πλήρη δικαιώματα στη βάση δεδομένων» και επιλέγουμε στο κάτω μέρος της σελίδας «εκτέλεση» . Εικόνα 20.



Εικόνα 20: Δικαιώματα χρήστη στην database (Γαρμπής 2020).

Στην συνέχεια πηγαίνουμε στο αρχείο που έχουμε ήδη κατεβάσει στον υπολογιστή. Ανοίγουμε τον φάκελο κα πάμε στο αρχείο «wp-config-sample.php». Ανοίγουμε αυτό το αρχείο για να αντικαταστήσουμε τέσσερις παραμέτρους. Εικόνα 21.

Όνομα	Ημερομηνία τροποποι...	Τύπος	Μέ
wp-admin	8/12/2020 10:13 μμ	Φάκελος αρχείων	
wp-content	8/12/2020 10:13 μμ	Φάκελος αρχείων	
wp-includes	8/12/2020 10:13 μμ	Φάκελος αρχείων	
index.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
license.txt	12/2/2020 11:54 πμ	Έγγραφο κειμένου	
readme.html	26/6/2020 1:58 μμ	Chrome HTML Do...	
wp-activate.php	28/7/2020 5:20 μμ	Αρχείο PHP	
wp-blog-header.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-comments-post.php	8/10/2020 9:15 μμ	Αρχείο PHP	
wp-config-sample.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-cron.php	30/7/2020 7:14 μμ	Αρχείο PHP	
wp-links-opml.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-load.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-login.php	9/11/2020 10:53 πμ	Αρχείο PHP	
wp-mail.php	14/4/2020 11:32 πμ	Αρχείο PHP	
wp-settings.php	12/11/2020 2:43 μμ	Αρχείο PHP	
wp-signup.php	30/9/2020 9:54 μμ	Αρχείο PHP	
wp-trackback.php	8/10/2020 9:15 μμ	Αρχείο PHP	
xmlrpc.php	8/6/2020 7:55 μμ	Αρχείο PHP	

Εικόνα 21: Αρχείο wp-config-sample.php (Γαρμπής 2020).

Θα αλλαχθεί το όνομα της βάσης δεδομένων που δημιουργήθηκε και το όνομα διαχειριστή της βάσης δεδομένων καθώς και το password που έχουμε κρατήσει.

```
<?php
/**
```

- The base configuration for WordPress
 - *
- The wp-config.php creation script uses this file during the
- installation. You don't have to use the web site, you can
- copy this file to "wp-config.php" and fill in the values.
 - *
- This file contains the following configurations:
 - *
- * * MySQL settings
- * * Secret keys
- * * Database table prefix
- * * ABSPATH
- *
- @link <https://wordpress.org/support/article/editing-wp-config-php/>
 - *
- @package WordPress
 - * /

```
// ** MySQL settings - You can get this info from your web host ** //
/** The name of the database for WordPress */
define( 'DB_NAME', 'ebar' );
/** MySQL database username */
define( 'DB_USER', 'ebar' );

/** MySQL database password */
```

```

define( 'DB_PASSWORD', '7fDjHS9hIIIIFnHSf' );
/** MySQL hostname */
define( 'DB_HOST', 'localhost' );

/** Database Charset to use in creating database tables. */
define( 'DB_CHARSET', 'utf8' );
/** The Database Collate type. Don't change this if in doubt. */ define( 'DB_COLLATE', "" );

```

```
/**#@+
```

- Authentication Unique Keys and Salts.
*
- Change these to different unique phrases!
- You can generate these using the {@link <https://api.wordpress.org/secret-key/1.1/salt/> WordPress.org secret-key service}
- You can change these at any point in time to invalidate all existing cookies. This will force all users to have to log in again.
*
- @since 2.6.0
*/

```

define( 'AUTH_KEY',      'put your unique phrase here' );
define( 'SECURE_AUTH_KEY', 'put your unique phrase here' );
define( 'LOGGED_IN_KEY',   'put your unique phrase here' );
define( 'NONCE_KEY',      'put your unique phrase here' );
define( 'AUTH_SALT',      'put your unique phrase here' );

define( 'SECURE_AUTH_SALT', 'put your unique phrase here' );
define( 'LOGGED_IN_SALT',   'put your unique phrase here' );
define( 'NONCE_SALT',     'put your unique phrase here' );

```

```
/**#@-*/
```

```
/**
```

- WordPress Database Table prefix.
*
- You can have multiple installations in one database if you give each
- a unique prefix. Only numbers, letters, and underscores please!
*/

```
$table_prefix = 'wp_';
```

```
/**
```

- For developers: WordPress debugging mode.
*
- Change this to true to enable the display of notices during development.
- It is strongly recommended that plugin and theme developers use WP_DEBUG
- in their development environments.
*

- For information on other constants that can be used for debugging,
- visit the documentation.
- * /
- @link <https://wordpress.org/support/article/debugging-in-wordpress/>
- * /

```
define( 'WP_DEBUG', false );
/* That's all, stop editing! Happy publishing. */
/** Absolute path to the WordPress directory. */

if ( ! defined( 'ABSPATH' ) ) {
    define( 'ABSPATH', __DIR__ . '/' );
}
```

```
/** Sets up WordPress vars and included files. */
require_once ABSPATH . 'wp-settings.php';
```

Αφού ολοκληρώσουμε τις αλλαγές αποθηκεύουμε το αρχείο σε wp-config.php. Εικόνα 22.

Όνομα	Ημερομηνία τροποποι...	Τύπος	Μέγεθος
wp-admin	8/12/2020 10:13 μμ	Φάκελος αρχείων	
wp-content	8/12/2020 10:13 μμ	Φάκελος αρχείων	
wp-includes	8/12/2020 10:13 μμ	Φάκελος αρχείων	
index.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
license.txt	12/2/2020 11:54 πμ	Έγγραφο κειμένου	
readme.html	26/6/2020 1:58 μμ	Chrome HTML Do...	
wp-activate.php	28/7/2020 5:20 μμ	Αρχείο PHP	
wp-blog-header.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-comments-post.php	8/10/2020 9:15 μμ	Αρχείο PHP	
wp-config.php	20/2/2021 12:27 μμ	Αρχείο PHP	
wp-config-sample.php	20/2/2021 12:22 μμ	Αρχείο PHP	
wp-cron.php	30/7/2020 7:14 μμ	Αρχείο PHP	
wp-links-opml.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-load.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP	
wp-login.php	9/11/2020 10:53 πμ	Αρχείο PHP	
wp-mail.php	14/4/2020 11:32 πμ	Αρχείο PHP	
wp-settings.php	12/11/2020 2:43 μμ	Αρχείο PHP	
wp-signup.php	30/9/2020 9:54 μμ	Αρχείο PHP	
wp-trackback.php	8/10/2020 9:15 μμ	Αρχείο PHP	
xmlrpc.php	8/6/2020 7:55 μμ	Αρχείο PHP	

Εικόνα 22: Αρχείο wp-config.php (Γαρμπής 2020).

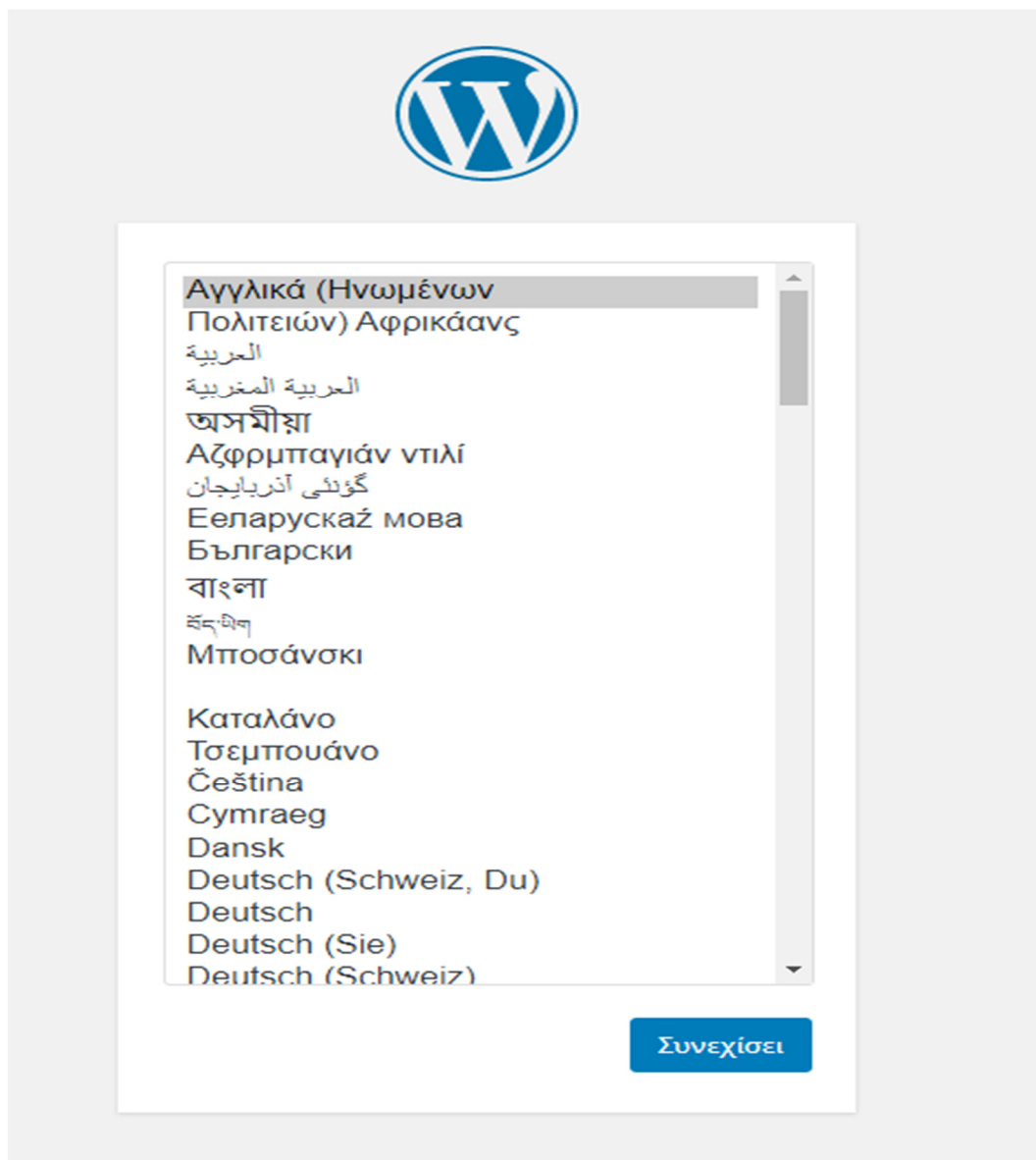
Τώρα πρέπει να ανέβουν τα αρχεία στον server. Πηγαίνουμε στο Apache και δημιουργούμε ένα file με το όνομα «ebar». Εκεί αντιγράφουμε όλο τον φάκελο του ebar έτσι ώστε να ανέβουν όλοι οι φάκελοι στον κεντρικό φάκελο που φιλοξενεί την ιστοσελίδα. Εικόνα 23.

Τοπικός δίσκος (C:) > ΗΑΜΡΡ > apache > ebar

Όνομα	Ημερομηνία τροποποι...	Τύπος
wp-admin	20/2/2021 3:31 μμ	Φάκελος αρχείων
wp-content	20/2/2021 3:31 μμ	Φάκελος αρχείων
wp-includes	20/2/2021 3:31 μμ	Φάκελος αρχείων
index.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP
license.txt	12/2/2020 11:54 πμ	Έγγραφο κειμένου
readme.html	26/6/2020 1:58 μμ	Chrome HTML Dε
wp-activate.php	28/7/2020 5:20 μμ	Αρχείο PHP
wp-blog-header.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP
wp-comments-post.php	8/10/2020 9:15 μμ	Αρχείο PHP
wp-config.php	20/2/2021 4:20 μμ	Αρχείο PHP
wp-config-sample.php	20/2/2021 12:22 μμ	Αρχείο PHP
wp-cron.php	30/7/2020 7:14 μμ	Αρχείο PHP
wp-links-opml.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP
wp-load.php	6/2/2020 6:33 πμ	Αρχείο PHP
wp-login.php	9/11/2020 10:53 πμ	Αρχείο PHP
wp-mail.php	14/4/2020 11:32 πμ	Αρχείο PHP
wp-settings.php	12/11/2020 2:43 μμ	Αρχείο PHP
wp-signup.php	30/9/2020 9:54 μμ	Αρχείο PHP
wp-trackback.php	8/10/2020 9:15 μμ	Αρχείο PHP
xmlrpc.php	8/6/2020 7:55 μμ	Αρχείο PHP

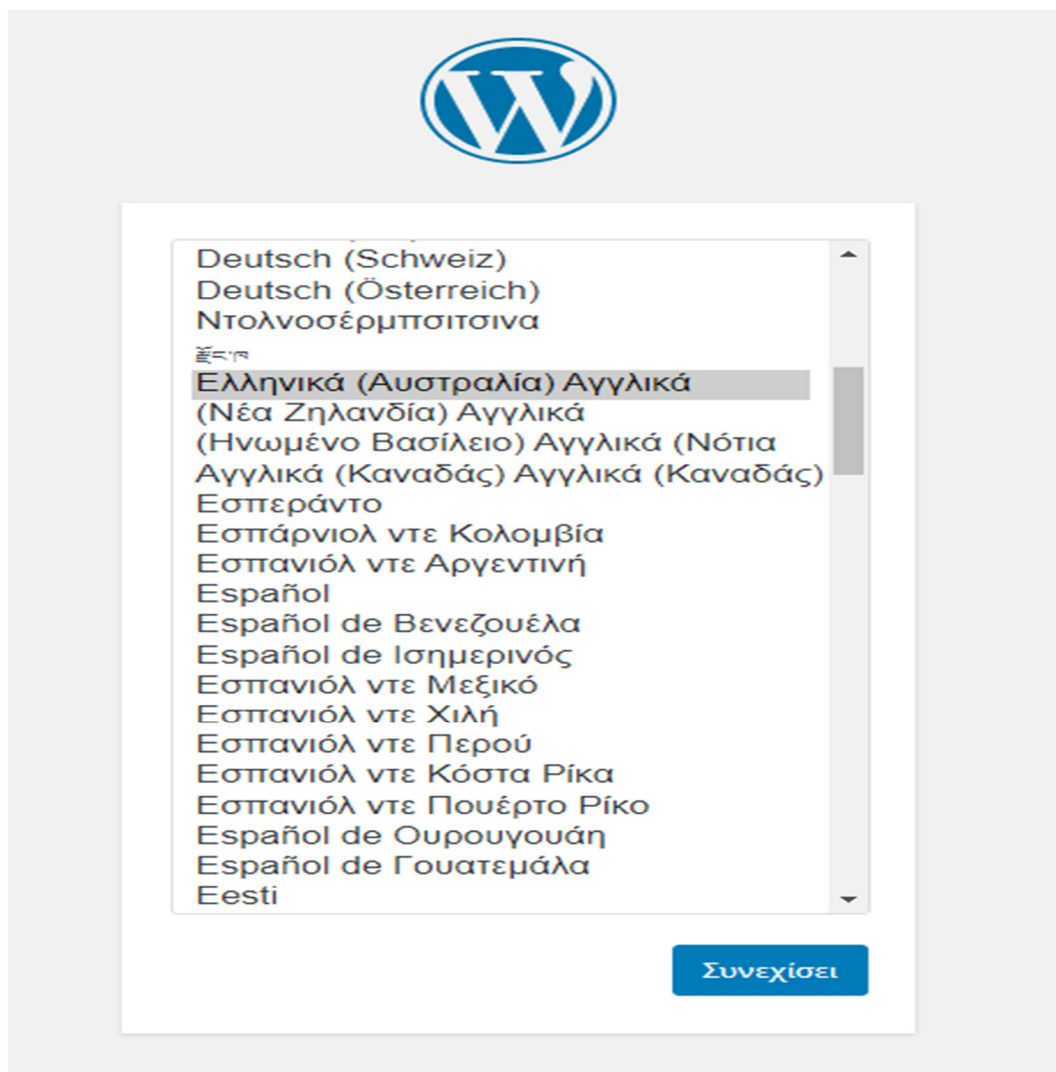
Εικόνα 23: Apache – αντιγραφή αρχείου ebar.

Αφού γίνουν όλα τα παραπάνω τότε είμαστε έτοιμοι για την εγκατάσταση του Word Press. Πληκτρολογούμε την διεύθυνση localhost/ebar/ και εμφανίζεται ο setup wizard για την εγκατάσταση. Εικόνα 24.



Εικόνα 24: Word Press – setup wizard (Γαρμπής 2020).

Κάνουμε επιλογή της γλώσσας. Επιλέξαμε Ελληνικά (Αυστραλία) Αγγλικά, για να είναι το site δίγλωσσο. Εικόνα 25.



Εικόνα 25: Word Press – επιλογή γλώσσας για δίγλωσσο site (Γαρμπής 2020).

Στην επόμενη οθόνη που θα μας εμφανιστεί δηλώνουμε κάποιες βασικές ρυθμίσεις. Αυτές είναι ο τίτλος της ιστοσελίδας, το όνομα χρήστη και το συνθηματικό (password). Αυτά τα δύο θα είναι και τα στοιχεία που θα πρέπει να δίνουμε για να κάνουμε login στον πίνακα ελέγχου. Έπειτα δηλώνουμε εάν θέλουμε το word press να εμφανίζεται σε μηχανές αναζήτησης ή όχι και κάνουμε κλικ στο κουτάκι «εγκατάσταση του Word Press». Εικόνες 26 και 27.

Καλώς ήρθες

Καλώς ήρθατε στη διάσημη πεντάλεπτη διαδικασία εγκατάστασης του WordPress! Απλά συμπληρώστε τις παρακάτω πληροφορίες και θα είστε στο δρόμο σας για τη χρήση της πιο εκτεταμένης και ισχυρής προσωπικής πλατφόρμας δημοσίευσης στον κόσμο.

Απαιτούμενες πληροφορίες

Παρακαλείσθε να παράσχετε τις ακόλουθες πληροφορίες. Μην ανησυχείτε, μπορείτε πάντα να αλλάξετε αυτές τις ρυθμίσεις αργότερα.

Τίτλος τοποθεσίας

Όνομα χρήστη
Τα ονόματα χρηστών μπορούν να έχουν μόνο αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, διαστήματα, χαρακτήρες υπογράμμισης, ενωτικά, τελείες και το σύμβολο @.


Κωδικό πρόσβασης [Απόκρυψη](#)
Ισχυρή
Σημαντικό είναι: Θα χρειαστείτε αυτόν τον κωδικό πρόσβασης για να συνδεθείτε. Αποθηκεύστε το σε ασφαλή θέση.

Το email σας
Ελέγξτε ξανά τη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σας πριν συνεχίσετε.

Ορατότητα μηχανών αναζήτησης Αποθάρρυνση μηχανών αναζήτησης από τη δημιουργία ευρετηρίου σε αυτόν τον ιστότοπο
Εναπόκειται στις μηχανές αναζήτησης να τηρήσουν αυτό το αίτημα.

[Εγκατάσταση του WordPress](#)

Εικόνα 26: Word Press – απαιτούμενες πληροφορίες εισόδου (Γαρμπής 2020).



Επιτυχία!

Το WordPress έχει εγκατασταθεί. Σας ευχαριστώ, και απολαύστε!

Όνομα χρήστη εβαρά

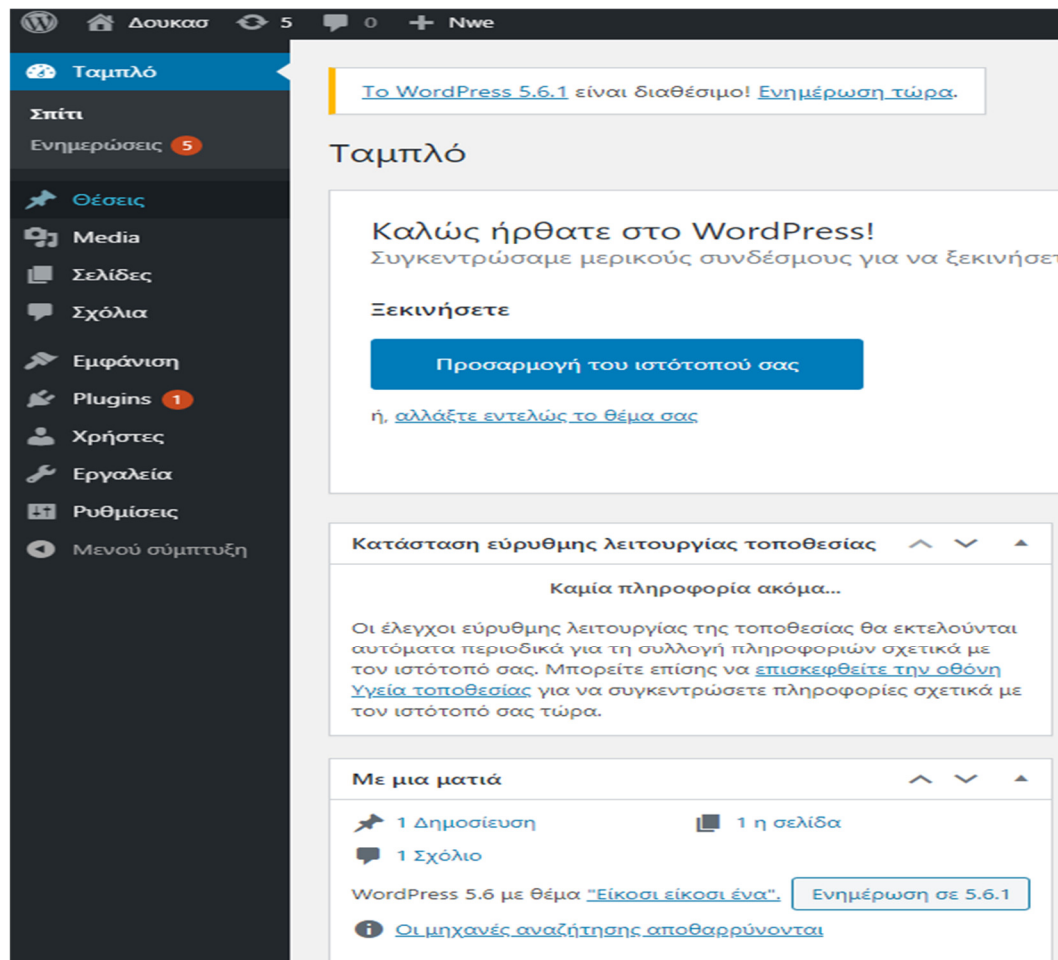
Κωδικό πρόσβασης Ο κωδικός πρόσβασης που επιλέξατε.

[Συνδέσου](#)

Εικόνα 27: Word Press – εγκατάσταση με επιτυχία (Γαρμπής 2020).

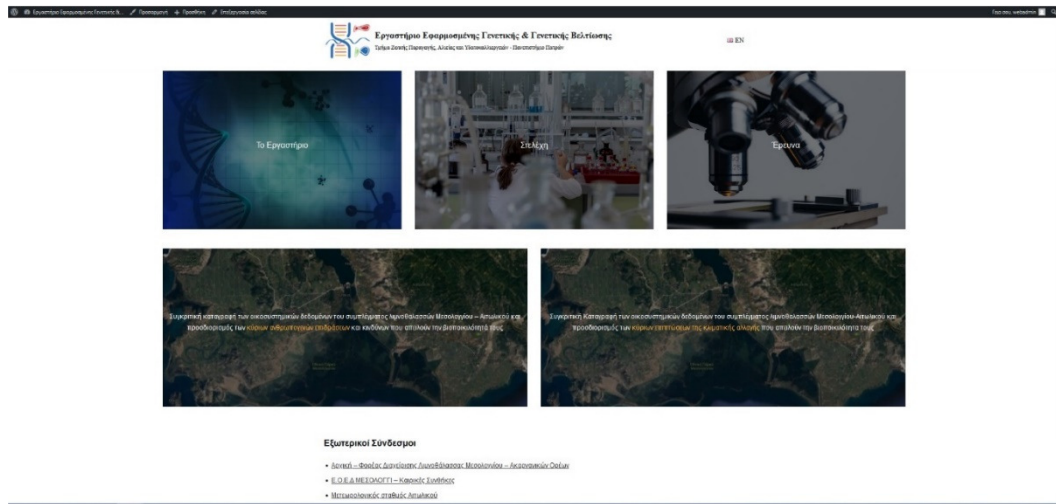
4.3.2 Διαχείριση και δημιουργία της ιστοσελίδας

Έχουμε ολοκληρωθεί η δημιουργία της ιστοσελίδας. Συνδεόμαστε βάζοντας το username και το password και ανοίγει η κεντρική σελίδα. Στα αριστερά βρίσκονται τα περιεχόμενα και στο κέντρο οι οθόνες διαχείρισης. Κατόπιν ξεκινάει η διαχείριση και η δημιουργία της ιστοσελίδας. Εικόνα 28.

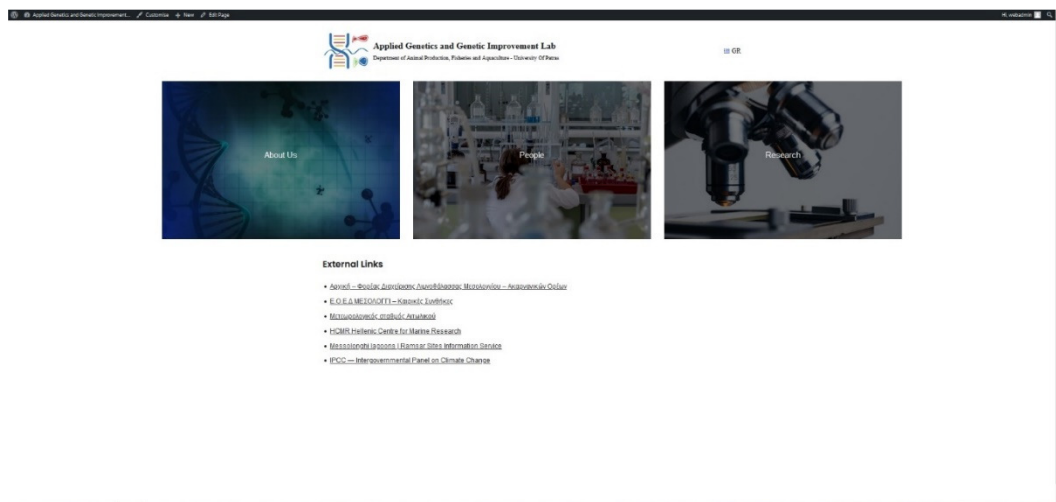


Εικόνα 28: Κεντρική σελίδα ιστοσελίδας (Γαρμπής 2020).

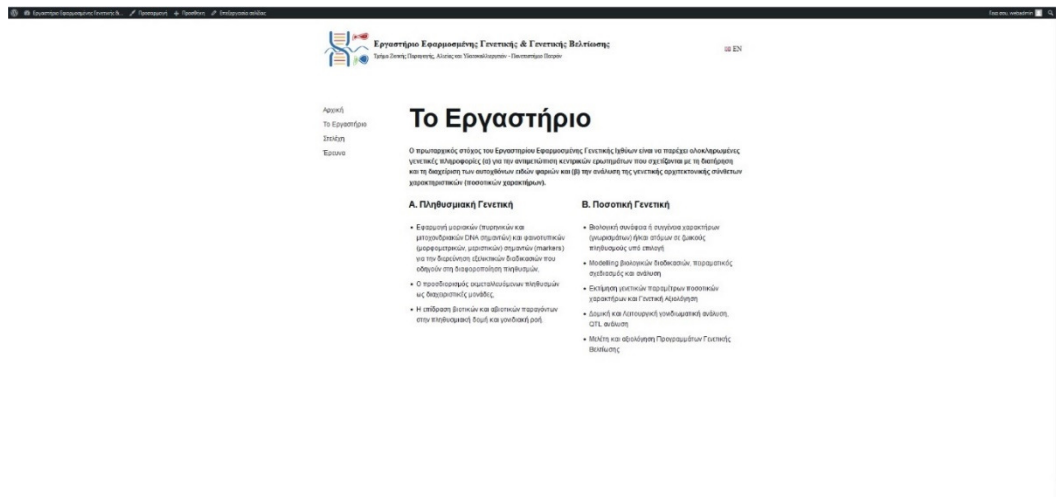
5 Παρουσίαση της δομής και του περιβάλλοντος διεπαφής του ιστότοπου



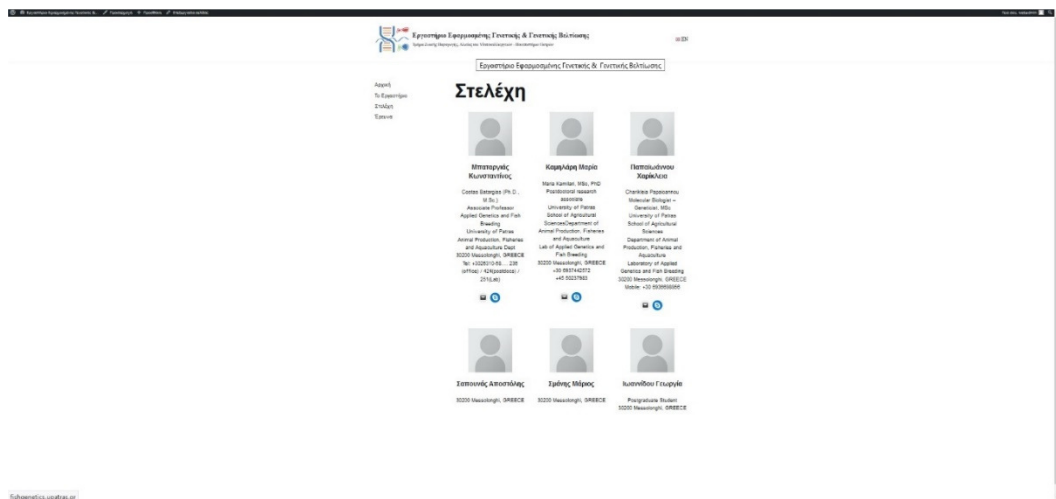
Εικόνα 29: Κεντρική σελίδα ιστότοπου (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).



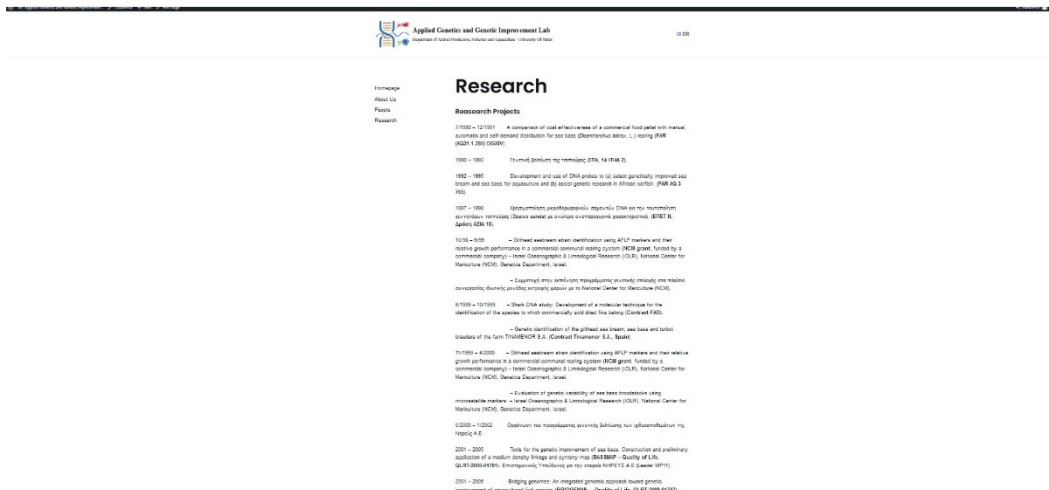
Εικόνα 30: Κεντρική σελίδα ιστότοπου αγγλική έκδοση (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).



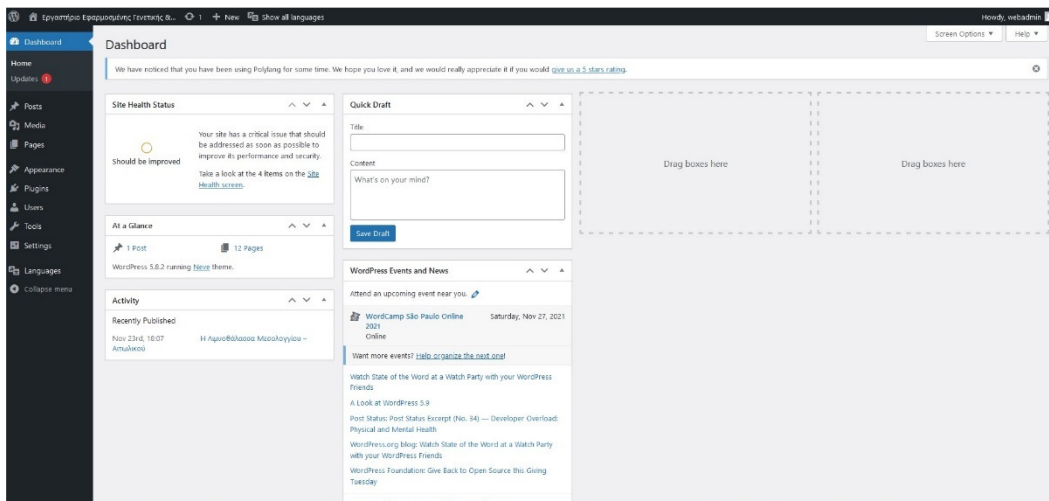
Εικόνα 31: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για το εργαστήριο (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).



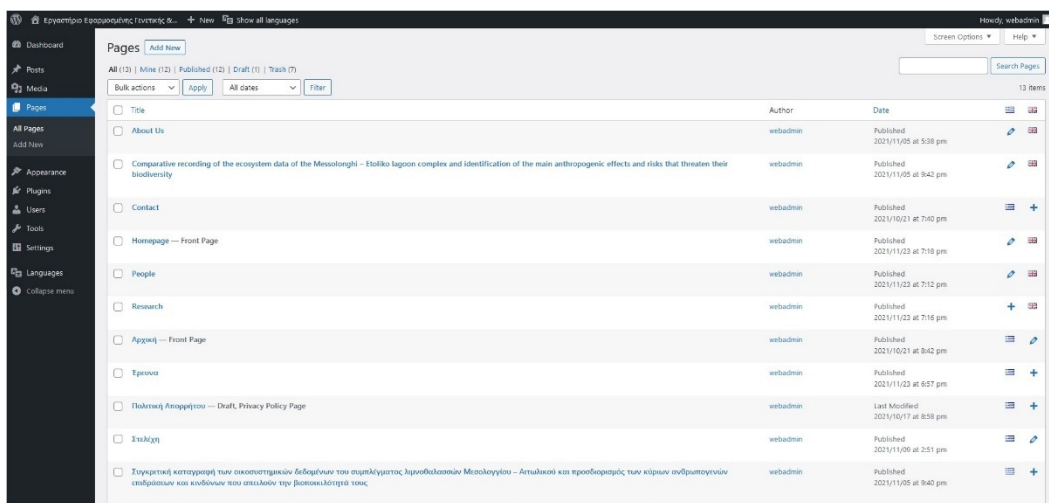
Εικόνα 32: Σελίδα ιστότοπου με πληροφορίες για τα στελέχη (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).



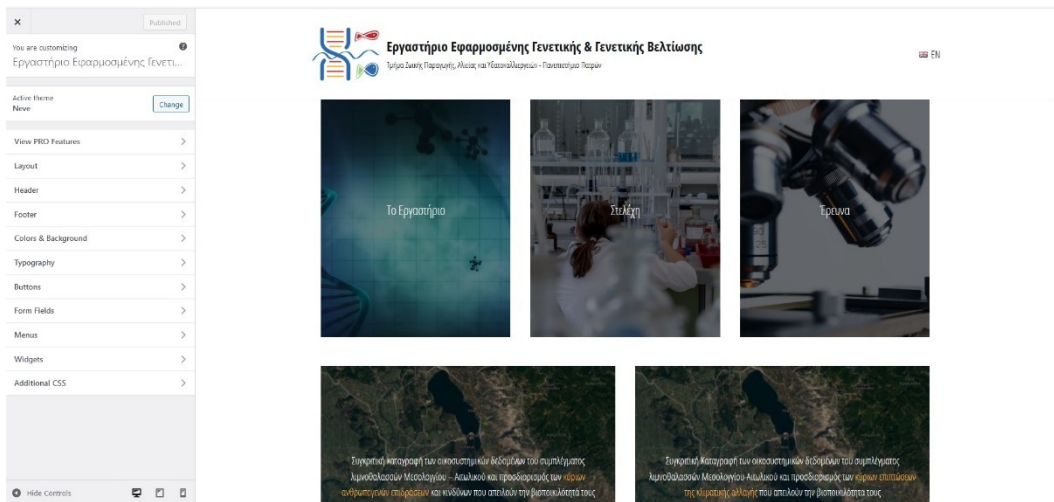
Εικόνα 36: Σελίδα ιστοτόπου με πληροφορίες για την έρευνα στα Αγγλικά (<http://fishgenetics.upatras.gr/>).



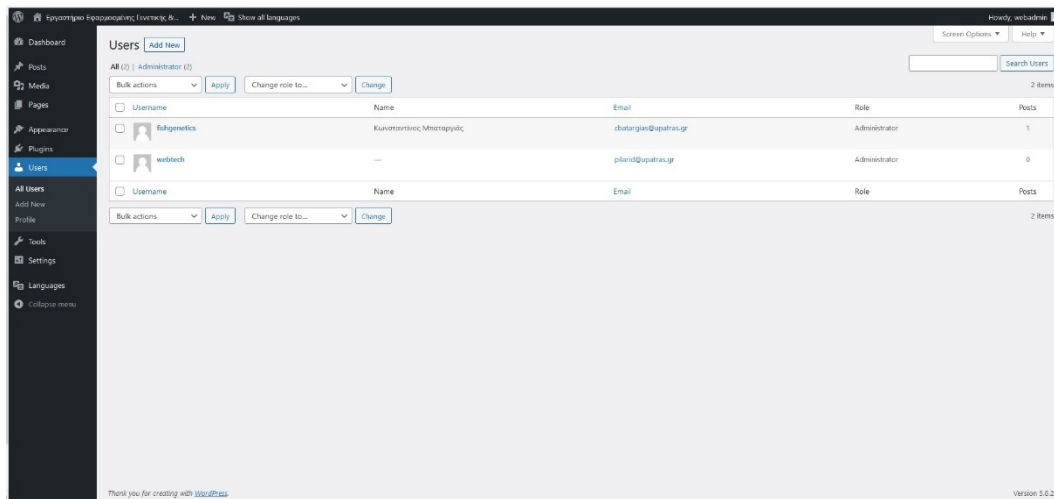
Εικόνα 37: Dashboard – διαχειριστικό περιβάλλον ιστοτόπου.



Εικόνα 38: Dashboard – Υποιστότοποι.



Εικόνα 39: Dashboard – Template -Θέμα.



Εικόνα 40: Dashboard – Περιβάλλον Διαχείρισης Administrator -Editor.

6 Συμπεράσματα

6.1 Μόνιμη κατάκλυση από άνοδο στάθμης θάλασσας

Σύμφωνα με τους Τσακίρης κ.α. (2009) αν η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης αυξηθεί κατά 50 cm σε αγροτική περιοχή έκτασης 64 Ha, τότε θα κατακλυστεί από τη θάλασσα. Ενώ αν η άνοδος αγγίξει τα 100 cm σε κατοικημένη περιοχή έκτασης 132 Ha και αγροτική περιοχή έκτασης 33 Ha τότε αυτό θα φέρει ως αποτέλεσμα να κατακλυσθούν από την θάλασσα στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου με ανυπολόγιστες συνέπειες.

6.2 Μεταβολές απορροών υδροδοτούσας λεκάνης

Ακόμα οι Τσακίρης κ.α. (2009) στηριζόμενοι στο μοντέλο βροχής – απορροής και στη βαθμονόμηση του για την υδροδοτούσα λεκάνη, και στη διαμόρφωση μιας σειράς σεναρίων κλιματικής αλλαγής, μπορεί να προκύψουν σημαντικές μειώσεις απορροών. Όλα αυτά ενισχύονται σύμφωνα με τις προβλεπόμενες από τους διεθνείς φορείς κλιματικές αλλαγές για τις επόμενες δεκαετίες. Στο αισιόδοξο σενάριο αναμένεται η μείωση της εισροής γλυκού νερού στη λιμνοθάλασσα κατά 25 – 35%. Αντιθέτως, στο απαισιόδοξο σενάριο η μείωση αναμένεται κοντά στο 50 – 60%. Σχετικά με τις περιόδους ξηρασίας, σημειώνεται πως για τα έτη με έντονη ξηρασία η μείωση των απορροών κυμαίνεται στο 55 – 70%, ενώ για εξαιρετικά ξηρά έτη η μείωση μπορεί να φτάνει το 85%.

6.3 Επιπτώσεις στην αλατότητα του νερού

Σύμφωνα με τους Τσακίρης κ.α. (2009) η αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας δεν θα παραμείνει ανεπηρέαστη από τις κλιματικές αλλαγές. Οι τρόποι με τους οποίους θα επηρεαστεί η αλατότητα του νερού της λιμνοθάλασσας είναι οι εξής:

1. Η αύξηση της εξάτμισης μπορεί να επιφέρει την αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων στοιχείων
2. Τα ρέματα και τα αποστραγγιστικά αντλιοστάσια μπορεί να μειώσουν τις εισροές γλυκού νερού.

3. Η εισροή θαλασσινού νερού σε τμήματα της λιμνοθάλασσας, θα προκαλέσει κατά περίπτωση αύξηση ή μείωση της αλατότητας ανάλογα με το εάν η αλατότητα του τμήματος είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από την αλατότητα του θαλασσινού νερού

Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό πως διαπιστώθηκαν διαφορετικές επιπτώσεις σε κάθε ένα από επιμέρους τμήματα της λιμνοθάλασσας. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η εισροή θαλασσινού νερού θα επηρεάσει το ισοζύγιο γλυκού-αλμυρού νερού στα επιμέρους τμήματα της λιμνοθάλασσας (Τσακίρης κ.α., 2009).

6.4 Οικολογικές επιπτώσεις, οικονομικές και επιπτώσεις στην αλιευτική δραστηριότητα

Σύμφωνα με τους Τσακίρης κ.α. (2009) οι ιχθυοκοινωνίες και η εκμετάλλευσή τους στην σημερινή έκταση της λιμνοθάλασσας επηρεάζονται και επωμίζονται μια σειρά επιπτώσεων που εντάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

Οικολογικές επιπτώσεις:

1. Μετάπτωση οικολογικών ζωνών η οποία συνδέεται με αλλαγές στην κατανομή και εγκατάσταση ειδών ψαριών στην λιμνοθάλασσα
2. Αλλοίωση των παράκτιων περιμετρικών μικρό-υδροβιοτόπων
3. Περιορισμός της υπάρχουσας έκτασης των γλυκών νερών
4. Περιορισμός της υπάρχουσας έκτασης των γλυκών νερών
5. Εξομάλυνση της έντονης εποχικότητας των μετακινήσεων
6. Πιθανή μετατόπιση της έναρξης των προς την θάλασσα μεταναστεύσεων
7. Αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων
8. Τροποποίηση προσέγγισης και διασποράς του γόνου λόγω αλλαγή ρευματολογίας και υδροδυναμικής

9. Μείωση του πλεονεκτήματος προστασίας από θηρευτές

Επιπτώσεις στην αλιευτική δραστηριότητα:

1. Ανάγκη ενίσχυσης ή μετεγκατάστασης των ιχθυοσυλληπτικών
2. Αύξηση της πιθανότητας καταστροφής των φραγμών
3. Μεταβολές στην συλλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων
4. Αλλαγή της σύνθεσης ειδών του αλιεύματος
5. Εξομάλυνση της εποχικότητας της αλιευτικής παραγωγής
6. Αυξημένη μεταβλητότητα στους ρυθμούς μετανάστευσης συνέπεια των έντονων καιρικών φαινομένων
7. Μεταβολή της αλιευτικής παραγωγής ως αποτέλεσμα στρατολόγησης
8. Μείωση της παραγωγής των διάδρομων ειδών και αύξηση των παράκτιων ειδών.

Οικονομικές επιπτώσεις:

1. Οικονομικές απώλειες για την βελτίωση και προσαρμογή των αλιευτικών εργαλείων
2. 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 εντόνων καιρικών φαινομένων
3. Μείωση εσόδων ανά μονάδα βιομάζας λόγω αύξησης του ποσοστού νεαρών ατόμων ειδών παράκτιας διαβίωσης
4. Εξομάλυνση της εποχικότητας των οικονομικών της αλιείας

5. Μείωση της δυνατότητας πρόβλεψης της παραγωγής σε μικρά χρονικά διαστήματα λόγω αυξημένης μεταβλητότητας στις συλλήψεις συνέπεια έντονων καιρικών φαινομένων

6. Μείωση του συνολικών εσόδων αλιείας αποτέλεσμα της αύξησης της ποσότητας των παράκτιων και μείωσης των διάδρομων ειδών ψαριών.

Ακόμη, προστίθενται οι επιπτώσεις στις νέες εκτάσεις από πλημμυρισμό:

1. Δημιουργία νέων υδροβιότοπων στις κατακλύζουσες περιοχές με ρόλο nursery ground.
2. Μεταφορά της σημερινής οικολογικής ζώνωσης στις νέες περιοχές με αντίστοιχη υποστήριξη της βιοποικιλότητας.
3. Αύξηση της έκτασης της λιμνοθάλασσας με θετική συνεισφορά στον οικολογικό ρόλο αλλά και στην παραγωγικότητάς της.

6.5 Επιπτώσεις στις βιογεωχημικές διεργασίες της λιμνοθάλασσας

Μεταξύ άλλων, οι κύριες επιπτώσεις μπορούν συνοπτικά να παρουσιαστούν:

- Με τις βιογεωλογικές ανακατατάξεις λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας το ευαίσθητο σύστημα των λιμνοθαλασσών θα υποστεί σοβαρές αλλαγές. Ο βαθμός δυσμενούς επίδρασης των αλλαγών αυτών θα εξαρτηθεί: α) από το πόσο βαθμιαία ή απότομα θα γίνουν αυτές οι αλλαγές και β) κατά πόσον οι οργανισμοί θα έχουν το βιολογικό χρόνο να προσαρμοσθούν στις νέες βιογεωχημικές συνθήκες.

- Η ενδεχόμενη αποσάθρωση χονδρόκοκκου υλικού από τη γύρω περιοχή θα οδηγήσει σε κατακύληση 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.

- 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 αποτέλεσμα τοξικά μέταλλα

π.χ. Cd, Pb, As, Cr, Ni κ.ά. να μεταβαίνουν στη διαλυμένη μορφή. Με την μορφή αυτή μπορούν εύκολα να μπαίνουν στην τροφική αλυσίδα.

- Η είσοδος ανθρακικού αιωρούμενου υλικού σε περιοχές μειωμένου pH θα οδηγήσει σε διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Αυτό θα δημιουργήσει στη συνέχεια πλέον αλκαλικό περιβάλλον το οποίο ευνοεί την ενσωμάτωση των μετάλλων στη στερεή φάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η πιθανότητα εισόδου τους στην τροφική αλυσίδα.

6.6 Προτάσεις

Θα πρέπει να υπάρξει συστηματική παρακολούθηση από εξειδικευμένη ομάδα επιστημόνων όπου θα λάβει υπόψη της την ιδιαιτερότητα και όλα τα χαρακτηριστικά του συστήματος αυτού. Αναλόγως να εκπονηθεί μελέτη με τις αναγκαίες παρεμβάσεις προληπτικού χαρακτήρα. Οι βελτιωτικές αυτές παρεμβάσεις να υποστηρίζονται και να παρακολουθούνται από τους αντίστοιχους φορείς που έχουν την εποπτεία και ευθύνη στις περιοχές αυτές. Τέλος, υπογραμμίζεται η έλλειψη των μελετών σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις συγκεκριμένες περιοχές, πράγμα το οποίο μπορεί να αποτελέσει βασικό θέμα μεταγενέστερων ερευνών και μελετών.

Βιβλιογραφία

(n.d.). Retrieved from <https://ypen.gov.gr/perivallon/viopoikilotita/diktyo-natura-2000/>

(n.d.). Retrieved from <https://www.scopus.com>

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211100459X>)

Beerling, D. J., & Berner, R. A. (2002). Biogeochemical constraints on the Triassic - jurassic boundary carbon cycle event. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(3), 10-1-10-13. doi:10.1029/2001gb001637

Benson, Nsikak. (2008). Climate Change, Effects. 10.4135/9781412963893.n129.

Caldeira, K., Rampino, M. R. (1993). Aftermath of the end-Cretaceous mass extinction: Possible biogeochemical stabilization of the carbon cycle and climate. *Paleoceanography*, 8(4), 515-525. doi:10.1029/93PA01163.

Caldeira, K., Wickett, M. E. (2003). Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, 425(6956), 365. doi:10.1038/425365a.

Costa, M.J., Cabral, H.N., Drake, P., Economou, A.N., Fernandez-Delgado, C., Gordo, L., Marchand, L., Thiel, R. (2002). Recruitment and production of commercial species in estuaries. pp. 54-123. In: *Fishes in estuaries* (ed. Elliott, M., Hemingway, K.L), Blackwell Science Ltd, Oxford.

Dassenakis, M., Krasakopoulou, E., Matzara, E. (1994) Chemical characteristics of Aetoliko lagoon, Greece, after an ecological shock. *Marine Pollution Bulletin*, 28:427-433

Geulorget, G., Perthuisot, J.P. (1983) *Le domaine paraliq. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement*. Travaux de Laboratoire de Géologie 16, Presses de l'École Normale Supérieure.

- Greene, C. H., & Pershing, A. J. (2007). Climate drives sea change. *Science*, 315(5815), 1084-1085.
doi:10.1126/science.1136495
- Guinotte, J. M., & Fabry, V. J. (2008). *Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems* doi:10.1196/annals.1439.013 Retrieved from www.scopus.com
- Hotos, G., Avramidou, D. (1997). A one-year water monitoring study of Klisova lagoon. *GeoJournal*.
41:15-23.
- Hotos, G., Avramidou, D., Ondrias, I. (2000). Reproduction biology of *Liza aurata* (Risso, 1810), (Pisces Mugilidae) in the lagoon of Klisova (Messolonghi, W. Greece). *Fisheries Research*, 47:57-67
- Katselis, G., Koukou, K., Dimitriou, E., Koutsikopoulos, C., (2007). Short-term seaward fish migration in the Messolonghi - Etoliko Lagoons (western Greek coast) in relation to climatic variables and the lunar cycle. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73:571- 582.
- Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Dimitriou, E., Rogdakis, Y. (2003) Spatial patterns and temporal trends in the fishery landings of the Messolonghi - Etoliko lagoon system (western Greek coast). *Sci.Mar.*, 67:501-511
- Koutrakis, E., Sylaios, G., Kamidis, M., Markou, D., Sapounidis, A. (2007). Ichthyofauna recovery of a newly re-flooded mediterranean coastal lagoon. *Rapp. Comm. int. MerMdit.*, 38, 522
- Lindsay, R. W., Zhang, J. (2005) The dramatic thinning of arctic sea ice, 1988-2003: have we passed a tipping point? *J. Climate*, 18, 4879-4894
- Pickett, G.D., Pawson, M.G., (1994). *Sea Bass. Biology, exploitation and concervation*. Ed. Chapman & Hall. London ISBN 0 412 40090 1.

IPCC AR4 WG1 (2007), Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-88009-1

VijayavenkataRaman, S., Iniyar, S., Goic, R. (2012). A review of climate change, mitigation and adaptation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 16, Issue 1, 2012, Pages 878-897, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.009>.

Zachos, J. C., Röhl, U., Schellenberg, S. A., Sluijs, A., Hodell, D. A., Kelly, D. C., . . . Kroon, D. (2005). Paleoclimate: Rapid acidification of the ocean during the paleocene - eocene thermal maximum. *Science*, 308(5728), 1611-1615. doi:10.1126/science.1109004.

Zompola, S., Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Cladas, Y. (2008). Temporal patterns of glass eel migration (*Anguilla L. 1758*) in relation to environmental factors in the Western Greek inland waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80:330-338

Αλεξάκης, Δ. (2002). Η επίδραση γεωλογικών και ανθρωπογενών παραγόντων στην ποιότητα και την χημική σύσταση των υπόγειων νερών περιοχών της Ανατολικής Αττικής. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ)

Βλάχος, Ν. (2005) Εκτίμηση περιβαλλοντικής κατάστασης λιμνοθάλασσας Μεσολογίου με τον προσδιορισμό βαρέων μετάλλων και φυσικών ραδιενεργών νουκλιδίων στα ιζήματα. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Γαρμπής, Α. (2020) Σημειώσεις μαθήματος τεχνολογίας διαδικτύου τμήματος διοικητικής επιστήμης και τεχνολογίας Πανεπιστημίου Πατρών.

- Δανηλίδης, Δ. (1991). Συστηματική και οικολογική μελέτη των διατόμων των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου, Αιτωλικού και Κλείσοβας. Διδακτορική Διατριβή. Βιολογικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθήνας.
- Δημητρίου, Ε. (2007). Συμβολή στη μελέτη της αύλησης και της ηθολογίας της τσιπούρας στο σύμπλεγμα των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Δημητρίου, Ε., Αθανασόπουλος, Α., Καπαρελίωτης, Α., Κατσέλης, Γ., Ρογδάκης, Ι., Betts, Η., Wendling, C., (2000). Καταγραφές φυσικοχημικών παραμέτρων, αλιευτικής παραγωγής και μεγέθους αλιευόμενων ψαριών στο ιχθυοτροφείο Βασιλάδι κεντρικής λιμνοθάλασσας Μεσολογίου – Αιτωλικού. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων Μεσολόγγι 20-23/1/2000, 173-176.
- Δημητρίου, Ε., Λεονάρδος, Ι., Μπότας, Θ., Όντριας, Ι. (2000). Σύγκριση επιλεκτικότητας παραγαδιών και ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων στη Λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας Χίος 23-26 /5/2000, 146-150.
- Κατσαργύρη, Χ.(2008). *Μελέτη περιβαλλοντικών παραμέτρων στη λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών
- Κλαουδάτος, Σ., Ρογδάκης, Ι., Μπαλτάς, Α., Ζόγολος, Α. (1989). Αλιευτική αξιοποίηση κεντρικού τμήματος Λ/Θ Μεσολογίου-Αιτωλικού. Οριστική Μελέτη ΙΧΘΥΚΑ για την ΔΤΥ Αιτωλ/νίας: 15-33.
- Λεμέσιος, Ι. (2008). Περιβαλλοντική-Υδρογεωλογική έρευνας των υδροφόρων οριζόντων της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Μεσολογίου σε σχέση με τους ιαματικούς φυσικούς πόρους της. Διατριβή ειδίκευσης. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Λεονάρδος, Ι., Σίνης, Α., Κοκκινίδου, Α., (2000). Ιχθυοπανίδα του συγκροτήματος των Λιμνοθαλασσών Μεσολογίου και Αιτωλικού. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας Χίος 23-26 /5/2000, 239-244.

Λεονάρδος, Ι. (1996). Δυναμική ιχθυοπληθυσμών του *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) στις λιμνοθάλασσες Μεσολογίου και Αιτωλικού. Α.Π.Θ. . Διδακτορική διατριβή.

Ρογδάκης, Ι., Κατσέλης, Γ., και συν. (2003) «Πειραματικοί εμπλουτισμοί της Λ/Θ Πάππας με ιχθύδια τσιπούρας από Εκκολαπτήριο. Σύγκριση της ανάπτυξης των μορφομετρικών και μεριστικών χαρακτήρων των παραγομένων ψαριών με τα ιχθύδια φυσικών πληθυσμών και καθορισμός μοντέλων ανάπτυξης και διαχείρισης της λ/θ με εμπλουτισμούς".

Τσακίρης, Γ., Βαρνάβας, Σ., Δουκάκης, Ε., Καπίρης, Κ., Κατσέλης, Γ., Αλεξάκης, Δ., Βαγγέλης, Χ., Τίγκας, Δ., Γαμβρουλά, Δ., Τοδορονίς, Β. (2009). Καταγραφή ανθρωπογενών και κλιματικών αλλαγών και της επίδρασής τους στο Εθνικό Πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου.

Χώτος, Γ., Βορεινάκης, Θ., Αβραμίδου, Δ., Αυτζής, Σ., Καπίρης, Α., Καλατζόπουλος, Δ., Καζάρας, Δ., Χατήρας, Δ., Παπαχρήστου, Ε., Κωνσταντόπουλος, Ι., Βλήσμα, Α., Ανδριοπούλου, Α. (1994) Περιβαλλοντική μελέτη λιμνοθάλασσας Κλείσοβας με μέτρηση επιλεγμένων φυσικοχημικών παραμέτρων. Επιτροπή Ερευνών Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου.