



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

“ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ”

ΜΑΘΗΜΑ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Ακ. Έτος: 2020-2021

Η οικολογική υποβάθμιση της λίμνης Παμβώτιδας.

Το πρόβλημα του ευτροφισμού.

Τσώλης Θεόδωρος

Ιωάννινα, [07.04.2021]

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λίμνη της Παμβώτιδας βρίσκεται στην πόλη των Ιωαννίνων και σύμφωνα με έρευνες η ηλικία της ξεπερνά το 1 εκατομμύριο χρόνια [1]. Η λίμνη των Ιωαννίνων, όπως όλα τα υδατικά συστήματα, υπήρξε διαχρονικά πόλος έλξης για τους ανθρώπους καθώς τους προσέφερε τα απαραίτητα για την επιβίωση. Η ρύπανση της λίμνης των Ιωαννίνων ξεκίνησε έπειτα από την ραγδαία αύξηση του ρυθμού παραγωγής, τόσο σε γεωργικό όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο. Η αύξηση αυτή ήταν μεν αναγκαία, αφού η πόλη των Ιωαννίνων τα τελευταία 60 χρόνια έχει επεκταθεί σημαντικά, έγινε όμως αγνοώντας τις δυνητικές αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούνται σε υδάτινα οικοσυστήματα έπειτα από την αλόγιστη ρίψη ακατέργαστων αποβλήτων. Δυστυχώς η λίμνη στις μέρες μας χαρακτηρίζεται ως ευτροφική με ορατά προβλήματα ρύπανσης όπως τη χαρακτηριστική οσμή της, το θάνατο των ψαριών, τον αφρισμό της επιφανείας της κ.α. (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Απεικόνιση της αφρισμένης επιφάνειας της λίμνης [2].

Η ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

Τη λίμνη των Ιωαννίνων θα μπορούσαμε να τη χωρίσουμε σε μεγάλες βιολογικές φάσεις [3]

- Την πρώτη φάση, που δεν τη διέπουν σημαντικά προβλήματα και χρονολογείται μέχρι τις αρχές του περασμένου αιώνα.
- Την δεύτερη φάση που ξεκινά από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και εκτείνεται μέχρι σήμερα. Η δεύτερη αυτή φάση χωρίζεται σε τέσσερις επιμέρους περιόδους:
 - Η πρώτη περίοδος, από τις αρχές του αιώνα μέχρι το 1960, όπου οι άνθρωποι ικανοποιούσαν βασικές ανάγκες όπως αλιεία, άρδευση κ.α.. Σε αυτή την περίοδο η κατάσταση της λίμνης ήταν ικανοποιητική, καθώς η τεχνογνωσία ήταν περιορισμένη.
 - Η δεύτερη περίοδος (1960-1980), χαρακτηρίζεται από γενικευμένη ανάπτυξη στην περιοχή των Ιωαννίνων. Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα πραγματοποιήθηκε η αποξήρανση της λίμνης Λαψίστας, δόθηκε στη γεωργική καλλιέργεια, η βελτίωση των εδαφών σε βαλτώδεις περιοχές (Λαψίστα, Καστρίτσα, Μπάφρα, κ.α.) και η άρδευση εκτάσεων από τη λίμνη. Σε αυτή τη περίοδο ξεκίνησαν οι δυσκολίες αναπαραγωγής ψαριών, λόγω καταστροφής ή αλλοίωσης περιοχών της πανίδας και αρκετά είδη που χαρακτήριζαν το τότε οικοσύστημα περιορίστηκαν σε μεγάλο βαθμό ή εξαφανίστηκαν.
 - Στην τρίτη περίοδο (1980-1985) αρχίζει η τοπική κοινωνία να αναζητεί άμεσες λύσεις (κατασκευή βιολογικού καθαρισμού της πόλης). Παράλληλα οι νεοσύστατοι φορείς καταστρώνουν ένα σχέδιο αντιμετώπισης του πολυδιάστατου προβλήματος.
 - Στην τέταρτη και τελευταία περίοδο (1985-σήμερα), υλοποιούνται αλλά και φαίνονται τα πρώτα θετικά αποτελέσματα της αντιμετώπισης του προβλήματος. Μερικά από τα αυτά είναι η μείωση οργανικών φορτίων που έφθαναν στη λίμνη, λόγω της λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού, ο περιορισμός της ανεξέλεγκτης απόρριψης ρύπων στη λίμνη, έπειτα

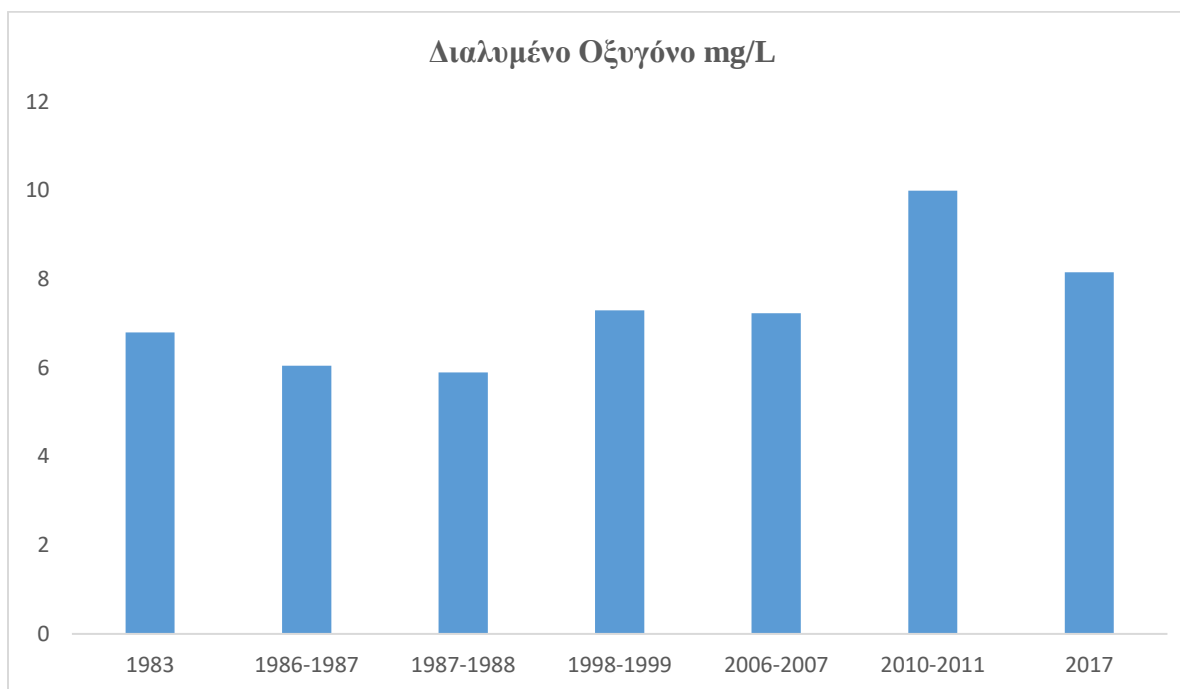
κλείσιμο των δημοτικών σφαγείων που υπήρχαν στην περιοχή (Λ. Κάρολου Παπούλια) και προγράμματα ευαισθητοποίησης της κοινωνίας. Από την άλλη, για την αντιμετώπιση της κατάστασης χρησιμοποιήθηκαν και απαράδεκτες περιβαλλοντικές ενέργειες, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά από τον Θ. Κουσουρή όπως εμπλουτισμός ψαριών στη λίμνη και τη διοχέτευση των νερών της βροχής από τη πόλη προς τη λίμνη [4]. Τέλος μία ακόμη διενέργεια στην οποία κατέφυγαν οι αρχές ήταν η περιοδική κοπή μέρους του καλαμώννα, η οποία μόνο θετική επέμβαση δεν μπορεί να θεωρηθεί καθώς τα λεπτά καλάμια χρησιμοποιούνται στις όχθες των λιμνών ως μέθοδος επεξεργασίας αποβλήτων [5].

Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Στην περιοχή των Ιωαννίνων, οι περισσότερες οικονομικές δραστηριότητες είναι γεωργικές, πτηνοτροφικές και κτηνοτροφικές και με συνδυασμό της αλόγιστης χρήσης λιπασμάτων από τους αγρότες, έχει ως αποτέλεσμα τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχων ενώσεων και φωσφορικών αλάτων (που περιέχονται στα λιπάσματα) στη λίμνη. Είναι γνωστό ότι οι ενώσεις αυτές βοηθούν την ανάπτυξη των φυτών, προκαλώντας έτσι την υπερανάπτυξη του φυτοπλαγκτού στη λίμνη. Δεδομένου ότι μερικά φυτά πεθαίνουν, λόγω έλλειψης φωτός και την αύξηση του αριθμού των φυτών, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχουμε αύξηση του πληθυσμού των αποικοδομητών των νεκρών φυτών. Οι αποικοδομητές πολλαπλασιάζονται και καταναλώνουν το περισσότερο από το οξυγόνο που είναι διαλυμένο στο νερό, με αποτέλεσμα να περιορίζουν το οξυγόνο που χρειάζονται τα ψάρια για την αναπνοή τους. Τα ψάρια πεθαίνουν από ασφυξία όταν η περιεκτικότητα του οξυγόνου στο νερό είναι μικρότερη από 4 ppm [6].

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η τιμή του μέσου όρου της διακύμανσης του διαλυμένου οξυγόνου της λίμνης των Ιωαννίνων σε διάφορες χρονολογίες [7]. Ήδη από το 1998

ξεκίνησε να αποτυπώνεται μια μικρή αύξηση της μέσης τιμής του διαλυμένου οξυγόνου, που υποδηλώνει ότι οι ενέργειες που ξεκίνησαν να πραγματοποιούνται για την βελτίωση της κατάστασης έχουν ξεκινήσει να φέρνουν θετικά αποτελέσματα.



Διάγραμμα 1: Απεικόνιση του μέσου όρου διαλυμένου οξυγόνου, σε mg/L, σε διάφορες χρονιές από το 1983-2017 [7-8].

Είναι γνωστό ότι οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου, σε βάθος μέχρι 3,5 m, είναι χαμηλές προς το τέλος της θερινής περιόδου και υψηλές τους χειμερινούς μήνες [9]. Παρόλα αυτά στην περίπτωση μας δεν παρατηρούνται φαινόμενα υποξίας ή ανοξίας τον Αύγουστο, λόγω των ισχυρών ανέμων στην περιοχή που έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη ανάμιξη των υδάτων και εμπλουτισμού της στήλης του ύδατος με οξυγόνο [8]. Στην ίδια πηγή αναφέρεται ότι το μήνα Μάιο η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, κοντά στο ίζημα, φτάνει στα επίπεδα της ανοξίας, που συμβαίνει λόγω των οξειδωτικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά τη βακτηριακή αποδόμηση.

Με βάση τις κατευθυντήριες Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να εξασφαλίζεται η απολύτως ελάχιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, η οποία έχει οριστεί στα 5 mg/L [10]. Παρόλα αυτά τα έτη 1986-1988, κάτι τέτοιο δεν τηρήθηκε αφού οι κατώτερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου ήταν 1.1 και 2.6 για τα έτη 1986-1987 και 1987-1988 αντίστοιχα [11].

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, ένας από τους τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος ρύπανσης της λίμνης ήταν η εφαρμογή προγραμμάτων εμπλουτισμού. Αυτό είχε ως στόχο τη βελτίωση των βιολογικών και φυσικοχημικών δεικτών της λίμνης και την αύξηση της ιχθυοπαραγωγής. Συγκεκριμένα το σχέδιο περιλάμβανε τον εμπλουτισμό της λίμνης με χορτοφάγα και πλαγκτονοφάγα ζώα, με στόχο το περιορισμό του φυτοπλαγκτού και της μακροφυτικής βλάστησης. Παρόλα αυτά, το αποτέλεσμα ήταν αντίθετο από το αναμενόμενο, επιδεινώνοντας την υπάρχουσα κατάσταση, λόγω υπερφόρτισης της λίμνης σε θρεπτικά συστατικά που προήλθαν από περιττώματα των ψαριών [4].

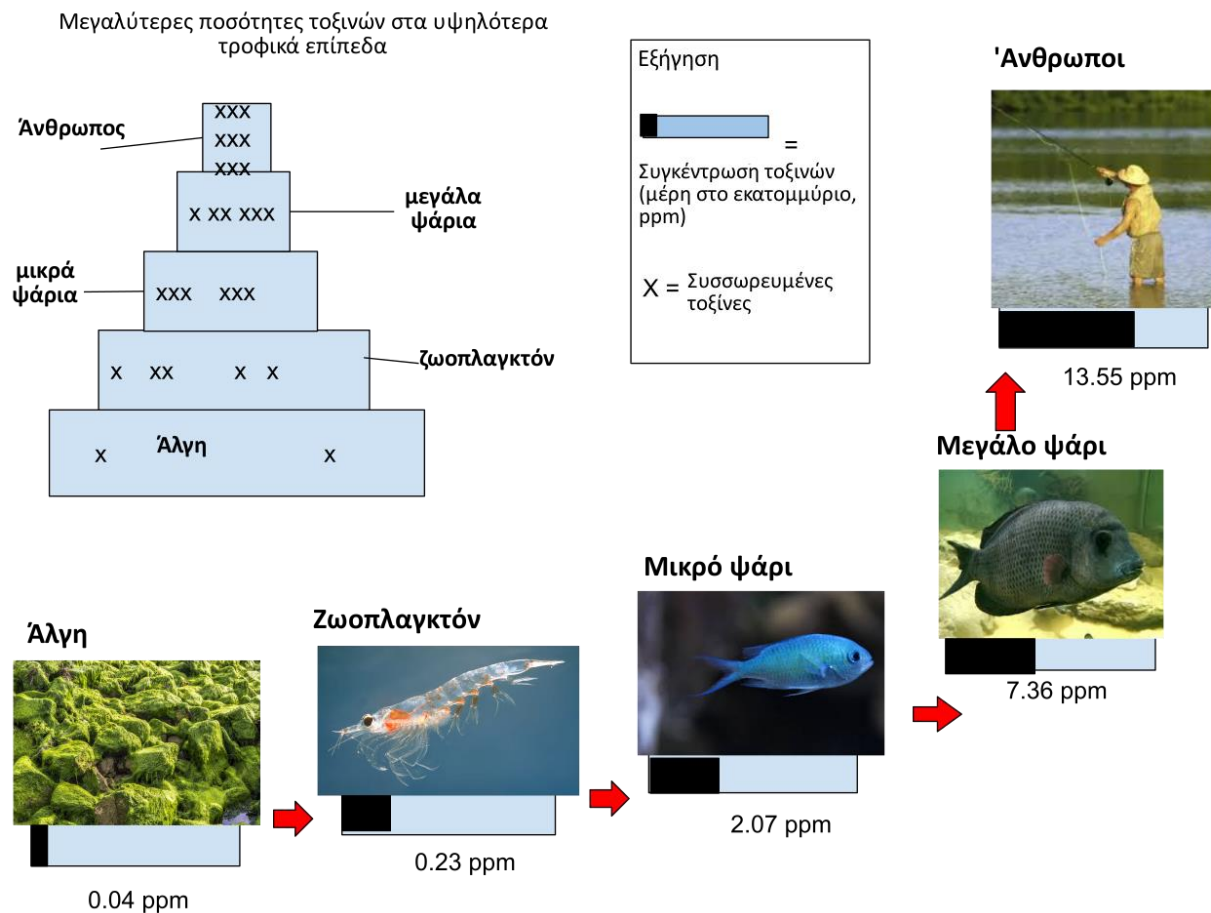
Μία από τις σοβαρότερες πηγές ρύπανσης των υδάτινων οικοσυστημάτων προέρχεται από τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία περιέχουν επικίνδυνες χημικές ουσίες, όπως είναι τα βαρέα μέταλλα [12]. Αυτές οι ουσίες καθίστανται επικίνδυνες καθώς δεν μεταβολίζονται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους στους ιστούς των οργανισμών, όσο ανεβαίνουμε επίπεδο στην τροφική αλυσίδα [13]. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *βιοσυσσωρευση* και αναφέρεται στη συσσωρευση μη βιοδιασπώμενων ουσιών σε έμβιους οργανισμούς, οι οποίες γίνονται απειλητικές για την υγεία αυτών πάνω από ένα κρίσιμο όριο συγκέντρωσης.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η βιοσυσσωρευση είναι οι εξής [12]:

- Το είδος του ρύπου
- Η συγκέντρωση του ρύπου
- Ο χρόνος έκθεσης του οργανισμού

- Η ηλικία του οργανισμού
- Ο ιστός ή το όργανο του οργανισμού, που υπάρχει συσσώρευση.

Μάλιστα η βιοσυσσώρευση πραγματοποιείται ακολουθώντας εκθετικούς ρυθμούς αύξησης, δεδομένου ότι η βιομάζα ενός τροφικού επιπέδου της τροφικής αλυσίδας αναλογεί μόνο στο 1/10 περίπου της βιομάζας του επόμενου. Έτσι γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το φαινόμενο έχει πολύ μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο, καθώς αυτός βρίσκεται συνήθως στο τελευταίο καταναλωτικό επίπεδο, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Απεικόνιση της διαβαθμισμένης συσσώρευσης τοξινών όσο ανεβαίνουμε επίπεδα στην τροφική αλυσίδα, σε ppm (μέρη ανά εκατομμύριο [14]).

Όσο αφορά τα έμβια είδη που ζουν στη λίμνη των Ιωάννινων, μελέτες έδειξαν την παρουσία ορισμένων βαρέων μετάλλων, σε υψηλές συγκεντρώσεις, σε διάφορα σημεία των υπό μελέτη ψαριών. Μερικά από τα μέταλλα που ανιχνεύθηκαν στα βράγχια ή και στο ήπαρ ψαριών είναι το Mn (Μαγγάνιο), Zn (Ψευδάργυρος), Pb (Μόλυβδος), Cr (Χρώμιο), Fe (Σίδηρος) και Cu (Χαλκός), υποδεικνύοντας την επιβαρυνμένη κατάσταση της λίμνης [15]. Βέβαια σε έρευνες, ως προς την παρουσία βαρέων μετάλλων στην ίδια τη λίμνη, φαίνεται να υπάρχει μικρή συκέντρωση σε ιχνοστοιχεία, η οποία οφείλεται πιθανόν σε ανθρώπινες δραστηριότητες [16]. Εξαίρεση αποτελεί το μέταλλο του Cr, που πιθανότατα είναι γεωλογικής προέλευσης [4]. Από τα βαρέα μέταλλα, παρουσιάζεται πρόβλημα στην περίπτωση του Pb στο νερό, όπου βρέθηκε σε συγκεντρώσεις 10 φορές μεγαλύτερη από το επιτρεπτό όριο [17]. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι τα μέταλλα παρουσιάζουν βιοσυσσώρευση, δηλαδή οι συγκεντρώσεις τους είναι μεγαλύτερες στους οργανισμούς της λίμνης, παρά στο νερό, χωρίς να υπερβαίνουν τις επιτρεπτές τιμές. Παρόλα αυτά κανένα μέταλλο δεν έχει περάσει σε τοξικές συγκεντρώσεις στο τροφικό επίπεδο IV, σε αυτό δηλαδή που ανήκει ο άνθρωπος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η λίμνη Παμβώτιδα χαρακτηρίζεται ως ένα σχετικά βαριά ρυπασμένο υδάτινο οικοσύστημα. Το πρόβλημα φαίνεται να ξεκινάει μετά το 1960, όπου συμπίπτει με τη ανάπτυξη της πόλης των Ιωαννίνων. Το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης οφείλεται στον άνθρωπο και για ακρίβεια στα απόβλητα που καταλήγουν στην λίμνη λόγω κυρίως των γεωργικών δραστηριοτήτων. Αντίθετα αποτελέσματα επέφερε δυστυχώς και το πρόγραμμα εμπλουτισμού επιδεινώνοντας την κατάσταση της. Τέλος έχουν ανιχνευθεί σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στους οργανισμούς που ζούν στην λίμνη, αλλά όχι στο νερό, δικαιολογώντας και την ικανότητα αυτών να ζούν σε ακραίες συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καγκάλου, Ιφ. (1990). *Μελέτη των σχέσεων μεταξύ των φυσικοχημικών παραγόντων υγειονομικού ελέγχου και της ολικής μικροβιακής χλωρίδας υδάτινων οικοσυστημάτων – Εφαρμογή στη λίμνη Παμβώτιδα, Διδακτορική διατριβή Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων*. Ιωάννινα 1990.
2. *Αγνώριστη από τη χρόνια ρύπανση η λίμνη των Ιωαννίνων*. GREENAGENDA (2016) <http://greenagenda.gr>.
3. Μπάρμπα, Α. (2009). *Η υφισταμένη κατάσταση της λίμνης Παμβώτιδας και οι απόψεις των κατοίκων των Ιωαννίνων για αυτή, Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο*. Αθήνα 2009.
4. Δρ. Θεόδωρος Σ. Κουσουρή, τ. Δ/ντής Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ, Αθήνα 2014 ΕΚΚΕ. Αθήνα 2013. https://www.ekke.gr/projects/estia/gr_pages/gr_index.htm.
5. Μίμης, Σ. (2006). *Φυσικά Συστήματα, Τεχνητοί Υγρότοποι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων, Εφαρμογές και Συγκριτικά Αποτελέσματα, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*. Μυτιλήνη 2006.
6. Φουντουκίδης, Ε.. *Διαλυμένο Οξυγόνο, Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά*.
7. Μαρτάκης Ι. (2018). *Ποιοτικός έλεγχος της λίμνης Παμβώτιδας και συγκριτική ανάλυση με τη λίμνη της Καστοριάς, Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο*. Θεσσαλονίκη 2018.
8. ENVIROPLAN S.A. (2015). *Μελέτη Αποκατάστασης Οικοσυστήματος Λίμνης Παμβώτιδας*. Αθήνα 2015.
9. Nitas P. (2011). *Lake Pamvotis Water Monitoring Program*. http://www.lakepamvotis.gr/img-/monitoring/Monitoring_Nitas_P.pdf
10. Τσουμάνας Ν. (2016). *Διερεύνηση του προβλήματος ευτροφισμού στη λίμνη της Καστοριάς, Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο*. Θεσσαλονίκη 2016.

11. <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/eggeiesbeltioseis/sxedismowee/1306-pinakas-potamon-limnon>
12. Κόρκης βιοσυσσώρευση.
13. Βιοσυσσώρευση 41^ο Γυμνάσιο Αθήνας 2013-2014. <https://pt.slideshare.net/evakelepouri/ss-41945055>.
14. Βιομεγέθυνση.
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CE%B3%CE%AD%CE%B8%CF%85%CE%BD%CF%83%CE%B7>
15. Stalikas, C.D., Pilidis, G.A., Karayannis, M.I. (1994). *Heavy metal concentrations in sediments of Lake Ioannina and Kalamas River in north-western Greece (1994) Fresenius Environmental Bulletin*, 3 (9), pp. 575-579.
16. Παρθένου Β. (2011). *Λίμνη Ιωαννίνων περιβαλλοντική εξυγίανση της περιοχής. Προτάσεις ενίσχυσης οικολογικού τουρισμού, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Πειραιά*. Αθήνα 2011.
17. Δημοτική Επιχείρηση Λίμνης Ιωαννίνων (Δ.Ε.Λ.Ι) (1995). *Διαχειριστική Μελέτη Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων*. Ιωάννινα 1995.