

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διερεύνηση της οικολογικής ποιότητας του ποταμού Πηνειού (Θεσσαλία)»

Νικολέττα Κράββα

ΒΟΛΟΣ 2022

**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC ENVIRONMENT**

POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

«Investigation of the ecological quality of the Pinios river (Thessaly)»

Nikoletta Kravva

VOLOS 2022

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- 1) **Κωνσταντίνος Σκόρδας**, Αναπληρωτής Καθηγητής – Περιβαλλοντική Γεωχημεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
- 2) **Αθανάσιος Εξαδάκτυλος**, Καθηγητής – Γενετική Θαλάσσιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
- 3) **Δημήτριος Βαφείδης**, Καθηγητής, Θαλάσσια Βιοποικιλότητα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας ουσιαστική και πολύτιμη υπήρξε η συμβολή του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κ. Σκόρδα και των μελών της τριμελούς επιτροπής καθηγητών κ. κ. Α. Εξαδάκτυλου και Δ. Βαφείδη, τους οποίους ευχαριστώ θερμά για την υποστήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές τους. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τον σύζυγό μου Απόστολο Π. Αποστολίδη και τον γιο μου Πασχάλη-Παναγιώτη που μου παρείχαν αμέριστη υλική και ψυχολογική υποστήριξη. Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την ηθική, κυρίως, συμπαράσταση που μου παρείχαν.

Στον σύζυγό μου Απόστολο Π. Αποστολίδη
και στον γιό μου Πασχάλη-Παναγιώτη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Ιστορική ανασκόπηση στην αξία των ποταμών	1
1.2 Ποτάμια συστήματα	1
1.3 Σύσταση νερού ποταμών και ποιοτικά χαρακτηριστικά	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	3
2.1 Οξυγόνο.....	3
2.2 Θερμοκρασία	4
2.3 Οξύτητα	4
2.4 Οσμή και γεύση	5
2.5 Αγωγιμότητα.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	6
3.1 Θρεπτικά συστατικά.....	6
3.2 Άζωτο	6
3.3 Φόσφορος.....	8
3.4 Θείο.....	9
3.5 Βαρέα μέταλλα	10
3.6 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟ.....	13
5.1 Περιοχή μελέτης.....	13
5.2 Σταθμοί δειγματοληψίας.....	14
5.3 Μεθοδολογία ανάλυσης φυσικοχημικών παραμέτρων.....	15
5.4 Μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας δειγμάτων.....	16
5.4.1 Νιτρικά.....	16
5.4.2 Νιτρώδη... ..	16
5.4.3 Αμμωνιακά.....	16
5.4.4 Φωσφορικά.....	16
5.4.5 Θειικά.....	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	17
6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	17
6.1.1 Θερμοκρασία.....	17
6.1.2 Οξύτητα.....	17
6.1.3 Διαλυμένο Οξυγόνο.....	18
6.1.4 Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο.....	18
6.1.5 Κορεσμένο Οξυγόνο.....	19
6.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ.....	19
6.2.1 Νιτρικά.....	19
6.2.2 Νιτρώδη.....	20
6.2.3 Φωσφορικά.....	21
6.2.4 Θειικά.....	21
6.2.5 Αμμωνιακά.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	22
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	26

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η αξιολόγηση της οικολογικής ποιότητας του ποταμού Πηνειού με την καταγραφή των φυσικοχημικών παραμέτρων και την ανάλυση των θρεπτικών συστατικών. Οι σταθμοί δειγματοληψίας επιλέχθηκαν έτσι ώστε να μελετηθεί η ποιότητα των νερών κατά μήκος της κύριας ροής του ποταμού. Οι σταθμοί δειγματοληψίας αποτελούν αντιπροσωπευτικά δείγματα του αντίκτυπου που έχει η ρύπανση από θρεπτικά στην περιοχή, σε σχέση με την παρουσία αστικών αποβλήτων και γεωργικών δραστηριοτήτων. Τα θρεπτικά συστατικά που μετρήθηκαν ήταν NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^- και SO_4 . Επίσης, έγιναν μετρήσεις και σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως pH, θερμοκρασία και οξυγόνο. Στην εργασία παρουσιάζονται τα κυριότερα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Τέλος, αξιολογήθηκαν οι σταθμοί του ποταμού με βάση δημοσιευμένα κριτήρια ως προς την ποιότητά τους. Γενικά, η κατάσταση του ποταμού ως προς όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν κρίθηκε καλή, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν παρουσιάστηκαν υψηλότερες τιμές ή αποκλίνουσες καταστάσεις. Οι συγκεντρώσεις όλων των θρεπτικών ιόντων που μελετήθηκαν δεν παρουσίασαν υπερβάσεις από τα επιτρεπόμενα νομοθετικά και βιβλιογραφικά όρια.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to evaluate the ecological quality of the Pinios river by recording the physicochemical parameters and analyzing the nutrients. The selection of the sampling stations was made in order to study the water quality along the main flow of the river. The sampling stations are representative samples of the impact of nutrient pollution in the area, which is related to the presence of municipal waste and agricultural activities. The nutrients measured were NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^- and SO_4 . Also, measurements were made on physicochemical characteristics (pH, temperature, oxygen). The paper presents the main results and conclusions. Finally, the river stations were evaluated based on published quality criteria. In general, the condition of the river in terms of all parameters examined was considered good, without this meaning that higher values or divergent situations were not presented. The concentrations of all nutrient ions studied did not exceed the legal and literature limits.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική ανασκόπηση στην αξία των ποταμών

Ο άνθρωπος, ανέκαθεν χρησιμοποιούσε το νερό των ποταμών για να καλύψει τις ανάγκες του: ύδρευση, άρδευση, αλιεία, αναψυχή. Οι μεγαλύτεροι σε μήκος ποταμοί χρησιμοποιήθηκαν από νωρίς για την κάλυψη πληθώρας αναγκών και επιθυμιών. Μεγάλοι πολιτισμοί οργανώθηκαν γύρω από ποτάμια: Ο πολιτισμός των Σουμέριων στην Μεσοποταμία (Τίγρης – Ευφράτης), ο αιγυπτιακός πολιτισμός που αναπτύχθηκε στο δέλτα του Νείλου και ο πολιτισμός των Harappan στην κοιλάδα του Ινδού ποταμού (Ερμίρ, 2019). Αλλά και στην αρχαία Ελλάδα, η σημασία του νερού έκανε τους ανθρώπους να θεοποιήσουν τα ποτάμια που λατρεύονταν με ιερά και βωμούς και οι απόγονοί τους πρωταγωνιστούσαν σε περίεργες ιστορίες μυθολογίας. Επίσης θεωρούνταν οι πρωταρχικοί βασιλιάδες των περιοχών που διάβρεχαν αλλά και πατέρες ανθρώπινων φυλών που μεγάλωσαν και απλώθηκαν στις όχθες τους. Με αυτήν την έννοια απέδιδαν τιμές στον Ίναχο στο Άργος, στον Ασωπό, στον Κηφισό και στον Πηνειό. Οι ποταμοί της χώρας μας αποτελούν και θέμα λαϊκών παραδόσεων. Θρύλοι θέλουν αλλόκοτα μυστηριώδη πλάσματα να ζωντανεύουν στα νερά τους (<https://fainareti.wordpress.com/2017>). Από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα στην Ελλάδα όπως και σε όλο τον κόσμο υπάρχουν πόλεις που έχουν οργανωθεί εκατέρωθεν ή πλησίον της κοίτης ποταμών π.χ τα Τρίκαλα με τον Ληθαίο και η Λάρισα με τον Πηνειό. Το νερό κατέχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία και οι πόλεις που είναι κτισμένες δίπλα σε ποτάμια έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα (Ερμίρ, 2019) διότι το ποτάμι επιτρέπει την μεταφορά αγαθών, πόσιμο νερό, αγροτική δραστηριότητα, παραγωγή ενέργειας ακόμη και μετακινήσεις πολιτών.

1.2 Ποτάμια συστήματα

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της επιφάνειας της γης εξαρτάται από την επίδραση του νερού της βροχής, των ποταμιών και των χειμάρρων. Η αποσάθρωση, η διάβρωση, η μεταφορά και εναπόθεση του θρυμματισμένου υλικού της επιφάνειας της γης είναι πολύ σημαντικές με αποτέλεσμα οι περισσότερες γεωμορφές να είναι αποτέλεσμα των διεργασιών αυτών (Μοντεσάντου, 1999). Οι ποταμοί, τα ρυάκια και οι χείμαρροι αποτελούν τα ρέοντα νερά τα οποία τροφοδοτούνται από τις βροχές, τα χιόνια που λιώνουν και τις πηγές. Η μορφολογία μιας περιοχής καθορίζει την πορεία που θα ακολουθήσει ένας ποταμός. Έτσι το σχήμα του

αντικατοπτρίζει τις γεωλογικές, τεκτονικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή (Μπούρα, 2015).

Σε ένα ποταμό διακρίνουμε τον άνω ρου, το μέσο και τον κάτω ρου. Ο άνω ρους αφορά το ορεινό τμήμα των ποταμών με νερά που κυλάνε ορμητικά και λέγονται ανάντη περιοχές. Καθώς τα ποτάμια φτάνουν σε χαμηλότερα υψόμετρα η κοίτη φαρδαίνει και τα νερά γίνονται λιγότερο ορμητικά. Ο κάτω ρους αφορά περιοχές που λέγονται κατάντη και είναι οι περιοχές των εκβολών τους στην θάλασσα (Μπούρα, 2015).

1.3 Σύσταση του νερού των ποταμών και ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα συστατικά του νερού ενός ποταμού περιλαμβάνουν αιωρούμενα ανόργανα υλικά, διαλυμένα ανόργανα ανιόντα, διαλυμένες θρεπτικές ύλες αζώτου και φωσφόρου, οργανικό υλικό και βαρέα μέταλλα. Η ανάλυση της ποιότητας των υδάτων είναι σημαντική για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτινων αποδεκτών σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Η ποιότητα του νερού σχετίζεται με τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων και αιωρούμενων ουσιών που ανευρίσκονται σε αυτό σύμφωνα με τα θεσμοθετημένα όρια. Οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού είναι φυσικές (όπως οσμή, θολερότητα, θερμοκρασία, pH, αγωγιμότητα), χημικές (όπως διαλυμένα στερεά, σκληρότητα, μέταλλα, θρεπτικά (άζωτο, φώσφορος, θείο) και βιολογικές, (όπως βακτήρια, ιοί, παράσιτα) (Κουτσομήτρου, 2004).

Η εκτίμηση της συνολικής ποιότητας ύδατος περιλαμβάνει πολλά δείγματα και μετρήσεις των παραμέτρων ανά δείγμα και εξαρτάται από το είδος χρήσης του νερού εάν δηλ. το νερό είναι αποδεκτό για άρδευση ή για πόση ενώ μπορεί ακόμη να ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2000/60 για τα νερά θέτει σαφείς περιβαλλοντικούς όρους ως προς την σωστή διαχείριση των υδάτων όλων των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύμφωνα με την οδηγία όλα τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να ιδρύσουν εθνικά συστήματα ελέγχου και να καθορίσουν την ποιότητα των νερών. Η οδηγία 2008/105/ΕΕ «Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» αποτελεί το τελικό μείζον και απολύτως αναγκαίο νομοθέτημα για τη στήριξη της 2000/60/ΕΕ εξειδικεύοντας τα Ποιοτικά Περιβαλλοντικά Πρότυπα (ΠΠΠ), σύμφωνα με τις διατάξεις και τους στόχους της «μητρικής» οδηγίας 2000/60/ΕΕ. Με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ θεσπίζονται οριακές τιμές για έναν κατάλογο 33 ενώσεων. Ο κατάλογος περιλαμβάνει τις λεγόμενες ουσίες προτεραιότητας και ορισμένες άλλες που θεωρούνται ιδιαίτερα τοξικές και τις οποίες, καθώς

και τα όριά τους προσδιορίζει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Στο πλαίσιο αυτό ήταν αναγκαίο να εκσυγχρονισθεί και το σχετικό εθνικό δίκαιο και να καθοριστούν νέα Περιβαλλοντικά Πρότυπα Ποιότητας (ΠΠΠ), δηλαδή όρια, για ένα μεγάλο κατάλογο χημικών ουσιών που δυνητικά μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις (Λέλλης, 2014). Η σχετική οδηγία ορίζει επικίνδυνες ουσίες για τον άνθρωπο και το υδατικό περιβάλλον, τις οποίες τοποθετεί σε δύο καταλόγους: στον κατάλογο Ι περιλαμβάνονται 33 χημικές ουσίες που επιλέχτηκαν με βάση την τοξικότητά τους, την περιβαλλοντική τους εμμονή και τη βιοσυσσωρεύσή τους, οι οποίες θα πρέπει να εξαλειφθούν από τα επιφανειακά, τα υπόγεια και τα παράκτια ύδατα. Στον κατάλογο ΙΙ περιλαμβάνονται 59 ουσίες για τις οποίες θα πρέπει να περιοριστεί η ρύπανση στα επιφανειακά νερά των κρατών – μελών. (Λέλλης, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

2.1 Οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι το απαραίτητο αέριο για την αναπνευστική λειτουργία όλων των ζωντανών οργανισμών, χερσαίων και υδρόβιων. Στην ατμόσφαιρα αποτελεί το 21% ενώ στα υδάτινα οικοσυστήματα το διαλυμένο οξυγόνο είναι πολύ λιγότερο από το αντίστοιχο της ατμόσφαιρας λόγω της δυσκολίας διάλυσης του σε αυτά. Τα υδάτινα οικοσυστήματα τροφοδοτούνται με οξυγόνο από την ατμόσφαιρα και από τους φυτικούς οργανισμούς μέσω της φωτοσύνθεσης η οποία αποτελεί και την δεύτερη κύρια πηγή οξυγόνου στα υδάτινα οικοσυστήματα. Οι φυτικοί οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν ελευθερώνουν οξυγόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και καταναλώνουν οξυγόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Εάν το οξυγόνο που παράγεται στα επιφανειακά επίπεδα στις ηλιόλουστες μέρες είναι αρκετό τότε είναι δυνατό να διοχετευτεί και στην ατμόσφαιρα. Το ποσό του οξυγόνου που μεταφέρεται από τον αέρα στο νερό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία του νερού, η αλατότητα και η ατμοσφαιρική πίεση και είναι μια διαδικασία αργή. Όλοι αερόβιοι υδρόβιοι οργανισμοί λαμβάνουν το διαλυμένο οξυγόνο από το νερό και το χρησιμοποιούν για τις αναπνευστικές τους λειτουργίες. Σε σταθερή θερμοκρασία η ποσότητα κορεσμού του οξυγόνου στο νερό, σχετίζεται γραμμικά με την περιεκτικότητα σε αλατότητα. Όσο η θερμοκρασία αυξάνεται η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα οξυγόνου-αλατότητας μειώνεται (Τούσης, 2007). Όταν επικρατούν υψηλές συνθήκες θερμοκρασιών όλα τα στοιχεία του ύδατος βρίσκονται σε κατάσταση μέγιστης οξείδωσης (C προς CO_2 , HCO_3 προς CO_3 , N προς NO_3 , S προς SO_4 κ.λ.π.). Αρχικά ελαττώνεται το υπάρχον οξυγόνο του

ύδατος. Όταν όμως η συγκέντρωσή του αρχίζει να φτάνει στα κατώτερα όρια, τότε χρησιμοποιούνται τα νιτρικά και τα νιτρώδη ως οξειδωτικά (Carblancq 1989). Όταν και αυτά εξαντληθούν η τελική πηγή οξυγόνου είναι πλέον τα θειικά (SO_4) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Στην τελευταία περίπτωση οι αντιδράσεις ($\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$, $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$) καταλύονται από μικροοργανισμούς και τα τελικά τους προϊόντα, υδρόθειο και μεθάνιο, γίνονται εύκολα αντιληπτά από τη δυσάρεστη οσμή (Μπέλλος, 2004).

2.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες καθώς επηρεάζει την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και καθορίζει έμεσα τον τύπο της βιομάζας των ποταμών και τον κύκλο ζωής των υδρόβιων οργανισμών. Οι τιμές των βέλτιστων θερμοκρασιών για τους υδρόβιους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς ποικίλουν. Οι υδάτινοι οργανισμοί διακρίνονται γενικά σε θερμοανθεκτικούς, με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και σε ψυχροανθεκτικούς, με αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Οι υδάτινοι οργανισμοί γίνονται περισσότερο δραστήριοι, καταναλώνουν περισσότερη τροφή και χρησιμοποιούν περισσότερο οξυγόνο όταν η θερμοκρασία του νερού πλησιάζει τη βέλτιστη τιμή για αυτούς. Συνεπώς, η θερμοκρασία του νερού όχι μόνο διαμορφώνει τη σύνθεση των βιοκοινοτήτων, αλλά επιδρά και στη συμπεριφορά τους και στο μέγεθος, κατ' επέκταση, των πληθυσμών τους (Μαχαίριδης, 2012). Η θερμοκρασία των ποταμών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις εποχικές αλλαγές της θερμοκρασίας του αέρα με τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες να επικρατούν κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Η αυξανόμενη θερμοκρασία σε μερικές περιοχές συμβάλλει στην αύξηση των φυκών, η οποία μπορεί να δημιουργήσει και ευτροφισμό λόγω της ανεξέλεγκτης αύξησης του επιπέδου των θρεπτικών. Η αλλαγή στη θερμοκρασία του ύδατος σε σχέση με τα φυσικά επίπεδα ονομάζεται θερμική ρύπανση. Εκτός από την τεχνητή αύξηση της θερμοκρασίας του ύδατος, το αντίθετο μπορεί επίσης να έχει μια επίδραση στα υδρόβια οικοσυστήματα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η απελευθέρωση κρύου νερού από το κατώτατο σημείο των λεκανών απορροής στα θερμότερα ρεύματα με συνέπεια πτώση στη θερμοκρασία ύδατος σε σχέση με τα περιβάλλοντα επίπεδα και να προκαλέσει μείωση της ποικιλομορφίας (Κουτσομήτρου, 2013).

2.3 Οξύτητα (pH)

Το pH είναι η μέτρηση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας ενός υδατικού διαλύματος. Το pH μετράται σε κλίμακα από 0 έως 14 και είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της

συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου. Ένα pH της τάξης του 7 θεωρείται ουδέτερο, χαμηλότερο του 7 θεωρείται όξινο και μεγαλύτερο του 7 αλκαλικό. Το νερό των ποταμών συνήθως κυμαίνεται σε pH ανάμεσα στο 6,5 και στο 8,5, εύρος το οποίο θεωρείται ιδανικό για την πλειονότητα της υδρόβιας ζωής. (Κουτσομήτρου, 2013). Το pH ενός ποταμού καθορίζεται από τη γεωλογία και τα εδάφη της περιοχής και εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως τη θερμοκρασία, την συγκέντρωση διαλυμένων αερίων στο νερό και την αποσύνθεση του οργανικού φορτίου (Πιστογιάννη 2022). Μεγάλες εναλλαγές του pH, εκτός των φυσιολογικών ορίων, οδηγούν σε πιέσεις στην υδρόβια ζωή του ποταμού. Τόσο τα χαμηλά όσο και τα υψηλά επίπεδα pH μπορεί να οδηγήσουν σε θάνατο της ιχθυοπανίδας. Το υψηλό pH σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες νερού προκαλεί αύξηση της ποσότητας της αμμωνίας, η οποία είναι τοξική για τα ψάρια. Από την άλλη πλευρά το χαμηλό pH προκαλεί απελευθέρωση των δεσμευμένων βαρέων μετάλλων, τα οποία είναι βλαβερά για την υδρόβια ζωή. Το pH επηρεάζεται από την όξινη βροχή, και εξαρτάται από τα πετρώματα που κυριαρχούν στην περιοχή και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Απόβλητα γεωργικής παραγωγής ή λύματα αποχετεύσεων που περιέχουν οξείδια του αζώτου και ενώσεις του θείου οδηγούν σε επικίνδυνα χαμηλά επίπεδα pH (Prigge & Tissler, 1977). Επιπλέον, τα επίπεδα του pH μεταβάλλονται μεταξύ ημέρας και νύχτας ως αποτέλεσμα της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης των φυτών. Τα μέγιστα επίπεδα του pH συνήθως παρατηρούνται με τα μέγιστα επίπεδα οξυγόνου το μεσημέρι όταν είναι υψηλή και η φωτοσύνθεση από τα φυτά. Ενώ τα χαμηλότερα επίπεδα pH καταγράφονται κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η αναπνοή των φυτών είναι υψηλή.

2.4 Οσμή και γεύση

Η οσμή και η γεύση του νερού σχετίζεται με την συγκέντρωση των ανόργανων και οργανικών χημικών ενώσεων που είναι διαλυμένες σε αυτό ή/και σε μικροοργανισμούς. Η συγκέντρωση των ολικών αλάτων στο νερό θα πρέπει να κυμαίνεται από 500mg/l έως και 1200mg/l. Στα επιφανειακά νερά η οσμή και η γεύση επηρεάζονται από την αποικοδόμηση της οργανικής μάζας του νερού και στην ύπαρξη θειούχων ενώσεων. (Πιστογιάννη, 2022).

2.5 Αγωγιμότητα

Αγωγιμότητα του νερού είναι η δυνατότητα διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το νερό. Η αγωγιμότητα επηρεάζεται από την παρουσία διαλυμένων ιόντων όπως χλωρικά, νιτρικά, θειούχα, φωσφορικά ανιόντα ή κατιόντα μαγνησίου, ανθρακικά, σιδηρικά και αργιλικά. Επίσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Για τον λόγο αυτό η αγωγιμότητα

αναφέρεται ως αγωγιμότητα στους 25°C. Οι μέσες συνηθισμένες τιμές αγωγιμότητας που παρατηρούνται στα μεγαλύτερα ποτάμια κυμαίνονται από έως 200-1000 $\mu\text{mhos/cm}$. Οι τιμές έξω από αυτό το εύρος τιμών δείχνουν ότι το νερό είναι ακατάλληλο για ορισμένα είδη ψαριών. Απορροές στα ποτάμια μεταβάλλουν την αγωγιμότητα ανάλογα με την προέλευσή τους. Τα βιομηχανικά και αστικά λύματα προκαλούν αύξηση της αγωγιμότητας ενός ποταμού λόγω της παρουσίας χλωρικών, φωσφορικών και νιτρικών ενώ μια διαρροή ελαίων θα μείωνε την αγωγιμότητα του ποταμού. Μεγάλες αυξομειώσεις στην αγωγιμότητα ενός ποταμού είναι δυνατόν να συμβούν μετά από περιόδους βροχοπτώσεων ή λιωσίματος του χιονιού. Η επιπρόσθετη ποσότητα νερού που εισάγεται στα ποτάμια αυξάνει την αραίωση, η οποία εν συνεχεία μειώνει το ποσοστό αλάτων και την αγωγιμότητα του ποταμού (Οικονόμου -Αμίλλη 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

3.1 Θρεπτικά συστατικά

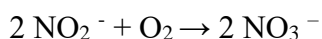
Τα θρεπτικά συστατικά αποτελούν τον σημαντικότερο αβιοτικό παράγοντα των υδάτινων οικοσυστημάτων γιατί από τις συγκεντρώσεις τους εξαρτάται η ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών και κατά επέκταση όλη η βιολογική παραγωγή. Το άζωτο (N) και ο φώσφορος (P) είναι τα δύο από τα βασικά θρεπτικά συστατικά, τα οποία καθορίζουν την πρωτογενή παραγωγή των οικοσυστημάτων. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών αλλάζουν στην κολόνα του υδάτινου οικοσυστήματος. Στην εύρωτη ζώνη λόγω της κατανάλωσης τους από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς οι συγκεντρώσεις τους είναι μικρές, αντίθετα οι συγκεντρώσεις τους αυξάνονται στα βαθύτερα νερά όπου καταλήγει το μεγαλύτερο μέρος της νεκρής οργανικής ουσίας όπου και αποικοδομείται.

3.2 Άζωτο

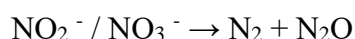
Το άζωτο αποτελεί το 80% περίπου της ατμόσφαιρας ωστόσο τα φυτά και τα ζώα δεν έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν το ατμοσφαιρικό άζωτο παρά μόνο υπό την μορφή ενώσεων όπως τα νιτρικά (NO_3^-), τα νιτρώδη (NO_2^-), τα αμμωνιακά (NH_4^+) και του οργανικού αζώτου.

Δύο σημαντικές χημικές αντιδράσεις του κύκλου του αζώτου είναι η 'νιτροποίηση' και η 'απονιτροποίηση'. Αυτές επηρεάζουν την 'κίνηση' ή 'ρευστοποίηση' της αμμωνίας και των

νιτρικών στα υδάτινα σώματα. Νιτροποίηση ονομάζεται η μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρώδη και τέλος σε νιτρικά, παρουσία οξυγόνου:



Απονιτροποίηση είναι η διαδικασία που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αποδόμησης (οξειδωσης) της οργανικής ύλης κατά την οποία τα νιτρικά μεταμορφώνονται σε αέριο άζωτο, το οποίο συνήθως εξέρχεται από τα υδάτινα συστήματα. Η απονιτροποίηση λαμβάνει χώρα σε αναερόβιες συνθήκες:



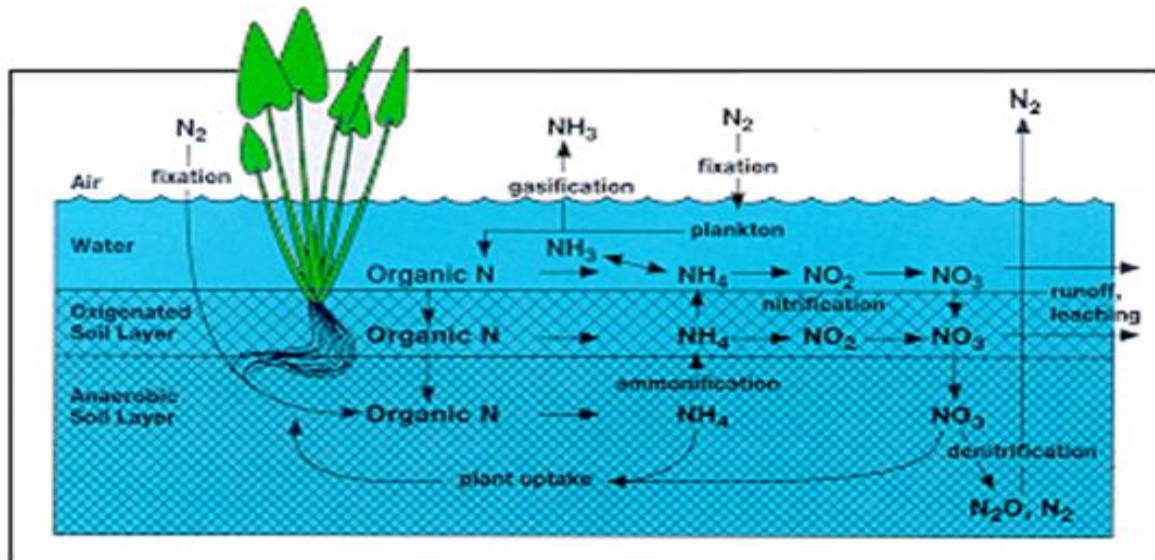
Αυξημένες συγκεντρώσεις οργανικού αζώτου στο νερό αποτελούν ένδειξη ότι το νερό έχει ρυπανθεί από αστικά λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα. Ως εκ τούτου, το οργανικό άζωτο αποτελεί μια παράμετρο ελέγχου της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των υδάτων (βλ. Κουϊμτζή & Σαμαρά-Κωνσταντίνου, 1994). Λόγω του ότι τα νιτρώδη και νιτρικά προέρχονται από την οξείδωση της αμμωνίας, υποδηλώνουν ρύπανση μεγαλύτερης διάρκειας από ότι η αμμωνία.

Τα νιτρικά άλατα προέρχονται κυρίως από τα γεωργικά απόβλητα, τα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Τα νιτρώδη άλατα προέρχονται από την αποσύνθεση νεκρών οργανισμών, τα λύματα, τα λιπάσματα, τα βιομηχανικά απόβλητα και τα συντηρητικά των τροφίμων (Μαχαιρίδης, 2012). Τα νιτρικά άλατα αποβαίνουν τοξικά για τα ψάρια και άλλους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Η τοξικότητα από νιτρικά άλατα μπορεί να οδηγήσει σε μικρή αύξηση, αργή ωρίμανση, χαμηλούς αναπαραγωγικούς ρυθμούς, ακόμη και σε θάνατο των ψαριών (Κουτσομήτρου, 2013).

Η συγκέντρωση των νιτρικών ενώσεων αλλάζει στην διάρκεια του χρόνου με υψηλότερες τιμές τον χειμώνα και μικρότερες το καλοκαίρι. Αυτό παρατηρείται διότι όταν υπάρχει έντονος φωτισμός έχουμε αύξηση του φυτοπλαγκτού στην ευφωτική ζώνη και παράλληλα δεν πραγματοποιείται κατακόρυφη κίνηση των υδάτινων μαζών τα οποία εμπλουτίζουν τα επιφανειακά στρώματα σε θρεπτικά συστατικά. Κατά την περίοδο αυτή οι συγκεντρώσεις

των νιτρικών ελαχιστοποιούνται και κυριαρχούσα μορφή αζώτου καθίσταται η αμμωνία η οποία προέρχεται από την αποικοδόμηση του ζωοπλαγκτού.

Η υπερβολική ανάπτυξη των φυκών οδηγεί σε ευτροφισμό και σε μειωμένα επίπεδα οξυγόνου στο νερό, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε θανάτωση ψαριών.



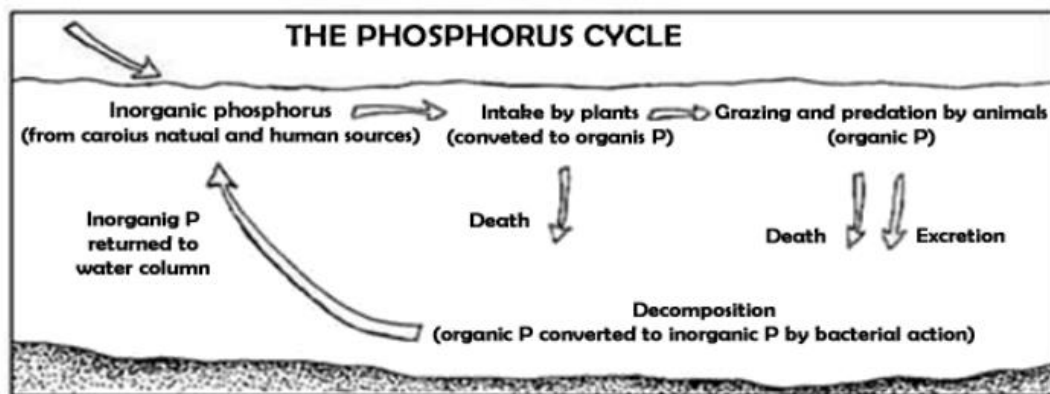
Εικόνα 1. Κύκλος του αζώτου στο ενυδρείο και στην φύση (<https://ydatinoskosmos.files.wordpress.com/2015/10/cebdceadceb1-ceb5ceb9cebacf8cccebdceb1-9.png>)

Η παρουσία αμμωνίας και νιτρωδών στα ύδατα αποτελεί ένδειξη ρύπανσης των υδάτων από γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Λόγω του ότι τα νιτρώδη και νιτρικά προέρχονται από την οξείδωση της αμμωνίας, υποδηλώνουν ρύπανση μεγαλύτερης διάρκειας από ότι η αμμωνία.

3.3 Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι απαραίτητο στοιχείο για την υδρόβια ζωή γιατί είναι βασικό συστατικό των μακρομορίων όπως DNA και RNA, πρωτεΐνες και λιπίδια. Βρίσκεται φυσιολογικά σε μικρές ποσότητες στα νερά των ποταμών και προέρχεται από το νερό της βροχής και από την διάβρωση πετρωμάτων. (Prigge & Tissler, 1997). Οι ενώσεις του φωσφόρου συναντώνται στα νερά με την μορφή ανόργανων αλάτων ή βρίσκονται εγκλωβισμένες μέσα στην οργανική ύλη ως δομικό συστατικό το οποίο επιστρέφει στο περιβάλλον μετά την αποικοδόμηση της. Τα φωσφορικά στα ύδατα προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες (κυρίως από τη χρήση λιπασμάτων) όπως και από την απόρριψη αστικών λυμάτων κυρίως λόγω των απορρυπαντικών και των βιομηχανικών αποβλήτων. Επίσης, προέρχονται από τη διάβρωση φωσφορικών πετρωμάτων από τις βροχές. Όπως και το άζωτο οι συγκεντρώσεις

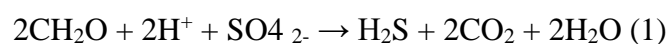
του από τον χειμώνα προς την άνοιξη μειώνεται λόγω της αύξησης του φυτοπλαγκτού. Καθορισμένες ποσότητες φωσφορικών είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών αλλά σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλούν ευτροφισμό. Όλοι οι θαλάσσιοι οργανισμοί επιστρέφουν στο νερό μέρος του φωσφόρου μέσω των προϊόντων του μεταβολισμού.



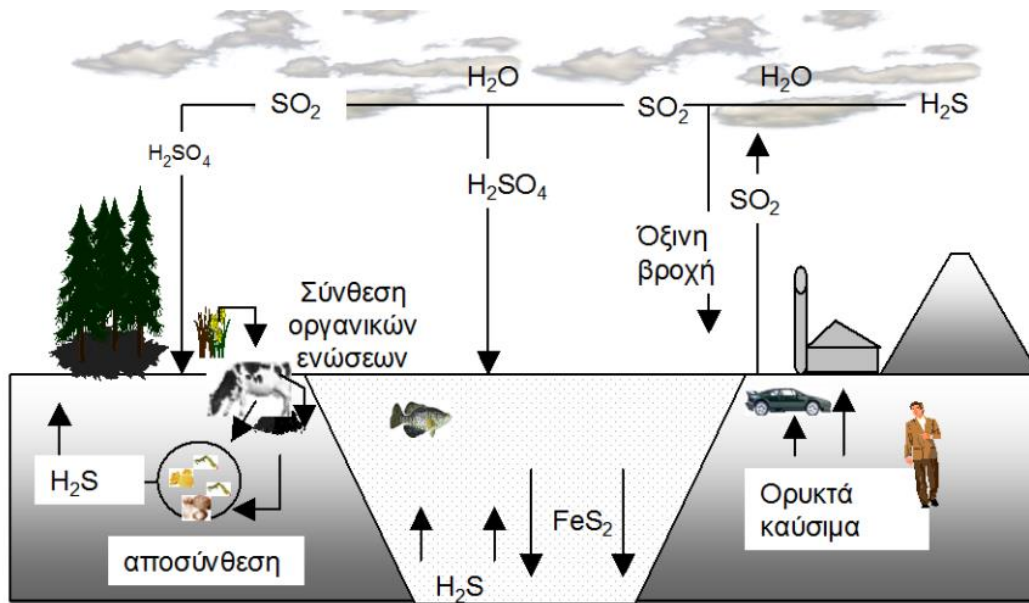
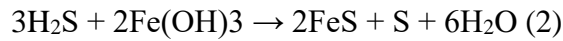
Εικόνα 2: Ο κύκλος του φωσφόρου στα υδάτινα οικοσυστήματα (in House, 2003)

3.4 Θείο

Το θείο αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την διαβίωση των οργανισμών λόγω του ότι συμμετέχει σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις. Συμμετέχει στον σχηματισμό βιολογικών μακρομορίων των πρωτεϊνών και έχει την ιδιότητα να σχηματίζει θειούχες ενώσεις. Στην ατμόσφαιρα συναντάται ως υδρόθειο H_2S το οποίο προέρχεται από υφαιστιακές εκρήξεις και από την καύση ορυκτών καυσίμων. Από το H_2S προκύπτει το SO_2 που είναι ευδιάλυτο στο νερό και επιστρέφει μέσω της βροχής στην γη. Τα φυτά έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν θειούχα άλατα από το έδαφος και το νερό και κάποια θείο από την ατμόσφαιρα. Μετά τον θάνατο των φυτών και ζώων επιστρέφουν στο έδαφος και στο νερό με την διαδικασία της αποικοδόμησης. Με την αποικοδόμηση που πραγματοποιείται από βακτήρια ελευθερώνεται υδρόθειο H_2S το οποίο οξειδώνεται σε θειούχα ιόντα. (βλ. σημειώσεις Καμαριανός-Καραμανλής Τμήμα Κτηνιατρικής <http://ecoenvir.vet.auth.gr/wp-content/uploads>). Σε αερόβιες συνθήκες οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν τα θειικά ιόντα για την αποδόμηση των υδατανθράκων (1)



Το υδρόθειο που προκύπτει σχηματίζει ενώσεις με μέταλλα τα οποία καθιζάνουν στον πυθμένα (2)



Εικόνα 3. Βιοχημικός κύκλος του Θείου (<http://ecoenvir.vet.auth.gr/wp-content/uploads/2015>).

Η παρουσία του οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη όξινη βροχή μέσω της οποίας από την ατμόσφαιρα επιστρέφει στα υδάτινα οικοσυστήματα και δημιουργεί όξυνση λόγω του χαμηλού pH.

3.5 Βαρέα μέταλλα

Με τον όρο βαρέα μέταλλα αναφερόμαστε σε μεταλλικά στοιχεία που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από αυτό του σιδήρου ή της τιμής των 5 g/cm^3 . Τέτοια στοιχεία είναι ο ψευδάργυρος, το κάδμιο, ο μόλυβδος, ο χαλκός, ο υδράργυρος, το χρώμιο κ.ά. Κάποια από τα στοιχεία αυτά σε κατάλληλες συγκεντρώσεις είναι απαραίτητα για τις ενζυμικές λειτουργίες όπως ο χαλκός και ο ψευδάργυρος, ενώ όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τις κανονικές γίνονται τοξικά και επικίνδυνα για το περιβάλλον, τα ψάρια και τον άνθρωπο. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν αποικοδομούνται με αποτέλεσμα να παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον και να αποσταθεροποιούν τα οικοσυστήματα λόγω της βιοσυσώρευσής τους στους υδρόβιους οργανισμούς. Η ρύπανση των υδάτων από βαρέα μέταλλα μπορεί να αξιολογηθεί με την μέτρηση τους στο ίζημα και τους υδρόβιους οργανισμούς. Τα αστικά λύματα, οι γεωργικές δραστηριότητες και οι φυσικές πηγές όπως η διάβρωση των πετρωμάτων αποτελούν πηγές ρύπανσης (Μπέλλος, 2004). Ακόμη η βιομηχανική δραστηριότητα, μεταλλουργία,

βυρσοδεψία, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και μπαταριών αποτελούν από τις κυριότερες πηγές ρύπανσης σε βαρέα μέταλλα (Πιτσογιάννη, 2022).

3.6 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου η οποία απαιτείται για την ολική χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών μιας ουσίας σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O) από ισχυρό οξειδωτικό μέσο σε όξινες συνθήκες (Στάμου, 2004). Η οργανική ρύπανση στα ποτάμια, η οποία οφείλεται σε αυξημένες ποσότητες οργανικής ύλης, ελέγχεται μετρώντας τις τιμές COD. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται όλο και περισσότερο ηλεκτροχημικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του COD, όπου η οξείδωση της οργανικής μάζας γίνεται στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου. Πρακτικά το COD δείχνει το οξυγόνο που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων του ύδατος. Οι υψηλές τιμές του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου φανερώνουν και υψηλό οργανικό φορτίο και κατά συνέπεια ρύπανση του περιβάλλοντος. Η πηγή του οργανικού φόρτου μπορεί να είναι ανθρωπογενής, μέσω των βιομηχανικών αποβλήτων, οικιακών λυμάτων, αγροτικών δραστηριοτήτων κ.α. και σε μικρότερο βαθμό, μέσω της διάβρωσης των πετρωμάτων και της αποικοδόμησης της φυτικής και ζωικής βιομάζας (Μπέλλος 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Μέχρι και πολύ πρόσφατα η ποιότητα των νερών των ποταμών εκτιμούνταν με την χρήση φυσικοχημικών παραμέτρων. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει γίνει παραδεκτή από την επιστημονική κοινότητα και από τα κράτη η σημασία της χρήσης τόσο φυσικοχημικών όσο και βιολογικών παραμέτρων για την ολοκληρωμένη μελέτη των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η βιωσιμότητα και βιοποικιλότητα ενός ποταμού έχει συμπεριληφθεί στις τεχνικές εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας των ποταμών με βάση την οδηγία 2000/60/EK. Με την χρήση των βιολογικών παραγόντων προσδιορίζεται η κατάσταση των υδάτων, γίνεται εκτίμηση της υποβάθμισης των υδάτων και της αποτελεσματικότητας των διαχειριστικών σχεδίων (Κάντζαρης, 2003). Το πλεονέκτημα των βιολογικών παραμέτρων έναντι των χημικών είναι η μεγαλύτερη αξιοπιστία διότι οι φυσικοχημικές αντανάκλουν μόνο σε στιγμιαίες διαταραχές ενώ η επίδραση της ρύπανσης με την χρήση των βιολογικών γίνεται απευθείας πάνω στους ζωικούς οργανισμούς. Οι επιστήμονες που μελετούν βιολογικούς

παράγοντες χρησιμοποιούν διάφορες ομάδες υδρόβιων οργανισμών όπως το πλαγκτόν, τα μακρόφυτα, την ιχθυοπανίδα, το φυτοβένθος (κυρίως τα διάτομα), τα μακροασπόνδυλα κ.α. Από αυτές τις ομάδες οργανισμών τα βενθικά μακροασπόνδυλα χρησιμοποιούνται ευρέως και σε παγκόσμια κλίμακα ως βιοτικοί δείκτες (Ιωαννίδου, 2008). Με τον όρο βενθικά μακροσπόνδυλα εννοούμε τους ζωικούς οργανισμούς που περνούν κάποιο στάδιο ή ακόμη και ολόκληρη την ζωή τους στον βυθό ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Οι κοινωνίες τους αποτελούνται από προνύμφες εντόμων, αμφίποδων, μαλάκιων και άλλων που φαίνονται με το γυμνό μάτι και αποτελούν τροφή για πολλούς ιχθύες. Η χρήση των βενθικών μακροσπόνδυλων συνιστάται διότι είναι πολυπληθή, βρίσκονται παντού, συλλέγονται εύκολα και είναι εύκολος ο προσδιορισμός τους. Επιπλέον δεν μεταφέρονται έχουν μία ικανοποιητική διάρκεια ζωής και δίνουν για το λόγω αυτό μία αξιόπιστη εικόνα της οικολογικής ποιότητας του νερού (Χατζηνικολάου, 2007). Επίσης τα βενθικά διάτομα χρησιμοποιήθηκαν ως βιοτικοί δείκτες από πολύ νωρίς για την οικολογική παρακολούθηση των υδάτων διότι τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους είναι πολλά. Βρίσκονται σε όλα τα ποτάμια υδατικά συστήματα (Dell'Uomo, 1996) και προσαρμόζονται σε πολλά διαφορετικά ενδιατήματα (Lenoir & Coste, 1996). Είναι ευαίσθητοι σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες αλλαγές, είναι άφθονοι οργανισμοί και έχουν εύκολες διαδικασίες συλλογής, προετοιμασίας παρασκευασμάτων και δυνατότητα αποθήκευσης για συγκριτικές μελέτες (Ιωαννίδου, 2008). Ακόμη τα ψάρια διεθνώς χρησιμοποιούνται για εκτιμήσεις οικολογικής ποιότητας ποταμών και λιμνών και έχουν πλέον ενσωματωθεί σε αρκετά προγράμματα μακροχρόνιας παρακολούθησης. Τα ψάρια είναι καλοί δείκτες της οικολογικής ποιότητας των υδάτων και της αξιολόγησης των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων διότι έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη κινητικότητα, είναι καλύτερα μελετημένα σε σχέση με άλλους οργανισμούς από πλευράς συστηματικής, βιολογίας, οικολογίας και φυσικής ιστορίας και υπάρχουν πολλές πληροφορίες για τη ζωή αρκετών ειδών. Για αυτούς τους λόγους η δομή της κοινωνίας των ψαριών αντανακλά συνολικά την υγεία του οικοσυστήματος (Ιωαννίδου, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Περιοχή μελέτης

Η παρούσα εργασία αφορά την χωρική μελέτη του οργανικού φορτίου του ποταμού Πηνειού από την περιοχή της Καλαμπάκας έως και την εκβολή του όπως απεικονίζονται στον χάρτη (Εικ. 1). Ο Πηνειός είναι ένας από τους πιο σημαντικούς ελληνικούς ποταμούς με συνολικό μήκος 205km και με τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής περίπου 9.750 m². Πηγάζει από την Πίνδο και κατά τη διάρκεια της πορείας του διέρχεται από ορεινές περιοχές του Ολύμπου και το στενό των Τεμπών, βγαίνει στην θεσσαλική πεδιάδα δημιουργώντας εντυπωσιακούς μαιάνδρους και εκβάλλει στο Αιγαίο σχηματίζοντας ένα δέλτα. Ο Όμηρος τον αποκαλεί "Αργυροδίνη" λόγω των πολλών δινών που σχηματίζει στο πέρασμά του από την θεσσαλική πεδιάδα.

Σε όλο το μήκος του δέχεται το νερό από πάρα πολλούς παραπόταμους: από τα ανατολικά του είναι ο Ενιππεύς, ο Κλινοβίτικος, ο Πορταϊκός, ο Πάμισος και ο Καρδισιώτικος, και από δυτικά δέχεται τους παραπόταμους Μίκανη, Τρικαλινό, Νεοχωρίτη και Τιταρήσιο. Παλιότερα υπήρχαν πολλές λίμνες, οι οποίες αποξηράθηκαν όπως η Κάρλα, η Ασκουρίς και η Νεσσωνίς. Σήμερα υπάρχει μόνο η τεχνητή λίμνη του Μέγδοβα και η Κάρλα η οποία τελεί υπό επανασύσταση. Τα παραποτάμια δάση είναι σημαντικά, παρατηρείται επίσης μεγάλη ποικιλότητα στην πανίδα και υπάρχουν εκτεταμένες θίνες στο Δέλτα του. Κατά μήκος του ποταμού υπάρχει ανομοιογενής βλάστηση, με εναλλαγή φτωχών και πλούσιων σε βλάστηση περιοχών με λεύκες, πλατάνια και ιτιές (Γκόφας, & Κουτσοδάκης, 1998). Ακόμη στα αβαθή του ποταμού παρατηρείται δενδρώδης βλάστηση που εναλλάσσεται με καλαμιώνες. Όσον αφορά στην ιχθυοπανίδα της περιοχής τα κυρίαρχα είδη είναι κυπρινοειδή και γουλιανοί. Επίσης, υπάρχουν αμφίβια, ερπετά, πτηνά και θηλαστικά (Γκόφας, & Κουτσοδάκης, 1998). Η κοίτη του με τις υπεραντλήσεις έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις, με την κατασκευή αρδευτικών δικτύων και προσωρινών φραγμάτων. Τους θερινούς μήνες, που οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες και υπάρχει και μείωση της παροχής του ποταμού, οι συνέπειες από την ρύπανση είναι πλέον εμφανείς και έντονες (Δημητρίου, 2015). Ο Πηνειός λειτουργεί ως αποδέκτης όλων των ειδών αποβλήτων. Δέχεται αστικά λύματα (από οικισμούς και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων), βιομηχανικά και κτηνοτροφικά απόβλητα. Επίσης στον Πηνειό καταλήγουν γεωργικά φάρμακα και λιπάσματα από αγροτικές δραστηριότητες που χαρακτηρίζουν την περιοχή. Υπολογίζεται ότι στην ευρύτερη περιοχή χρησιμοποιούνται 230.000 τόνοι λιπάσματα και

2.000 τόνοι φυτοφάρμακα. Δευτερεύουσας σημασίας πηγές ρύπανσης είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) και οι εξορυκτικές δραστηριότητες (Μπούρα, 2015). Ακόμη, η περιοχή του δέλτα του Πηνειού έχει χαρακτηριστεί ως περιοχή ιδιαίτερου φυσικού κάλους και αποτελεί ειδική περιοχή προστασίας για την άγρια πανίδα σύμφωνα με την οδηγία 79/409/ΕΟΚ και ανήκει στο δίκτυο NATURA 2000. Παρουσιάζει πλούσια χλωρίδα και πανίδα και περιλαμβάνει υδροβιότοπους, παράκτια και παραποτάμια δάση και αμμοθίνες (Μπούρα, 2015). Μέχρι σήμερα έχουν καταμετρηθεί γύρω στα 226 είδη πουλιών, 37 είδη ψαριών γλυκού νερού και 123 είδη ψαριών θαλασσινού νερού. Η περιοχή της Λάρισας υδροδοτείται μερικώς από τον Πηνειό, ενώ άλλες χρήσεις του είναι για άρδευση, βιομηχανική χρήση, τουρισμό, αλιεία, κτλ. . Η λεκάνη απορροής είναι συνολικής έκτασης 314.984 στρεμμάτων και καταλαμβάνεται από δάση (8.147 στρ.), θαμνώδεις εκτάσεις (67.933 στρ.), χορτολιβαδικές εκτάσεις (33.187 στρ.), οικισμούς (6.290 στρ.) και γεωργικές εκτάσεις (198.963 στρ.). Επιπλέον, έκταση 464 στρ. χαρακτηρίζεται ως υδροβιότοπος με την ονομασία «Μάτι Τυρνάβου» (Γκόφας 1996). Οι κύριες καλλιέργειες στη θεσσαλική πεδιάδα είναι βαμβάκι, αραβόσιτος, τεύτλα, καπνός, κηπευτικά, αμπέλια και οι δενδροκαλλιέργειες, οι οποίες απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού και τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων, αζωτούχων κυρίως, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Συγκεκριμένα το 96% του νερού που αντλείται από επιφανειακά και υπόγεια ύδατα στη Θεσσαλία προορίζεται για άρδευση, ενώ το 3,3% για ύδρευση (ΥΠΑΝ, 2003).

5.2 Σταθμοί δειγματοληψίας

Η δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο του 2021. Επιλέχθηκαν εννέα σταθμοί δειγματοληψίας κατά μήκος του Ποταμού (Εικόνα 1). Επιτόπου μετρήθηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των δεικτών της οργανικής επιβάρυνσης με απώτερο σκοπό την διαμόρφωση μια εικόνας για την κατάσταση που επικρατεί στα νερά του ποταμού Πηνειού. Για τη συλλογή ύδατος, επελέγησαν εννέα σταθμοί δειγματοληψίας, εύκολα προσβάσιμοι, όπως π.χ. οι γέφυρές τους επί της εθνικής οδού (Πίνακας 1). Για τον καθορισμό των σταθμών αυτών ελήφθησαν υπ' όψιν παράμετροι όπως η εκβολές αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, οι απορροές από γεωργοκτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις κ.λ.π. Στόχος ήταν να καλυφθεί ένα ευρύτερο και όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερο φάσμα σημείων κατά μήκος του ποταμού Πηνειού.



Εικόνα 1. Σταθμοί δειγματοληψίας.

Σταθμοί δειγματοληψίας	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1. Γέφυρα Καλαμπάκας	39,701385°N	21.603.472°E
2. Γέφυρα Βαλαμανδρίου	39,551.513 °N	21,703276°E
3. Γέφυρα Γλίνου	39,509171 °N	21,841505°E
4. Πηνειάδα	39,588333°N	22,164680°E
5. Γυρτώνη	39,878696°N	22,584875°E
6. Γέφυρα Αγ. Παρασκευής	39,896140°N	22,615026°E
7. Γέφυρα Εθνικής Οδού	39,524240°N	22,350426°E
8. Παλαιόπυργος	39,545052°N	22,405549°E
9. Φλοίσβος – Εκβολές	39,933804°N	22,711174°E

Πίνακας 1. Σταθμοί δειγματοληψίας

5.3 Μεθοδολογία ανάλυσης φυσικοχημικών παραμέτρων

Το pH των δειγμάτων νερού προσδιορίστηκε ηλεκτρομετρικά με την χρήση πεχάμετρου με αισθητήριο από ηλεκτρόδιο υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς και η θερμοκρασία με φορητό θερμόμετρο τύπου ο C - meter Handylab 1 SCHOTT.

Το διαλυμένο οξυγόνο μετρήθηκε στο πεδίο με φορητό οξυγονόμετρο τύπου WTW OXI-320, σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ 26583 και το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (C.O.D) μετρήθηκε με τη μέθοδο «κλειστής παλινδρόμησης» («closed refluxed») κατά την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989).

5.4 Μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας δειγμάτων

Η συλλογή των δειγμάτων γινόταν σε πλαστικές φιάλες του 1L οι οποίες είχαν πλυθεί καλά με απιονισμένο νερό και διηθούνταν στο εργαστήριο μετά την δειγματοληψία με Millipore με διάμετρο πόρων 8μm. Τα δείγματα μετά την διήθηση μεταφέρονταν σε μπουκάλια τα οποία είχαν τοποθετηθεί σε διάλυμα HCl 10% για τουλάχιστον 24 ώρες. Τα δείγματα καταψύχονταν μέχρι την ανάλυσή τους.

5.4.1 Νιτρικά (NO_3)

Η χημική ανάλυση των νιτρικών ιόντων έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Τα δείγματα που προορίζονταν για μέτρηση καταψύχονταν άμεσα και αναλύονταν συνήθως εντός 48 ωρών με αναγωγή στήλης καδμίου (Parsons et al. 1984).

5.4.2 Νιτρώδη (NO_2)

Η χημική ανάλυση των νιτρωδών ιόντων (nitrates) έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Τα δείγματα καταψύχονταν άμεσα και αναλύονταν εντός 48 ωρών με αναγωγή στήλης καδμίου (Parsons et al. 1984).

5.4.3 Αμμωνιακά (NH_4)

Η χημική ανάλυση των αμμωνιακών (ammonium) έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Η συγκέντρωση των αμμωνιακών προσδιορίστηκε φωτομετρικά αμέσως μετά τη δειγματοληψία σύμφωνα με τη μέθοδο του κυανού της ινδοφαινόλης (Parsons et al. 1984).

5.4.4 Φωσφορικά (PO_4)

Η χημική ανάλυση των φωσφορικών έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Οι τιμές των φωσφορικών (PO_4) με την επίσημη μέθοδο αναγωγής του ασκορβικού 4500-P-F (A.P.H.A., 1989).

5.4.5 Θεικά (SO_4)

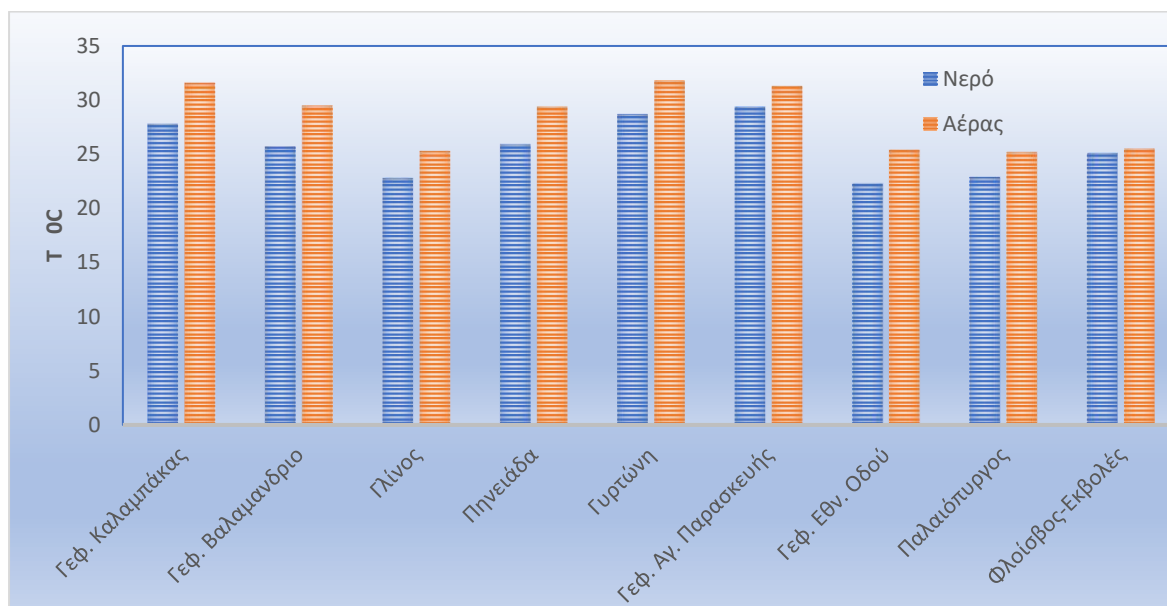
Η χημική ανάλυση των θεικών έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία Α.Ρ.Η.Α. (Α.Ρ.Η.Α. standard methods) (Α.Ρ.Η.Α., 1989).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

6.1.1 Θερμοκρασία.

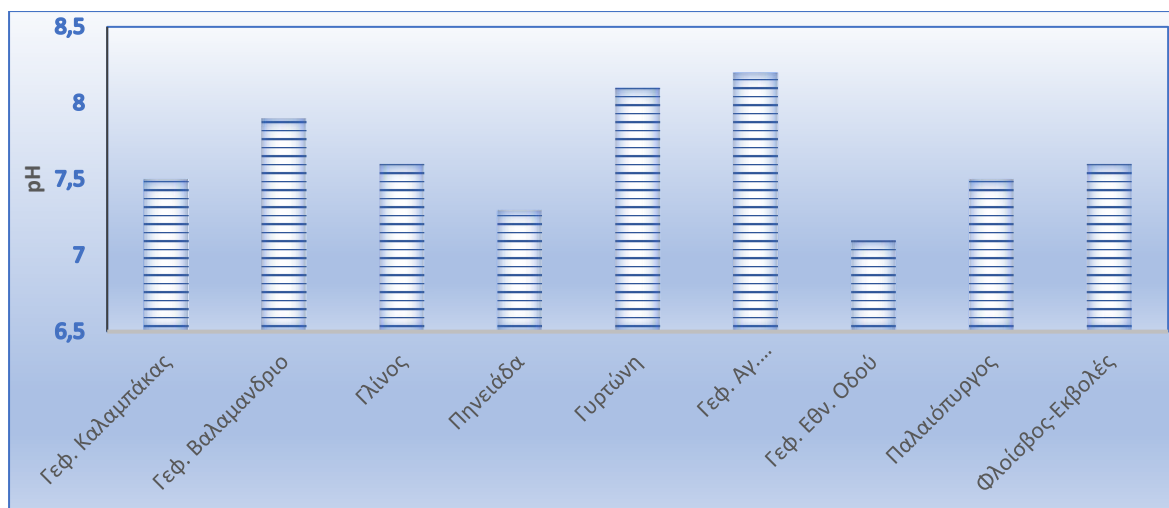
Η θερμοκρασία κυμάνθηκε σε φυσιολογικά επίπεδα τόσο στον αέρα όσο και στο νερό από 25,2 έως 31,8 και από 22,3 έως 29,4 αντίστοιχα (Σχήμα 1). Η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στο Παλαιόπυργο ενώ η μέγιστη στην γέφυρα της Καλαμπάκας.



Σχήμα 1. Χωρική διακύμανση θερμοκρασίας αέρα και νερού

6.1.2 pH

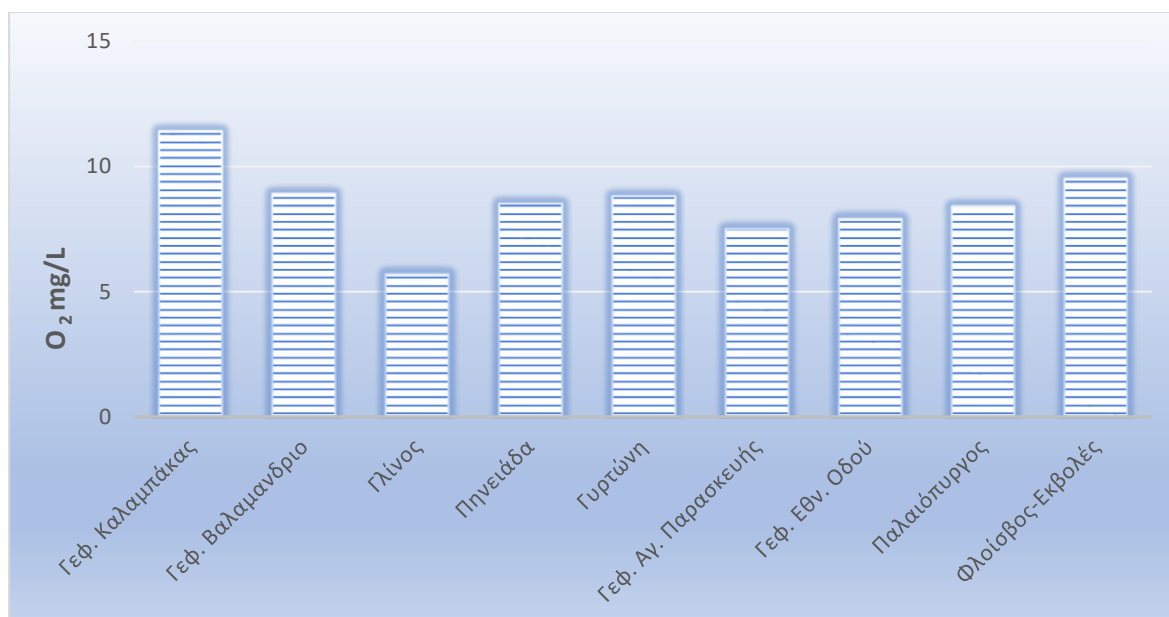
Το pH κυμάνθηκε σε φυσιολογικά επίπεδα στο νερό από 7,1 έως 8,2 (Σχήμα 2). Η ελάχιστη τιμή του pH παρατηρήθηκε στην γέφυρα της εθνικής οδού ενώ η μέγιστη στην Γέφυρα της Αγ. Παρασκευής.



Σχήμα 2. Χωρική διακύμανση pH

6.1.3 Διαλυμένο Οξυγόνο

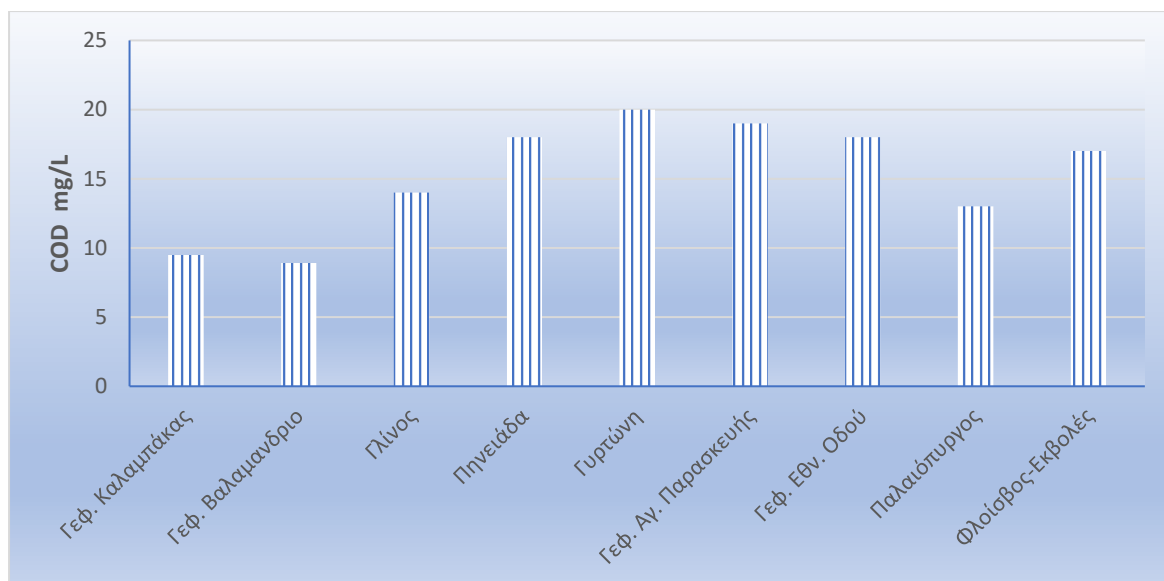
Σύμφωνα με το Σχήμα 3, οι συγκεντρώσεις οξυγόνου κυμάνθηκαν από 5,7 έως 11,4 mg/l με την μικρότερη τιμή στον Γλινό και την μεγαλύτερη στην Γέφυρα της Καλαμπάκας.



Σχήμα 3. Χωρική διακύμανση διαλυμένου οξυγόνου.

6.1.4 Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο COD

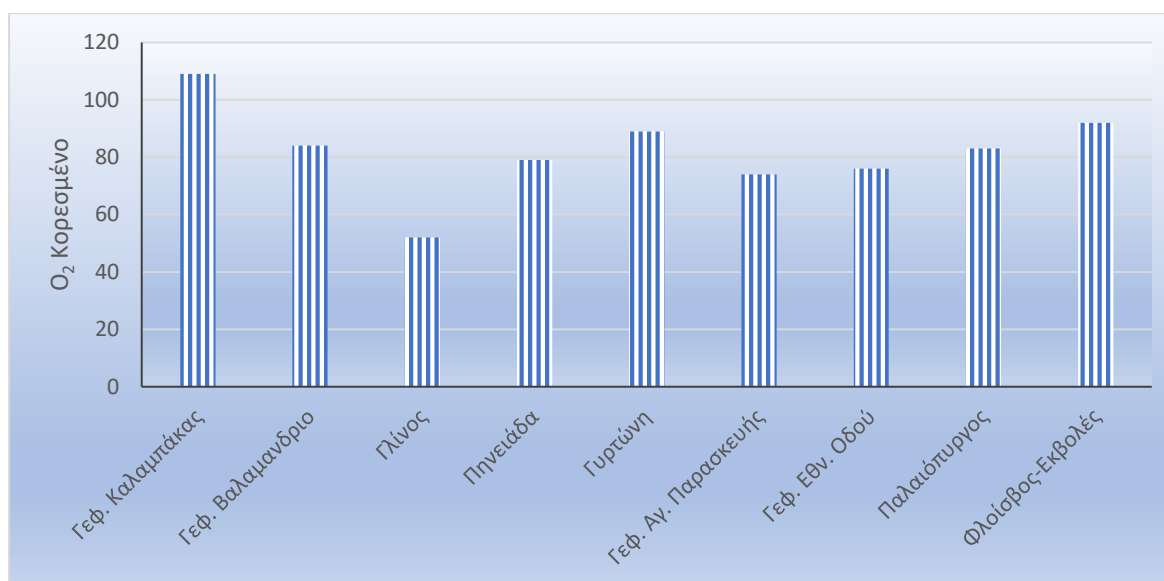
Στο Σχήμα 4 φαίνεται η χωρική διακύμανση χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου με μεγαλύτερη τιμή 20,0mg/l εύρους στην περιοχή της Γυρτώνης και μικρότερη 8,9mg/l στην περιοχή του Βαλαμάνδριου.



Σχήμα 4. Χωρική διακύμανση χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου.

6.1.5 Κορεσμένο οξυγόνο

Στο Σχήμα 6 φαίνεται η % χωρική διακύμανση του κορεσμένου οξυγόνου με μεγαλύτερη τιμή στην περιοχή της Καλαμπάκας 109% και την μικρότερη 52% στην περιοχή του Γλίνου.

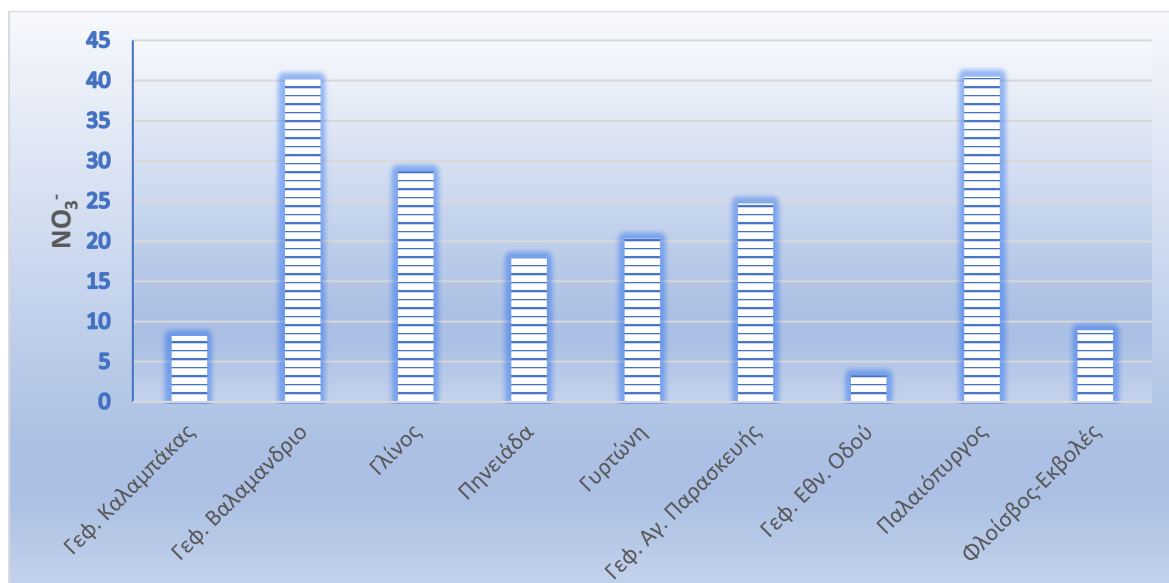


Σχήμα 6. Χωρική διακύμανση κορεσμένου οξυγόνου

6.2 ΘΡΕΠΤΙΚΑ

6.2.1 Νιτρικά ιόντα NO₃⁻

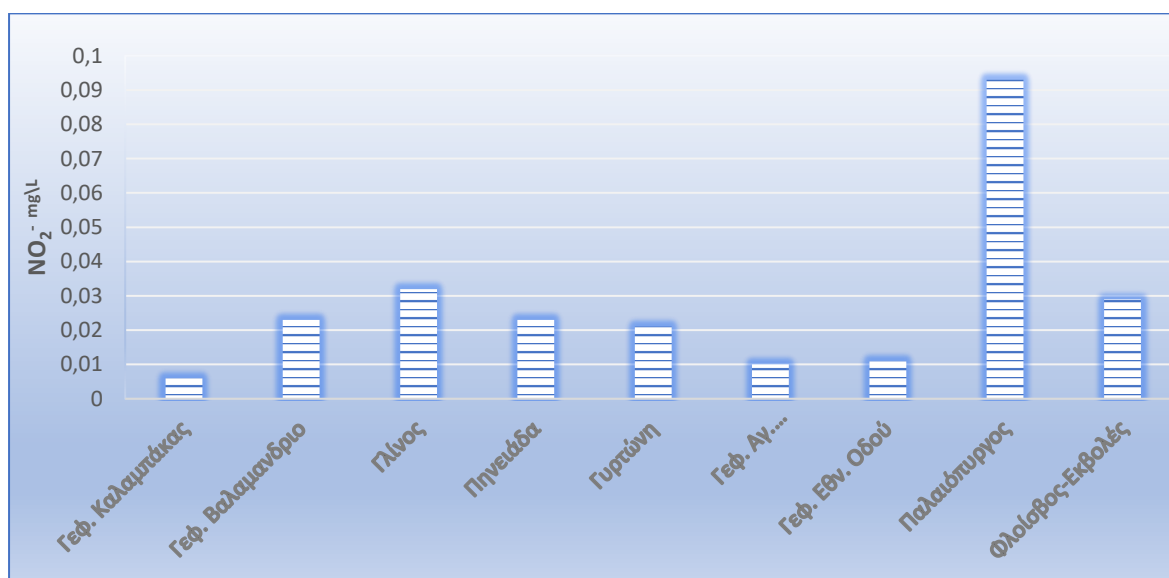
Στο σχήμα 7 απεικονίζεται η χωρική διακύμανση των νιτρικών ιόντων με την μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης 40,5 mg/l στον Παλαιόπυργο και την μικρότερη τιμή συγκέντρωσης 3,3mg/l στην περιοχή της γέφυρας της Εθνικής Οδού.



Σχήμα 7. Χωρική διακύμανση νιτρικών ιόντων.

6.2.2 Νιτρώδη ιόντα NO₂⁻

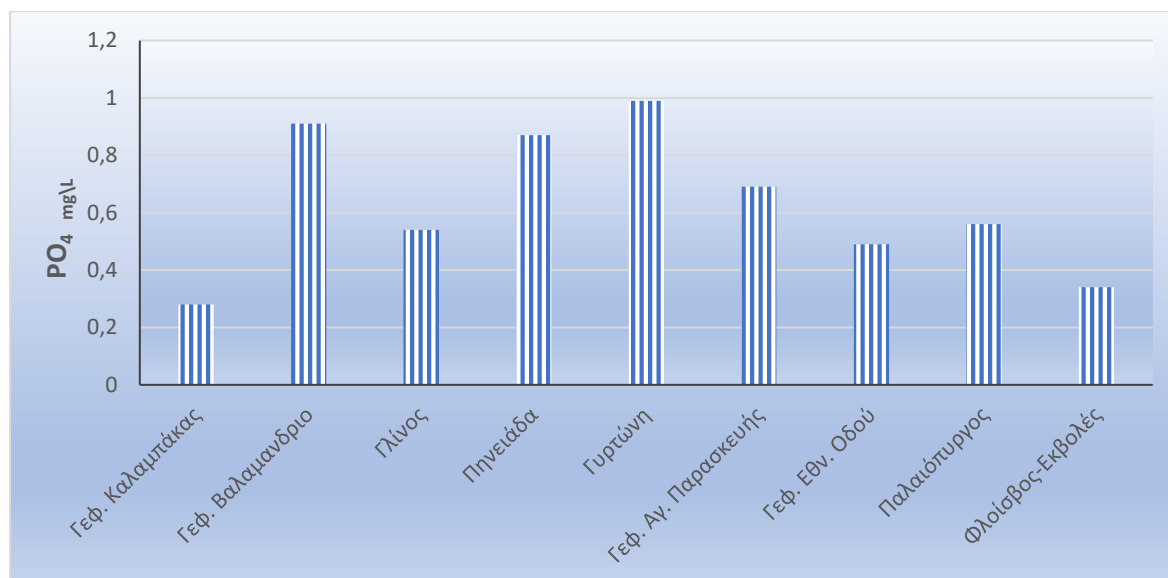
Στο σχήμα 8 απεικονίζεται η χωρική διακύμανση των νιτρωδών ιόντων με την μεγαλύτερη συγκέντρωση στην περιοχή του Παλαιόπυργου 0,093mg/l και την μικρότερη συγκέντρωση 0,006mg/l στην περιοχή της Καλαμπάκας. Οι τιμές των νιτρωδών ιόντων είναι σύμφωνες με άλλες αναφορές για την περιοχή και την ίδια περίοδο δειγματοληψίας όπως Παρασκευοπούλου κ.α., 2012-2014, Μπούρα, 2015.



Σχήμα 8. Χωρική διακύμανση των νιτρωδών ιόντων.

6.2.3 Φωσφορικά ιόντα PO_4^-

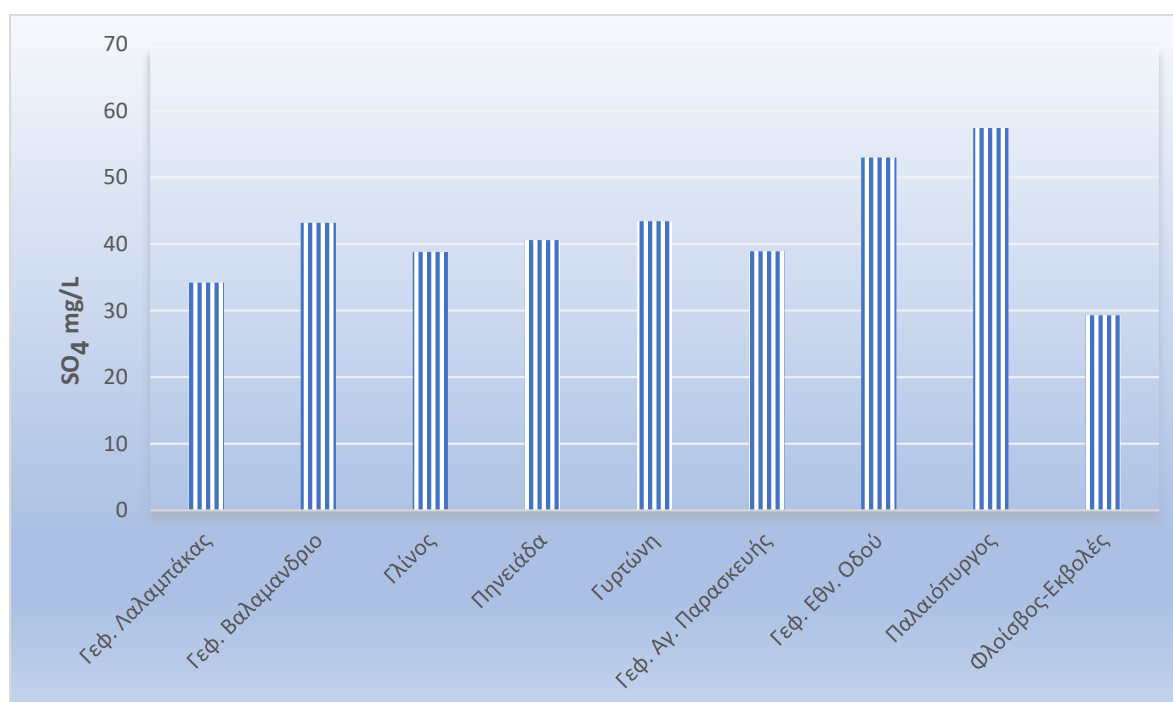
Στο σχήμα 9 απεικονίζεται η χωρική διακύμανση των φωσφορικών ιόντων με την μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης 0,99mg/l στην περιοχή της Γυρτώνης και την μικρότερη τιμή συγκέντρωσης 0,28mg/l στην περιοχή της Καλαμπάκας.



Σχήμα 9. Χωρική διακύμανση των φωσφορικών ιόντων

6.2.4 Θειικά ιόντα SO_4

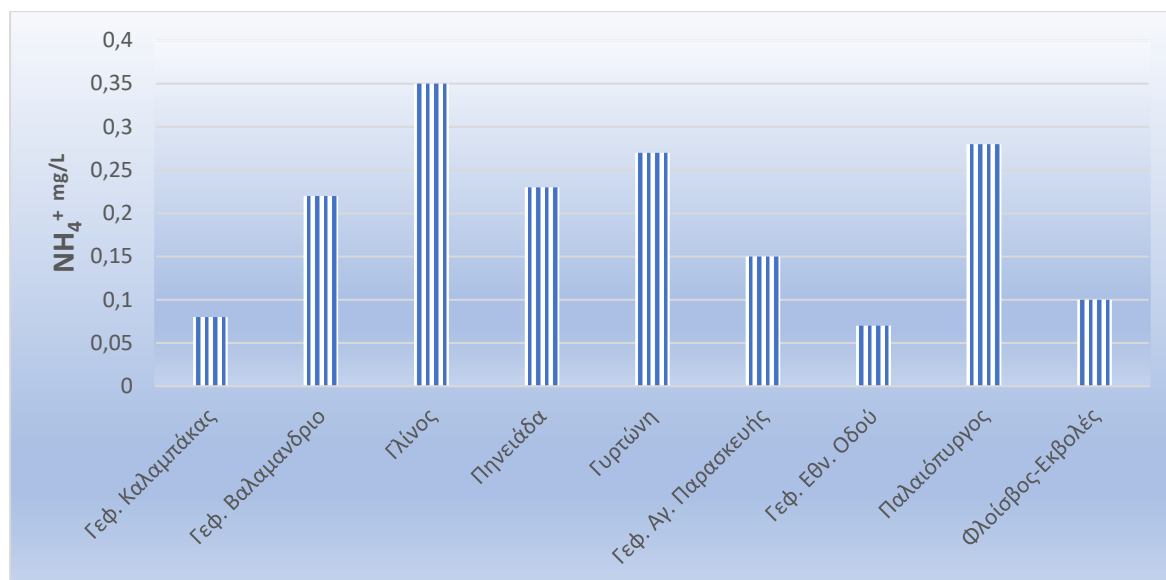
Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η χωρική διακύμανση των τιμών της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων με την μεγαλύτερη τιμή 57,4mg/l στην περιοχή του Παλαιόπυργου και την μικρότερη τιμή 29,4mg/l στην περιοχή των εκβολών.



Σχήμα 10. Χωρική διακύμανση των θειικών ιόντων.

6.2.5 Αμμωνιακά ιόντα NH_4^+

Στο σχήμα 11 παρουσιάζεται η χωρική διακύμανση των τιμών της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων με την μεγαλύτερη τιμή 0,35mg/l στην περιοχή του Γλίνου και την μικρότερη τιμή 0,08mg/l στην περιοχή της Καλαμπάκας.



Σχήμα 11. Χωρική διακύμανση αμμωνιακών ιόντων.

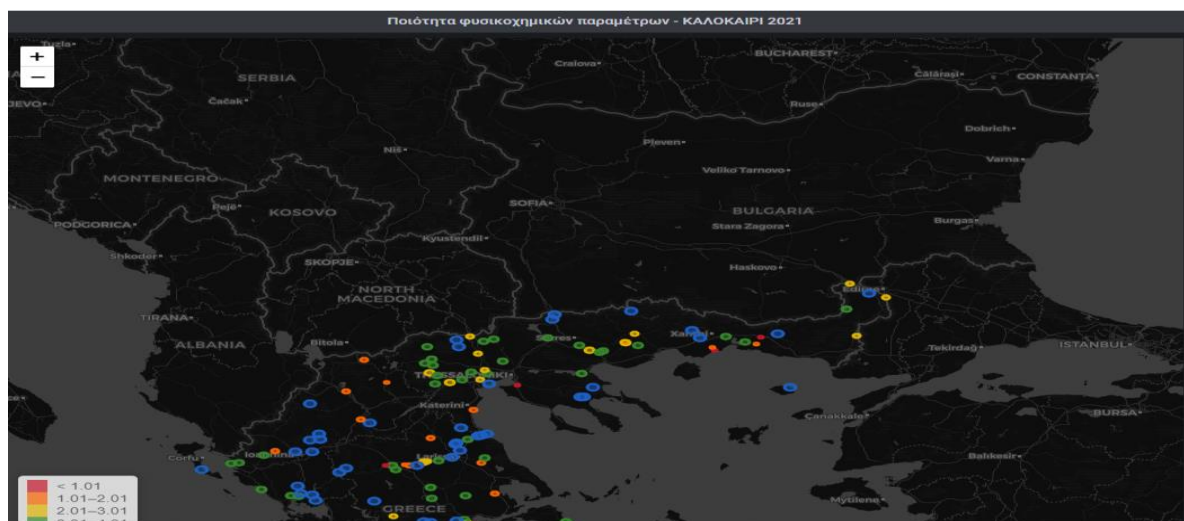
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα φυσικοχημικά στοιχεία που μετρήθηκαν στον ποταμό Πηνειό, μπορούν να μας δώσουν μια εικόνα για την ποιότητα των υδάτων του. Συγκεκριμένα όσον αφορά την θερμοκρασία αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα διότι οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας των υδάτων ενός ποταμού διαταράσσουν το οικοσύστημα και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμάνθηκαν σε φυσιολογικές τιμές για την εποχή με μικρή χωρικά διακύμανση. Μετά το πέρασμα του ποταμού Πηνειού από τα στενά των Τεμπών ενισχύεται με (σχετικά) ψυχρά ύδατα παρακείμενων πηγών που επιφέρουν μία μείωση της θερμοκρασίας μέχρι τις εκβολές. Πιθανά οι υψηλότερες θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν πριν από τα στενά των Τεμπών να οφείλονται στα αστικά λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα τα οποία συμβάλλουν στην θερμική ρύπανση των ποταμών. Είναι γνωστό σε αρκετές οικιακές δραστηριότητες γίνεται χρήση ζεστού νερού, το οποίο καταλήγει μέσω των αποχετεύσεων στο υδάτινο περιβάλλον και αλλάζει την θερμοκρασία (Savvidis, 1997). Όσον αφορά το pH το οποίο αποτελεί και σημαντικό δείκτη της ποιότητας των υδάτων του ποταμού, το εύρος τιμών είναι σύμφωνο με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και δεν

παρουσιάζει αξιοσημείωτες αλλαγές μεταξύ των δειγματοληψιών. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η τιμή του pH πρέπει να κινείται στο εύρος τιμών 6,5 έως 8,5 (Λέλλης, 2014). Επιπλέον το επιθυμητό όριο για το pH είναι από 6,5 έως 8,5 και το ανώτατο επιτρεπτό όριο από 6,5 έως 9,0 για την διαβίωση των ψαριών (Ζανάκη, 2001). Οι τιμές της παρούσας εργασίας είναι σύμφωνες με τις βιβλιογραφικές αναφορές.

Η διακύμανση στην συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζεται από βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των ψαριών αλλά και από άλλους παράγοντες όπως το βάθος και η θερμοκρασία (Σίνης, 2001). Τα νερά μη ρυπασμένων ποταμών είναι περίπου 100% κορεσμένα σε οξυγόνο λόγω της σταθερής εναλλαγής αερίων μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού (Σ. Ζήση, 2007). Σύμφωνα με τους Faulkner *et al.*, 2000 το 70% και 80% κορεσμού δηλώνει μια πολύ καλή κατάσταση της ποιότητας των ποταμών. Οι τιμές του οξυγόνου που μετρήθηκαν στους σταθμούς δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα παρά τις υψηλές θερμοκρασίες της εποχής με την μεγαλύτερη τιμή 109% στην περιοχή της Καλαμπάκας και την μικρότερη 52% στον Γλίνο. Σύμφωνα με την νομοθεσία το επιθυμητό όριο του διαλυμένου οξυγόνου για διαβίωση ψαριών και για αναψυχή, είναι 80-120 % της τιμής κορεσμού ή στην περίπτωση του νομού Τρικάλων >50% (Ζανάκη, 2001).

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα φυσικοχημικές παραμέτρους θερμοκρασία, οξυγόνο, pH για τον ποταμό Πηνειό δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις χωρικά, είναι εντός των φυσιολογικών ορίων και παρόμοιες με άλλες βιβλιογραφικές αναφορές (ΕΛΚΕΘΕ, 2021).



Τα νιτρικά και τα νιτρώδη παρουσιάζουν παρόμοιες, για την εποχή, τιμές με άλλες βιβλιογραφικές αναφορές (Μπούρα, 2015) και μία αύξηση χωρικά με την μεγαλύτερη τιμή στον Παλαιόπυργο πιθανά λόγω της έντονης γεωργικής δραστηριότητας στην περιοχή και της απόληξης γεωργικών ρύπων. Από τον Παλαιόπυργο μέχρι τις εκβολές παρουσιάζεται μια μείωση από το γλυκό νερό στο αλμυρό (Μπούρα, 2015). Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και για τα νιτρώδη με μεγαλύτερη τιμή στο Παλαιόπυργο και μειωμένες συγκεντρώσεις στις εκβολές. Γενικά οι τιμές που παρατηρήθηκαν για τα νιτρώδη είναι χαμηλές και πάνω από το όριο για την διαβίωση των ψαριών για άλλα ποταμιά 0,01- 0,03 mg/l.(Σ. Ζήση, 2007). Οι χαμηλές τιμές των NO₂-N και NO₃-N για την εποχή μπορεί να είναι αποτέλεσμα της αυξημένης ακόμη κατανάλωσής τους για την ανάπτυξη των φυτών. Η συγκέντρωση των θρεπτικών φτάνει στο ελάχιστο τους θερινούς μήνες γιατί μειώνεται η παροχή ύδατος (Sawidis, 1997), ενώ η παραγωγή της βιομάζας απαιτεί ακόμη μεγάλες ποσότητες θρεπτικών (House et al., 2001). Έτσι δικαιολογούνται οι χαμηλές τιμές των νιτρικών και οι σχεδόν μηδενικές τιμές νιτρωδών αλάτων σε κάποιες περιοχές. Από τον Αύγουστο και μετά αρχίζει η αύξηση των θρεπτικών εξαιτίας της αποικοδόμησης της οργανικής μάζας (Μπέλλος, 2004).

Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από 0,07 έως 0,35 mg/l όπως και στην εργασία των Dassenakis et al., (1998), όπου τα αμμωνιακά είναι 0,23 mg N/l. Το επιθυμητό όριο για την διαβίωση των ψαριών για την ολική αμμωνία για άλλα ποτάμια είναι mg/l NH₄ 0,4 mg/l και το ανώτατο επιτρεπτό όριο 1 mg/l (Ζήση, 2007).

Όσον αφορά τα φωσφορικά αυτά παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε περιοχές που δεν δέχονται άμεσα αστικά λύματα, όπως στην Καλαμπάκα και στις εκβολές. Ενώ υψηλότερες τιμές παρατηρούνται σε περιοχές μετά από μεγάλα αστικά κέντρα στην Πηνειάδα και στην Γυρτώνη. Τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα με άλλες αναφορές και για άλλα ποτάμια (Μπούρα, 2015, Moustaka-Gouni *et al.*, 1992). Επιπλέον χαμηλότερα από 1 mg/l που είναι και η μικρότερη επιτρεπόμενη τιμή σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/EE σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Η συγκέντρωση των θεικών (SO₄) είναι συγκρίσιμη με άλλες αναφορές (Μπέλλος, 2004) και η χωρική τους διακύμανση είναι παρόμοια με αυτή των νιτρικών και νιτρωδών με μεγαλύτερες τιμές στον Παλαιόπυργο 57,4mg/l πιθανά λόγω της έντονης γεωργικής δραστηριότητας στην περιοχή και μικρότερες 29,4mg/l στις εκβολές.

Επίσης οι τιμές COD του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου είναι ενθαρρυντικές, είναι παρόμοιες με άλλες αναφορές και βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια (Δημητρίου, 2012Μπούρα, 2015). Επίσης οι τιμές είναι μικρότερες από 125 mg/l σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (Λέλλης, 2014).

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά άλλων αναφορών. Η ποιότητα του ποταμού χαρακτηρίστηκε συνολικά καλή για κάθε παράμετρο φυσικοχημικών αλλά και θρεπτικών σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας για τα εσωτερικά ύδατα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. P. H. A., A. W. W. A, W. P. C .F. (1989). Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed. Washinton D.C. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.

Dassenakis, M., Scoullou, M., Foufa, E., Krasakopoulou, E., Pavlidou, A. Kloukiniotou, M. (1998). Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Applied Geochemistry*, 13: 197-211.

Faulkner H., Edmonds-Brown V., Green A. (2000), 'Problems of quality designation in diffusely polluted urban streams – the case of Pymme's Brook, north London', *Environmental Pollution*, 109: 91-107.

House W.A., Leach DV. And Armitage P.D. stream. (2001). Study of dissolved silicon and nitrate dynamics in a freshwater stream. *Wat. Res.* 112749-2757.

House W.A. (2003), 'Geochemical cycling of phosphorus in rivers', *Applied Geochemistry*, 18: 739-748.

Parsons T. R., Maita Y., and Lalli C. M. (1984). A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, London.

Krom M. D., Brenner S., Kress N., Neori A. and Gordon L. I. (1993). Nutrient distribution during an annual cycle across a warm-core eddy from the Eastern Mediterranean Sea. *Deer-Sea Res.* 40: 805-825. Kusnezow S. I. (1959). Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der seen, Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften. pp. : 3

Moustaka-Gouni, M., Nikolaidis, G., Alias, H. (1992). Nutrients, Chlorophyll – A and Phytoplankton Composition of Axios River, Macedonia, Greece. *Fresenius Envir. Bull.* 1, 244-249.

Sawidis, T. (1997). Chemical Pollution Monitoring of River Pinios in the Mediterranean Climatic Region. *Toxicological and Environmental Chemistry* 62, pp. 217-227.

Vega M., Pardo R., Barrado E., Deban L. (1998), 'Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis', *Water Research*, 32: 3581-3592.

Avialable: <https://www.larissa.gov.gr/el/i-poli/phneios>. Πρόσβαση Ιούλιος 2022.

<http://ecoenvir.vet.auth.gr/wp-content/uploads/2015>

<http://fainareti.wordpress.com/2017>

<http://ecoenvir.vet.auth.gr/wp-content/uploads>)

Γκόφας Θ. (1996). Μελέτη Περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) υδραυλικού έργου παλαιάς και νέας κοίτης ποταμού Πηνειού Λάρισας. Λάρισα.

Γκόφας Θ., & Κουτσουδάκης Δ., (1998). Προμελέτη Υδραυλικού Έργου Παλαιάς και Νέας Κοίτης Ποταμού Πηνειού Λάρισας, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Λάρισα: Δήμος Λάρισας.

Δημητρίου Δ., 2015. Παρακολούθηση της ποιότητας του νερού του ποταμού οικοσυστήματος του Πηνειού. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Βόλος 2015.

Ερμίρ, Χ. 2019. Βιώσιμη διαχείριση και αποκατάσταση ποταμών και ρεμάτων στο αστικό περιβάλλον. Ερευνητική εργασία Τμήμα μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης. ΑΠΘ.

Ζανάκη, Κ. (2001). Έλεγχος Ποιότητας Νερού. Εκδόσεις Ίων, σελ. 508.

Ζήση, Σ. 2007. Περιβαλλοντικοί Παράγοντες και έλεγχος της ποιότητας νερών του ποταμού Ληθαίου. Τμήμα Τεχνολογίας, Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, ΑΤΕΙ Σίνδου.

Κουτσομήτρου, Δήμητρα, 2013. Φυσικοχημικοί και βιολογικοί δείκτες για την εκτίμηση της κατάστασης του Αττικού Κηφισού. Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Λέλλης, Μ., 2014. "Διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Πηνειού και επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας με την εφαρμογή φυσικοχημικό και οικοτοξικολογικών αναλύσεων". Μεταπτυχιακή εργασία Βόλος 2014

Μαχαιρίδης, Α., 2012. Μοντέλα νευρωτικών δικτύων στην προσημείωση παραμέτρων ποιότητας και ποσότητας νερού σε υδατορέματα. Προπτυχιακή Διπλωματική εργασία, 2012.

Μοντεσάντου, Β., 1999. Ποτάμια Υδροσυστήματα, Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Οικολογίας και Ταξινομικής, 1999.

Μπέλλος, Δ., 2004. Διδακτορική Διατριβή Α.Π.Θ. "Συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων – Βαρέων Μετάλλων και Ραδιοκαισίου στο νερό – ίζημα και στα ιδρόβια φυτά του ποταμού Πηνειού."

Μπούρα Ν., 2015. Διερεύνηση της επιβάρυνσης του ποταμού Πηνειού από θρεπτικά συστατικά. Ερευνητική Εργασία διπλώματος ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2015.

Οικονόμου-Αμίλλη Α., (2006), 'Λιμνολογία, Λιμναία Και Ποτάμια Οικοσυστήματα', σελ. 1109, Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα.

Παρασκευοπούλου και άλλοι, 2012-2014. Μελέτη συστατικών στον κατώτερο ρου του Πηνειού ποταμού (Θεσσαλία) τη διετία 2012-2014. 11^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Μυτιλήνη 2015.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Ποιότητα φυσικοχημικών παραμέτρων ΕΛΚΕΘΕ Καλοκαίρι 2021

Σαββίδης Θωμάς, Καθηγητής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βοτανικής «Η επίδραση του ανθρώπου στο οικοσύστημα του ποταμού Πηνειού»

Σίνης Α., 2001. Λιμνολογία, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών. ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Τούσης Λουκάς, 2007 πτυχιακή εργασία Βόλος.

ΥΠΑΝ, (2003). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Αθήνα