



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

Κατσουλάρης Θεόδωρος

AM: 44369840226

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ Δημήτριος Αλεξάκης Καθηγητής Π.Α.Δ.Α.

ΑΙΓΑΛΕΩ,(2022-2023)



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

Diploma Thesis

INVESTIGATION OF VARIATION OF QUALITY PARAMETERS IN SURFACE WATER OF NORTH AND WEST PELOPONNESE

KATSOULARIS THEODOROS
Registration Number: 44369840226

Supervisor

Professor Dr ALEXAKIS DIMITRIOS

ATHENS, 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

(Κέρπελης Πλούταρχος), (εξεταστής)	(Τσικριτσής Αντώνιος), (εξεταστής)	(Αλεξιάκης Δημήτριος), (επιβλέπων καθηγητής)
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και (Κατσουλάρης Θεόδωρος),
Μήνας, Έτος**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κατσουλάρης Θεόδωρος Του Αναστασίου , με αριθμό μητρώου 6984 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος/ουσας καθηγητή/ήτριας.»

Ο Δηλών

(Κατσουλάρης Θεόδωρος)

(Υπογραφή φοιτητή/ήτριας)

Ευχαριστίες

Με αφορμή την ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Αλεξάκη Δημήτριο για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και την ευκαιρία να διερευνήσω ένα σημαντικό θέμα, που μας απασχολεί τα τελευταία χρόνια. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τους γονείς μου που με στήριξαν σε όλα τα φοιτητικά μου χρόνια και μου έδωσαν την ευκαιρία να σπουδάσω.

Περίληψη

Η ρύπανση στα επιφανειακά νερά της Ελλάδας δυσχεραίνει με την πάροδο του χρόνου. Η ρύπανση αυτή προέρχεται από φυσικές διαδικασίες αλλά κυρίως λόγο ανθρωπίνου παράγοντα και διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο περιβάλλον για τους ζωντανούς οργανισμούς αλλά και για το έδαφος με αποτέλεσμα την μόλυνση των επιφανειακών αλλά και των υπόγειων υδάτων.

Ειδικότερα η έρευνα αυτή αποσκοπεί στην διερεύνηση των συγκεντρώσεων ποιοτικών παραμέτρων των επιφανειακών νερών της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, πιο συγκεκριμένα των νιτρικών NO_3^- , νιτρωδών NO_2^- , αμμωνιακών NH_4^+ , φωσφορικών P_2O_4 και των παραμέτρων βιολογικής και χημικής απαίτησης οξυγόνου BOD και COD αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση και η χωρική επεξεργασία των δεδομένων με GIS από την βάση του ΥΠΕΚΑ αποδείχθηκαν αποτελεσματικά μέσα για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από διερεύνηση των δειγματοληψιών που λήφθηκαν μεταξύ των ετών 1996 και 1998 και ανάλυση τους, όπου τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων του ΥΠΕΚΑ και τελικά σύγκριση των ποιοτικών παραμέτρων με πρότυπα ποιότητας, όρια από βασικές έρευνες υποβάθρου και έρευνες διεθνής βιβλιογραφίας, οι οποίες αφορούν τη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι έχει παρατηρηθεί αυξημένη συγκέντρωση κυρίως νιτρικών και αμμωνιακών του αζώτου σε όλη την διάρκεια του χρόνου δηλαδή την υγρή και την ξηρή περίοδο. Παράλληλα η επεξεργασία μέσω GIS έδειξε την χωρική συσχέτιση μεταξύ των υψηλών συγκεντρώσεων και την παρουσία φυσικής και ανθρωπογενούς ρύπανσης. Για την βελτίωση των επιφανειακών υδάτων προτείνεται η χημική αποκατάσταση και η φυσική αποκατάσταση των νιτρικών, αφού είναι το στοιχείο το οποίο βρίσκεται με διαφορά σε πολύ υψηλότερη συγκέντρωση από την επιθυμητή.

Abstract

Pollution in Greece's surface waters gets worse over time. This pollution comes from natural processes but mainly due to human factors and plays a very important role in the environment for living organisms and for the soil, resulting in the contamination of surface and groundwater.

In particular, this research aims to investigate the concentrations of surface water quality parameters in the North and West Peloponnese, more specifically nitrate NO_3^- , nitrite NO_2^- , ammonia NH_4^+ , phosphate P_2O_4 and biological and chemical oxygen demand parameters BOD and COD respectively. Statistical analysis and spatial processing of data with GIS from the YPEKA database proved to be successful tools for the purpose of this study.

The methodology used consisted of an investigation of the sampling data obtained between 1996 and 1998 and their analysis, where these data were extracted from the YPEKA database and finally comparison of the quality parameters with quality standards, thresholds from key background surveys and international literature surveys related to surface water pollution.

The results of this survey showed that increased concentration of mainly nitrates and ammoniacal nitrogen has been observed throughout the year wet and dry season. At the same time, GIS processing showed the spatial correlation between the high concentrations and the presence of natural and anthropogenic pollution. To improve surface water, Chemical Nitrate Remediation and Physical Nitrate Remediation is proposed, since it is the element which is by far the element in much higher concentration than desired.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
Σκοπός και στόχοι.....	11
Μεθοδολογία.....	12
Δομή.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Βασικές παράμετροι ποιότητας επιφανειακού νερού.....	13
1.1 Γενικά για την ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών νερών στην Ελλάδα.....	13
1.2 Παροχή και βασικός της ρόλος.....	14
1.3 Ποιοτικές παράμετροι επιφανειακού νερού.....	14
1.4 Άζωτο (N) Nitrogen και ο κύκλος του αζώτου.....	16
1.5 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH) ποταμών.....	18
1.6 Αγωγιμότητα.....	19
1.7 Θερμοκρασία.....	20
1.8 Αέρια διαλυμένα στα επιφανειακά νερά του ποταμού (O ₂).....	21
1.9 Βαρέα μέταλλα στα επιφανειακά νερά του ποταμού.....	22
1.10 Ευτροφισμός.....	23
1.2.1 Γεωγραφική τοποθέτηση	26
1.2.2 Κλίμα.....	26
1.2.3 Γεωλογία – Υδρολογία	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Μεθοδολογία έρευνας.....	30
2.1 Συλλογή δεδομένων.....	30

<i>Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023</i>	
2.2 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων.....	30
2.3 Χωρική επεξεργασία δεδομένων.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Αποτελέσματα και συζήτηση.....	31
3.1 Εισαγωγή.....	31
3.2 Φωσφορικά P ₂ O ₅	31
3.2.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας.....	32
3.3 N- (NO ₃ ⁻) Νιτρικά, N- (NO ₂ ⁻) νιτρώδη, N- (NH ₄ ⁺) αμμωνιακά (Αζώτου).....	34
3.3.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας.....	36
3.3.2 Χωρική κατανομή ArcGIS.....	43
3.4 Βιολογικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD).....	49
3.4.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας.....	50
3.4.2 Χωρική κατανομή ArcGIS.....	52
3.5 Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....	55
3.5.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας.....	56
3.5.2 Χωρική κατανομή ArcGIS.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Συμπεράσματα.....	59
Βιβλιογραφία – Αναφορές.....	61
Διαδικτυακές Πηγές.....	65

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την πάροδο των ετών, το σύγχρονο περιβάλλον διαβίωσης έχει οδηγήσει στην υπερβολική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων από τον άνθρωπο (Gamvroula et al., 2022). Το αποτέλεσμα είναι η μειωμένη ποιότητα του νερού, η οποία επιβάλλει τεράστιο κόστος όχι μόνο όσον αφορά τα κρούσματα ανθρώπινων ασθενειών και τη θεραπεία, αλλά και όσον αφορά την επεξεργασία των λυμάτων, την επεξεργασία του πόσιμου νερού, τη συνολική υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων και την απώλεια μη ανακτήσιμων ενδαιτημάτων και οργανισμών (Marsh & Grossa et al., 2005). Η ποιότητα των υδάτων είναι ένα περίπλοκο θέμα που περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση φυσικών, χημικών, υδρολογικών και βιολογικών παραμέτρων και η ανάλυση της ποιότητας των υδάτων απαρτίζει ένα από τα σημαντικά βήματα για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτινων αποδεκτών σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο (Alexakis et al., 2020). Η μέτρηση αυτών των στοιχείων, σε συνδυασμό με εκείνα που σχετίζονται με τα φυσικά ενδαιτήματα (παρόχθια βλάστηση, υπόστρωμα και απορροή), έχει αποδειχθεί ότι έχει σημαντικό αντίκτυπο στην υδρόβια ζωή, χωρίς απαραίτητα να καθορίζει την ποιότητα του νερού (Doufexi et al., 2022). Η ποιότητα του νερού αναφέρεται σε ουσίες (διαλυμένες ή αιωρούμενες) που υπάρχουν στο νερό σε συγκεντρώσεις πάνω από τα κανονιστικά όρια (Golfinoopoulos et al., 2021). Αυτές, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία του νερού και την ταχύτητα ροής, μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα οικοσυστήματα (χλωρίδα και πανίδα) που υποστηρίζονται από το νερό και στην ανθρώπινη υγεία όταν το νερό χρησιμοποιείται για πόση (Bekas et al., 2022). Στον 21ο αιώνα, το νερό έχει γίνει ένας σπάνιος φυσικός πόρος σε διεθνή επίπεδο λόγω της αύξησης του πληθυσμού, της αστικοποίησης (Howard et al., 2016, Moloantoa et al., 2022) και των εκτεταμένων γεωργικών πρακτικών (Khanichaidecha et al., 2019, Moloantoa et al., 2022). Αυτοί οι παράγοντες προκαλούν βιομηχανική μόλυνση των υδάτων, εξάντληση των υπόγειων υδάτων (Santucci et al., 2018, Seckler et al., 1999, Moloantoa et al., 2022) και εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου που με τη σειρά τους προκαλούν υπερθέρμανση του πλανήτη (Payus et al., 2020, Moloantoa et al., 2022). Οι ανθρώπινες ανάγκες σε νερό συνεχίζουν να αυξάνονται σε ξηρά περιβάλλοντα και η παροχή υπόγειων υδάτων είναι περιορισμένη, προκαλώντας σοβαρές ετήσιες ξηρασίες (Howard et al., 2016, Payus et al., 2020, Moloantoa et al., 2022). Βιομηχανίες όπως η εξόρυξη και η γεωργία ευθύνονται για πάνω από το 70% της απώλειας επιφανειακού γλυκού νερού μέσω της μόλυνσης κατά την επεξεργασία ορυκτών και της υπερβολικής άρδευσης καλλιεργειών, αντίστοιχα (Kihampa et al., 2013, Moloantoa et al., 2022). Η μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτινων πηγών από

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023

βιομηχανικά απόβλητα επιδεινώνει την έλλειψη νερού και τους επακόλουθους σοβαρούς κινδύνους για την υγεία που απειλούν τόσο την υδρόβια όσο και τη χερσαία ζωή (Howard et al., 2016, Moloantoa et al., 2022). Η οικιακή χρήση και κατανάλωση μολυσμένου νερού έχει αναφερθεί ότι ευθύνεται για πάνω από το 90% της μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών, γεγονός που καθιστά την επεξεργασία του νερού για την απομάκρυνση των μολυσματικών παραγόντων από τα επιφανειακά ύδατα πριν από την ανθρώπινη χρήση επιτακτική ανάγκη (Pimentel et al., 2004, Fagiya et al., 2018, Moloantoa et al., 2022). Η χρήση διαφόρων χημικών ουσιών κατά τη συντήρηση τροφίμων και την επεξεργασία ορυκτών συμβάλλει στη μόλυνση του νερού, καθιστώντας το νερό τοξικό και ακατάλληλο ακόμη και για άρδευση. Η Ελλάδα σύμφωνα με το ΥΠΕΝ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας) έχει χωριστεί σε υδατικά διαμερίσματα. Στην παρούσα ανασκόπηση, με αφορμή όλα τα παραπάνω θα διερευνηθούν οι ποιοτικές παραμέτρους στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και της Δυτικής Πελοποννήσου με τις κωδικές ονομασίες Δυτικής (EL01) και Βόρειας (EL02) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Χάρτης με τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας (EL01-EL14) (ΥΠΕΚΑ,2019)

Σκοπός και στόχοι

Έχοντας στην κατοχή μου συγκεντρωμένα στοιχεία ποιοτικών παραμέτρων για τα επιφανειακά νερά της (EL01) Δυτικής και (EL02) Βόρειας Πελοποννήσου θα γίνει διερεύνηση αυτών για (3) τρία διαφορετικά έτη και για διαφορετικές περιόδους κάθε έτους (ξηρή, υγρή περίοδος), στα διάφορα γεωγραφικά σημεία των ποταμών και με βάση την ανθρώπινη κατανάλωση αλλά και άλλων κριτηρίων. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι : (α) γενική διερεύνηση χημικών στοιχείων των επιφανειακών νερών της Βόρειας και της Δυτικής Πελοποννήσου, (β) να προσδιοριστούν μεταβολές των ανωτέρω ποιοτικών παραμέτρων από τις εποχιακές αλλαγές μέσω της σύγκρισης υγρής και ξηρής περιόδου ανά ποταμό, (γ) να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ των παραμέτρων που

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
εξετάστηκαν και (δ) να διεξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με την ρύπανση της περιοχής, τόσο από γεωγενείς όσο και από ανθρωπογενείς παράγοντες.

Μεθοδολογία

Για την στατιστική επεξεργασία των ποιοτικών παραμέτρων και την δημιουργία γραφημάτων-διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **Excel** και για την χωρική επεξεργασία των δεδομένων, την κατανομή τους στο χάρτη και την σύγκριση τους για τις διάφορες παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **ArcGIS**.

Δομή

Η εργασία χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο κεφάλαιο 1 περιγράφονται οι κύριες παράμετροι ποιότητας του νερού που αφορούν τα επιφανειακά ύδατα και η σημασία τους. Στο κεφάλαιο 2 παρατίθενται όλες οι διαδικασίες και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 3 γίνεται λεπτομερής αναφορά των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία των στατιστικών δεδομένων, ενώ ακολουθεί σχολιασμός, συζήτηση και ψηφιοποίηση μέσω των παραγόμενων διαγραμμάτων και χαρτών. Τέλος, στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.1 Γενικά για την ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών νερών στην Ελλάδα

Το νερό από την βροχή και το χιόνι περιέχει πολλά ιχνοστοιχεία και ευγενή αέρια (Ericsson et al., 1993). Όταν το νερό της βροχής πέφτει στο έδαφος, η σύστασή του αλλάζει δραστικά. Λαμβάνει άλατα που έχουν συσσωρευτεί στο έδαφος καθώς το νερό εξατμίζεται, καθώς και μέταλλα που έχουν διαλυθεί και σχηματιστεί καθώς τα πετρώματα διασπώνται. Το επιφανειακό νερό είναι επομένως πλούσιο σε αιωρούμενα σωματίδια και

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
διαλυμένα στοιχεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό κινείται αργά μέσα στο έδαφος και έρχεται σε επαφή με τα ορυκτά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, οπότε περισσότερα διαλυμένα στοιχεία εξάγονται από τα ορυκτά (Skoulikidis et al., 1997). Η αυξανόμενη θερμοκρασία του εδάφους κατά 1°C κάθε 30 m συνεργεί στην αύξηση της διαλυτότητας των στερεών ουσιών.

Είναι δύο τρόποι για να εξηγηθούν οι λόγοι της ρύπανσης των υδάτων. Ο ένας βασίζεται στη δραστηριότητα που δημιουργεί τον ρύπο και ο άλλος στον τρόπο με τον οποίο ο ρύπος καταλήγει στο περιβάλλον και ο δεύτερος περιλαμβάνει μόνο δύο κατηγορίες, που συνήθως αναφέρονται ως "σημειακές" και "μη σημειακές" πηγές, ενώ οι εξηγήσεις που βασίζονται στη δραστηριότητα περιλαμβάνουν πολλές κατηγορίες, συνήθως τη χρήση γης (γεωργική, βιομηχανική, αστική και μεταφορές), διάφορες τεχνολογίες (π.χ. πετροχημικά) και πρότυπα διάθεσης (Tsitsis et al., 2023). Οι τοπικές πηγές ρύπανσης είναι εκείνες που προέρχονται από μια συγκεκριμένη πηγή (π.χ. διυλιστήρια) και απελευθερώνονται στο περιβάλλον από ένα ορατό σημείο απόρριψης, όπως ένας αγωγός ή μια τάφρος. Οι κύριες σημειακές πηγές (τοπικές) ρύπανσης περιλαμβάνουν τους δημοτικούς υπονόμους, τη βιομηχανία και τις ενεργειακές μονάδες. Ωστόσο, ενώ η ρύπανση από σημειακές πηγές είναι πολύ σημαίνουσα, η πλειονότητα της μόλυνσης στους ποταμούς έρχεται από μη σημειακές πηγές. Η ρύπανση από μη σημειακές πηγές είναι χωρικά διάσπαρτες, συνήθως μη ειδικές, πηγές ρύπανσης που απελευθερώνονται με διάφορους τρόπους σε πολλά σημεία του περιβάλλοντος (Alexakis et al., 2021). Τα όμβρια ύδατα στις αστικές και αγροτικές περιοχές αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης μη σημειακής προέλευσης. Παράγεται σε μεγάλη έκταση από διάφορες χρήσεις γης και απορρίπτεται σε ποτάμια, λίμνες, υδάτινους δρόμους και παραλίες. Στις περισσότερες χώρες, η γεωργία είναι η κύρια πηγή ρύπανσης μη σημειακής προέλευσης. Ωστόσο, η πιο διαδεδομένη γεωγραφική πηγή είναι η κατακρήμνιση ρύπων (υγρών και στερεών) από την ατμόσφαιρα (Marsh and Grossa et al., 2005). Οι ποταμοί, οι λίμνες και οι ωκεανοί είναι ο τελικός αποδέκτης της ρύπανσης, κυρίως από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, από γεωργικές και κτηνοτροφικές απορροές έντασης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Η ρύπανση περιορίζει τη χρήση νερού από τον άνθρωπο και μειώνει σημαντικά τους διαθέσιμους πόρους γλυκού νερού στον πλανήτη. (Κουτσομήτρου κ.α., 2004).

Οι παράμετροι που προσδιορίζουν την ποιότητα του νερού είναι:

- Θολερότητα, θερμοκρασία.
- Χημικές - ολικά διαλυμένα στερεά, σκληρότητα, ανόργανα άλατα, θρεπτικά συστατικά (άζωτο, φώσφορος)

- Βιολογικά - βακτήρια, ιοί, παράσιτα.

Η διαδικασία της συνολικής αξιολόγησης της ποιότητας των υδάτων ενός ποταμού είναι πολύπλοκη διαδικασία, ιδίως όταν η ανάλυση απαιτεί μεγάλο αριθμό δειγμάτων και πολλαπλές μετρήσεις ανά δείγμα. Επιπλέον, η ποιότητα του νερού διαφέρει από εφαρμογή σε εφαρμογή, για παράδειγμα, η ποιότητα του νερού μπορεί να είναι ικανή για άρδευση αλλά όχι για πόση, και μπορεί ακόμη να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από περίοδο σε περίοδο (Sharma et al., 2013).

1.2 Παροχή και ο βασικός της ρόλος

Η συγκέντρωση ενός στοιχείου στο νερό του ποταμού επηρεάζεται κυρίως από την παροχή του. Ερευνώντας τις εποχικές και τοπικές υδροχημικές διακυμάνσεις διαφόρων ποταμών, είναι φανερό ότι οι μεταβολές στη συγκέντρωση των διαλυμένων στοιχείων στους ελληνικούς ποταμούς αποδίδονται στις υδρολογικές μεταβολές κάθε εποχής. (Skoulikidis et al., 1993).

Κατά κανόνα, κατά το πέρας της ολιγοτροφικής περιόδου (συνεχόμενες ημέρες με βροχοπτώσεις που δεν υπερβαίνουν τα 0,1 mm), οι συγκεντρώσεις φθάνουν επίσης στο ετήσιο μέγιστο, επειδή το ποσοστό της διαλυμένης βασικής απορροής πλούσιας σε ανόργανα άλατα είναι υψηλότερο, η εξατμισοδιαπνοή αυξάνεται (Walling et al., 1984) και οι επιπτώσεις της ρύπανσης γίνονται πιο έντονες.

Μετά την ξηρή περίοδο και κατά την κορύφωση της απόψυξης του χειμώνα και της άνοιξης, οι περισσότεροι φυσικοί ποταμοί υπερχειλίζουν, πλημμυρίζοντας μεγάλες εκτάσεις γης. Αυτή τη περίοδο, οι συγκεντρώσεις συνήθως αυξάνονται αρχικά και στη συνέχεια μειώνονται, καθώς επικρατούν τα φαινόμενα αραίωσης, καθώς το νερό που ξεπλένει ξεπλένει τα άλατα που συσσωρεύτηκαν στο έδαφος κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου με την εξάτμιση. Η ολική περισυλλογή διαλυμένων ουσιών σε έναν ποταμό είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού της ποσότητας των διαλυμένων ουσιών και της ροής του ποταμού. Το ίδιο ισχύει και για το φορτίο στερεών αιωρούμενων του (Skoulikidis et al., 1996).

1.3 Ποιοτικές παράμετροι επιφανειακού νερού

Ειδικότερα, τα επιφανειακά ύδατα χαρακτηρίζονται από σημαντικές διαφορές στη σύνθεση καθώς και στις συγκεντρώσεις διαλυμένων ιόντων, ανάλογα με τη γεωλογία (τύπος πετρώματος), το κλίμα (σύνθεση βροχοπτώσεων - βροχοπτώσεων), την τοπογραφία, τη φυτοκάλυψη και την παροχή υπόγειων υδάτων στη λεκάνη απορροής (Gamvroula et al., 2022). Η συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων ιόντων είναι δύο φορές υψηλότερη σε ποταμούς που ρέουν μέσα από ιζηματογενή πετρώματα από ό,τι σε μεταμορφωμένα και πυριγενή εδάφη, λόγω της διαφορετικής αντίστασης των πετρωμάτων στη διάβρωση (Allan et al., 1995).

Οι συγκεντρώσεις ιόντων στο νερό της βροχής είναι πολύ μικρότερες από ό,τι στο επιφανειακό νερό (Bernier and Bernier et al., 1987). Τα SO_4^{2-} , NH_4^+ και NO_3^- πηγάζουν κυρίως από τα ατμοσφαιρικά αέρια, ενώ τα Na^+ και Cl^- προέρχονται από το θαλάσσιο αλάτι. Οι συγκεντρώσεις ιόντων στο νερό του ποταμού αυξάνονται προς τις εκβολές του ποταμού λόγω των ανθρωπογενών απορρίψεων, της αυξημένης ρύπανσης και της διείσδυσης θαλασσινού νερού στην επιφάνεια ή στο υπέδαφος (Livingston et al., 1963). Οι συγκεντρώσεις των ιόντων Na^+ αυξάνονται κυρίως λόγω των οικιακών λυμάτων, των λιπασμάτων και των αλατούχων απορρίψεων από το αστικό δίκτυο. Τα ιόντα HCO_3^- και Ca^{2+} προέρχονται κυρίως από την αποσάθρωση ανθρακικών πετρωμάτων, ενώ το πρώτο βρίσκεται στο έδαφος και στα υπόγεια ύδατα και αποτελεί άμεση πηγή CO_2 που προέρχεται από τη βακτηριακή αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Μπορεί επίσης να προσληφθεί από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των αυτοτρόφων του ποταμού το SO_4^{2-} πηγάζει από ιζηματογενή πετρώματα, λιπάσματα και απόβλητα. Ωστόσο, σε ορισμένες περιοχές, οι συγκεντρώσεις μπορεί να αυξηθούν υπερβολικά από την όξινη βροχή, η οποία συνήθως περιέχει θειούχες ενώσεις (Likens et al., 2004). Η ανώτερη επιτρεπτή τιμή της αγωγιμότητας είναι 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ενώ ενδεικτική τιμή είναι τα 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας για τα τελευταία 15 έτη, η αγωγιμότητα αυξάνεται σταδιακά στους κυριότερους ελληνικούς ποταμούς για τους οποίους υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία. Η αύξηση της αγωγιμότητας κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν αξιοσημείωτη, με εύρος 9-40% ανάλογα με το ποτάμι (Skoulikidis et al., 2011). Οι αιτίες του φαινομένου αυτού είναι οι εξής:

- Οι μακροχρόνιες μειώσεις στην απορροή των ποταμών έχουν αυξήσει το ποσοστό της βασικής ροής, επιτρέποντας στο θαλασσίνο νερό να διεισδύσει πιο έντονα από τα ανάντη στους υπόγειους υδροφορείς.
- Η αύξηση της εξατμισοδιαπνοής στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990.
- Η εντατική άρδευση προκάλεσε αλάτωση του εδάφους.
- Αυξημένη ρύπανση των επιφανειακών αποδεκτών.
- Η κατακράτηση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε φράγματα και σε γειτονικές χώρες (στην περίπτωση των διασυνοριακών ποταμών), επιδεινώνοντας τις θαλάσσιες εξελίξεις στα ανάντη και τις πλημμύρες των υπόγειων υδάτων.

1.4 Άζωτο (N) Nitrogen και ο κύκλος του αζώτου

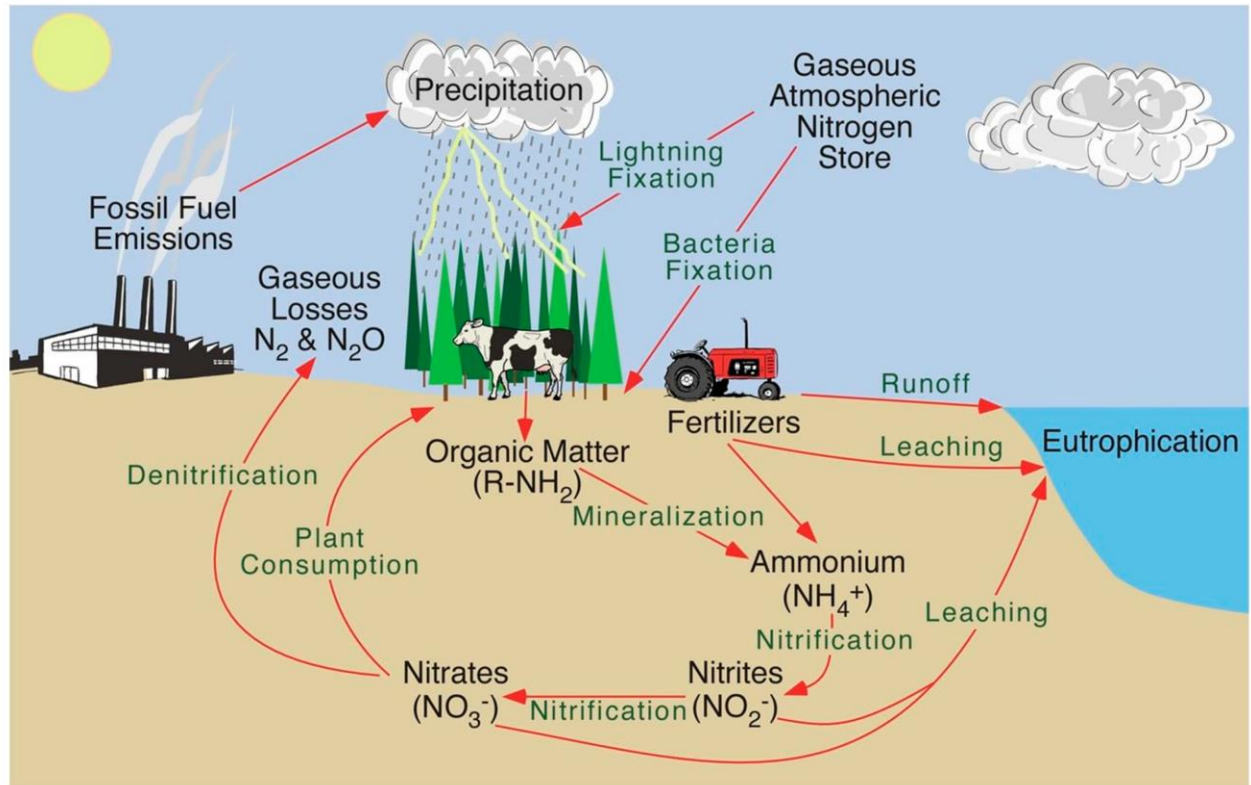
Το άζωτο (N) θεωρείται από τα πιο πολύπλοκα και βιολογικά κρίσιμα στοιχεία. Ελέγχει τη σύνθεση των ειδών σε θαλάσσια, χερσαία και γλυκά οικοσυστήματα . Το άζωτο είναι ένα από τα βασικά πρωτεύοντα θρεπτικά συστατικά για πολλά μόρια, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών, του δεοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA) και της χλωροφύλλης. Στην ατμόσφαιρα, το άζωτο είναι πιο άφθονο ως μοριακό αέριο άζωτο (N₂), το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 78% της ατμόσφαιρας της γης και βρίσκεται σε πολύ μικρή αλλά σημαντική ποσότητα, και στα υδάτινα περιβάλλοντα. Από την άλλη, αυτή η μορφή αζώτου είναι απρόσιτη σε πολλούς οργανισμούς, καθιστώντας το N₂ έναν σπάνιο πόρο που περιορίζει τη βιολογική παραγωγικότητα σε διάφορα οικοσυστήματα.

Το άζωτο (N₂) είναι βασικό συστατικό της πρωτεϊνοσύνθεσης, απαραίτητο για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Όμως, τα φυτά δεν μπορούν να αξιοποιήσουν απευθείας αυτό το αέριο. Στην πραγματικότητα, τα μόρια του αερίου αζώτου χαρακτηρίζονται από έναν πολύ ισχυρό τριπλό δεσμό (N N), ο οποίος είναι δύσκολο να διαλυθεί. Μόνο ορισμένα βακτήρια, π.χ. τα κυανοβακτήρια (πιο γνωστά ως γαλαζοπράσινα φύκη), μπορούν να το δεσμεύσουν ως αέρια μόρια και να το μετατρέψουν σε άλατα αμμωνίας (NH₄⁺) (Seckler et al., 1999). Τα νιτρώδη (NO₂⁻) και τα νιτρικά (NO₃⁻) σχηματίζονται σε δύο στάδια, πρώτα σε NO₂⁻ και στη

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
συνέχεια σε NO_3^- , από τη μικροβιακή οξειδωση του αμμωνίου ή της αμμωνίας σε νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο. $\text{NH}_3 + 3/2\text{O}_2$ -(Nitrosomonas)-> $\text{HNO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 79 \text{ kcal}$
 $\text{HNO}_2^- + 1/2\text{O}_2$ -(Nitrobacter)-> $\text{HNO}_3^- + 22\text{kcal}$. Το άζωτο προσλαμβάνεται με ευκολία από τα φυτά με τη μορφή νιτρικών ιόντων καθώς και ιόντων αμμωνίου. Τα νιτρικά μπορούν επίσης να προέρχονται από χημικές ουσίες που παράγονται από κεραυνούς στην ατμόσφαιρα (ατμοσφαιρικός ιονισμός) και μπορούν τελικά να φτάσουν στο έδαφος μέσω της βροχόπτωσης. Τα νιτρικά άλατα είναι διαλυτά στο νερό και επομένως ξεπλένονται εύκολα από το έδαφος, ενώ σε υδάτινα περιβάλλοντα παρασύρονται από τη ροή του νερού. Ορισμένα βακτήρια οξειδώνουν τα νιτρικά υπό αναερόβιες συνθήκες, παράγοντας τελικά αέριο άζωτο (N_2) με τη διαδικασία της απονιτροποίησης. Η απονιτροποίηση λαμβάνει χώρα με πολύ χαμηλό ρυθμό σε υποστρώματα με υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο στην κοίτη ποταμού (χαλίκια/χαλίκια), αλλά η διαδικασία απονιτροποίησης είναι εκτεταμένη σε ιζήματα με χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου. Εκτός αυτού, οι αναερόβιες συνθήκες αναστέλλουν επίσης τη λειτουργία της νιτροποίησης και προκαλούν συσσώρευση αμμωνίας (Allan et al., 1995). Το αέριο άζωτο μετατρέπεται σε πολλαπλές καταστάσεις κατά τον βιογεωχημικό του κύκλο μεταξύ του ατμοσφαιρικού, του εδαφικού και του υδάτινου περιβάλλοντος. Το αέριο άζωτο μετατρέπεται σε πολλαπλές καταστάσεις κατά τον βιογεωχημικό του κύκλο μεταξύ του ατμοσφαιρικού, του εδαφικού και του υδάτινου περιβάλλοντος. Ο βιογεωχημικός κύκλος του αζώτου ξεκινά από αυθόρμητες ενέργειες όπως ηφαιστειακές εκρήξεις, υδροθερμικά πεδία, κεραυνοί κατά τη διάρκεια βροχής και οι ροές θρεπτικών ουσιών που παρέχονται από διάφορες βιολογικές διεργασίες στη βιόσφαιρα (Panagiotaras et al., 2015, Moloantona et al., 2022).

Το άζωτο και ο κύκλος του είναι απαραίτητος για τις διάφορες μορφές ζωής, καθώς μπορεί να αντιδράσει με άλλα στοιχεία για να αλλάξει τις καταστάσεις οξειδωσης από -3 σε +5. Αυτές οι καταστάσεις οξειδωσης αντιπροσωπεύονται συνήθως από τις ακόλουθες ενώσεις: αμμωνία και αμμώνιο (NH_3 και NH_4^+) με κατάσταση οξειδωσης -3, υδραζίνη (N_2H_4) -2, υδροξυλαμίνη (NH_2OH) -1, αέριο άζωτο (N_2) με καθαρή κατάσταση οξειδωσης 0, μονοξείδιο του αζώτου (N_2O) +1, μονοξείδιο του αζώτου (NO) +2, νιτρώδη (NO_2^-) +3, τετροξείδιο του διναζώτου (N_2O_4) +4 και, τέλος, νιτρικά (NO_3^-), με κατάσταση οξειδωσης +5, αυτή η ποικιλία προσδίδει στο άζωτο μεγάλη βιολογική σημασία στο πλαίσιο του μικροβιακού μεταβολισμού (Stein et al., 2016, Stüeken et al., 2016, Moloantona et al., 2022).

Στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος συμβαίνουν διάφορες βιογεωχημικές διεργασίες, οι οποίες προκαλούν το σχηματισμό πολλαπλών καταστάσεων οξειδωσης και χημικών μορφών αζώτου, επιτρέποντάς του να είναι πιο εύκολα προσβάσιμο σε άλλους οργανισμούς.



Εικόνα 2. Επίδραση των φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων στον βιογεωχημικό κύκλο του αζώτου (Pidwirny, 2022).

Ο παγκόσμιος κύκλος αζώτου (Εικόνα 2), αλλιώς γνωστός ως συμβατικός κύκλος αζώτου (CNC), είναι θεμελιώδης για τη βιογεωχημεία της Γης. Ο κύκλος περιλαμβάνει τη μεταφορά τεράστιων ποσοτήτων αζώτου από την ατμόσφαιρα στα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα μέσω της Biological Nitrogen Fixation (BNF). Σε αυτή τη διαδικασία, το μη αντιδραστικό N₂ μετατρέπεται και ανάγεται σε ενώσεις αμμωνίου.

Ο επακόλουθος μετασχηματισμός των ενώσεων αμμωνίου σε αμινοξέα και άλλων οξειδωμένων ενώσεων, από μικροοργανισμούς καθιστά το N περισσότερο διαθέσιμο στα φυτά και σε άλλα είδη. Τελικά, το N₂ επιστρέφεται στην ατμόσφαιρα μέσω διαφόρων διεργασιών μικροβιακής απονιτροποίησης σε εδάφη, ιζήματα και γλυκά και θαλάσσια νερά. Η δέσμευση αζώτου, η νιτροποίηση, η απονιτροποίηση και η αμμωνοποίηση είναι οι κύριες διαδικασίες μετασχηματισμού που μετατρέπουν το μη αντιδραστικό N₂ σε αντιδραστικό άζωτο (Nr). Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για τη βιοποικιλότητα, ιδιαίτερα στις συναθροίσεις μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων μυκήτων, βακτηρίων, φυκιών κ.λπ.

Το άζωτο είναι το πιο άφθονο αέριο στοιχείο στην ατμόσφαιρα και χρησιμοποιείται εκτενώς για ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Ως κύριο συστατικό των περισσότερων εμπορικών λιπασμάτων και άλλων ευρέως χρησιμοποιούμενων προϊόντων, συμβάλλει στη μόλυνση των επιφανειακών υδάτων, αποτελώντας κίνδυνο για την υγεία και απειλώντας τη

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
βιοποικιλότητα του περιβάλλοντος. Οι ρύποι με βάση το άζωτο μπορεί να προκύψουν από τις βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων, όπου οι νιτροσυλικές ενώσεις που προέρχονται από τα νιτρώδη χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση του κρέατος, των ψαριών και των τυριών. Η συσσώρευσή του στο περιβάλλον, κυρίως στο έδαφος και το νερό, έχει γίνει ανησυχία και απειλή για την ανθρώπινη υγεία.

1.5 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH) ποταμών

Το pH μετρά την οξύτητα ή την αλκαλικότητα ενός υδατικού διαλύματος. Το pH μετράται από 0 έως 14 και εκφράζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου. Ένα pH 7 θεωρείται ουδέτερο, κάτω από 7 όξινο και πάνω από 7 αλκαλικό.

Το νερό της βροχής είναι από τη φύση όξινο, με pH περίπου 6,5. Τα επιφανειακά ύδατα έχουν περίπου pH μεταξύ 6,5 και 8,5 και αυτό το εύρος θεωρείται ιδανικό για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς. Το κανονικό pH ενός ποταμού ποικίλλει από ποταμό σε ποταμό, όμως γενικά το εύρος των τιμών pH στα ποτάμια είναι σταθερό. Το κανονικό pH ενός ποταμού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την τοπική γεωλογία και το έδαφος. Για παράδειγμα, σε ασβεστολιθικές περιοχές, τα ποτάμια έχουν υψηλό pH (αλκαλικό), ενώ σε περιοχές όπου η τύρφη είναι το κυρίαρχο υπόστρωμα, το pH είναι σχετικά χαμηλό (όξινο). Επιπλέον, το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να επηρεάσει το pH των ποταμών, καθώς αυξάνει την οξύτητα όταν αναμιγνύεται με το νερό. Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό και, επομένως, η τιμή του pH εξαρτάται επίσης από τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή, καθώς οι δραστηριότητες αυτές επηρεάζουν τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό (Rebsdorf et al., 1991, Thyssen & Erlandsen et al., 1991). Το pH ενός ποταμού επιδρά στους οργανισμούς του. Μεγάλες διακυμάνσεις του pH εκτός του φυσιολογικού εύρους ενός ποταμού μπορούν να οδηγήσουν σε στρες τους υδρόβιους οργανισμούς του. Τα χαμηλά επίπεδα pH (κάτω του ιδανικού) μπορούν να οδηγήσουν στην καταστροφή της ιχθυοπανίδας, καθώς στρεσάρουν τους οργανισμούς και προκαλούν φυσικές βλάβες, οι οποίες με τη σειρά τους καθιστούν τα είδη πιο ευάλωτα σε ασθένειες. Ομοίως, το υψηλό pH, ιδίως σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες νερού, αυξάνει την ποσότητα της ελεύθερης αμμωνίας, η οποία είναι

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
ιδιαίτερα τοξική για τα ψάρια. Το χαμηλό pH απελευθερώνει επίσης δεσμευμένα βαρέα μέταλλα, η αύξηση των οποίων είναι επιβλαβής για τους υδρόβιους οργανισμούς. Ένα χαμηλό ή υψηλό pH μπορεί επίσης να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη διαθεσιμότητα των φυτικών θρεπτικών συστατικών στο νερό. Οι παράγοντες που προκαλούν μεγάλες διακυμάνσεις στο pH των ποταμών είναι κυρίως ανθρωπογενείς. Σε αυτούς περιλαμβάνονται οι γεωργικές απορροές (π.χ. φυτοφάρμακα, λιπάσματα), η όξινη αποστράγγιση ορυχείων και οι εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, οξείδια του θείου και οξείδια του αζώτου). Τα αέρια καύσης ορυκτών καυσίμων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα αντιδρούν με το νερό των ποταμών και παράγουν ασθενή οξέα. Η όξινη βροχή αποτελεί κοινό πρόβλημα στα πιο βιομηχανικά ανεπτυγμένα μέρη του κόσμου και έχει συσχετιστεί με μεγάλης κλίμακας θανάτους ψαριών σε ποτάμια (Rebsdorf et al., 1991).

1.6 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα του νερού είναι η ικανότητά του να άγει τον ηλεκτρισμό. Την οποία επηρεάζει η παρουσία ανόργανων διαλυτών στερεών, όπως χλωριούχα, νιτρικά, θειικά και φωσφορικά ανιόντα και νιτρικά, μαγνήσιο, ανθρακικά, σίδηρο και αργιλικά κατιόντα. Η αγωγιμότητα εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο υψηλότερη είναι η αγωγιμότητα. Για το λόγο αυτό, η αγωγιμότητα μετράτε στους 25 °C. Η μονάδα μέτρησης της είναι το mho ή Siemens. Η αγωγιμότητα του αποσταγμένου νερού κυμαίνεται από 0,5 έως 3 μmhos/cm. Μελέτες σε εσωτερικά υδάτινα συστήματα έχουν δείξει ότι η αγωγιμότητα ποταμών που μπορούν να διατηρήσουν επιτυχώς μικτούς πληθυσμούς υδρόβιων οργανισμών κυμαίνεται μεταξύ 150-500 μmhos/cm. Το νερό από βιομηχανικές πηγές μπορεί να έχει αγωγιμότητα έως και 10.000 μmhos/cm (Greenberg et al., 1992). Γενικά, οι χαμηλές τιμές αγωγιμότητας (0-200 μmhos/cm) υποδηλώνουν ότι το νερό είναι υψηλής καθαρότητας. Οι μέσες τιμές αγωγιμότητας (200-1000 μmhos/cm) είναι συνηθισμένες σε μεγαλύτερους ποταμούς, ενώ τιμές εκτός αυτού του εύρους υποδεικνύουν ότι το νερό δεν είναι πλέον κατάλληλο για ορισμένα είδη ψαριών και εντόμων. Οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας (1000-10000

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
μmhos/cm) υποδηλώνουν συνθήκες υψηλής αλατότητας και εμφανίζονται σε υδάτινα σώματα που επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από βιομηχανικά λύματα. Η αγωγιμότητα των ρεμάτων και των ποταμών επηρεάζεται έντονα από τη γεωλογία της περιοχής. Τα ποτάμια που ρέουν μέσα από περιοχές με γρανίτη τείνουν να έχουν χαμηλότερη αγωγιμότητα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο γρανίτης αποτελείται κυρίως από αδρανή υλικά που δεν ιονίζονται όταν διαλύονται στο νερό (διαλύονται σε ιονισμένα συστατικά). Από την άλλη πλευρά, τα ποτάμια που ρέουν μέσα από περιοχές με αργιλικό έδαφος έχουν υψηλότερη αγωγιμότητα λόγω της παρουσίας ουσιών που ιονίζονται και διαλύονται στο νερό. Η απορροή υπόγειων υδάτων μπορεί να επηρεαστεί ομοίως από τη γεωλογία του προορισμού εκροής (Greenberg et al., 1992). Οι παλιοί υπόνομοι αυξάνουν την αγωγιμότητα των ποταμών λόγω της παρουσίας χλωρικών, φωσφορικών και νιτρικών αλάτων. Ομοίως, η αγωγιμότητα ενός ποταμού θα μειωθεί εάν υπάρξει πετρελαιοκηλίδα. Κατά τη διάρκεια περιόδων βροχοπτώσεων και τήξης χιονιού, η αγωγιμότητα των ποταμών μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Η αυξημένη αραίωση του νερού που εισάγεται στους ποταμούς μετά από βροχόπτωση ή τήξη του χιονιού έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αλατότητας, η οποία με τη σειρά της μειώνει την αγωγιμότητα των ποταμών. Αντίθετα, το αλάτι που διασκορπίζεται στους δρόμους για την αποτροπή του σχηματισμού πάγου μπορεί να εισέλθει στους ποταμούς και να αυξήσει την αγωγιμότητα (Horne & Goldman et al., 1994). Στην πράξη, η αγωγιμότητα είναι ένας έμμεσος δείκτης της αλατότητας του νερού. Τα ψάρια και τα ζώα που ζουν σε αλατούχα νερά, όπως οι ωκεανοί, μπορούν να προσαρμοστούν και να επιβιώσουν σε τέτοια περιβάλλοντα. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη αλατότητα στις λίμνες λόγω της αυξημένης εξάτμισης ως αποτέλεσμα των υψηλότερων θερμοκρασιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση της υδρόβιας ζωής. Η ρύπανση μπορεί επίσης να αυξήσει την αγωγιμότητα των ποταμών και των λιμνών. Αυτό συμβαίνει επειδή τα βιομηχανικά απόβλητα και τα ανθρώπινα λύματα έχουν υψηλή αγωγιμότητα (Οικονόμου et al., 2006, Αμίλλη et al., 2006).

1.7 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία και το εύρος της στα επιφανειακά ύδατα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην χημική σύσταση του ποταμού αλλά και στην χλωρίδα και την πανίδα του (Σκουλικίδης et al., 1997).

Οι πέστροφες αναπαράγονται στα ψυχρότερα στρώματα των ποταμών, οπότε οι νεαρές πέστροφες προτιμούν τα ψυχρότερα νερά. Η θερμοκρασία του νερού στα ποτάμια επηρεάζεται από τις εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας, όπως οι θερμότερες θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά και άλλοι παράγοντες μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη θερμοκρασία του νερού: α) η απουσία εγκαταστάσεων που παρέχουν σκιά στην άκρη του νερού και χρησιμεύουν για να διατηρούν τη θερμοκρασία του νερού πιο δροσερή, (β) τα ιζήματα απορροφούν ακτίνες θερμότητας και λειτουργούν ως καταβόθρες θερμότητας, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος νερού, (γ) αυξημένη συχνότητα χαμηλών ή χαμηλών ροών σε αποκλίνουσες κοίτες ρεμάτων. Οι ξηρές κοίτες των ποταμών απορροφούν περισσότερη θερμότητα από το νερό και επίσης διατηρούν τη θερμότητα για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Η διαβροχή αυτών των περιοχών μπορεί στη συνέχεια να αυξήσει τεχνητά τη θερμοκρασία του νερού. - Τα ανοιξιάτικα ρέματα είναι λιγότερο εκτεθειμένα στις εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας, οπότε οι θερμοκρασίες του νερού παραμένουν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και είναι πιο δροσερές το καλοκαίρι και πιο θερμές το χειμώνα από τα γύρω ρέματα και άλλα ποτάμια. Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στη στήλη του νερού, γι' αυτό και τα ευαίσθητα είδη (όπως οι κιχλίδες, τα δίπτερα και οι πέστροφες) περιορίζονται σε πιο δροσερά ποτάμια και πλημμυρικά ρέματα. Η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα σε ορισμένες περιοχές, καθώς ενθαρρύνει την ανάπτυξη φυτών και την άνθιση των φυκιών, αυξάνοντας τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών και οδηγώντας σε ανεξέλεγκτο ευτροφισμό. Οποιαδήποτε μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού από το φυσικό του επίπεδο ονομάζεται θερμική ρύπανση. Εκτός από την ανθρωπογενή αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, μπορεί επίσης να επηρεάσει αρνητικά τα υδάτινα οικοσυστήματα. (Malborough District Council et al., 2009).

1.8 Αέρια διαλυμένα στα επιφανειακά νερά του ποταμού (O₂)

Πολλά αέρια είναι υδατοδιαλυτά. Όλα τα ατμοσφαιρικά αέρια είναι υδατοδιαλυτά. Η συγκέντρωση των αερίων στο νερό καθορίζεται από βιολογικές διεργασίες καθώς και από τη διάχυση των αερίων από τον αέρα στο νερό. Το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, ειδικότερα, παίζουν σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση και την αναπνοή. Ως εκ τούτου, διαχέονται στο υδάτινο περιβάλλον μέσω του αέρα και, ανάλογα με τη μερική πίεση, τείνουν να διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, οι αναλογίες στον αέρα και στο νερό δεν

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
είναι οι ίδιες. Για παράδειγμα, στον αέρα η αναλογία του οξυγόνου προς το διοξείδιο του άνθρακα είναι 635:1, ενώ στο καθαρό νερό είναι μικρότερη από 20:1. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το οξυγόνο είναι 31 φορές πιο διαλυτό από το διοξείδιο του άνθρακα. Το άζωτο, το κύριο συστατικό του αέρα, είναι δύο φορές πιο διαλυτό από το οξυγόνο. Η διαλυτότητα των αερίων μειώνεται με τη μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης, οπότε η συγκέντρωση των αερίων στο νερό είναι χαμηλότερη στις ορεινές δεξαμενές από ό,τι στο επίπεδο της θάλασσας, όπου η ατμοσφαιρική πίεση (μονάδα μέτρησης: bar ή atm) είναι 1. Επομένως, η συγκέντρωση των αερίων είναι υψηλότερη στα κρύα, γρήγορα ρέοντα ορεινά ρεύματα. Το οξυγόνο διαχέεται πιο αργά στο νερό απ' ό,τι στον αέρα, οπότε η ομοιόμορφη κατανομή του σε όλη τη μάζα του νερού εξακολουθεί να εξαρτάται από την ανάμιξη του νερού. Ωστόσο, η διαλυτότητά του στο νερό μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, οπότε η αύξηση της θερμοκρασίας προάγει τον μεταβολισμό των οργανισμών και αυξάνει τη ζήτηση οξυγόνου. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι η θερμοκρασία του νερού έχει διπλή επίδραση στην περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο. Όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας στην κατανάλωση οξυγόνου, μπορεί να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των θερμογόνων υδρόβιων οργανισμών, η κατανάλωση οξυγόνου αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ στη δηλητηρίαση ο βαθμός μεταβολισμού μειώνεται ραγδαία (Skoulikidis et al., 2002).

1.9 Βαρέα μέταλλα στα επιφανειακά νερά του ποταμού

Τα βαρέα μέταλλα είναι αόρατοι αλλά σημαντικοί ρύποι για το υδάτινο περιβάλλον λόγω της τοξικότητάς τους. Ο όρος βαρέα μέταλλα αναφέρεται συνήθως σε μέταλλα με ατομικούς αριθμούς μεταξύ 21 (σκάνδιο Sc) και 84 (πολώνιο, Po), ή με άλλους όρους, μέταλλα με μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το σίδηρο (Fe). Εκτός από τα μέταλλα που είναι χρήσιμα στον οργανισμό μας σε πολύ μικρές ποσότητες ως ιχνοστοιχεία, τα περισσότερα βαρέα μέταλλα είναι τοξικά σε υψηλές συγκεντρώσεις και αποτελούν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία. Τα βαρέα μέταλλα θεωρούνται από τους πιο επικίνδυνους περιβαλλοντικούς ρύπους, διότι, σε αντίθεση με τις οργανικές τοξικές ουσίες, δεν αποσυντίθενται και παραμένουν και συσσωρεύονται στο περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα τελευταία χρόνια, οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα αυξάνονται σταθερά. Οι πηγές ρύπανσης των υδάτινων πόρων δεν οφείλονται μόνο σε φυσικά φαινόμενα, αλλά και σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Αποτίθενται συνήθως στον πυθμένα ποταμών, θαλασσών και λιμνών μαζί με άλλα ιζήματα. Μελέτες στη Μεσόγειο έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι περισσότερα από τα μισά βαρέα μέταλλα στη

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Μεσόγειο (π.χ. υδράργυρος, χρώμιο, μόλυβδος και ψευδάργυρος), μαζί με φυτοφάρμακα και ραδιενεργές ουσίες, δεν πηγάζουν από ανθρώπινες δραστηριότητες στη λεκάνη της Μεσογείου, αλλά μεταφέρονται από λεκάνες ποταμών πολύ πιο μακριά (UNEP et al., 1989).

Τα ποτάμια που ρέουν μέσα από βιομηχανικές περιοχές και δέχονται απόβλητα αποτελούν αγωγό για τη μεταφορά μετάλλων από τις βιομηχανικές περιοχές στη θάλασσα. Μελέτες στα ύδατα από τα οποία διέρχεται ο Ασωπός ποταμός (Aggelidis et al. 1996, Αιουριπίδης et al. 1996) έχουν διαπιστώσει υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων που σχετίζονται με βιομηχανικές δραστηριότητες στην περιοχή. Ορισμένες μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων είναι απαραίτητες για τους ζωντανούς οργανισμούς. Εάν υπάρχει παραπάνω των απαραίτητων βαρέων μετάλλων, η περιεκτικότητά τους στον οργανισμό ρυθμίζεται από μηχανισμούς ελέγχου. Στον άνθρωπο, η τοξικότητα είναι παρόμοια για όλα τα βαρέα μέταλλα και δεν μπορούν να αποβληθούν από τον οργανισμό μόλις φτάσουν στο στομάχι. Η απορρόφησή τους προκαλεί (Fityanos et al., 1988, Samanidou et al., 1988):

- Εκφύλιση της καρδιάς, των κυττάρων, των ερυθρών αιμοσφαιρίων, του ήπατος και μερικές φορές του περιφερικού και κεντρικού νευρικού συστήματος.
- Βλάβη στα νεφρά και το παχύ έντερο.
- Καρκινογένεση, μετάλλαξη του γενετικού υλικού και επιδράσεις στη δραστηριότητα των ορμονών και των ενζύμων

Πολλά βαρέα μέταλλα δεν παραμένουν διαλυμένα στο νερό για μεγάλα χρονικά διαστήματα και υπάρχουν κυρίως ως αιωρούμενα κolloειδή, προσροφημένα σε οργανική ύλη και αργίλους ή απορροφημένα από τις ρίζες των υδρόβιων φυτών. Το φυτοπλαγκτόν και τα υδρόβια φυτά συγκεντρώνουν επιλεκτικά τα βαρέα μέταλλα στους ιστούς τους, οπότε η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο νερό μειώνεται εποχιακά και η διαλυτότητά τους αυξάνεται κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των φυτών (Τσιούρης κ.α 1999).

1.10 Ευτροφισμός

Οι εισροές θρεπτικών συστατικών, ιδίως αζώτου και φωσφόρου, μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα υδατορεύματα, προκαλώντας αλλαγές στο υδάτινο οικοσύστημα. Ο ευτροφισμός είναι μια σύνθετη διαδικασία που συμβαίνει σε γλυκά και θαλάσσια ύδατα,

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023

όπου ο πολλαπλασιασμός ορισμένων ειδών φυκών μπορεί να διαταράξει τα υδάτινα οικοσυστήματα και να αποτελέσει απειλή για την υγεία των ζώων και του ανθρώπου. Η κύρια αιτία του ευτροφισμού είναι οι αυξημένες συγκεντρώσεις φυτικών θρεπτικών συστατικών λόγω της γεωργίας και της επεξεργασίας λυμάτων (WHO 2002) Συγκεκριμένα, ο "ευτροφισμός" αναφέρεται στον εμπλουτισμό των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, ιδίως με ενώσεις που περιλαμβάνουν άζωτο και φώσφορο, προκαλώντας ανεπιθύμητες διαταραχές στην ισορροπία της υδρόβιας ζωής και στην ποιότητα του εν λόγω νερού, οδηγώντας σε υψηλότερες μορφές Ορίζεται ως η επιταχυνόμενη ανάπτυξη των φυκών εις βάρος της φυτικής ζωής (WHO 2002). Η κύρια αιτία του ευτροφισμού είναι η εισαγωγή μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών ουσιών σε ένα υδάτινο σώμα, η οποία οδηγεί σε ανισορροπία στην τροφική αλυσίδα, με αποτέλεσμα μεγάλες ανθίσεις φυτοπλαγκτού σε στρωματοποιημένα υδάτινα σώματα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες ανθίσεις φυκιών. Αυξάνεται επίσης η κατανάλωση οξυγόνου στον πυθμένα. Οι πρόσθετοι παράγοντες που υποστηρίζουν αυτή τη διαδικασία μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν σχετίζονται με τη διασπορά των θρεπτικών συστατικών και την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού ή με τον κύκλο του οξυγόνου (π.χ. παραμονή, φως και κίνηση του νερού) κοντά στον πυθμένα του υδάτινου σώματος (WHO 2002). Τα τελευταία 40 χρόνια πολλά από τα ποτάμια του κόσμου έχουν γίνει ευτροφικά. Υπολογίζεται ότι περίπου το 70% του συνολικού αζώτου στα εσωτερικά ύδατα προέρχεται από διάχυτες πηγές, όπως η απορροή καλλιεργειών (γεωργία), τα ιζήματα και τα οικιακά απόβλητα, ενώ το 43% του διαλυτού ενεργού φωσφόρου (PAP) προέρχεται από τη γεωργία, το 24% από τα οικιακά/ανθρώπινα λύματα και το 19% από τα βιομηχανικά απορρυπαντικά (Parr and Mason et al., 2003) και τα ορυκτά καύσιμα (από την καύση καυσίμων). (από την καύση καυσίμων). Οι εκπομπές οξειδίου του αζώτου αυξάνουν την ατμοσφαιρική εναπόθεση αζώτου στα εδάφη και τα υδάτινα σώματα, συμβάλλοντας στον ευτροφισμό και την οξείδωση των εδαφών και των υδάτινων σωμάτων (Elofsson et al., 2003). Ο υπερεμπλουτισμός των υδάτινων σωμάτων με θρεπτικά συστατικά είναι πιθανό να αυξηθεί τις επόμενες δεκαετίες. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ, ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί κατά 30% έως το 2030. Αυτή η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού θα απαιτήσει επέκταση της παραγωγής τροφίμων. Στην προηγούμενη ιστορία της ανθρωπότητας, η αύξηση της παραγωγής τροφίμων επιτυγχανόταν με τη μεγιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής. Για παράδειγμα, τα τελευταία 40 χρόνια, η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων έχει οκταπλασιαστεί, ενώ οι αποδόσεις ανά εκτάριο ρυζιού και σιταριού έχουν διπλασιαστεί (Elofsson et al., 2003). Οι αλλαγές στις γεωργικές πρακτικές (π.χ. αυξημένη χρήση συνθετικών λιπασμάτων, μετάβαση σε φθινοπωρινές καλλιέργειες, καλλιέργεια μόνιμων βοσκοτόπων) οδήγησαν σε

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023

εξαπλασιασμό των επιπέδων αζώτου σε πολλά πεδινά υδατορεύματα, ενώ η έκπλυση φωσφόρου έγινε εντονότερη στα βαριά λιπασμένα εδάφη (Parr and Mason et al., 2003). Ο ευτροφισμός μεταβάλλει τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών στο νερό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα από τα τρία βασικά θρεπτικά συστατικά (C, N και P) είναι απολύτως απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής των υδάτινων οικοσυστημάτων και δεν είναι πλέον διαθέσιμο για την ανάπτυξη των φυκών. Το συστατικό αυτό είναι γνωστό ως περιοριστικός παράγοντας. Η αναλογία των ενώσεων αζώτου και φωσφόρου σε ένα υδάτινο σώμα είναι σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό του ποια από τις δύο συνιστώσες είναι ο περιοριστικός παράγοντας, δηλαδή ποια πρέπει να μειωθεί για να μειωθεί η βλάστηση των φυκών. Εκτός από την εισροή θρεπτικών συστατικών, η πρώτη συνθήκη που υποστηρίζει τον ευτροφισμό είναι καθαρά φυσική και είναι ο χρόνος παραμονής του νερού (χρόνος αναπλήρωσης). Άλλοι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον ευτροφισμό των υδάτινων σωμάτων περιλαμβάνουν τη θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση σε μόνιμα υδάτινα σώματα όπως οι λίμνες και οι ταμιευτήρες, τη θερμοκρασία και την ανθοφορία των φυκών που προκαλείται από το φως. Οι συνθήκες αυξημένου φωτός και θερμοκρασίας την άνοιξη και το καλοκαίρι εξηγούν σε μεγάλο βαθμό τον ευτροφισμό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια αυτών των εποχών. Ο ίδιος ο ευτροφισμός επηρεάζει τη μεταφορά του φωτός στα υδάτινα σώματα μέσω της σκίασης που προκαλείται από τα φύκια και άλλες προσμίξεις. Το φαινόμενο αυτό μειώνει τη φωτοσύνθεση στα βαθύτερα στρώματα, μειώνοντας την ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών που τα κατοικούν (WHO 2002).

1.2.1 Γεωγραφική τοποθέτηση

Η Περιφέρεια Πελοποννήσου είναι μια κατεχοχόν ορεινή και ημιορεινή περιοχή, με αξιόλογες πεδινές περιοχές. Λόγω της διώρυγας της Κορίνθου, η Πελοπόννησος χωρίζεται από την ηπειρωτική Ελλάδα και θεωρείται συνήθως ως ανθρωπογενές νησί. Το ψηλότερο βουνό της Περιφέρειας Πελοποννήσου είναι ο Ταΰγετος, με υψόμετρο 2.405 m. Το βόρειο τμήμα του βουνού ξεκινά από τις περιοχές Μεγαλόπολη και Φαλήσια, ενώ καταλήγει νότια στη χερσόνησο της Μάνης. Το δεύτερο ψηλότερο βουνό, η Κυλλήνη (Ζήρεια), με κορυφή 2.374 m, βρίσκεται στη δυτική Κόρινθο, κοντά στα σύνορα Αχαΐας και Αρκαδίας. Άλλα σημαντικά βουνά είναι ο Μαίναλος (1.981 m.), ο Πάρνωνας (1.934 m.), το Αρτεμίσιο (1.771 m.), ο Κτενιάς (1.634 m) ο Αραχναίος (1.199 m.), ο Φαρμακάς (1.616 m.), ο Ολίγυρτος (1.935 m.), και το Αφροδίσιο (1445 m.) Η Αργολική

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
πεδιάδα, η Μεσσηνιακή πεδιάδα, η Λακωνική και η Κορινθιακή πεδιάδα είναι όλες σημαντικές για την περιοχή. Η Περιφέρεια είναι η γενέτειρα πολλών από τους σημαντικούς ποταμούς που διαρρέουν την Πελοπόννησο. Παρόλα αυτά, λίγα ποτάμια έχουν σταθερή ροή νερού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ο Αλφειός ποταμός, που πηγάζει από την περιοχή της Μεγαλόπολης, και ο Λάδωνας ποταμός, που συνορεύει με την Αχαΐα και πηγάζει από την Αροανία, τον Ερύμανθο και τον Αφροδίσιο, είναι μεταξύ αυτών των ποταμών. Ο ποταμός Ευρώτας προέρχεται από την περιοχή της Σκυρίτιδας, ενώ οι ποταμοί Πάμισος και Ίναχος πηγάζουν από το Λύκαιο όρος (ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ κ.α 2022)

1.2.2 Κλίμα

Το κλίμα της Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται γενικά από μεσογειακό κλίμα. Δηλαδή, ήπιοι και βροχεροί χειμώνες στα δυτικά και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια με πολλές ώρες ηλιοφάνειας. Στις πεδιάδες, τις παράκτιες περιοχές, τις πεδιάδες και τις χαμηλότερες ορεινές πλαγιές της Πελοποννήσου, το κλίμα είναι τυπικά μεσογειακό. Τα καλοκαίρια είναι μακρά, από τα τέλη Μαΐου μέχρι τις αρχές Οκτωβρίου, και είναι πολύ ζεστά και ξηρά- ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι πολύ ζεστοί και ξηροί, με θερμοκρασίες που φτάνουν τους 40°C ορισμένες ημέρες. Το φθινόπωρο διαρκεί περίπου από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τον Δεκέμβριο. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι θερμοκρασίες πέφτουν και οι ηλιόλουστες και οι συννεφιασμένες ημέρες εναλλάσσονται, με μόνο περιστασιακές βροχοπτώσεις στις ανατολικές περιοχές. Οι βροχοπτώσεις είναι πολύ πιο συχνές στο δυτικό τμήμα της Πελοποννήσου από ό,τι στο ανατολικό τμήμα. Ο χειμώνας αρχίζει στα τέλη Δεκεμβρίου και διαρκεί μέχρι τα τέλη Μαρτίου περίπου. Πληροφορίες για τις εποχές δίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα και στον πίνακα. Η άνοιξη αρχίζει στα μέσα Μαρτίου και διαρκεί περίπου μέχρι τα τέλη Μαρτίου Μάιος Χαρακτηρίζεται από χαμηλές βροχοπτώσεις, ηλιόλουστες ημέρες και ήπιες θερμοκρασίες. Στη δυτική Ιαπωνία, οι ανοιξιότικες βροχοπτώσεις είναι πιο συχνές. Στα μεσαία υψόμετρα (800-1600 m.), το καλοκαίρι είναι ζεστό και ήπιο, με περιστασιακές βροχοπτώσεις. Το φθινόπωρο αρχίζει στα τέλη Σεπτεμβρίου και είναι αρκετά ψυχρό με έντονες βροχοπτώσεις. Ο χειμώνας τελειώνει στα τέλη Μαρτίου, με το χιόνι να καλύπτει το έδαφος για τουλάχιστον δύο μήνες στην αλπική υποαλπική ζώνη (υψόμετρο 1.600-2.000 m). Η άνοιξη αργεί, ξεκινώντας στα τέλη Μαΐου, και το φθινόπωρο στις αρχές Σεπτεμβρίου. Στην αλπική ζώνη (υψόμετρο άνω των 2.000 m.) δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου καλοκαίρι- ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι ανοιξιότικοι μήνες. Οι θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν ξεπερνούν συνήθως

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
τους 30°C και οι νύχτες μπορεί να είναι αρκετά κρύες. Ο χειμώνας είναι από τον Δεκέμβριο έως τον Απρίλιο, όταν το έδαφος καλύπτεται από χιόνι για τουλάχιστον τρεις μήνες (ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ κ.α 2022).

1.2.3 Γεωλογία - Υδρολογία

Η περιοχή της Πελοποννήσου αποτελείται από αλπικές ζώνες, όπως η Ιόνιος, η Τρίπολη, η Πίνδος και η Πελαγονική, καθώς και από ορεινές και ανατολικές σειρές φυλλιτών-καραζιτών, επίσης από τις δυτικές και ανατολικές παράκτιες λεκάνες της Κορινθιακής Ακτής (Πύλος, Κυπαρισσία, Καρού Νερό και Νέδα, Πορτοκέριο, Μοραί, Νεάπολη, Άστρος κ.λπ.) από σύγχρονες τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις που καλύπτουν μικρές τεκτονικές βυθίσεις. Οι ανατολικές παράκτιες λεκάνες της κορινθιακής ακτής (Πύλος, Κυπαρισσία, Καλό Νερό, Νέδα, Πορτοκέριο, Μοραί, Νεάπολη, Άστρος κ.ά.) και οι σημαντικότερες λεκάνες της Τρίπολης, της Μεγαλόπολης, της Καλαμάτας, της Μεσσηνίας, της Αργολικής πεδιάδας και του Ευρώτα. Αυτοί οι σχηματισμοί, ιδίως οι αλπικοί, έχουν επηρεαστεί από επαναλαμβανόμενα τεκτονικά γεγονότα, με πτυχώσεις και θραύσεις των σχηματισμών και πιο εκτεταμένες κινήσεις ζωνών, συνήθως της ζώνης της Πίνδου που προσκρούει στη ζώνη της Τρίπολης. Οι ισχυρές τεκτονικές τάσεις στους ανθρακικούς σχηματισμούς και η εναλλαγή διαπερατών και αδιαπέρατων ζωνών λόγω της έκπλυσης συνέβαλαν στη δημιουργία καινούργιων υδρογεωλογικών συστημάτων και λεκανών. Σε πολλές περιπτώσεις, τα κύρια ποτάμια και ρέματα της περιοχής ρέουν κατά μήκος αυτών των τεκτονικών ρηγμάτων. Οι καρστικές γεωμορφές σχηματίζονται από ασβεστόλιθο. Οι καρστικές γεωμορφές σχηματίζονται σε ασβεστόλιθο και είτε εκφορτίζονται μέσω μεγάλων και μικρών πηγών εντός της ίδιας λεκάνης είτε μεταφέρονται υπόγεια σε γειτονικές λεκάνες σε διάφορα υπόμετρα, τροφοδοτώντας και στις δύο περιπτώσεις μεγάλες ποτάμιες ροές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μπορούν επίσης να εκβάλλουν απευθείας στη θάλασσα, όπου τα τεχνικά προβλήματα της φυσικής υφαλμύρωσης και της υφαλμύρωσης των παράκτιων/θαλάσσιων εκφορτώσεων καθιστούν δύσκολη την αξιοποίηση αυτών των συστημάτων. Συγκεκριμένα, τα περισσότερα από τα σημαντικότερα καρστικά συστήματα στις λεκάνες απορροής των ποταμών Αλφειού, Πάμισου-Νέδρων-Νέντα εκβάλλουν εντός της λεκάνης, με εξαίρεση τα συστήματα Καϊάφα, Δυτικού Ταυγέτου, Κορώνης και Κυνηγού Πυλίας, τα οποία εκβάλλουν απευθείας στη θάλασσα. Σε ορισμένα τμήματα, οι ασβεστόλιθοι που αναπτύσσονται εκεί μεταφέρουν επίσης υπόγεια ιζηματογενή ύδατα σε γειτονικές λεκάνες (π.χ. τα καρστικά συστήματα του Αλφειού, του Αγίου Φλώρου-Πεδίμου και του Διαβολιτίου- Ν.Φιγαριάς στα νότια). Στο όρος Ζήλεια, η υδρολογία των

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023

ασβεστολίθων Τρίπολης και Πίνδου είναι ομοιόμορφη, εκφορτίζεται κυρίως στη Στιμφαλία-Κεφαλάρι και μεταναστεύει υπόγεια μέσω καταβόθρων προς τον Αργολικό κόλπο. Υπόγεια ύδατα εκβάλλουν επίσης στον Αργολικό κόλπο από τις μικρές κλειστές λεκάνες της Αλέας και της Σκοτεινής και τις αντίστοιχες καταβόθρες τους. Ομοίως, τα κύρια καρστικά συστήματα των λεκανών του οροπεδίου της Τρίπολης είναι κυρίως υποθαλάσσια κατά μήκος των παράκτιων πεδινών περιοχών (Κεφαλόβρυσο, Λέρνη) ή του Αργολικού προς τον Αργολικό κόλπο (GR31), και ορισμένα από αυτά (σύστημα Κανδήλας) στη λεκάνη του Αλφειού (GR29) προς τη λεκάνη και απορρίπτονται από αυτήν (ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ κ.α 2022, κέντρο έρευνας φυσικής της ατμόσφαιρας και κλιματολογίας). Τα κυριότερα καρστικά συστήματα στη λεκάνη του Αργολικού ποταμού εκβάλλουν στις παράκτιες πεδινές περιοχές (Κεφαλόβρυσο, Λέρνη) ή κυρίως στον πυθμένα κατά μήκος του Αργολικού κόλπου, του Σαρωνικού κόλπου και της θάλασσας Μιλούτου. Σημαντικοί υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες έχουν αναπτυχθεί σε κοκκώδη συστήματα σύγχρονων και νεογενών ιζημάτων στους πεδινούς λόφους και στις πεδινές περιοχές. Η εναλλαγή ανδρομελικού και λεπτότερου υλικού στα συστήματα αυτά έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη υπόγειων υδροφορέων υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση σε βάθος και πηγάδια στις πεδινές περιοχές. Οι επιμέρους υδροφόροι ορίζοντες (νερό πηγής, υπό πίεση νερό) δεν μπορούν να διαχωριστούν σαφώς και είναι αλληλοεξαρτώμενοι και συνεπώς αντιμετωπίζονται ως ένα ενιαίο σύστημα υδροφόρων οριζόντων. Τέτοια κοκκώδη συστήματα αναπτύσσονται στη δυτική ζώνη προς τη θάλασσα, στις λεκάνες της Μεγαλόπολης, της Τρίπολης και της Κανδήλας, και στις πεδινές ζώνες της Καλαμάτας, της Μεσσήνης Παμίσου, της Άνω Μεσσηνίας, του Ευρώτα και της αργολικής πεδιάδας. Η φύση των υδροφορέων με εναλλασσόμενους κοκκώδεις σχηματισμούς (υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση) καθιστά συχνά πολύ δύσκολη τη φυσική αναπλήρωση των υπόγειων αποθεμάτων σε περίπτωση υπερεκμετάλλευσης. Στο παρελθόν, υψηλοί ρυθμοί ροής μπορούσαν εύκολα να αντληθούν από παράκτιους υδροφορείς χωρίς να ληφθεί υπόψη και να ελεγχθεί η εξισορρόπηση του συστήματος, με αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση, η οποία συχνά οδηγούσε σε θαλάσσιες πλημμύρες και συνθήκες υφαλμύρωσης. Οι πλούσιοι υπόγειοι υδροφορείς των κοκκωδών αποθέσεων έχουν υψηλές συγκεντρώσεις Fe, Mn και άλλων ιχνοστοιχείων φυσικής προέλευσης, κυρίως λόγω της συμμετοχής των ιόντων αυτών στα ιζήματα που δημιουργήθηκαν από τη διάβρωση των ιζημάτων της ζώνης της Πίνδου. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών (NO_3^-) εντοπίζονται επίσης στα κοκκώδη συστήματα στη γεώτρηση, αλλά αυτό οφείλεται στη λίπανση από την εντατική γεωργία και, σε ορισμένες περιπτώσεις, στην επεξεργασία ανεπεξέργαστων λυμάτων. Τέλος, στα συστήματα ρωγμών αναπτύσσονται υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες στις τεκτονικές ζώνες των σχηματισμών του φυλλίτη και του καλαζίτη και στον σχηματισμό του

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
φυλλίτη. Τοπικά σημαντικές φλέβες υπόγειων υδάτων έχουν επίσης αναπτυχθεί στον αποσαθρωμένο μανδύα των προαναφερθέντων σχηματισμών και στους σχηματισμούς του Τυρόλιου. Τα στρώματα μαρμάρου φυλλίτη-χαλαζίτη παίζουν ιδιαίτερο ρόλο σε αυτούς τους υδροφόρους ορίζοντες (ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ κ.α 2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρεται στα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και στη μεθοδολογία για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2.1 Συλλογή δεδομένων

Περίληπτικά, η μεθοδολογία της διπλωματικής άρχισε με την συλλογή της απαιτούμενης βιβλιογραφίας, για τη γραφή διπλωματικής εργασίας, αλλά και όλων των στοιχείων της περιοχής έρευνας που κρίθηκαν αναγκαία ώστε να κάνουν την εργασία λειτουργική. Έπειτα σύμφωνα με αρχείο δειγματοληψιών που έχουν ληφθεί από την βάση δεδομένων του υπουργείου ΥΠΕΚΑ χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών. Τέλος, για την συζήτηση των αποτελεσμάτων, κρίθηκε αναγκαία η αναζήτηση και η καταγραφή προηγούμενων ερευνών με σκοπό την επαλήθευση και την διασταύρωση των ευρημάτων της παρούσας έρευνας, προκειμένου να διεξαχθούν τελικά συμπεράσματα.

2.2 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Για την στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν, απαιτήθηκε η χρήση του προγράμματος επεξεργασίας δεδομένων (Microsoft® Excel), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κατανομή των παραμέτρων με βάση την χρονική αλλά και εποχιακή περίοδο αλλά και την δημιουργία διαγραμμάτων. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των Μ.Ο (μέσων όρων) των παραμέτρων μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου αλλά και για την επίλυση εξισώσεων.

2.3 Χωρική επεξεργασία δεδομένων

Για την χωρική επεξεργασία των δεδομένων και τη δημιουργία θεματικών ψηφιακών χαρτών με υπομνήματα στις αντίστοιχες γεωγραφικές θέσεις, την κατανομή τους στο χάρτη και την σύγκριση τους για τις διάφορες παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS) ArcGIS® 10.8 (ESRI). Θα παρουσιαστούν παρακάτω για όλα τα στοιχεία με όρια που έχουν παρθεί σύμφωνα με τους πίνακες. Οι χάρτες αφορούν όλους τους ποταμούς για όλες τις θέσεις δειγματοληψίας που

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
αναφέρθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου. Στους χάρτες με spots το μπλέ χρώμα αναπαριστά μηδενική συγκέντρωση, το πράσινο την συγκέντρωση (High), το κίτρινο την (Good), το πορτοκαλί την (Moderate) και το κόκκινο την (Poor) όπως αναφέρετε και στον Πίνακα 2 σύμφωνα με τις κλάσεις ποιότητας νερού του δείκτη HWQI με βάση τα θρεπτικά συστατικά. Έπειτα στους χάρτες που παρουσιάζονται με bar/column το μπλέ χρώμα αφορά την υγρή περίοδο και το μπεζ την ξηρή περίοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων και συζήτηση των ευρημάτων της παρούσας διατριβής σε σχέση με τη διεθνή βιβλιογραφία και έρευνα. Τα δεδομένα της έρευνας αντλήθηκαν από το ΥΠΕΚΑ για τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τις χρονιές 1996, 1997 και 1998 και αφορούν τα παρακάτω γεωγραφικά σημεία, τα οποία συνοδεύονται από σημεία (Χ,Υ) . Πιο συγκεκριμένα είναι τα εξής σημεία των παρακάτω ποταμών : Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου, Αλφειός εκβολές, Αλφειός ανάντη εκβολής βιομ. αποβλήτων ΔΕΗ, Αλφειός κατάντη τεχνητής λίμνης Λάδωνα, Πάμισος ανάντη, Πάμισος εκβολές, Νέδας εκβολές, Πηνειός έξοδος τεχνητής λίμνης, Πηνειός ανάντη εκβολής ρέματος Μαργαρίτας, Πηνειός εκβολές, Πείρος ανάντη, Πείρος εκβολές, Σελινούς 200 m προ εκβολών, Ασωπός - έξοδος λίμνης Στυμφαλίας, Ασωπός εκβολές, Βουραϊκός ανάντη γέφυρας εκβολών, Γλαύκος εκβολές, Μεγανίτης κατάντη γέφυρας Κουνινιώτη. Για κάθε ποιοτική παράμετρο θα αναφερθούμε στα σημεία που παρουσιάζουν περισσότερο ενδιαφέρον.

3.2 Φωσφορικά P_2O_5

Οι οργανισμοί απαιτούν μικρές ποσότητες φωσφόρου, αλλά είναι απαραίτητος για όλες τις μορφές ζωής. Οι οργανικές μορφές φωσφόρου διασπώνται από τους μικροοργανισμούς σε διαλυτά φωσφορικά άλατα (PO_4 , P_2O_5). Απορροφώνται και επεξεργάζονται ταχέως από τους ζωντανούς οργανισμούς και συμμετέχουν σε διάφορους βιολογικούς μεταβολισμούς, αποτελώντας τελικά ολικό φωσφορικό άλας, το οποίο υπάρχει σε πολύ μικρές ποσότητες στο νερό.

Στη φύση, ο φώσφορος υπάρχει σε ποτάμια και ρέματα σε περιορισμένες συγκεντρώσεις. Η φυσική παραγωγή φωσφορικών αλάτων είναι πολύ χαμηλή. Παράγεται κυρίως από τις βροχοπτώσεις και τη διάβρωση των φωσφορούχων πετρωμάτων (π.χ. απατίτη) (Prigge and Tissler et al., 1997). Το φωσφορικό άλας, όπως και τα νιτρικά, ταξινομείται ως "θρεπτικό συστατικό" και αποτελεί σημαντικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτών.

Ως αποτέλεσμα, μέρος του φωσφόρου συσσωρεύεται ως ίζημα. Εάν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, αυτά τα χημικά σύμπλοκα μπορούν να μετατραπούν σε πιο διαλυτά σύμπλοκα. Επομένως, κατά τη διάρκεια μιας ιλύος που στερεΐται οξυγόνου παράγει έως και 1000

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023

φορές περισσότερο φωσφορικό άλας από ό,τι όταν τροφοδοτείται καλά με οξυγόνο (Withers et al., 2014). Ο κύκλος του φωσφόρου είναι απλούστερος από τον κύκλο του αζώτου, καθώς εμφανίζεται σε λιγότερες μορφές. Όπως και το άζωτο, ο φώσφορος είναι παρών στα φύκη, τα απορρίμματα και άλλα οργανικά υλικά και ιζήματα. Σε αντίθεση με το άζωτο, ο ανόργανος φώσφορος μπορεί επίσης να είναι παρών ως στερεά (Garellick and Jones et al., 2009). Ο φώσφορος είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για τα φυτά και τα ζώα. Ωστόσο, η υπερβολική ποσότητα φωσφόρου στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να προκαλέσει εκρηκτική ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών και των φυκών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ποικίλα προβλήματα ποιότητας των υδάτων, όπως χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν θανάτους ψαριών και να βλάψουν άλλη υδρόβια ζωή. Τα ποτάμια συνδέουν το χερσαίο τοπίο μας με τις λίμνες, τους ταμιευτήρες και τα παράκτια περιβάλλοντα κατάντη. Οι υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου και η συναφής υποβάθμιση της ποιότητας του νερού αποτελούν βασική ανησυχία για την ποιότητα του νερού σε πολλά ποτάμια και ρέματα της χώρας μας (Pimentel et al., 2004)

3.2.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας

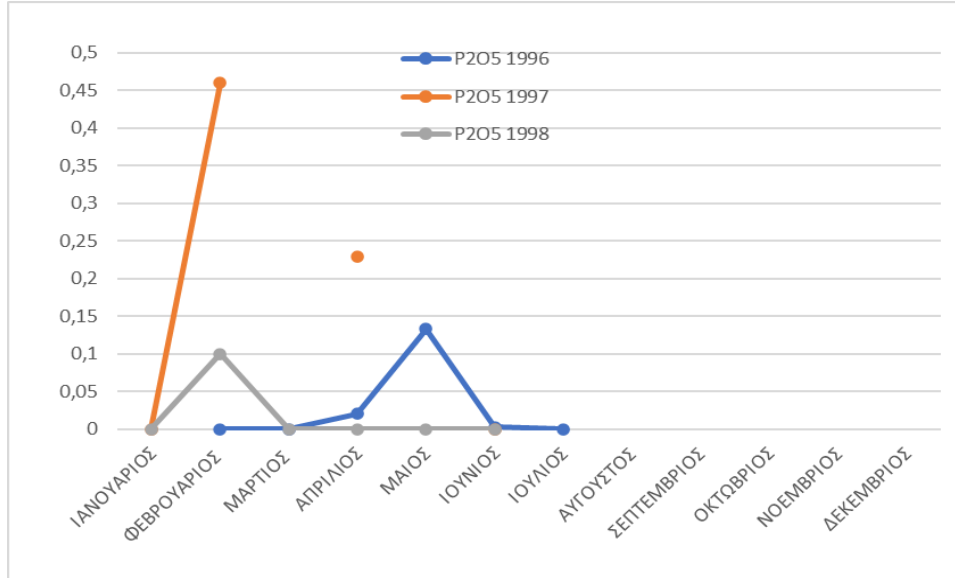
Σύμφωνα με τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν μέσω του προγράμματος Excel και τα όρια διεθνούς νομοθεσίας για το φώσφορο θα αναλυθούν την χρονική και εποχιακή κατανομή και θα σχολιάστούν τα διαγράμματα.

Στο πόσιμο νερό, οι ανώτερες επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα φωσφορικά δίδονται στον Πίνακα 1:

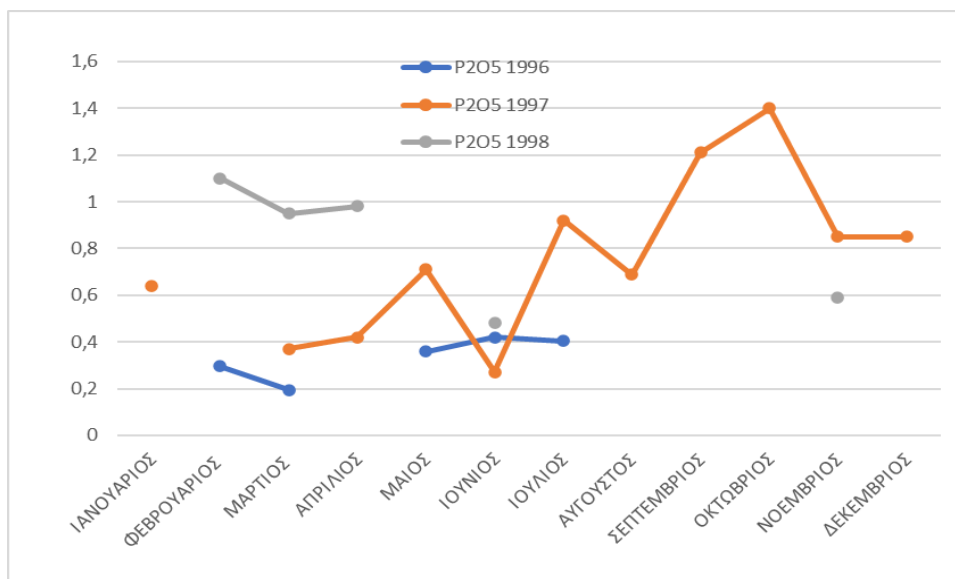
Πίνακας 1 Ανώτερες επιτρεπτές τιμές (mg/l) σύμφωνα με την Ε.Ε.(Υγειονομ. διάταξη αρ. Α5/288/23-1-86, βασισμένη στην 80/778/17-7-80 οδηγία της ΕΟΚ).

Στοιχείο/παραμέτρος	P₂O₅
Ανώτερες τιμές	5
Ενδεικτικές τιμές	0.4

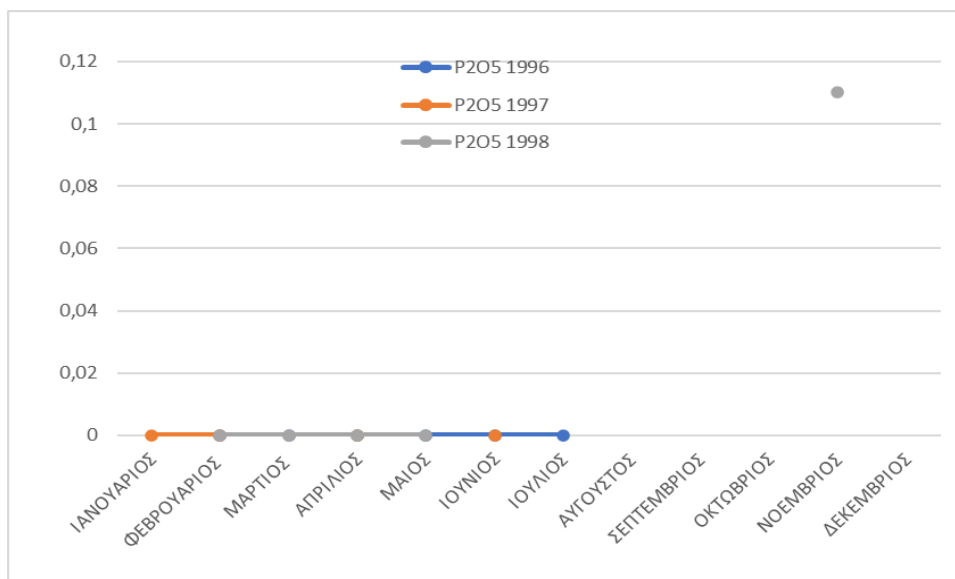
Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023



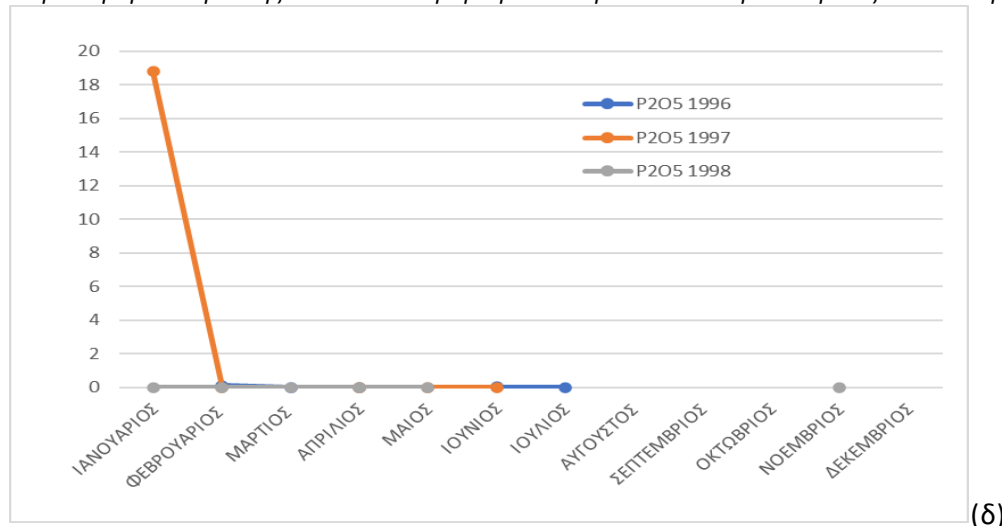
(α)



(β)



(γ)



Εικόνα 3 Κατανομή P₂O₅ (mg/l) για τα έτη 1996,1997,1998 στο νερό: (α) Σελινούς 200 m προ εκβολών, (β) Πείρος ανάντη, (γ) Ασωπός εκβολές, και (δ) Νέδας εκβολές.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται τέσσερα διαγράμματα που αναφέρονται σε τέσσερα συγκεκριμένα σημεία στα οποία έγιναν δειγματοληψίες ανά διαφορετικούς μήνες τον κάθε χρόνο από τους τρεις. Το χρώμα της κάθε γραμμής του διαγράμματος αφορά διαφορετικό χρόνο όπως φαίνεται και στο υπόμνημα. Όπως φαίνεται οι τιμές διαφέρουν πολύ λόγω της διαφορετικής γεωγραφικής θέσης αλλά και λόγω των εποχιακών αλλαγών και αυτό μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως η βιομηχανική ρύπανση και οι φυσικές διεργασίες που απελευθερώνουν φώσφορο ή παράγωγα του. Παρατηρούνται την υγρή περίοδο υψηλότερες τιμές, και είναι λογικό διότι λαμβάνουν χώρα περισσότερες βροχοπτώσεις άρα μεγαλύτερη ροή και παροχή στους ποταμούς με αποτέλεσμα να ελευθερώνονται περισσότερα στοιχεία και σε μεγαλύτερη ποσότητα λόγω της διάβρωσης πετρωμάτων κ.α.

Στο διάγραμμα (α) που αφορά τον Σελινούς ποταμό 200 m προ εκβολών παρατηρούνται αρκετές διακυμάνσεις ανά τα έτη δειγματοληψίας. Σύμφωνα όμως με τον Πίνακα 1 βρίσκεται μέσα στα όρια πόσιμου νερού. Άρα ικανοποιεί τα όρια για τις ανώτερες επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αναφορά τα φωσφορικά με μέγιστη τιμή τα 0,45 mg/l τον Φεβρουάριο του 1998.

Έπειτα στο διάγραμμα (β) που αφορά τον ποταμό Πείρο απεικονίζονται εποχιακές και χρονικές διακυμάνσεις. Το έτος 1997 μήνα Οκτώβριο η τιμή αγγίζει το 1,4mg/l το οποίο υπερβαίνει την ενδεικτική τιμή αλλά είναι κάτω της μέγιστης τιμής όπως αναφέρεται και στον Πίνακα 1 για τις επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης φωσφορικών σε πόσιμο νερό.

Τα δύο επόμενα διαγράμματα (γ) και (δ) από την Εικόνα 3 αφορούν τους ποταμούς Ασωπός και Νέδας στις εκβολές τους όπου φαίνεται μια υψηλή συγκέντρωση φωσφορικού πεντοξειδίου 18,8 mg/l τον Ιανουάριο του 1997 στον ποταμό Νέδα όπου ξεπερνά σε μεγάλο βαθμό τις επιτρεπτές ανώτερες τιμές για πόσιμο νερό της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ενώ για τους υπόλοιπους μήνες όπως είναι φυσιολογικό η συγκέντρωση είναι μηδενική διότι ο φώσφορος είναι ένα στοιχείο το οποίο είναι αρκετά σπάνιο στη φύση αλλά και στα ποτάμια νερά. Η συγκέντρωση των φωσφορικών στα επιφανειακά νερά μπορεί να διαφέρει μεταξύ της υγρής και της ξηρής περιόδου λόγω των διαφορών στην ποσότητα του νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Κατά την υγρή περίοδο του έτους, η ποσότητα του νερού στην επιφάνεια του εδάφους αυξάνεται και ως εκ τούτου αυξάνεται και η συγκέντρωση των φωσφορικών. Αντίθετα, στην ξηρή περίοδο του έτους η ποσότητα του νερού στην επιφάνεια του εδάφους μειώνεται και ως εκ τούτου μειώνεται και η συγκέντρωση των φωσφορικών. Συνολικά, οι διακυμάνσεις στη συγκέντρωση των φωσφορικών μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως οι καιρικές συνθήκες, οι αυξομειώσεις της στάθμης του νερού και η οργανική ύλη στο έδαφος (Prigge and Tissler et al., 1999). Οι έρευνες στους ποταμούς Αλφειό και Πηνειό στην Πελοπόννησο μεταξύ 1998 και 2000 έδωσαν τιμές που κυμαίνονταν από 0,05 mg/l έως 1,2 mg/l, με την πλειονότητα των τιμών να είναι ίσες με 0,1 mg/l. Ομοίως, οι έρευνες στον άνακτη του ποταμού Αλιάκμονα μεταξύ Ιουλίου 1996 και Μαρτίου 1997 έδωσαν τιμές που κυμαίνονταν από 0,06 mg/l έως 0,985 mg/l, με τις περισσότερες από αυτές να είναι γύρω στο 0,1 mg/l. Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι κάτω από το όριο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα για τη συγκέντρωση φωσφορικών σε νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, το οποίο είναι 6,70 mg/l (Skoulikidis et al., 1997).

Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στο γλυκό νερό αυξάνονται στα χαμηλά υδάτινα σώματα που αποτελούνται από αποθέσεις ιζηματογενών πετρωμάτων. Αυτό οφείλεται στην απόθεση ιζηματογενών πετρωμάτων. Επίσης εάν ο ολικός διαλυμένος ανόργανος φώσφορος εισέλθει σε ρυπαντές ή σε ρέματα από σημειακές πηγές, η συγκέντρωσή του μειώνεται στα κατάντη. Η πρόσληψη φωσφόρου σε κηλίδες χαμηλής σκίασης σχετιζόταν κυρίως με φύκια και πλαγκτονικά φύκια. Στα μη σκιασμένα εδάφη, η αυτότροφη παραγωγή αποτελεί σημαντικό συστατικό της επιδόησης της οργανικής ύλης, σε μη σκιασμένα εδάφη είναι ήταν εντατική καταναλωτική δραστηριότητα στα φύκη, καθώς και σε άλλες και άλλους μικροοργανισμούς, εκ μέρους των καταναλωτών μακροασπόνδυλων, μπορεί να μειώσουν την πρόσληψη φωσφόρου από το νερό. Η μείωση αυτή προκαλείται τόσο από τη μείωση του αριθμού των μικροοργανισμών όσο και από τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων (Οικονομου and Amili et al., 2006).

3.3 N- (NO_3) Νιτρικά, N- (NO_2^-) νιτρώδη, N- (NH_4^+) αμμωνιακά (Αζώτου)

Το άζωτο (N_2) είναι το κύριο συστατικό της πρωτεϊνοσύνθεσης, απαραίτητο στους ζωντανούς οργανισμούς. Το άζωτο αποτελεί μεγάλο ποσοστό της γήινης ατμόσφαιρας και υπάρχει επίσης σε ίχνη στο υδάτινο περιβάλλον. Το άζωτο υπάρχει στα υδάτινα οικοσυστήματα κυρίως με τη μορφή αμμωνίου (NH_4^+), νιτρικών ιόντων (NO_3^-) και νιτρωδών ιόντων (NO_2^-). Το άζωτο που ενσωματώνεται σε διάφορες οργανικές ενώσεις, όπως η ουρία ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), διασπάται από βακτήρια για να απελευθερώσει αμμώνιο (Garellick and Jones et al., 2009). Δύο από τις σημαντικότερες ενώσεις που προκαλούν ανησυχία είναι το αμμώνιο (NH_4^+) και τα νιτρικά (NO_3^-), τα οποία χρησιμοποιούνται στην κατασκευή λιπασμάτων, ορυκτών καυσίμων και εκρηκτικών υλών που χρησιμοποιούνται ευρέως στα ορυχεία και σε άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες για την έκρηξη πετρωμάτων (Sparacino-Watkins et al., 2013, Moloantoa et al., 2022). Η εντατική χρήση των προϊόντων με βάση το άζωτο και η ακατάλληλη διάθεσή τους έχει συμβάλει στη μόλυνση με NH_4^+ και NO_3^- των υδάτων. Για παράδειγμα, μελέτες που διεξήχθησαν στη Νότια Αφρική και στην Καλαχάρι της Μποτσουάνα και της Ναμίμπια αποκάλυψαν την παρουσία συγκεντρώσεων NO_3^- που υπερβαίνουν τα 700 mg/L σε υπόγειες πηγές (Maherry et al., 2020, Mahvi et al. 2005, Moloantoa et al., 2022). Οι αποθέσεις των συγκεντρώσεων NO_3^- ανακαλύφθηκε ότι προέρχονται από τη χρήση κοπριάς βοοειδών ως λίπασμα, από την υπερχειλίση σιππικών δεξαμενών και από τα αποθέματα ορυχείων όπου χρησιμοποιήθηκαν εκρηκτικά με βάση την αμμωνία για πυροδότηση (Maherry et al., 2020, Stadler et al., 2012, Moloantoa et al., 2022). Τα νιτρικά άλατα είναι γνωστό ότι αποτελούν κοινό ρυπαντή στο πόσιμο νερό και επηρεάζουν τα συστήματα υπόγειων υδάτων γύρω από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και εταιρείες παραγωγής πυροτεχνημάτων, όπλων και βιομηχανικών εκρηκτικών (Negovanonić et al., 2015, Moloantoa et al., 2022) Αποτελούν τους δεύτερους συνηθέστερους κυρίαρχους ανθρωπογενείς ρύπους επιφανειακών και υπόγειων υδάτων μετά τα φυτοφάρμακα και εφαρμόζονται στο έδαφος με τη μορφή λιπασμάτων κατά τη διάρκεια γεωργικών πρακτικών με παρόμοιο τρόπο (Dwivedi et al., 2007, Moloantoa et al., 2022). Πάνω από το 50% της ρύπανσης των υδάτων σε ρέματα, ποτάμια και υπόγεια ύδατα οφείλεται σε γεωργικές πρακτικές μέσω της εφαρμογής φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων που διαρρέουν από το σημείο εφαρμογής τους σε υδάτινα σώματα (Liu et al., 2021, Moloantoa et al., 2022). Τα φυτοφάρμακα εφαρμόζονται παγκοσμίως κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας για την προστασία και την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών με τη θανάτωση

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
βιολογικών οντοτήτων που προκαλούν ζημιές και ασθένειες στα φυτά (Agrawal et al., 2010, Moloantoa et al., 2022).

Η ρύπανση με νιτρικά άλατα ευθύνεται για το 4% της απώλειας γλυκού νερού από πηγές όπως οι υδροφορείς στις περισσότερες ανεπτυγμένες περιοχές του κόσμου, όπως η Ευρώπη (Ward et al., 2018, Moloantoa et al., 2022). Αυτές οι αυξανόμενες και συνεχείς απώλειες των υπόγειων υδάτων από τη μόλυνση με NO_3^- οδήγησαν στην ανάπτυξη και εφαρμογή διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων αποκατάστασης των NO_3^- σε μια προσπάθεια μετριασμού της μόλυνσης (Glass et al., 1998, Huno et al., 2018, Moloantoa et al., 2022).

Η συγκέντρωση νιτρικών στα ποτάμια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εποχή: είναι χαμηλότερη το καλοκαίρι και υψηλότερη το χειμώνα. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών είναι συνήθως υψηλότερες μετά από ένα ξηρό καλοκαίρι, κατά τη διάρκεια του οποίου το άζωτο συσσωρεύεται στο έδαφος λόγω λιπασμάτων, κατακρημνισμάτων και ακινητοποίησης από τα φυτά. Τα νιτρικά είναι υδατοδιαλυτά και επομένως χάνονται ευκολότερα από τα υγρά εδάφη απ' ό,τι από τα ξηρά. (Pidwirny et al., 2006). Σε οξυγονωμένα περιβάλλοντα, όπως τα ρέοντα ποτάμια και τα ανώτερα στρώματα του εδάφους, ευνοείται η βιολογική νιτροποίηση, η οποία μετατρέπει τα περισσότερα NH_4^+ και αποδίδει περισσότερα NO_3^- σε σύγκριση με άλλα είδη αζώτου. Αντίθετα, σε περιβάλλοντα με περιορισμένο οξυγόνο, όπως τα υπόγεια ύδατα, προωθείται η απονιτροποίηση και το άζωτο είναι κυρίως παρόν ως NH_3 και NO_3^- (Beutel et al., 2008, Moloantoa et al., 2022). Συγκεντρώσεις NO_2^- και NO_3^- άνω των 10 mg/L στα επιφανειακά ύδατα είναι επικίνδυνες όταν καταναλώνονται λόγω της τοξικότητας του NO_3^- , το οποίο προκαλεί μεθαιμοσφαιριναιμία, καρκίνο του παχέος εντέρου και σύνδρομο blue baby στα βρέφη (Ward et al., 2018, Schaidler et al., 2019), Moloantoa et al., 2022). Οι υπερβολικές ποσότητες διαλυμένων NO_3^- στο νερό χρησιμεύουν ως θρεπτικά συστατικά για τα υδρόβια φυτά και τα φύκη, καθώς χρησιμοποιούνται εύκολα ως πηγή N για τη σύνθεση πρωτεϊνών και την ταχεία ανάπτυξη της χλωροφύλλης που χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση (Coronel et al., 2008, Moloantoa et al., 2022). Λόγω αυτού του φαινομένου, η υψηλή συγκέντρωση NO_3^- στο νερό οδηγεί σε ευτροφισμό, ο οποίος είναι μια διαδικασία κατά την οποία προωθείται η ταχεία αύξηση και ανάπτυξη των φυτών στην επιφάνεια του νερού. Ο ευτροφισμός και η άνθιση των φυκιών σε ποτάμια και ρυάκια είναι μεταξύ των αρνητικών επιπτώσεων που έχει η μόλυνση με NO_3^- στο περιβάλλον (Coffey et al., 2018, Moloantoa et al., 2022). Το άζωτο, ως κύριο συστατικό των περισσότερων εμπορικών λιπασμάτων και άλλων ευρέως χρησιμοποιούμενων προϊόντων, συμβάλλει στη μόλυνση των επιφανειακών υδάτων, αποτελώντας κίνδυνο για την υγεία και απειλώντας τη βιοποικιλότητα του περιβάλλοντος

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 (Pimentel et al., 2004, Xue et al., 2016, Moloantoa et al., 2022). Στους ανθρώπους, η υπερβολική πρόσληψη νιτρικών (μέσω του πόσιμου νερού ή των τροφίμων) μπορεί να οδηγήσει σε μεθυλική αιμοσφαιρινοπάθεια. Η κατάσταση αυτή προκαλεί μειωμένο κορεσμό των οργάνων σε οξυγόνο, δυσκολίες στην αναπνοή, γαλανότητα του δέρματος και, αν δεν αντιμετωπιστεί, θάνατο. Το άζωτο είναι το πιο άφθονο αέριο στοιχείο στην ατμόσφαιρα και χρησιμοποιείται εκτενώς για ανθρωπογενείς δραστηριότητες, έτσι η συσσώρευση νιτρικών στο περιβάλλον, κυρίως στο έδαφος και το νερό, έχει καταστεί ανησυχητική και απειλητική για την ανθρώπινη υγεία, για αυτό και η ανάγκη αποκατάστασής τους (Pidwirny et al., 2006). Για την ανατροπή του ζητήματος προτείνονται οι παρακάτω τρόποι. Αρχικά προτείνεται η χημική αποκατάσταση (Chemical Nitrate Remediation) βασίζεται στην αντίδραση της αντιδραστικής χημικής ουσίας με τον μολυσμένο παράγοντα, μετατρέποντάς τον σε λιγότερο τοξική μορφή, κυρίως σε ιζήματα όταν ο μολυσμένος παράγοντας είναι μέταλλο. Υπάρχουν διάφορες ανόργανες μέθοδοι απομάκρυνσης του N που εφαρμόζονται σε διαφορετικές επεξεργασίες με βάση τον ρύπο, συμπεριλαμβανομένης της συμβατικής χημικής απονιτροποίησης, των νανοσωματιδίων μηδενικού στοιχείου μετάλλων και της καταλυτικής απονιτροποίησης με κινητήρια δύναμη το H_2 . Μια μελέτη που διεξήχθη ανέφερε τη χρήση σκόνης Al στην αναγωγή του NO_3^- σε NH_3 , NO_2^- και τελικά N_2 ως συμβατική προσέγγιση χημικής απονιτροποίησης με βάση το επίπεδο του αλκαλικού pH του νερού. Το νιοβικό λίθιο ($LiNbO_3$) αποδείχθηκε ότι απομακρύνει πάνω από το 98% των διαλυμένων ιόντων NO_3^- σε συνθήκες ουδέτερου pH. Η φυσική αποκατάσταση (Physical Nitrate Remediation), οι συνήθεις στρατηγικές φυσικής αποκατάστασης του NO_3^- περιλαμβάνουν την αντίστροφη όσμωση (RO), την ανταλλαγή ιόντων, τη διήθηση με μεμβράνες, την προσρόφηση και την ηλεκτροδιάλυση, οι οποίες λόγω περιορισμών συχνά συνδυάζονται με την προσθήκη διαφόρων χημικών ουσιών για να βοηθήσουν τη διαδικασία επεξεργασίας του νερού. Η φυσική αποκατάσταση των NO_3^- από το νερό περιλαμβάνει την εξάλειψη και την απομάκρυνση των NO_3^- , γενικά με μια μεμβράνη που φιλτράρει, απωθεί και σε άλλες εφαρμογές δεσμεύει τα ιόντα NO_3^- . Αρκετές από αυτές τις μεμβράνες μπορούν να φορτιστούν χημικά με ενώσεις που αντιδρούν στο NO_3^- , μετατρέποντας την κατάστασή του σε λιγότερο οξειδωμένη μορφή, γι' αυτό και αναφέρονται ως φυσικοχημική αποκατάσταση. Ως εκ τούτου, συνιστάται η δημιουργία και λειτουργία ενός δικτύου παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επιφανειακών υδάτων και των ιζημάτων στην περιοχή και η διαχρονική καταγραφή των παραμέτρων αυτών, προκειμένου να καταγραφούν οι τάσεις στην κατανομή των επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία ουσιών (Pimentel et al., 2004, Xue et al., 2016, Moloantoa et al., 2022).

3.3.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ θέσπισε ένα πλαίσιο για την κοινοτική δράση στον τομέα της πολιτικής των υδάτων για την επίτευξη και διατήρηση της καλής κατάστασης των υδάτων έως το 2015 (European Parliament and Council et al., 2000, Panagopoulos et al., 2022), η οποία παρατάθηκε έως το 2027 (European Commission et al., 2019, Panagopoulos et al., 2022), στα κράτη μέλη της ΕΕ. Κάθε εθνική αρχή θα πρέπει να καθορίσει πρότυπα για κάθε στοιχείο ποιότητας (βιολογικό, υδρομορφολογικό και φυσικοχημικό) που σχετίζονται περισσότερο με τις πιέσεις που αντιμετωπίζει το υδάτινο σώμα υπό την ευθύνη της και να κατατάσσει τα ύδατα σε "υψηλή", "καλή", "μέτρια", "κακή" και "πολύ κακή" κατάσταση. Το IMBRIW-HCMR, ως υπεύθυνο για το συντονισμό του προγράμματος παρακολούθησης των ποταμών στην Ελλάδα, καθόρισε κατώτατα όρια για πρότυπα ποιότητας νερού όσον αφορά τα θρεπτικά στοιχεία (Skoulikidis et al., 2006). Αυτό είναι γνωστό ως το ελληνικό σύστημα ταξινόμησης της ποιότητας των θρεπτικών συστατικών (NCS) για τους ποταμούς (Skoulikidis et al., 2006), το οποίο αναπτύχθηκε με δεδομένα από το έργο AQEM (EVK1-CT-1999-00027 (Skoulikidis et al., 2004). Το NCS βασίζεται σε ένα σύνολο περιοχών δειγματοληψίας με διαφορετικές ανθρωπογενείς επιδράσεις (που κυμαίνονται από αδιατάρακτες έως έντονα διαταραγμένες) που κατανέμονται σε όλη την Ελλάδα, και βασίζεται σε ένα βιολογικό θεμελίωση. Τα όρια των κλάσεων καθορίζονται κυρίως σύμφωνα με τα αντίστοιχα όρια μιας βιολογικού συστήματος ταξινόμησης ποιότητας με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα (Skoulikidis et al., 2006, Panagopoulos et al., 2022). Σύμφωνα με τον Skoulikidis et al (2008) τροποποίησε τον φωσφόρο (P-PO₄⁻ και TP) υψηλά/καλά όρια. Για το τη φυσικοχημική ταξινόμηση ενός υδάτινου σώματος σε πέντε κατηγορίες ποιότητας, τόσο το NCS όσο και ένα μεμονωμένο σύστημα για το DO εφαρμόζονται για τον δείκτη HWQI. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει την ποιότητα του HWQI για τα διάφορα είδη θρεπτικών ουσιών που αναπτύχθηκαν από το ελληνικό NCS και το εκείνες που υιοθετήθηκαν για το DO από το νορβηγικό σύστημα ταξινόμησης (Cardoso et al., 2022, Panagopoulos et al., 2022).

Πίνακας 2. Κλάσεις ποιότητας νερού του δείκτη HWQI (mg/l) με βάση τα θρεπτικά συστατικά (σύμφωνα με το NCS, Σκουλικίδης, 2006) και διαλυμένο οξυγόνο (σύμφωνα με Shen 2009).

		High	Good	Moderate	Poor	Bad
N-NO ₃	mg/L	<0.22	0.22–0.60	0.60–1.30	1.30–1.80	>1.80
N-NH ₄	mg/L	<0.024	0.024–0.06	0.06–0.20	0.20–0.50	>0.50
N-NO ₂	μg/L	<3	3–8	8–30	30–70	>70
P-PO ₄	μg/L	<70	70–105	105–165	165–340	>340
TP	μg/L	<125	125–165	165–220	220–405	>405
DO	mg/L	>9	6.4–9	4–6.4	2–4	<2

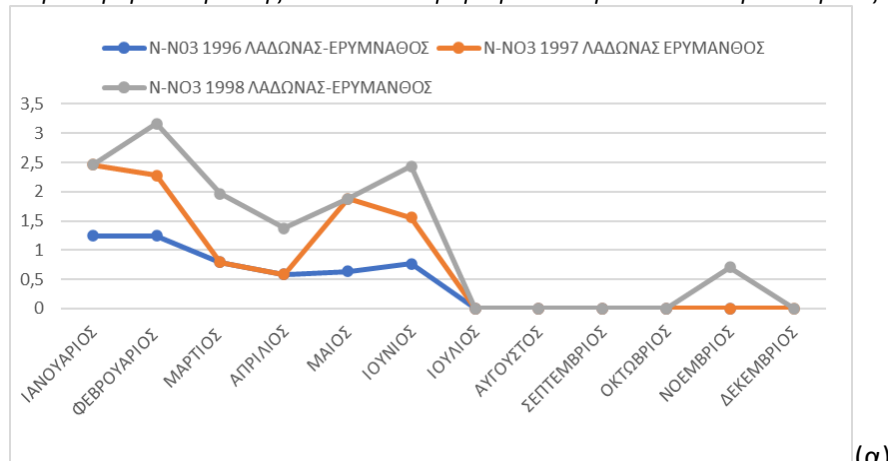
Χρησιμοποιώντας τις συγκεντρώσεις DO και θρεπτικών ουσιών από κάθε θέση, η φυσικοχημική ποιότητα του νερού αξιολογείται με τη χρήση των δύο επιμέρους συστημάτων και ενός συστήματος βαθμολόγησης, το οποίο συνοψίζεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Βαθμολογία των κατηγοριών ποιότητας για τις επιμέρους παραμέτρους (Σκουλικίδης, 2008).

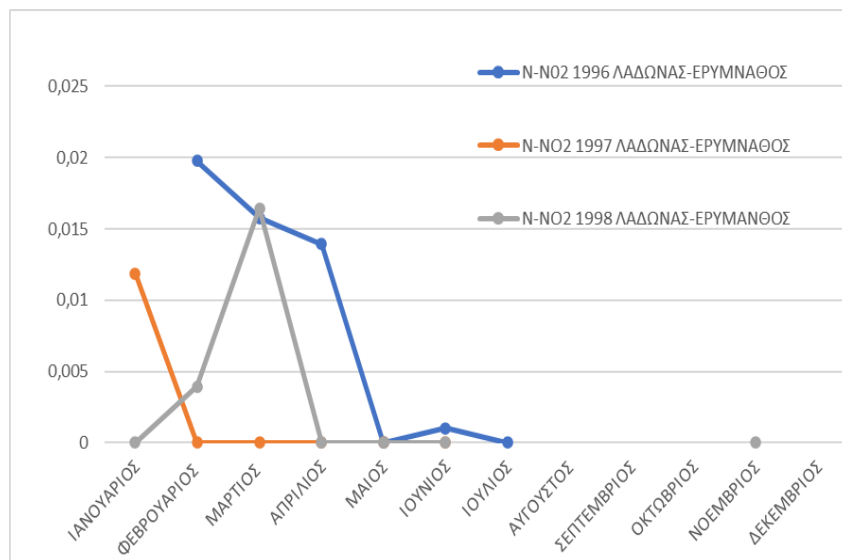
Classes	Boundaries	Score
5 or H (High)	>4 and ≤ 5	$(4.1 + 5)/2 = 4.55$
4 or G (Good)	>3 and ≤ 4	$(3.1 + 4)/2 = 3.55$
3 or M (Moderate)	>2 and ≤ 3	$(2.1 + 3)/2 = 2.55$
2 or P (Poor)	>1 and ≤ 2	$(1.1 + 2)/2 = 1.55$
1 or B (Bad)	≤ 1	$1/2 = 0.5$

Για κάθε κλάση των έξι παραμέτρων του Πίνακα 2, μια αντίστοιχη αριθμητική τιμή (βαθμολογία υπολογισμού) προκύπτει σύμφωνα με τον Πίνακα 3 (μέσος όρος της κατώτερης και της ανώτερης κλάσης ορίων). Οι επιμέρους βαθμολογίες (πέντε για τις συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών και μία για το οξυγόνο), που κυμαίνονται μεταξύ 0,5-4,55, υπολογίζονται στη συνέχεια κατά μέσο όρο και η προκύπτουσα τιμή (συνολική βαθμολογία) χαρακτηρίζει τη φυσικοχημική ποιότητα του νερού, σύμφωνα με την αντίστοιχη κλάση του Πίνακα 3.

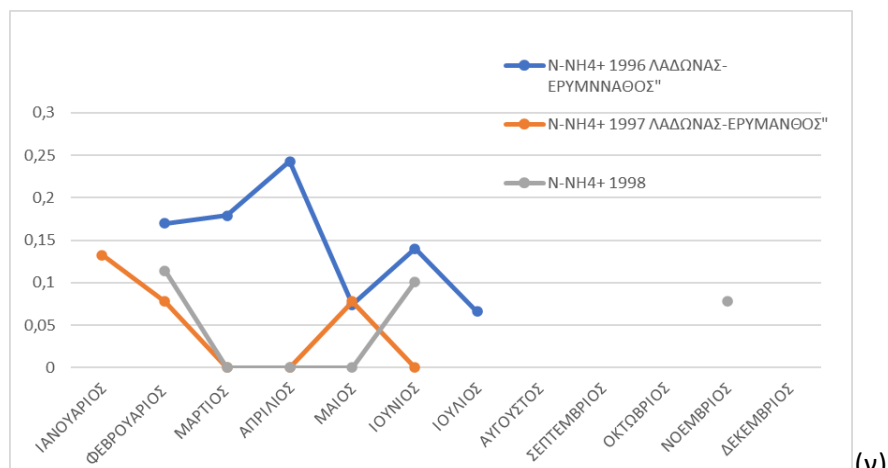
Στα διαγράμματα παρουσιάζονται οι εποχιακές και χρονικές διακυμάνσεις των νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών του αζώτου ανά σημείο δειγματοληψίας.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 4 Κατανομή N- NO₃, N-NO₂, και N-NH₄⁺ για τα έτη 1996,1997,1998 στο νερό: (α) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου N- NO₃, (β) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου N-NO₂, και (γ) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου N-NH₄⁺.

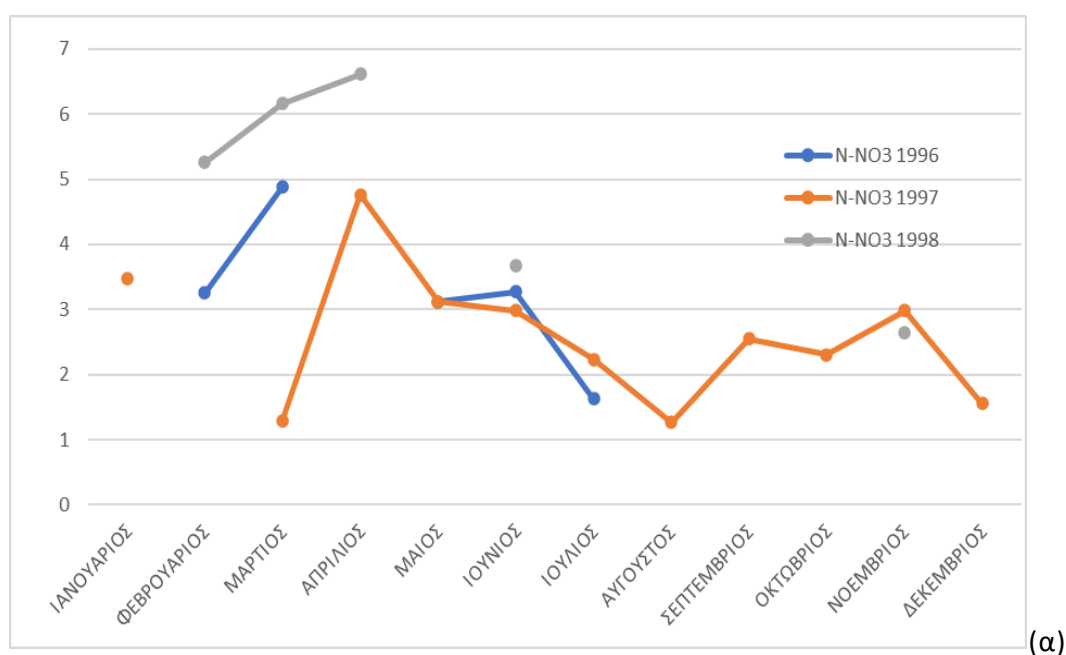
Τα τελευταία χρόνια, οι συγκεντρώσεις νιτρικών στα υπόγεια ύδατα και ο κίνδυνος διαρροών στην ύδρευση έχουν καταστεί σοβαρό πρόβλημα. (Prigge and Tissler et al.,

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 (1997). Όσον αφορά στα ελληνικά ποτάμια, διακρίνεται σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας νιτρικών τα τελευταία 25 χρόνια (Skoulikidis et al., 1996).

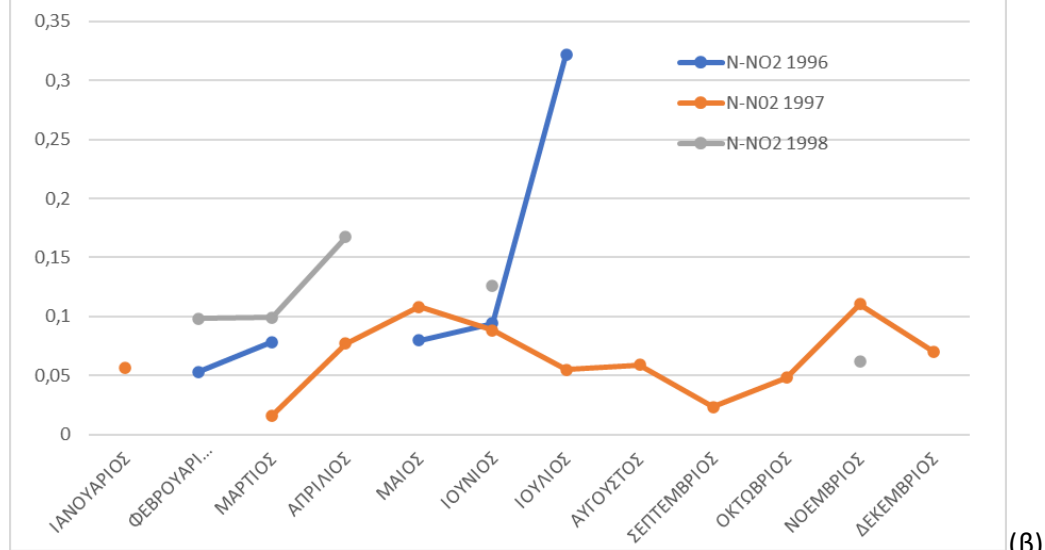
Στα διαγράμματα της Εικόνας 4 παρουσιάζονται μεγάλες διακυμάνσεις ανά εποχή με τις μεγαλύτερες τιμές να είναι την υγρή περίοδο κυρίως μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου και να συνεχίζουν έως την ξηρή περίοδο μεταξύ Απριλίου και Ιουνίου. Στον Αλφειό κατόπιν της συμβολής του με το Λάδωνα και τον Ερύμανθο ποταμό παρουσιάζονται σημαντικά υψηλές τιμές. Σύμφωνα με τις κλάσεις ποιότητας νερού του δείκτη HWQI με βάση τα θρεπτικά συστατικά τα νιτρικά του αζώτου $N-NO_3$ ξεπερνούν το 1,80 mg/l το οποίο θεωρείται (Bad quality) κακής ποιότητας νερό τις χρονιές 1997, 1998 κατά τους υγρούς μήνες με μέγιστη τιμή 3,3 mg/l τον Φεβρουάριο του 1998.

Έπειτα οι συγκεντρώσεις των νιτρικών του αζώτου $N-NO_2$ είναι πολύ χαμηλές, μικρότερες από το 3 mg/l (High) το οποίο αναφέρεται στα βέλτιστης ποιότητας ύδατα όπως αναφέρεται και στον Πίνακα 2 και οι μέγιστες συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι την υγρή περίοδο μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου. Τέλος στο τρίτο διάγραμμα απεικονίζονται τα αμμωνιακά του αζώτου $N-NH_4$ όπου βρίσκονται όλες οι τιμές εντός των ορίων που έχουν τεθεί στον πίνακα με τις κλάσεις ποιότητας νερού του δείκτη HWQI με βάση τα θρεπτικά συστατικά. Όλες οι τιμές είναι κάτω του ορίου (Bad) 0,5 mg/l με μέγιστη τιμή 0,24 mg/l τον Απρίλιο του 1996 που θεωρείται (Poor) σύμφωνα με τον Πίνακα 2 δηλαδή φτωχής ποιότητας νερό.

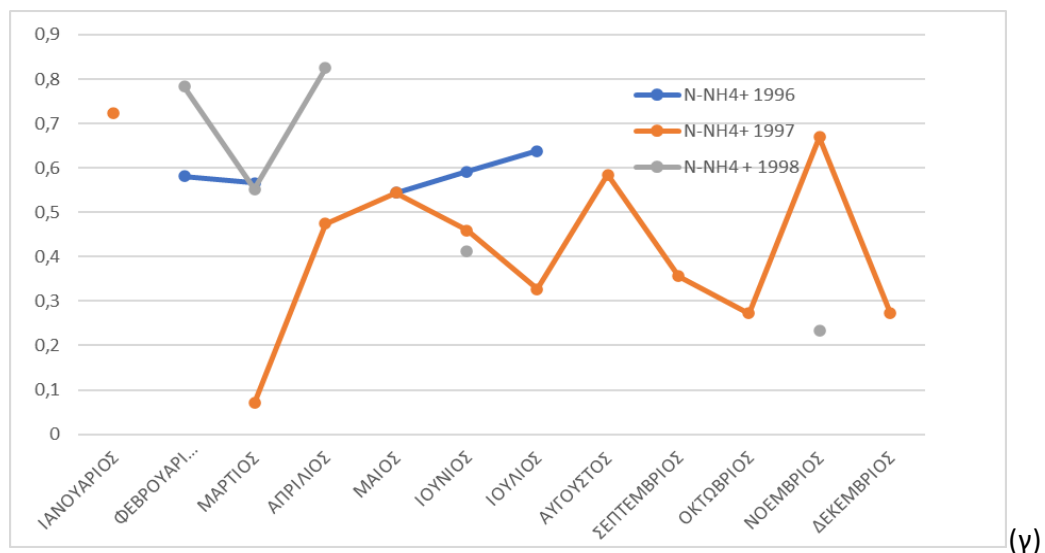
Στην Εικόνα 5 παρουσιάζονται τα διαγράμματα για τον ποταμό Πηνειό στις εκβολές του.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 5. Κατανομή N- NO₃⁻, N-NO₂, και N-NH₄⁺ για τα έτη 1996,1997,1998 στο νερό: (α) Πηνεϊός εκβολές N- NO₃⁻, (β) Πηνεϊός εκβολές N- NO₂, και (γ) Πηνεϊός εκβολές N-NH₄⁺.

Στον Πηνεϊό ποταμό όπως φαίνεται στην Εικόνα 5 παρατηρήθηκε μεγάλη διακύμανση μεταξύ των μηνών αλλά πάλι πολύ υψηλές τιμές νιτρικών του αζώτου N- NO₃⁻, με τις τιμές να είναι άνω της ανώτερης επιτρεπόμενης τιμής σύμφωνα με τα όρια που έχει θεσπίσει η Ε.Ε για το πόσιμο νερό. Στο διάγραμμα οι τιμές και στις τρεις χρονιές 1996,1997,1997 ξεπερνούν το όριο 1,80 mg/l (Bad) την υγρή αλλά και την ξηρή περίοδο με μέγιστη τιμή το 1998 τον μήνα Απρίλιο με 6,7 mg/l. Έπειτα διάγραμμα (β) για τα νιτρώδη του αζώτου N- NO₂ παρατηρούμε πολύ χαμηλή συγκέντρωση N-NO₂ και στις τρεις χρονιές δειγματοληψίας σε όλους τους μήνες που πάρθηκαν δείγματα. Σύμφωνα με τον Πίνακα 2 με τις κλάσεις ποιότητας νερού του δείκτη HWQI με βάση τα θρεπτικά συστατικά φαίνεται ότι οι τιμές στις εκβολές του Πηνεϊού θεωρούνται βέλτιστες μικρότερες από 3 mg/l. Τέλος

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 για το διάγραμμα (γ) που αφορά το αμμωνιακό άζωτο $N-NH_4^+$ παρατηρήθηκε μεγάλη διακύμανση ανά τις εποχιακές και καιρικές αλλαγές. Στις δειγματοληψίες που έγιναν το 1996 και 1998 όλες οι τιμές είναι άνω του ανώτατου ορίου 0,5 mg/l (Bad) σύμφωνα με τον Πίνακα 2 με μέγιστη τιμή 0,82 mg/l τον Απρίλιο του 1998, επομένως θεωρείται κακής ποιότητας νερό. Επίσης το 1997 όπως φαίνεται στο διάγραμμα υπάρχει μεγάλη διακύμανση ανά μήνα με τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο να βρίσκονται εντός των ορίων αλλά με υψηλές περιεκτικότητες μεταξύ 0,2-0,5 mg/l όπου 0,5 mg/l (Bad) είναι κακής ποιότητας νερό, και τον μήνα Νοέμβριο η συγκέντρωση να είναι 0,67 mg/l και να ξεπερνά ακόμη και το ανώτατο όριο.

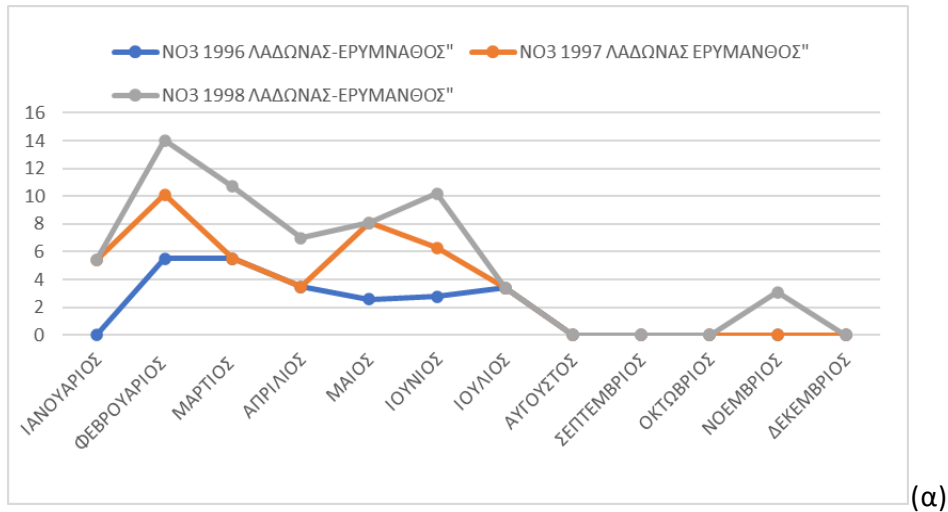
Πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα εφαρμόζεται είτε σε μεμονωμένες δειγματοληψίες είτε σε ομάδες δειγματοληψιών μιας περιοχής ποταμού εντός ορισμένης χρονικής περιόδου. Στην περίπτωση πολλαπλών δειγματοληψιών σε μια περιοχή (διάφορες εποχές ενός ημερολογιακού έτους ή περισσότερα έτη), ακολουθώντας τις προδιαγραφές του εγγράφου καθοδήγησης 13 (European Commission et al., 2022, Panagoroulos et al., 2022) και της Ελληνικής Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (Skoulikidis et al., 2021), η υπολογίζεται πρώτα η διάμεση τιμή για καθεμία από τις έξι παραμέτρους και στη συνέχεια οι έξι διάμεσοι χρησιμοποιούνται στο σύστημα βαθμολόγησης και η μέση βαθμολογία τους χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό της συνολικής φυσικοχημική ποιότητα της περιοχής του ποταμού για την αντίστοιχη περίοδο παρακολούθησης.

Στο πόσιμο νερό, οι ανώτερες επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης δίδονται στον παρακάτω Πίνακα 4 :

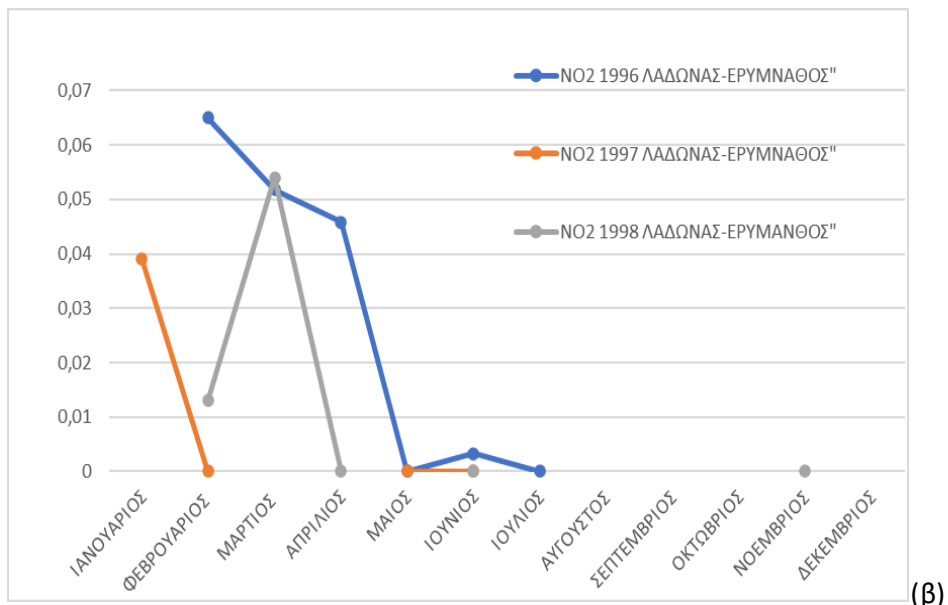
Πίνακας 4. Ανώτερες επιτρεπτές τιμές (mg/l) σύμφωνα με την Ε.Ε.(Υγειονομ. διάταξη αρ. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC, 1998)

Παράμετρος	Τιμή
Ammonium (NH_4^+)	0,50
Nitrate (NO_3^-)	50
Nitrite (NO_2^-)	0,50

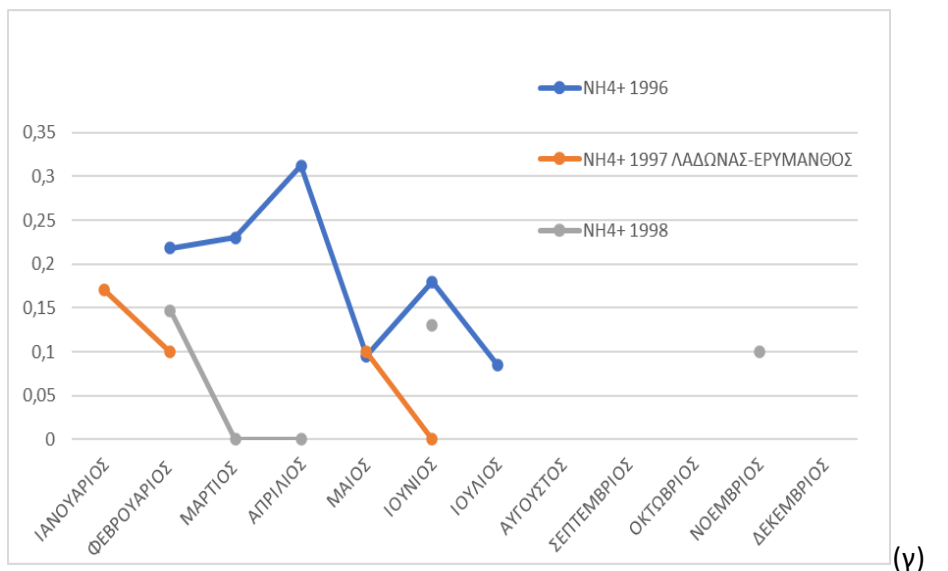
Αντίστοιχα θα συγκριθούν στα ίδια σημεία των ποταμών δηλαδή στον Αλφειό κατάντη της συμβολής του με το Λάδωνα και τον Ερύμανθο και στις εκβολές του Πηνειού για τις συγκεντρώσεις των νιτρικών NO_3^- , των νιτρωδών NO_2^- και των αμμωνιακών NH_4^+ σύμφωνα με τον Πίνακα 4. Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται τα διαγράμματα με τις χρονικές και εποχιακές κατανομές τους.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 6. Κατανόμηση NO₃, NO₂, και NH₄⁺ για τα έτη 1996,1997,1998 στο νερό: (α) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου NO₃, (β) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου NO₂, και (γ) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου NH₄⁺.

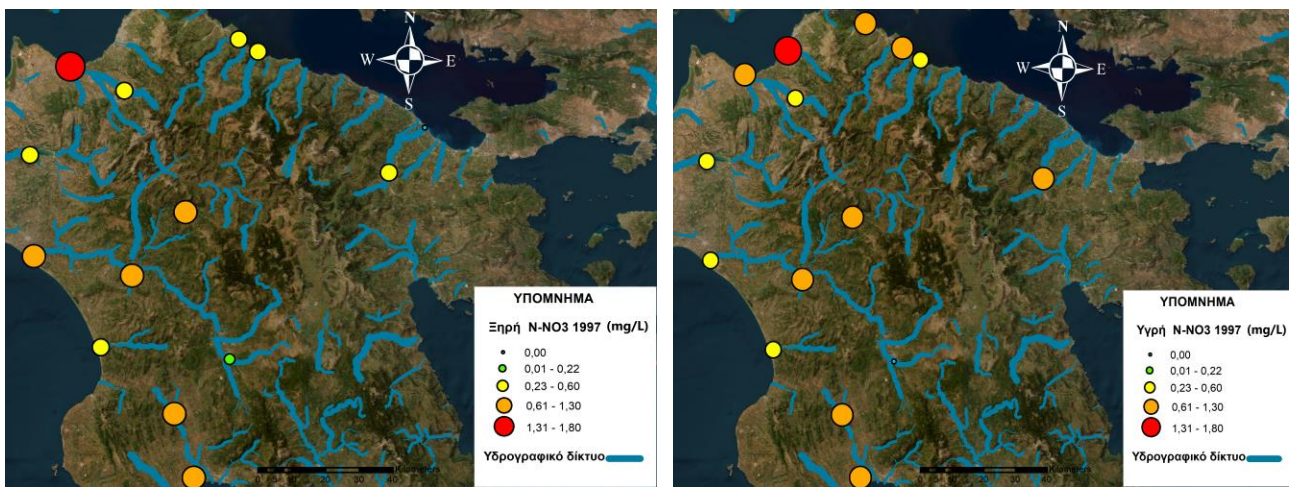
Όπως παρατηρείται η κατανομή είναι παρόμοια με τα διαγράμματα των N- NO₃, N-NO₂ και N-NH₄⁺ αντίστοιχα και αυτό είναι λογικό διότι κάθε τιμή συγκέντρωσης του NO₃⁻ συνδέεται άμεσα με την τιμή του N- NO₃⁻.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 με τις ανώτερες επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νιτρικά NO₃⁻ παρατηρήθηκε ότι σε όλες τις χρονιές και σε όλες τις εποχές η συγκέντρωση νιτρικών στο ποταμό Αλφειό κατάντη της συμβολή του με το Λάδωνα και τον Ερύμανθο είναι κάτω από τις ανώτερες τιμές 50 mg/l αλλά κάτω και από τις ενδεικτικές 25mg/l το οποίο το καθιστά καλής ποιότητας νερό για ανθρώπινη κατανάλωση ως προς την συγκέντρωση νιτρικών. Η μέγιστη τιμή είναι το Φεβρουάριο του 1998 με 14 mg/l. Έπειτα για τα νιτρώδη NO₂ στο διάγραμμα (β) παρατηρούνται τιμές κάτω του ανώτατου ορίου το οποίο είναι 0,1 mg/l με μέγιστη τιμή 0,066 mg/l τον Φεβρουάριο του 1996. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 με τις ανώτερες επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το πόσιμο νερό βρίσκεται εντός των ορίων άρα κατατάσσεται σε ικανό νερό για ανθρώπινη κατανάλωση. Τέλος στο διάγραμμα (γ) των αμμωνιακών NH₄⁺ όλες οι τιμές είναι εντός των ανώτατων ορίων 0,5 mg/l , απέχουν όμως από την ενδεικτική τιμή των 0,05 mg/l για πόσιμο νερό σχεδόν σε όλες τις δειγματοληψίες είναι άνω της ενδεικτικής τιμής. Μέγιστη τιμή 0,32 mg/l εμφανίζεται τον Απρίλιο του 1996 με συγκέντρωση αμμωνιακών 0,32 mg/l. Κατά την ξηρή περίοδο, οι συνθήκες αυξάνουν τη συγκέντρωση των αλάτων στο επιφανειακό νερό. Επειδή τα αλάτα αποτελούνται από ιόντες, όπως τα NO₃⁻, NO₂⁻, και NH₄⁺, οι συγκεντρώσεις αυτών των ιόντων μπορεί να αυξηθούν κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου στο επιφανειακό νερό. Κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, η συγκέντρωση αλάτων στο επιφανειακό νερό είναι συνήθως χαμηλότερη λόγω της αύξησης της υγρασίας στο έδαφος και της λιγότερης εξάτμισης του νερού. Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις των αλάτων και των ιόντων στο επιφανειακό νερό είναι συνήθως χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου σε σχέση με την ξηρή περίοδο. Όταν η περιοχή δεν λαμβάνει συχνές βροχοπτώσεις, το έδαφος δεν έχει την ικανότητα να απορροφά τα νέα ιόντα και επομένως η συγκέντρωσή τους στα υδροφορέα αυξάνεται. Ωστόσο, η αύξηση αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως οι εποχικές συνθήκες, η κλίση της επιφάνειας του εδάφους και η πυκνότητα της βλάστησης στην περιοχή. Επίσης, η κίνηση του επιφανειακού νερού σε ποταμούς και ποτάμια μπορεί να επηρεάσει τις συγκεντρώσεις αυτών των ιόντων στα επιφανειακά νερά. Σε κάθε περίπτωση, είναι δύσκολο να γενικευθεί η διαφορά στις συγκεντρώσεις των ιόντων NO₃⁻, NO₂⁻ και NH₄⁺ μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου στα

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
επιφανειακά νερά, και η εκτίμηση αυτή θα πρέπει να γίνεται συγκεκριμένα για κάθε περίπτωση και περιοχή (Sparacino-Watkins et al., 2013).

3.3.2 Χωρική κατανομή ArcGIS

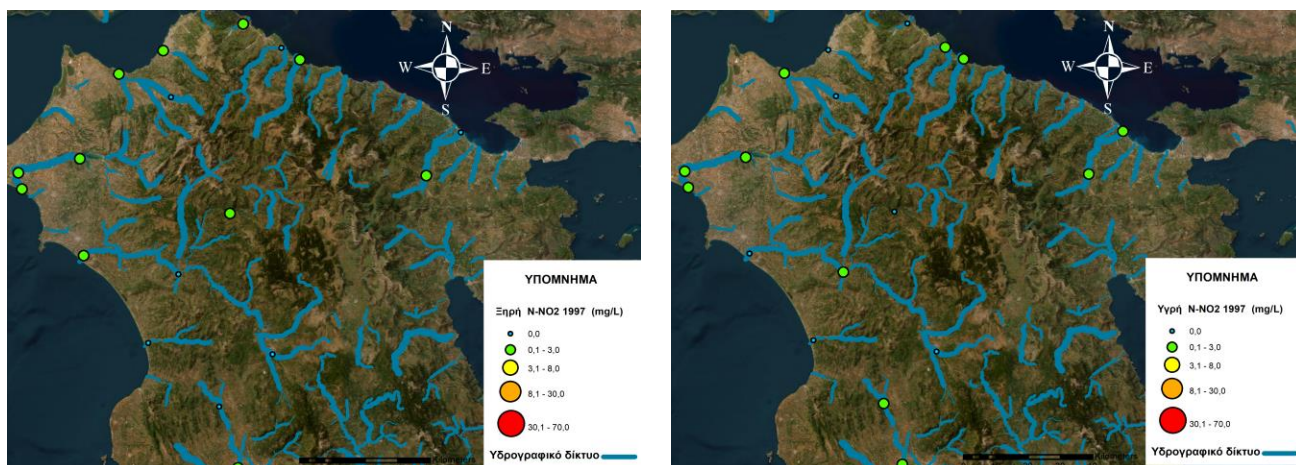
Στους χάρτες των Εικόνων που ακολουθούν θα αναφερθεί η διακύμανση στην υγρή και στη ξηρή περίοδο κάθε στοιχείου για το έτος 1997 και θα συγκριθούν με τα αντίστοιχα όρια της διεθνούς βιβλιογραφίας.



Εικόνα 7. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με spots της χωρικής κατανομής του **N- NO₃** (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδο του 1997.

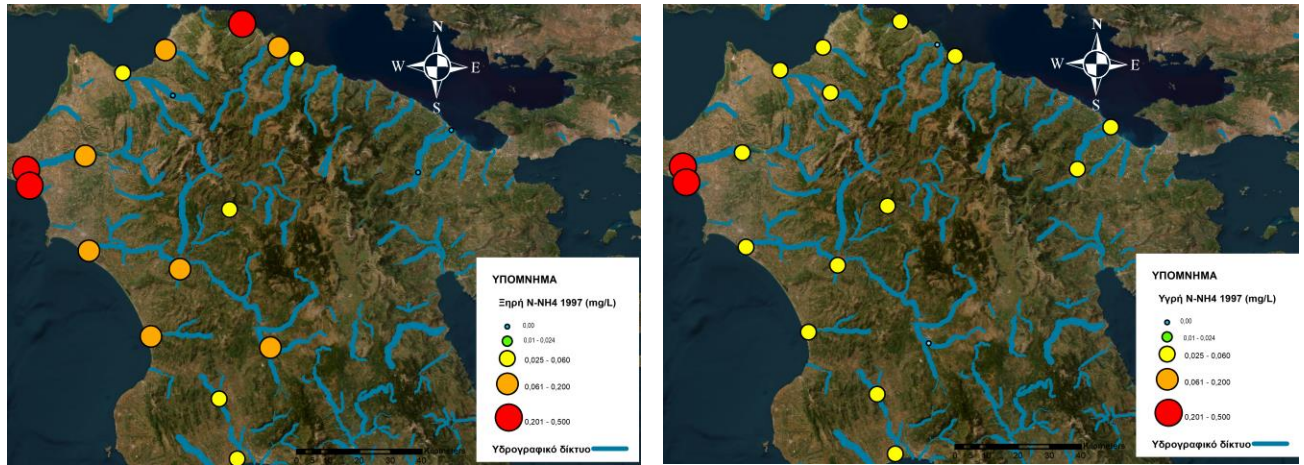
Στους χάρτες της Εικόνας 7 απεικονίζονται οι κατανομές της συγκέντρωσης των νιτρικών του αμμωνίου N- NO₃ στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου με spots με τις διαβαθμίσεις σύμφωνα με τον Πίνακα 2 Μεταξύ των περιόδων υγρής και ξηρής δεν παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις την υγρή περίοδο λόγω βροχής άρα και μεγαλύτερης παροχής των ποταμών παρατηρείτε ελαφρώς μεγαλύτερη συγκέντρωση με περισσότερα πορτοκαλί spots. Στα περισσότερα σημεία δειγματοληψιών παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση νιτρικών του αμμωνίου με τα κίτρινα spots να σημάνουν την μέτρια προς χαμηλή συγκέντρωση και τα πορτοκαλί μέτρια συγκέντρωση με ένα σημείο στην βόρεια Πελοπόννησο να έχει υψηλή συγκέντρωση και στη ξηρή αλλά και στην υγρή περίοδο. Την υγρή περίοδο, η επιφάνεια του εδάφους είναι πιο υγρή και οι πόροι του εδάφους είναι πιο ανοιχτοί, σε σύγκριση με την ξηρή περίοδο. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία της νιτροποίησης, κατά την οποία τα ανόργανα αζωτούχα στοιχεία

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 μετατρέπονται σε αμμωνία και στη συνέχεια σε νιτρικά ιόντα, είναι πιο ενεργή κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου. Επιπλέον, παράγοντες όπως η υγρασία και η θερμότητα διευκολύνουν την αποδόμηση από τους μικροοργανισμούς του εδάφους και έτσι τα νιτρικά απελευθερώνονται πιο εύκολα στο έδαφος. Συνεπώς, η υγρή περίοδος έχει συνήθως μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο έδαφος σε σχέση με την ξηρή περίοδο (Sparacino-Watkins et al., 2009).



Εικόνα 8. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με spots της χωρικής κατανομής του **N-NO₂** (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1997.

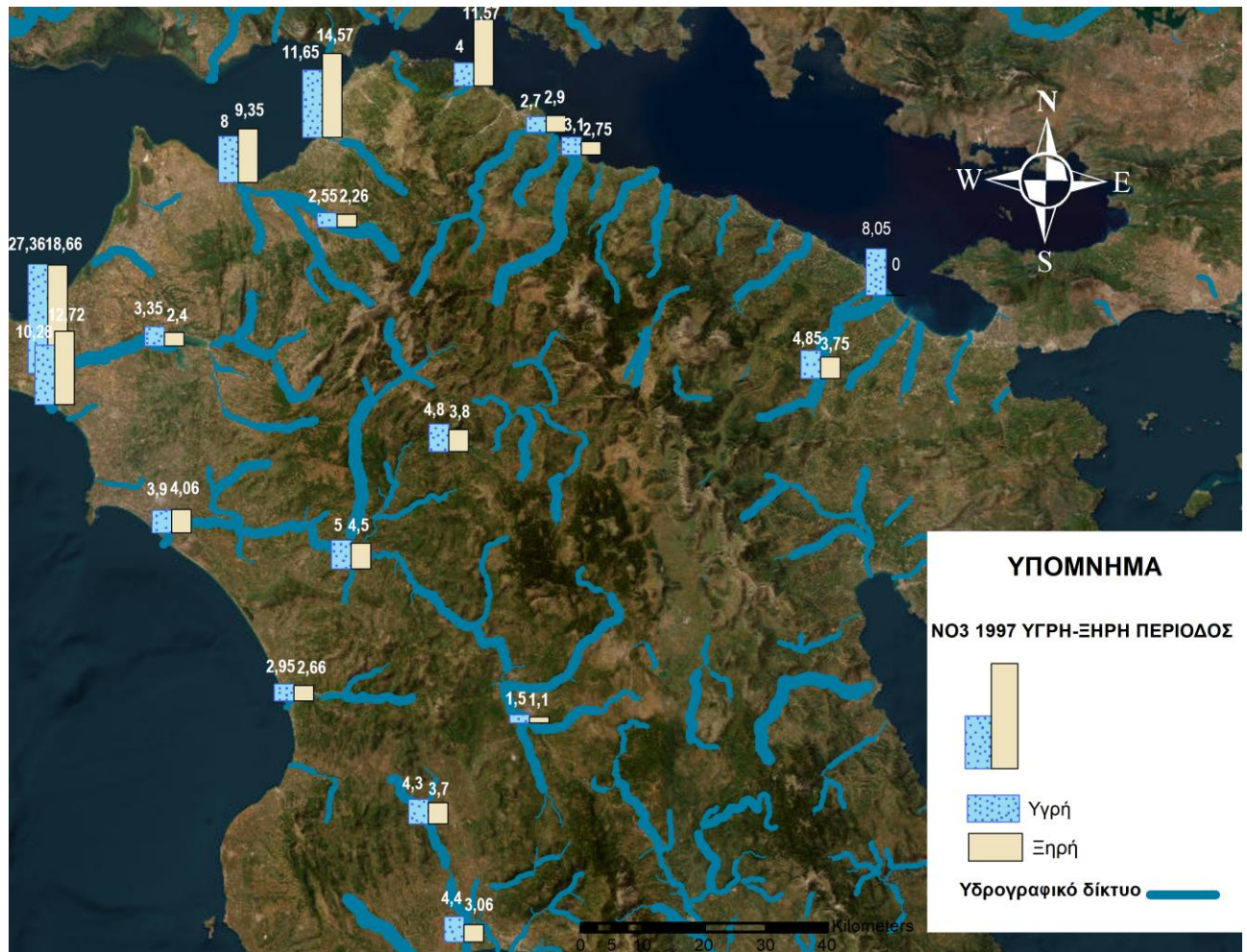
Στους χάρτες της Εικόνας 8 απεικονίζονται οι κατανομές της συγκέντρωσης των νιτρωδών του αμμωνίου N-NO₂ στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου με spots με τις διαβαθμίσεις σύμφωνα με τον Πίνακα 2. Στην υγρή αλλά και στη ξηρή περίοδο παρατηρείται σε όλα τα σημεία μπλε και πράσινα χρώματα που αντιπροσωπεύουν μηδενικές ή ελάχιστες τιμές.



Εικόνα 9. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με spots της χωρικής κατανομής του N-NH_4^+ (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1997.

Τα δεδομένα των δειγματοληψιών για τα αμμωνιακά του αζώτου N-NH_4^+ απεικονίζονται στην Εικόνα 9 σύμφωνα με τα όρια κατάταξης διεθνούς νομοθεσίας. Παρατηρείται ότι έχουν υψηλή συγκέντρωση στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου με την ξηρή περίοδο να παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όπως διαπιστώθηκε και στην στατιστική κατανομή με διαγράμματα. Στην υγρή περίοδο παρατηρούνται χαμηλότερες συγκεντρώσεις αρκετά σημεία με κίτρινα spots που αναπαριστούν μέτρια προς χαμηλή συγκέντρωση και δύο κόκκινα που αναπαριστούν υψηλή συγκέντρωση. Στην ξηρή περίοδο φαίνονται υψηλότερες τιμές σε σχέση με την υγρή, αρκετά σημεία με μέτρια προς χαμηλή συγκέντρωση αμμωνιακών του αζώτου απέκτησαν μέτρια συγκέντρωση και από δύο γίνονται τρία σημεία δειγματοληψίας με υψηλή συγκέντρωση.

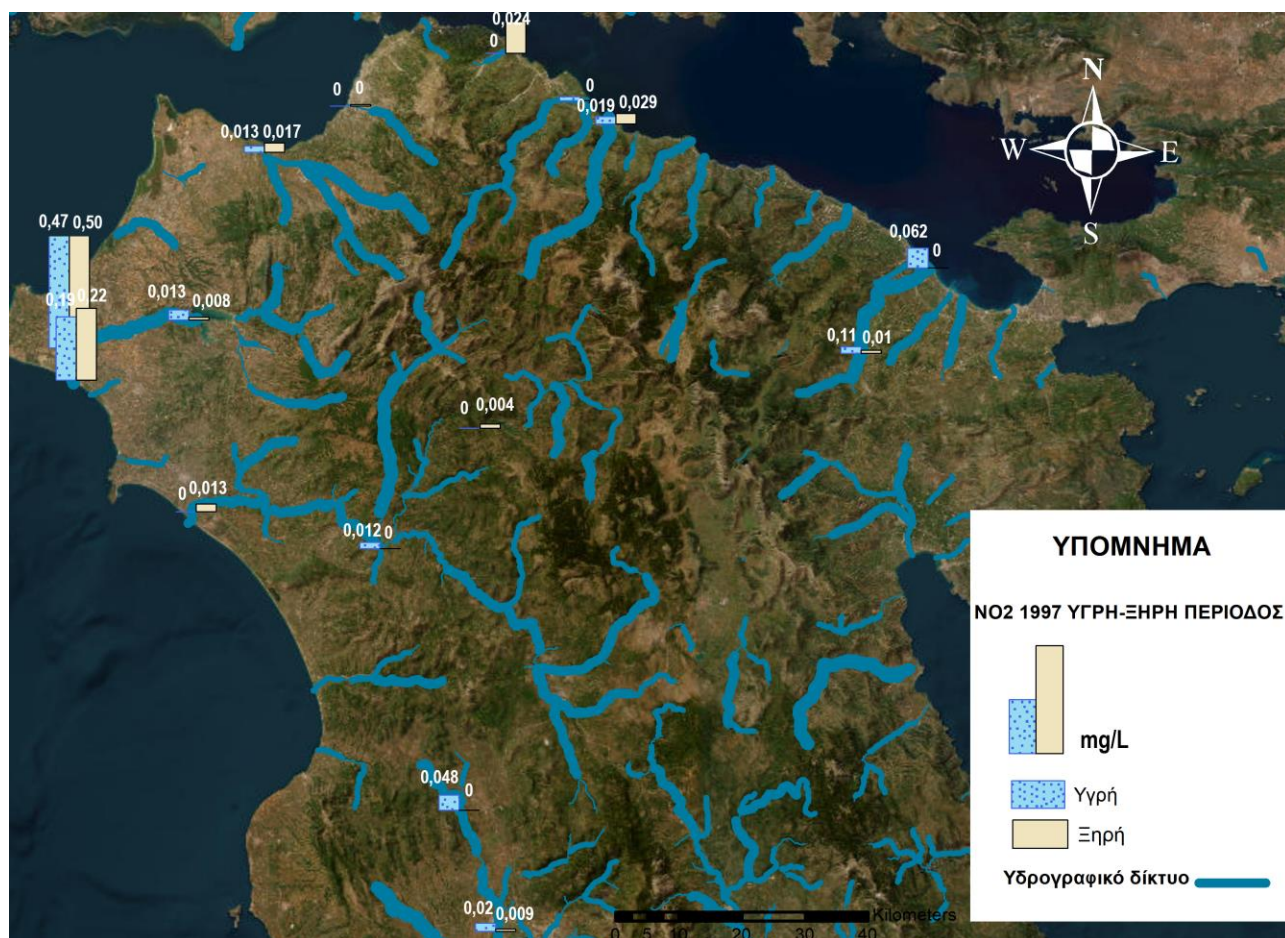
Στους χάρτες των Εικόνων 10,11,12 παρουσιάζονται τα νιτρικά NO_3^- , τα νιτρώδη NO_2^- και τα αμμωνιακά NH_4^+ μεταξύ ξηρής και υγρής περιόδου.



Εικόνα 10. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με bar/column της χωρικής κατανομής του NO_3^- (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1997.

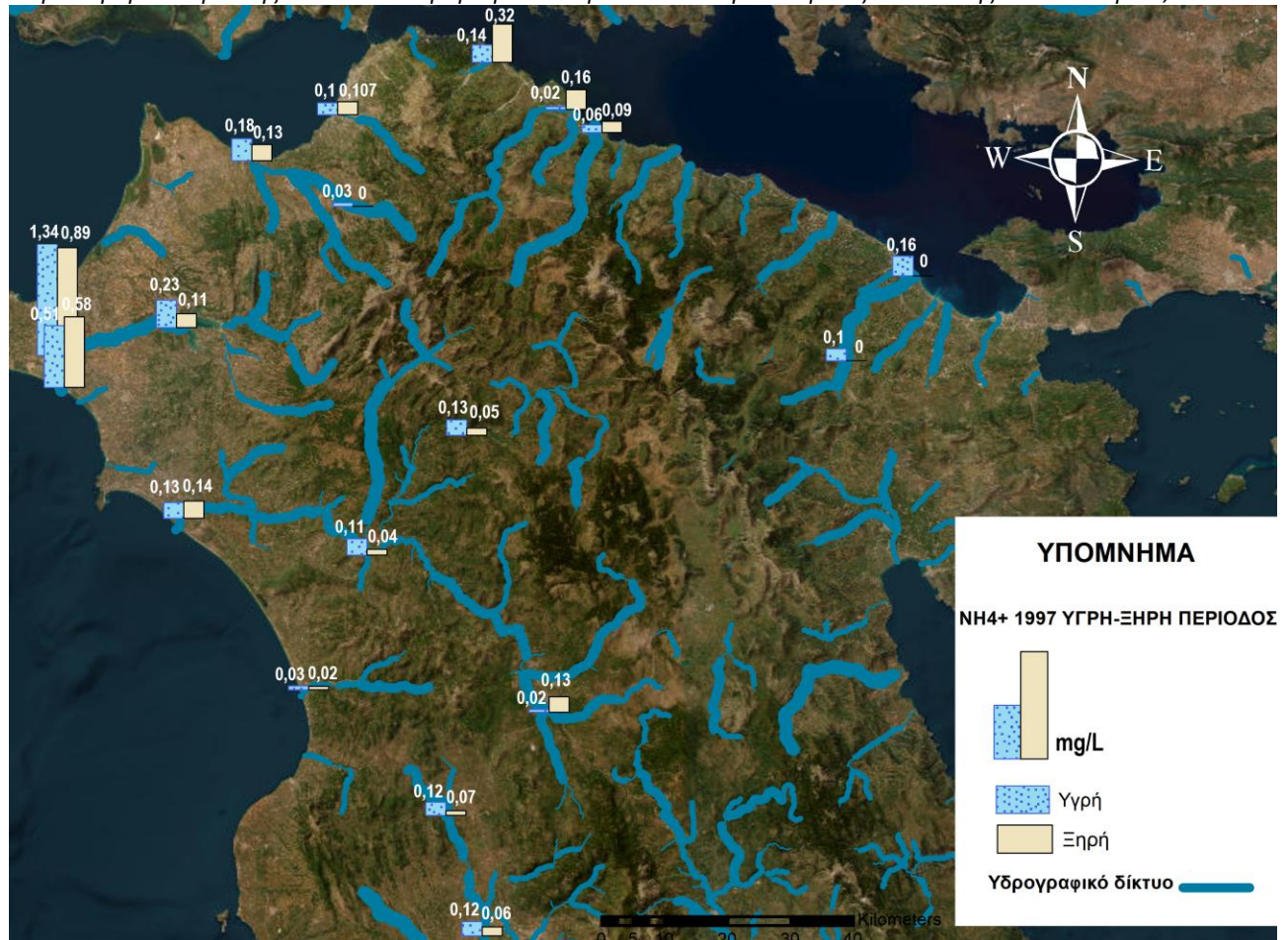
Στον χάρτη της Εικόνας 10 παρουσιάζεται με μπάρες/στήλες η συγκέντρωση των νιτρικών NO_3^- το έτος 1997 ανά ξηρή και υγρή περίοδο σε όλα τα γεωγραφικά σημεία των ποταμών που έγιναν δειγματοληψίες. Παρατηρείται ότι η συγκέντρωση νιτρικών είναι μεγαλύτερη την υγρή περίοδο στα περισσότερα σημεία, όμως σε 5 σημεία δειγματοληψιών των ποταμών φαίνεται να υπάρχουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις και την υγρή αλλά και την ξηρή περίοδο. Όπως είδαμε στα διαγράμματα αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη παροχή νερού λόγω βροχής τους υγρούς μήνες. Κατά την υγρή περίοδο, δηλαδή όταν υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα βροχής και υγρασίας, η συγκέντρωση του οξειδίου του αζώτου NO_3^- στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να αυξηθεί σημαντικά, καθώς η βροχή μπορεί να πλύνει τα αζωτούχα λιπάσματα και τα απόβλητα από τους αγρούς και τις πόλεις και να τα μεταφέρει στα επιφανειακά ύδατα. Επειδή τα νιτρικά άλατα είναι διαλυτά, εξαφανίζονται πιο εύκολα από το υγρό έδαφος παρά από το στεγνό (Prigge and Tissler et al., 1997). Ταυτόχρονα παρατηρούνται και υψηλές τιμές και την ξηρή περίοδο, διότι τα νιτρικά άλατα

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 είναι σε μεγάλη συγκέντρωση στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου. Σε κάθε περίπτωση, είναι δύσκολο να γενικευθούν οι διαφορές στις συγκεντρώσεις ιόντων NO_3^- , NO_2^- και NH_4^+ μεταξύ υγρών και ξηρών εποχών στα επιφανειακά ύδατα.



Εικόνα 11. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με bar/column της χωρικής κατανομής του NO_2^- (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1997.

Στον χάρτη της Εικόνας 11 παρουσιάζεται με μπάρες/στήλες η συγκέντρωση των νιτρικών NO_2^- το έτος 1997 ανά ξηρή και υγρή περίοδο. Η συγκέντρωση του NO_2^- στα υγρά και ξηρά επιφανειακά νερά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποσότητα των εκπομπών NO_2 στην περιοχή, η ταχύτητα του αέρα και οι χημικές και φυσικές ιδιότητες του νερού. Η περίοδος επίσης μπορεί να επηρεάσει τη συγκέντρωση του NO_2^- , ανάλογα με το επίπεδο της δραστηριότητας της κοινότητας και των βιομηχανικών δραστηριοτήτων.



Εικόνα 12. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με bar/column της χωρικής κατανομής του NH₄⁺ (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1997.

Στον χάρτη της Εικόνας 12 παρουσιάζεται με μπάρες/στήλες διαβαθμισμένη απεικόνιση της χωρικής κατανομής του NH₄⁺ το έτος 1997 στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου. Τα αμμωνιακά άλατα βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε 3 κυρίως θέσεις των δειγματοληψιών στη Δυτική Πελοπόννησο. Όπως παρατηρείται οι συγκεντρώσεις είναι παρόμοιες μέσα στον χρόνο και δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου. Η συγκέντρωση του αμμωνίου NH₄⁺ στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να διαφέρει ανάμεσα στην υγρή και στη ξηρή περίοδο, ανάλογα με τις κλιματολογικές και τις υδρολογικές συνθήκες. Κατά την υγρή περίοδο, η συγκέντρωση του NH₄⁺ μπορεί να αυξηθεί, καθώς η βροχή μπορεί να πλύνει τον αμμωνιακό αζώτο από το έδαφος και να το μεταφέρει στα επιφανειακά ύδατα. Επίσης, κατά την υγρή περίοδο, η υψηλότερη ροή των επιφανειακών υδάτων μπορεί να σημαίνει ότι το NH₄⁺ δεν προλαβαίνει να απορροφηθεί από το έδαφος και να φτάσει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, αλλά αντίθετα μπορεί να μεταφερθεί στα επιφανειακά νερά (Skoulikidis et al., 1997). Η διαφορά στη συγκέντρωση του NH₄⁺ μεταξύ της υγρής και της ξηρής περιόδου στα επιφανειακά

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
νερά εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η βροχή και η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων. Κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, η συνεχής βροχόπτωση μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση του NH_4^+ στα επιφανειακά νερά λόγω της απόθεσης αζώτου στο έδαφος και της απορρόφησής του από τις ρίζες των φυτών. Κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, η συγκέντρωση του NH_4^+ μπορεί να μειωθεί λόγω της μικρότερης υγρασίας στο έδαφος και της λιγότερης απορρόφησης από τα φυτά. Επίσης, η θερμοκρασία του νερού μπορεί να επηρεάσει τη συγκέντρωση του NH_4^+ . Υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν τη δραστηριότητα των βακτηρίων στο έδαφος, οι οποίοι μετατρέπουν το NH_4^+ σε αστικό⁻³, με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του NH_4^+ στα επιφανειακά νερά (Glass et al., 1998).

Σύμφωνα με διεθνή έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες συμβάλλουν στη μόλυνση του περιβάλλοντος με NO_3^- , με τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα να επηρεάζονται περισσότερο (Stefanakis et al., 2017, Moloantona et al., 2022). Οι πηγές του NO_3^- στο περιβάλλον μπορεί να είναι φυσικές- ωστόσο, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συνεισφέρουν το μεγαλύτερο μέρος του NO_3^- που συσσωρεύεται σε διάφορα τοπικά υδάτινα σώματα, με αποτέλεσμα καταστροφικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία (Withers et al., 2014, Moloantona et al., 2022). Με την ταχεία αστικοποίηση και εκβιομηχάνιση σε παγκόσμιο επίπεδο, το N με τη μορφή NO_3^- εμφανίζεται στο περιβάλλον σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, ανάλογα με τις πηγές του. Συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων έως και 3000 mg/L απορρίπτονται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις μαζί με άλλα χημικά απόβλητα και διαρρέουν σε κοντινά ποτάμια και ρέματα, απειλώντας τόσο την υδρόβια όσο και τη χερσαία ζωή (Bosman et al., 2009, Cyrylic et al., 2012, Moloantona et al., 2022). Διάφορες καθιερωμένες βιομηχανίες χρησιμοποιούν καθημερινά χημικές ουσίες που προέρχονται από N, καθιστώντας αναπόφευκτη τη ρύπανση του περιβάλλοντος με NO_3^- . Κατά κύριο λόγο, η μόλυνση οφείλεται σε γεωργικές πρακτικές, όπου λιπάσματα με βάση το N, φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούνται στις καλλιεργητικές πρακτικές (Laursen et al., 1999, Moloantona et al., 2022).

Σύμφωνα με την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) των ΗΠΑ και το Τμήμα Υδάτων και Δασών της Νότιας Αφρικής, έως 10 mg/L NO_3^- είναι το αποδεκτό μέγιστο όριο NO_3^- στο πόσιμο νερό. Ωστόσο, η ποσότητα αυτή συνήθως ξεπερνιέται στο οικιακό νερό που χρησιμοποιείται στις περισσότερες αγροτικές περιοχές της Νότιας Αφρικής, ιδίως γύρω από γεωργικές και εξορυκτικές περιοχές (Ward et al., 2018, Moloantona et al., 2022). Η Νότια Αφρική, ως μια εκτεταμένη εξορυκτική χώρα, έχει ανησυχητικά υψηλή μόλυνση του νερού με NO_3^- , με αποτέλεσμα έως και 200 και 760 mg/L NO_3^- στα συστήματα

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, αντίστοιχα (Mahhery et al., 2020, Tredoux et al., 2009, Moloantona et al., 2022). Είναι αξιοσημείωτο ότι η κατανομή της ρύπανσης από NO_3^- που υπερβαίνει τα μέγιστα αποδεκτά όρια των 10 mg/L έως και πάνω από 200 mg/L κατανέμεται σε όλη τη χώρα για τις πηγές υπόγειων υδάτων, γεγονός που είναι πολύ ανησυχητικό δεδομένου του κινδύνου που εγκυμονεί για την υγεία (Tredoux et al., 2009, Moloantona et al., 2022). Το νερό που έχει μολυνθεί αποκλειστικά με NO_3^- είναι άγευστο, άοσμο και άχρωμο, γεγονός που το κάνει να φαίνεται λιγότερο επικίνδυνο, επειδή δεν μπορεί να ανιχνευθεί οπτικά ή μέσω της γεύσης και της όσφρησης (Avisar et al., 2008, Moloantona et al., 2022). Μελέτες που διεξήχθησαν από (Verlicchi et al., 2020, Moloantona et al., 2022) απέδειξαν ότι έως και το 25% του πληθυσμού της Νότιας Αφρικής χρησιμοποιεί επιφανειακά και υπόγεια ύδατα χωρίς καμία επεξεργασία, γεγονός που ενέχει κίνδυνο κατανάλωσης NO_3^- , το οποίο δεν είναι εύκολα αντιληπτό όταν είναι διαλυμένο. Η πόση νερού με περιεκτικότητα άνω των 10 mg/L οδηγεί το πεπτικό σύστημα, μέσω της δραστηριότητας των μικροβίων, να μετατρέψει το μεγαλύτερο μέρος του NO_3^- σε NO_2^- . Το NO_2^- στην κυκλοφορία του αίματος μειώνει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου του αίματος, με αποτέλεσμα την κατάσταση που ονομάζεται μεθαιμοσφαιριναιμία (Ward et al., 2018, Moloantona et al., 2022).

3.4 Βιολογικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Το Βιολογικώς απαιτούμενο οξυγόνο είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του οργανικού ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων. Η βιομηχανική ζήτηση οξυγόνου ορίζεται ως η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται από αερόβιους μικροοργανισμούς στο περιβάλλον για τη βιοοξείδωση ενός λίτρου αποβλήτων σε θερμοκρασία 20°C. Για τη μέτρηση του BOD, μια γνωστή ποσότητα αποβλήτων, αραιωμένη με ειδικά προετοιμασμένο νερό, τοποθετείται σε ειδική φιάλη 300 ml BOD. Στη φιάλη αυτή προστίθενται οι κατάλληλοι μικροοργανισμοί για το απόβλητο και, εάν δεν

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
υπάρχουν αρκετοί μικροοργανισμοί στο απόβλητο, το δείγμα "εμβολιάζεται". Το αραιωμένο νερό που περιέχει ρυθμιστικό διάλυμα (pH 7,2), θειικό μαγνήσιο, χλωριούχο ασβέστιο και τριχλωριούχο σίδηρο είναι κορεσμένο με διαλυμένο οξυγόνο.

Η οργανική ύλη των αποβλήτων χρησιμοποιείται ως θρεπτικό υπόστρωμα από τους μικροοργανισμούς και το αραιωμένο νερό παρέχει το οξυγόνο που απαιτείται για τις βιολογικές αντιδράσεις. Η κύρια αντίδραση είναι ο μεταβολισμός της οργανικής ύλης από τα βακτήρια, τα οποία απελευθερώνουν CO₂ ενώ καταναλώνουν διαλυμένο οξυγόνο, με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του βακτηριακού πληθυσμού. Η δευτερογενής αντίδραση είναι η αντίδραση (κατανάλωση) των βακτηρίων από τα πρωτόζωα που χρησιμοποιούν το διαλυμένο οξυγόνο- σε συνθήκες όπου μετράται το BOD, δεν υπάρχει χρόνος για να πραγματοποιηθούν οι δευτερογενείς αντιδράσεις, καθώς ο χρόνος επώασης είναι σύντομος και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου πέφτει γρήγορα κάτω από το όριο ανάπτυξης των πρωτοζώων. Η τελική μείωση του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιείται στη φιάλη δοκιμής σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα της βιοαποικοδομήσιμης οργανικής ύλης.

Βέβαια, σε ορισμένες περιπτώσεις, η πρώιμη νιτροποίηση συμβαίνει στα λύματα και στα ποτάμια ύδατα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, όταν αυτά περιέχουν μεγάλες αποικίες νιτροποιητικών βακτηρίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να προστεθούν ειδικοί αναχαιτιστές, όπως διοξείδιο του θείου, για την ακριβή μέτρηση του BOD₅, αλλά οι μέθοδοι μέτρησης του BOD για αυτά τα υδάτινα σώματα δεν είναι τυποποιημένες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι αποικίες των νιτροποιητικών βακτηρίων μπορούν να μειωθούν δραστικά με προεπεξεργασία του δείγματος με απολύμανση, χλωρίωση ή όξινη επεξεργασία κ.λπ. Κατά τη μέτρηση του BOD, (α) το απόβλητο εξουδετερώνεται κατάλληλα, (β) προστίθεται στη φιάλη μέτρησης κατάλληλα προσαρμοσμένη μικροβιακή καλλιέργεια, (γ) πρέπει να εξαλείφονται τυχόν δυσμενείς επιδράσεις πιθανής τοξικότητας και να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επαρκή αραίωση του αποβλήτου ώστε να επιτυγχάνεται το μέγιστο BOD. (Vlysidis et al., 2007). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι χαμηλότερες τιμές BOD υποδηλώνουν καλύτερη ποιότητα νερού και οι υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν μολυσμένο νερό το BOD έχει άμεση επίδραση στην ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου σε ένα ποτάμι ή ρέμα- όσο υψηλότερο είναι το BOD, τόσο ταχύτερη είναι η κατανάλωση οξυγόνου στο νερό όσο υψηλότερο είναι το BOD, τόσο ταχύτερη είναι η κατανάλωση οξυγόνου στο νερό και επομένως λιγότερο οξυγόνο είναι διαθέσιμο στους ανώτερους οργανισμούς στο υδάτινο περιβάλλον. Οι συνέπειες του υψηλού BOD είναι οι παρόμοιες με αυτές του χαμηλού διαλυμένου οξυγόνου δηλαδή οι υδρόβιοι οργανισμοί εξαντλούνται, δεν μπορούν να αναπνεύσουν και πεθαίνουν. (Ram et al., 2011).

3.4.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας

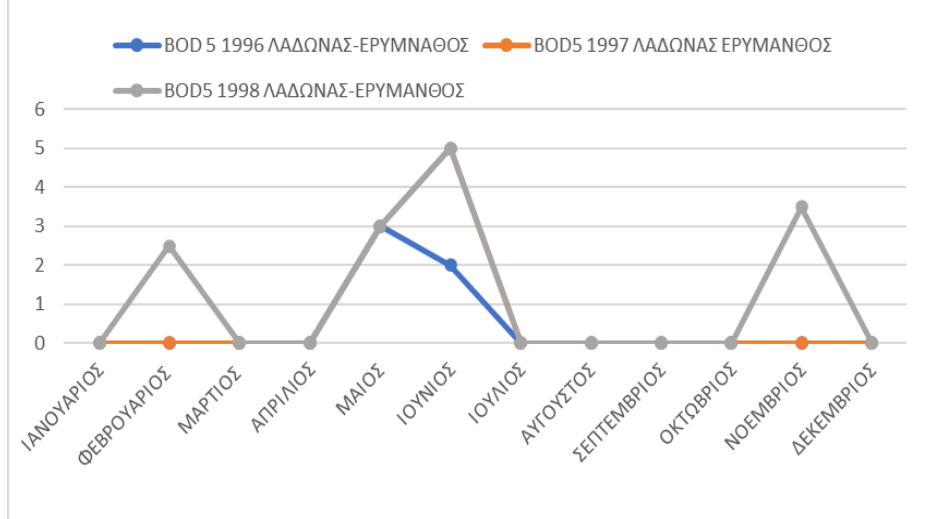
Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα όρια συγκέντρωσης βιολογικώς απαιτούμενου οξυγόνου και χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου σύμφωνα με τα όρια της επίσημης εφημερίδας των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Πίνακας 5. Απαιτήσεις απορρίψεων από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διέπονται από τα άρθρα 4 και 5 της παρούσας οδηγίας. Εφαρμόζεται η τιμή συγκέντρωσης ή το ποσοστό μείωσης. (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 1991).

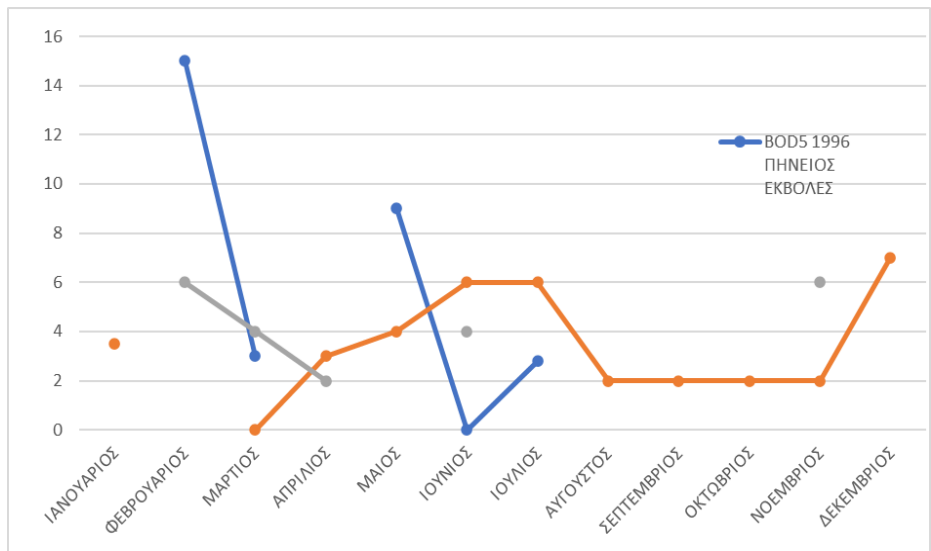
Παραμέτροι	Συγκέντρωση	Ελάχιστη εκατοστιαία μείωση
Βιοχημικές ανάγκες σε οξυγόνο (BOD ₅ στους 20°C) χωρίς νιτροποίηση ⁽²⁾	25 mg/l O ₂	70-90 40 δυνάμει άρθρου 4 παράγραφος 2
Χημικές ανάγκες σε οξυγόνο (COD)	125 mg/l O ₂	75

Στα διαγράμματα της Εικόνας 13 θα παρουσιαστούν τα σημεία των ποταμών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τα έτη 1996, 1997 και 1998.

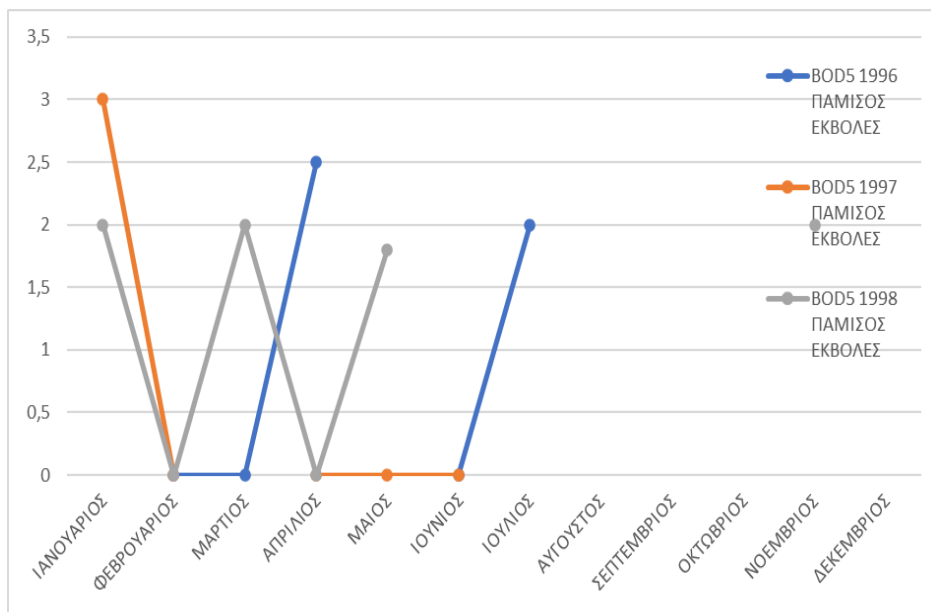
Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023



(α)



(β)



(γ)

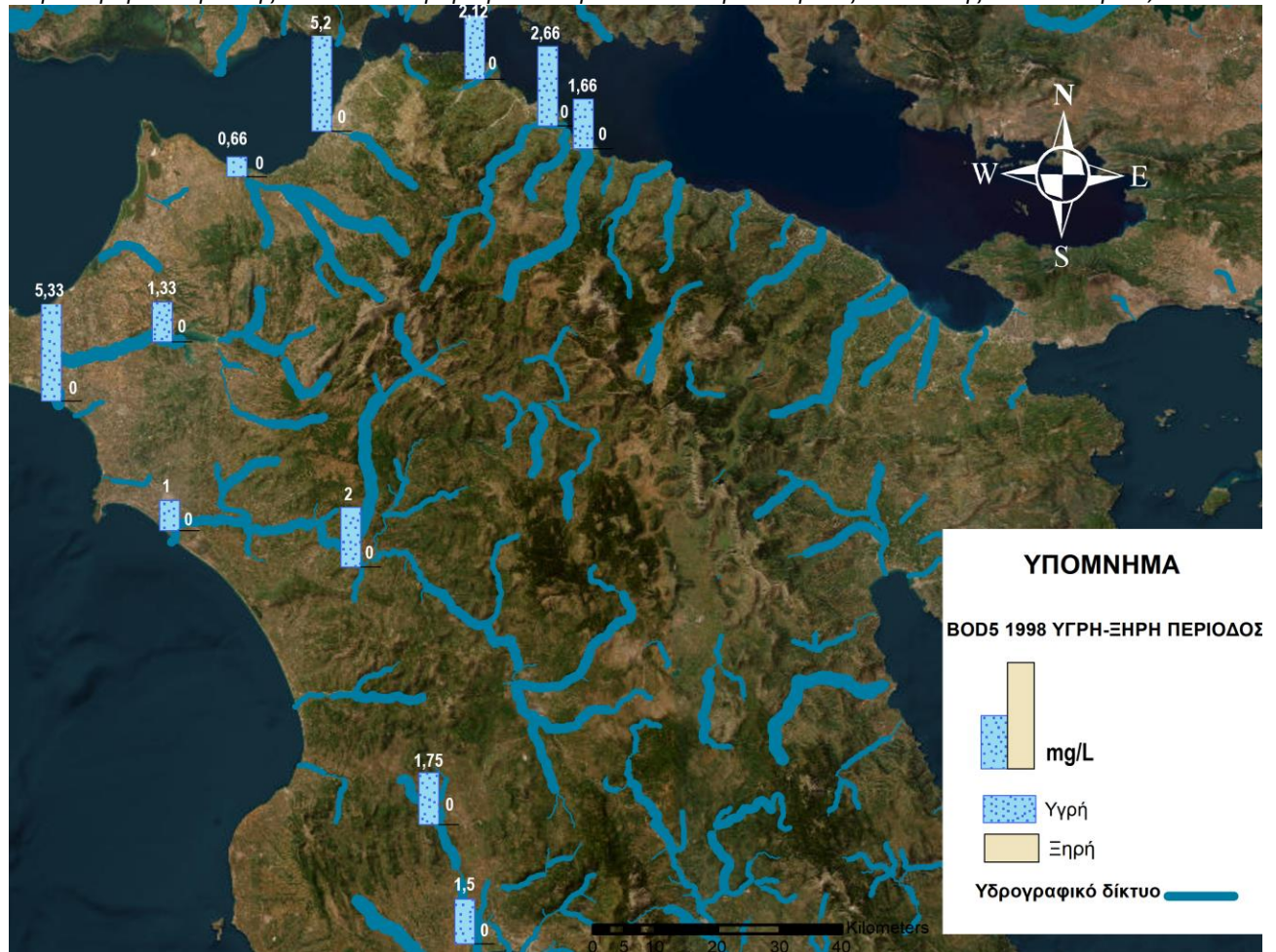
Εικόνα 13. Κατανομή BOD₅ (mg/l) για τα έτη 1996,1997,1998 στο νερό: (α) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου, (β) εκβολές Πηνειού, και (γ) εκβολές Πάμισου.

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζονται 3 διαγράμματα το κάθε ένα αντιστοιχεί σε ένα σημείο δειγματοληψίας. Στο διάγραμμα (α) στον ποταμό Αλφειό παρατηρούμε χαμηλές τιμές του BOD₅ κάτω από 6 mg/l για όλους τους μήνες που πέρασαν μεταξύ των ετών 1996, 1997 και 1998. Έπειτα στο διάγραμμα (β) για τις εκβολές του Πηνειού παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές με μέγιστη τιμή 15,3 mg/l τον Φεβρουάριο του 1996 η οποία δεν ξεπερνά την τιμή του Πίνακα 5 που είναι 25 mg/l σύμφωνα με την νομοθεσία για την απαίτηση απορρίψεων από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Στο διάγραμμα (γ) για τις εκβολές του Πάμισου παρατηρούνται πολύ μικρές τιμές του BOD₅ με μέγιστη τιμή 3 mg/l.

Όπως αναφέρεται στην εφημερίδα της κυβερνήσεως ΥΠΕΚΑ 1^η Αναθεώρηση σχεδίου διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, η κατανομή ετήσιας επιβάρυνσης BOD από σημειακές πηγές ρύπανσης προκαλούνται κατά 68,8% από βιομηχανικές μονάδες, κατά 13,6% από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, κατά 11,5% από εκροή δικτύων αποχέτευσης σε φυσικό αποδέκτη, και κατά 6% από υδατοκαλλιέργειες-ιχθυοκαλλιέργειες (ΥΠΕΚΑ et al., 2017). Η συγκέντρωση BOD στα επιφανειακά νερά μπορεί να διαφέρει μεταξύ της υγρής και της ξηρής περιόδου. Κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων και της υγρής περιόδου, οι βιολογικά αποικισμένοι οργανισμοί και οι υπολείμματα τροφίμων που εισέρχονται στα επιφανειακά νερά μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωση BOD. Οι ανοξειδωτες ουσίες και οι θρεπτικές ουσίες επίσης μπορούν να συνεισφέρουν στην αύξηση της συγκέντρωσης BOD κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, η συγκέντρωση BOD στα επιφανειακά νερά μπορεί να μειωθεί.

3.4.2 Χωρική κατανομή BOD στο επιφανειακό νερό της περιοχής έρευνας

Στην Εικόνα 14 θα απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδο κάθε στοιχείου για το έτος 1998 και θα συγκριθούν σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς.

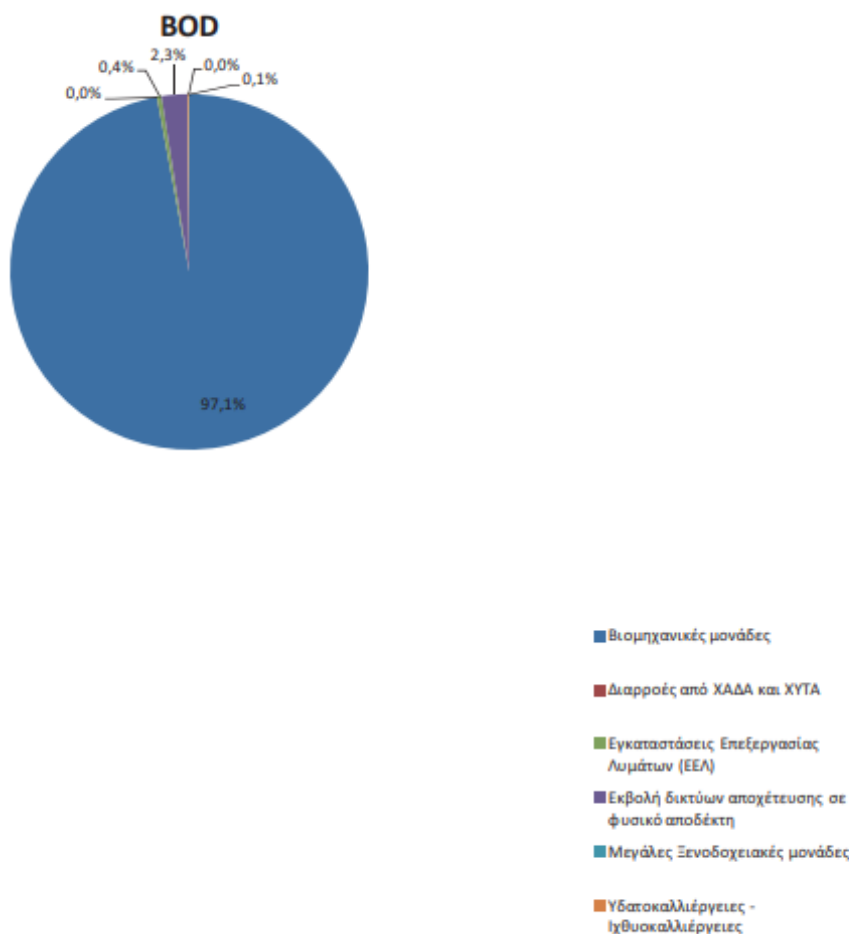


Εικόνα 14. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με bar/column της χωρικής κατανομής του **BOD₅** (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1998.

Στον χάρτη της Εικόνας 14 παρουσιάζεται με μπάρες/στήλες η συγκέντρωση του βιολογικώς απαιτούμενου οξυγόνου το έτος 1998 ανά ξηρή και υγρή περίοδο.

Παρατηρείται ότι οι δειγματοληψίες που έγιναν πραγματοποιήθηκαν τους υγρούς μήνες του έτους για ακριβέστερα αποτελέσματα διότι τους ξηρούς μήνες πολλά ποτάμια στερεύουν από νερό και η έρευνα δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί. Μεγάλες συγκεντρώσεις παρατηρούνται κυρίως στο Βόρειο κομμάτι της Πελοποννήσου με αποτέλεσμα τα υψηλά επίπεδα BOD₅ να οδηγούν στην ταχεία αποσύνθεση της βιοαποικοδομήσιμης οργανικής ύλης και η συνακόλουθη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου μειώνουν την ποιότητα του νερού. Η διαφορά μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου είναι της τάξης του 80% συνολικά. Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ για τα υδατικά διαμερίσματα της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου για τα σημεία δειγματοληψίας χαρακτηρίζεται καλής ποιότητας νερό στην συνολική κατάσταση του όπως επιβεβαιώνετε και από τα διαγράμματα της Εικόνας 13. Συγκεκριμένα στον ποταμό Αλφειό σύμφωνα με σχετική μελέτη του ΥΠΕΚΑ τα

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
 συνολικά ετήσια φορτία που προκύπτουν από το άθροισμα των σημειακών πιέσεων είναι περίπου 5700 τόνοι/έτος BOD με το 95% να οφείλεται σε βιομηχανικές μονάδες της περιοχής. Παρομοίως στον ποταμό Πάμισο το 97,1% της ετήσιας επιβάρυνσης οφείλεται σε βιομηχανικές μονάδες όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.



Εικόνα 15. Πηγές προέλευσης BOD στον ποταμό Παμισό σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ. (2013).

Η συγκέντρωση των BOD στα υδατικά συστήματα και στο έδαφος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά στο πλαίσιο της σύγκρισης της υγρής και της ξηρής περιόδου, οι κύριοι λόγοι είναι ότι κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, υπάρχει μεγαλύτερη δραστηριότητα των μικροοργανισμών στο έδαφος και στα υδατικά συστήματα, επομένως παράγονται περισσότερα οργανικά υλικά τα οποία αποτελούν την βάση για τον υπολογισμό του BOD. Η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου επιτρέπει στους μικροοργανισμούς να αναπτυχθούν και να αποδομήσουν τα οργανικά υλικά γρηγορότερα, προκαλώντας μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου και αύξηση της BOD. Γενικά, η υγρή περίοδος συνδέεται με πιο έντονες βιολογικές δραστηριότητες, περισσότερο οργανικό

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
υλικό και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, επομένως η συγκέντρωση της BOD αυξάνεται σε σχέση με την ξηρή περίοδο (Ram et al., 2011).

3.5 Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Η ανάλυση για το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD test) χρησιμοποιείται επίσης για τον προσδιορισμό του οργανικού φορτίου των βιομηχανικών λυμάτων. Η χημική ζήτηση οξυγόνου (COD) ορίζεται ως η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η οξείδωση λαμβάνει χώρα υπό όξινες και θερμές συνθήκες με τη χρήση ισχυρών χημικών οξειδωτικών και καταλυτών.

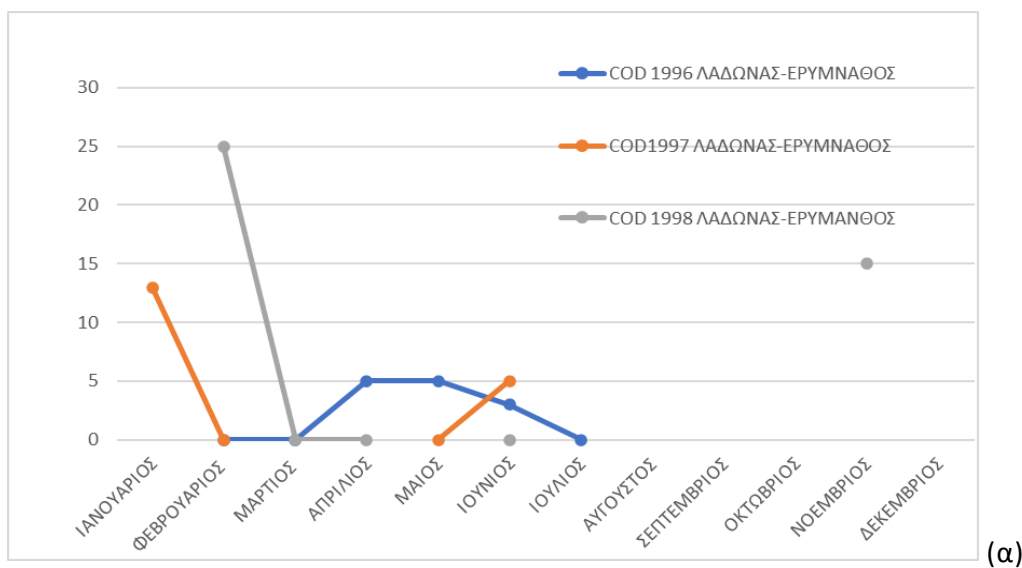
Το COD υπολογίζεται από την ποσότητα διχρωμικού καλίου που χρησιμοποιείται. Η δοκιμή COD είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό του οργανικού φορτίου των βιομηχανικών αποβλήτων που περιέχουν επιβλαβείς ουσίες για τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι τιμές COD είναι πάντα υψηλότερες από τις τιμές BOD, επειδή υπάρχουν περισσότερες χημικά οξειδωμένες ενώσεις από ό,τι βιολογικά οξειδωμένες ενώσεις. Η δοκιμή διαρκεί περίπου τέσσερις ώρες για να ολοκληρωθεί, αλλά αυτό μπορεί να μειωθεί σε περίπου μία ώρα όταν χρησιμοποιείται για μετρήσεις ρουτίνας σε μονάδες επεξεργασίας. Κατά τη μέτρηση του COD, ορισμένες ανόργανες ενώσεις μπορεί να οξειδωθούν και δεν μπορούν να οξειδωθούν όλες οι οργανικές ενώσεις, όπως οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Ο συνδυασμός της μέτρησης του COD με τη μέτρηση του BOD μπορεί να υποδείξει την παρουσία επιβλαβών συνθηκών και μη βιοδιασπώμενης οργανικής ύλης. Η σύγκριση του BOD και του COD αξιολογεί τη βιοαποδομησιμότητα μιας ουσίας: Για το BOD₅, ένας λόγος COD:BOD άνω του 100 αποτελεί ένδειξη ότι η ουσία είναι σχετικά μη βιοαποικοδομήσιμη. Ωστόσο, ένα χαμηλό BOD₅ μπορεί να σημαίνει ότι το μικροβιακό στέλεχος ελέγχου χρειάζεται περισσότερο χρόνο από τη δοκιμή για να αρχίσει να αποδομεί την ουσία. Ως εκ τούτου, η "τελική" μέθοδος ανάλυσης BOD ή απλής βιοαποικοδόμησης είναι συνήθως πιο αξιόπιστη. (Attigbo et al., 2007).

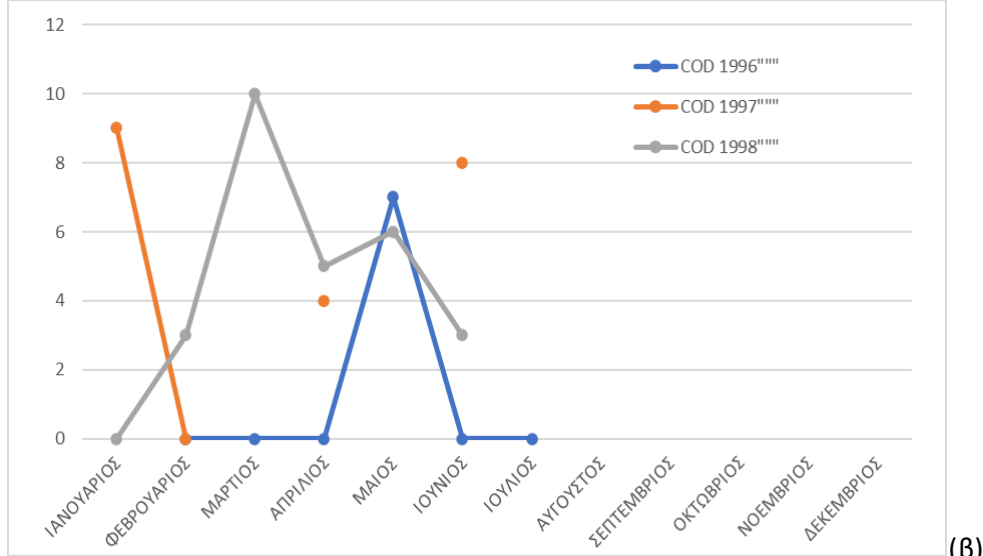
Ο λόγος COD/BOD₅ είναι ένας δείκτης της τοξικότητας των λυμάτων. Όσο πιο κοντά είναι ο λόγος αυτός στη μονάδα, τόσο πιο βιοαποικοδομήσιμα είναι τα απόβλητα και τόσο περισσότερο απαιτείται βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων (ήπια οξείδωση)- αντίθετα, όσο πιο μακριά από τη μονάδα, τόσο πιο δύσκολη είναι η βιολογική επεξεργασία των

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 αποβλήτων. Στην περίπτωση αυτή, η χημική οξείδωση (ισχυρή οξείδωση) ως μέθοδος προεπεξεργασίας των λυμάτων μπορεί να βελτιώσει την αναλογία αυτή. Η ανάλυση COD χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την παρακολούθηση κατά τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, καθώς παρέχει γρήγορα και ακριβή αποτελέσματα. (Βλυσίδης κ.α., 2007).

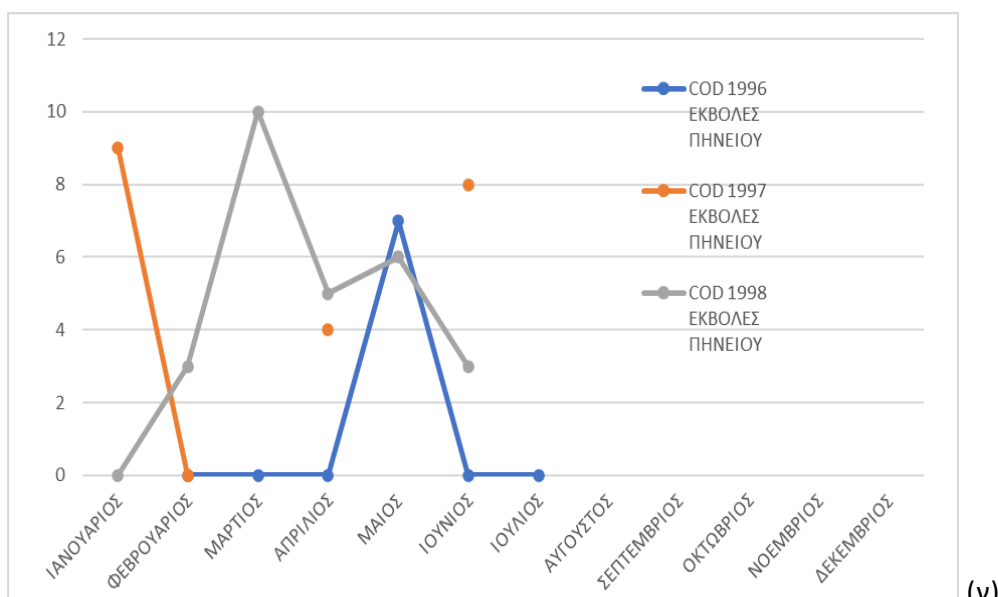
3.5.1 Στατιστική κατανομή χρονική και εποχιακή και αξιολόγηση σύμφωνα με τα όρια διεθνούς νομοθεσίας

Τα ίδια σημεία δειγματοληψιών που παρουσιάστηκαν για τα έτη 1996, 1997 και 1998 (Εικόνα 13) εμφανίζονται και στο κεφάλαιο 3.5.1 για το BOD₅ σύμφωνα με τον Πίνακα 5, δηλαδή για τον Αλφειό κατάντη της συμβολής του με το Λάδωνα και τον Ερύμανθο ποταμό, για τις εκβολές του Πηνειού και για τις εκβολές του Πάμισου.





(β)



(γ)

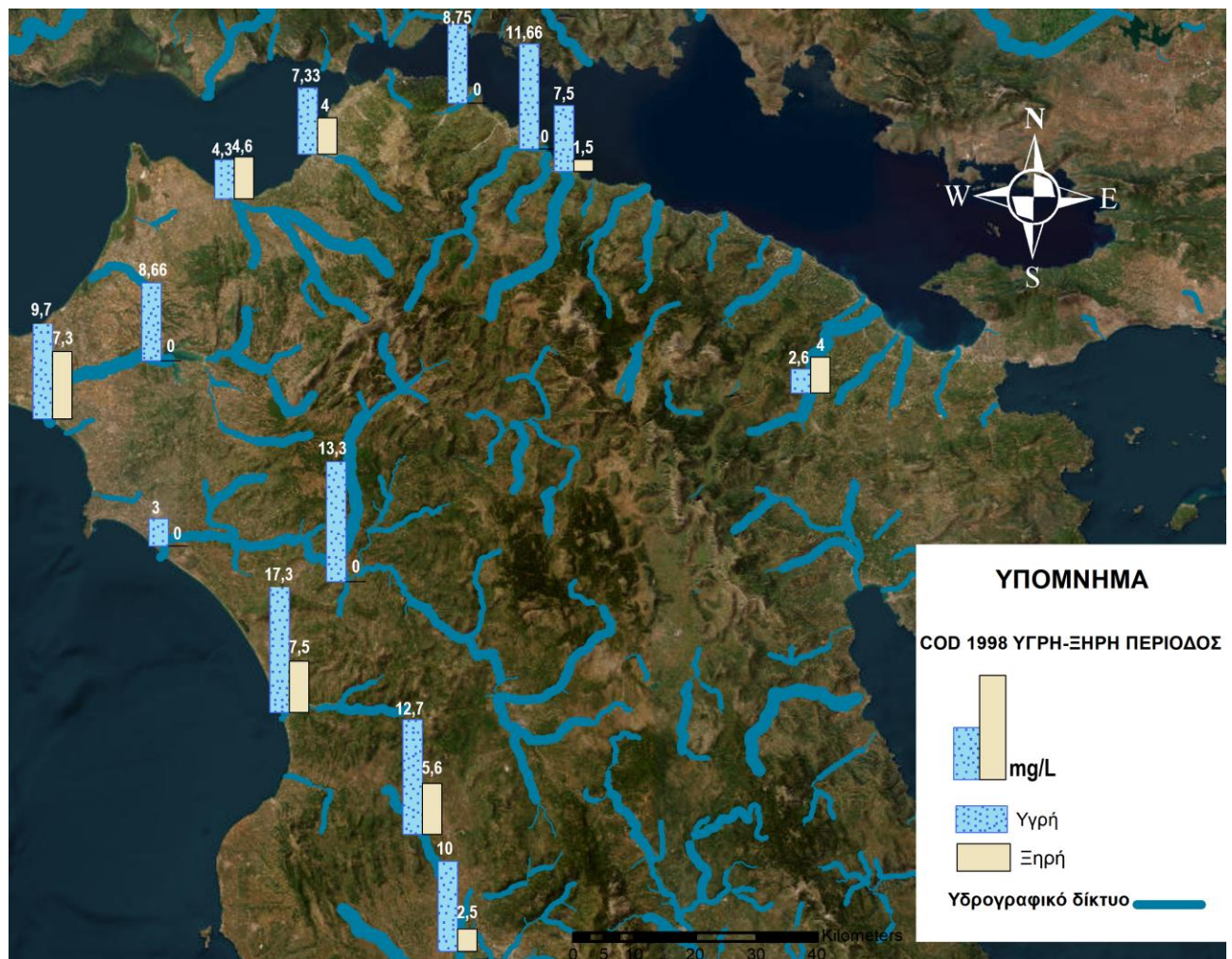
Εικόνα 16. Κατανομή COD (mg/l) για τα έτη 1996,1997,1998 στο νερό: (α) Αλφειός κατάντη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου, (β) εκβολές Πηνειού, και (γ) εκβολές Πάμισου.

Στην Εικόνα 16 παρουσιάζονται 3 διαγράμματα το κάθε ένα αντιστοιχεί σε ένα σημείο δειγματοληψίας. Στο διάγραμμα (α) για τον ποταμό Αλφειό κατάντη της συμβολής του με το Λάδωνα και τον Ερύμανθο ποταμό παρατηρείται χαμηλή συγκέντρωση COD με μέγιστη τιμή 25 mg/l τον Φεβρουάριο του 1998. Έπειτα στο διάγραμμα (β) για τις εκβολές του Πηνειού παρατηρείται μικρή συγκέντρωση COD με όλες τις τιμές κάτω του 10 mg/l που είναι και η μέγιστη τον Μάρτιο του 1998. Τέλος στο διάγραμμα (γ) για τον ποταμό Πάμισο στις εκβολές του παρατηρούνται πάλι χαμηλές συγκεντρώσεις COD με μέγιστη τιμή 14 mg/l τον Ιανουάριο του 1998. Η χημική κατάσταση των επιφανειακών νερών είναι καλή

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023 σύμφωνα με τις τιμές των διαγραμμάτων της Εικόνας 15 και σύμφωνα με τα όρια που έχει θεσπίσει η κοινότητα.

3.5.2 Χωρική κατανομή COD στο επιφανειακό νερό της περιοχής έρευνας

Στον χάρτη της Εικόνας 17 θα αναφερθεί η υγρή και η ξηρή περίοδο κάθε στοιχείου για το έτος 1998, όπου παρουσιάζει περισσότερο ενδιαφέρον και θα συγκριθούν σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς. Η διαφορά στη συγκέντρωση του COD μεταξύ της υγρής και της ξηρής περιόδου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η κατανομή και η ποσότητα των εκπομπών ρύπων, η ποσότητα των βροχοπτώσεων και η διάρκεια των περιόδων ξηρασίας.



Εικόνα 17. Διαβαθμισμένη απεικόνιση με bar/column της χωρικής κατανομής του COD (mg/l) στα επιφανειακά νερά της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου σε χάρτες που απεικονίζεται η υγρή και η ξηρή περίοδος του 1998.

Σύμφωνα με την Εικόνα 17 η κατανομή του COD μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου παρουσιάζει διακυμάνσεις της τάξης του 40% αύξηση από την ξηρή στην υγρή περίοδο. Όπως αναφέρθηκε τα επίπεδα του COD ορίζουν την συνολική οργανική ύλη, στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι σχετικά χαμηλά σε συγκέντρωση αλλά παρατηρείται μεγάλη αύξηση την υγρή περίοδο λόγω μεγάλης παροχής νερού εξαιτίας βροχών, λιώσιμο πάγων και αυξημένης διαλυτότητας οργανικών υλών. Κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα νερού που ρέει στα υδατικά συστήματα, το οποίο μπορεί να μεταφέρει μεγαλύτερες ποσότητες οργανικών υλικών και ρυπαντών, συμβάλλοντας στην αύξηση του COD. Όπως αναφέρεται στους πίνακες του ΥΠΕΚΑ η χημική κατάσταση του νερού χαρακτηρίζεται σε καλή κατάσταση με τιμές πολύ χαμηλότερες από αυτές που εμφανίζονται στον Πίνακα 5. Συνήθως, η συγκέντρωση του COD είναι υψηλότερη κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, καθώς οι βροχοπτώσεις μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ρύπων στα υδάτινα συστήματα και να αυξήσουν τη διαθεσιμότητα των ρυπογόνων ουσιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα επιφανειακά νερά των υδατικών διαμερισμάτων στην περιοχή της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου παρουσιάζουν διακυμάνσεις ανάλογα με την γεωγραφική τους τοποθεσία, το γεωλογικό τους υπόβαθρο και κυρίως τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και επεμβάσεις στις περιοχές γύρω από τους ποταμούς που διερευνήθηκαν.

Πιο συγκεκριμένα, από την σύγκριση των τιμών των παραμέτρων που εξετάστηκαν, με τα όρια και τα πρότυπα της διεθνούς έρευνας, διαπιστώθηκε ότι οι συγκέντρωση νιτρικών NO_3^- , νιτρωδών NO_2^- , και των αμμωνιακών του αζώτου NH_4^+ την υγρή και την ξηρή περίοδο του έτους με τιμές που στις περισσότερες δειγματοληψίες ξεπερνούν το ανώτατο όριο για πόσιμο νερό. Τα φωσφορικά ιόντα παρουσιάζουν σχετικά χαμηλές τιμές σε όλους τους ποταμούς ανάλογα με τη δειγματοληψία. Τα φωσφορικά ιόντα είναι αποτέλεσμα δευτερογενούς βιολογικής ρύπανσης, καθώς προκαλούνται κυρίως από τη γεωργική ρύπανση και τη διάλυση μεγάλων ποσοτήτων απορρυπαντικών στο νερό.

Οι έρευνες στους ποταμούς που μελετήθηκαν Αλφειό και Πηνειό στην Πελοπόννησο μεταξύ 1998 και 2000 έδωσαν τιμές μεταξύ 0,05 mg/l και 1,2 mg/l, οι περισσότερες από τις οποίες ήταν ίσες με 0,1 mg/l. Ομοίως, οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ Ιουλίου 1996 και Μαρτίου 1997 στον άνω ρου του ποταμού Αλιάκμονα έδωσαν τιμές μεταξύ 0,06 mg/l και 0,985 mg/l, με τις περισσότερες από αυτές τις τιμές να ισούνται με 0,1 mg/l. Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι κάτω από το όριο των 6,70 mg/l που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα για τη συγκέντρωση φωσφορικών σε νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το BOD₅ κυμαίνεται γενικά σε χαμηλά επίπεδα, όπως και το COD. Έτσι, η περιβαλλοντική επίπτωση μιας περιοχής απαιτεί τη μελέτη πολλών παραγόντων. Το μείζον πρόβλημα είναι η ρύπανση από νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά του αζώτου τα οποία αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Τρόποι επίλυσης του ζητήματος αυτού που έχουν προταθεί από διεθνείς ερευνητές είναι η χημική αποκατάσταση (Chemical Nitrate Remediation) και η φυσική αποκατάσταση (Physical Nitrate Remediation).

Βιβλιογραφία – Αναφορές

Agrawal, A.; Pandey, R.S.; Sharma, B. Water Pollution with Special Reference to Pesticide Contamination in India. *J. Water Resour. Prot.* 2010, 2, 432–448.

Alexakis D. (2020) Meta-Evaluation of water quality indices. Application into groundwater resources. *Water*, 12(7), 1890; <https://doi.org/10.3390/w12071890>

Alexakis D. (2021) Water Quality Indices: Current and Future Trends in Evaluating Contamination of Groundwater Resources. *Water* 2021, 13(4), 401; <https://doi.org/10.3390/w13040401>

Alexakis D., Kiskira K., Gamvroula D., Emmanouil Ch., Psomopoulos C. (2021) Evaluating toxic element contamination sources in groundwater bodies of two Mediterranean sites. *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12957-z>

Alexakis D.E. (2021) Linking DPSIR model and water quality indices to achieve sustainable development goals in groundwater resources. *Hydrology* 2021, 8(2), 90; <https://doi.org/10.3390/hydrology8020090>

Avisar, O.; Kronfeld, J.; Talma, A.S. Amelioration of groundwater nitrate contamination following installation of a central sewage system in two Israeli villages. *Environ. Earth Sci.* 2008, 58, 515–520.

Bekas G.K., Alexakis D.E., Gamvroula D.E. (2021) Forecasting discharge rate and chloride content of karstic spring water by applying the Levenberg–Marquardt algorithm. *Environmental Earth Sciences*, 80, 404, <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09685-5>

Beutel, M.W.; Horne, A.J.; Taylor, W.D.; Losee, R.F.; Whitney, R.D. Effects of oxygen and nitrate on nutrient release from profundal sediments of a large, oligo-mesotrophic reservoir, Lake Mathews, California. *Lake Reserv. Manag.* 2008, 24, 18–29.

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Bosman, C. The hidden dragon: Nitrate pollution from open-pit mines—A case study from the Limpopo province, South Africa. In Proceedings of the International Mine Water Conference, Pretoria, South Africa, 19–23 October 2009

Cardoso, A.C.; Duchemin, J.; Magoarou, P.; Premazzi, G. Criteria for the Identification of Freshwater Subject to Eutrophication. Their Use for the Implementation of the “Nitrates” and Urban Waste Water Directives. EUR 19810 EN, EU—JRC. 2001, Volume 87. Available online: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/26a9c3bb-a4c2-11e7-837e-01aa75ed71a1> (accessed on 24 February 2022).

Coffey, M.; Pal, M.; Stamp, J.; Hamilton, A.; Johnson, T. A review of water quality responses to air temperature and precipitation changes 2: Nutrients, algal blooms, sediment, pathogens. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 2018, 55, 844–868.

Coronel, G.; Chang, M.; Rodríguez-Delfín, A. Nitrate Reductase Activity and Chlorophyll Content in Lettuce Plants Grown Hydroponically and Organically. In Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics 843, Lima, Peru, 25–28 August 2008; pp. 137–144.

Cyplik, P.; Marecik, R.; Piotrowska-Cyplik, A.; Olejnik, A.; Drozdzyńska, A.; Chrzanowski, L. Biological denitrification of high nitrate processing wastewaters from explosives production plant. *Water Air Soil Pollut.* 2012, 223, 1791–1800.

Doufexi, M.; Gamvroula, D.E.; Alexakis, D.E. Elements' Content in Stream Sediment and Wildfire Ash of Suburban Areas in West Attica (Greece). *Water* 2022, 14, 310. <https://doi.org/10.3390/w14030310>

Dwivedi, U.N.; Misha, S.; Singh, P.; Tripathi, R.D. Nitrate pollution and its remediation. In *Environmental Bioremediation Technologies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2007.

European Commission (EC). Guidance Document 13, Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential, Common Implementation Strategy for The

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Water Framework Directive (2000/60/EC). 2005. Available online:

[https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-](https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20(WG%20A).pdf)

[0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%](https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20(WG%20A).pdf)

[20of%20Ecological%20Status%20\(WG%20A\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20(WG%20A).pdf) (accessed on 24 February 2022).

European Commission. Commission Staff Working Document European Overview (1/2) Accompanying the Document Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the Implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) River Basin Management Plans.

European Parliament and Council. WFD 2000/60/EC—Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Off. J. Eur. Communities 2000, 327, 1–73.

Fagiya, A.O.; Ipinmoroti, M.O.; Chirenje, T. Environmental pollution in Africa. Environ. Dev. Sustain. 2018, 20, 41–73.

Feng, W.; Wang, C.; Lei, X.; Wang, H.; Zhang, X. Distribution of Nitrate Content in Groundwater and Evaluation of Potential Health Risks: A Case Study of Rural Areas in Northern China. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 9390.

Glass, C.; Silverstein, J. Denitrification kinetics of high nitrate concentration water: pH effect on inhibition and nitrite accumulation. Water Res. 1998, 32, 831–839.

Gamvroula, D.E.; **Alexakis, D.E.** Evaluating the Performance of Water Quality Indices: Application in Surface Water of Lake Union, Washington State-USA. *Hydrology* 2022, 9, 116. <https://doi.org/10.3390/hydrology9070116>

Golfinopoulos S., Varnavas S., Alexakis D. (2021) The status of arsenic pollution on the Greek and Cyprus environment: An Overview. *Water*, 13(2), 224; <https://doi.org/10.3390/w13020224>

Howard, G.; Calow, R.; Macdonald, A.; Bartram, J. Climate Change and Water and Sanitation:

<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/85d9694d-d1d7-48bb-9402-d6da989eb9df/language-en> (accessed on 27 June 2019).

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Huno, S.K.M.; Rene, E.R.; van Hullebusch, E.D.; Annachatre, A.P. Nitrate removal from groundwater: A review of natural and engineered processes. *J. Water Supply: Res. Technol.-Aqua* 2018, 67, 885–902.

Khanichaidecha, W.; Nakaruk, A.; Ratananikom, K.; Eamrat, R.; Kazama, F. Heterotrophic nitrification and aerobic denitrification using pure-culture bacteria for wastewater treatment. *J. Water Reuse Desalination* 2019, 9, 10–17

Kihampa, C.; Wenaty, A. Impact if mining and farming activities on water and sediment quality of the Mara river basin, Tanzania. *Res. J. Chem. Sci.* 2013, 3, 15–24.

Laursen, A.E.; Carlton, R.G. Response to atrazine of respiration, nitrification, and denitrification in stream sediments measured with oxygen and nitrate microelectrodes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 1999, 29, 229–240.

Liu, L.; Zheng, X.; Wei, X.; Kai, Z.; Xu, Y. Excessive application of chemical fertilizer and organophosphorus pesticides induced total phosphorus loss from planting causing surface water eutrophication. *Sci. Rep.* 2021, 11, 23015.

Maherry, A.; Tredoux, G.; Clarke, S.; Pengelbrecht, P. State of Nitrate Pollution in Groundwater in South Africa. Available online: http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/handle/10204/4288/Maherry_2010_P.pdf;jsessionid=C3B27245662E9D7865F7FDB24E1F19FF?sequence=1 (accessed on 17 January 2020).

Mahvi, A.H.; Nouri, J.; Babaei, A.A.; Nabizadeh, R. Agricultural impact of groundwater nitrate pollution. *Int. J. Sci. Technol.* 2005, 2, 41–47.

Meng, Q.; Feng, Q.; Wu, Q.; Meng, L.; Cao, Z. Distribution characteristics of nitrogen and phosphorus in mining induces subsidence wetland in Panbei coal mine, China. *Procedia Earth Planet.* 2009, 1, 1237–1241.

Moloantoa, K.M.; Khetsha, Z.P.; van Heerden, E.; Castillo, J.C.; Cason, E.D. Nitrate Water Contamination from Industrial Activities and Complete Denitrification as a Remediation Option. *Water* 2022, 14, 799.

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Negovanović, M.; Kričak, L.; Milanović, S.; Dokić, N.; Simić, N. Ammonium nitrate explosion hazards opasnosti od eksplozije kojepoticu od amonijumnitrata. Undergr. Min. Eng. 2015, 27, 49–63.

Panagiotaras, D.; Koulougliotis, D.; Nikolopoulos, D.; Kalarakis, A.N.; Yiannopoulos, A.C.; Pikios, K. Biogeochemical cycling of nutrients and thermodynamic aspects. J. Thermodyn. Catalysis. 2015, 6, 1–9.

Parr L.B. & Mason C.F. (2003), 'Long-term trends in water quality and their impact on macroinvertebrate assemblages in eutrophic lowland rivers', Water Research, 37: 2969-1979.

Payus, C.; Huey, L.A.; Adnan, F.; Rimba, A.B.; Mohan, G.; Chapagain, S.K.; Roder, G.; Gasparatos, A.; Fukushi, K. Impact of extreme drought climate on water security in North Borneo: Case study of Sabah. Water 2020, 12, 1135.

Pimentel, D.; Berger, B.; Filiberto, D.; Newton, M.; Wolfe, B.; Karabinakis, E.; Clark, S.; Poon, E.; Abbett, E.; Nandagopal, S. Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. BioScience 2004, 54, 909–918.

Ram, S.L., Pravin U.S. & Deepal, S.P. (2011), 'Study on Physico-Chemical Parameters of Waste Water Effluents from Taloja Industrial Area of Mumbai, India', International Journal of Ecosystem, 1: 1-9.

Santucci, L.; Carol, E.; Tanjal, C. Industrial waste as a source of surface and groundwater pollution for more than half a century in a sector of the Río de la Plata coastal plain (Argentina). Chemosphere 2018, 206, 727–735.

Schaider, L.A.; Swetschinki, L.; Campbell, C.; Rudel, R.A. Environmental justice and drinking water quality: Are there socioeconomic disparities in nitrate levels in U.S. drinking water? Environ. Health 2019, 18, 3.

Seckler, D.; Barker, R.; Amarasinghe, U. Water scarcity in the twenty-first century. Int. J. Water Resour. Dev. 1999, 15, 29–42.

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Skoulikidis, N. Defining chemical status of a temporal Mediterranean River. *J. Environ.*

Monit. 2008, 10, 842–852.

Skoulikidis, N.; Amaxidis, Y.; Bertahas, I.; Laschou, S.; Gritzalis, K. Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools—A case study on small/medium Greek catchments. *Sci. Total Environ.* 2006, 362, 205–241.

Skoulikidis, N.; Karaouzas, I.; Amaxidis, Y.; Lazaridou, M. Impact of EU Environmental Policy Implementation on the Quality and Status of Greek Rivers. *Water* 2021, 13, 1858.

Skoulikidis, N.T.; Gritzalis, K.; Kouvarda, T.; Buffagni, A. The development of an ecological quality assessment and classification system for Greek running waters based on benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 2004, 516, 149–160.

Sparacino-Watkins, C.; Stolz, J.F.; Basu, P. Nitrate and periplasmic nitrate reductases. *Chem. Soc. Rev.* 2013, 43, 676–706.

Stadler, S.; Talma, A.; Tredoux, G.; Wrabel, J. Identification of sources and infiltration regimes of nitrate in the semi-arid Kalahari: Regional differences and implications for groundwater management. *Water SA* 2012, 38, 213–224.

Stein, L.Y.; Klotz, M.G. The nitrogen cycle. *Curr. Biol.* 2016, 26, 94–98.

Stüeken, E.E.; Kipp, M.; Koehler, M.C.; Buick, R. The evolution of Earth's biogeochemical nitrogen cycle. *Earth-Sci. Rev.* 2016, 160, 220–239.

Tagma, T.; Hsissou, Y.; Bouchaou, L.; Bouragba, L.; Boutaleb, S. Groundwater nitrate pollution in Souss-Massa basin (South-west Morocco). *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 2009, 3, 301–309.

Tsitsis, C.; Alexakis, D.E.; Moustiris, K.; Gamvroula, D.E. Combining Artificial Neural Network and Driver–Pressure–State–Impact–Response Approach for Evaluating a Mediterranean Lake. *Water* 2023, 15, 266. <https://doi.org/10.3390/w15020266>

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
Tredoux, G.; Engelbrecht, P.; Israel, S. Nitrate in Groundwater. In *Why Is It a Hazard and How to Control It?* Report to Water Research Commission; Water Research Commission: Pretoria, South Africa, 2009; pp. 1–22. ISBN 978-1-77005-873-6.

Verlicchi, P.; Grillini, V. Surface Water and Groundwater Quality in South Africa and Mozambique—Analysis of the Most Critical Pollutants for Drinking Purposes and Challenges in Water Treatment Selection. *Water* 2020, 12, 305.

Ward, M.H.; Jones, R.R.; Brender, J.D.; de Kok, T.M.; Weyer, P.J.; Nolan, B.T.; Villanueva, C.M.; van Breda, S.G. Drinking water nitrate and human health: An updated review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 1557.

WHO Regional Office for Europe (2002), 'Eutrophication and Health', Luxemburg, 1- 21.

Withers, P.J.A.; Neal, C.; Jarvie, H.P.; Doody, D.G. Agriculture and Eutrophication: Where Do We Go from Here? *Sustainability* 2014, 6, 5853–5875.

Withers, P.J.A.; Neal, C.; Jarvie, H.P.; Doody, D.G. Agriculture and Eutrophication: Where Do We Go from Here? *Sustainability* 2014, 6, 5853–5875

Xue, Y.; Song, J.; Kong, F.; Wen, M.; Zhang, G. Nitrate pollution and preliminary source identification of surface water in a semi-arid river basin, using isotopic and hydrochemical approaches. *Water* 2016, 8, 328.

Τσιούρης Σωτήριος 1999 .Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Γαρταγάνης.

Ηλεκτρονικές διαδικτυακές πηγές

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ 2022

ΥΔΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ, ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ: ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ:

(http://www.academyofathens.gr/static/9789604043965/9789604043965_%CE%91%CE%A0%CE%9F%20%CE%A4%CE%9F%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%95%CE%9B%CE%98%CE

Διερεύνηση διακύμανσης ποιοτικών παραμέτρων επιφανειακών νερών Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, 2023
%9F%CE%9D%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%20%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%9B%CE
%9F%CE%9D_web.pdf)

<http://river.bio.auth.gr/language/el/>

Malborough District Council, 2009, River Water Quality Report,

<http://www.marlborough.govt.nz>

<http://www.lcra.org/water/quality/crwn/indicators.html> , <http://www.marlborough.govt.nz/>

<http://www.marlborough.govt.nz>

Malborough District Council 2009, River Water Quality Report,

<http://www.marlborough.govt.nz>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ‘ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΜΝΩΝ, ΘΑΛΑΣΣΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ’ ΚΙΓΚΑΣ
ΧΡΗΣΤΟΣ :(file:///C:/Users/user/Desktop/Kigas_Christos_Dip_2014.pdf)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ
ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑ Ι. ΜΑΣΤΡΟΔΗΜΟΥ:

(<http://ikee.lib.auth.gr/record/303826/files/GRI-2019-24040.pdf>)

ΒΛΥΣΙΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ Καθηγητής ΕΜΠ: (<http://users.ntua.gr/vlysidis/characteristics.pdf>)

<http://www.lcra.org/water/quality/crwn/indicators.html>

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ-ΒΑΣΙΛΑΚΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ:

<https://apothesis.lib.hmu.gr/bitstream/handle/20.500.12688/9452/AndroutsouVasilakiPanagiota2018.pdf?sequence=1>

ΥΠΕΚΑ

http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2018/01/FEK_4678_%CE%92_2017.pdf

<http://wfdver.ypeka.gr/wp->

content/uploads/2017/04/files/GR02/GR02_P10_Taxinomi_GW.pdf

