



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ
ΝΕΡΩΝ ΤΕΓΕΑΣ ΔΗΜΟΥ ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ-ΕΛΕΝΗ Σ. ΜΠΟΥΖΟΥ

Επιβλέπων

Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2023



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ
ΝΕΡΩΝ ΤΕΓΕΑΣ ΔΗΜΟΥ ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ-ΕΛΕΝΗ Σ. ΜΠΟΥΖΟΥ

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταρουλάκης Γεώργιος

Επιτροπή Αξιολόγησης : Αναπληρωτής Καθηγητής Καλδέρης Δημήτρης (Μέλος)

**Δρ Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη Επιστημονικός Συνεργάτης/Νέος
Διδάκτορας (Μέλος)**

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας 99

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Σταυρουλάκη για την καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, την υπομονή και επιμονή όλο αυτό το διάστημα. Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που πιστεύει στις δυνατότητές μου περισσότερο από εμένα και μου δίνουν θάρρος και δύναμη. Ευχαριστώ τους φίλους μου που ήταν οικογένειά μου, στα Χανιά και χωρίς αυτούς δεν θα είχα καταφέρει να πετύχω. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στη κ. Αγγελική Ζαχαριάδη (Χημικός Μηχανικός), τον κ. Παναγιώτη Κωτσιώνη (Χημικός Μηχανικός) και τον κ. Θανάση Μακρή για τη βοήθεια, τις πληροφορίες που μου πρόσφεραν για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου.

Την εργασία μου την αφιερώνω

στην πολυαγαπημένη μου θεία που έφυγε πολύ νωρίς...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	6
ABSTRACT	6
Κεφάλαιο 1 ^ο	7
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	7
Νερό	7
Υδρολογικός κύκλος του νερού.....	7
Χημεία του νερού.....	8
Παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού.....	9
Φως	10
Θερμοκρασία	10
Χρώμα.....	10
Οσμή και Γεύση.....	11
Θολρότητα.....	11
Στερεά.....	11
Ολικά στερεά.....	12
Αιωρούμενα στερεά.....	12
Οξύτητα	12
Αλκαλικότητα	13
Αγωγιμότητα	13
Σκληρότητα.....	14
Ενεργός οξύτητα (pH).....	15
Το υπόγειο νερό	21
Κατακόρυφη κατανομή υπόγειου νερού	21
Είδη υπόγειου νερού	22
Χρήσεις και πλεονεκτήματα του υπόγειου νερού	22
Αποθέματα υπόγειου νερού	23
Υδροφορείς	23
Συστήματα υπόγειας ροής	24
Λειτουργίες των υπόγειων υδροφόρων	25
Επιπτώσεις από την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού.....	25
Αλληλεπίδραση νερού και περιβάλλοντος.....	25
Υδρογεωλογικό περιβάλλον.....	26
Πηγάδια.....	26

Ρύπανση	28
Μόλυνση	28
Ρυπαντής ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία	28
Φυσικοχημικές ιδιότητες των ρύπων	28
Πηγές ρύπανσης.....	29
Μόλυνση των υδροφόρων από μικροοργανισμούς.....	29
Επιπτώσεις της ρύπανσης.....	29
Αλληλεπίδραση ρυπαντών και εδάφους	30
Πρότυπα ποιότητας υπόγειων υδάτων – Καθορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών.....	30
Κεφάλαιο 2°.....	32
Περιγραφή του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου.....	32
Γεωγραφικά – φυσικά χαρακτηριστικά Λεκάνη Απορροής Οροπεδίου Τρίπολης.....	32
Υδάτινοι πόροι Οροπεδίου Τρίπολης	33
Πηγές ρύπανσης Οροπεδίου Τρίπολης.....	33
Χρήση υδάτων.....	37
Γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής μελέτης.....	39
Καταβόθρες.....	39
Υδρογραφικό δίκτυο	39
Υδρολιθολογία	39
Κεφάλαιο 3°.....	41
Υλικά και μέθοδοι	41
Θέσεις δειγματοληψίας	41
Διαδικασία δειγματοληψίας - Μεθοδολογία	42
Εργαστηριακές αναλύσεις δειγμάτων	43
pH	43
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	44
Νιτρικό Άζωτο (NO_3^-)	44
Φώσφορος (PO_4^{3-}).....	45
Σκληρότητα- Ασβέστιο (Ca^{2+}) – Μαγνήσιο (Mg^{2+}).....	46
Προσδιορισμός Μικροβιολογικού φορτίου.....	46
Αποτελέσματα - Γραφικές παραστάσεις.....	49
Συμπεράσματα.....	54
Βιβλιογραφία	54

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση, η ανάλυση και τελικά η αξιολόγηση των ποιοτικών παραμέτρων, των υδατικών πόρων, της περιοχής Τεγέας - Αρκαδίας. Η συνεχής παρακολούθηση και μεταβολή, των ποιοτικών χαρακτηριστικών συνδέεται με την αξιοποίηση των υδατικών πόρων για άρδευση.

Η έρευνα διεξήχθη κατά το χρονικό διάστημα 13 Οκτωβρίου 2022 μέχρι 14 Φεβρουαρίου 2023.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 δειγματοληψίες, ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις μεταβολές των παραμέτρων με βάση τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν και τις καλλιεργητικές ενέργειες που πραγματοποιούνταν στη περιοχή.

Σε κάθε δειγματοληψία συλλέχθηκαν 4 δείγματα νερού, τα τρία από πηγάδια της περιοχής της Τεγέας και το τέταρτο δείγμα από τη λίμνη Τάκα

Στα δείγματα νερού έγιναν χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις: Ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, Σκληρότητα, Νιτρικά ιόντα, Φωσφορικά ιόντα, Ασβέστιο, Μαγνήσιο, όπως και E coli, total coliforms, εντερόκοκκοι. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο της ΔΕΥΑ Τρίπολης (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Τρίπολης).

ABSTRACT

Analysis of the natural and microbiological parameters of water quality of Tegeas area , Municipality Tripolis, Arcadia

The purpose of this dissertation is to evaluate the quality parameters of water resources in Tegeas an Arcadian region. The monitoring of water quality parameters will ensure the safety of the irrigation water and the protection of the human health.

The research was concluded the autumn – winter period from 13/10/2022 to 14/2/2023. During the research period 3 samplings dates were selected based on the weather conditions and cultivating works.

In all 3 samplings, each of the 4 water samples was collected from three local wells and (the fourth) from Lake Taka.

All physicochemical and microbiological analyses were carried out in the laboratory of DEYA Tripolis.

Κεφάλαιο 1^ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Εισαγωγή

Το νερό ή οξείδιο του υδρογόνου H_2O είναι η πιο διαδεδομένη χημική ένωση, διότι βρίσκεται στα κύτταρα και στους ιστούς των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών σε αναλογία 70 έως 90% καθώς και στις θάλασσες, στις λίμνες και στους ποταμούς, καλύπτοντας το 75% της επιφάνειας της Γης.

Το νερό μαζί με το έδαφος και τον αέρα αποτελούν τους βασικότερους πόρους από τους οποίους ο άνθρωπος αντλεί αγαθά τα οποία είναι απαραίτητα στη ζωή του. Το νερό ανανεώνεται με τη διαδικασία του υδρολογικού κύκλου και είναι ανεξάντλητος πόρος υπό προϋποθέσεις.

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το νερό για προσωπικές του ανάγκες, για άρδευση των καλλιεργειών και στη βιομηχανία. Τα επιφανειακά και υπόγεια νερά περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών και ανόργανων ουσιών όπως και μικροβιολογικά φορτία σε αντίθεση με το πόσιμο νερό. Αυτό εξαρτάται από τη γεωλογία του εδάφους και τη χρήση του νερού από τον άνθρωπο ενώ αλλάζει από περιοχή σε περιοχή.

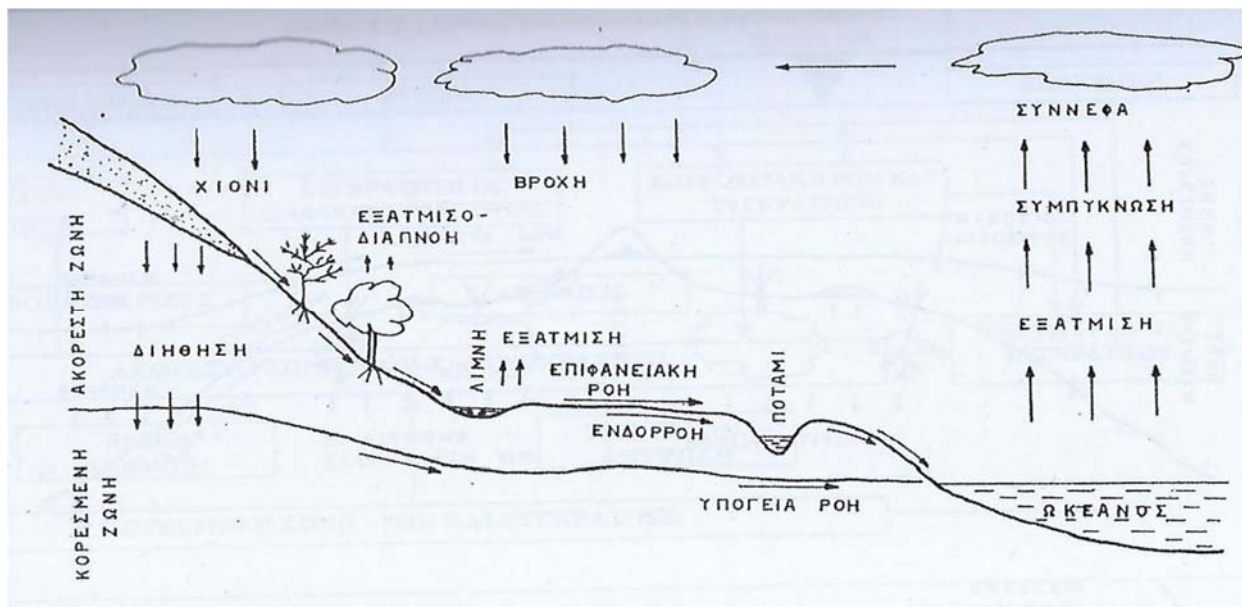
Σε πολλά μέρη του κόσμου επικρατεί λειψυδρία και οι ποικίλες χρήσεις του νερού ασκούν πίεση στους υδάτινους πόρους. Για το λόγο αυτό, η προσεκτική διαχείριση είναι ζωτικής σημασίας για να διατηρηθεί τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα, των αποθεμάτων νερού.

Νερό

Το νερό είναι το πιο διαδεδομένο σώμα στη φύση. Είναι φυσικός πόρος που καλύπτει βασικές ανάγκες της επιβίωσης του ανθρώπινου πληθυσμού, αποτελεί βασικό παράγοντα ανάπτυξης και είναι ζωτικός για όλα τα παγκόσμια οικοσυστήματα. Τα γεγονότα των τελευταίων χρόνων δείχνουν ότι αντιμετωπίζουμε παγκόσμια κρίση νερού, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που παρατηρούνται χρόνο με το χρόνο. Για το λόγο αυτό η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 60/2000 αναγνωρίζει τη μεγάλη σημασία των υδατικών πόρων και την ανάγκη προστασίας τους και θέτει βάσεις αποφυγής της περαιτέρω επιδείνωσης της ποιότητας και ποσότητας των γλυκών υδάτων.

Υδρολογικός κύκλος του νερού

Ο υδρολογικός κύκλος είναι ένας περιγραφικός όρος που αναφέρεται στη γενική κυκλοφορία του νερού από τους ωκεανούς και θάλασσες στην ατμόσφαιρα μετά πάνω στη Γη και τέλος πάλι πίσω στις θάλασσες. Το νερό της γης είτε με τη μορφή των υδρατμών στην ατμόσφαιρα, είτε ως επιφανειακό νερό στους ποταμούς, τις λίμνες, τις θάλασσες και τους ωκεανούς, είτε ως υπόγειο νερό μέσα στους πόρους του εδάφους και τα υδροφόρα στρώματα βρίσκεται σε μία συνεχή κίνηση. Το νερό μετακινείται από το ένα σύστημα στο άλλο με τη διήθηση, την υπόγεια ροή του νερού, τη διαρροή και την κίνηση στα υδατορεύματα. Μεταφέρεται με τη μορφή υδρατμών με την εξάτμιση από την επιφάνεια των υδατοσυλλογών και του εδάφους στην ατμόσφαιρα και τέλος με τη μορφή των κατακρημνισμάτων πέφτει στη γη (Σχ. 1.1).



ΣΧΗΜΑ 1.1 Απλοποιημένη γραφική απεικόνιση υδρολογικού κύκλου. (Παπαμιχαήλ 2004)

Χημεία του νερού

Η μελέτη της Χημείας του νερού προϋποθέτει τη γνώση για τις πηγές, τη μεταφορά, τα χαρακτηριστικά και τη σύσταση του νερού. Οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στο νερό και στα χημικά είδη που βρίσκονται μέσα σε αυτό επηρεάζονται έντονα από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το νερό. Η χημεία του νερού που εκτίθεται στην ατμόσφαιρα είναι τελείως διαφορετική από εκείνη του νερού που συναντάται στο πυθμένα μιας λίμνης. Επίσης, οι μικροοργανισμοί διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της σύστασης του νερού.

Στη χημεία με την ονομασία ύδωρ εννοούμε την χημική ένωση H_2O ενώ σαν νερό χαρακτηρίζουμε αυτό που υπάρχει στη φύση και περιέχει διαλυμένες αιωρούμενες ουσίες. Στις διαλυμένες ουσίες ανήκουν τόσο τα αέρια (N_2 , O_2 , H_2 , SO_2) που περιέχονται είτε από τον ατμοσφαιρικό αέρα είτε από την αποσύνθεση διαφόρων οργανικών ουσιών, όσο και ιόντα (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , NH_4^+ , Cl^- , F^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^-) τα οποία περιλαμβάνει το νερό από τα πετρώματα και από την ατμόσφαιρα. Ως αιωρούμενες ουσίες μπορεί να θεωρηθούν σκόνη, άμμος, μικροοργανισμοί.

Το νερό αποτελείται από απλά τριατομικά μόρια αλλά η συμπεριφορά του είναι σύνθετη και κατά κάποιον τρόπο αρκετά διαφορετική από αυτή των άλλων ενώσεων. Οι μοναδικές ιδιότητες του νερού οφείλονται κυρίως στη μοναδική δομή του και στις διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται εξαιτίας της. Τα ηλεκτρόνια σθένους στο άτομο του οξυγόνου καταλαμβάνουν τα 2s και 2p ατομικά τροχιακά. Στο μόριο όμως του νερού λαμβάνει χώρα sp^3 υβριδισμός των ατομικών τροχιακών του οξυγόνου δημιουργώντας τέσσερα ισοδύναμα τροχιακά. Τα δύο από αυτά καταλαμβάνονται από ασύζευκτα ζεύγη ηλεκτρονίων και τα άλλα δύο από ζεύγη ηλεκτρονίων που σχηματίζουν τους ομοιοπολικούς σ-δεσμούς με τα άτομα του υδρογόνου. Για το λόγο αυτό η γεωμετρική δομή του μορίου του νερού μοιάζει με αυτή του τετραέδρου όπου φυσικά το άτομο του οξυγόνου είναι το κεντρικό άτομο.

Η παρουσία των δύο ασύζευκτων ζευγών ηλεκτρονίων στο μόριο του νερού σε συνδυασμό με την πολική φύση των δεσμών οξυγόνου-υδρογόνου καθιστούν το μόριο του νερού ισχυρά πολικό. Το αρνητικό φορτίο είναι συγκεντρωμένο στο άτομο του οξυγόνου προς τη μεριά των ασύζευκτων

ηλεκτρονικών ζευγών και το θετικό φορτίο στον ενδιάμεσο χώρο ανάμεσα στα άτομα υδρογόνου. Επομένως, μεταξύ των δίπολων μορίων του νερού αναπτύσσονται ισχυρές ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις. Το θετικό μέρος των μορίων έλκει το αρνητικό μέρος των γειτονικών μορίων και ούτω κάθε εξής δημιουργώντας μια παράταξη των μορίων στο χώρο.

Τόσο οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου όσο και οι δυνάμεις που οφείλονται στους δεσμούς υδρογόνου επηρεάζουν σημαντικά τη δομή του νερού στις διάφορες φυσικές καταστάσεις και φυσικά επηρεάζουν τις ιδιότητές του όπως το σημείο βρασμού, το σημείο τήξης. Οι τιμές των θερμοτήτων τήξης και εξάτμισης, όπως και των σημείων τήξης και βρασμού είναι σχετικά υψηλότερες των αντίστοιχων τιμών των άλλων απλών μοριακών ενώσεων που δεν έχουν δεσμούς υδρογόνου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για τη διάσπαση των συμπλεγμάτων και για την ελευθέρωση των μορίων του νερού από τις ισχυρές δυνάμεις που τα συνδέουν είναι αναγκαία η σημαντική αύξηση της κινητικής ενέργεια των μορίων.

Η μοναδικότητα του νερού έχει πολλές ιδιότητες. Το νερό έχει τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από όλα σχεδόν τα άλλα υγρά. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας το νερό των λιμνών και των θαλασσών μπορεί να απορροφήσει ή να απελευθερώσει μεγάλες ποσότητες θερμότητας με ταυτόχρονη μικρή μεταβολή στη θερμοκρασία του και γι' αυτό καθίσταται ρυθμιστής της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και επηρεάζει το τοπικό κλίμα.

Παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού

Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες του νερού είναι αυτές που το καθιστούν ρυθμιστικό παράγοντα για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη. Το νερό είναι υγρό, άχρωμο και άοσμο. Είναι άριστος διαλύτης για πολλές ανόργανες και οργανικές ενώσεις, επειδή παρουσιάζει μεγάλη πολικότητα και υψηλή διηλεκτρική σταθερά. Η υψηλή του διηλεκτρική σταθερά το καθιστά ισχυρό διαλυτικό μέσο των πολικών ενώσεων (ηλεκτρολύτες) και των μη πολικών ενώσεων (σάκχαρα). Έτσι αποτελεί το βασικό μέσο μεταφοράς των θρεπτικών συστατικών.

Η υψηλή του θερμοχωρητικότητα διατηρεί τη θερμοκρασία σε ορισμένα επίπεδα σε ολόκληρες γεωγραφικές περιοχές. Η θερμοχωρητικότητα του νερού είναι $1\text{cal}/(\text{g}\cdot\text{deg})$. Δηλαδή είναι κατανοητό ότι χρειάζονται τεράστια ποσά θερμότητας για να μεταβληθεί κατά μερικούς βαθμούς της κλίμακας Κελσίου η θερμοκρασία μιας μάζας νερού λίμνης ή θάλασσας.

Η υψηλή θερμότητα εξάτμισης του νερού 585 cal/g στους 20°C δρα ρυθμιστικά για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας τόσο μέσα στις υδάτινες μάζες νερού όσο και στις γύρω γεωγραφικές περιοχές. Ακόμη, επηρεάζει την μεταφορά θερμότητας των υδρατμών μεταξύ των υδάτινων μαζών και της ατμόσφαιρας.

Το γεγονός ότι το νερό παρουσιάζει τη μεγαλύτερή του πυκνότητα $d=1\text{ gr}/\text{cm}^3$ στους 4°C ενώ στη στερεά κατάσταση η πυκνότητα του είναι πολύ μικρή $d=0.917$ ακόμα και εκείνη στους 100°C $d=0.958$, με αποτέλεσμα ο πάγος να επιπλέει αποτελεί ίσως την πιο σημαντική του φυσική ιδιότητα. Η ιδιόμορφη αυτή συμπεριφορά του νερού έχει τεράστια σημασία στην οικονομία της φύσης, διότι οι επιπλέοντες πάγοι δρουν μονωτικά και εμποδίζουν να παγώσει όλο το νερό των λιμνών και των θαλασσών πράγμα που αν γινόταν θα σήμαινε την εξαφάνιση του υδρόβιου κόσμου.

Φως

Η ενέργεια του φωτός είναι ωφέλιμη σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς του χερσαίου και του υδατινού περιβάλλοντος. Το φως που προσπίπτει στους παραγωγούς οργανισμούς των συστημάτων και το οποίο δεσμεύεται από αυτούς είναι ο αρχικός παράγοντας της παραγωγικότητας. Στα υδάτινα οικοσυστήματα η παραγωγικότητα επηρεάζεται έμμεσα και από το φως που δεσμεύουν οι χερσαίοι οργανισμοί της λεκάνης απορροής. Και αυτό γιατί τα απορρέοντα νερά από τη λεκάνη απορροής προς την υδατοσυλλογή μεταφέρουν ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και χημικές ενώσεις, διαλυμένες οργανικές ουσίες και οργανικά θρύμματα.

Από το φως που προσπίπτει στην επιφάνεια μιας υδατοσυλλογής το 80-95% διεισδύει, ενώ το υπόλοιπο ανακλάται. Το ποσοστό που ανακλάται εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης. Σε ήρεμο νερό το χειμώνα η ανάκλαση είναι ως 10% ενώ το θέρος που οι ακτίνες πέφτουν πιο κάθετα η ανάκλαση είναι 5-6%. Σε νερό με κυματισμούς η ανάκλαση μπορεί να φτάσει το 20%. Το διάχυτο ηλιακό φως ανακλάται λιγότερο από το άμεσο. Το ερυθρό μέρος του φάσματος ανακλάται περισσότερο από τα άλλα.

Από το φως που διεισδύει στο νερό περίπου το μισό μετατρέπεται σε θερμότητα προτού προλάβει να περάσει το πρώτο στρώμα του ενός μέτρου. Ένας από τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσει τη διείσδυση του φωτός είναι τα φύκη όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του νερού. Επηρεάζει την καταλληλότητά του για τις διάφορες χρήσεις, την συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθώς και τις ταχύτητες των φυσικών, χημικών και βιολογικών φαινομένων που πραγματοποιούνται στα υδάτινα σώματα και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Ακόμη και μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στα ψάρια και στους άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Η θερμοκρασία μετράται σε βαθμούς Κελσίου και η μέτρησή της πραγματοποιείται υπό σκιά.

Το νερό σε σύγκριση με άλλες ουσίες έχει πολύ μεγάλη ειδική θερμότητα, δηλαδή χρειάζονται μεγάλα ποσά θερμότητας για να υψωθεί ή να ταπεινωθεί η θερμοκρασία του. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι 1 °C (ποσό θερμότητας για να υψωθεί η θερμοκρασία από 15 σε 16°C). Ελάχιστες άλλες ουσίες έχουν ειδική θερμότητα 1 ή πάνω από 1.

Επίσης, η λανθάνουσα θερμότητα τήξης (ή πήξης) είναι πολύ μεγάλη. Χρειάζονται 80 cal για να λιώσει 1g πάγου. Ομοίως η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης (539cal) είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες ουσίες. Τέλος, το νερό παρουσιάζει τη μέγιστη πυκνότητά του στους 4 °C. Πάνω και κάτω από αυτή τη θερμοκρασία, η πυκνότητα είναι μικρότερη γι' αυτό κι ο πάγος επιπλέει.

Χρώμα

Το χρώμα για να είναι αισθητικά ευχάριστο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από χρώμα. Το χρώμα στα υδάτινα σώματα εμποδίζει τη διέλευση του ηλιακού φωτός και οι ανόργανες ουσίες που προέρχονται είτε από τη φύση είτε σε μεγαλύτερο ποσοστό από τη βιομηχανία είναι αυτές που προσδίδουν το χρώμα στο νερό. Πραγματικό χρώμα είναι αυτό που παραμένει μετά την απομάκρυνση της θολότητας.

Το νερό που περιέχει φυσικό χρώμα εμφανίζεται ως κιτρινοκαστανό. Τον ίδιο χρωματισμό προσδίδει στο νερό το χλωριολευκοχρυσικό κάλιο (K_2PtCl_6) σε συνδυασμό με το χλωριούχο κοβάλτιο. Έτσι ως μονάδα μέτρησης έχει εκλεγεί το χρώμα που προκαλεί 1 mgr K_2PtCl_6 και 0.5 mgr χλωριούχο κοβάλτιο ανά λίτρο.

Η μέτρηση του χρώματος μπορεί να γίνει οπτικά με σύγκριση του δείγματος με ειδικά βαθμονομημένα χρωματισμένα διαλύματα ή χρωματισμένους γυάλινους δίσκους, είτε με φασματοφωτομετρικές μεθόδους.

Οσμή και Γεύση

Η οσμή και η γεύση είναι δύο παράμετροι στενά συνδεδεμένοι μεταξύ τους και γι' αυτό εξετάζονται μαζί. Η οσμή αποτελεί ανάμεσα σε άλλα ένα χαρακτηριστικό για την ταξινόμηση των νερών σε κατηγορίες χρήσεως (π.χ. πόση, αναψυχή, διαβίωση ψαριών) ανεξάρτητα από την συγκέντρωση και το είδος των ουσιών που την προκαλούν.

Η δημιουργία οσμής στα φυσικά νερά προέρχεται συνήθως από οργανικές ή ανόργανες χημικές ενώσεις φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης, σε διάλυση ή εναιώρηση στο νερό. Σημειώνεται ότι η ένταση των οσμών δεν είναι πάντα ανάλογη της συγκέντρωσης των ουσιών που την παράγουν.

Θολερότητα

Θολερότητα είναι μια έκφραση της οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και να απορροφά φως που διέρχεται από αυτό και να μη μεταδίδεται το φως σε ευθεία γραμμή. Η θολερότητα στα επιφανειακά νερά προέρχεται από αιωρούμενα σωματίδια, ανόργανης ή οργανικής φύσης. Συσχέτιση της θολερότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος αιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και σύσταση των στερεών επηρεάζουν το βαθμό σκέδασης του φωτός.

Ο προσδιορισμός της θολερότητας αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού λιμνών, ποταμών και θαλασσών και τον έλεγχο των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων.

Σύγχρονη μέθοδος για τον προσδιορισμό της θολερότητας είναι η νεφελομετρία που ενδείκνυται για χαμηλές τιμές θολερότητας. Ο προσδιορισμός γίνεται με τα νεφελόμετρα ή θολερόμετρα. Ο βαθμός σκέδασης του φωτός από το δείγμα σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς αντιστοιχεί σε θολερότητα, που εκφράζεται σε μονάδες Ν.Τ.Υ. (Nephelometric Turbidity Units)

Στερεά

Με τον όρο στερεά ή στερεό υπόλειμμα εννοείται η περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια. Οι φυσικοί αποδέκτες δέχονται μεγάλες ποσότητες στερεών τα οποία προέρχονται κυρίως από φυσική αποσάθρωση του εδάφους και των διαφόρων πετρωμάτων καθώς και από υγρά απόβλητα.

Ολικά στερεά

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στην περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια. Η παρουσία στερεών στο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Στο πόσιμο νερό αλλοιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ενώ νερά με υψηλή συγκέντρωση στερεών είναι ακατάλληλα για βιομηχανική χρήση και κολύμβηση.

Αιωρούμενα στερεά

Εκτός από τα διαλυμένα υλικά, το νερό ενός ποταμού μεταφέρει και μια ποσότητα υλικών σε αιώρηση. Τα στερεά υλικά που αιωρούνται στο νερό, επειδή βρίσκονται σε πολύ λεπτό διαμερισμό. Αποτελούνται από υλικά ανόργανης και οργανικής προέλευσης. Η παράμετρος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην αξιολόγηση της ποιότητας του πόσιμου νερού με ανώτατη επιτρεπτή τιμή 1500 mg/L.

Οξύτητα

Οξύτητα των φυσικών υδάτων ονομάζουμε την ικανότητα τους να εξουδετερώνουν μια ορισμένη ποσότητα υδροξυλίωντων. Η οξύτητα ενός δείγματος νερού ισούται με την ποσότητα NaOH που προστίθεται στο δείγμα ώστε να εξουδετερωθούν τα όξινα ιόντα που περιέχει και να διαμορφωθεί μια συγκεκριμένη τιμή pH. Η τιμή της οξύτητας διαφέρει ανάλογα με το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η μέτρηση γίνεται με ογκομέτρηση ορισμένης ποσότητας δείγματος NaOH ορισμένης κανονικότητας παρουσία δείκτη ή ηλεκτρομετρικά με πεχάμετρο.

Σε σχετικά καθαρά νερά, η οξύτητα προέρχεται κυρίως από την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ανθρακικών και διττανθρακικών. Στα δείγματα αυτά η μέτρηση της οξύτητας γίνεται με δείκτη φαινολοφθαλείνης ή μέχρι τελικό σημείο pH=8.3 στους 25°C, που αντιστοιχεί στη στοιχειομετρική μετατροπή του ανθρακικού οξέος σε διττανθρακικά. Στην περίπτωση αυτή η ευρισκόμενη τιμή της οξύτητας αντιστοιχεί στην ολική οξύτητα.

Σε ρυπασμένο νερό, η οξύτητα μετράται σε δυο τελικά σημεία pH=3.7 με δείκτη ηλιανθίνης και pH=8.3 με δείκτη φαινολοφθαλείνης. Στην περίπτωση αυτή η οξύτητα αναφέρεται αντίστοιχα ως <<οξύτητα ηλιανθίνης>> και ως <<οξύτητα φαινολοφθαλείνης>>. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράζονται σε mg/L CaCO₃ και με διευκρίνιση ως προς το δείκτη ή το pH που χρησιμοποιήθηκε.

Παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί της μεθόδου:

1. Διαλυμένα αέρια που προσδίδουν οξύτητα όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το υδρόθειο ή το αμμώνιο μπορεί να διαφύγουν στις φάσεις δειγματοληψίας, διατήρησης ή κατά την ογκομέτρηση του δείγματος. Γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται η έντονη ανάδευση και η έκθεση του δείγματος στον αέρα.
2. Σε έγχρωμα δείγματα ή δείγματα με μεγάλη θολερότητα δεν μπορεί να προσδιοριστεί η οξύτητα με τη βοήθεια δεικτών αλλά μόνο ηλεκτρομετρικά.
3. Χλωριωμένα δείγματα πρέπει να αποχλωριώνονται πριν τον προσδιορισμό της οξύτητας με προσθήκη μιας σταγόνας θειοθειικού νατρίου 0,1N.

Η οξύτητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά χημικά χαρακτηριστικά του νερού, αφού επηρεάζει πολλές χημικές και βιολογικές αντιδράσεις και μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης μόλυνσεων.

Αλκαλικότητα

Με τον όρο αλκαλικότητα εννοούμε την ικανότητα του ύδατος να εξουδετερώνει μια ορισμένη ποσότητα H^+ . Η αλκαλικότητα αποτελεί σημαντική παράμετρο ελέγχου ποιότητας και εκφράζει την αναγκαία ποσότητα HCl για την εξουδετέρωση δείγματος νερού.

Η αλκαλικότητα των υδάτων εκφράζεται με δύο τρόπους:

1. Ως αλκαλικότητα φαινολοφθαλείνης που αντιστοιχεί στην ογκομέτρηση δείγματος νερού με γνωστό διάλυμα οξέος παρουσία δείκτη φαινολοφθαλείνης που αλλάζει το χρώμα σε $pH=8.3$.
2. Ως ολική αλκαλικότητα που αντιστοιχεί στην ογκομέτρηση δείγματος νερού παρουσία δείκτη ηλιανθίνης που αλλάζει χρώμα σε $pH=4.3$.

Με τον πρώτο τρόπο προσδιορίζεται η συγκέντρωση κυρίως των ιόντων υδροξυλίου και των ανθρακικών ιόντων, ενώ με το δεύτερο τρόπο προσδιορίζεται η συγκέντρωση των υδροξυλίων, των ανθρακικών και των όξινων ανθρακικών ιόντων.

Η αλκαλικότητα επηρεάζει την διαβρωτικότητα του νερού ή την τάση του να αποθέσει ανθρακικό ασβέστιο και την κροκίδωση με άλατα του αργιλίου ή σιδήρου. Τιμές 100-300 mg/l ανθρακικού ασβεστίου είναι από κάθε άποψη ικανοποιητικές. Η αλκαλικότητα σε πολλά επιφανειακά νερά οφείλεται στη παρουσία ανθρακικών, διττανθρακικών ιόντων και υδροξυλίων. Τα φυσικά νερά συνήθως έχουν πολύ μικρή ίσως και μηδενική αλκαλικότητα φαινολοφθαλείνης. Αυξημένες τιμές αποτελούν ένδειξη ρύπανσης των υδάτων. Μεγάλες τιμές ολικής αλκαλικότητας προσδίδουν στο νερό αυξημένη τάση απόθεσης αλάτων και αυξημένη χωρητικότητα pH .

Αγωγιμότητα

Η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.) εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από τους διάφορους αγωγούς, δηλαδή είναι το αντίθετο της ηλεκτρικής αντίστασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια πολύ χρήσιμη παράμετρος στον έλεγχο της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των υδάτων η μέτρηση της αγωγιμότητας μας δίνει διάφορες πληροφορίες για τις διαλυμένες ουσίες-άλατα. Στην πράξη χρησιμοποιείται η Ειδική Αγωγιμότητα και η τιμή της εκφράζεται σε Ohm/cm ή $\mu mhos \cdot cm$.

Ως Ειδική Αγωγιμότητα Διαλύματος (E.C.₂₅) ορίζεται η αγωγιμότητα που μετράται στους 25 °C με τη βοήθεια δύο ηλεκτροδίων από λευκόχρυσο (Pt), με επιφάνεια $1cm^2$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση 1cm. Η ειδική αγωγιμότητα του νερού επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και αυξάνει με αυτή. Η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 1 °C μεταβάλλει τη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά 2% και για το λόγο αυτό είναι επιβεβλημένη η αναγωγή της στους 25 °C.

Η Αγωγιμότητα ενός δείγματος εξαρτάται από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία του δείγματος.

Η αγωγιμότητα συνήθως κυμαίνεται:

1. Πόσιμο νερό: 50-2500 $\mu mhos/cm$
2. Απεσταγμένο νερό: 0.5-2 $\mu mhos/cm$
3. Βροχή: 20-50 $\mu mhos/cm$
4. Βιομηχανικά απόβλητα: 10,000 $\mu mhos/cm$

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικό όργανο γνωστό ως αγωγιμόμετρο.

Σκληρότητα

Η σκληρότητα είναι μια χαρακτηριστικά ιδιότητα του νερού που οφείλεται στη παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζοντας ενώσεις (π.χ. CaCO_3 , MgCO_3). Η σκληρότητα διακρίνεται σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας και οφείλεται σε όλα τα κατιόντα που σχηματίζουν ίζημα με τον σάπωνα.

Η ανθρακική σκληρότητα λέγεται και <<παροδική σκληρότητα>> και οφείλεται στα κατιόντα ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 , MgCO_3) που απομακρύνονται με το βρασμό του νερού. Η μη ανθρακική σκληρότητα που αντιστοιχεί στον όρο <<μόνιμη σκληρότητα>> και οφείλεται σε όλα τα άλλα άλατα (CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2) που παραμένουν μετά τη καταβύθιση των ουδέτερων ανθρακικών αλάτων με τον βρασμό του νερού.

Η σκληρότητα στα ύδατα μπορεί να έχει τιμές από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l CaCO_3 . Συνήθως η σκληρότητα εκφράζεται με διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μονάδες είναι: mg/l CaCO_3 , mmole/l και meq/l αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί.

Ο κύριος τρόπος προσδιορισμού της σκληρότητας των υδάτων είναι η ογκομέτρηση με διάλυμα EDTA. (Ethylene-Diamino-Tetracetic Acid) είναι μια οργανική ένωση που σχηματίζει σταθερές σύμπλοκες ενώσεις με πολλά κατιόντα σε αναλογία 1:1. Η αρχή της ογκομέτρησης στηρίζεται στην παρουσία ενός μεταλλοχρωμικού δείκτη του Eriochrome Black T ο οποίος, με τα κατιόντα ασβεστίου σε ορισμένη τιμή pH δένει έγχρωμο κεραμιδί, όχι πολύ σταθερό σύμπλοκο. Με την προσθήκη πρότυπου διαλύματος EDTA τα κατιόντα ασβεστίου σχηματίζουν με το EDTA σταθερό σύμπλοκο, άχρωμο. Με τη δέσμευση όλο του ασβεστίου (ή όλου του κατιόντος) από το EDTA απελευθερώνεται ο δείκτης, ο οποίος έχει χρώμα κυπαρισσί και αυτό είναι το πέρας της ογκομέτρησης. Η σκληρότητα των νερών είναι δυνατόν να υπολογιστεί κατά προσέγγιση όταν είναι γνωστή η συγκέντρωση διαφόρων κατιόντων στα νερά. Έτσι πολλαπλασιάζοντας τον συντελεστή που αντιστοιχεί σε κάθε κατιόν με την συγκέντρωση του κατιόντος (mg/L), υπολογίζεται η σκληρότητα σε mg CaCO_3 (Πιν. 1.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Συντελεστές για τον υπολογισμό της σκληρότητας του νερού από τις συγκεντρώσεις κατιόντων (Τσιουρής 2018)

Κατιόν	Συντελεστής	Κατιόν	Συντελεστής
Ca	2.497	Al	5.564
Mg	4.116	Sr	1.142
Fe	1.792	Zn	1.531
Mn	1.822		

Ενεργός οξύτητα (pH)

Ο όρος pH εκφράζει τη συγκέντρωση υδροκατιόντων που περιέχει ένα δείγμα. Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 έως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε pH=7.0. Τιμές μικρότερες του 7.0 δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδροκατιόντων) ενώ τιμές μεγαλύτερες προσδίδουν αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλιόντων). Η μέτρηση του pH, είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις για τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων.

pH απεσταγμένου νερού = καθαρής βροχής= 5.6
(ελαφρά όξινο λόγω: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$)

pH φυσικού νερού = 6.5-8.5
(ελαφρά αλκαλικό λόγω υδρόλυσης CO_3^{2-} : $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$)

pH θαλασσινού νερού = 7.5-8.4

Ο προσδιορισμός του pH γίνεται ηλεκτρομετρικά με χρήση ειδικών οργάνων, γνωστών ως πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά είναι συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων με αισθητήριο ηλεκτρόδιο αποτελούμενου από ύαλο, συνδεδεμένο με ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο.

Διαλυμένο οξυγόνο

Όπως το οξυγόνο της ατμόσφαιρας έχει ζωτική σημασία για τους χερσαίους οργανισμούς έτσι και το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό έχει ζωτική σημασία για τους υδρόβιους οργανισμούς. Το περισσότερο οξυγόνο των υδάτων προέρχεται από την ατμόσφαιρα όπου υπάρχει σε ποσοστό 20.95% κατά όγκο. Ακόμη το οξυγόνο μπορεί να προέλθει από αντιδράσεις φωτοσύνθεσης των υδρόχαρων φυτών που απαντώνται μέσα σε υδάτινους όγκους.

Η συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες αλλά και η συγκέντρωση μικροοργανισμών. Από τους παράγοντες αυτούς εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι η θερμοκρασία, η πίεση και η αλατότητα. Δηλαδή, η αυξανόμενη θερμοκρασία μειώνει τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως, η αυξανόμενη πίεση μειώνει τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως και η αυξανόμενη αλατότητα μειώνει τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως. Έτσι κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και αλατότητας η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι συγκεκριμένη και εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες μπορεί να υπολογιστεί ή να βρεθεί από πίνακες. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στη τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση των επιφανειακών νερών.

Με την έννοια νερό κορεσμένο σε οξυγόνο εννοείται το νερό που όντας καθαρό, θερμοκρασίας 15.2 °C και υψομέτρου μηδέν, περιέχει 10mg O₂/L. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το ίδιο νερό στην ίδια πίεση αλλά σε θερμοκρασία 25 °C περιέχει 8.26 mg O₂/L κα σε 0 °C περιέχει 14.60 mg O₂/L. Το θαλασσινό νερό έχει κατά 18% μικρότερη ικανότητα να διαλύει το οξυγόνο από ότι το αποσταγμένο.

Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου γίνεται με χρήση κατάλληλου ηλεκτροδίου συνδεδεμένου με συσκευή που μετατρέπει τα προσλαμβανόμενα ηλεκτροχημικά σήματα σε αριθμητική ένδειξη. Το όργανο μέτρησης λέγεται οξυγονόμετρο.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φωτοσυνθετικών οργανισμών από τους οποίους εξαρτάται και η παραγωγικότητα ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Πολλά είδη φωτοσυνθετικών οργανισμών απαντούν στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται εύκολα στο νερό και υπάρχει σε αυτό, σε αφθονία. Η διαλυτότητά του είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη διαλυτότητα του οξυγόνου και του αζώτου. Η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού μειώνει τη διαλυτότητα.

Όλες οι υδατοσυλλογές και κυρίως οι θάλασσες θεωρούνται ως κύριος ρυθμιστής του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας.

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

Ως βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand) μπορεί να οριστεί η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, σε διάστημα πέντε ημερών για τη χημική και βιολογική οξείδωση των οργανικών κυρίως ουσιών που περιέχει ορισμένος όγκος δείγματος ακάθαρτων νερών, που επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 20°C.

Ο προσδιορισμός του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου είναι μια εμπειρική δοκιμασία και χρησιμοποιείται ως μέτρο εκτίμησης του ρυπαντικού φορτίου που διαθέτουν τα ρυπασμένα νερά και τα λύματα. Αν υπάρχει μεγάλη ποσότητα οργανικού υλικού που μπορεί να οξειδωθεί σε μια υδατοσυλλογή, η οποία περιέχει ρύπους ή απόβλητα, τα βακτήρια που φέρουν σε πέρας την οξείδωση μπορεί να χρησιμοποιήσουν όλο το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο που ως αποτέλεσμα θα είναι η έλλειψη του.

Το BOD εκφράζεται σε mg/L και συμβολίζεται ως BOD₅, όταν ο χρόνος επώασης του δείγματος είναι πέντε μέρες. Στα ανεπεξέργαστα λύματα, το BOD₅ κυμαίνεται από 250 ως 350 mg/L , ενώ σε ορισμένες κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων (π.χ. απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας) μπορεί να φτάσει έως 20,000 mg/L .

Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)

Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε δείγμα νερού ή αποβλήτων. Είναι μια γρήγορη και ακριβής μέτρηση, χρήσιμη για την εκτίμηση της

ρύπανσης των επιφανειακών. Έχει το μεγάλο πλεονέκτημα της ταχύτητας, σε σχέση με το BOD, γιατί η μέτρηση ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες.

Πολλές οργανικές ενώσεις, οξειδώνονται σε ποσοστό 90-100% και σε νερά που περιέχουν κυρίως τέτοιες ενώσεις, όπως τα αστικά λύματα, η τιμή του COD είναι αρκετά καλό μέτρο του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου. Έτσι στα αστικά λύματα η σχέση COD/BOD κυμαίνεται από 2.5:1 ως 3.0:1. Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες από ουσίες που οξειδώνονται δύσκολα στις συνθήκες του προσδιορισμού, η τιμή του COD δεν είναι αντιπροσωπευτική του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου.

Χλωριόντα Cl⁻

Το χλώριο υπό μορφή χλωριόντων αποτελεί ένα από τα βασικά ανόργανα ανιόντα των υδάτων και αποβλήτων. Στα φυσικά επιφανειακά και υπόγεια νερά, η συγκέντρωσή τους διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό.

Στα αστικά λύματα η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι υψηλότερη από εκείνη των πόσιμων νερών, γιατί κατά τη χρήση του από τον άνθρωπο το νερό επιβαρύνεται με άλατα και κυρίως με χλωριούχο νάτριο, το οποίο χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό γεύσης σε όλες σχεδόν τις τροφές και το οποίο καταλήγει αναλλοίωτο στα λύματα. Αλλά και πολλές κατηγορίες βιομηχανικών επιβαρύνουν με μεγάλες τιμές χλωριόντων τα απόβλητά τους και στη συνέχεια τους φυσικούς αποδέκτες, στους οποίους καταλήγουν.

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, αυξάνουν το ρυθμό διάβρωσης μεταλλικών επιφανειών και έχουν βλαβερές συνέπειες στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών.

Αμμωνιακά ιόντα NH₄⁺

Το αμμωνιακό άζωτο βρίσκεται υπό την μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH₄⁺) ή ελεύθερης αμμωνίας (NH₃) ανάλογα με το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας.

Φωσφορικά ιόντα PO₄³⁻

Στα επιφανειακά νερά και απόβλητα ο φώσφορος απαντάται σε πολλές μορφές, πιο συχνά με τη μορφή ορθοφωσφορικών (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻) και πολυφωσφορικών (π.χ. Na₃(PO₃)₆) ιόντων, ως οργανικός φώσφορος, δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Η παρουσία του φωσφόρου στα επιφανειακά νερά οφείλεται σε πολλές πηγές, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Πολλά από τα χρησιμοποιούμενα απορρυπαντικά οικιακής ή βιομηχανικής χρήσης περιέχουν πολυφωσφορικά ιόντα για την αποσκλήρυνση του νερού. Έτσι

λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες επιβαρυμένα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορικά λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου.

Ο φώσφορος είναι το βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψη του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής σε μια υδατική μάζα. Σε περιπτώσεις, όπου ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας, η διοχέτευση επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων λυμάτων, κτηνοτροφικών αποβλήτων, εκπλύσεων γεωργικών εδαφών ή ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει την υπέρμετρη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών, υδρόβιων φυκών ή μακρόφυτων που με τη σειρά τους προκαλούν ευτροφισμό.

Θειικά ιόντα SO_4

Μετά τα δισσάνθρακικά και τα πυριτικά άλατα, τα θειικά είναι το κυριότερο συστατικό των νερών. Τα θειικά ιόντα είναι συνδεδεμένα με τα αλκαλικά κατιόντα. Το νερό της βροχής περιέχει μια αξιόλογη ποσότητα, αλλά η πιο σημαντική πηγή θεικών αλάτων είναι το θειικό άλας του ένυδρου ασβεστίου (γύψος), συχνό ορυκτό και αρκετά διαλυτό στο νερό.

Η παρουσία των θεικών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μπορεί να προέρχεται από την γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό ή από ορισμένες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο. Στις ηφαιστειογενείς περιοχές τα νερά είναι εμπλουτισμένα με θείο από τις αναθυμιάσεις του υπεδάφους. Τα θειικά άλατα έχουν και ανθρωπογενή προέλευση από μεταλλευτικές δραστηριότητες.

Άζωτο

Σε μερικά φυσικά νερά, το άζωτο συναντάται σε μερικές συγκεντρώσεις με τη μορφή ανόργανων ή οργανικών ενώσεων που αφορούν στην ανθρώπινη υγεία και που διαφέρουν σε βαθμό οξειδωσης του ατόμου του αζώτου. Ο αέρας διαλυόμενος στο νερό εφοδιάζει με άζωτο, το οποίο χάρη σε βιολογικούς καταλύτες επανέρχεται στη σύνθεση οξειδωμένων μορίων NO , NO_2 , NO_3 που αναγόμενα θα σχηματίσουν αμμωνία ή αμμωνιακό άλας. Το άζωτο φτάνει στα νερά κυρίως με διάλυση και ξέπλυμα των εδαφών και ανακυκλώνεται διαρκώς με αποσύνθεση των οργανισμών.

Το άζωτο είναι σημαντικό συστατικό της οργανικής ύλης και εισέρχεται στη σύνθεση των κυττάρων, των πρωτεϊνών. Είναι απαραίτητο στην αύξηση των φωτοσυνθετικών οργανισμών που το από το περιβάλλον με τη μορφή νιτρικών αλάτων.

Άλλες μορφές αζώτου είναι το **νιτρικό άζωτο ($NO_3^- - N$)**. Στα επιφανειακά και υπόγεια νερά οι συγκεντρώσεις νιτρικών είναι συνήθως μικρές. Η αύξηση των συγκεντρώσεων είναι δείκτης ρύπανσης των υδάτων από λιπάσματα ή απόβλητα. Σε αερόβιες συνθήκες, όπως η επιφάνεια των λιμνών, το άζωτο υπάρχει με την πλήρη οξειδωμένη μορφή του, τα νιτρικά, ενώ σε αναερόβιες συνθήκες όπως ο πυθμένας σε στρωματοποιημένες λίμνες το άζωτο υπάρχει με την πιο απλή του μορφή, την αμμωνία και το αμμωνιακό ιόν.

Τα **νιτρώδη** εμφανίζονται στο περιβάλλον σε αναερόβιες συνθήκες (π.χ. σε βρεγμένα εδάφη) που δεν είναι τόσο αναγωγικά, ώστε να μετατρέψουν όλο το άζωτο σε αμμωνία. Τα περισσότερα φυτά μπορούν να απορροφήσουν το άζωτο μόνο με τη μορφή νιτρικών, έτσι ώστε οι ποσότητες αμμωνίας και αμμωνιακού ιόντος που χρησιμοποιούνται σαν λιπάσματα θα πρέπει πρώτα να οξειδωθούν με τη βοήθεια μικροοργανισμών πριν χρησιμοποιηθούν από τα φυτά.

Ασβέστιο

Το ασβέστιο που φτάνει σε μια λίμνη προέρχεται από τη διάλυση των ασβεστούχων πετρωμάτων της λεκάνης τροφοδοσίας. Υπάρχουν νερά, στα οποία απουσιάζει τελείως το ασβέστιο και άλλα που σχηματίζει ίζημα. Το ασβέστιο εμπλέκεται πολύπλοκα στην ανάπτυξη και την δυναμική των πληθυσμών της χλωρίδας και της πανίδας των γλυκών νερών. Όπου είναι απαραίτητο, το ασβέστιο, χρειάζεται σε μικροποσότητες ως ιχνοστοιχείο.

Η περιεκτικότητα του ασβεστίου των λιμνών με μαλακά νερά παραμένει πολύ κάτω από τα επίπεδα κορεσμού και παρουσιάζει μικρές εποχιακές διακυμάνσεις με το βάθος. Συνήθως το ποσό του ασβεστίου που χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς είναι τόσο μικρό σε σύγκριση με αυτό που υπάρχει ελεύθερο στο οικοσύστημα που ο προσδιορισμός του με συνηθισμένες μεθόδους είναι πολύ δύσκολος.

Η περιεκτικότητα του ασβεστίου των λιμνών με σκληρό νερό παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις. Τα επίπεδα του ασβεστίου αλλά και του δισανθρακικού άλατος μειώνονται σημαντικά, λόγω της καθίζησης CaCO_3 κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Μικροβιολογικοί παράμετροι

Ο όρος «μικρόβιο» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο τέλος του 19^{ου} αιώνα. Ως μικρόβια θεωρήθηκαν τότε οι οργανισμοί που εντοπίζονταν με τη χρήση μικροσκοπίου. Σήμερα, ο όρος αυτός εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για τους παθογόνους μικροοργανισμούς του ανθρώπου, των ζώων ή των φυτών.

Οι ταξινομικές κατηγορίες μικροοργανισμών είναι πέντε:

1. Τα βακτήρια
2. Οι μύκητες
3. Τα πρωτόζωα
4. Οι ιοί
5. Τα φύκη

Έτι η ορθή αναφορά για τους μικροοργανισμούς είναι ο προσδιορισμός της κατηγορίας στην οποία ανήκουν, ανεξάρτητα από την χρησιμότητα ή βλαπτικότητα των οργανισμών αυτών προς αποφυγή του όρου μικρόβια.

Με τον όρο «μικροβιολογική εξέταση νερού» εννοείται ο εντοπισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών που περιέχονται σε ένα δείγμα νερού και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Η μικροβιολογική εξέταση νερού συνήθως περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των

παθογόνων μικροοργανισμών για τον άνθρωπο και τα ζώα. Σκοπός της μικροβιολογική εξέταση του νερού, είναι η εξέταση του βαθμού μόλυνσης των υδάτων από λύματα ή κτηνοτροφικά απόβλητα και ο έλεγχος της καταλληλότητας του νερού για διάφορες χρήσεις όπως πόση, κολύμβηση. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία και τεχνικές που σκοπό έχουν τον εντοπισμό της παρουσίας και προσδιορισμό της πυκνότητας μικροοργανισμών που είναι δείκτες κοπρικής μόλυνσης ή έχουν παθογόνο δυναμικό.

Ολικά Κολοβακτηρίδια (Total Coliforms)

Τα κολοβακτηρίδια ανήκουν στην οικογένεια των “Enterobacteriaceae”. Αυτά που συναντώνται συχνά στα νερά τα “Citrobacter”, “Enterobacter”, “Escherichia”, “Hafnia”, “Klebsiella”, “Serratia” και “Yersinia”.

Διάφορα μέλη της ομάδας των κολοβακτηριδίων είναι γνωστό ότι παρουσιάζονται στα απόβλητα και σε άλλα περιβαλλοντικά υλικά και είναι ικανά να αναπτυχθούν σε νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά. Όμως ορισμένα είδη τους, παρόλο που απαντώνται συχνά στο περιβάλλον μπορούν να συνδεθούν με ανθρώπινης προέλευσης μόλυνση αλλά σπάνια με γαστρεντερίτιδα.

Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηριδίων περιλαμβάνονται αερόβια που αναπτύσσονται στο έδαφος, τα επιφανειακά νερά και τα τρόφιμα. Περιλαμβάνονται ακόμα είδη που βρίσκονται στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και τα κτηνοτροφικά απόβλητα.

Escherichia Coli (E.Coli)

Το E. coli είναι ένα κολοβακτηρίδιο, το οποίο θεωρείται πρωτεύον δείκτης της μικροβιακής μόλυνσης των επεξεργασμένων και ανεπεξέργαστων νερών. Σαν κολοβακτηρίδιο είναι μέλος της οικογένειας των “Enterobacteriaceae” και είναι ικανό να μεταβολίσει λακτόζη στους 44°C.

Το E.Coli συναντάται στα κόπρανα όλων των θηλαστικών συχνά σε μεγάλες ποσότητες της τάξης των 110/gr και αποτελεί θεμέλιο λίθο για την μικροβιολογική ποιότητα των νερών τα τελευταία 100 χρόνια. Τα χαρακτηριστικά επιβίωσης του και η ευαισθησία του στην απολύμανση είναι παρόμοια με αυτά πολλών άλλων παθογόνων βακτηρίων. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που το E.coli δεν είναι κατάλληλος δείκτης επιφανειακής μόλυνσης, παρόλα αυτά παραμένει ο καλύτερος βιολογικός δείκτης για το πόσιμο νερά και την προστασία της δημόσιας υγείας.

Εντερόκοκκος (Streptococcus faecalis)

Στους εντερόκοκκους συμπεριλαμβάνονται ένας αριθμός ειδών τα οποία απαντώνται στα κόπρανα των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων. Στα ανθρώπινα κόπρανα ο αριθμός των εντεροκόκκων σπάνια είναι μεγαλύτερος από 106/gr κοπράνων, ενώ στα περιττώματα των ζώων είναι συχνά περισσότερα των E.coli. Οι εντερόκοκκοι σπάνια πολλαπλασιάζονται στο νερό και είναι ανθεκτικοί στις μεταβολές του περιβάλλοντος τους.

Τα κοπρικά κολοβακτηρίδια περιέχονται σε μεγάλους αριθμούς, της τάξης των εκατομμυρίων, στα περιττώματα, λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παρουσία κοπρικών κολοβακτηριδίων στο νερό αποτελεί σαφή ένδειξη κοπρικής επιμόλυνσης, χωρίς όμως να καθιστά το νερό υγειονομικά επικίνδυνο εάν δεν έχει ανιχνευθεί και η παρουσία συγκεκριμένων παθογόνων παραγόντων.

Το υπόγειο νερό

Το υπόγειο νερό (groundwater) είναι αυτό που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ανεξαρτήτως κατάστασης, βάθους και προέλευσης. Τα υπόγεια νερά αποτελούν μέρος του υδρολογικού κύκλου και αντιστοιχούν στο 0.61% του συνολικού νερού στο πλανήτη. Η κυριότερη προέλευση τους είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (μετεωρικά νερά). Μικρό ποσοστό των υπόγειων νερών είναι μαγματικής ή κοσμικής προέλευσης, το οποίο εισέρχεται για πρώτη φορά στον υδρολογικό κύκλο (νεαρό νερό, juvenile). Το μαγματικό και το μεταμορφωμένο νερό συνδέονται με την άνοδο του μάγματος και τις διαδικασίες της μεταμόρφωσης των πετρωμάτων.

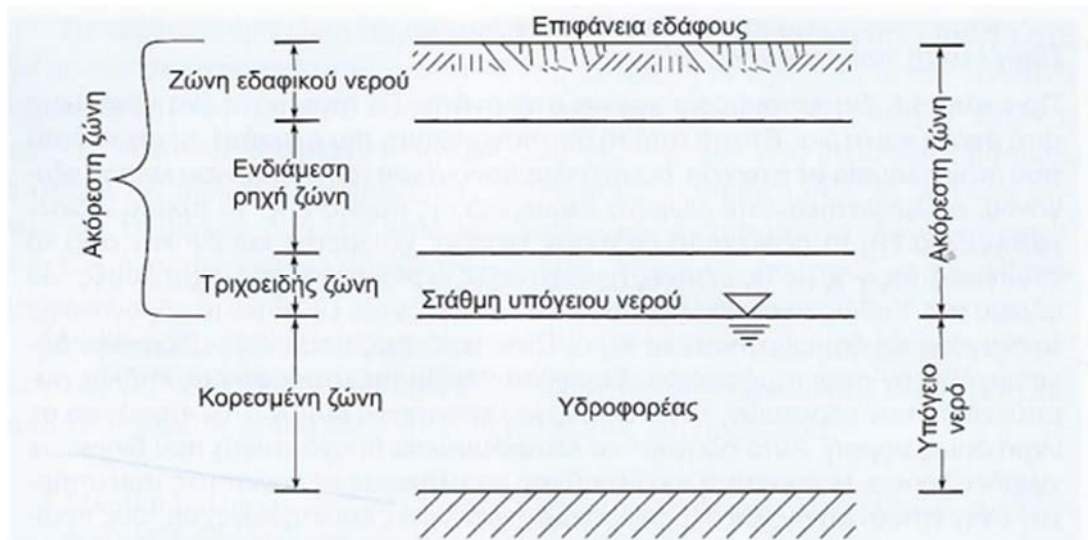
Το υπόγειο νερό είναι δηλαδή το νερό που βρίσκεται στη ζώνη κορεσμού του εδάφους και είναι σε επαφή με το έδαφος και το υπέδαφος. Το νερό διαπερνά το πορώδες τμήμα του ανώτερου φλοιού της Γης και είναι σε συνεχή κίνηση. Το νερό εισέρχεται στο υπέδαφος από την επιφάνεια του εδάφους, είτε κατευθείαν από τις βροχοπτώσεις, είτε από σώματα επιφανειακού νερού (ποτάμια, λίμνες). Μετά κινείται αργά σε ποικίλες αποστάσεις μέχρι να επιστρέψει στην επιφάνεια του εδάφους είτε με φυσική εκφόρτιση (πηγές), είτε με ανθρώπινη παρέμβαση (πηγάδια, γεωτρήσεις), είτε με εξάτμιση και διαπνοή των φυτών.

Ο χρόνος παραμονής του νερού στο υπέδαφος αποτελεί την ηλικία του νερού, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί με φυσικά ραδιοϊσότοπα, κυρίως το τρίτιο (^3H) και τον άνθρακα-14 (^{14}C).

Κατακόρυφη κατανομή υπόγειου νερού

Το υπόγειο νερό συναντάται σε δύο ζώνες (Σχ.1.2):

1. Ζώνη αερισμού (zone of aeration) ή ακόρεστη ζώνη (saturated ή vadose zone)
Η ζώνη αυτή καταλαμβάνει το τμήμα μεταξύ της στάθμης του υπόγειου νερού και της επιφάνειας του εδάφους. Αποτελείται από διάκενα που κατέχονται μερικών από νερό και μερικώς από αέρα (διφασική ροή). Το νερό στη ζώνη αυτή ονομάζεται ρηχό, εδαφικό νερό ή εδαφική υγρασία, κατακρατείται από διάφορους μηχανισμούς (π.χ. τριχοειδής ανύψωση, δυνάμεις συνάφειας) και αντιπροσωπεύει το νερό κατακράτησης. Η ροή στην ακόρεστη ζώνη είναι κυρίως κατακόρυφη, όμως μπορεί να είναι ανοδική (εξάτμιση) ή καθοδική (κατείσδυση). Η ζώνη αυτή λειτουργεί ως φίλτρο για την προστασίας του νερού από ρυπάνσεις και τη βελτίωση της ποιότητας του υπόγειου νερού.
2. Ζώνη κορεσμού ή κορεσμένη ζώνη (zone of saturation)
Σε κάποιο βάθος από την επιφάνεια όλα τα διάκενα του εδάφους ή του πετρώματος είναι κορεσμένα με νερό (μονοφασική ροή) αντιπροσωπεύει το υδροφόρο στρώμα και η επάνω επιφάνεια της ζώνης αυτής είναι η ελεύθερη επιφάνεια (φρεάτια). Το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη αυτή βρίσκεται κάτω από υδροστατική πίεση. Η ζώνη είναι τροφοδοτεί με νερό τα σώματα της επιφάνειας. **(Βουδούρης Κ. 2015)**



ΣΧΗΜΑ 1.2. Κατακόρυφη κατανομή του υπόγειου νερού (Βουδούρης 2015)

Είδη υπόγειου νερού

Το υπόγειο νερό που προέρχεται από την κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων διαχωρίζεται σε:

- Βαρυτικό νερό: είναι το νερό που υπακούει στους νόμους της βαρύτητας και παίρνει μέρος στην υπόγεια κυκλοφορία. Το νερό αυτό μπορεί να αποληφθεί είτε άμεσα από πηγές, είτε έμμεσα από πηγάδια και γεωτρήσεις.
- Νερό κατακράτησης ή συγκράτησης: είναι το νερό που δεν υπακούει στους νόμους της βαρύτητας και συνεπώς δεν παίρνει μέρος στην υπόγεια κυκλοφορία. Στην περίπτωση αυτή οι δυνάμεις συνάφειας νικούν τις βαρυτικές και το νερό δεν μεταβιβάζει την υδροστατική πίεση.

Χρήσεις και πλεονεκτήματα του υπόγειου νερού

Το υπόγειο νερό χρησιμοποιείται ευρύτατα στην εθνική οικονομία των χωρών για διάφορους σκοπούς, όπως κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού σε πόσιμο νερό και οικιακή χρήση, κάλυψη αρδευτικών, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών αναγκών, εξόρυξη μεταλλευμάτων, ιαματικό νερό, για αναψυχή και τέλος για παραγωγή ενέργειας. Εκτιμάται ότι η εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων καλύπτει σε παγκόσμιο επίπεδο το 1/5 των υδατικών αναγκών για όλες τις χρήσεις. Παρόλο το μικρό ποσοστό του στη παγκόσμια κατανομή του νερού, το υπόγειο νερό καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες σε σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού στην Ευρώπη, ειδικά στις ξηρές περιόδους. Έτσι, το υπόγειο νερό είναι η πλέον «εξορύξιμη» πρώτη ύλη για την κάλυψη των υδατικών αναγκών με ρυθμό που κυμαίνεται παγκοσμίως μεταξύ 600-700 δισεκατομμύρια m^3 /έτος.

Η εξάρτηση από το υπόγειο νερό οφείλεται κυρίως στα εξής πλεονεκτήματά του:

- Οι υπόγειοι υδροφορείς καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση κοντά στους χρήστες μειώνοντας έτσι το κόστος μεταφοράς.
- Το υπόγειο νερό έχει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις κλιματικές μεταβολές σε σχέση με τα επιφανειακά νερά.
- Τα υπόγεια νερά είναι λιγότερο εκτεθειμένα στη ρύπανση σε σχέση με τα επιφανειακά
- Τα έργα αξιοποίησης και λειτουργίας των υπόγειων νερών είναι οικονομικότερα σε σύγκριση με αυτά των επιφανειακών υδάτων.
-

Αποθέματα υπόγειου νερού

Τα συνολικά αποθέματα υπόγειου νερού εκτιμώνται σε 98% των συνολικών αποθεμάτων υγρού γλυκού νερού στον πλανήτη. Σε φυσικές συνθήκες ένας υδροφορέας είναι συνήθως σε καθεστώς δυναμικής ισορροπίας (dynamic equilibrium), δηλαδή ο όγκος νερού που τον εμπλουτίζει είναι ίσος με τον όγκο νερού που εκρέει από αυτόν. Η στάθμη του νερού παραμένει σταθερή, καθώς και η ποσότητα νερού που είναι αποθηκευμένη στον υδροφορέα. Ο υδροφορέας μεταβιβάζει το νερό από τη ζώνη τροφοδοσίας (εμπλουτισμού), στη ζώνη εκφόρτισης.

Τα ρυθμιστικά αποθέματα σε έναν ελεύθερο υδροφορέα είναι τα αποθέματα που βρίσκονται ανάμεσα στη κατώτατη ζώνη (κατώτατη ετήσια στάθμη νερού) και την ανώτερη στάθμη του υπόγειου νερού.

Τα μόνιμα ή γεωλογικά αποθέματα στους ελεύθερους υδροφορείς είναι τα αποθέματα που βρίσκονται κάτω από την κατώτερη στάθμη του υπόγειου νερού.

Υδροφορείς

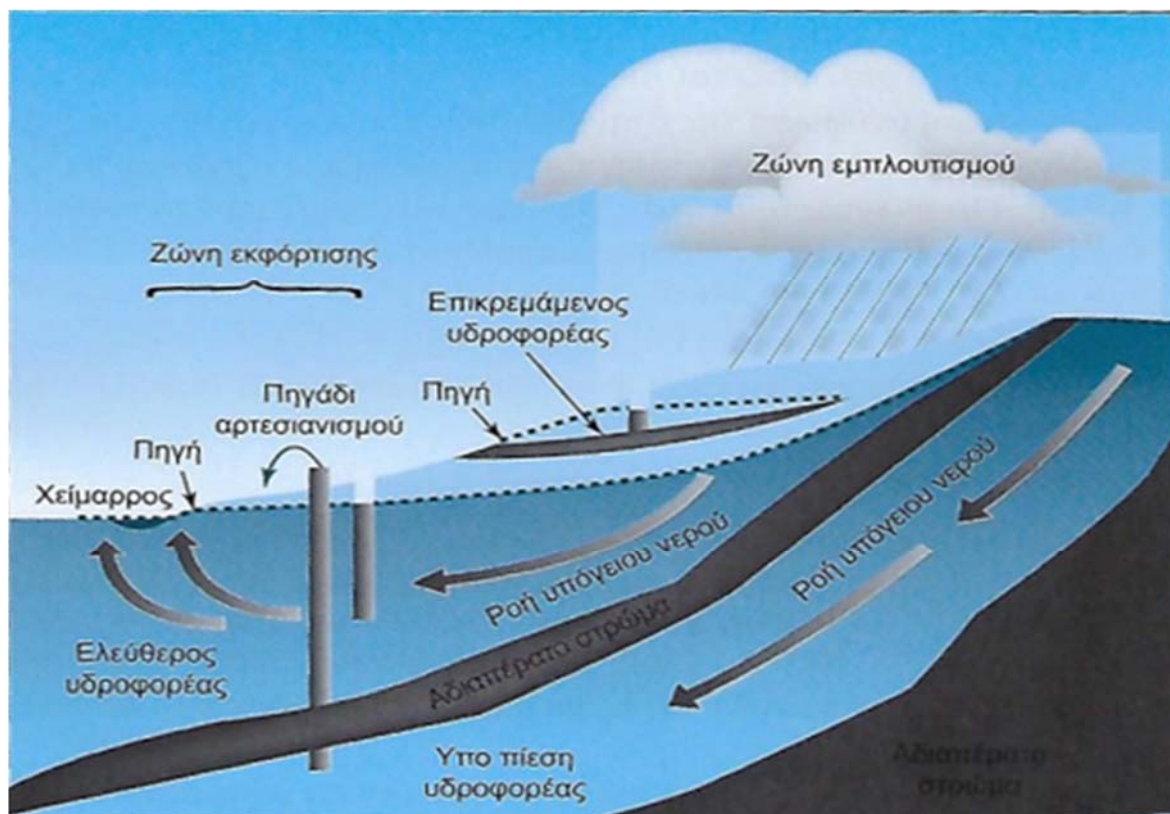
Υδροφορείς (aquifers) ή υδροφόροι είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί που περιέχουν αρκετό κορεσμένο με νερό υλικό, ώστε να τροφοδοτήσουν με σημαντικές ποσότητες νερού γεωτρήσεις και πηγές. Οι υδροφορείς λειτουργούν σαν αγωγοί, έχουν δηλαδή αυξημένη ικανότητα να αποθηκεύουν και να μεταβιβάζουν νερό.

Το υδροφόρο στρώμα αποτελείται από το γεωλογικό σχηματισμό (σκελετό) και το υπεδάφικό νερό, που βρίσκεται είτε σε βαρυτική μορφή, είτε ως νερό κατακράτησης. Ως υδροφόρος ορίζοντας θεωρείται ή άνω επιφάνεια του υδροφόρου στρώματος. Οι κυριότεροι τύποι υπόγειων υδροφορέων είναι (Σχ.1.3):

- Ελεύθεροι υδροφορείς (unconfined)
Είναι οι υδροφορείς που έχουν ως δάπεδο στεγανό στρώμα και στην κορυφή τους δεν παρεμβάλλεται αδιαπέρατο γεωλογικό στρώμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην ελεύθερη επιφάνεια (φρεάτια) των υπόγειων νερών η υδροστατική πίεση να είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Οι μεταβολές της στάθμης του νερού αντιστοιχούν σε μεταβολές του όγκου, του αποθηκευμένου νερού στον υδροφορέα.
- Υπό πίεση υδροφορείς ή εγκλωβισμένοι (αρτεσιανοί) (confined)
Στους υδροφορείς αυτούς το νερό είναι εγκλωβισμένο ανάμεσα στα αδιαπέρατα στρώματα

του δαπέδου και της οροφής. Είναι κορεσμένοι σε όλο το πάχος τους και η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Για το λόγο αυτό, η πιεζομετρική επιφάνεια, η οποία είναι μια εικονική επιφάνεια και συμπίπτει με το επίπεδο της υδροστατικής επιφάνειας στον υδροφορέα, βρίσκεται ψηλότερα από τη βάση της αδιαπέρατης οροφής. Όταν η πιεζομετρική επιφάνεια είναι πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, τότε παρατηρείται αυτόματη ροή με τη μορφή πίδακα (αρτεσιανισμός).

- Ημιαρτεσιανοί (υπό μερική πίεση) υδροφορείς
Πρόκειται για υδροφορείς ανάλογους με τους υπό πίεση με τη διαφορά ότι το υπερκείμενο στρώμα είναι ημιπερατό, παρουσιάζει δηλαδή μικρή υδροπερατότητα. **(Βουδούρης Κ. 2015)**



ΣΧΗΜΑ 1.3 *Είδη υδροφόρων* (Βουδούρης 2009)

Συστήματα υπόγειας ροής

Ένα σύστημα υπόγειας ροής (groundwater flow system) ορίζεται ως μια συνεχής τρισδιάστατη μονάδα υπόγειας ροής με μια περιοχή τροφοδοσίας (εμπλουτισμού) και μια ή περισσότερες περιοχές εκφόρτισης ή εκροής. Εμπλουτισμός συμβαίνει σε περιοχές όπου το νερό της βροχόπτωσης πέφτει στην επιφάνεια του εδάφους, κινείται στην ακόρεστη ζώνη και εισέρχεται στη κορεσμένη καθώς και σε περιοχές όπου επιφανειακά νερά τροφοδοτούν υπόγειους υδροφορείς. Εκφόρτιση συμβαίνει σε πηγές, υδρορεύματα, λίμνες, καθώς και ως διαπνοή των φυτών όπου οι ρίζες των φυτών είναι κοντά στη στάθμη του υπόγειου νερού. Η σταθερότητα του συστήματος ροής είναι συνάρτηση του βάθους και της θέσης. Οι αλλαγές προσαρμόζονται στην επιφάνεια του εδάφους σε συνθήκες ελεύθερης ροής παρά σε μεγάλα βάθη και υπό πίεση συνθήκες.

Λειτουργίες των υπόγειων υδροφόρων

Οι υδροφορείς παίζουν πολλούς και σημαντικούς ρόλους στην ανάπτυξη των υδατικών πόρων μιας λεκάνης απορροής. Η πλέον προφανής λειτουργία τους είναι η λειτουργία τροφοδοσίας των υδρομαστευτικών έργων με νερό. Οι υδροφορείς μπορούν να μεταφέρουν το νερό από μια θέση σε μια άλλη (λειτουργία μεταφοράς), δηλαδή συμπεριφέρονται σαν αγωγοί μεταφοράς. Παρόλο, που υπόγειοι υδροφορείς δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες, όπως οι ανοικτοί αγωγοί δεν απαιτούν μεγάλο κόστος και προστατεύουν το νερό από την εξάτμιση και από διάφορες ρυπάνσεις.

Οι υπόγειοι υδροφορείς μερικές φορές έχουν και αποθηκευτική λειτουργία. Το νερό που αποθηκεύεται μπορεί να προέρχεται από φυσικές πηγές ύστερα από μεγάλες βροχοπτώσεις και πλημμυρικά φαινόμενα. Με κατάλληλη ρύθμιση της στάθμης των υπόγειων νερών γίνεται αντίστοιχη ρύθμιση της παροχής επιφανειακών νερών ή πηγών που συνδέονται υδραυλικά με τα υπόγεια νερά. Τέλος, οι υδροφορείς μπορεί να είναι πηγή ενέργειας που σχετίζεται με τη γεωθερμία.

Επιπτώσεις από την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού

Η εκμετάλλευση του υπόγειου νερού τροποποιεί το υδραυλικό φορτίο και την υπόγεια ροή. Η αυξανόμενη πτώση της στάθμης, του υπόγειου νερού οδηγεί σε αύξηση του κόστους λειτουργίας, λόγω κατανάλωσης μεγαλύτερης ενέργειας, για εκβάθυνση των πηγαδιών ή των γεωτρήσεων και τοποθέτηση των αντλιών σε μεγαλύτερο βάθος.

- Σταδιακή μείωση της παροχής πηγών, της βασικής ροής υδρορευμάτων και της έκτασης των λιμνών ή των υγροτόπων που εξαρτώνται από την τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων μέχρι την αποκατάσταση ισορροπίας μεταξύ εμπλουτισμού και απολήψεως.
- Πιθανή αλλαγή στη ποιότητα του αντλούμενου νερού λόγω πτώσης στάθμης του υπόγειου νερού.
- Αλλαγή της ροής με αποτέλεσμα την εισχώρηση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφορείς.
- Μείωση της πίεσης του νερού των πόρων, με αποτέλεσμα την καθίζηση ή την υποχώρηση του εδάφους σε περιοχές που τα ιζήματα είναι ασύνδετα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τροποποίηση του υδρογραφικού δικτύου, η περιοχή να γίνει ευάλωτη σε πλημμυρικά φαινόμενα και φαινόμενα διάβρωσης.

Συχνά ο υδροφορέας δεν είναι ένα απομονωμένο σύστημα αλλά συμπεριφέρεται ως ανοικτό σύστημα στην οροφή, στη βάση του ή και πλευρικά. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να δέχεται, χάνει ή να ανταλλάσει νερό και να είναι τμήμα ενός ευρύτερου κατακόρυφου ή πλευρικά συνδεδεμένου συστήματος υδροφόρων και ημιπερατών στρωμάτων.

Αλληλεπίδραση νερού και περιβάλλοντος

Η τάση για ισορροπία σε όλα τα συστήματα στη φύση είναι γενικός κανόνας και συνοδεύεται από πολλές διαδικασίες. Ως αποτέλεσμα της ιδιότητας αυτής το υπόγειο νερό μπορεί:

- Να μεταφέρει ύλη και θερμότητα
- Να κινεί και να αποθέτει ύλη

- Να παράγει και να μεταβάλλει την πίεση του νερού στα πορώδη μέσα
- Να ολισθαίνει ασυνεχείς επιφάνειες

Σε περιοχές υψηλής χημικής και θερμικής ενέργειας ορυκτά προστίθενται στο νερό με διάλυση, οξείδωση, επίδραση οξέων. Αντίθετα σε περιοχές χαμηλής χημικής, θερμικής και κινητικής ενέργειας το νερό τείνει να συγκεντρώνεται και να αφήνει το υπέδαφος εκφορτιζόμενο στην επιφάνεια, στις όχθες ποταμών, στον πυθμένα λιμνών αποθέτοντας ορυκτή ύλη. Σχετικά υψηλή μηχανική ενέργεια προξενεί κίνηση του νερού από μια θέση μεταφέροντας διαλυμένα ορυκτά και θερμότητα. Τα τυπικά περιβαλλοντικά αποτελέσματα που προέρχονται από την κίνηση του υπόγειου νερού είναι:

- Αλλαγή του υδραυλικού φορτίου κατά τη διεύθυνση ροής, από τις περιοχές εμπλουτισμού προς τις περιοχές εκφόρτισης που καθορίζεται από το νόμο του Darcy.
- Μείωση υγρασίας εδάφους και επιφανειακού νερού στις περιοχές εμπλουτισμού και πλεόνασμα νερού στις περιοχές εκφόρτισης.
- Μηχανικές αστοχίες (διάβρωση, κατολισθήσεις) στις περιοχές εκφόρτισης.
- Αλλαγή στο τύπο και τη ποσότητα της βλάστησης ανάλογα με τα θρεπτικά στοιχεία και την υγρασία του εδάφους που επικρατούν σε διάφορα σημεία του συστήματος ροής.
- Έκπλυση του εδάφους και των πετρωμάτων κοντά στην επιφάνεια.
- Αύξηση της περιεκτικότητας αλάτων προς τον τελικό σταθμό του συστήματος ροής στις περιοχές εκφόρτισης.

Υδρογεωλογικό περιβάλλον

Είναι ένα σύστημα γεωλογικών, κλιματικών και μορφολογικών παραμέτρων που καθορίζουν τα αρχικά χαρακτηριστικά του καθεστώτος του υπόγειου νερού σε μια δοσμένη περιοχή. Οι έξι σημαντικοί παράμετροι του καθεστώτος του υπόγειου νερού είναι:

- Το περιεχόμενο νερό στα πετρώματα
- Η γεωμετρία του συστήματος
- Η χημική σύσταση του νερού
- Η ειδική παροχή
- Η θερμοκρασία
- Οι μεταβολές όλων των προαναφερθέντων παραγόντων με το χρόνο

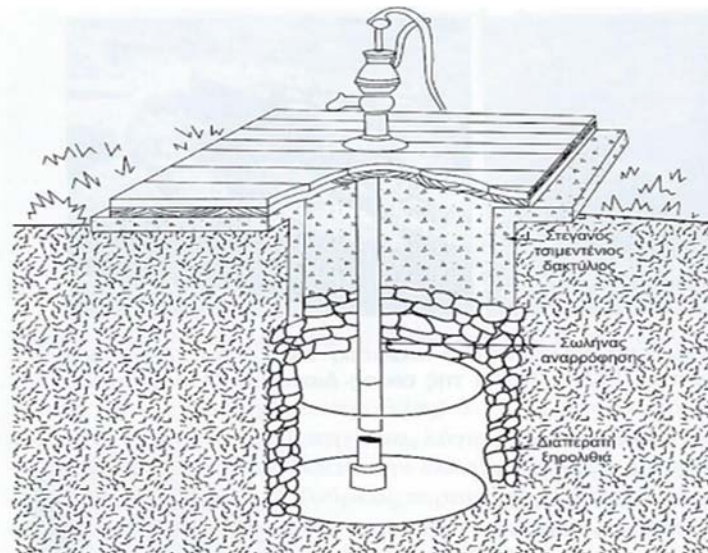
Οι παράμετροι του καθεστώτος υπόγειου νερού ελέγχονται από τις τρεις συνιστώσες του υδρολογικού περιβάλλοντος: γεωλογία- μορφολογία- κλίμα. Το κλίμα καθορίζει τις ποσότητες νερού σε μια περιοχή, καθώς και την κατανομή τους στο χρόνο. Η μορφολογία καθορίζει την ενεργειακή κατάσταση του νερού σχετικά με την πορεία της κίνησης του. Η γεωλογία καθορίζει τον ρυθμό ροής και τις ποσότητες νερού που αποθηκεύονται στο υπέδαφος.

Πηγάδια

Ιστορικά στοιχεία δείχνουν ότι αστικά υδραυλικά έργα χρονολογούνται από την εποχή του Χαλκού (3200-1100 π.Χ.). Στην αρχαία Αίγυπτο αναπτύχθηκαν συστήματα διάτρησης από τις αρχές του 3000π.Χ. Οι Κινέζοι επίσης ανέπτυξαν διατρητικά συστήματα που μοιάζουν με τις σημερινές τεχνικές. Με χρονολόγηση ¹⁴C προέκυψε ότι το αρχαιότερο πηγάδι στην Κίνα κατασκευάστηκε 3710π.Χ.

Τα πηγάδια διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους σε: σκαφτά, διάτρητα, σωληνωτά και εκτοξευμένου νερού.

- Τα σκαφτά (dug) είναι πιο παλιά υδρομαστευτικά έργα με βάθος που φθάνει μέχρι τα 20m και μεγάλη διάμετρο που κυμαίνεται από 1-10m με συνηθέστερη τα 3m. Τα τοιχώματά τους είναι συνήθως από ξερολιθιά, δηλαδή μια τεχνική δόμησης με πέτρες χωρίς συνδετικό υλικό, για να μπορεί να εισέρχεται το νερό. Στα νεότερα σκαφτά πηγάδια δεν χρησιμοποιείται ξερολιθιά αλλά διάτρητοι τσιμεντοσωλήνες που τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλον. Επίσης τοποθετείται χαλικόφιλτρο περιμετρικά των τοιχωμάτων και τσιμεντώνονται μέχρι το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού (Σχ.1.4). Η μέση παροχή τους ανέρχεται σε 15-20 m³/h, ανάλογα με την γεωγραφική και γεωλογική θέση που απαντώνται. Η άντληση του νερού γίνεται με μοτέρ.
- Τα διάτρητα (bored) πηγάδια κατασκευάζονται σε χαλαρούς γεωλογικούς σχηματισμούς για την εκμετάλλευση αβαθών υδροφορέων με τη βοήθεια χειροκίνητων ή μηχανοκίνητων εδαφοληπτών. Το βάθος φτάνει τα 15-30m και η διάμετρος το 1m.
- Τα σωληνωτά (driven) πηγάδια κατασκευάζονται σε λεπτόκοκκα χαλαρά εδάφη με την εισαγωγή σωλήνων συνδεδεμένων μεταξύ τους, με διαδοχικές προωθήσεις και τη χρήση σφυριών. Το βάθος φτάνει τα 15-20m και η διάμετρος τα 3-10cm. Η άντληση του υπόγειου νερού από βάθος μέχρι 7.8m γίνεται με χειροκίνητες αναρροφητικές αντλίες (τουλούμπες). Η παροχή τους κυμαίνεται μεταξύ 3 και 8 m³/h. Χρησιμοποιούνται συχνά για την αποστράγγιση θέσεων εκσκαφής ή υποβιβασμό της στάθμης του υπόγειου νερού για την θεμελίωση κατασκευών.
- Τα πηγάδια με εκτόξευση (jetted) νερού κατασκευάζονται με τη χρήση νερού, που εκτοξεύεται με πίεση σε χαλαρό λεπτόκοκκο έδαφος. Το έδαφος διαβρώνεται και λόγω της ταχύτητας του νερού, τα εδαφικά υλικά ωθούνται έξω από το πηγάδι. Έτσι γίνεται σταδιακά η εκβάθυνση του πηγαδιού μέχρι βάθους περίπου 15m. Συνήθως, γίνεται προσωρινή σωλήνωση και τοποθέτηση χαλικόφιλτρου. Η διάμετρος τους είναι μικρή 3-10cm και η παροχή τους επίσης μικρή. **(Βουδούρης 2015)**



ΣΧΗΜΑ 1.4 Σκαφό πηγάδι με ξερολιθιά (Βουδούρης 2015)

Ρύπανση

Ρύπανση (pollution) θεωρείται οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού. Σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε. για την πολιτική των νερών, ρύπανση ορίζεται: η συνέπεια ανθρώπινων δραστηριοτήτων, άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή θερμότητας στον αέρα, το νερό ή το έδαφος που μπορούν να είναι επιζήμια για την υγεία των ανθρώπων, την ποιότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων, να συντελούν στη φθορά υλικής ιδιοκτησίας, να επηρεάζουν δυσμενώς, να παρεμβαίνουν σε λειτουργίες αναψυχής ή σε λοιπές νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος.

Μόλυνση

Μόλυνση (contamination) περιορίζεται στη ρύπανση εκείνη που αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Η μόλυνση έχει μικροβιακό χαρακτήρα και συνδέεται με την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Ρυπαντής ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία

Είναι κάθε διαλυτή (υδρόφιλη π.χ. ανόργανα άλατα) ή αδιάλυτη (υδρόφοβη π.χ. υδρογονάνθρακες, PCBs, διαλύτες) στο νερό, ουσία, η οποία όταν εισάγεται στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες, προκαλεί δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι πιο συνηθισμένοι ρυπαντές που με διάφορους τρόπους καταλήγουν στα νερά είναι:

1. Βαρέα μέταλλα (Hg, Pd, Cd)
2. Τοξικά στοιχεία και ενώσεις (Ac, Se, CN⁻)
3. Ανόργανες ενώσεις (NO₃⁻, PO₄³⁻, NO₂⁻)
4. Οργανικές ενώσεις (φαινόλες, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, χρώματα βαφής, προϊόντα πετρελαίου)
5. Ραδιενεργές ουσίες
6. Παθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια και ιοί)

Ποιοτική υποβάθμιση των νερών συμβαίνει επίσης λόγω θερμικής αλλοίωσης από νερά ψύξης των βιομηχανιών και από υφαλμύριση του γλυκού νερού στους παράκτιους υδροφόρους.

Φυσικοχημικές ιδιότητες των ρύπων

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ρύπων είναι:

- Η διαλυτότητα: είναι η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη, σε ορισμένες συνθήκες.
- Πτητικότητα: είναι η ικανότητα που έχουν τα μόρια των ρύπων να διαφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού και να μεταβαίνουν στην αέρια φάση.
- Προσοφητικότητα: εκφράζει την ικανότητα προσρόφησης μιας ουσίας από τα σωματίδια του εδάφους.
- Βαθμός αποσύνθεσης: είναι ο χρόνος που απαιτείται για να αποσυντεθεί μια ουσία, σε άλλες ενώσεις.
- Συντελεστής κατανομής: περιγράφει τον τρόπο κατανομής ενός ρύπου μεταξύ δύο μέσων .
- Δείκτης βιοσυγκέντρωσης: εκφράζει την ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να συσσωρευθεί στους υδρόβιους μηχανισμούς.
- Τοξικότητα: είναι η πρόκληση δυσμενών επιπτώσεων στα οικοσυστήματα όταν εκτεθούν στους ρύπους. Η έκθεση γίνεται μέσω της αναπνοής, της διατροφής και της επιδερμίδας.

Πηγές ρύπανσης

Συχνά ανεπεξέργαστα οικιακά λύματα των πόλεων (βρώμικα νερά από κατοικίες και διάφορες οικονομικές δραστηριότητες) μεταφέρονται μέσω των υπονόμων και του δικτύου αποχέτευσης σε υδάτινους αποδέκτες, οι οποίοι είναι επιφανειακοί ή υπόγειοι. Οι δρόμοι του νερού γίνονται και δρόμοι της ρύπανσης. Οι περισσότερες πηγές ρύπανσης του γεωπεριβάλλοντος, δηλαδή του εδάφους και των υπόγειων νερών, προέρχονται από τις κάτωθι δραστηριότητες:

1. Απόρριψη υγρών και στερεών αποβλήτων (π.χ. λύματα, σκουπίδια)
2. Χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων
3. Διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων
4. Προϊόντα μεταλλευτικής δραστηριότητας
5. Διάθεση πυρηνικών αποβλήτων

Μόλυνση των υδροφόρων από μικροοργανισμούς

Οι πιο σημαντικοί μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και τα παράσιτα. Κυριότερη πηγή μικροβιακής μόλυνσης είναι τα λύματα, λόγω των εντερικών περιττωμάτων. Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι οι ασθένειες τύφος, χολέρα, ηπατίτιδα, γαστρεντερίτιδα. Κατά την επεξεργασία των λυμάτων απομακρύνεται σημαντικός αριθμός παθογόνων μικροοργανισμών (97-99% με δευτεροβάθμια επεξεργασία).

Οι μικροοργανισμοί ανάλογα με το περιβάλλον που διαβιούν διακρίνονται σε θερμοφίλους (65-75°C), ψυχρόφιλους (10-20 °C), οξιμόφιλους (pH<5), αλκαλιόφιλους (8.5< pH< 11.5), αερόβιους (παρουσία O₂), αναερόβιους (απουσία O₂).

Η επιβίωση των βακτηρίων στο υπόγειο νερό επηρεάζεται από κλιματικές συνθήκες, τη θερμοκρασία, την υγρασία, το pH, την πίεση και την συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών. Επιπλέον το πάχος και η φύση της ακόρεστης ζώνης ελέγχουν καθοριστικά την ανάπτυξη μικροβίων. Η ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού καθορίζει τον χρόνο παραμονής αυτών στον υδροφορέα. Στην ακόρεστη ζώνη επικρατούν αερόβιες συνθήκες, ενώ στη κορεσμένη αναερόβιες. Στα επιφανειακά στρώματα υπάρχει μεγάλη ποσότητα οργανικής ύλης από την οποία οι μικροοργανισμοί εξασφαλίζουν τροφή. Στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους απουσιάζει η οργανική ύλη και αυτό έχει σαν συνέπεια την επιβίωση αυτότροφων μικροβίων.

Οι σπουδαιότερες μικροβιολογικές παράμετροι για την ανθρώπινη υγεία είναι οι οργανισμοί-δείκτες (κολοβακτηρίδια, στρεπτόκοκκοι) και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (σαλμονέλα, εντερομύκητες). Η μεταφορά αυτών επηρεάζεται από την ταχύτητα κίνησης του υπόγειου νερού, τις ιδιότητες και το φορτίο του πορώδους μέσου. Η μεταφορά βακτηρίων στους υδροφορείς γίνεται με ελεύθερη μετακίνηση στα διάκενα, με διακοπτόμενη μετακίνηση κατά την οποία προσκολλώνται, αποκολλώνται και μετακινούνται.

Επιπτώσεις της ρύπανσης

- Μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό

Όσο αυξάνεται η ρύπανση των νερών, κυρίως με οργανικές ύλες και ανεβαίνει η θερμοκρασία τους, τόσο μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο, γιατί καταναλώνεται λόγω της αερόβιας αναπνοής των μικροοργανισμών που κάνουν αποσύνθεση. Κατά αυτό τον τρόπο, αφαιρείται

από τα νερά το οξυγόνο που είναι απαραίτητο για την επιβίωση των φυτικών και ζωικών υδρόβιων οργανισμών.

➤ Ευτροφισμός των νερών

Ανάλογα αποτελέσματα για τα επιφανειακά νερά έχει και η ρύπανση με ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο και φώσφορο, που συναντώνται κυρίως στα λιπάσματα, στα απόβλητα κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, στα απορρυπαντικά και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Ο ευτροφισμός, δηλαδή η υπερβολική ανάπτυξη αλγών στα επιφανειακά νερά από την υπέρμετρη τροφοδοσία των νερών με θρεπτικά συστατικά. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σοβαρή διαταραχή του υδάτινου οικοσυστήματος με διάφορες δυσμενείς συνέπειες μεταξύ των οποίων είναι η υπερβολική ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε βάρος άλλων, η μείωση ή εξαφάνιση ειδών με θανάτωση ή μετανάστευσή τους.

➤ Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό με ρυθμό που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού από τη θάλασσα στους υδροφόρους. Αλμυρό νερό αναμένεται να εισβάλει σε παράκτιες περιοχές, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Αλληλεπίδραση ρυπαντών και εδάφους

Οι ρυπαντικές ουσίες ρυπαίνουν τα υπόγεια νερά με διάφορους τρόπους είτε με απευθείας κατείσδυση στους υπόγειους υδροφορείς από ρυπαντές που αποτίθενται επιφανειακά ή ενταφιάζονται σε μικρό βάθος, είτε με διήθηση στο υπέδαφος από ρυπαντές που απορρίπτονται στα επιφανειακά νερά (ποτάμια, χείμαρροι).

Οι ρυπαντές μεταφέρονται στο σύστημα ροής των υπόγειων νερών με την επίδραση της υδραυλικής κλίσης και της υδροδυναμικής διασποράς. Η διάδοση των ρύπων επηρεάζεται από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες (πυκνότητα, ιξώδες, θερμοκρασία) που καθορίζουν την κινητικότητα και τη διάχυσή τους. Οι ρυπαντές κινούμενοι στην ακόρεστη ζώνη υφίστανται τη διαδικασία του φυσικού αυτοκαθαρισμού, με αποτέλεσμα τη μείωση ή και εξουδετέρωση του ρυπαντικού τους φορτίου.

Πρότυπα ποιότητας υπόγειων υδάτων – Καθορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ήδη από τη δεκαετία του '70 αναγνώρισε τις αιτίες και τους κινδύνους που έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και θέσπισε μια σειρά οδηγιών για την εξασφάλιση της ποιότητάς τους. Σχεδίασε πολιτικές αντιμετώπισης και διαχείριση της ρύπανσης που συνδέονται με τη χρήση ύδατος στη γεωργία, στη βιομηχανία και στην ανθρώπινη κατανάλωση.

Σήμερα βρίσκονται σε ισχύ η Οδηγία πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και η Οδηγία 2006/118/ΕΚ σχετικά με τη προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση. Η δεύτερη αφορά αποκλειστικά τα υπόγεια ύδατα και συμπληρώνει τη πρώτη στο ζήτημα προσδιορισμού της χημικής κατάστασης των υπόγειων υδατικών συστημάτων. Η Οδηγία 2006/118 καθορίζει τον κατάλογο των ρύπων και των δεικτών για τα οποία τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξετάζουν το ενδεχόμενο ορισμού ανώτερων αποδεκτών τιμών σύμφωνα με το άρθρο 3. Με το ΦΕΚ 2075/ 2009, καθορίζονται τα μέτρα για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2006/118/ΕΚ.

Στη χώρα μας στο σύνολο των υπόγειων υδατικών συστημάτων λαμβάνει χώρα μικτή χρήση ύδατος (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία κ.α.). Τα τελευταία χρόνια ως πρότυπα επιλέγονται τα όρια ποσιμότητας, όπως αυτά θεσπίζονται και επικαιροποιούνται. Η επιλογή αυτή είναι αποδεκτή καθώς συνάδει με την αυστηρότερη χρήση των υπόγειων νερών, η οποία είναι η ύδρευση. Μέχρι και τελευταία τα όρια για την ποιότητα των υδάτων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση περιγράφονται στην Οδηγία 98/83 /ΕΚ.

Η Ελληνική Κυβέρνηση το 2017 έκανε τροποποίηση των παραρτημάτων II και III της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και αναδιατύπωση της κοινής υπουργικής απόφασης Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Β/2001) σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης όπως αυτή έχει τροποποιηθεί με τη ΔΥΓ2/ΓΠοικ 38295/22.3.2007 κοινή υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 630/Β/26.4.2007) και έχει διορθωθεί στα ΦΕΚ 986/Β/2007 και ΦΕΚ 1215/Β/2012 με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη ρύπανση ή/ και μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης μέσω της εξασφάλισης ότι είναι υγιεινό και καθαρό. Με βάση την απόφαση αυτή ορίστηκαν τα ανώτερα επιτρεπτά όρια των μικροβιολογικών παραμέτρων (πιν.1.2) και των χημικών παραμέτρων (πιν.1.3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 Μικροβιολογικές παράμετροι (Εφημερίδα της Κυβέρνησης 2017)

	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
Escherichia coli (E. coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

Πίνακας 1.3 Χημικές παράμετροι (Εφημερίδα της Κυβέρνησης 2017)

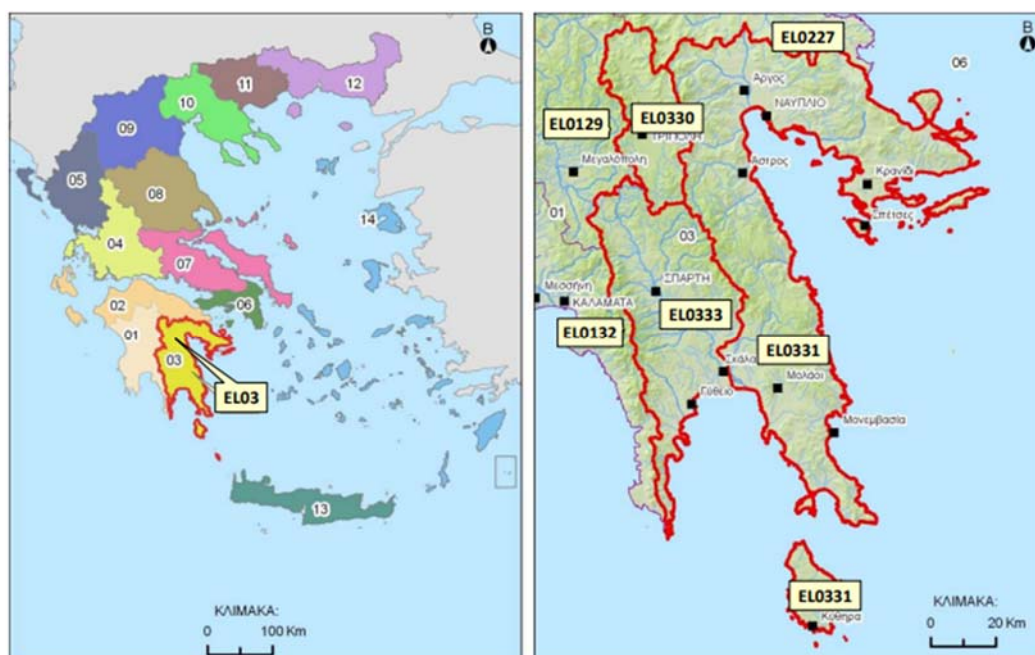
Παράμετρος	Ανώτερες Αποδεκτές Τιμές
Αρσενικό	10 µg/l
Βόριο	1,0 mg/l
Κάδμιο	5,0 µg/l
Χρώμιο	50 µg/l
Χαλκός	2,0 mg/l
Μόλυβδος	10 µg/l
Υδράργυρος	1,0 µg/l
Νιτρικά	50 mg/l
Αγωγιμότητα	2500 µS/cm
Χλωριούχα	250 mg/l
Θειικά	250 mg/l
Σίδηρος	200 µg/l
pH	6,5 – 9,5
Νιτρώδη	0,5 mg/l
Μαγγάνιο	50 µg/l
Χρώμιο	50 µg/l
Αργίλιο	200 µg/l

Κεφάλαιο 2^ο

Περιγραφή του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου αποτελεί ένα από τα δεκατέσσερα υδατικά διαμερίσματα, στα οποία διαιρέθηκε ο Ελληνικός χώρος με το νόμο 1739/1987 (ΦΕΚ 201/Α/20-11-1987).

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου εκτείνεται γεωγραφικά στην ανατολική και νοτιοανατολική Πελοπόννησο. Στα δυτικά συνορεύει με το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου ενώ στα βόρεια με το Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου. Η συνολική έκταση του διαμερίσματος είναι 8.442 χλμ². Από διοικητικής άποψης σε αυτή την έκταση περιλαμβάνονται εξ ολοκλήρου ή εν μέρει οι Περιφερειακές Ενότητες Αργολίδας, Αρκαδίας, Κορινθίας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και Νήσων (Σχ.2.1).



Σχήμα 2.1 Υδατικό διαμέρισμα Πελοποννήσου (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ)

Γεωγραφικά – φυσικά χαρακτηριστικά Λεκάνη Απορροής Οροπεδίου Τρίπολης

Η Τρίπολη και ειδικότερα η περιοχή της Τεγέας ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου, το οποίο εκτείνεται γεωγραφικά στην ανατολική και νοτιοανατολική Πελοπόννησο. Όσον αφορά στα φυσικά-γεωμορφολογικά όρια του Διαμερίσματος, αυτά είναι προς τα δυτικά ο Ταΰγετος και το Μαίναλο, προς τα βόρεια ο ορογραφικός άξονας Ολύγιπτου-Λυρκειών-Ονείων, προς τα ανατολικά ο Πάρνωνας, ο Αργολικός Κόλπος και ο Κόλπος της Επιδαύρου και προς τα νότια ο Λακωνικός Κόλπος.

Η Λεκάνη Απορροής του Οροπεδίου Τρίπολης έχει έκταση 907χλμ². Το οροπέδιο της Τρίπολης αποτελεί μια κλειστή τυπική καρστική λεκάνη, η οποία χαρακτηρίζεται από μέτρια ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου. Τα υψόμετρα στο οροπέδιο Τρίπολης κυμαίνονται από 600-700 μέτρα. Η κοιλάδα είναι μακρόστενη με διεύθυνση Β-Ν και ορίζεται από περιμετρικές ορεινές εξάρσεις, οι οποίες χωρίζουν το οροπέδιο στα λεκανοπέδια της Τρίπολης και της Μαντινείας. Την περιοχή δεν διατρέχει κάποιος σημαντικός ποταμός. Υπάρχουν μόνο μικρά υδατικά συστήματα. Το οροπέδιο χωρίζεται σε επιμέρους κλειστές λεκάνες στις περιοχές Ορχομενού, Μαντινείας, Τρίπολης και Τεγέας.

Στην Αρκαδία κοντά στη θάλασσα εκτείνεται η μεγάλη πεδιάδα του Άστρους Βόρειας Κυνουρίας και η μικρότερη πεδιάδα στο Λεωνίδιο.

Η περιοχή του οροπεδίου της Τρίπολης είναι πλούσια σε βροχοπτώσεις και παρουσιάζει υψηλό βροχομετρικό δείκτη. Τα μέσα ετήσια ύψη βροχόπτωσης είναι 600-800 χιλιοστά, ενώ στα όρη Μαίναλο, Αρτεμίσιο και Πάρνωνα που περιβάλλουν τη Τρίπολη τα ύψη αυξάνονται σε 800-1,200 χιλιοστά. Οι περισσότερες βροχοπτώσεις παρουσιάζονται κατά τους μήνες Νοέμβριο-Μάρτιο, με πιο υγρό μήνα τον Ιανουάριο και πιο ξηρό τον Ιούλιο. Τα ανώτερα μέσα ετήσια κατακρημνίσματα αντιστοιχούν κατά προσέγγιση σε έναν όγκο περίπου 771εκ.μ³ νερού ανά έτος, το οποίο τροφοδοτεί τον υδρολογικό κύκλο. Αντίστοιχα, η μέση ετήσια δυναμική εξατμισοδιαπνοή έχει εκτιμηθεί σε 396χιλιοστά περίπου ανά έτος.

Το χιόνι κάνει την εμφάνισή του κατά μέσο όρο 10 μέρες τον χρόνο. Η πάχνη (ομίχλη) είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο κατά τους χειμερινούς μήνες. Καταιγίδες συμβαίνουν κατά μέσο όρο 36 μέρες το χρόνο. Ο παγετός είναι ένα πολύ σημαντικό φαινόμενο για την βλάστηση και λαμβάνει χώρα κατά τη χειμερινή περίοδο.

Ο συνολικός πραγματικός πληθυσμός στη ΛΑΠ Οροπεδίου Τρίπολης ανέρχεται, σύμφωνα με τα στοιχεία απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. για το έτος 2022, σε 43.944 κατοίκους. Η γενική τάση μεταβολής του πληθυσμού για την περιοχή εκτιμάται σε μείωση 10,5% από τα τελευταία αποτελέσματα απογραφής το 2011.

Υδάτινοι πόροι Οροπεδίου Τρίπολης

Στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου συναντώνται αρκετά ποτάμια όπως ο Ευρώτας και ο Ίναχος. Ωστόσο, στο Οροπέδιο της Τρίπολης δεν εντοπίζονται ποτάμια. Ο κυριότερος και πιο γνωστός υδάτινος πόρος που διαθέτει η Τρίπολη είναι η λίμνη Τάκα.

Η πρόσφατα κατασκευασμένη τεχνητή λίμνη Τάκα βρίσκεται στη περιοχή της Τεγέας, στο νοτιοδυτικό τμήμα του Οροπεδίου Τρίπολης. Πρόκειται ουσιαστικά για την κατασκευή αναχώματος περιμετρικά της λίμνης, το οποίο περιορίζει την έκταση της. Η επιφάνεια της λίμνης είναι περίπου ίση με 1χλμ² ενώ η λεκάνη της έχει έκταση περίπου 103 χλμ².

Πηγές ρύπανσης Οροπεδίου Τρίπολης

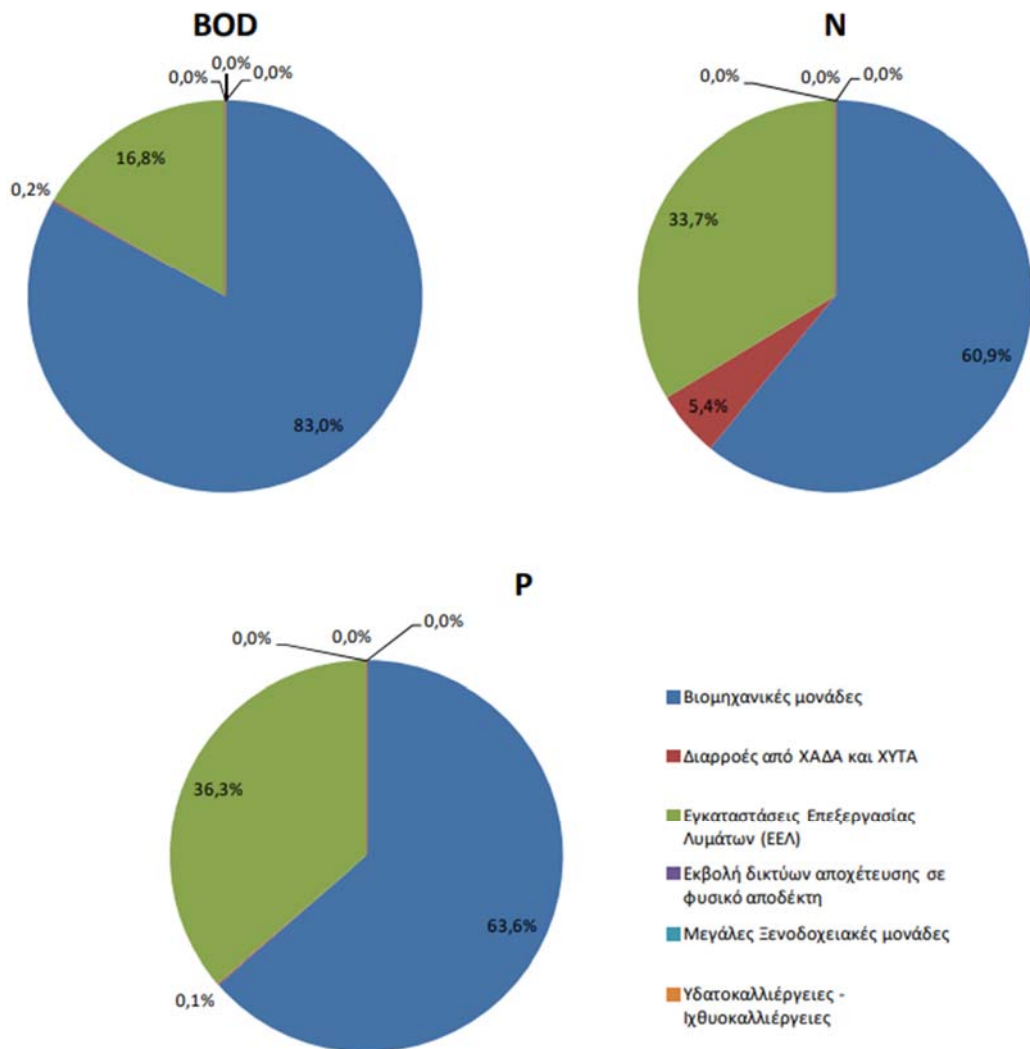
Στη περιοχή της Τρίπολης, όπως και σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν πηγές ρύπανσης και μόλυνσης των υδάτων. Οι σημειακές πηγές ρύπανσης που παράγουν συμβατικούς ρύπους (BOD, N, P) είναι (Σχ.2.2):

- Βιομηχανικές μονάδες
- Κτηνοτροφικές μονάδες
- Διαρροές από ΧΥΤΑ
- Εγκαταστάσεις επεξεργασμένων λυμάτων

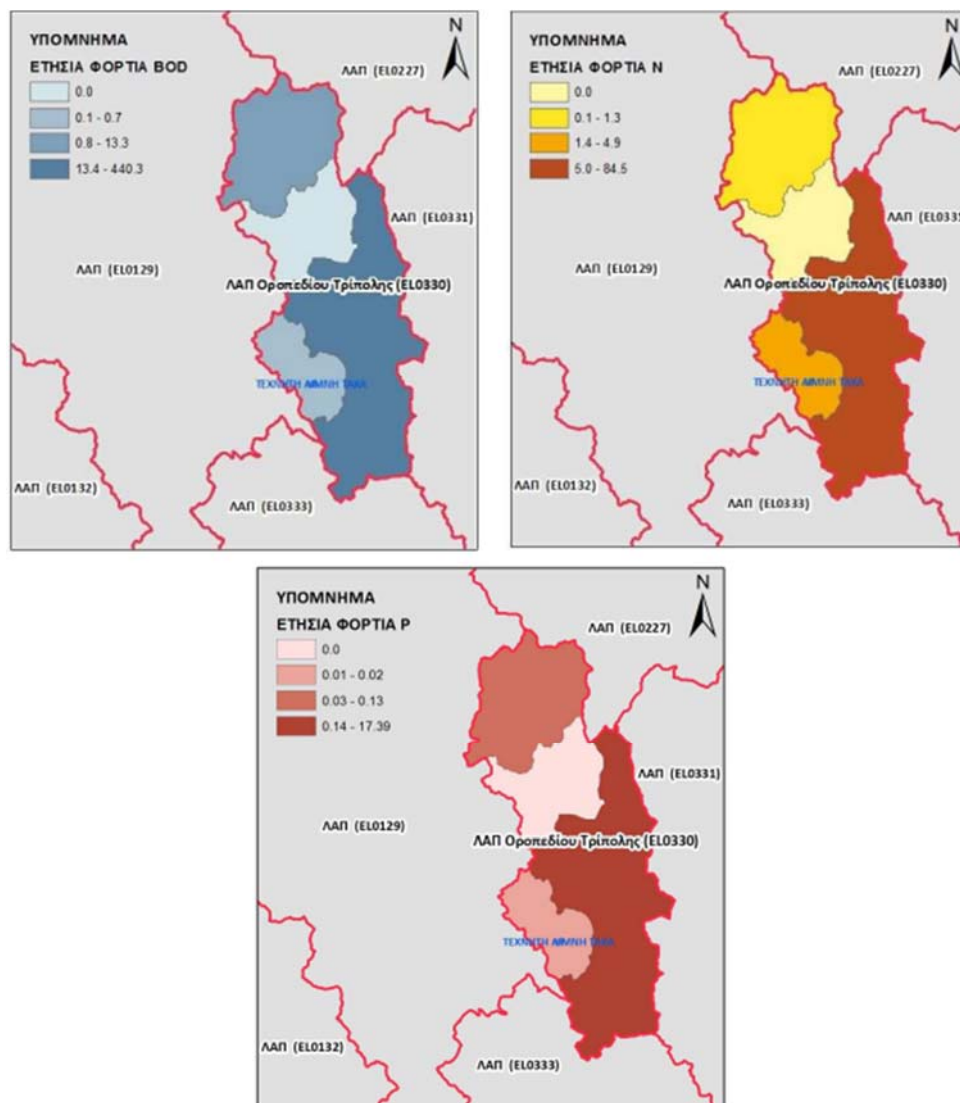
Στη λεκάνη απορροής του Οροπεδίου Τρίπολης με βάση των στοιχείων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (πιν.2.1) τα συνολικά ετήσια φορτία που προκύπτουν από το άθροισμα των επιμέρους σημειακών πηγών είναι περίπου 454τόνοι /έτος BOD, 91 τόνοι/έτος N και 18 τόνοι /έτος P. Επιπλέον, η μεγαλύτερη επιβάρυνση από τους ρύπους παρατηρείται στη περιοχή της Τρίπολης και στην ευρύτερη περιοχή όπου εκεί απαντάται το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού (Σχ.2.3).

Πίνακας 2.1 Συνολικά ετήσια φορτία BOD, N και P που παράγονται από σημειακές πηγές ρύπανσης στο Οροπέδιο Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)

ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	BOD (τόνοι/ έτος)	N (τόνοι/ έτος)	P (τόνοι/ έτος)
Βιομηχανικές μονάδες	377,2	55,3	11,2
Διαρροές από ΧΑΔΑ και ΧΥΤΑ	0,7	4,9	0,0
Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ)	76,4	30,5	6,4
Εκβολή δικτύων αποχέτευσης σε φυσικό αποδέκτη	0,0	0,0	0,0
Μεγάλες Ξενοδοχειακές μονάδες	0,0	0,0	0,0
Υδατοκαλλιέργειες - Ιχθυοκαλλιέργειες	0,0	0,0	0,0
ΣΥΝΟΛΑ	454,3	90,7	17,5



ΣΧΗΜΑ 2.2. Κατανομή ετήσιας επιβάρυνσης BOD, N και P από σημειακές πιέσεις στη ΛΑΠ Οροπεδίου Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)

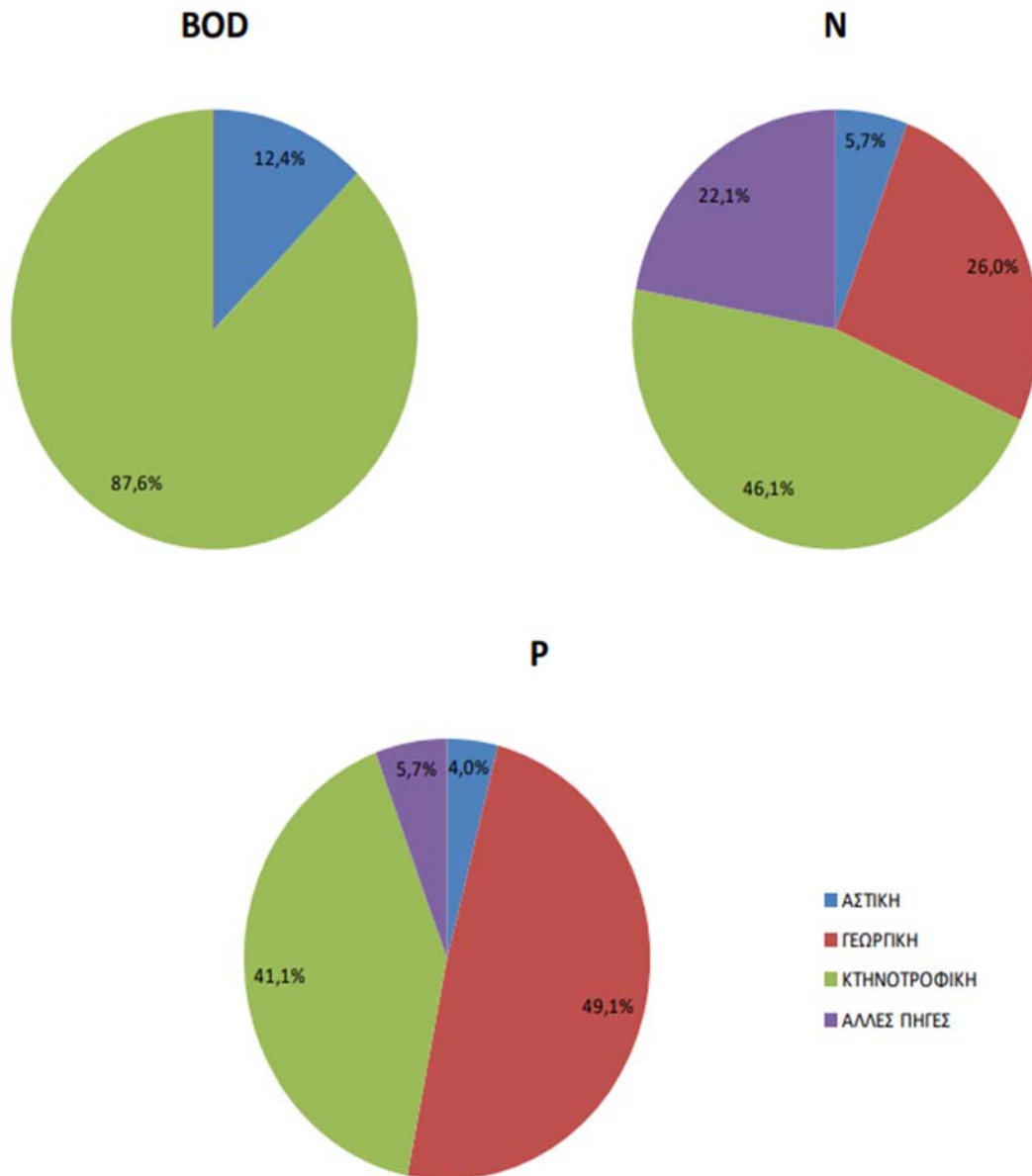


ΣΧΗΜΑ 2.3 Ετήσια επιφανειακή ποσότητα ρύπων BOD, N και P (τόνοι/έτος) στις υπολεκάνες των επιφανειακών ΥΣ από σημειακές πηγές ρύπανσης για το Οροπέδιο Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)

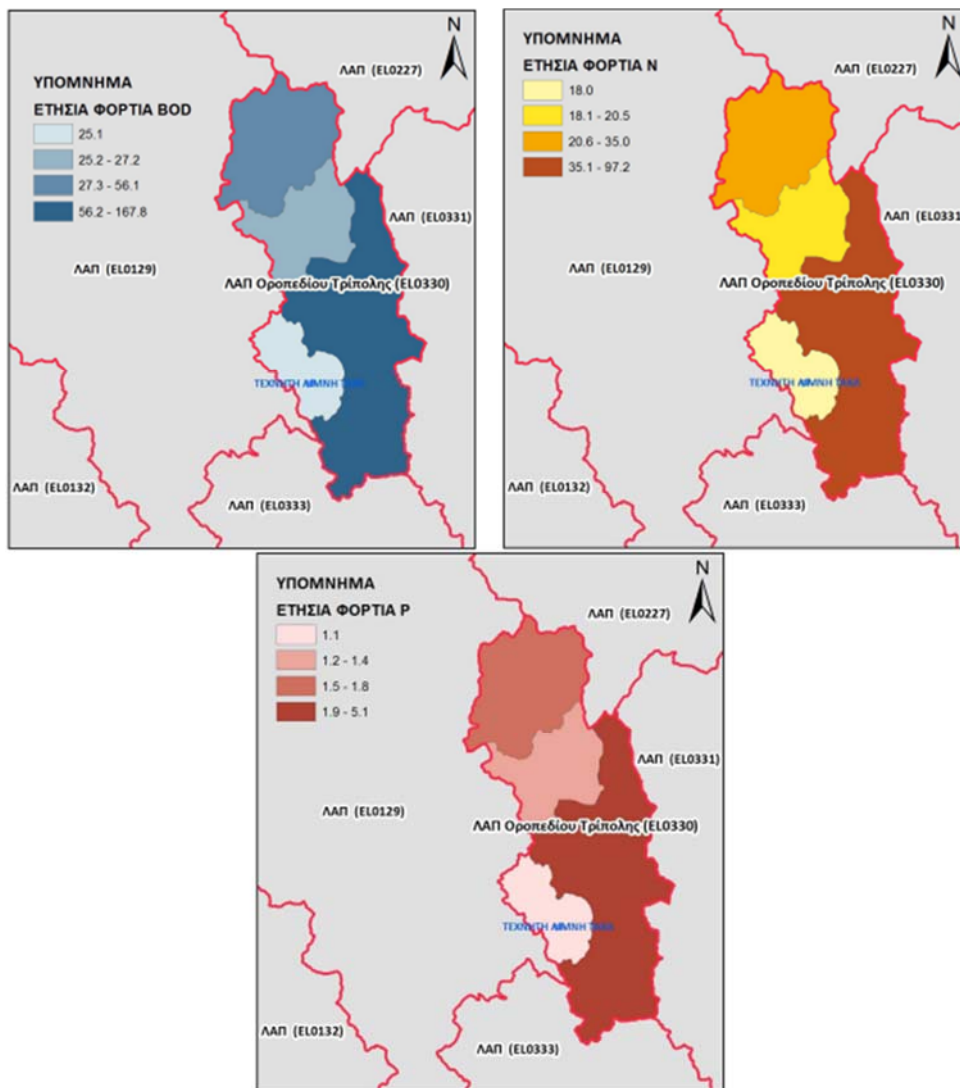
Επίσης, εκτός από τις σημειακές πηγές υπάρχουν και οι διάχυτες (μη σημειακές), οι οποίες επιφέρουν προβλήματα στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Ο κατάλογος με τις κατηγορίες των εν λόγω πηγών είναι :

- Γεωργικές δραστηριότητες
- Αστικά λύματα
- Κτηνοτροφία (ποιμενική και σταβλισμένη)
- Επιβάρυνση των υδάτων με άλλες πηγές

Από τις ανωτέρω διάχυτες πηγές ρύπανσης προκύπτουν οι ετήσιες ποσότητες επιφανειακών ρυπαντικών φορτίων BOD, N και P που παράγονται στη περιοχή μελέτης. Το μεγαλύτερο ποσοστό Φωσφόρου αντιστοιχεί στη γεωργική δραστηριότητα λόγω των λιπασμάτων, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά BOD και Νιτρικών προσδίδονται στη κτηνοτροφία λόγω των ζωικών αποβλήτων(Σχ.2.4). Η επιβάρυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών από τους συγκεκριμένους ρύπους παρατηρείται γύρω από τη Τρίπολη και συγκεκριμένα στις περιοχές Τεγέα και Μαντινεία όπου υπάρχουν αγροτικές καλλιέργειες αλλά και στις ορεινές περιοχές του Οροπεδίου λόγω της κτηνοτροφίας (σχ.2.5).



ΣΧΗΜΑ 2.4 Κατανομή ετήσιας επιφανειακής επιβάρυνσης BOD, N και P από διάχυτες πιέσεις στο Οροπέδιο Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)



Σχήμα 2.5 Ετήσια επιφανειακή ποσότητα ρύπων BOD, N και P (τόνοι/έτος) στις υπολεκάνες των επιφανειακών ΥΣ από διάχυτες πηγές ρύπανσης για το Οροπέδιο Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)

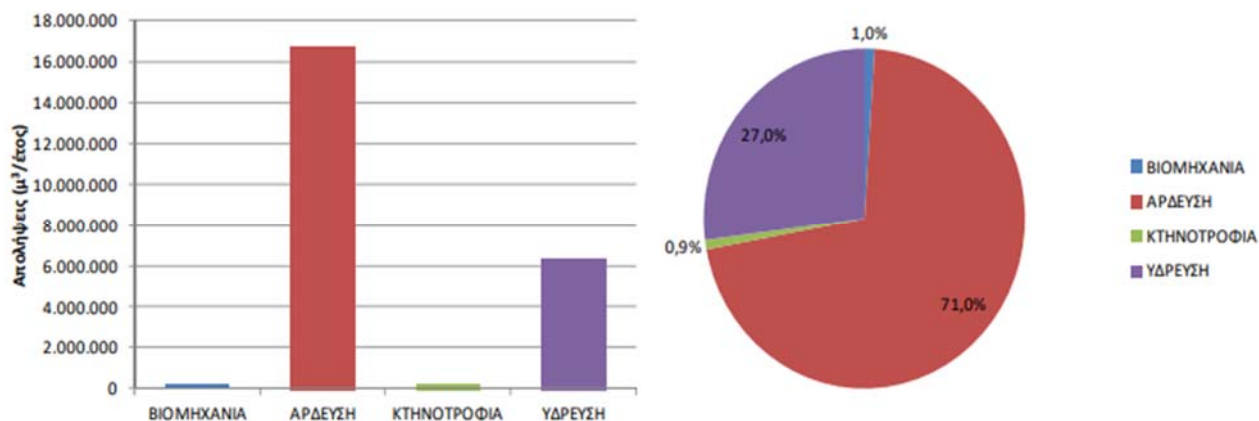
Χρήση υδάτων

Οι κύριες χρήσεις νερού στη περιοχή της Τρίπολης είναι η αγροτική, η ύδρευση, νερό για βιομηχανικές μονάδες και για άλλες λοιπές χρήσεις. Ο κατάλογος με τις κατηγορίες των δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού είναι:

- Ύδρευση
- Άρδευση
- Κτηνοτροφία
- Νερό βιομηχανίας
- Άλλες ανάγκες

Στο οροπέδιο της Τρίπολης, οι συνολικές ετήσιες απολήψεις νερού για όλες τις δραστηριότητες και χρήσεις ανέρχονται περίπου σε 23,5εκ.μ³. Στη γεωργία που είναι ο βασικότερος χρήστης νερού

καταναλώνεται το 71% δηλαδή 16,7εκ. m³ των συνολικών απολήψεων νερού. Στη βιομηχανία το 1%, στην ύδρευση το 27% και στην κτηνοτροφία το 0.9% (Σχ.2.6).



Σχήμα 2.6 Ποσότητες και κατανομή ετήσιων απολήψεων νερού στο Οροπέδιο Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)

Απολήψεις νερού μπορούν να γίνουν και από επιφανειακά ύδατα. Στη περίπτωση του Οροπεδίου της Τρίπολης αυτό δεν πραγματοποιείται. Με βάση των δεδομένων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (πιν.2.2) η κάλυψη των αναγκών νερού του Οροπεδίου Τρίπολης γίνεται από υπόγεια υδατικά συστήματα μέσω γεωτρήσεων και πηγών. Αφού κατασκευαστούν τα αρδευτικά δίκτυα της λίμνης Τάκα θα γίνονται απολήψεις από την τεχνητή λίμνη για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης 30,500 στρεμμάτων.

Πίνακας 2.2 Ετήσια τροφοδοσία και απολήψεις από τα υπόγεια υδατικά συστήματα της ΛΑΠ Οροπεδίου Τρίπολης (ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ 2017)

	Μέση Ετήσια Τροφοδοσία (10 ⁶ m ³)	Μέσες Ετήσιες Απολήψεις (10 ⁶ m ³)	Άρδευση (10 ⁶ m ³)	Ύδρευση (10 ⁶ m ³)
Οροπέδιο Τρίπολης	11,5	6,13	5,56	0,57

Γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Μορφολογικά η εξεταζόμενη περιοχή μπορεί να χωρισθεί σε δυο τμήματα, ένα με έντονο ανάγλυφο που καλύπτεται από τους προαλπικούς και αλπικούς σχηματισμούς και ένα με ήπιο που καλύπτεται από τους πλειστοκανονικούς – ολοκαινικούς σχηματισμούς. Η μια κλίση της ορεινής περιοχής έχει άμεση σχέση με τον τεκτονισμό και μεταβάλλεται ανάλογα με την λιθολογία των σχηματισμών.

Σχετικά με το στάδιο εξέλιξης (μορφογένεσης του καρστ) η ευρύτερη περιοχή διακρίνεται επίσης σε δύο επιμέρους τμήματα. Στο ανατολικό επίπεδο τμήμα, το οποίο βρίσκεται στο στάδιο γήρατος με την απορροή των υδάτων να γίνεται σχεδόν επιφανειακά. Ο αριθμός των ρεμάτων ανά μονάδα επιφάνειας είναι μικρός, ενώ το μήκος τους είναι μεγάλο. Το δυτικό τμήμα βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο διάβρωσης, το οποίο χαρακτηρίζεται ως στάδιο προχωρημένης νεότητας-ωριμότητας. Σε αυτό έχει σχηματιστεί ολοκληρωμένο σύστημα αποστράγγισης με σημαντικό αριθμό ρεμάτων ανά μονάδα επιφάνειας. Η καρστοποίηση έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό και όλες οι καρστικές μορφές είναι τέλεια ανεπτυγμένες. Η επιφανειακή απορροή έχει εξαφανισθεί και έχει αντικατασταθεί από την υπόγεια.

Καταβόθρες

Σε όλο το Οροπέδιο της Τρίπολης συναντώνται καταβόθρες στους πρόποδες των ασβεστολιθικών όγκων, στις οποίες αποστραγγίζονται τα υδρορεύματα (χείμαρροι) της περιοχής. Μέσα από τις καταβόθρες και στη συνέχεια από τα καρστικά έγκοιλα το νερό, σχεδόν στο σύνολο του διανύει υπόγεια μεγάλες αποστάσεις με μεγάλη ταχύτητα τροφοδοτώντας υποθαλάσσιες ή όχι πηγές.

Υδρογραφικό δίκτυο

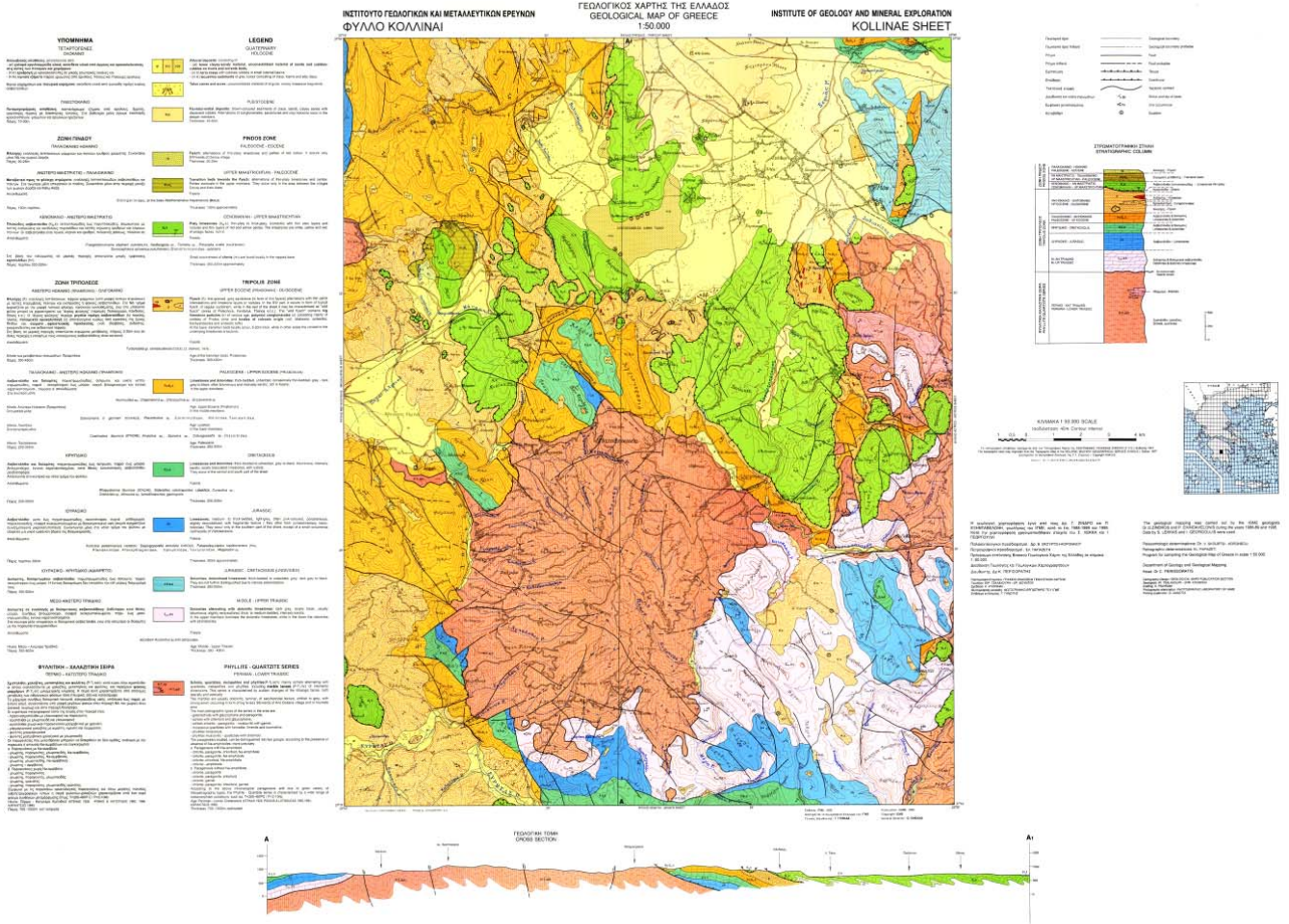
Η επιφανειακή αποστράγγιση της περιοχής πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο μέσω εποχιακών υδρορευμάτων, τα οποία σύμφωνα με την διαδρομή τους χαρακτηρίζονται σαν ενδορροικά και αποτελούν μέρος της λεκάνης απορροής και πηγή τροφοδοσίας, της λίμνης Τάκα.

Η περιοχή στην οποία βρίσκεται η λίμνη αποτελείται από αργιλικό- ιλυολιθικό υλικό με παρεμβολές αδρόκοκκων υλικών εντός των οποίων αναπτύσσεται υδροφορία ασθενούς ως ικανοποιητικής δυναμικότητας. Αποτελεί ένα αξιόλογο υδροφόρο σύστημα του οποίου το νερό χρησιμοποιείται για άρδευση μέσα από πηγάδια.

Υδρολιθολογία

Η μελετώμενη περιοχή αποτελείται από δύο μεγάλες κατηγορίες λιθολογικών σχηματισμών. Τις λεπτές ενδιαστρώσεις αργίλων και ιλύων και τους αδρόκοκκους έως και μεσόκοκκους άμμους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και οι δύο σχηματισμοί εναλλάσσονται μεταξύ τους τόσο πλευρικά όσο και κατακόρυφα. Η φύση αυτών των ιζημάτων δημιουργεί μικροπερατούς σχηματισμούς. Σε αυτές τις αποθέσεις δημιουργούνται κατά περιοχές φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες όταν παρατηρείται εναλλαγή χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων σχηματισμών.

Η δυναμικότητα σε υπόγειο νερό με την ύπαρξη των συγκεκριμένων γεωλογικών σχηματισμών είναι σχετικά μέτρια και ποικίλει από θέση σε θέση. Εκεί όπου επικρατούν οι αργιλικοί σχηματισμοί δηλαδή σε θέσεις όπου παλαιότερα υπήρξαν λίμνες η υδροφορία είναι πολύ μικρή. Αντίθετα, εκεί όπου επικρατούν οι ποτάμιοι σχηματισμοί παρατηρείται υδροφορία μέσης δυναμικότητας (χαρτ.2.1).



Χάρτης 2.1 Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης 1:50.000 (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών -ΓΓΜΕ)

Κεφάλαιο 3^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΕΓΕΑΣ ΔΗΜΟΥ ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ

Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση, η ανάλυση και τελικά η αξιολόγηση των ποιοτικών παραμέτρων, των υδατικών πόρων, της περιοχής Τεγέας - Αρκαδίας. Η συνεχής παρακολούθηση και μεταβολή, των ποιοτικών χαρακτηριστικών συνδέεται με την αξιοποίηση των υδατικών πόρων για άρδευση.

Υλικά και μέθοδοι

Θέσεις δειγματοληψίας

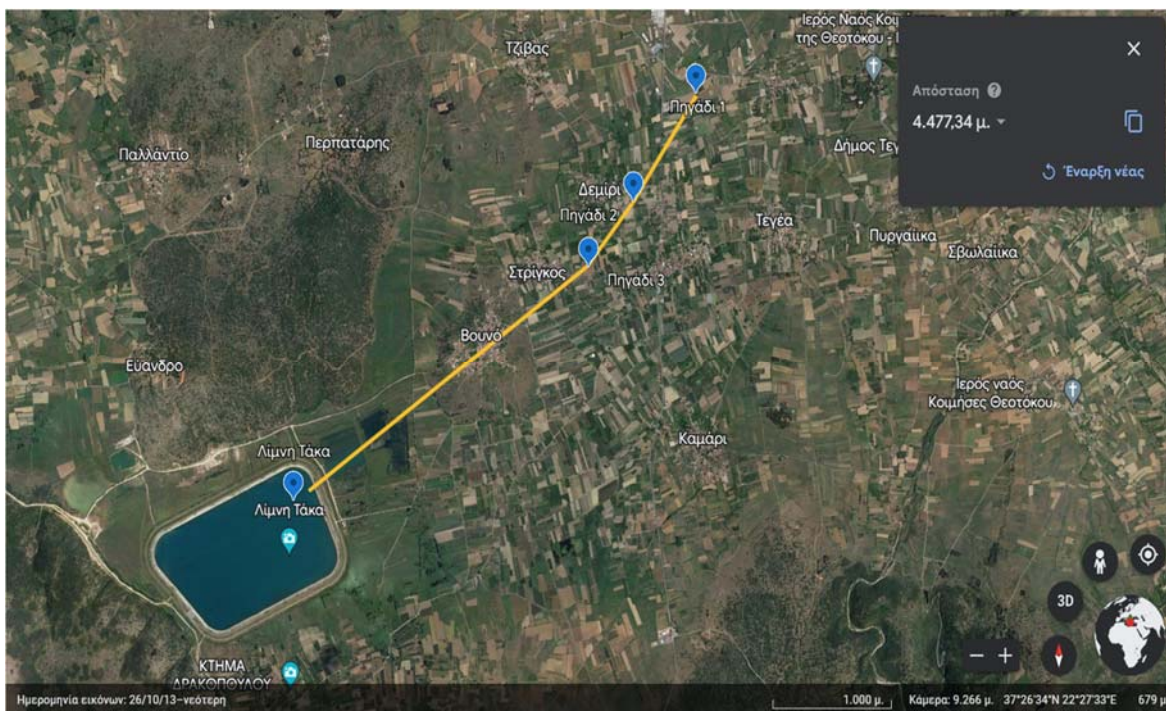
Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκαν 4 σημεία δειγματοληψίας στη περιοχή της Τεγέας, του οροπεδίου Τρίπολης (Σχ.3.1). Οι τέσσερις θέσεις δειγματοληψίας βρίσκονται σε μια νοητή ευθεία μεταξύ τους και σε συνολική απόσταση 5 χλμ. Τρία από αυτά προέρχονται από υπόγεια νερά (πηγάδια) και ένα από το επιφανειακό νερό της λίμνης Τάκα. Η υψομετρική διαφορά από το πηγάδι 1 έως και τη λίμνη Τάκα είναι 10 μέτρα, με κλίση προς τη λίμνη.

Τα τρία πηγάδια δειγματοληψίας βρίσκονται σε διαφορετικά χωριά μεταξύ τους. Το πηγάδι 1 βρίσκεται στο χωριό Επισκοπή. Η θέση του είναι περίπου 730μ έξω από τον οικισμό, ενώ η πιο κοντινή κατοικία απέχει από το πηγάδι απόσταση 135μ. Το πηγάδι 2 βρίσκεται στο χωριό Δεμίρι. Σε αντίθεση με το πρώτο, το πηγάδι 2 βρίσκεται εντός των ορίων του χωριού και τα σπίτια βρίσκονται σε απόσταση 120μ. από αυτό. Τέλος, το πηγάδι 3 βρίσκεται στο χωριό Στρίγκου. Και αυτό το πηγάδι όπως και το προηγούμενο βρίσκεται εντός των ορίων του χωριού με την κοντινότερη απόσταση από τα σπίτια να είναι στα 110 μέτρα.

Τα τρία πηγάδια όπου πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες είναι ίδιου τύπου, δηλαδή σκαφτά πηγάδια. Η διάμετρός τους είναι 3,5,4 και 3,5 μέτρα αντίστοιχα, ενώ του βάρους καθενός από αυτά ανέρχεται στα 12, 10 και 18 μέτρα. Το εσωτερικό τους διαθέτει διάτρητους τσιμεντοσωλήνες (στεφάνια) τοποθετημένους ο ένας πάνω στον άλλο.

Πέρα από τη διαφορετική θέση όπου βρίσκεται το κάθε πηγάδι, η επόμενη διαφοροποίηση τους είναι ότι το πηγάδι 1 διαθέτει τσιμεντένια οροφή και σιδερένιο καπάκι προς αποφυγή ατυχημάτων από ζώα και ανθρώπους αλλά και ρίψη ανεπιθύμητων σωμάτων (π.χ. ξύλα, σκουπίδια, χημικές ουσίες). Τα άλλα δύο πηγάδια είναι ανοικτά στο πάνω μέρος τους, όπου έρχονται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και ζώα (πουλιά, βάτραχοι, φίδια, έντομα).

Τα πηγάδια δειγματοληψίας όπως και η πλειοψηφία των πηγαδιών της περιοχής μελέτης ξεκινούν τη λειτουργία τους από το Μάιο μέχρι το Νοέμβριο όπου διακόπτεται η λειτουργία τους. Η στάθμη του νερού, των πηγαδιών, από την αρχή της καλλιεργητικής περιόδου είναι στο ανώτερο ύψος τους. Κατά τη διάρκεια των ποτισμάτων η στάθμη των πηγαδιών πέφτει, ενώ όταν το πότισμα τελειώσει η στάθμη σταδιακά πηγαίνει στη αρχική της θέση. Αυτό συμβαίνει μέχρι τα μέσα Ιουλίου. Από εκεί και έπειτα, σε κάθε πότισμα η στάθμη των πηγαδιών μειώνεται χωρίς να ανέρχεται στα αρχικά επίπεδα (ή να ανέρχεται με πολύ βραδύ ρυθμό) μέχρι το πηγάδι να έχει έλλειψη νερού.



Σχήμα 3.1 Περιοχή μελέτης (Google Earth)

Διαδικασία δειγματοληψίας - Μεθοδολογία

Την προηγούμενη μέρα από τη δειγματοληψία ξεκινάει η προετοιμασία του εξοπλισμού. Όλα τα δείγματα νερού συλλέχτηκαν σε μπουκάλια ύαλου Pyrex των 500ml. Αρχικά, τα μπουκάλια πλύθηκαν με ζεστό νερό βρύσης και έπειτα ακολούθησαν τρεις εκπλύσεις με απιονισμένο νερό. Στα δοχεία τοποθετήθηκαν τα καπάκια τους και από πάνω κομμάτι αλουμινοχαρτου για καλύτερη κάλυψη. Τα δοχεία μπήκαν στον κλίβανο στους 170°C έγινε καθαρισμός του φορητού ψυγείου και τοποθετήθηκαν ετικέτες στα μπουκάλια δειγματοληψίας.

Όλες οι δειγματοληψίες έγιναν πρωινές ώρες εφόσον ο καιρός ήταν ευνοϊκός. Η δειγματοληψία ξεκινά με το πηγάδι1, ακολουθούν τα επόμενα δύο πηγάδια και τέλος η λίμνη Τάκα. Τα πηγάδια διαθέτουν μοτέρ άντλησης, ενώ στην επιφάνεια υπάρχουν λάστιχα με βάνες για την διευκόλυνση της λειτουργίας τους και για την άρδευση των χωραφιών. Ξεκινώντας τη δειγματοληψία, το μοτέρ τέθηκε σε λειτουργία και αφού περάσανε 2-3 λεπτά συλλέχθηκε νερό στο μπουκάλι δειγματοληψίας. Το μπουκάλι τοποθετήθηκε στο φορητό ψυγείο, ενώ δίπλα του υπήρχαν πάγο- κύστες για να διατηρούν το δείγμα στην επιθυμητή θερμοκρασία 4°C, ώστε να μην αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά του. Η ίδια διαδικασία ακολούθηθηκε και για τις επόμενες δύο δειγματοληψίες των πηγαδιών.

Η δειγματοληψία της λίμνης (Σχ.3.2) διέφερε σε σχέση με τις προηγούμενες τρεις. Η λίμνη όπως προαναφέρθηκε είναι τεχνητή και γι' αυτό περιμετρικά υπάρχουν αναχώματα ύψους 10μ. Στη κορυφή των αναχωμάτων βρίσκεται δρόμος όπου μπορούν να ανέβουν αυτοκίνητα, ποδήλατα ή είναι κατάλληλο για περπάτημα. Οι δύο πλευρές των αναχωμάτων (εσωτερική- εξωτερική) έχουν κλίση με αποτέλεσμα να ανεβεί ή να κατεβεί μέχρι τη στάθμη της λίμνης. Με αυτό τον τρόπο έγινε η τελευταία δειγματοληψία. Για τη συγκεκριμένη δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκε πλαστικό μπουκάλι 1,5λίτρων, στο οποίο δέθηκε κατακόρυφα στην εξωτερική του πλευρά σίδερο ώστε να γίνει εύκολη η βύθιση του στο νερό της λίμνης. Η διαδικασία αυτή ολοκληρώθηκε με τρεις συνολικά βυθίσεις του

μπουκαλιού μέσα στη λίμνη Έγιναν δύο εκπλύσεις του μπουκαλιού με νερό της λίμνης και η τρίτη συλλογή νερού ήταν αυτή που τοποθετήσαμε μέσα στον γυάλινο δοχείο δειγματοληψίας.



Σχήμα 3.2 Δειγματοληψία νερού από τη λίμνη Τάκα

Εργαστηριακές αναλύσεις δειγμάτων

Όλες οι αναλύσεις έγιναν στο εργαστήριο της ΔΕΥΑ Τρίπολης σε συνεργασία με το προσωπικό της ΔΕΥΑ.

pH

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του pH είναι: το φωτόμετρο HANNA HI97701(Σχ.3.3) και το αντιδραστήριο που χρειάστηκε ήταν το HI93710-0 (Σχ.3.4). Το συγκεκριμένο αντιδραστήριο επιτυγχάνει γρήγορες και ακριβείς χρωματομετρικές μετρήσεις. Περιέχει κόκκινη φαινόλη (επίσης γνωστή ως φαινολοσουλφονθφαλίνη) με την οποία τα δείγματα παράγουν μια σειρά χρωμάτων που εξαρτάται από το pH του κάθε δείγματος. Η αντίδραση του δείγματος με το αντιδραστήριο προκαλεί μια απόχρωση στο δείγμα που ποικίλλει από κίτρινο έως κόκκινο.



Σχήμα 3.3 φωτόμετρο HANNA HI97701



Σχήμα 3.4 αντιδραστήριο HI93710-0

Πριν από κάθε μέτρηση ξεπλύνουμε τη κυψελίδα του φωτόμετρου μια φορά με απιονισμένο νερό και μια φορά με το δείγμα. Έπειτα, προσθέτουμε στη κυψελίδα 10ml δείγματος και ξεκινάμε τη μέτρηση.

Γίνετε αυτόματη βαθμονόμηση του οργάνου και αφού μηδενίσει ρίχνουμε 5 σταγόνες αντιδραστηρίου μέσα στη κυψελίδα. Το χρώμα του δείγματος γίνεται πορτοκαλοκόκκινο.

Τοποθετούμε τη κυψελίδα στο φωτόμετρο και πατάμε το κουμπί για να γίνει η μέτρηση. Τέλος, καταγράφουμε την ένδειξη του οργάνου.

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των δειγμάτων έγινε με το αγωγιμόμετρο CONSORT K511 (Σχ.3.5). Θέσαμε το όργανο σε λειτουργία, στη συνέχεια εμβαπτίσαμε το ηλεκτρόδιο σε πρότυπο διάλυμα για βαθμονόμηση του οργάνου. Ύστερα από αυτές τις διαδικασίες τοποθετήσαμε το ηλεκτρόδιο στο δείγμα αναδεύοντας ώστε να επιτευχθεί η ομοιογένεια του και καταγράφηκε η ένδειξη.



Σχήμα 3.5 Αγωγιμόμετρο CONSORT K511

Νιτρικό Άζωτο (NO_3^-)

Για τη μέτρηση του Νιτρικού Αζώτου χρησιμοποιήθηκε φωτομετρική μέθοδος με το kit test Nitrate LCK339 HACK (Σχ.3.6) και το φωτόμετρο HACK LANGE LT-200 (σχ.3.7).

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της μέτρησης, πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις των δειγμάτων, για τη μέτρηση των νιτρικών. Στο δείγμα1 έγινε αραιώση 1:10, δηλαδή σε ογκομετρική φιάλη των 100ml προσθέσαμε 10 ml δείγματος και συμπληρώσαμε 90 ml απιονισμένο νερό. Η ίδια διαδικασία συνεχίστηκε και στις επόμενες δύο αραιώσεις, με τα αντίστοιχα νούμερα. Στο δείγμα2 έγινε αραιώση 1:2, στο δείγμα3 έγινε αραιώση 1:10, ενώ στο δείγμα4 δεν καθίσταται αναγκαία η αραιώση. Ξεκινώντας τη μέτρηση με τη χρήση πιπέτας πήραμε 1 ml αραιωμένου δείγματος και το τοποθετήσαμε σε ένα φιαλίδιο από το kit test, το οποίο διέθετε ήδη 2,6-διμεθυλοφαινόλη σε μορφή σκόνης. Επιπλέον, με πιπέτα πήραμε 0,2 ml αντιδραστήριου που περιείχε το kit και το τοποθετήσαμε μέσα στο φιαλίδιο. Κλείσαμε το φιαλίδιο με το καπάκι του και το ανακινήσαμε μέχρι να διαλυθεί η σκόνη. Έπειτα, αφήσαμε το φιαλίδιο σε ηρεμία για 15 λεπτά. Για να μετρηθεί το Νιτρικό Άζωτο χρησιμοποιήσαμε το φωτόμετρο HACK LANGE LT-200. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο όλου του συστήματος και στη συνέχεια μας ενημερώνει να τοποθετήσουμε το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή. Αφού τοποθετηθεί το φιαλίδιο το μηχάνημα 'μετράει' το δείγμα και τέλος, εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη.

Το εύρος του test είναι 1,0-60,0 mg/L NO_3^- .



Σχήμα 3.6 kit test Nitrate LCK339 HACK

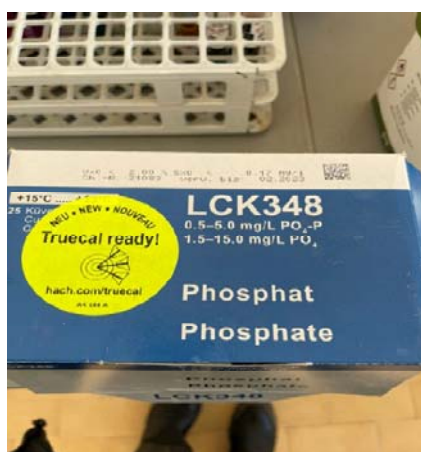


Σχήμα 3.7 φωτόμετρο HACK LANGE LT-200

Φώσφορος (PO_4^{3-})

Για τη μέτρηση των Φωσφορικών ιόντων χρησιμοποιήθηκε το kit test το οποίο ονομάζεται Phosphate LCK348 HACK (Σχ.3.8), ο θερμοαντιδραστήρας ήταν HACH LARGE LT200 (Σχ.3.9), ενώ το φωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση της μέτρησης ήταν το HACK LANGE LT-200 (Σχ.6.8).

Κατά τη διαδικασία της μέτρησης αφαιρέσαμε από το καπάκι του φιαλιδίου τη προστατευτική μεμβράνη και το ξεβιδώσαμε. Με μια πιπέτα προσθέσαμε στο φιαλίδιο 0,5ml δείγμα νερού βιδώσαμε το καπάκι και ανακινήσαμε 2-3 φορές. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της μέτρησης είχαμε θέσει σε λειτουργία τον θερμοαντιδραστήρα όπου στη συνέχεια τοποθετήσαμε σε αυτόν το φιαλίδιο και το αφήσαμε εκεί για 30' λεπτά και σε θερμοκρασία 120 °C. Μετά τα 30' λεπτά βγάλαμε το φιαλίδιο από τον θερμοαντιδραστήρα και το αφήσαμε να κρυώσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έπειτα, προσθέσαμε 0,2 ml αντιδραστήριο Β και ανακινήσαμε. Αφήσαμε το φιαλίδιο σε ηρεμία για 10' λεπτά και μετρήσαμε με το φωτόμετρο αναγράφοντας την ένδειξη της οθόνης. Την ίδια διαδικασία μέτρησης επαναλάβαμε για όλα τα δείγματα νερού



Σχήμα 3.8 Phosphate LCK348 HACK



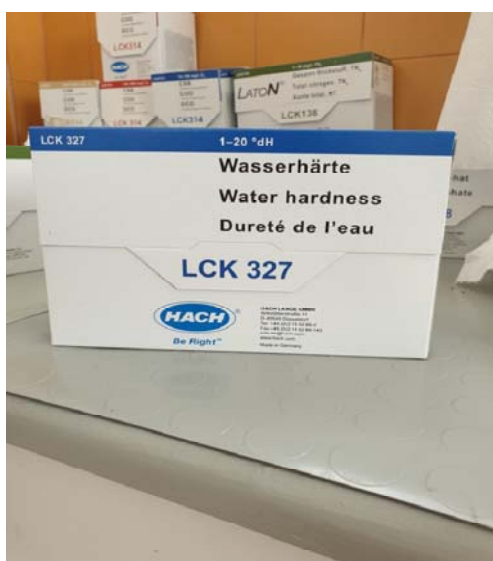
Σχήμα 3.9 θερμοαντιδραστήρας ήταν HACH LARGE LT200

Σκληρότητα- Ασβέστιο (Ca²⁺) – Μαγνήσιο (Mg²⁺)

Για τον προσδιορισμό της Σκληρότητας, του Ασβεστίου και του Μαγνησίου χρησιμοποιήθηκε το ίδιο kit test, το οποίο ονομάζεται Water hardness LCK 327 (Σχ.3.10), ενώ το φωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το HACK LANGE LT-200 (Σχ.3.9).

Αρχικά τα δείγματα αραιώθηκαν σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml το δείγμα1 υπέστη αραιώση 1:4, δηλαδή στη φιάλη προστέθηκαν 25ml δείγματος και 75ml απιονισμένο νερό. Το δείγμα2 υπέστη αραιώση 1:5, το δείγμα3 1:4, ενώ το δείγμα4 δεν χρειάστηκε αραιώση. Με τη χρήση πιπέτας τοποθετήσαμε 4ml αντιδραστήριου στο φιαλίδιο, το οποίο περιείχε ήδη αντιδραστήριο σε σκόνη. Κλείσαμε το καπάκι ανακινήσαμε το φιαλίδιο μέχρι να διαλυθεί η σκόνη και το αφήσαμε σε ηρεμία 2 λεπτά. Έχοντας ανοίξει το φωτόμετρο, το οποίο έχει ολοκληρώσει τον αυτοέλεγχο τοποθετούμε το φιαλίδιο και η ένδειξη δείχνει Read1. Στη συνέχεια βγάζουμε το φιαλίδιο από το φωτόμετρο και προσθέτουμε 0,2 ml δείγματος. Κλείνουμε το φιαλίδιο με το καπάκι του και το ανακινούμε δυο με τρεις φορές, το αφήνουμε σε ηρεμία για 30δευτερόλεπτα και το τοποθετούμε στο φωτόμετρο, όπου τώρα η ένδειξη δείχνει Read2. Βγάζουμε ξανά το φιαλίδιο από το φωτόμετρο και προσθέτουμε 0,2 ml αντιδραστήριο που υπάρχει μέσα στο kit. Κλείνουμε το φιαλίδιο με το καπάκι του ανακινούμε για λίγο και το αφήνουμε σε ηρεμία 30δευτερόλεπτα. Τέλος, τοποθετούμε το φιαλίδιο στο φωτόμετρο και αναγράφουμε τις ενδείξεις της οθόνης.

Το εύρος του test είναι 1,0-20,0 odH.



Σχήμα 3.10 kit test Water hardness LCK 327

Προσδιορισμός Μικροβιολογικού φορτίου

Για τον προσδιορισμό των μικροβιολογικών φορτίων έγιναν αραιώσεις των δειγμάτων. Οι αραιώσεις που έγιναν ήταν 10:100 και ήταν οι ίδιες και στα τέσσερα δείγματα. Δηλαδή, σε ογκομετρική φιάλη των 250ml προστέθηκαν 25ml δείγμα και η φιάλη συμπληρώθηκε με 225 ml απιονισμένο νερό.

Η επώαση των δειγμάτων έγινε στους εργαστηριακούς θαλάμους επώασης. Υπάρχει ένας για τα τριβλία των E.Coli και των ολικών κολοβακτηριδίων και ένας για τους εντεροκόκκους. Στο θάλαμο για τους εντεροκόκκους τοποθετούνται τα τριβλία που είναι ήδη γεμισμένα με θρεπτικό υπόστρωμα, ώστε να είναι σε κατάλληλη θερμοκρασία πριν την τοποθέτηση των φίλτρων. Έπειτα, σε άδεια τριβλία

τοποθετούμε θρεπτικό υπόστρωμα που είναι σε μονωμένες σφραγισμένες αμπούλες. Οι συγκεκριμένες αμπούλες ήταν m-Coli Blue 24 Broth Plastic Ampoules (Σχ3.11), ενώ τα τριβλία με το έτοιμο θρεπτικό υπόστρωμα ήταν m-El Agar Plates της HACH (Σχ.3.12). Τα έτοιμα τριβλία και οι μονωμένες αμπούλες διατηρούνται στο ψυγείο.



Σχήμα 3.11 τριβλία m-El Agar Plates της HACH



Σχήμα 3.12 m-Coli Blue 24 Broth Plastic Ampoules

Η μαγνητική χοάνη προσαρμόζεται στη συσκευή διήθησης. Σε φλόγα περνάμε το πάνω μέρος της μαγνητικής χοάνης (εκεί που τοποθετείται το φίλτρο), το καπάκι όπου προσθέτουμε το δείγμα και τη λαβίδα για αποστείρωση. Ανοίγεται η αντλία κενού και διηθείται πρώτα ένα δείγμα 100ml απιονισμένου νερού. Όταν έχει περάσει όλο το δείγμα του απιονισμένου νερού από το φίλτρο και το φίλτρο έχει στεγνώσει, διακόπτεται η διήθηση και το φίλτρο τοποθετείται προσεκτικά μέσα στο τριβλίο με το αντίστοιχο θρεπτικό υλικό. (ΠΡΟΣΟΧΗ : το φίλτρο στην επαφή του με το θρεπτικό υλικό δεν θα πρέπει να παγιδεύσει φυσαλίδες αέρα). Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται σαν μάρτυρας για τον έλεγχο του απιονισμένου νερού. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα τέσσερα δείγματα. Τέλος με τη λαβίδα λαμβάνουμε προσεκτικά το φίλτρο από τη βάση της μαγνητικής χοάνης της συσκευής διήθησης και το τοποθετούμε προσεκτικά στο τριβλίο. Σε κάθε τριβλίο αναγράφουμε το όνομα του δείγματος. Σε κάθε επανάληψη της διαδικασίας για το κάθε δείγμα αποστειρώνονται ξανά με φλόγα η λαβίδα και η χοάνη (Σχ.3.13).



Σχήμα 3.13 Αντλία κενού, μαγνητική χοάνη διήθησης, λαβίδα

Τα τριβλία των εντεροκόκκων τοποθετούνται για 48 ώρες στο θάλαμο επώασης στους 37 °C, ενώ τα τριβλία των ολικών κολοβακτηριδίων (Total coliforms) και των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (E. Coli) τοποθετούνται στο θάλαμο επώασης για 47 °C για 24 ώρες (Σχ.3.14).



Σχήμα 3.14 θάλαμοι επώασης

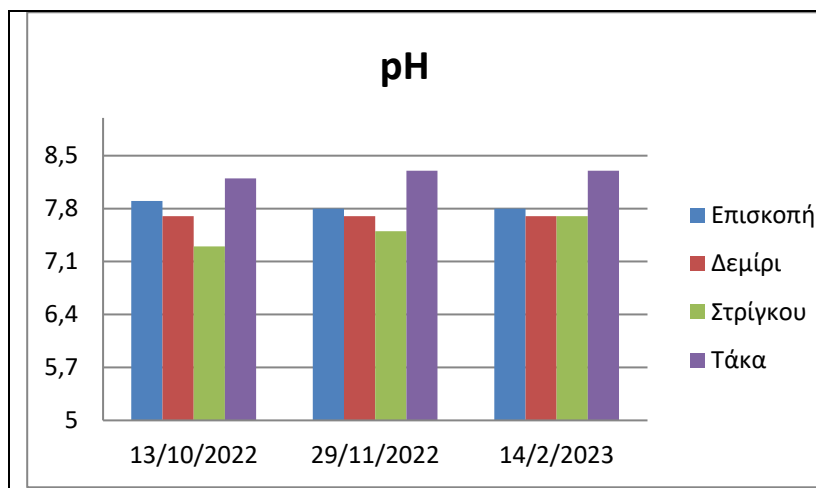
Οι εντερόκοκκοι δημιουργούν αποικίες μπλε χρώματος με ασημί κέντρο, ενώ τα ολικά κολοβακτηρίδια (Total coliforms) και τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια (E. Coli) δημιουργούν αποικίες κόκκινου και μπλε χρώματος αντίστοιχα (Σχ.3.15). Στα δείγματα που έγιναν αραιώσεις, εκφράζουμε το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των αποικιών που μετρήσαμε με την αραιώση που έγινε.



Σχήμα 3.15 Τρυβλία με αποικίες *E-COLI*, *TOTAL COLIFORMS*, *STREPTOCOCCUS FAECALIS*

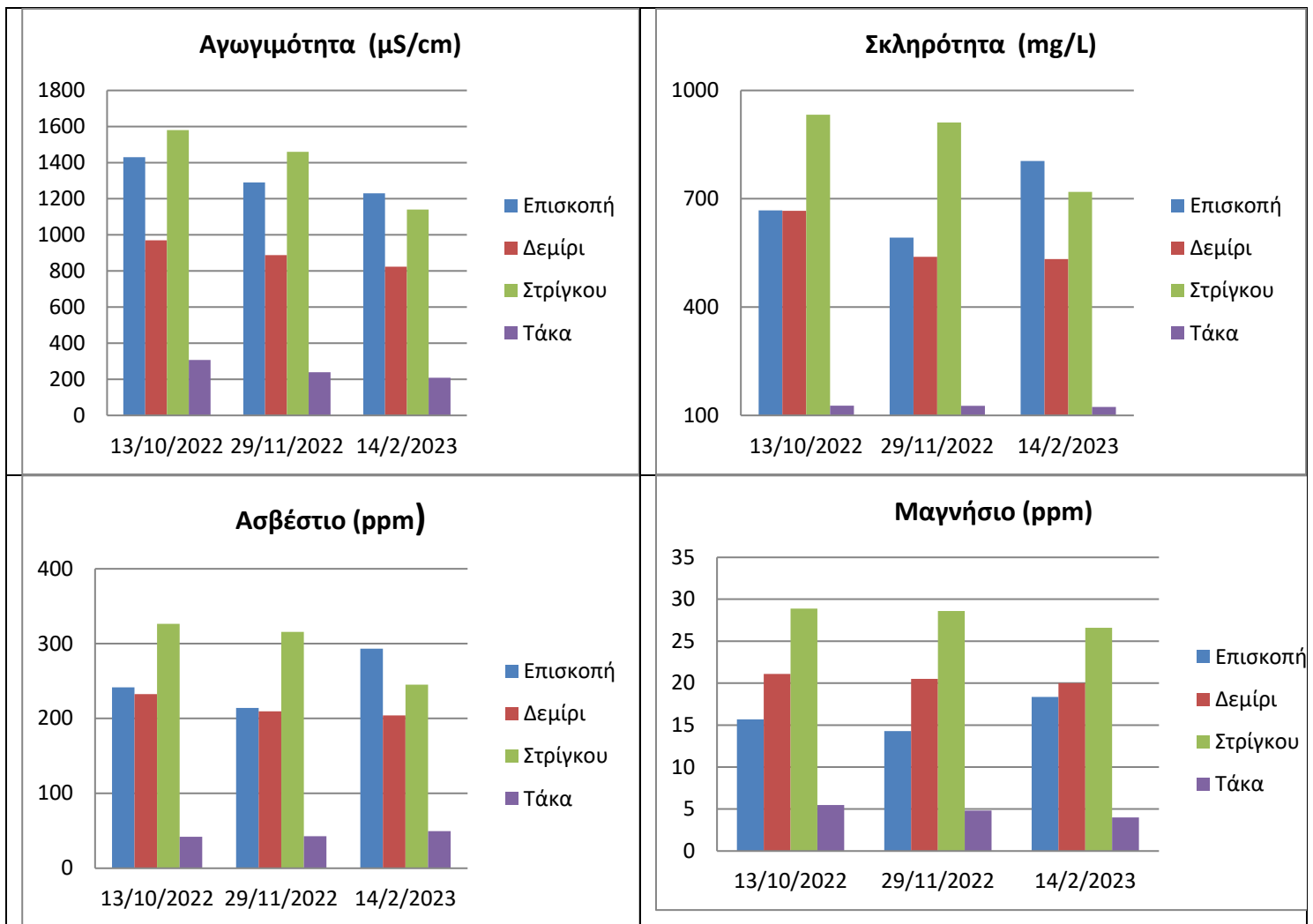
Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν μεταβολές στις τιμές των παραμέτρων ανάλογα με την περιοχή. Στο διάγραμμα Σχ.4.1 φαίνεται σχεδόν σταθερή τιμή pH σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Οι τιμές του pH των τριών πηγαδιών κυμαίνονται από 7,3-7,9. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στη λίμνη Τάκα 8,2. Το pH των νερών σχετίζεται συνήθως με την αύξηση των ανθρακικών ιόντων γεωλογικής προέλευσης.



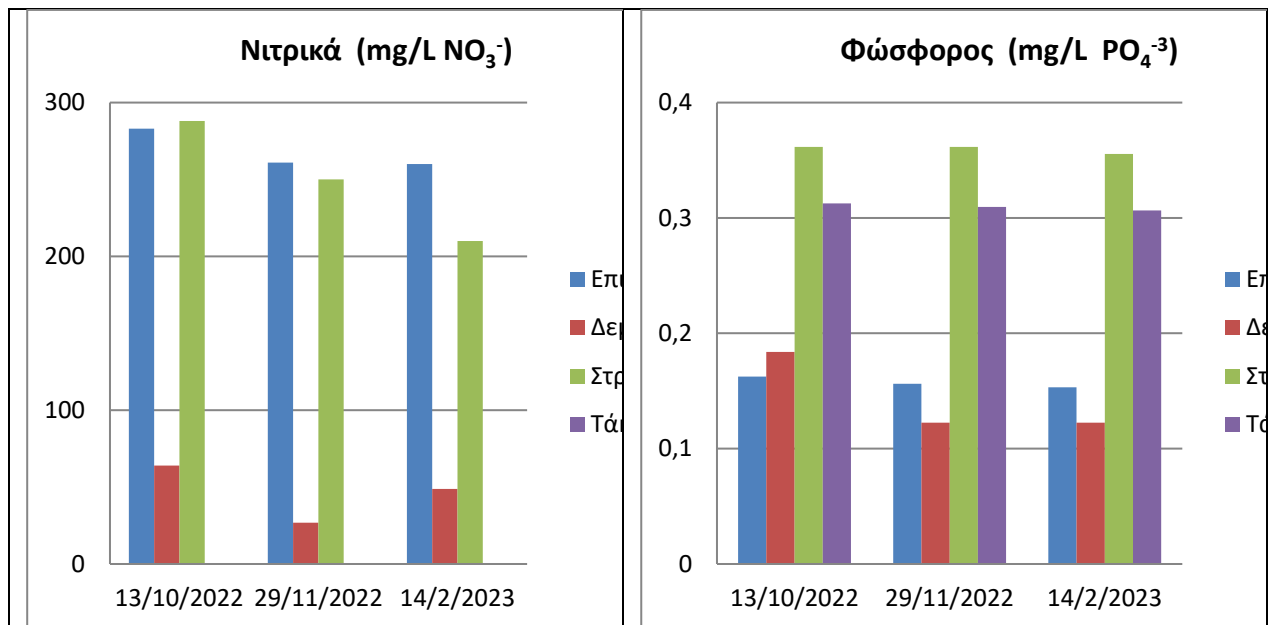
Σχήμα 4.1 Μεταβολή των συγκεντρώσεων pH στα δείγματα νερού από τα τέσσερα σημεία την χρονική περίοδο από 31/10/22 έως 14/2/23

Το εύρος τιμών της Αγωγιμότητας στα πηγάδια κυμαίνεται από 825 έως 1580 μ S/cm,. Οι τιμές Αγωγιμότητας της λίμνης κυμάνθηκαν μεταξύ 210-310 μ S/cm. Παρατηρήθηκε ότι οι τιμές του πηγαδιού 1 με αυτές του πηγαδιού 3 ήταν πολύ κοντά, ενώ η μεταβολή των τιμών ήταν ανάλογη και στα τέσσερα σημεία. Εξάιρεση αποτελεί η τιμή του πηγαδιού 3 όπου στη τρίτη μέτρηση σημειώθηκε απότομη μείωση. Παρόμοια μεταβολή τιμών παρουσιάστηκε στη Σκληρότητα με εύρος τιμών 124-933(mg/L). Σε αυτή τη παράμετρο κοντινές τιμές παρατηρήθηκαν στο πηγάδι 1 και 2 με εύρος τιμών 500 έως 600(mg/L). Παρόλο που οι τιμές όλων των πηγαδιών μειώνονταν κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών σημειώθηκε αύξηση στη τιμή του πηγαδιού 1 στη τελευταία δειγματοληψία (Σχ.4.2). Η αύξηση οφείλεται πιθανότερα λόγω της διαφορετικής γεωλογικής σύστασης των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό και στην εισροή λυμάτων από τους μη στεγανούς βόθρους των οικισμών. Η ίδια αύξηση υπάρχει στο Ασβέστιο και στο Μαγνήσιο δείχνοντας την αλληλεπίδραση των τριών παραμέτρων.



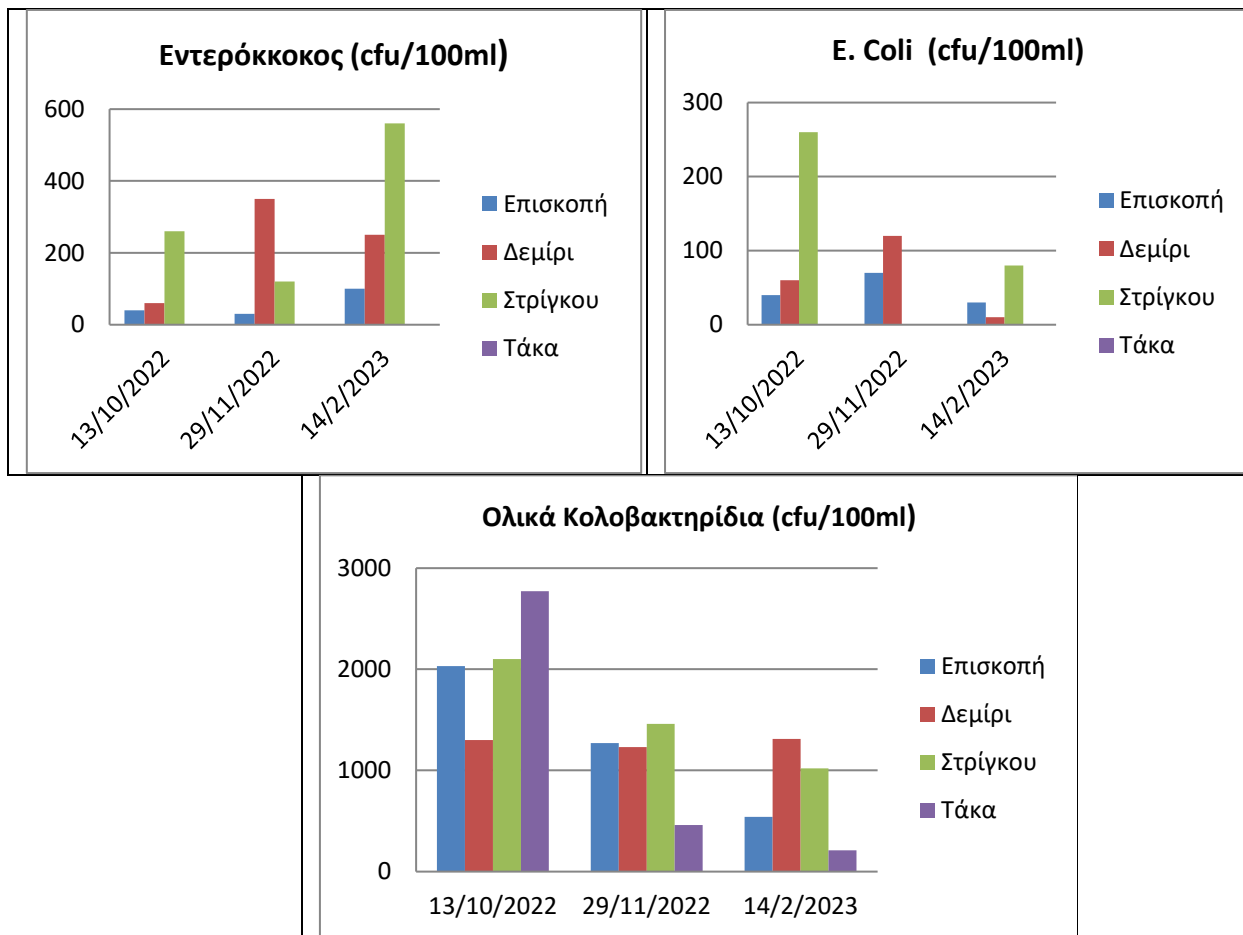
Σχήμα 4.2 Μεταβολή των συγκεντρώσεων Αγωγιμότητα, Σκληρότητα, Ασβέστιο και Μαγνήσιο στα δείγματα νερού από τα τέσσερα σημεία την χρονική περίοδο από 31/10/22 έως 14/2/23

Οι συγκεντρώσεις Νιτρικών παρουσίασαν μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της μελέτης, με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στην Επισκοπή και στου Στρίγκου στη πρώτη δειγματοληψία (Σχ.4.3). Οι τιμές των συγκεκριμένων πηγαδιών (1 και 3) ήταν πολύ κοντινές σε σχέση τα άλλα δυο σημεία. Παρατηρείται σταδιακή μείωση των τιμών μέχρι και την τελευταία δειγματοληψία με τη μοναδική διαφοροποίηση να παρουσιάζεται στο πηγάδι2 όπου η τιμή των νιτρικών αυξήθηκε. Το γεγονός αυτό είναι πιθανό να οφείλεται σε χρήση λιπασμάτων. Στο Φώσφορο παρατηρούνται μικρές και σταδιακές μειώσεις στα πηγάδια Επισκοπή, Στρίγκου και στη λίμνη, ενώ ελάχιστα εντονότερη μείωση φαίνεται στο Δεμίρι. Παρατηρείται ότι τα πηγάδια 1 και 2 έχουν ανάλογες τιμές και μεταβολές στις τιμές τους. Οι τιμές του πηγαδιού 3 και της λίμνης είναι πιο κοντά σε σχέση με τα προηγούμενα δύο και οι μεταβολές των τιμών τους ακολουθούν την ίδια πορεία.



Σχήμα 4.3 Μεταβολή των συγκεντρώσεων Νιτρικών και Φωσφορικών στα δείγματα νερού από τα τέσσερα σημεία την χρονική περίοδο από 31/10/22 έως 14/2/23

Όσο αφορά το μικροβιολογικό φορτίο των δειγμάτων (Σχ.4.4) παρατηρούνται ιδιότυπες μεταβολές στις τιμές τους. Ο πρώτος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι αν τα πηγάδια βρίσκονται εντός ορίων οικισμών και έπειτα η απόσταση που έχουν από τα πλησιέστερα σπίτια. Ο παράγοντας αυτός εξετάζεται, γιατί οι οικισμοί των χωριών στην πλειοψηφία τους δεν διαθέτουν αποχετευτικό δίκτυο παρά μόνο βόθρους, οι οποίοι επιμολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα.



Σχήμα 4.4 Μεταβολή των συγκεντρώσεων *STREPTOCOCCUS FAECALIS*, *E-COLI*, *TOTAL COLIFORMS* στα δείγματα νερού από τα τέσσερα σημεία την χρονική περίοδο από 31/10/22 έως 14/2/23

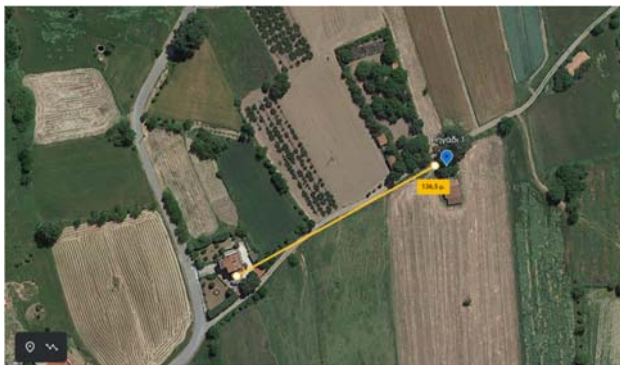
Υπενθυμίζουμε ότι στις 13/10/2022 τα πηγάδια είχαν τη κατώτερη στάθμη τους, αφού η καλλιεργητική περίοδος δεν είχε τελειώσει. Η μέτρηση της στήλης του νερού έγινε από τον πυθμένα του πηγαδιού μέχρι τη ελεύθερη στάθμη του ώστε να αξιολογηθεί η εποχική μεταβολή της υδροφορίας που τα τροφοδοτεί. Στη δεύτερη δειγματοληψία, στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, οι στάθμες ήταν **4m**, **4,5m** και **11m** αντίστοιχα. Η μικρή αύξηση της στάθμης οφείλεται στις ενδιάμεσες φθινοπωρινές βροχοπτώσεις και στη διακοπή αρδεύσεων με το νερό από τα πηγάδια. Στη τρίτη και τελευταία δειγματοληψία τα πηγάδια είχαν πλέον στάθμη **10m**, **6m** και **13m** αντίστοιχα λόγω συνεχών βροχοπτώσεων και εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα (πιν.4.1).

Πιν.4.1 Στάθμες πηγαδιών κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών

	Πηγάδι 1	Πηγάδι 2	Πηγάδι 3
13/10/2022	3	4	10
29/11/2022	4	4,5	11
14/02/2023	10	6	13

Ξεκινώντας από το πηγάδι 1, το οποίο βρίσκεται στο χωριό Επισκοπή παρατηρούμε ότι απέχει 136 μέτρα από το τελευταίο σπίτι του οικισμού και 730 μέτρα από το κέντρο του (Σχ.4.5). (Σχ.4.6). Όπως, έχει προαναφερθεί το πηγάδι 1 καλύπτεται μετσιμεντένια πλάκα με σιδερένιο καπάκι για την

αποφυγή ρήψης ανεπιθύμητων αποβλήτων, σε αντίθεση με τα άλλα δυο πηγάδια, τα οποία είναι ανοικτά.



Σχήμα 4.5 Απόσταση πηγαδιού1 από πλησιέστερη κατοικία



Σχήμα 4.6 Απόσταση πηγαδιού1 από οικισμό

Το πηγάδι 2, βρίσκεται εντός των ορίων του χωριού Δεμίρι και το πλησιέστερο σπίτι βρίσκεται σε απόσταση 120 μέτρα (Σχ.4.7)

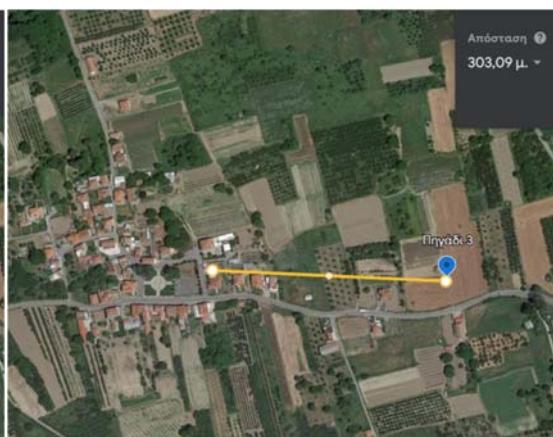


Σχήμα 4.7 Απόσταση πηγαδιού 2 από πλησιέστερη κατοικία

Όπως, έχει ήδη προαναφερθεί το στόμιο στο πηγάδι 2 είναι ακάλυπτο με αποτέλεσμα το νερό να δέχεται ρυπαντικό φορτίο από τον αέρα ή την βροχή αλλά και από ανθρώπινες ενέργειες. Το πηγάδι 3 βρίσκεται εκτός οικισμού του χωριού Στρίγκου και σε απόσταση 112 μέτρα περίπου από το κοντινότερο σπίτι. Ομοίως με το πηγάδι2, το νερό του πηγαδιού3 βρίσκεται εκτεθειμένο στις καιρικές συνθήκες και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις.



Σχήμα 4.8 Απόσταση πηγαδιού3 από πλησιέστερη κατοικία



Σχήμα 4.9 Απόσταση πηγαδιού3 από οικισμό

Στη λίμνη Τάκα, παρατηρούμε ιδιαίτερως χαμηλό μικροβιολογικό φορτίο κατά τη διάρκεια της μελέτης (Σχ.4.4) και είναι πιθανότερο να συνδέεται με την παρουσία πουλιών που αναλόγως την εποχή χρησιμοποιούν τη λίμνη ως ενδιαίτημα.

Συμπεράσματα

Από την έρευνα προέκυψε ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στους ελέγχους των υπόγειων νερών, της Τεγέας, του Δήμου Τρίπολης. Αξιολογώντας αρχικά τους χημικούς παράγοντες μπορούμε να πούμε ότι με βάση τις τιμές pH το νερό μπορεί να χαρακτηριστεί ελαφρώς αλκαλικό. Η Αγωγιμότητα σε κανένα δείγμα δεν ξεπέρασε το επιτρεπτό όριο (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), αφού η ανώτερη τιμή ήταν 1580 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) οπότε δεν εμφανίζονται προβλήματα που να οφείλονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων.

Η μέτρηση της Σκληρότητας, του Ασβεστίου και του Μαγνησίου είχαν μεγάλο εύρος τιμών, χωρίς όμως να αποτελούν κίνδυνο.

Οι τιμές των Νιτρικών ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο (50 mg/l) ειδικότερα στα πηγάδια 1 και 3. Διαφορά υπήρχε στις τιμές της λίμνης όπου ήταν πολύ κατώτερες από το όριο. Στο σημείο αυτό παρατηρούμε τη πηγή ρύπανση των υπόγειων νερών της περιοχής από τη γεωργική δραστηριότητα και τη χρήση λιπασμάτων. Οι συγκεντρώσεις Φωσφορικών ιόντων ήταν αρκετά χαμηλές σε σχέση με αυτές των Νιτρικών.

Όσο αφορά τις συγκεντρώσεις του μικροβιολογικού φορτίου προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα πηγάδια συνδέονται άμεσα με τους μη στεγανούς βόθρους, των κατοικιών, του κάθε χωριού. Οι ασταθείς τιμές των μικροβιολογικών φορτίων στο διάστημα των δειγματοληψιών μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μετά από κάθε βροχόπτωση η στάθμη των βόθρων αυξανόταν και ακολουθούσε τη ροή των υδροφόρων στρωμάτων με κατάληξη στα πηγάδια και τον εμπλουτισμό αυτών με *E coli* (cfu/100ml) και Εντερόκοκκους (cfu/100ml). Τα ολικά κολοβακτηρίδια Total Coliforms (cfu/100ml) οφείλονται όχι μόνο σε κόπρανα ανθρώπων ή ζώων αλλά και σε χώμα ή φυτά.

Τα νερά της περιοχής χαρακτηρίζονται επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων. Η ευθύνη για την μόλυνση των υδάτων της Τεγέας είναι συνολική και ο υπεύθυνος φορέας θα πρέπει να παρακολουθεί αν διοχετεύονται λύματα στα υπόγεια νερά, ώστε να ληφθούν μέτρα προστασίας. Η παρούσα εργασία ανέδειξε το σοβαρό πρόβλημα της ποιότητας των υπόγειων υδάτων και την ανάγκη συστηματικών δειγματοληψιών και λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση της κατάστασης.

Βιβλιογραφία

Αντωνόπουλος Ζ. Α. (2010). *Υδραυλική περιβάλλοντος και ποιότητα επιφανειακών υδάτων*. Εκδόσεις Τζιόλα

Αντωνόπουλος Ζ. Α. (2001). *Ποιότητα και ρύπανση υπόγειων νερών*. Εκδόσεις Ζήτη

Βουδούρης Σ. Κ. (2015). Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού.
Εκδόσεις Τζιόλα

Βουδούρης Σ. Κ. (2009). Υδρογεωλογία περιβάλλοντος υπόγεια νερά και
περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλα

Γεωλογικοί χάρτες Τρίπολης. ΙΓΜΕ - ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ
ΕΡΕΥΝΩΝ Γεωλογικοί χάρτες Τρίπολης.

Γκαλιμάνας Γ. Δ. (1993). Χημεία και τεχνολογία υδάτων. Πτυχιακή Εργασία.
Τ.Ε.Ι ΚΑΒΑΛΑΣ

Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2017). 1^η Αναθεώρηση του σχεδίου διαχείρισης
λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Ανατολικής
Πελοποννήσου (EL03). ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ζανάκη Κ. (2001), Έλεγχος Ποιότητας Νερού , Εκδόσεις "ΙΩΝ".

Καραγκούνη-Κύρτσου Δ. Αμ. (2012). Γενική μικροβιολογία. Εκδόσεις ΑΘ.
ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ

Καστρουνή Μ. (2009) . Αξιολόγηση της ανθρώπινης επιβάρυνσης σε περιοχές
NATURA 2000.Η ΛΙΜΝΗ ΑΓΥΙΑΣ. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι ΧΑΝΙΩΝ

Κυριού Μ. (2010). Ανάλυση των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών
παραμέτρων ποιότητας των νερών παραποτάμων και πηγών της υδρολογικής
λεκάνης του ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι ΧΑΝΙΩΝ

Λυδάκης – Σημαντήρης Ν. (2009). Γενική χημεία και ενόργανη ανάλυση 2^η
ΕΚΔΟΣΗ. Εκδόσεις Τζιόλα

**Μαρκαντωνάτος Γρ. (1986). Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων :
αστικά λύματα βιομηχανικά απόβλητα ζωικά απορρίμματα**

Μαρούδης Ν. Αν. (2021). Νομοθετικό πλαίσιο της διαχείρισης υδατικών πόρων-
Οδηγία ΕΚ 60/2000 στάδια και φάσεις εφαρμογής της. Μεταπτυχιακή
Διπλωματική Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Πανώρας Γ. Α., Ηλίας Κ. Α. (1999). Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά
απόβλητα

Παπαμιχαήλ Μ. Δ. (2004). Τεχνική υδρολογία επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις
Γιαχουδή

Τσιούρης Ε. Σ. (2018). Θέματα προστασίας περιβάλλοντος. Γ' ΕΚΔΟΣΗ.
Εκδόσεις Γαρταγάνης

Φυτιανός Κ. , Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ. (2009). Χημεία περιβάλλοντος.
UNIVERSITY STUDIO PRESS

Finished Water Storage Facilities U.S. Environmental Protection Agency Office of Ground Water and Drinking Water Standards and Risk Management Division (2002)

MISSOURI DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES (2017). Microbial Contamination of Water Storage Tanks - PUB0172

Ηλεκτρονικές πηγές

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Ελληνική Στατιστική Αρχή (2023).

Εφημερίδα της Κυβέρνησης (19 Σεπτεμβρίου 2017). ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ. Αρ. Φύλλου 3282

Weather data