



**Αξιολόγηση των Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Υπόγειου Νερού στην
Παράκτια Περιοχή της Χαλέπας.**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Δραγάζης Ελευθέριος

ΧΑΝΙΑ 2010



Assessment of the Qualitative Characteristics of Underground Water in the Coastal Region Chalepa.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δραγάζης Ελευθέριος

Επιβλέπων : Δρ Γ Σταυρουλάκης
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης : Δρ. Κώττη Μελίνα
Καθηγήτρια Εφαρμογών

Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη (MSc)
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης 11 Νοεμβρίου 2010

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 41

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	σελ. 5
Από που έρχεται το νερό;	σελ. 7
Τι κάνει το νερό.....	σελ. 7
Σύγχρονες τεχνικές.....	σελ. 8
Θεωρητικό Μέρος	σελ. 10
Τι είναι πηγές.....	σελ. 10
Το νερό και η ρύπανσή του.....	σελ. 11
Τι είναι ρύπανση.....	σελ. 12
Τι είναι μόλυνση.....	σελ. 12
Τι είναι άμεση ρύπανση.....	σελ. 12
Τι είναι έμμεση ρύπανση.....	σελ. 12
Πηγές ρύπανσης νερού.....	σελ. 12
Επιπτώσεις της ρύπανσης.....	σελ. 13
Ευτροφισμός των νερών.....	σελ. 14
Ρύπανση υπόγειων νερών.....	σελ. 14
Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών.....	σελ. 14
Ρύπανση πόσιμου νερού.....	σελ. 15
Πηγές και Διαδικασίες Ρύπανσης Υπόγειων Νερών.....	σελ. 16
Παράμετροι Έλεγχου Ποιότητας Νερού και οι Ιδιότητες τους.....	σελ. 16
Θερμοκρασία (°C)	σελ. 18
pH.....	σελ. 18
Αγωγιμότητα (μS/cm)	σελ. 18
TDS.....	σελ. 19
Θολρότητα (NTU)	σελ. 19
DO %.....	σελ. 19
Σκληρότητα.....	σελ. 20
Ολικά στερεά.....	σελ. 20
COD (Chemical Oxygen Demand)	σελ. 21
Νιτρικά ιόντα (mg/l).....	σελ. 22
Αμμωνιακά ιόντα (mg/l)	σελ. 22
Φωσφορικά ιόντα (mg/l)	σελ. 22
Θειικά ιόντα (mg/l)	σελ. 23
Χλωριόντα.....	σελ. 23
Total coliforms.....	σελ. 23
E coli.....	σελ. 23
Εντερόκοκκοι.....	σελ. 24
BOD (Biochemical Oxygen Demand)	σελ. 24
Συγκεντρώσεις Na, K, Ca.....	σελ. 25
Πειραματικό Μέρος.....	σελ. 27
Προσδιορισμός pH.....	σελ. 28
Προσδιορισμός Αγωγιμότητα.....	σελ. 28
Προσδιορισμός TDS.....	σελ. 29
Προσδιορισμός Θολρότητας.....	σελ. 30
Προσδιορισμός DO και DO%.....	σελ. 31
Προσδιορισμός Σκληρότητας.....	σελ. 32
Προσδιορισμός Ολικών στερεών.....	σελ. 33
Προσδιορισμός COD.....	σελ. 33
Προσδιορισμός Νιτρικών Ιόντων – Νιτρικό Άζωτο.....	σελ. 34
Προσδιορισμός Αμμωνιακών Ιόντων – Αμμωνιακού Αζώτου.....	σελ. 35
Προσδιορισμός Φωσφορικών ιόντων.....	σελ. 36
Προσδιορισμός Θεϊκών ιόντων.....	σελ. 36
Προσδιορισμός Χλωριόντων.....	σελ. 37

Προσδιορισμός Ολικών Κολοβακτηρίων (Total Coliforms).....σελ.	38
Προσδιορισμός Κοπρικών Κολοβακτηρίων (Escherichia coli) ..σελ.	40
Προσδιορισμός Κοπρικών Στρεπτόκοκκων – Εντερόκοκκων (Streptococcus Faecalis)...σελ.	40
Προσδιορισμός Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD).....σελ.	40
Προσδιορισμός των Συγκεντρώσεων Ca ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺σελ.	42
Αποτελέσματα.....σελ.	44
Πηγή Αγίας Κυριακής.....σελ.	45
Τιμές Ένεκεν.....σελ.	48
Παντελάκης Αγ. Κυρ. 22.....σελ.	52
Καλαϊντζάκης γεώτρηση.....σελ.	56
Ταμπακαριά Έξω 1.....σελ.	60
pH.....σελ.	64
Θερμοκρασία (°C) ..σελ.	66
Αγωγιμότητα.....σελ.	68
Θολερότητα.....σελ.	70
Χλωριόντα.....σελ.	72
Σκληρότητα.....σελ.	74
Ολικά στερεά.....σελ.	76
DO %.....σελ.	78
TDS.....σελ.	80
DO (mg/L) ..σελ.	82
COD.....σελ.	84
BOD.....σελ.	86
Νιτρικά.....σελ.	88
Αμμωνιακά.....σελ.	90
Φωσφορικά.....σελ.	92
Συγκέντρωση K.....σελ.	94
Συγκέντρωση Ca.....σελ.	96
Συγκέντρωση Na.....σελ.	98
Θειικά.....σελ.	100
Total Coliforms.....σελ.	102
E coli.....σελ.	104
Εντερόκοκκοι.....σελ.	106
Συμπεράσματα.....σελ.	108
Βιβλιογραφία.....σελ.	109
Επίλογος – Απολογισμός – Ευχαριστίες.....σελ.	110

Water quality monitoring of the underground water of the area Chalepa, Chania

Reaching a conclusion at the end of the preparation of this study will look at reaching to the point, that the relevance and use of groundwater in the coastal area of Halepa. Evaluating the parameters we observe:

For example Pigh Agia Kyriakh parameters Ammonium, sulphate and BOD have at least one measurement that exceeded allowable limits under the law as to the suitability of water as drinking. For the other parameters measured were within acceptable limits.

For example Timis Eneken have the following. For the parameters Sulphate, phosphate, BOD, Ammonium ions and enterococci our measurements exceeded the permissible limits under the law. For the other parameters were positive indications for use as drinking water.

For example Pantelakis our measurements were indicative of the quality. Besides the BOD and sulfate ion measurements have shown a little more than the permissible limits on other parameters indications were good.

For the sample Kalaintzakis parameters Ammonium ions, phosphate, sulphate and BOD measurements showed us more than the permissible limits.

Finally the sample Tabakaria parameters Conductivity, ammonium, sulphate, chloride and BOD measurements showed us more than the permissible limits of legislation.

If evaluate all the data you clearest water sample Pantelakis considered the most suitable sample is Timis Eneken. With few exceptions where the samples detected very large deviations from the permissible limits in general the quality of water is not discharged completely and reserve for further measurements in the future, having more data to draw conclusions comparatively better.

The reference to the microbiological load of the samples we detected some 3000 enterococci point Timis Eneken. Point Pantelakis detected kolovaktiria 2000 total. The source of Ag Kiriakh concentration of microbiological load was quite low and the highest was in E coli at a price of 236. Point Kalaintzakis also the concentration of microbiological load was small with the greatest honor is at 160 for total kolovaktiria. Finally the sample Tabakaria the number of total kolovaktirion was 980.

The reason for microbiological load in an area likely to be the penetration of water from a tank. Such penetration leads to pollute the water and makes it not only unfit for drinking and other uses such as irrigation or washing.

Εισαγωγή

"Νερό αρχή των πάντων" κατά τον Θαλή τον Μιλήσιο και ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία κατά τον Αριστοτέλη.

Το νερό (ή στη καθαρεύουσα ύδωρ, λέξη από την οποία και πολλοί οι παράγωγοι όροι: υδατικό, ένυδρο κ.λπ.) είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση που είναι απαραίτητη σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 60-70% νερό (κατά βάρος), ενώ φθάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων. Το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο.

Είμαι Παντού

Γεια σας. Να σας συστηθώ. Είμαι το Νερό. Είμαι το γάργαρο νερό που κυλάει στα ποτάμια. Είμαι το νερό της βροχής που δροσίζει τα χωράφια και τους ανθρώπους. Είμαι το νερό της λίμνης που δίνει ζωή στις πέστροφες και τους γουλιανούς. Είμαι το νερό της θάλασσας, το απέραντο πέλαγος. Είμαι ο Ωκεανός, έχω στην αγκαλιά μου δελφίνια, φώκιες και ψάρια. Είμαι ο ωκεανός που αρμενίζω καράβια και ταξιδεμένους ναυτικούς. Είμαι το γάργαρο νερό της βρύσης που σας δροσίζει. Είμαι το νερό που κολυμπάτε και χαίρεστε τα καλοκαίρια σας. Είμαι πηγή ζωής. Αγαπώ όλα τα πλάσματα της φύσης, τα φυτά, τα δέντρα, τα ζώα και τους ανθρώπους. Τους δίνω τα ωφέλιμα συστατικά μου για να ζουν και να μεγαλώνουν με υγεία. Είμαι το νερό της πηγής, το νάμα, το νερό που θεραπεύει το κουρασμένο σώμα. Είμαι το ευλογημένο νερό που καθαρίζει τη ψυχή του ανθρώπου, είμαι το νερό της βάφτισης. Είμαι το ποτάμι, η λίμνη, η θάλασσα, η βροχή, είμαι το ΝΕΡΟ!

Δε σταματώ στιγμή

Γεννιέμαι ολημερίς. Όλο σε κίνηση βρίσκομαι. Από την επιφάνεια της γης πάω μέχρι την ατμόσφαιρα και ύστερα γυρνάω πάλι πίσω. Από τη θάλασσα, τις λίμνες και τα ποτάμια εξατμίζομαι. Γίνομαι μικρές-μικρές σταγόνες και ύστερα γίνομαι ατμός. Με τη βοήθεια της θερμοκρασίας του αέρα και του ανέμου, ανεβαίνω ψηλά και γίνομαι σύννεφο

Σκαρφαλώνω στα βουνά κι αφήνω τη βροχή μου να δροσίζει τα δάση, τα χωράφια και τους ανθρώπους. Γίνομαι χαλάζι και χιόνι. Φθάνω ως το έδαφος και γλιστρώ βαθιά στο χώμα και γίνομαι υπόγειο νερό. Τρ έφω τις ρίζες των φυτών που με ρουφούν με λαχτάρα και πλουτίζω τη γη με νερό. Γίνομαι λίμνες και ποτάμια. Γεννιέμαι ολημερίς. Όλο σε κίνηση βρίσκομαι. Ανεβαίνω ως την ατμόσφαιρα και πάλι κατεβαίνω κάτω στη γη. Σε τούτη την κίνηση έχω παρέα τα φυτά που με αγαπούν και με προσέχουν. Τα φυτά δίνουν υγρασία στον αέρα, δίνουν τις μικρές υγρές σταγόνες τους.

Ξέρετε ότι κάθε ένα κιλό φυτά δίνει χίλια κιλά νερό;

Θαυμαστή η φύση, με γεννούν τα πλάσματά της κι ύστερα εγώ τα τρέφω. Είμαι το νερό κι όλο σε κίνηση βρίσκομαι. Έρχομαι στα σπίτια σας!

Γίνομαι σύννεφο κι ανεβαίνω ψηλά. Ύστερα ανοίγω την αγκαλιά μου και γίνομαι βροχή. Ευλογημένη βροχή. Στις πόλεις και τα χωριά γλιστρώ και πέφτω στις δεξαμενές και τα φράγματα που κατασκεύασαν οι άνθρωποι για να με μαζεύουν. Μέσα στις δεξαμενές καθαρίζομαι και απολυμαίνομαι. Διώχνω από πάνω μου τις ξένες ουσίες. Ύστερα γλιστρώ στους σωλήνες που τοποθέτησαν οι άνθρωποι και φτάνω ως τα σπίτια σας. Γίνομαι τρεχούμενο νερό. Γίνομαι νερό της βρύσης που σας δροσίζει και σας καθαρίζει. Τώρα έρχομαι εγώ στα σπίτια σας. Οι άνθρωποι αναπτύχθηκαν. Η τεχνολογία κατάφερε να με φέρει κοντά σας, μέσα στα σπίτια σας. Τα παλιά τα χρόνια έρχονταν οι άνθρωποι στις πηγές μου, να γεμίσουν τις στάμνες τους τις ανάγκες τους. Παλιότερα υπήρχαν ακόμα και οι νερουλάδες που μοίραζαν νερό στα σπίτια. Σήμερα η τεχνολογία μας βοηθά και μας ευκολύνει. Η βρύση στα σπίτια μας είναι γεμάτη από νερό. Όμως για να μπορώ

πάντα να σας δροσίζω και μην στρέψω ποτέ, πρέπει και εσείς να με βοηθήσετε. Να μη με σπαταλάτε άδικα, να μην αφήνετε τη βρύση να τρέχει άσκοπα. Να πείτε στους γονείς σας να ελέγχουν τους σωλήνες μήπως έχουν διαρροή, να μη φεύγω από καμιά χαραμάδα. Μπορείτε να με βοηθήσετε για να είμαι πάντα κοντά σας. Να μην αποχωριστούμε ποτέ.

Μη με δηλητηριάζετε!

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όταν δεν γίνονται με προσοχή, μπορούν να με βλάψουν. Να προκαλέσουν τη ρύπανσή μου. Είναι πολλές οι αιτίες που μπορούν να με βλάψουν.

Είναι τα διάφορα βακτηρίδια, κάτι μικροϋτσικοί οργανισμοί που όταν βρεθούν στις λίμνες και τα ποτάμια μου, παίρνουν το οξυγόνο για τα ψάρια μου και αυτά αρρωσταίνουν και πεθαίνουν και πεθαίνουν. Αυτά τα βακτηρίδια βρίσκονται μέσα στα απόνερα από τα σπίτια και τις βιομηχανίες. Είναι και διάφορες ουσίες που βγαίνουν από τα αυτοκίνητα και από τις καμινάδες των εργοστασίων, που με βλάπτουν. Αυτά ανεβαίνουν ως την ατμόσφαιρα και όταν γίνομαι βροχή τα παρασέρνω μαζί μου ως το χώμα και από κει στα υπόγεια τα νερά μου. Άθελά μου δηλαδή, δηλητηριάζομαι. Έχετε ακούσει για την όξινη βροχή; Ε! Αυτή είναι που κουβαλάει μαζί με το νερό τη βροχής τις βλαβερές ουσίες που κάνουν κακό στα υπόγεια νερά μου, τις θάλασσες, τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους. Αυτή η βροχή βλάπτει και τα μνημεία μας. Έτσι όξινη που είναι η βροχή αυτή λιώνει ακόμα και τα μάρμαρα, Είναι σπουδαίο μια χώρα να προσέχει τον πολιτισμό της

Εκτός από αυτές τις ουσίες είναι κι άλλες που με βλάπτουν. Ας πούμε και για τα λιπάσματα και τα διάφορα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για τη φροντίδα των φυτών, είναι χρήσιμα. Όταν όμως χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες με βλάπτουν. Μέσα από το χώμα ταξιδεύουν ως τα υπόγεια νερά μου αλλά και με τη βροχή. Παρασέρνονται σε λίμνες και ποτάμια. Αυτές οι ουσίες βοηθούν τα φύκια μέσα στη θάλασσα, να αυξηθούν και εκείνα χρησιμοποιούν το οξυγόνο μου και έτσι δε μένει για τα ψάρια μου που κινδυνεύουν

Είμαι χρήσιμο. Γεννήθηκα για να σας προσφέρω υγεία και ζωή. Με λένε πηγή ζωής γι αυτό πρέπει να με βοηθήσετε να μη μολύνομαι άλλο πια.

Και εσείς μπορείτε να κάνετε κάτι.

Οι πηγές και τα ποτάμια μου ήταν στα αρχαία χρόνια ιεροί τόποι. Σε κάθε πηγή κατοικούσε μια Νύμφη. Οι υγρότοποι και οι εύφοροι κάμποι ήταν οι εξοχές της θεάς Άρτεμης. Οι άνθρωποι πάντα μ' αγαπούσαν γιατί τους δίνω ζωή. Είμαι πηγή ζωής και πρέπει να είμαι καθαρό, κρυστάλλινο σα νερό, μα τι λέω αφού εγώ είμαι το νερό! Εσείς τα παιδιά μπορείτε να κάνετε πολλά για μένα. Πρώτα απ' όλα να με χρησιμοποιείτε με προσοχή. Να μην αφήνετε τη βρύση να τρέχει άσκοπα, για να μη πούμε το ΝΕΡΟ ΝΕΡΑΚΙ.

Μπορείτε να απαιτήσετε από τους μεγάλους, να καθαρίζουν τα απόνερα από τα εργοστάσια και τα σπίτια μας, προτού φτάσουν στη θάλασσα και τα ποτάμια. Μπορείτε να απαιτήσετε από τις βιομηχανίες να καθαρίζουν τα βλαβερά τους αέρια που με αρρωσταίνουν.

Εσείς τα παιδιά μπορείτε να κάνετε πολλά για μένα και για όλη τη φύση. Αφήστε τη φαντασία σας να σκεφτεί τον τρόπο και εγώ σας υπόσχομαι ατέλειωτα ταξίδια και παιχνίδια.

Γεια σας! Να μη χαθούμε!

Από που έρχεται το νερό;

Το νερό αποτελεί «πηγή ζωής για τον πλανήτη και τους κατοίκους του», το νερό είναι «το υλικό της ζωής». Χωρίς αυτό δεν υπάρχει πλανήτης, δεν υπάρχει ζωή, δεν υπάρχει άνθρωπος. Εντούτοις, εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο δεν έχουν πρόσβαση στη «ζωή» και παλεύουν για να επιβιώσουν (χωρίς να τα καταφέρνουν πάντα). Το νερό είναι ταυτόχρονα «αγαθό σε ανεπάρκεια», έχει «πρόβλημα».

Το πρόβλημα βέβαια το έχουμε εμείς, που το δημιουργούμε με τις επιλογές μας, τις παρεμβάσεις μας, τον τρόπο που έχουμε μάθει να «δρούμε» μέσα στη φύση. Τα προβλήματα πολλά, διαφορετικά αλλά και πάρα πολύ όμοια. Η αποψίλωση, για παράδειγμα, των τροπικών δασών στην Αφρική για να μετατραπούν σε εκτάσεις εντατικής γεωργίας, και η καταστροφή των (ελάχιστων πλέον) δασικών εκτάσεων της Αττικής για να μετονομαστούν σε οικοδομήσιμα οικόπεδα, έχουν ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα: την ερημοποίηση, τον ελλιπή εμπλουτισμό των υπόγειων υδάτων, την αλλαγή του μικροκλίματος της περιοχής με την εμφάνιση λιγότερων, αλλά καταρρακτωδών βροχών, τη δημιουργία των συνθηκών εκείνων που ευνοούν τις πλημμύρες.

Το νερό είναι πεπερασμένος φυσικός πόρος και άνισα κατανομημένος στη φύση. Τον περασμένο αιώνα, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων, κυρίως στο δυτικό κόσμο, βασίστηκε στη βιομηχανική ανάπτυξη, που οδήγησε στην αύξηση της ζήτησης καθαρού, πόσιμου νερού, ενώ ταυτόχρονα «δημιούργησε» περισσότερες εστίες ρύπανσης των πηγών. Παράλληλα, η συγκέντρωση πολλών ανθρώπων σε συγκεκριμένες περιοχές, άσχετα με τη φυσική ικανότητα τους να σηκώσουν το «βάρος», οδήγησε στην εξάντληση των δικών τους φυσικών πόρων και στην ανάγκη μεταφοράς καθαρού νερού από άλλες, μακρινές περιοχές, με έναν τρόπο στην επέκταση του προβλήματος. Όλη αυτή η δραστηριότητα, οι αλλαγές στις χρήσεις γης, τα νέα πρότυπα και οι νέες συνήθειες, είχαν μια σειρά από επιπτώσεις σε αυτόν τον πεπερασμένο πόρο, καθιστώντας τον ακόμα πιο σπάνιο, ένα ακόμα «είδος υπό εξαφάνιση».

Μέχρι πριν από 100 χρόνια, ή και πριν από λίγα χρόνια σε ορισμένες περιοχές, το πόσιμο νερό προερχόταν από πηγάδια και πηγές. Σε ορισμένες χώρες ακόμα και σήμερα δεν υπάρχει πρόσβαση του πληθυσμού σε σταθερή βάση σε πόσιμο νερό. Ήμερα, βέβαια, όταν μιλάμε για πόσιμο νερό το μυαλό μας πηγαίνει είτε στη βρύση που τρέχει νερό, είτε σε ένα μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό. Από πού όμως παίρνουμε το νερό που φτάνει στη βρύση μας;

Παλιότερα, αρκούσε μια γεώτρηση ή το άνοιγμα ενός πηγαδιού για να προμηθευτούν οι άνθρωποι το νερό που έπιναν. Φυσικές πηγές ή υπόγεια νερά σε καλή κατάσταση προμήθευαν πόλεις και χωριά με πόσιμο νερό. Ένα συνηθισμένο επάγγελμα ήταν αυτό του νερούλα, που γυρνούσε με ένα κάρο φορτωμένο με δοχεία (σταμνιά) με νερό στις γειτονιές.

Σήμερα, το επάγγελμα αυτό επιβιώνει σε περιοχές που διαθέτουν ακατάλληλη ποιότητα ή μη επαρκή ποσότητα νερού: σε άλλες περιοχές (π.χ. Κόρινθος) γυρνάνε στις γειτονιές βυτία που πουλάνε πόσιμο νερό, ενώ σε πολλά νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων ειδικά σκάφη-μαούνες μεταφέρουν πόσιμο νερό για τους κατοίκους και τους τουρίστες.

Το νερό που χρησιμοποιούμε καθημερινά διαφέρει από χώρα σε χώρα και από εποχή σε εποχή: Σήμερα πίνουμε ή χρησιμοποιούμε καθημερινά για μαγείρεμα δύο έως τρία λίτρα νερού κατ' άτομο. Περίπου 145 λίτρα καταναλώνονται καθημερινά στην τουαλέτα, το μπάνιο, την περιποίηση του σώματος, το πλύσιμο ρούχων ή πιάτων, την καθαριότητα του σπιτιού και το πότισμα των λουλουδιών.

Τι κάνει το νερό

Όλοι γνωρίζουμε ότι το να πίνουμε νερό μας κάνει καλό, αλλά γνωρίζατε ότι...

Το αίμα αποτελείται 92% από νερό, τα οστά 22% από νερό, ο εγκέφαλος 75% από νερό και οι μύες 75% από νερό. Επίσης, το νερό:

Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος κάθε κυττάρου του οργανισμού μας. Είναι το μεγαλύτερο μέρος του κυκλοφορικού και του λεμφικού μας συστήματος, μεταφέροντας τροφή και οξυγόνο στα κύτταρα και απομακρύνοντας τα άχρηστα υλικά. Βοηθά στον καθαρισμό των νεφρών μας και την

αποβολή των τοξικών ουσιών. Συμβάλλει στην εξισορρόπηση των ηλεκτρολυτών, οι οποίοι βοηθούν στον έλεγχο της πίεσης του αίματός μας. Βοηθά στην ύγρανση των διόδων των ματιών, του στόματος και της ρινικής κοιλότητας. Διατηρεί το σώμα δροσερό όταν κάνει ζέστη και μονώνει το σώμα ενάντια στο κρύο. Λειτουργεί σαν απορροφητικό μέσο κατά των κραδασμών μειώνοντας τις επιπτώσεις τους στα όργανα του σώματος. Βοηθά στη λίπανση των αρθρώσεων και αποτελεί μέρος του αίματος, του ιδρώτα, των δακρύων και της σιέλου. Μπορεί να παρέχει πολλά από τα ιχνοστοιχεία που χρειάζεται το σώμα μας. Για τα συγκεκριμένα δεδομένα χρησιμοποιήθηκε μια ποικιλία πηγών όπως: Center for Disease Control, Water Quality Association, American Cancer Society, American Dietetic Association και American Heart Association. (Η.Π.Α.)

Σύγχρονες τεχνικές

Τα τελευταία χρόνια ποτάμια, λίμνες και υπόγεια νερά δεσμεύονται, συνήθως, σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των κατοίκων των πόλεων ή των γεωργικών δραστηριοτήτων. Κατασκευάζονται φράγματα ή λιμνοδεξαμενές για τη συγκέντρωση του νερού της βροχής και τη διανομή του στη συνέχεια στους χρήστες (γεωργία, κατοικίες, τουρισμός κ.ά.), αν και εγκαταλείπονται –αντί να γενικεύονται - πιο σοφές, παραδοσιακές τεχνικές, όπως η εξοικονόμηση νερού και οι δεξαμενές ή στέρνες σε κατοικίες και αγροκτήματα για συγκέντρωση και απευθείας χρήση νερού της βροχής.

Μια τεχνική που βασίζεται στην αξιοποίηση από τον άνθρωπο των γνώσεων από τις λειτουργίες της φύσης είναι αυτή της κατασκευής μέσα στην κοίτη χειμάρρων μικρών φραγμάτων ανάσχεσης της ροής των νερών της βροχής, ώστε να εμπλουτίζεται ο υδροφόρος ορίζοντας και να ανανεώνονται τα υπόγεια αποθέματα νερού. Ορισμένες παράκτιες περιοχές επενδύουν στην αφαλάτωση είτε θαλασσινού νερού είτε υφάλμυρων υπόγειων νερών, αν και χωρίς εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κάτι τέτοιο είναι εξαιρετικά ενεργοβόρο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις το νερό που χρησιμοποιούμε μπορεί να προέρχεται από επιφανειακά νερά, ποτάμια ή λίμνες. Σε αυτές τις περιπτώσεις η επεξεργασία του είναι πιο εύκολη, εφόσον, όμως, εκπληρώνονται μερικές προϋποθέσεις: δεν καταλήγουν στα νερά αυτά απόβλητα ή λύματα, δεν κυκλοφορούν σε αυτά μηχανοκίνητα σκάφη, δεν χρησιμοποιούνται για κολύμβηση κ.ά. Οικιακή χρήση. Η οικιακή χρήση νερού σχετίζεται με την ποσότητα νερού που δεσμεύεται για να χρησιμοποιηθεί από τους πληθυσμούς στις πόλεις, τις κωμοπόλεις, και τις επιχειρήσεις παροχής δημόσιων υπηρεσιών.

Αν και το νερό είναι ένας περιορισμένος φυσικός πόρος ζωτικής σημασίας για την επιβίωση όλων μας, δεν έχουν όλοι οι άνθρωποι πρόσβαση και ίσα δικαιώματα σε αυτό. Όπως συμβαίνει και με τόσους άλλους πολύτιμους φυσικούς πόρους, ο αναπτυγμένος κόσμος τούς εκμεταλλεύεται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα, για να μπορεί να συνεχίσει να καταναλώνει, ενώ ο αναπτυσσόμενος κόσμος παλεύει για την επιβίωση του.

Σύμφωνα με μία έκθεση της UNESCO:

- Οι άνθρωποι στις αναπτυγμένες χώρες καταναλώνουν καθημερινά κατά μέσον όρο περίπου 10 φορές περισσότερο νερό από εκείνους στις αναπτυσσόμενες χώρες. Υπολογίζεται ότι ο μέσος καταναλωτής των αναπτυγμένων χωρών χρησιμοποιεί άμεσα ή έμμεσα 500-800 λίτρα ανά ημέρα ($300\mu^3$ ετησίως), έναντι των 60-150 λίτρων ανά ημέρα ($20\mu^3$ ετησίως) των αναπτυσσόμενων χωρών.
- Στις μεγάλες πόλεις με κεντρικό σύστημα παροχής νερού και αποδοτικό σύστημα διοχέτευσης, η οικιακή κατανάλωση δεν ξεπερνά συνήθως το 5-10% της συνολικής κατανάλωσης νερού.
- Η κατανάλωση νερού στις μεγάλες πόλεις υπολογίζεται σε 300-600 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα, ενώ στις μικρές πόλεις σε 100-150 λίτρα.
- Στις αναπτυσσόμενες χώρες στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική, η δημόσια κατανάλωση νερού αντιπροσωπεύει 50-100 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα. Σε περιοχές με ανεπαρκείς υδάτινους πόρους, αυτός ο αριθμός μπορεί να μην ξεπερνάει τα 10-40 λίτρα ανά ημέρα.

Όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο αλλάζουν και οι χρήσεις και οι απαιτήσεις του κόσμου για νερό. Αυτό αποδεικνύεται κυρίως με την συνεχώς αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού, ιδιαίτερα για την προσωπική υγιεινή. Το αποτέλεσμα είναι ότι μεγάλο μέρος της αστικής κατανάλωσης

νερού είναι για την οικιακή χρήση. Η τάση αυτή αλλάζει μόνο όπου οι συνειδητοποιημένοι πολίτες –όπως και στο θέμα των σκουπιδιών – περιορίζουν τη σπατάλη και επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης νερού.

Στην Ελλάδα, στον οικιακό τομέα αντιστοιχεί το 10% της κατανάλωσης νερού. Το 90% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν σήμερα πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης, έναντι 30% τη δεκαετία του '50. Η χρήση νερού για ύδρευση έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με το 1980 και η αυξητική τάση διατηρείται. Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση παρατηρείται στην Αττική, όπου οι απώλειες από διαρροές (δίκτυο, κατοικίες κ.α) αντιστοιχούν στο 10-40% του μεταφερόμενου νερού.

Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ 1990 - 2004 ΣΕ ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

1990	320.000.000
1991	340.000.000
1992	265.000.000
1993	250.000.000
1994	280.000.000
1995	310.000.000
1996	307.431.950
1997	319.427.130
1998	339.675.490
1999	357.003.054
2000	385.855.874
2001	400.558.220
2002	416.080.430
2003	399.220.304
2004	405.434.701

Στον πίνακα φαίνονται οι συνολικές καταναλώσεις νερού για τα έτη 1990-2004, με την επισήμανση ότι οι καταναλώσεις αναφέρονται σε μέτρηση στις εξόδους των διυλιστηρίων και όχι στην τιμολογημένη κατανάλωση, που σημαίνει ότι συμπεριλαμβάνονται και οι απώλειες / διαρροές του δικτύου διανομής του νερού.

Η συνολική κατανάλωση νερού στην Αττική αυξάνεται σταθερά σε σχέση με το έτος αναφοράς (1990): η συνολική κατανάλωση το 2004 ήταν αυξημένη κατά 27% περίπου σε σχέση με το 1990, αλλά κατά 62% σε σχέση με το 1993, έτος όπου επιτεύχθηκε σημαντική μείωση της κατανάλωσης. Η εξοικονόμηση έφθασε, το 1993, το 26,5% της κατανάλωσης του 1991, ως αποτέλεσμα της καμπάνιας ευαισθητοποίησης και της πληροφόρησης που αναπτύχθηκε το 1992-1993, χρονιές που τα αποθέματα νερού μειώθηκαν ιδιαίτερα και η Αττική αντιμετώπισε το φάσμα της λειψυδρίας.

Η κατανάλωση του νερού έφτασε ξανά στο επίπεδο του 1991 το 1997, τέσσερα χρόνια μετά τη διακοπή της εκστρατείας ενημέρωσης του κοινού για την αναγκαιότητα εξοικονόμησης νερού. Μετά το 1997 έχουμε μια συνεχή αύξηση της κατανάλωσης νερού της τάξης του 5-8% ετησίως. Μια σειρά έργων (φράγμα Μαραθώνα, δέσμευση νερών λίμνης Υλίκης καθώς και ποταμών Μόρνου και Εύηνου) μπορούν να φέρνουν σήμερα στην Αττική 600.000.000 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο. Όμως, τα έργα αυτά επαρκούν για να καλύπτουν τις ανάγκες της Αττικής μόνο μέχρι το 2030, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού.

Θεωρητικό Μέρος

Τι είναι πηγές;

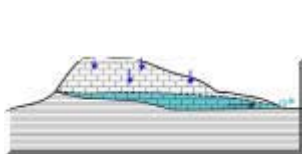
Οι πηγές και οι αναβλύσεις συνδέονται στενά με τον κύκλο του νερού στη φύση, την υδρολογική ισορροπία και το υδρολογικό ισοζύγιο του υπόγειου νερού. Αποτελούν επίσης μία σημαντική ένδειξη για το είδος της υδροφορίας μιας περιοχής. Κατά το ιστορικό παρελθόν η παρουσία τους ήταν σημαντική για τη δημιουργία οικισμών ή την ανάπτυξη στρατιωτικών δυνάμεων.

Ο TODD, K. (1980) δίνει για τις πηγές τον εξής ορισμό: «είναι μία συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ως ένα ρεύμα νερού που ρέει ελεύθερα». Η πηγή διαστέλλεται από τη διαρροή νερού που είναι μία πιο αργή κίνηση υπόγειου νερού προς την επιφάνεια του εδάφους συνήθως μη σημειακή, αλλά εκτενής (γραμμικά ή δισδιάστατα). Οι διαρροές νερού μπορούν να σχηματίζουν τοπικά μικρά τέλματα ή ροές ή να εξατμίζονται, ανάλογα με την παροχή της διαρροής, την τοπογραφία και το κλίμα. Ως ανάβλυση εννοούμε κάθε εμφάνιση υπόγειου νερού στην επιφάνεια του εδάφους ή στον πυθμένα μάζας νερού (ποταμού, λίμνης, θάλασσας).

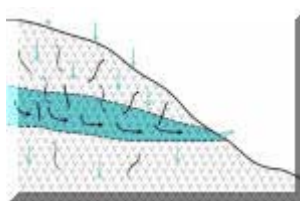
Υδρογεωλογικά οι πηγές και γενικά οι αναβλύσεις είναι στην πραγματικότητα «υπερχειλίση» υδροφόρων στρωμάτων. Εκφορτίζουν τα υδροφόρα στρώματα. Αυτά τροφοδοτούνται με την κατείσδυση ή τη διήθηση από τα κατακρημνίσματα και ανεβαίνει η στάθμη τους. Οι πηγές εμφανίζονται εκεί που η στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους. Είναι ο γεωμετρικός τόπος της τομής του υδροφόρου ορίζοντα με τη στάθμη του εδάφους. Γι' αυτό εμφανίζονται γεωμορφολογικά στα χαμηλότερα σημεία, στο επίπεδο βάσης, εκτός από τις πηγές που συνδέονται με επικρεμάμενους υδροφορείς. Οι πηγές πάντως αποτελούν σημαντική ένδειξη της υδροφορίας μιας περιοχής. Μεγάλος αριθμός μικρών πηγών στις παρυφές κοιλάδων ή στα κράσπεδα λόφων είναι ένδειξη ρηχού υδροφόρου ορίζοντα με μικρή περατότητα. Αντίθετα μεγάλες πηγές στον πυθμένα κοιλάδων, στο βασικό γεωμορφολογικό επίπεδο, είναι ένδειξη ύπαρξης μεγάλου υδροφόρου με σημαντική περατότητα.

Κριτήρια κατάταξης πηγών

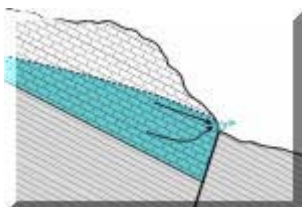
Κατηγορίες πηγών ανάλογα με το γεωλογικό τρόπο δημιουργίας



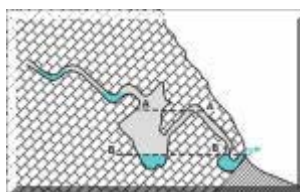
Σχ. 1: Πηγή επαφής



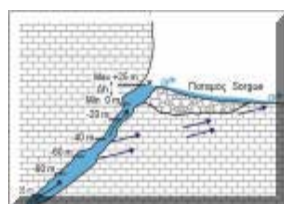
Σχ. 2: Πηγή
ψευδοεπαφής



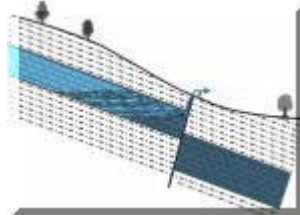
Σχ. 3: Πηγή
ρηγματογενής



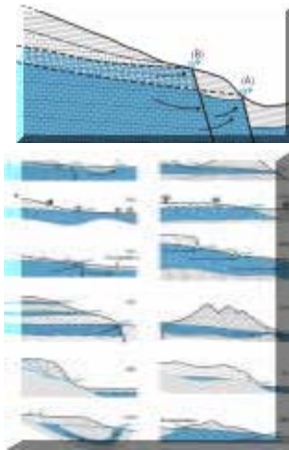
Σχ.
4: Διαλείπουσα
πηγή



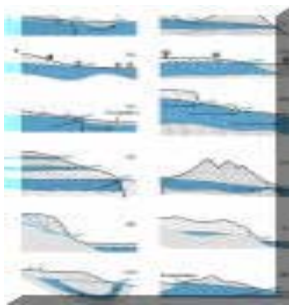
Σχ. 5: Βοκλυζιανή πηγή



Σχ. 6: Ανερχόμενη
ρηγματογενής πηγή



Σχ. 7: Ανερχόμενη ρηγματογενής (Α) και υπερπληρωτική (Β) πηγή



Σχ. 8: Τύπος πηγών (α): πλήρωσης και υπερπλήρωσης, (β): πλήρωσης και υπερπλήρωσης, (γ): πλήρωσης, (δ): πλήρωσης, (ε): ρηγματογενής, (στ): διαδοχικές πλήρωσης, (ζ): πηγές ψευδοεπαφής και μία ρηγματογενής, (η): πλήρωσης καρστική-αλλουβιακή, (θ): παροδική καρστική επαφής, (ι): επαφής καρστική εποχική, (ια): πλήρωσης ανερχομένη, (ιβ): καρστική πλήρωση σε συνδυασμό με καταβόθρα

«Ολοκληρωμένη» διαχείριση του νερού είναι η διαχείριση που δεν προσεγγίζει τις χρήσεις του νερού χωριστά αλλά σε αλληλεξάρτηση την μία με την άλλη. Είναι η διαχείριση που επί πλέον λαμβάνει σοβαρά υπόψη, όχι μόνο τις ανθρώπινες απαιτήσεις σε νερό., αλλά και τις απαιτήσεις των οικοσυστημάτων.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση έχει δύο ακόμη πρόσθετες προϋποθέσεις. Το νερό δεν γνωρίζει διοικητικά όρια ούτε εθνικά σύνορα. Τα όρια του νερού καθορίζονται από το γεωγραφικό ανάγλυφο. Κάθε «υδρολογική λεκάνη» έχει τα δικά της νερά. Το φυσικό όριο είναι ο «υδροκρίτης», η νοητή γραμμή που χωρίζει την μια υδρολογική λεκάνη από την άλλη. Η υδρολογική λεκάνη αποτελεί συνεπώς την φυσική γεωγραφική ενότητα για την ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι η κοινωνική συμμετοχή. Το νερό μας αφορά όλους και συνεπώς η ολοκληρωμένη διαχείρισή του δεν είναι ευθύνη μόνο του κράτους και των τοπικών αρχών αλλά και όλων όσων χρησιμοποιούν το νερό και όσων ενδιαφέρονται για την καλή του χρήση.

Το νερό και η ρύπανσή του

Το νερό είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για τη ζωή , είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες αποσάθρωσης πετρωμάτων και σχηματισμού ιζημάτων.

Ιδιότητες νερού. Βράζει στους 100 °C και πήζει στους 0 εφόσον είναι χημικώς καθαρό. Στη φύση βρίσκεται σε τρεις μορφές , υγρή ,στερεά , και αέρια , ενώ στην υγρή φάση το νερό έχει μεγάλο ιξώδες. Οι οργανισμοί προκειμένου να προσαρμοσθούν στο αυξημένο ιξώδες έχουν όλοι ατρακτοειδές σχήμα και μπορούν και κινούνται εύκολα μέσα στο νερό, και φυσικά δεν χρειάζονται όργανα στήριξης όπως τα χερσαία ζώα. **Η πυκνότητα** του νερού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και η μεγαλύτερη πυκνότητα είναι στη θερμοκρασία των 3,94 βαθμών Κελσίου. Αυτό έχει μεγάλη σημασία , δηλαδή ότι ο ίδιος όγκος νερού έχει το μεγαλύτερο βάρος στους 3,94 βαθμούς γιατί έχει σαν αποτέλεσμα να επιπλέουν οι πάγοι πάνω στο νερό και έτσι μπορούν και λιώνουν.

Επίσης **οι χημικές ιδιότητες** και ιδιαίτερα οι διαλυτικές είναι πολύ σημαντικές για το οικοσύστημα. Το νερό έχει την ικανότητα να διαλύει μεγάλη ποικιλία ουσιών. Πολλά χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις διαλύονται στο νερό και ορισμένες από αυτές μεταφέρονται με την επίγεια και υπόγεια κίνηση του νερού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Με παρόμοιο τρόπο οι θρεπτικές ουσίες διαλυμένες μέσα στο νερό διέρχονται τις ρίζες και διαχέονται σε ολόκληρο τον ιστό του φυτού. Δυστυχώς όμως με τη διάλυση αυτή μεταφέρονται και βλαβερές ουσίες.

Ο κύκλος του νερού. Το νερό ακολουθεί έναν ορισμένο κύκλο στη φύση , εισρέει με τα κατακρημνίσματα στο έδαφος και από εκεί ένα μέρος εξατμίζεται , ένα χρησιμοποιείται από τα φυτά , ένα τμήμα συγκρατείται ως υγρασία στο έδαφος . μέρος από το νερό των κατακρημνισμάτων ρέει επιφανειακά χωρίς να εισχωρήσει στο έδαφος με κατεύθυνση προς τη θάλασσα. Τα νερά που διηθούνται στο έδαφος είτε εμπλουτίζουν τα υπόγεια στρώματα είτε ξαναβγαίνουν στην επιφάνεια με τη μορφή πηγών και τροφοδοτούν με νερό τα ρέματα.



Τι είναι ρύπανση;

Ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί η δυσμενής μεταβολή των φυσικοχημικών ή βιολογικών συνθηκών ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή/και η βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη βλάβη στην ευζωία, την ποιότητα ζωής και την υγεία των ανθρώπων και των άλλων ειδών του πλανήτη. Η ρύπανση μπορεί να επηρεάζει, επίσης, την υλική και πολιτιστική βάση της ζωής, τους φυσικούς πόρους, τις ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης και της αναψυχής. Η ρύπανση μπορεί να είναι χημική, με την εισαγωγή επικίνδυνων, βλαβερών ή και τοξικών ουσιών, ενεργειακή (θερμική, ραδιενεργή κ), βιολογική, αισθητική, ηχητική, γενετική (με την εισαγωγή π.χ. γενετικά μεταλλαγμένων ειδών).

Κάθε ουσία που εμποδίζει την κανονική χρήση του ύδατος θεωρείται ότι το ρυπαίνει. Εδώ παρατηρούνται αντιφάσεις διότι μια ουσία που το εμποδίζει από μια χρήση μπορεί να είναι απαραίτητη από μια άλλη χρήση. Σαν παράδειγμα αναφέρεται το χλωριούχο νάτριο. Το νερό υπάρχει παντού γύρω μας στη θάλασσα, στην ατμόσφαιρα υπό μορφή υδρατμών στο έδαφος στις λίμνες στα ποτάμια κλπ.

Τι είναι μόλυνση;

Μόλυνση είναι μια ειδική κατηγορία ρύπανσης, που οφείλεται σε μικροοργανισμούς. Όταν καταλήγουν σε ποτάμια, λίμνες ή στη θάλασσα βρώμικα νερά από κατοικίες, νοσοκομεία, χώρους απόρριψης σκουπιδιών κλπ μπορεί να προκαλέσουν διάφορες μορφές ρύπανσης: για παράδειγμα, ρύπανση εξαιτίας της παρουσίας χημικών, βλαβερών ουσιών, αλλά και μόλυνση εξαιτίας της παρουσίας μικροβίων και γενικότερα παθογόνων οργανισμών στα βρώμικα νερά.

Τι είναι άμεση ρύπανση;

Άμεση ρύπανση είναι αυτή που μπορεί να αντιληφθούμε άμεσα. Ένα παράδειγμα άμεσης ρύπανσης είναι η περίπτωση ενός ποταμού ή μιας λίμνης, όπου καταλήγουν τοξικά απόβλητα και προκαλείται άμεσος κι αιφνίδιος θάνατος ψαριών.

Τι είναι έμμεση ρύπανση;

Έμμεση ρύπανση είναι η μορφή ρύπανσης, που δεν αντιλαμβανόμαστε εύκολα, επειδή δεν είναι ορατή. Για παράδειγμα, όταν καταλήγουν σε ένα ποτάμι ή σε μια λίμνη ή στη θάλασσα λύματα ή απόβλητα, σε ποσότητες που δεν μπορούν τα υδατικά οικοσυστήματα να καθαρίσουν, είναι πολύ πιθανό να προκληθούν σταδιακά αλλαγές στα είδη που υπάρχουν σε αυτό. Ορισμένα είδη αναπτύσσονται υπερβολικά, ενώ άλλα περιορίζονται ή εξαφανίζονται (ευτροφισμός). Σε πιο προχωρημένο επίπεδο ρύπανσης, μπορεί το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο να μειωθεί και να αρχίσει η παραγωγή άλλων αερίων, επικίνδυνων για τις μορφές ζωής (υδρόθειο, αμμωνία κ).

Πηγές ρύπανσης νερού:

Οι σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης, οι οποίες επιβαρύνουν κατ' αρχήν τα επιφανειακά νερά και στη συνέχεια τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, μπορεί να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

- Αστικά λύματα: Ακάθαρτα νερά πόλεων και οικισμών που προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες (σχολεία και πανεπιστήμια, δημόσιες επιχειρήσεις, χώροι εργασίας, τουριστικές μονάδες, νοσοκομεία, εργαστήρια και ιατρικά κέντρα, βιοτεχνίες κ).
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που μπορεί να είναι παρόμοια με τα αστικά λύματα ή να περιέχουν και επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία.
- Γεωργικά υγρά απόβλητα, τα νερά απορροής εντατικά καλλιεργούμενων εκτάσεων που μπορεί να περιέχουν λιπάσματα ή/και φυτοφάρμακα.
- Κτηνοτροφικά υγρά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από μεγάλες ή μικρότερες μονάδες εκτροφής ζώων.
- Διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών ή λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος ("φαινόμενο θερμοκηπίου").
- Όξινη βροχή εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή κατακρήμνισης των αέριων ρύπων με τη βροχή, το χιόνι, τον άνεμο ή λόγω βαρύτητας.

Οι δρόμοι της ρύπανσης

Πώς οι δρόμοι του νερού γίνονται και δρόμοι της ρύπανσης.

Συχνά, ανεπεξέργαστα αστικά λύματα των πόλεων (βρώμικα νερά από κατοικίες και διάφορες οικονομικές δραστηριότητες) μεταφέρονται μέσω των υπονόμων και του δικτύου αποχέτευσης σε υδάτινους αποδέκτες, που είναι επιφανειακοί (ρέματα, ποτάμια, λίμνες και θάλασσα) ή υπόγειοι. Οι δρόμοι του νερού γίνονται και δρόμοι της ρύπανσης. Τα επιφανειακά νερά, δηλαδή οι ποταμοί, οι λίμνες, οι λιμνοθάλασσες, οι κλειστοί θαλάσσιοι κόλποι και οι ανοιχτές θάλασσες είναι περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητα στη ρύπανση, ανάλογα με τη δυνατότητα ανανέωσής τους και το είδος των ρύπων που καταλήγει σε αυτά. Καθοριστικός είναι και ο ρόλος της ποσότητας του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό.

Άλλοι δρόμοι της ρύπανσης

Συχνά αέριοι ρύποι προσκολλώνται στη σκόνη και σε αιωρούμενα σωματίδια και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις και καταλήγουν στην ατμόσφαιρα, το έδαφος ή στα νερά μακρινών περιοχών. Εξάλλου, τα πλαστικά και άλλα απορρίμματα στη θάλασσα φαίνεται να απορροφούν διάφορες τοξικές ουσίες από άλλες πηγές ρύπανσης και γίνονται ακόμα πιο επικίνδυνα για το περιβάλλον και την υγεία των διαφόρων ειδών της θάλασσας, αλλά και για τον άνθρωπο.

Επιπτώσεις της ρύπανσης

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης μπορεί να έχουν πολλές μορφές και να λαμβάνουν διαφορετική έκταση:

Μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό. Σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι σχεδόν πάντα σταθερή και ανεξάρτητη από τη ρύπανση, τα νερά απειλούνται συχνά με πλήρη ή μερική αποξυγόνωση (αναερόβιες συνθήκες). 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. Όταν, λοιπόν, ρυπαίνονται τα επιφανειακά νερά με απόβλητα που περιέχουν ουσίες, που αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς (οργανικές ύλες), εκτός των άλλων "αφαιρείται" από τα νερά και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητο για την επιβίωση των φυτικών και ζωικών υδρόβιων οργανισμών. Οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς, αφού κινδυνεύουν από ασφυξία. Έτσι, η ρύπανση με αστικά λύματα ή άλλα απόβλητα, που περιέχουν οργανικό φορτίο, μπορεί να απειλήσει με καταστροφή ένα ολόκληρο υδατικό οικοσύστημα.

Ευτροφισμός των νερών

Ανάλογα αποτελέσματα για τα επιφανειακά νερά έχει και η ρύπανση με ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο και φωσφόρο, που περιέχονται συνήθως σε λιπάσματα, απόβλητα κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, απορρυπαντικά και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Το σημαντικότερο πρόβλημα, που δημιουργεί το άζωτο και ο φώσφορος είναι ο ευτροφισμός, δηλαδή η υπερβολική ανάπτυξη αλγών (φυτοπλαγκτόν) στα επιφανειακά νερά από την υπερβολική τροφοδοσία των νερών με θρεπτικά συστατικά. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σοβαρή διαταραχή του υδατικού οικοσυστήματος με διάφορες δυσμενείς συνέπειες, μεταξύ των οποίων είναι η υπερβολική ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε βάρος όλων των άλλων, η μείωση ή και εξαφάνιση της ποικιλίας ειδών με θανάτωση ή μετανάστευσή τους, καθώς και η πλήρης ή μερική αποξυγόνωση των νερών. Όταν μειώνεται δραματικά το διαλυμένο οξυγόνο στα νερά, συνήθως, μυρίζουμε μια οσμή κλούβιων αυγών (αναερόβιες συνθήκες).

Δημιουργείται με το συνεχή εμπλουτισμό των υδάτων με θρεπτικά στοιχεία. Η ύπαρξη όλων αυτών των απαραίτητων θρεπτικών υλικών στο νερό προκαλεί υπέρμετρη ανάπτυξη των φυτικών κυρίως οργανισμών με διατάραξη της υπάρχουσας ισορροπίας. Αυτό οδηγεί στο γήρας της λίμνης. Βέβαια οι χρονικές περίοδοι για όλα αυτά μπορεί να είναι και χιλιάδες χρόνια, αυτό εξαρτάται από την περιεκτικότητα και την ποσότητα των θρεπτικών υλικών που εισρέουν στην λίμνη.

Όταν δεν υπάρχουν επιδράσεις από ανθρώπινους παράγοντες ο ευτροφισμός αποτελεί βραδύ φυσικό φαινόμενο. Μπορεί όμως να αποτελεί αποτέλεσμα ρυπάνσεως όταν η αύξηση των θρεπτικών συστατικών προέρχεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Δραστηριότητες οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο αποτελούν η χρήση των λιπασμάτων στα χωράφια (νιτρικά φωσφορικά άλατα), η χρήση των απορρυπαντικών (φωσφορικά άλατα) οπότε παρατηρείται απότομη αύξηση των φυτικών οργανισμών σε μια λίμνη με μια όπως ονομάζεται «άνθιση» του άλγους.

Όταν παρατηρηθεί αυτή η άνθιση τότε δημιουργούνται πολλά προβλήματα στη λίμνη, η υπέρμετρη αύξηση ορισμένων ανθεκτικών φυτών καταστρέφει άλλα πιο ευαίσθητα, το νερό αποκτά πράσινο χρώμα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Η ανάπτυξη αυτή προκαλεί υπέρμετρη κατανάλωση του οξυγόνου οπότε παρατηρούνται αναερόβιες δράσεις με αποτέλεσμα να αναδίδονται δυσάρεστες οσμές και το νερό αποκτά επίσης δυσάρεστη γεύση και δεν είναι κατάλληλο για πόση.

Ρύπανση υπόγειων νερών

Τα υπόγεια νερά είναι, επίσης, πολύ ευαίσθητα στη ρύπανση και έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη αστικών λυμάτων, ξεπλυμάτων εδάφους από εντατική χρήση χημικών λιπασμάτων, αλλά και κτηνοτροφικών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων. Εξαιτίας αυτής της ρύπανσης, τα υπόγεια νερά γίνονται επικίνδυνα για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς.

Η ρύπανση του εδάφους με τοξικές ουσίες ή βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων τοξικών ουσιών στα υπόγεια νερά, όπως για παράδειγμα διαπιστώνεται σε περιοχές της Σταυρούπολης (Θεσσαλονίκη), εξαιτίας τοξικών υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων από τη βιομηχανία Διάνα. Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να καθαρίσουμε τα υπόγεια νερά από επικίνδυνες και τοξικές ουσίες.

Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό, που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού από τη θάλασσα στους υδροφορείς. Όταν η στάθμη του υπόγειου νερού υποχωρήσει κάτω από την στάθμη του θαλάσσιου νερού με το οποίο συνδέεται, τότε αντί να έχουμε ροή από τον υπόγειο υδροφόρο στη θάλασσα, έχουμε αντιστροφή του φαινομένου και νερό από την θάλασσα εισέρχεται στο υπόγειο νερό. Αλμυρό νερό αναμένεται να

εισβάλλει σε μεγαλύτερη έκταση σε παράκτιες περιοχές, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (έως και εβδομήντα εκατοστά μέσα στις επόμενες δεκαετίες) λόγω της κλιματικής αλλαγής ή της μείωσης των βροχοπτώσεων.

Ρύπανση πόσιμου νερού

Το πόσιμο νερό είναι και θα έπρεπε να είναι το καλύτερα ελεγχόμενο μέσο διατροφής. Η νομοθεσία προσδιορίζει τις συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών, που επιτρέπεται να υπάρχουν μέσα στο πόσιμο νερό, ώστε να ανταποκρίνεται στις υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές, που απαιτούνται σε σχέση με το σημαντικό για τη ζωή μας αγαθό. Η τεχνολογία που διατίθεται σε αρκετές χώρες είναι σε θέση να ανιχνεύει στο νερό ιχνοστοιχεία, που βρίσκονται σε συγκεντρώσεις του δισεκατομμυριοστού του γραμμαρίου ανά λίτρο.

Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες, περίπου 1200 χημικά είδη, που περιέχουν 230 δραστικές ουσίες κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες ως φυτοφάρμακα, λιπάσματα ή ζιζανιοκτόνα. Πολλά από τα φυτοφάρμακα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο χρόνο και γι' αυτό εξαιρετικά επικίνδυνα, όταν καταλήγουν στο νερό. Το όριο που έχει υιοθετηθεί για την περιεκτικότητα σε φυτοφάρμακα είναι 0,5 μικρογραμμάρια (εκατομμυριοστό του γραμμαρίου) ανά λίτρο συνολικά, και ειδικά για ορισμένα οργανο-χημικά (τα ίδια ή τα προϊόντα αποικοδόμησής τους είναι ιδιαίτερα τοξικά) το όριο είναι το 0,1 μικρογραμμάριο ανά λίτρο.

Η νομοθεσία ορίζει, επίσης ότι το πόσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από 50 milligram (χιλιοστά του γραμμαρίου) ανά λίτρο νιτρικών. Οι νιτρικές ενώσεις στα νερά προέρχονται, συνήθως, από τη χρήση λιπασμάτων και την απόρριψη λυμάτων και ιλύος. Οι νιτρικές ενώσεις είναι ουσίες, που υπάρχουν στη φύση, αλλά αυτό, που προκαλεί ανησυχία είναι οι ουσίες, στις οποίες μετασχηματίζονται: τα νιτρώδη και οι νιτροζαμίνες. Η μακροχρόνια κατανάλωση αυτών των ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία.

Μερικά παραδείγματα ρύπανσης των νερών:

- Η καταστροφή μιας λίμνης

Η ρύπανση των νερών έχει κάποιες φορές ορατές επιπτώσεις. Σε άλλες, όμως, περιπτώσεις η ρύπανση δεν είναι ορατή, αλλά μπορεί να προκαλέσει μεγάλη βλάβη στην υγεία και στο περιβάλλον. Στα τέλη Αυγούστου και στις αρχές Σεπτεμβρίου 2004 βρήκαν φρικτό θάνατο πάνω από 30.000 υδρόβια και παρυδάτια πουλιά στη λίμνη Κορώνεια της επαρχίας Λαγκαδά, στο νομό Θεσσαλονίκης. Τα πουλιά βρίσκονταν στην μεταναστευτική τους περίοδο. Από τα μέσα Σεπτεμβρίου ακολούθησαν μαζικοί θάνατοι τριών τουλάχιστον ειδών ψαριών που ζουν στη λίμνη. Στις 15 Σεπτεμβρίου 2004, η Νομαρχία Θεσσαλονίκης απαγόρευσε την αλιεία στη λίμνη, τη βόσκηση στη γύρω περιοχή και την προσέγγιση των πολιτών. Η κύρια αιτία της οικολογικής καταστροφής ήταν η μακροχρόνια ρύπανση της λίμνης.

- Η καταστροφή μιας από τις μεγαλύτερες λίμνες του κόσμου

Η λίμνη Αράλη στο Καζακστάν ήταν μέχρι τη δεκαετία του 1960, η τέταρτη σε μέγεθος μεγαλύτερη λίμνη παγκοσμίως. Μεταξύ του 1966 και του 1994 η στάθμη της κατέβηκε κατά 16 μέτρα, ενώ ο όγκος των νερών της μειώθηκε κατά 75%. Η έκτασή της μειώθηκε στο μισό και οι ανατολικές και δυτικές ακτές της υποχώρησαν κατά 80 χιλιόμετρα. Η πόλη Αράλσκ, παραλιακή μέχρι πριν 35 χρόνια, σημαντικό λιμάνι και φημισμένη λουτρόπολη της λίμνης Αράλης, σήμερα απέχει 40 περίπου χιλιόμετρα από τις όχθες της. Ενώ στη λίμνη ψάρευαν χιλιάδες ψαράδες, δίνοντας εργασία σε 60.000 ανθρώπους και απέδιδε κάπου 40.000 τόνους ψαριών τη δεκαετία του 1950 (πάνω από 160 τόνους ψαριών καθημερινά), σήμερα επιβιώνουν μόνο δύο από τα 24 είδη ψαριών της λίμνης, ενώ πολυάριθμα ψαροχώρια έχουν εγκαταλειφθεί. Τα περισσότερα είδη

εξαφανίστηκαν μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, εξαιτίας της ρύπανσης από τα φυτοφάρμακα και λιπάσματα (κυρίως για την εντατική καλλιέργεια βαμβακιού), αλλά και της αύξησης της περιεκτικότητας των νερών της λίμνης σε αλάτι.

Τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων, το αλάτι και η σκόνη από τις αποξηραμένες, άγονες περιοχές μεταφέρονται από τον άνεμο δεκάδες ή και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά. Οι γύρω περιοχές πλήττονται κάθε χρόνο από δεκάδες ανεμοστρόβιλους που μεταφέρουν βλαβερά για την υγεία υλικά. Ακόμα και σήμερα, οι καλλιέργειες, που γίνονται σε αποξηραμένες πια εκτάσεις περιέχουν υπολείμματα φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιήθηκαν πριν από δεκαετίες. Χιλιάδες άνθρωποι αναγκάστηκαν να μεταναστεύσουν σε άλλες περιοχές. Πολλοί άνθρωποι υποφέρουν από ασθένειες, αναπνευστικές λοιμώξεις, καρκίνους (κυρίως του λάρυγγα και του οισοφάγου), τύφο, ηπατίτιδα, διάρροια. Το ρυπασμένο και μολυσμένο νερό συνέβαλε στην επέκταση των ασθενειών. Πολλά παιδιά γεννιούνται με σοβαρές ασθένειες ή βλάβες. Η αλλαγή της λίμνης συνοδεύτηκε από αλλαγή του κλίματος της περιοχής: ο αέρας είναι πιο ξηρός, ο χειμώνας πιο βαρύς και το καλοκαίρι πολύ πιο ζεστό. Οι μέρες χωρίς βροχή έχουν φτάσει τις 120-150, όταν κάποτε ήταν μόνο 30-35.

- Η ασθένεια της Minamata

Σε ένα μικρό χωριό της Ιαπωνίας, στον κόλπο της Minamata, παρατηρήθηκαν στα μέσα της δεκαετίας του 1950 δηλητηριάσεις γατιών στην αρχή και ανθρώπων στη συνέχεια, που είχαν σαν αποτέλεσμα δεκάδες θανάτους ανθρώπων, παραμορφώσεις και διαταραχές του νευροφυτικού συστήματος, κυρίως των ψαράδων της περιοχής. Αιτία ήταν οι ποσότητες μιας τοξικής ουσίας, του υδραργύρου, που κατέληγε από ένα εργοστάσιο παραγωγής πλαστικού PVC στο ποτάμι, μαζί με άλλα υγρά και στερεά απόβλητα. Από το ποτάμι, οι τοξικές ουσίες κατέληγαν στον κόλπο της Minamata κι εκεί περνούσαν στα ψάρια και τα οστρακοειδή. Οι δηλητηριώδεις ενώσεις έφθαναν στους ψαράδες και τους ντόπιους, που κατανάλωναν θαλασσινά, αλλά και στις γάτες, με αποτέλεσμα να προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία τους. Αν και οι ποσότητες των διαφόρων ενώσεων του υδραργύρου που έπεφταν στο ποτάμι ήταν σχετικά μικρές, μέσω της τροφικής αλυσίδας – από το θαλασσινό νερό, στο πλαγκτόν και από εκεί στα ψάρια, για να καταλήξει τελικά στους ανθρώπους – οι ποσότητες που έφταναν στους ανθρώπους ήταν αυξημένες (το φαινόμενο λέγεται βιοσυσώρευση). Σε μια τέτοια διαδικασία, οι συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών σε οργανισμούς μπορεί να είναι 100-30.000 φορές μεγαλύτερες σε σχέση με τις συγκεντρώσεις στο νερό, όπως έχει αποδειχτεί από πολλές επιστημονικές έρευνες (π.χ. έρευνες για τη συγκέντρωση υδραργύρου στο νερό, το πλαγκτόν και τα ψάρια της λίμνης Powell, στην Αριζόνα, στις ΗΠΑ)

Πηγές και Διαδικασίες Ρύπανσης Υπόγειων Νερών

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού). Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρώπινη επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση της γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές, μεταλλεία και αγροτικές περιοχές.

Το νερό, είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς ουσιών μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διαμέσου της ακόρεστης ζώνης κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς, όπου διακλαδίζεται προς διάφορες διευθύνσεις ανάλογα με τις συνθήκες ροής που επικρατούν στον

υδροφορέα. Το ρυπασμένο νερό ακολουθεί τις καθορισμένες διαδικασίες κίνησης του υπόγειου νερού. Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στο υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα).

Η ταφή των στερεών αποβλήτων (χωματερές από σκουπίδια οικισμών και στερεών αποβλήτων βιομηχανιών) μπορεί να αποτελέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των αποβλήτων. Τα εκπλύματα (leachates) αποτελούνται από το νερό που κατά την κίνησή του δια μέσου της μάζας των στερεών αποβλήτων εμπλουτίζεται με ρύπους και τα παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις.

Η άρδευση σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με 5 αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού. Στα διαπερατά εδάφη, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θεικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μία σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά.

Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτερη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξησή τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα στερεά απόβλητα (κοπρίες) των ζώων είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων.

Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών από τα έντομα (εντομοκτόνα), μύκητες (μυκητοκτόνα) και βακτήρια (βακτηριοκτόνα) και την καταπολέμηση των ζιζανίων (ζιζανιοκτόνα) αποτελούν σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών. Παρ' ότι οι οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σαν φυτοφάρμακα είναι ταχείας αποικοδόμησης, σημαντικές ποσότητες αυτών και των προϊόντων της διάσπασής τους έχουν καταγραφή στα υπόγεια νερά. Σημαντικό ρόλο για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος.

Οι πιο σπουδαίοι μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και διάφορα άλλα παράσιτα. Τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς του υπόγειου νερού είναι ο τύφος, η χολέρα και η ηπατίτιδα. Οι πηγές των μικροοργανισμών είναι τα ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα. Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών, τις εκπλύσεις από τους σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση.

Τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά (non-aqueous phase liquids NAPLs), είναι ρύποι, που η παρουσία τους στην ακόρεστη ζώνη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Τα υγρά αυτά εμφανίζουν μία χωριστή υγρά φάση στο υδάτινο περιβάλλον. Γενικά τα NAPLs είναι υγρά τα οποία έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη ή μικρότερη από του νερού. Διακρίνονται σε LNAPLs που είναι τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά με πυκνότητα μικρότερη από το νερό και σε DNAPLs που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη από το νερό. Παράδειγμα ελαφρότερων από το νερό είναι τα υγρά καύσιμα των υδρογονανθράκων, όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης, η κηροζίνη. Στα DNAPLs περιλαμβάνονται οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες όπως οι τετραχλωράνθρακες, το 1,1,1 τριχλωροαιθάνιο, οι χλωροφαινόλες, τα χλωροβενζόλια, τα τετραχλωροαιθυλένια και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

Η σημασία των NAPLs στα υπόγεια νερά οφείλεται στην εμμονή τους κάτω από το έδαφος και την ικανότητα που έχουν να ρυπαίνουν μεγάλους όγκους νερού λόγω της μικρής δυνατότητας απομάκρυνσής του. Η μετακίνηση των ουσιών αυτών στο έδαφος εξαρτάται από την ποσότητα που ελευθερώνεται στο έδαφος, τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και τη δομή του εδάφους δια μέσου του οποίου μετακινούνται.

Η μεταβολή της υδραυλικής ισορροπίας λόγω της άντλησης και υπεράντλησης των υπόγειων νερών είναι η αιτία για την εισροή νερών χαμηλής ποιότητας, υφάλμυρων ή εμπλουτισμένων με ιχνοστοιχεία και βαριά μέταλλα από διπλανούς, επάλληλους υδροφορείς και από τη θάλασσα. Είναι η αιτία της υπαλμύρωσης των παραθαλάσσιων υδροφορέων.

Η εκτίμηση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και της επικυδυνότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων που περιγράφουν τη μεταφορά μάζας, τους μετασχηματισμούς και τις αλληλοεπιδράσεις με τα στερεά του εδάφους στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη. Λόγω της πληθώρας δεδομένων που απαιτούνται για την εφαρμογή των μοντέλων αυτών, την τελευταία δεκαετία, αναπτύσσονται απλοποιημένες διαδικασίες εκτίμησης της πιθανότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών που μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλη χωρική κλίμακα και για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Απλά μοντέλα δείκτες που χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία για τον προσδιορισμό των ευπρόσβλητων περιοχών των υπόγειων νερών είναι το DRASTIC, οι παράγοντες εξασθένισης και επιβράδυνσης (AF, Rf) και ο δείκτης έκπλυσης (LI). Με τους δείκτες αυτούς μπορούν να παραχθούν χάρτες ευπρόσβλητικότητας των υπόγειων νερών που αποτελούν τη βάση για τη διαχείριση χρήσεων γης και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι επέκτασης της υποβάθμισης των υπόγειων νερών.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥΣ

Θερμοκρασία (°C): Η θερμοκρασία μαζί με το διαλυμένο οξυγόνο αποτελούν τις βασικότερες ίσως παραμέτρους που επηρεάζουν την ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε πολύ συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών, το ξεπέραςμα του οποίου επιφέρει αρχικά στρες και στην συνέχεια, θάνατο. Γι' αυτό η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να συνοδεύει κάθε δειγματοληψία.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι ακόμα απαραίτητη στην διαδικασία μέτρησης ορισμένων χαρακτηριστικών του νερού, όπως αλκαλικότητα, αλατότητα, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο κλπ.

Επίσης σε ωκεανογραφικές και λιμνολογικές έρευνες, η μέτρηση της θερμοκρασίας μαζί με εκείνη του βάθους, του διαλυμένου οξυγόνου και της αλατότητας είναι βασική προϋπόθεση προκειμένου να υπολογιστεί το επίπεδο κορεσμού του νερού σε οξυγόνο.

Η θερμοκρασία των αποβλήτων που αποχετεύονται στη θάλασσα ή άλλα επιφανειακά νερά επίσης πρέπει να βρίσκεται σε ορισμένα όρια μεταξύ 25-40 βαθμούς κελσίου και πρέπει να ελέγχεται τακτικά, σύμφωνα με τη νομοθεσία μας.

pH: Το pH είναι ένας εύχρηστος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου σε ένα υδατικό διάλυμα. Πιο συγκεκριμένα, με "pH" συμβολίζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου $[H^+]$ στο διάλυμα. Δηλαδή: **pH = -log[H⁺]**. Το pH αποτελεί μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μιας χημικής ουσίας, εξ ου και αναφέρεται ως ενεργός οξύτητα.

Αγωγιμότητα (μS/cm): Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονισμένων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση.

Τα περισσότερα ανόργανα οξέα, βάσεις και άλατα (π.χ. HCl, NaCl κλπ) που δίστανται πλήρως στο νερό έχουν μεγάλη αγωγιμότητα ενώ αντίθετα τα οργανικά μόρια έχουν μικρή αγωγιμότητα.

Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το $\mu\text{mhos/cm}$ ή mS/m ($1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$). Νερό πρόσφατα αποσταγμένο έχει αγωγιμότητα $0,5 - 2 \mu\text{mhos/cm}$, ενώ μετά από μερικές εβδομάδες παραμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητα του φθάνει τα $2 - 4 \mu\text{mhos/cm}$. Στα πόσιμα νερά, η αγωγιμότητα, συνήθως κυμαίνεται από $50 - 1500 \mu\text{mhos/cm}$ ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα φθάνει πάνω από $10.000 \mu\text{mhos/cm}$.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επίδραση των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, τον ρυθμό διάβρωσης των μετάλλων, την ανάπτυξης φυτών και ζώων, κλπ.

Επίσης, ως κριτήριο για την απόδοση των ιοντοανταλλακτικών ρητινών ή άλλων συσκευών αποσκλήρυνσης του νερού. Μάλιστα, πολλές συσκευές αποσκλήρυνσης του νερού, διαθέτουν ενσωματωμένο αγωγιμόμετρο για το συνεχή έλεγχο της συσκευής.

Ακόμα, με την μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να γίνει μία γρήγορη εκτίμηση των ημερησίων διακυμάνσεων των διαλυμένων ματαλλοϊόντων στα απόβλητα βιομηχανιών. Επειδή ο ξεχωριστός έλεγχος των μετάλλων είναι χρονοβόρος, η μέτρηση τους μπορεί να αντικατασταθεί από τη μέτρηση της αγωγιμότητας, εφόσον βέβαια προηγηθούν οι σχετικές δοκιμασίες από τις οποίες θα προκύψουν οι συντελεστές συσχέτισης της αγωγιμότητας με τη συγκέντρωση των μεταλλοϊόντων.

Με ανάλογο τρόπο μπορεί να συσχετιστεί η απαιτούμενη ποσότητα χημικών ουσιών που απαιτείται για την εξουδετέρωση ή κροκιδώση ορισμένων αποβλήτων ή για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών σε ένα δείγμα.

Μια άλλη προσέγγιση για να εκτιμηθεί το σύνολο ανιόντων και κατιόντων (σε meq/L) που υπάρχουν σε ένα δείγμα νερού είναι δυνατή, πολλαπλασιάζοντας την αγωγιμότητα σε ($\mu\text{mhos/cm}$) επί τον συντελεστή $0,01$.

TDS: Ολικά διαλυμένα στερεά είναι τα σωματίδια που βρίσκονται διαλυμένα ή κολλοειδή μορφή σε ένα διάλυμα και μπορούν να διέλθουν από πόρο διαμέτρου 1μ . (φίλτρο Goosh ή φίλτρο με γυάλινες ίνες) και παραμένουν μετά από εξάτμιση και ξήρανση στους $103 - 105 (^{\circ}\text{C})$.

Τα ολικά στερεά μπορούν να υπολογιστούν και από τη διαφορά βάρους των αιωρούμενων στερεών από ολικά στερεά.

Θολερότητα (NTU): Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη σύγκριση της έντασης σκεδασμού του φωτός από το δείγμα σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς. Το δείγμα και το πρότυπο διάλυμα πρέπει να βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες. Όσο μεγαλύτερη είναι η σκέδαση του φωτός από το δείγμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η θολερότητα. Η μέτρηση γίνεται με όργανα, τα νεφελόμετρα ή θολερόμετρα και τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράζονται σε Νεφελομετρικές Μονάδες Θολερότητας ή NTU (Nephelometric Turbidity Units). Για τη ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο αιώρημα φορμαζίνης, που παρασκευάζεται από πολυμερές της φορμαζίνης που αναπαράγει αρκετά πιστά τη θολερότητα των φυσικών νερών.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στα πόσιμα, επιφανειακά και θαλασσινά νερά, στην περιοχή από 0 ως 40 νεφελομετρικές μονάδες θολερότητας (N.T.U)

DO %: Η συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.α. Από τους παράγοντες αυτούς, εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, είναι η θερμοκρασία (αυξανόμενη της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως), η αλατότητα (αυξανόμενη της αλατότητας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως) και η πίεση (αυξανόμενη της πίεσης μειώνεται διαλυτότητα στο νερό και αντιστρόφως). Έτσι, κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης 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 στην τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση επιφανειακών υδάτων. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν μειώσουν την περιεκτικότητα του νερού οξυγόνο (σε

σχέση με την τιμή κορεσμού), όπως οι οργανικές ουσίες από λύματα ή απόβλητα που για την αποσύνθεσή τους (από αερόβιους μικροοργανισμούς) απαιτούν την κατανάλωση του οξυγόνου. Αντίθετα πρόσδοση οξυγόνου στο νερό γίνεται από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς όπως είναι τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά. Πολλές φορές μάλιστα σε συνθήκες ευτροφισμού, παρατηρείται το φαινόμενο, την ημέρα να υπάρχει υπερκορεσμός σε οξυγόνο, ενώ τη νύχτα και ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες να παρατηρείται σημαντική μείωση του οξυγόνου (σε σχέση με την τιμή κορεσμού) που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το επίπεδο ανοξίας. Το φαινόμενο αυτό συναντάται ιδιαίτερα σε λίμνες και κλειστούς κόλπους.

Συνεπώς, από μόνη της η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, δεν μπορεί να αξιολογηθεί, παρά μόνο εφόσον συνοδεύεται από μέτρηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας (στα θαλασσινά νερά).

Σκληρότητα: Η σκληρότητα του νερού είναι μία χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζοντας τις ενώσεις $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 κτλ. Η σκληρότητα μπορεί να προέλθει και από άλλα κατιόντα, συνήθως όμως, η συμμετοχή τους στην σκληρότητα είναι μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.

Όποτε αναφερόμαστε στην σκληρότητα την διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και της μη ανθρακικής σκληρότητας.

Η ανθρακική σκληρότητα αντιστοιχεί στον παλιότερο όρο «παροδική σκληρότητα» και η μη ανθρακική σκληρότητα στον όρο «μόνιμη» ή «παραμένουσα σκληρότητα». Ο προσδιορισμός της ανθρακικής σκληρότητας γίνεται με τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας.

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, μεγαλύτερη από την ολική σκληρότητα (ανθρακική και δισανθρακική), τότε η αλκαλικότητα εκφράζει την ανθρακική ή παροδική σκληρότητα. Η διαφορά της αλκαλικότητας από την ολική σκληρότητα, εκφράζει τη μη ανθρακική ή μόνιμη σκληρότητα.

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή ίση η μικρότερη από την ολική αλκαλικότητα, τότε όλη η ολική σκληρότητα αναφέρεται ως ανθρακική σκληρότητα και δεν υπάρχει μη ανθρακική σκληρότητα.

Η σκληρότητα εκφράζεται με διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερες είναι: mg/L CaCO_3 , mmole/L, και meq/L αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί.

Η σκληρότητα του νερού παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, από μηδενική τιμή έως αρκετές εκατοντάδες mg/L CaCO_3 , ανάλογα με την προέλευση και επεξεργασία που έχει υποστεί. Η σκληρότητα των νερών οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας λόγω της ασβεστολιθικής σύστασης πολλών περιοχών, πολλά νερά παρουσιάζουν υψηλή σκληρότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Κέρκυρας, που διαθέτει νερό με σκληρότητα περίπου 50 γερμανικών βαθμών ή 900 mg/L CaCO_3 έναντι 12 περίπου γερμανικών βαθμών ή 210 mg/L CaCO_3 που είναι το νερό που διαθέτει η ΕΥΔΑ στην Αθήνας.

Ολικά στερεά: Η στερεό υπόλειμμα αναφέρεται στην περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια. Η παρουσία στερεών στο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Στο πόσιμο νερό, αλλοιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, (θολερότητα, γεύση) ενώ νερά με υψηλή συγκέντρωση στερεών είναι ακατάλληλα για βιομηχανική χρήση, κολύμβηση, κτλ. Τα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν συνήθως μεγάλες συγκεντρώσεις στερεών, με οργανική ή ανόργανη σύσταση, γι' αυτό και είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός τους για τον σχεδιασμό συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους.

Τα στερεά ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τα φυσικά, κυρίως, χαρακτηριστικά, όπως το ειδικό βάρος, το μέγεθος κλπ. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- *Ολικά στερεά ή ολικό στερεό υπόλειμμα:* Όλα τα στερεά που παραμένουν μετά από ξήρανση δείγματος νερού, σε θερμοκρασία 105 °C ή 180 °C.

- *Καθιζάνοντα στερεά:* Τα στερεά που καθιζάνουν, σε μια ώρα, σε κώνο Imhoff.

- *Εναιωρούμενα στερεά*: Όλα τα σωματίδια που κατακρατούνται σε φίλτρο, με διάμετρο πόρων 1 μ και παραμένουν μετά από ξήρανση του φίλτρου, στους 103–105 °C, για μια ώρα.
- *Διαλυμένα στερεά*: Όλα τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 1 μ, που παραμένουν μετά από εξάτμιση και ξήρανση, στους 180 °C.
- *Εξατμιζόμενα στερεά*: Τα στερεά που εξατμίζονται κατά την αποτέφρωση του δείγματος στους 550±/ 50 °C για 20 λεπτά της ώρας.

Στα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα, οι συνήθεις τιμές στερεών είναι: Ολικά στερεά 700 mg/L.

Σε βιομηχανικά απόβλητα, η συγκέντρωση των στερεών μπορεί να είναι μεγαλύτερη, όπως στα απόβλητα γαλακτοβιομηχανιών, όπου η συγκέντρωση των ολικών στερεών φθάνει τα 3.300 mg/L ή τα απόβλητα χημικών βιομηχανιών όπου η συγκέντρωση των ολικών στερεών μπορεί να είναι 30.000 mg/L.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία μας, τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων στη θάλασσα, είναι : Ολικά διαλυμένα στερεά : 1500 mg/L. Η μέτρηση του ολικού στερεού υπολείμματος ή των ολικών στερεών γίνεται με εξάτμιση ορισμένης ποσότητας δείγματος, σε ποτήρι ζέσεως, στους 103 – 105 °C ή στους 180 °C. Η διαφορά του απόβαρου του ποτηριού ζέσεως από το μικτό βάρος του ποτηριού ζέσεως και στερεού υπολείμματος, μας δίνουν το βάρος του στερεού υπολείμματος.

COD (Chemical Oxygen Demand): Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε δείγμα υδάτων ή αποβλήτων. Είναι μια ακριβής και γρήγορη μέτρηση, χρήσιμη στην εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

Σε ορισμένα δείγματα, το COD μπορεί να συσχετισθεί με το BOD, τον Οργανικό Άνθρακα ή το περιεχόμενο σε οργανικές ουσίες. Ο βαθμός συσχέτισης του COD με το θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο, για την πλήρη οξείδωση των οργανικών ενώσεων του δείγματος, εξαρτάται από τη δυνατότητα πλήρους οξείδωσης των ουσιών που περιέχονται σ' αυτό. 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 ένα 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. Η περίπτωση αυτή μπορεί να παρατηρηθεί σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα.

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη μέτρηση του COD, όπως η οξείδωση ανόργανων συστατικών, κυρίως των χλωριόντων, των νιτρικών, του δισθενούς σιδήρου και των θειούχων. Επομένως, η σημασία της τιμής του COD εξαρτάται από τη σύσταση του νερού που εξετάζεται. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, όταν αξιολογούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη μέθοδο αυτή.

Σε ορισμένα απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, ο προσδιορισμός του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου και του ολικού οργανικού άνθρακα είναι οι μόνες δυνατές μετρήσεις για την εκτίμηση του οργανικού φορτίου τους.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 50 mg/L. Τα ανεπεξέργαστα λύματα, έχουν συνήθως COD που κυμαίνεται από 700 ως 750 mg/L. Σε βιομηχανικά απόβλητα, η τιμή του COD είναι συνήθως μεγαλύτερη, για παράδειγμα απόβλητα βιομηχανιών επεξεργασίας κρέατος έχουν τιμές της τάξης των 2.000 mg/L, απόβλητα σφαγείων περίπου 5.000 mg/L ενώ στα απόβλητα σταφιδοεργοστασίων μπορεί να φθάσει ως 70.000 mg/L.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία μας, τα απόβλητα που αποχετεύονται σε επιφανειακά ρέματα ή τη θάλασσα πρέπει να έχουν COD μικρότερο από 120 mg/L ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν καθοριστεί ακόμα αυστηρότερα όρια.

Ο προσδιορισμός του COD μπορεί να γίνει με μακρο-μέθοδο και μικρο-μέθοδο. Η μακρο-μέθοδος, εκτελείται σε συσκευή ανοικτού σωλήνα (σφαιρική φιάλη συνδεδεμένη με κάθετο ψυκτήρα), είναι κατάλληλη για εφαρμογή σε πολλές κατηγορίες αποβλήτων, όπου προτιμάται η

χρήση μεγάλου όγκου δείγματος. Η μικρό-μέθοδος, εκτελείται σε κλειστό σωλήνα, είναι πιο οικονομική από την μακρο-μέθοδο (απαιτεί μικρότερες ποσότητες αντιδραστηρίων), προϋποθέτει όμως την ομογενοποίηση των δειγμάτων που περιέχουν αιωρούμενα στερεά. Αν ακολουθηθεί η μικρό-μέθοδος, ο προσδιορισμός της περισσειας των διχρωμικών μπορεί να γίνει είτε με ογκομέτρηση ή με φωτομέτρηση. Στο εμπόριο, κυκλοφορούν ειδικές συσκευές (COD meter) που αποτελούνται από θερμαντικά σώματα, με ενσωματωμένες υποδοχές για την τοποθέτηση των σωλήνων και ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας, στους 150 °C. Οι συσκευές αυτές, μπορούν να συνδυαστούν με φωτόμετρο φίλτρων, για την απευθείας μέτρηση της περισσειας των διχρωμικών. Στο εμπόριο, κυκλοφορούν σωλήνες που περιέχουν τα αντιδραστήρια στη σωστή αναλογία.

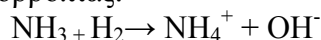
Τα δείγματα συλλέγονται, κατά προτίμηση, σε γυάλινες φιάλες και πρέπει να αναλύονται όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Αν στο δείγμα υπάρχουν καθιζάνοντα ή αιωρούμενα στερεά, το δείγμα ομογενοποιείται. Αν το δείγμα δεν αναλυθεί αμέσως, οξινίζεται με προσθήκη μικρής ποσότητας π. H₂SO₄ (pH < 2).

Νιτρικά ιόντα (mg/l): Στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι συνήθως μικρές. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, είναι δείκτης ρύπανσης των υδάτων από λίπασμα ή λύματα και απόβλητα.

Τα ανεπεξέργαστα λύματα δεν περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, γιατί το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου βρίσκεται δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις. Αντίθετα, τα επεξεργασμένα λύματα περιέχουν, συνήθως συγκεντρώσεις νιτρικών ως αποτελέσματα του παρατεταμένου αερισμού που οδηγεί στην νιτροποίηση των αζωτούχων ενώσεων.

Η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των νιτρικών στο πόσιμο νερό, είναι 50 mg/L, στα απόβλητα που διαθέτονται στα ρέματα (ΕΥΔΑ) 4 mg/L και στη θάλασσα 20 mg/L.

Αμμωνιακά ιόντα (mg/l): Το αμμωνιακό άζωτο βρίσκεται που την μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH₄⁺) ή ελεύθερης αμμωνίας (NH₃), ανάλογα με το pH και την θερμοκρασία του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας:



Σε αλκαλικό περιβάλλον, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά, ενώ σε όξινο περιβάλλον προς τα δεξιά. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά και αντίστροφα.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου στο πόσιμο νερό (NH₄⁺), είναι 0,5 mg/L ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο στα γλυκά νερά για τη διαβίωση της πέστροφας και ειδών οικογένειας των Σαλμονίδων και Κυπρινίδων, είναι 0,0024 mg/L. Στα απόβλητα που εκβάλλουν στα επιφανειακά νερά, η τιμή της ολικής αμμωνίας, δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 15 mg/L.

Φωσφορικά ιόντα (mg/l): 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, επιβαρυνόμενα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δε δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι, οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου. Ο οργανικός φώσφορος δημιουργείται κυρίως από βιολογικές διαδικασίες. Οργανικός φώσφορος περιέχεται στα περιττώματα και υπολείμματα τροφών και συνεπώς και στα λύματα. Φώσφορος υπάρχει ακόμα, στα ιζήματα λιμνών, λιμνοθαλασσών και κλειστών θαλάσσιων κόλπων και στη βιολογική ιλύ (προέρχεται από βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων) υπό τη μορφή ανόργανων αλάτων ή δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψη του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής, σε μία 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 του προκαλούν ευτροφισμό.

Στη φύση, τα πολυφωσφορικά ιόντα, βαθμιαία υδρολύονται στο νερό προς σταθερές ομάδες ορθοφωσφορικών. Επίσης, ο δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις φώσφορος, με τη δράση βακτηρίων, αποικοδομείται με τελικό προϊόν ορθοφωσφορικά ιόντα.

Θειικά ιόντα (mg/l): Η παρουσία των θειικών 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. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ο έλεγχος των θειικών αλάτων στο πόσιμο νερό, έχει σημασία, γιατί έχει βρεθεί ότι τα θειικά άλατα ασβεστίου μαγνησίου έχουν καθαρτική δράση στον άνθρωπο, γι' αυτό, το ανώτατο επιτρεπτό όριο θειικών ιόντων στο πόσιμο νερό, είναι 250 mg/L

Χλωρίοντα: Το χλώριο υπό τη μορφή χλωριόντων, αποτελεί ένα από τα βασικά ανόργανα ανιόντα των υδάτων και αποβλήτων. Στα φυσικά επιφανειακά και υπόγεια νερά, η συγκέντρωση των χλωριόντων διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας, σε πολλές περιοχές, παρατηρούνται υψηλές τιμές χλωριόντων στα υπόγεια νερά. Υψηλές τιμές χλωριόντων παρατηρούνται και σε όλα σχεδόν τα υπόγεια νερά των παράκτιων περιοχών, λόγω των υπέραντλήσεων και της προέλευσης του θαλάσσιου μετώπου.

Στα αστικά λύματα, η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι υψηλότερη από εκείνη των πόσιμων υδάτων, γιατί κατά την χρήση του από τον άνθρωπο, το νερό επιβαρύνεται με άλατα και κυρίως με χλωριούχο νάτριο, το οποίο προστίθεται ως βελτιωτικό γεύσης σε όλες σχεδόν τις τροφές. Το μεγαλύτερο μέρος της προστιθέμενης ποσότητας αλατιού στις τροφές, καταλήγει, αναλλοίωτο, στα λύματα. Σε πολλές χώρες της Ευρώπης τα ποτάμια που χρησιμοποιούν τόσο για ύδρευση όσο και για αποχέτευση των λυμάτων παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, παρόλο που τα λύματα υφίστανται προωθημένη επεξεργασία (τριτογενής καθαρισμός), πριν την διάθεση τους στον τελικό αποδέκτη.

Αλλά και πολλές κατηγορίες βιομηχανιών επιβαρύνουν, με μεγάλες τιμές χλωριόντων, τα απόβλητα 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 .

Το ανώτατο επιτρεπτό όριο χλωριόντων στο πόσιμο νερό, σύμφωνα με τη νομοθεσία μας είναι 200 mg/L.

Total coliforms: Τα κολοβακτήρια ανήκουν στην οικογένεια των "Enterobacteriaceae. Αυτά που συναντώνται συχνά στα νερά είναι τα "Citrobacter", "Enterobacter", "Escherichia", "Hafnia", "Klebsiella", "Serratia" και "Yersinia".

Διάφορα μέλη της ομάδας των κολοβακτηρίων είναι γνωστό 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 κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται αερόβια και επαμφοτερίζοντα βακτήρια που είναι πλατιά διαδεδομένα και αναπτύσσονται στο έδαφος, τα επιφανειακά νερά, τα τρόφιμα. Περιλαμβάνονται ακόμα είδη που ζουν στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παρουσία αντιπροσώπων από την ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό, αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης από εξωγενείς παράγοντες αν και η προέλευση τους εκτός από κοπρική μπορεί να είναι περιβαλλοντική (έδαφος, φύλλα).

E coli: Το E.coli είναι ένα κολοβακτήριο, το οποίο θεωρείται πρωτεύον δείκτης της μικροβιακής μόλυνσης των επεξεργασμένων και ανεπεξεργαστων νερών. Σαν κολοβακτηρίδιο είναι μέλος της οικογενείας των "Enterobacteriaceae" και είναι ικανό να μεταβολίσει λακτόζη στους 44 °C.

Το E.coli απαντάται στα κόπρανα όλων των θηλαστικών, συχνά σε μεγάλες ποσότητες της τάξης των 10⁹/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 (π.χ. "Salmonella", "Shigella") και δεν πολλαπλασιάζετε σε επεξεργασμένα νερά. 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.

Εντερόκοκκοι: Οι κοπρικοί στρεπτόκοκκοι είναι βακτήρια που αναπτύσσονται κυρίως στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Γι' αυτό, η παρουσία τους στα ύδατα είναι δείκτης κοπρικής μόλυνσης. Λόγω του νερού μικρού χρόνου ζωής των κοπρικών στρεπτόκοκκων στο εξωτερικό περιβάλλον, η παρουσία τους στο νερό, είναι δείκτης πρόσφατης κοπρικής μόλυνσης. Υπάρχουν πολλά είδη στρεπτόκοκκων.

Ο αριθμός των κοπρικών στρεπτόκοκκων σε ένα δείγμα νερού σε συνδυασμό με τον αριθμό κοπρικών κολοβακτηρίων, μπορεί να δώσει χρήσιμα συμπεράσματα για την προέλευση της πηγής μόλυνσης, γιατί ορισμένα είδη κοπρικών στρεπτόκοκκων είναι ξενιστές ορισμένων ειδών ζώων. Για παράδειγμα, η υπεροχή των ειδών S. Bovis και S. Equinus σε ένα δείγμα νερού έναντι άλλων ειδών στρεπτόκοκκων, είναι δείκτης επιμόλυνσης του νερού από τα περιττώματα βοοειδών ή ιπποειδών. Συνήθως, τα είδη αυτά απαντώνται σε απόβλητα μονάδων επεξεργασίας κρέατος, γαλακτοκομικών εργοστασίων, σφαγείων κτλ.

Υπάρχουν και είδη στρεπτόκοκκων, που η παρουσία τους στο νερό οφείλεται σε άλλους παράγοντες όπως έντομα, ορισμένοι τύποι εδαφών και φυτών.

Μία άλλη κατηγορία στρεπτόκοκκων είναι οι εντερόκοκκοί, όπου διαφοροποιούνται από τους άλλους στρεπτόκοκκους από την ιδιότητα τους να αναπτύσσονται σε διάλυμα NaCl 6,5% σε pH 9,6 στους 10 °C και στους 45 °C. Η ομάδα των εντερόκοκκων είναι ένας πολύτιμος βακτηριακός δείκτης για τον προσδιορισμό του βαθμού κοπρικής επιμόλυνσης των επιφανειακών νερών αναψυχής. Σε μελέτες στα θαλασσινά και γλυκά νερά κολύμβησης, έχει βρεθεί ότι οι γαστρεντερίτιδες που δημιουργούνται το καλοκαίρι σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα των νερών κολύμβησης και οι εντερόκοκκοι αποτελούν τον πιο αποτελεσματικό βακτηριακό δείκτη της ποιότητας του νερού.

BOD (Biochemical Oxygen Demand): Ο προσδιορισμός του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου χρησιμοποιείται ως μέτρο εκτίμησης του ρυπαντικού φορτίου που διαθέτουν τα λύματα, τα απόβλητα και τα ρυπασμένα ύδατα. Μετράτε η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια για την αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών που περιέχει το εξεταζόμενο δείγμα (ανθρακούχα απαιτήση) και η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση ανόργανων ουσιών όπως τα θειούχα, ο σίδηρος κλπ. Με την ίδια διαδικασία μετράτε, ακόμα, η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση ανηγμένων μορφών του αζώτου (αζωτούχα απαιτήση) που ενδεχομένως περιέχει το δείγμα.

Ο προσδιορισμός του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου, περισσότερο γνωστού και ως BOD (αρχικά του Αγγλοσαξωνικού όρου Biochemical Oxygen Demand) είναι μία από τις παλαιότερες και συχνά εφαρμοζόμενη, ως σήμερα, μέθοδος για την εκτίμηση της οργανικής κυρίως ρύπανσης από λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα σε φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια κτλ.), τον σχεδιασμό και τον έλεγχο συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων, κτλ.

Ως Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο μπορεί να οριστεί η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, σε διάστημα πέντε ημερών, για την χημική και βιολογική οξείδωση των οργανικών κυρίως ουσιών που περιέχει ορισμένος όγκος δείγματος ακαθάρτων νερών, που επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο, σταθερής θερμοκρασίας 20°C. Το BOD, εκφράζεται σε mg/L και συμβολίζεται ως BOD₅, όταν ο χρόνος επώασης του δείγματος είναι πέντε ημέρες.

Στα ανεπεξέργαστα λύματα, το BOD κυμαίνεται από 250 ως 350 mg/L ενώ σε ορισμένες κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων π.χ. απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας, μπορεί να φθάσει ως 20.000 mg/L (όταν δεν γίνεται ανάκτηση του ορού του γάλατος). Σύμφωνα με τη νομοθεσία που ισχύει στη χώρα μας, τα απόβλητα που αποχετεύονται σε επιφανειακούς αποδέκτες (ποτάμια,

λίμνες, θάλασσα) πρέπει να έχουν BOD₅ μικρότερο από 40 mg/L, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις καθορίζονται ακόμα αυστηρότερα όρια.

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν εκτάσεις με ελιές και πιθανότατα να υπάρχουν και απόβλητα ελαιουργείων. Ο κατσίγαρος, όπως ονομάζουμε κοινώς τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων είναι πράγματι πολύ βεβαρημένος με οργανικό φορτίο, δημιουργεί τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ η φυτοξικότητά του έχει μειώσει σύμφωνα με την κ. Βορεάδου (Δρ. Οικολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης) τη βιοποικιλότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων κατά 50-60 % περίπου. Σχετικά με το οργανικό ρυπαντικό του φορτίο για να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης, αναφέρουμε ότι τα απόβλητα ενός μέσης δυναμικότητας ελαιουργείου περίπου 50 m³/ημέρα ισοδυναμούν με τα λύματα ενός οικισμού 30.000 κατοίκων.

Η μέτρηση του BOD δεν είναι επαναλήψιμη. Ας σημειωθεί ότι διπλά δείγματα μπορεί να διαφέρουν στην τιμή του BOD μέχρι και 25 % μεταξύ τους.

Το BOD μετράτε με τρεις μεθόδους.

1. Μανομετρικά, με ειδική συσκευή (έμμεση μέθοδος)
2. Ηλεκτροχημικά, με οξυγόνομετρο (άμεση μέθοδος)
3. Χημικά, με την ιωδομετρική μέθοδο ή την τροποποιημένη μέθοδο Winkler (άμεση μέθοδος)

Με τη μέτρηση του BOD, προσδιορίζεται, έμμεσα, ο βαθμός ρύπανσης που υπάρχει ή που μπορεί να προκληθεί από την αποχέτευση λυμάτων, βιομηχανικών ή κτηνοτροφικών αποβλήτων σε ένα φυσικό αποδέκτη, μετρώντας τη μείωση του οξυγόνου για την αποικοδόμηση του οργανικού μέρους των αποβλήτων.

Αν η απομάκρυνση του οξυγόνου είναι πλήρης (επομένως η τιμή του BOD υψηλή), σημαίνει ότι στον φυσικό αποδέκτη δεν μπορούν να ζήσουν αερόβιοι οργανισμοί αλλά μόνο αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Στην περίπτωση αυτή, ο άνθρακας μετατρέπεται σε μεθάνιο, το άζωτο παραμένει στη μορφή των αμμωνιακών ιόντων, το θείο μετατρέπεται σε υδρόθειο και ο φώσφορος σε φωσφίνη (PH₃). Οι ενώσεις αυτές, είναι δύσσομες και τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου δεν είναι ουσιαστικά μια συγκεκριμένη τιμή, αλλά μια τιμή που μεταβάλλεται στο χρόνο. Η βιοχημική οξειδωση είναι μια αργή διαδικασία και θεωρητικά παραμένει άγνωστος ο απαιτούμενος χρόνος για την τελική τιμή του BOD. Για τα αστικά λύματα, έχει μετρηθεί ότι, σε διάστημα 20 ημερών, η οξείδωση είναι περίπου 95-99% της ολικής. Σε βιομηχανικά απόβλητα, ο χρόνος πλήρους οξείδωσης των οργανικών ενώσεων είναι μεγαλύτερος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα απόβλητα χαρτοβιομηχανιών, με απαιτούμενο χρόνο για την πλήρη οξείδωση τους, 200 ημέρες περίπου.

Συγκεντρώσεις Na, K, Ca: Η χρήση των φασμάτων εκπομπής σε φλόγα ή φλογοφωτομετρία, για ποσοτικές αναλύσεις, χρονολογείται από το 1930. Η εκπομπή και η απορρόφηση σε φλόγα είναι τεχνικές που αλληλοσυμπληρώνονται, καθώς ορισμένα από τα στοιχεία ανιχνεύονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις με μετρήσεις εκπομπής και ορισμένα μόνο με μετρήσεις απορρόφησης.

Το ασβέστιο (Ca²⁺) στα επιφανειακά και υπόγεια νερά είναι φυσικής προέλευσης και οφείλεται στη χημική σύσταση που έχουν τα πετρώματα από τα οποία διέρχεται το νερό (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γύψος κ. ά.), γεγονός σύνηθες στην Ελλάδα. Το ασβέστιο είναι δεσμευμένο με ανθρακικά ιόντα και σχηματίζει ανθρακικό ασβέστιο που συμβάλει στη δημιουργία ολικής σκληρότητας. Υψηλές συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου προκαλούν καταλατώσεις στις σωληνώσεις και στις μεταλλικές επιφάνειες, ιδιαίτερα σε εκείνες από τις οποίες διέρχεται ζεστό νερό.

Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης, εκτός από την αύξηση των χλωριόντων, σχετίζεται και με την αύξηση της συγκέντρωσης των κατιόντων νατρίου (Na⁺), αφού το θαλασσινό νερό εμπεριέχει τεράστιες ποσότητες χλωριούχου νατρίου (NaCl).

Ακόμη, ένας σημαντικός λόγος για την αύξηση της συγκέντρωσης των κατιόντων νατρίου στα επιφανειακά νερά ενός υδάτινου αποδέκτη είναι η κατάληξη πιθανόν οικιακών αποβλήτων στον υδάτινο αποδέκτη, εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης του χλωριούχου νατρίου (το κοινό

αλάτι), ως βελτιωτικό γεύσης στα διάφορα φαγητά. Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε ότι, οι χαμηλές συγκεντρώσεις νατρίου, υποδηλώνουν ότι τα επιφανειακά νερά είναι κατάλληλα για άρδευση.

Πειραματικό Μέρος



Η πειραματική διαδικασία ξεκινάει από την λήψη των δειγμάτων μας μέχρι και την τελική αξιολόγησή τους. Κατά την διάρκεια της χρησιμοποιήσαμε διάφορες μεθόδους ανάλυσης αλλά και λήψης των δειγμάτων μας. Το πειραματικό μέρος μίας έρευνας είναι το πιο ενδιαφέρον γιατί έχει άμεση επαφή με την ουσία της έρευνας αν και η θεωρία είναι σημαντική για την πραγματοποίηση των αναλύσεων αλλά και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Καταπιάνοντας με τα όργανα, με τις μεθόδους αλλά και τα υλικά που χρησιμοποιείς φτάνεις τελικά στο σημείο που η έρευνά σου επί της ουσίας έχει ολοκληρωθεί στο πιο σημαντικό κομμάτι της.

Για την λήψη των δειγμάτων ξεκινάμε νωρίς το πρωί έχοντας μαζί μας τα κατάλληλα υλικά και όργανα για την πραγματοποίηση της δειγματοληψίας. Έχουμε φροντίσει όμως από την προηγούμενη μέρα να έχουμε έτοιμα κάποια υλικά και σκεύη. Έχουμε μαζί μας δοχεία 2 L το καθένα με την ονομασία του δείγματος που είναι η ονομασία της περιοχής ή του ιδιοκτήτη του πηγαδιού στην συγκεκριμένη έρευνα. Επίσης έχουμε μαζί μας ένα φορητό ψυγείο, ένα θερμόμετρο, σκονί πολλών μέτρων, ένα κουβά για την συλλογή του δείγματος, ένα χωνί για να ρίξουμε το

δείγμα από τον κουβά με περισσότερη ευκολία στο δοχείο ώστε να μην χάνουμε χρόνο με πολλά γεμίσματα.

Οι ονομασίες των δειγμάτων είναι οι ακόλουθες: (α) Τιμής Ένεκεν – το πηγάδι που βρίσκεται μέσα στο καφενείο με την ομώνυμη ονομασία, (β) η οικεία του κ. Παντελάκη που βρίσκεται στην οδό Αγία Κυριακής, (γ) η πηγή της Αγίας Κυριακής όπου βρίσκεται δίπλα στην εκκλησία της Αγίας Κυριακής, (δ) στου κ. Καλαϊντζάκη την γεώτρηση όπου η δειγματοληψία έγινε κατόπιν υπόδειξης από τον κ. Κοτσιφάκη και τέλος (ε) στην περιοχή Ταμπακαριά όπου το πηγάδι βρίσκεται στο παραλιακό κομμάτι της περιοχής.

Αφού συλλέξαμε τα δείγματά μας και τα σφραγίσαμε πάμε κατευθείαν στο εργαστήριο για την μέτρηση και τον προσδιορισμό των δειγμάτων μας. Κάποιες μετρήσεις θα ήταν φρόνιμο να γινόντουσαν κατά την επί τόπου συλλογή αυτών. Αφού δεν είναι αυτό εφικτό τα μεταφέρουμε κατευθείαν στο «βασιλείο» μας, το εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και εδαφικών Πόρων

Προσδιορισμός pH

Η μέτρηση του pH έγινε ηλεκτρομετρικά με ειδικό πολυόργανο HACH (sensionTM156) εφοδιασμένο με το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο και έτσι κατ' επέκταση μετατρέπεται σε pH-μετρο (πεχαμετρική μέθοδος).

Υλικά και Όργανα:

- pH-μετρο
- πρότυπα διαλύματα για βαθμονόμηση του pH-μέτρου
- δείγματα νερού
- μαγνητικός αναδευτήρας και μαγνητική ράβδος
- ποτήρια ζέσεως
- απιονισμένο νερό
- απορροφητικό χαρτί

Πραγματοποιείται βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση έτοιμων ρυθμιστικών διαλυμάτων σε διάφορα πεδία pH, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δυο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος, οι οποίες απέχουν 3 ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν εδώ χρησιμοποιήθηκαν 3 πρότυπα ρυθμιστικά διαλύματα με pH 4, 7 και 10.

Πριν από κάθε μέτρηση τα ηλεκτρόδια ξεπλένονται με απιονισμένο νερό και σκουπίζονται μαλακά με απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, τα ηλεκτρόδια βυθίζονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και τη μαγνητική ράβδο. Τίθεται σε λειτουργία ο μαγνητικός αναδευτήρας, ενώ παράλληλα αναδεύεται το δείγμα με το ηλεκτρόδιο με τέτοιο ρυθμό, ώστε να μην επιτρέπεται η μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα (σπηλαιώση), καθώς επίσης και να εξασφαλίζεται αρκετή κίνηση του νερού ανάμεσα από τα ευαίσθητα στοιχεία του ηλεκτροδίου. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαίνονται από τη σταθερότητα της ένδειξης του οργάνου. Καταγράφεται η μετρηθείσα ένδειξη του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος.

Προσδιορισμός Αγωγιμότητας

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) έγινε ηλεκτρομετρικά με ειδικό πολυόργανο HACH (sensionTM156) εφοδιασμένο με το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο και έτσι κατ' επέκταση μετατρέπεται σε αγωγιμόμετρο (αγωγιμομετρική μέθοδος).

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Αγωγιμόμετρο: Τα αγωγιμόμετρα μετρούν την αντίσταση του διαλύματος στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος ή την τάση του εναλασσόμενου ρεύματος. Αποτελούνται, συνήθως, από μια πηγή εναλασσόμενου ρεύματος (γέφυρα Wheatstone) και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν την τιμή της αγωγιμότητας.
- Απιονισμένο νερό
- απορροφητικό χαρτί
- Δείγματα νερού
- Αγωγιμόμετρο: Τα αγωγιμόμετρα μετρούν την αντίσταση του διαλύματος στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος ή την τάση του εναλασσόμενου ρεύματος. Αποτελούνται, συνήθως, από μια πηγή εναλασσόμενου ρεύματος (γέφυρα Wheatstone) και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν την τιμή της αγωγιμότητας.
- Απιονισμένο νερό
- απορροφητικό χαρτί

Το αγωγιμόμετρο τίθεται σε λειτουργία σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται πολλές φορές με απιονισμένο νερό και αφού σκουπιστεί καλά με το απορροφητικό χαρτί (διαδικασία που ακολουθείται πριν από κάθε μέτρηση), εμποτίζεται επαρκώς μέσα στο δείγμα που επιθυμείται να μετρηθεί. Το αγωγιμόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για αυτές τις μετρήσεις, διέθετε διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, οπότε μαζί με κάθε μέτρηση της αγωγιμότητας, λαμβανόταν παράλληλα και η τιμή της θερμοκρασίας μέτρησης.

Προσδιορισμός TDS

Υλικά και Όργανα:

- δείγματα νερού
- γυάλινα ποτήρια ζέσεως
- αναλυτικό ζυγό
- ογκομετρικό κύλινδρο
- ξηραντήριο εφοδιασμένο με χρωματικό δείκτη υγρασίας
- αποξηραντικός κλίβανος με θερμοστάτη από 0 – 222 °C

Το φίλτρο τοποθετείται στον ειδικό υποδοχέα της συσκευής διήθησης και τίθεται σε λειτουργία η αντλία κενού. Το φίλτρο ξεπλένεται με αρκετή ποσότητα αποσταγμένου νερού και η διήθηση συνεχίζεται μέχρι όπου το φίλτρο στεγνώσει. Τα διηθήματα απορρίπτονται.

Παράλληλα, ξηραίνεται μια κάψα 550 ± 50 °C, για μία ώρα σε αποτεφρωτικό κλίβανο. Η κάψα αφήνεται να κρυώσει σε ξηραντήριο και ζυγίζεται λίγο να χρησιμοποιηθεί.

Μετά από καλή ανάδευση διηθούνται 100 ml δείγματος. Μετά τη διάβαση του δείγματος η διήθηση συνεχίζεται, για 3 λεπτά ακόμα. Μεταφέροντας 100 ml διηθήματος στην προζυγισμένη κάψα και τοποθετούνται σε υδατόλουτρο, μέχρι να εξατμιστεί όλο το νερό. Στη συνέχεια, η κάψα ξηραίνεται για μία ώρα, στους 180 ± 2 °C. Η κάψα αφήνεται να κρυώσει και ζυγίζεται. Τα δύο τελευταία στάδια επαναλαμβάνονται μέχρις όπου σταθεροποιηθεί το βάρος της κάψας ή μέχρις όπου η διαφορά βάρους είναι μικρότερη από 0,5 mg.

Σε δείγματα με χαμηλή περιεκτικότητα διαλυμένων στερεών χρησιμοποιείται μεγαλύτερη ποσότητα διηθήματος.

Στη συνέχεια κάνουμε τους υπολογισμούς από την σχέση

$$\text{TDS (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 1000}{C} \quad \text{όπου A: Βάρος υπολείμματος – Βάρος κάψας}$$

B: Βάρος κάψας

C: ml του διηθήματος που χρησιμοποιήθηκαν

Προσδιορισμός Θολερότητας

Η πιο σύγχρονη μέθοδος για τον προσδιορισμό της θολερότητας η οποία και χρησιμοποιήθηκε είναι η νεφελομετρία ή νεφελομετρική μέθοδος, η οποία ενδείκνυται για χαμηλές τιμές θολερότητας. Ο προσδιορισμός της θολερότητας με αυτήν την μέθοδο γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως νεφελόμετρα ή θολερόμετρα (φορητό νεφελόμετρο Lovibond CR3210).

Υλικά και Όργανα:

- σωλήνες γυάλινοι υψηλού τύπου
- πρότυπα διαλύματα πολυμερών φορμαζίνης
- μητρικό αιώρημα φορμαζίνης
- αποσταγμένο νερό χωρίς θολερότητα
- δείγματα νερού
- θολερόμετρο ή νεφελόμετρο

Αρχικά, πρέπει να παρασκευαστούν τα πρότυπα διαλύματα πολυμερών φορμαζίνης τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη βαθμονόμηση του οργάνου. Για την παρασκευή των τελευταίων είναι απαραίτητη η παρασκευή πρωτίστως του μητρικού αιωρήματος φορμαζίνης ως εξής:

Διάλυμα 1: Διαλύεται 1 gr θειικής υδραζίνης $\{(NH_4)_2H_2SO_4\}$ σε αποσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. (ΠΡΟΣΟΧΗ!!! Η θειική υδραζίνη είναι καρκινογόνα ουσία. Να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών, η κατάποση και η επαφή με το δέρμα).

Διάλυμα 2: Διαλύονται 10gr εξαμεθυλενοτετραμίνης $\{(CH_2)_6N_4\}$ σε απεσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml, αναμιγνύονται 5 ml από το διάλυμα 1 και 5 ml από το διάλυμα 2. Το μίγμα αφήνεται για 24 ώρες στους $25 \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ και στη συνέχεια συμπληρώνεται μέχρι χαραγής με αποσταγμένο νερό. Η θολερότητα αυτού του αιωρήματος, που είναι το μητρικό αιώρημα, είναι 400 NTU και ανανεώνεται κάθε μήνα.

Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων πολυμερών φορμαζίνης:

- Αραιώνονται 10 ml του μητρικού αιωρήματος σε όγκο 100 ml με νερό χωρίς θολερότητα. Η θολερότητα αυτού του αιωρήματος είναι 40 NTU και ανανεώνεται κάθε εβδομάδα.

- Από το πρότυπο διάλυμα των 40 NTU παρασκευάζονται και άλλα πρότυπα διαλύματα με αραιώση, τα οποία ανανεώνονται κάθε εβδομάδα.

Σήμερα τα περισσότερα θολερόμετρα που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι εφοδιασμένα με σειρά πρότυπων διαλυμάτων φορμαζίνης σε σφραγισμένους σωλήνες οπότε και δεν απαιτείται η παρασκευή τους, όπως αυτό που εδώ χρησιμοποιήθηκε. Επιπλέον, είναι εφοδιασμένο με 5 χωριστές κλίμακες ανάγνωσης θολερότητας: 0-0,2, 0-1, 0-10, 0-100 και 0-1000. Οι μεγαλύτερες περιοχές πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σαν ενδεικτικές των αραιώσεων που χρειάζονται, ώστε η θολερότητα να είναι κάτω από 40 NTU.

Ακολουθεί οπτική σύγκριση των δειγμάτων του νερού που πρόκειται να μετρηθούν με τα έτοιμα πρότυπα διαλύματα πολυμερών φορμαζίνης που διατίθενται μαζί με το θολερόμετρο. Εκείνα που θεωρείται από τον εξεταστή ότι καλύπτουν την περιοχή η οποία ενδιαφέρει, μετρούνται στο θολερόμετρο και έτσι ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με τα πρότυπα διαλύματα (βαθμονόμηση του οργάνου).

Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται ως εξής:

1. Πατούνται μαζί τα πλήκτρα MODE και ZERO TEST. Κατόπιν πατείται το πλήκτρο ON/OFF για 1 sec και έπειτα αφήνεται. Στη συνέχεια αφήνονται και τα πλήκτρα MODE και ZERO TEST.

2. Αναβοσβήνει η ένδειξη T1 – CAL. Τοποθετείται στον υποδοχέα της κυψελίδας το έτοιμο πρότυπο διάλυμα T1 (τιμή θολερότητας 1 NTU) και κλείνεται το καπάκι.
3. Πατείται το πλήκτρο ZERO TEST για να ληφθεί η μέτρηση. Αν η μέτρηση που θα εμφανιστεί στην οθόνη δεν είναι ακριβώς 1 NTU, πρέπει να διορθωθεί πατώντας το πλήκτρο MODE για να αυξηθεί και το πλήκτρο ZERO TEST για να μειωθεί, έως ότου να φτάσει ακριβώς 1 NTU που είναι η τιμή που αντιστοιχεί στο διάλυμα T1.
4. Πατείται το πλήκτρο ON/OFF για να αποθηκευτεί η τιμή του πρότυπου διαλύματος στη μνήμη του θολερομέτρου.
5. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 1 – 4 για να ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση χρησιμοποιώντας και τα άλλα 3 πρότυπα διαλύματα (T2, T3 και T4). Στο βήμα 2, όταν εμφανιστεί η ένδειξη T1 – CAL με το πλήκτρο MODE θα αλλαχθεί σε ένδειξη T2 – CAL (10 NTU), T3 – CAL (100 NTU) ή T4 – CAL (1000 NTU), αναλόγως με το πρότυπο διάλυμα που χρησιμοποιείται.

Ακολουθεί οπτική σύγκριση των δειγμάτων του νερού που πρόκειται να μετρηθούν με τα έτοιμα πρότυπα διαλύματα πολυμερών φορμαζίνης που διατίθενται μαζί με το θολερόμετρο. Εκείνα που θεωρείται από τον εξεταστή ότι καλύπτουν την περιοχή η οποία ενδιαφέρει, μετρούνται στο θολερόμετρο και έτσι ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με τα πρότυπα διαλύματα (βαθμονόμηση του οργάνου). Πιο αναλυτικά για την μέτρηση κάθε δείγματος ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Άνοιγμα συσκευής μέσω του πλήκτρου ON/OFF και εμφάνιση της ένδειξης t1.
- Με το πλήκτρο MODE επιλέγεται το εύρος της μέτρησης T1, T2, T3 ή T4. Ισχύουν οι εξής αντιστοιχίες:

Εύρος μέτρησης T1 → 0 – 1 NTU

Εύρος μέτρησης T2 → 1 – 10 NTU

Εύρος μέτρησης T3 → 10 – 100 NTU

Εύρος μέτρησης T4 → 100 – 1000 NTU

- Έπειτα, τα δείγματα αναδεύονται, ώστε να γίνει τέλεια διασπορά των αιωρούμενων στερεών και αφού εξαφανιστούν οι μικρές φυσαλίδες αέρα, μεταφέρεται ορισμένη ποσότητα από κάθε δείγμα τη φορά στη γυάλινη κυψελίδα του θολερομέτρου. Πρέπει να δίνεται προσοχή κάθε φορά να είναι η κυψελίδα καθαρή, μη σκονισμένη, να ξεπλένεται πρώτα με το δείγμα και έπειτα να γεμίζεται μέχρι τη χαραγή σιγά-σιγά, ώστε να ρέει κατά μήκος του τοιχώματος της κυψελίδας και να μην δημιουργηθούν φυσαλίδες.
- Κλείνεται η κυψελίδα, σκουπίζεται με μαλακό απορροφητικό χαρτί και τοποθετείται στην ειδική εσοχή του θολερομέτρου.
- Πιέζεται το πλήκτρο ZERO TEST και το σύμβολο της μέτρησης αναβοσβήνει για 9 sec.
- Διαβάζεται απευθείας η ένδειξη που αντιστοιχεί στην κλίμακα του οργάνου.

Προσδιορισμός DO και DO%

Η μέτρηση του DO γίνεται ηλεκτρομετρικά με ειδικό πολυόργανο HACH (sensionTM156) εφοδιασμένο με το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο (μπλε ηλεκτρόδιο) πολαρογραφικού ή γαλβανικού τύπου που περιέχει θερμοευαίσθητο ρυθμιστή για διόρθωση της θερμοκρασίας και έτσι κατ' επέκταση μετατρέπεται σε οξυγονόμετρο (ηλεκτροχημική μέθοδος).

Είναι το ίδιο που χρησιμοποιήσαμε για τη μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας, μόνο που τοποθετούσαμε το κατάλληλο ηλεκτρόδιο κάθε φορά. Το ηλεκτρόδιο οξυγόνου αποτελείται από ένα σύστημα ηλεκτροδίου με άνοδο και κάθοδο, διαχωριζόμενο από το δείγμα με μια μεμβράνη, διαπερατή στο οξυγόνο.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Οξυγονόμετρο

Αρχικά ρυθμίζουμε το όργανο συμφωνά με τις οδηγίες του κατασκευαστή με αποσταγμένο νερό. Βαθμονομούμε το οξυγονόμετρο πριν από κάθε μέτρηση. Μεταφέρουμε ποσότητα δείγματος σε ποτήρι ζέσεως και στη συνέχεια καταβυθίζουμε το ηλεκτρόδιο του οξυγονομέτρου, ανακινώντας το ελαφρά μέσα στο νερό, ώστε να ληφθεί γρηγορότερα η μέτρηση. Καταγράφουμε την ένδειξη DO μαζί και τη θερμοκρασία. Τέλος πατάμε ένα πλήκτρο και μας εμφανίζεται η ένδειξη DO%.

Προσδιορισμός Σκληρότητας

Η μέθοδος προσδιορισμού της σκληρότητας που εφαρμόστηκε είναι ογκομετρική μέθοδος και βασίζεται στην από κοινού δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από τη χημική ένωση E.D.T.A (δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος → Ethylene-Diamino-Tetraacetic Acid), σε αλκαλικό περιβάλλον (pH= 10 +/- 0,1), παρουσία δείκτη Eriochrome Black T. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως μέθοδος E.D.T.A.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Γυάλινες κωνικές φιάλες των 250 ml
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 25 ml
- Ταμπλέτες σκληρότητας δείκτης Eriochrome Black T
- Σιφώνιο μέτρησης του 1 ml
- Διάλυμα αμμωνίας (NH₃)
- Προχοΐδα των 50 ml, βαθμολογημένη ανά 0.1 ml ή ισοδύναμο όργανο
- Πρότυπο διάλυμα E.D.T.A 0,01M

Σε μια κωνική φιάλη των 250 ml μεταφέρονται 25 ml δείγματος νερού με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου, προστίθεται 1 ταμπλέτα σκληρότητας και με τη βοήθεια του σιφωνίου 1 ml διαλύματος αμμωνίας NH₃ (το pH γίνεται 10), όπου και το διάλυμα χρωματίζεται μπορντώ. Αφού διαλυθεί ολοκληρωτικά η ταμπλέτα με τη βοήθεια της κυκλικής ανάδευσης του χεριού, ξεκινάει η ογκομέτρηση του δείγματος με το πρότυπο διάλυμα E.D.T.A 0,01M. Πρωτίστως, σημειώνεται η αρχική ένδειξη του διαλύματος στην προχοΐδα. Έπειτα, πραγματοποιώντας γρήγορη και έντονη ανάδευση, ογκομετρείται το διάλυμα, προσθέτοντας αργά σε σταγόνες το πρότυπο διάλυμα E.D.T.A 0,01M, έως ότου το δείγμα από μπορντό πάρει ένα έντονο κυπαρισσί χρώμα. Σημειώνεται, τότε, η τελική τιμή της ποσότητας του E.D.T.A 0,01M στην προχοΐδα. Η αρχική τιμή αφαιρείται από την τελική τιμή και έτσι υπολογίζεται η ποσότητα E.D.T.A 0,01M που έχει καταναλωθεί.

Η ολική σκληρότητα ανθρακικού ασβεστίου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Σκληρότητα mgCaCO}_3 = \frac{V_1 \times 1000}{V_2}$$

Όπου V₁: ml Πρότυπου διαλύματος E.D.T.A 0,01M που καταναλώθηκε

V₂: ml Δείγματος νερού

Προσδιορισμός Ολικών στερεών

Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών πραγματοποιείται έπειτα από εξάτμιση και ξήρανση των δειγμάτων στους 105 °C. Η διαφορά του απόβαρου του ποτηριού ζέσεως από το μικτό βάρος του ποτηριού και του στερεού υπολείμματος, μας δίνουν το βάρος του στερεού υπολείμματος.

Μετρίεται το καθαρό βάρος ενός γυάλινου ποτηριού ζέσεως στον αναλυτικό ζυγό (W_π). Στον ογκομετρικό κύλινδρο ογκομετρούνται 150 ml δείγματος νερού και μεταφέρονται στο ποτήρι ζέσεως. Τοποθετείται στον αποξηραντικό κλίβανο (στους 105 °C για αποφυγή απώλειας στερεών από πισίλισμα νερού), έως ότου να εξατμιστεί το δείγμα και να στεγνώσει.

Η επιλογή της ποσότητας του δείγματος, εξαρτάται από την περιεκτικότητα του δείγματος σε στερεά. Το βάρος του στερεού υπολείμματος στο ποτήρι ζέσεως πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 – 250 mg. Μια προσέγγιση στην περιεκτικότητα του δείγματος σε στερεά μπορεί να γίνει με μέτρηση της αγωγιμότητας.

Στη συνέχεια, το ποτήρι ζέσεως αφήνεται να κρυώσει σε ξηραντήριο και ζυγίζεται εκ νέου με προσέγγιση 0,1 mg στον αναλυτικό ζυγό (βάρος ποτηριού μετά την ξήρανση → W_μ).

Το βάρος των ολικών στερεών δίνεται, τελικά, από τη διαφορά των δυο ζυγίσεων, δηλαδή:

$$W_{TS} = W_{\mu} - W_{\pi}$$

Προσδιορισμός COD

Η μέτρηση του COD έγινε με έτοιμο kit μέτρησης (Cell Test MERCK 14560), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού που μπορεί να εφαρμοστεί σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 50 mg/l COD και φωτομέτρηση: μικρο-μέθοδος. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην οξειδωση του δείγματος με ισχυρό οξειδωτικό (διάλυμα K₂Cr₂O₇), σε όξινο περιβάλλον (εξασφαλίζεται με πυκνό H₂SO₄) και υψηλή θερμοκρασία (148 °C), παρουσία καταλύτη (Ag₂SO₄). Μετά από χώνευση του μείγματος σε υψηλή θερμοκρασία για 2 ώρες, γίνεται προσδιορισμός της περισσειας των διχρωμικών ιόντων με φωτομέτρηση στα 593 nm.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Θερμοαντιδραστήρας VELP (ειδική συσκευή μέτρησης του COD, με ενσωματωμένες υποδοχές για την τοποθέτηση των σωλήνων και ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας στους 148 °C. Συνδυάζεται με φωτόμετρο φίλτρων, για την απευθείας μέτρηση της περισσειας των διχρωμικών ιόντων).
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

Σε κάθε έτοιμο κλειστό φιαλίδιο του kit-test που περιέχει ήδη μίγμα αντιδραστηρίων, προστίθενται προσεκτικά από απόσταση 3 ml δείγματος νερού, ούτως ώστε να μην ακουμπήσει το σιφώνι στη μύτη και μολυνθεί από τα χημικά του kit-test και δεν μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί. Προσοχή! Τα αντιδραστήρια είναι ισχυρά οξειδωτικά και παράγεται θερμότητα κατά την ανάμιξή τους καίει το φιαλίδιο. Γι' αυτό, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανάμιξή τους, καθώς επίσης και την ανάδευσή τους στον αναδευτήρα. Ακόμη, χρησιμοποιείται 1 μόνο σιφώνιο για κάθε φιαλίδιο.

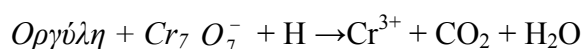
Στη συνέχεια, τα φιαλίδια τοποθετούνται στον θερμοαντιδραστήρα για 120 min (χρόνος χώνευσης) στους 148 °C (θερμοκρασία χώνευσης). Μετά το πέρας των 120 min, ο

θερμοαντιδραστήρας σφυρίζει, ειδοποιώντας, με αυτόν τον τρόπο, τον αναλυτή, ότι τα φιαλίδια είναι πλέον έτοιμα για μέτρηση. Αφήνονται 30 min να κρυσώσουν και τοποθετούνται στο φωτόμετρο στα 593 nm.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη insert «Cell or start measurement». Τοποθετείται, τότε, το φιαλίδιο στον υποδοχέα των κυλινδρικών φιαλιδίων, έως ότου να «κουμπώσει». Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη «measuring» (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Προσοχή! Τα φιαλίδια δεν τα πετάμε μετά την μέτρηση, διότι περιέχουν διαβρωτικά και τοξικά συστατικά. Μαζεύονται για ειδική επεξεργασία.

Το οξειδούμενο οργανικό τμήμα του δείγματος, υπολογίζεται ως ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου. Οι ποσότητες δειγμάτων και αντιδραστηρίων, οι κανονικότητες των αντιδραστηρίων κ.λ.π. που χρησιμοποιούνται, παίζουν μεγάλο ρόλο και πρέπει να είναι σταθερές. Σχηματικά, η συντελούμενη αντίδραση είναι:



Η παρουσία καταλύτη, εξασφαλίζει την οξείδωση ορισμένων οργανικών ενώσεων, όπως του οξικού οξέος, της κυτταρίνης κ.τ.λ. Σε ορισμένα απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, ο προσδιορισμός του COD και του ολικού άνθρακα είναι οι μόνες δυνατές μετρήσεις για την εκτίμηση του οργανικού φορτίου τους.

Προσδιορισμός Νιτρικών Ιόντων – Νιτρικό Άζωτο

Για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων (NO_3^-), χρησιμοποιείται το Spectroquant Nitrate Test (1097130001) της Merck (kit test), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού με εύρος μέτρησης 0,10 – 25 mg/l NO_3^- -N και φωτομέτρηση.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήριο NO_3^-
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector)
- Ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm
- Απορροφητικό χαρτί
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της μεθόδου, τοποθετούνται 4 ml δείγματος νερού με σιφώνιο στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου(του kit-test) που περιέχει ήδη κάποιο μίγμα αντιδραστηρίων και προστίθεται ακόμη 1 κουταλάκι αντιδραστήριο NO_3^- . Κλείνεται ο δοκιμαστικός σωλήνας και τοποθετείται στον αναδευτήρα για κάποια δευτερόλεπτα, ώστε το μίγμα να αναδευτεί καλά και να χρωματιστεί ροζ. Προσεκτικά, τοποθετείται ο σωλήνας σε stand (βάση στήριξης) διότι καίει και αφήνεται σε ηρεμία για 15 min, ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση.

Μετά το πέρας των 15 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert Cell or start measurement”. Τοποθετείται, τότε, μια καλά σκουπισμένη κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου για να

αναγνωριστεί το συγκεκριμένο kit-test που χρησιμοποιείται από αυτό. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Αφού γίνει αυτό, η κυψελίδα απομακρύνεται και το μίγμα από το δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρεται σε μια ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί καλά με απορροφητικό χαρτί, τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου και φωτομετρείται στα 505 nm. Εμφανίζεται η ένδειξη «measuring» (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η συγκέντρωση η οποία μετράται (β), χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η ποσότητα NO_3^- στο δείγμα.

Προσδιορισμός Αμμωνιακών Ιόντων – Αμμωνιακού Αζώτου

Για τον προσδιορισμό των αμμωνιακών ιόντων (NH_4^+), χρησιμοποιείται το Ammonium reagent test MERCK 14752 (kit-test), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού με εύρος μέτρησης 0,05 – 3,00 mg/l NH_4^+ -N και φωτομέτρηση.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήρια $\text{NH}_4\text{-B}$, $\text{NH}_4\text{-2B}$, $\text{NH}_4\text{-3B}$
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector)
- Ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm
- Απορροφητικό χαρτί
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της μεθόδου, τοποθετούνται 5 ml δείγματος νερού με σιφώνιο στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου(του kit-test) που δεν περιέχει κάποιο μίγμα αντιδραστηρίων. Προστίθεται ακόμη 0,6 ml $\text{NH}_4\text{-B}$ και ο δοκιμαστικός σωλήνας κλείνεται και τοποθετείται στον αναδευτήρα για κάποια δευτερόλεπτα, ώστε το μίγμα να αναδευτεί καλά. Προστίθεται, επιπλέον, 1 κουταλάκι αντιδραστήριο $\text{NH}_4\text{-2B}$ και ακολουθεί πάλι ανάδευση για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Έπειτα, ο σωλήνας αφήνεται σε stand (βάση στήριξης) σε ηρεμία για 5 min για να πραγματοποιηθεί η χημική αντίδραση. Στη συνέχεια, προστίθενται 4 σταγόνες αντιδραστηρίου $\text{NH}_4\text{-3B}$, ακολουθεί πάλι ανάδευση και αφήνεται ξανά σε ηρεμία για άλλα 5 min.

Μετά το πέρας των 5 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη «insert Cell or start measurement». Τοποθετείται, τότε, μια καλά σκουπισμένη κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου για να αναγνωριστεί το συγκεκριμένο kit-test που χρησιμοποιείται από αυτό. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Αφού γίνει αυτό, η κυψελίδα απομακρύνεται και το μίγμα από το δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρεται σε μια ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί καλά με απορροφητικό χαρτί, τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου και φωτομετρείται στα 690 nm, όταν έχει πάρει ένα πράσινο χρώμα. Εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Προσδιορισμός Φωσφορικών ιόντων

Για τη μέτρηση των ορθοφωσφορικών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit test, το Phosphate Reagent Test MERCK 14848.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Σιφόνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήρια P-1A, P-2A
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector)
- Ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm
- Απορροφητικό χαρτί
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της μεθόδου, τοποθετούνται 5 ml δείγματος νερού με σιφόνιο στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου (του kit-test) που δεν περιέχει κάποιο μίγμα αντιδραστηρίων. Προστίθενται ακόμη 5 σταγόνες του αντιδραστηρίου P-1A και ακολουθεί σύντομη ανάδευση. Στη συνέχεια, προστίθεται επιπλέον 1 κουταλάκι (1 δόση) αντιδραστήριο P-2A και ακολουθεί πάλι ανάδευση, έως ότου διαλυθεί το ίζημα. Έπειτα, ο σωλήνας αφήνεται σε stand (βάση στήριξης) σε ηρεμία για 5 min για να πραγματοποιηθεί η χημική αντίδραση και το διάλυμα να πάρει ένα σιέλ χρώμα.

Μετά το πέρας των 5 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Τοποθετείται, τότε, μια καλά σκουπισμένη κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου για να αναγνωριστεί το συγκεκριμένο kit-test που χρησιμοποιείται από αυτό. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Αφού γίνει αυτό, η κυψελίδα απομακρύνεται και το μίγμα από το δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρεται σε μια ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί καλά με απορροφητικό χαρτί, τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου και φωτομετρείται στα 710 nm. Εμφανίζεται η ένδειξη «measuring» (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Προσδιορισμός Θεϊκών ιόντων

Για τον προσδιορισμό των θεϊκών ιόντων ($S O_4^{2-}$), χρησιμοποιήθηκε έτοιμο kit μέτρησης που αποτελεί μια ημιποσοτική μέθοδο προσδιορισμού (χρωματομετρικός προσδιορισμός).

Υλικά Και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Σιφόνιο μέτρησης των 5 ml (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήριο 1
- Αντιδραστήριο 2 (ιωδικό βόριο)
- Υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40 °C
- Αντιδραστήριο 3
- Αντιδραστήριο 4
- Φίλτρο
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

Με σιφώνιο των 5 ml λαμβάνονται από το δείγμα νερού 2,5 ml και τοποθετούνται στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου. Στη συνέχεια, προστίθενται 2 σταγόνες από το αντιδραστήριο 1 (κατακρημνίζει τα SO_4^{2-} και αφού αναδευτεί καλά προστίθεται ακόμα 1 κουταλάκι αντιδραστήριο 2 (αντιδρά με τα θειικά που έχουν κατακρημνιστεί και είναι ιωδικό βόριο). Για μια φορά ακόμα, αναδεύεται καλά και αφήνεται για 5 min σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40 °C για να αντιδράσει. Η ανάδευση δεν σταματάει, αλλά πραγματοποιείται σε συχνά χρονικά διαστήματα.

Μετά το πέρας των 5 min, προστίθενται 2,5 ml από το αντιδραστήριο 3 (αντιδρά με το αντιδραστήριο 2 προς σχηματισμό θειικού βορίου), αναδεύεται ξανά το μίγμα και έπειτα, φιλτράρεται όλο το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα με απλό ηθμό και μεταφέρεται σε έναν άλλο δοκιμαστικό σωλήνα.

Στο φιλτραρισμένο δείγμα, πλέον, προστίθενται 4 σταγόνες από το αντιδραστήριο 4 (χρωστική-τανίνη: δίνει ένα καφε-κόκκινο χρώμα) και αναδεύεται. Ο δοκιμαστικός σωλήνας, τέλος, αφήνεται για άλλα 7 min στο υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40 °C και μετά το πέρας αυτού του χρόνου, παρατηρείται το χρώμα που έχει αποκτήσει, συγκρίνεται με το σταθερό χρώμα και με τη βοήθεια του χρωματικού χάρτη της μεθόδου προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα.

Προσδιορισμός Χλωριόντων

Ο προσδιορισμός των χλωριόντων (Cl^-), πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του νιτρικού αργύρου ή μέθοδος Mohr όπως είναι γνωστή.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα χρωμικού καλίου K_2Cr_4 2% (2 gr χρωμικό κάλιο ή αλλιώς potassium chromate σε 100 ml απιονισμένο νερό) δείκτης
- Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01492M (προσθέτουμε 8,4935gr $AgNO_3$ σε 500 ml απιονισμένο νερό)
- Σιφώνιο μέτρησης του 1 ml
- Γυάλινη κωνική φιάλη των 250 ml
- Προχοΐδα των 50 ml, βαθμολογημένη ανά 0.1 ml ή ισοδύναμο όργανο
- Χωνί διήθησης

Αρχικά, προετοιμάζονται τα δείγματα που θα χρησιμοποιηθούν:

A) Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01N: Αναμιγνύονται πάντα σε σκουρόχρωμο μπουκάλι (κωνική φιάλη των 500 ml) 50 ml από το διάλυμα $AgNO_3$ 0,1M και απιονισμένο νερό.

B) Τυφλό διάλυμα: (φτιάχνεται μόνο την πρώτη φορά). Σε κωνική φιάλη των 250 ml προστίθενται 50 ml απιονισμένο νερό, 2 ml K_2Cr_4 2% και 0,5gr $CaCO_3$ για να δημιουργηθεί αιώρημα. Στη συνέχεια, προστίθεται $AgNO_3$ 0,01N σε σταγόνες και ξεκινά η ογκομέτρηση, μέχρι να εμφανισθεί το κεραμιδί χρώμα. Ο όγκος αυτός του πρότυπου διαλύματος του $AgNO_3$ 0,01N πρέπει να αφαιρείται από τον κάθε καταναλισκόμενο όγκο διαλύματος $AgNO_3$. Η συνήθης τιμή του λευκού είναι 0,2 – 0,3 ml.

Προτού ξεκινήσει η ογκομέτρηση του δείγματος πρέπει να αποφασιστεί αν θα πραγματοποιηθεί αραιώση. Αραιώση πραγματοποιείται όταν η συγκέντρωση χλωριόντων ή άλλων ιόντων στο διάλυμα είναι πολύ μεγάλη, γεγονός που μπορεί να υπολογιστεί από τη μέτρηση της αγωγιμότητας του δείγματος. Τα χλωριόντα, με άλλα λόγια, σχετίζονται με την αγωγιμότητα, (όσο η αγωγιμότητα αυξάνει, τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση των χλωριόντων), και εμπειρικά μπορεί ο αναλυτής να αποφασίσει αν θα πραγματοποιήσει αραιώση ή όχι. Συνήθως, όταν η αγωγιμότητα είναι μεγαλύτερη από 850 $\mu S/cm$ το δείγμα αραιώνεται και εφαρμόζεται ως επί το πλείστον αραιώση 1:2 (10 ml δείγμα + 10 ml απιονισμένο νερό) ή 1:5 (10 ml δείγμα + 50 ml απιονισμένο νερό).

Έπειτα, ακολουθεί η ογκομέτρηση του δείγματος:

Σε κωνική φιάλη των 250 ml τοποθετούνται 25 ml δείγματος νερού [είτε 12,5 ml δείγμα και 12,5 ml απιονισμένο νερό (αραίωση 1:2), είτε 10 ml δείγμα και 50 ml απιονισμένο νερό (αραίωση 1:5), αν και όπου απαιτείται αραίωση]. Χρησιμοποιώντας το σιφόνιο του 1 ml, προστίθεται 1 ml χρωμικό κάλιο (K_2Cr_4 2%) και το διάλυμα χρωματίζεται κίτρινο.

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια χωνιού, ξεπλένεται η προχοΐδα πρώτα με απιονισμένο νερό και έπειτα με το πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου $AgNO_3$ 0,01N που είναι και το διάλυμα με το οποίο θα συμπληρωθεί η προχοΐδα και θα ογκομετρηθεί το μίγμα. Προτού ξεκινήσει η ογκομέτρηση, σημειώνεται η αρχική τιμή της ποσότητας του $AgNO_3$ 0,01N στην προχοΐδα. Έπειτα, πραγματοποιώντας γρήγορη και έντονη ανάδευση ογκομετρείται το διάλυμα προσθέτοντας αργά σε σταγόνες το πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου $AgNO_3$ 0,01N. Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου εμφανιστεί ένα κεραμιδί – πορτοκαλί χρώμα. Σημειώνεται, τότε, η τελική τιμή της ποσότητας του $AgNO_3$ 0,01N στην προχοΐδα. Η αρχική τιμή αφαιρείται από την τελική τιμή και έτσι υπολογίζεται η ποσότητα $AgNO_3$ 0,01N που έχει καταναλωθεί.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για 1 ακόμη φορά και μαζί με τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης του λευκού διαλύματος υπολογίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα του δείγματος σε χλωριόντα μέσω του τύπου:

$$Cl^- \text{ mg/l} = \frac{(A - B) \times N \times 35,450}{C}$$

Όπου: A = ml διαλύματος $AgNO_3$ 0,01N που καταναλώθηκαν για το δείγμα συνολικά και για τις 2 ογκομετρήσεις.

B = ml διαλύματος $AgNO_3$ 0,01N που καταναλώθηκαν για το λευκό δείγμα (= 0,1 ml).

N = η κανονικότητα του διαλύματος $AgNO_3$ (= 0,01N).

C = ml δείγματος.

Η περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{mg NaCl/L} = (\text{mg Cl/L}) \times 1,65$$

Προσδιορισμός Ολικών Κολοβακτηρίων (Total Coliforms)

Ο προσδιορισμός των ολικών κολοβακτηρίων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των μεμβρανών. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην κατακράτηση (διήθηση ορισμένου όγκου δείγματος) σε μεμβράνη όλων των μικροοργανισμών, με μέγεθος μεγαλύτερο των 0,45μ (διάμετρος πόρου της μεμβράνης), που περιέχονται στο διηθούμενο δείγμα και ανάπτυξη των κολοβακτηρίων σε αποικίες, με την χρησιμοποίηση εκλεκτικού υποστρώματος και την επώασή τους σε κατάλληλη θερμοκρασία. Ο προσδιορισμός των ολικών κολοβακτηρίων γίνεται με απευθείας καταμέτρηση των αναπτυσσόμενων (σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος) αποικιών στη μεμβράνη και αναγωγή του αριθμού τους στον όγκο που διηθήθηκε.

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού σε γυάλινες αποστειρωμένες φιάλες
- Σκόνη Membrane Sulfate Broth (Θεικό άλας του Λαουρικού οξέος) βρέθηκε ότι είναι το καταλληλότερο υπόστρωμα στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν επαρκώς τα ολικά κολοβακτηρίδια, γι' αυτό και προτείνεται για την καταμέτρησή τους σε δείγματα νερού και αποβλήτων
- Απιονισμένο νερό

- Κλίβανος αποστείρωσης
- Τριβλία Petri διαμέτρου 50 mm πλαστικά αποστειρωμένα μιας χρήσης
- Προαποστειρωμένα μαγνητικά φίλτρα κυτταρίνης (Gelman) διαμέτρου 0,45μm με οριζόντιες και κάθετες διαγραμμίσεις (τετραγωνάκια) για την εύκολη καταμέτρηση των αποικιών
- Συσκευή διήθησης συνδεδεμένη με αντλία αέρα
- Λαβίδα
- Αιθυλική αλκοόλη (οινόπνευμα)
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 100 ml
- Θάλαμος επώασης
- Αναπτήρας
- Ποτηράκι ζέσεως
- Δοχείο παρασκευής θρεπτικού υλικού (καθαρές, προαποστειρωμένες, γυάλινες φιάλες κατάλληλης χωρητικότητας. Προτιμούνται οι κωνικές φιάλες που διαθέτουν μεταλλικά ή βιδωτά καπάκια, ώστε να είναι δυνατή η ικανοποιητική ανάμιξη του θρεπτικού υλικού και εύκολη η αποθήκευση).

Παρασκευή του θρεπτικού υποστρώματος: Διαλύονται 3,048 gr σκόνης Membrane Sulfate Broth (Θειικό άλας του Λαουρικού οξέος) σε 40 ml απιονισμένο νερό σε κατάλληλο δοχείο παρασκευής, ποσότητα αρκετή για την ανάλυση περίπου 10 δειγμάτων νερού με 4 ml θρεπτικό υπόστρωμα κατά προσέγγιση στο κάθε τριβλίο. Το δοχείο με το μείγμα στη συνέχεια, τοποθετείται στον κλίβανο αποστείρωσης για 10 min στους 115 °C. Μετά το πέρας των 10 min, το θρεπτικό υλικό κόκκινου χρώματος διαμοιράζεται στα τριβλία Petri αμέσως προτού κρυώσει και σταθεροποιηθεί!! Έπειτα, αφήνεται να περάσει τόσο χρονικό διάστημα όσο είναι απαραίτητο, ώστε το θρεπτικό υπόστρωμα να κρυώσει και να σταθεροποιηθεί, προτού αρχίσει η πραγματοποίηση των διαδοχικών διηθήσεων.

Πραγματοποίηση αραιώσεων: Αρχικά, κάτω από κάθε τριβλίο σημειώνεται ο αριθμός του δείγματος και η τοποθεσία από την οποία πάρθηκε το δείγμα νερού. Έπειτα, ανακινούνται καλά τα δείγματα πριν από τη χρήση τους και εκτελούνται αραιώσεις όπου αυτό είναι απαραίτητο. Συγκεκριμένα, στο δείγμα 1 δεν πραγματοποιείται καμία αραιώση (100 ml δείγματος νερού), στα δείγματα 2 – 7 πραγματοποιούνται 2 αραιώσεις 1:2 (50 ml δείγμα + 50 ml απιονισμένο νερό) και 1:10 (10 ml δείγμα + 90 ml απιονισμένο νερό) και στο δείγμα 8 πραγματοποιούνται επίσης 2 αραιώσεις 1:2 και 1:10, αλλά εφαρμόζεται η διήθηση και σε μη αραιωμένο δείγμα.

Πραγματοποίηση διαδικασίας διήθησης: Με αποστειρωμένη λαβίδα (όπου τα άκρα της έχουν εμποτιστεί σε αιθυλική αλκοόλη που περιέχεται σε ποτηράκι ζέσεως και έχουν καεί με αναπτήρα → δημιουργία φλόγας → αποστείρωση), τοποθετείται ένα αποστειρωμένο φίλτρο κυτταρίνης πάνω στην πορώδη επιφάνεια της βάσης της υποδοχής της συσκευής διήθησης. Στη συνέχεια, το χωνί προσαρμόζεται μαγνητικά πάνω στη βάση με το φίλτρο. Με αποστειρωμένο ογκομετρικό κύλινδρο μεταφέρονται 100 ml (αραιωμένα ή μη ανάλογα με το δείγμα) δείγματος νερού στη συσκευή διήθησης και η αντλία αέρος τίθεται σε λειτουργία. Μετά τη διήθηση του δείγματος, το χωνί ξεπλένεται 3 φορές με διήθηση 20 – 30 ml απιονισμένου νερού κάθε φορά. Προτού να στεγνώσει εντελώς το φίλτρο, διακόπτεται η λειτουργία της αντλίας, απομακρύνεται το χωνί και με αποστειρωμένη λαβίδα το φίλτρο μεταφέρεται και εφαρμόζεται προσεκτικά πάνω στο θρεπτικό υπόστρωμα ενός τριβλίου Petri, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην εγκλωβιστεί αέρας μεταξύ του θρεπτικού υποστρώματος και του φίλτρου. Τα τριβλία, στη συνέχεια, αναστρέφονται και επωάζονται σε θάλαμο επώασης στους 37 °C για 24 – 28 hours (ή 14 – 20 hours, αν πρέπει να διεξαχθούν όσο το δυνατόν γρηγορότερα αποτελέσματα).

Καταμέτρηση των αποικιών: Το τελικό στάδιο αυτής της πειραματικής διαδικασίας είναι η καταμέτρηση των αποικιών κόκκινου χρώματος που έχουν δημιουργηθεί μετά την επώαση και η διεξαγωγή συμπερασμάτων. Ο ιδανικός αριθμός αποικιών ανά φίλτρο είναι μεταξύ 20 και 80. Αν ο αριθμός αποικιών ανά τριβλίο είναι υψηλότερος και οι αποικίες αλληλοκαλύπτονται, τότε η πειραματική διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί, χρησιμοποιώντας υψηλότερες αραιώσεις. Η σχέση που χρησιμοποιείται είναι η εξής:

$$\text{Ολικός αριθμός TC/100ml} = \frac{\text{cfuTC που μετρήθηκαν} \times 100}{\text{ml δείγματος που διηθήθηκαν}}$$

Προσδιορισμός Κοπρικών Κολοβακτηρίων (Escherichia coli)

Για τον προσδιορισμό της E.coli η μέθοδος που ακολουθήθηκε, καθώς επίσης και ο τρόπος δειγματοληψίας και συντήρησης του δείγματος, οι παρεμποδιστικές ουσίες και τα υλικά (στις ίδιες ποσότητες και αναλογίες) και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ακριβώς τα ίδια με τον τρόπο προσδιορισμού των ολικών κολοβακτηρίων (TC). Πανομοιότυπη είναι και η πειραματική διαδικασία που εφαρμόστηκε, με τη μόνη διαφοροποίηση να παρατηρείται κατά την επώαση των τριβλίων, η οποία πραγματοποιείται στους 44 °C για 14 hours, ενώ ακολουθεί η καταμέτρηση των αποικιών κόκκινου, επίσης, χρώματος.

Η παρουσία κοπρικών κολοβακτηρίων 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.

Ο προσδιορισμός των κοπρικών κολοβακτηρίων και συγκεκριμένα της E.coli η οποία θεωρείται πρωτεύον δείκτης της μικροβιακής μόλυνσης των επεξεργασμένων και ανεπεξέργαστων νερών με τη μέθοδο των μεμβρανών, γίνεται σε εμπλουτισμένο θρεπτικό υλικό λακτόζης και σε θερμοκρασία επώασης 44 °C για 14 hours. Η μέθοδος αυτή είναι εκλεκτική, σε ποσοστό 93%, στο διαχωρισμό των κοπρικής προέλευσης κολοβακτηρίων από εκείνα που προέρχονται από άλλες πηγές.

Η συχνή απάντηση της E.coli στα κόπρανα όλων των θηλαστικών σε μεγάλες ποσότητες σε συνδυασμό με την απλότητα των μεθόδων προσδιορισμού της, την «κατέστησαν» θεμέλιο λίθο για την μικροβιολογική ποιότητα των νερών τα τελευταία 100 χρόνια. Τα χαρακτηριστικά επιβίωσής της και η ευαισθησία της στην απολύμανση είναι παρόμοια με αυτά πολλών άλλων παθογόνων βακτηρίων π.χ. «Salmonella», «Shigella» κ.τ.λ. Δεν πολλαπλασιάζεται σε επεξεργασμένα νερά. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις που η E.coli δεν είναι κατάλληλος δείκτης επιφανειακής μόλυνσης. Παρ' όλα αυτά, παραμένει ο καλύτερος βιολογικός δείκτης για τα πόσιμα νερά και την προστασία της δημόσιας υγείας. Σύμφωνα με την νομοθεσία, στο εμφιαλωμένο νερό οι αποικίες της E.coli πρέπει να είναι <1 αποικία/ 250 ml δείγματος.

Προσδιορισμός Κοπρικών Στρεπτόκοκκων – Εντερόκοκκων (Streptococcus Faecalis)

Για τον προσδιορισμό των κοπρικών στρεπτόκοκκων-εντερόκοκκων η μέθοδος που ακολουθήθηκε, καθώς επίσης και ο τρόπος δειγματοληψίας και συντήρησης του δείγματος και οι παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί της μεθόδου είναι ακριβώς τα ίδια με τον τρόπο προσδιορισμού των ολικών κολοβακτηρίων (TC) και των κοπρικών κολοβακτηρίων (E.coli). Πανομοιότυπη είναι και η πειραματική διαδικασία που εφαρμόστηκε, με τη μόνη διαφοροποίηση να παρατηρείται κατά την παρασκευή του θρεπτικού υποστρώματος, όπου χρησιμοποιήθηκαν 1,74 gr σκόνης Slanetz and Bartley Medium αναμιγμένα με 40 ml αποιονισμένο νερό και κατά την επώαση των τριβλίων, η οποία πραγματοποιήθηκε στους 38 °C για 48 hours, ενώ ακολουθεί η καταμέτρηση των αποικιών κίτρινου χρώματος αυτή τη φορά.

Προσδιορισμός Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD)

Ο προσδιορισμός του BOD (αρχικά του αγγλοσαξονικού όρου Biochemical Oxygen Demand), αποτελεί μια από τις παλαιότερες και πιο συχνά εφαρμοζόμενες μεθόδους για την εκτίμηση της οργανικής κυρίως ρύπανσης από λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα σε φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια κτλ), τον σχεδιασμό και τον έλεγχο συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων κ.τ.λ.

Η μέτρηση του BOD έγινε μανομετρικά με την ειδική συσκευή μέτρησης BOD Lovibond (ειδικές σκουρόχρωμες φιάλες που φέρουν μανομετρικές κεφαλές με ψηφιακούς αισθητήρες).

Υλικά και Όργανα:

- Δείγματα νερού
- Γυάλινες κωνικές φιάλες των 500 ml (όσες και τα δείγματα νερού)
- Μαγνητικές ράβδους ανάδευσης μεσαίου μεγέθους
- pH-μετρο
- αναδευτήρας
- διάλυμα HCl 0,1 N
- σταγονόμετρο
- ψαρά
- απιονισμένο νερό
- γυάλινη σφαιρική φιάλη των 428 ml
- χωνί διήθησης
- πλαστικές θήκες από καουτσούκ μαύρου χρώματος
- NaOH (S13) σε κόκκους ή κάποια άλλη βάση
- Τσιμπίδα
- Ειδική συσκευή μέτρησης BOD (σκουρόχρωμες φιάλες BOD και ειδικές μανομετρικές κεφαλές που φέρουν ψηφιακούς αισθητήρες)
- Σκοτεινός επωαστικός θάλαμος, με ελεγχόμενη θερμοκρασία για ρύθμιση στους $20 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θάλαμος ψύξης ($0 - 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$) για τη μεταφορά και συντήρηση των δειγμάτων

Κάθε γυάλινη κωνική φιάλη των 500 ml αντιστοιχεί σε ένα δείγμα νερού και η διαδικασία είναι η ίδια για όλα τα δείγματα.

Τοποθετείται σε μια γυάλινη κωνική φιάλη των 500 ml μια μαγνητική ράβδος ανάδευσης και στη συνέχεια η φιάλη γεμίζεται με το εκάστοτε μετρούμενο δείγμα νερού λίγο πιο πάνω από τη χαραγή των 500 ml.

Έπειτα, η φιάλη τοποθετείται στον αναδευτήρα ο οποίος τίθεται σε λειτουργία και αφού ρυθμιστεί το pH-μετρο και ξεπλυθεί το ηλεκτρόδιο με απιονισμένο νερό, πραγματοποιείται μέτρηση του pH. Είναι επιθυμητό το pH να βρίσκεται εντός συγκεκριμένου εύρους τιμών, μεταξύ 6,5 – 7,5 και όσο το δυνατόν πιο κοντά στο 7, διότι αυτό θεωρείται το καταλληλότερο εύρος τιμών για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου και την εξαγωγή καλύτερων αποτελεσμάτων. Αν το pH έχει μεγαλύτερη τιμή από το επιθυμητό, τότε αυτό ρυθμίζεται με την προσθήκη διαλύματος HCl 0,1 N με το σταγονόμετρο.

Αφού ολοκληρωθεί η ρύθμιση του pH, κλείνεται ο αναδευτήρας και απομακρύνεται η φιάλη. Χρησιμοποιώντας τον ψαρά, έπειτα, απομακρύνεται και η μαγνητική ράβδος ανάδευσης και γεμίζεται με το διάλυμα μια γυάλινη σφαιρική φιάλη των 428 ml μέχρι να ξεχειλίσει, με τη βοήθεια χωνιού διήθησης. Ακολουθεί η μεταφορά του στην ειδική φιάλη BOD μαζί με μια μαγνητική ράβδο ανάδευσης.

Στο στόμιο της ειδικής φιάλης BOD τοποθετείται η πλαστική θήκη από καουτσούκ και μέσα σ' αυτήν 2 ταμπλέτες NaOH με τη βοήθεια της τσιμπίδας. Εν συνεχεία, τοποθετούνται και οι ειδικές κεφαλές χωρίς να βιδωθούν και οι φιάλες μεταφέρονται στο ψυγείο για 30 min.

Μετά το πέρας της μισής ώρας, οι κεφαλές κλείνονται ερμητικά, διότι το σύστημα πρέπει να είναι εντελώς αεροστεγές και πατώνται ταυτόχρονα τα 2 κουμπάκια τους S και M για 2 sec, έτσι ώστε να δείξουν την ένδειξη 00 (σβήσιμο αποθηκευμένων τιμών). Αφήνονται τα κουμπιά S και M και έτσι η μέτρηση του BOD έχει ενεργοποιηθεί. Στο τέλος, η φιάλη τοποθετείται στο φούρνο σε μια βάση στήριξης στους $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ με συνεχή ανάδευση και επωάζεται για 5 ημέρες. Μια σταθερή γνωστή θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική, καθώς κάθε απόκλιση ή διακύμανση από τους $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ θα επηρεάσει τα αποτελέσματα (μια απόκλιση $1 - 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ μπορεί να προκαλέσει τιμές BOD που αποκλίνουν $5 - 10\%$).

Η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα του BOD καταγράφει μια μέτρηση κάθε 24 ώρες, η οποία αποθηκεύεται αυτόματα στη μνήμη και πατώντας το κουμπί M για 1 sec εμφανίζεται η τιμή της τρέχουσας ημέρας. Μετά από 5 ημέρες οι τιμές θα έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του αισθητήρα και πατώντας διαδοχικά το κουμπί S αυτές θα εμφανίζονται σε χρονολογική σειρά:

- Πατιέται 1 φορά το S → η οθόνη δείχνει μια παύλα
- Πατιέται γρήγορα άλλη μια φορά το S → η οθόνη δείχνει την ημέρα της μέτρησης και ακολουθεί η τιμή μέτρησης γι' αυτήν την ημέρα
- Πατώντας ξανά το S εμφανίζονται οι τιμές για τις υπόλοιπες 5 ημέρες

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Η τιμή του BOD για μια συγκεκριμένη ημέρα πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερη από την τιμή της προηγούμενης ημέρας.
- Η αύξηση του BOD με το χρόνο δεν είναι γραμμική, αλλά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.
- Αν για τις πρώτες ημέρες της επώασης παρατηρηθεί μια περίπου γραμμική αύξηση του BOD, το δείγμα θα έχει μια υψηλότερη τιμή BOD από αυτήν που είχε αρχικά εκτιμηθεί και χρειάζεται να επιλεγθεί μεγαλύτερο εύρος.
- Αν η τιμή του BOD ελαττώνεται από την μια ημέρα στην άλλη το σύστημα πρέπει να ελέγχει για διαρροή.

Προσδιορισμός των Συγκεντρώσεων Ca^{2+} , Na^+ , K^+

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συγκεντρώσεων Ca^{2+} , Na^+ και K^+ χρησιμοποιήθηκε η φλογοφωτομετρική μέθοδος και μάλιστα η χρήση των φασμάτων εκπομπής σε φλόγα, με όργανο το φλογοφωτόμετρο.

Υλικά και Όργανα:

- Φλογοφωτόμετρο με κατάλληλα οπτικά φίλτρα για τον προσδιορισμό Ca^{2+} , Na^+ και K^+
- Πρότυπα διαλύματα Ca^{2+} διαφόρων συγκεντρώσεων (από 0,00 – 100,00 ppm)
- Πρότυπα διαλύματα Na^+ διαφόρων συγκεντρώσεων (από 0,00 – 10,00 ppm)
- Πρότυπα διαλύματα K^+ διαφόρων συγκεντρώσεων (από 0,00 – 10,00 ppm)
- Υπερκάθαρο νερό

Αρχικά, ανοίγεται το φλογοφωτόμετρο και δημιουργείται η φλόγα (ανοίγεται η βαλβίδα της φιάλης προπανίου η οποία είναι συνδεδεμένη στο φλογοφωτόμετρο, ούτως ώστε να τροφοδοτήσει με την απαραίτητη ποσότητα καυσίμου το όργανο και πατώντας έναν ειδικό διακόπτη πάνω στο φλογοφωτόμετρο δημιουργείται η φλόγα). Αφήνεται το όργανο για 30 min να σταθεροποιηθεί η φλόγα και έπειτα πραγματοποιείται η βαθμονόμησή του.

Η διαδικασία της βαθμονόμησης του οργάνου στηρίζεται στην αρχή του ψεκασμού της φλόγας του οργάνου (η οποία έχει μπλε χρώμα), διαμέσου ενός σωλήνα πάρα πολύ μικρής διαμέτρου, με τα πρότυπα διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων των στοιχείων που επιθυμείται να μετρηθούν, καθώς επίσης και ενός τυφλού διαλύματος (περιέχει διάφορες ουσίες πλην αυτής που επιθυμείται). Η φλόγα με αυτόν τον τρόπο, χρωματίζεται με ένα συγκεκριμένο χρώμα που είναι χαρακτηριστικό για κάθε ένωση και οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια της ένωσης η οποία μπαίνει στη φλόγα διασπώνται σε άτομα. Τα άτομα διεγείρονται και κατά την αποδιέγερσή τους παρατηρείται εκπομπή ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται (δηλαδή το χρώμα της φλόγας) εξαρτάται από τη φύση του στοιχείου που εισέρχεται στο χώρο της φλόγας. Αυτή η εκπομπή σε συγκεκριμένο μήκος κύματος μπορεί να απομονωθεί με τη χρήση κατάλληλων οπτικών φίλτρων και να ανιχνευθεί από έναν φωτοανιχνευτή. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται είναι το μέτρο της συγκέντρωσης του στοιχείου στο δείγμα που εισάγεται στη φλόγα. Το οπτικό σύστημα που χρησιμοποιείται στα φλογοφωτόμετρα αποτελείται από φίλτρα απορρόφησης και ως φωτοανιχνευτές χρησιμοποιούνται φωτοστοιχεία.

Επιλέγεται η ουσία που θα πραγματοποιηθεί η μέτρηση από ένα διακόπτη ψηλά στο φλογοφωτόμετρο (Ca^{2+} , Na^+ ή K^+). Έστω ότι επιλέγεται το Ca^{2+} .

Έπειτα, από μια ροδέλα ρυθμίζεται το εύρος των τιμών της ουσίας που πρόκειται να μετρηθεί και σταθεροποιείται η τιμή 0 με τη χρήση υπερκάθαρου νερού «κερασμένου» σε ποτηράκι ζέσεως (τυφλό διάλυμα), το οποίο τοποθετείται στην ειδική εσοχή του φλογοφωτόμετρου. Το ειδικό σωληνάκι της συσκευής εμποτίζεται επαρκώς μέσα στο υπερκάθαρο νερό και έτσι «ρουφάει» μια επαρκή ποσότητα νερού (περίπου 3 – 6 ml/min), η οποία ραντίζει τη φλόγα του οργάνου. Η φλόγα με τη σειρά της, χρωματίζεται με ένα συγκεκριμένο χρώμα που είναι χαρακτηριστικό για το υπερκάθαρο νερό (εδώ απλά γίνεται πιο έντονη μπλε) και οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια της ένωσης η οποία μπαίνει στη φλόγα διασπώνται σε άτομα, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται η βαθμονόμηση, χρησιμοποιώντας τα πρότυπα διαλύματα του Ca^{2+} διαφόρων συγκεντρώσεων και καταγράφονται οι ενδείξεις του οργάνου για καθένα από αυτά.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά φθάνοντας στο τέλος της εκπόνησης της συγκεκριμένης μελέτης θα εξετάσουμε φθάνοντας στο δια ταύτα, δηλαδή την καταλληλότητα και χρήση των υπόγειων νερών στην παράκτια περιοχή της Χαλέπας.

Αξιολογώντας τις παραμέτρους παρατηρούμε:

Για το δείγμα Πηγή Αγίας Κυριακής στις παραμέτρους *Αμμωνιακά ιόντα*, *Θειικά ιόντα* και *BOD* είχαμε μία τουλάχιστον μέτρηση που ξεπερνούσε τα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με την νομοθεσία για την καταλληλότητα του νερού ως πόσιμο. Για τις υπόλοιπες παραμέτρους οι μετρήσεις βρίσκονταν μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Για το δείγμα Τιμής Ένεκεν έχουμε τα εξής. Για τις παραμέτρους *Θειικά ιόντα*, *Φωσφορικά ιόντα*, *BOD* και *Αμμωνιακά ιόντα* οι μετρήσεις μας ξεπέρασαν το επιτρεπτά όρια σύμφωνα με την νομοθεσία. Για τις υπόλοιπες παραμέτρους οι ενδείξεις ήταν θετικές για την χρησιμότητα του νερού ως πόσιμο.

Για το δείγμα Παντελάκης οι μετρήσεις μας ήταν ενδεικτικές για την ποιότητα του. Πλην του *BOD* και των *Θεικών ιόντων* που οι μετρήσεις μας έδειξαν λίγο παραπάνω από τα επιτρεπτά όρια στις υπόλοιπες παραμέτρους οι ενδείξεις ήταν καλές.

Για το δείγμα Καλαϊντζάκης οι παράμετροι *Αμμωνιακά ιόντα*, *Φωσφορικά ιόντα*, *θειικά ιόντα* και *BOD* οι μετρήσεις μας έδειξαν παραπάνω από τα επιτρεπτά όρια.

Τέλος για το δείγμα Ταμπακαριά στις παραμέτρους *Αγωγιμότητα*, *Αμμωνιακά ιόντα*, *θειικά ιόντα*, *χλωριόντα* και *BOD* οι μετρήσεις μας έδειξαν παραπάνω από τα επιτρεπτά όρια της νομοθεσίας.

Αν τα αξιολογήσουμε όλα τα δεδομένα τότε πιο καθαρό νερό θεωρείται το δείγμα Πηγή Αγ. Κυριακής και το πιο ακατάλληλο θεωρείται το δείγμα Τιμής Ένεκεν. Πλην ελάχιστων εξαιρέσεων όπου στα δείγματα ανιχνεύσαμε πολύ μεγάλες αποκλίσεις από τα επιτρεπτά όρια σε γενικές γραμμές η ποιότητα του νερού δεν απορρίπτεται εντελώς και επιφυλασσόμαστε για περαιτέρω μετρήσεις στο μέλλον έχοντας παραπάνω δεδομένα ώστε να βγάλουμε καλύτερα συμπεράσματα συγκριτικά.

Όσο αναφορά το μικροβιολογικό φορτίο των δειγμάτων μας ανιχνεύσαμε 3000 περίπου εντερόκοκκους στο σημείο Τιμής Ένεκεν. Στο σημείο Παντελάκης ανιχνεύσαμε 2000 ολικά κολοβακτήρια. Στην πηγή Αγ. Κυριακής η συγκέντρωση του μικροβιολογικού φορτίου ήταν αρκετά μικρή και η μεγαλύτερη τιμή ήταν στα *E coli* με τιμή 236. Στο σημείο Καλαϊντζάκης επίσης η συγκέντρωση του μικροβιολογικού φορτίου ήταν μικρή με την μεγαλύτερη τιμή να βρίσκεται στο 160 για τα ολικά κολοβακτήρια. Τέλος στο δείγμα Ταμπακαριά ο αριθμός των ολικών κολοβακτηρίων ήταν 980.

Ο λόγος ύπαρξης μικροβιολογικού φορτίου σε μία περιοχή πολύ πιθανόν να είναι η διείσδυση λυμάτων από κάποιον βόθρο. Η διείσδυση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να μολύνει το νερό και να το καθιστά ακατάλληλο όχι μόνο για πόση αλλά και για άλλες χρήσεις όπως άρδευση ή πλύσιμο.

Κλείνοντας, στην απλούστατη ερώτηση ενός εξωτερικού παρατηρητή αν τα δείγματα που μετρήσαμε και κατ' επέκταση τα σημεία αυτά που βρήκαμε νερό κρίνονται θετικά για την κατανάλωση από τον άνθρωπο η απάντηση είναι Όχι!!

Βιβλιογραφία

- Ζανάκη Κ. (1996). Έλεγχος ποιότητας νερού, Εκδοτικός όμιλος «ΙΩΝ»
- Σταυρουλάκης Γ., 2006, Εγχειρίδιο εργαστηρίου – Τεχνολογία Ελέγχου Ποιότητας Νερού, Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης.
- Καρπουτζάκη Μαρία, πτυχιακή εργασία 2010 «Πολυπαραμετρικό σύστημα παρακολούθησης των μεταβολών των ποιοτικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων του ποταμού Ταυρωνίτη», Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης
- Μαυραντωνάκη Φωτεινή, πτυχιακή εργασία 2010 «Έλεγχος Ρύπανσης της Λίμνης Κουρνά», Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης

<http://www.watersave.gr/site/content/view/34/33/>

<http://www.bestrong.org.gr/el/healthylife/healthydiet/basicinfo/alimentaryelements/water1/>

<http://www.rhodes.aegean.gr/sxedia/class/NERO.HTM>

<http://www.bestrong.org.gr/el/healthylife/healthydiet/basicinfo/alimentaryelements/water1/>

<http://www.watersave.gr/site/content/view/19/34/>

<http://www.geo.auth.gr/763/ch3.htm>

<http://www.watersave.gr/site/content/view/20/35/>

http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/antonopoulos_b.pdf

http://eprints.teikoze.gr/198/1/GEWPE10_2010.pdf

<http://2gym-almyr.mag.sch.gr/2007-08/chemistry.pdf>

Επίλογος – Απολογισμός - Ευχαριστίες

Εκφραζόμενος προσωπικά θέλω να αναφέρω ότι με το πέρας της πτυχιακής εργασίας κλείνει για μένα ως φοιτητής ένας κύκλος ζωής. Έχοντας συζητήσει με πολλούς συμφοιτητές από διάφορες σχολές μου εκμυστηρεύτηκαν κάτι το οποίο είχα κι εγώ στο μυαλό μου από την πρώτη μέρα που θεωρούμουν φοιτητής. Πως θα είναι αυτή η πτυχιακή ή διπλωματική εργασία, πόσο εύκολα ή δύσκολα θα γίνει και όταν συμβεί αυτό σημαίνει ότι η πορεία μας στο πανεπιστημιακό χώρο ως σπουδαστές έχει λάβει τέλος. Αναρωτιόμουν πότε θα έρθει αυτή η μέρα..

Αν αναλογιστώ την πρώτη μέρα που συναντήθηκα με τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Σταυρουλάκη για το θέμα της πτυχιακής και φτάσω μέχρι σήμερα που γράφονται αυτές οι γραμμές, μου έρχονται στο νου ένα σωρό προβλήματα που είχαμε να αντιμετωπίσουμε. Ο προσανατολισμός άλλαξε από το τα αρχικά πλάνα μας δύο φορές. Το άγχος εμένα ως σπουδαστής ήταν μεγάλο για το πώς θα προσχωρήσει η εργασία με σκοπό να ολοκληρωθεί. Στη συνέχεια εξαιτίας μιας έμπνευσης του Δρ. Σταυρουλάκη μας έδωσε τη λύση που ήταν ακριβώς δίπλα μας και όχι στην Πάρο που ήταν το αρχικό πλάνο ή στα Φαλάσαρνα όπου ήταν το δεύτερο σχέδιο. Στην εγγύτερη περιοχή της Χαλέπας υπάρχουν πηγάδια και τι πιο έξυπνο και φρόνιμο από το να εξετάσουμε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των πηγαδιών, δηλαδή του υπόγειου νερού αυτών που βρίσκονται ακριβώς δίπλα στο ΤΕΙ και δη στην περιοχή όπου στεγάζεται το ίδρυμα. Σίγουρα θα ήταν μία χρήσιμη έρευνα από επιστημονικής πλευράς και όχι μόνο.

Θεωρώ ότι με την μελέτη αυτή α) Θα μπορεί να δώσει το Ίδρυμα πληροφορίες για την υπόγεια υδροφορία στους κατοίκους της Χαλέπας για μετέπειτα χρήση και β) την ευκαιρία σε άλλους σπουδαστές να επαναλάβουν την μελέτη έχοντας ένα παρελθόν να λάβουν υπόψη τους έτσι ώστε σε μερικά χρόνια να υπάρχει μια ολοκληρωμένη μελέτη για την περιοχή.

Πριν προχωρήσω στις ευχαριστίες των ανθρώπων που πραγματικά - και δεν είναι κλισέ – αν δεν ήταν αυτοί η παρούσα πτυχιακή θα γινόταν με τεράστιες δυσκολίες, ελλιπέστερη και θα είχε εντελώς διαφορετική μορφή, θέλω να κάνω μία άκρως προσωπική παρατήρηση για την περιοχή της Χαλέπας και ειδικότερα για την περιοχή Ταμπακαριά. Στα πλαίσια της έρευνας επισκέφτηκα πολλές φορές το συγκεκριμένο μέρος. Αναρωτήθηκα καθώς κι ένας συμφοιτητής μου που με βοήθησε σε μία από τις δειγματοληψίες, γιατί η συγκεκριμένη περιοχή είναι τόσο παραμελημένη ενώ η ομορφιά της την καθιστά ικανή για την πραγματοποίηση ενός μέρους αναψυχής και διασκέδασης όπου θα αναβαθμίσει την ευρύτερη περιοχή οικονομικά, κοινωνικά και βιοτικά. Την ίδια απορία είχε και ο ιδιοκτήτης του κτιρίου που βρίσκεται ακριβώς πίσω το από το σημείο δειγματοληψίας μας. Πραγματικά θεωρώ ότι το μέρος έχει υποβαθμιστεί ενώ θα μπορούσε να συντελέσει στην ευημερία όλης της περιοχής της Χαλέπας.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέπων της έρευνας Δρ Σταυρουλάκη Γιώργο για την κατανόηση των προβλημάτων, την σύμπραξή του, την επιμέλειά του και την κατάθεση των γνώσεων και εμπειρίας του. Την επίσης καθηγήτρια μου Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη (MSc) για την συμμετοχή της από την αρχή μέχρι και την σημαντική της βοήθεια στο ερευνητικό κομμάτι κατά τις

αναλύσεις μέσα στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και Εδαφικών Πόρων, τις συμφοιτήτριές μου Ρίτα Βλάχου, Ελένη Κατσιμεντέ, Καρυδοπούλου Φωτεινή και τέλος τους συμφοιτητές μου και φίλους μου Ροδινό Μανώλη και Φώτη Κονδυλόπουλο για την βοήθειά τους κατά την διαδικασία των δειγματοληψιών. Τέλος τους ανθρώπους που είχαν στην ιδιοκτησία τους τα πηγάδια και μου επέτρεψαν την λήψη δειγμάτων από αυτά.

Καλή συνέχεια.

ΤΕΛΟΣ