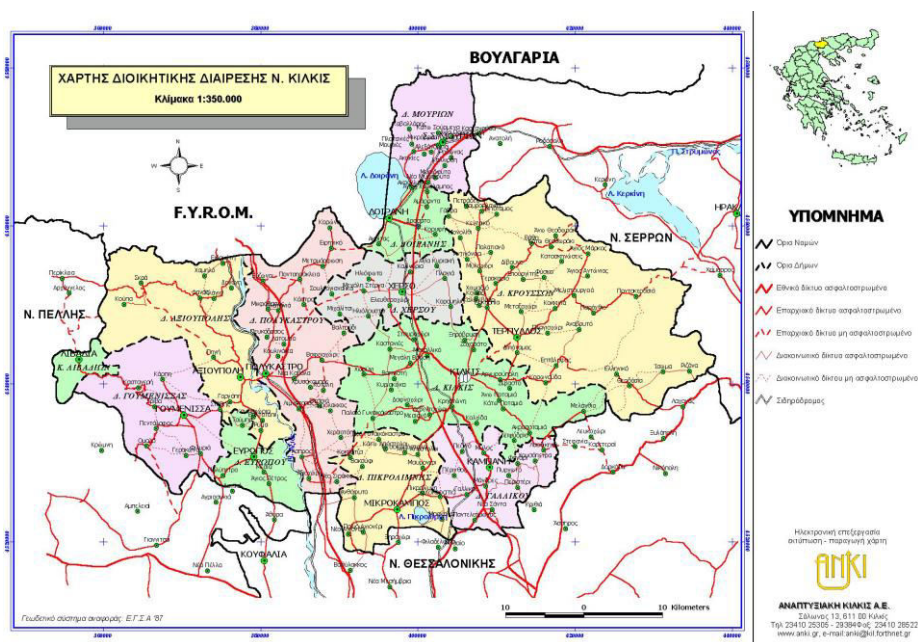


ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΙΛΙΚΙΑΣ.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΑΛΑΤΩΝ

ΧΛΩΡΙΟΥΧΩΝ (Cl^-), ΝΙΤΡΙΚΩΝ (NO_3^-), ΘΕΙΚΩΝ (SO_4^{2-}), ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ (PO_4^{3-}).



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ ΕΛΕΝΗ - ΜΠΟΥΡΟΥΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΛΑΤΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	3
Κεφάλαιο 1 ^ο : ΤΟ ΝΕΡΟ.....	5
1.1 Γενικές πληροφορίες για το νερό.....	5
1.2 Το νερό στα τρόφιμα.....	5
1.3 Ο βιολογικός ρόλος του νερού.....	6
1.4 Κατηγορίες φυσικών νερών με βάση την προέλευση τους.....	8
Κεφάλαιο 2 ^ο : Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ.....	10
2.1 Ορισμός για το πόσιμο νερό.....	10
2.2 Χαρακτηριστικά πόσιμου νερού.....	11
2.3 Ρύπανση πόσιμου νερού.....	13
2.4 Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών.....	14
2.5 Πόσιμο νερό και δημόσια υγεία.....	16
Κεφάλαιο 3 ^ο : ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΑΛΑΤΑ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	18
3.1 Σκληρότητα.....	18
3.2 Χλωριούχα άλατα (Cl ⁻).....	19
3.3 Νιτρικά άλατα (NO ₃ ⁻).....	20
3.4 Θειικά άλατα (SO ₄ ⁼).....	22
3.5 Φωσφορικά άλατα (PO ₄ ⁻³).....	23
Κεφάλαιο 4 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	25
4.1 Προσδιορισμοί Χλωριούχων Ιόντων(Cl ⁻).....	25
4.1.1 Αργυρομετρική μέθοδος ή μέθοδος Mohr.....	25
4.1.2 Μέθοδος Νιτρικού Υδραργύρου.....	25
4.1.3 Ποτενσιομετρική Μέθοδος.....	26
4.2 Προσδιορισμοί Νιτρικών Ιόντων(NO ₃ ⁻).....	26
4.2.1 Φασματοφωτομετρική Μέθοδος με Υπεριώδη Ακτινοβολία(UV).....	26

4.2.2 Μέθοδος Ηλεκτροδίων Νιτρικών Ιόντων.....	27
4.2.3 Μέθοδος Αναγωγής Καδμίου.....	27
4.2.4 Μέθοδος Βρουσίνης.....	28
4.2.5 Μέθοδος Χρωμοτροπικού Οξέος.....	28
4.2.6 Μέθοδος Αναγωγής με Κράμα Devarta.....	29
4.3 Προσδιορισμοί Θεικών Ιόντων(SO ₄ -2).....	30
4.3.1 Σταθμική Μέθοδος.....	30
4.3.2 Θολωσιμετρική Μέθοδος.....	32
4.3.3 Μέθοδος ασκορβικού οξέος.....	32
Κεφάλαιο 5 ^ο : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	33
5.1 Δειγματοληψία.....	33
5.2 Προσδιορισμός χλωριούχων (Cl ⁻) με τη μέθοδο Mohr στα δείγματα νερού.....	35
5.3 Προσδιορισμός νιτρικών αλάτων (NO ₃ ⁻) με τη μέθοδο της υπεριώδους φασματοφωτομετρίας στα δείγματα νερού.....	35
5.4 Προσδιορισμός ΡΗ.....	39
5.5 Προσδιορισμός σκληρότητας.....	39
5.6 Προσδιορισμός θεικών αλάτων (SO ₄ ⁼) με τη μέθοδο της Θολωσιμετρίας στα δείγματα νερού.....	40
5.7 Προσδιορισμός ορθοφωσφορικών αλάτων (PO ₄ -3) με τη χρωματομετρική μέθοδο στα δείγματα νερού.....	44
Κεφάλαιο 6 ^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	48
6.1 Αποτελέσματα μετρήσεων ΡΗ στα δείγματα.....	48
6.2 Αποτελέσματα των χλωριούχων αλάτων (Cl ⁻) στα δείγματα.....	50
6.3 Αποτελέσματα μετρήσεων σκληρότητας στα δείγματα νερού.....	53
6.4 Αποτελέσματα μετρήσεων νιτρικών αλάτων στα δείγματα πόσιμου νερού.....	56
6.5 Αποτελέσματα μετρήσεων σε ορθοφωσφορικά άλατα στα δείγματα πόσιμου νερού.....	58

6.6 Αποτελέσματα μετρήσεων σε θειικά άλατα στα δείγματα νερού.....	61
Κεφάλαιο 7 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	64
7.1 Χλωριούχα ιόντα (Cl ⁻).....	64
7.2 ΡΗ.....	64
7.3 Σκληρότητα.....	64
7.4 Νιτρικά άλατα (NO ₃ ⁻).....	64
7.5 Θειικά άλατα (SO ₄ ⁼).....	64
7.6 Φωσφορικά άλατα (PO ₄ ⁻³).....	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολήθηκε με τον προσδιορισμό ανόργανων αλάτων πόσιμου νερού που λήφθηκαν από 15 δίκτυα ύδρευσης του νομού Κιλκίς, 3 δείγματα για κάθε δίκτυο. Αυτά πάρθηκαν από τους δήμους Κιλκίς, Μουριών, Δοϊράνης, Χέρσου, Κρουσσών, Πολυκάστρου, Αξιούπολης, Πικρολίμνης και Γαλλικού.

Για τον προσδιορισμό Ανόργανων Αλάτων (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) στα δείγματα πόσιμου νερού, εφαρμόστηκε η μέθοδος Mohr για τον προσδιορισμό χλωριούχων, η μέθοδος της υπεριώδους φασματοφωτομετρίας, για τον προσδιορισμό των νιτρικών, η μέθοδος της θολωσιμετρίας για τον προσδιορισμό των θειικών και η χρωματομετρική μέθοδος για τον προσδιορισμό των ορθοφωσφορικών.

Μετά από εργαστηριακές αναλύσεις στα 45 δείγματα προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα βρέθηκαν οι μέσες τιμές pH να κυμαίνονταν από 6,90 έως 8,06. Αυτές βρίσκονται μέσα στα όρια που έχει θέσει η Ελληνική Νομοθεσία (ΚΥΑΥ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/11.7.2001)) για το pH που ορίζονται από 6.5 έως 9.5.

Οι μετρήσεις από τη μέση σκληρότητα κυμαίνονταν από 6,4 °F έως 54,6 °F. Η τελευταία μέση τιμή σκληρότητας υποδηλώνει πολύ σκληρό νερό.

Τα αποτελέσματα για τις μέσες τιμές των χλωριόντων βρέθηκαν να κυμαίνονταν από 0,71ppm έως 88,04ppm Cl^- . Οι συγκεντρώσεις χλωριούχων βρίσκονται κάτω από το ανώτατο όριο που έχει θεσπιστεί να είναι 250mg Cl^-/L .

Οι μέσες τιμές συγκέντρωσης για τα νιτρικά άλατα κυμαίνονταν από 0,87 mg NO_3^-/L έως 77,8 mg NO_3^-/L . Το όριο που έχει θεσπίσει η Ελληνική Νομοθεσία (ΚΥΑΥ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/11.7.2001)) είναι 50mg NO_3^-/L και φάνηκε ότι η ανώτατη μέση συγκέντρωση να ξεπερνάει το όριο. Αυτό δείχνει ότι το νερό επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Οι μέσες τιμές συγκέντρωσης για τα θειικά άλατα κυμαίνονταν από 0,78 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ έως 185,7 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$. Τα φυσιολογικά όρια που έχουν θεσπιστεί είναι 250 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ και διαπιστώθηκε ότι όλα τα δίκτυα βρίσκονται κάτω από αυτό το όριο.

Οι μέσες τιμές συγκέντρωσης των φωσφορικών αλάτων κυμαίνονταν από 0,113 mgPO₄⁻³/lt έως 0,76 mgPO₄⁻³/lt⁻³/L. Κανένα δίκτυο δεν βρέθηκε να έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση φωσφορικών από αυτή που έχει θέσει η Ελληνική νομοθεσία και είναι τα 5 mg PO₄⁻³/L.

Εν τέλει οι τιμές συγκέντρωσης για τα χλωριόντα, τα θειικά, φωσφορικά άλατα, τη σκληρότητα και το PH βρίσκονται κάτω από τα ανώτατα όρια που θέτει η Ελληνική νομοθεσία σε εναρμόνιση με οδηγία 98/83/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης . Ωστόσο φάνηκε στον προσδιορισμό των νιτρικών αλάτων ένα δίκτυο να ξεπερνάει την ανώτατη τιμή της Ελληνικής Νομοθεσίας.

Κεφάλαιο 1^ο

ΤΟ ΝΕΡΟ

1.1 Γενικές πληροφορίες για το νερό

Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση. Το νερό μέχρι το 18ο αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο. Πρώτος ο Λαβουαζιέ, πατέρας της νεότερης χημείας, απέδειξε ότι είναι ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου. Κάθε μόριο νερού περιέχει δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Έτσι ο χημικός του τύπος του νερού είναι H₂O. Απαντάται και στις τρεις μορφές στη γη στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα). Με διάφορες χημικές ουσίες σχηματίζει ένυδρες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, και ονομάζεται "κρυσταλλικό νερό". Άλλοτε πάλι το νερό ενώνεται σταθερά με τα μόρια των χημικών ενώσεων και σχηματίζεται νέα χημική ένωση. Το νερό αυτό ονομάζεται "χημικό".

Από το 1992, η 22η Μαρτίου κάθε έτους έχει καθιερωθεί από τη Γενική Συνέλευση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών ως η παγκόσμια μέρα για το νερό (Ν. Κλούρας, 1999).

1.2 Το νερό στα τρόφιμα

Όσον αφορά το νερό ως συστατικό των τροφίμων, το εύρος της περιοχής των συγκεντρώσεων του στα τρόφιμα είναι πολύ μεγάλο. Ξεκινά από κλάσματα της εκατοστιαίας σύστασης και φθάνει μέχρι και πάνω από 98%. Τα νωπά και τα υγρά τρόφιμα περιέχουν συνήθως υψηλές συγκεντρώσεις, ενώ τα ψημένα και τα αφυδατωμένα είναι φτωχά. Σε πολλά προϊόντα αποτελεί βασικό συστατικό τους ενώ σε άλλα προστίθεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους. Επιπλέον, αυτό το νερό των τροφίμων αποτελεί το πιο σημαντικό διαλύτη βιταμινών, μετάλλων, αμινοξέων, γλυκόζης, και άλλων θρεπτικών συστατικών, καθώς επίσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία πέψης, απορρόφησης και μεταφοράς θρεπτικών συστατικών τους στους ιστούς. Ταυτόχρονα, συμμετέχει στην εξουδετέρωση κι αποβολή των τοξινών και αχρήστων υποπροϊόντων του μεταβολισμού από το σώμα. (Ε. Κυρανάς, 2011).

Πίνακα 1.1 Τρόφιμα και σύσταση σε νερό

100%	<u>Νερό , σόδα</u>
90-99%	Φράουλα ,πεπόνι, μαρούλι, σπανάκι, μπρόκολο, άπαχο γάλα
80-89%	Μήλο , σταφύλι, χυμός φρούτων, πορτοκάλι, καρότο, γιαούρτι
70-79%	Μπανάνα, αβοκάντο, τόνος, καλαμπόκι, πατάτα
60-69%	Ζυμαρικά, ρύζι, σολομός, στήθος κοτόπουλο, παγωτό
50-59%	Τυρί φέτα, μοσχαρίσιο κρέας
40-49%	Πίτσα
30-39%	Ψωμί, σκληρά τυριά
20-29%	Λουκάνικο, μπισκότα, κέικ
10-19%	Σταφίδες, μέλι, βούτυρο, μαργαρίνη
1-9%	Ξηροί καρποί, δημητριακά, όσπρια
0%	Λίπη, λάδια

Πηγή: (Ε. Κυρανάς, 2011)

1.3 Ο Βιολογικός ρόλος του νερού

Το νερό είναι η πιο συνηθισμένη αλλά και η πιο σημαντική χημική ένωση στη Γη. Το πρώτο αρχέγονο κύτταρο γεννήθηκε στο νερό και μαζί του η πιο πρωτόγονη μορφή ζωής, ενώ κάθε στιγμή στο σώμα μας το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων του οργανισμού διεξάγεται σε υδατικό περιβάλλον. Αποτελεί τη βάση του φαινομένου της ζωής έτσι όπως τη γνωρίζουμε και κεφαλαιώδους σημασίας πόρο για την διατήρηση της ισορροπίας και της ομοιόστασης όλων των οικοσυστημάτων και των έμβιων όντων.

Η σημαντικότητα του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής αν υπολογίσει κανείς ότι στο εσωτερικό περιβάλλον των κυττάρων το νερό καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της κατά βάρος σύστασής των, που μπορεί να μην είναι το ίδιο σε όλα τα κύτταρα, και που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90%. Και ακόμη ότι το μεσοκυττάριο υγρό αποτελεί το υδατικό περιβάλλον που αναπτύσσονται τα κύτταρα των πολυκυττάρων οργανισμών.

Οι περισσότερες χημικές ουσίες που παρατηρούνται στο εσωτερικό των κυττάρων είναι "ευδιάλυτες" στο νερό. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στις διαλυμένες ουσίες την εύκολη μετακίνησή τους από το ένα σημείο του κυττάρου σε άλλο και κατά συνέπεια την επαφή τους και την εξ αυτής πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων μέσα στο κύτταρο. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η υδρόλυση των μακρομορίων κατά την οποία μάλιστα το νερό συμμετέχει ως αντιδρών σώμα.

Σημαντικότεροι λόγοι που καθιστούν το νερό τόσο απαραίτητο στοιχείο της ζωής είναι ακριβώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες που αποτελούν απόρροια της πολικότητας και της ικανότητας των μορίων του να συνδέονται μεταξύ τους με τους δεσμούς υδρογόνου. Αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές του αυτές ιδιότητες είναι:

- Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα.
- Η μεγάλη αντίσταση σε θερμικές μεταβολές, (μεγαλύτερη από κάθε υγρό).
- Η ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων συνοχής και συνάφειας.
- Η μεγάλη πυκνότητα σε υγρή μορφή απ ότι σε στερεή.
- Η αντιστρεπτή διάσταση του νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου.

Το νερό είναι απαραίτητο σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Υπάρχει σ' όλους τους ζωντανούς (ζωικούς και φυτικούς) οργανισμούς ενώ αντιπροσωπεύει το 60-70% του σωματικού βάρους ενός άνδρα και το 50-60% περίπου μίας γυναίκας. Ένα μυώδες σώμα περιέχει περισσότερο νερό σε αντίθεση με το σώμα ενός παχύσαρκου ανθρώπου. Αποτελεί το 90% του βάρους του αίματος, το 85% του εγκεφάλου μας, το 75% των μυών και το 70% του δέρματος. Επίσης το νερό βρίσκεται σε όλες τις τροφές (ακόμα και στο αλεύρι 12%) και δεν έχει θερμίδες. Το γάλα π.χ. περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αβγά 74%, τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι 93% νερό.

Είναι στοιχείο ταυτόσημο με τη ζωή και η έλλειψή του είναι ασύμβατη με την ζωή του κάθε κυττάρου ή οργανισμού γενικότερα. Είναι απαραίτητο για την αποτοξίνωση του οργανισμού κυρίως λόγω της συμβολής του στην καλή λειτουργία των νεφρών και της εξουδετέρωσης των ελευθέρων ριζών, που θεωρούνται η κύρια αιτία της γήρανσης. Βοηθά στην πέψη – απορρόφηση των τροφών και γενικότερα στην καλή λειτουργία του εντέρου (αποφυγή της δυσκοιλιότητας). Επίσης μεταφέρει τα θρεπτικά συστατικά αρδεύοντας όλους τους ιστούς του σώματος, συμμετέχοντας στην ανταλλαγή της ύλης και διατηρώντας τον όγκο του αίματος.

Αποτελεί τον κύριο ρυθμιστή της θερμοκρασίας του σώματος μέσω της εφίδρωσης που προκαλείται από την αύξηση της σωματικής θερμοκρασίας λόγω υψηλών θερμοκρασιών ή έντονης άσκησης. Τα εγκεφαλικά κύτταρα που ελέγχουν την εφίδρωση ενεργοποιούνται και οι ιδρωτοποιοί αδένες αποβάλλουν νερό στο δέρμα που εξατμιζόμενο μειώνει την θερμοκρασία του σώματος, αυξάνοντας την συγκέντρωση αλατιού στο αίμα προκαλώντας την αίσθηση της δίψας. Αν δεν γίνει αναπλήρωση του νερού οι σωματικές λειτουργίες καταρρέουν. Υπολογίζεται ότι για κάθε μείωση των σωματικών υγρών κατά 10% η απόδοση μειώνεται κατά 50%, ενώ μείωση κατά 20% προκαλεί θερμοπληξία ή και θάνατο.

Ειδικά για τους ηλικιωμένους επειδή οι μηχανισμοί της αίσθησης της δίψας υπολειτουργούν καλό είναι να λαμβάνουν τακτικά υγρά προκειμένου να αποφύγουν μια ενδεχόμενη αφυδάτωση, σύσταση που ισχύει και για τους αθλητές επειδή η δίψα κατά την διάρκεια της έντονης άσκησης είναι αναξιόπιστος δείκτης απώλειας νερού, αφού ο μηχανισμός της δίψας υπολείπεται χρονικά της πραγματικής ανάγκης.

Υπολογίζεται ότι μόνο το 10% των ανθρώπων πίνουν 8 ποτήρια νερό την ημέρα, ενώ πάνω από το μισό του πληθυσμού πίνει μόνο 1-4 ποτήρια τη μέρα. Περίπου δύο λίτρα νερό απαιτούνται για την καθημερινή αναπλήρωση των απωλειών από την αναπνοή, την εφίδρωση και την αποβολή υγρών και στερεών. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού δημιουργούνται καθημερινά περίπου 500 ml νερού. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα απαιτείται 1 ml νερού για κάθε kcal (θερμίδα) που προσλαμβάνουμε. Οπότε δεδομένου ότι ο μέσος άνδρας απαιτεί 2.500 kcal/ημέρα, συνεπώς χρειάζεται 2,5L νερό. Αντίστοιχα για την μέση γυναίκα απαιτούνται 1800 kcal/ημέρα και 1,8 λίτρα νερό (Α. Νασιούλης, 2001).

1.4 Κατηγορίες φυσικών νερών με βάση την προέλευσή τους

- **Το νερό της βροχής και του χιονιού**

Προέρχεται από την συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Είναι το περισσότερο καθαρό από τα φυσικά νερά και περιέχει σαν ακαθαρσίες κυρίως, τα αέρια άζωτο, οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Εκτός από τα αέρια αυτά, τα οποία είναι μόνιμα συστατικά της ατμόσφαιρας, το νερό της βροχής μπορεί να περιέχει μικρά ποσά διοξειδίου του θείου, θειικού οξέος και αιθάλης, προερχόμενα από την καύση ανθράκων και υδρογονανθράκων που περιέχουν θείο. Μπορεί επίσης να περιέχει ενωμένο άζωτο, κυρίως σε μορφή νιτρικού αμμωνίου (από το νιτρικό και νιτρώδες οξύ, που σχηματίζονται κατά τις ηλεκτρικές εκκενώσεις στην ατμόσφαιρα), όπως επίσης και μικρά ποσά χλωριούχου νατρίου, που μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα από τη θάλασσα.

- **Το νερό των ποταμών**

Εκτός από τις ακαθαρσίες του νερού της βροχής, περιέχει και άλλες, που τις διαλύει από το έδαφος, κυρίως χλωριούχα, θειικά, ανθρακικά και όξινα ανθρακικά άλατα του νατρίου, καλίου, ασβεστίου, μαγνησίου και σιδήρου. Από τα άλατα αυτά, τα όξινα ανθρακικά άλατα του μαγνησίου και του ασβεστίου, σχηματίζονται από την επίδραση του διαλυμένου στο νερό διοξειδίου του άνθρακα, στα αντίστοιχα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα.

Το νερό των ποταμών περιέχει επίσης αιωρούμενα κolloειδή στερεά, τα οποία κατακρημνίζονται από τα μεταλλικά άλατα, κατά τη ροή του ποταμού προς τη θάλασσα. Στην κατακρήμνιση αυτή οφείλονται συχνά οι προσχώσεις στο δέλτα των ποταμών.

Το ποσό τέλος, του οξυγόνου, που είναι διαλυμένο στο νερό των ποταμών, περιορίζεται από την παρουσία οργανικών ενώσεων.

- **Το νερό των πηγών**

Το νερό των πηγών περιέχει γενικά περισσότερα ανόργανα άλατα διαλυμένα και λιγότερες οργανικές ενώσεις. Είναι διαυγές, επειδή διηθείται όπως περνά από τους πόρους του εδάφους. Εξ αιτίας της καθαρότητάς του και εφόσον δεν περιέχει αυξημένες ποσότητες διαλυμένων αλάτων, είναι πόσιμο.

- **Το νερό της θάλασσας**

Περιέχει 2,6% περίπου χλωριούχο νάτριο και 1% περίπου διάφορα άλλα άλατα, κυρίως χλωριούχο μαγνήσιο, θειικό μαγνήσιο, θειικό ασβέστιο, χλωριούχο κάλιο, ανθρακικό ασβέστιο, βρωμιούχο μαγνήσιο και ιωδιούχο μαγνήσιο. Ορισμένες θάλασσες και λίμνες περιέχουν αυξημένο ποσό διαλυμένων αλάτων, όπως π.χ. η Νεκρά Θάλασσα (22,8%) και η λίμνη Elton (27%).

- **Μεταλλικά νερά**

Τα νερά αυτά περιέχουν διαλυμένα συστατικά, που δεν απαντούν σε άλλα φυσικά νερά. Πολλά από αυτά έχουν θεραπευτικές ιδιότητες και ονομάζονται ιαματικά. Τα μεταλλικά νερά

διακρίνονται σε θερμά και ψυχρά, ανάλογα με την θερμοκρασία τους. Διακρίνονται, επίσης, ανάλογα με τις διαλυμένες ουσίες που περιέχουν, σε αλατούχα (χλωριούχο νάτριο, θειικό νάτριο, χλωριούχο μαγνήσιο κ.α.), αλκαλικά (όξινο ανθρακικό νάτριο), θειούχα (υδρόθειο και θειούχο νάτριο), σιδηρούχα (θειικός σίδηρος, όξινος ανθρακικός σίδηρος) και αεριούχα (διοξείδιο του άνθρακα) (Ο. Σακελλαρίδης, 1980).

Κεφάλαιο 2^ο

Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

2.1. Ορισμός για το πόσιμο νερό

Πόσιμο νερό είναι αυτό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και πρέπει να είναι από κάθε άποψη αβλαβές για την υγεία των καταναλωτών, οργανοληπτικά άμεμπτο και απολύτως καθαρό, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και οποιεσδήποτε χημικές ουσίες σε αριθμούς και συγκεντρώσεις που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο (Τριχοπούλου και Τριχόπουλος, 1986).

Σύμφωνα με την ΚΥ2Α 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που δημοσιεύθηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 3ης Νοεμβρίου 1998 είχε στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς συνέπειες που οφείλονται στην ρύπανση ή και μόλυνση του πόσιμου νερού διασφαλίζοντας ότι είναι υγιεινό και καθαρό. Η Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Τεύχος Β' / 11-07-01) ορίζει την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο όρος «**ποιότητα του νερού**» δεν συνιστά από μόνος του μία συγκεκριμένη αξία διότι υπόκειται εννοιολογικά και πρακτικά σε συνεχείς μεταβολές και συνεπώς πρέπει να θεωρείται και να μελετάται σε σχέση με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις του νερού. Μόνο μία λεπτομερής ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων του νερού μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση της ποιότητας και της επάρκειας ή της ανεπάρκειας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Η υγειονομική διάταξη για το <<πόσιμο νερό>> του 1986 διευκρινίζει ότι το πόσιμο νερό διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση και χρησιμοποιείται σε εργοστάσια και βιοτεχνίες παρασκευής τροφίμων και ποτών. Από την διάταξη εξαιρέθηκαν τα φυσικά μεταλλικά και τα

ιαματικά νερά. Οι επιτρεπόμενες τιμές για τις **ποιοτικές παραμέτρους**, που προσδιορίζουν την καταλληλότητα του πόσιμου νερού, χαρακτηρίζονται σαν **οργανοληπτικές, φυσικο-χημικές, ραδιολογικές, μικροβιολογικές**, και πρέπει να είναι οπωσδήποτε κατώτερες ή ίσες με τις τιμές της «Ανώτατης παραδεκτής συγκέντρωσης» και να προσεγγίζουν τις τιμές που αναφέρονται σαν «Ενδεικτικό επίπεδο».

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τα **πρότυπα ποιότητας για το πόσιμο νερό σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001** (ΦΕΚ 892/Τεύχος Β' / 11-07-2001).

Πίνακας 2.1.

Παράμετρος	Ανώτατη συγκέντρωση	Παράμετρος	Ανώτατη συγκέντρωση
pH	>6.5 και < 9,5	Κάλιο	12 mg/l
Νιτρικά	50 mg/l	Αρσενικό	10 µg/l
Χλωριούχα	250 mg/l	Αντιμόνιο	5 µg/l
Νιτρώδη	0,5 mg/l	Κάδμιο	5 µg/l
Θειικά	250 mg/l	Μόλυβδος	10 µg/l
Αμμωνία	0,50 mg/l	Αργίλιο	200 µg/l
Θειικά	250 mg/l	Νικέλιο	20 µg/l
Φώσφορος	5 mg/l	Χρώμιο	50 µg/l
Δείκτης υπερμαγγανικών	5 mg/l	Υδράργυρος	1 µg/l
Σίδηρος	200 µg/l	Σελήνιο	10 µg/l
Χαλκός	2000 µg/l	Βρωμικά	10 µg/l
Μαγγάνιο	50 µg/l	Υδρόθειο	Μη ανιχνεύσιμο οργανοληπτικά
Βόριο	1 mg/l	Ολικά διαλυμένα στερεά	1500 mg/l
Νάτριο	200 mg/l	Αγωγιμότητα	2500 µS/cm

2.2. Χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, διαυγές, άοσμο και εύγευστο. Η θερμοκρασία του πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7°C και 12°C, ενώ η ενεργός οξύτητα του πρέπει να είναι από ουδέτερη ως ελαφρώς αλκαλική (pH 6.8 - 7.8). Το στερεό υπόλειμμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 500 mg/L.

- **Οσμή**

Η οσμή του νερού είναι μια υποκειμενική παράμετρος η οποία όμως κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να εκτιμηθεί. Όταν το αίσθημα που προκαλείται από την οσμή είναι δυσάρεστο (λόγω παρουσίας χημικών ουσιών) τότε το νερό καθίσταται ακατάλληλο προς πόση. Η δυσάρεστη οσμή συνήθως οφείλεται στην αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ύλης μέσα στο νερό, η οποία επηρεάζεται από τις εποχικές αλλαγές της θερμοκρασίας.

- **Γεύση**

Το πόσιμο νερό πρέπει να έχει καλή και ευχάριστη γεύση. Η γεύση του πόσιμου νερού οφείλεται στην παρουσία διαφόρων αλάτων π.χ. θεικού μαγνησίου. Η παρουσία χημικών ενώσεων π.χ. τριαλογονομεθάνια και χλωραμίνες (παραπροϊόντων της χλωρίωσης) προσδίδει πολλές φορές δυσάρεστη γεύση και καθιστά το νερό ακατάλληλο για πόση.

- **Χρώμα**

Τα φυσικά νερά εμφανίζονται πολλές φορές χρωματισμένα. Σε ότι αφορά τα επιφανειακά νερά, το χρώμα οφείλεται συνήθως σε χουμικά οξέα, άλγες και τύρφη. Το χρώμα των υπογείων νερών, το οποίο σπάνια εμφανίζεται, οφείλεται κατά κανόνα στην παρουσία σιδήρου και μαγγανίου. Το χρώμα του πόσιμου νερού (ένταση, χροιά) επηρεάζεται σημαντικά από το pH.

- **Θολερότητα**

Η θολερότητα του πόσιμου νερού είναι μια καθοριστική παράμετρος που περιορίζει την καταλληλότητά του για πόση αλλά και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις του π.χ. βιομηχανία ποτών, αναψυκτικών, τροφίμων κ.α. Η θολερότητα του νερού οφείλεται στην παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία προέρχονται από οργανικές ή ανόργανες ενώσεις και από φυτικούς ή ζωικούς μικροοργανισμούς, π.χ. σωματίδια ιλύος, υδροξειδίων σιδήρου και αργιλίου, διοξειδίου του πυριτίου κ.α.

- **Σκληρότητα**

Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στα άλατα των αλκαλικών γαιών, κυρίως τα διττανθρακικά, ανθρακικά, θειικά, χλωριούχα, νιτρικά, πυριτικά και φωσφορικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Διακρίνεται σε ανθρακική (ή παροδική) σκληρότητα που οφείλεται στα όξινα ανθρακικά (διττανθρακικά) άλατα και στην μη ανθρακική (μόνιμη) σκληρότητα που οφείλεται στα υπόλοιπα άλατα (π.χ. χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, ανθρακικά).

- **Αγωγιμότητα**

Η αγωγιμότητα είναι η έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση και το σθένος. Η μέτρηση της αγωγιμότητας μας δίνει διάφορες πληροφορίες για τις διαλυμένες ουσίες και τα άλατα στο πόσιμο νερό (Νικολαΐδης & Κωνσταντινίδης, 2009).

2.3. Ρύπανση του πόσιμου νερού

Με τον όρο ρύπανση του πόσιμου νερού εννοούμε την οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του, η οποία μπορεί να γίνει ζημιογόνος για την υγεία του ανθρώπου. Η ρύπανση των υδάτων οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ανθρώπινη δραστηριότητα (βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα και γεωργικές απορροές) και δημιουργείται με την απελευθέρωση ουσιών οι οποίες είτε διαλύονται, είτε κατακάθονται στον πυθμένα του υδροφόρου ορίζοντα (λίμνες, ποτάμια και υπόγεια νερά). Εκτός από τις πηγές ρύπανσης του νερού που δρουν μέσω της επιφανειακής απορροής υπεύθυνοι για τη ρύπανση του νερού είναι και οι ρύποι της ατμόσφαιρας που καταλήγουν στο νερό μέσω του υδρολογικού κύκλου (εξάτμιση και βροχόπτωση).

- Αστικά απόβλητα: Τα λύματα ανθρώπινης προέλευσης χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά και μικροβιακό φορτίο. Είναι φορείς παθογόνων μικροοργανισμών (βακτηριδίων, ιών και παρασίτων) που είναι επικίνδυνα για τη Δημόσια Υγεία.
- Γεωργική ρύπανση: Η ρύπανση που προκαλείται από τις γεωργικές δραστηριότητες αφορά στη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Τα επιφανειακά νερά ρυπαίνονται μέσω της επιφανειακής απορροής, ενώ τα υπόγεια νερά μέσω της στράγγισης και έκπλυσης των αγρών.

- Βιομηχανική ρύπανση: Αφορά στις υγρές βιομηχανικές απορροές (χημικές ουσίες) που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία μιας βιομηχανίας π.χ. ρύπανση με επίμονες οργανικές ενώσεις και βαρέα μέταλλα. (Τ. Βαγιωνά,1992).

2.4. 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:

1. στη χημική του σύνθεση με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά,
2. στην ενεργειακή του κατάσταση,
3. 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 (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού ή «εβαπόριτες» ορυκτό αλάς).

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 (Β. Αντωνόπουλος,2004).

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 διαμέσου 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 την εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμίσο-διαπνοής αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με 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 διαμέσου 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 (κοπριές) 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. Παρότι οι οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σαν φυτοφάρμακα είναι ταχείας αποικοδόμησης, σημαντικές ποσότητες αυτών και των προϊόντων της διάσπασής τους έχουν καταγραφεί 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. 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.

Η εκτίμηση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και της επικινδυνότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων (δεικτών) που περιγράφουν τη μεταφορά μάζας, τους μετασχηματισμούς και τις αλληλοεπιδράσεις με τα στερεά του εδάφους στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη. Με τους δείκτες αυτούς μπορούν να παραχθούν χάρτες 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 (Σ. Τσιούρης, 2001).

2.5. Πόσιμο νερό και δημόσια υγεία

• Μικροβιολογικοί κίνδυνοι

Οι λοιμώξεις μεταδίδονται με το πόσιμο νερό σε ευρεία μάζα του πληθυσμού και ως εκ τούτου προσβάλλουν και ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού, όπως μικρά παιδιά, ηλικιωμένους, καθώς και άτομα με υποκείμενα νοσήματα ή ιατρογενή εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος (π.χ. νεφροπαθείς, λήπτες μοσχευμάτων). Οι υδατογενείς λοιμώξεις συνήθως προϋποθέτουν μικρή μολυσματική δόση (δηλαδή μικρός αριθμός μικροβιακών κυττάρων είναι ικανός να προκαλέσει νόσο στο 50% των υγιών ατόμων) και έχουν σημειακή πηγή μετάδοσης με αποτέλεσμα εκρηκτική-μαζική επιδημία. Στις αναπτυγμένες κατά το βιομηχανικό πρότυπο χώρες, οι επιδημιολογικές καταγραφές υποδεικνύουν ότι οι περισσότερες υδατογενείς επιδημίες σχετίζονται με παθογόνα βακτηρίδια όπως το *Campylobacter jejuni*, η *E. coli* (κυρίως ο ορότυπος O157:H7), η *Salmonella* (2000 ορότυποι), η *Shigella* (4 ορότυποι), το *Vibrio cholerae* και η *Yersinia enterocolitica*. Από τους ιούς που προκαλούν υδατογενείς λοιμώξεις συχνότερα εμφανίζονται οι αδενοϊοί (31 τύποι), οι εντεροϊοί (71 τύποι) και ο ιός της ηπατίτιδας Α.

Ανάμεσα στις νέο-αναδυόμενες υδατογενείς λοιμώξεις που έχουν προκαλέσει μαζικά κρούσματα συγκαταλέγονται και τα πρωτόζωα *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis* και *Cryptosporidium parvum*.

Τα υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στο πόσιμο νερό είναι δυνατόν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στην κατανάλωση του νερού ως πόσιμου και μεταδίδονται μέσω της στοματοπρωκτικής οδού (π.χ. χολέρα, τυφοειδής πυρετός, κρυπτοσπορίδιο κλπ),
2. Υδατογενή νοσήματα που προκύπτουν από μη επαρκή ποσότητα νερού (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα κλπ) και είναι λιγότερο συχνά στην Ελλάδα,
3. Υδατογενή νοσήματα που μεταδίδονται με φορείς όπου το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής τους (π.χ. σχιστοσωμίαση, κίτρινος πυρετός, φιλαρίαση, ελονοσία) που σπάνια εμφανίζονται στην Ελλάδα.

Η πύλη εισόδου που χρησιμοποιεί ο παθογόνος μικροοργανισμός για να εισέλθει στον οργανισμό του ανθρώπου μπορεί να οδηγήσει στην παρακάτω κατηγοριοποίηση των υδατογενών νοσημάτων:

- I.** Με πύλη εισόδου το γαστρεντερικό (π.χ. *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, HAV κτλ),
- II.** Με πύλη εισόδου το δέρμα και τους επιπεφυκότες (π.χ. πρωτόζωα όπως *Acanthamoeba*),
- III.** Με πύλη εισόδου το αναπνευστικό (*Legionella pneumophila*, άτυπα μυκοβακτηρίδια κ.ά.) (Νικολαΐδης & Κωνσταντινίδης, 2009).

Κεφάλαιο 3^ο

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΑΛΑΤΑ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Άλας ονομάζεται η χημική ένωση που δημιουργείται από την συνένωση κατιόντων και ανιόντων. Τα άλατα είναι ετεροπολικές (ιοντικές) ενώσεις και σ' αυτά το κατιόν μπορεί να είναι μέταλλο (π.χ. ασβέστιο Ca^{2+} εκτός από το κατιόν H^+) ή θετικό πολυατομικό ιόν (π.χ. αμμώνιο NH_4^+) ενώ το ανιόν είναι αμέταλλο ή πολυατομικό αρνητικό ιόν (όπως π.χ. το θειικό ανιόν SO_4^{2-} ή το νιτρικό ανιόν NO_3^- εκτός του OH^-).

Τα άλατα ανήκουν στην κατηγορία των ηλεκτρολυτών και μπορούν να προκύψουν από την εξουδετέρωση ενός οξέος από μια βάση εφόσον αυτά βρίσκονται σε υδατικό διάλυμα ή τους ανυδρίτες τους.

Τα άλατα διακρίνονται σε όξινα, βασικά και ουδέτερα, καθώς και σε ευδιάλυτα, δυσδιάλυτα και αδιάλυτα στο νερό.

Πάρα πολλά άλατα βρίσκονται σε αφθονία στη φύση με τη μορφή ορυκτών, πετρωμάτων και μεταλλευμάτων. Υπάρχουν, επίσης, και ως συστατικά ζωντανών οργανισμών.

Στο νερό υπάρχουν διαλυμένα ανόργανα άλατα όπως έχει προαναφερθεί. Στο παρακάτω υποκεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά στα υπό εξέταση της παρούσας εργασίας ανόργανα άλατα. (Ν.Κλούρας , 1999).

3.1. Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού είναι το πιο σύνηθες πρόβλημα ποιότητας νερού. Το σκληρό νερό εμφανίζεται όταν μεγαλύτερες ποσότητες μεταλλικών στοιχείων από τις επιτρεπτές εισέρχονται στη φυσιολογία του νερού δημιουργώντας έτσι ενοχλητικά προβλήματα. Τα πιο βασικά ιόντα που προκαλούν τη σκληρότητα είναι εκείνα του ασβεστίου και του μαγνησίου (Ca^{2+} , Mg^{2+}) που

βρίσκονται σε αρκετά ιζηματογενή πετρώματα εκ των οποίων τα συνηθέστερα είναι ο ασβεστόλιθος και ο ασβεστίτης (Γ. Χουτζαίος, 2009).

Το σκληρό νερό μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα για τους καταναλωτές, αφού σε μεγάλα ποσοστά μπορεί να προκαλέσει ελαφρά διάρροια σε όσους πίνουν για πρώτη φορά, ενώ η συνεχής εξωτερική του χρήση προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα. Επίσης καταστρέφει τα υφάσματα και φθείρει τις συσκευές συμπεριλαμβάνοντας τη μείωση της ζωής των υδραυλικών εγκαταστάσεων καθώς και άλλων συσκευών που χρησιμοποιούν το νερό. Επίσης αυξάνει τη δυσκολία στο καθαρισμό των άπλυτων και μειώνει την αποδοτικότητα των θερμοσίφωνων (World Health Organization=WHO).

Πολλές έρευνες έχουν γίνει για τη σχέση μεταξύ της σκληρότητας του νερού και διαφόρων παθήσεων. Τα αποτελέσματα αυτών έχουν δείξει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της σκληρότητας του νερού και καρδιαγγειακών παθήσεων, διαφόρων τύπων καρκίνου και εγκεφαλοπάθειας (Γ. Χουτζαίος, 2009).

Ωστόσο, η σημασία αυτών των αποτελεσμάτων είναι ασαφής καθώς έχει προταθεί ότι η συσχέτιση μπορεί να αντανακλά μορφές ασθενειών που μπορούν να εξηγηθούν από κοινωνικούς, κλιματολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες πάρα από τη σκληρότητα του νερού(Γ. Χουτζαίος, 2009).

Η σκληρότητα μετριέται σε γαλλικούς και γερμανικούς βαθμούς. Ο γαλλικός βαθμός (°F) εκφράζει τα διαλυμένα άλατα Ca και Mg που είναι ισοδύναμα με 10 mg CaCO₃/ λίτρο νερού.

Πίνακας 3.1.

Κατάταξη των νερών ως προς τη σκληρότητα σε Γαλλικούς βαθμούς.

Μαλακά	< 10 °F
Ημίσκληρα	10 – 20 °F
Σκληρά	20 – 30 °F
Πολύ σκληρά	> 30 °F

3.2. Χλωριούχα άλατα (Cl-)

Το ιόν του χλωρίου είναι το πλέον διαδεδομένο στο ανθρώπινο σώμα και συμβάλλει σημαντικά στις οσμωτικές διαδικασίες των εξωκυτταρικών υγρών. Το επίπεδο των χλωριόντων

στο σώμα ρυθμίζεται από ένα περίπλοκο σύστημα. Η ημερήσια λήψη χλωρίου από έναν ενήλικα είναι 2-5 gr. Περίσσεια χλωρίου που μπορεί να παρθεί με την τροφή αποβάλλεται με τα ούρα.

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων στο νερό προσδίδουν μία δυσάρεστη γεύση. Η επιθυμητή τιμή των 250 mg/l που έχει ορίσει ο ΠΟΥ βασίζεται μόνο στην αρνητική επίπτωση στη γεύση του νερού. Το ποσό χλωριόντων που προσλαμβάνει ο άνθρωπος από το πόσιμο νερό είναι ελάχιστο σε σχέση με αυτό που προσλαμβάνει από την τροφή του. Με βάση αυτό ο ΠΟΥ δεν το θεωρεί σαν μία παράμετρο που σχετίζεται με την υγεία, αλλά σαν μία παράμετρο που επηρεάζει την αισθητική του πόσιμου νερού και έτσι έχει προσδιορίσει την επιθυμητή τιμή.

Τα χλωριόντα πρέπει επίσης να ελέγχονται και σαν λειτουργική παράμετρος στον βαθμό που επιταχύνουν την διαδικασία της διάβρωσης. Νερό με συγκέντρωση μεγαλύτερη από 150 mg/l επιταχύνει την διαδικασία της διάβρωσης στους μεταλλικούς αγωγούς με αποτέλεσμα να εντείνονται τα φαινόμενα "καφετί" χρωματισμού του νερού λόγω σκουριάς.

Το χλώριο είναι ευρέως διαδεδομένο στην φύση και συνιστά περίπου το 0.05% του στερεού φλοιού της γης. Το μεγαλύτερο από αυτό το ποσό ευρίσκεται διαλυμένο στην θάλασσα. Εν τούτοις το χλώριο που ανευρίσκεται στο φυσικό γλυκό νερό είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Στο αμόλυτο γλυκό νερό η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι συνήθως κάτω από 10 mg/l. Εν τούτοις, υπόγειοι υδροφόροι που ευρίσκονται κοντά στην ακτή μπορεί να παρουσιάσουν πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις λόγω της διείσδυσης θαλασσινού νερού. Μερικοί ποταμοί επίσης μπορεί να παρουσιάσουν αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων λόγω μόλυνσης από βιομηχανικά απόβλητα.

Η Οδηγία 98/83/EK ορίζει σαν παραμετρική τιμή τα 250 mg/l ενώ ο ΠΟΥ ορίζει επίσης το ίδιο όριο προκειμένου να μην προκαλούνται παράπονα από τους καταναλωτές και να μην αναπτύσσονται συνθήκες διάβρωσης.

3.3. Νιτρικά άλατα (NO₃⁻)

Το νιτρικό ιόν είναι η σταθερή μορφή του οξειδωμένου αζώτου. Στη φύση μπορεί να υποστεί αναγωγή και μετατροπή του σε νιτρώδη μέσω βακτηριακής δράσης.

Τα νιτρικά χρησιμοποιούνται κυρίως στην παρασκευή λιπασμάτων. Σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εκρηκτικών και το καθαρό νιτρικό κάλιο στην κατασκευή του γυαλιού. Τα νιτρικά που βρίσκονται στο έδαφος απορροφώνται από τις ρίζες των φυτών και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή οργανικών ενώσεων του αζώτου. Η περίσσεια των νιτρικών διαλύεται στο νερό και μεταφέρεται στα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα. Εκεί αν επικρατούν αερόβιες συνθήκες παραμένουν σαν νιτρικά ενώ αν επικρατούν αναερόβιες συνθήκες ανάγονται

σε νιτρώδη αλλά η διαδικασία αυτή μπορεί να φθάσει και μέχρι πλήρους μετατροπής σε άζωτο (απονιτροποίηση).

Η τοξικότητα των νιτρικών για τον άνθρωπο οφείλεται κυρίως στην μετατροπή των σε νιτρώδη τα οποία οξειδώνουν την φυσική αιμογλοβίνη του αίματος σε μεθαιμογλοβίνη η οποία δεν μπορεί να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς. Η μειωμένη μεταφορά οξυγόνου γίνεται κλινικά φανερή όταν η συγκέντρωση της μεθαιμογλοβίνης ξεπεράσει το 10%. Το ποσοστό της φυσικής μεθαιμογλοβίνης στον άνθρωπο είναι μικρότερο του 1-2% και στα νεογνά κάτω των 3 μηνών μικρότερο του 1-3%. Η αιμογλοβίνη των νεογνών είναι πιο επιρρεπής σε μετατροπή σε μεθαιμογλοβίνη σε σχέση με τα μεγαλύτερα παιδιά και τους ενήλικες. Συγκριτικές μελέτες στις ΗΠΑ έχουν δείξει ότι παιδιά μεγαλύτερα του ενός έτους που κατανάλωναν νερό με νιτρικά της τάξης 100-500 mg/l δεν έδειξαν διαφορά στην συγκέντρωση της μεθαιμογλοβίνης στο αίμα τους σε σχέση με παιδιά της ίδιας ηλικίας που κατανάλωναν νερό με συγκέντρωση νιτρικών μικρότερη των 10 mg/l. Οι γαστρεντερικές μολύνσεις μπορεί να συντελέσουν σε μαζική αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και πάρα πολλές περιπτώσεις μεθαιμογλοβιναιμίας σε νεογνά έχουν συσχετιστεί με παρόμοιες μολύνσεις. Μεθαιμογλοβίνη πάνω από 3% σε υγιή νεογνά έχει εντοπιστεί σε περιπτώσεις που το νερό είχε πάνω από 60 mg νιτρικών/l.

Έχει δειχθεί ότι στο ανθρώπινο στομάχι μπορεί να σχηματιστούν N-νίτροσο ενώσεις από νιτρώδη και κατ' επέκταση από τα νιτρικά. Οι περισσότερες N-νίτροσο ενώσεις έχει ευρεθεί ότι είναι καρκινογόνες για όλα τα ζώα και κατ' επέκταση και για τον άνθρωπο, αν και τα στοιχεία από έναν αριθμό ερευνών είναι ενδεικτικά. Ωστόσο, ο ΠΟΥ θεωρεί ότι δεν υπάρχουν πειστικές αποδείξεις για συσχέτιση καρκίνου του στομάχου και κατανάλωσης νερού με συγκεντρώσεις νιτρικών έως 45 mg/l. Για συγκεντρώσεις υψηλότερες της παραπάνω, επίσης δεν βρέθηκαν σαφείς αποδείξεις, αλλά κάποια συσχέτιση δεν θα μπορούσε να αποκλειστεί λόγω της έλλειψης στοιχείων. Σε 15 Ευρωπαϊκές χώρες το ποσοστό του πληθυσμού που χρησιμοποιεί νερό με συγκέντρωση πάνω από 50 mg/l σε νιτρικά κυμαίνεται από 0.5% έως 10% που ισοδυναμεί περίπου με 10 εκατ. ανθρώπους.

Η μέση ποσότητα νιτρικών που λαμβάνονται με την τροφή εκτιμάται ότι είναι της τάξης των 40-100 mg ανά ημέρα ενώ κατά άλλες εκτιμήσεις μπορεί να φτάσει τα 270 mg ανά ημέρα και προέρχονται κυρίως από τα λαχανικά και το παστό κρέας. Γενικά μπορεί να θεωρηθεί ότι στις περιπτώσεις που το πόσιμο νερό έχει συγκέντρωση νιτρικών μικρότερη των 10 mg/l η τροφή είναι η κύρια πηγή τους, ενώ όταν η συγκέντρωση του πόσιμου νερού ξεπερνά τα 50 mg/l αυτό αποτελεί και την κύρια πηγή πρόσληψης νιτρικών.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα επιφανειακά νερά είναι σχετικά χαμηλή (0-18 mg/l) αλλά όταν υπάρχουν εισροές από στραγγίσματα γεωργικών εκμεταλλεύσεων ή σκουπιδότοπων, οι

συγκεντρώσεις μπορεί να φτάσουν σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα. Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχει μία αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια που στην Αγγλία παρατηρήθηκε ότι φτάνει τα 0.7 mg/l ετησίως.

Σε υπόγεια νερά που δεν επηρεάζονται από εντατικές γεωργικές εκμεταλλεύσεις οι συνήθεις συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι μερικά mg/l. Όμως, αυτά που επηρεάζονται υδρολογικά από εκτάσεις που γίνεται έντονη χρήση λιπασμάτων οι συγκεντρώσεις μπορεί να φτάσουν πολύ ψηλά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην Ινδία έχουν ευρεθεί υπόγεια νερά με 1500 mg νιτρικών/l. Ωστόσο, αυξητικές τάσεις παρατηρούνται και σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες που είναι της τάξης των 0.2-1.3 mg/l.

Η Οδηγία 98/83/EK ορίζει για τα νιτρικά ιόντα σαν παραμετρική τιμή τα 50 mg/l και τα κατατάσσει στον κατάλογο των χημικών παραμέτρων σημαντικών για την υγεία στο Παράρτημα I μέρος Β. Ο νόμος για το Ασφαλές Πόσιμο Νερό των ΗΠΑ (SDWA) ορίζει σαν Μέγιστο Επιτρεπτό Όριο την τιμή των 10 mg/l για νιτρικό άζωτο που ισοδυναμεί με 44 mg/l σε νιτρικά. Πρακτικά το ίδιο συνιστά και ο ΠΟΥ ο οποίος όμως στρογγυλοποιεί το ΜΕΟ στα 50 mg/l. Παράλληλα, όπως και η Οδηγία 98/83/EK, σημειώνει ότι επειδή στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να γίνει μετατροπή των νιτρικών σε νιτρώδη πρέπει να ελέγχεται το σύνολο των νιτρικών και νιτρωδών σύμφωνα με τη σχέση $C(\text{NO}_2)/3 + C(\text{NO}_3)/50 < 1$ όπου $C(\text{NO}_2)$ συγκέντρωση NO_2 σε mg/l και $C(\text{NO}_3)$ συγκέντρωση NO_3 σε mg/l. (Μ. Σκληβανιώτης, 2004).

3.4. Θεϊκά άλατα (SO_4^-)

Στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον τα θεϊκά ιόντα συναντώνται σαν αμμωνιακά άλατα ή αμμωνιακά μεταλλικά σύμπλοκα. Στην παράμετρο αυτή δεν συμπεριλαμβάνονται τα θεϊκά που είναι δεσμευμένα σε οργανικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές, όπως το θεϊκό διμεθύλιο και το θεϊκό διεθύλιο είναι έντονα τοξικές και ερεθιστικές στα μάτια και το δέρμα. Σε υψηλές συγκεντρώσεις τα οργανικά θεϊκά έχουν πιθανότητα να δράσουν σαν καρκινογόνοι και μεταλλακτικοί παράγοντες.

Οι ανόργανες θεϊκές ενώσεις έχουν μεταβλητή τοξικότητα. Γενικά η τοξικότητα αυτή εξαρτάται και από το κατιόν που συνδυάζεται το θεϊκό ιόν. Το θεϊκό ιόν, αυτό καθ' αυτό απορροφάται ελάχιστα από το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Διεισδύει πολύ αργά δια μέσου της κυτταρικής μεμβράνης των θηλαστικών και αποβάλλεται γρήγορα από τον οργανισμό μέσω των νεφρών. Η θανατηφόρα δόση για τον άνθρωπο, σαν θεϊκό κάλιο ή θεϊκό ψευδάργυρο, είναι 45,00 mg.

Τα κύρια παρατηρούμενα συμπτώματα υγείας από κατάποση μεγάλων δόσεων θεικών είναι η κάθαρση, η αφυδάτωση και ο γαστρεντερικός ερεθισμός. Κατάποση 9 gr θεικού καλίου (δηλαδή περίπου 36 mg ανά κιλό βάρους σώματος) προξενεί κάθαρση σε ενήλικες. Έχει αναφερθεί ότι καθαρτικά αποτελέσματα έχουν παρατηρηθεί για συγκεντρώσεις 750 mg/l αλλά ποτέ για μικρότερες των 600 mg/l.

Η παρουσία ιόντων μαγνησίου (Mg^{++}) σε συγκεντρώσεις παρόμοιες με αυτές των θεικών συμβάλλει στην εμφάνιση των καθαρτικών αποτελεσμάτων σε μικρότερες συγκεντρώσεις θεικών. Θεικό μαγνήσιο σε συγκεντρώσεις πάνω από 1000 mg/l λειτουργεί σαν καθαρτικό σε συνήθεις ανθρώπινους οργανισμούς. Ωστόσο ευαίσθητα άτομα μπορεί να έχουν την ίδια αντίδραση σε συγκεντρώσεις 400 mg/l. Έχει αναφερθεί ότι ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να μην αντιδρά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Τα θεικά επηρεάζουν επίσης και την γεύση του νερού. Οι συγκεντρώσεις για το αποδεκτό όριο γεύσης για τα πλέον συνήθη θεικά άλατα είναι:

θεικό νάτριο 200-500 mg/l

θεικό ασβέστιο 250-900 mg/l

θεικό μαγνήσιο 400-600 mg/l

Τα θεικά είναι δυνατόν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης αδρανοποιώντας εν μέρη το απολυμαντικό χλώριο στο δίκτυο διανομής. Η ύπαρξη θειοβακτηριδίων μπορεί να προκαλέσει αναγωγή των θεικών σε υδρόθειο μειώνοντας την αισθητική του νερού και αυξάνοντας την διάβρωση σε αγωγούς από μέταλλο ή αμίαντο. Έχει επίσης αποδειχθεί ότι υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό μπορεί να συμβάλλουν στην αύξηση της διάβρωσης των μετάλλων στο σύστημα διανομής, ειδικά αν το νερό έχει χαμηλή αλκαλικότητα.

Δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία σχετικά με την ημερήσια πρόσληψη θεικών. Θεικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ σαν προσθετικά τροφών συνεισφέρουν 453 mg στην ημερήσια λήψη. Έχει αναφερθεί ότι η μέση συγκέντρωση θεικών στις 23 μεγαλύτερες πόλεις της Ευρώπης είναι 64 mg/l. Όσον αφορά τις κλιματολογικές γεωλογικές συνθήκες, οι Μεσογειακές χώρες διαφέρουν από τις βόρειες Ευρωπαϊκές. Στην Ισπανία υπάρχουν προβλήματα με θεικά στο 27% των πηγών υδροδότησης που εξυπηρετούν το 10% του πληθυσμού. Συγκεντρώσεις έως και 500 mg/l μπορεί να βρεθούν. Στην Αγγλία οι συγκεντρώσεις των θεικών κυμαίνονται από 4 έως 300 mg/l. Στην Ολλανδία η μέση τιμή είναι 37 mg/l. Οι συγκεντρώσεις των θεικών στα εμφιαλωμένα νερά που πωλούνται στην Κοινότητα κυμαίνονται από 0 έως 1182 mg/l με μέση τιμή 223 mg/l (Μ. Σκληβανιώτης, 2004).

3.5. Φωσφορικά άλατα (PO_4^{-3})

Τα φωσφορικά ιόντα (κυρίως PO_4^{3-} και HPO_4^{2-}) αποτελούν βασικό θρεπτικό συστατικό τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών. Φώσφορος υπάρχει στο μόριο του DNA, της τριφωσφορικής αδενοσύνης (ATP), στην κυτταρική μεμβράνη με τη μορφή φωσφολιπιδίων και αλλού. Όσον αφορά τον ανθρώπινο οργανισμό σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό μειώνουν το ασβέστιο στο αίμα.

Ο φωσφόρος είναι πολύ σύννηθες στοιχείο στις τροφές. Η μέση ημερήσια πρόσληψη φωσφόρου είναι 1200 με 1500 μg ενώ, η απαιτούμενη ημερήσια δόση είναι 800 μg . Η συγκέντρωση φωσφόρου στο πόσιμο νερό είναι συνήθως κάτω από 100 $\mu\text{g/l}$. Υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου σε επιφανειακά νερά είναι προϊόν βιομηχανικής μόλυνσης ή συνθηκών έντονου ευτροφισμού λόγω ρύπανσης με αστικά λύματα.

Τόσο η Οδηγία 98/83/EK όσο και ο ΠΟΥ δεν κατατάσσουν τον φώσφορο σε κανένα από τους καταλόγους των προς έλεγχο παραμέτρων. Υπερβολική χρήση μη αφομοιούμενων αντιόξινων για το στομάχι μπορεί να προκαλέσει μείωση του φωσφόρου που προκαλεί ανορεξία και πόνους στα κόκαλα (Μ. Σκληβανιώτης,2004).

Κεφάλαιο 4^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1. Προσδιορισμοί Χλωριούχων Ιόντων(CL⁻)

4.1.1 Αργυρομετρική Μέθοδος ή μέθοδος Mohr

Αρχή της μεθόδου: Σε ένα ουδέτερο ή ελαφρώς αλκαλικό διάλυμα, το χρωμικό κάλιο μπορεί να δείξει το τελικό σημείο της τιτλοδότησης νιτρικού αργύρου με τα χλωριούχα. Ο Χλωριούχος άργυρος καθιζάνει ποσοτικά πριν από το σχηματισμό του ερυθροκαστανού χρωμικού αργύρου .

Παρεμβολές της μεθόδου : Ουσίες σε ποσότητες που κανονικά συναντάμε σε πόσιμα νερά δεν προκαλούν παρεμβολές. Τα βρωμιούχα, ιωδιούχα, και κυανιούχα καταγράφονται ως ισοδύναμες συγκεντρώσεις χλωριούχων. Τα θειούχα, θειοθειικά και θειώδη ιόντα παρεμβάλουν, αλλά μπορούν να αφαιρεθούν με επεξεργασία με υπεροξειδίο του υδρογόνου. Τα ορθοφωσφορικά, όταν υπερβαίνουν τα 25 mg/L, προκαλούν παρεμβολές με καταβύθιση ως φωσφορικό άλας αργύρου. Ο σίδηρος σε συγκεντρώσεις άνω των 10 mg/ L δυσκολεύει την ογκομέτρηση συγκαλύπτοντας το τελικό σημείο. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.1.2. Μέθοδος Νιτρικού Υδραργύρου

Αρχή της μεθόδου: Τα χλωριούχα μπορούν να ογκομετρηθούν με νιτρικό υδράργυρο, λόγω του σχηματισμού διαλυτού χλωριούχου υδραργύρου. Σε pH 2,3 έως 2,8, η διφαινυλοκαρβαζόνη υποδεικνύει το τελικό σημείο της ογκομέτρησης με το σχηματισμό μωβ συμπλόκου με την περίσσια ιόντων υδραργύρου. Το σφάλμα της ογκομέτρησης είναι περίπου 1% του όγκου του πρότυπου διαλύματος για κάθε μεταβολή της τάξης του 0,1 μονάδων pH σε εύρος pH 2,1 έως 2,8. Επειδή η ακριβής ρύθμιση του pH δεν είναι εφικτή, παρά μόνο με τη χρήση πεχάμετρου,

υπάρχει η αίσθηση ότι η διατήρηση σε ένα εύρος της τάξης του $\pm 0,1$ μονάδας pH είναι επαρκής για τις περισσότερες αναλύσεις νερών. Συνεπώς σε αυτή τη μέθοδο, ένα ειδικό μείγμα νιτρικού οξέος και διφαινυλοκαρβαζόνης (αντιδραστήριο οξίνισης) προστίθεται στο δείγμα νερού, ρυθμίζεται το pH στα περισσότερα πόσιμα νερά στο $2.5 \pm 0,1$. Μία τρίτη ουσία σε αυτό το μείγμα, το κυανό της ξυλόλης, χρησιμοποιείται ως δείκτης pH, αλλά και ως χρώμα φόντου για να διευκολύνει την ανίχνευση του τελικού σημείου.

Παρεμβολές: Τα βρωμιούχα και τα ιωδιούχα ογκομετρούνται με νιτρικό υδράργυρο με τον ίδιο τρόπο όπως τα χλωριούχα. Χρωμικά, σίδηρος, και θειώδη ιόντα παρεμβάλλουν, όταν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις άνω των 10mg/L. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.1.3. Ποτενσιομετρική Μέθοδος

Αρχή της μεθόδου: Τα χλωριούχα προσδιορίζονται με ποτενσιομετρική ογκομέτρηση με διάλυμα νιτρικού αργύρου και συνδυασμό ηλεκτροδίων υάλου και αργύρου. Κατά τη διάρκεια της ογκομέτρησης χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρικό βολτόμετρο για να ανιχνεύσει την αλλαγή δυναμικού ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια. Το τελικό σημείο της ογκομέτρησης είναι η ένδειξη του οργάνου κατά την οποία η μεγαλύτερη αλλαγή της τάσης έχει συμβεί για μια μικρή και σταθερή αύξηση του προστιθέμενου νιτρικού αργύρου.

Παρεμβολές: Ιωδιούχα και βρωμιούχα επίσης ογκομετρούνται όπως τα χλωριούχα. Τα σιδηροκυανιούχα προκαλούν υψηλά αποτελέσματα και πρέπει να απομακρύνονται. Χρωμικά και διχρωμικά παρεμβάλλουν και πρέπει να ανάγονται σε στοιχειακό χρώμιο ή να απομακρύνονται. Ενώσεις σιδήρου παρεμβάλλονται αν υπάρχουν σε ποσότητες μεγαλύτερες από αυτές των χλωριούχων. Ιόντα χρωμίου και σιδήρου καθώς και φωσφορικά δεν παρεμβάλλονται. Πολύ ρυπασμένα δείγματα συνήθως απαιτούν προεπεξεργασία. Όταν η ρύπανση είναι ασήμαντη, κάποιες προσμίξεις μπορούν να καταστραφούν απλά με την προσθήκη νιτρικού οξέος. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.2. Προσδιορισμοί Νιτρικών Ιόντων(NO_3^-)

4.2.1. Φασματοφωτομετρική Μέθοδος με Υπεριώδη Ακτινοβολία (UV)

Αρχή της μεθόδου: Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται μόνο για τη εξέταση δειγμάτων που έχουν χαμηλό περιεχόμενο οργανικής ύλης, δηλαδή αμόλυντα φυσικά νερά και πόσιμο νερό. Η μέτρηση της απορρόφησης στο υπεριώδες φως στα 220nm επιτρέπει τον γρήγορο προσδιορισμό των νιτρικών

Παρεμβολές: Διαλυμένη οργανική ύλη, νιτρώδη, εξασθενές χρώμιο και οι τασιενεργές ουσίες παρεμβαίνουν. Οι τρεις τελευταίες ουσίες μπορεί να αντισταθμιστούν με την κατασκευή μεμονωμένων καμπυλών αναφοράς. Η οργανική ουσία μπορεί να προκαλέσει μία θετική αλλά μεταβλητή παρεμβολή, ο βαθμός της εξαρτάται από την φύση και την συγκέντρωση της οργανικής ύλης. Καθαρίζονται όλα τα γυάλινα και ξεπλένονται καλά για τη μείωση των σφαλμάτων που ενδέχεται να προκύψουν από γραμμώσεις ή σωματίδια στο εξωτερικό των κυψελίδων καθώς και ίχνη των τασιενεργών ουσιών ή από διχρωμικά του διαλύματος καθαρισμού που θα μπορούσαν να προσκολληθούν στις εσωτερικές γυάλινες επιφάνειες. Στα χρωματισμένα δείγματα γίνεται επεξεργασία με εναιώρημα υδροξειδίου του αργιλίου ή αραίωση για να ελαχιστοποιηθούν οι χρωματικές παρεμβολές.

Η ελάχιστη ανιχνεύσιμη συγκέντρωση της μεθόδου: $40\mu\text{g NO}_3^-/\text{L}$. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.2.2. Μέθοδος Ηλεκτροδίων Νιτρικών Ιόντων

Αρχή της μεθόδου: Τα ηλεκτρόδια νιτρικών ιόντων είναι ένας επιλεκτικός αισθητήρας που αναπτύσσει ένα δυναμικό διαμέσου μιας λεπτής, πορώδους, αδρανούς μεμβράνης που σταθεροποιεί ένα υδατικό μη αναμίξιμο υγρό ιοντοανταλλάκτη. Τα ηλεκτρόδια ανταποκρίνονται μόνο στην ενεργότητα των ιονισμένων νιτρικών ιόντων μεταξύ περίπου 10^{-1} και 10^{-5} M (0,2 προς $1,400\text{mg NO}_3^- \text{ N /L}$). Το χαμηλότερο όριο ανίχνευσης προσδιορίζεται από την μικρή, αλλά περιορισμένη ικανότητα ανταλλαγής του υγρού ιοντοανταλλάκτη.

Παρεμβολές: Τα χλωριούχα ιόντα και τα διττανθρακικά ιόντα παρεμβαίνουν όταν αναλογίες τους με τα νιτρικά είναι >10 ή >5 , αντίστοιχα. Αυτές οι παρεμβολές μπορούν να αφαιρεθούν μέσω των διαδικασιών που περιγράφονται παρακάτω.

Ιόντα που ενδεχομένως παρεμποδίζουν αλλά συνήθως δεν εμφανίζονται σε σημαντικά επίπεδα στο πόσιμο νερό είναι τα NO_2^- , S^{2-} , Br^- , ClO_3^- , I^- και ClO_4^- . Η διαδικασία απομάκρυνσης των παρεμβολών των χλωριούχων με προσθήκη Ag_2SO_4 , επίσης απομακρύνει CN^- , S^{2-} , Br^- , και I^- ιόντα .

Η διαδικασία αυτή προσφέρεται για εξέταση δειγμάτων φρέσκου νερού με παρόμοια ιοντική ισχύ. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.2.3. Μέθοδος Αναγωγής Καδμίου

Αρχή της μεθόδου: Τα νιτρικά ανάγονται σχεδόν ποσοτικά σε νιτρώδη όταν το δείγμα διατρέχει μία στήλη που αποτελείται από ρινίσματα αμαλγαμικού καδμίου. Τα νιτρώδη που παράγονται προσδιορίζονται μέσω διαζώτωσης με σουλφανιλαμίδιο και σύζευξη με N-(1-

νάφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνη προς σχηματισμό έντονου χρωματισμένου αζωχρώματος το οποίο μετράται χρωματομετρικά. Η διόρθωση μπορεί να γίνει για όσα νιτρώδη αρχικά υπάρχουν στο δείγμα. Η μέθοδος συστήνεται για συγκεντρώσεις κάτω από 0,1mg NO₃⁻ N/L. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.2.4. Μέθοδος Βρουσίνης

Αρχή της μεθόδου: Η αντίδραση μεταξύ νιτρικών και βρουσίνης παράγει κίτρινο χρώμα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον χρωματομετρικό προσδιορισμό των νιτρικών. Η ένταση του χρώματος μετράτε στα 410nm. Ο ρυθμός της αντίδρασης μεταξύ βρουσίνης και νιτρικών ιόντων επηρεάζεται σημαντικά από το ποσό της θερμότητας που παράγεται κατά την διάρκεια της δοκιμής. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας κατά την διαδικασία επιτυγχάνεται με την προσθήκη συγκεκριμένου αντιδραστηρίου και επώαση του μίγματος της αντίδρασης για ακριβές χρονικό διάστημα και σε γνωστή θερμοκρασία. Η συγκέντρωση οξέος και ο χρόνος αντίδρασης έχουν επιλεγεί για να αποφέρουν τη βέλτιστη απόδοση και σταθερότητα του χρώματος. Η μέθοδος λειτουργεί καλά σε νερά διαφορετικής αλατότητας από εκείνα των γλυκών νερών με εκείνα των θαλάσσιων νερών. Η μέθοδος συστήνεται μόνο για συγκεντρώσεις εύρους 0,1 – 2mg/L NO₃⁻/L, επειδή πάνω από το εύρος αυτό εμφανίζονται ανώμαλα αποτελέσματα ενώ κάτω από αυτό η ευαισθησία της μεθόδου είναι φτωχή. Το ιδανικό εύρος για την μέθοδο αυτή είναι μεταξύ 0,1 και 1mgNO₃⁻/L.

Παρεμβολές: Όλα τα ισχυρά οξειδωτικά ή αναγωγικοί παράγοντες παρεμβάλλονται. Η παρουσία οξειδωτικών παραγόντων μπορεί να προσδιοριστεί με προσθήκη αντιδραστηρίου ορθοτολιδίνης, καθώς και στην μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου. Η παρεμβολή από το υπολειμματικό χλώριο μπορεί να εξουδετερωθεί με προσθήκη αρσενικόδες νατρίου, υπό την προϋπόθεση ότι το υπολειμματικό χλώριο δεν υπερβαίνει τα 5mg/L. Ελαφρά περίσσεια αρσενικόδες νατρίου δεν θα επηρεάσει τον προσδιορισμό. Σιδηρούχα και τρισθενής σίδηρος, καθώς και τετρασθενές μαγγάνιο δίνουν ελαφρά θετικές παρεμβολές, αλλά σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 1mg/L είναι αμελητέες. Η παρεμβολή λόγω νιτρωδών πάνω από 0,5mgNO₂⁻ N/L εξαλείφεται με την χρήση σουλφανιλικού οξέος. Η παρεμβολή χλωριούχων καλύπτεται με προσθήκη περίσσειας NaCl.

4.2.5. Μέθοδος Χρωμοτροπικού Οξέος

Αρχή της μεθόδου: Δύο γραμμομόρια νιτρικών αντιδρούν με ένα γραμμομόριο χρωμοτροπικού οξέος για να σχηματίσουν ένα κίτρινο προϊόν αντίδρασης που εμφανίζει μέγιστη απορρόφηση στα 410nm. Το μέγιστο χρώμα αναπτύσσεται μεταξύ 10 λεπτών και είναι σταθερό για 24 ώρες. Το λουτρό ψύξης μειώνει επαρκώς την θερμότητα για την αποφυγή βρασμού από τα διαλύματα, γι' αυτό το λόγο η θερμοκρασία του λουτρού ψύξης μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20°C χωρίς να επηρεάζει κριτικά τα αποτελέσματα. Η μέθοδος προτείνεται για εύρος συγκεντρώσεων 0,1 με 5 mgNO₃⁻ N/L. Παρεμβολές: Το κίτρινο χρώμα του χλωροσιδηρικού συμπλόκου σε ποσά μέχρι και 40mg/L το σιδηρικό ιόν εκφορτίζεται πλήρως με την προσθήκη αντιμονίου. Βαριούχα, μολυβδούχα, στροντιούχα, ιωδικά, ιώδη, σωληνώδη και σεληνικά ιόντα είναι ασύμβατα με το σύστημα και σχηματίζουν ίζημα. Ωστόσο η εμφάνισή τους σε σημαντικές ποσότητες είναι απίθανη στα περισσότερα δείγματα. Συγκεντρώσεις χρωμικών ιόντων που υπερβαίνουν τα 20mg/L συμβάλλουν παρεμβαίνοντας χρωματικά.

Ελάχιστη ανιχνεύσιμη συγκέντρωση: 50μg NO₃⁻ N /L. (Guidelines for drinking-water quality- 4th ed., 2006).

4.2.6. Μέθοδος Αναγωγής Με Κράμα Devarda

Αρχή της μεθόδου: Αυτή η μέθοδος συστήνεται για δείγματα στα οποία η συγκέντρωση νιτρικών είναι μεγαλύτερη από 2,0 mg/L. Είναι ιδιαίτερα βολικό να εκτελεστεί, εάν έχει γίνει προσδιορισμός της αμμωνίας που απασχολεί στο προκαταρκτικό βήμα απόσταξης. Σε αυτή την τεχνική νιτρικά και νιτρώδη ανάγονται σε αμμωνία κάτω από θερμές αλκαλικές συνθήκες στην παρουσία του αναγωγικού αντιδραστήριου, κράμα Devarda (κράμα από 50% Χαλκό Cu, 45% Αργίλιο Al και 5% Ψευδάργυρο Zn). Η αναγωγή διεξάγεται με συσκευή απόσταξης Kjeldahl. Κάτω από θερμές αλκαλικές συνθήκες η αμμωνία αποστάζει και δεσμεύεται σε φιάλη συλλογής που περιέχει βορικό οξύ. Η αμμωνία που σχηματίζεται μπορεί να προσδιοριστεί με τη μέθοδο Νέσλερ ή με Οξυμετρία.

Παρεμβολές: Η προκαταρκτική τεχνική απόσταξης χρησιμοποιείται για αυτήν τη διαδικασία αν η αμμωνία δεν έχει προσδιοριστεί πριν την μέθοδο αναγωγής με το κράμα Devarda για τα νιτρικά. Τα νιτρώδη ανάγονται σε αμμωνία κάτω από τις συνθήκες της αναγωγής. Μπορεί να γίνει ένας χωριστός προσδιορισμός νιτρωδών και να αφαιρεθούν τα αποτελέσματα. Αν αυτό δεν γίνει τα αποτελέσματα πρέπει να αναφερθούν ως ολικό οξειδωμένο άζωτο. Η αμμωνία πρέπει να απομακρυνθεί από το δείγμα πριν τον προσδιορισμό. Η μέθοδος δεν συστήνεται για επίπεδα νιτρικών κάτω από 2mg/L και σε αυτό το επίπεδο, ιδιαίτερα με την παρουσία μεγάλων

συγκεντρώσεων από άμινο- ή αλβουμινοειδές άζωτο, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν τουλάχιστον 50ml και κατά προτίμηση 100ml δείγματος εξαιτίας της πιθανότητας της θετικής παρεμβολής από την αποσύνθεση αυτής της αζωτούχας ύλης. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.3. Προσδιορισμοί Θεικών Ιόντων(SO₄⁻²)

4.3.1. Σταθμική Μέθοδος

Αρχή της μεθόδου: Τα θεικά καταβυθίζονται σε όξινο περιβάλλον ως θεικο βάριο με την προσθήκη χλωριούχου βαρίου. Η καθίζηση πραγματοποιείται κοντά στη θερμοκρασία βρασμού και μετά από μια περίοδο πέψης το ίζημα διηθείται, πλένεται με νερό μέχρι απαλλαγής από χλωριούχα, αναφλέγεται ή υπόκειται ξήρανση, και ζυγίζεται ως BaSO₄.

Παρεμβολές: Ο σταθμικός προσδιορισμός του θεικού υπόκειται σε πολλά λάθη, τόσο θετικά όσο και αρνητικά. Σε πόσιμα νερά όπου η συγκέντρωση μετάλλων είναι χαμηλή, αυτά μπορεί να είναι μικρής σημασίας.

Παρεμβολές που οδηγούν σε υψηλά αποτελέσματα: Αιωρούμενες ύλες, διοξείδιο του πυριτίου, χλωριούχου βαρίου καθίζησης, νιτρικό, θειώδες άλας και νερό είναι οι κύριοι παράγοντες θετικών λαθών. Αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να είναι παρόντα τόσο στο δείγμα όσο και στο διάλυμα καθίζησης. Διαλυτό πυριτικό είναι δυνατόν να καταστεί αδιάλυτο και θειώδες άλας μπορεί να οξειδωθεί με θεικό άλας κατά την επεξεργασία του δείγματος. Νιτρικό βάριο, χλωριούχο βάριο, και νερό είναι προσροφημένα σε κάποιο βαθμό με το θεικό βάριο, αν και το νερό απάγεται εάν η θερμοκρασία της ανάφλεξης είναι αρκετά υψηλή.

Παρεμβολές που οδηγούν σε χαμηλές τιμές αποτελεσμάτων: Θεικά μέταλλα αλκαλίων συχνά αποδίδουν χαμηλά αποτελέσματα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για όξινα θεικά αλκάλια. Προσρόφηση των θεικών αλκαλίων με θεικό βάριο προκαλεί την αντικατάσταση ενός στοιχείου χαμηλότερου ατομικού βάρους από ότι του βαρίου στο ίζημα. Όξινα θεικά από αλκάλια μετάλλων δρουν παρόμοια και, επιπλέον, αποσυντίθενται όταν θερμαίνεται. Βαρέα μέταλλα, όπως το χρώμιο και ο σίδηρος, προκαλούν χαμηλά αποτελέσματα παρεμβαίνοντας με την πλήρη καθίζηση θεικού άλατος και με το σχηματισμό των θεικών βαρέων μετάλλων. Το θεικό βάριο έχει μικρή αλλά σημαντική διαλυτότητα, η οποία αυξάνεται με την παρουσία οξέος. Αν και το

όξινο περιβάλλον είναι απαραίτητο για την πρόληψη καταβύθισης του ανθρακικού και φωσφορικού βαρίου, είναι σημαντικό να περιοριστεί η συγκέντρωσή του για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση του στο διάλυμα. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.3.2. Θολωσιμετρική μέθοδος

Αρχή της μεθόδου: Θεικά ιόντα καταβυθίζονται σε περιβάλλον υδροχλωρικού οξέος με γλωριούχο βάριο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζονται κρύσταλλοι θεικού βαρίου ομοιόμορφου μεγέθους.

Παρεμβολές: Χρώμα ή αιωρούμενα σωματίδια σε μεγάλες ποσότητες θα παρεμβαίνουν με αυτή τη μέθοδο. Ορισμένα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να απομακρύνονται με διήθηση. Αν και τα δύο είναι μικρά σε σύγκριση με την συγκέντρωση θεικών ιόντων, η παρεμβολή διορθώνεται, με καταβύθιση θεικού βαρίου. Οξειδίο του πυριτίου σε συγκέντρωση μεγαλύτερη των 500mg/L θα παρέμβει, καθώς και σε νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών υλών μπορεί να μην είναι δυνατή η ικανοποιητική καταβύθιση του θεικού βαρίου.

Δεν υπάρχουν ιόντα εκτός από θειικά στα φυσικά νερά που θα σχηματίσουν αδιάλυτες ενώσεις με βάριο υπό πολύ όξινες συνθήκες. Οι προσδιορισμοί διεξάγονται σε θερμοκρασία δωματίου, η οποία μπορεί να ποικίλει μέσα σε ένα φάσμα 10°C χωρίς να προκαλείται σημαντικό σφάλμα. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.4. Προσδιορισμοί Φωσφορικών Ιόντων

4.4.1. Χρωματομετρική Μέθοδος Βαναδιομολυβδαινοφωσφορικού οξέος.

Αρχή της μεθόδου: Σε ένα αραιό διάλυμα ορθοφωσφορικών, το μολυβδικό αμμώνιο αντιδρά κάτω από όξινες συνθήκες προς σχηματισμό ετεροπολυμερούς οξέος, του μολυβδαινοφωσφορικού οξέος. Με την παρουσία του βαναδίου του Βαναδιο-μολυβδαινοφωσφορικού σχηματίζεται κίτρινο χρώμα. Η ένταση του κίτρινου χρώματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των φωσφορικών στο διάλυμα.

Παρεμβολές: Θετικές παρεμβολές προκαλούνται από πυρίτιο και αρσενικό μόνο όταν το δείγμα είναι θερμό. Αρνητικές παρεμβολές προκαλούνται από αρσενικά, φθοριούχα, θόριο, θειούχα, θειοθειικά, θειοκυανικά, ή σε περίσσια μολυβδικών. Μπλε χρώμα προκαλείται από σιδηρούχο σίδηρο αλλά αυτό δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα αν ο δισθενής σίδηρος είναι λιγότερος από 100mg/L. Η παρεμβολή των θειούχων μπορεί να απομακρυνθεί με οξείδωση με βρωμιούχο νερό. Η ελάχιστη ανιχνεύσιμη συγκέντρωση είναι τα 0,2mg PO₄⁻³/L σε κυψελίδα 1cm. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.4.2. Μέθοδος γλωριούχου κασσίτερου

Αρχή της μεθόδου: Το μολυβδαινοφωσφορικό οξύ σχηματίζεται και ανάγεται σε ένα έντονα σταθερό χρώμα, μπλε του μολυβδαινίου, από τον γλωριούχο κασσίτερο. Αυτή η μέθοδος είναι πολύ πιο ευαίσθητη από την χρωματομετρική μέθοδος μολυβδαινοφωσφορικού οξέος και καθιστά εφικτό το στάδιο εκχύλισης το οποίο αυξάνει την αξιοπιστία της μεθόδου σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,1mgP/L και ελαττώνει της παρεμβολές.

Παρεμβολές: Θετικές παρεμβολές προκαλούνται από πυρίτιο και αρσενικό μόνο όταν το δείγμα είναι θερμό. Αρνητικές παρεμβολές προκαλούνται από αρσενικά, φθοριούχα, θόριο, θειούχα, θειοθειικά, θειοκυανικά, ή σε περίσσια μολυβδικών. Μπλε χρώμα προκαλείται από σιδηρούχο σίδηρο αλλά αυτό δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα αν ο δισθενής σίδηρος είναι λιγότερος από 100mg/L. Η παρεμβολή των θειούχων μπορεί να απομακρυνθεί με οξείδωση με βρωμιούχο νερό. Η ελάχιστη ανιχνεύσιμη συγκέντρωση είναι τα 3 μg P/L. Η ευαισθησία στο 50% διαπερατότητας είναι 10μg/L για μεταβολή 1% της διαπερατότητας. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

4.4.3 Μέθοδος ασκορβικού οξέος

Αρχή της μεθόδου: Το μολυβδικό αμμώνιο και το αντιμονιακό τρυγικό κάλιο αντιδρά σε όξινο περιβάλλον με αραιό διάλυμα ορθοφωσφορικών προς σχηματισμό ετεροπολικού οξέος φωσφομολυβδαινικού οξέος, το οποίο ανάγεται σε έντονο χρωματισμό μπλε του μολυβδαινίου από το ασκορβικό οξύ.

Παρεμβολές: Το αρσενικό αντιδρά με το αντιδραστήριο μολυβδικού προς σχηματισμό μπλε χρώματος παρόμοιου με αυτό που σχηματίζεται με φωσφορικό. Συγκεντρώσεις αρσενικού τόσο χαμηλές όσο 0,10 mg/L παρεμβαίνουν στον προσδιορισμό φωσφορικών. Εξασθενές χρώμο και νιτρώδη παρεμβάλλονται δίνοντας αποτελέσματα περίπου 3% χαμηλότερα σε συγκεντρώσεις

του 1,0 mg/L και 10 με 15% χαμηλότερα σε συγκεντρώσεις των 10mg/L χρωμίου και νιτρωδών. Θειούχα και πυριτικά δεν παρεμβάλλονται σε συγκεντρώσεις από 1,0 ως 10,0mg/L.

Ελάχιστη ανιχνεύσιμη συγκέντρωση: Περίπου 10μg P/L. (Guidelines for drinking-water quality-4th ed., 2006).

Κεφάλαιο 5^ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1. Δειματοληψία

Όλα τα δείγματα που αναλύσαμε στο εργαστήριο ελήφθησαν από δίκτυα ύδρευσης των δήμων Κιλκίς, Μουριών, Δοϊράνης, Χέρσου, Κρουσσών, Πολυκάστρου, Αξιούπολης, Πικρολίμνης και Γαλλικού. Η προέλευση του νερού στα δίκτυα Μουριών και Αξιούπολης είναι από φυσικές πηγές ενώ όλων των υπολοίπων είναι από γεώτρηση.

Η συλλογή του κάθε δείγματος έγινε σε πλαστικές φιάλες χωρητικότητας 0,5L, αφού προηγουμένως είχε ξεπλυθεί 3 φορές με το δείγμα. Μετά τη δειματοληψία τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ψυχρό περιβάλλον (ψυγείο), σε θερμοκρασίες 3-4°C, όπου και παρέμειναν μέχρι τη στιγμή της ανάλυσής τους. Στον πίνακα 5.1. δίνεται ο συμβολισμός των δειγμάτων που ελήφθησαν ανάλογα την προέλευσή τους, τον δήμο, το δημοτικό διαμέρισμα και το σημείο δειματοληψίας.

α/α	Δήμος	Δ.Διαμέρισμα	Προέλευση δείγματος	Ονομασία
1	ΚΙΛΚΙΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	1.ΟΙΚΕΙΑ	ΚΙΛ1
2	ΚΙΛΚΙΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	2.ΜΑΓΑΖΙ	ΚΙΛ2
3	ΚΙΛΚΙΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	3.2ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ	ΚΙΛ3
4	ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	4.ΣΧΟΛΕΙΟ ΧΩΡΙΟΥ	ΑΡΓ1
5	ΣΕΒΑΣΤΟ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	5.ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΩΡΙΟΥ	ΣΕΒ2
6	ΣΕΒΑΣΤΟ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	6.ΟΙΚΕΙΑ	ΣΕΒ3
7	Σ.Σ. ΜΟΥΡΙΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΡΙΩΝ	7.ΟΙΚΕΙΑ	ΜΟΥΡ1
8	Σ.Σ. ΜΟΥΡΙΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΡΙΩΝ	8.ΚΑΦΕΤΕΡΙΑ	ΜΟΥΡ2
9	Σ.Σ. ΜΟΥΡΙΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΡΙΩΝ	9.ΤΑΒΕΡΝΑ	ΜΟΥΡ3
10	ΔΡΟΣΑΤΟ	ΔΗΜΟΣ ΔΟΙΡΑΝΗΣ	10.ΣΟΥΠΕΡ ΜΑΡΚΕΤ	ΔΡΟΣ1
11	ΔΟΙΡΑΝΗ	ΔΗΜΟΣ ΔΟΙΡΑΝΗΣ	11.ΤΑΒΕΡΝΑ	ΔΟΙΡ2
12	ΔΟΙΡΑΝΗ	ΔΗΜΟΣ ΔΟΙΡΑΝΗΣ	12.ΜΑΓΑΖΙ	ΔΟΙΡ3
13	ΧΕΡΣΟ	ΔΗΜΟΣ ΧΕΡΣΟΥ	13.ΚΡΕΟΠΩΛΕΙΟ	ΧΕΡΣ1
14	ΧΕΡΣΟ	ΔΗΜΟΣ ΧΕΡΣΟΥ	14.ΚΑΦΕΝΕΙΟ	ΧΕΡΣ2
15	ΧΕΡΣΟ	ΔΗΜΟΣ ΧΕΡΣΟΥ	15.ΣΟΥΠΕΡ ΜΑΡΚΕΤ	ΧΕΡΣ3
16	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΩΝ	16.ΤΑΒΕΡΝΑ	ΕΥΚΑΡ1
17	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΩΝ	17.ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΧΩΡΙΟΥ	ΕΥΚΑΡ2
18	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΩΝ	18.ΜΑΓΑΖΙ(ΦΥΤΩΡΕΙΟ)	ΕΥΚΑΡ3
19	ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΩΝ	19.ΒΕΝΖΙΝΑΔΙΚΟ	ΕΠΤΑΛ1
20	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΩΝ	20.ΕΚΚΛΗΣΙΑ	ΚΟΡΩΝ2
21	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΩΝ	21.ΚΑΦΕΝΕΙΟ	ΚΟΡΩΝ3
22	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	ΔΗΜΟΣ ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟΥ	22.ΕΚΚΛΗΣΙΑ	ΠΟΛΥΚ1
23	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	ΔΗΜΟΣ ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟΥ	23.ΒΕΝΖΙΝΑΔΙΚΟ	ΠΟΛΥΚ2
24	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	ΔΗΜΟΣ ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟΥ	24.ΟΙΚΕΙΑ	ΠΟΛΥΚ3
25	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	ΔΗΜΟΣ ΑΞΙΟΥΠΟΛΗΣ	25.ΚΡΕΠΕΡΥ	ΑΞΙΟΥΠ1
26	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	ΔΗΜΟΣ ΑΞΙΟΥΠΟΛΗΣ	26.ΤΑΒΕΡΝΑ	ΑΞΙΟΥΠ2
27	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	ΔΗΜΟΣ ΑΞΙΟΥΠΟΛΗΣ	27.ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΟ	ΑΞΙΟΥΠ3
28	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	28.ΜΙΝΙ ΜΑΡΚΕΤ	Μ.ΒΡΥΣ1
29	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	29.ΚΑΦΕΝΕΙΟ	Μ.ΒΡΥΣ2
30	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	30.ΚΑΦΕ-ΜΠΑΡ	Μ.ΒΡΥΣ3
31	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	31.ΕΚΚΛΗΣΙΑ	ΛΕΒΕΝΤ1
32	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	32.1Η ΟΙΚΕΙΑ	ΛΕΒΕΝΤ2
33	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	ΔΗΜΟΣ ΚΙΛΚΙΣ	33.2Η ΟΙΚΕΙΑ	ΛΕΒΕΝΤ3
34	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	ΔΗΜΟΣ ΠΙΚΡΟΛΙΜΝΗΣ	34.ΕΚΚΛΗΣΙΑ	ΜΑΥΡ1
35	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	ΔΗΜΟΣ ΠΙΚΡΟΛΙΜΝΗΣ	35.ΚΑΦΕΝΕΙΟ	ΜΑΥΡ2
36	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	ΔΗΜΟΣ ΠΙΚΡΟΛΙΜΝΗΣ	36.ΤΑΒΕΡΝΑ	ΜΑΥΡ3
37	ΜΑΝΔΡΕΣ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	37.ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΩΡΙΟΥ	ΜΑΝΔ1

38	ΜΑΝΔΡΕΣ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	38.ΒΕΝΖΙΝΑΔΙΚΟ	ΜΑΝΔ2
39	ΜΑΝΔΡΕΣ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	39.ΟΙΚΕΙΑ	ΜΑΝΔ3
40	ΚΑΜΠΑΝΗ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	40.ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	ΚΑΜΠ1
41	ΚΑΜΠΑΝΗ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	41.ΜΑΓΑΖΙ(ΠΡΚΤ.ΟΠΑΠ)	ΚΑΜΠ2
42	ΚΑΜΠΑΝΗ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	42.ΚΑΦΑΤΕΡΙΑ	ΚΑΜΠ3
43	ΝΕΑ ΣΑΝΤΑ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	43.ΕΚΚΛΗΣΙΑ	Ν.ΣΑΝΤ1
44	ΝΕΑ ΣΑΝΤΑ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	44.ΦΑΣΤ-ΦΟΥΝΤ	Ν.ΣΑΝΤ2
45	ΝΕΑ ΣΑΝΤΑ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ	45.ΚΑΦΕΤΕΡΙΑ	Ν.ΣΑΝΤ3

Πίνακας 5.1. : Περιοχές δειγματοληψιών και η κωδικοποίησή τους

5.2. Προσδιορισμός χλωριούχων (Cl⁻) με τη μέθοδο Mohr στα δείγματα νερού

- Αρχή μεθόδου: Η μέθοδος στηρίζεται στην ογκομέτρηση αγνώστου διαλύματος χλωριούχων (Cl⁻) το οποίο έχει pH= 6,3-10, με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO₃) και δείκτη χρωμικού καλίου (K₂CrO₄) μέχρι να σχηματιστεί ερυθροκαστανό (κεραμιδί) ίζημα.

- Γυάλινα σκεύη και Αντιδραστήρια: α) Για τον προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων (Cl⁻) χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες, σιφόνια πλήρωσεως, στατό και προχοΐδα. β) Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO₃) 0,01N

γ) Διάλυμα 5% v/v δείκτη χρωμικού καλίου (K₂CrO₄), που έχει κίτρινο χρώμα, αλλά δεν το λαμβάνουμε υπόψη.

Πειραματική διαδικασία

- **Λευκός προσδιορισμός:** Σε κωνική φιάλη των 250 ml λαμβάνονται με σιφόνιο πλήρωσεως 50 ml απεσταγμένου νερού, προστίθενται 8 σταγόνες δείκτη όξινου χρωμικού καλίου (K₂CrO₄) και ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO₃) 0,01N μέχρι να εμφανιστεί κεραμιδί θόλωμα.

Το αρχικό κίτρινο χρώμα που παίρνει το νερό δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη. Η κωνική με το ίζημα που περιέχει κρατείται για να γίνει σύγκριση με την κωνική της ογκομέτρησης του άγνωστου διαλύματος. Ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που καταναλώθηκε δεν ξεπέρασε τα 1,1ml.

- **Άγνωστο διάλυμα:** Σε κωνική φιάλη των 250 ml λαμβάνονται με σιφόνιο πλήρωσεως 50 ml δείγματος νερού προστίθενται 8 σταγόνες δείκτη όξινου χρωμικού καλίου (K₂CrO₄) όπως και στον λευκό προσδιορισμό. Το δείγμα ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO₃) 0,01N μέχρι εμφανίσεως κεραμιδί ιζήματος ίδιου χρώματος με του λευκού προσδιορισμού.

Η σύγκριση γίνεται με το μάτι χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το κίτρινο χρώμα που παίρνει το άγνωστο διάλυμα (λόγω του δείκτη) αλλά μόνον το χρώμα της αδιάλυτης ουσίας (ίζημα). Απαιτούνται 2 ογκομετρήσεις ώστε να βγει ο μέσος όρος των ml που θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό.

5.3. Προσδιορισμός νιτρικών αλάτων (NO_3^-) με τη μέθοδο της υπεριώδους φασματοφωτομετρίας στα δείγματα νερού

-Αρχή μεθόδου: Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται μόνο για δείγματα που έχουν χαμηλό περιεχόμενο οργανικής ύλης, δηλαδή αμόλυντα φυσικά νερά και πόσιμο νερό. Η μέτρηση της απορρόφησης στο υπεριώδες φως στα 220nm επιτρέπει τον γρήγορο προσδιορισμό των νιτρικών. Η καμπύλη αναφοράς των νιτρικών ακολουθεί τον νόμο του Beer μέχρι και τα 11mg N /L. Επειδή η διαλυμένη οργανική ύλη μπορεί επίσης να απορροφηθεί στα 220nm και τα νιτρικά δεν απορροφώνται στα 275 nm, μία δεύτερη μέτρηση μπορεί να γίνει στα 275 nm για να διορθώσει την τιμή των νιτρικών. Η έκταση της εμπειρικής διόρθωσης συνδέεται με τη φύση και τη συγκέντρωση της οργανικής ύλης και μπορεί να ποικίλει από το ένα νερό στο άλλο. Η διήθηση του δείγματος αφαιρεί τυχόν παρεμβολές από αιωρούμενα σωματίδια. Οξύνιση με υδροχλωρικό οξύ 1N έχει εφαρμοσθεί για την πρόληψη των παρεμβολών από υδροξείδιο ή από συγκεντρώσεις ανθρακικών μέχρι και 1000mg/L ως CaCO_3 . Τα χλωριούχα δεν έχουν καμιά επίδραση στον προσδιορισμό.

-Γυάλινα σκεύη και Αντιδραστήρια: α) Για τον προσδιορισμό των νιτρικών (NO_3^-) χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες, σιφώνια πληρώσεως, ογκομετρικές φιάλες και το φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους Ορατού μοντέλο UV 1601 της εταιρίας Shimadzu β) Δισαπεσταγμένο νερό, γ) πυκνό πρότυπο διάλυμα νιτρικών, γ) σειρά προτύπων διαλυμάτων νιτρικών

Πειραματική διαδικασία

- Παρασκευή πυκνού διαλύματος 200 ppm νιτρικών: Σε ποτήρι ζέσεως ζυγίζονται 0,2387g νιτρικού μαγνησίου $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Η ποσότητα διαλύεται με απεσταγμένο νερό και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml όπου συμπληρώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή και ανακινείται.
- Παρασκευή σειράς προτύπων διαλυμάτων νιτρικών (NO_3^-): Παρασκευάζονται 4 πρότυπα των 5, 10, 15 και 20 ppm NO_3^- . Σε 4 ογκομετρικές φιάλες των 100 ml προστίθενται 2,5ml, 5ml,

7,5ml, και 10ml αντίστοιχα από το πυκνό διάλυμα NO_3^- , συμπληρώνεται με απεσταγμένο ύδωρ μέχρι τη χαραγή και ανακινείται.

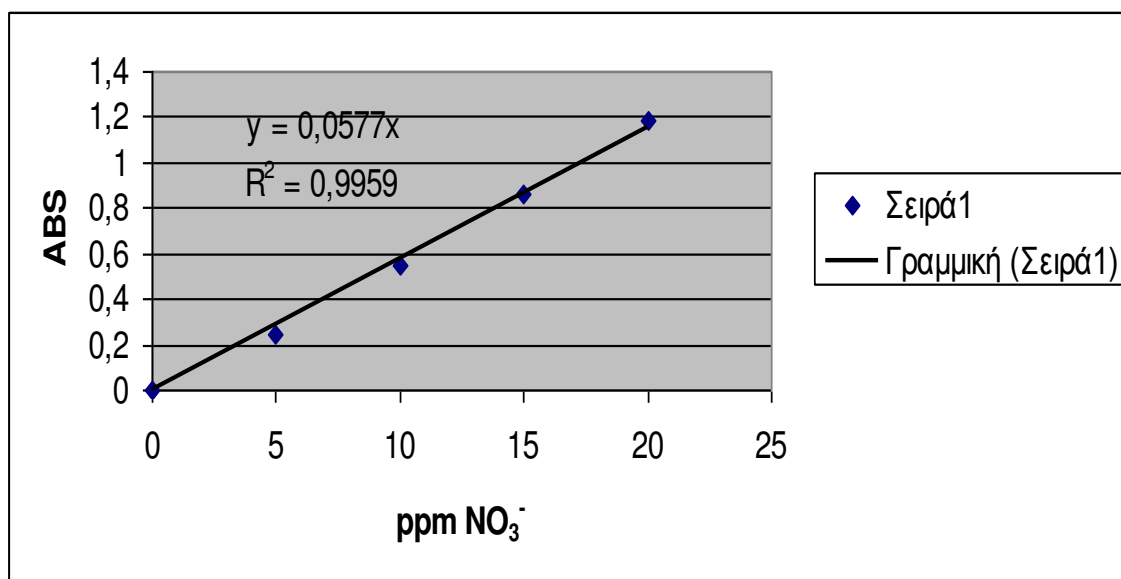
-Μέτρηση απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο : Προσθήκη ποσότητας προτύπων δειγμάτων σε κυψελίδα χαλαζία και μέτρηση της απορρόφησής τους στα 220nm.

Στον παρακάτω πίνακα, δίνονται οι τιμές των απορροφήσεων που λαμβάνονται από τα πρότυπα διαλύματα των NO_3^- , οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή καμπύλης αναφοράς σύμφωνα με το νόμο του Beer.

Πίνακας 5.2 1^η Μέτρηση απορροφήσεων των πρότυπων διαλυμάτων NO_3^-

Συγκέντρωση ppm NO_3^-	Απορρόφηση
5	0,242
10	0,549
15	0,886
20	1,180

Σχήμα 5.1. 1^η καμπύλη αναφοράς νιτρικών αλάτων NO_3^-

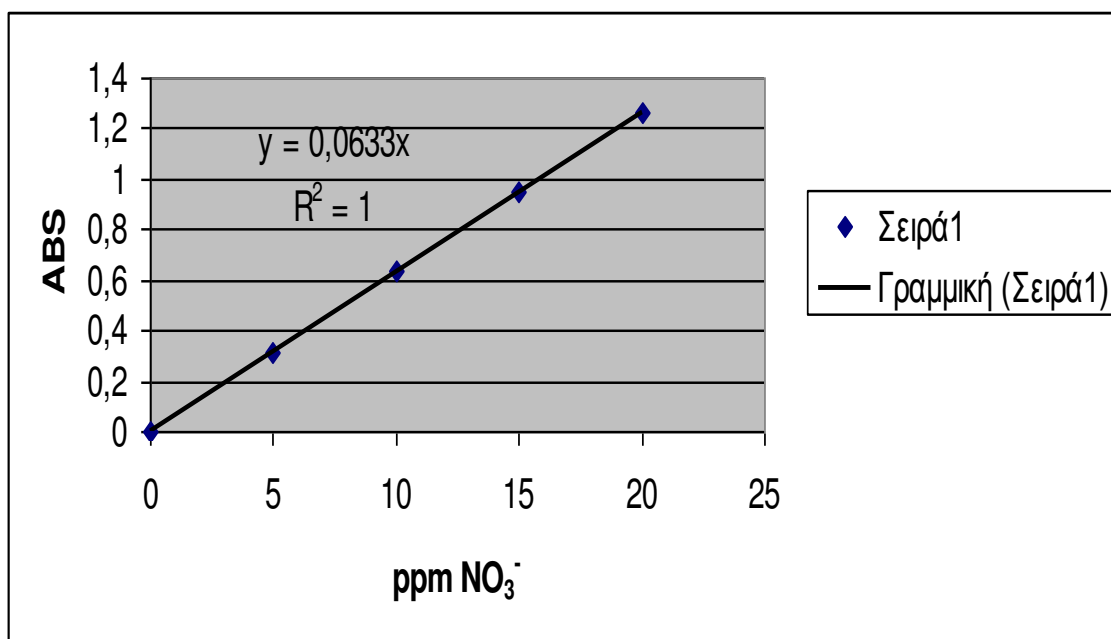


Παρασκευάστηκαν και δεύτερη φορά πρότυπα διαλύματα ώστε να μπορέσει να συνεχιστεί η ανάλυση με ακρίβεια.

Πίνακας 5.3. 2^η Μέτρηση απορροφήσεων πρότυπων διαλυμάτων NO₃⁻

Συγκέντρωση ppm NO ₃ ⁻	Απορρόφηση
5	0,315
10	0,637
15	0,945
20	1,266

Σχήμα 5.2. 2^η Καμπύλη αναφοράς νιτρικών αλάτων NO₃⁻



5.4. Προσδιορισμός pH

Ο προσδιορισμός του pH πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ειδικού οργάνου, του Πεχάμετρου, ώστε να εξασφαλιστεί η ακριβής μέτρησή του.

Εργαστηριακή τεχνική

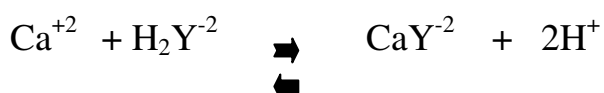
Σε κάθε δείγμα πόσιμου νερού βυθίζουμε το ηλεκτρόδιο μέτρησης μέσα στο διάλυμα σε βάθος 2 – 3 cm και περιμένουμε έως ότου η ένδειξη του πεχαμέτρου σταθεροποιηθεί. Μετά από κάθε μέτρηση το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό ενώ, όταν δεν χρησιμοποιείται, παραμένει βυθισμένο σε ποτήρι με διάλυμα χρωμικού καλίου.

5.5. Προσδιορισμός σκληρότητας

-Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος στηρίζεται στη συμπλοκοποίηση των Ca⁺² και των Mg⁺² από το EDTA κατά την ογκομέτρηση του πόσιμου νερού με πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01M, παρουσία ρυθμιστικού διαλύματος pH=10 και δείκτη Erio-T.

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ογκομέτρησης είναι οι ακόλουθες:





-Απαιτούμενα Αντιδραστήρια

- Πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01M : Διαλύονται 3,722g του δινατρίου άλατος EDTA σε απεσταγμένο νερό και αραιώνεται το διάλυμα σε ογκομετρική 1,0L.
- Δείκτης Erio-T : Ζυγίζονται 0,2g στερεής ουσίας Erio-T και διαλύονται σε 15ml τριαιθανολαμίνης και 5ml κοινής αιθανόλης (95%). Το διάλυμα είναι σταθερο για 1 μήνα περίπου.
- Ρυθμιστικό διάλυμα pH=10 : Διαλύονται σε λίγο νερό 17,5g NH₄CL, προστίθενται 142,5ml πυκνού διαλύματος NH₄OH (d=0,88g/ml), αραιώνεται το διάλυμα με νερό σε ογκομετρική των 250ml και ανακινείται καλά.

Στις αναλύσεις μας χρησιμοποιήθηκε ταμπλέτα σκληρομετρίας:

- Είναι μία ειδική ταμπλέτα που περιέχει σε στερεή μορφή κατάλληλη ποσότητα δείκτη Erio-T και NH₄Cl (το άλας ρυθμιστικού διαλύματος), η οποία διαλύεται στο νερό. Το πυκνό διάλυμα αμμωνίας (απαιτείται 1ml σε κάθε μέτρηση) προστίθεται χωριστά. Στο ισοδύναμο σημείο της αντίδρασης πραγματοποιείται απότομη αλλαγή χρώματος από κόκκινο σε πράσινο (όχι μπλέ, όπως θα έπρεπε), επειδή η ταμπλέτα περιέχει και μία αδιάφορη χρωστική (κίτρινου χρώματος).

-Εργαστηριακή τεχνική

Σε κωνική φιάλη λαμβάνονται με σιφόνιο πληρώσεως 50 ml πόσιμου νερού. Στη συνέχεια προστίθενται 1 ml πυκνού διαλύματος αμμωνίας και μία ταμπλέτα σκληρομέτρησης, την οποία διαλύουμε με ήπια ανακίνηση της κωνικής, οπότε το νερό χρωματίζεται κόκκινο.

Ογκομετρούμε με πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01M μέχρι αλλαγής από κόκκινο σε πράσινο.

5.6. Προσδιορισμός θεικών αλάτων (SO₄²⁻) με τη μέθοδο της Θολωσιμετρίας στα δείγματα νερού

-Αρχή μεθόδου: Θεικά ιόντα καταβυθίζονται σε περιβάλλον υδροχλωρικού οξέος με γλωριούχο βάριο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζονται κρύσταλλοι θεικού βαρίου ομοιόμορφου μεγέθους. Η απορρόφηση του εναιωρήματος θεικού βαρίου μετριέται σε

νεφελόμετρο ή σε φωτόμετρο εκπομπής και η συγκέντρωση των θεικών ιόντων προσδιορίζεται μέσω της σύγκρισης της ανάγνωσης με πρότυπη καμπύλη.

-Γυάλινα σκεύη και Αντιδραστήρια: α) Για τον προσδιορισμό των θεικών αλάτων(SO_4^-) χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες, σιφόνια πληρώσεως, ογκομετρικές φιάλες και το **Φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους Ορατού (τύπος UV 1601 της εταιρίας Shimadzu)** β) Αντιδραστήριο προετοιμασίας (contitioning) γ) Κρύσταλλοι χλωριούχου Βαρίου 20-30mesh, δ) Πρότυπο διάλυμα θεικών αλάτων(SO_4^-).

Πειραματική διαδικασία

• Παρασκευή αντιδραστηρίου προετοιμασίας (contitioning): Ζυγίζονται 35g χλωριούχου νατρίου (NaCl) και διαλύονται σε 50ml αλκοόλης 95% (διάλυμα α). Σε 150 ml απεσταγμένου νερού προστίθεται 15ml πυκνού υδροχλωρικού οξέος (διάλυμα β). Σε ποτήρι ζέσεως 600ml προστίθενται 25ml γλυκερόλης το διάλυμα α, έπειτα το β και αναμειγνύω με ραβδάκι.

• Κρύσταλλοι χλωριούχου βαρίου BaCl_2 : Σε ένα πορσελάνινο γουδί τοποθετείτε μικρή ποσότητα BaCl_2 και κονιορτοποιείται ώστε οι κρύσταλλοι να είναι 20-30 mesh.

• Παρασκευή πυκνού πρότυπου διαλύματος θεικών (SO_4^-) : Σε ποτήρι ζέσεως ζυγίζονται 0,1480g άνυδρου θεικού νατρίου (Na_2SO_4) και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 1000ml όπου συμπληρώνεται με αποσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή και ανακινείται.

• Παρασκευή αιωρήματος θεικού βαρίου (BaSO_4):

- **Λευκός προσδιορισμός:** Σε κωνική φιάλη των 250 ml προστίθενται 100ml απεσταγμένου νερού και 5 ml από το αντιδραστήριο προετοιμασίας. Στο διάλυμα της κωνικής προστίθεται 0,2-0,3g κρυστάλλων BaCl_2 και αναδεύεται με μαγνητάκι σε συσκευή ανάδευσης για 1 min ακριβώς. Έπειτα τοποθετείται στο όργανο και με την μέτρηση γίνεται η ρύθμιση του μηδενός.

- **Παρασκευή σειράς πρότυπων διαλυμάτων SO_4^- :** Παρασκευάζονται 4 πρότυπα των 10,20,30 και 40 ppm SO_4^- . Σε 4 ογκομετρικές φιάλες των 250 ml προστίθενται 10,20,30 και 40ml αντίστοιχα από το πυκνό διάλυμα SO_4^- και 5ml από το αντιδραστήριο προετοιμασίας. Συμπληρώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή και μεταφέρεται σε κωνική φιάλη των 250ml. Στο διάλυμα της κωνικής προστίθεται 0,2-0,3g κρυστάλλων BaCl_2 και αναδεύεται με μαγνητάκι σε συσκευή ανάδευσης για 1 min ακριβώς.

- **Προετοιμασία άγνωστων δειγμάτων:** Σε ογκομετρικές φιάλες των 250ml προστίθενται 100ml από τα δείγματα νερού και 5 ml από το αντιδραστήριο προετοιμασίας. Συμπληρώνεται με

απεσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή και μεταφέρεται σε κωνική φιάλη των 250ml. Στο διάλυμα της κωνικής προστίθεται 0,2-0,3g κρυστάλλων $BaCl_2$ και αναδεύεται με μαγνητάκι σε συσκευή ανάδευσης για 1 min ακριβώς.

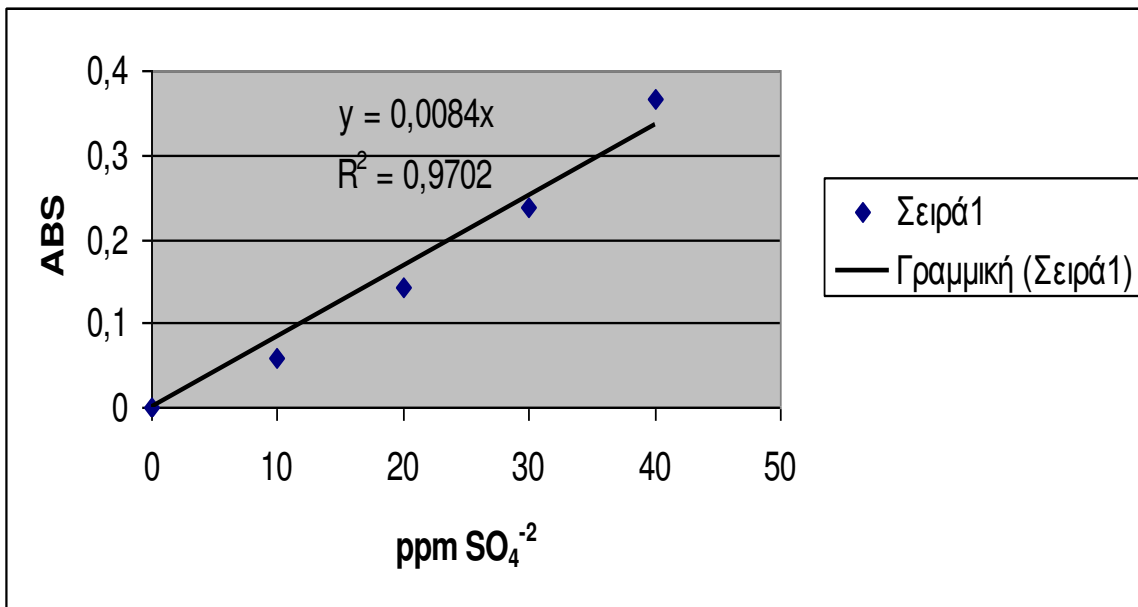
-Μέτρηση απορρόφησης: Με την λήξη της ανάδευσης μεταφέρεται ποσότητα δείγματος σε κυψελίδα και μετριέται η απορρόφηση στα 420nm ανά 30sec για 4 λεπτά. Η θολότητα γίνεται μέγιστη εντός 2min και παραμένει σταθερή για 3-10 min .Κρατάμε την μέτρηση θολότητας που είναι μέγιστη στο διάστημα των 4 min.

Στον παρακάτω πίνακα, δίνονται οι μέσες τιμές των απορροφήσεων που λαμβάνονται από τα πρότυπα διαλύματα των, που λήφθηκαν από τις μετρήσεις στα 3-4min ανά 30sec, ενώ στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται γραφικά η καμπύλη αναφοράς. Και σε αυτή την μέτρηση παρασκευάστηκαν και για δεύτερη φορά πρότυπα διαλύματα $SO_4^{=}$.

Πίνακας 5.4. 1^η Μέτρηση των απορροφήσεων πρότυπων διαλυμάτων $SO_4^{=}$

Συγκέντρωση ppm $SO_4^{=}$	Απορρόφηση
10	0,058
20	0,142
30	0,237
40	0,367

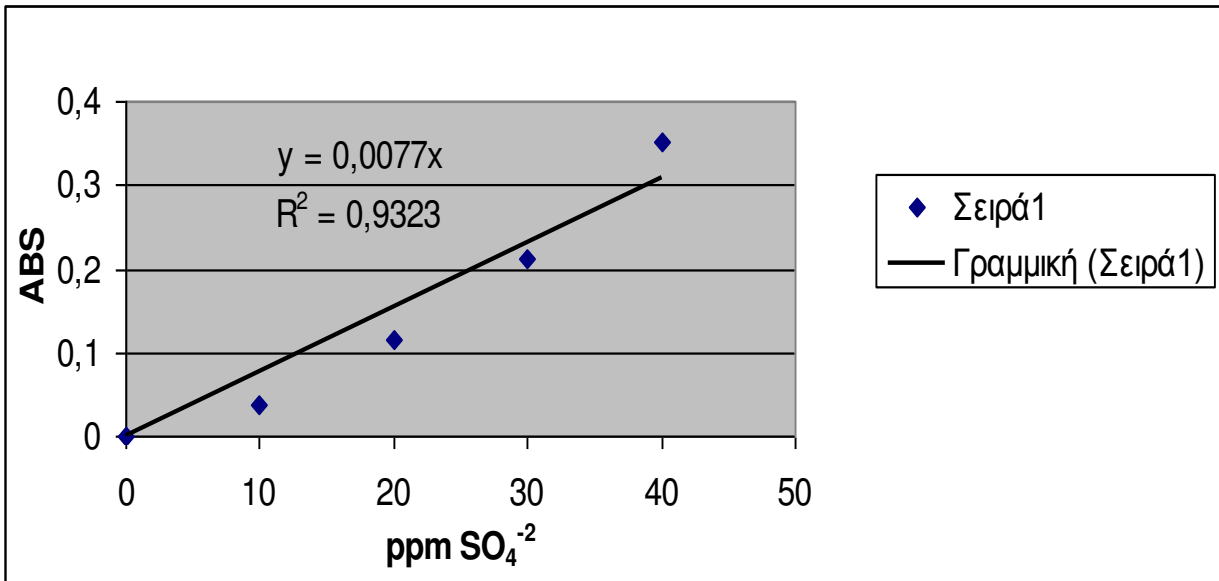
Σχήμα 5.3. 1^η Καμπύλη αναφοράς θειϊκών αλάτων $SO_4^{=}$



Πίνακας 5.5. 2^η Μέτρηση των απορροφήσεων πρότυπων διαλυμάτων SO_4^{2-}

Συγκέντρωση ppm SO_4^{2-}	Απορρόφηση
10	0,037
20	0,115
30	0,212
40	0,353

Σχήμα 5.4. 2^η Καμπύλη αναφοράς θειϊκών αλάτων SO₄⁼



5.7. Προσδιορισμός ορθοφωσφορικών αλάτων (PO₄⁻³) με τη χρωματομετρική μέθοδο στα δείγματα νερού.

-Αρχή μεθόδου: Το μολυβδαινοφωσφορικό οξύ σχηματίζεται και ανάγεται σε ένα έντονα σταθερό χρώμα, μπλε του μολυβδαινίου, από τον χλωριούχο κασσίτερο.

Αυτή η μέθοδος είναι πολύ πιο ευαίσθητη από την χρωματομετρική μέθοδος Βαναδομολυβδαινοφωσφορικού οξέος και καθιστά εφικτό το στάδιο εκχύλισης το οποίο αυξάνει την αξιοπιστία της μεθόδου σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,1mgP/L και ελαττώνει της παρεμβολές.

-Γυάλινα σκεύη και Αντιδραστήρια: α) Για τον προσδιορισμό ορθο-φωσφορικών αλάτων (PO₄⁻³) χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες, σιφώνια πληρώσεως, ογκομετρικές φιάλες και το φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους Ορατού μοντέλο UV 1601 της εταιρίας Shimadzu. β) Μολυβδαινικό αμμώνιο (NH₄)₆MO₇O₂₄• 4H₂O γ) Χλωριούχος κασσίτερος SnCl₂, δ) Πρότυπο διάλυμα φωσφόρου P.

Πειραματική διαδικασία

• Αντιδραστήριο Μολυβδαινικού αμμωνίου $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$: Σε ποτήρι ζέσεως 600ml τοποθετούνται 200ml απεσταγμένου νερού και προστίθενται αργά υπό ανάδευση 140ml πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4). Μεταφέρεται σε ογκομετρικό κύλινδρο και ψύχεται κάτω από την βρύση. (διάλυμα α). Ζυγίζονται 12,5g μολυβδαινικού αμμωνίου και διαλύονται σε 90 ml απεσταγμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως των 150ml (διάλυμα β). Στο διάλυμα α προστίθεται το διάλυμα β, αναμιγνύεται και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 500ml όπου συμπληρώνεται με νερό μέχρι την χαραγή και ανακινείται.

• Αντιδραστήριο Χλωριούχου κασσίτερου (SnCl_2): Ζυγίζονται 2,5g $\text{SnCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ και διαλύονται σε 100ml γλυκερίνης σε ποτήρι ζέσεως 200ml. Αν δεν διαλυθεί πλήρως τότε θερμαίνεται σε υδρόλουτρο υπό ανάδευση με γυάλινη ράβδο.

• Πυκνό πρότυπο διάλυμα φωσφορικών: Ζυγίζονται 0,2195g άνυδρου $\text{KH}_2\text{PO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, αφού πρώτα έχει υποστεί ξήρανση για την απομάκρυνση της φυσικής υγρασίας. Διαλύεται με απεσταγμένο νερό, σε ποτήρι ζέσεως των 100ml, μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη του 1L και αραιώνεται.

- **Λευκός προσδιορισμός**: Σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml προστίθενται 100 ml δισαπεσταγμένου νερού, 4 ml διαλύματος μολυβδαινικού αμμωνίου και 0,5 ml γλυκερίνης. Συμπληρώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή και ανακινείται. Έπειτα τοποθετείται στο όργανο και με την μέτρηση γίνεται η ρύθμιση του μηδενός.

- Παρασκευή σειράς πρότυπων διαλυμάτων : Παρασκευάζονται 4 πρότυπα των 25, 50, 75 και 100 $\mu\text{g P-PO}_4^{-3}/\text{L}$. Σε 4 ογκομετρικές φιάλες των 100 ml προστίθενται 0,5ml, 1,0ml, 1,5 και 2,0ml αντίστοιχα από το πυκνό διάλυμα PO_4^{-3} , 4 ml διαλύματος μολυβδαινικού αμμωνίου και 0,5 ml γλυκερίνης. Συμπληρώνεται με δισαπεσταγμένο ύδωρ μέχρι την χαραγή και ανακινείται.

- **Προετοιμασία άγνωστων δειγμάτων**: Σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml προστίθενται 100 ml δείγματος νερού, 4 ml διαλύματος μολυβδαινικού αμμωνίου και 0,5 ml γλυκερίνης. Συμπληρώνεται με δισαπεσταγμένο ύδωρ μέχρι την χαραγή και ανακινείται.

- **Μέτρηση δειγμάτων στο φασφατοφωτόμετρο**: Μετά την πάροδο των 11min και σε διάστημα εντός 2min, μεταφέρεται ποσότητα από τα πρότυπα ή από τα άγνωστα δείγματα σε κυψελίδα και μετριέται η απορρόφηση στα 690nm.

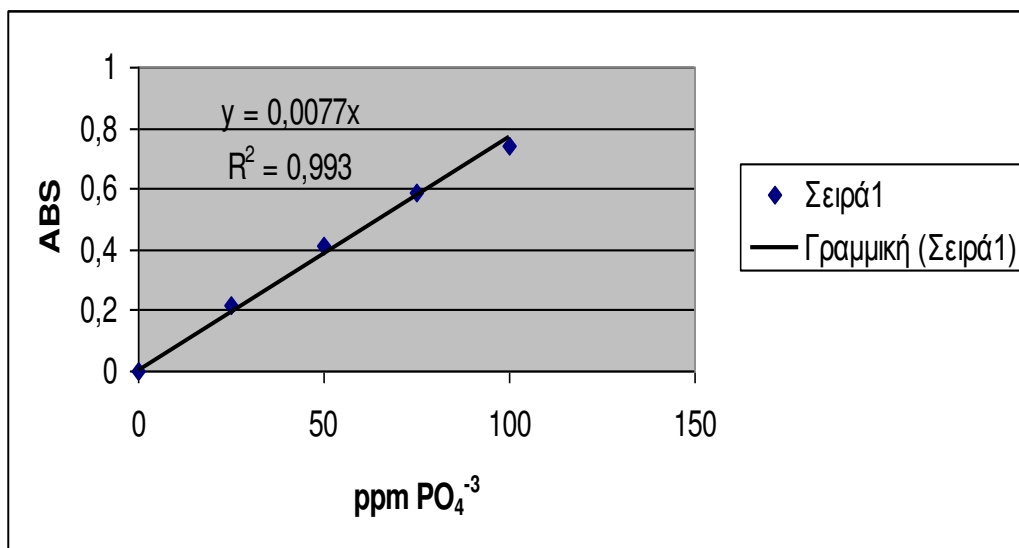
Στον παρακάτω πίνακα, δίνονται οι τιμές των απορροφήσεων που λαμβάνονται από τα πρότυπα διαλύματα των P-PO_4^{-3} , που λήφθηκαν από τις μετρήσεις στο φασφατοφωτόμετρο ενώ στο σχήμα 9.3 παρουσιάζεται γραφικά η καμπύλη αναφοράς.

Πίνακας 5.7 1^η Μέτρηση των πρότυπων διαλυμάτων P-PO₄⁻³

Ποσότητα μg P-PO ₄ ⁻³	Απορρόφηση
25	0,22
50	0,414
75	0,586
100	0,743

Από τις λαμβανόμενες μετρήσεις των προτύπων κατασκευάζεται η καμπύλη αναφοράς και υπολογίζεται η συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων στα δείγματα.

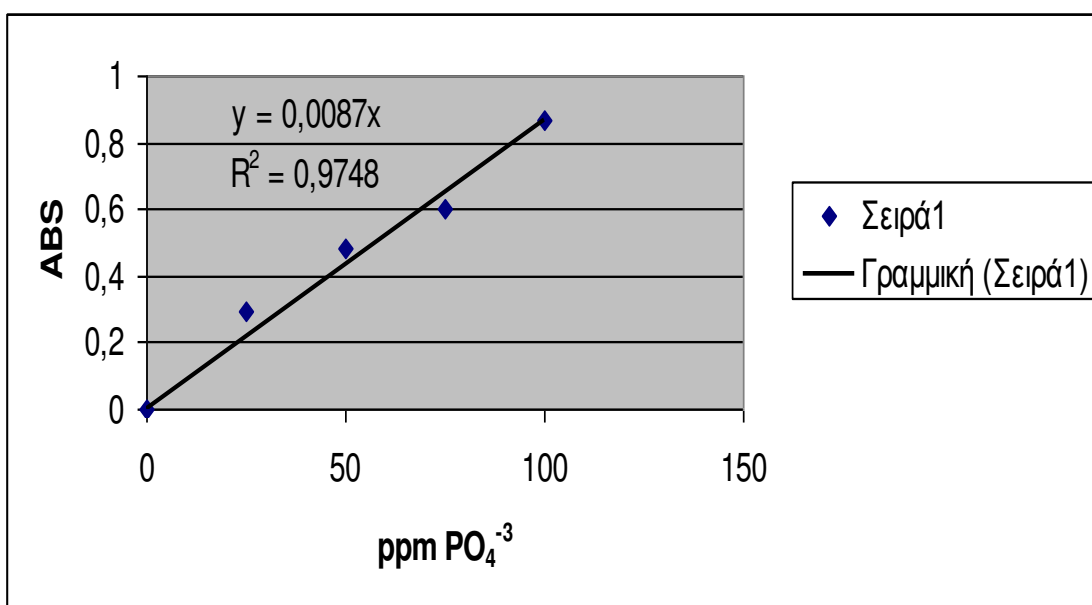
Σχήμα 5.6. 1^η Καμπύλη αναφοράς φωσφορικών αλάτων PO₄⁻³



Πίνακας 5.8. 2^η Μέτρηση των πρότυπων διαλυμάτων P-PO₄⁻³

Ποσότητα μg P-PO ₄ ⁻³	Απορρόφηση
25	0,291
50	0,485
75	0,6
100	0,865

Σχήμα 5.7. 2^η Καμπύλη αναφοράς φωσφορικών αλάτων PO₄⁻³



Κεφάλαιο 6^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Αποτελέσματα μετρήσεων ΡΗ στα δείγματα

Η ενεργός οξύτητα των δειγμάτων μετρήθηκε με την βοήθεια του Πεχάμετρου:

Πίνακας 6.1 : αποτελέσματα μετρήσεων ΡΗ στα δείγματα νερού.

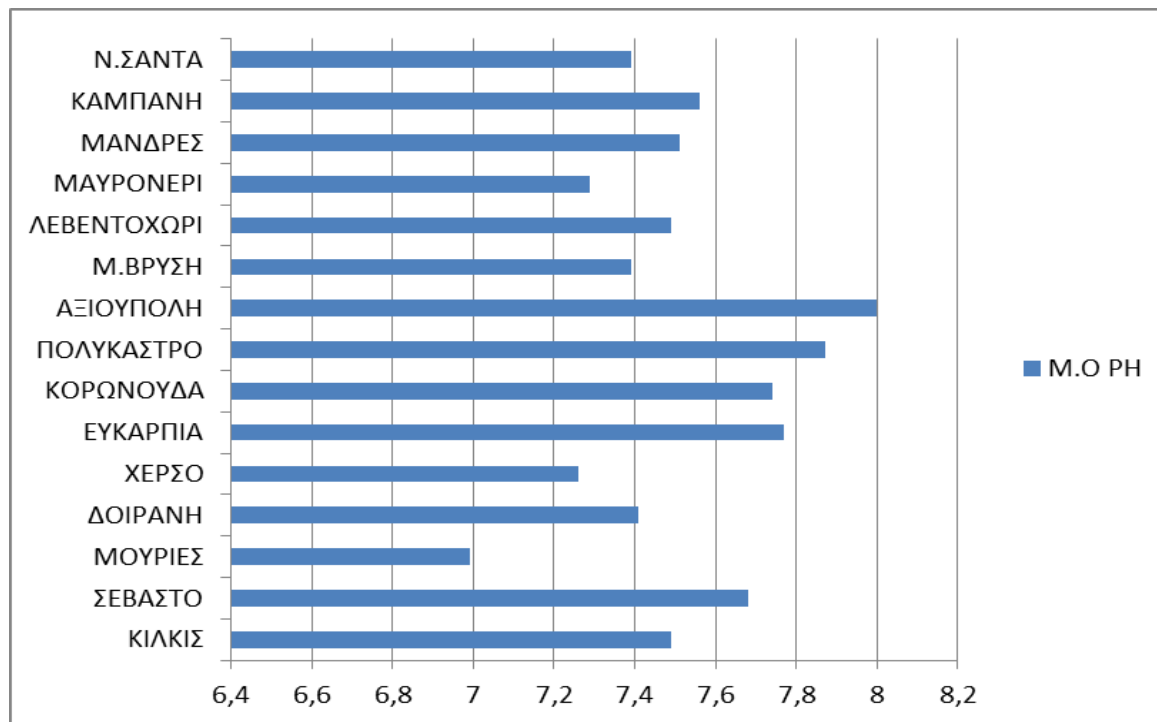
Αριθμός δείγματος	δείγματα	Τιμές ΡΗ	Μ.Ο ΡΗ
1	ΚΙΛ1	7,55	
2	ΚΙΛ2	7,45	7,49
3	ΚΙΛ3	7,47	
4	ΑΡΓ1	7,78	
5	ΣΕΒ2	7,60	7,68
6	ΣΕΒ3	7,66	
7	ΜΟΥΡ1	7,10	
8	ΜΟΥΡ2	6,98	6,99
9	ΜΟΥΡ3	6,90	
10	ΔΡΟΣ1	7,31	
11	ΔΟΙΡ2	7,47	7,41
12	ΔΟΙΡ3	7,44	
13	ΧΕΡΣ1	7,23	
14	ΧΕΡΣ2	7,27	7,26

15	ΧΕΡΣ3	7,27	
16	ΕΥΚΑΡ1	7,72	
17	ΕΥΚΑΡ2	7,77	7,77
18	ΕΥΚΑΡ3	7,81	
19	ΕΠΤΑΛ1	7,76	
20	ΚΟΡΩΝ2	7,73	7,74
21	ΚΟΡΩΝ3	7,72	
22	ΠΟΛΥΚ1	7,80	
23	ΠΟΛΥΚ2	7,75	7,87
24	ΠΟΛΥΚ3	8,06	
25	ΑΞΙΟΥΠ1	8,04	
26	ΑΞΙΟΥΠ2	8,00	8,00
27	ΑΞΙΟΥΠ3	7,96	
28	Μ.ΒΡΥΣ1	7,38	
29	Μ.ΒΡΥΣ2	7,39	7,39
30	Μ.ΒΡΥΣ3	7,41	
31	ΛΕΒΕΝΤ1	7,48	
32	ΛΕΒΕΝΤ2	7,49	7,49
33	ΛΕΒΕΝΤ3	7,50	
34	ΜΑΥΡ1	7,34	
35	ΜΑΥΡ2	7,25	7,29
36	ΜΑΥΡ3	7,28	
37	ΜΑΝΔ1	7,50	
38	ΜΑΝΔ2	7,51	7,51
39	ΜΑΝΔ3	7,51	
40	ΚΑΜΠ1	7,68	
41	ΚΑΜΠ2	7,50	7,56
42	ΚΑΜΠ3	7,50	
43	Ν.ΣΑΝΤ1	7,41	
44	Ν.ΣΑΝΤ2	7,40	7,39
45	Ν.ΣΑΝΤ3	7,37	

Πίνακας 6.2 αποτελέσματα μέσου όρου ΡΗ ανά δίκτυο

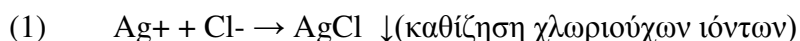
Αριθμός δείγματος	δίκτυο	μ.ο ΡΗ
1	ΚΙΛΚΙΣ	7,49
2	ΣΕΒΑΣΤΟ	7,68
3	ΜΟΥΡΙΕΣ	6,99
4	ΔΟΙΡΑΝΗ	7,41
5	ΧΕΡΣΟ	7,26
6	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	7,77
7	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	7,74
8	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	7,87
9	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	8,00
10	Μ.ΒΡΥΣΗ	7,39
11	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	7,49
12	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	7,29
13	ΜΑΝΔΡΕΣ	7,51
14	ΚΑΜΠΑΝΗ	7,56
15	Ν.ΣΑΝΤΑ	7,39

Σχήμα 6.1. Διάγραμμα μέσου όρου PH ανά δίκτυο



6.2 Αποτελέσματα των χλωριούγων αλάτων (Cl⁻) στα δείγματα

Οι αντιδράσεις που γίνονται στον προσδιορισμό είναι:



Στον λευκό προσδιορισμό ελήφθησαν 50ml απεσταγμένου H₂O με προσθήκη 8-10 σταγόνες δείκτη K₂CrO₄ και έγινε ογκομέτρηση με πρότυπο διάλυμα AgNO₃ 0,01N μέχρι να εμφανιστεί κεραμιδί θόλωμα (ίζημα). Στην ογκομέτρηση του άγνωστου διαλύματος ξοδεύτηκαν x ml πρότυπου διαλύματος AgNO₃ για την καθίζηση των Cl⁻ και του δείκτη μαζί, ενώ στον λευκό προσδιορισμό ξοδεύτηκαν κ ml πρότυπου διαλύματος μόνο για τον δείκτη. Άρα τα πραγματικά καταναλωθέντα ml διαλύματος AgNO₃ μόνο για την καταβύθιση των Cl⁻ είναι:

$$V(AgNO_3) \text{ μόνο για τα } Cl^- = x - \kappa = \delta \text{ ml}$$

Έτσι στο ισοδύναμο σημείο του προσδιορισμού θα ισχύει:

(i) $meq(Cl^-) = meq(AgNO_3) = (N \cdot V) AgNO_3 = 0,01 \cdot \delta$

(ii) Μετατρέπω τα 0,01 · δ meq (Cl⁻) σε mg Cl⁻ με το X.I. αυτού,

$$XI(Cl^-) = Ar(Cl^-) / \alpha = 35,5 / 1 = 35,5 \quad \text{όπου}$$

$\alpha = 1$ το φορτίο του χλωριόντος που καθιζάνει στην αντίδραση (1)

Άρα, έχουμε $0,355 \cdot \delta$ mg Cl^- .

Με την απλή μέθοδο των τριών μετατρέπονται τα $0,355 \cdot \delta$ mgr Cl^- που βρίσκονται στα 50ml δείγματος νερού σε $7,1 \cdot \delta$ mg Cl^- στα 1000 ml άγνωστου διαλύματος. Γνωρίζουμε ότι στα υδατικά διαλύματα ισχύει η ισοδυναμία ppm \leftrightarrow mgr/L. Άρα η συγκέντρωση του κάθε δείγματος νερού είναι $7,1 \cdot \delta$ ppm Cl^- .

Γνωρίζουμε ότι στα υδατικά διαλύματα ισχύει η ισοδυναμία ppm \leftrightarrow mgr/L. Άρα η συγκέντρωση του κάθε δείγματος νερού είναι $7,1 \cdot \delta$ ppm Cl^- .

Πίνακας 6.3.: αποτελέσματα μετρήσεων χλωριόντων στα δείγματα νερού.

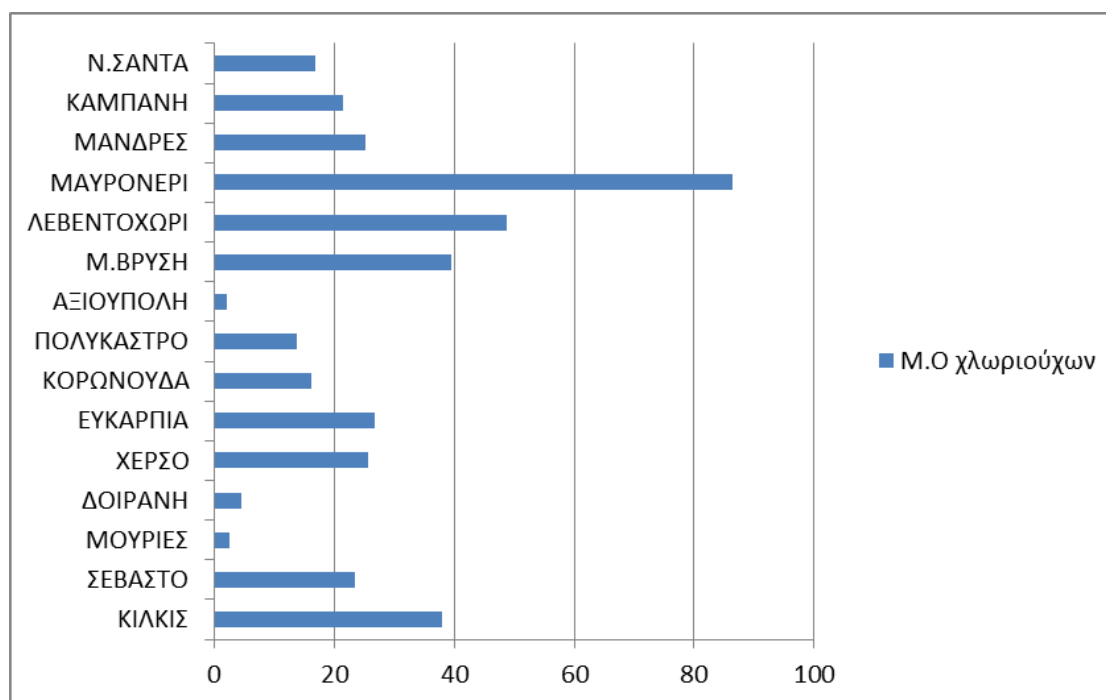
Αριθμός δείγματος	δείγματα	ml AgNO_3	Συγκέντρωση (ppm Cl^-)	μ.ο ppm Cl^-
1	ΚΙΑ1	6,5	38,34	
2	ΚΙΑ2	6,6	39,06	37,87
3	ΚΙΑ3	6,2	36,21	
4	ΑΡΓ1	4,5	24,14	
5	ΣΕΒ2	4,4	23,43	23,43
6	ΣΕΒ3	4,3	22,72	
7	ΜΟΥΡ1	1,4	2,13	
8	ΜΟΥΡ2	1,5	2,84	2,60
9	ΜΟΥΡ3	1,5	2,84	
10	ΔΡΟΣ1	1,6	3,55	
11	ΔΟΙΡ2	1,7	4,26	4,50
12	ΔΟΙΡ3	1,9	5,68	
13	ΧΕΡΣ1	4,9	29,98	
14	ΧΕΡΣ2	4,5	24,14	25,56
15	ΧΕΡΣ3	4,7	25,56	
16	ΕΥΚΑΡ1	4,9	26,98	
17	ΕΥΚΑΡ2	5	27,69	26,74

18	ΕΥΚΑΡ3	4,7	25,56	
19	ΕΠΤΑΛ1	3,5	17,04	
20	ΚΟΡΩΝ2	3,2	14,91	16,09
21	ΚΟΡΩΝ3	3,4	16,33	
22	ΠΟΛΥΚ1	3	13,49	
23	ΠΟΛΥΚ2	3	13,49	13,73
24	ΠΟΛΥΚ3	3,1	14,20	
25	ΑΞΙΟΥΠ1	1,7	4,26	
26	ΑΞΙΟΥΠ2	1,3	1,42	2,13
27	ΑΞΙΟΥΠ3	1,2	0,71	
28	Μ.ΒΡΥΣ1	6,7	39,76	
29	Μ.ΒΡΥΣ2	6,7	39,76	39,52
30	Μ.ΒΡΥΣ3	6,6	39,05	
31	ΛΕΒΕΝΤ1	7,8	47,57	
32	ΛΕΒΕΝΤ2	7,8	47,57	48,75
33	ΛΕΒΕΝΤ3	8,3	51,12	
34	ΜΑΥΡ1	13,5	88,04	
35	ΜΑΥΡ2	13	84,49	86,38
36	ΜΑΥΡ3	13,3	86,62	
37	ΜΑΝΔ1	4,7	25,56	
38	ΜΑΝΔ2	4	20,59	25,09
39	ΜΑΝΔ3	5,2	29,11	
40	ΚΑΜΠ1	4	20,59	
41	ΚΑΜΠ2	4,2	22,01	21,54
42	ΚΑΜΠ3	4,2	22,01	
43	Ν.ΣΑΝΤ1	3,4	16,33	
44	Ν.ΣΑΝΤ2	3,3	15,62	16,80
45	Ν.ΣΑΝΤ3	3,7	18,46	

Πίνακας 6.4. : αποτελέσματα μέσου όρου χλωριόντων ανά δίκτυο.

Αριθμός δείγματος	δίκτυο	Μ.Ο χλωριούχων
1	ΚΙΛΚΙΣ	37,87
2	ΣΕΒΑΣΤΟ	23,43
3	ΜΟΥΡΙΕΣ	2,60
4	ΔΟΙΡΑΝΗ	4,50
5	ΧΕΡΣΟ	25,56
6	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	26,74
7	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	16,09
8	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	13,73
9	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	2,13
10	Μ.ΒΡΥΣΗ	39,52
11	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	48,75
12	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	86,38
13	ΜΑΝΔΡΕΣ	25,09
14	ΚΑΜΠΑΝΗ	21,54
15	Ν.ΣΑΝΤΑ	16,80

Σχήμα 6.2 : Διάγραμμα μέσου όρου χλωριόντων ανά δίκτυο



6.3 Αποτελέσματα μετρήσεων σκληρότητας στα δείγματα νερού.

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας στα δείγματα πόσιμου νερού έγινε με της εξής διαδικασία:

Οι βασικές αντιδράσεις της ογκομέτρησης που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς είναι κατά σειρά:



Προσθέτοντας μία ταμπλέτα Merck στο άγνωστο διάλυμα και ρίχνοντας μόνο 1 ml πυκνού διαλύματος αμμωνίας, καθώς διαλύουμε με ήπια ανακίνηση τη ταμπλέτα το νερό θα χρωματιστεί κόκκινο. Έπειτα ογκομετρούμε με πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01M μέχρι αλλαγής χρώματος από κόκκινο σε πράσινο.

Στο ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης ισχύει:

$$\text{mmolesCa}^{+2} = \text{mmoles(EDTA)} = (\text{M} \cdot \text{V})_{\text{EDTA}} = 0,01 \cdot \alpha$$

όπου α = τα ml του διαλύματος EDTA 0,01M που ξοδεύτηκαν στην ογκομέτρηση του κάθε άγνωστου δείγματος νερού.

Μετατρέπουμε τα $0,01 \cdot \alpha$ mmolesCa⁺² σε mg Ca⁺² με το ατομικό βάρος (Ar=40) του Ca⁺² και βρίσκω $0,01 \cdot 40 \cdot \alpha$ mg Ca⁺² = $0,4 \cdot \alpha$ mg Ca⁺².

Στα 50ml άγνωστου δείγματος περιέχονται άλατα Ca+Mg που ισοδυναμούν με $0,4 \cdot \alpha$ mg Ca⁺² οπότε στα 1000ml άγνωστου δείγματος νερού περιέχονται άλατα Ca+Mg που ισοδυναμούν με $(1000/50) \cdot 0,4 \cdot \alpha = 8 \cdot \alpha$ mg Ca⁺²

Επειδή θέλουμε να μετατρέψουμε τα $8 \cdot \alpha$ mg Ca⁺² σε γαλλικούς βαθμούς πρώτα θα εφαρμόσουμε στοιχειομετρίας της ένωσης του CaCO₃ με το μοριακό βάρος αυτής (MB CaCO₃=100). Οπότε :

Στα 100mg CaCO₃ περιέχονται 40mg Ca⁺² οπότε τα $8 \cdot \alpha$ mg Ca⁺² περιέχονται σε $(800/40) \cdot \alpha$ mg CaCO₃ = $20 \cdot \alpha$ mg CaCO₃.

Έτσι μετατρέποντας τα $20 \cdot \alpha$ mgCaCO₃ σε γαλλικούς βαθμούς βρίσκουμε την σκληρότητα. Γνωρίζοντας ότι :

Ο 1⁰F εκφράζει τα διαλυμένα άλατα Ca και Mg που είναι ισοδύναμα με 10mg CaCO₃/λίτρο νερού οπότε τα $20 \cdot \alpha$ mg CaCO₃ ισοδυναμούν με $(20/10) \cdot \alpha = 2 \cdot \alpha$ ⁰F.

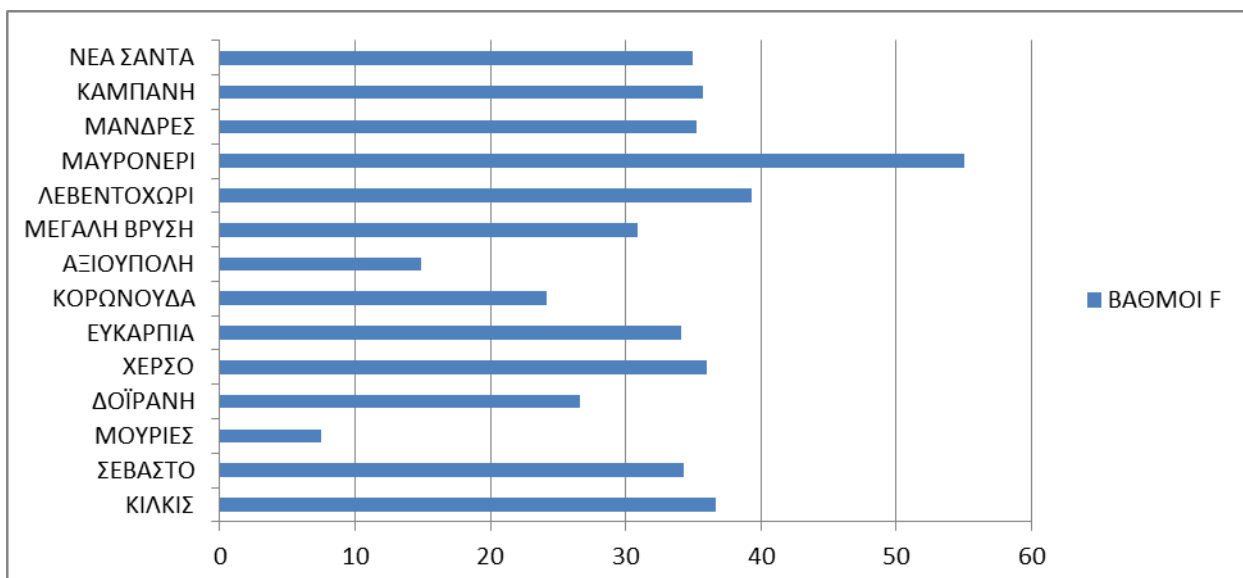
Πίνακας 6.5. Αποτελέσματα μετρήσεων σκληρότητας στα δείγματα νερού.

A/α	δείγματα	ml EDTA	Γαλλική σκληρότητα(°F)	M.O σκληρότητας
1	ΚΙΑ1	17,5	35	
2	ΚΙΑ2	18,5	37	35,7
3	ΚΙΑ3	17,5	35	
4	ΑΡΓ1	16,6	33,2	
5	ΣΕΒ2	16,7	33,4	34,3
6	ΣΕΒ3	18,1	36,2	
7	ΜΟΥΡ1	4,2	8,4	
8	ΜΟΥΡ2	3,2	6,4	7,47
9	ΜΟΥΡ3	3,8	7,6	
10	ΔΡΟΣ1	6,8	13,6	
11	ΔΟΙΡ2	5,9	11,8	12
12	ΔΟΙΡ3	5,3	10,6	
13	ΧΕΡΣ1	13	26	
14	ΧΕΡΣ2	13,1	26,2	26,6
15	ΧΕΡΣ3	13,8	27,6	
16	ΕΥΚΑΡ1	18	36	
17	ΕΥΚΑΡ2	17,9	35,8	36
18	ΕΥΚΑΡ3	18,1	36,2	
19	ΕΠΤΑΛ1	17,2	34,4	
20	ΚΟΡΩΝ2	16,9	33,8	34,1
21	ΚΟΡΩΝ3	17,1	34,2	
22	ΠΟΛΥΚ1	12,4	24,8	
23	ΠΟΛΥΚ2	11,8	23,6	24,2
24	ΠΟΛΥΚ3	12,1	24,2	
25	ΑΞΙΟΥΠ1	7,4	14,8	
26	ΑΞΙΟΥΠ2	7,6	15,2	14,9
27	ΑΞΙΟΥΠ3	7,4	14,8	
28	Μ.ΒΡΥΣ1	15,5	31	
29	Μ.ΒΡΥΣ2	15,3	30,6	30,9
30	Μ.ΒΡΥΣ3	15,6	31,2	
31	ΛΕΒΕΝΤ1	19,4	38,8	
32	ΛΕΒΕΝΤ2	19,6	39,2	39,3
33	ΛΕΒΕΝΤ3	19,9	39,8	
34	ΜΑΥΡ1	27,3	54,6	
35	ΜΑΥΡ2	27,3	54,6	55,1
36	ΜΑΥΡ3	28	56	
37	ΜΑΝΔ1	17,9	35,8	
38	ΜΑΝΔ2	17,5	35	35,3
39	ΜΑΝΔ3	17,5	35	
40	ΚΑΜΠ1	17,7	35,4	
41	ΚΑΜΠ2	18	36	35,7
42	ΚΑΜΠ3	17,9	35,8	
43	Ν.ΣΑΝΤ1	17,6	35,2	
44	Ν.ΣΑΝΤ2	17,2	34,4	35
45	Ν.ΣΑΝΤ3	17,7	35,4	

Πίνακας 6.6. : Αποτελέσματα μέσης σκληρότητας ανά δίκτυο

Αριθμός δείγματος	Δίκτυο	Μέση σκληρότητα
1	ΚΙΛΚΙΣ	35,7
2	ΣΕΒΑΣΤΟ	34,3
3	ΜΟΥΡΙΕΣ	7,47
4	ΔΟΪΡΑΝΗ	12
5	ΧΕΡΣΟ	26,6
6	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	36
7	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	34,1
8	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	24,2
9	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	14,9
10	Μ.ΒΡΥΣΗ	30,9
11	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	39,3
12	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	55,1
13	ΜΑΝΔΡΕΣ	35,3
14	ΚΑΜΠΑΝΗ	35,7
15	Ν.ΣΑΝΤΑ	35

Σχήμα 6.3. : Διάγραμμα μέσης σκληρότητας ανά δίκτυο



6.4 Αποτελέσματα μετρήσεων νιτρικών αλάτων στα δείγματα πόσιμου νερού

Με βάση τις δύο καμπύλες αναφοράς προκύπτουν οι εξισώσεις της ευθείας του νομού του beer :

$$y_1 = 0,0577x_1 \text{ για τα δείγματα από 1 έως 9 } R^2 = 0,9959$$

$$y_2 = 0,0633x_2 \text{ για τα δείγματα από 10 έως 45 με } R^2 = 1 \text{ αντίστοιχα}$$

όπου $y = \eta$ τιμή απορρόφησης του δείγματος και $x = \eta$ συγκέντρωση του δείγματος σε $\text{mg NO}_3/\text{L}$.

Έτσι προκύπτουν από τον παρακάτω πίνακα οι τιμές των απορροφήσεων στα δείγματα, οι συγκεντρώσεις αυτών σε $\text{mg NO}_3/\text{L}$ και ο μέσος όρος συγκέντρωσης των NO_3/L σε κάθε δίκτυο.

Πίνακας 6.7 : Αποτελέσματα μέσης συγκέντρωσης νιτρικών αλάτων ανά δίκτυο

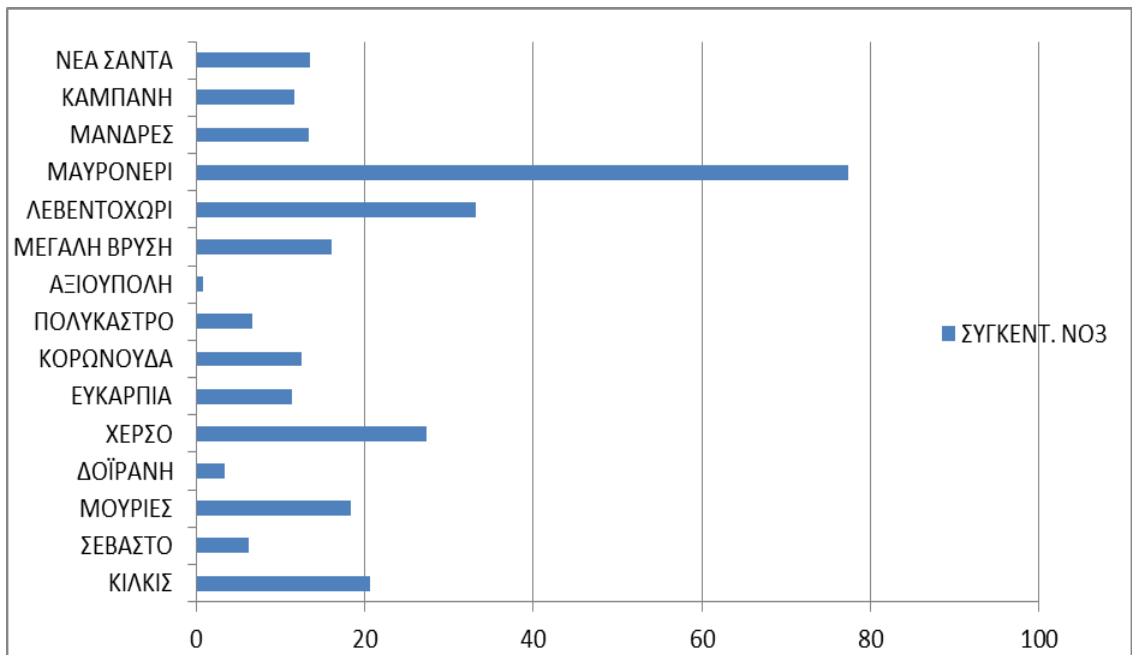
Αριθμός δείγματος	Δίκτυο	Μέση συγκέντρωση $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$.
1	ΚΙΛΚΙΣ	20,6
2	ΣΕΒΑΣΤΟ	6,18
3	ΜΟΥΡΙΕΣ	18,4
4	ΔΟΙΡΑΝΗ	3,36
5	ΧΕΡΣΟ	27,28
6	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	11,43
7	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	12,46
8	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	6,74
9	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	0,89
10	Μ.ΒΡΥΣΗ	16,15
11	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	33,2
12	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	77,33
13	ΜΑΝΔΡΕΣ	13,32
14	ΚΑΜΠΑΝΗ	11,6
15	Ν.ΣΑΝΤΑ	13,57

A/a	Δείγματα	Απορρόφηση	Συγκέντρωση (mg NO ₃ /l)	M.O	Συντελεστής αραιώσης
1	ΚΙΑ1	0,231	20,01		*5
2	ΚΙΑ2	0,237	20,53	20,6	*5
3	ΚΙΑ3	0,247	21,40		*5
4	ΑΡΓ1	0,372	6,45		
5	ΣΕΒ2	0,352	6,10	6,18	
6	ΣΕΒ3	0,345	5,98		
7	ΜΟΥΡ1	0,219	18,98		*5
8	ΜΟΥΡ2	0,231	20,02	18,4	*5
9	ΜΟΥΡ3	0,187	16,20		*5
10	ΔΡΟΣ1	0,200	3,16		
11	ΔΟΙΡ2	0,222	3,51	3,36	
12	ΔΟΙΡ3	0,216	3,41		
13	ΧΕΡΣ1	0,301	23,78		*5
14	ΧΕΡΣ2	0,330	26,07	27,28	*5
15	ΧΕΡΣ3	0,405	31,99		*5
16	ΕΥΚΑΡ1	0,133	10,51		*5
17	ΕΥΚΑΡ2	0,156	12,32	11,43	*5
18	ΕΥΚΑΡ3	0,145	11,45		*5
19	ΕΠΤΑΛ1	0,790	12,48		
20	ΚΟΡΩΝ2	0,788	12,45	12,46	
21	ΚΟΡΩΝ3	0,781	12,45		
22	ΠΟΛΥΚ1	0,388	6,13		
23	ΠΟΛΥΚ2	0,444	7,01	6,74	
24	ΠΟΛΥΚ3	0,449	7,09		
25	ΑΞΙΟΥΠ1	0,056	0,88		
26	ΑΞΙΟΥΠ2	0,055	0,87	0,89	
27	ΑΞΙΟΥΠ3	0,059	0,93		
28	Μ.ΒΡΥΣ1	1,027	16,22		
29	Μ.ΒΡΥΣ2	1,017	16,07	16,15	
30	Μ.ΒΡΥΣ3	1,023	16,16		
31	ΛΕΒΕΝΤ1	0,408	32,2		*5
32	ΛΕΒΕΝΤ2	0,418	33,0	33,2	*5
33	ΛΕΒΕΝΤ3	0,437	34,5		*5
34	ΜΑΥΡ1	0,972	76,78		*5
35	ΜΑΥΡ2	0,980	77,41	77,33	*5
36	ΜΑΥΡ3	0,985	77,8		*5
37	ΜΑΝΔ1	0,817	12,91		
38	ΜΑΝΔ2	0,847	13,38	13,32	
39	ΜΑΝΔ3	0,866	13,68		
40	ΚΑΜΠ1	0,742	11,72		
41	ΚΑΜΠ2	0,738	11,66	11,6	
42	ΚΑΜΠ3	0,723	11,42		
43	Ν.ΣΑΝΤ1	0,861	13,60		

44	N.ΣΑΝΤ2	0,865	13,67	13,57	
45	N.ΣΑΝΤ3	0,851	13,44		

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης νιτρικών αλάτων στα δείγματα νερού

Σχήμα 6.4 : Διάγραμμα μέσης συγκέντρωσης νιτρικών αλάτων ανά δίκτυο



6.5 Αποτελέσματα μετρήσεων σε ορθοφωσφορικά άλατα στα δείγματα πόσιμου νερού

Με βάση τις δύο καμπύλες αναφοράς προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις της ευθείας του νόμου του Beer :

$$Y_1 = 0,0077x_1 \text{ με } R_{12} = 0,993 \text{ για τα δείγματα από 1 έως 12 και}$$

$$Y_2 = 0,0087x_2 \text{ με } R_{22} = 0,9748 \text{ για τα δείγματα από 13 έως 45}$$

Με βάση αυτές τις εξισώσεις προκύπτουν οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων σε $\mu\text{g P*PO}_4$ στα 100 ml του δείγματος νερού.

Πίνακας 6.9 : αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης φωσφορικών αλάτων.

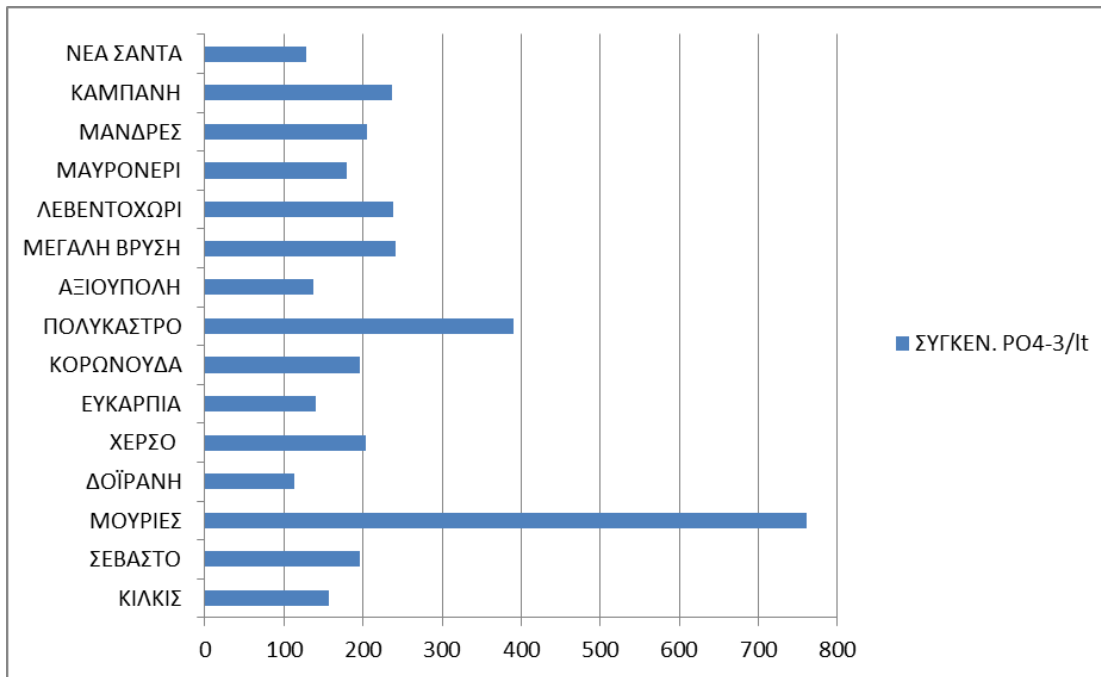
A/a	Δείγματα	Απορρόφηση	Συγκέντρωση ($\mu\text{gP}^*\text{PO}_4^{-3}/\text{lt}$)	Συγκέντρωση μg $\text{PO}_4^{-3}/\text{lt}$	Μ.Ο συγκέντρωσης μg $\text{PO}_4^{-3}/\text{lt}$
1	ΚΙΑ1	0,045	5,84	179	
2	ΚΙΑ2	0,034	4,42	135,47	156,52
3	ΚΙΑ3	0,039	5,06	155,09	
4	ΑΡΓ1	0,068	8,83	270,64	
5	ΣΕΒ2	0,035	4,55	139,46	196,37
6	ΣΕΒ3	0,045	5,84	179	
7	ΜΟΥΡ1	0,184	23,9	732,55	
8	ΜΟΥΡ2	0,204	26,5	812,23	761,76
9	ΜΟΥΡ3	0,186	24,16	740,5	
10	ΔΡΟΣ1	0,019	2,47	75,7	
11	ΔΟΙΡ2	0,029	3,77	115,55	112,89
12	ΔΟΙΡ3	0,037	4,81	147,43	
13	ΧΕΡΣ1	0,049	5,63	172,56	
14	ΧΕΡΣ2	0,055	6,32	193,71	203,11
15	ΧΕΡΣ3	0,069	7,93	243,05	
16	ΕΥΚΑΡ1	0,044	5,06	155,09	
17	ΕΥΚΑΡ2	0,047	5,4	165,51	140,89
18	ΕΥΚΑΡ3	0,029	3,33	102,06	
19	ΕΠΤΑΛ1	0,053	6,09	186,66	
20	ΚΟΡΩΝ2	0,059	6,78	207,81	196,06
21	ΚΟΡΩΝ3	0,055	6,32	193,71	
22	ΠΟΛΥΚ1	0,11	12,64	387,42	
23	ΠΟΛΥΚ2	0,112	12,87	394,47	390,99
24	ΠΟΛΥΚ3	0,111	12,76	391,09	
25	ΑΞΙΟΥΠ1	0,033	3,79	116,16	
26	ΑΞΙΟΥΠ2	0,043	4,94	151,41	137,31
27	ΑΞΙΟΥΠ3	0,041	4,71	144,36	
28	Μ.ΒΡΥΣ1	0,058	6,67	204,44	
29	Μ.ΒΡΥΣ2	0,05	5,75	176,24	240,81
30	Μ.ΒΡΥΣ3	0,097	11,15	341,75	
31	ΛΕΒΕΝΤ1	0,055	6,32	193,7	
32	ΛΕΒΕΝΤ2	0,074	8,51	260,83	238,45
33	ΛΕΒΕΝΤ3	0,062	8,51	260,83	
34	ΜΑΥΡ1	0,044	5,06	155,09	
35	ΜΑΥΡ2	0,049	5,63	172,56	179,71
36	ΜΑΥΡ3	0,06	6,9	211,49	
37	ΜΑΝΔ1	0,069	7,93	243,05	
38	ΜΑΝΔ2	0,05	5,75	176,24	204,33
39	ΜΑΝΔ3	0,055	6,32	193,71	
40	ΚΑΜΠ1	0,069	7,93	243,05	

41	ΚΑΜΠ2	0,086	9,86	302,21	236,92
42	ΚΑΜΠ3	0,047	5,4	165,51	
43	Ν.ΣΑΝΤ1	0,043	4,94	151,41	
44	Ν.ΣΑΝΤ2	0,038	4,37	133,94	128,01
45	Ν.ΣΑΝΤ3	0,028	3,22	98,69	

Πίνακας 6.10: αποτελέσματα μέσης συγκέντρωσης φωσφορικών αλάτων ανά δίκτυο.

Αριθμός δείγματος	δίκτυο	Μέση συγκέντρωσης $\mu\text{g PO}_4^{3-}/\text{L}$
1	ΚΙΛΚΙΣ	156,52
2	ΣΕΒΑΣΤΟ	196,37
3	ΜΟΥΡΙΕΣ	761,76
4	ΔΟΙΡΑΝΗ	112,89
5	ΧΕΡΣΟ	203,11
6	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	140,89
7	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	196,06
8	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	390,99
9	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	137,31
10	Μ.ΒΡΥΣΗ	240,81
11	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	238,45
12	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	179,71
13	ΜΑΝΔΡΕΣ	204,33
14	ΚΑΜΠΑΝΗ	236,92
15	Ν.ΣΑΝΤΑ	128,01

Σχήμα 6.5: διάγραμμα μέσης συγκέντρωσης φωσφορικών αλάτων ανά δίκτυο



6.6 Αποτελέσματα μετρήσεων σε θειικά άλατα στα δείγματα νερού

Με βάση τις δύο καμπύλες αναφοράς προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις της ευθείας του νόμου του Beer :

$Y_1 = 0,0084x_1$ για δείγματα από 1 έως 21 με $R_1^2 = 0,9702$ και

$Y_2 = 0,0077x_2$ για δείγματα από 22 έως 45 με $R_2^2 = 0,9323$.

Έτσι προκύπτουν με βάση αυτές τις εξισώσεις οι απορροφήσεις των δειγμάτων, οι συγκεντρώσεις αυτών σε $mg SO_4^{-2}/l$ και ο μέσος όρος συγκέντρωσης των SO_4^{-2} σε κάθε δίκτυο.

Πίνακας 6.11: Αποτελέσματα μέσης συγκέντρωσης θεικών αλάτων ανά δίκτυο

Αριθμός δείγματος	δίκτυο	Μέση συγκέντρωση $mg SO_4^{-2}/l$
1	ΚΙΛΚΙΣ	112,89
2	ΣΕΒΑΣΤΟ	169,65
3	ΜΟΥΡΙΕΣ	8,37
4	ΔΟΪΡΑΝΗ	7,54
5	ΧΕΡΣΟ	56,73

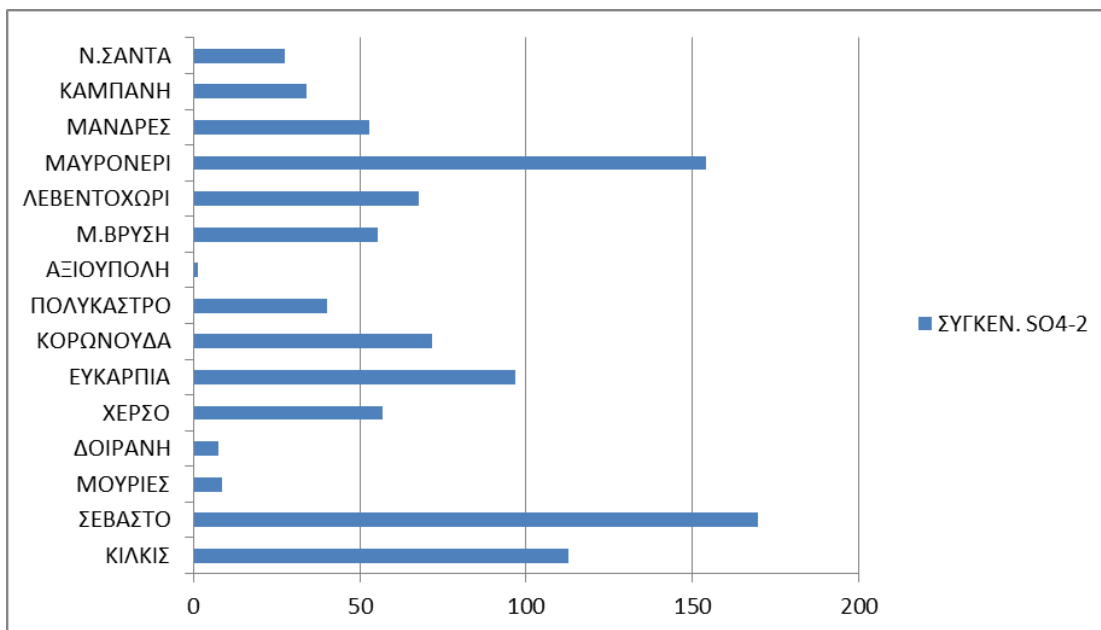
6	ΕΥΚΑΡΠΙΑ	96,83
7	ΚΟΡΩΝΟΥΔΑ	71,67
8	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	40,07
9	ΑΞΙΟΥΠΟΛΗ	1,3
10	Μ.ΒΡΥΣΗ	55,43
11	ΛΕΒΕΝΤΟΧΩΡΙ	67,77
12	ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ	154,1
13	ΜΑΝΔΡΕΣ	52,77
14	ΚΑΜΠΑΝΗ	33,9
15	Ν.ΣΑΝΤΑ	27,4

A/a	Δείγματα	Απορρόφηση	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg SO ₄ ⁻² /l)	M.O	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ
1	ΚΙΑ1	0,154	91,67		*5
2	ΚΙΑ2	0,185	110,1	112,89	*5
3	ΚΙΑ3	0,230	136,9		*5
4	ΑΡΓ1	0,312	185,7		*5
5	ΣΕΒ2	0,260	154,76	169,65	*5
6	ΣΕΒ3	0,283	168,5		*5
7	ΜΟΥΡ1	0,075	8,93		
8	ΜΟΥΡ2	0,074	8,81	8,37	
9	ΜΟΥΡ3	0,062	7,38		
10	ΔΡΟΣ1	0,082	9,76		
11	ΔΟΙΡ2	0,070	8,33	7,54	
12	ΔΟΙΡ3	0,038	4,52		
13	ΧΕΡΣ1	0,451	53,69		
14	ΧΕΡΣ2	0,485	57,7	56,73	
15	ΧΕΡΣ3	0,494	58,8		
16	ΕΥΚΑΡ1	0,404	96,2		*2
17	ΕΥΚΑΡ2	0,396	94,3	96,83	*2
18	ΕΥΚΑΡ3	0,420	100		*2
19	ΕΠΤΑΛ1	0,468	54,7		
20	ΚΟΡΩΝ2	0,419	99,8	71,67	*2
21	ΚΟΡΩΝ3	0,508	60,5		
22	ΠΟΛΥΚ1	0,350	45,5		
23	ΠΟΛΥΚ2	0,381	49,5	40,07	

24	ΠΟΛΥΚ3	0,097	25,2		*2
25	ΑΞΙΟΥΠ1	0,016	2,08		
26	ΑΞΙΟΥΠ2	0,006	0,78	1,3	
27	ΑΞΙΟΥΠ3	0,008	1,04		
28	Μ.ΒΡΥΣ1	0,417	54,2		
29	Μ.ΒΡΥΣ2	0,441	57,3	55,43	
30	Μ.ΒΡΥΣ3	0,422	54,8		
31	ΛΕΒΕΝΤ1	0,515	66,9		
32	ΛΕΒΕΝΤ2	0,521	67,7	67,77	
33	ΛΕΒΕΝΤ3	0,529	68,7		
34	ΜΑΥΡ1	0,586	152,2		*2
35	ΜΑΥΡ2	0,598	155,3	154,1	*2
36	ΜΑΥΡ3	0,596	154,8		*2
37	ΜΑΝΔ1	0,392	50,9		
38	ΜΑΝΔ2	0,443	57,5	52,77	
39	ΜΑΝΔ3	0,384	49,9		
40	ΚΑΜΠ1	0,257	33,4		
41	ΚΑΜΠ2	0,278	36,1	33,9	
42	ΚΑΜΠ3	0,248	32,2		
43	Ν.ΣΑΝΤ1	0,200	25,9		
44	Ν.ΣΑΝΤ2	0,212	27,5	27,4	
45	Ν.ΣΑΝΤ3	0,222	28,8		

Πίνακας 6.12 : Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης θετικών αλάτων.

Σχήμα 6.6: Διάγραμμα μέσης συγκέντρωσης θεικών αλάτων ανά δίκτυο



Κεφάλαιο 7ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7.1 Χλωριούχα ιόντα (Cl⁻)

Η συγκέντρωση των χλωριούχων ιόντων κυμάνθηκε από 0,71ppm έως 88,04ppm Cl⁻. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο δίκτυο του Μαυρονερίου(88,04ppm Cl⁻) και η μικρότερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο δίκτυο της Αξιούπολης(0,71ppm Cl⁻). Καμία περιοχή δεν ξεπέρασε το ανώτατο όριο στην συγκέντρωση των χλωριούχων που ορίζεται τα 250ppm Cl⁻.

7.2 pH

Οι μετρήσεις του pH κυμάνθηκαν από 6,90 έως 8,06. Την μεγαλύτερη τιμή την είχε το δίκτυο Πολυκάστρου(8,06) ενώ την μικρότερη τιμή την είχε το δίκτυο των Μουριών(6,90). Καμία περιοχή δεν βρέθηκε έξω από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια οπου το pH κυμαίνεται από 6,50 έως 9,5.

7.3 Σκληρότητα

Οι μετρήσεις για την σκληρότητα κυμάνθηκαν από 6,4 °F έως 54,6 °F . Την μεγαλύτερη σκληρότητα την είχε το δίκτυο του Μαυρονερίου(54,60 °F) και την μικρότερη σκληρότητα την είχε η περιοχή των Μουριών(6,4 °F). Παρατηρούμε ότι το δίκτυο του Μαυρονερίου έχει πολύ σκληρό νερό(>30°F).

7.4 Νιτρικά άλατα (NO_3^-)

Η συγκέντρωση των νιτρικών αλάτων στα δίκτυα του νομού Κιλκίς κυμάνθηκαν από 0,87 mg NO_3^-/L έως 77,8 mg NO_3^-/L . Η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο δίκτυο του Μαυρονερίου(77,8 mg NO_3^-/L) ενώ η μικρότερη παρατηρήθηκε στο δίκτυο της Αξιούπολης(0,87 mg NO_3^-/L). Παρατηρούμε ότι το δίκτυο του Μαυρονερίου ξεπερνάει το ανώτατο όριο τιμών που ορίζεται στα 50mg NO_3^-/L . Γνωρίζουμε πως στο δίκτυο αυτό βρίσκονται εγκαταστάσεις λουτρών με λάσπη.

7.6 Φωσφορικά άλατα (PO_4^{3-})

Η συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων στα δίκτυα του νομού Κιλκίς κυμάνθηκε από 0,113 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{lt}$ έως 0,76 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{lt}$. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο δίκτυο των Μουριών(0,76 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{lt}$) και η μικρότερη συγκέντρωση στο δίκτυο Δοϊράνης-Δροσάτου(0,113 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{lt}$). Κανένα δίκτυο δεν φάνηκε να ξεπέρασε τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που ορίζονται τα 5 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$.

7.5 Θειικά άλατα ($\text{SO}_4^{=}$)

Η συγκέντρωση των θειικών αλάτων στα δίκτυα του νομού Κιλκίς κυμάνθηκε από 0,78 mg $\text{SO}_4^{=}/\text{l}$ έως 185,7 mg $\text{SO}_4^{=}/\text{l}$. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στο δίκτυο της Αργυρούπολης(185,7 mg $\text{SO}_4^{=}/\text{l}$) ενώ η μικρότερη τιμή παρατηρήθηκε στο δίκτυο της Αξιούπολης(0,78 mg $\text{SO}_4^{=}/\text{l}$). Κανένα δίκτυο δεν φάνηκε να ξεπέρασε τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που ορίζονται τα 250 mg $\text{SO}_4^{=}/\text{L}$.

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα αναλύσεων στα δείγματα πόσιμου νερού στα 15 δίκτυα του νομού Κιλκίς έδειξαν στη σκληρότητα, το PH, τα χλωριούχα, τα ορθοφωσφορικά, και τα θειικά ότι η ποιότητα του νερού είναι ικανοποιητική και σύμφωνη με την νομοθεσία. Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τα νιτρικά βρέθηκε ότι ένα δίκτυο ήταν έκτος των ορίων που ορίζει η νομοθεσία ενώ όλα τα υπόλοιπα ήταν εντός.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

Αντωνόπουλος Β. (2004). Ποιότητα και Ρύπανση υδάτινων πόρων. Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής. Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Βαγιωνά – Αρβανιτίδου Τ. (1992) Υγιεινή και Περιβάλλον. Εκδόσεις University Studio Press

Βλάτσιος Γ. (2008). Αναλυτική Χημεία & Ενόργανη Ανάλυση στον Τομέα της Διατροφής. Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης

Κλούρας Δ. Νικόλαος (1999). Γενική Χημεία. Εκδόσεις Τραυλός

Κυρανάς Ε. (2011). Λειτουργικές Ιδιότητες νερού, πρωτεϊνών, σακχάρων, λιπιδίων & φυσικών χρωστικών. Εκδόσεις Τζιόλα

Νασιούλας Α. (2001). Νερό... Η Κοιτίδα της Ζωής. Οίνος και Ποτά.

Νικολαΐδης Χ. και Κωνσταντινίδης Θ. Κ. (2009). Χρήσεις του νερού και επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών από τη σκοπιά της υγιεινής περιβάλλοντος.

Σακελλαρίδης Ο. (1980). Χημεία. 'Α τόμος. Ίδρυμα Ευγενίδου

Σκληβανιώτης Μ. (2004). Ποιότητα Πόσιμου Νερού. Έκδοση Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πάτρας.

Τσιούρης Σ. (2001). Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Γαρταγάνη.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

World Health Organisation, “Guidelines for Drinking Water Quality”, 4th Ed 2006.