



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

---

## **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΒΑΜΟΥ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΒΕΡΓΙΔΟΥ ΛΟΥΚΙΑ**

**ΧΑΝΙΑ 2007**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΒΑΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΕΡΓΙΔΟΥ ΛΟΥΚΙΑ

Επιβλέπων :

Δρ Γ. Σταυρουλάκης  
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης:

Δρ Κώττη Μελίνα  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας 15

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ :

### - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- 2. Αξία νερού
- 2.1 Ποιότητα νερού και υγεία
- 2.2 Νέες κατευθύνσεις της υγιεινής του νερού
- 2.3 Βιοεπικαθίσεις στο δίκτυο
- 2.4 Προστασία του δικτύου από τη δημιουργία βιολογικού υμενίου
- 2.5 Μέθοδοι απολύμανσης του νερού
- 2.6 Συνθήκες απολύμανσης
- 2.7 Χλωρίωση
- 2.8 Παραπροϊόντα της χλωρίωσης και επιπτώσεις στην υγεία

### - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- 3. Νερά γεώτρησης – Υπόγεια νερά
- 3.1 Χαρακτηριστικά νερών γεώτρησης
- 3.2 Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειων νερών

### - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- 4. Νομοθεσία
- 4.1 Οδηγία Πλαίσιο
- 4.2 Κυριότερα χαρακτηριστικά της Οδηγίας

### - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

- 5. Περιοχή μελέτης
- 5.1 Γεωγραφική θέση – Όρια Δήμου Βάμου
- 5.2 Γενικά, η μορφολογία της περιοχής
  - 5.2.1 Μορφολογικές ζώνες
- 5.3 Το ορεινό συγκρότημα των Λευκών Ορέων και το σημαντικό υδατικό δυναμικό του
  - 5.3.1 Η αποφασιστική συμβολή των Λευκών Ορέων στη διαμόρφωση των ευμενών υδρογεωλογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής
- 5.4 Υφιστάμενη μερική χρήση των νερών των πηγών των Αρμένων για ύδρευση του Δήμου Βάμου. Κάλυψη μελλοντικών αναγκών ύδρευσης του Δήμου
- 5.5 Διερεύνηση των υδατικών πόρων του Δήμου Βάμου – Δυνατότητες εκμετάλλευσης υπόγειων νερών
  - 5.5.1 Εισαγωγή – Προέλευση υδατικών πόρων
  - 5.5.2 Υδατικοί πόροι Δήμου Βάμου
  - 5.5.3 Εκμετάλλευση επιφανειακών νερών
  - 5.5.4 Υφιστάμενη εκμετάλλευση υπόγειων νερών
- 5.6 Ιστορική εξέλιξη – Αντιμετώπιση

## - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

- 6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού
- 6.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά
  - 6.1.1 Θολότητα
  - 6.1.2 Χρώμα
  - 6.1.3 Οσμή
  - 6.1.4 Γεύση
- 6.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά
  - 6.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)
  - 6.2.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα
  - 6.2.3 Σκληρότητα
  - 6.2.4 Ολικά στερεά
- 6.3 Ανόργανα συστατικά
  - 6.3.1 Αμμωνία
  - 6.3.2 Άζωτο (νιτρικά ιόντα)
  - 6.3.3 Φώσφορος
  - 6.3.4 Διαλυμένο οξυγόνο
  - 6.3.5 Χλώριο
  - 6.3.6 Υπολειμματικό χλώριο
  - 6.3.7 Θειικά ιόντα
- 6.4 Οργανικά χαρακτηριστικά
  - 6.4.1 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
  - 6.4.2 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
  - 6.4.3 Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)
  - 6.4.4 Απορρυπαντικά
- 6.5 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

## - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

- 7. Υλικά και μέθοδοι μέτρησης
- 7.1 Μέτρηση θερμοκρασίας
- 7.2 Μέτρηση pH
- 7.3 Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας
- 7.4 Μέτρηση χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD)
- 7.5 Μέτρηση βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD)
- 7.6 Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων
- 7.7 Προσδιορισμός αμμωνιακών ιόντων
- 7.8 Προσδιορισμός φωσφορικών ιόντων
- 7.9 Προσδιορισμός ιόντων χλωρίου
- 7.10 Προσδιορισμός σκληρότητας
- 7.11 Προσδιορισμός μικροβιολογικού φορτίου

## - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

- 8. Αποτελέσματα – Συζήτηση
- 8.1 Αποτελέσματα γεώτρησης
- 8.2 Αποτελέσματα δικτύου
  - 8.2.1 Κόκκινο χωριό
  - 8.2.2 Κεφαλάς
  - 8.2.3 Γαβαλοχώρι
  - 8.2.4 Βάμος Γυμνάσια
  - 8.2.5 Βάμος Κέντρο Υγείας
  - 8.2.6 Βάμος Καφενείο
  - 8.2.7 Βάμος Μπλουμοσήφης
  - 8.2.8 Πλάκα
- 8.3 Συζήτηση



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παραδοσιακό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως και οποιοδήποτε άλλου φυσικού πόρου, δημιουργήθηκε από την τεχνοκρατική αντίληψη, σύμφωνα με την οποία σημασία έχει η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος και συνεπώς κάθε φυσικός πόρος αποτελεί έναν από τους μοχλούς της ανάπτυξης αυτής. Αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εφαρμογής του μοντέλου αυτού τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες περιοχές, είναι η ανεπάρκεια νερού και η υποβάθμιση της ποιότητάς του.

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.<sup>2</sup>

Στις μέρες μας το νερό θεωρείται ένα από τα μεγαλύτερα αγαθά της ανθρωπότητας. Για το λόγο αυτό η εκμετάλλευσή του θα πρέπει να γίνεται με σύνεση και σύμφωνα με τους εκάστοτε νόμους. Το κάθε κράτος θα πρέπει να λαμβάνει όλα τα αναγκαία μέτρα έτσι ώστε να είναι εξασφαλισμένη η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

Το νερό αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για την ύπαρξη κάθε μορφής ζωής, είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος και η βιώσιμη διαχείρισή του συμβάλλει στην αειφορία του Περιβάλλοντος και την προαγωγή της υγείας. Η ποιότητα του νερού καθορίζεται από συγκεκριμένες παραμέτρους.<sup>1</sup>

Το νερό είναι μοναδικός φυσικός πόρος, τόσο διότι είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου και των άλλων οργανισμών, όσο και διότι, σε μακροχρόνια κλίμακα, θεωρητικά η συνολική διαθέσιμη ποσότητα νερού σε κάθε περιοχή, είναι περίπου σταθερή.<sup>2</sup>

Ο έντονος όμως ρυθμός ανάπτυξης των αστικών κέντρων στην χώρα καθώς και οι ανθρώπινες δραστηριότητες συχνά επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτινων πόρων που είναι διαθέσιμοι για ύδρευση. Τότε η διαχείριση του δικτύου ύδρευσης και η τήρηση της νομοθεσίας για το πόσιμο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης αποκτούν ιδιαίτερη σπουδαιότητα καθώς η διανομή ασφαλούς νερού για την ανθρώπινη υγεία αποτελεί το πρώτο μέλημα των υπευθύνων των Δημοτικών Αρχών.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ερευνά σε ετήσια βάση τη ποιότητα του νερού του δικτύου του Δήμου Βάμου του νομού Χανίων και παρουσιάζει τα αποτελέσματα των αναλύσεων των φυσικοχημικών και χημικών χαρακτηριστικών του νερού στο δίκτυο του Δήμου αλλά και στην μοναδική γεώτρηση πόσιμου νερού της περιοχής.

### ABSTRACT

A study based on the effect of pumping rate on both water quality and seawater intrusion was conducted in the hydrological basin of Kaina's well. It was also included the investigation of the potable water quality in the network of Municipality of Vamos at the prefecture of Chania. Water samples from the well in Kaina-Vamos, and different location from the Municipal network were collected on monthly intervals. Turbidity, pH, EC, BOD, COD, TOC, hardness, chloride concentration, and the colonies of *E coli*, *total coliforms* and *Fecal streptococci* were measured. The results showed concurrent increase of EC and chloride ions concentration possibly due to seawater intrusion caused by the continuous water pumping. The measured values of all chemical and microbiological qualitative parameters were below the limits of the current national regulations indicating the absence of pollution or contamination agent in the hydrological basin. Regarding the water network of Vamos, it is concluded that on one side it is necessary to control systematically and continuously the quality of water of network and on the other side there should be a strict monitoring of the residual chloride which is a preventive measure and cannot control the water contamination due to human activities.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Ο πρωταρχικός στόχος της υγιεινής του πόσιμου νερού είναι το νερό που φτάνει στον καταναλωτή να είναι ασφαλές και να μην δημιουργεί οποιαδήποτε προβλήματα δημόσιας υγείας.

Όσον αφορά την ποιότητα του νερού και την υγεία, η υποβάθμιση των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών είναι ανθρωπογενούς προέλευσης, ενώ η υποβάθμιση των χημικών χαρακτηριστικών είναι συνέπεια βιομηχανικών ή γεωργικών δραστηριοτήτων.<sup>1</sup>

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν ανιχνευτεί στα πόσιμα νερά. Προέρχονται από νοσούντα άτομα, ζώα κτηνοτροφικών μονάδων ή άγρια ζώα και πουλιά. Οι μικροοργανισμοί αυτοί προσβάλλουν κυρίως το γαστρεντερικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων. Οι μολύνσεις προκαλούνται από κατανάλωση νερού, το οποίο έχει υποστεί ρύπανση από αστικά λύματα, μολυσμένων ψαριών και θαλασσινών καθώς και ωμών λαχανικών που έχουν ποτιστεί με λύματα. Μόλυνση μπορεί να προκαλέσει και η εισπνοή μικροσταγονιδίων μολυσμένων με *Legionella pneumophila* ή σπόρια παθογόνων μυκήτων. Ο χρόνος επιβίωσης των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό μπορεί να είναι από λίγα λεπτά της ώρας μέχρι και ένα χρόνο και η μολυσματική τους δόση ποικίλλει από λίγα κύτταρα μέχρι πολλές χιλιάδες.

Πολλοί μικροοργανισμοί (βακτήρια, ιοί, πρωτόζωα, σκώληκες) ευθύνονται για τις υδατογενείς επιδημίες, και ο κατάλογος συνεχώς μεγαλώνει όσο εξελίσσονται οι τεχνικές απομόνωσής τους. Ένα πρόσφατο παράδειγμα είναι το *Helicobacter pylori*, το οποίο σχετίζεται με το έλκος του στομάχου. Προσοχή χρειάζεται στους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι περισσότεροι προσβάλλουν το δέρμα, τα αυτιά, τα μάτια και τον ρινοφάρυγγα.

Η συσχέτιση της παρουσίας στο νερό παθογόνων βακτηρίων του γαστρεντερικού συστήματος με τους δείκτες κοπρανώδους ρύπανσης του νερού είναι πολύ καλή. Για παράδειγμα, η *Salmonella spp* ανιχνεύεται πάντα όταν ο αριθμός των κοπρανώδων κολοβακτηρίων ξεπεράσει τους 2000/100ml. Δεν υπάρχει όμως συσχέτιση της παρουσίας δυνητικών παθογόνων βακτηρίων, πρωτόζωων και ιών με τους κοπρανώδεις δείκτες.

Σημαντική είναι η ανάγκη για έργα επεξεργασίας νερού και αποβλήτων, καθώς γίνεται επιτακτικότερη εξαιτίας των συνθηκών που διαμορφώνει η σύγχρονη μορφή της κοινωνίας με τη συγκέντρωση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα, την ανάπτυξη της βιομηχανίας και την εντατικοποίηση των καλλιεργειών, που συνεπάγεται τη χρήση χημικών στη γεωργία μολύνοντας έτσι τον υδροφόρο ορίζοντα. Επιπλέον, εκτός από αυτά τα προβλήματα προστίθεται και η αγωνιώδης αναζήτηση επαρκούς ποσότητας νερού.

Η υγειονομική αναγνώριση των διάφορων τμημάτων του συστήματος ύδρευσης και του τρόπου λειτουργίας του είναι απαραίτητες για τη διαρκή επιβεβαίωση της ποιότητας του ζωτικού αυτού φυσικού πόρου. Η μέθοδος που ακολουθείται αποτελείται από ένα συνδυασμό λήψης δειγμάτων νερού για εργαστηριακή εξέταση και ελέγχου του υπολειμματικού χλωρίου, ώστε να παρακολουθείται συστηματικά η κατάσταση των συστημάτων ύδρευσης ενώ τα κυριότερα στοιχεία που εξετάζονται κατά την αναγνώριση είναι η λεκάνη απορροής υδροληψίας, η πηγή υδροληψίας, οι εξωτερικοί αγωγοί, το αντλιοστάσιο, οι δεξαμενές, το δίκτυο διανομής, το σύστημα επεξεργασίας, η απολύμανση και οι εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις.

Εκτός από την κατάλληλη υγειονομική προστασία των υπόγειων πηγών υδροληψίας και των αγωγών μεταφοράς νερού, πρέπει υποχρεωτικά να τηρούνται και οι κατάλληλες αποστάσεις ασφαλείας από γειτονικές εστίες ρύπανσης και μόλυνσης.<sup>3</sup>

### 2.2. ΝΕΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.

Το νερό όμως δεν πρέπει να είναι μόνο ασφαλές αλλά πρέπει να είναι και ευχάριστο στον καταναλωτή. Ένα δυσάρεστο νερό μπορεί να προκαλεί την εντύπωση ότι δεν είναι ασφαλές. Τότε πιθανόν ο καταναλωτής να καταφύγει σε άλλες ανεξέλεγκτες πηγές ύδρευσης. Άρα λοιπόν το νερό πρέπει να είναι αποδεκτό και ως προς τις οργανοληπτικές και αισθητικές του ιδιότητες. Οι οργανοληπτικές ιδιότητες του νερού είναι συχνά ένας ασφαλής και εύκολα

διακρινόμενος δείκτης της ποιότητας του νερού. Η παρουσία ορισμένων τοξικών ουσιών, για παράδειγμα, μπορεί να βρεθεί μετρώντας παράγοντες όπως η γεύση, η οσμή, το χρώμα και η θολερότητα.

Τα τελευταία χρόνια η υγιεινή του πόσιμου νερού έχει πάρει διεθνώς νέες κατευθύνσεις. Δεν δίνεται πλέον μόνο έμφαση στον αριθμό των μικροοργανισμών – δεικτών που ανιχνεύονται σε δείγματα νερού. Μεγαλύτερη σημασία δίνεται στην καθημερινή και συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού, στην πηγή υδροληψίας, στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης και στην ακεραιότητα του δικτύου ύδρευσης. Καταιγίδες, πλημμύρες και υπερχειλίση αγωγών αστικών λυμάτων συχνά ευθύνονται για τη ρύπανση των υπόγειων νερών.

Η αλλαγή της αντίληψης προήλθε κυρίως από τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό υδατογενών επιδημιών που αναφέρονται διεθνώς, κυρίως προερχόμενες από μικρά συστήματα ύδρευσης με ελλιπή απολύμανση και συντήρηση του δικτύου.

Η αύξηση των υδατογενών επιδημιών διεθνώς, οφείλεται σε πολλούς και σύνθετους παράγοντες. Ο υπερπληθυσμός, η συσσώρευση πολλών ανθρώπων σε πόλεις χωρίς επαρκή οργάνωση της Δημόσιας υγείας, η ανεξέλεγκτη μετακίνηση πληθυσμών είναι μερικές από τις αιτίες που προκάλεσαν υδατογενείς επιδημίες ή και πανδημίες, όπως η πανδημία της χολέρας. Κατά ορισμένους ερευνητές, για να ανιχνευθεί *Salmonella* σε αποχετευτικό δίκτυο, χρειάζονται οικισμοί που να αποτελούνται τουλάχιστον από 50 – 100 σπίτια, και η παρουσία της γίνεται σταθερή όταν η οικιστική περιοχή στεγάζει τουλάχιστον 4000 κατοίκους. Αντίθετα, νερά ποταμών που δέχονται μη επεξεργασμένα αστικά λύματα ή λύματα κρεατοπαραγωγικών μονάδων μπορεί να μεταφέρουν εκατομμύρια σαλμονελλών το δευτερόλεπτο.

Οι νέες απόψεις άλλαξαν και τις πεποιθήσεις όσον αφορά την μικροβιολογική ποιότητα του νερού. Τώρα μας ενδιαφέρει η μεταβλητότητα (και όχι τόσο οι απόλυτες τιμές) της μικροβιολογικής ποιότητας του υδροβολέα (λίμνη, ποταμός, υπόγεια νερά) και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ώστε να εμποδίζει την είσοδο και τον πολλαπλασιασμό “ενοχλητικών” μικροοργανισμών στο δίκτυο (και όχι μόνο εντεροβακτηριακών). Έτσι, η προσεκτική απολύμανση και η τακτική συντήρηση των εγκαταστάσεων σε συνδυασμό με αυστηρή προστασία του υδροβολέα είναι οι βασικές φροντίδες των υπευθύνων των υδρεύσεων. Μέσα στα πλαίσια της συντήρησης του δικτύου μεγάλη σημασία δίνεται στη δημιουργία βιολογικού υμενίου (biofilm) στο δίκτυο.<sup>3</sup>

### 2.3. ΒΙΟΕΠΙΚΑΘΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Σε όλα τα οικοσυστήματα, φυσικά ή τεχνητά, οι μικροοργανισμοί προτιμούν να προσκολλώνται σε κάθε διαθέσιμη επιφάνεια παρά να πλέουν μέσα στο νερό. Κανένα προϊόν, όσο ειδικό και να είναι, δεν παρουσιάζει πλήρη προστασία από τη δημιουργία βιολογικού υμενίου και δεν υπάρχει κανένα βακτήριο που να μην έχει κάποια δυνατότητα προσκόλλησης. Οι βράχοι των ποταμών και της θάλασσας, μέρη του ανθρωπίνου σώματος (π.χ. τα δόντια), σωληνώσεις κλπ είναι σημεία προσκόλλησης του βιολογικού υμενίου.

Η παρουσία βιολογικού υμενίου θεωρείται σαν ένα φυσιολογικό φαινόμενο για κάθε σύστημα ύδρευσης. Σε φίλτρα διήθησης μονάδων επεξεργασίας νερού παρατηρήθηκε υμένιο πάχους 500μm, με αποτέλεσμα την δυσλειτουργία του φίλτρου. Βιολογικό υμένιο παρατηρείται και μέσα στις βρύσες και οφείλεται στις μικρές ποσότητες ουσιών που περιέχει το νερό. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα και την κατακράτηση του ελεύθερου χλωρίου του νερού.

Η επιβάρυνση του δικτύου από βιολογικές παραμέτρους είναι ένα φαινόμενο που συνήθως γίνεται αντιληπτό έμμεσα, δηλαδή από τις επιπτώσεις του στην ποιότητα του νερού. Το φαινόμενο των βιοεπικαθίσεων είναι αποτέλεσμα μιας σειράς δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών του νερού που περιλαμβάνουν την αποίκιση του δικτύου, την ανάπτυξη του υμενίου και τη δημιουργία διαδοχικών επιστρώσεων στις σωληνώσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της κανονικής ροής του νερού. Συχνά παρατηρείται διάβρωση του δικτύου από την παραγωγή οργανικών οξέων και υδρόθειου στο βιοφίλμ.

Οι βιοεπικαθίσεις συντελούνται στα μεσοδιαστήματα των δομικών υλικών του δικτύου και δημιουργούν διάφορες μορφές και σχήματα στα σημεία της παρουσίας τους. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από βακτηριακά εκκρίματα και επικαθίσεις διαφόρων ιόντων

(π.χ. μετάλλων) και μπορούν να μειώσουν τη ροή του νερού στο δίκτυο με τον αυξανόμενο όγκο τους. Συχνά σχηματίζονται ανθεκτικοί φυματώδεις σχηματισμοί. Στις μεταλλικές επιφάνειες (σωλήνες, δεξαμενές) φυματώδεις σχηματισμοί καλύπτουν σημεία που έχουν διαβρωθεί. Η βιομάζα στο εσωτερικό του φυματώδους σχηματισμού είναι συχνά υπεύθυνη για τη διάβρωση. Οι επικαθίσεις μαγγανίου γίνονται σε σημεία του δικτύου με ελλιπή χλωρίωση. Άλλες φορές η μείωση της ροής οφείλεται στην παραγωγή βιοαερίου το οποίο εγκλωβίζεται μέσα στις σωληνώσεις, είτε στην παγίδευση άλλων, μη βιολογικών, αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία μεγαλώνουν ακόμα περισσότερο τις βιολογικές επικαθίσεις. Αν το υμένιο μεγαλώσει, πολύ συχνά αποκολλάται και αποδίδει στο νερό μεγάλους αριθμούς βακτηριακών κυττάρων καθώς και οργανικές ή ανόργανες ουσίες.

Η αρχή του φαινομένου γίνεται με την προσκόλληση βακτηρίων στην επιφάνεια του δικτύου. Μετά την προσκόλληση τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται και δημιουργούν ένα προστατευτικό κάλυμμα από πολυμερή το οποίο συγκρατεί νερό και θρεπτικές ουσίες και παίζει προστατευτικό ρόλο για τα βακτηριακά κύτταρα έναντι της χλωρίωσης ή άλλων παραγόντων. Αργότερα περισσότερα είδη βακτηρίων ενσωματώνονται στο βιολογικό υμένιο και συμμετέχουν στη δημιουργία του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ζωνών (stratification) βακτηρίων μέσα σ' αυτό ανάλογα με τις βακτηριακές τους ανάγκες. Για παράδειγμα ένα βακτηριακό στρώμα θα αποτελείται από αερόβια, ενώ ένα εσωτερικό από αναερόβια βακτήρια.

Η τελική εγκατάσταση και ωρίμανση του βιολογικού υμενίου εξαρτάται από πολλές χημικές, φυσικές και βιολογικές παραμέτρους.

Φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν το βιολογικό υμένιο είναι η θερμοκρασία, το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής του νερού. Κατά τους *Donlan* και *Pipes* (1988) ο αριθμός των αυτοτρόφων μικροοργανισμών του νερού είναι σημαντικά μεγαλύτερος στους 22 - 25°C από τους 5°C. Το χλιαρό νερό (20-45°C) και το στάσιμο νερό είναι οι βασικές αιτίες υδατογενών λοιμώξεων λόγω πολλαπλασιασμού δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών στο δίκτυο.

Χημικές παράμετροι είναι κυρίως χημικές ενώσεις οι οποίες αποτελούν θρεπτικές ουσίες των μικροοργανισμών. Οι θρεπτικές αυτές ουσίες μπορεί να συμβάλλουν στις καταβολικές και αναβολικές λειτουργίες του μικροβιακού κυττάρου. Το νερό ενός δικτύου μπορεί να εμπλουτιστεί με θρεπτικές ουσίες κατά τη διάρκεια επισκευών, από ρωγμές, κακοτεχνίες, συγκολλήσεις με ουσίες που καταβολίζονται από τους μικροοργανισμούς και από ανοιχτές δεξαμενές. Στον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών μεγάλη σημασία έχει, όχι μόνο η ποσοτική παρουσία διάφορων οργανισμών και ανόργανων ουσιών, αλλά η αναλογία άνθρακα : αζώτου : φωσφόρου (C : N : P).

Οι βιολογικές παράμετροι του βιολογικού υμενίου είναι οι ομάδες των μικροοργανισμών που το απαρτίζουν. Στο υμένιο αυτό συνυπάρχουν αυτόχθονοι και αλλόχθονοι μικροοργανισμοί οι οποίοι κατάφεραν να εγκατασταθούν στο δίκτυο λόγω ευνοϊκών συνθηκών. Τα αλλόχθονα βακτήρια μπορεί να είναι παθογόνα (*S.typhi*, *S.enteritidis*) ή δυνητικά παθογόνα (*Ps.aeruginosa*, *L.pneumophila*). Από τα βακτήρια του υμενίου άλλα παρεμβαίνουν στη ποσοτική απόδοση του δικτύου και άλλα στην ποιοτική του απόδοση.<sup>3</sup>

#### 2.4. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΥΜΕΝΙΟΥ.

Η επιβίωση των βακτηρίων μέσα στο βιολογικό υμένιο γίνεται ευκολότερα διότι προστατεύονται από έναν μεγάλο αριθμό μικροβιοκτόνων παραμέτρων, όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, οι βακτηριοφάγοι, η θερμοκρασία και τα χημικά απολυμαντικά. Κατά τους *Holan* και *συνεργάτες* (1990), οι οποίοι δοκίμασαν τη αντιμικροβιακή δράση 7 απολυμαντικών, η συγκέντρωση του απολυμαντικού πρέπει να μεγαλώσει 10 – 100 φορές για να επιδράσει στο υμένιο, σε σχέση με την επίδρασή του στα ίδια βακτήρια μέσα στο νερό. Η αντοχή αυτή αυξάνει με την ωρίμανση του υμενίου.

Η προστασία του δικτύου από τη δημιουργία υμενίου είναι ένα σύνθετο θέμα το οποίο απαιτεί προσπάθεια από τους υπεύθυνους ύδρευσης, τους διαχειριστές των πολυκατοικιών και τους καταναλωτές.

Οι υγειονομικές αρχές που ασχολούνται με την ύδρευση πρέπει να φροντίζουν για τη σωστή και συνεχή απολύμανση του νερού, τον συστηματικό καθαρισμό των φίλτρων και την

αποφυγή σημείων στο δίκτυο με στατικό νερό, νερό που μπορεί να δημιουργήσει θερμική διαστρωμάτωση και ιζήματα.

Οι υπεύθυνοι συντηρητές των κατοικιών πρέπει να φροντίζουν το ξέπλυμα και καθαρισμό του δικτύου (δεξαμενές, σωληνώσεις, κλιματισμός), τουλάχιστον μια φορά το χρόνο. Να μην υπάρχουν τυφλές απολήξεις σωληνώσεων ή σημεία του δικτύου που δεν χρησιμοποιούνται. Επίσης δεν πρέπει να επιβαρύνουν το δίκτυο με ξένες ουσίες κατά τη διάρκεια επισκευών ή επεκτάσεων.

Οι καταναλωτές πρέπει να προσέχουν την χρήση του πρώτου πρωινού νερού ή του νερού μετά από περιόδους απουσίας. Προσοχή χρειάζεται και στη χρήση οικιακών συσκευών βελτίωσης της ποιότητας του νερού. Οι συσκευές αυτές πρέπει να χρησιμοποιούνται πάντα με νερό που έχει υποστεί επεξεργασία και ακολουθώντας σχολαστικά τις οδηγίες του κατασκευαστή.<sup>3</sup>

## 2.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η απολύμανση του πόσιμου νερού πριν από τη κατανάλωση και η τελική απολύμανση των αποβλήτων πριν αποδοθούν στο περιβάλλον είναι σημαντικές διαδικασίες για την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας. Η απολύμανση του πόσιμου νερού με χλωρίωση χρησιμοποιήθηκε στις αρχές του 20ού αιώνα και συνέβαλε στη πάταξη των λοιμωδών νοσημάτων περισσότερο από όλα τα άλλα μέτρα πρόληψης (εμβολιασμοί, πρόοδος της κλινικής ιατρικής).

Πρέπει να τονιστεί ότι η χλωρίωση ή οποιαδήποτε άλλη τελική επεξεργασία του νερού έχουν σαν σκοπό την απολύμανση, δηλαδή την προστασία του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς, και όχι την αποστείρωση, δηλαδή την καταστροφή όλων των ζωντανών μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό.

Η απολύμανση είναι απαραίτητη διαδικασία για το πόσιμο νερό. Η απολύμανση νερού που προορίζεται για πόσιμο δεν έχει σαν στόχο την εξυγίανση νερού που έχει υποστεί ρύπανση, αλλά αποτελεί ένα μέτρο προφύλαξης νερού που είναι ήδη ελεύθερο από παθογόνους μικροοργανισμούς. Πρέπει όμως πάντα να ελέγχουμε τη πιθανότητα δημιουργίας παραπροϊόντων της απολύμανσης, τα οποία συνήθως είναι χημικές ουσίες που προέρχονται από χημικές αντιδράσεις της απολυμαντικής ουσίας με στοιχεία του νερού. Παραπροϊόντα της χλωρίωσης, κυρίως τα τριχλωρομεθάνια, έχουν ενοχοποιηθεί για επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτή.

Η απολύμανση αστικών λυμάτων που αποδίδονται στη θάλασσα, σε λίμνες, ποταμούς ή σε καλλιέργειες είναι επίσης απαραίτητη. Η απολύμανση όμως όλων των λυμάτων δεν συνίσταται διότι οι μεγάλες ποσότητες απολυμαντικών ουσιών μπορεί να έχουν αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον στο οποίο καταλήγουν μαζί με τα λύματα.

Οι περισσότερες απολυμαντικές ουσίες εκτός από την προστασία έναντι των παθογόνων βοηθούν και με άλλους τρόπους τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, όπως με οξειδωση ανόργανων ουσιών (π.χ. σίδηρος, μαγγάνιο), βελτίωση της κροκιδώσης και διήθησης κλπ.<sup>3</sup>

## 2.6. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός συστήματος απολύμανσης είναι να αποτελεί φραγμό για οποιονδήποτε παθογόνο μικροοργανισμό προσπαθεί να επιβιώσει στο συγκεκριμένο σύστημα ύδρευσης. Έτσι πρέπει να υπολογίσουμε την συγκέντρωση και τον χρόνο που απαιτείται για να έχουμε μια επιθυμητή μείωση ενός συγκεκριμένου ποσοστού του αρχικού πληθυσμού κάποιου παθογόνου μικροοργανισμού στο νερό, άρα οι τιμές C.t (η βάση επιλογής της απολυμαντικής διαδικασίας σε ένα σύστημα) να έχουν καθοριστεί μετά από πειράματα στο συγκεκριμένο σύστημα ύδρευσης. Οι τιμές C.t συνήθως εφαρμόζονται για απολύμανση με χλώριο, διοξειδίο του χλωρίου, χλωραμίνες και όζον με στόχο τη καταστροφή του 99,9% του αρχικού πληθυσμού των παθογόνων. Πρέπει όμως να υπάρχει πρόβλεψη μετατροπής αυτών των τιμών διότι μεταβολή της θερμοκρασίας, του pH και της θολερότητας του νερού μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Η σωστή διήθηση του νερού πριν την εφαρμογή της απολύμανσης απομακρύνει μεγάλο ποσοστό των μικροοργανισμών και, κρατώντας τα αιωρούμενα στερεά και τις οργανικές

ουσίες, βοηθάει τη καλή λειτουργία της απολυμαντικής διαδικασίας. Η διήθηση κυρίως με φίλτρα χαμηλής ροής και με εφαρμογή προοζόνωσης είναι πολύ αποτελεσματική κυρίως για την απομάκρυνση των *Cryptosporidium*, *Giardia*.

Το σύστημα ύδρευσης πρέπει να διαθέτει ευελιξία ως προς τα σημεία εφαρμογής της απολύμανσης, και πρόβλεψη για έκτακτες περιπτώσεις που θα χρειαστεί μεγαλύτερος χρόνος εφαρμογής της απολύμανσης (π.χ. δεξαμενές αποθήκευσης του νερού). Επίσης θα πρέπει να υπάρχει έτοιμη δυνατότητα εφαρμογής εναλλακτικού, πιο δραστικού τρόπου απολύμανσης, για περιπτώσεις υδατογενών επιδημιών ή φυσικών καταστροφών (σεισμοί, κατακλυσμοί) που υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού.<sup>3</sup>

## 2.7. ΧΛΩΡΙΩΣΗ

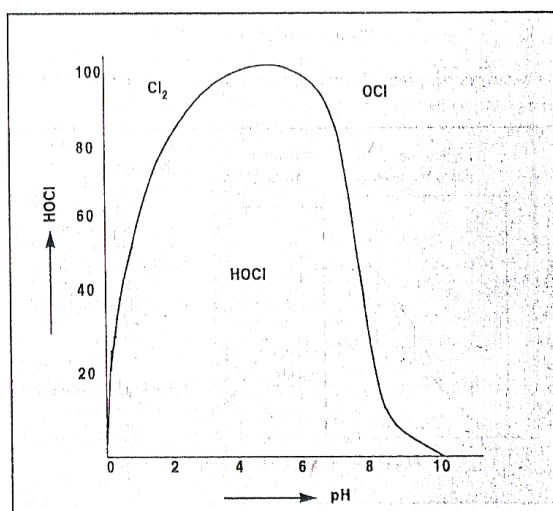
Το ελεύθερο χλώριο είναι τοξικό στους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Ελεύθερο ή υπολειμματικό χλώριο ορίζεται το χλώριο στη μοριακή του μορφή ( $\text{Cl}_2$ ) και τα παράγωγά του, δηλαδή το υποχλωριώδες οξύ ( $\text{HOCl}$ ) και τα υποχλωριώδη ιόντα ( $\text{OCl}^-$ ). Το ελεύθερο χλώριο είναι οξειδωτικό και απολυμαντική του δράση μειώνεται κατά σειρά  $\text{Cl}_2 > \text{HOCl} > \text{OCl}^-$ .

Το χλώριο διατίθεται στο εμπόριο σε αέρια μορφή, σαν υγρό υποχλωριώδες νάτριο και σε σκόνη διάφορων υποχλωριώδων αλάτων ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ,  $\text{LiOCl}$ ). Η περιεκτικότητα μιας ουσίας σε ελεύθερο χλώριο ονομάζεται δραστικό χλώριο. Η επιλογή της μορφής εξαρτάται από το κόστος, τις συνθήκες ασφαλείας και λειτουργικές ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης.

Όταν διαλυθεί  $\text{Cl}_2$  σε νερό και το pH είναι όξινο, το  $\text{Cl}_2$  παραμένει στη μοριακή του μορφή. Για ουδέτερο pH ( $5 < \text{pH} < 8$ ) το χλώριο αντιδρά με το νερό και δημιουργείται υποχλωριώδες οξύ (Σχήμα 2.1).

Σε αλκαλικό pH ( $\text{pH} > 7$ ) το  $\text{HOCl}$  διασπάται σε ιόντα υδρογόνου και υποχλωριώδη ιόντα.



Σχήμα 2.1 : Μορφές ελεύθερου χλωρίου ανάλογα με το pH.

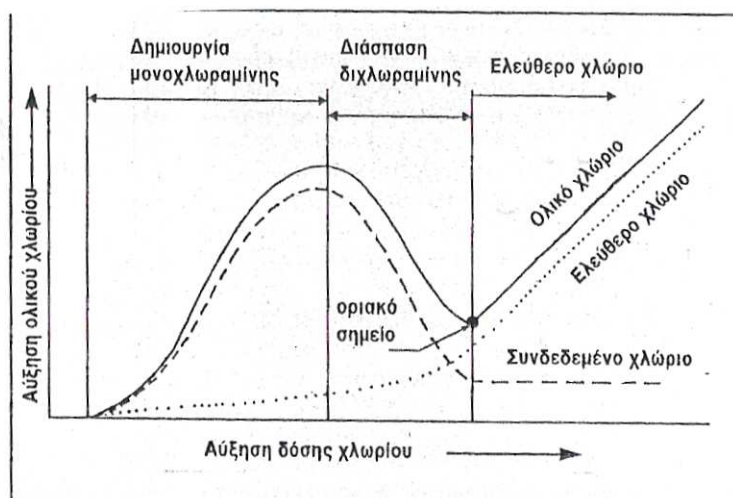
Για  $\text{pH} > 8$  τότε τα υποχλωριώδη ιόντα αντικαθιστούν πλήρως το υποχλωριώδες οξύ (Σχήμα 2.2). Αν υπάρχει στο νερό αμμωνία τότε δημιουργούνται οι χλωραμίνες.

Οι χλωραμίνες που δημιουργούνται αποτελούν το συνδεδεμένο χλώριο. Το σύνολο του ελεύθερου και του συνδεδεμένου χλωρίου στο νερό λέγεται ολικό χλώριο. Οι χλωραμίνες οξειδώνονται και δίνουν άζωτο και ιόντα χλωρίου.

Αν συνεχιστεί η τροφοδότηση του νερού με  $\text{Cl}_2$ , τότε οι αντιδράσεις οξειδωσης των χλωραμινών ολοκληρώνονται και αρχίζει η απελευθέρωση ελεύθερου χλωρίου. Η πραγματική απολύμανση του νερού με ελεύθερο χλώριο αρχίζει από αυτό το χρονικό σημείο, το οποίο ονομάζεται οριακό σημείο (*breakpoint*) (Σχήμα 2.2).

Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια και όταν η πηγή του χλωρίου είναι υποχλωριώδες νάτριο ή άλλο άλας του χλωρίου.

Το προτέρημα της χλωρίωσης έναντι άλλων απολυμαντικών του νερού είναι ότι είναι αρκετά ισχυρό ώστε να απαλλάσσει το νερό από τους πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς ενώ συγχρόνως παρέχει υπολειμματικό απολυμαντικό το οποίο, ανάλογα με άλλες παραμέτρους του νερού, μπορεί να παραμείνει σαν προστατευτικός παράγοντας για κάποιο χρονικό διάστημα. Όμως, αν κάποιοι μικροοργανισμοί κατορθώσουν να προσκολληθούν στις σωληνώσεις του δικτύου, τότε η αντοχή τους στη χλωρίωση αυξάνει σημαντικά, διότι αναπτύσσουν μηχανισμούς προστασίας. Άλλοι ερευνητές παρατήρησαν ότι κοπρανώδεις μικροοργανισμοί των χλωριωμένων νερών δεν ανταποκρίνονται καλά στις νέες ενζυμικές μικροβιολογικές τεχνικές που προτείνονται για τον έλεγχο του πόσιμου νερού.



**Σχήμα 2.2 :** Εξέλιξη της χλωρίωσης του νερού μέχρι το οριακό σημείο (break point).

Κατά τη μέτρηση του ελεύθερου χλωρίου στο νερό έχει μεγάλη σημασία να χρησιμοποιείται η σωστή τεχνική η οποία να μετρά πράγματι ελεύθερο και όχι συνδεδεμένο ή ολικό χλώριο. Η μέθοδος DPD έχει τη δυνατότητα να μετρά την καθεμιά από αυτές τις παραμέτρους χωριστά. Αντίθετα, η μέθοδος της ορθοτολουδίνης, η οποία ευρέως χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να μετράται το ελεύθερο χλώριο στο νερό, μετρά το ολικό χλώριο. Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι μεγάλες διαφορές που μπορεί να έχει η τιμή του ελεύθερου από το ολικό χλώριο σε νερά κολυμβητηρίων.<sup>3</sup>

**Πίνακας 1 :** Σχέση ελεύθερου/ ολικού χλωρίου νερού κολυμβητηρίου θερμοκρασίας 20°C ανάλογα με το pH.

		ΟΛΙΚΟ ΧΛΩΡΙΟ	
		0.3	0.7
	pH		
ΕΛΕΥΘΕΡΟ	7.2	0.19	0.44
ΧΛΩΡΙΟ	7.6	0.12	0.29
	8.0	0.066	0.154
	8.2	0.051	0.119

## 2.8. ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Παρόλο ότι όλοι αναγνωρίζουν την σημασία της απολύμανσης του νερού στη δημόσια υγεία, υπάρχει και κάποια ανησυχία για τις πιθανές παρενέργειες των απολυμαντικών και ιδίως του χλωρίου στην υγεία των καταναλωτών. Από τη δεκαετία του 70 και λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας άρχισαν να ανιχνεύονται σε χλωριωμένα νερά ορισμένες ουσίες οι οποίες είναι παραπροϊόντα της χλωρίωσης. Ορισμένες χημικές ενώσεις που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό (χουμικά και φουλβικά οξέα, υδρόφιλα οξέα, αμινοξέα, υδαάνθρακες κλπ) αντιδρούν με το χλώριο και δημιουργούν τα τριαλομεθάνια (THM). Το πιο



σημαντικό τριαλομεθάνιο ως προς τις επιπτώσεις του στην υγεία είναι το χλωροφόρμιο. Ορισμένες από τις χημικές ενώσεις – “προπομπούς” των ΤΗΜ μπορεί να παρέχονται και από ζωντανούς υδρόβιους οργανισμούς όπως φύκη, ενώ ανόργανες ενώσεις (αιθανόλη, ακεταλδεΐδη κλπ) από απόβλητα βιομηχανικών μονάδων δημιουργούν επίσης με το χλώριο ΤΗΜ. Η συνολική ποσότητα των τριαλομεθανίων σε κάποιο δείγμα νερού αποτελεί τα ολικά τριαλομεθάνια (ΤΤΗΜ). Στην υγειονομική νομοθεσία των ΗΠΑ περί καταλληλότητας του πόσιμου νερού, τα ΤΤΗΜ πρέπει να είναι λιγότερα από 0,1 mg/l σε τέσσερις συνεχόμενες δειγματοληψίες νερού. Δυστυχώς, ούτε η Ελληνική ούτε η κοινοτική νομοθεσία δεν έχει θεσπίσει ακόμα όρια συγκέντρωσης ΤΤΗΜ στις αντίστοιχες οδηγίες.

Η συγκέντρωση των ΤΗΜ σε κάποια πηγή υδροληψίας μεταβάλλεται σημαντικά υπό την επίδραση διαφόρων παραγόντων και γι’ αυτό πρέπει η μέτρησή τους να γίνεται τουλάχιστον 4 φορές το χρόνο σε διάφορες εποχές. Η συγκέντρωσή τους είναι μεγαλύτερη σε επιφανειακά από υπόγεια νερά όπου απαντώνται μόνο αν αναμειχθούν με επιφανειακές πηγές ρύπανσης. Στα επιφανειακά νερά παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση μετά από βροχοπτώσεις επειδή γειτονικά προς τη πηγή υδροληψίας εδάφη παρασύρονται μέσα στο νερό. Τον σχηματισμό των ΤΗΜ ευνοεί η αύξηση της θερμοκρασίας και έτσι παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το καλοκαίρι. Η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις των ΤΗΜ στην υγεία των καταναλωτών άρχισε με την υπόθεση ότι το χλωροφόρμιο είναι καρκινογόνο. Σήμερα όμως, και άλλες παρενέργειες μελετώνται όπως η στειρότητα, η τερατογένεση, η επίδραση στα νεφρά και το συκώτι, επιπτώσεις στο νευρικό και αιμοποιητικό σύστημα.

Η εκτίμηση της καρκινογένεσης από χρήση χλωριωμένου νερού γίνεται με δυο τρόπους : με επιδημιολογικές μελέτες και με πειράματα σε πειραματόζωα. Οι επιδημιολογικές μελέτες είναι πολύ δύσκολες διότι δεν υπάρχουν πάντα στοιχεία για το πόσα χρόνια κατανάλωναν τα άτομα αυτά χλωριωμένο νερό και για το αν το νερό αυτό περιείχε ΤΗΜ, αφού μόνο πρόσφατα η μέτρησή τους στο νερό έγινε εργαστηριακά δυνατή. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι σε μια επιδημιολογική μελέτη για την καρκινογένεση πρέπει να συναξιολογηθούν και άλλοι παράγοντες όπως το κάπνισμα, το άγχος, η διατροφή, περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η μόλυνση της ατμόσφαιρας, οι συνθήκες εργασίας κλπ. Έτσι το θέμα είναι πολύ πολύπλοκο. Παρά τις δυσκολίες αυτές πολλοί ερευνητές υποδεικνύουν μια συσχέτιση ανάμεσα στον καταναλωτή χλωριωμένου νερού και στον καρκίνο της χολής, του παχέος εντέρου και του ορθού.

Τα πειράματα με πειραματόζωα δεν έχουν βοηθήσει πολύ προς την κατεύθυνση αυτή. Υπάρχει μια ένδειξη ότι η καρκινογένεση στα πειραματόζωα είναι πολύ σημαντικότερη από το δι-χλωρο-βρωμομεθάνιο παρά από το χλωροφόρμιο. Επίσης ορισμένα παραπροϊόντα της οζόνωσης, όπως το *bromate* έχουν κατηγορηθεί για καρκινογένεση σε πειραματόζωα σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις.

Συνοπτικά, μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχουν προς το παρόν σαφείς ενδείξεις για τις επιπτώσεις των ΤΗΜ στην υγεία. Κατά πολλούς ερευνητές είναι πολύ πιθανό άλλα παραπροϊόντα του χλωρίου, όπως ορισμένες φουρανόνες, καθώς και παραπροϊόντα άλλων απολυμαντικών, να έχουν πολύ ισχυρότερες μεταλλαξιογόνες ιδιότητες από τα ΤΗΜ. Σε έκθεση της *National Academy of Science Safe Drinking Committee* των ΗΠΑ το 1987, γίνονται οι κάτωθι επισημάνσεις για πιθανές παθήσεις από την απολύμανση του νερού, εκτός από καρκινογένεση :

Το  $\text{ClO}_2$  και ορισμένα παραπροϊόντα του επιδρούν στο αιμοποιητικό σύστημα του σώματος και μπορεί να βλάψουν κυρίως άτομα με προβλήματα στη παραγωγή ορισμένων ενζύμων. Επίσης, προβλήματα μπορεί να έχουν άτομα που πάσχουν στον θυρεοειδή τους αδένες.

Οι χλωραμίνες μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις σε νεφροπαθείς και σε άτομα που πάσχουν στο συκώτι.

Το ελεύθερο χλώριο μπορεί να βλάψει άτομα που πάσχουν από τον θυρεοειδή και από το συκώτι.<sup>3</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι (υδροφόροι) δεν είναι ευδιάκριτοι και συχνά ούτε διακριτοί ανάμεσά τους. Τα όρια των υδροφόρων είναι φυσικά και όχι τοπογραφικά. Σε δοσμένο σημείο μπορεί να υπόκεινται της επιφάνειας του εδάφους περισσότεροι υδροφόροι. Καθένας υδροφόρος μπορεί να έχει διαφορετικά χημικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά, να έχει διαφορετική πηγή ή περιοχή εμπλουτισμού και διαφορετική περιοχή εκφόρτισης. Επιπλέον, οι υπόγειοι υδροκρίτες δεν συμπίπτουν κατά κανόνα με τους επιφανειακούς υδροκρίτες.

Κάτω από φυσικές συνθήκες, ένα υδροφόρο σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Ένας μεταβλητός όγκος νερού εμπλουτίζει τον υδροφόρο και ένας ομοίως μεταβλητός όγκος νερού εκφορτίζεται από το υδροφόρο σύστημα. Ο ρυθμός εμπλουτισμού καθορίζεται από το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δε χάνονται με την εξατμισοδιαπνοή, και την απορροή (ελεύθεροι υδροφόροι), την κατακόρυφη υδροπερατότητα και τις λιθοφάσεις της ακόρεστης ζώνης και τέλος από τη μεταβατικότητα και την πιεζομετρία στο υδροφόρο σύστημα.

Η “σοφή χρήση” των υπόγειων νερών βασίζεται σε τρεις γενικές αρχές:

1. Στην ανάπτυξη τεχνολογίας η οποία θα βελτιώσει την αποθηκευτική ικανότητα των υδροφόρων συστημάτων,
2. Στην προστασία της ποιότητας του υπόγειου νερού,
3. Στην αύξηση της ποσότητας του υπόγειου νερού,
4. Στη χρησιμοποίηση των υπόγειων υδατικών πόρων για την ιεραρχική κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας που έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα.

Η πρώτη από τις πιο πάνω αρχές αναφέρεται στη μεγιστοποίηση της “ασφαλούς απόδοσης” (safe yield) σε μακροχρόνια κλίμακα. Η δημιουργία μόνιμου ελλείμματος λόγω υπεράντλησης δεν μπορεί να υποκατασταθεί και φυσικά ούτε να αποκατασταθεί από το πρόσκαιρο οικονομικό όφελος. Το έλλειμμα οδηγεί στην εξάντληση των υδατικών πόρων και στην αύξηση μελλοντικά του κόστους της κάλυψης των αναγκών σε νερό που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν, ως μη έδει, οι μελλοντικές γενιές. Η συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων νερών, η ανακύκλωση - επαναχρησιμοποίηση και ο τεχνητός εμπλουτισμός αποτελούν τις βασικές τεχνικές ικανοποίησης της πρώτης αρχής.

Η δεύτερη αρχή αποβλέπει στην ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιπτώσεων των διαφόρων δραστηριοτήτων του ανθρώπου πάνω στην ποιότητα του υπόγειου νερού, όπως είναι η υπεράντληση, ιδιαίτερα των παράκτιων υδροφόρων, η ανόρυξη γεωτρήσεων βάθους μεγαλύτερου από το υδρογεωλογικά επιτρεπτό, η χρησιμοποίηση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και βελτιωτικών του εδάφους και η διάθεση στο έδαφος και το υπέδαφος στερεών και υγρών αποβλήτων.

Τέλος, η τρίτη αρχή προϋποθέτει την ανάπτυξη κριτηρίων προτεραιοτήτων για τη μελλοντική χρήση του υπόγειου νερού, δοθέντος ότι οι περίοδοι ξηρασίας σε συνδυασμό με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση νερού από τη γεωργία, τη βιομηχανία και την ύδρευση, συνιστούν σημαντικά προβλήματα της “σοφής χρήσης”. Από την άλλη μεριά η χρησιμοποίηση κριτηρίων προτεραιότητας οδηγεί στον περιορισμό του διατιθέμενου στη γεωργία νερού υπέρ του διατιθέμενου στην ύδρευση, γεγονός που έχει δυσμενείς οικονομικές επιπτώσεις.<sup>4</sup>

### 3.2. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Η εκμετάλλευση και διαχείριση των υπόγειων νερών παράκτιων υδροφορέων είναι άμεσα συνδεδεμένη με την διείσδυση θαλάσσιου νερού στο σύστημα των εν λόγω υδροφορέων, η οποία μπορεί να είναι μόνιμη ή συνηθέστερα μη μόνιμη ροή με αποτέλεσμα την υφαλμύρωση των υδροφορέων. Η υφαλμύρωση των υδάτων των υπόγειων υδροφορέων σε περιοχές που γειτνιάζουν με τη θάλασσα οφείλεται κυρίως σε πρωτογενείς και δευτερογενείς παράγοντες:

Οι πρωτογενείς παράγοντες σχετίζονται με τη μεταβολή του φυσικού εμπλουτισμού του υδροφορέα και συνήθως συνδέεται με την παροδική ελάττωση των ποσοτήτων υδάτων

που φθάνουν στους υδροφορείς και πρόκειται για μια περιοδική αλμυρότητα που σχετίζεται με τις βροχοπτώσεις.

Οι δευτερογενείς παράγοντες είναι αυτοί που συνδέονται με την υπερβολική άντληση. Τέτοια φαινόμενα είναι συνήθη στη χώρα μας, κυρίως στις εντατικά καλλιεργούμενες παράκτιες πεδινές εκτάσεις και λαμβάνουν χώρα τόσο στους ελεύθερους όσο και στους περιορισμένους (υπό πίεση) υδροφόρους ορίζοντες.

Όταν ο ρυθμός άντλησης σε φρέατα κοντά στη θάλασσα υπερβεί το ρυθμό φυσικής ή τεχνητής επαναφόρτισης του υδροφορέα, τότε θαλάσσιο νερό εισρέει στους υδροφορείς, καταστρέφοντάς τους από πηγή πόσιμου νερού. Πρέπει να τονισθεί ότι το φαινόμενο δεν μπορεί να θεωρηθεί αναστρέψιμο, γι' αυτό η αντιμετώπισή του συνδέεται πρακτικά με πρόβλεψη και ορθή διαχείριση.

Το πρόβλημα της υπαλμύρωσης στις περισσότερες περιπτώσεις αναγνωρίζεται από τους υπεύθυνους συνήθως όμως είναι άγνωστη η έκτασή του προβλήματος. Κατά την εισροή της θάλασσας σε έναν υδροφορέα συνθήκες μόνιμης ροής στην πραγματικότητα δεν αποκαθίστανται εύκολα. Επιπλέον τις περισσότερες φορές το πρόβλημα φθάνει σε ανεπίτρεπτα όρια όταν δεν λαμβάνονται εγκαίρως τα κατάλληλα μέτρα.<sup>5</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Δεδομένου των πολυάριθμων και αυξανόμενων πιέσεων στους υδάτινους πόρους, έχει ζωτική σημασία να υπάρξουν αποτελεσματικά θεσμικά όργανα και μέτρα που θα αντιμετωπίσουν τα προβλήματα και θα βοηθήσουν στην εξασφάλιση αυτών των πόρων για τις επόμενες γενεές.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα, προχώρησε με την εκπόνηση μιας νέας Οδηγίας Πλαισίου που θα θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η νέα Οδηγία Πλαίσιο, μετά από μια μακρόχρονη περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000.<sup>6</sup>

#### 4.1.1. Κυριότερα χαρακτηριστικά της Οδηγίας

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων ή αλλιώς Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά αναμορφώνει την υφιστάμενη Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και θέτει το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας «καλής κατάστασης» μέχρι το 2015.

Η νέα Οδηγία-Πλαίσιο, μεταξύ άλλων:

- Προστατεύει όλα τα ύδατα – ποταμούς, λίμνες, παράκτια και υπόγεια.
- Θέτει φιλόδοξους στόχους για να εξασφαλιστεί ότι όλα τα ύδατα θα ανταποκρίνονται στην «καλή κατάσταση» μέχρι το 2015.
- Δημιουργεί σύστημα διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.
- Απαιτεί διασυννοιακή συνεργασία μεταξύ χωρών και όλων των εμπλεκόμενων μερών, (στην περίπτωση των διεθνών περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού).
- Εξασφαλίζει ενεργό συμμετοχή όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών και των τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες της διαχείρισης των υδάτων.
- Εξασφαλίζει μείωση και έλεγχο της ρύπανσης από όλες τις πηγές, όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι αστικές περιοχές, κτλ.
- Απαιτεί πολιτικές τιμολόγησης του νερού και εξασφαλίζει ότι ο ρυπαίνων πληρώνει.
- Εξισορροπεί τα συμφέροντα του περιβάλλοντος με τα συμφέροντα αυτών που εξαρτώνται από αυτό.

Η Οδηγία καθιερώνει ως μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, την ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού καθορίζει, μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες που θα πρέπει να υλοποιηθούν εντός των καθορισμένων προθεσμιών, ώστε ο βασικός στόχος της Οδηγίας που είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας «καλής κατάστασης» να επιτευχθεί μέχρι το 2015. Ωστόσο για συγκεκριμένα υδατικά συστήματα, εφόσον πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, η διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας «καλής κατάστασης» μέχρι το 2015.

Ωστόσο για συγκεκριμένα υδατικά συστήματα, εφόσον πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, η Οδηγία προβλέπει παράταση της προθεσμίας αυτής ή και επιδίωξη περιβαλλοντικών στόχων λιγότερο αυστηρών από αυτούς που απαιτούνται κανονικά. Όσον αφορά τα επιφανειακά νερά «καλή κατάσταση» θεωρείται η «καλή οικολογική» και η «καλή χημική κατάσταση» ενώ, όσον αφορά τα υπόγεια νερά, «καλή κατάσταση» θεωρείται η «καλή ποσοτική» και η «καλή χημική κατάσταση».<sup>6</sup>

Σκοπός της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών, επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων. Το πλαίσιο αυτό θα πρέπει να μπορεί να αποτρέψει την περαιτέρω επιδείνωση, να προστατεύει και να βελτιώνει την κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων, να προωθή τη βιώσιμη

χρήση του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδάτινων πόρων, να αποσκοπεί στην ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος με μέτρα μείωσης απορρίψεων επικίνδυνων ουσιών, να διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, να αποτρέπει την επιπλέον μόλυνσή τους και να συμβάλλει στον μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.<sup>1</sup>

**Πίνακας 2 :** Πρότυπα ποιότητας γλυκών επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού σύμφωνα με την υπουργική απόφαση με αριθμό 46399/1352/86 (ΦΕΚ 438/τ.β/3.7.86)

Παράμετρος	Ανώτατη συγκέντρωση	Ενδεικτικό επίπεδο
Ph	<9.5	6,5 < pH < 8,5
Θερμοκρασία	25°C	12°C
Αγωγιμότητα	2500 μS/cm	400μS/cm
Θολερότητα	αποδεκτή από τους καταναλωτές και άνευ συνήθους μεταβολής	
Νιτρικά ιόντα	50 mg/L	25 mg/L
Αμμωνία	0,5 mg/L	0,05 mg/L
Χλώριο	200 mg/L	25mg/L
Θειικά ιόντα	250 mg/L	25 mg/L
Φώσφορος	5000μg/L	400 μg/L
Ολική σκληρότητα	Ελάχιστη συγκέντρωση 30mg/L Ca ή 150 mg/L CaCO <sub>3</sub>	
Υπολειμματικό χλώριο	Ελάχιστη συγκέντρωση 0,2 mg/L	

**Πίνακας 3 :** Πρότυπα ποιότητας γλυκών επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού σύμφωνα με την υπουργική απόφαση με αριθμό 46399/1352/86 (ΦΕΚ 438/τ.β/3.7.86)

Παράμετρος	Όγκος του δείγματος (ml)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση με μέθοδο διηθητικών μεμβρανών
Ολικά κολοβακτηριοειδή	100	-	0
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	100	-	0
Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	20	-	-

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 5.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ – ΟΡΙΑ ΔΗΜΟΥ ΒΑΜΟΥ

Η περιοχή μελέτης είναι το δίκτυο ύδρευσης του Δήμου Βάμου (Σχ. 5.1) ο οποίος βρίσκεται στο Βόριο-Ανατολικό μέρος του νομού Χανίων, τα όρια του οποίου παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα και η έκτασή του ανέρχεται σε 63 τ.χλμ. Προς Βορρά και Ανατολάς οριοθετείται από τη θάλασσα του Κρητικού Πελάγους, προς Δυσμάς συνορεύει με το δήμο Αρμένων και προς το Νότο συνορεύει με τους Δήμους Φρέ (νοτιοδυτικά), Κρουονερίδας (νοτιοανατολικά) και Γεωργιούπολης (ανατολικά).<sup>7</sup>

#### 5.2. ΓΕΝΙΚΑ, Η ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η μορφολογία της περιοχής χαρακτηρίζεται από εξαιρετική ποικιλομορφία προσφέροντας εικόνες, τόσο του ορεινού όσο και του πεδινού αλλά και παραθαλάσσιου τοπίου. Σε αυτή τη μικρή σχετικά έκταση αλληλοδέθηκαν οι αντιθέσεις, τόσο της μορφολογίας όσο και του ανάγλυφου, ζωγραφίζοντας έτσι κυριολεκτικά τοπία ιδιαίτερης φυσικής ομορφιάς και μεγαλείου που αντιπροσωπεύονται από θεαματικά βουνά, σπήλαια, φαράγγια, ήπιες πεδιάδες, απόκρημνες ακτές αλλά και γραφικές παραλίες απaráμιλλης ομορφιάς.

Η μορφολογική αυτή σύνθεση έχει δημιουργηθεί από την επίδραση διαφόρων γεωλογικών διαδικασιών. Οι μακρομορφολογικοί χαρακτήρες της Περιοχής Μελέτης έχουν διαμορφωθεί από τη δράση κυρίως της ρηξιγενούς τεκτονικής, ενώ η λεπτομερέστερη μορφολογική της υφή έχει δημιουργηθεί από τις αέναιες δράσεις της διάβρωσης και της αποσάθρωσης, που συνεχίζονται αδιάκοπα, πλάθοντας έτσι την τελική εικόνα της μορφολογίας και του ανάγλυφου που βλέπουμε σήμερα.

Το ανάγλυφο της Περιοχής Μελέτης παρουσιάζεται με μεγάλη ποικιλομορφία. Στις περιοχές που δομούνται από ασβεστολιθικά πετρώματα επικρατεί το τραχύ και βραχώδες ανάγλυφο, ενώ σε αυτές που δομούνται από τους χαλαρούς μαργαίικους και αλλουβιακούς σχηματισμούς το ανάγλυφο παρουσιάζεται ομαλότερο και ηπιότερο (Σχ. 5.2).<sup>7</sup>

##### 5.2.1. Μορφολογικές ζώνες

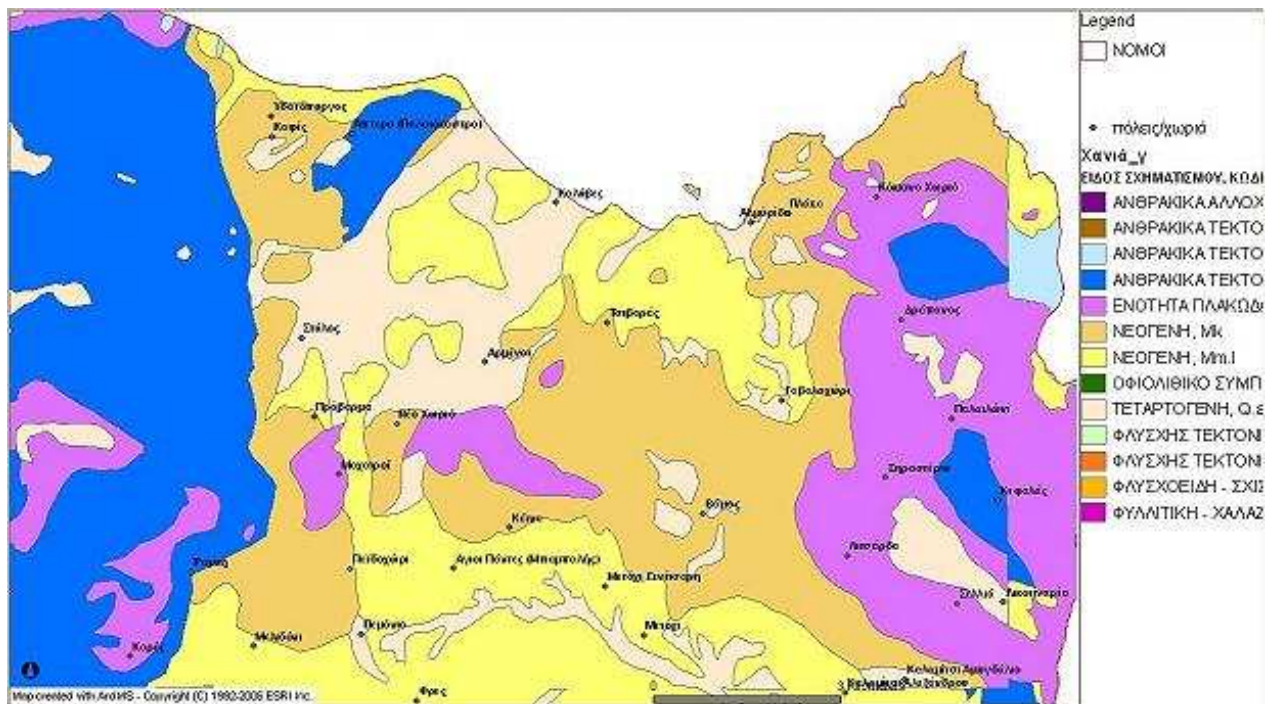
Στην Περιοχή Μελέτης αναπτύσσονται η χαμηλή μορφολογική ζώνη υψομέτρων 0 -100μ., η ημιορεινή μορφολογική ζώνη υψομέτρων 100 – 500μ. και η ορεινή ζώνη υψομέτρων άνω των 500μ.

- Χαμηλή ζώνη : Επικρατεί στο βορειοδυτικό κυρίως τμήμα του Δήμου Βάμου. Αντιπροσωπεύεται από την πανέμορφη παραθαλάσσια ζώνη της Αλμυρίδας, από την πεδινή ζώνη που διαμορφώνεται νότια της Αλμυρίδας στη περιοχή Δουλιανά – Άσπρο – Αλμυρίδα, καθώς και την πεδινή ζώνη στο νότιο τμήμα του Δήμου στην κοίτη του Βρυσιανού Ποταμού.
- Ημιορεινή ζώνη : Αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο τμήμα του Δήμου Βάμου με ιδιαίτερη επικράτηση στο ανατολικό του τμήμα όπου υψώνονται τα βουνά Δραπανοκεφάλια και Κεφάλια, που αποτελούν χαρακτηριστικές τεκτονικές δομές μορφής τεκτονικού παράθυρου.
- Ορεινή ζώνη : Αναπτύσσεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Περιοχής Μελέτης, εκτός των ορίων του Δήμου Βάμου.<sup>7</sup>



Σχήμα 5.1: Δίκτυο ύδρευσης Δήμου Βάμου<sup>7</sup> όπου με μαύρο – κόκκινο φαίνονται τα σημεία δειγματοληψίας.





Σχήμα 5.2 : Γεωλογικός χάρτης Βάμου.<sup>8</sup>

### 5.3. ΤΟ ΟΡΕΙΝΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ

Στη Δυτική Κρήτη αναπτύσσεται το θεαματικό Ορεινό Ασβεστολιθικό Υδροφόρο Συγκρότημα των Λευκών Ορέων που κυριαρχεί επιβλητικά καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος του κεντρικού – ανατολικού και νότιου τμήματος του νομού Χανίων με μια σειρά πολλών βουνοκορφών και μέγιστο υψόμετρο 2.453μ. τα Λευκά Όρη, πέρα από την υπέροχη φυσική τους ομορφιά και την οικολογική τους ιδιαιτερότητα, ρυθμίζουν καθοριστικά την ανάπτυξη ευνοϊκών υδρογεωλογικών συνθηκών στη Δυτική Κρήτη, που οφείλονται κυρίως στις επόμενες παραμέτρους :

- Στο μεγάλο όγκο τους και στα μεγάλα υψόμετρα των βουνοκορφών τους (πάνω από 2.000μ.), που καθορίζουν αποφασιστικά το μικροκλίμα της περιοχής συμβάλλοντας τοπικά στην επίτευξη μεγάλων υψών βροχής και χιονοπτώσεων, μέσου ετήσιου ύψους νερού περίπου 2μ.
- Στη γεωλογική και τεκτονική δομή, που ευνοεί την ανάπτυξη σημαντικών υπόγειων υδροφορέων. Αυτό συμβαίνει επειδή τα Λευκά Όρη αφ' ενός μεν δομούνται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από ανθρακικά υδροπερατά πετρώματα, αφ' ετέρου παρουσιάζουν έντονη ρηξιγενή τεκτονική, που συμβάλλει στην ανάπτυξη υψηλής υδροπερατότητας και εκλεκτικών κινήσεων των υπόγειων ροών.

Με βάση σημαντικές υδρογεωλογικές έρευνες και μελέτες που έχουν γίνει, βγαίνουν τα επόμενα συμπεράσματα :

- Τα νερά των βροχών και της τήξης των χιονιών που πέφτουν στους ανθρακικούς σχηματισμούς των Λευκών Ορέων, μετά τις απώλειές τους από την εξατμισοδιαπνοή, κατά το μέγιστο ποσοστό τους, κατεισδύουν στη μάζα τους.
- Το εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό κατεϊσδυσής των νερών της βροχής στους ανθρακικούς σχηματισμούς των Λευκών Ορέων οφείλεται στην υδρολιθολογική συμπεριφορά τους, στην καρστικοποίηση και στην έντονη ρηξιγενή τεκτονική, με πλήθος ρηγμάτων και διακλάσεων. Επίσης, οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μεγάλο τμήμα των Λευκών Ορέων καλύπτεται από πόλγες, δολίνες και καρστικά βάραθρα, που ως γνωστό δεν έχουν επιφανειακή απορροή, με αποτέλεσμα τα επιφανειακά νερά να κατευθύνονται στις καταβόθρες, να κατεϊσδύουν υπόγεια και να τροφοδοτούν υπόγειους υδροφορείς σε ζώνες κορεσμού.
- Η ρηξιγενής τεκτονική διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην κίνηση των υπόγειων νερών. Συγκεκριμένα, οι ρηξιγενείς ζώνες Β–Ν έως ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ λειτουργούν ως

υπόγειοι αγωγοί, ενώ οι ρηξιγενείς ζώνες διευθύνσεων Α-Δ λειτουργούν ως υπόγεια διαφράγματα.

- Οι όγκοι νερού που κατεισδύουν στα Λευκά Όρη τροφοδοτούν υπόγειους υδροφορείς και στη συνέχεια κινούνται προς τη θάλασσα.<sup>7</sup>

#### *5.3.1. Η αποφασιστική συμβολή των λευκών ορέων στη διαμόρφωση των ευμενών υδρογεωλογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής*

Στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Βάμου, εντός των ορίων του αμέσως προς δυσμάς του Δήμου Αρμενων. Λειτουργούν οι σημαντικές πηγές γλυκού νερού Στύλου, Αρμένων, Ζούρπου, μέσης μηνιαίας παροχής 4,39 μ<sup>3</sup>/δλ και μέσου ετήσιου όγκου 140 εκατομμυρίων μ<sup>3</sup>. Επίσης, λειτουργούν η πηγή Αναβρυτής με διακεκομμένη παροχή, οι υφάλμυρες περιοχές Κοιλιάρης και μια σειρά υποθαλάσσιων εκφορτίσεων στις βόρειες και ανατολικές ακτές του Δήμου Βάμου. Οι πηγές αυτές και οι υποθαλάσσιες εκφορτίσεις τροφοδοτούνται με υπόγειο νερό από το κεντρικό βόρειο έως βορειοανατολικό τμήμα των Λευκών Ορέων.

Από τον παραπάνω τεράστιο ετήσιο όγκο νερού των πηγών, που είναι αρκετός για ύδρευση πόλης πληθυσμού 1.400.000 κατοίκων ή άρδευση 200 στρεμμάτων, ένα μικρό μόνο ποσοστό αξιοποιείται και το υπόλοιπο ρέει ανεκμετάλλευτο στη θάλασσα.<sup>7</sup>

#### *5.4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΜΕΡΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΑΡΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΒΑΜΟΥ. ΚΑΛΥΨΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ*

Σύμφωνα με την Τεχνική Μελέτη Ύδρευσης του Δήμου Βάμου, το αντλιοστάσιό του λειτούργησε κατά τη διάρκεια του Ιουνίου του έτους 2001 με μια ελάχιστη παροχή 152,78μ<sup>3</sup>/ώρα ή 42,44λ/δλ. Η παροχή αυτή ελάχιστα υπολείπεται της παροχής των 50 λ/δλ που είναι η μέγιστη παροχή για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών 40ετίας για την ύδρευση των οικισμών και των τουριστικών εγκαταστάσεων του Δήμου Βάμου κατά τη περίοδο αιχμής ζήτησης.

Παράλληλα με τη λειτουργία του αντλιοστασίου Αρμένων του Δήμου Βάμου κατά το μήνα Ιούνιο του έτους 2001 (πάντα σύμφωνα με την Τεχνική Μελέτη Ύδρευσης του Δήμου) λειτούργησε και η γεώτρηση στην Κάινα που βρίσκεται νοτιοδυτικά και σε μικρή απόσταση από την κεντρική δεξαμενή του Δήμου. Από τη γεώτρηση αυτή, κατά τον μήνα Ιούνιο του 2001, αντλήθηκαν 29.000 μ<sup>3</sup> προς την κεντρική δεξαμενή. Στην περίπτωση αυτή η μέση παροχή αντλίας ανήρχετο :

$$29.000 \mu^3 : 30\eta\mu. \times 24\omega\rho. = 40,378 \mu^3/\omega\rho\alpha \text{ ή } 11,2\lambda/\delta\lambda.$$

Ακόμα, παράλληλα με τη λειτουργία του αντλιοστασίου Αρμένων του Δήμου Βάμου κατά το μήνα Ιούνιο του έτους 2004, περίοδος κατά την οποία διεξαγόntonτουσαν οι παρακάτω δειγματοληψίες, λειτούργουσε και η γεώτρηση στην Κάινα. Κατά τον μήνα αυτό του έτους 2004, αντλήθηκαν περίπου 30.200μ<sup>3</sup> προς την κεντρική δεξαμενή. Στην περίπτωση αυτή η μέση παροχή αντλίας ανήρχετο :

$$30.200 \mu^3 : 30\eta\mu. \times 24\omega\rho. = 42 \mu^3/\omega\rho\alpha$$

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτουν τα επόμενα συμπεράσματα :

- Οι απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού από το αντλιοστάσιο Αρμένων στην κεντρική δεξαμενή του Δήμου Βάμου και στη συνέχεια στις επί μέρους δεξαμενές των οικισμών και στους καταναλωτές μέσω των εξωτερικών αγωγών μεταφοράς και των εσωτερικών δικτύων ύδρευσης είναι τεράστιες. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται από το ότι οι αγωγοί μεταφοράς του νερού είναι από αμιαντοσιμεντοσωλήνες, ηλικίας πέρα των 40 ετών, με πολλές ρωγμές και κατ' επέκταση με πολλές διαρροές.
- Ήδη από τον Μάιο του 2004 είχε αρχίσει η αντικατάσταση των μεγάλης ηλικίας και με πολλές ρωγμές αγωγών από αμιαντοσιμεντο με νέους από PVC ή πολυαιθυλαίνιο, με αποτέλεσμα τη ραγδαία μείωση των απωλειών.<sup>7</sup>

## 5.5 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΒΑΜΟΥ – ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.

### 5.5.1. Εισαγωγή – Προέλευση υδατικών πόρων.

Οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής μπορεί να προέρχονται από επιφανειακά νερά, όπως επίσης και από υπόγεια νερά. Στην περίπτωση των επιφανειακών νερών και ειδικότερα στην Κρήτη, επειδή οι υδρολογικές λεκάνες είναι μικρής έκτασης και μήκους, δεν υπάρχει συνεχής ροή. Επομένως, για τη χρήση των επιφανειακών νερών απαιτείται αποθήκευσή τους σε δαπανηρούς ταμιευτήρες ή λιμνοδεξαμενές, για να χρησιμοποιηθούν κυρίως κατά τη περίοδο αιχμής των αναγκών για υδρεύσεις και αρδεύσεις ( Μάιος έως Οκτώβριος).

Στην περίπτωση των υπόγειων νερών το πρόβλημα είναι πολύπλοκο. Απαιτείται η ύπαρξη ανθρακικών κυρίως, πετρωμάτων, τα οποία έχουν μεγάλη υδροπερατότητα. Αυτά επιτρέπουν τόσο την κατείσδυση των νερών της βροχής όσο και στη συνέχεια τη δημιουργία υπόγειων υδροφορέων. Οι τελευταίοι, είναι για να είναι εκμεταλλεύσιμοι (άντληση νερού χωρίς αλλαγή της ποιότητάς του), απαιτείται να μην επικοινωνούν με τη θάλασσα, πράγμα που συνήθως δεν συμβαίνει στην Κρήτη.<sup>7</sup>

### 5.5.2. Υδατικοί πόροι Δήμου Βάμου.

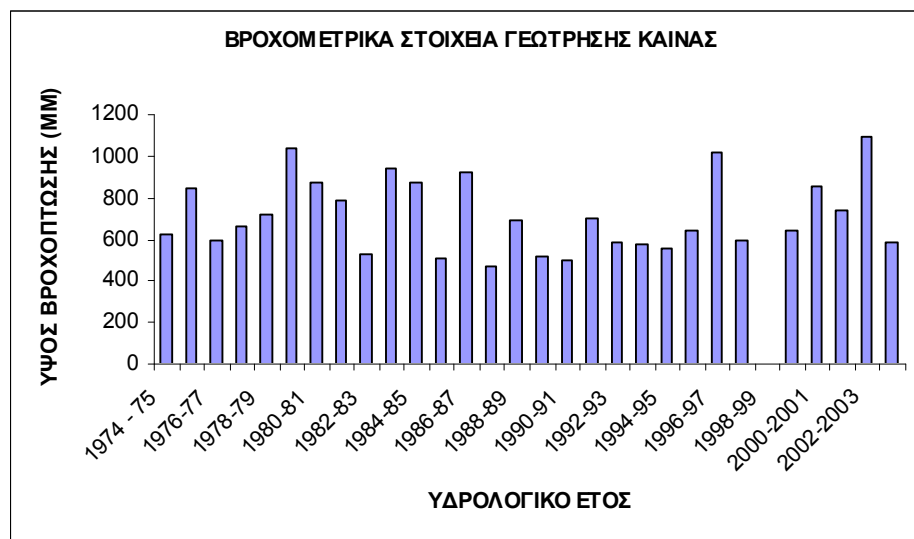
Η έκταση εντός της περιμέτρου του Δήμου Βάμου καλύπτεται επιφανειακά κατά ένα τμήμα της προς ανατολάς από τους έντονα υδροπερατούς ασβεστόλιθους των ενοτήτων των Πλακωδών ασβεστόλιθων και του Τρυπαλίου, οι οποίοι φτάνουν μέχρι τη θάλασσα. Κατά το υπόλοιπο τμήμα καλύπτονται κυρίως από ημιπερατούς κιτρινόλευκους λεπτο – έως παχυστρωματώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι επικάθονται στους παραπάνω παλιούς ασβεστόλιθους.

Τα νερά της βροχής που πέφτουν στους υδροπερατούς ασβεστόλιθους, μετά τις απώλειες από την εξάτμιση, κατεισδύουν ταχύτατα και οδεύουν προς τη θάλασσα. Στην υπόλοιπη έκταση τα νερά της βροχής που πέφτουν στους μαργαϊκούς ημιπερατούς ασβεστόλιθους, κατά ένα μικρό ποσοστό, κατεισδύουν και τροφοδοτούν τους παλαιούς ασβεστόλιθους, ενώ κατά το υπόλοιπο κινούνται ταχύτατα επιφανειακά προς τη βόρεια ακτή, ενώ προς νότο κινούνται προς το χείμαρρο Βρυσιανό.

Πάντως, λόγω των πολλών εκδηλώσεων υπόγειων νερών, τόσο στη βόρεια ακτή όσο και στην ανατολική, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι παλαιοί ασβεστόλιθοι κάτω από τους μαργαϊκούς θα πρέπει να τροφοδοτούνται με νερό, με πλευρική μετάγγιση, από τον κύριο υπόγειο αγωγό Νιο Χωριό – Αρμένιοι – Καλύβες (Σχ. 5.4).<sup>7</sup>

### 5.5.3. Εκμετάλλευση επιφανειακών νερών.

Παρόλη την άφθονη βροχόπτωση και συνεπώς τον μεγάλο αριθμό κυβικών νερού (Σχ. 5.3), στο Δήμο Βάμου δεν γίνεται καμία εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών κατά την ταχύτερη ροή τους προς τη θάλασσα. Η τυχόν αποθήκευση μέρους της ροής των επιφανειακών νερών σε λιμνοδεξαμενές θεωρείται λύση οικονομικά ασύμφορη, όταν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης υπόγειων νερών ή νερών των πηγών.<sup>7</sup>

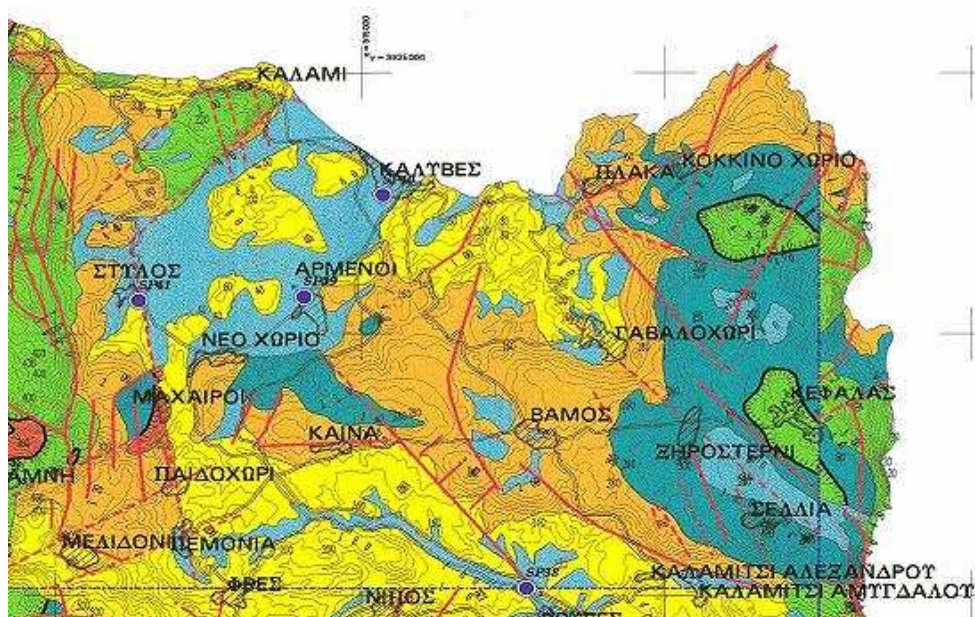


**Σχήμα 5.3 :** Βροχομετρικά στοιχεία της γεώτρησης που δεικνύουν την πιθανή ύπαρξη άφθονων επιφανειακών νερών.<sup>8</sup>

#### 5.5.4. Υφιστάμενη εκμετάλλευση υπόγειων νερών.

Στην περιοχή του Δήμου Βάμου έχει διανοιχθεί ένας αριθμός γεωτρήσεων, από τις οποίες μια μόνο τίθεται σε λειτουργία. Οι γεωτρήσεις αυτές έχουν διατηρήσει αρχικά τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και στη συνέχεια, κατά κανόνα, τους παλαιούς ασβεστόλιθους μεγάλης υδροπερατότητας και στους οποίους αναπτύσσεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας. Η γεώτρηση που βρίσκεται σε εκμετάλλευση είναι η γεώτρηση της Κάινας.

Η γεώτρηση της Κάινας διανοίχτηκε το 1997 και σε ύψος +209μ. Διέτρησε αρχικά τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους μέχρι το βάθος των 60μ. και στη συνέχεια διέτρησε τους παλιούς ασβεστόλιθους μεγάλης υδροπερατότητας μέχρι το βάθος των 280μ. Η στάθμη ηρεμίας είναι σε βάθος 199μ. και σε απόλυτο υψόμετρο +10μ. Η γεώτρηση εκμεταλλεύεται τουλάχιστον για 5 χρόνια και το νερό της χρησιμοποιείται για ύδρευση με ανάμειξή του με αυτό των Αρμένων. Η παροχή άντλησης ανέρχεται σε 70 μ<sup>3</sup>/ώρα, με πτώση στάθμης 1μ., ένδειξη της μεγάλης υδροπερατότητας των παλαιών ασβεστόλιθων.<sup>7</sup>



**Σχήμα 5.4 :** Υδρολογικός χάρτης περιοχής Αποκόρωνα, συμπεριλαμβανομένου και του Δήμου Βάμου.<sup>7</sup>

## 5.6. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ – ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Αρχικά (προ 40ετίας), ο Δήμος Βάμου δεν είχε υδατικούς πόρους για να μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες των πολιτών του. Έτσι, στράφηκαν σε γειτονικό τους δήμο, τον Δήμο Αρμένων ο οποίος ήταν γνωστός για τις μεγάλες πηγές γλυκού νερού. Όλο το δίκτυο εξωτερικών αγωγών μεταφοράς του νερού ήταν από αμιαντοσιμεντοσωλήνες και οι δεξαμενές πολύ μικρής χωρητικότητας. Για το λόγο αυτό, οι αρχικοί αγωγοί και οι δεξαμενές έγιναν ανεπαρκείς για την κάλυψη των σημερινών αναγκών ύδρευσης και πόσο μάλλον των μελλοντικών. Ένας πρόσθετος λόγος που προκαλεί προβλήματα στο δίκτυο είναι η μεγάλη φθορά που έχουν υποστεί οι αμιαντοσιμεντοσωλήνες μετά από τόσα χρόνια με αποτέλεσμα τις διαρροές κατά τη μεταφορά του νερού.

Για την αντιμετώπιση της ανεπαρκούς τροφοδότησης των εσωτερικών δικτύων των οικισμών με νερό και των συνεχών διακοπών στην υδροδότηση λόγω ρωγμών στους αγωγούς, ο Δήμος άρχισε τα τελευταία χρόνια να αντικαθιστά τους παλαιούς αγωγούς από αμιαντοσιμεντοσωλήνες με νέους μεγαλύτερης διαμέτρου από σωλήνες PVC ή πολυαιθένιο. Ακόμα, ο Δήμος διάνοιξε το έτος 1997 τη γεώτρηση Κάινα για να βοηθήσει την τροφοδότηση της περιοχής περισσότερο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες κατά τους οποίους η ζήτηση είναι πολύ αυξημένη λόγω του τουρισμού.

Από τον Απρίλιο του 2004 μέχρι και τον Μάιο του 2005 παρατηρήθηκε ραγδαία αύξηση της αγωγιμότητας του νερού της γεώτρησης που οφείλεται στην υπεράντληση που σημειώθηκε κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης ζήτησης. Η υπεράντληση δημιούργησε πρόβλημα υφαλμύρησης το οποίο αντιμετωπίζεται με ελάχιστη ή ακόμα και με μηδαμινή άντληση υδάτων για ένα σεβαστό διάστημα (π.χ. τους χειμερινούς μήνες) έως ότου επανέλθει η γεώτρηση στα κανονικά της επίπεδα.<sup>7</sup>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ

#### 6.1. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### 6.1.1. Θολότητα :

Θολότητα είναι μια έκφραση της οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και να απορροφά το φως που διέρχεται από αυτό και να μη μεταδίδει το φως σε ευθεία γραμμή. Η μέτρηση της θολερότητας είναι σημαντική γιατί η διαύγεια του νερού επηρεάζει τους υδρόβιους οργανισμούς και τις χρήσεις των νερών. Η θολερότητα στα επιφανειακά νερά προέρχεται από αιωρούμενα σωματίδια, ανόργανης ή οργανικής φύσης. Συσχέτιση της θολερότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος εναιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και σύσταση των στερεών επηρεάζουν τον βαθμό σκέδασης του φωτός.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της θολότητας. Πιο σύγχρονη θεωρείται η νεφελομετρία (την οποία και χρησιμοποιήσαμε), που ενδείκνυται για χαμηλές τιμές θολότητας. Ο προσδιορισμός της θολότητας με τη μέθοδο αυτή γίνεται με όργανα που ονομάζονται νεφελόμετρα ή θολόμετρα. Τα όργανα αυτά αποτελούνται από μια πηγή φωτός, ένα ή δυο φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές (φωτοκύτταρα) και διάταξη ανάγνωσης της έντασης του φωτός που διέρχεται το δείγμα. Ο βαθμός σκέδασης του φωτός από το δείγμα, σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς αντιστοιχεί σε θολότητα, που εκφράζεται σε μονάδες N.T.U (*Nephelometric Turbidity Units*). Ως αιώρημα αναφοράς χρησιμοποιείται πολυμερές της φορμαζίνης ή οξειδίο του πυριτίου.<sup>9</sup>

##### 6.1.2. Χρώμα :

Τα νερά δεν έχουν συνήθως χρώμα. Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρείται ελαφρά κίτρινος ή υποπράσινος χρωματισμός και σπάνια, σκοτεινός ή μαύρος. Ο κίτρινος χρωματισμός οφείλεται κυρίως στις χουμικές ενώσεις και χουμικά οξέα. Όσο μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές περιέχονται τόσο εντονότερα κίτρινα είναι.

Τα πόσιμα νερά πρέπει να είναι διαυγή και να μην έχουν ούτε ίχνος χρώματος, για να μην προκαλούν την αποστροφή των καταναλωτών. Το χρώμα στα φυσικά νερά προκαλεί ζημιές στα ασπρόρουχα με την εναπόθεση έγχρωμων κηλίδων στη διάρκεια της πλύσης, αλλά και σε άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Με την επίδραση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου και του ήλιου, τα έγχρωμα νερά αποχρωματίζονται, ανάλογα ως ένα βαθμό, με την οξειδωση του υποσιδήρου και των οργανικών κolloειδών που καταβυθίζονται.

Στα διαυγή νερά ο αποχρωματισμός φθάνει και υπερβαίνει το ένα μέτρο, ενώ στα θολά η επίδραση των ηλιακών ακτίνων είναι ασήμαντη και για μερικά εκατοστά μόνο. Ο βαθμός του χρώματος στα νερά καθορίζεται με σύγκριση πρότυπων διαλυμάτων κλίμακας λευκόχρυσου – κοβαλτίου και γίνεται από ειδικά χρωματομέτρα.

Το όριο του αποδεκτού χρώματος εξαρτάται από τον τύπο του νερού, που οι καταναλωτές έχουν συνηθίσει. Με την κλίμακα λευκόχρυσου – κοβαλτίου έχει γίνει δεκτό το όριο των 20 βαθμών.<sup>10</sup>

##### 6.1.3. Οσμή :

Τα μη ρυπαινόμενα φυσικά νερά με κανονικές περιεκτικότητες ελεύθερου οξυγόνου είναι άοσμα. Η δυσάρεστη οσμή των νερών οφείλεται βασικά στα ελαιογενή αέρια μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και υδρόθειο (H<sub>2</sub>S). Το μεθάνιο είναι άμεσο προϊόν αποσάθρωσης, διάσπασης και ζύμωσης οργανικών υλών. Το υδρόθειο είναι έμμεσο προϊόν αναγωγής θειικών αλάτων νατρίου και ασβεστίου (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>) από θειοαναγωγικά βακτηρίδια, είτε από την αναγωγή γυψούχων κυρίως αλάτων παρουσία οργανικής ύλης και απουσία οξυγόνου.<sup>10</sup>

##### 6.1.4. Γεύση :

Τα πόσιμα νερά έχουν ευχάριστη γεύση, όταν περιέχουν διαλυμένο ατμοσφαιρικό οξυγόνο περίπου 10 χιλιοστόγραμμα /λίτρο, στη θερμοκρασία των 10° C υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση και διοξείδιο του άνθρακα σε ποσότητα μεγαλύτερη ή ίση των 0.5 χιλιοστόγραμμων /λίτρο (mg/l), υπό τις ίδιες συνθήκες και όταν βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας μεταξύ τους. Η ελάχιστη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που περιέχεται στα φυσικά νερά είναι 0.3 χιλιοστόγραμμα /λίτρο και δεν εκδιώκεται ούτε με έντονο αερισμό, γιατί εξισορροπείται από το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας.

Η γεύση των νερών αποδίδεται βασικά στο σύνολο των διαλυμένων αλάτων, στο είδος των επιμέρους αλάτων, στις μεταξύ τους σχέσεις, στη θερμοκρασία, στην αραίωση, είτε στη συμπύκνωση αλάτων κ.ά. Τα βρόχινα νερά και εκείνα που συντηρούνται σε δεξαμενές ύδρευσης δεν έχουν ευχάριστη γεύση και δεν πίνονται ευχάριστα, γιατί στερούνται διπταθρακικών αλάτων, ασβεστίου και μαγνησίου.<sup>10</sup>

## 6.2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ :

### 6.2.1. Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH) :

Ο όρος pH εκφράζει τη συγκέντρωση υδρογονιόντων που περιέχει ένα δείγμα και ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση υδρογονιόντων που περιέχει ένα διάλυμα ( $-\log[H^+]$ ) ή ως η αρνητική δύναμη στην οποία πρέπει να υψωθεί ο αριθμός 10 για να ληφθεί η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου, εκφρασμένη σε γραμμάρια ή γραμμοίοντα ανά λίτρο διαλύματος.

Το καθαρό νερό είναι ελάχιστα ιονισμένο και σε κατάσταση ισορροπίας η συγκέντρωση υδρογονιόντων και υδροξυλιόντων διέπεται από τη σχέση :

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \quad , \text{ στους } 25^\circ \text{ C}$$

και

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

όπου  $[H^+]$  = συγκέντρωση υδρογονιόντων, σε moles/L  
 $[OH^-]$  = συγκέντρωση υδροξυλιόντων, σε moles/L

Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 έως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε pH = 7,0. Τιμές μικρότερες δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδρογονιόντων) ενώ τιμές μεγαλύτερες αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλιόντων).

Η μέτρηση του pH είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις αφού, σε δεδομένη θερμοκρασία, δείχνει πόσο όξινο ή πόσο αλκαλικό είναι ένα διάλυμα, ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Με το pH δεν μετράται το πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι το δείγμα, όμως τιμές pH μικρότερες του 7 δείχνουν μια τάση του δείγματος προς την οξύτητα και τιμές pH μεγαλύτερες από 7 δείχνουν μια τάση προς την αλκαλικότητα.

Το pH μετράται ηλεκτρομετρικά. Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH γίνεται με χρήση ειδικών οργάνων, τα οποία ονομάζονται πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά είναι συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων με αισθητήριο αποτελούμενο από ηλεκτρόδιο ύαλου συνδεδεμένο με ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν και φορητά πεχάμετρα για επιτόπου προσδιορισμούς καθώς και πεχάμετρα βιομηχανικού τύπου που συνδέονται με δοσομετρικά συστήματα πρόσδοσης οξέων ή βάσεων για τη ρύθμιση του pH.

Προσδιορισμοί στην ύπαιθρο μπορούν να γίνουν και χρωματομετρικά με τη χρησιμοποίηση δεικτών που αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικά pH. Η σύγκριση του δημιουργούμενου χρώματος με πρότυπη χρωματική κλίμακα δίνει την τιμή του pH. Στο εμπόριο κυκλοφορούν και ταινίες χαρτιού εμποτισμένες με δείκτη. Αυτές, ανάλογα με το pH του δείγματος στο οποίο εμβαπτίζονται, αποκτούν ένα ορισμένο χρώμα. Η σύγκριση του χρώματος με πρότυπη κλίμακα δίνει την τιμή του pH. Οι χρωματομετρικές μέθοδοι δεν έχουν την ακρίβεια του ηλεκτρομετρικού προσδιορισμού και δεν προβλέπονται από τις πρότυπες μεθόδους του ΕΛΟΤ, της Αμερικανικής Υπηρεσίας Δημόσιας Υγείας κλπ., είναι όμως εύχρηστες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη προσέγγιση της τιμής του pH, όταν δεν είναι ευχερής ο προσδιορισμός ηλεκτρομετρικά.



Σύμφωνα με τον ηλεκτρομετρικό προσδιορισμό, η μέτρηση του pH στα δείγματα θα πρέπει να γίνεται, κατά προτίμηση, αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, η μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατόν από τη στιγμή της δειγματοληψίας. Τα δοχεία δειγματοληψίας γεμίζονται ως πάνω και διατηρούνται σφραγισμένα μέχρι τη στιγμή του προσδιορισμού.

Η θερμοκρασία επηρεάζει την τιμή του pH, γι' αυτό πρέπει να αναφέρεται πάντα, μαζί με την τιμή του pH και η θερμοκρασία του δείγματος τη στιγμή της μέτρησης. Επειδή η ακρίβεια του οργάνου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του δείγματος τα πεχάμετρα σκόπιο είναι να διαθέτουν αντισταθμική διάταξη θερμοκρασίας. Αλλιώς το όργανο θα πρέπει να ρυθμίζεται στη θερμοκρασία του δείγματος.<sup>9</sup>

### 6.2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα :

Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα που δείχνει το ποσό των ιόντων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση.

Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το μmhos/cm ή mS/m (1 mS/m=10 μmhos/cm).

Στα πόσιμα νερά, η αγωγιμότητα κυμαίνεται από 5 – 150 mS/m ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα φθάνει πάνω από 1000 mS/m.

Με την ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού που βρίσκεται μεταξύ δυο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας (ή καλυμμένων με μαύρο πλατίνας). Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των αγώγιμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα που ονομάζονται αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετράνε την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως, αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν την τιμή της αγωγιμότητας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με ρυθμό περίπου 1.9 % / °C. Σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις προέρχονται συνήθως από τη διαφορετική θερμοκρασία μέτρησης, γι' αυτό, η μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία η οποία και να αναγράφεται δίπλα στο αποτέλεσμα της μέτρησης.<sup>9</sup>

### 6.2.3. Σκληρότητα :

Η σκληρότητα του νερού είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στη παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα. Η σκληρότητα μπορεί να προέλθει και από άλλα κατιόντα, συνήθως όμως, η συμμετοχή τους στη σκληρότητα είναι μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.

Όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα τη διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και της μη ανθρακικής σκληρότητας.

Η σκληρότητα εκφράζεται σε διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μονάδες είναι : mg/L CaCO<sub>3</sub>, mmole/L και meq/L αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί. Οι σχέσεις αντιστοιχίας των μονάδων μέτρησης της σκληρότητας μεταξύ τους, προκύπτουν από τον παρακάτω πίνακα (Πιν. 4).

**Πίνακας 4 :** Συντελεστές αντιστοιχίας των διαφόρων μονάδων μέτρησης της σκληρότητας

	Αλκαλικά ιόντα	Αλκαλικά ιόντα	Γερμανικός βαθμός	CaCO <sub>3</sub>	Βρετανικός βαθμός	Γαλλικός βαθμός
	mmole/L	meq/L	D	mg/L		
1 mmole αλκαλικών ιόντων	1,00	2,00	5,60	100,00	7,02	10,00
1 meq/L αλκαλικών ιόντων	0,50	1,00	2,80	50,00	3,51	5,00
1 Γερμαν. Βαθμός	0,18	0,357	1,00	17,80	1,25	1,78
1 mg/L CaCO <sub>3</sub>	0,01	0,020	0,058	1,00	0,0702	0,10
1 Βρεταν. Βαθμός	0,14	0,285	0,798	14,30	1,00	1,43
1 Γαλλικός βαθμός	0,10	0,200	0,560	10,00	0,702	1,00

Η σκληρότητα του νερού παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, από μηδενική τιμή έως αρκετές εκατοντάδες mg/L CaCO<sub>3</sub>, ανάλογα με την προέλευση και επεξεργασία που έχει υποστεί. Η σκληρότητα των φυσικών νερών οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας, λόγω της ασβεστολιθικής σύστασης πολλών περιοχών, πολλά νερά παρουσιάζουν υψηλή σκληρότητα.<sup>9</sup>

#### 6.2.4. Ολικά στερεά :

Ο όρος «στερεά» ή «στερεό υπόλειμμα» αναφέρεται στην περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια. Η παρουσία στερεών στο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Στο πόσιμο νερό, αλλοιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (θολερότητα, γεύση), ενώ νερά με υψηλή συγκέντρωση στερεών είναι ακατάλληλα για βιομηχανική χρήση, κολύμβηση κτλ.

Η μέτρηση του ολικού στερεού υπολείμματος ή των ολικών στερεών γίνεται με εξάτμιση ορισμένης ποσότητας δείγματος, σε κάψα πορσελάνης, στους 103 – 105 °C ή στους 180 °C. Η διαφορά του απόβαρου της κάψας από το μικτό βάρος της κάψας και του στερεού υπολείμματος, μας δίνουν το βάρος του στερεού υπολείμματος.

Στα ολικά στερεά περιλαμβάνονται τα εναιωρούμενα και τα διαλυμένα στερεά, που περιέχονται στο δείγμα.

Η κάψα πυρώνεται κενή στους 550 ± 50 °C για μια ώρα. Αφήνεται να κρυώσει μέσα σε ξηραντήρα, ζυγίζεται με προσέγγιση 0,1 mg και φυλάγεται στον ξηραντήρα έως ότου χρησιμοποιηθεί.

Ορισμένη ποσότητα δείγματος μεταφέρεται στην προζυγισμένη κάψα και εξατμίζεται σε υδατόλουτρο ή αποξηραντικό κλίβανο μέχρις ότου η κάψα στεγνώσει.

Η επιλογή της ποσότητας του δείγματος εξαρτάται από τη περιεκτικότητα του δείγματος σε στερεά. Το βάρος του στερεού υπολείμματος στη κάψα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 – 250mg.

Στη συνέχεια, το στερεό υπόλειμμα ξηραίνεται, για μια ώρα ακόμα, στους 103 – 105 °C. Η κάψα αφήνεται να κρυώσει στον ξηραντήρα και ζυγίζεται με προσέγγιση 0,1mg.<sup>9</sup>

Τα ολικά στερεά υπολογίζονται από τη σχέση :

$$\text{Ολικά στερεά, mg/L} = [(A - B) \times 1000] / \text{ml δείγματος}$$

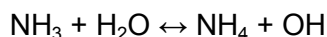
Όπου, A : το βάρος της κάψας + βάρος υπολείμματος

B : το βάρος της κάψας

### 6.3. ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ :

#### 6.3.1. Αμμωνία :

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να βρίσκεται υπό την μορφή αμμωνιακών ιόντων ή ελεύθερης αμμωνίας, ανάλογα με το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας :



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

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου στο πόσιμο νερό είναι 0,5 mg/L, ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο στα γλυκά νερά για την διαβίωση των ειδών της οικογένειας των Σαλμονίδων και Κυπρινίδων είναι 0,025 mg/L. Στα απόβλητα που εκβάλλουν στα επιφανειακά νερά, η τιμή της ολικής αμμωνίας δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 15 mg/L.

Ο προσδιορισμός της αμμωνίας μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από την συγκέντρωση της αμμωνίας, το είδος του εξεταζόμενου δείγματος, τις τυχόν παρεμποδιστικές ουσίες και την απαιτούμενη ακρίβεια.<sup>9</sup>

#### 6.3.2. Άζωτο (νιτρικά ιόντα) :

Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν το τελικό στάδιο της οξειδωσης των αζωτούχων ενώσεων. Στα επιφανειακά και υπόγεια νερά οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι συνήθως μικρές. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά είναι δείκτης ρύπανσης των υδάτων από λιπάσματα ή λύματα και απόβλητα.

Η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L, στα απόβλητα που διαθέτονται στα ρέματα 4 mg/L και στη θάλασσα 20 mg/L.<sup>9</sup>

#### 6.3.3. Φώσφορος :

Στα επιφανειακά νερά και απόβλητα μπορούμε να συναντήσουμε τον φώσφορο σε πολλές μορφές, κυρίως ως ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά ιόντα, ως οργανικό φώσφορο δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις.

Η παρουσία του φωσφόρου στα επιφανειακά νερά οφείλεται σε πολλές πηγές, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Πολλά από τα χρησιμοποιούμενα απορρυπαντικά, οικιακής ή βιομηχανικής χρήσης, περιέχουν πολυφωσφορικά ιόντα για την αποσκλήρυνση του νερού. Έτσι λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρημένα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και σαν συνέπεια προκύπτει οι εκπλύσεις των εδαφών να περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου. Ο οργανικός φώσφορος δημιουργείται κυρίως από βιολογικές διαδικασίες. Οργανικός φώσφορος περιέχεται στα περιττώματα και υπολείμματα τροφών και συνεπώς στα λύματα. Φώσφορος υπάρχει ακόμα στα ιζήματα των λιμνών, λιμνοθαλασσών και κλειστών θαλάσσιων κόλπων και στη βιολογική ιλύ υπό την μορφή ανόργανων αλάτων ή δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψη του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής σε μια υδατική μάζα.<sup>9</sup>

#### 6.3.4. Διαλυμένο οξυγόνο :

Η συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κλιματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.ά. Από τους παράγοντες αυτούς, εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο την διαλυτότητα του οξυγόνου στο

νερό είναι η θερμοκρασία (όταν αυξάνεται η θερμοκρασία μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντίστροφα), η αλατότητα (όταν αυξάνεται η αλατότητα μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντίστροφα) και η πίεση (όταν αυξάνεται η πίεση μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντίστροφα). Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι συγκεκριμένη και εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες, μπορεί να βρεθεί ή να υπολογιστεί από πίνακες. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση των επιφανειακών υδάτων. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν μειώσουν την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο (σε σχέση με την τιμή κορεσμού), όπως οι οργανικές ουσίες από λύματα ή απόβλητα που για την αποσύνθεσή τους (από αερόβιους μικροοργανισμούς) απαιτούν την κατανάλωση οξυγόνου. Αντίθετα, πρόσδοση οξυγόνου στο νερό γίνεται από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς, όπως είναι τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά. Πολλές φορές μάλιστα, σε συνθήκες ευτροφισμού, παρατηρείται το φαινόμενο, την ημέρα να υπάρχει υπερκορεσμός σε οξυγόνο ενώ τη νύχτα και ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες να παρατηρείται σημαντική μείωση του οξυγόνου (σε σχέση με την τιμή κορεσμού) που σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το επίπεδο της ανοξίας. Το φαινόμενο αυτό συναντάται ιδιαίτερα σε λίμνες και κλειστούς κόλπους.

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

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, τα πόσιμα νερά πρέπει να έχουν διαλυμένο οξυγόνο με τιμή 75% τουλάχιστον της τιμής κορεσμού, στα νερά κολύμβησης το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι 80 – 120% της τιμής κορεσμού, ενώ στα γλυκά νερά, στα οποία διαβιούν πέστροφες και άλλα είδη της οικογένειας των σαλμονιδών, το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι στο 50% των εξετασθέντων δειγμάτων μεγαλύτερο από 9 και στο 100% των δειγμάτων μεγαλύτερο από 6.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου στα επιφανειακά νερά και απόβλητα. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από το είδος του δείγματος που πρόκειται να εξεταστεί και την επιθυμητή ακρίβεια. Δυο είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου στα φυσικά νερά και απόβλητα. Η ιωδιομετρική μέθοδος και η ηλεκτροχημική μέθοδος, με τη χρήση ηλεκτροδίων την οποία και χρησιμοποιήσαμε στην συγκεκριμένη εργασία.

Η ιωδιομετρική μέθοδος βασίζεται στη χημική δέσμευση του οξυγόνου και τον προσδιορισμό του με ογκομέτρηση.

Η ηλεκτροχημική μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση του ρυθμού διάχυσης του μοριακού οξυγόνου διαμέσου μεμβράνης. Η μέτρηση γίνεται με τη χρήση κατάλληλου ηλεκτροδίου, συνδεδεμένου με συσκευή που μετατρέπει τα προσλαμβανόμενα ηλεκτροχημικά σήματα σε αριθμητική ένδειξη. Το όργανο μέτρησης του οξυγόνου (το ηλεκτρόδιο και η ηλεκτρική συσκευή) είναι γνωστό ως οξυγονόμετρο.

Ο προσδιορισμός του διαλυμένου οξυγόνου με την ηλεκτροχημική μέθοδο γίνεται με τη χρήση ενός ευαίσθητου στοιχείου, με το οποίο μετράται η μερική πίεση του οξυγόνου στο νερό. Το στοιχείο μέτρησης του οξυγόνου είναι ένα ηλεκτρόδιο με δυο μεταλλικούς πόλους. Η άνοδος είναι συνήθως μια σπείρα από άργυρο και η κάθοδος ένας δακτύλιος από χρυσό, στη βάση του ηλεκτροδίου. Το εσωτερικό του ηλεκτροδίου περιέχει ηλεκτρολύτη χλωριούχου καλίου σε μορφή ζελέ ή υπέρκορου διαλύματος. Το κάτω μέρος του ηλεκτροδίου καλύπτεται από μια λεπτή μεμβράνη (συνήθως από Teflon), εκλεκτικής διαπερατότητας. Η μεμβράνη είναι αδιαπέρατη στο νερό και τα διαλυμένα στερεά συστατικά του νερού και περατή στο οξυγόνο και ορισμένα άλλα αέρια που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό. Το ηλεκτρόδιο βρίσκεται συνδεδεμένο με εξωτερική πηγή τάσης (πολαρογραφικό στοιχείο) ή γαλβανόμετρο.

Το στοιχείο βυθίζεται στο νερό που πρόκειται να αναλυθεί. Κάτω από την επίδραση της διαφοράς δυναμικού που παράγεται από το πολαρογραφικό ή γαλβανικό στοιχείο, το οξυγόνο που περιέχεται στο δείγμα διέρχεται από τη μεμβράνη του ηλεκτροδίου και ανάγεται στη κάθοδο ενώ τα υδροξυλιόντα αντιδρούν με τα μεταλλικά ιόντα στην επιφάνεια της ανόδου. Το ρεύμα διάχυσης που δημιουργείται είναι γραμμικά ανάλογο με τη μερική πίεση του οξυγόνου του δείγματος, σε ορισμένη θερμοκρασία.

Το ρεύμα διάχυσης που παράγεται ενισχύεται κατάλληλα και μετατρέπεται απευθείας σε ένδειξη της συγκέντρωσης οξυγόνου πάνω σε βαθμολογημένη κλίμακα του οργάνου.

Οι μεμβράνες παρουσιάζουν μεγάλη μεταβολή στη διαπερατότητα σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, γι' αυτό είναι απαραίτητη η διόρθωση της τιμής του οξυγόνου με υπολογισμό ή με τη ρύθμιση της συσκευής ή με την ενσωμάτωση θερμοευαίσθητων στοιχείων μέσα στο κύκλωμα των ηλεκτροδίων.<sup>9</sup>

### 6.3.5. Χλώριο :

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

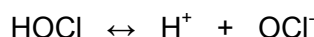
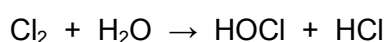
Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, αυξάνουν το ρυθμό διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών και έχουν βλαβερές συνέπειες στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των χλωριόντων. Η μέθοδος νιτρικού αργύρου είναι η παλαιότερη και συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος, κατάλληλη για σχετικά καθαρά νερά με συγκέντρωση χλωριόντων από 1,5 έως 100 mg/L. Πρόκειται για ογκομετρική μέθοδο που στηρίζεται στη δέσμευση των χλωριόντων υπό τη μορφή AgCl<sub>2</sub>, παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου κατά την ογκομέτρηση ορισμένης ποσότητας δείγματος με διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO<sub>3</sub>).

### 6.3.6. Υπολειμματικό χλώριο :

Η συνηθέστερη μέθοδος για την απολύμανση των πόσιμων υδάτων, λυμάτων και αποβλήτων είναι η χλωρίωση. Η χλωρίωση των υδάτων μπορεί να γίνει με χρήση καθαρού χλωρίου, σε αέρια μορφή ή με ενώσεις του χλωρίου, όπως το υποχλωριώδες νάτριο και υποχλωριώδες ασβέστιο, σε μορφή σκόνης ή διαλύματος.

Κατά τη διάλυση του χλωρίου στα νερά, σχηματίζεται υποχλωριώδες οξύ και υδροχλωρικό οξύ. Το υποχλωριώδες οξύ διίσταται σε υδρογονιόντα και υποχλωριώδη ιόντα, σύμφωνα με τη σχέση :



Η πιο δραστική ένωση του χλωρίου είναι το υποχλωριώδες οξύ. Η μικροβιοκτόνος δράση του υποχλωριώδους οξέως οφείλεται στην ευκολία με την οποία προσεγγίζει τους μικροοργανισμούς που έχουν συνήθως αρνητικά φορτία, καθώς και στην προσβολή των ενζύμων των μικροοργανισμών και παρεμπόδιση του μεταβολισμού τους.

Αν το δείγμα περιέχει αμμωνία, τότε το υποχλωριώδες οξύ αντιδρά με την αμμωνία και σχηματίζει μονοχλωραμίνες, διχλωραμίνες ή τριχλωραμίνες, ανάλογα με τις ποσότητες χλωρίου και αμμωνίας που εμπιριέχονται στο δείγμα.

Τα ιόντα Cl<sup>-</sup>, ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> αποτελούν το ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο ενώ οι χλωραμίνες αποτελούν το δεσμευμένο υπολειμματικό χλώριο.

Για να διαπιστωθεί αν έχει γίνει επαρκής χλωρίωση στο πόσιμο νερό ή τα επεξεργασμένα λύματα προσδιορίζεται το υπολειμματικό χλώριο. Η τιμή του υπολειμματικού χλωρίου, ανάλογα με την κατηγορία του νερού, πρέπει να βρίσκεται σε κάποια όρια. Στο πόσιμο νερό και τα επεξεργασμένα λύματα και απόβλητα η συγκέντρωση του ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου πρέπει να είναι 0,5mg/L.

Στην Ελλάδα, χλωρίωση γίνεται στο πόσιμο νερό όλων των μεγάλων πόλεων καθώς και στα λύματα που υφίστανται βιολογική επεξεργασία και διατίθενται στη συνέχεια σε επιφανειακού αποδέκτες.

Οι συζητήσεις σχετικά με την αντικατάσταση του χλωρίου ως μέσου απολύμανσης του πόσιμου νερού με άλλα απολυμαντικά μέσα (U.V, O<sub>3</sub>) οφείλεται στο γεγονός ότι οι χλωραμίνες είναι καρκινογόνες ουσίες. Η πιθανότητα να δημιουργηθούν χλωραμίνες υπάρχει συνήθως, σε επιφανειακά ύδατα που χρησιμοποιούνται και για την αποχέτευση αποβλήτων ή στραγγισμάτων από καλλιεργούμενες περιοχές.

Το υπολειμματικό χλώριο είναι ασταθές στα υδατικά διαλύματα, ιδιαίτερα όταν βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις γι' αυτό και ο προσδιορισμός του πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Ιδιαίτερα, πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση του δείγματος σε δυνατό φως και η έντονη ανάδυσή του. Συντήρηση δείγματος δεν είναι δυνατή. Οι δυσκολίες αξιόπιστου προσδιορισμού του υπολειμματικού χλωρίου στα σημεία δειγματοληψίας μπορούν να υποκατασταθούν με εύχρηστες δοκιμασίες (kit – test), οι οποίες όμως δεν αποτελούν πρότυπη μέθοδο αν και οι αρχές λειτουργίας τους, στις περισσότερες περιπτώσεις, αναφέρονται στις πρότυπες μεθόδους και έχουν γίνει αποδεκτές από διάφορους Εθνικούς και Διεθνείς Οργανισμούς ελέγχου υδάτων και αποβλήτων. Η εκτέλεση των δοκιμασιών περιγράφεται στις οδηγίες του κατασκευαστή.

Στη χώρα μας, ο προσδιορισμός του υπολειμματικού χλωρίου στα πόσιμα νερά, λύματα και απόβλητα, παλαιότερα αντιμετωπιζόνταν με τη δοκιμασία της ορθοτολουδίνης, που σήμερα έχει καταργηθεί λόγω της τοξικότητας της ουσίας αυτής. Σήμερα, η νομοθεσία μας προδιαγράφει, για τη μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου στα πόσιμα νερά, την ογκομέτρηση και τη φασματοφωτομετρία.<sup>9</sup>

#### 6.3.7. Θειικά ιόντα :

Η παρουσία των θειικών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μπορεί να προέρχεται από την γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό ή από ορισμένες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.

Ο έλεγχος των θειικών ιόντων στο νερό έχει μεγάλη σημασία γιατί έχει βρεθεί ότι τα θειικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν καθαρτική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, γι' αυτό και το ανώτερο επιτρεπτό όριο θειικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 250mg/L.<sup>9</sup>

#### 6.4. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ :

##### 6.4.1. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) :

Ο προσδιορισμός του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου είναι μια εμπειρική δοκιμασία που εκτελείται στο εργαστήριο κάτω από ορισμένες συνθήκες και χρησιμοποιείται ως μέτρο εκτίμησης του ρυπαντικού φορτίου που διαθέτουν τα λύματα, τα απόβλητα και τα ρυπασμένα ύδατα. Κατά τη δοκιμασία αυτή μετράται η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνουν τα αερόβια μεσόφιλα βακτήρια για την αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών που περιέχει το εξεταζόμενο δείγμα (ανθρακούχα απαίτηση) και η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξειδωση ανόργανων ουσιών 'όπως τα θειούχα, ο σίδηρος κλπ. Με την ίδια διαδικασία μετράται ακόμα, η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξειδωση ανοιγμένων μορφών αζώτου (αζωτούχα απαίτηση) που ενδεχομένως περιέχει το δείγμα.

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

Ιστορικά, το πρώτο πρόβλημα ρύπανσης που αντιμετωπίστηκε σε πολλές χώρες προερχόταν από τα αστικά λύματα. Γι' αυτό και οι πρώτες τεχνικές προσδιορισμού της απαίτησης οξυγόνου αφορούσαν τα αστικά λύματα και βασίζονταν στην επώαση δείγματος λυμάτων με ιθαγενή πληθυσμό μικροοργανισμών, για αρκετές ημέρες σε ειδικές μανομετρικές συσκευές, τα BODμετρα. Σήμερα η μέτρηση του Βιοχημικά Απαιτούμενου

Οξυγόνου έχει καθιερωθεί να γίνεται σε πέντε ημέρες ενώ έχει αλλάξει η αρχική μέθοδος προσδιορισμού με άλλες ακριβέστερες.

Ως Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο μπορεί να οριστεί η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, σε διάστημα πέντε ημερών, για τη χημική και βιολογική οξειδωση των οργανικών κυρίως ουσιών που περιέχει ορισμένος όγκος δείγματος ακάθαρτων νερών, που επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 20°C.

Το BOD εκφράζεται σε mg/L και συμβολίζεται ως BOD<sub>5</sub>, όταν ο χρόνος επώασης του δείγματος είναι πέντε ημέρες.

Ορισμένη ποσότητα δείγματος αραιώνεται με νερό, κορεσμένο σε οξυγόνο και επωάζεται για πέντε ημέρες σε σκοτεινό θάλαμο σε θερμοκρασία 20 ± 1°C. Μετράται η συγκέντρωση του οξυγόνου αρχικά και μετά την περάτωση της επώασης. Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο υπολογίζεται με αναγωγή της διαφοράς μεταξύ του αρχικού και του τελικού διαλυμένου οξυγόνου στον συντελεστή αραιώσεως του δείγματος με νερό. Επειδή η βακτηριακή ανάπτυξη απαιτεί και άλλα στοιχεία – εκτός από τον άνθρακα - , όπως άζωτο, φώσφορο, ιχνοστοιχεία κλπ, το νερό αραιώσεως εμπλουτίζεται με διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη των βακτηρίων. Στο νερό αραιώσεως γίνεται και προσθήκη ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικών προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το pH του επωαζόμενου δείγματος θα παραμείνει σε επιθυμητά, για τη βακτηριακή ανάπτυξη, επίπεδα.

Το BOD μετράται με τρεις μεθόδους :

- Μανομετρικά, με ειδική συσκευή
- Ηλεκτροχημικά, με οξυγονόμετρο
- Χημικά, με την ιωδομετρική μέθοδο

Εμείς, χρησιμοποιήσαμε την μανομετρική μέθοδο. Η μέτρηση του BOD με μανομετρική συσκευή είναι η παλαιότερη ιστορικά μέθοδος μέτρησης του BOD. Σε σχέση με τις άλλες μεθόδους έχει τη μικρότερη ακρίβεια, είναι όμως, η μόνη πρακτικά, με την οποία μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής k που εκφράζει το πόσο γρήγορα καταναλώθηκαν οι οργανικές ουσίες από τους μικροοργανισμούς που εμπιέρονται στο δείγμα. Η μέτρηση του BOD με μανόμετρο δίνει απευθείας σε mg/L την τιμή του BOD (σε δείγμα που δεν έχει αραιωθεί) ενώ είναι δυνατή η παρακολούθηση της αύξησης της τιμής του καθ' όλη τη διάρκεια της επώασης, την βαθμολογημένη κλίμακα που διαθέτει το όργανο.

Δείγματα που συλλέγονται για μέτρηση του BOD μπορεί να αλλοιωθούν σημαντικά κατά τη διάρκεια του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ της δειγματοληψίας και της ανάλυσης, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μικρότερες τιμές BOD. Για να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα αλλοίωσης του δείγματος κατά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο, τα δείγματα πρέπει να τοποθετούνται αμέσως για επώαση. Εναλλακτικά, αν αυτό δεν είναι δυνατόν, τα δείγματα ψύχονται σε θερμοκρασία 4°C και μεταφέρονται υπό ψύξη στο εργαστήριο. Αμέσως μόλις τα δείγματα φτάσουν στο εργαστήριο, προετοιμάζονται για επώαση. Γενικά, ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την επώαση – ακόμα και αν τα δείγματα βρίσκονται υπό ψύξη – πρέπει να είναι ο μικρότερος δυνατός. Ο μέγιστος χρόνος είναι 6 ώρες. Σε καμία περίπτωση ο χρόνος ανάλυσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24 ώρες.

Δείγματα που έχουν διατηρηθεί υπό ψύξη πρέπει να αφήνονται να αποκτήσουν θερμοκρασία των 20°C πριν την ανάλυση.

Αν η ανάλυση του δείγματος ξεκινήσει 2 ώρες από τη στιγμή της δειγματοληψίας, τότε δεν χρειάζεται ψύξη.<sup>9</sup>

#### 6.4.2. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) :

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

Σε ορισμένα δείγματα το COD μπορεί να συσχετιστεί – εμπειρικά – με το BOD, τον Οργανικό Άνθρακα (TOC, TOD) ή το περιεχόμενο σε οργανικές ουσίες. Ο βαθμός συσχέτισης του COD με το θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο, για τη πλήρη οξειδωση των οργανικών ενώσεων του δείγματος, εξαρτάται από τη δυνατότητα πλήρους οξειδωσης των ουσιών που περιέχονται σ' αυτό. Πολλές οργανικές ενώσεις οξειδώνονται σε ποσοστό 90 –



100% και σε νερά που περιέχουν κυρίως τέτοιες ενώσεις, όπως τα αστικά λύματα, η τιμή του COD είναι ένα αρκετά καλό μέτρο του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου. Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες από ουσίες που οξειδώνονται δύσκολα στις συνθήκες του προσδιορισμού, η τιμή του COD δεν είναι αντιπροσωπευτική του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου. Η περίπτωση αυτή μπορεί να παρατηρηθεί σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη τιμή του COD, όπως η οξείδωση ανόργανων συστατικών, κυρίως των χλωριόντων, των νιτρωδών, του δισθενούς σιδήρου και των θειούχων. Επομένως, η σημασία της τιμής του COD εξαρτάται από τη σύσταση του νερού που εξετάζεται. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν αξιολογούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη μέθοδο αυτή.

Ο προσδιορισμός του COD μπορεί να γίνει με μακρο – μέθοδο και μικρο – μέθοδο. Η μάκρο – μέθοδος, η οποία εκτελείται σε συσκευή ανοικτού σωλήνα (σφαιρική φιάλη συνδεμένη με κάθετο ψυκτήρα), είναι κατάλληλη για εφαρμογή σε πολλές κατηγορίες αποβλήτων όπου προτιμάται η χρήση μεγάλου όγκου δείγματος. Η μικρο – μέθοδος, η οποία εκτελείται σε κλειστό σωλήνα, είναι πιο οικονομική από τη μακρο – μέθοδο (απαιτεί μικρότερες ποσότητες αντιδραστηρίων), προϋποθέτει όμως την ομογενοποίηση των δειγμάτων που περιέχουν αιωρούμενα στερεά. Αν ακολουθηθεί η μικρο – μέθοδος, ο προσδιορισμός της περιόσεως των διχρωμικών μπορεί να γίνει είτε με ογκομέτρηση είτε με φωτομέτρηση. Στο εμπόριο κυκλοφορούν ειδικές συσκευές (CODmeter) που αποτελούνται από θερμαντικά σώματα, με ενσωματωμένες υποδοχές για την τοποθέτηση των σωλήνων και ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας στους 150°C. Οι συσκευές αυτές μπορούν να συνδυαστούν με φωτόμετρο φίλτρων για την απευθείας μέτρηση της περιόσεως των διχρωμικών. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σωλήνες που περιέχουν τα αντιδραστήρια στη σωστή αναλογία.<sup>9</sup>

#### 6.4.3. Ολικός οργανικός άνθρακας :

Ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα (T.O.C) είναι μια γρήγορη και άμεση μέθοδος μέτρησης της οργανικής ύλης στα απόβλητα. Εφαρμόζεται σε απόβλητα με μικρή συγκέντρωση οργανικών ή όταν ο προσδιορισμός των οργανικών με άλλη μέθοδο δεν είναι ακριβής. Από ορισμένους ερευνητές θεωρείται μάλιστα σαν πιο ακριβής μέθοδος για τον προσδιορισμό του ρυπαντικού φορτίου από τις μετρήσεις BOD ή COD.

Σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD και του COD, η μέτρηση του TOC είναι ανεξάρτητη από το βαθμό οξείδωσης της οργανικής ύλης και δεν μετρώνται ως οργανική ύλη άλλα στοιχεία δεσμευμένα στα οργανικά μόρια, όπως το άζωτο και το υδρογόνο, ή ανόργανα στοιχεία τα οποία συνεισφέρουν στην απαίτηση οξυγόνου που μετράται με το BOD και το COD. Όμως, η μέτρηση του TOC δεν αντικαθιστά τις μετρήσεις του BOD και COD λόγω των διαφορετικών ενδείξεων που δίνουν οι προσδιορισμοί αυτοί.

Ο προσδιορισμός της ποσότητας του οργανικά δεσμευμένου άνθρακα βασίζεται στην απλοποίηση των οργανικών μορίων και τη μετατροπή τους σε διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί στη συνέχεια να μετρηθεί ποσοτικά.

Υπάρχουν 3 μέθοδοι για τον προσδιορισμό του TOC. Η πρώτη μέθοδος είναι η μέθοδος καύσης / υπερύθρων που βασίζεται στη καύση της οργανικής ύλης και στη μέτρηση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα από αναλυτή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για δείγματα με συγκέντρωση TOC > 1 mg/L και μπορεί να εφαρμοστεί σε πόσιμα νερά και απόβλητα. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να μετρηθούν συγκεντρώσεις ως 150mg/L. Η μέτρηση δεν επηρεάζεται από τη παρουσία στο δείγμα αλάτων, οξέων ή βάσεων.

Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην οξείδωση, με υπερθειικό, της οργανικής ύλης, παρουσία υπερίωδων ακτίνων. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται μπορεί να μετρηθεί με φλογιοϊοντικό ανιχνευτή (flame ionization detector) ή να ογκομετρηθεί χημικά. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για τον προσδιορισμό ιχνών οργανικού άνθρακα στο νερό και έχει πολλές εφαρμογές στις βιομηχανίες φαρμάκων, παραγωγής ηλεκτρονικού υλικού και στις βιομηχανίες που διαθέτουν μονάδες παραγωγής ατμού.

Η τρίτη μέθοδος είναι η μέθοδος υγρής οξείδωσης του δείγματος. Το δείγμα οξυνίζεται, απομακρύνεται ο ανόργανος άνθρακας και οξειδώνεται με υπερθειικό σε αυτόκαυστο, σε θερμοκρασία 116 – 130°C. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται,

μετράται φασματοφωτομετρικά με υπέρυθη ακτινοβολία. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για προσδιορισμό δειγμάτων, με συγκέντρωση TOC τουλάχιστον 0,1mg/L και έχει εφαρμογή σε δείγματα υδάτων, αποβλήτων καθώς και σε δείγματα νερού που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών και χλωριούχου νατρίου.<sup>9</sup>

#### 6.4.4. Απορρυπαντικά :

Τα τελευταία χρόνια, με τη μεγάλη διάδοση των απορρυπαντικών και τη γενικευμένη χρήση τους ως μέσων οικιακού καθαρισμού, η παρουσία των απορρυπαντικών στα επιφανειακά νερά όπου καταλήγουν τα αστικά λύματα, είναι έντονα αισθητή αφού η παρουσία τους γίνεται ορατή και μακροσκοπικά από τον σχηματισμό αφρού και γαλακτώματος στην επιφάνεια της θάλασσας ή των λιμνών.

Τα απορρυπαντικά είναι συνθετικές επιφανειοδραστικές ουσίες που περιέχουν στο ίδιο μόριο μια υδρόφοβη και μια υδρόφιλη ομάδα. Μόρια με τέτοια δομή έχουν την ιδιότητα να υπεισέρχονται στην διεπιφάνεια του νερού και ενός άλλου μέσου, π.χ. αέρα, λάδι, πετρέλαιο, σωματίδια και να διαχωρίζουν τη μια φάση από την άλλη, προκαλώντας αφρισμό, γαλακτώματα ή συσσωματώματα. Η υδρόφοβη ομάδα των απορρυπαντικών αποτελείται από έναν υδρογονάνθρακα με 10 έως 20 άτομα άνθρακα. Οι υδρόφιλες ομάδες είναι δύο τύπων, αυτές που ιονίζουν το νερό και αυτές που δεν το ιονίζουν. Τα απορρυπαντικά που ιονίζουν το νερό μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες, τα ανιονικά και τα κατιονικά. Τα μη ιονιζόμενα απορρυπαντικά ως συνήθως περιέχουν πολυοξυαιθυλενικές υδρόφιλες ομάδες.

Οι επιπτώσεις που προκαλούν τα απορρυπαντικά στο φυσικό περιβάλλον, εκτός από τα προβλήματα αφρισμού και γαλακτωμάτων που δημιουργούν, είναι ο μεγάλος χρόνος διάσπασής τους και η συμβολή τους στη δημιουργία ευτροφικών συνθηκών σε κλειστά συστήματα επιφανειακών υδάτων, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε πολυφωσφορικά άλατα που προστίθενται στα απορρυπαντικά για αποσκλήρυνση του νερού. Το πρόβλημα ήταν ιδιαίτερα σοβαρό παλαιότερα που χρησιμοποιούνταν απορρυπαντικά τύπου A.B.S ( αλκυλοβενζο-σουλφονικά άλατα) που δομικά περιέχουν ομάδες αλκυλίων διακλαδισμένης διάταξης, δύσκολα βιοδιασπάσιμες. Η αλλαγή της σύνθεσης των απορρυπαντικών, από τα μέσα του 1965 και η παραγωγή περισσότερων βιοδιασπάσιμων απορρυπαντικών, τύπου L.A.S ( ευθείας αλύσου σουλφονικά άλατα), μείωσε σημαντικά τα περιστατικά αφρισμού, δεν εξάλειψε όμως τα προβλήματα ευτροφισμού από τη παρουσία πολυφωσφορικών αλάτων.

Τα περισσότερα απορρυπαντικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι ανιονικού τύπου. Στα ανεπεξέργαστα λύματα, η περιεκτικότητα των ανιονικών απορρυπαντικών κυμαίνεται από 1 έως 20mg/L. Στα επιφανειακά νερά, η περιεκτικότητα των ανιονικών απορρυπαντικών είναι συνήθως μικρότερη από 0,1mg/L, με εξαίρεση τα σημεία εκβολής των αποχετευτικών αγωγών, όπου μπορεί να είναι ψηλότερη.

Στο πόσιμο νερό, η ανώτατη παραδεκτή τιμή των επιφανειοδραστικών ουσιών που αντιδρούν με κυανού του μεθυλαίνιου, είναι 200μg/L. Στα απόβλητα που αποχετεύονται σε ρέματα ή τη θάλασσα τα απορρυπαντικά πρέπει να είναι λιγότερο από 5mg/L και βιοδιασπάσιμα σε ποσοστό 80%.<sup>9</sup>

#### 6.5. Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά :

Με τον όρο 'μικροβιολογική εξέταση νερού' εννοείται ο εντοπισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών που περιέχονται σε ένα δείγμα νερού και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Η μικροβιολογική εξέταση νερού συνήθως περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των παθογόνων μικροοργανισμών για τον άνθρωπο και τα ζώα, αφού ο προσδιορισμός του συνόλου των μικροοργανισμών είναι πολύπλοκη διαδικασία.

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

Από το πλήθος των μικροοργανισμών που βρίσκονται στη φύση λίγοι είναι εκείνοι που είναι παθογόνοι και μπορούν να μεταδοθούν στον άνθρωπο από το νερό. Στους παθογόνους όμως μικροοργανισμούς, περιλαμβάνονται είδη που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο όπως ο τύφος από *Salmonella typhosa*, η χολέρα από *Vibrio comma*, η δυσεντερία από *Entamoeba histolytica* κλπ. Σε μικροοργανισμούς οφείλονται και ιώσεις όπως η ηπατίτιδα, η πολυεμελίτιδα κλπ. καθώς και μυκητιάσεις όπως οι κολπίτιδες, οι δερματίτιδες κλπ.

Ο πλήρης μικροβιολογικός έλεγχος θα έπρεπε να είναι εκείνος που βασίζεται στον προσδιορισμό όλων των παθογόνων μικροοργανισμών που ενδέχεται να υπάρχουν στο νερό. Πρακτικά όμως, επειδή σήμερα δεν υπάρχουν τυποποιημένες τεχνικές που να επιτρέπουν τη γρήγορη ανίχνευση όλων των παθογόνων μικροοργανισμών, ο μικροβιολογικός έλεγχος των υδάτων γίνεται με τη χρήση δεικτών κοπρικής ρύπανσης, δηλαδή ομάδων μικροοργανισμών που η ανίχνευσή τους στα νερά δείχνει την παρουσία στο νερό περιττωμάτων ή λυμάτων από ζώα ή τον άνθρωπο.

Ως δείκτες κοπρικής ρύπανσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είδη ή ομάδες μικροοργανισμών που πληρούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

α. Βρίσκονται στα λύματα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες απ' ότι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

β. Δεν πολλαπλασιάζονται στο εξωτερικό περιβάλλον.

γ. Είναι πιο ανθεκτικοί από τους παθογόνους μικροοργανισμούς τόσο στις συνήθεις τεχνικές απολύμανσης όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον.

δ. Δίνουν χαρακτηριστικές αντιδράσεις εξειδικευμένες και σχετικά απλές που να επιτρέπουν γρήγορες και μονοσήμαντες αναγνωρίσεις.

Παρόλο που δεν υπάρχουν ιδανικοί δείκτες που να πληρούν όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, ως κοπρικοί δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για αρκετά χρόνια στο παρελθόν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα, η ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*), η ομάδα των κοπρικών κολοβακτηρίων (*Faecal Coliform*) και ομάδα των εντερόκοκκων (*Enterococci*).

Οι δυο πρώτες ομάδες παίρνουν το όνομά τους από τη μορφολογική ομοιότητά τους με την *Escherichia Coli*, βακτήριο που ζει συμβιωτικά στο τμήμα κόλον του εντερικού σωλήνα του ανθρώπου και ορισμένων ζώων. Η *E.Coli* είναι από τα πιο μελετημένα και ευκολοπροσδιοριζόμενα βακτήρια και γι' αυτό δημιουργήθηκε η (εκτός ταξινομικής) ομάδα των κολοβακτηριδίουμορφων, που μοιάζουν με το βακτήριο αυτό.

Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται αερόβια και επαμφοτερίζοντα βακτήρια που είναι πλατιά διαδεδομένα και αναπτύσσονται στο έδαφος, τα επιφανειακά νερά, τα τρόφιμα. Η ομάδα αυτή, περιλαμβάνει είδη από τα γένη *Klebsiella*, *Enterobacter* και *Citrobacter*. Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται ακόμα είδη που ζουν στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παρουσία αντιπροσώπων από την ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό, αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης από εξωγενείς παράγοντες αν και δεν είναι απαραίτητο η προέλευσή τους να είναι αποκλειστικά κοπρική.

Στην ομάδα των κοπρικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται είδη που ζουν αποκλειστικά στο έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Τα κοπρικά κολοβακτήρια περιέχονται σε μεγάλους αριθμούς, της τάξης των εκατομμυρίων, στα περιττώματα, λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Τα κοπρικά κολοβακτήρια, ταξινομικά, ανήκουν στην οικογένεια των *Enterobacteriaceae* που περιλαμβάνει και το είδος *Escherichia Coli*. Η παρουσία κοπρικών κολοβακτηρίων στο νερό αποτελεί σαφή ένδειξη κοπρικής επιμόλυνσης, χωρίς όμως να καθιστά το νερό υγειονομικά επικίνδυνο εάν δεν έχει ανιχνευθεί και η παρουσία συγκεκριμένων παθογόνων παραγόντων.

Μετά από μακρόχρονες εργαστηριακές έρευνες και δοκιμασίες έχουν καθοριστεί ανώτατα όρια της πληθυσμιακής πυκνότητας των ολικών κολοβακτηρίων, των κοπρικών κολοβακτηρίων και των εντερόκοκκων ως κριτήρια υγειονομικής ασφάλειας των υδάτων για διάφορες χρήσεις (π.χ νερό κατάλληλο για πόση, κολύμβηση κλπ.)

Ο έλεγχος των υδάτων ξεκινά συνήθως από τον προσδιορισμό του πιο πιθανού ή ολικού αριθμού κολοβακτηρίων και συνεχίζεται με τους προσδιορισμούς των κοπρικών κολοβακτηρίων και εντερόκοκκων σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος. Ο έλεγχος μπορεί

να συνεχιστεί μέχρι ταυτοποίησης, σε επίπεδο είδους. Αν ο έλεγχος για ολικά κολοβακτήρια δώσει αρνητικά αποτελέσματα, δεν προχωράμε στα επόμενα στάδια.

Δυο είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του αριθμού των κολοβακτηρίων στο νερό. Η μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων που δίνει τον πιθανότερο αριθμό κολοβακτηρίων στα 100ml και η μέθοδος διήθησης μέσω μεμβρανών (η οποία και χρησιμοποιήθηκε για τις αναλύσεις μας) που δίνει τον ολικό αριθμό κολοβακτηρίων που περιέχονται σε δείγμα 100ml.

Η μέθοδος των μεμβρανών βασίζεται στην κατακράτηση, μέσω διήθησης ορισμένου όγκου δείγματος, σε μεμβράνη όλων των μικροοργανισμών, με μέγεθος μεγαλύτερο των 0,45μ (διάμετρος πόρου μεμβράνης), που περιέχονται στο διηθούμενο δείγμα και ανάπτυξη των κολοβακτηρίων σε αποικίες, με τη χρησιμοποίηση εκλεκτικών υποστρωμάτων και την επώασή τους σε κατάλληλη θερμοκρασία. Ο προσδιορισμός του ολικού αριθμού κολοβακτηρίων γίνεται με απευθείας καταμέτρηση των αναπτυσσόμενων (σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος) αποικιών στη μεμβράνη και αναγωγή του αριθμού τους στον όγκο που διηθήθηκε.<sup>9</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### 7.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν την περίοδο από 31/04/2004 έως και 18/05/2005 σε μηνιαία βάση, τις ημέρες όπου η γεώτρηση ήταν ήδη σε λειτουργία για περισσότερο από μία ώρα. Για την δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκαν μπουκάλια από PVC των 1000 ml, κατάλληλα καλυμμένα ώστε να αποτρέπεται η είσοδος του φωτός στο δείγμα και τα οποία έκλειναν αεροστεγώς. Στη συνέχεια, τοποθετούνταν σε μικρό ψυγείο για την άμεση μεταφορά τους στο Εργαστήριο.

Οι δειγματοληψίες έγιναν από ένα σημείο για κάθε ένα από τα 6 δημοτικά διαμερίσματα (Κόκκινο Χωριό, Κεφαλάς, Γαβαλοχώρι, Βάμος, Κάινα, Πλάκα) και σε τέσσερα διαφορετικά σημεία (Γυμνάσια, Κέντρο Υγείας, Καφενείο, Μπλουμοσήφης) εντός του Βάμου, το μεγαλύτερο αστικό κέντρο του Δήμου.

Στο Κόκκινο Χωριό η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε αρχικά από βρύση καφενείου της περιοχής (Εικ.1α.), το οποίο επιλέχθηκε επειδή ήταν ανοιχτό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στη συνέχεια όμως, έγιναν δειγματοληψίες και από βρύση έξω από την εκκλησία (Εικ.1β.), στην πλατεία της περιοχής.

Στον Κεφαλά η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε αρχικά από βρύση ιδιώτη σε κατοικία κοντά στην πλατεία, στη συνέχεια από το καφενείο αριστερά της πλατείας (Εικ.1γ.) και τελικά από το καφενείο δεξιά της πλατείας (Εικ.1δ.). Η εναλλαγή αυτή οφείλεται στο ότι κατά την άφιξή μας στη περιοχή δεν ήταν πάντα εφικτή η είσοδος μας στους παραπάνω χώρους.

Στο Γαβαλοχώρι η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε από εξωτερική βρύση σπιτιού (Εικ.1ε.) το οποίο βρίσκεται επάνω στον κεντρικό δρόμο και στο οποίο η είσοδος ήταν ετησίως προσβάσιμη.

Στο σημείο Βάμος Γυμνάσια η δειγματοληψία έγινε από βρύση που βρίσκεται στον χώρο υδροδότησης του γυμνασίου σχολείου του Βάμου (Εικ.1ζ., η.). Ο χώρος αυτός επελέγει γιατί είναι σημαντικό να είναι γνώριμη η ποιότητα του νερού σε μέρος από το οποίο πίνουν παιδιά.

Στον Βάμο Κέντρο Υγείας πήραμε δείγματα από βρύση εντός του Κέντρου Υγείας της περιοχής (Εικ.1θ.) γιατί είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τη ποιότητα του νερού στο συγκεκριμένο σημείο.

Το σημείο Βάμος Καφενείο βρίσκεται στη πλατεία του Βάμου (Εικ.1ι.) και επιλέχθηκε λόγω της μεγάλης κατανάλωσης που έχει καθημερινά.

Το σημείο Βάμος Μπλουμοσήφης βρίσκεται κοντά στη πλατεία του Βάμου, στην ταβέρνα Μπλουμοσήφης (Εικ.1κ.).

Στην Πλάκα η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε αρχικά από βρύση εγκαταλελειμένου δημοτικού σχολείου της περιοχής (Εικ.1λ.) και στη συνέχεια από παροχή στον κεντρικό δρόμο της περιοχής (Εικ.1μ.).

Τέλος, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία από εξωτερική βρύση (Εικ.1ξ.) η οποία συνδέεται με την γεώτρηση της Κάινας (Εικ.1ν.) και είναι η πιο άμεση παροχή που έχει αποκλειστικά νερό της γεώτρησης.

Οι παράμετροι που μετρήθηκαν για το δίκτυο του Δήμου Βάμου είναι pH, αγωγιμότητα, υπολειμματικό χλώριο, θολερότητα και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά (*total coliforms*, *E. Coli*, *Enterococcus fecalis*).

Στα δείγματα από την γεώτρηση Κάινας μετρήθηκε pH, αγωγιμότητα, χλωριόντα, θολερότητα, BOD, COD, NPOC, απορρυπαντικά, νιτρικό άζωτο, φωσφορικός φώσφορος, αμμωνιακό άζωτο, σκληρότητα και θειικά ιόντα.





β.



γ.



δ.



ε.



ζ.



η.



θ.





ι.



κ.



λ.



μ.



ν.



ξ.

**Εικόνα 1** : Σημεία δειγματοληψίας στον Δ. Βάμου. (α.), (β.) Κοκκινο Χωριό, (γ.), (δ.) Κεφαλας, (ε.) Γαβαλοχώρι, (ζ.), (η.) Βάμος Γυμνάσια, (θ.) Κέντρο Υγείας, (ι.) Βάμος Καφενείο, (κ.) Βάμος Μπλουμοσήφης, (λ.), (μ.) Πλάκα, (ν.), (ξ.) Γεώτρηση Κάινιας.



### 7.1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού (°C) στο δίκτυο καθώς και στη γεώτρηση έγινε με ψηφιακό θερμόμετρο ακίδος.



**Σχήμα 7.1 :** Ψηφιακό θερμόμετρο ακίδος.

### 7.2. ΜΕΤΡΗΣΗ pH

Το pH μετράται είτε με χρωματομετρική μέθοδο, είτε με ηλεκτρομετρική μέθοδο. Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρομετρική μέθοδος. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, γίνεται μέτρηση της διαφοράς δυναμικού του διαλύματος και στη συνέχεια, αντιστοιχίζεται σε συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι για τιμές pH από 1 έως 10 δεν επηρεάζεται από έγχρωμα διαλύματα, ύπαρξη οξειδωτικών ή αναγωγικών ουσιών, διασπαρμένα κolloειδή ή θολότητα του δείγματος, παράγοντες που επηρεάζουν την αλλαγή του χρώματος κατά την χρωματομετρική μέθοδο.



**Σχήμα 7.2 :** pH-μέτρο HACH sension™156

Χρησιμοποιήθηκε το pHμετρο της φωτογραφίας, HACH (sension™156). Όταν το όργανο έχει βαθμονομηθεί, η μέτρηση του pH στο δείγμα γίνεται με την εμβάπτιση του ηλεκτροδίου σε αυτό. Επίσης, κατά τη μέτρηση του pH κρίνεται απαραίτητη η συνεχής ανάδευση του δείγματος για να επιτευχθεί η ομοιογένειά του.

### 7.3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

Αρχή της μεθόδου : η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας του νερού γίνεται με τη βοήθεια της γέφυρας *Wheatstone*. Στη γέφυρα αυτή εξισορροπείται η αγωγιμότητα του άγνωστου δείγματος με την αγωγιμότητα γνωστών διαλυμάτων.

Χρησιμοποιήθηκε το αγωγιμόμετρο *HACH (session™156)* το οποίο αποτελείται από την ίδια ακριβώς συσκευή με τη μόνη διαφορά ότι το ηλεκτρόδιο είναι διαφορετικό και ειδικό για τη μέτρηση της αγωγιμότητας.

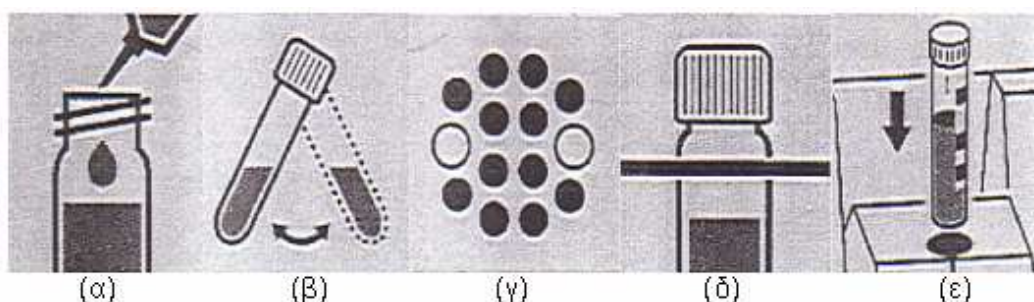
Όταν το όργανο έχει βαθμονομηθεί, η μέτρηση της αγωγιμότητας στο δείγμα γίνεται με την εμβάπτιση του ηλεκτροδίου σε αυτό. Επίσης, κατά τη μέτρηση της αγωγιμότητας κρίνεται απαραίτητη η συνεχής ανάδευση του δείγματος για να επιτευχθεί η ομοιογένειά του.

### 7.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (COD)

Για τη μέτρηση του COD χρησιμοποιήθηκε ημιοσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit. Στις δειγματοληψίες χρησιμοποιήθηκε το *COD Cell Test MERCK 14540*.

Κατά τη διαδικασία μέτρησης του COD ακολουθείται η εξής διαδικασία : Προστίθεται στο τυποποιημένο φιαλίδιο, προσεκτικά, με πιπέτα, 3ml δείγματος, βιδώνεται το καπάκι και αναδεύεται καλά.

( !! Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο γεγονός ότι το φιαλίδιο ζεσταίνεται πολύ κατά την ανάδευση και γι'αυτό το λόγο θα πρέπει να μην έρθει σε επαφή με το δέρμα. )



**Σχήμα 7.3 :** Διαδικασία προετοιμασίας για την μέτρηση του C.O.D.

Στη συνέχεια, το φιαλίδιο τοποθετείται στους 148°C, σε ειδικό θερμοριάκτορα (διατηρεί τη συγκεκριμένη θερμοκρασία σταθερή) για 120 min. Αφού περάσει η προκαθορισμένη ώρα, βγαίνει από τον θερμοριάκτορα και τοποθετείται στο πλέγμα στήριξης για να κρυώσει.



**Σχήμα 7.4 :** Θερμοαντιδραστήρας

Αφού περάσουν 10 min και το φιαλίδιο είναι χλιαρό, ανακινείται και τοποθετείται ξανά στη πλέγμα στήριξης έως ότου κρυώσει καλά.

Για να μετρηθεί το COD χρησιμοποιούμε το φωτόμετρο *MERCK Spectroquant® NOVA 60*. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο όλου του συστήματος και στη συνέχεια μας ενημερώνει να τοποθετήσουμε

το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή. Αφού τοποθετηθεί το φιαλίδιο στη θέση του, εμφανίζεται η ένδειξη 'measuring' κατά την οποία το μηχάνημα 'μετράει' το δείγμα και τέλος, εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Τα δείγματα που περιέχουν  $Cl > 2000\text{mg/L}$  πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό πριν τη μέτρηση του COD. Επίσης, θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι διαφορετικά δίνουν σφάλματα.



**Σχήμα 7.5 :** Φωτόμετρο *MERCK Spectroquant® NOVA 60*.

Το εύρος του *COD Cell Test MERCK 14540* είναι 10 – 150 mg/L. Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με 80mg/L COD (*Spectroquant Combicheck 10*) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής μέτρησης) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.<sup>12</sup>

#### 7.5. ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (BOD)

Η μέτρηση του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου πραγματοποιήθηκε μανομετρικά με την ειδική συσκευή BOD *Lovibond*.

Ο εξοπλισμός της συσκευής (Σχήμα 7.6) αποτελείται από την κεφαλή – ψηφιακό αισθητήρα BOD *Lovibond* (2) που απλά βιδώνει στη σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη (1) στην οποία έχει τοποθετηθεί το δείγμα. Η αρχή της μέτρησης βασίζεται σε ένα κλειστό σύστημα στο οποίο το οξυγόνο που καταναλώνουν τα βακτήρια στο δείγμα αναπληρώνεται από το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται επάνω από το δείγμα. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα βακτήρια απομακρύνεται από το σύστημα με την προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου του καλίου (KOH) που περιέχεται σε ειδική θήκη από καουτσούκ (3). Το αποτέλεσμα είναι μια πτώση της πίεσης στη φιάλη που μετράται από την κεφαλή η οποία εμφανίζει την ένδειξη στην οθόνη σε mg/L BOD.

Ο αισθητήρας μετρά απευθείας τιμές σε BOD και τα δείγματα μπορούν να ελεγχθούν σε αραιωμένη ή μη μορφή.

Το δείγμα επωάζεται σε θερμοκρασία 20°C. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση της σκουρόχρωμης φιάλης σε θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας καθώς το δείγμα αναδεύεται συνεχώς. Η ανάδευση πραγματοποιείται με την τοποθέτηση αναδευτήρα (5) μέσα στο δείγμα.

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ένας υπερχειλιστής χωρητικότητας 428 ml.



**Σχήμα 7.6 :** Ειδικός εξοπλισμός για την μέτρηση του BOD. Μπουκάλια (1), κεφαλές-ψηφιακοί αισθητήρες (2), θήκες από καουτσούκ (3), ογκομετρική φιάλη υπερχειλίστης όγκου 428 ml (4) μαγνητικές ράβδοι ανάδευσης (5).

Προετοιμασία δείγματος : αρχικά, μετράται το pH του δείγματος και ρυθμίζεται μεταξύ του 6,5 και 7,5 που είναι η καλύτερη τιμή pH για το test του BOD. Εάν το pH του δείγματος βρίσκεται εκτός αυτού του ορίου, θα προκύψουν χαμηλότερες τιμές BOD. Σ' αυτή τη περίπτωση θα πρέπει να ρυθμιστεί το pH του δείγματος εντός του ορίου. Στα δείγματα που εξετάστηκαν στη συγκεκριμένη εργασία, οι υψηλότερες τιμές pH ελαττώνονταν με τη προσθήκη  $H_2SO_4$  0,1N. Χαμηλές τιμές pH μπορούν να διορθωθούν με προσθήκη διαλύματος NaOH 0,1N.

Γεμίζουμε τη φιάλη του υπερχειλιστή με το δείγμα μέχρι να ξεχειλίσει και το περιεχόμενο του υπερχειλιστεί μεταφέρεται στη φιάλη του BOD. Συνιστάται να υπάρχει μια ομοιόμορφη κατανομή των διαλυμένων στερεών στο δείγμα.

Για την αποφυγή νιτροποίησης συνιστάται η προσθήκη του αναστολέα νιτροποίησης B (ATH) στο δείγμα. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στο χαμηλό εύρος μέτρησης (0 – 40 mg/L BOD) και για δείγματα σχετικά με τον έλεγχο απορροών από εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού. Η δόση του B (ATH) για το εύρος 0 – 40 mg/L στο οποίο εφαρμόστηκε η μέθοδος ήταν 10 σταγόνες.

Τοποθετείται μια καθαρή μαγνητική ράβδος ανάδευσης σε κάθε σκουρόχρωμη φιάλη, προσθέτονται 2 σταγόνες διαλύματος υδροξειδίου του καλίου 45% ή 4 ταμπλέτες στέρεου NaOH σε μια μαύρη θήκη από καουτσούκ και τοποθετείται στη φιάλη.

Για την εξασφάλιση ακριβών μετρήσεων πρέπει όλα τα εξαρτήματα να καθαρίζονται προσεκτικά μετά από κάθε χρήση, διαφορετικά τα παραμένοντα βακτήρια ενδέχεται να αυξηθούν και να οδηγήσουν σε εσφαλμένες μετρήσεις. Τα μπουκάλια πρέπει να αδειάζονται και να ξεπλένονται αρκετές φορές με νερό βρύσης και μετά με απιονισμένο νερό. Το προσεκτικό πλύσιμο είναι απαραίτητο καθώς τα απορρυπαντικά και τα υπολείμματα οργανικών αντιδραστηρίων μπορεί να οδηγήσουν ακόμη και σε λάθος μέτρηση. Τα πώματα από καουτσούκ και οι μαγνητικές ράβδοι ανάδευσης θα πρέπει να καθαρίζονται με παρόμοιο τρόπο.

Για να γίνει σωστή μέτρηση του BOD θα πρέπει η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα BOD να τοποθετηθεί αρκετά σφιχτά έτσι ώστε το σύστημα να είναι αεροστεγώς κλεισμένο. Πατάμε ταυτόχρονα τα κουμπιά S και M για 2 δευτερόλεπτα μέχρι η οθόνη να δείξει 00. Μ' αυτόν τον τρόπο σβήνονται οι ήδη αποθηκευμένες τιμές. Τα κουμπιά S και M αφήνονται και η μέτρηση του BOD έχει ενεργοποιηθεί. Η φιάλη τότε τοποθετείται σε μια βάση στήριξης μέσα στο θάλαμο όπου επωάζεται στους 20°C καθώς αναδύεται συνεχώς.





**Σχήμα 7.5 :** Επωαστικός θάλαμος και βάση στήριξης B.O.D φιαλών.

Η κεφαλή του BOD καταγράφει μια μέτρηση κάθε 24 ώρες για μια περίοδο μεγαλύτερη των 5 ημερών. Η μετρούμενη τιμή αποθηκεύεται αυτόματα στη μνήμη. Για να εμφανιστεί στην οθόνη η τιμή της τρέχουσας ημέρας αρκεί να πατήσουμε μια φορά το κουμπί M. μετά από 5 ημέρες οι τιμές θα έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του αισθητήρα. Πατώντας διαδοχικά το κουμπί S αυτές οι τιμές θα εμφανίζονται σε χρονολογική σειρά.

- Η τιμή του BOD για μια συγκεκριμένη ημέρα θα πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερη από τη τιμή της προηγούμενης μέρας.

- Η αύξηση του BOD με το χρόνο δεν είναι γραμμική αλλά μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου.

- Αν για τις πρώτες ημέρες της επώασης παρατηρηθεί μια περίπου γραμμικά αύξηση του BOD, το δείγμα θα έχει υψηλότερη τιμή από αυτή που είχε αρχικά εκτιμηθεί και χρειάζεται να επιλεγθεί μεγαλύτερο εύρος.

- Αν η τιμή του BOD ελαττώνεται από τη μια μέρα στην άλλη τότε το σύστημα θα πρέπει να ελεγχθεί για διαρροή αέρα από τη φιάλη.



**Σχήμα 7.6 :** Κεφαλή ψηφιακού αισθητήρα του B.O.D.

#### 7.6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Στα συγκεκριμένα δείγματα για τη μέτρηση των νιτρικών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ημιοσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit test το οποίο ονομάζεται *Nitrate Reagent Test MERCK 09713*.

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, χρησιμοποιώντας μία από τις δυο βαθμονομημένες σύριγγες που περιέχονται στο πακέτο, τοποθετούνται 4 ml του αντιδραστήριου NO<sub>3</sub>-1, σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται, με τη βοήθεια του ρυθμιζόμενου σιφωνίου ακριβείας, 0,5 ml δείγματος στον δοκιμαστικό σωλήνα, χωρίς να ακολουθήσει ανάδευση. Ακόμα, προσθέτουμε 0,5 ml του αντιδραστήριου NO<sub>3</sub>-2, χρησιμοποιώντας σιφώνι. Το φιαλίδιο ζεσταίνεται καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη. Ακολουθεί ανάδευση σε παλινδρομικό αναδευτήρα (*Minishaker MS2. IKA WORKS*). Ο δοκιμαστικός σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για 10 min. Έπειτα, το περιεχόμενό του μεταφέρεται με προσοχή σε ορθογώνια κυψελίδα των 10 mm για να μετρηθεί στο φωτόμετρο. Χρησιμοποιείται γυάλινη κυψελίδα λόγω της τοξικότητας των αντιδραστηρίων που χρησιμοποιήθηκαν.

Για να μετρηθούν τα νιτρικά ιόντα χρησιμοποιούμε το φωτόμετρο *MERCK Spectroquant® NOVA 60*. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο όλου του συστήματος και στη συνέχεια μας ενημερώνει να τοποθετήσουμε το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή. Αφού τοποθετηθεί το φιαλίδιο στη θέση του, εμφανίζεται η ένδειξη 'measuring' κατά την οποία το μηχάνημα 'μετράει' το δείγμα και τέλος, εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι δίνουν σφάλματα. Δείγματα που περιέχουν Cl >1000mg/L πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό.<sup>12</sup>

Το εύρος του test είναι 1,0 – 25,0 mg/L NO<sub>3</sub>-N.

#### 7.7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Για τη μέτρηση των αμμωνιακών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ημιοσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit test το *Ammonium Reagent Test MERCK 14752*.

Κατά τη διαδικασία μέτρησης με το *Ammonium reagent test MERCK 14752*, με χρήση σιφωνίου τοποθετούνται 5,0 ml του εξεταζόμενου δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται με τη βοήθεια ρυθμιζόμενου σιφωνίου ακριβείας 0,6 ml το αντιδραστήριο NH<sub>4</sub>-1B και ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται σε παλινδρομικό αναδευτήρα (*Minishaker MS2. IKA WORKS*). Προστίθεται μια δόση του αντιδραστήριου NH<sub>4</sub>-2B και ακολουθεί ανάδευση για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 5 min. Στη συνέχεια, προσθέτονται 4 σταγόνες του αντιδραστήριου NH<sub>4</sub>-3B και ακολουθεί ξανά ανάδευση. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για ακόμη 5 min.

Για να μετρηθούν τα αμμωνιακά ιόντα χρησιμοποιούμε το φωτόμετρο *MERCK Spectroquant® NOVA 60*. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο όλου του συστήματος και στη συνέχεια μας ενημερώνει να τοποθετήσουμε το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή. Αφού τοποθετηθεί το φιαλίδιο στη θέση του, εμφανίζεται η ένδειξη 'measuring' κατά την οποία το μηχάνημα 'μετράει' το δείγμα και τέλος, εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Επίσης, τα πολύ θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, αλλιώς θα δώσουν ενδείξεις με σφάλματα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις, οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι απολύτως καθαρές.<sup>12</sup>

Το εύρος του test είναι 0,005 – 3,00 mg/L NH<sub>4</sub>-N.

#### 7.8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

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

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, προσθέτονται 5 σταγόνες του αντιδραστήριου P-1<sup>A</sup> σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και ακολουθεί ανάδευση σε παλινδρομικό αναδευτήρα (*Minishaker MS2. IKA WORKS*). Κατόπιν, προστίθεται 1 δόση του αντιδραστήριου P-2<sup>A</sup> με το μπλε μικροκουτάλακι. Ακολουθεί έντονη ανάδευση μέχρι διάλυσης του ιζήματος. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για 5 min.

Για να μετρηθούν τα αμμωνιακά ιόντα χρησιμοποιούμε το φωτόμετρο *MERCK Spectroquant® NOVA 60*. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο όλου του συστήματος και στη συνέχεια μας ενημερώνει

να τοποθετήσουμε το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή. Αφού τοποθετηθεί το φιαλίδιο στη θέση του, εμφανίζεται η ένδειξη 'measuring' κατά την οποία το μηχάνημα 'μετράει' το δείγμα και τέλος, εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται έτσι ώστε να μην παρουσιάζονται σφάλματα. Δείγματα που περιέχουν  $Cl > 1000\text{mg/L}$  πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό.

Το εύρος του test είναι  $0,005 - 5,00 \text{ mg/L PO}_4 - P$ .

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με  $0,80 \text{ mg/L PO}_4 - P$  (*Spectroquant Combicheck 10*) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής μέτρησης) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.<sup>12</sup>

## 7.9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΟΝΤΩΝ ΧΛΩΡΙΟΥ

Αρχή της μεθόδου : Για τη μέτρηση των ιόντων χλωρίου χρησιμοποιήθηκε η αναλυτική μέθοδος ογκομέτρησης με διάλυμα αργύρου (μέθοδος *Mohr*). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το δείγμα ογκομετρείται με διάλυμα νιτρικού αργύρου και με δείκτη τελικού σημείου, διάλυμα χρωμικού καλίου.

Απαιτούμενος εξοπλισμός : Για την εκτέλεση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν σιφώνια των 10ml και 1ml, κωνικές φιάλες των 250ml και προχοίδα των 25ml

Αντιδραστήρια: Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

Απιονισμένο νερό (στήλη IONIL).

Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01N : Διαλύθηκαν  $1,659\text{g AgNO}_3$  σε 500ml απεσταγμένο νερό. Μεταφέρθηκαν ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη του λίτρου και αραιώθηκαν μέχρι τη χαραγή της φιάλης. Το διάλυμα διατηρείται σε σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη με εσφυρισμένο πώμα, σε θερμοκρασία δωματίου.

Δείκτης χρωμικού καλίου 2% : Διαλύονται  $2,000\text{g K}_2\text{CrO}_4$  σε 50ml απεσταγμένο νερό, μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 100ml και αραιώνονται μέχρι τη χαραγή της φιάλης.. το διάλυμα αφήνεται σε ηρεμία, προστατευόμενο από το φως.

Ανθρακικό ασβέστιο  $\text{CaCO}_3$  :  $0,5 \text{ gr CaCO}_3$  ξηραίνονται για 1 ώρα στους  $105^\circ\text{C}$  και τοποθετούνται σε ξηραντήρα για απορρόφηση της υγρασίας.

Διαδικασία μέτρησης : Με τη χρήση του σιφωνίου των 10ml μεταφέρονται σε κωνική φιάλη 25ml απιονισμένου νερού και 1ml δείκτη χρωμικού καλίου. Ποσοτικά μεταφέρονται  $0,5\text{g}$  αποξηραμένου  $\text{CaCO}_3$  και η φιάλη ανακινείται ελαφρά έως την τελική διάλυσή του. Το διάλυμα ογκομετράται με διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  μέχρι τελικού σημείου, όπου παρατηρείται αλλαγή του χρώματος από κίτρινο σε καστανέρυθρο. Σημειώνονται τα ml του  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν. Η τιμή αυτή αποτελεί τον όγκο του  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκε για το λευκό διάλυμα (μάρτυρας).

Με τη χρήση του σιφωνίου των 10ml μεταφέρονται σε κωνική φιάλη 25ml απιονισμένου νερού, 25ml δείγματος και 1ml δείκτη χρωμικού καλίου. Το δείγμα ογκομετράται με  $\text{AgNO}_3$  μέχρι τελικού σημείου, όπου παρατηρείται αλλαγή του χρώματος από κίτρινο σε καστανέρυθρο. Σημειώνονται τα ml του  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν.

Υπολογισμός : Χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος :

$$\text{mg/L Cl} = (A - B) \times N \times (35450 / C)$$

όπου, A : ml διαλύματος νιτρικού αργύρου που χρησιμοποιήθηκαν για το δείγμα

B : ml διαλύματος νιτρικού αργύρου που χρησιμοποιήθηκαν για το λευκό

N : η κανονικότητα του διαλύματος του νιτρικού αργύρου

C : όγκος δείγματος σε ml

## 7.10. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έγινε με την ογκομετρική μέθοδο, δηλαδή με τη μέθοδο του EDTA. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην, από κοινού, δέσμευση των ιόντων



ασβεστίου και μαγνησίου από το δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος (EDTA) σε αλκαλικό περιβάλλον (pH :  $10 \pm 1$ ), παρουσία δείκτη *Eriochrome Black T*.

Για τον υπολογισμό της σκληρότητας χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο :

$$\text{Σκληρότητα (EDTA) σε mg/L CaCO}_3 = A \times B \times (1000/\text{ml δείγματος})$$

Όπου, A: ml του διαλύματος EDTA που χρησιμοποιήθηκαν

B: mg του CaCO<sub>3</sub> που περιέχονται σε 1ml EDTA

Για την παρασκευή του A τοποθετούμε σε μια κωνική φιάλη 250ml, 50ml δείγματος, 1ml αμμωνία (NH<sub>3</sub>) 25%, 1 ταμπλέτα δείκτη *Eriochrome Black T* και ογκομετρούμε, συγχρόνως με ανάδευση, με EDTA 0,01N μέχρι την αλλαγή του χρώματος του δείγματος από κόκκινο σε ιώδες.

Για την παρασκευή του B αρχικά κατασκευάζουμε το πρότυπο διάλυμα. Ζυγίζουμε 0,250gr CaCO<sub>3</sub> και το τοποθετούμε στο φούρνο για 1 ώρα στους 105° C έτσι ώστε να ξεραθεί. Σε μια ογκομετρική φιάλη των 250ml μεταφέρω το ξεραμένο CaCO<sub>3</sub>, λίγο απιονισμένο νερό και 3ml HCl 2M. Συμπληρώνουμε την ογκομετρική φιάλη με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή και αναδεύουμε πολύ καλά. Αραιώνουμε το άγνωστο διάλυμα με νερό σε ογκομετρική φιάλη των 250ml ακριβώς μέχρι την χαραγή. Σε καινούρια κωνική φιάλη των 250ml μεταφέρονται με σιφώνιο 25ml από το πρότυπο διάλυμα, 1ml αμμωνία (NH<sub>3</sub>) 25%, 1 ταμπλέτα δείκτη *Eriochrome Black T* και ογκομετρούμε, συγχρόνως με ανάδευση, με EDTA 0,01N μέχρι την αλλαγή του χρώματος από καστανέρυθρο σε κυανό. Με τον τρόπο αυτό ογκομετρούνται 2 ακόμα δείγματα και υπολογίζεται ο τύπος του διαλύματος EDTA, δηλαδή το βάρος του ανθρακικού ασβεστίου, εκφρασμένο σε mg, το οποίο ισοδυναμεί με 1ml διαλύματος EDTA. Αν V ml ο όγκος του διαλύματος EDTA που καταναλώθηκε, ο τίτλος του διαλύματος EDTA υπολογίζεται από τη σχέση :

$$B(\text{mg CaCO}_3/\text{ml EDTA}) = [\text{mg CaCO}_3 \times (25/250)] / V(\text{ml EDTA})^9$$

#### 7.11. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Αρχή της μεθόδου : Μετά από διήθηση του δείγματος υπό κενό, το φίλτρο που χρησιμοποιήθηκε στη διήθηση εμποτίζεται σε θρεπτικό υλικό και επώάζεται σε θάλαμο επώασης ρυθμισμένης θερμοκρασίας για 22 – 24 ώρες.

Απαιτούμενος εξοπλισμός και διαλύματα : Κατά τη διαδικασία μέτρησης των κοπρανωδών κολοβακτηρίων και ολικών κολοβακτηρίων χρησιμοποιήθηκε αντλία κενού (*Buchi Vac® V-500*), με αποστειρωμένα φίλτρα 47mm – 0,45 μm (*Pall GN-6 mertical® Grid*), μαγνητική χοάνη διήθησης 300ml (*Pall*), μεταλλική λαβίδα με στρογγυλεμένα άκρα, πιπέτες ρυθμιζόμενου όγκου 1 – 10 ml, ογκομετρικοί κύλινδροι, θάλαμοι επώασης (*G®-Cell 075*) και (*Heræus kentro UB6*) ρυθμισμένοι σε θερμοκρασία 44,5°C και 35°C αντίστοιχα.

Χρησιμοποιήθηκαν επίσης, αποστειρωμένα τρυβλία *Petri* 50mm με αποστειρωμένες απορροφητικές βάσεις διαμέτρου 47mm.

Τα υλικά για την παρασκευή των θρεπτικών υλικών που χρειάστηκαν είναι : Για τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήθηκε *Agar* και *Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab 82)*. Για τους εντερόκοκκους χρησιμοποιήθηκε το *Slanetz & Bartley Medium (Lab 166)*.

Περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης – μέτρησης :

**Δειγματοληψία :** Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε αποστειρωμένες φιάλες όγκου 500ml τυλιγμένες με αλουμινόχαρτο. Ο προσδιορισμός έγινε αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

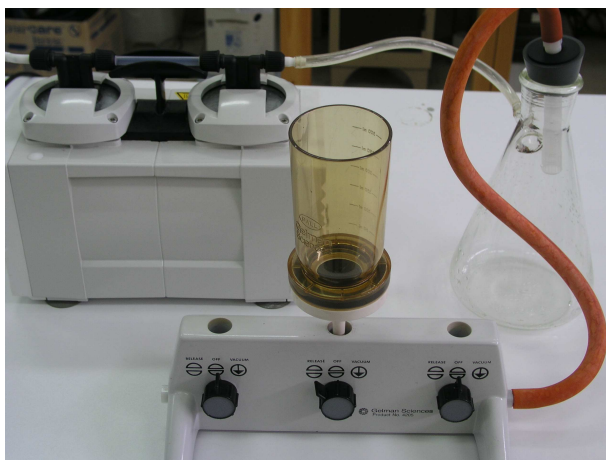
**Αραίωση δειγμάτων :** Ανάλογα με το ιστορικό του κάθε δείγματος γίνεται η ανάλογη αραίωση. **Προετοιμασία θρεπτικού υλικού :** Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηρίων ακολουθείται η εξής διαδικασία. Σε ειδικό μπουκάλι που αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τοποθετείται η ποσότητα του *Agar* και του *Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab 82)*, ανάλογα με την ποσότητα των τρυβλίων που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Το καπάκι του

μπουκαλιού βιδώνεται έτσι ώστε να μην είναι τελείως βιδωμένο και στη συνέχεια, τοποθετείται το μπουκάλι στον κλίβανο αποστείρωσης για 10 min. Όταν τελειώσει η λειτουργία του κλιβάνου, το θρεπτικό υλικό μοιράζεται στα αποστειρωμένα τρυβλία. Αφού μοιραστεί, τα τρυβλία αφήνονται σε θερμοκρασία δωματίου για να έρθει το θρεπτικό υλικό σε μορφή ζελέ.

Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των εντερόκοκκων ακολουθείται η εξής διαδικασία. Σε ειδικό μπουκάλι που αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τοποθετείται ανάλογη ποσότητα του *Slanetz & Bartley Medium (Lab 166)* με τα τρυβλία που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Το καπάκι του μπουκαλιού βιδώνεται έτσι ώστε να μην είναι τελείως βιδωμένο. Τοποθετείται το μπουκάλι για βρασμό, όπου αφήνεται έως ότου το χρώμα του υγρού να μετατραπεί από θολό κίτρινο σε διαυγές κιτρινοπορτοκαλί. Στη συνέχεια, τοποθετείται στον φούρνο στους 47°C μέχρι να κρυώσει ελαφρά έτσι ώστε να μπορεί να συμπληρωθεί στα αποστειρωμένα τρυβλία. Αφού μοιραστεί, τα τρυβλία αφήνονται σε θερμοκρασία δωματίου για να έρθει το θρεπτικό υλικό σε μορφή ζελέ.

**Διήθηση :** Η μαγνητική χοάνη προσαρμόζεται στη συσκευή διήθησης. Η λαβίδα, για την αποστείρωσή της, εμβαπτίζεται σε αιθανόλη, περνιέται πάνω από φλόγα η οποία πρέπει να σβήσει μόνη της, χωρίς την παρέμβαση εξωγενών παραγόντων. Με την λαβίδα αυτή λαμβάνεται ένα αποστειρωμένο φίλτρο το οποίο τοποθετείται πάνω στη βάση της αποστειρωμένης μαγνητικής χοάνης της συσκευής διήθησης.

Ανοίγεται η αντλία κενού και διηθείται πρώτα ένα δείγμα (30ml) απιονισμένου νερού. Όταν έχει περάσει όλο το δείγμα του απιονισμένου νερού από το φίλτρο και το φίλτρο έχει στεγνώσει, διακόπτεται η διήθηση και το φίλτρο τοποθετείται προσεκτικά πάνω στο ανάλογο θρεπτικό υλικό του τρυβλίου. (ΠΡΟΣΟΧΗ : το φίλτρο στην επαφή του με το θρεπτικό υλικό δεν θα πρέπει να παγιδεύσει φυσαλίδες αέρα). Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται σα μάρτυρας για τον έλεγχο του απιονισμένου νερού.



**Σχήμα 7.7 :** Αντλία κενού (*Buchi Vac® V-500*) και μαγνητική χοάνη διήθησης

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία και για το δείγμα. Τα δείγματα δεν αραιώνονται εφόσον αποτελούν πόσιμα νερά.

**Επώαση :** Τα τρυβλία των ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliforms*) αναποδογυρίζονται και τοποθετούνται για 22 – 24 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 37°C.

Τα τρυβλία των κοπρανωδών κολοβακτηρίων (*Faecal Coliforms*) αναποδογυρίζονται και τοποθετούνται για 24 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 44°C. Προτείνεται, πριν από την επώαση στους 44°C να γίνεται επώαση για 4 ώρες στους 37°C.

Τέλος, τα τρυβλία των εντερόκοκκων αναποδογυρίζονται και τοποθετούνται για 48 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 37°C.

**Καταμέτρηση αποικιών :** Τα ολικά κολοβακτήρια καθώς και τα κοπρανώδη κολοβακτήρια δημιουργούν αποικίες κίτρινου χρώματος, ενώ οι εντερόκοκκοι εμφανίζουν κόκκινο χρώμα.

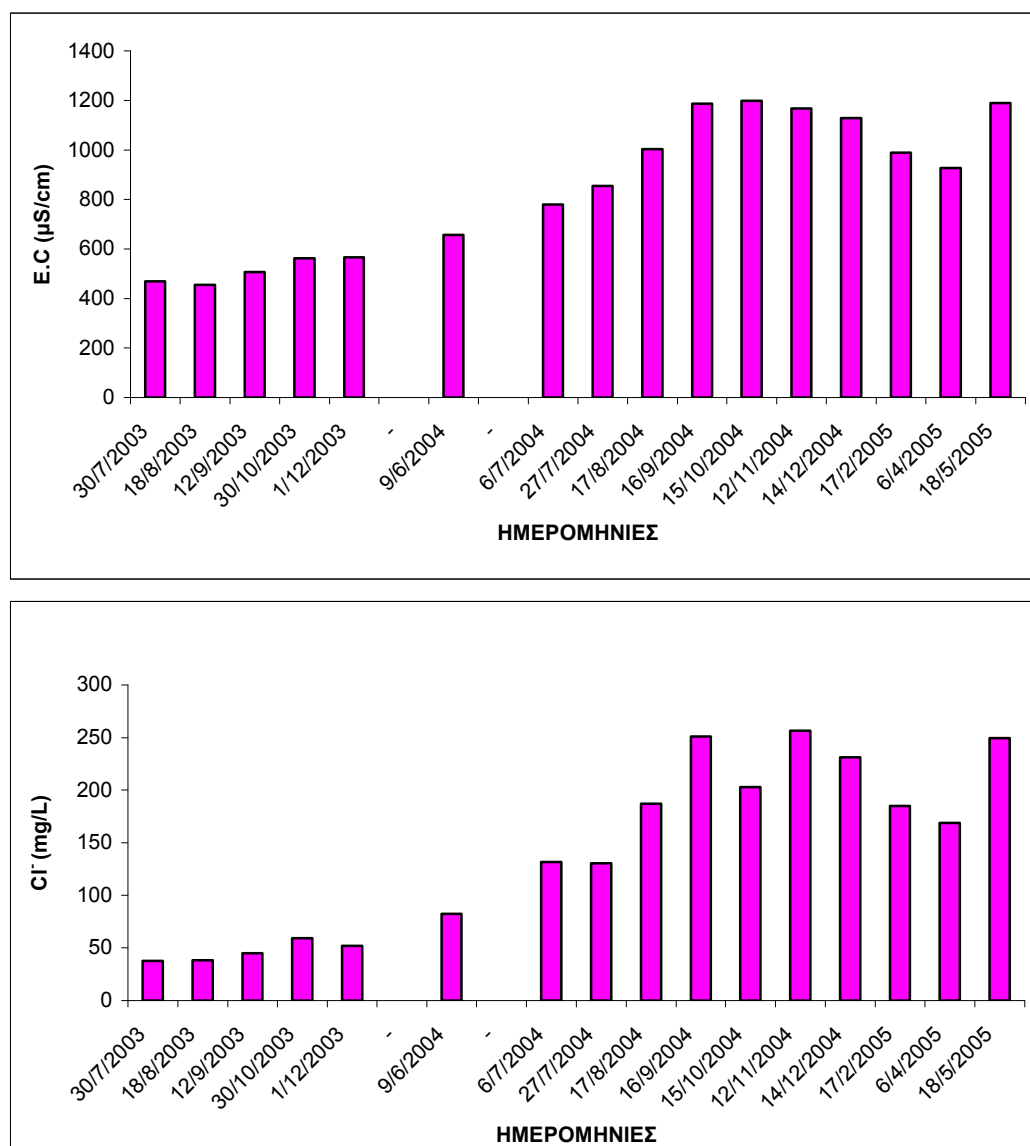
**Υπολογισμός :** αφού δεν γίνεται καμία αραιώση στα δείγματα το αποτέλεσμα εκφράζεται σε αριθμό αποικιών / 100ml (ποσότητα δείγματος που διηθούνταν κάθε φορά).<sup>13</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙΝΑΣ

Την περίοδο της μελέτης το σημαντικότερο πρόβλημα του υδροφορέα της γεώτρησης φάνηκε να είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου με την παράλληλη αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η αύξηση αυτή παρατηρείται καλύτερα στο παρακάτω ιστόγραμμα (Σχ.8,1) στο οποίο λαμβάνονται υπόψη και οι παλαιότερες μετρήσεις της αγωγιμότητας και των χλωριόντων, την περίοδο από τον Ιούλιο του 2003 έως και τον Δεκέμβριο του 2003 που διεξήχθησαν από την Ε.Μαυροκεφαλίδου.



**Σχήμα 8.1 :** Μεταβολή ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $\mu\text{S/cm}$ ) και χλωριόντων ( $\text{mg/L}$ ) της γεώτρησης της Κάινας από 30/7/2003 έως 18/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.

Η αγωγιμότητα της γεώτρησης της Κάινας (Σχ. 8.1) παρουσιάζει μια ανοδική τάση από τον Ιούλιο 2004 μέχρι και τον Δεκέμβριο 2004 φτάνοντας μέχρι και  $1200\mu\text{S/cm}$ . Στη συνέχεια, αρχίζουν και μειώνονται οι τιμές, όχι όμως αρκετά αφού στις 6/4/2005 φτάνει στα  $927\mu\text{S/cm}$  και μετά αρχίζει πάλι την άνοδο. Τα χλωριόντα της γεώτρησης (Σχ. 8.1) ακολουθούν την πορεία της αγωγιμότητας ξεκινώντας από  $38\text{mg/L}$  και φτάνοντας μέχρι και  $257\text{mg/L}$ .

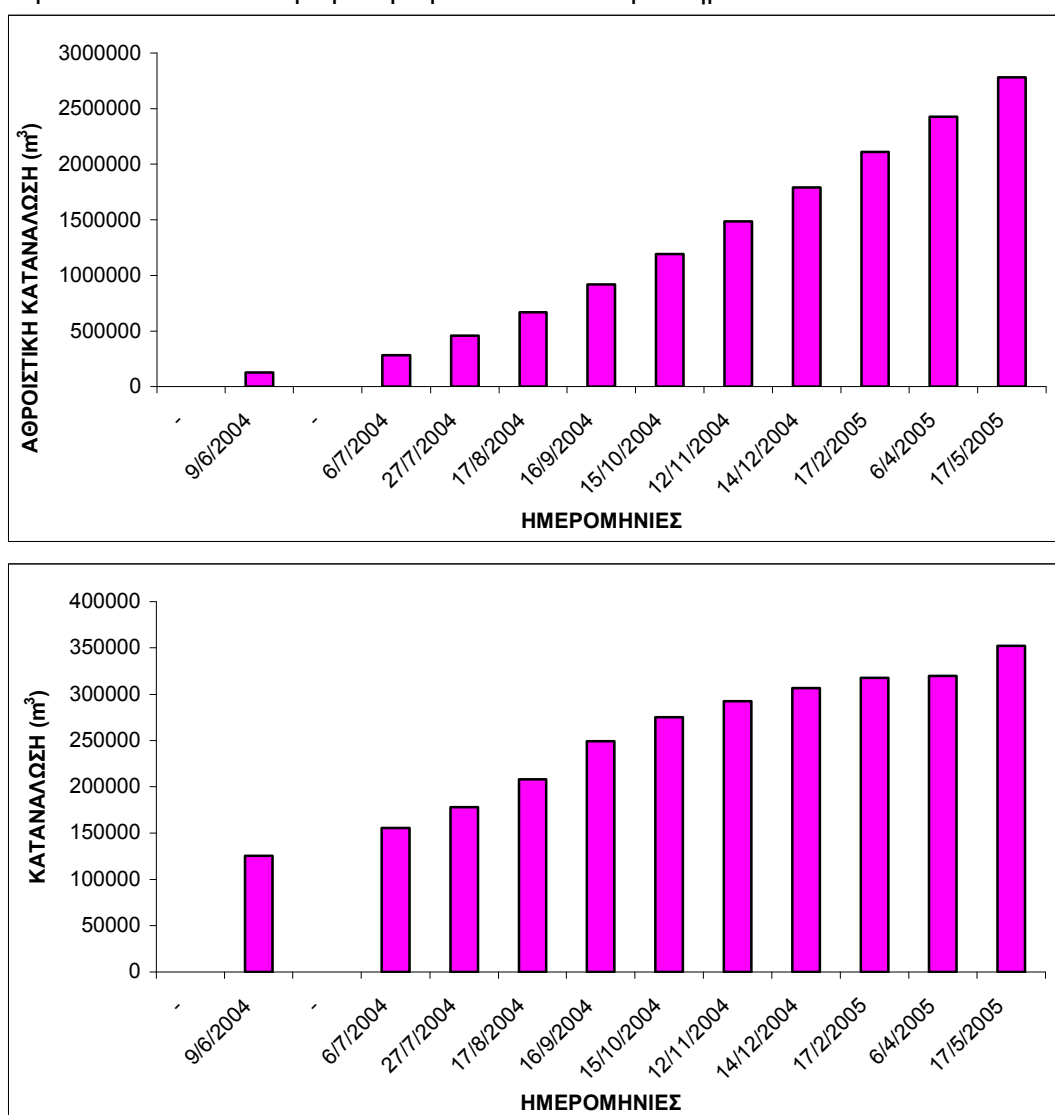
Στο Σχήμα 8.2 παρατηρείται η αύξηση της κατανάλωσης καθώς και η αθροιστική κατανάλωση της γεώτρησης της Κάινας. Η αθροιστική κατανάλωση αποτελεί την συνολική κατανάλωση από το ξεκίνημα των δειγματοληψιών, ενώ η απλή κατανάλωση παρουσιάζει την επιμέρους κατανάλωση κάθε φορά που γίνονταν η δειγματοληψία.

Το BOD της γεώτρησης κυμαίνεται από 0 έως 3, το COD παρουσιάζει τιμές από 2,6 έως 9mg/L, το NPOC από 0,011 έως 0,447mg/L και τα απορρυπαντικά από 0,1 έως 0,79mg/L (Σχ. 8.3).

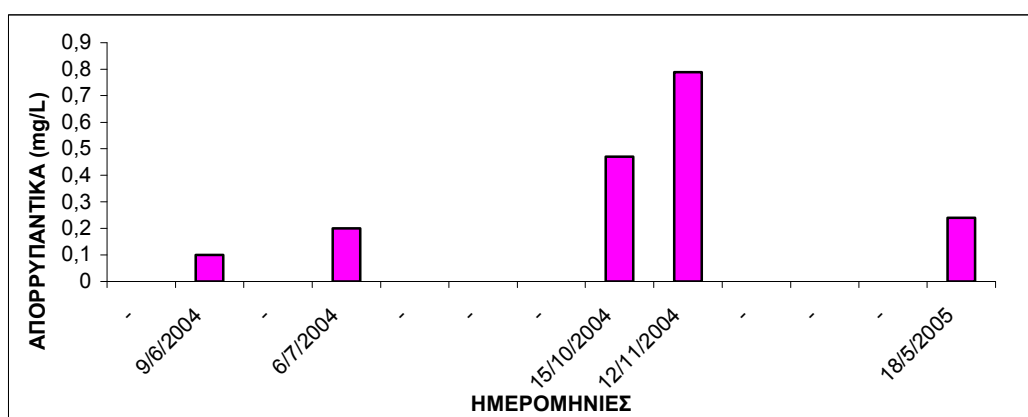
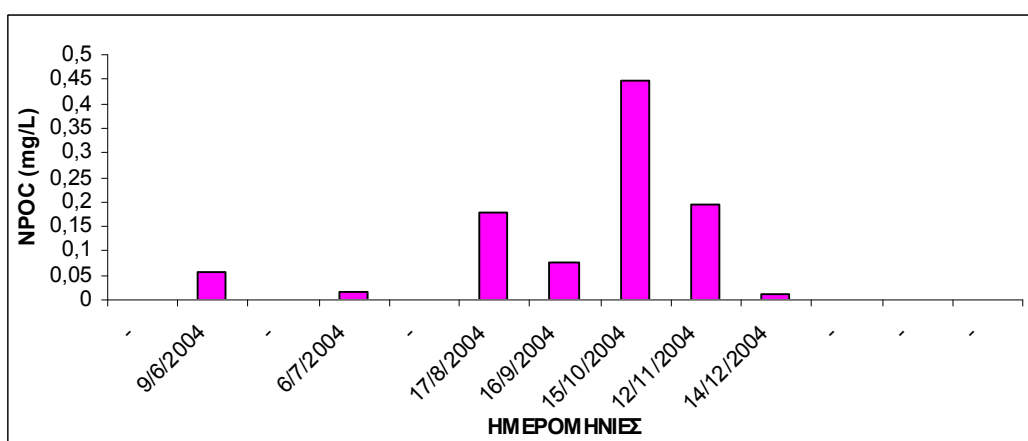
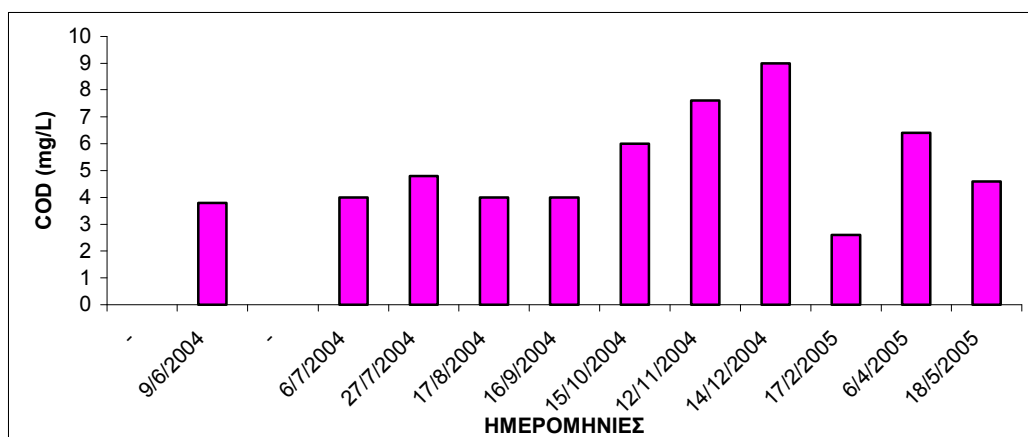
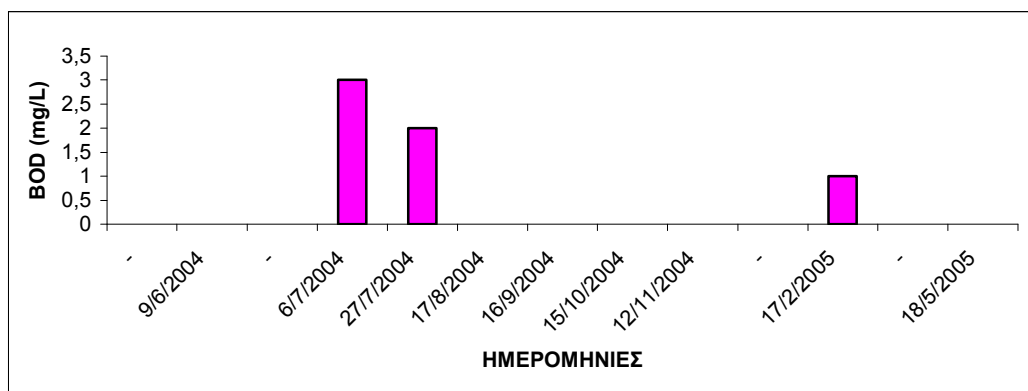
Το νιτρικό άζωτο κυμαίνεται από 1,04 έως 2,8mg/L, ο φωσφορικός φώσφορος από 0 έως 0,06mg/L και το αμμωνιακό άζωτο από 0 έως 0,26mg/L (Σχ. 8.4). οι τιμές αυτές είναι εντός των θεσμοθετημένων ορίων (Πίν. 5).

Στο Σχήμα 8.5, το pH παρουσιάζει τιμές από 7,2 έως 7,77. Η θολερότητα εμφανίζει υψηλές τιμές που κυμαίνονται από 0,8 έως 5,5NTU. Η σκληρότητα φαίνεται σταθερή με τιμές από 179 έως 347mg/L. Τα θειικά ιόντα παρουσιάζουν μια συγκέντρωση 25mg/L έως 200mg/L.

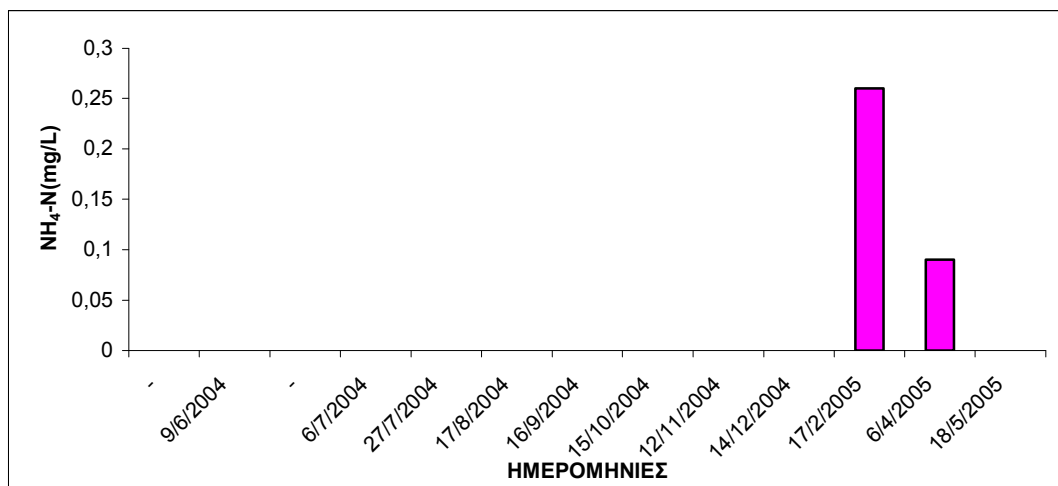
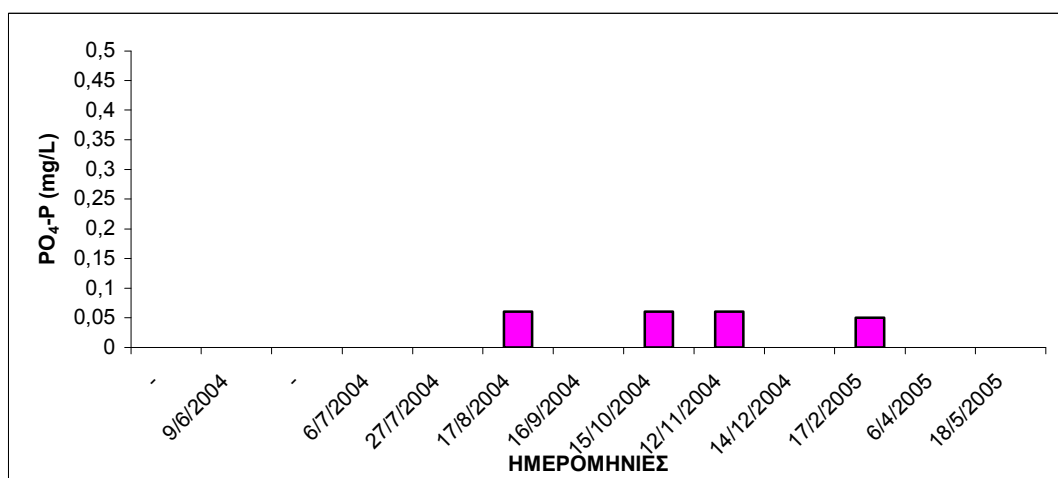
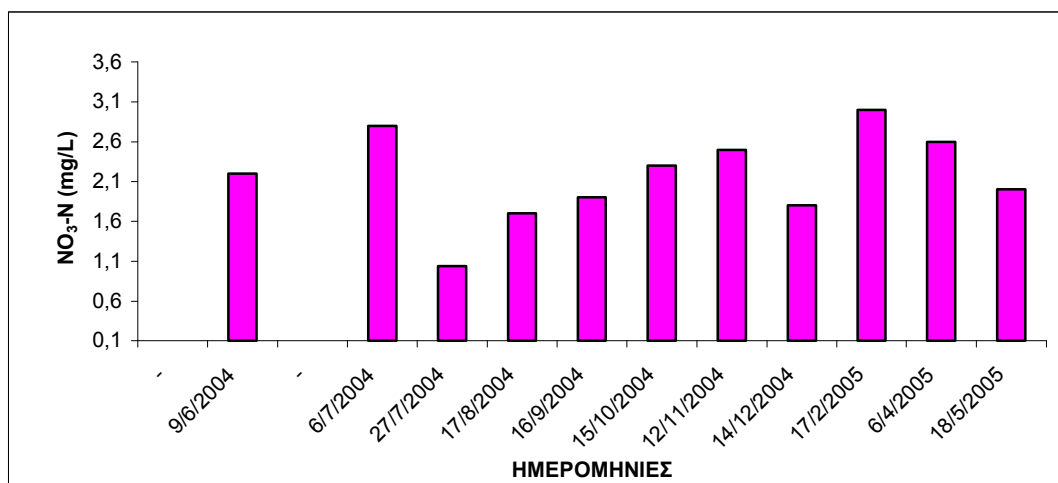
Από τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης της Κάινας (Σχ. 8.6) παρατηρείται η απουσία μόλυνσης. Μόνο στις 27/7/2004, 17/8/2004, 17/2/2005 και 6/4/2005 παρουσίασε ένα πολύ μικρό αριθμό ολικών κολοβακτηρίων.



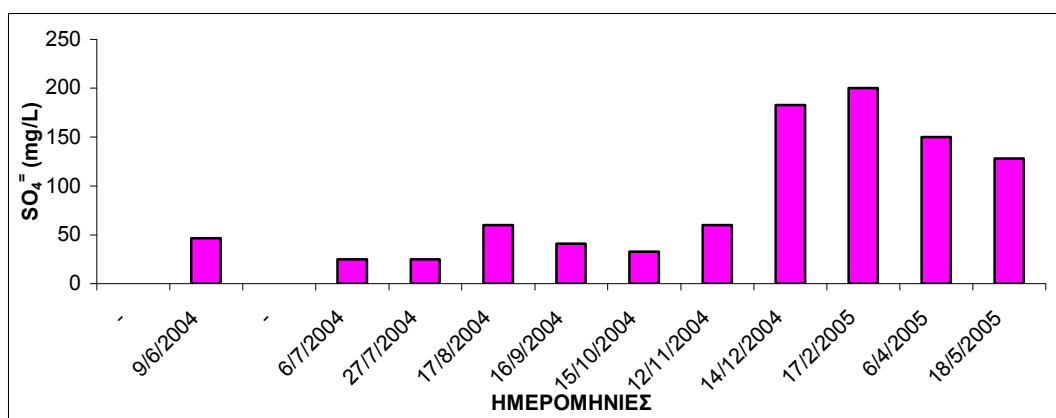
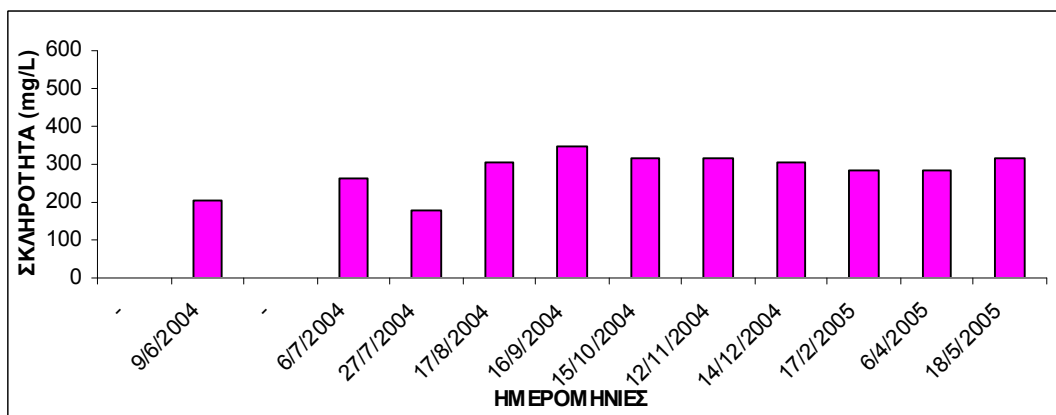
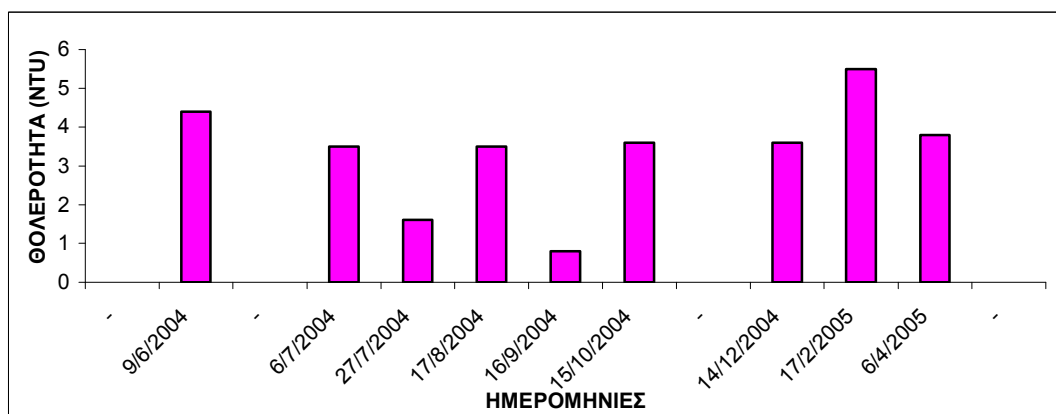
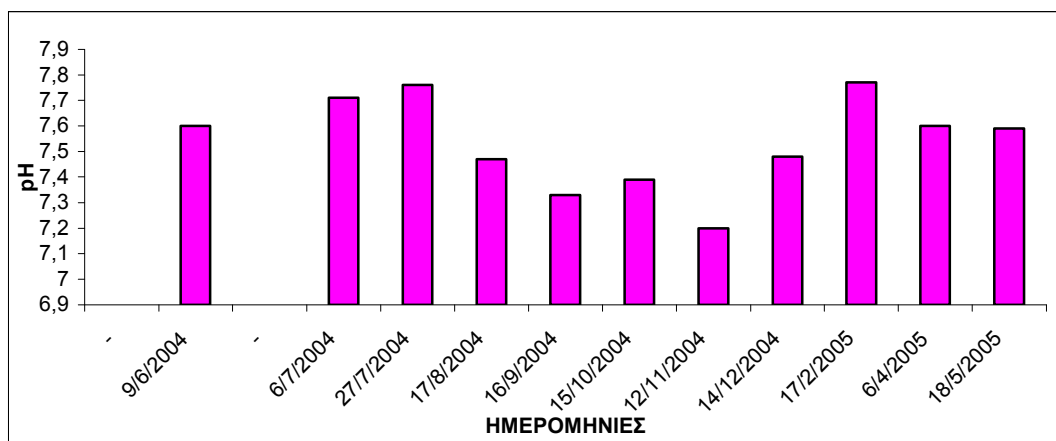
**Σχήμα 8.2 :** Μεταβολή κατανάλωσης νερού γεώτρησης Κάινας από 9/6/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.



**Σχήμα 8.3 :** Μεταβολή του BOD – COD – NPOC – Απορρυπαντικών σε δείγματα νερού της γεώτρησης Κάινας από 31/04/2004 έως 17/02/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

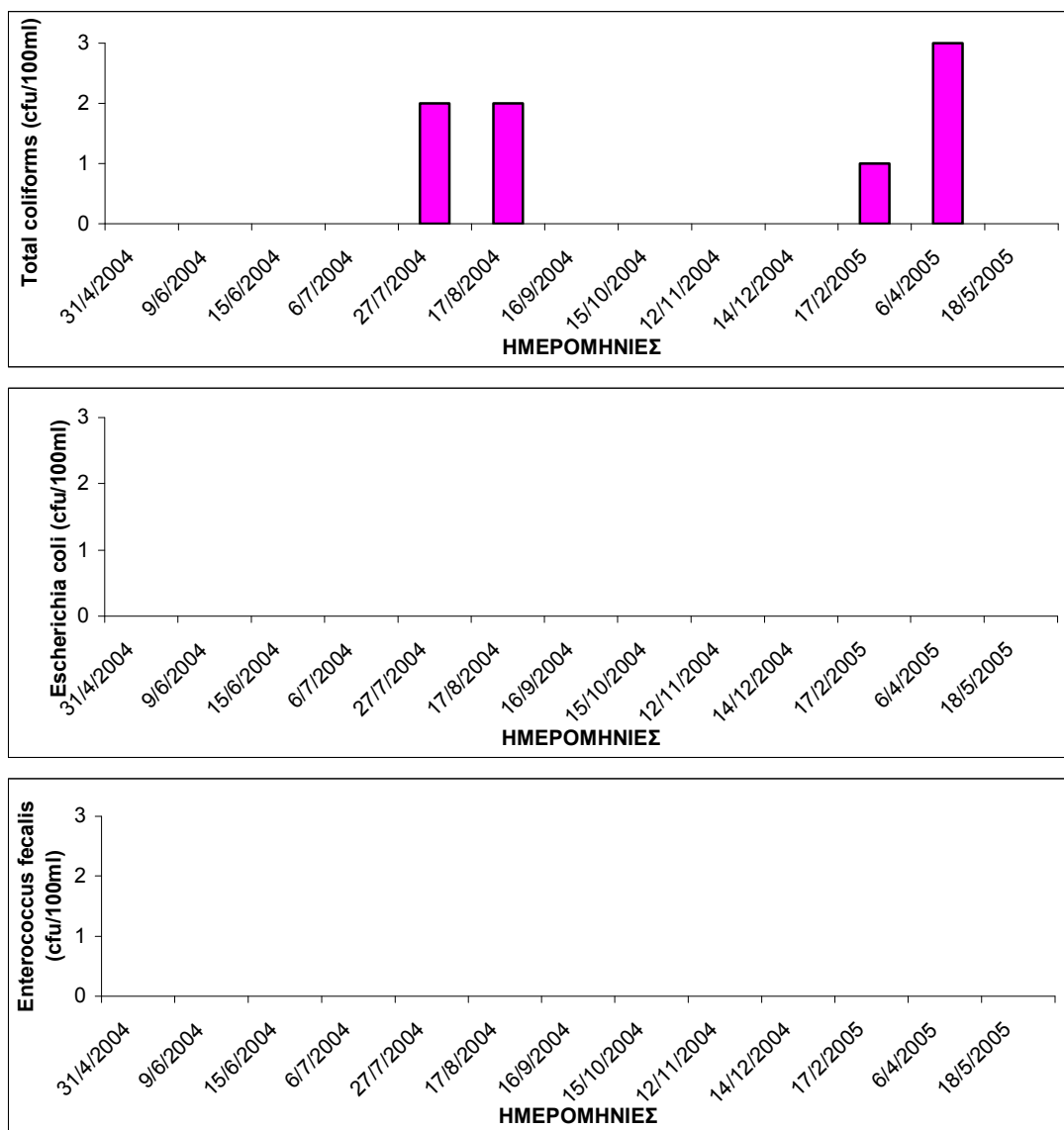


**Σχήμα 8.4** : Μεταβολή συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων (Νιτρικό Άζωτο, Φωσφορικός Φώσφορος και Αμμωνιακό άζωτο) σε δείγματα νερού της γεώτρησης Κάινας από 31/4/2004 έως 18/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.



**Σχήμα 8.5 :** Μεταβολή των παραμέτρων pH, θολερότητα, σκληρότητα και θειικά ιόντα σε δείγματα νερού της γεώτρησης Κάινας από 9/6/2004 έως 18/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.





**Σχήμα 8.6 :** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε δείγματα νερού της γεώτρησης Κάινας από 31/4/2004 έως 18/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

## 8.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Οι εργαστηριακές αναλύσεις του δικτύου του Δήμου Βάμου επικεντρώθηκαν στην μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου της περιοχής καθώς και στις μικροβιολογικές αναλύσεις. Οι αναλύσεις, έδειξαν την έλλειψη του απαραίτητου υπολειμματικού χλωρίου καθώς και τον ανεπίτρεπτο αριθμό μικροβιακού φορτίου.

Στα Σχήματα 8.7, 8.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Κόκκινου Χωριού του Δήμου Βάμου. Το pH είναι φυσιολογικό αν και παρουσιάζει μια μικρή αστάθεια και σύμφωνα με το νερό των Χανίων (Πινάκας 5) αλλά και τον κανονισμό δεν υπερβαίνει τα επιθυμητά όρια. Η αγωγιμότητα, ενώ αρχικά παρουσιάζει σταθερές τιμές, από τις 19/9/2004 έως τις 14/12/2004 εμφανίζει υψηλές τιμές (από 514μS/cm έως 781μS/cm) που βρίσκονται, όμως, εντός των επιτρεπτών ορίων. Το δίκτυο των Χανίων παρουσιάζει σταθερές και αρκετά χαμηλότερες τιμές αγωγιμότητας από την συγκεκριμένη περιοχή. Το υπολειμματικό χλώριο είναι σχεδόν ανύπαρκτο, εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις στην μία από τις οποίες παρουσίασε πολύ υψηλή συγκέντρωση. Είναι στις 6/4/2005 όπου παρουσίασε την υπερβολική τιμή των 0,96mg/L υπολειμματικού χλωρίου η οποία υπερβαίνει κατά πολύ τις σταθερές τιμές των 0,25 – 0,35 mg/L του νερού του δικτύου του Δ. Χανίων. Λόγω αυτής της έλλειψης του υπολειμματικού χλωρίου παρουσιάστηκαν και οι υψηλές τιμές των κολοβακτηρίων, οι οποίες θα έπρεπε να είναι μηδενικές σύμφωνα με τον

κανονισμό. Στις 17/5/2005 παρουσίασε 53 αποικίες ολικών κολοβακτηρίων/ 100ml δείγματος και 23 αποικίες εντερόκοκκων/ 100ml δείγματος, ενώ στις 15/10/2004 παρουσίασε τον υπερβολικό αριθμό των >60 αποικίες εντερόκοκκων/ 100ml δείγματος καθώς και 17 αποικίες/ 100ml δείγματος ολικών κολοβακτηρίων και 2 αποικίες κοπρανών κολοβακτηρίων/ 100ml δείγματος.

Στα Σχήματα 8.9, 8.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Κεφαλά του Δήμου Βάμου. Το pH εμφανίζει φυσιολογικές τιμές με χαμηλή διακύμανση. Οι τιμές του κυμαίνονται από 7,52 έως 8,43 και δεν ξεπερνάνε τις επιθυμητές τιμές βάση του κανονισμού. Οι τιμές της αγωγιμότητας παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση και ξεκινάνε από 204 $\mu$ S/cm και φτάνουν μέχρι 729 $\mu$ S/cm. Οι τιμές αυτές μπορεί να είναι υψηλές αλλά είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Υπάρχει, επίσης, αρκετή διαφορά με τις σταθερές τιμές των 250 – 270  $\mu$ S/cm του νερού του δικτύου του Δ. Χανίων. Το υπολειμματικό χλώριο βρίσκεται, κυρίως, χαμηλότερα από τις επιθυμητές του τιμές (σύμφωνα με τον κανονισμό θα πρέπει να ξεπερνάει τα 0,2mg/L), με εξαίρεση δύο σημεία. Στις 12/11/2004 που είχε συγκέντρωση 0,23mg/L και στις 6/4/2005 όπου η συγκέντρωσή του έφτασε τα 0,3mg/L. Για τον λόγο αυτό εμφανίζονται και οι υψηλές τιμές κολοβακτηρίων που φυσιολογικά και σύμφωνα με τον κανονισμό θα έπρεπε να είναι μηδενικές. Πιο αναλυτικά, στις 15/6/2004 εμφανίστηκαν 11 αποικίες ολικών κολοβακτηρίων/ 100ml δείγματος, ενώ στις 6/7/2004 30 αποικίες ολικών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος, 2 αποικίες κοπρανών κολοβακτηρίων/ 100ml δείγματος και 59 αποικίες εντερόκοκκων/ 100ml δείγματος.

Στα Σχήματα 8.11, 8.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Γαβαλοχωρίου του Δήμου Βάμου. Το νερό της περιοχής Γαβαλοχωρίου είναι νερό απευθείας από τον Δ. Αρμένων (Μαντουδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία) γι' αυτό και παρουσιάζει συγκριτικά με τις άλλες περιοχές του Δ. Βάμου διαφορετικά αποτελέσματα. Το pH εμφανίζεται φυσιολογικό με τιμές που κυμαίνονται από 7,82 μέχρι 8,53 και είναι εντός των επιτρεπτών ορίων. Η αγωγιμότητα είναι και αυτή σταθερή με τιμές που κυμαίνονται από 201 $\mu$ S/cm μέχρι 277 $\mu$ S/cm, τιμές που πλησιάζουν τα επίπεδα του νερού του δικτύου του Δ. Χανίων. Υπολειμματικό χλώριο εμφανίζεται τις περισσότερες φορές και φτάνει μέχρι τα 0,4mg/L στις 17/5/2005. Στις 27/7/2004, όμως, που υπήρχε έλλειψη υπολειμματικού χλωρίου εμφανίστηκαν 4 αποικίες εντερόκοκκων/ 100ml δείγματος. Κολοβακτήρια εμφανίστηκαν, επίσης, στις 15/6/2004 και στις 6/7/2004, που δεν είχε γίνει μέτρηση υπολειμματικού χλωρίου, και εμφανίστηκε ο υπερβολικός αριθμός των 20 αποικιών εντερόκοκκου/ 100ml δείγματος. Η εμφάνιση κολοβακτηρίων είναι ανεπιθύμητη αφού ο κανονισμός δεν επιτρέπει ούτε μια αποικία.

Στα Σχήματα 8.13, 8.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Βάμου και συγκεκριμένα στα Γυμνάσια του Δήμου Βάμου. Το pH εμφανίζεται φυσιολογικό με τιμές που κυμαίνονται από 7,7 μέχρι 8,33 και είναι πολύ κοντά στις τιμές του νερού του δικτύου του Δ. Χανίων και εντός επιτρεπτών ορίων. Η αγωγιμότητα παρουσιάζει 3 τιμές αρκετά υψηλότερες από τις υπόλοιπες. Ενώ στις 6/7/2004 η τιμή της ήταν 421 $\mu$ S/cm, στις 27/7/2004, 17/8/2004 και 16/9/2004 η τιμή της ήταν 617,718 και 718 $\mu$ S/cm αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές μπορεί να κυμαίνονται εντός των επιθυμητών ορίων, απέχουν, όμως, κατά πολύ από τις ιδανικές τιμές της αγωγιμότητας (250 – 270 $\mu$ S/cm) του νερού του δικτύου του Δ. Χανίων. Το υπολειμματικό χλώριο δεν είναι αρκετό αφού σε όλες τις εργαστηριακές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν δεν εμφανίστηκε αρκετή ποσότητα για την απολύμανση του δικτύου. Η θολρότητα κυμάνθηκε από 2 έως 6,3 NTU εκτός από 2 τιμές που εμφανίστηκαν ακραίες και ήταν η μια στις 15/10/2004 11,3 NTU και η άλλη στις 17/2/2005 πάνω από 50 NTU. Οι τιμές αυτές ξεπερνούν κατά υπερβολικό βαθμό τις φυσιολογικές τιμές του νερού του δικτύου του Δ. Χανίων. Οι ακραίες τιμές αυτές μπορεί να οφείλονται σε επισκευές που μπορεί να πραγματοποιήθηκαν τις συγκεκριμένες στιγμές στο δίκτυο (Μαντουδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία). Τα ολικά κολοβακτήρια παρουσίασαν στις 9/6/2004 3 αποικίες /100ml δείγματος, στις 15/6/2004 19 αποικίες /100ml δείγματος και στις 6/7/2004 2 αποικίες /100ml. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια παρουσίασαν στις 9/6/2004 και 15/6/2004 1 αποικία /100ml δείγματος. Οι εντερόκοκκοι εμφάνισαν 1 αποικία /100ml δείγματος στις 15/10/2004. Η εμφάνισή τους οφείλεται στην παντελή έλλειψη υπολειμματικού χλωρίου και κανονικά θα έπρεπε να μην υφίσταται. Η συγκεκριμένη βρύση βρίσκεται σε χώρο σχολείου το οποίο αν λειτουργούσε τη συγκεκριμένη περίοδο θα εμφανιζόντουσαν πάρα πολλά προβλήματα στους μαθητές.

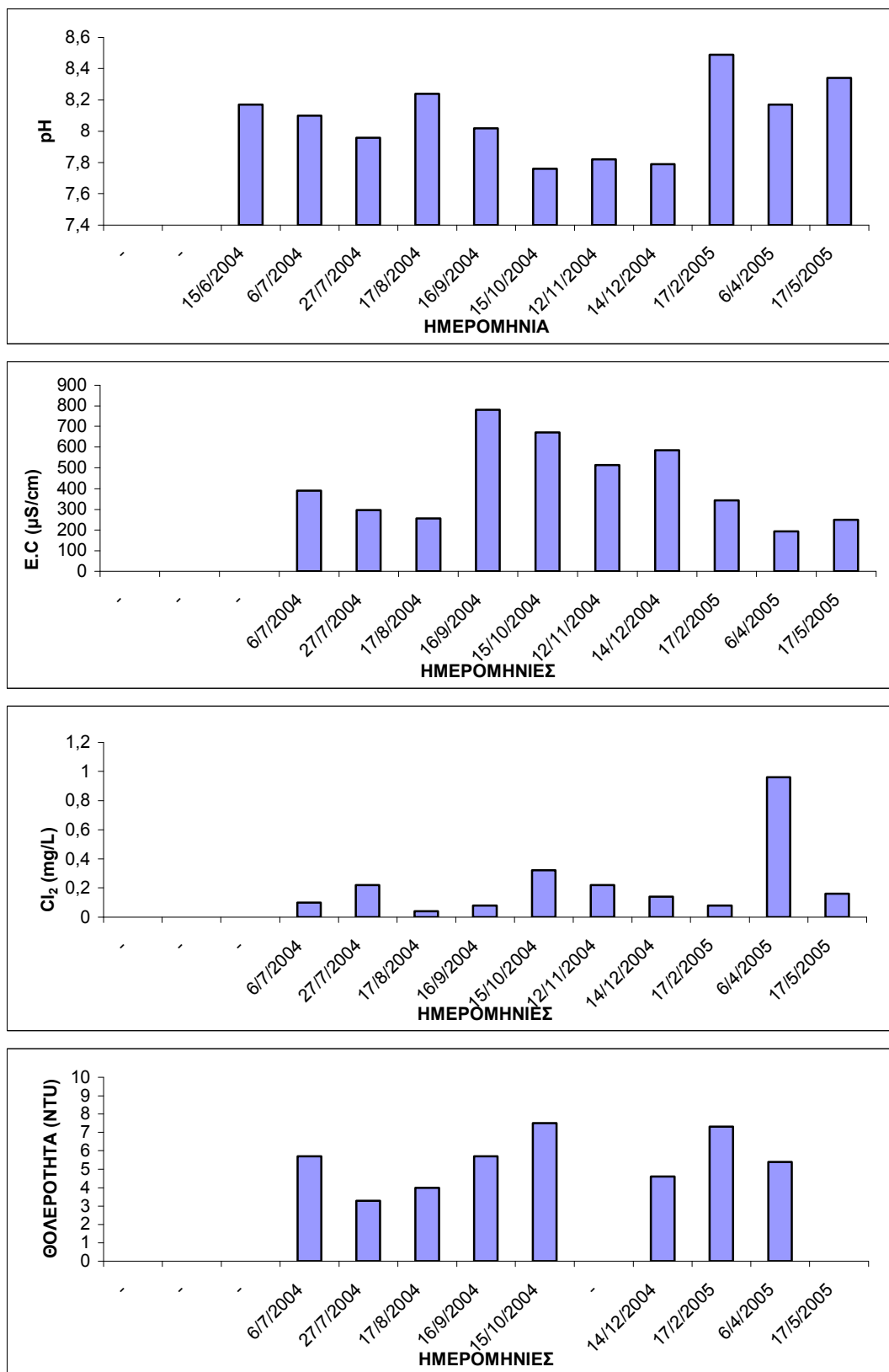
Στα Σχήματα 8.15, 8.16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Βάμου και συγκεκριμένα στο Κέντρο Υγείας του Δήμου Βάμου. Το pH εμφανίζεται με τιμές που κυμαίνονται από 7,56 μέχρι 8,23 οι οποίες σύμφωνα με τον κανονισμό είναι εντός φυσιολογικών ορίων. Η αγωγιμότητα εμφανίζεται εντός ορίων, λίγο πιο αυξημένη από την ενδεικτική και οι τιμές τις κυμαίνονται από 527 $\mu$ S/cm έως 711 $\mu$ S/cm. Η θολερότητα είναι υψηλότερη από αυτή του Δ. Χανίων και κυμαίνεται από 1,4 NTU έως 7,8 NTU. Το υπολειμματικό χλώριο είναι ανύπαρκτο και παρόλα αυτά εμφανίζεται μόνο 1 αποικία εντερόκοκκου /100ml δείγματος στις 15/10/2004.

Στα Σχήματα 8.17, 8.18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Βάμου και συγκεκριμένα στο Καφενείο του Δήμου Βάμου. Το pH εμφανίζεται φυσιολογικό με τιμές που κυμαίνονται από 7,64 μέχρι 8,3. Η αγωγιμότητα ενώ κυμαίνεται κυρίως σε τιμές μεταξύ 200  $\mu$ S/cm και 400  $\mu$ S/cm, στις 27/7/2004, 17/8/2004 και στις 16/9/2004 παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες των ενδεικτικών αλλά εντός ορίων οι οποίες είναι 659, 744 και 637  $\mu$ S/cm αντίστοιχα. Το υπολειμματικό χλώριο εμφανίζεται στα σωστά επίπεδα, σύμφωνα με τον κανονισμό, μόνο 3 φορές. Στις 12/11/2004 όπου η τιμή του ήταν 0,27mg/L, στις 14/12/2004 0,25mg/L και στις 17/2/2005 όπου η τιμή του ήταν 0,25mg/L. Στις 6/7/2004 όπου υπήρχε έλλειψη υπολειμματικού χλωρίου εμφανίστηκε 1 αποικία εντερόκοκκου /100ml δείγματος.

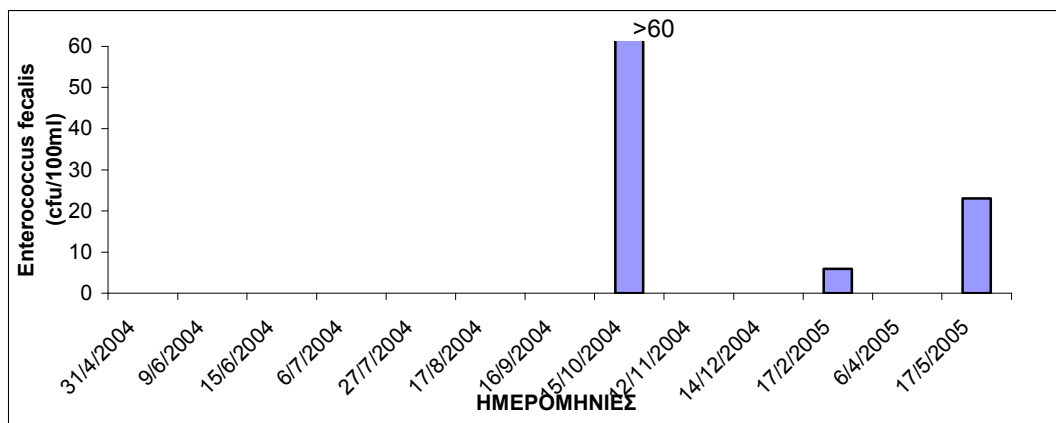
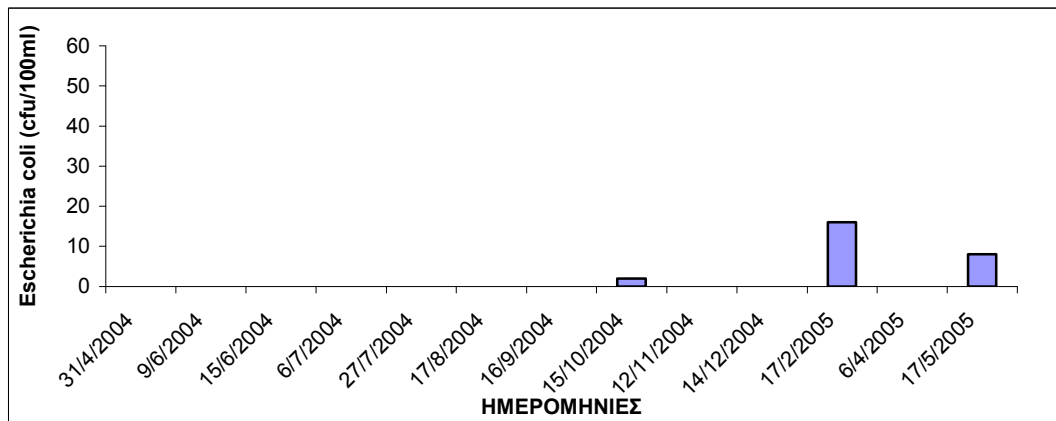
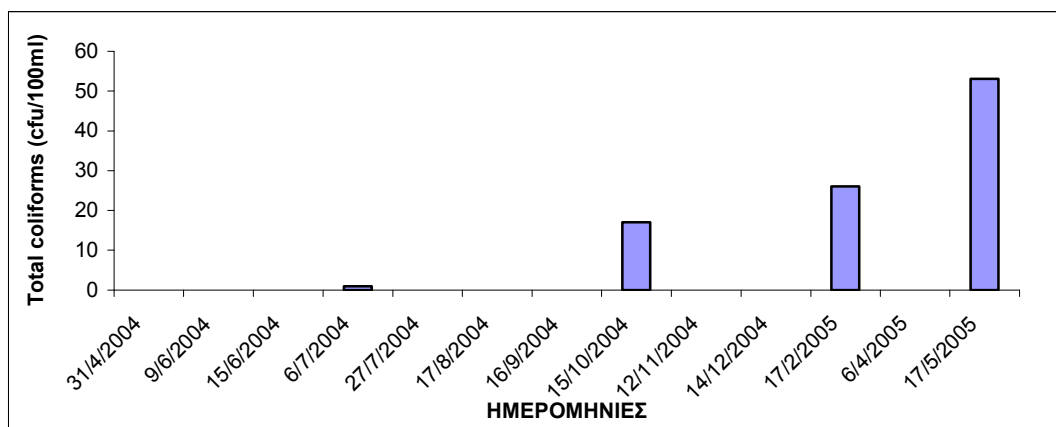
Στα Σχήματα 8.19, 8.20 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής του Βάμου και συγκεκριμένα στον Μπλουμοσήφη του Δήμου Βάμου. Το pH εμφανίζεται φυσιολογικό με τιμές που κυμαίνονται από 7,48 μέχρι 8,03. Η αγωγιμότητα παρουσιάζει 1 τιμή φυσιολογική, στις 6/7/2004 374  $\mu$ S/cm, ενώ στις υπόλοιπες μετρήσεις κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, εντός όμως των επιτρεπτών ορίων, από 636  $\mu$ S/cm έως 734  $\mu$ S/cm. Το υπολειμματικό χλώριο είναι ανύπαρκτο γι' αυτό και εμφανίζονται αποικίες ολικών κολοβακτηρίων και εντερόκοκκων. Συγκεκριμένα, στις 6/7/2004 εμφανίστηκαν 12 αποικίες ολικών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος και στις 17/8/2004 1 αποικία εντερόκοκκου /100ml δείγματος. Οι τιμές της θολερότητας ήταν φυσιολογικές και ξεκινούσαν από 0,8 έως 4,3NTU.

Στα Σχήματα 8.21, 8.22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων της περιοχής της Πλάκας του Δήμου Βάμου. Το pH εμφανίζεται φυσιολογικό με τιμές που κυμαίνονται από 7,86 μέχρι 8,52. Η αγωγιμότητα παρουσιάζεται και αυτή φυσιολογική και εντός των ενδεικτικών πλαισίων με τιμές που κυμαίνονται από 197  $\mu$ S/cm έως 485  $\mu$ S/cm. Το υπολειμματικό χλώριο εμφανίζεται σε 3 χρονικές στιγμές, στις 16/9/2004 με φυσιολογική τιμή 0,27mg/L, στις 14/12/2004 με την λίγο υψηλή τιμή των 0,64mg/L και στις 6/4/2005 με την υπερβολική τιμή των 1,16mg/L, σύμφωνα με τον κανονισμό. Στις 16/9/2004 παρόλο που εμφανίζεται υπολειμματικό χλώριο, φαίνεται ότι δεν είναι αρκετό για να απολυμάνει το δίκτυο, αφού συγχρόνως εμφανίζονται και κολοβακτήρια, 43 αποικίες ολικών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος, 57 αποικίες κοπρανών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος και 87 αποικίες εντερόκοκκων /100ml δείγματος. Στις 12/11/2004, λόγω έλλειψης του υπολειμματικού χλωρίου, εμφανίστηκαν ασυνήθιστα υψηλές τιμές κολοβακτηρίων. 100 αποικίες ολικών και κοπρανών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος και 100 αποικίες εντερόκοκκων /100ml δείγματος. Τέλος, στις 17/5/2005 εμφανίστηκαν 15 αποικίες ολικών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος, 8 αποικίες κοπρανών κολοβακτηρίων /100ml δείγματος και 3 αποικίες εντερόκοκκων /100ml δείγματος. Οι τιμές της θολερότητας κυμάνθηκαν από 4,2 NTU έως 10,6 NTU με την τελευταία να είναι λίγο υψηλή.

### 8.2.1 Κόκκινο Χωριό

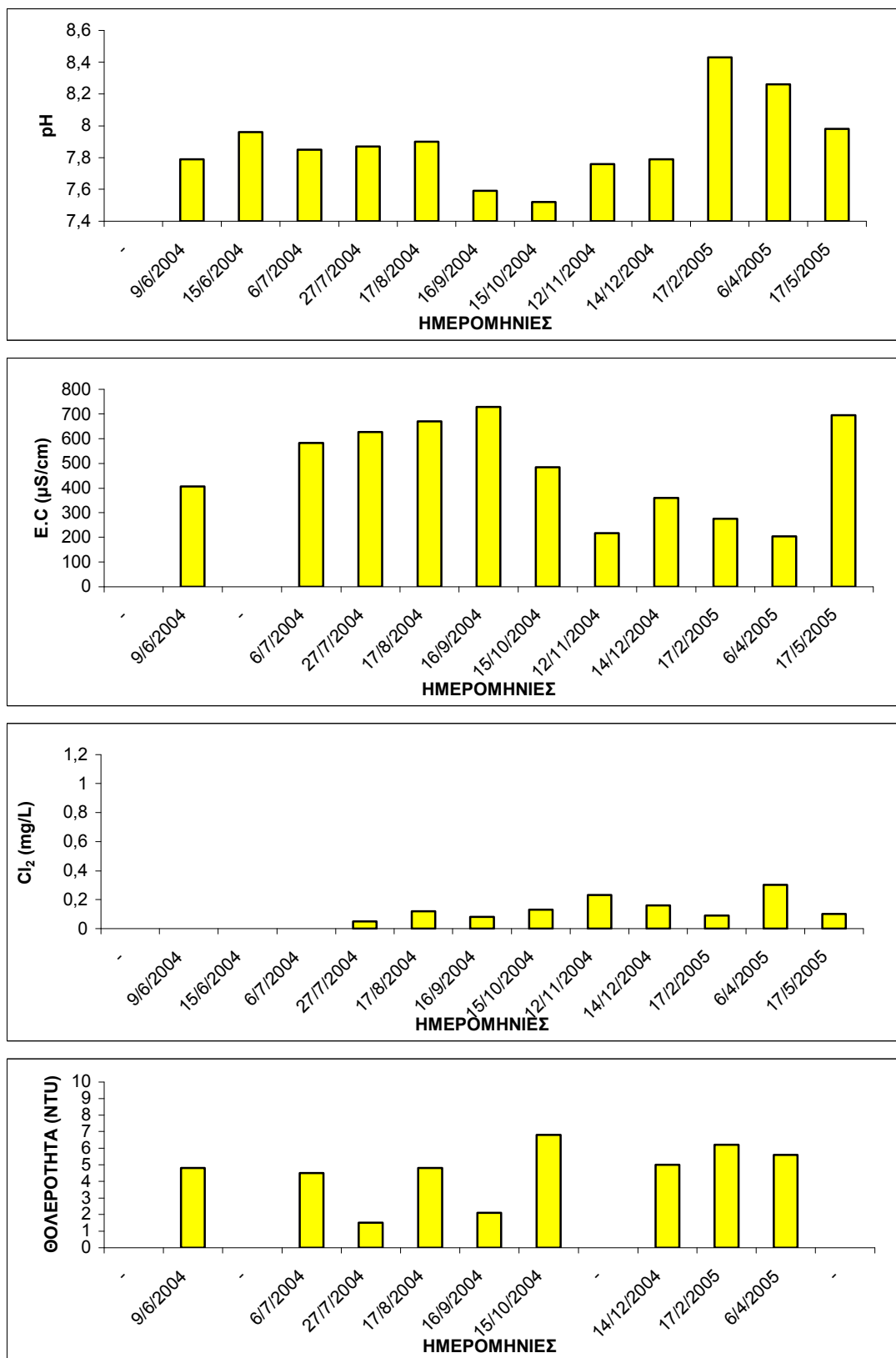


**Σχήμα 8.7 :** Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού της περιοχής Κόκκινο Χωριό του Δ. Βάμου από 15/6/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.

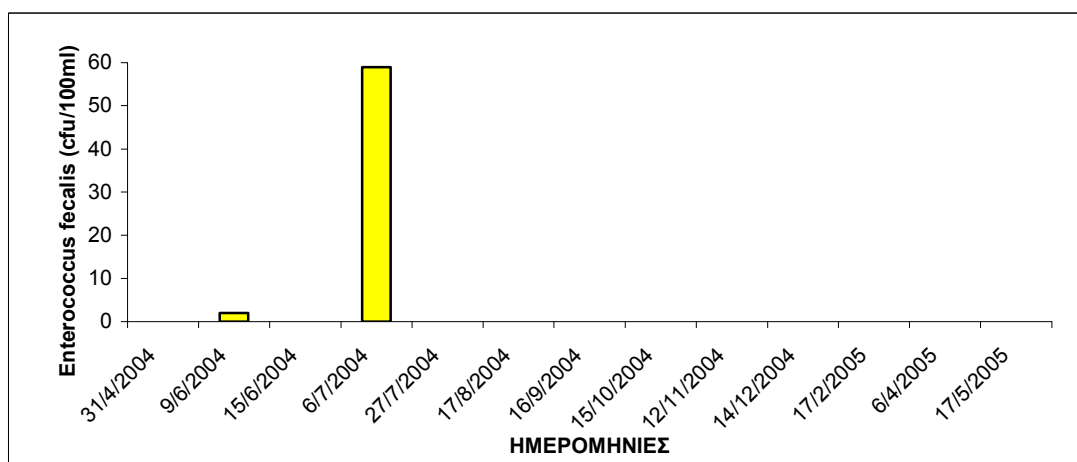
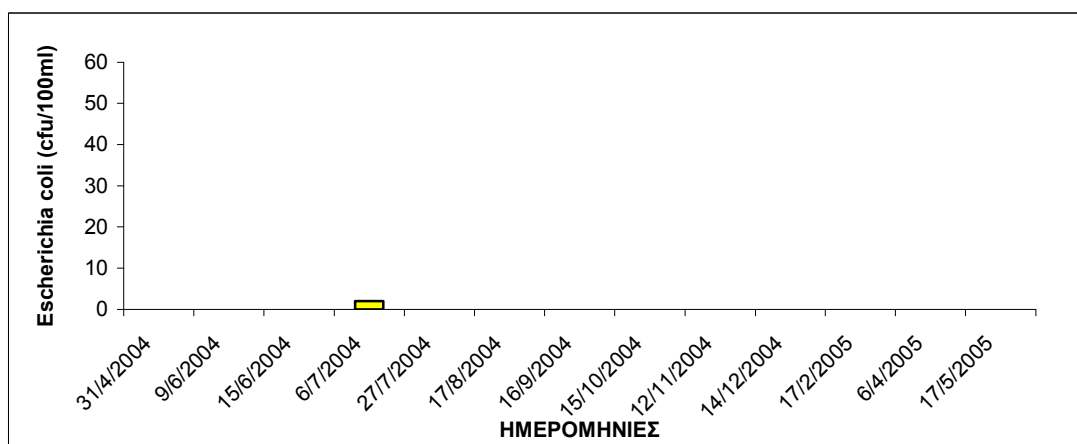
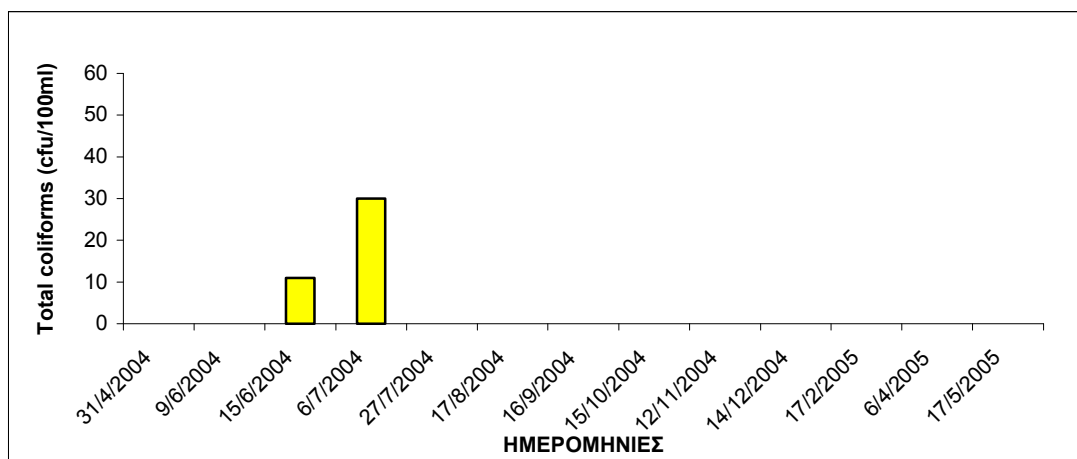


**Σχήμα 8.8** : Μεταβολή μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού της περιοχής Κόκκινο Χωριό του Δ. Βάμου από 6/7/2004 έως 17/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

## 8.2.2 Κεφαλάς



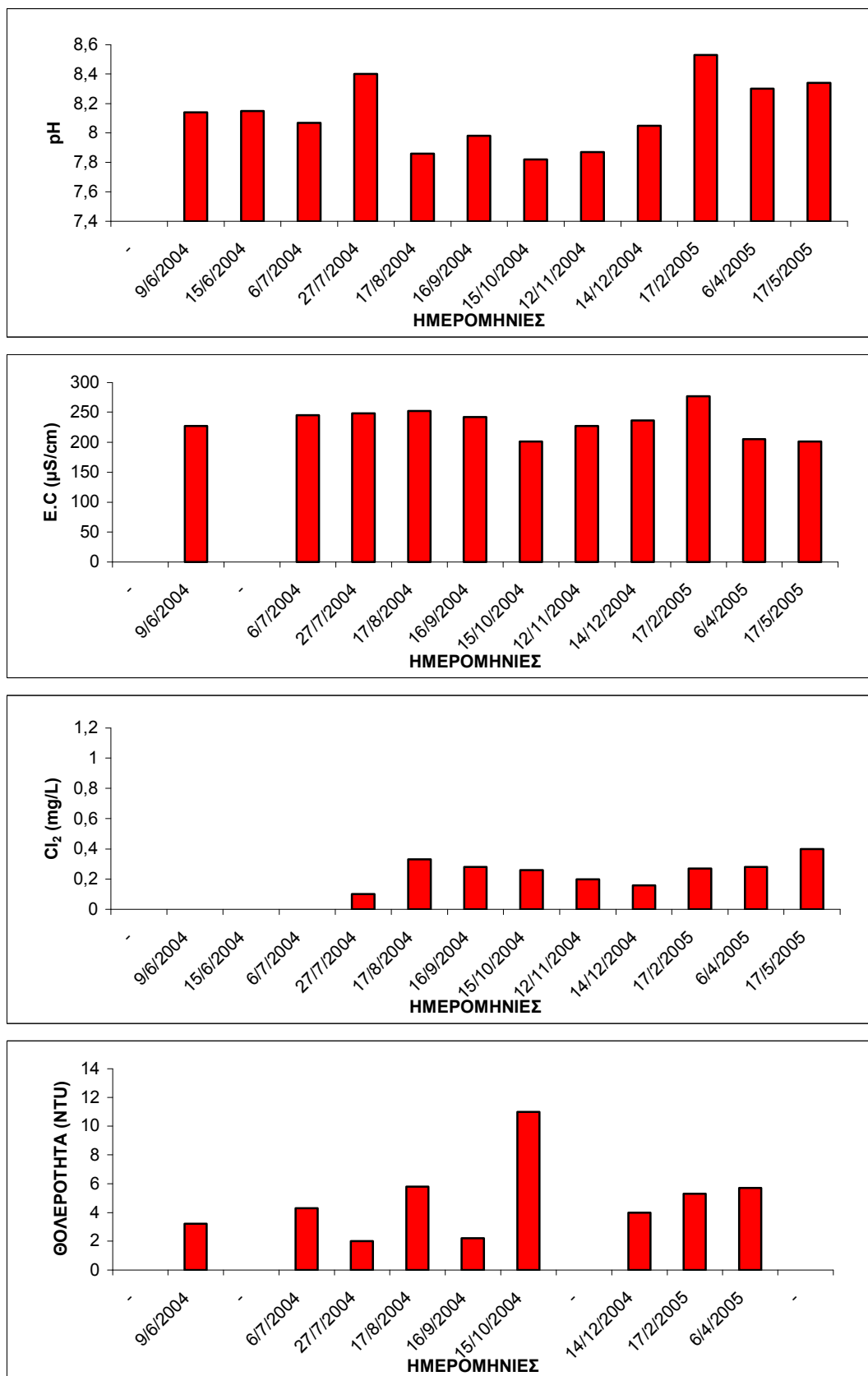
**Σχήμα 8.9 :** Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού της περιοχής Κεφαλάς του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.



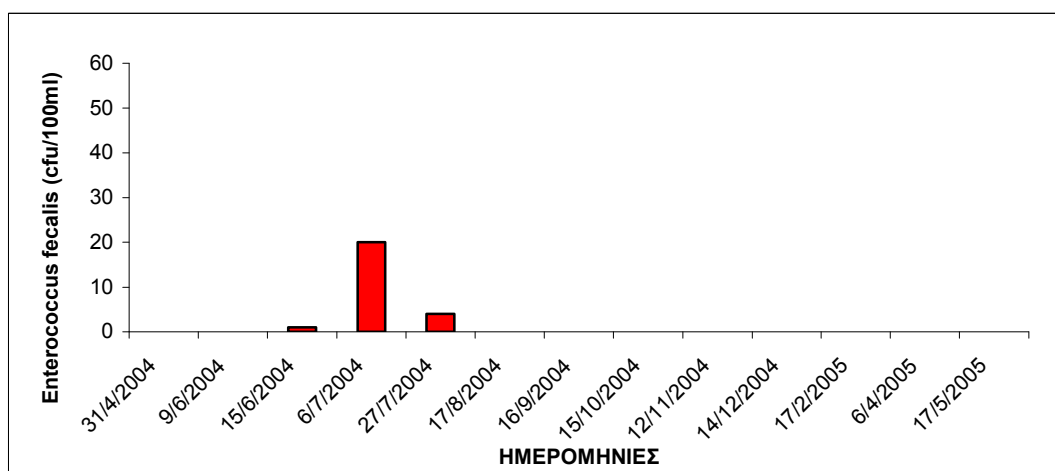
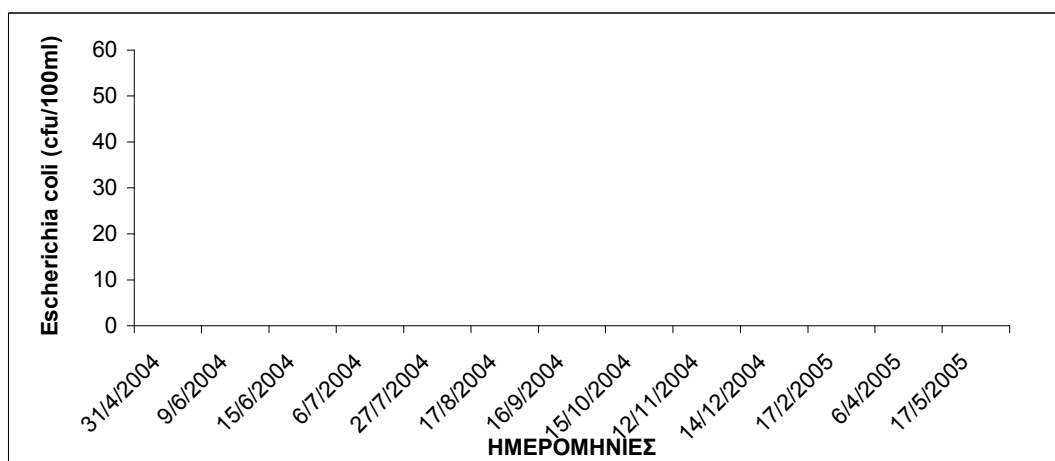
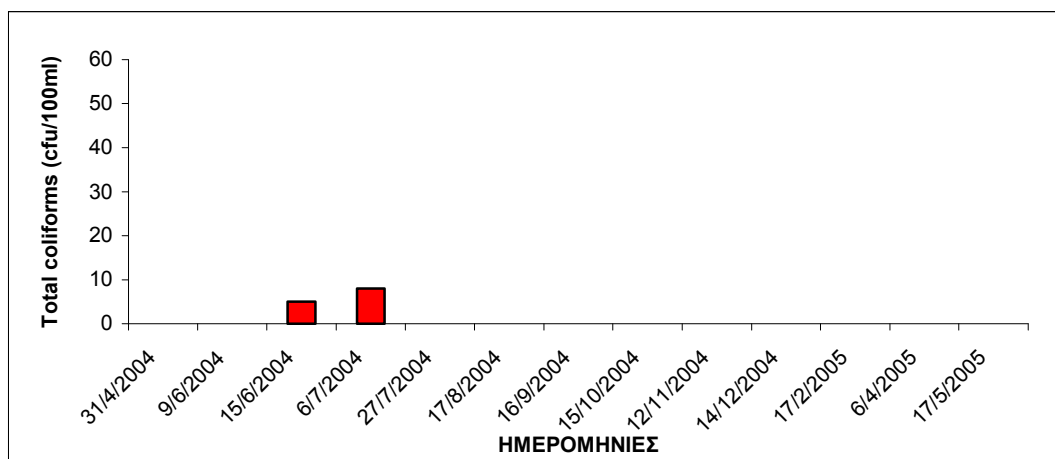
**Σχήμα 8.10** : Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού της περιοχής Κεφαλής του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.



### 8.2.3 Γαβαλοχώρι

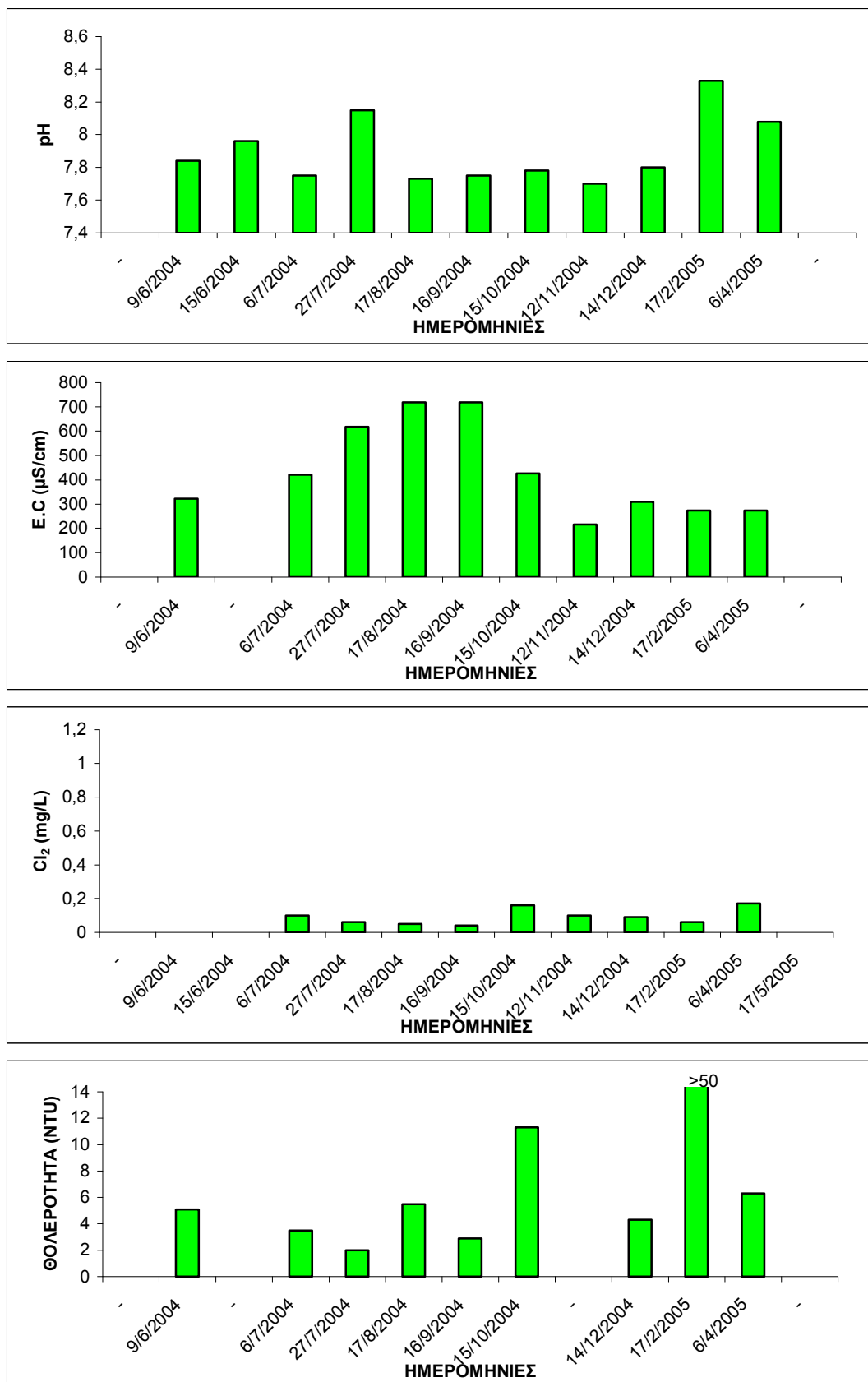


**Σχήμα 8.11** : Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού της περιοχής Γαβαλοχώρι του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

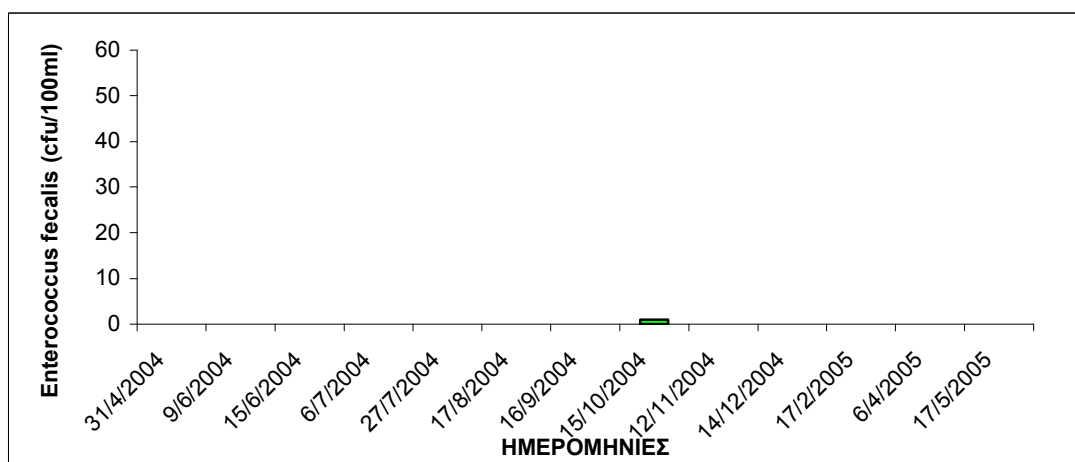
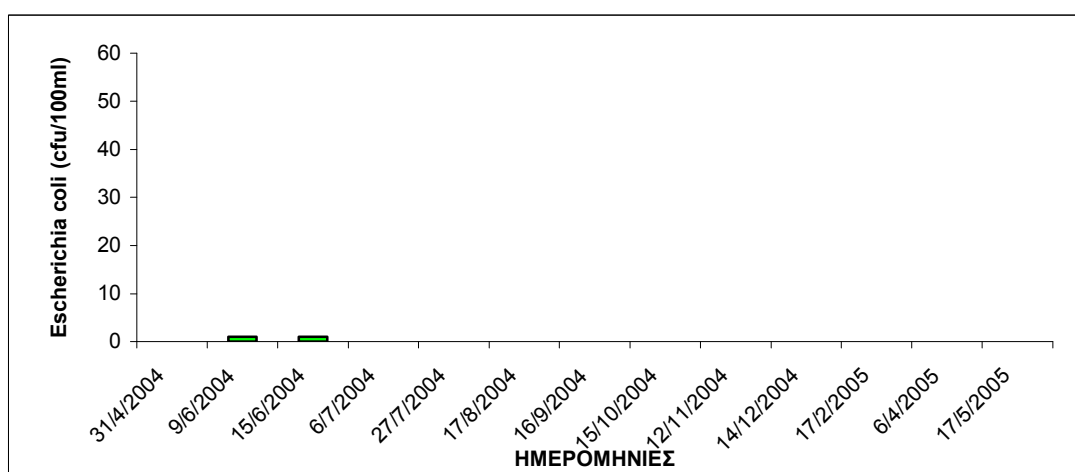
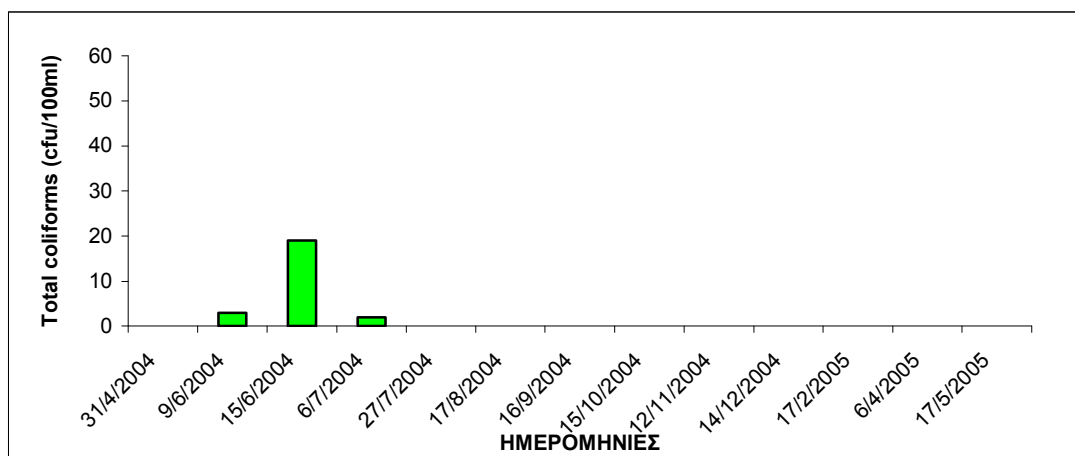


**Σχήμα 8.12 :** Μεταβολή μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού της περιοχής Γαβαλοχώρι του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

### 8.2.4 Βάμος Γυμνάσια

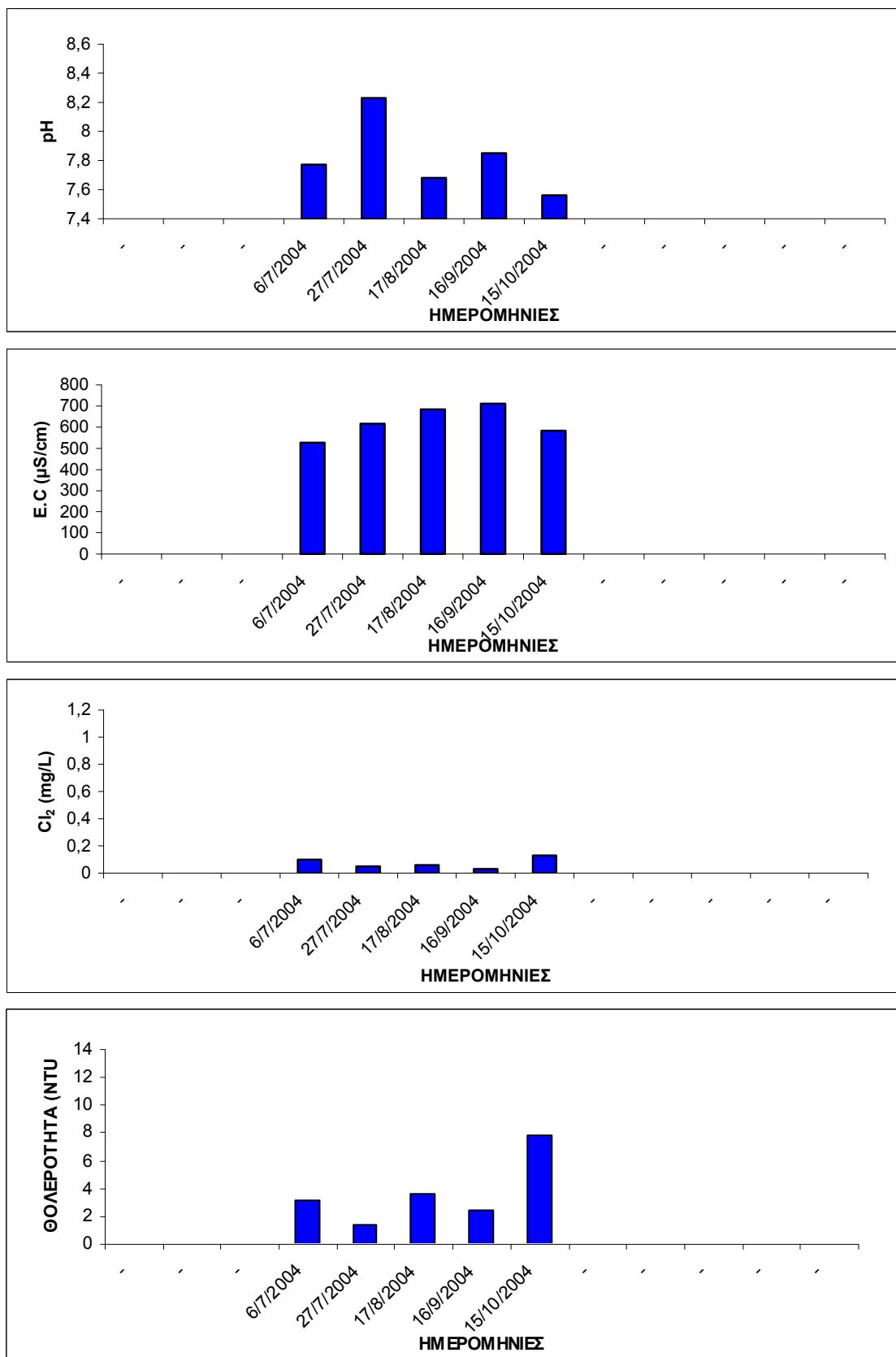


**Σχήμα 8.13** : Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού της περιοχής Βάμος Γυμνάσια του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

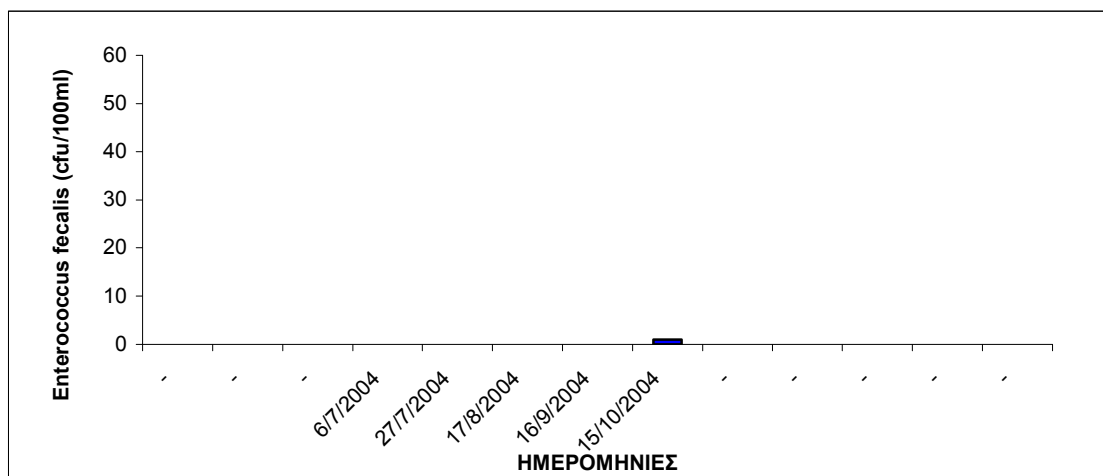
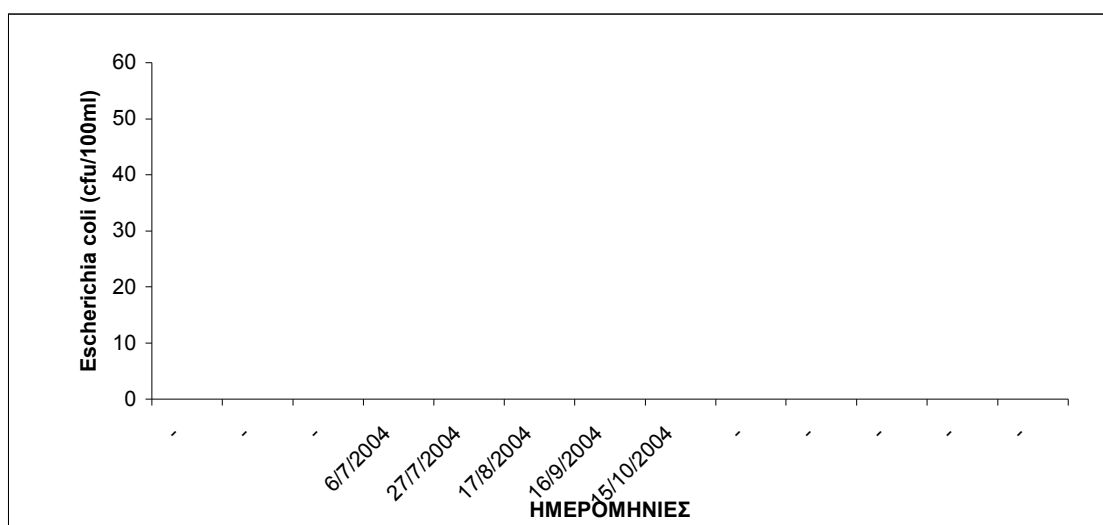
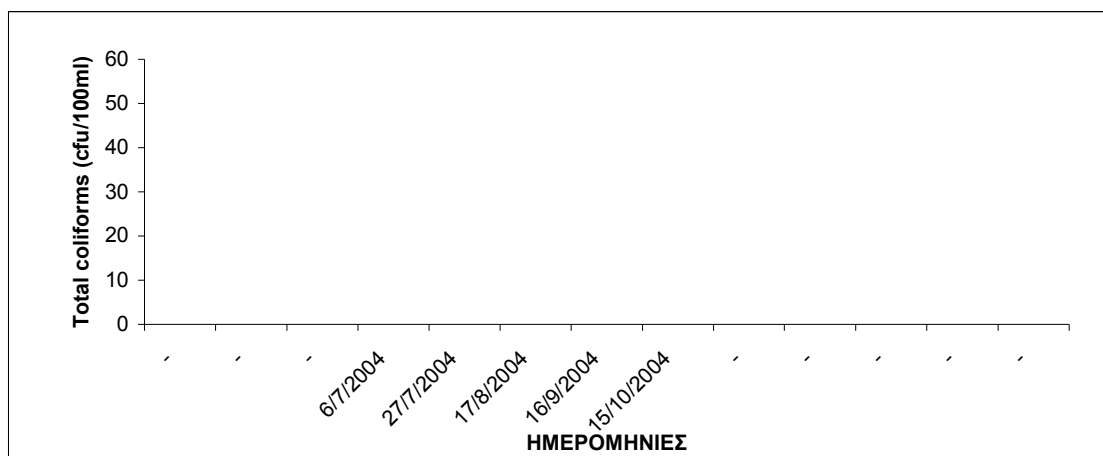


**Σχήμα 8.14** : Μεταβολή μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού της περιοχής Βάμος Γυμνάσια του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

### 8.2.5 Βάμος Κέντρο Υγείας

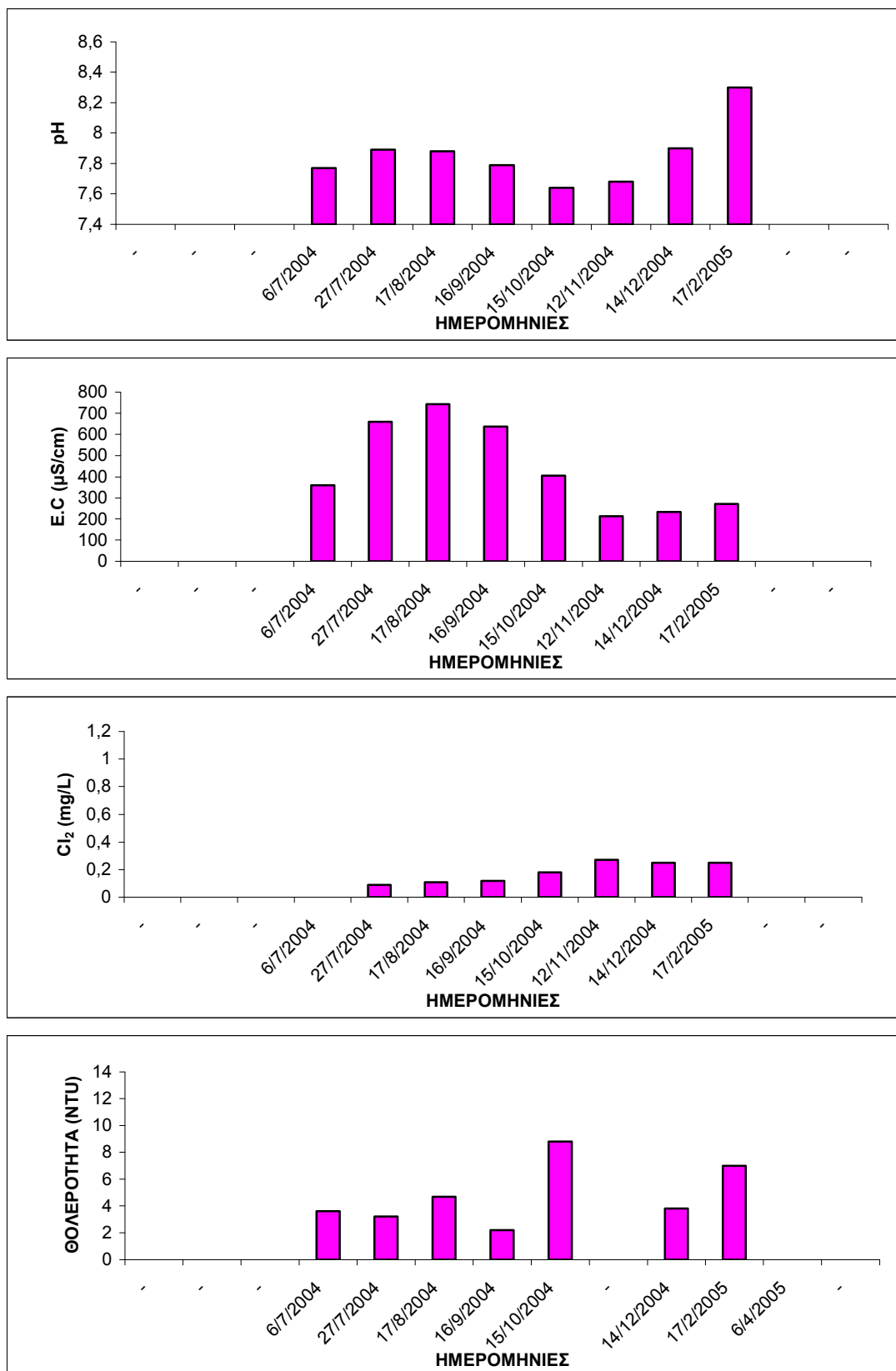


**Σχήμα 8.15** : Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού της περιοχής Βάμος Κέντρο Υγείας του Δ. Βάμου, από 6/7/2004 έως 15/10/2004. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.



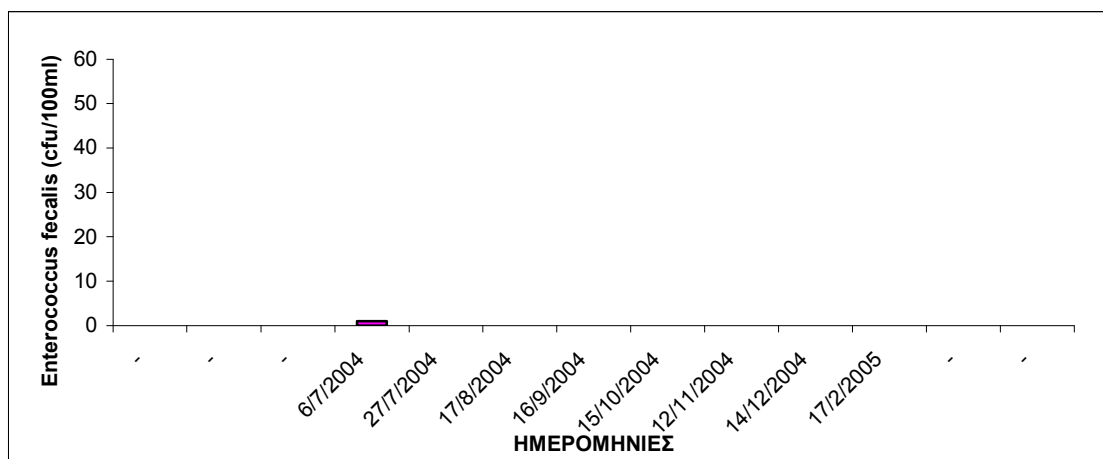
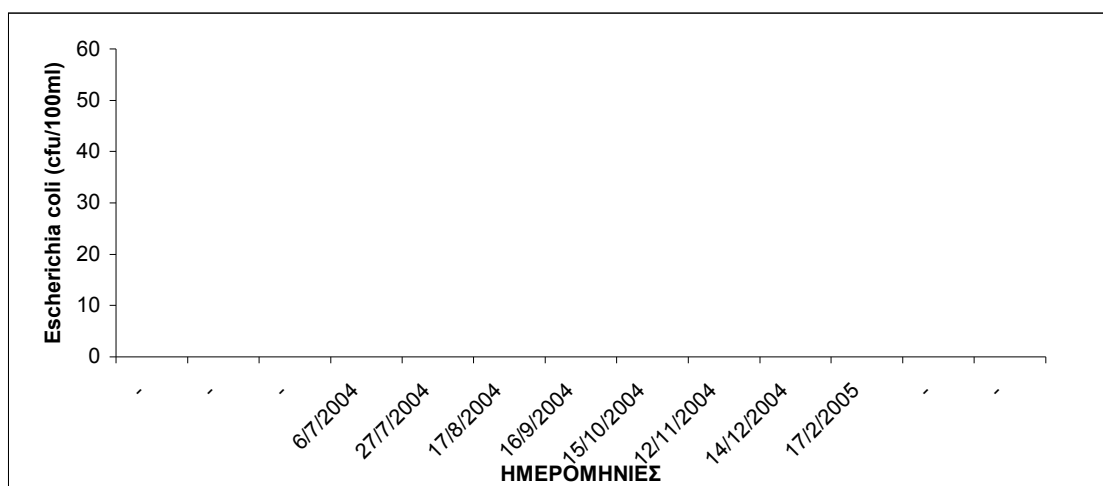
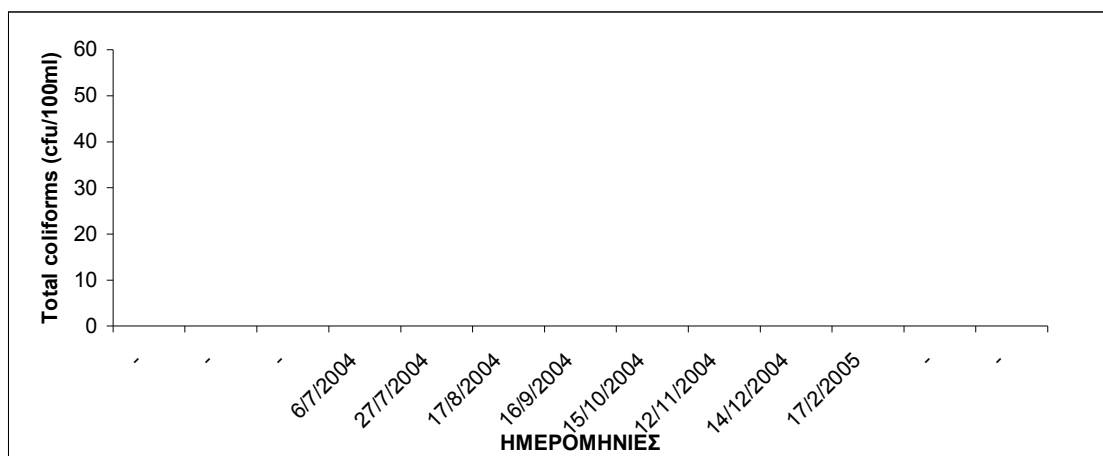
**Σχήμα 8.16 :** Μεταβολή μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού της περιοχής Βάμος Κέντρο Υγείας του Δ. Βάμου, από 6/7/2004 έως 15/10/2004. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

## 8.2.6 Βάμος Καφενείο



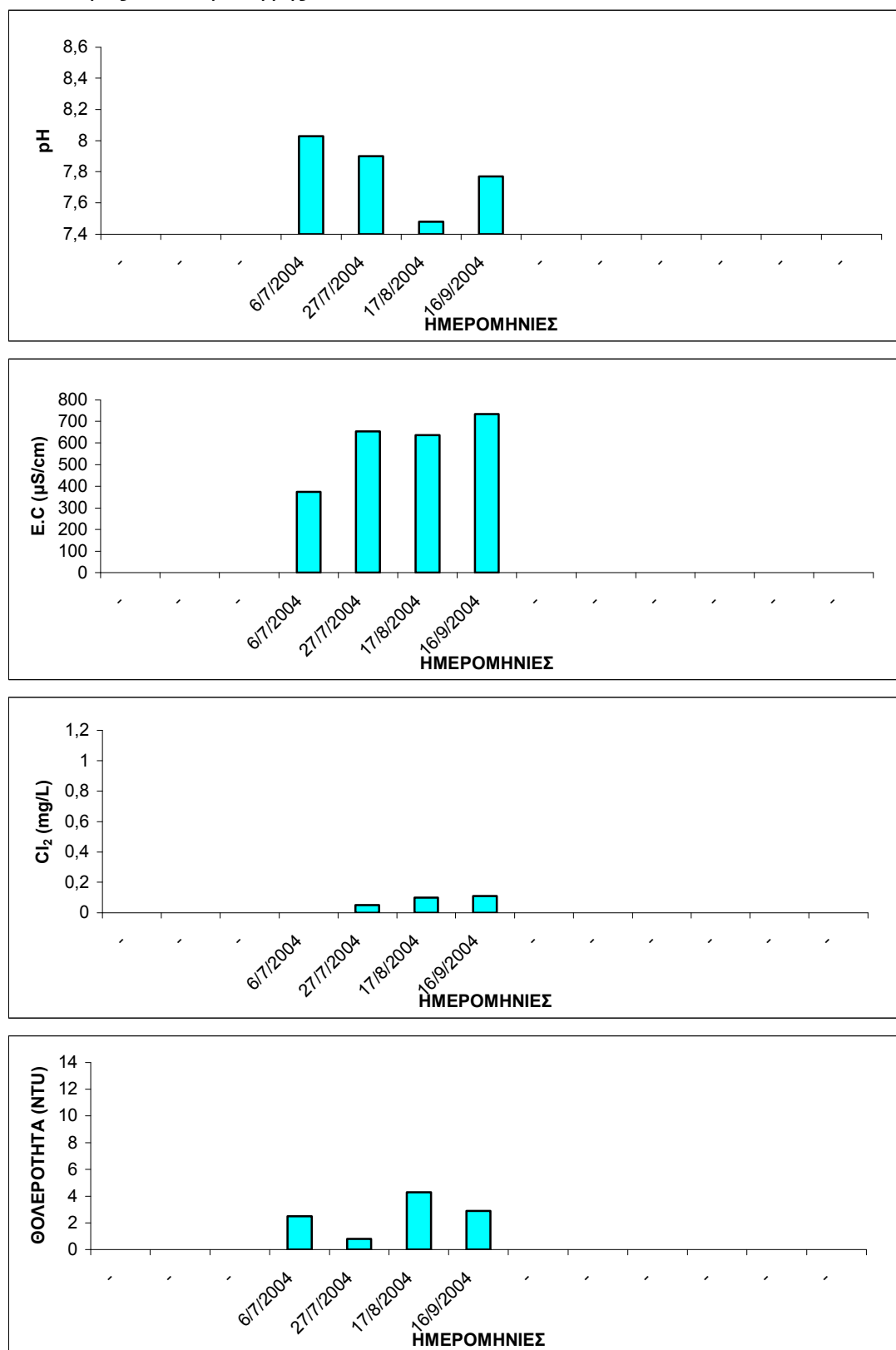
**Σχήμα 8.17** : Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού από το σημείο δειγματοληψίας Βάμος Καφενείο του Δ. Βάμου, από 6/7/2004 έως 17/2/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.



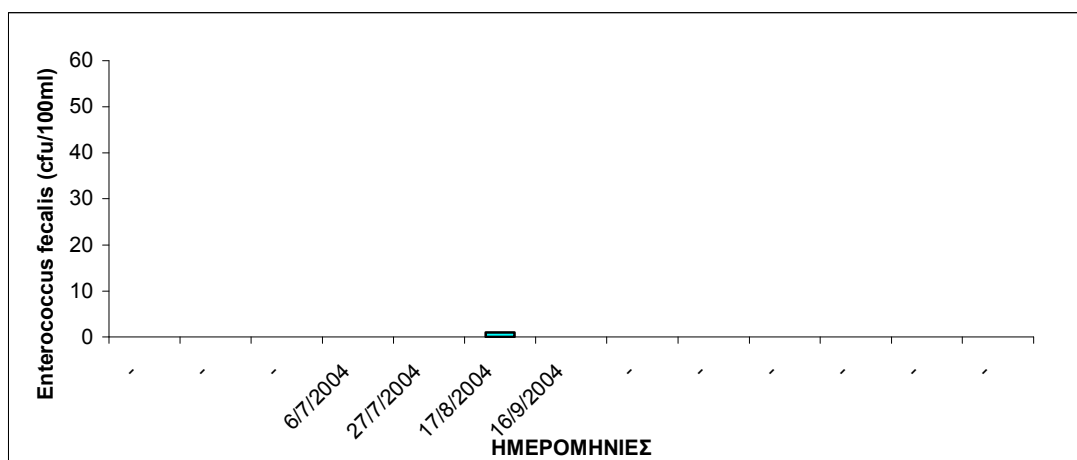
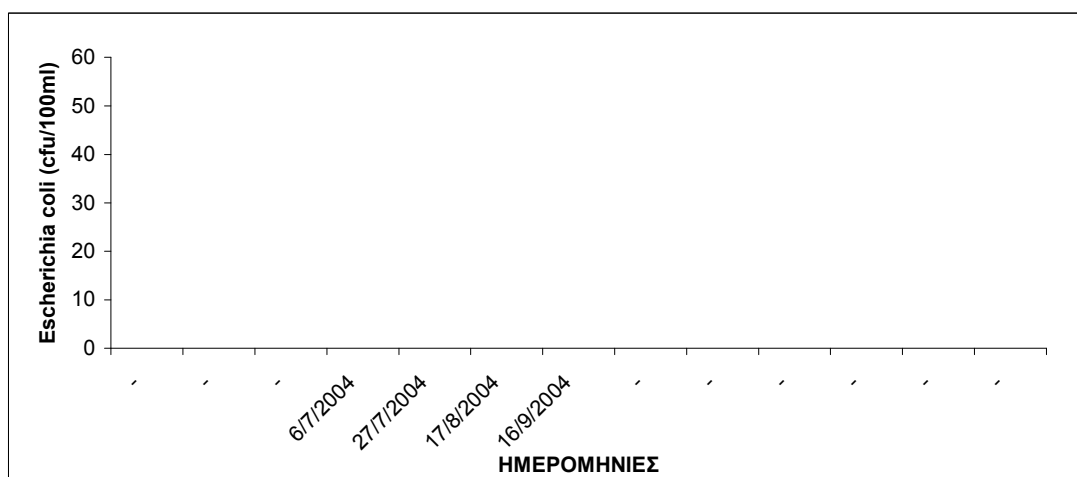
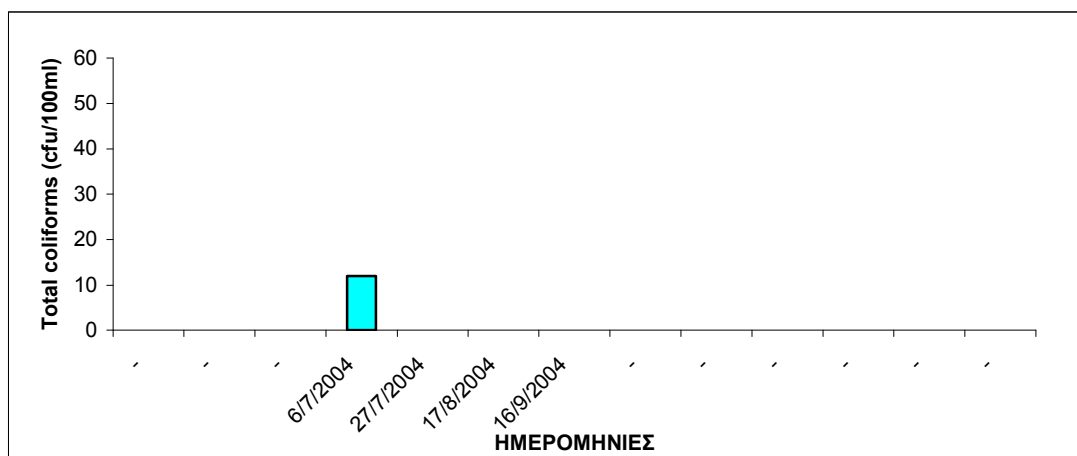


**Σχήμα 8.18** : Μεταβολή αριθμού αποικιών σε δείγματα νερού από το σημείο δειγματοληψίας της περιοχής Βάμος Καφενείο του Δ. Βάμου, από 6/7/2004 έως 17/2/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

### 8.2.7 Βάμος Μπλουμοσήφης

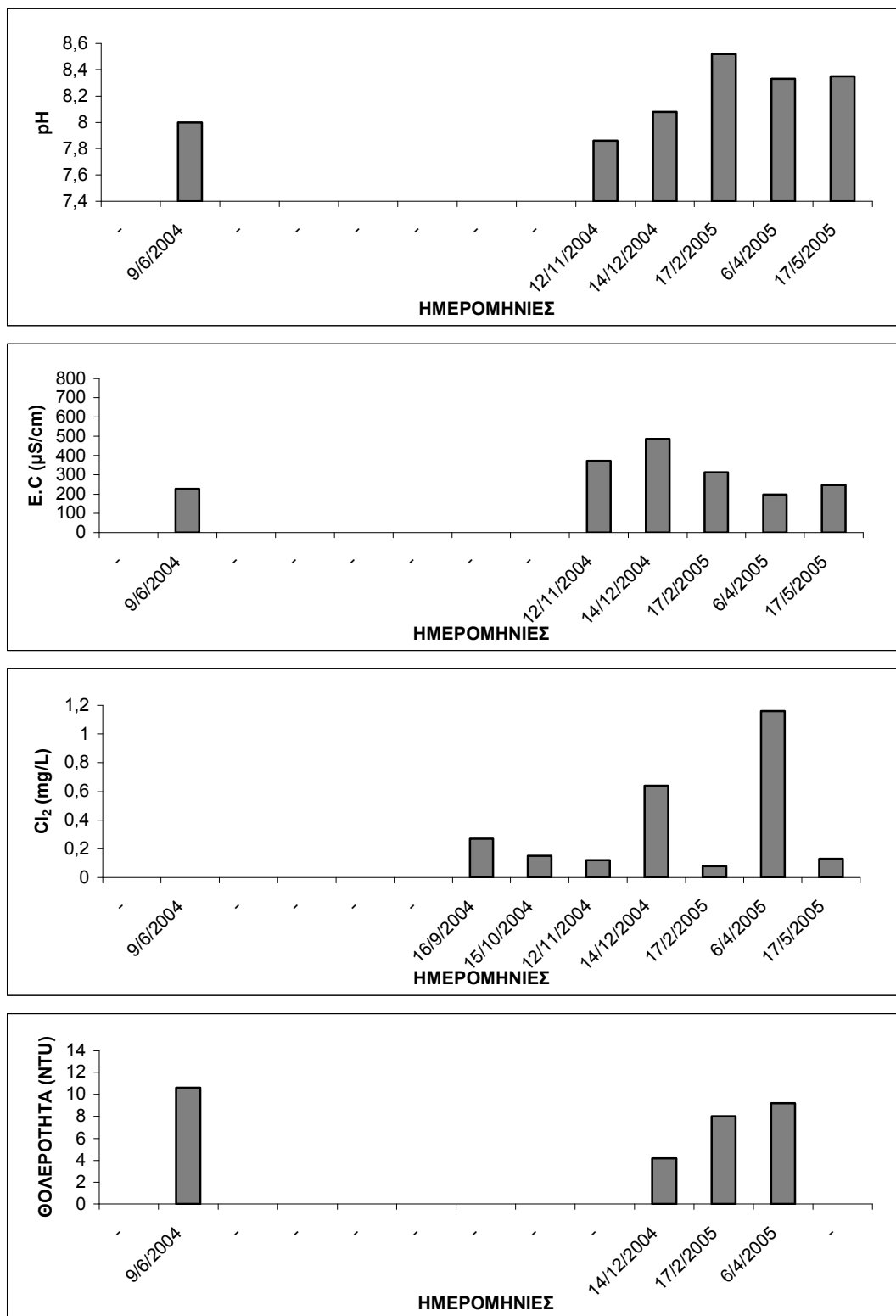


**Σχήμα 8.19** : Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού από το σημείο δειγματοληψίας της περιοχής Βάμος Μπλουμοσήφης του Δ. Βάμου, από 6/7/2004 έως 16/9/2004. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

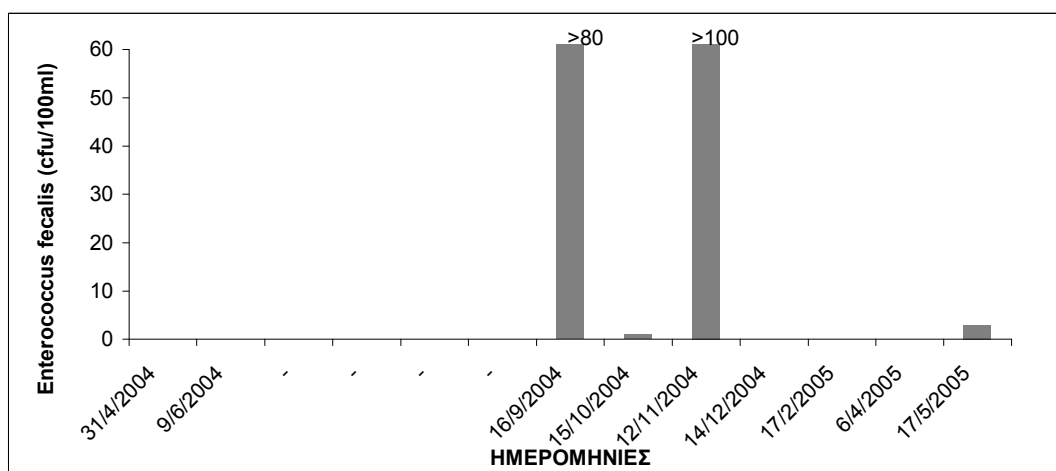
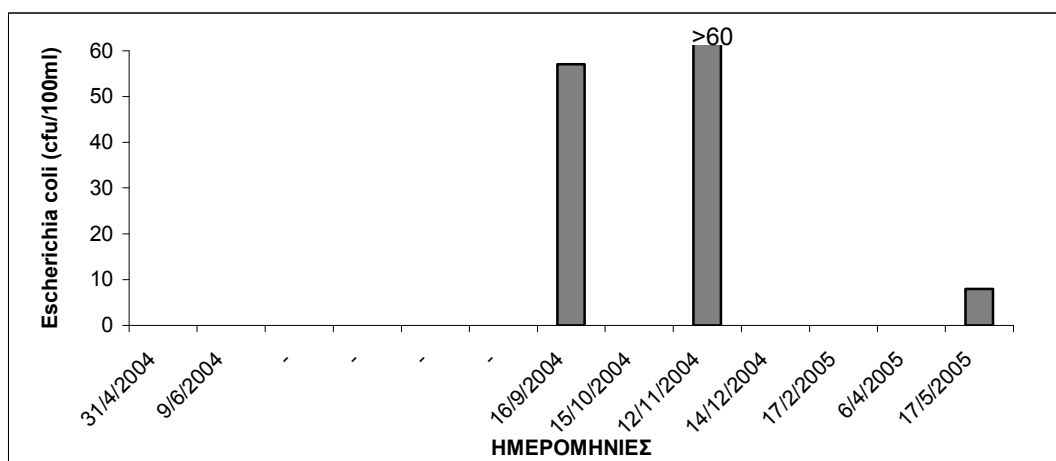
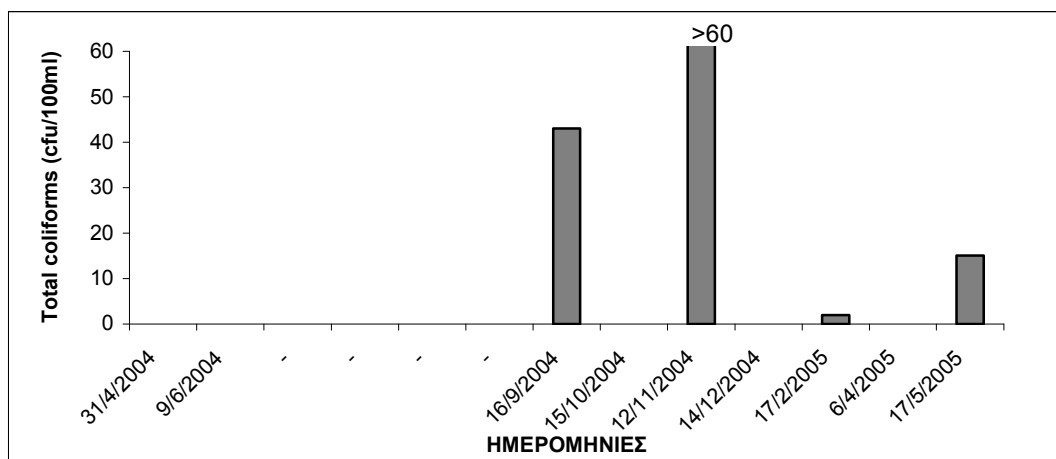


**Σχήμα 8.20** : Μεταβολή μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού από το σημείο δειγματοληψίας της περιοχής Βάμος Μπλουμοσήφης του Δ. Βάμου, από 6/7/2004 έως 16/9/2004. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

### 8.2.8 Πλάκα



**Σχήμα 8.21** : Μεταβολή παραμέτρων pH, αγωγιμότητας, υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού από το σημείο δειγματοληψίας της περιοχής Πλάκα του Δ. Βάμου, από 9/6/2004 έως 6/4/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.



**Σχήμα 8.22 :** Μεταβολή μικροβιολογικών παραμέτρων σε δείγματα νερού από τα σημεία δειγματοληψίας Πλάκα του Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

**Πίνακας 5 :** Η ποιότητα του νερού του Δ. Χανίων σε σύγκριση με την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία που έχει εναρμονιστεί από 25-12-2003 με την Ευρωπαϊκή οδηγία 98/83<sup>11</sup>.

Παράμετρος	Τυπική συγκέντρωση στο δίκτυο ύδρευσης ΔΕΥΑΧ	Ανώτατη συγκέντρωση σύμφωνα με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001
pH	7.95-8.15	>6.5 και < 9,5
Θερμοκρασία	14-18 °C	
Αγωγιμότητα	250-270 μS/cm	2500 μS/cm
Θολερότητα	0.5 NTU	Αποδεκτή από τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής
Νιτρικά	1.3-2.2 mg/l	50 mg/l
Νιτρώδη	0.02 mg/l	0,5 mg/l
Αμμωνία	<0.05 mg/l	0,50 mg/l
Χλωριούχα	10-12 mg/l	250 mg/l
Θειικά	14-18 mg/l	250 mg/l
Ολική σκληρότητα	145-160 mg CaCO <sub>3</sub> /l (8-9 γερμ βαθμοί)	
TOC	0.8 μg/l	Άνευ ασυνήθους μεταβολής
Υπολειμματικό χλώριο	0.25-0.35 mg/l	Ελάχιστη συγκέντρωση 0.2 mg/l
Ολικά κολοβακτηριοειδή	0 αποικίες / 100 ml	0 αποικίες / 100 ml
E.Coli	0 αποικίες / 100 ml	0 αποικίες / 100 ml
Εντερόκοκκος	0 αποικίες / 100 ml	0 αποικίες / 100 ml

### 8.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο Σχήμα 8.1 όπου εμφανίζεται η αγωγιμότητα και τα χλωριόντα της γεώτρησης Κάινας, παρατηρήθηκε ότι η αγωγιμότητα παρέμεινε χαμηλή την καλοκαιρινή περίοδο των αντλήσεων του 2003 και κυμάνθηκε από 470 $\mu$ S/cm έως 560 $\mu$ S/cm, ενώ η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου δεν ξεπέρασε τα 60 mg/L. Η έναρξη αντλήσεων το καλοκαίρι του 2004 προκάλεσε σταδιακή αύξηση της αγωγιμότητας στα 1170 $\mu$ S/cm παράλληλα με την αύξηση της συγκέντρωσης χλωριόντων από 130mg/L στα 230mg/L. Η είσοδος υδάτων στον υδροφορέα την χειμερινή περίοδο που ακολούθησε δεν κατάφερε να μειώσει την αγωγιμότητα κάτω από 900 $\mu$ S/cm. Η έναρξη των αντλήσεων του καλοκαιριού του 2005 επιβάρυνε περισσότερο τον υδροφόρο και η παρατεταμένη χρήση της γεώτρησης προκάλεσε οξεία επιδείνωση και η αγωγιμότητα ξεπέρασε τα 1800 $\mu$ S/cm. Η σοβαρότητα της κατάστασης του υδροφορέα γίνεται αντιληπτή όταν οι παραπάνω τιμές συγκριθούν με τα θεσμοθετημένα όρια για το πόσιμο νερό τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 400 – 2500 $\mu$ S/cm για την αγωγιμότητα και 25 – 200mg/L για τα χλωριόντα.

Στο Σχήμα 8.2 φαίνεται ότι η άντληση 150.000 $\mu^3$  και 200.000  $\mu^3$  τις καλοκαιρινές περιόδους των ετών 2004 και 2005 είναι ιδιαίτερα υψηλές για τις δυνατότητες του υδροφόρου ο οποίος φαίνεται να είναι ευαίσθητος στην υπαλμύρωση. Η παρατηρούμενη τάση υπαλμύρωσης και η αδυναμία ανάκαμψης του υδροφορέα με την εισερχόμενη ποσότητα υδάτων την χειμερινή περίοδο επιβάλλουν τον περιορισμό της χρήσης της γεώτρησης στο ελάχιστο.

Συσχετίζοντας τις μετρήσεις του BOD, του COD, του NPOC και της συγκέντρωσης απορρυπαντικών στα δείγματα νερού από την γεώτρηση παρατηρείται η απουσία ρύπανσης στον υδροφόρο (Σχήμα 8.3). Πιο συγκεκριμένα, το BOD κυμαίνεται από 0 έως 3, το COD από 2,6 mg/L έως 9mg/L, το NPOC από 0,011mg/L έως 0,447mg/L και τα απορρυπαντικά από 0,1mg/L έως 0,79mg/L. Το νιτρικό άζωτο παρουσιάζει μια έξαρση κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων, τους χειμερινούς μήνες (Σχήμα 8.4) και κυμαίνεται από 1,04mg/L έως και 3mg/L. Η σκληρότητα οφείλεται κυρίως σε ενώσεις ασβεστίου καθώς δεν φαίνεται να σχετίζεται με την συγκέντρωση θειικών ιόντων οι μεταβολές των οποίων δεν την επηρεάζουν (Σχήμα 8.5).

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις της γεώτρησης για την συγκέντρωση ολικών κολοβακτηρίων παρουσίασαν σε μια δειγματοληψία ιδιαίτερα υψηλό αριθμό αποικιών (Σχήμα 8.6). Ο μηδενικός αριθμός αποικιών *E.Coli* και *Enterococcus fecalis*, δηλώνει την απουσία κοπρικής μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα της γεώτρησης.

Η αγωγιμότητα στα δείγματα νερού του δικτύου του Δήμου Βάμου φαίνεται να επηρεάζεται από την αγωγιμότητα της γεώτρησης η οποία παρουσιάζει μια αύξηση κατά τους θερινούς μήνες (Σχήμα 8.23). Η επιρροή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δεν επαρκεί το νερό του δικτύου για την ύδρευση της περιοχής και έτσι τίθεται σε λειτουργία η γεώτρηση που στηρίζει σημαντικά το δίκτυο για την επαρκή υδροδότηση. Παρόλα αυτά, τους καλοκαιρινούς μήνες στον συγκεκριμένο Δήμο παρουσιάζονται πολλά προβλήματα στην υδροδότηση του δικτύου (Μαντουδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία).

Από την μέτρηση της αγωγιμότητας φαίνεται ότι η περιοχή του Γαβαλοχωρίου υδροδοτείται από ένα τελείως ξεχωριστό νερό (καθαρό νερό Αρμένων, Μαντουδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία) αφού παρατηρείται μια σταθερότητα στις τιμές της σε σχέση με αυτές του υπόλοιπου δικτύου οι οποίες δεν συμβαδίζουν (Σχήμα 8.23).

Στο Σχήμα 8.23, συγκρίνοντας τις τιμές που παρουσιάζει το νερό στην ευρύτερη περιοχή του Βάμου (Βάμος Γυμνάσια, Βάμος Μπλουμοσήφης, Βάμος Καφενείο, Βάμος Κέντρο Υγείας) με το νερό του Κεφαλά, διαπιστώνεται ότι στις περιοχές αυτές το νερό που τροφοδοτεί το δίκτυο είναι της ίδιας προέλευσης. Το νερό αυτό αποτελεί μείγμα ποσοτήτων νερού των πηγών Αρμένων (Μαντουδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία) και της γεώτρησης της Κάινας (όταν οι ανάγκες ξεπερνούν την παροχή από τις πηγές Αρμένων). Παρόλη την ομοιότητά των δυο αυτών περιοχών στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, σύμφωνα με τα Σχήματα 8.25 και 8.26 παρατηρείται διαφοροποίηση στα μικροβιολογικά τους χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, στις 15/6/2004 και στις 6/7/2004 ο Κεφαλάς παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση στις αποικίες ολικών κολοβακτηρίων από την περιοχή του Βάμου. Το



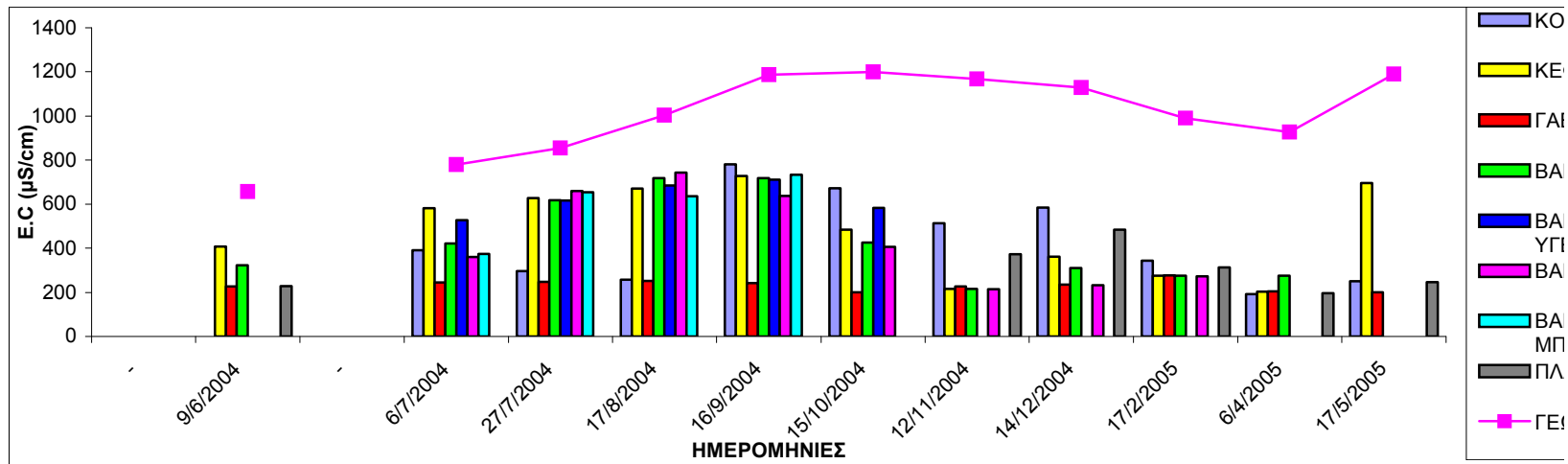
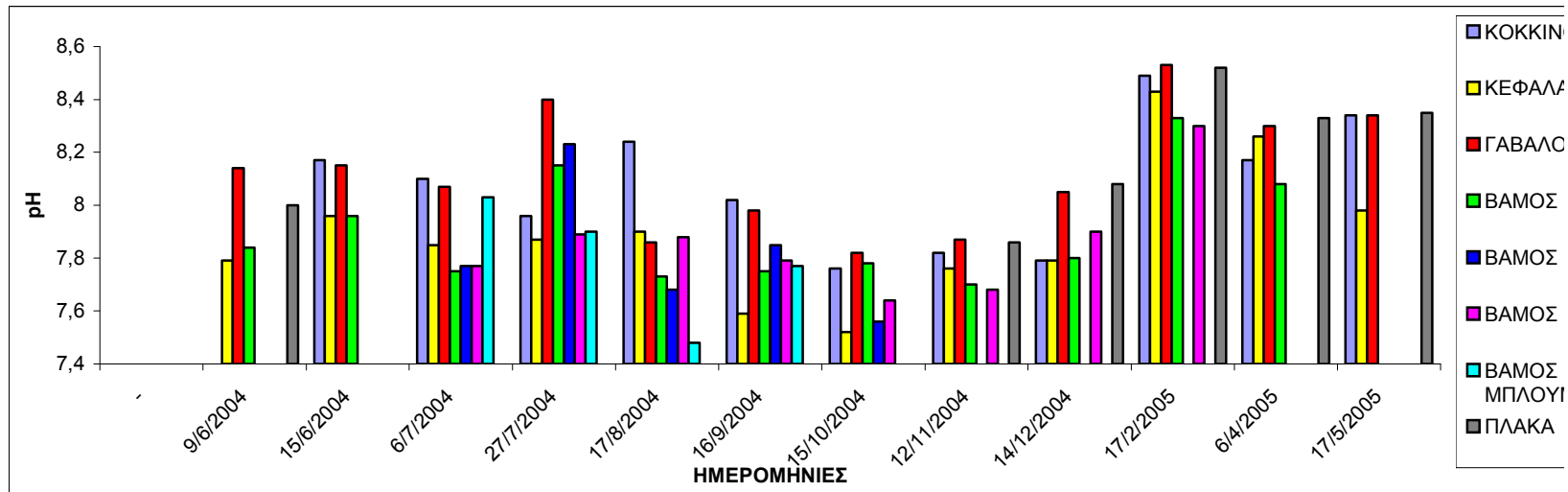
γεγονός αυτό προδίδει την ύπαρξη ανθρωπογενούς μόλυνσης του δικτύου κατά την διαδρομή του νερού από τον Βάμο προς τον Κεφαλά.

Η ομοιότητα των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού στο δίκτυο του Κόκκινου Χωριού με αυτές του δικτύου της Πλάκας δεικνύει ότι τροφοδοτούνται από το ίδιο νερό (Σχήμα 8.23). Μετά από προφορική επικοινωνία με τον κ. Μαντουδάκη Ν. έγινε γνωστό ότι το δίκτυο της συγκεκριμένης περιοχής τροφοδοτείται από δεξαμενή του Οργανισμού Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης (ΟΑΔΥΚ). Για το λόγο αυτό οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών των συγκεκριμένων περιοχών δεν μπορούν να συγκριθούν με αυτές των υπολοίπων περιοχών αφού πρόκειται για διαφορετικής προέλευσης νερό.

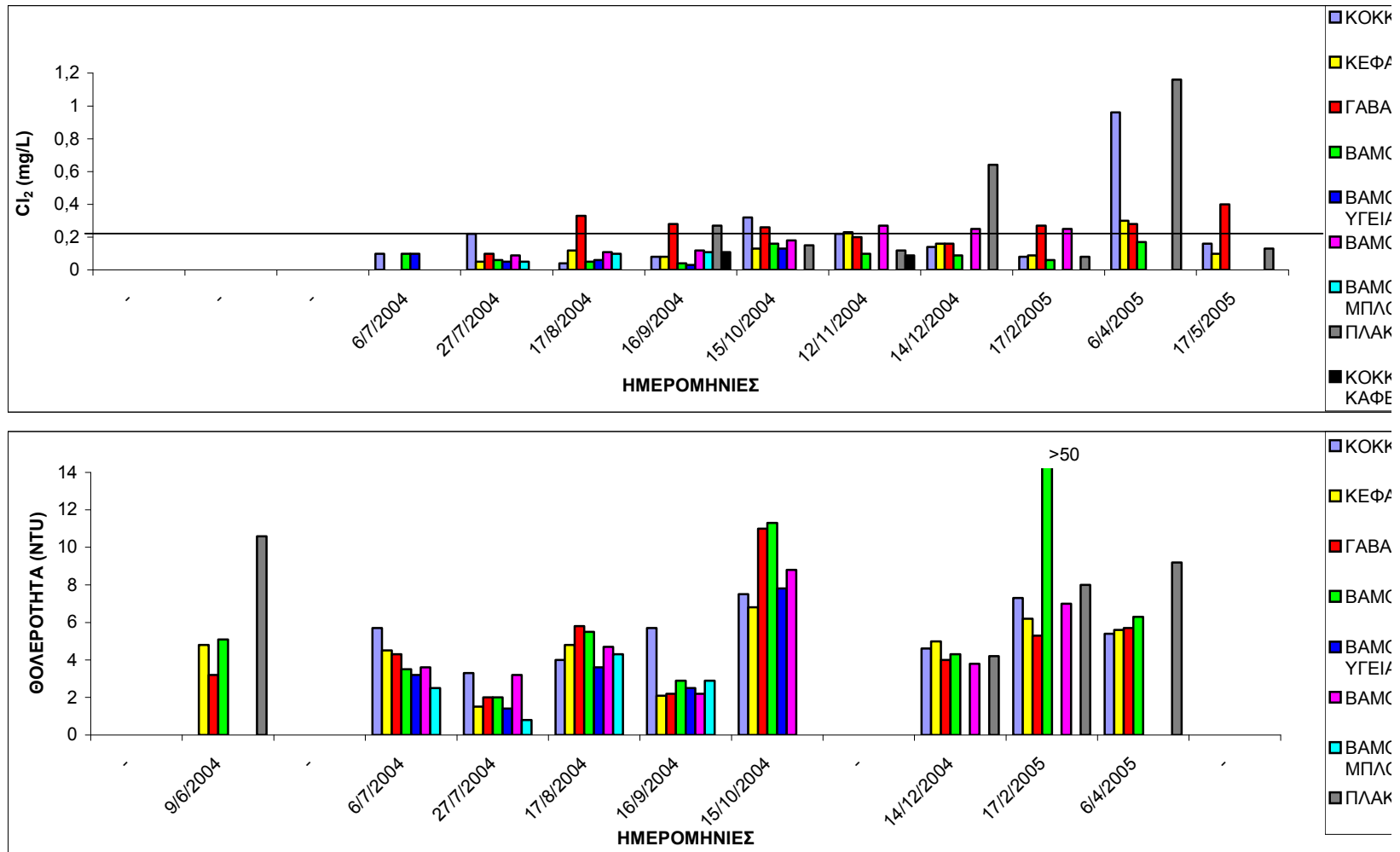
Στα Σχήματα 8.25, 8.26 παρατηρείται μια διαφοροποίηση στις τιμές των κολοβακτηρίων. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 8.26 στις 16/9/2004, παρατηρείται ένας πολύ μεγάλος αριθμός εντεροκόκκων στην περιοχή της Πλάκας που, όμως, δεν συμβαδίζει με το Κόκκινο Χωριό το οποίο εμφανίζει μηδενικό αριθμό αποικιών. Το ίδιο συμβαίνει και στις 15/10/2004, όπου αυτή τη φορά, το Κόκκινο Χωριό εμφανίζει έναν πολύ μεγάλο αριθμό εντεροκόκκων σε σχέση με την Πλάκα η οποία έχει μηδενικό αριθμό. Αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η Πλάκα και το Κόκκινο Χωριό έχουν κοινή υδροδότηση, τότε θα πρέπει να υπάρχει πρόβλημα στο δίκτυο, πριν τη βρύση του καταναλωτή. Οι πολύ αυξημένοι αριθμοί κολοβακτηρίων στην περιοχή της Πλάκας λόγω έλλειψης υπολειμματικού χλωρίου δικαιολογούν την εμφάνιση εντερικών προβλημάτων<sup>3</sup> στους κατοίκους της περιοχής (Μαντουδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία).

Η απουσία υπολειμματικού χλωρίου σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών (Σχήμα 8.24) οδηγεί στην επιβάρυνση της μικροβιολογικής ποιότητας του δικτύου ύδρευσης του Δ. Βάμου η οποία μπορεί να προκαλέσει υδατογενείς λοιμώξεις<sup>3</sup>.

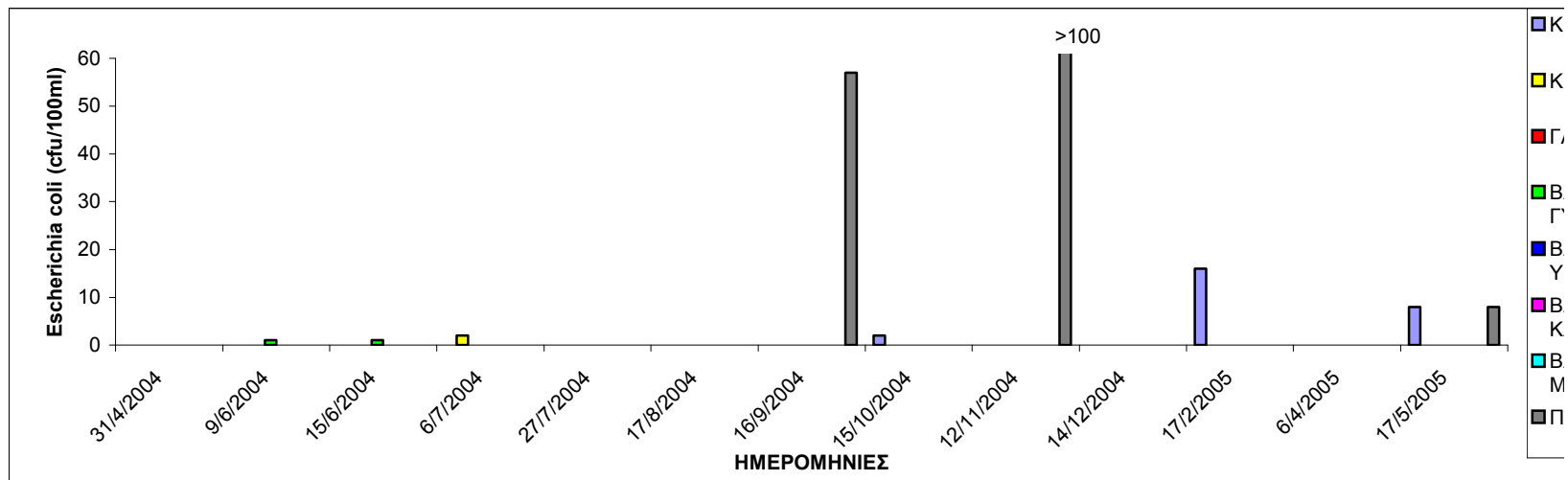
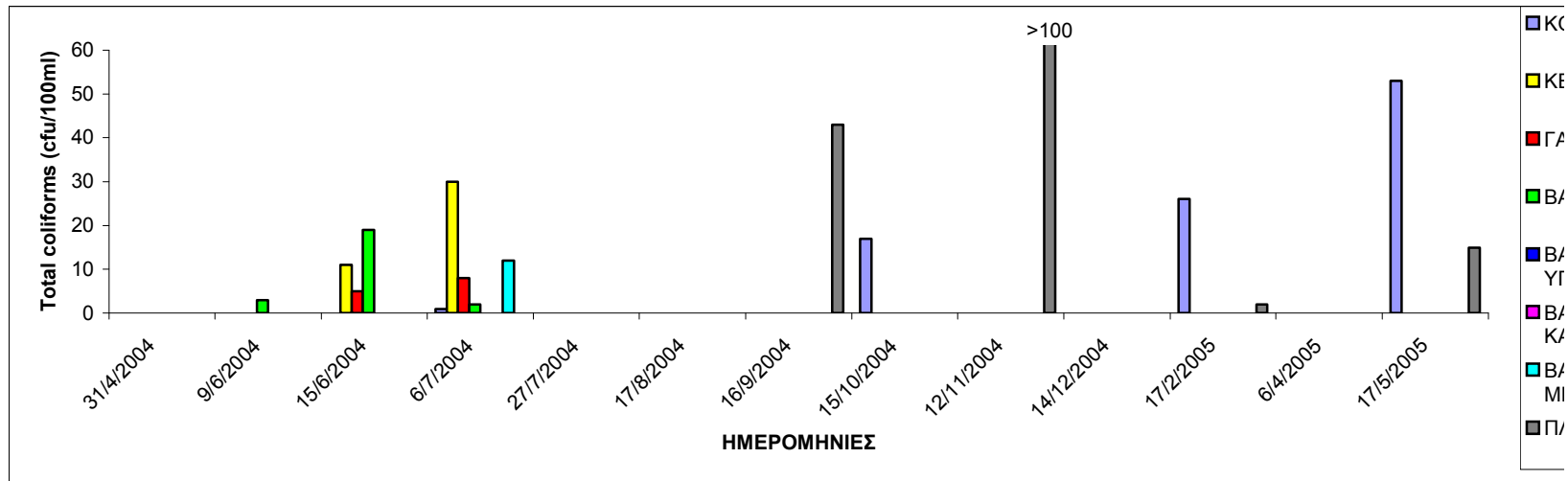
Στο Σχήμα 8.26, στις 6/7/2004, παρατηρείται μόλυνση του δικτύου του Κεφαλά καθώς και του Γαβαλοχωριού. Γνωρίζοντας, όμως, ότι η γεώτρηση (Σχήμα 8.6) και το Αρμενιανό νερό (από σποραδικές μετρήσεις στην περιοχή) είναι καθαρά νερά βγαίνει το συμπέρασμα ότι η μόλυνση επέρχεται από το δίκτυο.



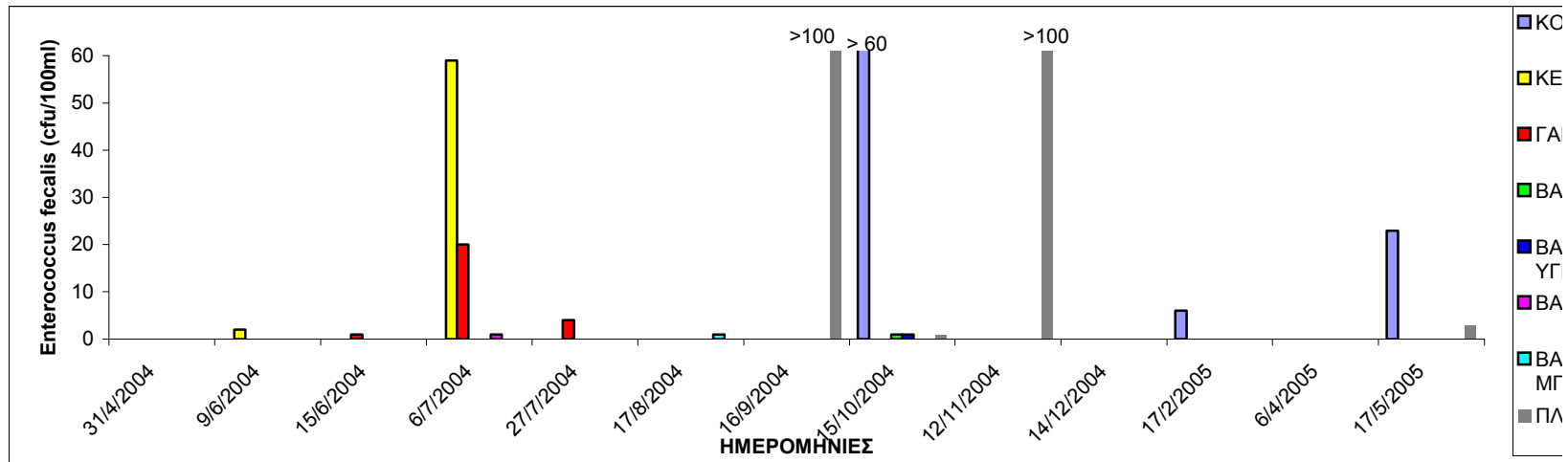
**Σχήμα 8.23** : Μεταβολή pH και αγωγιμότητας σε δείγματα νερού από τα σημεία δειγματοληψίας του Δ. Βάμου από 31/4/2004 έως 17/5/2005 σε κάθε σημείο δειγματοληψίας. Η γραμμή στο σχήμα της αγωγιμότητας παρουσιάζει την μεταβολή της αγωγιμότητας στα δείγματα νερού από την γεώτρηση της Κάινας την περίοδο μελέτης. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.



**Σχήμα 8.24 :** Μεταβολή υπολειμματικού χλωρίου και θολερότητας σε δείγματα νερού από τα σημεία δειγματοληψίας του Δ. Βάμου από 9/6/2004 έως 17/5/2005. Η απουσία της ημερομηνίας στο άξονα υποδηλώνει ότι δεν έγινε μέτρηση της αντίστοιχης παραμέτρου στα δείγματα νερού.



**Σχήμα 8.25 :** Μεταβολή ολικών και κοπρανώνδων κολοβακτηρίων σε δείγματα νερού από τα σημεία δειγματοληψίας Δ. Βάμου, από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

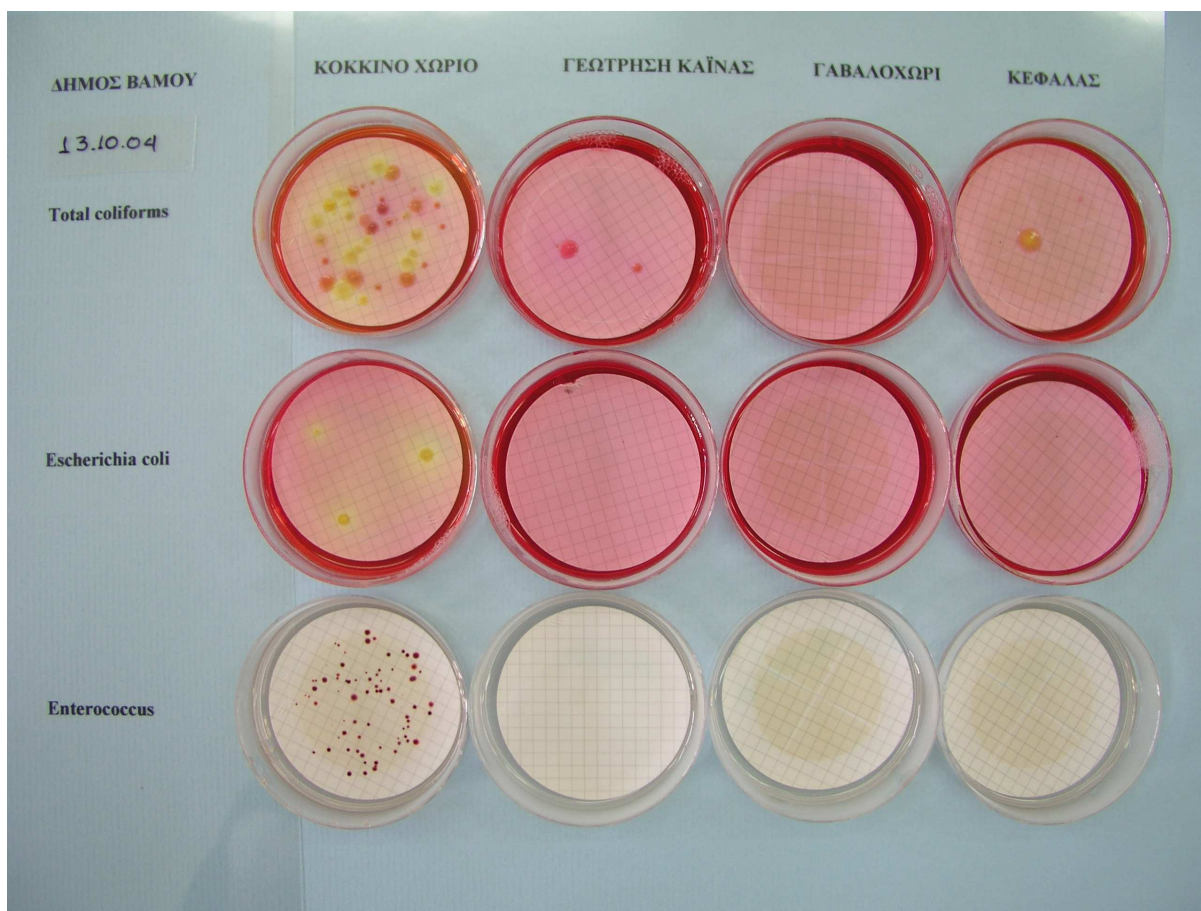


**Σχήμα 8.26 :** Μεταβολή αριθμού αποικιών εντερόκοκκων σε δείγματα νερού από τα σημεία δειγματοληψίας του Δήμου Βάμου από 31/4/2004 έως 17/5/2005. Ημερομηνίες χωρίς τιμές υποδηλώνουν ότι οι παραμετρικές τιμές ήταν μηδενικές ή χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης.

Παρακάτω εμφανίζονται φωτογραφίες των κολοβακτηρίων στις εργαστηριακές αναλύσεις.



**Εικόνα 1** : Ολικά, κοπρανώδη κολοβακτήρια και εντερόκοκκος σε ορισμένα σημεία δειγματοληψίας στον Δήμο Βάμου, στις 27/7/2004.



**Εικόνα 2** : Ολικά, κοπρανώδη κολοβακτήρια και εντερόκοκκος σε ορισμένα σημεία δειγματοληψίας στον Δήμο Βάμου, στις 13/10/2004.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από το σύνολο των αναλύσεων στα δείγματα νερού από τα διάφορα δημοτικά διαμερίσματα του Δήμου Βάμου συμπεραίνεται αφενός η αναγκαιότητα συστηματικού και συνεχούς ελέγχου της ποιότητας του νερού δικτύου και αφετέρου η αυστηρή τήρηση των ορίων υπολειμματικού χλωρίου σε επίπεδο βρύσης καταναλωτή. Τα παραπάνω μέτρα είναι μόνον προληπτικά και δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν την υφιστάμενη κατάσταση εάν προηγουμένως δεν γίνει συστηματικός έλεγχος του υπάρχοντος δικτύου για πιθανές εισροές λυμάτων.

Η χρήση της γεώτρησης θα πρέπει να βασίζεται στον ετήσιο ρυθμό αποκατάστασης και εφόσον κριθεί απαραίτητο να γίνει δραστική μείωση ή ακόμα και διακοπή άντλησης την καλοκαιρινή περίοδο ώστε να δοθεί η δυνατότητα στον υδροφόρο να αποκαταστήσει το κύμα υφαλμύρωσης που φαίνεται να προχωρεί προς το εσωτερικό του υποβαθμίζοντας σημαντικά την ποιότητα του νερού της γεώτρησης.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :**

1. Φουφρή Δ. 2003. "Η ποιότητα του πόσιμου νερού. Θεσμικό Πλαίσιο και Διασφάλιση Ποιοτικών χαρακτηριστικών". ΤΕΕ – Γραφείο Επιστημονικού Έργου. Τεύχος 2251. Διαθέσιμο : <http://www.tee.gr/online/epikaira/2003/2251/pg016.shtml> [2007, Απρ., 20].
2. Αντωνόπουλος, Β. Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων. Διαθέσιμο: [http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros\\_papers/antonopoulos\\_b.pdf](http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/antonopoulos_b.pdf) [2007, Απρ., 20].
3. Μαυρίδου, Α., Παπαπετροπούλου, Μ., Μικροβιολογία του Υδάτινου Περιβάλλοντος. Βασικές Αρχές, Εκδόσεις Π.ΤΡΑΥΛΟΣ – Ε.ΚΩΣΤΑΡΑΚΗ. 93 – 125
4. Καλλέργη, Γ., Διαχείριση ή σοφή χρήση των υπόγειων νερών; (Προβλήματα αξιοποίησης των υπόγειων νερών με μακρόχρονη προοπτική), (2000). Διαθέσιμο : <http://www.waterinfo.gr/eedyp/papers/GKallergis.html> [2007, Απρ., 20].
5. Νάνου - Γιάνναρου, Α., Υφαλμύρωση Παράκτιων Υδροφορέων, σελ. 1 - 2. Στο Συμπόσιο «Αιγαίο – νερό – βιώσιμη ανάπτυξη», Πάρος, 6 & 7 Ιουλίου 2001.
6. Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου τις 23/10/2000 για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. L237:0001/22-12-2000.
7. Παυλάκης Π. και Ανδρουλάκης Χ., (2001), Μελέτη Ύδρευσης Δήμου Βάμου, Προμελέτη Έργων Ύδρευσης.
8. Βοζινάκης Κ. 2005. Βροχομετρικά στοιχεία γεώτρησης Κάινας. Σταθμός : Καλύβες, Χανίων. Περιφέρεια Κρήτης, Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων,
9. Ζανάκη Κ. 2001. Έλεγχος Ποιότητας Νερού, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ, σελ. 123 - 358.
10. Μαλεφάκης Γ. 1998. Ποιότητα Επιφανειακών και Υπόγειων Νερών. σελ 26 – 31.
11. Ποιότητα νερού – Έλεγχος, (2006). Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Χανίων (ΔΕΥΑΧ) , Διαθέσιμο : [http://www.deyax.org.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=38](http://www.deyax.org.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=38) [2007, Απρ., 20].
12. MERCK., 2004. *Operation Manual*.
13. LAB M. 2002. *The microbiology Manual*. IDG.UK.