

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝ ΤΕ/Μ

Τ.Ε.Ι ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ

Αρ. Γε 69\*

Πτυχιακή Εργασία Με Θέμα:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ  
ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

C3E

Των Σπουδαστών :

Κοτσώτη Ηλέκτρα  
Γκενας Χρήστος  
Μούντριχας Τάσος

Επιτηρητής :

Θεοφάνης Βορμινάκης

## ABSTRACT

Water is indispensable for humans' life but it is also considered to be dangerous for them in cases where measures needed are not taken in order to fulfil all the Hygienics rules. For that reason the safe handling of water in every stage of it, from the source to its disposal and consumption, it is necessary in order to avoid the appearance of water-based infections, which constitute a serious problem for Public health.

Water environment is not the most appropriate one for the microorganisms to grow, considering also the autopurification of it, which should make water almost sterile. However microorganisms survive, multiply and are being transferred by water.

Consequently water-based infections appear due to appearance of microorganisms, which enter water through disposals, survive despite the oligotrophic-hostile water environment and spread water-based diseases by swallowing, contact or inhaling of waterdrops.

The quality of water must be examined in order to control its effect on ecosystems and whether or not it is suitable to be used by humans, who are indispensable part of ecosystem.

For the isolation of microorganisms (pollution indicators), part from the traditional methods of reconnaissance, new methods are used every day trying to improve reliability of the results.

The search for microorganisms in water is extremely difficult due to enzymic, metabolic and structural changes that they are going through, trying to adjust to water environment.

Pollution indicators' cultivation, isolation and identification is not made by traditional methods but by modified techniques.

Our research's aim is to control the microbiological quality of home water of Mesologgi's eparchy water supply net, and it is part of Municipality's obligations of Kapodistrias project of B' degree local self-government.

Microbic suitability of home water is controlled by counting microbic indicators. In our case the method that was used was filtration technique by membrane, where as gram-negative bacteria were considered to be any aerobic and optional anaerobic non-germinating bacteria.



αναερόβια μη σπορογόνα βακτηρίδια τα οποία παράγουν αποικίες σκοτεινού χρώματος με μεταλλική χρεία εντός 24h στους 37°C σε θρεπτικό υλικό τύπου Endo που περιέχει λακτόζη.

Η ύπαρξη κολοβακτηριοειδών στο πόσιμο νερό αποτελεί τον κυριότερο δείκτη μικροβιακής καταλληλότητας του πόσιμου νερού (US EPA 1975). Ωστόσο τελευταία, η αξιοπιστία αυτού του δείκτη αλλά και της μεθόδου ελέγχου των κολοβακτηριοειδών τίθεται υπό αμφισβήτηση. Οι λόγοι είναι ότι παρά την παρουσία των κολοβακτηριοειδών στο δίκτυο παροχής νερού μιας περιοχής, δεν υπάρχει υδατική προέλευση επιδημιά στην περιοχή αυτή ή αντίθετα η ύπαρξη επιδημίας με καταφανή την υδατική της προέλευση δεν συνοδεύεται από ανεύρεση κολοβακτηριοειδών στο δίκτυο παροχής νερού της περιοχής που εμφανίστηκε η επιδημία. Στην πρώτη περίπτωση πιθανολογείται ο αποικισμός και ανάπτυξη βακτηρίων στο σύστημα παροχής ενώ η δεύτερη περίπτωση αποδίδεται στην αναξιπιστία της μεθόδου (τεχνικής) ελέγχου του δείκτη των κολοβακτηριοειδών με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση των επιδημιών των υδατογενών λοιμώξεων.

Οι περισσότεροι από τους επιλεγόμενους δείκτες θεωρούνται παθογόνοι ή δυνητικά παθογόνοι του εντέρου για ορισμένες ευαίσθητες πληθυσμιακές ομάδες όπως παιδιά, ηλικιωμένους καθώς και ασθενείς κυρίως ανοσοκατασταλμένους.

Αν θέλουμε λοιπόν να κατατάξουμε τους μικροοργανισμούς των νερών σε σχέση με την επίδραση τους στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούμε να τους χωρίσουμε σε τρεις κατηγορίες:

α) τους μικροοργανισμούς που συμβιώνουν με τον άνθρωπο και έχουν θετική επίδραση τον ανθρώπινο μεταβολισμό. Αν αυτοί αποικήσουν το σώμα του ανθρώπου θα αποτελέσουν μέρος της φυσικής χλωρίδας του σώματος.

β) τους παθογόνους μικροοργανισμούς που αν βρουν οδούς εισόδου και μηχανισμούς εγκατάστασης στο σώμα μπορούν να προκαλέσουν νόσο. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι παθογόνοι μικροοργανισμοί εγκαθίστονται στον οργανισμό αλλά δεν προκαλούν νόσο. Οι άνθρωποι που αποικίζονται από τέτοιους μικροοργανισμούς καλούνται φορείς και παρόλο που οι ίδιοι δεν νοσούν, μπορούν να μεταδώσουν τη νόσο σε άλλα άτομα.

γ) τους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορεί να αποτελούν φυσική χλωρίδα για ορισμένους ανθρώπους και να είναι παθογόνοι για ορισμένες κατηγορίες του πληθυσμού (παιδιά, ασθενείς, υπερήλικες, ανοσοκατασταλμένοι)

Ως προς το πόσιμο νερό, οι μεγάλες πόλεις στη χώρα μας (με πληθυσμό πάνω από 50.000 κατοίκους) συνήθως υδρεύονται με νερό καλής ποιότητας που ελέγχεται τακτικά. Στις μικρότερες πόλεις και χωριά, η ποιότητα του νερού ύδρευσης δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από το γεωλογικό υπόβαθρο, τα μέτρα προστασίας των πηγών ύδρευσης και το βαθμό συντήρησης των δικτύων, διότι συνήθως δεν γίνεται επεξεργασία ή απολύμανση του νερού και η ποιότητα του νερού σπάνια ελέγχεται.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό είναι απαραίτητο για την ζωή των ανθρώπων, θεωρείται όμως επικίνδυνο για αυτούς όταν δεν λαμβάνονται μέτρα ώστε να πληρεί ορισμένους κανόνες Υγιεινής. Γι' αυτό το λόγο η ασφαλής διαχείριση του νερού σε όλα τα στάδια διακίνησής του, από την πηγή έως τη διαέθεση και την κατανάλωσή του, αποτελεί δείκτη πολιτισμού μιας χώρας και είναι αναγκαία και απαραίτητη προκειμένου να αποφεύγεται η εμφάνιση υδατογενών λοιμώξεων, οι οποίες αποτελούν σοβαρό πρόβλημα για την δημόσια υγεία.

Τα υδάτινα περιβάλλον δεν είναι βέβαια και το καταλληλότερο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, λαμβάνοντας υπόψη και την διαδικασία αυτοκαθάρσεως, η οποία θα έπρεπε να καθιστά το νερό σχεδόν στείρο. Όμως οι μικροοργανισμοί επιζούν, πολλαπλασιάζονται και μεταφέρονται με το νερό.

Οι παθογόνοι λοιπόν μικροοργανισμοί, οι οποίοι εισέρχονται στο νερό με τα λύματα, επιβιώνουν παρά το ολιγοτροφικό-αφιλόξενο περιβάλλον, είναι η αιτία της εμφάνισης των υδατογενών νοσημάτων, τα οποία μεταδίδονται με κατάποση, επαφή ή εισπνοή υδατοσταγονιδίων. επομένως τα λύματα και τα απόβλητα, που περιέχουν μεγάλο αριθμό παθογόνων κυρίως μικροοργανισμών, είναι αυτά που μολύνουν τα επιφανειακά αλλά και κάτω από ειδικές συνθήκες και τα υπόγεια νερά.

Ο αριθμός των μικροοργανισμών που βρίσκεται στο νερό εξαρτάται από την προέλευση αυτού. Το πόσιμο νερό, δηλαδή αυτό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, όπως πόση καθώς και παρασκευή τροφίμων και ποτών, μπορεί να έχει οποιαδήποτε προέλευση, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη για συνεχή και προσεκτικό έλεγχο της ποιότητάς του.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας συνέβαλε ο εισηγητής Φάνης Βορεινάκης με την αμέριστη συμπαράστασή του, την υποστήριξή του, τις πολύτιμες συμβουλές του, την διάθεση έντυπου και φωτογραφικού υλικού καθώς επίσης και την προσφορά του στις εργαστηριακές αναλύσεις και για τους παραπάνω λόγους θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε.

## ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΝΕΡΟΥ

Η λήψη των δειγμάτων πόσιμου νερού μπορεί να γίνει από πηγάδια, πηγές, ποταμούς, από διάφορα σημεία επεξεργασίας του πόσιμου νερού και από το δίκτυο διανομής. Η λήψη του δείγματος πρέπει να είναι τυχαία και τα σημεία του δικτύου πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά του δικτύου.

Το νερό ελήφθη από αντιπροσωπευτικά σημεία του δικτύου διανομής. Σημειώθηκε το σημείο λήψης, ο αριθμός των δειγμάτων και η ημερομηνία. Οι λήψεις δειγμάτων έγιναν στις ημερομηνίες που αναφέρονται στους πίνακες του παραρτήματος.

Για την λήψη των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν φιάλες, συνήθως σκουρόχρωμες, που είχαν πλυθεί και ξεβγαλθεί με κοινό νερό στην αρχή, με απεσταγμένο στην συνέχεια και τελικά είχαν αποστειρωθεί στους  $121^{\circ}\text{C}$  για 15 λεπτά. Οι φιάλες συλλογής του δείγματος διατηρούνταν κλειστές με χαρτί και αλουμινόχαρτο μέχρι την στιγμή που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν. Στην συνέχεια αφαιρούνταν το πώμα με προσοχή έτσι ώστε να αποφευχθεί η επιμόλυνση. Η φιάλη δεν γεμιζόταν τελείως για να μπορεί να αναδευθεί σε περίπτωση που χρειαζόταν και αμέσως τοποθετούνταν το πώμα. Πριν την λήψη το νερό αφηνόταν να τρέξει 2-3 λεπτά, ώστε να απομακρυνθεί το αρχικό στάσιμο νερό. Ο όγκος και η ταχύτητα του νερού ήταν σταθερή.

Ο όγκος του δείγματος ήταν πάντα 500 ml. Πάνω στην φιάλη τοποθετούνταν ετικέτα με την ημερομηνία δειγματοληψίας και τον τόπο συλλογής.

Στην συνέχεια οι φιάλες τοποθετούνταν σε φορητό ισοθερμικό ψυγείο για την μεταφορά στο εργαστήριο, εφόσον δεν μπορούσαν να φτάσουν στο εργαστήριο μέσα σε 1 ώρα και το μικροβιακό φορτίο του νερού μπορούσε να μεταβληθεί σε περίπτωση διατήρησης του δείγματος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πάνω από 1 ώρα.

### Συχνότητα δειγματοληψιών

Ορίζεται από τη Νομοθεσία επειδή η συχνότητα των δειγματοληψιών σε ένα δίκτυο ύδρευσης εξαρτάται από την αρχική ποιότητα του νερού στην πηγή, από τον τρόπο απολύμανσης, από τον όγκο του παρεχόμενου νερού, από την ηλικία του δικτύου και από το μέγεθος του πληθυσμού που υδρεύεται.

Σε δίκτυα που δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα ο αριθμός των δειγματοληψιών νερού εξαρτάται από τον πληθυσμό που αυτό τροφοδοτεί.

## ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Για την εκτέλεση των δοκιμασιών της καταλληλότητας του νερού απαραίτητος ήταν και ο ενδοεργαστηριακός ποιοτικός έλεγχος, δηλαδή ο έλεγχος που βεβαιώνει την σωστή εκτέλεση των δοκιμασιών, οι οποίες οδηγούν σε αποτελέσματα υψηλής ποιότητας.

Ο ποιοτικός έλεγχος στο εργαστήριο αποτελεί μέρος του προγράμματος ποιοτικής ασφάλειας, η οποία αποτελείται από ένα σύνολο δραστηριοτήτων που επιβεβαιώνουν την καλή λειτουργία του ποιοτικού ελέγχου.

Ο ποιοτικός έλεγχος στο εργαστήριο περιελάμβανε την συστηματική παρακολούθηση της αξιοπιστίας και ακρίβειας του εξοπλισμού του εργαστηρίου και την αποδοτικότητα των μικροβιολογικών υποστρωμάτων.

Ο έλεγχος αυτός περιελάμβανε:

A. Το χώρο του εργαστηρίου (επιμελής καθαρισμός των πάγκων εργασίας, αερισμός του χώρου κ.λ.π.)

B. Τα μηχανήματα:

α) σωστός έλεγχος της θερμοκρασίας των κλιβάνων επώασης

β) έλεγχος της ζυγαριάς

γ) έλεγχος του πεχαμέτρου (καλιμπράρισμα) και του θερμομέτρου

δ) μικροβιολογικός έλεγχος του χρησιμοποιούμενου νερού όσον αφορά τη στειρότητά του

ε) έλεγχος του όγκου των χρησιμοποιούμενων συσκευών διανομής

στ) έλεγχος της θερμοκρασίας του ψυγείου

ζ) έλεγχος της μεμβράνης διήθησης για:

1. μη ύπαρξη λύσης της

2. διάμετρο μεμβράνης 47 mm

3. ομοιόμορφη διάχυση του νερού

4. να είναι ελεύθερη από ουσίες που αναστέλλουν ή πολλαπλασιάζουν τα

βακτήρια.

η) έλεγχος στην συντήρηση των διηθητικών συσκευών

και

θ) έλεγχος στο σωστό πλύσιμο των γυάλινων σκευών του εργαστηρίου.

Γ. Την παρασκευή των θρεπτικών υλικών

α) δόθηκε μεγάλη προσοχή κατά την διάρκεια βρασμού των θρεπτικών υποστρωμάτων

β) στην αποστείρωση τηρήθηκαν οι σωστές θερμοκρασίες και οι χρόνοι αποστείρωσης

γ) μετά την αποστείρωση γινόταν έλεγχος για το χρώμα του υλικού

δ) η επώαση γινόταν χωρίς εμβολιασμό για αποφυγή πιθανής επιμόλυνσης.

Δ. Την επιτυχή αποστείρωση υάλινων αντικειμένων

Γι' αυτό γινόταν χρήση ταινίας που περιείχε εναιώρημα σπόρων Bacillus

stearothermophilus. Η θερμοκρασία 121 °C για 15 λεπτά της ώρας καταστρέφει τους σπόρους.

Ε. Την σωστή διατήρηση του θρεπτικού υλικού.

Συνήθως διατηρείται μέχρι 15 ημέρες έως 1 μήνα σε δοχεία που κλείνουν καλά για να μην αφυδατωθούν.



## ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

### **Στοιχεία μικροβιολογίας νερού**

Οι μικροοργανισμοί παίζουν από πολλές απόψεις σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της ποιότητας του νερού. Για παράδειγμα, η επεξεργασία και η σταθεροποίηση των οργανικών αποβλήτων επιτυγχάνεται με μικροοργανισμούς, καθώς επίσης και η αφομοίωση των αποβλήτων από τους ποταμούς γίνεται με βιολογικό αυτοκαθαρισμό.

Από την άλλη όμως, οι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες, όπως ο τύφος, ή για οσμές και γεύσεις στο πόσιμο νερό. Επειδή η μικροβιολογική ζωή που υπάρχει στο νερό είναι αρκετά πολύπλοκη, η γνώση βασικών στοιχείων μικροβιολογίας είναι απαραίτητη για την ολοκληρωμένη κατανόηση των μικροβιολογικών παραμέτρων ελέγχου της ποιότητας νερού.

Η μελέτη των διατροφικών συνηθειών των μικροοργανισμών οδήγησε στις τεχνικές των μικροβιολογικών αναλύσεων. Η παρατήρηση των μικροοργανισμών στο μικροσκόπιο, συχνά μετά από χρώση, μας δείχνει ορισμένα χαρακτηριστικά τους.

Για να ανιχνεύσουμε τις μεταβολικές συνήθειες του κυττάρου, οι οποίες βοηθούν στην ταυτοποίησή του, εμβολιάζουμε τους μικροοργανισμούς σε θρεπτικά υποστρώματα. Στις παραδοσιακές μικροβιολογικές καλλιέργειες υπάρχουν δύο κατηγορίες θρεπτικών υποστρωμάτων, τα οποία είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Αυτά που είναι σε υγρή κατάσταση, δηλαδή οι ζωμοί, και αυτά που είναι στερεά επειδή περιέχουν μια στερεοποιητική ουσία, το άγαρ. Τα υγρά θρεπτικά υποστρώματα είναι τις περισσότερες φορές εμπλουτιστικά, δηλαδή βοηθούν τον γρήγορο πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών, ώστε να υπάρχουν σε ικανούς αριθμούς και να είναι δυνατή η ανίχνευσή τους. Τα στερεά θρεπτικά υποστρώματα διαιρούνται σε γενικά, όπου πολλαπλασιάζονται πολλά γένη και είδη, και εκλεκτικά, τα οποία ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ενός είδους μικροοργανισμών και συγχρόνως αναστέλλουν την ανάπτυξη άλλων που πιθανόν υπάρχουν στο υπό ανάλυση δείγμα. Ο πολλαπλασιασμός ενός μικροοργανισμού σε στερεό υπόστρωμα εμφανίζεται με την μορφή αποικίας. Αποικία είναι ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών που έχουν όλοι προέλθει από τον πολλαπλασιασμό ενός αρχικού κυττάρου. Οι αποικίες ενός είδους σε κάποιο συγκεκριμένο θρεπτικό υπόστρωμα έχουν τυπικά χαρακτηριστικά, όπως μέγεθος, σχήμα και χρώμα, που μας βοηθάει να τις αναγνωρίσουμε. Έτσι στη συνέχεια αριθμούνται οι χαρακτηριστικές αποικίες και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε αριθμό αποικιών ή CFU (Colony Forming Units)/ μονάδα όγκου δείγματος), επειδή μια αποικία μπορεί να προέρχεται από ένα κύτταρο, αλλά μπορεί να προέρχεται και από ένα άθροισμα κυττάρων.

### **Τα μειωμένης ζωτικότητας Εντεροβακτηριακά και η στρατηγική επιβίωσής τους στο νερό.**

Η μικροβιακή καταλληλότητα του πόσιμου νερού ελέγχεται με την καταμέτρηση των κολοβακτηριοειδών. Τελευταία αυτός ο δείκτης βρίσκεται υπό αμφισβήτηση επειδή ένα μεγάλο ποσοστό κολοβακτηριοειδών μειωμένης ζωτικότητας δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθεί στα συνήθως χρησιμοποιούμενα για την καταμέτρησή τους

θρεπτικά υλικά. Η αποτυχία καταμέτρησης των μειωμένης ζωτικότητας κολοβακτηριοειδών οδηγεί σε υποεκτίμηση του αριθμού των μικροοργανισμών αυτών και κατά συνέπεια στην ανακριβή εκτίμηση των συνεπειών στην Δημόσια Υγεία. Η μείωση της ζωτικότητας των εντεροβακτηριακών αποδίδεται σε ένα σύνολο φυσικοχημικών και βιολογικών παραγόντων του νερού, οι οποίοι προκαλούν σημαντικές μεταβολικές και δομικές αλλοιώσεις, μη αναστρέψιμες. Οι μικροβιακοί δείκτες ελέγχου της καταλληλότητας των πόσιμων νερών δεν ανήκουν στο υδάτινο οικοσύστημα. Πρόκειται για αλλόχθονους μικροοργανισμούς, οι οποίοι περνούν περιοδικά μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα προερχόμενοι συνήθως από τον γαστρεντερικό σωλήνα των ζώων και η προσαρμογή τους στο αφιλόξενο ολιγοτροφικό υδάτινο περιβάλλον είναι δύσκολη.

Το κύριο χαρακτηριστικό των μειωμένης ζωτικότητας κολοβακτηριοειδών είναι η αυξημένη ευαισθησία στα θρεπτικά υλικά, τα οποία περιέχουν άλατα χολής και δεσοξυχολικά άλατα. Επομένως αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν αναζωογονούνται στα συνήθως χρησιμοποιούμενα θρεπτικά υλικά στα οποία αναπτύσσονται τα κολοβακτηριοειδή, τα οποία δεν έχουν υποστεί μεταβολικές και δομικές αλλοιώσεις. Παράγοντες του νερού που είναι δυνατόν να προκαλέσουν μεταβολικές και δομικές αλλοιώσεις στα εντεροβακτηριακά είναι μέταλλα, όπως ο χαλκός και ο ψευδάργυρος, ακόμα και σε χαμηλές πυκνότητες, η υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία, το χλώριο, καθώς και η αλληλεπίδραση με άλλα βακτήρια. Υπό την επίδραση των παραπάνω βλαπτικών παραγόντων του υδάτινου περιβάλλοντος τα βακτήρια είναι δυνατόν να υποστούν αναστρέψιμες ή μη αλλοιώσεις.

Βασικά όλοι οι μικροοργανισμοί απαιτούν υγρό περιβάλλον για να αναπτυχθούν. Όμως εκτός από αυτό το κοινό χαρακτηριστικό παρουσιάζουν και σημαντικές διαφορές.

Η θερμοκρασία επηρεάζει το ρυθμό όλων των λειτουργιών των μικροοργανισμών και για το λόγο αυτό μπορεί να καθορίσει την ανάπτυξη, την μορφολογία και τις θρεπτικές απαιτήσεις τους. Για κάθε συγκεκριμένο οργανισμό υπάρχει κάποια περιοχή θερμοκρασιών, η οποία καθορίζει την αύξησή του. Άριστη θερμοκρασία είναι αυτή στην οποία ο ρυθμός αύξησης είναι μέγιστος.

Σε γενικές γραμμές, ο ρυθμός των χημικών αντιδράσεων αυξάνεται με την θερμοκρασία, μέχρι του σημείου όπου η μετουσίωση των ενζύμων που παίρνουν μέρος στις αντιδράσεις αυτές να επιφέρει την επιβράδυνση και τελικά την αναστολή τους. Επειδή τα διάφορα ένζυμα διαφέρουν ως προς τις θερμοκρασίες μετουσίωσης, με τη βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μιας καλλιέργειας, τα διάφορα ενζυμικά συστήματα αδρανοποιούνται το ένα μετά το άλλο. Έτσι, τα υπεύθυνα για ανάπτυξη ένζυμα τα οποία πιθανόν να είναι πιο ευαίσθητα από εκείνα που είναι επεύθυνα για την αύξηση, αδρανοποιούνται πρώτα και γι' αυτό το λόγο τα όρια θερμοκρασίας για βλαστική αύξηση του μικροοργανισμού είναι ευρύτερα από τα όρια για σπορίωση.

#### Μικροοργανισμοί - δείκτες μόλυνσης του νερού

Η απομόνωση και ο προσδιορισμός των παθογόνων μικροοργανισμών που βρίσκονται στο νερό αποτελούν τον κύριο σκοπό των διαφόρων μικροβιολογικών

αναλύσεων. Επειδή όμως η αναγνώριση του κάθε μικροοργανισμού παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες και επειδή ο αριθμός των παθογόνων οργανισμών είναι σε σχέση με άλλους μικροοργανισμούς πολύ μικρός, για τον προσδιορισμό της πιθανότητας που έχει το νερό να μεταδώσει ασθένειες χρησιμοποιούνται οργανισμοί που ονομάζονται δείκτες. Οι δείκτες οργανισμοί είναι μικροοργανισμοί, η ύπαρξη των οποίων στο νερό επιβεβαιώνει μόλυνση του νερού. Οι δείκτες ενδέχεται να συνοδεύονται από παθογόνους μικροοργανισμούς, οι ίδιοι όμως δεν είναι παθογόνοι. Ο ιδανικός οργανισμός - δείκτης πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- α) Να είναι εφαρμόσιμος σε όλα τα νερά.
- β) Να συνυπάρχει με τα παθογόνα είδη.
- γ) Να έχει αρκετή συγκέντρωση σε σχέση με τα παθογόνα είδη.
- δ) Η συγκέντρωσή του να είναι ανάλογη με το (βαθμό μόλυνσης).
- ε) Να έχει χρόνο ζωής παραπλήσιο με τα παθογόνα είδη.
- στ) Να μην υπάρχει σε καθαρά νερά.
- ζ) Να είναι εύκολα ανιχνεύσιμος.
- η) Να έχει σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση.
- θ) Να είναι αβλαβής.

Τα κριτήρια αυτά δεν ικανοποιούνται από καμία ομάδα ή είδος μικροοργανισμών: Πιο κοντά στην ικανοποίηση των περιορισμών βρίσκονται τα κολοβακτηριδία. Η χρήση των κολοβακτηριδίων ως δεικτών παρουσιάζει όμως και μειονεκτήματα. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορεί να αναπτυχθούν στο νερό και να ενσωματωθούν στην πανίδα του. Η ανίχνευσή τους τότε δίνει ψευδή θετικές δοκιμασίες.

### **Νομοθεσία**

Η ποιότητα του πόσιμου νερού καθορίζεται από την Α5/288/23-1-1986 Υπουργική Απόφαση, η οποία δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 53/20-2-1986/ Τεύχος Β. Η Υπουργική αυτή απόφαση ερμηνεύει την Ελληνική Νομοθεσία με την 80/778 Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Σύμφωνα με την παραπάνω Υπουργική απόφαση το πόσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει ολικά κολοβακτηριοειδή, κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή, στρεπτόκοκκους κοπράνων και θειοαναγωγικά κλωστηρίδια. Επίσης καθορίζεται ότι, ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες, είναι σκόπιμο να ερευνηθεί η παρουσία σαλμονελλων, παθογόνων σταφυλοκόκκων, εντεροϊών, βακτηριοφάγων κοπράνων, παρασιτικών οργανισμών, φυκών, κ.λ.π μορφοποιημένων στοιχείων. Για τον ολικό αριθμό

μεσόφιλων βακτηρίων δίνεται ενδεικτικό όριο 10/ml, ενώ για τον ολικό αριθμό μεσόφιλων 100/ml. Αυτά τα όρια πρέπει να είναι μικρότερα σε νερά που έχουν υποστεί απολύμανση, στην έξοδο των εγκαταστάσεων.

Παρά το γεγονός της αναφοράς της νομοθεσίας και σε άλλες κατηγορίες βακτηρίων και ιών για τον καθορισμό της ποιότητας του πόσιμου νερού ( Υπουργική Απόφαση Α5/288/23-1-86, ΦΕΚ 53/20-2-86, τεύχος Β, που αποτελεί συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας στο 80/778/ΕΟΚ), όπως σαλμονελλών και εντεροϊών, οι εξετάσεις ρουτίνας περιορίζονται στα ολικά κολοβακτηριοειδή, κολοβακτηριοειδή κοπράνων και εντερόκοκκους, αφού η εξέταση και των υπολοίπων ομάδων απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και προσωπικό (Υπουργική Απόφαση 46399/1352, ΦΕΚ 438, 1986). Σύμφωνα με την παραπάνω ισχύουσα Κοινοτική Νομοθεσία, τα όρια στο πόσιμο νερό για τις περιγραφείσες μικροβιακές ομάδες στα 100 ml νερού είναι:

Ολικά κολοβακτηριοειδή: 0 CFU / 100ml

Κολοβακτηριοειδή κοπράνων: 0 CFU / 100ml και

Εντερόκοκκοι: 0 CFU / 100ml.

Η μικροβιακή καταλληλότητα του πόσιμου νερού ελέγχεται με την καταμέτρηση των μικροβιακών δεικτών. Οι δείκτες αυτοί είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι περνούν παροδικά μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα, προερχόμενοι συνήθως από το γαστρεντερικό, σωλήνα του ανθρώπου και των ζώων. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι, σήμερα, δείκτες είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή (Total coliforms), τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (Faecal coliforms) και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (Faecal streptococci).

#### **Χαρακτηρισμός νερών**

Μετά τις μικροβιολογικές αναλύσεις ο τελικός χαρακτηρισμός της καταλληλότητας των νερών γίνεται με βάση τις ισχύουσες υγειονομικές διατάξεις. Τα νερά που σχετίζονται άμεσα με τη δημόσια υγεία είναι το νερό ύδρευσης (πόσιμο νερό), το εμφιαλωμένο επιτραπέζιο και το φυσικό μεταλλικό νερό.

**Α. Στην ομάδα των κολοβακτηριοειδών (total coliforms)** περιλαμβάνονται όλα τα αερόβια και προεραϊκώς αναερόβια μη σπορογόνα Gram αρνητικά βακτήρια, τα οποία ζυμώνουν την λακτόζη με παραγωγή οξέως και αερίου. Πρόκειται για σύμπαγη ομάδα μικροβιακών γενών όπως *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Erwinia* sp., *Hafnia* sp., *Campylobacter* sp., *Yersinia ruckeri*, *Edwardsiella tarda*, *Citrobacter* sp., *Enterobacter* sp., *Klebsiella* sp.).

Ο όρος ολικά κολοβακτηριοειδή δεν συναντάται στην ιατρική μικροβιολογία αλλά είναι όρος της μικροβιολογίας περιβάλλοντος και καθιερώθηκε εξαιτίας των κοινών χαρακτηριστικών τους. Επειδή μερικά στελέχη της ομάδας αυτής δεν βρίσκονται μόνο στην εντερική χλωρίδα, αλλά μπορούν να βρεθούν και στο περιβάλλον (έδαφος κ.λ.π.), η παρουσία τους δεν σημαίνει αποκλειστικά κοπρανώδη προέλευση, αλλά δείχνει ύπαρξη βακτηρίων που δεν ανήκουν στη φυσική χλωρίδα του νερού, δηλαδή τα βακτήρια αυτά έχουν εξωγενή προέλευση.

Τα ολικά κολοβακτηριοειδή απομονώνονται εύκολα και, εξαιτίας του μεγαλύτερου χρόνου επιβίωσής τους από τους οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση διαφόρων ασθενειών, αποτελούν έναν πολύ χρήσιμο δείκτη για

την πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων βακτηρίων, ιών και παρασίτων στο νερό.

Συμπερασματικά ένα νερό που είναι απαλλαγμένο από ολικά κολοβακτηριοειδή είναι αυτόματα απαλλαγμένο από βακτήρια που μεταδίδουν επιδημίες όπως τυφοειδής πυρετός, δυσεντερία και χολέρα.

**Β. Τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (faecal coliforms)** έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα κολοβακτηριοειδή, εφόσον αποτελούν μέρος των ολικών κολοβακτηριοειδών με τα οποία έχουν ίδιες ιδιότητες, αλλά μπορούν να πολλαπλασιαστούν στους 44 ή 44.5°C μετά από επώαση 48h (θερμοανθεκτικοί μικροοργανισμοί). Έτσι η θερμοκρασία χρησιμοποιείται σαν διαφορετική παράμετρος διάγνωσης. Η *E. coli* είναι το πιο τυπικό είδος της ομάδας των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών έχει την ιδιότητα να παράγει ινδόλη διασπώντας την τρυπτοφάνη στους 44.5°C, να δίνει θετική αντίδραση του ερυθρού του μεθυλίου, να μην χρησιμοποιεί τα κιτρικά άλατα ως πηγή άνθρακα και να μην παράγει ακετυλομεθυλο καρβινόλη από την διάσπαση της γλυκόζης. Η βιοχημική αντίδραση παραγωγής ινδόλης από το αμινοξύ τρυπτοφάνη αποτελεί μέρος της δοκιμασίας Indole Methyl red Voghs Proskauer Citrate ή **IMVIC**, με την οποία διαφοροποιείται η *E. coli* από τα υπόλοιπα εντεροβακτηριακά. Η παρουσία τους στο νερό υποδεικνύει ρύπανση κοπρανώδους προέλευσης και πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Η επιβίωσή τους στο νερό ποικίλλει από ώρες έως εβδομάδες.

Τα Gram αρνητικά βακτηρίδια, προερχόμενα συνήθως από τον γαστρεντερικό σωλήνα των θερμόαιμων ζώων, τις περισσότερες φορές καταλήγουν μέσω των αποβλήτων στο υδάτινο περιβάλλον, όπου προσπαθούν να προσαρμοστούν αντιδρώντας με διαφορετικούς τρόπους. Μερικά από αυτά πεθαίνουν ταχύτατα. Άλλα επιβιώνουν και πολλαπλασιάζονται, ενώ άλλα επιβιώνουν απλώς χωρίς να πολλαπλασιάζονται.

Στην προσπάθειά τους να επιβιώσουν, οι μικροοργανισμοί αυτοί υφίστανται σημαντικές αλλαγές δομικές ή ενζυμικές, αναστρέψιμες ή μη. Αυτές οι αλλαγές αφορούν το σχήμα τους, το κυτταρικό τοίχωμα, τις πρωτεΐνες, τα ένζυμα και τον ενδογενή μεταβολισμό των κυττάρων. Πολλές φορές τα βακτηρίδια αυτά έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται, αλλά διατηρούν την ικανότητα να προσλαμβάνουν τροφικά συστατικά και να τα μεταβολίζουν. Οι μικροοργανισμοί αυτοί, χαρακτηριζόμενοι ως μειωμένης ζωτικότητας, δεν αναπτύσσονται στα εκλεκτικά υποστρώματα που περιέχουν άλατα χολής ή δεσοξυζολικά άλατα, και τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως για την καταμέτρηση των Gram αρνητικών βακτηρίων στο νερό, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η αρίθμηση τους με τις κλασσικές καλλιεργητικές τεχνικές (βιώσιμες αλλά μη καλλιεργήσιμες μορφές).

**Γ. Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (faecal streptococci)** είναι Gram-θετικοί, καταλάση αρνητικοί κόκκοι που απαντούν ανά ζεύγη ή αλυσίδες.

Από την σχέση των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων προς τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων, μπορούν να ληφθούν πληροφορίες για την πηγή ρύπανσης. Επειδή ορισμένοι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι προσβάλλουν συγκεκριμένους ξενιστές, γι' αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ένας εντερικός δείκτης για τον έλεγχο της

ρύπανσης του νερού, αλλά τουλάχιστον δύο.

Η ομάδα αυτή των βακτηρίων περιλαμβάνει gram-θετικούς κόκκους. Ο φυσιολογικός χώρος διαβίωσής τους είναι ο εντερικός σωλήνας ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων, για το λόγο αυτό ονομάζονται και εντερόκοκκοι. Η παρουσία τους στο νερό φανερώνει κοπρανώδη πρόσμιξη.

Περιλαμβάνονται τα εξής είδη και υποείδη:

*Streptococcus faecalis*

*Streptococcus faecalis* subsp. *liquefaciens*

*Streptococcus faecalis* subsp. *zygogenes*

*Streptococcus faecium*

*Streptococcus bovis*

*Streptococcus equinus*

Εξαιτίας της περιορισμένης βιωσιμότητάς τους στο περιβάλλον δεν ενδείκνυται αποκλειστικά η χρήση τους για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού. Σε συνδυασμό όμως με τα στοιχεία κοπρανωδών κολοβακτηριδίων και τα στοιχεία των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων παρέχουν ειδική πληροφόρηση για τις πηγές μόλυνσης, αφού μερικοί κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι συσχετίζονται με την αιτία που τα προκαλεί. Για παράδειγμα, η επικράτηση του *S.bovis* και του *S. equinus* υποδηλώνει μόλυνση οφειλομένη σε κόπρανα μη ανθρώπινης προέλευσης και συνήθως μόλυνση από βιομηχανίες κρεάτων ή από απόβλητα γαλακτοκομίας. Επίσης, επειδή τα παραπάνω δύο είδη στρεπτόκοκκων έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής έξω από το δικό τους φυσικό περιβάλλον, η παρουσία τους στο νερό φανερώνει πρόσφατη μόλυνση.

### Μικροβιολογικός έλεγχος του νερού

Το βασικό πρόβλημα στο μικροβιολογικό έλεγχο είναι το μικρό μέγεθος των μικροοργανισμών, που κάνει την παρατήρησή τους με γυμνό μάτι αδύνατη. Επειδή οι πιο μικροί μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αναγνωρισθούν από τα φυσικά τους χαρακτηριστικά, καταφεύγουμε για την αναγνώρισή τους στον έλεγχο των βιοχημικών και των μεταβολικών ιδιοτήτων τους. Η παρατήρηση ζωντανών δειγμάτων είναι συχνά δύσκολη υπόθεση, εξαιτίας του ότι συνήθως οι μικροοργανισμοί είναι άχρωμοι.

### Μέθοδος διήθησης μέσω μεμβράνης (τεχνική MF: membrane filtration)

Είναι μία μέθοδος μικροβιολογικής ανάλυσης, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση μεμβράνης με μέγεθος πόρων που μπορεί να συγκρατήσει και να διαχωρίσει τους μικροοργανισμούς από το νερό. Οι μικροοργανισμοί που κατακρατούνται στην μεμβράνη φέρνονται σε επαφή με το κατάλληλο θρεπτικό υλικό μέσα σε ένα ειδικό πλαστικό δοχείο (petri dish) και αφήνονται για επώαση στην επιθυμητή θερμοκρασία. Η αναγνώριση των διαφόρων ειδών μικροβίων γίνεται με βάση το χρώμα και την εμφάνιση της καλλιέργειας που σχηματίζεται.

Η τεχνική αυτή προσφέρει την δυνατότητα ελέγχου μεγάλων ποσοτήτων νερού και είναι αναπαραγωγίμη. Επιπλέον υπερέχει αναμφισβήτητα σε ακρίβεια, ταχύτητα και οικονομία, συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους μικροβιολογικών εξετάσεων του νερού, όπως είναι η εύρεση του πλέον πιθανού αριθμού των κολοβακτηριοειδών με τη



χρήση πολλαπλών σωληναρίων, η εκτίμηση του μικροβιακού φορτίου διαφόρων μικροβιακών ομάδων με χρήση δεκαδικών αραιώσεων και η ενσωμάτωση σε τριβλία με εκλεκτικά υποστρώματα. Χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα της εταιρίας Gelman διαμέτρου 5 cm και με πόρους 0.45 μm. Οι συσκευές διήθησης ήταν Gelman (Manifold No 4205). Η μικροβιολογική ανάλυση άρχιζε με καλή ανάδευση της φιάλης του δείγματος. Πριν την αρχή της διήθησης αποστειρωνόταν η διηθητική συσκευή, περνώντας την φλόγα ελαφριά πάνω από τον υποδοχέα και μέσα στην χοάνη, και η λαβίδα, η οποία διαβρεχόταν με αλκοόλη και αποστειρωνόταν στη φλόγα. Πριν την επώαση ελεγχόταν τα τρυβλία εάν ήταν σωστά αριθμημένα.

Διηθούνταν 100 ml νερού και τα φίλτρα με αποστειρωμένη λαβίδα τοποθετούνταν άσηπτα σε τριβλία Petri που περιείχαν τα ειδικά θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την απομόνωση των βακτηριδίων που ελέγχθηκαν. Τα θρεπτικά συστατικά ανέρχονται, με την βοήθεια τριχοειδών φαινομένων, στην επιφάνεια του τριβλίου και υποστηρίζουν την ανάπτυξη των βιώσιμων αποικιών ή CFU. Χρειάζεται προσοχή, ώστε, κατά την επαφή μεμβράνης και θρεπτικού υποστρώματος, να μην εγκλωβιστούν φυσαλλίδες αέρα που θα εμπόδιζαν την ανάπτυξη των αποικιών. Παρόμοια δράση ασκούν και οι τυχόν φυσαλλίδες στην επιφάνεια του θρεπτικού υποστρώματος, οι οποίες εξαερώνονται με φλόγα, όσο αυτό δεν έχει στερεοποιηθεί ακόμα.

Μετά την επώαση καταμετρούνται οι αποικίες με μετρητή και ο αριθμός των αναφέρεται στον όγκο νερού που διηθήθηκε. Κάθε αποικία θεωρείται ότι αντιστοιχεί με ένα αρχικό μικροβιακό κύτταρο που είναι σε θέση να σχηματίσει αποικία, Colony Forming Unit-CFU. Σε περίπτωση που οι αποικίες είναι πάρα πολλές για να μετρηθούν, θεωρείται ότι ο αριθμός τους αντιστοιχεί με 100.000 ή  $10^5$  CFU.

Τα χρησιμοποιούμενα φίλτρα ικανοποιούσαν όλες τις προϋποθέσεις για την επιτυχή ανάλυση, δηλαδή συγκρατούσαν τα μικρόβια, ήταν σταθερά στη χρήση, δεν ανέστειλαν την ανάπτυξή τους και δεν προήγαγαν τον πολλαπλασιασμό τους.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

1) m-Endo agar LES (Difco)

Είναι εκλεκτικό θρεπτικό υλικό για την απομόνωση καλοβακτηριοειδών.

ΣΥΣΤΑΣΗ (ανά λίτρο υλικού)

Yeast extract	1.2 gr
Casinone	3.7 gr
Thiopeptone	3.7 gr
Lactose	9.4 gr
Potassium Phosphate Dibasic	3.3 gr
Potassium Phosphate Monobasic	1 gr
Sodium Chloride	3.7 gr
Sodium desoxycholate	0.1 gr
Sodium Lauryl Sulphate	0.05 gr
Sodium Sulphite	1.6 gr
Bacto Basic Fuscin	0.8 gr
Bacto agar	15 gr

Διαλύουμε σε 100 ml νερού απεστεγμένου 5.1 gr agar, μέχρι να διαλυθεί εντελώς. Στην συνέχεια αποστειρώνουμε στους 121<sup>0</sup> C για 15 λεπτά και μοιράζουμε σε τρυβλία Petri. Τα τρυβλία με τα φίλτρα επωάστηκαν, αναερόβια στους 37<sup>0</sup> C για 24 ώρες.

Τα κολοβακτηριοειδή στο υλικό, σε περίπτωση ύπαρξής τους, έδιναν χαρακτηριστικές πορφυρού χρώματος αποικίες με χαρακτηριστική μεταλλική ανταύγεια.

Η επώαση πραγματοποιήθηκε αναερόβια, για να αποφευχθεί η υπερκάλυψη των αποικιών των κολοβακτηριοειδών από οξειδάση θετικά αερόβια μικρόβια, κυρίως την Ψευδομονάδα την πτυοκυανίνη. Τα κολοβακτηριοειδή είναι αερόβια, αλλά και δυνητικά αναερόβια ή μικροαερόφιλα, ενώ η Ψευδομονάδα είναι αυστηρώς αερόβια.

2) OXOID, προεμπλουτισμός με TRYPTONE SOYA AGAR (TSA), CM 131 για 4h στους 37<sup>0</sup> C, OXOID, TRYPTONE BILE AGAR (TBA), CM 595 για 20 h στους 44<sup>0</sup> C.

Διηθούμε 100 ml νερού και τοποθετούμε την μεμβράνη σε τρυβλίο Petri, που περιέχει το θρεπτικό υλικό TSA για προεμπλουτισμό και το επωάζουμε για 4h στους 37<sup>0</sup> C. Στη συνέχεια μεταφέρουμε την μεμβράνη σε τρυβλίο Petri με το θρεπτικό υλικό TBA και το επωάζουμε για 20h στους 44<sup>0</sup> C. Η *E. coli* στο υλικό, σε περίπτωση ύπαρξής της, έδινε τυπικές αποικίες κίτρινου χρώματος.

2.1) Μέθοδος μεταφοράς μεμβράνης.

Πρόκειται για μέθοδο που προσφέρει ταυτοποίηση όλων των αποικιών που υπάρχουν στην επιφάνεια της μεμβράνης. Για την ανίχνευση της *E. coli*, έγινε μεταφορά της μεμβράνης από το τρυβλίο με το θρεπτικό υλικό TBA σε ένα απορροφητικό χαρτί, το οποίο είχε τοποθετηθεί σε κενό τρυβλίο και είχε εμποτιστεί με το αντιδραστήριο James (BioMerieux). Σε περίπτωση ύπαρξης *E. coli* η αντίδραση ινδόλης ήταν θετική και μετά από 2-3 λεπτά οι αποικίες γίνονταν κόκκινες.

3) m Enterococcus agar

Είναι εκλεκτικό θρεπτικό υλικό για την απομόνωση κοπρανωδών στρεπτόκοκκων (υποομάδα : εντερόκοκκοι ).

Διαλύουμε 4.2 gr θρεπτικού υλικού σε 100 ml απεσταγμένου νερού και το βράζουμε μέχρι ολικής διάλυσής του. Το μοιράζουμε σε τρυβλία Petri. Τα τρυβλία με τα φίλτρα επωάστηκαν για σε κλίβανο για 48 ώρες στους 37<sup>0</sup> C. Η τυχόν ύπαρξη κοπρανωδών στρεπτόκοκκων εκδηλωνόταν με τον σχηματισμό κόκκινων ή σκούρων καστανόχρωμων αποικιών.

Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι είναι οι στρεπτόκοκκοι group D κατά Lancefield.

Enterococcus group:

group D

*S. faecalis*

*S. faecalis* subsp. *liquefaciens*

*S. faecalis* subsp. *zymogenes*

*S. faecium*

*S. bovis*

group Q

*S. equinus*

*S. avium*

Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι βρίσκονται στο έντερο ανθρώπων και ζώων, συνεπώς είναι δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης. Η αναζήτηση του δείκτη των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων μπορεί να δώσει σημαντικές συμπληρωματικές πληροφορίες για την βακτηριολογική ποιότητα λιμνών, παραλιών, ρυακιών κ.λ.π. Σε συνδυασμό με τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων δίνει πιο σαφείς και συγκεκριμένες πληροφορίες για την μόλυνση του νερού.

Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων/ κοπράνων στρεπτόκοκκων μπορεί να δώσει πληροφορίες για την πιθανή πηγή μόλυνσης.

Σχέση  $> 4.1$  σημαίνει μόλυνση από οικιακά απόβλητα (ανθρώπινη προέλευση)

Σχέση  $< 0.7$  σημαίνει μόλυνση από μη ανθρώπινη πηγή

Σχέση μεταξύ  $0.7-4.1$  σημαίνει μικτή μόλυνση ανθρώπινης και ζωϊκής προέλευσης.



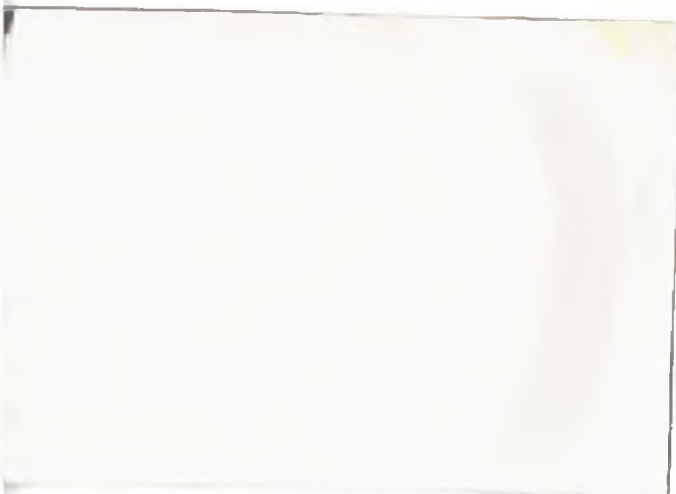
ΕΙΚΟΝΑ 1:

Ανοικτές ολικών  
καλοβακτηριοειδών σε  
δυσθνήκη Liebermann.  
(LHC αερόβια ενδοαε)  
Ορατικό υπόστρωμα  
ul-Endo agar LES



ΕΙΚΟΝΑ 2:

Ανοικτές κοπρωδίων  
βιβεντοκόκκων σε  
δυσθνήκη Liebermann.  
(LHC αερόβια ενδοαε)  
Ορατικό υπόστρωμα  
ul-Enterocoli agar



ΕΙΚΟΝΑ 3:

Ανοικτές *E. coli*  
σε δυσθνήκη Liebermann  
(LHC αερόβια ενδοαε)  
Ορατικό υπόστρωμα  
TBA (Tryptone Bile Agar)

## ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Στη συνέχεια επεξηγούνται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού και μέθοδοι μέτρησης τους.

### Δείκτες ποιότητας νερού

Υπάρχουν μερικές μετρήσεις, οι οποίες σχετίζονται με την ποιότητα του νερού σε σχέση με τα ανόργανα συστατικά που περιέχει, όπως είναι η περιεκτικότητα σε πολυσθενή κατιόντα (σκληρότητα), τα διαλυμένα στερεά (TDS), η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το ελεύθερο χλώριο και η ενέργεια ιόντων υδρογόνου (pH).

#### **Ελεύθερο χλώριο**

Ο έλεγχος της συγκέντρωσης ελεύθερου χλωρίου έγινε με την χρήση φορητού κιτ της Merk και των αντιδραστηρίων της, τα αποτελέσματα της μέτρησης με αυτή την μέθοδο εκφράζονται σε mg/L, το ενδεικτικό επίπεδο της τιμής του είναι 25 mg/L, ενώ η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωσή του είναι 200 mg/L, ενώ το ελάχιστο όριο συγκέντρωσης για να είναι αποτελεσματική η χλωρίωση είναι 0.3 mg/L.

#### **pH**

Ο όρος pH εκφράζει την συγκέντρωση υδρογονιόντων, που περιέχει ένα δείγμα και ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση υδρογονιόντων, που περιέχει ένα διάλυμα ή ως η αρνητική δύναμη, στην οποία πρέπει να υψωθεί ο αριθμός 10 για να ληφθεί η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, εκφρασμένη σε γραμμάρια ή γραμοϊόντα ανά λίτρο διαλύματος.

Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 έως 14. Η μέτρησή του είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση του νερού.

Το pH μετράται ηλεκτρομετρικά. Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του γίνεται με την χρήση ειδικών οργάνων, γνωστά ως πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά είναι συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων με αισθητήριο αποτελούμενο από ηλεκτρόδιο υάλου συνδεδεμένο με ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο.

Το ηλεκτρόδιο αναφοράς είναι καλομέλανος ή Ag - Ag-Cl ή άλλου τύπου, σταθερού δυναμικού. Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολρότητα, τα κολλοειδή διαλύματα, τις αναγωγικές και οξειδωτικές ουσίες, που υπάρχουν στα διαλύματα καθώς επίσης και από την αλατότητα.

Το πεχάμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις του pH των δειγμάτων του πόσιμου νερού, έδινε τις τιμές κατευθείαν σε μονάδες pH με προσέγγιση 0,1 μονάδες pH.

Το ενδεικτικό επίπεδο της τιμής του pH για πόσιμο νερό είναι 6,5-8,5.

#### **Σκληρότητα:**

Η σκληρότητα είναι μία μέτρηση, που εκφράζει την περιεκτικότητα σε πολυσθενή κατιόντα (κυρίως  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$ ). Νερά με σκληρότητα 0-100 mg/L (ισοδύναμο)  $\text{CaCO}_3$  χαρακτηρίζονται ως "μαλακά", από 100-200 mg/L ως "μέσης σκληρότητας", από 200 - 300 mg/L ως "σκληρά" και από 300 mg/L και πάνω ως "πολύ σκληρά".

Η μέτρηση της σκληρότητας παραγματοποιήθηκε με την ογκομετρική μέθοδο, όπου 100 ml δείγματος, που τοποθετήθηκαν μέσα σε κωνική φιάλη, ογκομετρήθηκαν, αφού πρώτα προστέθηκε 1 χάπι idranal και 0,5 ml αμμωνία. Στην συνέχεια μέσα σε προχοΐδα προστέθηκε ποσότητα Titriplex B και τιτλοδοτήθηκε το δείγμα μέχρι αλλαγής χρώματος. Τα ml του Titriplex B που καταναλώθηκαν πολλαπλασιάζονται με τον αριθμό 1,78 και το αποτέλεσμα ήταν σε μονάδες mg CaCO<sub>3</sub>/100 ml.

Ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση της ολικής σκληρότητας, εκφρασμένη σε mg/L, είναι 1.500 και ελάχιστη 50 mg/L.

#### **Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)**

Τα ολικά διαλυμένα στερεά είναι μία μέτρηση όλων των ιόντων που υπάρχουν σε διάλυση ή σε κolloειδή μορφή. Αν και τα ολικά διαλυμένα στερεά δεν φαίνεται να είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, συνήθως συνιστάται να είναι λιγότερα από 500 mg/L στο πόσιμο νερό. Πάνω από αυτή την συγκέντρωση το νερό αρχίζει να έχει ιδιάζουσα γεύση.

Η μέτρηση των ολικών διαλυμένων στερεών πραγματοποιήθηκε με το ηλεκτρονικό όργανο WTW, το οποίο μετράει επίσης την αγωγιμότητα και την αλατότητα. Το αποτέλεσμα ήταν εκφρασμένο σε mg/L.

#### **Αγωγιμότητα:**

Μία παράμετρος που σχετίζεται με τα ολικά διαλυμένα στερεά είναι η Ειδική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (HA). Η HA (μmhos/cm ή μS/cm) αποτελεί έκφραση της ενεργότητας των ιόντων του διαλύματος. στα νερά με χαμηλή περιεκτικότητα αλάτων ισχύει με ικανοποιητική προσέγγιση  $TDS = 0.5 (HA)$ . Καθώς η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνεται  $TDS > 1000 \text{ mg/L}$ ,  $HA > 2000 \text{ μmhos/cm}$ , ελαττώνεται η ενεργότητα των ιόντων και κατά συνέπεια ελαττώνεται η ικανότητά τους να μεταφέρουν ρεύμα, οπότε η σχέση τείνει προς  $TDS = 0.9 HA$  (θαλασσινό νερό).

Η μέτρηση της αγωγιμότητας έγινε με το ηλεκτρονικό όργανο WTW και το αποτέλεσμα ήταν σε μS/cm. Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση για την αγωγιμότητα είναι 1000 μS/cm, ενώ ενδεικτικό επίπεδο της τιμής της είναι 400 μS/cm.

#### **Αιωρούμενα στερεά (SS)**

Ως αιωρούμενα στερεά στο νερό ορίζονται τα στερεά που περιέχονται σε αυτό σε μέγεθος μεγαλύτερο των μορίων, κατά κανόνα (όχι απαραίτητα) μη ορατά με γυμνό μάτι. Η κύρια πηγή προέλευσής τους είναι η αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες. Τα ορυκτά της αργίλου είναι το κύριο συστατικό των σωματιδίων που προέρχονται από αποσάθρωση. Τα άλγη και τα βακτήρια, καθώς και άλλοι ανώτεροι μικροοργανισμοί είναι τα κύρια είδη των αιωρούμενων στερεών βιολογικής προέλευσης. Τα αιωρούμενα στερεά μπορεί να έχουν τόσο φυσική, όσο και ανθρωπογενή προέλευση. Οι βιομηχανικές και αγροτικές δραστηριότητες ενισχύουν τις φυσικές διεργασίες δημιουργίας αιωρούμενων στερεών αυξάνοντας την έκπλυση επιφανειών, ευνοώντας παράλληλα τη δημιουργία συνθηκών ευτροφισμού. Επίσης, τα αιωρούμενα στερεά προέρχονται και από την άμεση ρύπανση του νερού με βιομηχανικά απόβλητα.



Τα αιωρούμενα στερεά έχουν ευρεία επίδραση στην ποιότητα του νερού, η οποία εξαρτάται από τα φυσικά, χημικά και βιολογικά τους χαρακτηριστικά. Εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους έχουν μεγάλη ειδική επιφάνεια, η οποία συχνά λειτουργεί ως μέσο προσρόφησης- συγκράτησης τοξικών συστατικών, όπως είναι τα βαρέα μέταλλα και οι αλογονομένοι υδρογονάνθρακες. Η πρόσληψη τέτοιων αιωρούμενων στερεών ενδέχεται να δημιουργήσει οξεία ή χρόνια τοξική επίδραση. Η μεγάλη επιφάνεια των αιωρούμενων στερεών προκαλεί ισχυρή διάχυση του φωτός, αλλοιώνοντας έτσι τη διαύγεια του νερού. Επίσης, τα αιωρούμενα στερεά, ως πηγή προσρόφησης διαφόρων ιόντων, παίζουν πολύ σπουδαίο ρόλο στο βιολογικό-γεωχημικό κύκλο.

Οι μέθοδοι με τις οποίες μετρούνται τα αιωρούμενα στερεά είναι η θολότητα και η μέτρηση της κατανομής μεγέθους των σωματιδίων. Σε αυτή την εργασία η μέτρηση των αιωρούμενων στερεών έγινε με φασματοφωτόμετρο HACH, Spectrophotometer, DR 2000. Τα αποτελέσματα ήταν εκφρασμένα σε mg/L. Το επιθυμητό όριο του συνόλου των αιωρούμενων στερεών είναι 25 mg/L.

### **Θολρότητα**

Η θολότητα ορίζεται ως η ιδιότητα του δείγματος να προκαλεί διάχυση του φωτός και απορρόφηση, χωρίς να επιτρέπει τη διέλευση του. Η μέτρηση περιλαμβάνει μια δέσμη ορατού φωτός και έναν ανιχνευτή διαδεόμενης ακτιβολίας. Η θολότητα μετριέται σε μονάδες θολρότητας, FTU (Formatin Titration Units) στο φασματοφωτόμετρο Hach.

Ενώ τα αιωρούμενα και τα κolloειδή συστατικά, που συνεισφέρουν στη θολότητα, είναι σημαντικές παράμετροι για αισθητικούς, κυρίως, λόγους, αυτή καθ' αυτή η θολότητα είναι σπουδαία και για τους λόγους υγείας. Ειδικά χαρακτηριστικά της θολότητας, που σχετίζονται με την υγεία, συμπεριλαμβάνουν την ανάπτυξη και τη μεταφορά μικροοργανισμών με τα αιωρούμενα στερεά και τη δυσκολία καταστροφής τους με απολύμανση, καθώς η απαίτηση χλωρίου σχετίζεται με τη σύσταση των αιωρούμενων στερεών που δημιουργούν τη θολότητα. Είναι η περισσότερο μεταβαλλόμενη παράμετρος ποιότητας του νερού, η οποία καθορίζει συχνά την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας του.

### **Αισθητικά χαρακτηριστικά**

Τα αισθητικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνουν την οσμή και την γεύση του. Τα προβλήματα αυτά ενδεχόμενα να σχετίζονται με την προέλευση του νερού, τη μέθοδο επεξεργασίας του, καθώς επίσης και με το δίκτυο διανομής. Για τα αισθητικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού υπάρχει θεσμοθετημένη επιτρεπτή περιοχή μέσα στην οποία πρέπει να κυμαίνονται. Η αιτιολογία για την θεσμοθέτηση τέτοιων ορίων στο πόσιμο νερό είναι η αποτροπή των καταναλωτών από την αναζήτηση νέων περισσότερο ευχάριστων πηγών νερού, αλλά ενδεχομένως για άλλους λόγους λιγότερο ασφαλών.

### **Οσμή και γεύση**

Τα ανθρώπινα αισθητήρια γεύσης και οσμής διεγείρονται από χιλιάδες χημικά συστατικά, είτε οργανικά, είτε ανόργανα. Συχνά μερικά από τα χημικά αυτά συστατικά απαντούν στο νερό προσδίδοντάς του γεύση και οσμή.

Τα προβλήματα γεύσης στο νερό οφείλονται στα διαλυμένα άλατα (TDS), καθώς επίσης στην παρουσία κάποιων συγκεκριμένων μετάλλων όπως είναι ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος. Γενικά, τα νερά με σύνολο διαλυμένων αλάτων (TDS) μικρότερο από 1200 mg/L δεν παρουσιάζουν προβλήματα γεύσης και είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή, αν και προτιμάται συγκέντρωση TDS μικρότερη από 500 mg/L. Μερικά άλατα, όπως είναι για παράδειγμα το χλωριούχο μαγνήσιο, περουνιάζουν μεγαλύτερα προβλήματα γεύσης. Αντίθετα, η γεύση των θειικών αλάτων του μαγνησίου και του ασβεστίου είναι λιγότερο δυσάρεστη. Η συγκέντρωση των κοινών συστατικών, τα οποία δημιουργούν συνήθως γεύση στο πόσιμο νερό, δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Επιπλέον το πιο κοινό παράπονο των καταναλωτών για το νερό των δικτύων ύδρευσης, σε σχέση με την οσμή και την γεύση, αφορά τη χλωρίωση. Το όριο γεύσης του χλωρίου σε ουδέτερο pH είναι 0,2 mg/L, το οποίο αυξάνει σε 0,5 mg/L για τιμή  $\text{pH} = 9$ . Επίσης, το όριο γεύσης της μονοχλωραμίνης εκτιμάται σε 0,48 mg/L. Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα με τη χλωρίωση του νερού είναι η δημιουργία οσμής και γεύσης από τις ενώσεις που προκύπτουν κατά την αντίδραση του χλωρίου με τα οργανικά συστατικά του νερού, τις χλωραμίνες. Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, ορισμένα παράγωγα της φαινόλης που δημιουργούνται κατά την χλωρίωση του νερού έχουν συγκέντρωση γεύσης έως και 500 φορές χαμηλότερη σε σχέση με την φαινόλη. Επίσης ορισμένα τριαλομεθάνια, τα οποία δημιουργούνται από τα φυσικά οργανικά του νερού κατά την χλωρίωση, έχουν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις ανίχνευσης οσμής. Επιπλέον τα βρωμικά ιόντα είναι και καρκινογόνα και γι αυτό το λόγο δεν πρέπει να υπάρχουν χουμικά οξέα που αντιδρούν με το χλώριο.

#### **Αλατότητα ( S ‰ )**

Ως αλατότητα του νερού ορίζεται η συγκέντρωση των ολικών στερεών που περιέχονται στο νερό, όταν όλα τα ανθρακικά άλατα έχουν μετατραπεί σε οξειδία, όλα τα βρωμιούχα και ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και όλες οι οργανικές ουσίες έχουν πλήρως οξειδωθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι πάνω από κάποιο όριο, τα παραπάνω άλατα, προσδίδουν υφάλμυρη " βαρεία " γεύση στο νερό και το καθιστούν ακατάλληλο για πόση. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα όπου υπεραντλείται το γλυκό νερό και εισχωρεί θαλασσινό. το φαινόμενο αυτό λέγεται αλμυροποίηση.

Η μέτρηση αυτής της φυσικοχημικής παραμέτρου πραγματοποιήθηκε με έμμεση μέθοδο, η οποία βασίζεται κυρίως στις φυσικές ιδιότητες του νερού. Έτσι χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρονικό όργανο WTW.

Η αριθμητική τιμή της αλατότητας είναι συνήθως μικρότερη από την τιμή των ολικών διαλυμένων στερεών. Η αλατότητα, εκφράζεται σε γραμμάρια ανά χιλιόγραμμο (g/Kg) ή ως ποσοστό επί τις χιλιάδες (‰) και συνηθίζεται η αλατότητα να συμβολίζεται ως S ‰.

Η αλατότητα εξαρτάται από την περιεκτικότητα του νερού σε χλωριούχα, βρωμιούχα και ιωδιούχα. Συναφής όρος με την αλατότητα είναι και η χλωριότητα, που ορίζεται ως η περιεκτικότητα του δείγματος σε χλωριούχα, βρωμιούχα και

ιωδιούχα (σε g) που περιέχεται σε 1 Kg νερού, αν υποτεθεί ότι το βρώμιο και το ιώδιο έχουν αντικατασταθεί από χλώριο.

Από την τιμή της αλατότητας, με τον εμπειρικό τύπο συσχέτισης της αλατότητας με τη χλωριότητα :  $S \text{ ‰} = 1,805 \text{ Cl ‰} + 0,030$

μπορεί να βρεθεί και η τιμή των ιόντων Cl .

### **Ηλεκτρική αγωγιμότητα**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζομένων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση.

Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το  $\mu\text{hos/cm}$  ή  $\text{mS/cm}$  ή  $\mu\text{S/cm}$ .

Η μέτρηση της αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκε με την ηλεκτρομετρική μέθοδο, με το ηλεκτρονικό όργανο, αγωγιμόμετρο, WTW και το αποτέλεσμα ήταν εκφρασμένο σε μονάδα  $\mu\text{S/cm}$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από το δίκτυο παροχής νερού της επαρχίας του Μεσολογγίου εξετάστηκαν συνολικά 45 δείγματα κατά την διάρκεια 4 μηνών ( Μάιος 1997-Αύγουστος 1997). Τα δείγματα ελέγχθησαν για ολικά κολοβακτηριοειδή, κολοβακτηρίδια κοπράνων, κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι και φυσικοχημικές παράμετροι.

Η μικροβιακή καταλληλότητα του νερού στηρίχθηκε στην Υπουργική απόφαση Α5/288/23-1-86, ΦΕΚ 53/20-2-86, τεύχος Β, που αποτελεί συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας στο 80/778/ΕΟΚ.

Σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία από το σύνολο των δειγμάτων (44) κατάλληλα προς πόση βρέθηκαν τα 23, δηλαδή ποσοστό 52.2 % ενώ ακατάλληλα βρέθηκαν τα 21, δηλαδή ποσοστό 47.8 % αυτών. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βασίστηκε κατά μεγάλο μέρος στην αναγνώριση των αποικιών στο θρεπτικό υλικό m- Endo agar LES που επώαστηκε αναερόβια, συνθήκη επώασης που θεωρήθηκε απαραίτητη για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μας, επειδή όταν το υλικό επωαστεί αερόβια, τότε το φίλτρο υπερκαλύπτεται με μικροοργανισμούς, οξειδάση θετικούς κυρίως, που δεν επιτρέπουν την ανάγνωση κολοβακτηριοειδών που τυχόν υπάρχουν κάλυψη αποικιών με μεταλλική χροιά). Επίσης ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα δίνονται σε περιπτώσεις που υπάρχουν μειωμένης ζωτικότητας κολοβακτηριοειδή, που δεν αναπτύσσονται παρουσία αλάτων χολής και δεσοξυχολικών αλάτων, καθώς επίσης και σε περιπτώσεις ανταγωνισμού από μη κολοβακτηριοειδή (Seidler et al., 1981, Burlingame et al., 1984, McFeters et al., 1986). Σε αυτή την περίπτωση, είτε ο αριθμός των κολοβακτηριοειδών που αναπτύσσεται είναι μικρότερος του πραγματικού, είτε το αποτέλεσμα είναι αρνητικό επειδή όλα τα κολοβακτηριοειδή που υπάρχουν στο δείγμα είναι μειωμένης ζωτικότητας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ*

Από το σύνολο των δειγμάτων νερού από το δίκτυο ύδρευσης του Αγ. Γεωργίου κατά τη διάρκεια των τεσσάρων μηνών ( Μάιος 1997 - Αύγουστος 1997 ) το 33.4 % βρέθηκε κατάλληλο για πόση σύμφωνα με την Υπουργική απόφαση Α5/288/23-1-86, ΦΕΚ 53/20-2-86, τεύχος Β, που αποτελεί συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας στο 80/778/ΕΟΚ. Από την σχέση Κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους συμπεραίνουμε ότι η ρύπανση δεν ήταν ανθρώπινης προελεύσεως.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΓ. ΘΩΜΑ*

Από το σύνολο των δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 75 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία. Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους μας δηλώνει ότι η ρύπανση δεν είχε ανθρωπογενή προέλευση.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙΟΥ*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 75 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία . Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους μας υποδηλώνει την ύπαρξη ρύπανσης από οικιακά απόβλητα και από ανθρωπογενή προέλευση.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 75 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία. Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους μας υποδηλώνει την ύπαρξη ρύπανσης από οικιακά απόβλητα και από ανθρωπογενή προέλευση.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΓΑΛΑΤΑ*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 75 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία. Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους μας δηλώνει ότι η ρύπανση δεν είχε ανθρωπογενή προέλευση.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ Τ.Ε.Ι*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 25 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟΥ - ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 50 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 50 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία. Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους μας δείχνει ότι ύπαρξη μικτής μόλυνσης, δηλαδή μόλυνση ανθρώπινης και ζωϊκής προελεύσεως.

### *ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΡΕΤΣΙΝΩΝ*

Από το σύνολο δειγμάτων νερού από το δίκτυο το 100 % βρέθηκε ακατάλληλο για πόση σύμφωνα με την παραπάνω Νομοθεσία. Η σχέση κολοβακτηριοειδών κοπράνων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους μας υποδηλώνει την ύπαρξη ρύπανσης από οικιακά απόβλητα και από ανθρωπογενή προέλευση.

#### ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΟΛΗΣ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

Αν και δεν υπάρχει επαναληψιμότητα δειγματοληψιών για τις περιοχές Πλώσταινα, Ταμπακαριά, Καλλονή, Βίγλα, Εργατικές κατοικίες και Πλατεία 5 Πρωθυπουργών της πόλης του Μεσολογγίου, τα αποτελέσματα από τις μικροβιολογικές αναλύσεις ήταν, για όλες τις παραπάνω περιοχές, αρνητικά. Αυτό βέβαια δεν αποτελεί ικανή συνθήκη για εξαγωγή σίγουρου αποτελέσματος όσον αφορά την καταλληλότητα ή μη του παρεχόμενου νερού.

Παρόμοια περίπτωση είναι και η μοναδική δειγματοληψία από την Πηγή της Καλλιρρόης, που ανήκει στην επαρχία Μεσολογγίου, όπου τα μικροβιολογικά αποτελέσματα ήταν αρνητικά όσον αφορά την ύπαρξη μικροβιακού φορτίου.

Στο μεσολόγγι και στο Τ.Ε.Ι. πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα που αφορούσε την μη αποτελεσματική χλωρίωση του παρεχόμενου νερού λύθηκε οριστικά με την επιλογή νέων πηγών υδροδότησης από τον ποταμό Εύηνο, τον Αύγουστο του 1997.

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες περιοχές, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες, όπου βρέθηκαν δείγματα νερού ακατάλληλα προς πόση, στην συνέχεια παρατηρήθηκε βελτίωση της μικροβιακής ποιότητας του νερού, γεγονός που υποδεικνύει την ευαισθητοποίηση της Πολιτείας καθώς και των τοπικών αρχών στο σημαντικό αυτό θέμα για την Δημόσια Υγεία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Κεφαλόβρυσο, το οποίο αποτελεί περιοχή που υδροδοτείται από το δίκτυο του Αιτωλικού. Στο Αιτωλικό ο Δήμαρχος κατάλαβε το πρόβλημα της μη αποτελεσματικής χλωρίωσης του νερού και για αυτό το λόγο άρχισε την συστηματική χλωρίωσή του. Επιπλέον ο Δήμαρχος κατασκευάζει νέα υδρομάστευση σε καινούργιο σημείο με μεγαλύτερο υψόμετρο, για να αποφύγει έτσι την ρύπανση από τους βόθρους του Κεφαλόβρυσου, που ρυπαίνουν τον υδροφόρο ορίζοντα. Οι τρεις σταθμοί δειγματοληψίας Κεφαλόβρυσο-Μπούζα-Αιτωλικό επιλέχθηκαν για να δειχθεί η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης, λόγω του γεγονότος ότι το χλώριο οξειδώνεται. Πρέπει να σημειωθεί ότι το καλοκαίρι του 1997 δεν σημειώθηκαν τα μαζικά κρούσματα δυσεντερίας του 1996, προφανώς εξαιτίας της συστηματικής χλωρίωσης.

Για την περιοχή των Μούσουρων δεν υπήρξε άλλο δείγμα για μικροβιολογική ανάλυση, επειδή την ημέρα της δεύτερης δειγματοληψίας υπήρχε διακοπή υδροδότησης.



## Επιβάρυνση της μικροβιολογικής ποιότητας του πόσιμου νερού σε δίκτυο ύδρευσης

### **Πρόκληση υδατογενών επιδημιών**

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.

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν ανιχνευθεί 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 θαλασσινών καθώς και ωμών λαχανικών που έχουν ποτιστεί με λύματα.

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 συσχετίζεται με το έλκος του στομάχου. Προσοχή χρειάζεται στους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι περισσότεροι προσβάλλουν το δέρμα, τα αυτιά, τα μάτια και τον ρινοφάρυγγα.

Στις χώρες που υπάρχουν επιδημιολογικά στοιχεία φαίνεται ότι, από τα παθογόνα βακτήρια, τις περισσότερες επιδημίες έχει προκαλέσει το *Campylobacter jejuni*. Ακολουθεί η *E.coli*, η *Salmonella* (1700 ορότυποι), η *Shigella* (4 ορότυποι), το *Vibrio cholerae* και η *Yersinia enterocolitica*. Από τους οροτύπους των Σαλμονελλών στο νερό και τα λαχανικά συχνότερα απομονώνεται ο *S.paratyphi B* και *S.typhimurium*.

Η συσχέτιση της παρουσίας στο νερό παθογόνων βακτηρίων του γαστρεντερικού συστήματος με τους δείκτες κοπρανώδους ρύπανσης του νερού είναι πολύ καλή. Για παράδειγμα *Salmonella spp* ανιχνεύεται πάντοτε όταν ο αριθμός των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών ξεπεράσει τους 2000/100ml (Geldreich, 1995). Δεν υπάρχει όμως συσχέτιση της παρουσίας δυνητικών παθογόνων βακτηρίων, πρωτοζώων και ιών με τους κοπρανώδεις δείκτες.

### **ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ**

Οι υδατογενείς λοιμώξεις οφείλονται στη χρήση νερού επιβαρυσμένου με παθογόνους μικροοργανισμούς. Η βελτίωση του παρεχόμενου πόσιμου νερού ποικίλει ανάλογα με τις γεωγραφικές, πολιτιστικές, κλιματικές και κοινωνικοοικονομικές διαφορές των χωρών. Η ομαδοποίηση των υδατογενών λοιμώξεων από τον Bradley (1987) που στηρίζεται σε επιδημιολογικά δεδομένα βοηθά στην κατανόηση των προβλημάτων των υδατογενών λοιμώξεων.

Έτσι οι λοιμώξεις που σχετίζονται με το πόσιμο νερό διακρίνονται σε :

**Λοιμώξεις ή νοσήματα που οφείλονται στην κατανάλωση νερού για πόσιμο.**

Οι λοιμώξεις αυτές μεταδίδονται με την κατάποση ακατάλληλου νερού και το νερό θεωρείται ο παθητικός φορέας του λοιμογόνου παράγοντα. Κλασικές υδατογενείς λοιμώξεις είναι η χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός, ενώ και άλλα νοσήματα που οφείλονται σε βακτήρια, ιούς, πρωτόζωα και έλμινθες μπορεί να μεταδοθούν με το πόσιμο νερό. Οι λοιμώξεις αυτές μεταδίδονται δια της στοματοπρωκτικής οδού από άνθρωπο σε άνθρωπο, ενώ το νερό αποτελεί μία πιθανή πηγή λοίμωξης.

*Λοιμώξεις που οφείλονται σε ελλιπή χορήγηση νερού.*

Οι λοιμώξεις αυτές σχετίζονται με ελλειπίες συνθήκες υγιεινής και ελλιπή παροχή νερού για πλύσιμο. Οι λοιμώξεις αυτές προσβάλλουν τα μάτια και το δέρμα (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα) και το γαστρεντερικό σύστημα (διάρροιες). Οι γαστρεντερίτιδες μεταδίδονται από άνθρωπο σε άνθρωπο λόγω των κακών συνθηκών υγιεινής (άπλυτα χέρια, ρύπανση τροφών).

*Λοιμώξεις που οφείλονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι περνούν ένα σημαντικό μέρος της ζωής τους στο νερό ή το νερό θεωρείται απαραίτητο για την συμπλήρωση του κύκλου τους.*

Στις λοιμώξεις αυτές ανήκουν η σχιστοσωμίαση και η δρακοντίαση.

*Λοιμώξεις που μεταδίδονται με έντομα τα οποία εκκολάπτονται στο νερό ή τσιμπούν (δαγκώνουν) κοντά στο νερό.*

Οι λοιμώξεις αυτές περιλαμβάνουν τον κίτρινο πυρετό, την φιλαρίαση, την ελονοσία κ.λ.π.

Ανάλογα με τον τρόπο πρόκλησής τους οι υδατογενείς λοιμώξεις διακρίνονται σε :

α) λοιμώξεις από κατάποση νερού

β) λοιμώξεις από επαφή με νερά αναψυχής, είτε είναι στο φυσικό περιβάλλον (θάλασσα, λίμνες, ποταμοί), είτε σε τεχνικό περιβάλλον (κολυμβητήρια, κέντρα θερμών λουτρών)

γ) λοιμώξεις από εισπνοή υδατοσταγονιδίων, λοίμωξη για την οποία είναι υπεύθυνη η *Legionella* spp.

Η Ελληνική νομοθεσία καθορίζει νομοθετικά την ποιότητα του νερού με αντίστοιχες Υγειονομικές Διατάξεις ή με Προεδρικά Διατάγματα τα οποία είναι η προσαρμογή της Νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο Ελληνικό Κράτος.

#### ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν απομονωθεί από επιφανειακά και υπόγεια νερά τα οποία χρησιμοποιούνται για πόση. Η κύρια πηγή εσόδου των μικροοργανισμών αυτών στο νερό είναι ο άνθρωπος και τα κτηνοτροφικά, κατοικίδια και άγρια ζώα.

Ο χρόνος επιβίωσης των παθογόνων μικροοργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον μπορεί να είναι από μερικές μέρες μέχρι και ένα χρόνο (π.χ. αυγά σκωλήκων). Η μολυσματική δόση ποικίλλει από ένα μικροβιακό κύτταρο μέχρι πολλές χιλιάδες και εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά του δέκτη (ηλικία, φυσική κατάσταση).

Όλες οι υδατογενείς επιδημίες από μικροοργανισμούς έχουν εποχιακή κατανομή με μεγαλύτερο ποσοστό το καλοκαίρι και κυρίως τον μήνα Ιούλιο.

Η διερεύνηση υδατογενών επιδημιών απαιτεί πολύ μεθοδική και συστηματική δουλειά επειδή, ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου, μπορεί να υπάρχει πολύ

μεγάλος αριθμός θυμάτων.

Μικροοργανισμοί οι οποίοι ενοχοποιούνται για υδατογενείς λοιμώξεις από πόση νερού είναι οι ακόλουθοι:

### Βακτήρια

#### Salmonella spp

Περισσότεροι από 2.000 ορότυποι *Salmonella* (εκτός της *S. typhi*) προκαλούν σαλμονελλώσεις. Η *Salmonella* είναι ένα κινητό Gram αρνητικό βακτηρίδιο. Η μετάδοση της *Salmonella* γίνεται κυρίως μέσω τροφίμων και νερού. Τα συχνότερα είδη *Salmonella* που προκαλούν γαστρεντερίτιδες είναι η *S. enteritidis* και η *S. typhimurium*. Οι *Salmonellae A,B,C* προκαλούν συμπτώματα που προσομοιάζουν στον τυφοειδή πυρετό. Η σαλμονέλλωση τεκμηριώνεται με την απομόνωση του οργανισμού από τα κόπρανα. Ο τυφοειδής πυρετός προκαλείται από την *S. typhi*.

#### Shigella spp

Η *Shigella* είναι ένας ακίνητος, Gram αρνητικός, οξειδάση αρνητικός μικροοργανισμός, που αναπτύσσεται καλύτερα σε αερόβιες συνθήκες και προκαλεί κολίτιδα. Το γένος *Shigella* αποτελείται από 4 είδη: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* και *S. sonnei*.

#### Yersinia enterocolitica

Είναι ένα Gram αρνητικό κοκκοβακτήριο, οξειδάση αρνητικό, αερόβιο και προαιρετικά αναερόβιο.

#### E. coli

Βρίσκεται στην γαστρεντερική οδό του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Είναι Gram αρνητικός, οξειδάση αρνητικός μικροοργανισμός και αποτελεί μέλος της ομάδας των κολοβακτηριοειδών (*E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*).

Η εντεροτοξινογόνος *E. coli* (ETEC) είναι δύσκολο να διαφοροποιηθεί από τα υπόλοιπα στελέχη *E. coli* του νερού. Η ETEC είναι συχνό αίτιο διάρροιας ταξιδιωτών. Επειδή η μολυσματική δόση είναι μεγάλη, η μετάδοση από άτομο σε άτομο δεν είναι συχνή, ενώ θεωρείται σημαντική η μετάδοση με τα τρόφιμα. Η υδατογενής μετάδοση της ETEC είναι αβέβαιη.

Εκτός από την ETEC υπάρχει η εντεροπαθογόνος *E. coli* (EPEC). Είναι συχνότερη στις αναπτυσσόμενες χώρες ενώ έχει εξαφανισθεί σχεδόν στις αναπτυγμένες. Δεν παράγει εντεροτοξίνη. Ο μηχανισμός παθογόνου δράσης δεν είναι γνωστός. Προκαλεί διάρροιες σε παιδιά μέχρι 5 ετών και απάνια στους ενήλικες.

Η εντεροδιεισδυτική *E. coli* (EIEC) προκαλεί διάρροιες σε παιδιά και ενήλικες. Δεν παράγει ειδικές τοξίνες. Είναι ακίνητη και χωρίς βλεφαρίδες.

#### Campylobacter spp

Όλες οι υδατογενείς λοιμώξεις από *Campylobacter* προκαλούνται από το *C. jejuni*, έναν αερόβιο, κινητό, GRAM αρνητικό μικροοργανισμό, με ελικοειδή ή δονακοειδή μορφολογία, που θεωρείται το συχνότερο αίτιο της διάρροιας στον άνθρωπο στις ανεπτυγμένες χώρες. Πηγή του είναι τα κόπρανα ζώων και ανθρώπων, φορέων ή πασχόντων. Από τα κόπρανα μολύνεται το νερό και τα τρόφιμα.

Τα δίκτυα πόσιμου νερού μολύνονται συχνά με κόπρανα πουλιών, στα οποία το *Campylobacter* είναι φυσική χλωρίδα του εντέρου τους. Ελλιπούς επεξεργασία και

απολύμανση του νερού είναι η αιτία της πρόκλησης της υδατογενούς επιδημίας. Το *C. jejuni* παράγει μια θερμοευαίσθητη τοξίνη με χολεροειδή αντίδραση και είναι εντεροδιδεισδυτικό. Η παρουσία του *Campylobacter* στο νερό σημαίνει πρόσφατη περιττωματική ρύπανση και κίνδυνο μόλυνσεως των καταναλωτών.

### **Vibrio cholerae**

Η χολέρα προκαλείται από το *Vibrio cholerae* 01. Το *Vibrio cholerae* είναι ένα Gram αρνητικό, με σχήμα δονακίου, αερόβιο, κινητό βακτήριο. μεταδίδεται υδατογενώς και αποικίζει το λεπτό έντερο. Προκαλεί την λοίμωξη με την εντεροτοξίνη του, η οποία διεγείρει την αδενυλκυκλάση στα επιθήλια του λεπτού εντέρου με αποτέλεσμα την παραγωγή εκκριτικής διάρροιας. Ο χρόνος επώασης είναι 1-5 ημέρες.

### **2. Ιοί**

*Ιοί εντερικής προέλευσης*

Ο γαστρεντερικός σωλήνας του ανθρώπου φιλοξενεί ιούς οι οποίοι με τα κόπρανά τους ρυπαίνουν το υδάτινο περιβάλλον, όπου είναι δυνατόν να επιβιώσουν για μακρύ χρονικό διάστημα.

#### **A. Εντεροϊοί**

Η ρύπανση του πόσιμου νερού του δικτύου παροχής με απόβλητα αποτελεί την αιτία για την υδατογενή μετάδοση των ενεροϊών προκαλώντας επιδημία γαστρεντερίτιδας.

Ιός ηπατίτιδας A (HAV)

Ιός πολιομυελίτιδας (Polioviruses)

Ιοί Norwak και Rota

### **3. Παράσιτα**

*Entamoeba histolytica*

*Giardia lamblia*

*Cryptosporidium* spp

### **Προστασία του δικτύου από την δημιουργία βιολογικού υμενίου.**

Η επιβίωση των βακτηρίων μέσα στο βιολογικό υμένιο γίνεται ευκολότερη επειδή προστατεύονται από έναν μεγάλο αριθμό μικροβιοκτόνων παραμέτρων, όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, οι βακτηριοφάγοι, η θερμοκρασία και τα χημικά απολυμαντικά.

Η προστασία του δικτύου από την δημιουργία υμενίου είναι ένα σύνθετο θέμα το οποίο απαιτεί προσπάθεια από τους υπεύθυνους της ύδρευσης, τους διαχειριστές των κατοικιών και τον καταναλωτή.

Οι υγειονομικές αρχές που ασχολούνται με την ύδρευση πρέπει να φροντίζουν για την σωστή και συνεχή απολύμανση του νερού, τον συστηματικό καθαρισμό των φίλτρων και την αποφυγή σημείων στο δίκτυο με στατικό νερό, που μπορεί να δημιουργήσει θερμική διαστρωμάτωση και ιζήματα.

**Νέες κατευθύνσεις της υγιεινής του νερού.**

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 είναι πιθανόν ο καταναλωτής να καταφύγει σε άλλες ανεξέλεκτες 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.

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. 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 ανεξέλεκτη μετακίνηση πληθυσμών είναι μερικές από τις αιτίες που προκάλεσαν υδατογενείς επιδημίες ή και πανδημίες, όπως η πανδημία της χολέρας.

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 (καί 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 στην αποφυγή δημιουργίας βιολογικού υμενίου (biofilm) στο δίκτυο.

## ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

### Εισαγωγή

Η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό εννοείται από ορισμένους παράγοντες, όπως είναι το ουδέτερο pH, η παρουσία οργανικής ύλης που είναι η τροφή τους, καθώς και η ύπαρξη θρεπτικών συστατικών, όπως το άζωτο και ο φώσφορος, τα οποία είναι απαραίτητα στη βιοσύνθεσή τους. Εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους τους οι μικροοργανισμοί είναι δύσκολο να απομακρυνθούν πλήρως από το νερό μόνο με φυσικοχημικές διεργασίες, όπως είναι η καθίζηση και η διήθηση, οπότε για να διασφαλισθεί η απουσία τους στο νερό απαιτείται η απολύμανσή του.

Απολύμανση είναι η επεξεργασία εκείνη του νερού που έχει ως σκοπό την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών που τυχόν περιέχει, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία. Γενικότερα, ως απολύμανση ορίζεται η επεξεργασία εκείνη που έχει ως σκοπό τη διατήρηση των μικροοργανισμών ενός ανοικτού ή κλειστού δικτύου νερού σε επίπεδα που δεν επηρεάζουν τη διεργασία. Είναι ουσιώδες να διευκρινισθεί η διαφορά μεταξύ της αποστείρωσης, η οποία σημαίνει πλήρη καταστροφή όλων των μικροοργανισμών και της απολύμανσης, η οποία χαρακτηρίζεται ως η εκλεκτική ελάττωση σε ανεκτά επίπεδα των μικροοργανισμών, ώστε να γίνει καλύτερα κατατανοητή η επεξεργασία απολύμανσης του νερού. Συγκεκριμένα εξετάζονται οι μηχανισμοί απολύμανσης, οι παράγοντες που την επηρεάζουν, καθώς επίσης τα μέσα, χημικά και μη, που χρησιμοποιούνται για την επίτευξή της. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στο όζον, του οποίου η χρήση αυξάνει συνεχώς εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων που προσφέρει στην απολύμανση και όχι μόνο του νερού.

### **Μηχανισμοί απολύμανσης**

Η μικροβιοκτόνος δράση των απολυμαντικών μέσων επιτυγχάνεται γενικά με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Με καταστροφή ή εξασθένηση της οργάνωσης της κυτταρικής δομής.
- Με παρέμβαση στο μεταβολισμό που είναι υπεύθυνος για την παραγωγή ενέργειας.
- Με παρέμβαση στη βιοσύνθεση και την ανάπτυξη.

Τα οξειδωτικά μέσα, όπως είναι το χλώριο, μεταβάλλουν τη χημική σύνθεση των ενζύμων και τα αδρανοποιούν, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο κανονικός ρυθμός μεταβολισμού. Τα απαραίτητα για το μεταβολισμό ένζυμα βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες, γεγονός που εξηγεί τη σημαντική μικροβιοκτόνο δράση του χλωρίου ακόμα και σε πολύ μικρή συγκέντρωση (0,5-1 mg/L). Επίσης, είναι

δυνατόν το χλώριο να αντικαταστήσει ένα από τα υδρογόνα των αμινοομάδων των πρωτεϊνών των κυττάρων, οπότε η χλωραμίνη που σχηματίζεται είναι τοξική και επιφέρει το θάνατο. Γενικά, το ατομικό οξυγόνο που σχηματίζεται κατά τη διάλυση των οξειδωτικών στο νερό, είναι δυνατόν να αντιδράσει με τα ακόρεστα συστατικά του πρωτοπλάσματος του κυττάρου και να επιφέρει τη θανάτωσή του.

### Μέθοδοι απολύμανσης του νερού

Η απολύμανση του πόσιμου νερού πριν από την κατανάλωση είναι σημαντική διαδικασία για την εξασφάλιση της Δημόσιας Υγείας.

Πρέπει να τονιστεί ότι η χλωρίωση ή οποιαδήποτε άλλη τελική επεξεργασία του νερού έχουν ως 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, εφόσον αποτελεί ένα μέτρο προφύλαξης νερού που είναι ήδη ελεύθερο από παθογόνους μικροοργανισμούς. Πάντα βέβαια πρέπει να ελέγχεται η πιθανότητα δημιουργίας παραπροϊόντων της απολύμανσης, τα οποία είναι συνήθως χημικές ουσίες που προέρχονται από χημικές αντιδράσεις της απολυμαντικής ουσίας με οργανικές ουσίες του νερού.

Οι περισσότερες απολυμαντικές ουσίες εκτός από την προστασία έναντι των παθογόνων βοηθούν και με άλλους τρόπους την βελτίωση της ποιότητας του νερού, όπως με οξείδωση ανόργανων ουσιών (σίδηρος, μαγγάνιο).

### Χλωρίωση

Το ελεύθερο χλώριο είναι τοξικό στους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς και οξειδωτικό. Όταν εισαχθεί  $Cl_2$  σε νερό και το pH είναι όξινο, τότε το  $Cl_2$  παραμένει στην μοριακή του μορφή. Σε ουδέτερο pH το χλώριο αντιδρά με το νερό και δημιουργείται υποχλωριώδες οξύ.

Το προτέρημα της χλωρίωσης είναι ότι είναι αρκετά ισχυρό ώστε να απαλλάσει το νερό από τους πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ συγχρόνως παρέχει υπολειματικό απολυμαντικό, που 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 στην χλωρίωση αυξάνει σημαντικά, επειδή αναπτύσσουν μηχανισμούς προστασίας.

### Παραπροϊόντα της χλωρίωσης και επίπτωση στην υγεία.

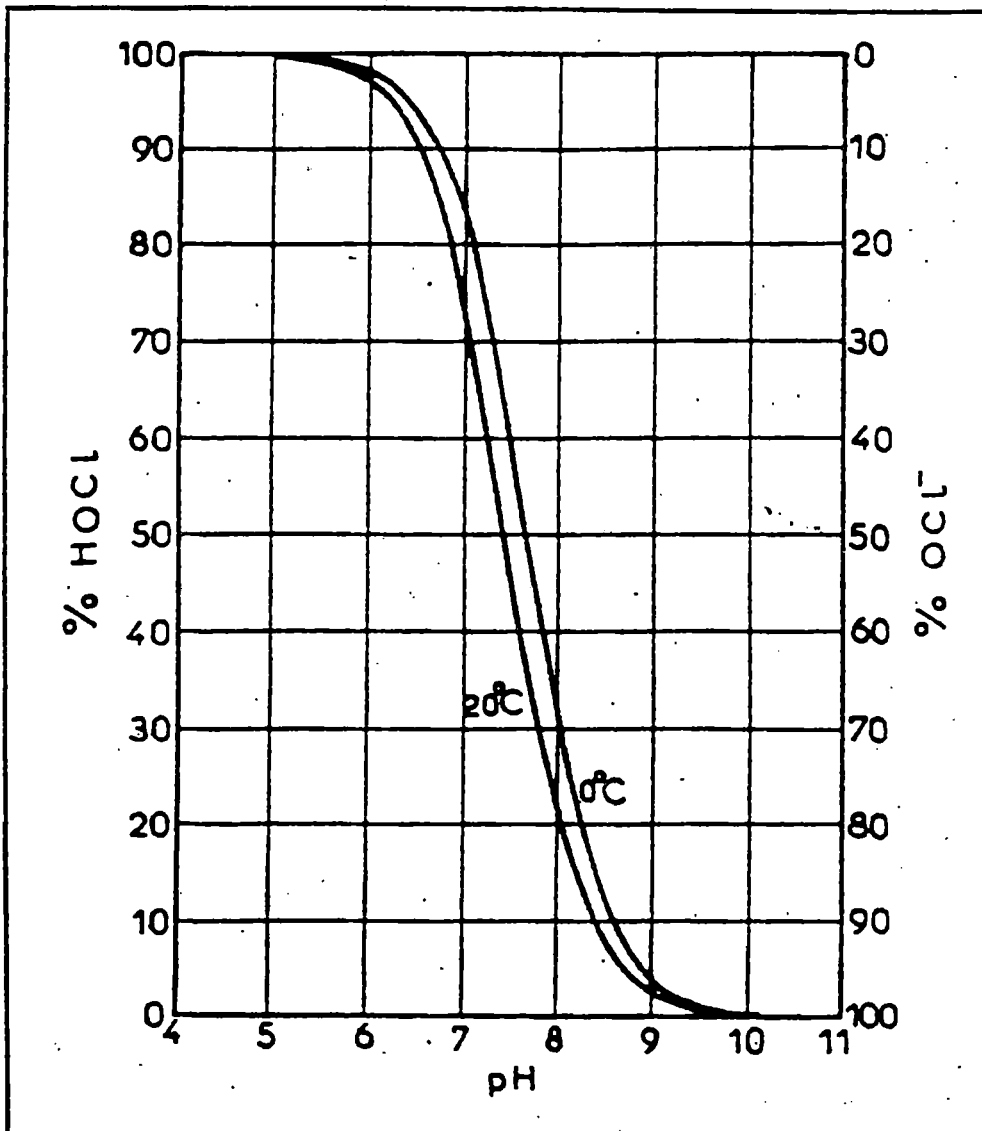
Ορισμένες χημικές ενώσεις που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό (χουμικά και φυλβικά οξέα, υδρόφιλα οξέα, αμινοξέα, υδατάνθρακες) αντιδρούν με το χλώριο και δημιουργούν τα τριχλωρομεθάνια (THM), τα οποία είναι καρκινογόνα. Το πιο σημαντικό τριχλωρομεθάνιο ως προς τις επιπτώσεις του στην υγεία είναι το χλωριφόρμιο. Απαραίτητη είναι λοιπόν η ανεύρεση άλλων τρόπων απολύμανσης του νερού, όπως η χρήση ενεργού άνθρακα, φίλτρων ώσμωσης και του όζοντος σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου η παρουσία του μολύβδου και νιτρικών είναι αυξημένη.

### Χλωραμίνωση

Πίνακας 1

Συστατικό	Συγκέντρωση γεύσης, mg/L
Zn <sup>2+</sup>	4 - 9
Cu <sup>2+</sup>	2 - 5
Fe <sup>2+</sup>	0,04 - 0,1
Mn <sup>2+</sup>	4 - 30
2 - Χλωροφαινόλη *	0,004
2,4 - Χλωροφαινόλη *	0,008
2,6 - Χλωροφαινόλη *	0,002
Φαινόλη	> 1,0

\* Δημιουργούνται από τη φαινόλη κατά τη χλωρίωση του νερού



Η αποτελεσματικότητα του υποχλωριώδους οξέως (HOCl) και του υποχλωριώδους ιόντος (OCl<sup>-</sup>), σύμφωνα με το pH και τη θερμοκρασία του νερού.



Οι χλωραμίνες συχνά χρησιμοποιούνται σε συνδιασμό με το ελεύθερο χλώριο, επειδή βοηθούν στην απομάκρυνση δυσάρεστων οσμών και γεύσης που αφήνει στο νερό η χλωρίωση. Οι χλωραμίνες έχουν πολύ ασθενέστερη απολυμαντική δράση από το ελεύθερο χλώρι, όμως αφήνουν στο νερό ένα πιο χημικά σταθερό υπολειμματικό απολυμαντικό και δεν ευνοούν την δημιουργία THM και άλλων παραπροϊόντων της απολύμανσης. Συνιστάται η χρήση τους σαν δευτερογενής απολύμανση, για την βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του χλωριωμένου νερού και για την παρουσία σταθερού υπολειμματικού απολυμαντικού στο νερό. Ένα μειονέκτημα της χρήσης χλωραμινών είναι ότι ευνοούν τον πολλαπλασιασμό νιτροβακτηρίων στις δεξαμενές του νερού, τα οποία με την σειρά τους μπαίνουν στην τροφική αλυσίδα άλλων μικροοργανισμών και έτσι μεγαλώνει ο ολικός αριθμός μικροοργανισμών του νερού.

#### **Διοξειδίο του χλωρίου**

Η χρήση του  $\text{ClO}_2$  συνδιάζει καλό απολυμαντικό αποτέλεσμα και πολύ περιορισμένη δημιουργία παραπροϊόντων, κυρίως THM. ένα βασικό πρόβλημα στη χρήση του σαν βασικό απολυμαντικό είναι ότι η χημική μορφή του είναι ένα μάλλον ασταθές αέριο το οποίο δεν μπορεί να παραχθεί σε εμπορεύσιμη μορφή χωρίς να υπάρχουν κίνδυνοι κατά την μεταφορά και χρήση του.

#### **Όζον**

Το όζον είναι το ισχυρότερο οξειδωτικό από όλα τα κοινά απολυμαντικά του νερού. Δεν δημιουργεί THM. Η δράση του όμως επηρεάζεται από το pH, την συφκέντρωση μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα και άλλων οργανικών και ανόργανων ουσιών του νερού.

Η απολυμαντική δράση του όζοντος οφείλεται σε οξειδωτικές αντιδράσεις που καταστρέφουν βασικές δομές του μικροβιακού κυττάρου. Έχει επίδραση σε ευρεία κατηγορία μικροοργανισμών και προτείνεται για βασικό απολυμαντικό, με την προϋπόθεση το νερό να μην έχει αυξημένη θολρότητα, εφόσον τα αιωρούμενα σωματίδια του νερού προφυλάσσουν το κύτταρο των μικροοργανισμών από την οξειδωτική επίδραση του όζοντος.

#### **Υπερμαγγανικό κάλιο**

Το υπερμαγγανικό κάλιο χρησιμοποιείται ετρέως στην διατήρηση της ποιότητας του νερού. Δεν χρησιμοποιείται σαν κυρίως απολυμαντικό, αλλά για την βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του νερού μετά την χλωρίωσή του (οσμή, γεύση), για την απομάκρυνση σιδήρου και μαγγανίου και για τον έλεγχο των παραπροϊόντων χλωρίωσης. Η δράση του είναι κυρίως οξειδωτική. Έχει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση, η οποία είναι καλύτερη σε όξινο περιβάλλον.

#### **Υπεριώδης ακτινοβολία.**

Η υπεριώδης ακτινοβολία αδρανοποιεί βακτήρια και ιούς, αλλά δεν τους σκοτώνει, όπως τα άλλα οξειδωτικά απολυμαντικά. Επιδρά στο πυρηνικό DNA με αποτέλεσμα να μην λειτουργεί ο αναπαραγωγικός μηχανισμός. Επειδή η υπεριώδης ακτινοβολία δεν έχει υπολειμματικό απολυμαντικό, πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδιασμό με άλλες μεθόδους απολύμανσης.

### **Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης**

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης είναι μια σύνθετη συνάρτηση πολλών μεταβλητών, όπως είναι το είδος και η δόση του μέσου απολύμανσης, το είδος και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών, ο χρόνος επαφής και τα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού. Από αυτές, ο χρόνος επαφής και τα χαρακτηριστικά του μέσου απολύμανσης, όπως είναι το είδος, η δόση και η τεχνική εφαρμογής, είναι οι μεταβλητές που ελέγχονται τεχνικά.

#### **Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού**

Άλλα χαρακτηριστικά της ποιότητας του νερού, εκτός του μικροβιολογικού περιεχομένου, που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης είναι η θολερότητα, οι οργανικές ενώσεις, το pH και η θερμοκρασία.

**Η θολερότητα** έχει αποδειχθεί ότι εμποδίζει την απολύμανση, επειδή τα σωματίδια που την αποτελούν μπορούν να περιβάλλουν και να προστατέψουν τους μικροοργανισμούς από τη δράση του απολυμαντικού μέσου.

**Οι οργανικές ενώσεις** μπορούν να μειώσουν την αποτελεσματικότητα του απολυμαντικού μέσου, επειδή με την προσκόλλησή τους στην επιφάνεια των κυττάρων εμποδίζουν τη δράση του αντιδρώντος με το απολυμαντικό μέσο με αποτέλεσμα να σχηματίζουν ενώσεις με ασθενέστερες ή και καθόλου μικροβιοκτόνες ιδιότητες. Επίσης, ενώσεις όπως είναι ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το υδρόθειο, τα κυανιούχα και τα νιτρώδη, μπορούν να μειώσουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης καθώς οξειδώνονται από το απολυμαντικό μέσο. Αυτές οι αντιδράσεις με το απολυμαντικό μέσο δημιουργούν μια επιπρόσθετη απαίτηση απολυμαντικού, η οποία πρέπει να ικανοποιηθεί για να δράσει στη συνέχεια το μέσο στους μικροοργανισμούς.

Το **pH** του νερού, επηρεάζοντας τη χημική μορφή του απολυμαντικού μέσου στο υδατικό διάλυμα, μπορεί να επηρεάσει την καταστροφή των μικροοργανισμών. Για παράδειγμα, η πιο δραστική μορφή του χλωρίου για απολύμανση είναι το υποχλωριώδες οξύ ( $\text{HOCl}$ ), το οποίο υπερिशύει στο νερό όταν η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7.

Η θερμοκρασία επηρεάζει το ρυθμό αντίδρασης σε ορισμένα στάδια της διαδικασίας απολύμανσης, όπως τη διάχυση του απολυμαντικού δια μέσου των κυτταρικών τοιχωμάτων ή το ρυθμό αντίδρασης με ένζυμα κλειδιά, επηρεάζοντας έτσι το ρυθμό της απολύμανσης.

#### **Άλλοι παράγοντες**

Κατά την επιλογή ενός μέσου απολύμανσης, το πρώτο κριτήριο είναι η ικανότητα του να καταστρέφει τους μικροοργανισμούς. Εκτός όμως απ' αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλες ιδιότητές του, όπως αυτές που επηρεάζουν την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, την απόδοση της μονάδας, καθώς επίσης και το κόστος λειτουργίας.

Όσον αφορά την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, το απολυμαντικό που εξουδετερώνει τους μικροοργανισμούς επηρεάζει θετικά ή αρνητικά και κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Συγκεκριμένα μέσα απολύμανσης χρησιμοποιούνται

επίσης για τον έλεγχο της γεύσης και της οσμής. Η δράση ορισμένων μέσων, όπως το χλώριο και το όζον, μπορεί επίσης να μειώσει το χρώμα του νερού, οξειδώνοντας τις οργανικές ενώσεις που το προκαλούν. Αυτές οι αντιδράσεις όμως με τις οργανικές ενώσεις έχουν τα μειονεκτήματά τους. Το χλώριο για παράδειγμα αντιδρά με χουμικές ενώσεις και με ορισμένες φυσικές οργανικές ενώσεις μικρου μοριακού βάρους, παράγοντας χλωριωμένες οργανικές ενώσεις μερικές από τις οποίες θεωρούνται καρκινογόνες. Το όζον σχηματίζει αλδεΐδες, ενώ το διοξειδίο του χλωρίου σχηματίζει χλωριώδη και χλωρικά ιόντα. Σε κάθε περίπτωση τα παραπροϊόντα κάθε μέσου πρέπει να αξιολογούνται, ώστε να μην υπάρχουν δυσάρεστες συνέπειες για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Άλλος ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η επίδραση του μέσου απολύμανσης στα διάφορα τμήματα μιας μονάδας επεξεργασίας νερού. Η διατήρηση για παράδειγμα υπολειμματικού χλωρίου στο νερό που διέρχεται από τα αμμόφιλτρα είναι ευνοϊκή, επειδή θα λειτουργούν, στην περίπτωση αυτή, σε αδρανή κατάσταση και δε θα επηρεάζονται από την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η προκατεργασία επίσης με χλώριο και όζον μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένη θολότητα στο διηθημένο νερό.

Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας, είναι η ικανότητα του απολυμαντικού να διατηρεί μία υπολειμματική συγκέντρωση στο σύστημα διανομής και να εξασφαλίζει ένα τέλειο αποτέλεσμα, το οποίο να προστατεύει τη δημόσια υγεία.

#### **Ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών στην απολύμανση**

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να διαιρεθούν σε τέσσερις ομάδες κατά φθίνουσα σειρά ανθεκτικότητας: (1) σπόρια βακτηρίων, (2) σπόρια πρωτοζώων, (3) ιοί και (4) φυτικά βακτήρια. Η σχετική τους αντίσταση στην απολύμανση οφείλεται κυρίως σε διαφορές στην κυτταρική τους δομή.

Η αντίσταση του τοιχώματος των σπορίων, οι κυτταροχημικές μεταβολές, όπως είναι η απώλεια κατιόντων κι η αποθήκευση βασικών ιόντων, είναι οι πιθανοί λόγοι για την αυξημένη αντίσταση των σπορίων. Έτσι, η αντίσταση του κυτταρικού τοιχώματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό της μικροβιοκτόνου ικανότητας του απολυμαντικού μέσου, επειδή η διάχυσή του διαμέσου του τοιχώματος παίζει ένα σημαντικό ρόλο.

Οι μικροοργανισμοί στα απόβλητα διαφέρουν στις αρχικές τους συγκεντρώσεις, στους ρυθμούς θανάτου και στην ευαισθησία τους στα διάφορα μέσα απολύμανσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα βακτήρια υπερτερούν σε αριθμό των ιών και άλλων παθογόνων μικροοργανισμών κατά πολλές τάξεις μεγέθους. Για αυτόν κυρίως το λόγο, τα βακτήρια συμπεριλαμβάνονται τυπικά στους κανονισμούς της ποιότητας των νερών σαν ο μόνος δείκτης μικροβιολογικής ποιότητας.

14.5.1997

Πίνακας 1

	<i>pH</i>	<i>Free Cl (ppm)</i>	<i>Ιόντα Χλωρίου (mg/L)</i>	<i>S‰</i>	<i>TDS (mg/L)</i>	<i>Αγωγιμότητα (μS/cm)</i>	<i>SS (mg/L)</i>	<i>Σκληρότητα (mg CaCO<sub>3</sub>/100ml)</i>	<i>Coliforms (CFu/100 ml)</i>	<i>E. coli (CFu/100 ml)</i>	<i>Enterococcus (CFu/100 ml)</i>
Αγ. Γεώργιος	7.3	0	110	0.2	731	773	0	471.7	0	0	0
Αγ. Θωμάς	7.4	0	55	0.1	607	642	6	356	0	0	0
Ευηνοχώρι	7.6	0	0	0.0	407	427	1	272.2	0	0	0
Περιθώρι	7.1	0	55	0.1	534	563	7	258	0	0	0
Γαλατάς	7.5	0	0	0.0	350	371	3	219	1	0	3
Κεφαλόβρυσο	7.4	0	0	0.0	451	482	0	273	18	0	10 <sup>5</sup>
Τ.Ε.Ι.	7.4	0	55	0.1	686	731	6	413	0	0	0
Πηγή Καλλιρόης	7.5	0	0	0.0	326	343	4	196	0	0	0

28.5.1997

Πίνακας 2

	<i>pH</i>	<i>D.O. (%)</i>	<i>T°C</i>	<i>Free.Cl (ppm)</i>	<i>Ιόντα Χλωρίου (mg/L)</i>	<i>S‰</i>	<i>TDS (mg/L)</i>	<i>Αγωγιμότητα (μS/cm)</i>	<i>SS (mg/L)</i>
Αγ. Γεώργιος	7	52	26.9	0	110	0.2	740	815	0
Αγ. Θωμάς	7	70	27	0	55	0.1	597	667	0
Ευηνοχώρι	7.3	72	20.6	0	0	0	402	428	0
Περιθώρι	7	70	19.4	0	0	0	524	551	0
Γαλατάς	7.4	53	27.1	0	0	0	318	347	0
Κεφαλόβρυσο	7.1	70	22.6	< 1.5	0	0	476	507	0
Τ.Ε.Ι.	7				55	0.1	693	775	0
Μπούζα Αιτωλικού	7	50	27.8	0	0	0	500	565	0
Νερό Αιτωλικού	7.1	55	23.4	0.3	0	0	472	511	0
	<i>Coliforms</i>		<i>E. Coli</i>	<i>Enterococcus</i>					
Αγ. Γεώργιος	0		10 <sup>5</sup>	0					
Αγ. Θωμάς	26 & undif		10 <sup>5</sup>	0					
Ευηνοχώρι	0 & undif		26	1					
Περιθώρι	0		10 <sup>5</sup>	2					
Γαλατάς	0 & undif		10 <sup>5</sup>	0					
Κεφαλόβρυσο	0		0	0					
Τ.Ε.Ι.	0		1	0					
Μπούζα Αιτωλικού	0		0	0					
Νερό Αιτωλικού	0		0	0					

9.7.1997

Πίνακας 3

	pH	Free Cl (ppm)	Ιόντα Χλωρίου (mg/L)	S‰	TDS (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	SS (mg/L)
Αγ. Θωμάς	6.9	0	55	0.1	599	731	0
Ευηνοχώρι	7	0	0	0	436	492	0
Περιθώρι	7	0	0	0	517	525	0
Γαλατάς	7.2	0	0	0	317	356	0
Κεφαλόβρυσο	6.95	> 1.5	0	0	496	550	2
T.E.I.	7	0.3	55	0.1	702	839	0
Ελληνικά	7.1	0	0	0	756	814	4
Ρέτσινα	7.5	0	55	0.1	675	802	6
Μούσουρα	7.2	0	0	0	502	569	4
	<i>Coliforms</i>		<i>E. Coli</i>	<i>Enterococcus</i>			
Αγ. Θωμάς	0 & undif		0 & undif	5			
Ευηνοχώρι	1 & undif		0	0			
Περιθώρι	1		0	5			
Γαλατάς	0 & undif		0	0			
Κεφαλόβρυσο	0 & undif		0	0			
T.E.I.	0		0	0			
Ελληνικά	0		0	0			
Ρέτσινα	0 & undif		0	12			
Μούσουρα	20 & undif		0	0			

23.7.1997

Πίνακας 4

	pH	Free Cl (ppm)	Ιόντα Χλωρίου (mg/L)	S‰	TDS (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	SS (mg/L)
Αγ. Γεώργιος	7.2	0	0	0	518	583	1
Αγ. Θωμάς	7.2	0	55	0.1	595	711	0
Ευηνοχώρι	7.5	0	0	0	435	472	0
Περιθώρι	7.1	0	0	0	517	546	0
Γαλατάς	7.5	0	0	0	316	383	0
Κεφαλόβρυσο	7.1	1 - 1.5	0	0	503	575	0
Ρέτσινα	7.6	0	55	0.1	559	643	0
Ελληνικά	8.2	< 0.1	55	0.1	714	853	0
	<i>Coliforms</i>		<i>E. Coli</i>	<i>Enterococcus</i>			
Αγ. Γεώργιος	0 & undif		10 <sup>5</sup> undif (-)	3 small			
Αγ. Θωμάς	3 & undif		10 <sup>5</sup> (-)	1			
Ευηνοχώρι	0 & undif		10 <sup>5</sup> (-)	10 <sup>5</sup> small			
Περιθώρι	4 & undif		10 <sup>5</sup> (+10)	3			
Γαλατάς	0		2 (-)	8 small			
Κεφαλόβρυσο	0		0	0			
Ρετσίνα	10 <sup>5</sup> & undif		10 <sup>5</sup> (+)	35			
Ελληνικά	0 & undif		10 <sup>5</sup> (+ 45)	15			
T.E.I.	0		0	0			

8.8.1997

Πίνακας 7

Νερό ΔΕΥΑΜ	Μεσαία Γεώτρηση	Νότια Γεώτρηση	Βόρεια Γεώτρηση	Αντλιοστάσιο
Γεύση	κεντρίζουσα	καλή	καλή	καλή
TDS (mg/L)	355	301	287	301
Τζημα	-	NAI	-	-
Αγωγιμότητα (μS/cm)	380	327	317	333
pH	7.4	7.9	7.6	7.6
SS (mg/L)	7	8	16	15
Nitrogen, Ammonia	0.258	0.0387	0.0	0.0
Nitrite	1	0.008	0.009	0.005
Nitrate	0.7	1.7	1.3	0.8
Sulfate	18	17	11	12
S‰	0	0	0	0
Σκληρότητα CaCO <sub>3</sub>	172	161	185	195
Coliforms	0	0	0	0
E. coli	0	0	0	0
Enterococcus	0	0	0	0



3.9.1997

Πίνακας 8

	Πλώσταινα	Ταμπακαριά	Καλλονή	Βίγλα	Πλατεία 5 Προθυπουργών	Εργατικές Κατοικίες
<i>S%</i>	0	0	0	0	0	0
<i>TDS (mg/L)</i>	317	314	311	319	320	306
<i>Αγωγιμότητα (μS/cm)</i>	380	373	370	379	380	363
<i>pH</i>	7.6	7.7	7.7	7.8	8.1	7.7
<i>SS (mg/L)</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Σκληρότητα (mg CaCO<sub>3</sub>/50 ml)</i>	11.214	11.926	12.104	12.104	12.104	12.104
<i>Free Cl (ppm)</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Δοκιμή για Φαινόλες</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Coliforms</i>	0	0	1	40	0	0
<i>E. coli</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Enterococcus</i>	0	0 (10 <sup>5</sup> undif)	1	1	0	0

5.9.1997

Πίνακας 9

Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου	Free Cl (ppm)	Τζημα	Σκληρότητα (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	pH	Αγωγιμότητα (μS/cm)	SS (mg/L)	S‰	TDS (mg/L)
	0	καθόλου	180	7.3	355	0	0	305

Δεν πραγματοποιήθηκαν μικροβιολογικές εξετάσεις. Δεν υπάρχει Cl.

### ΓΑΛΑΤΑΣ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
25%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
75%

### ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
33,4%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
66,6%

### ΑΓ. ΘΩΜΑΣ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
25%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
75%

### ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
25%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
75%

### ΠΕΡΙΘΩΡΙ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
25%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
75%

### ΡΕΤΣΙΝΑ



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
100%

### ΕΛΛΗΝΙΚΑ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
50%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
50%

### ΤΕΙ

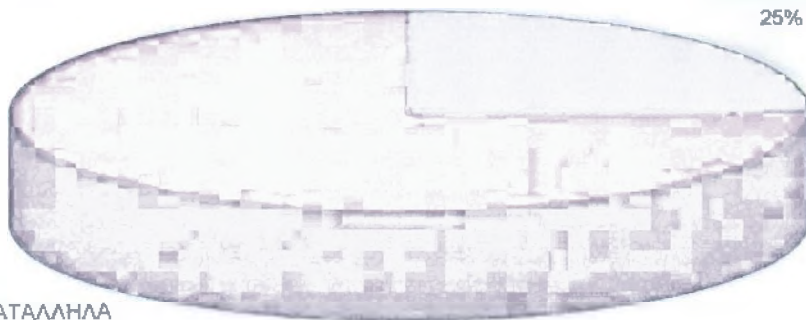
ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
75%



ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
25%

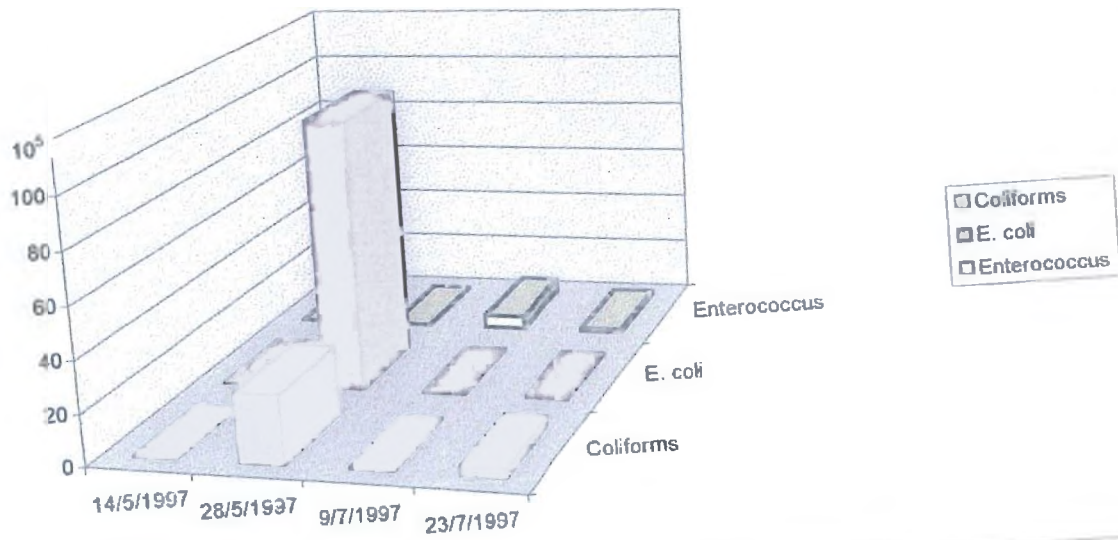
### ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
75%

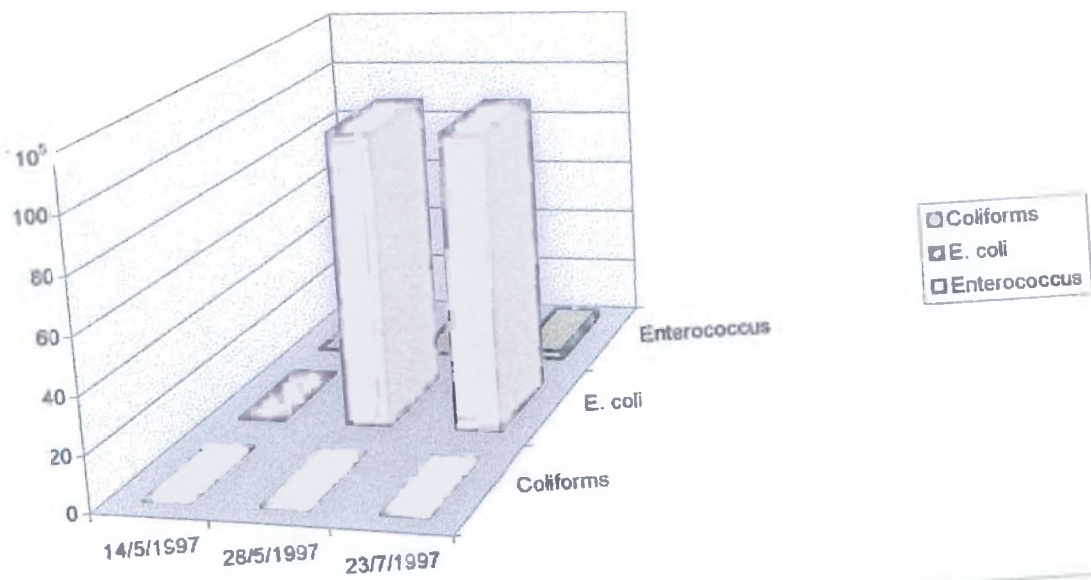


ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ  
25%

### ΑΓ. ΘΩΜΑΣ

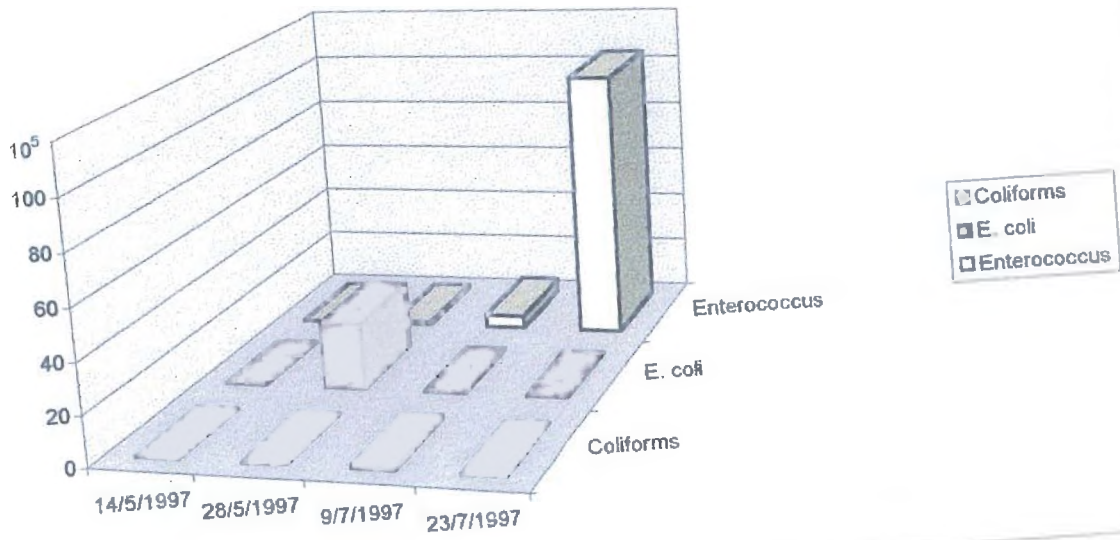


### ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ

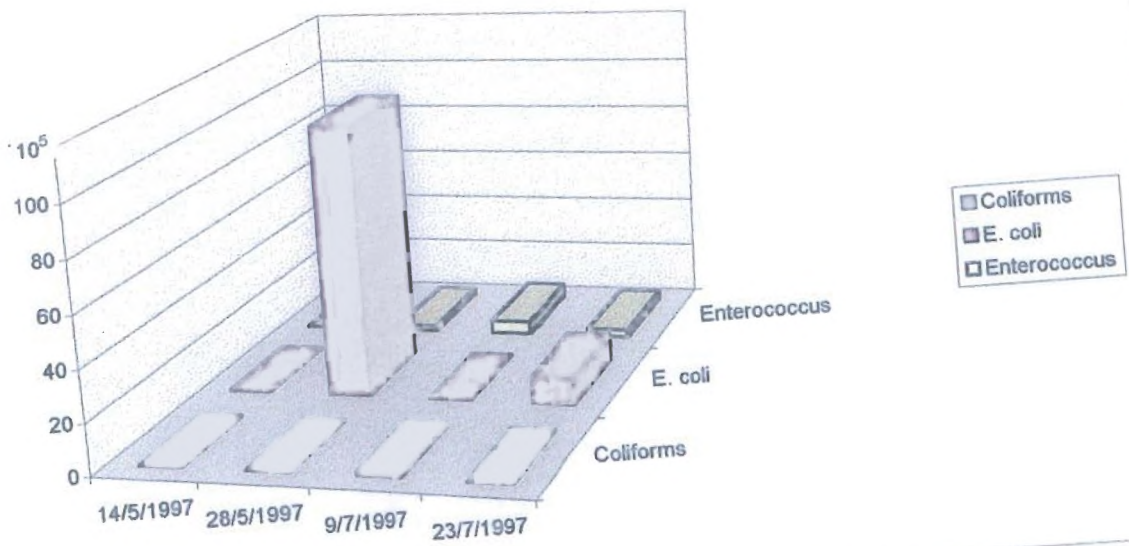




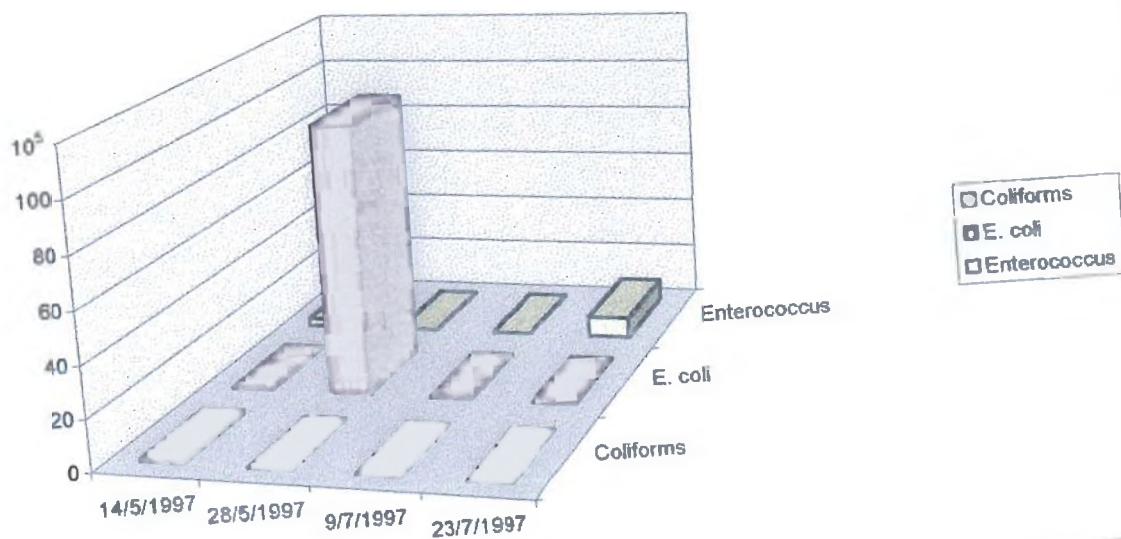
### ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ



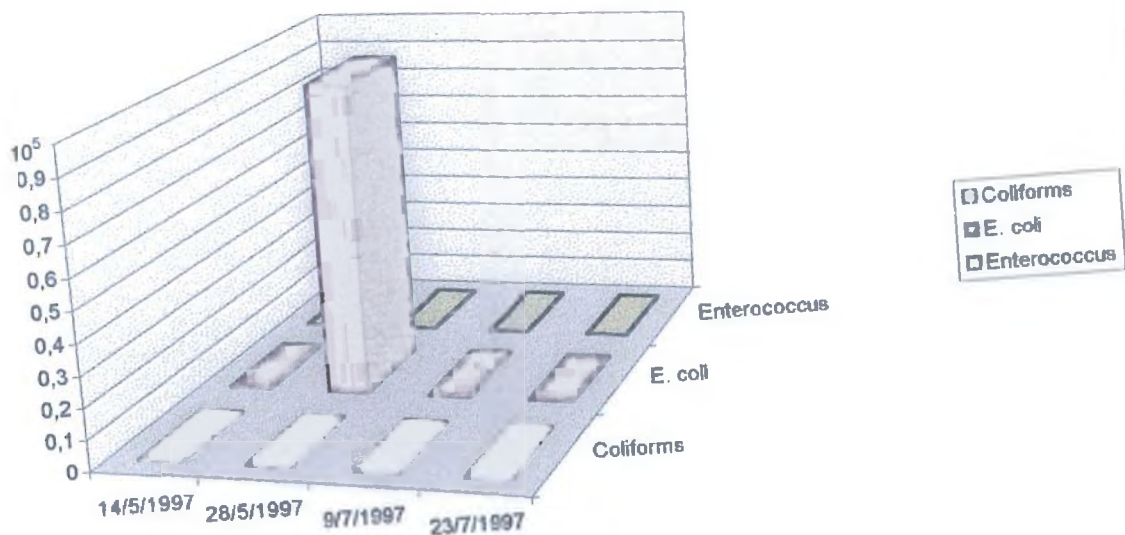
### ΠΕΡΙΘΩΡΙ



### ΓΑΛΑΤΑΣ

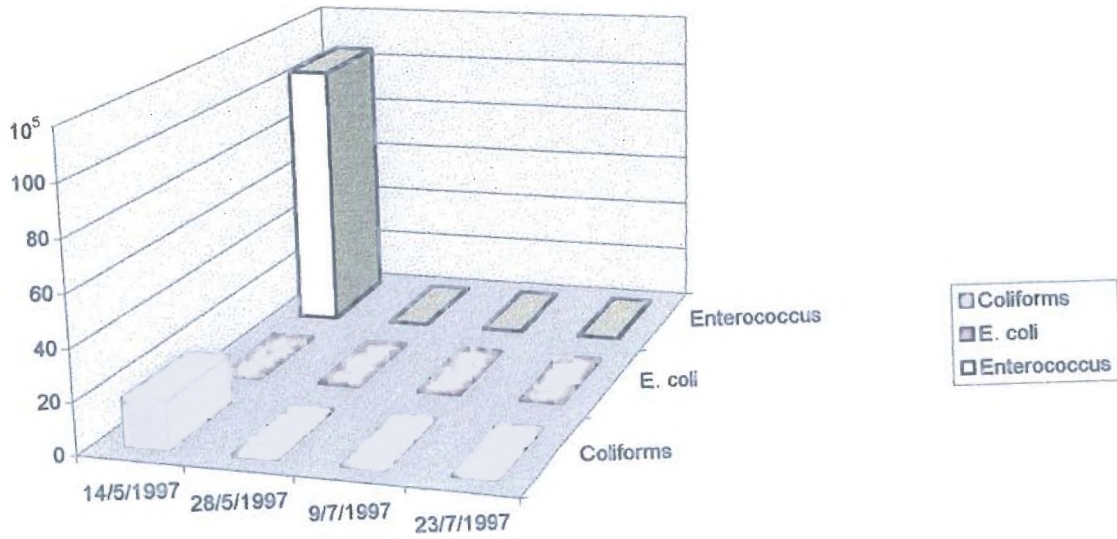


### TEI

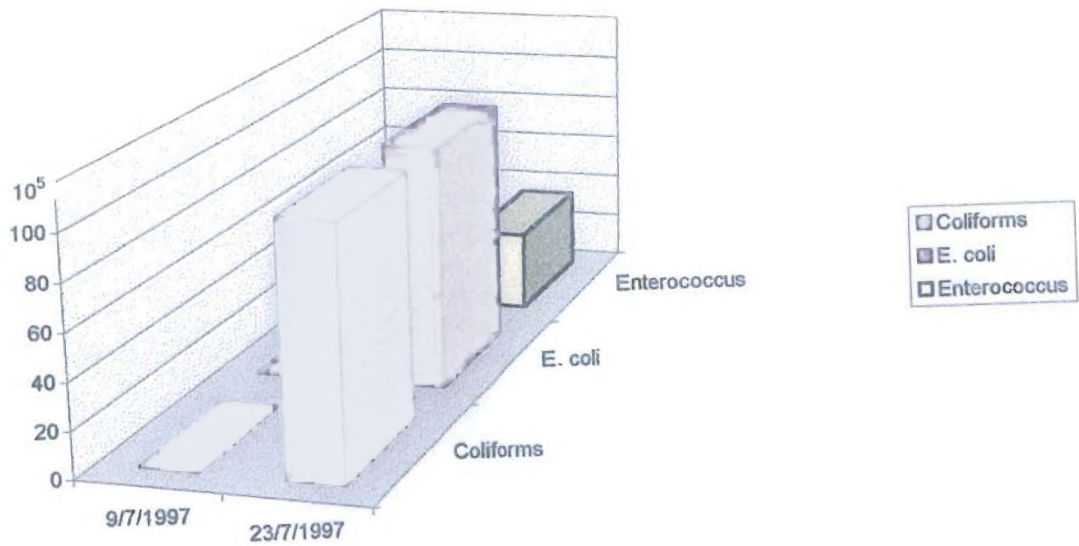




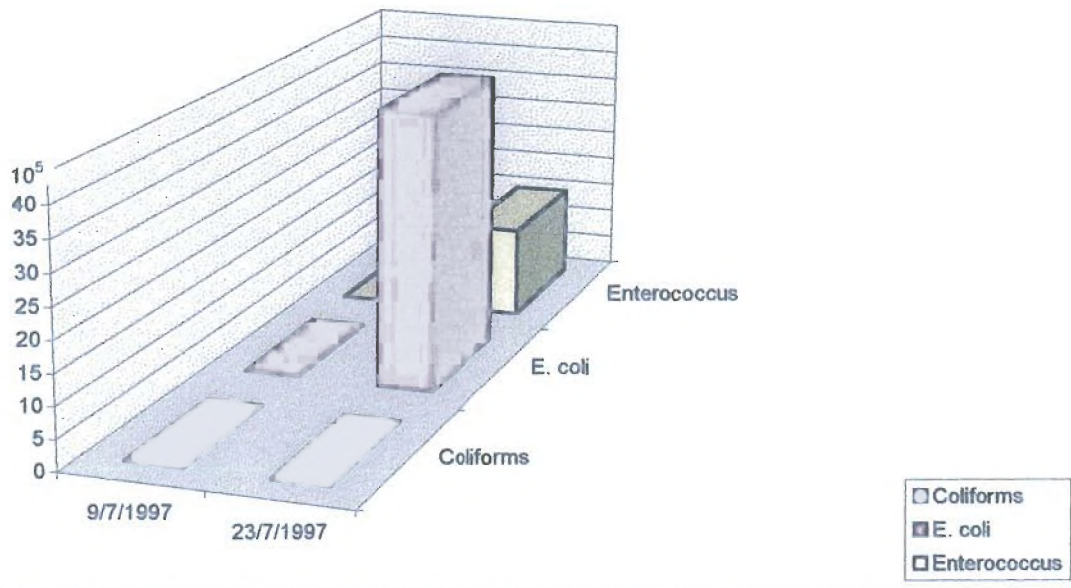
### ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ

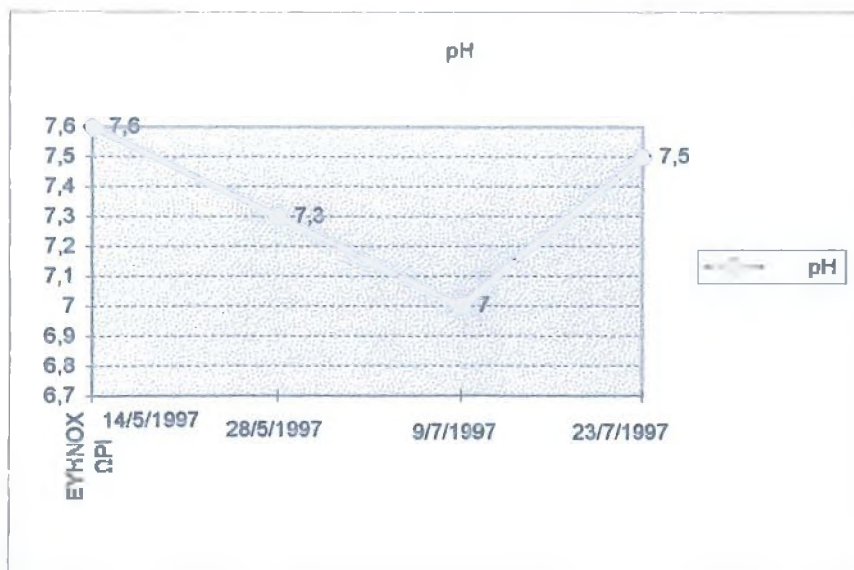
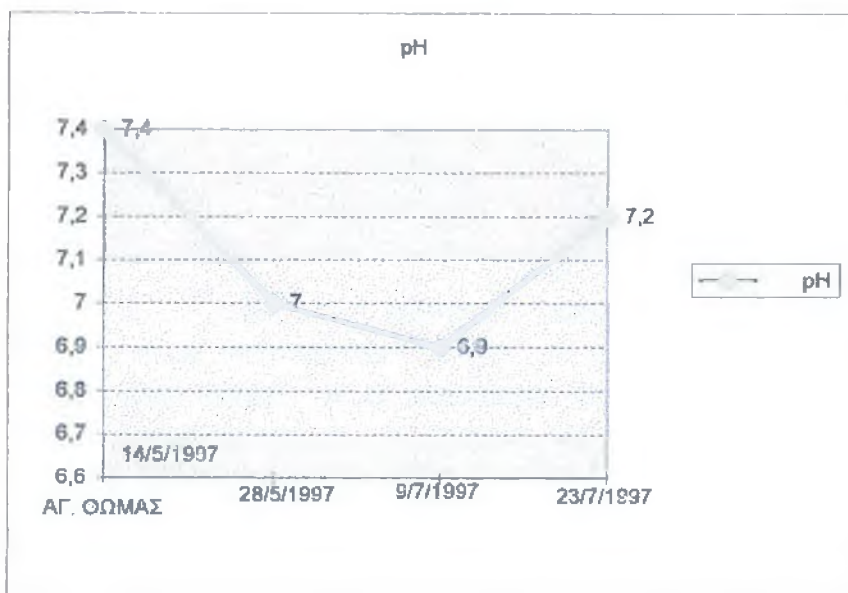
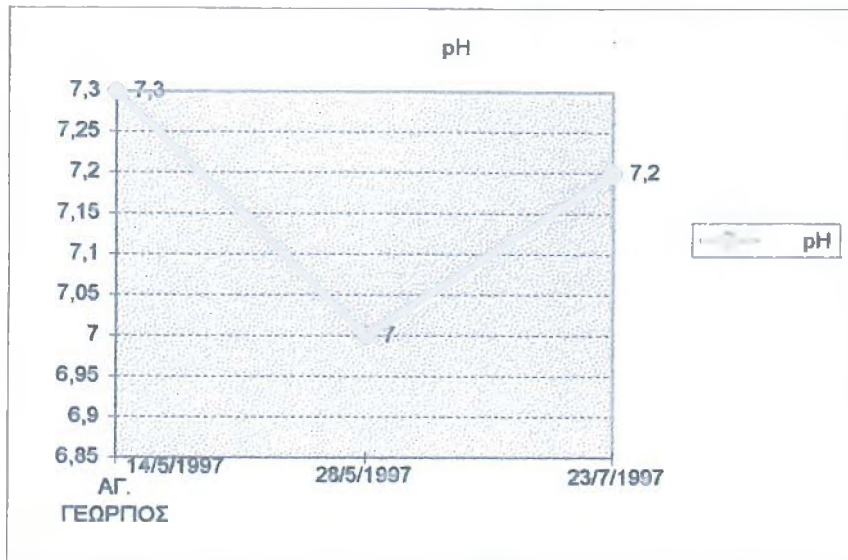


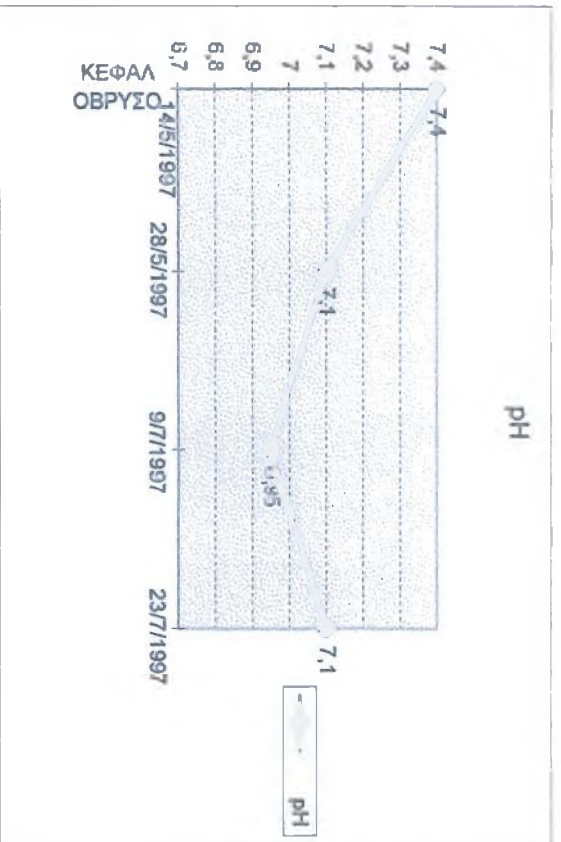
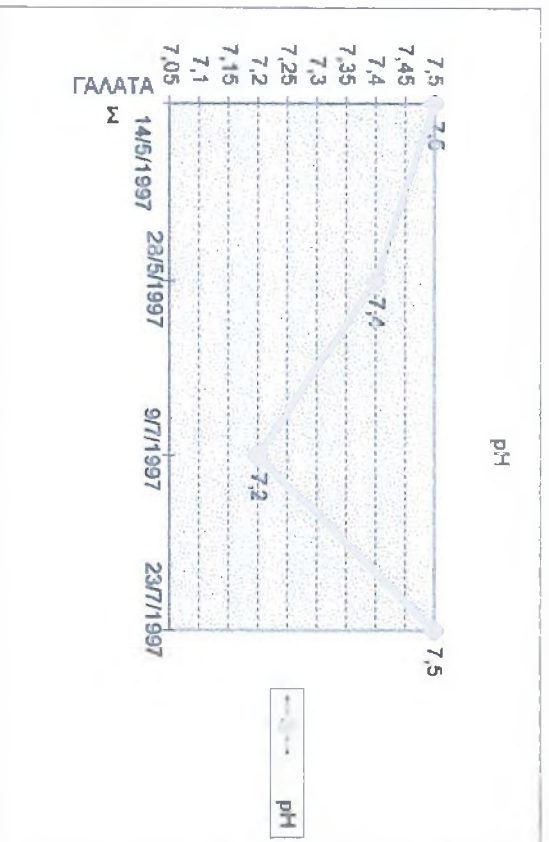
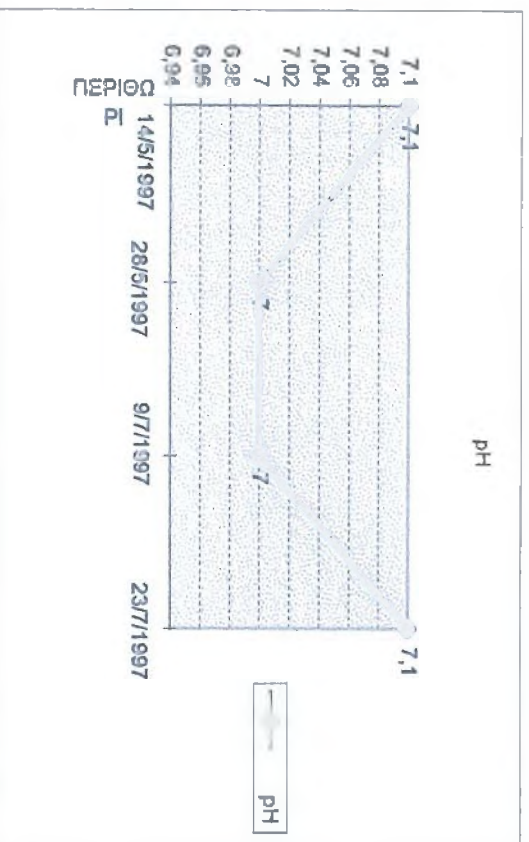
### PETΣΙΝΑ



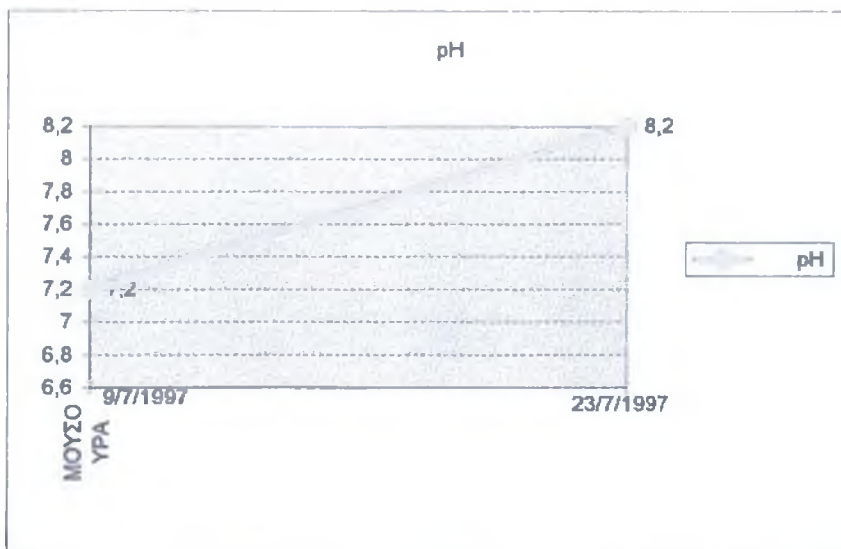
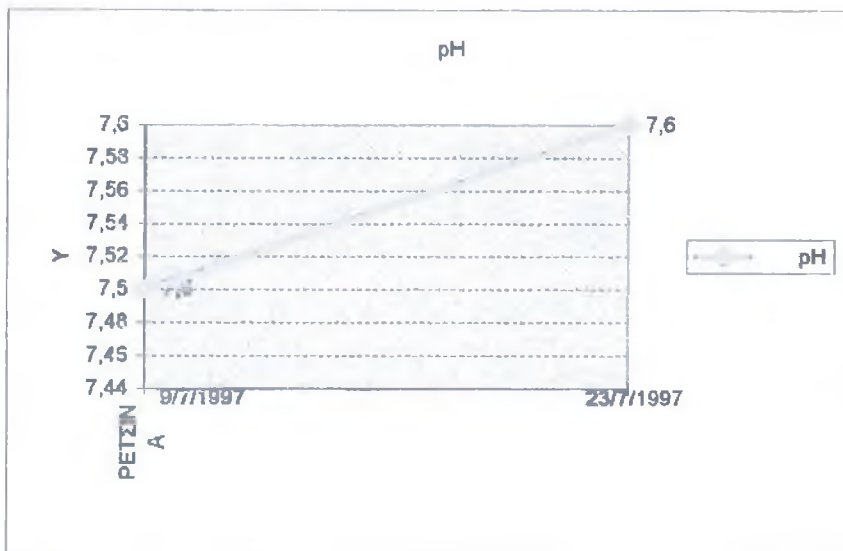
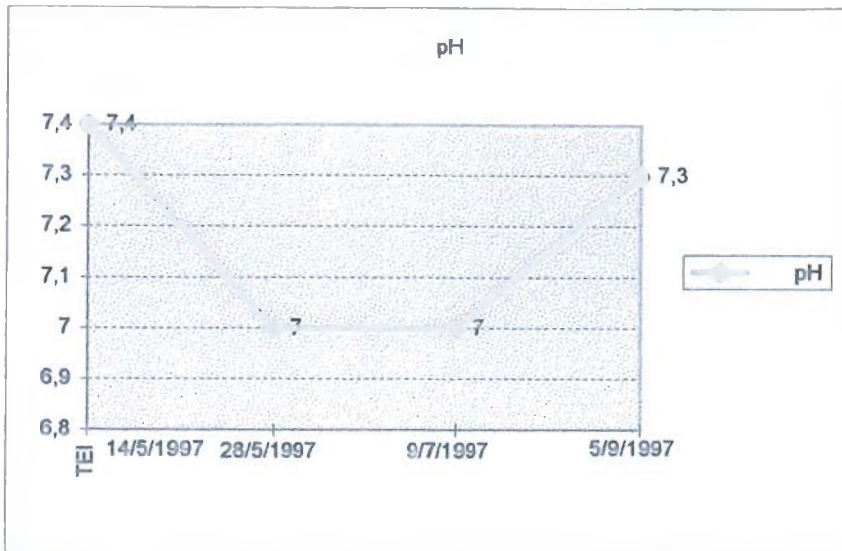
# ΕΛΛΗΝΙΚΑ

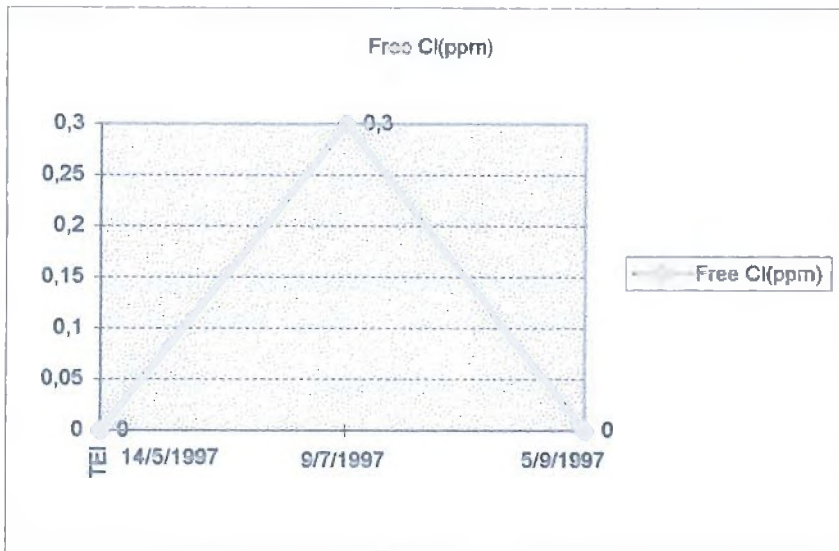
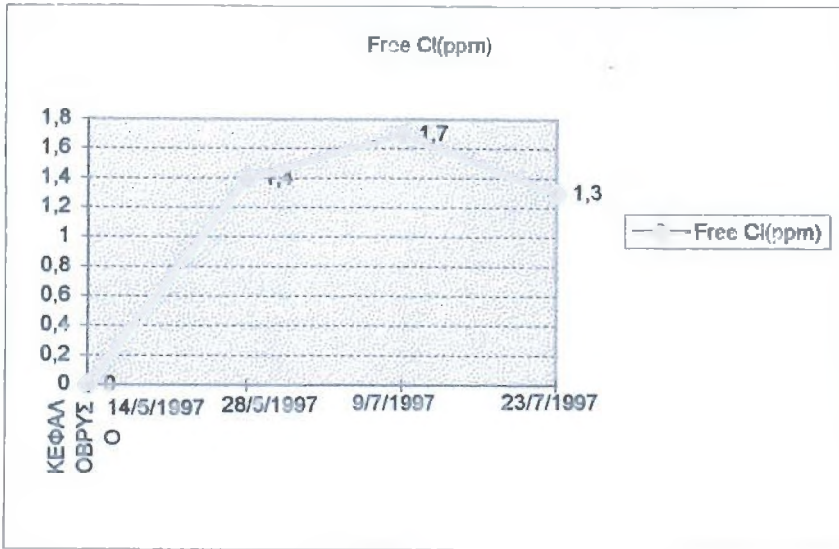


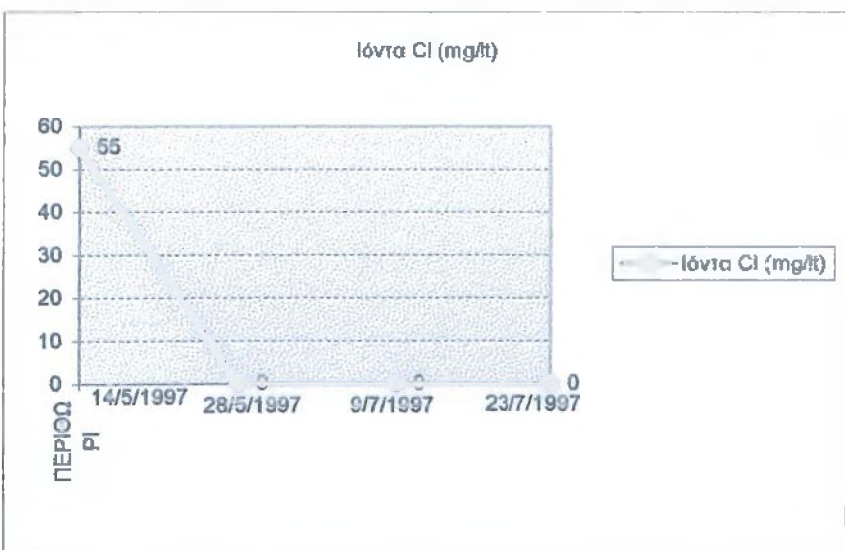
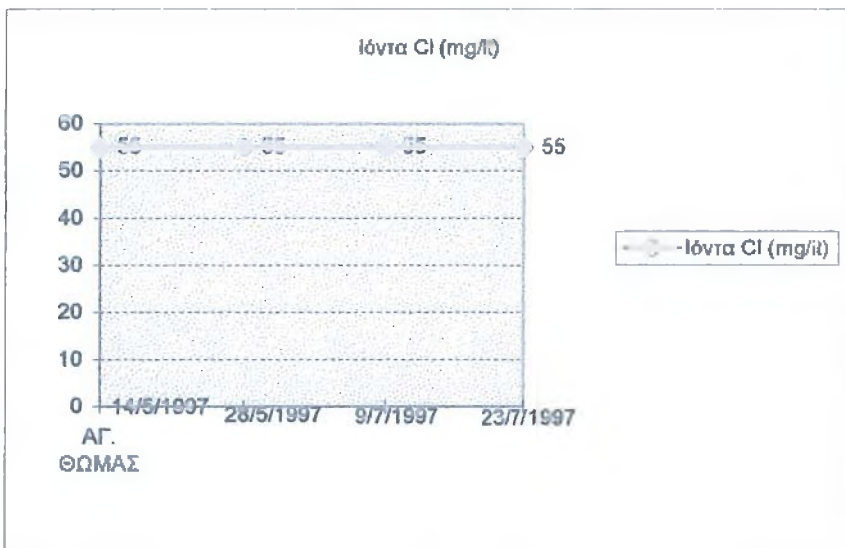
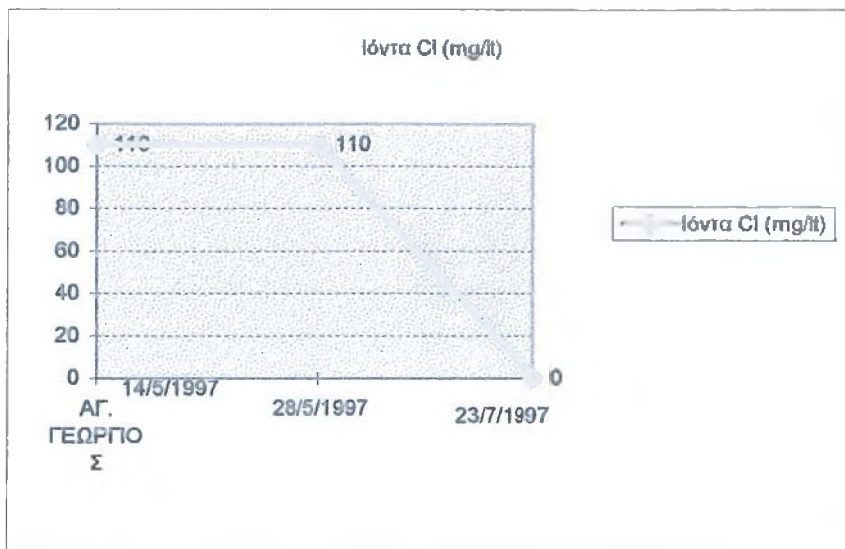


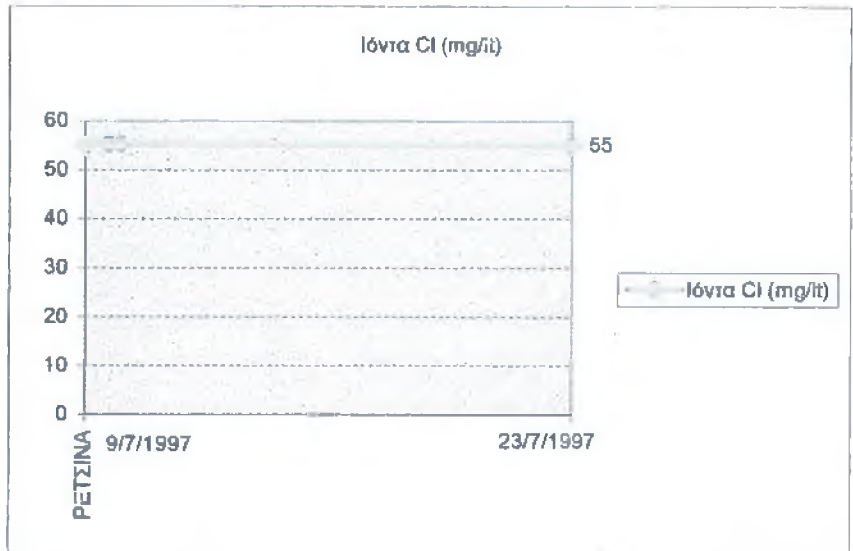
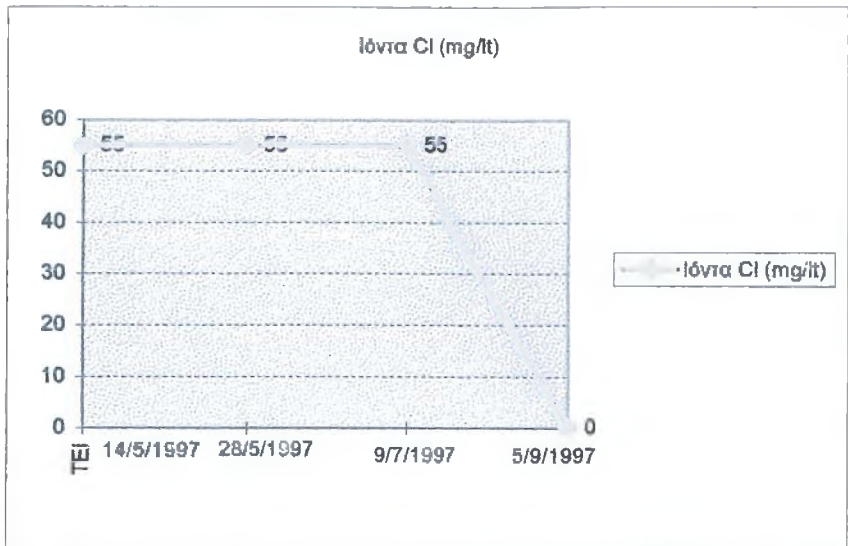




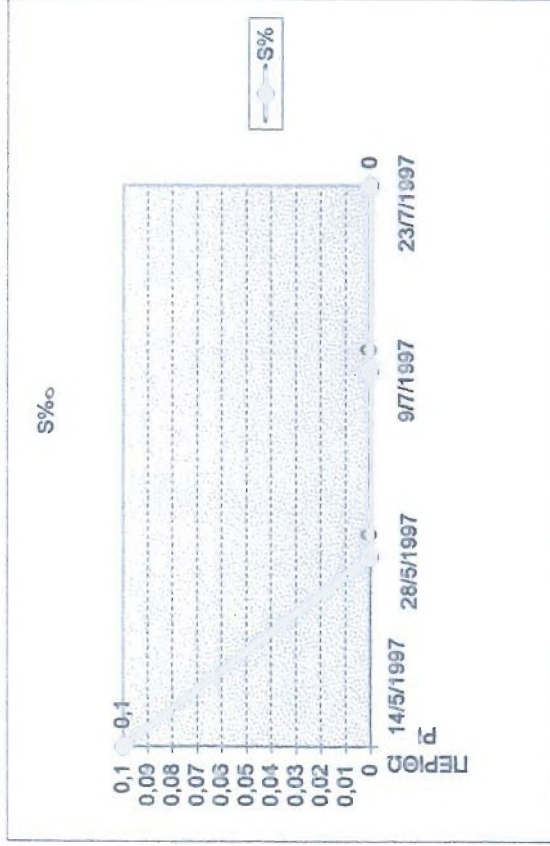
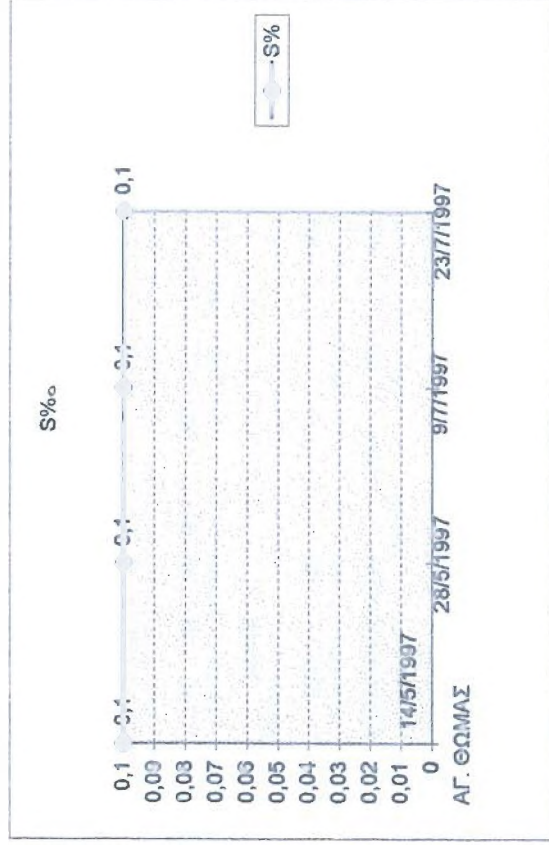
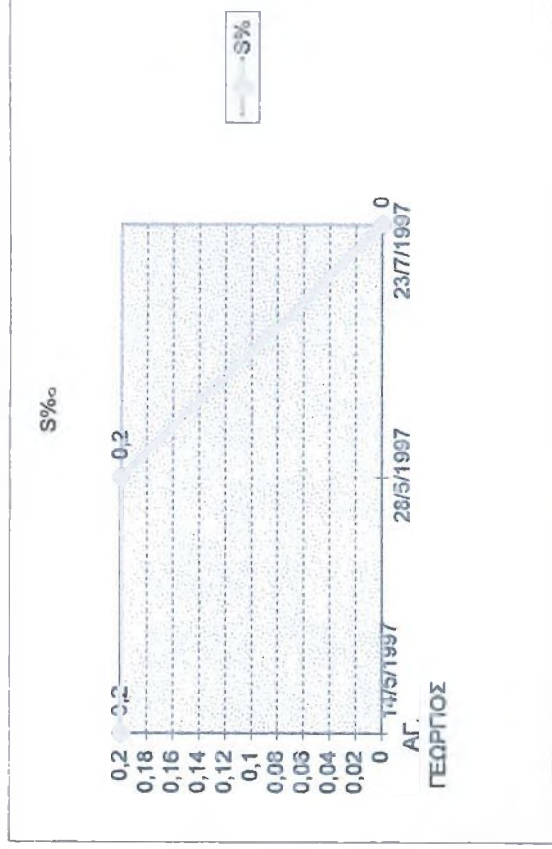


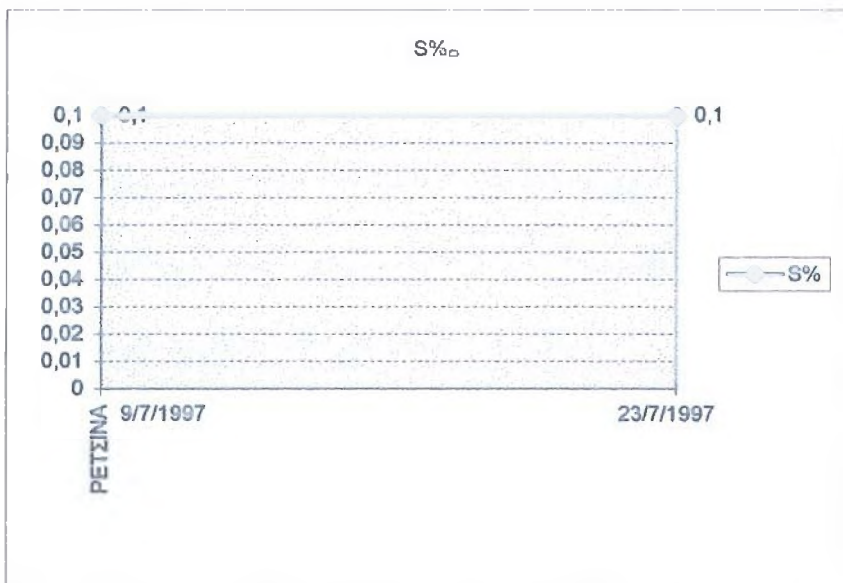
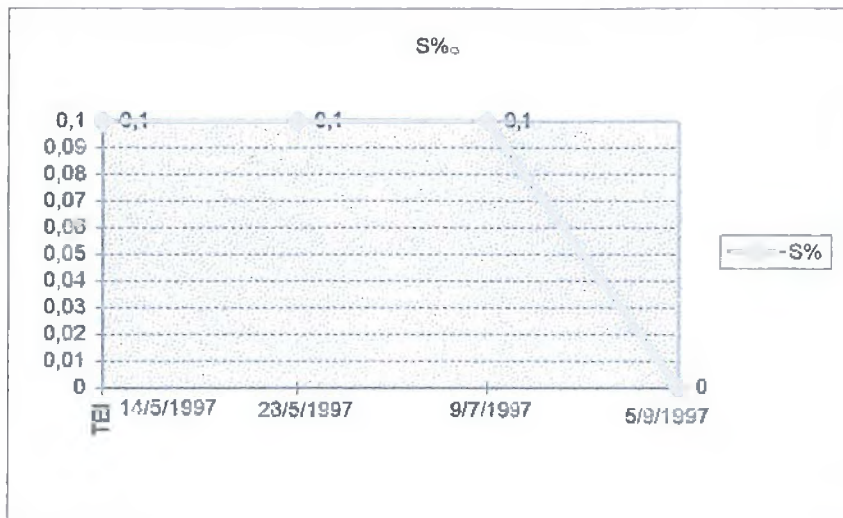


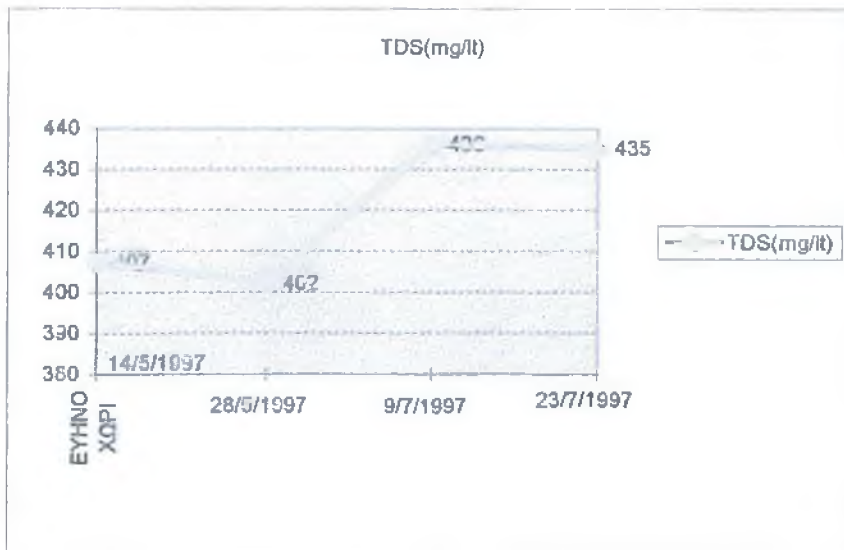
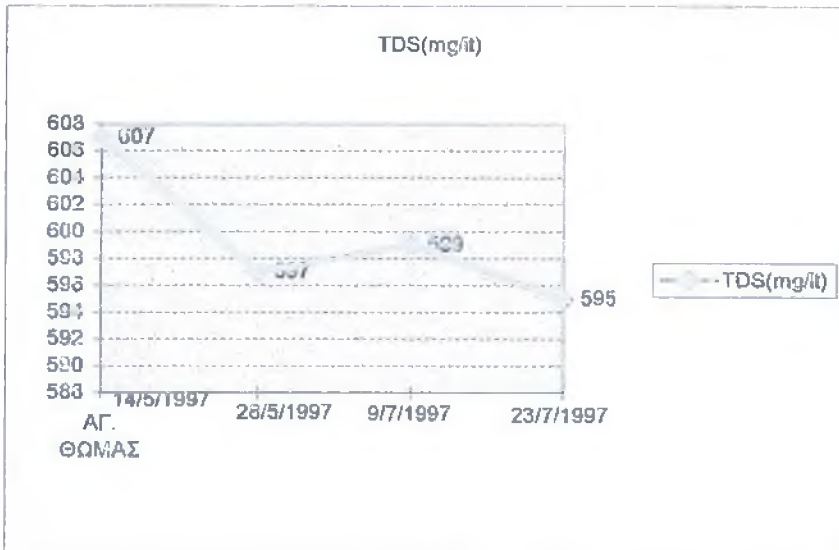
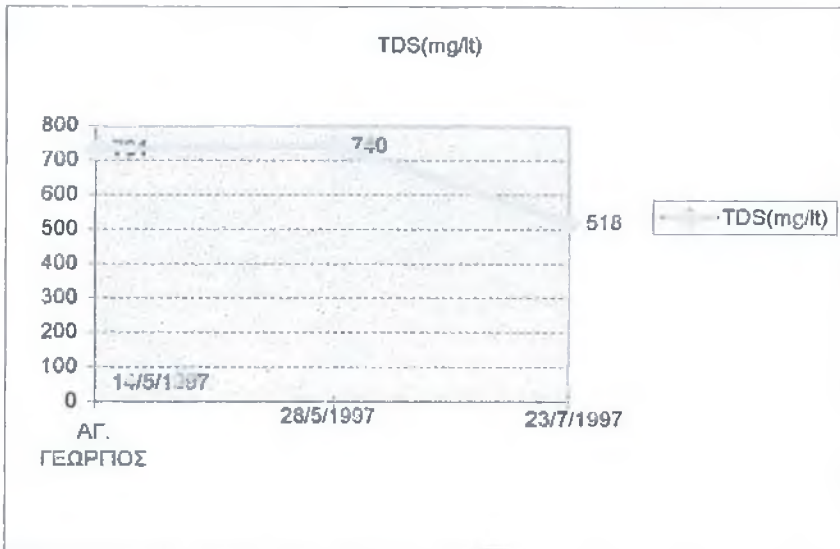


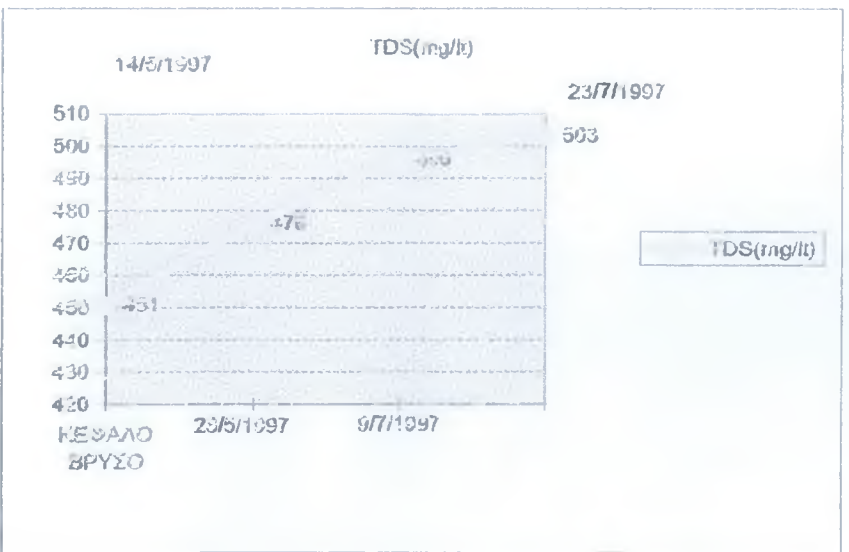
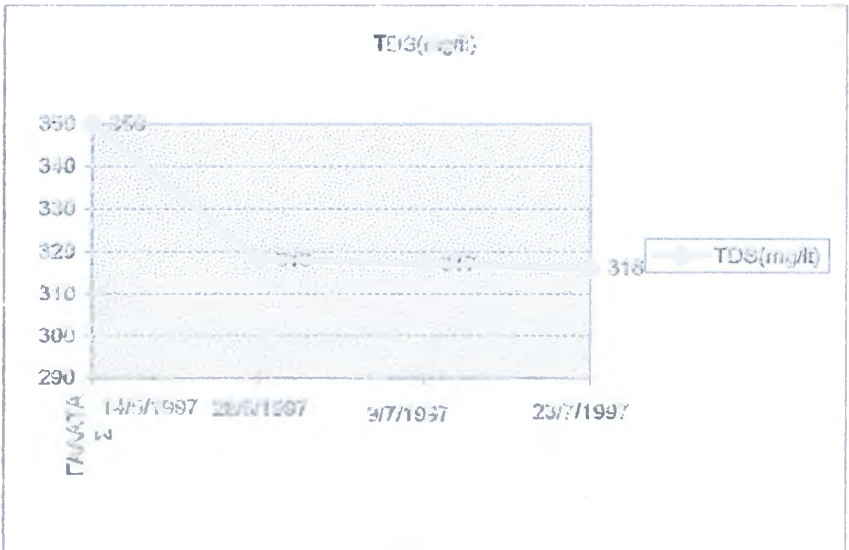
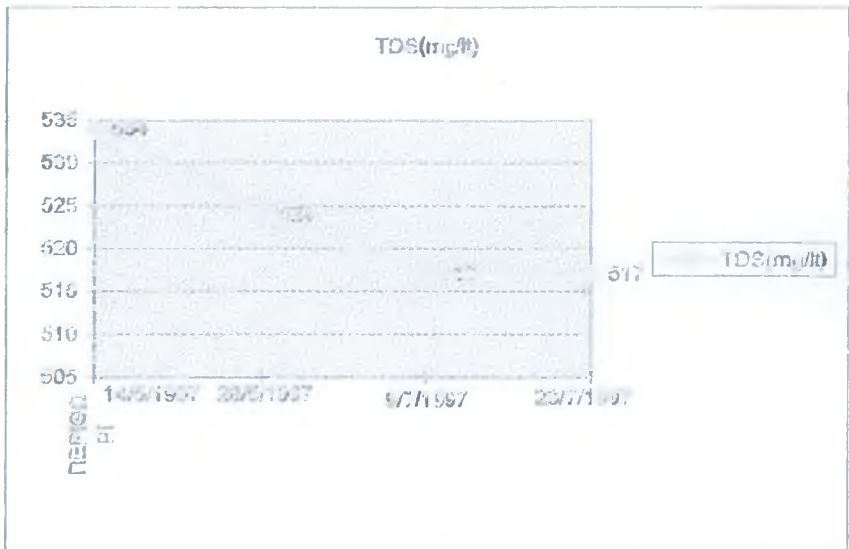




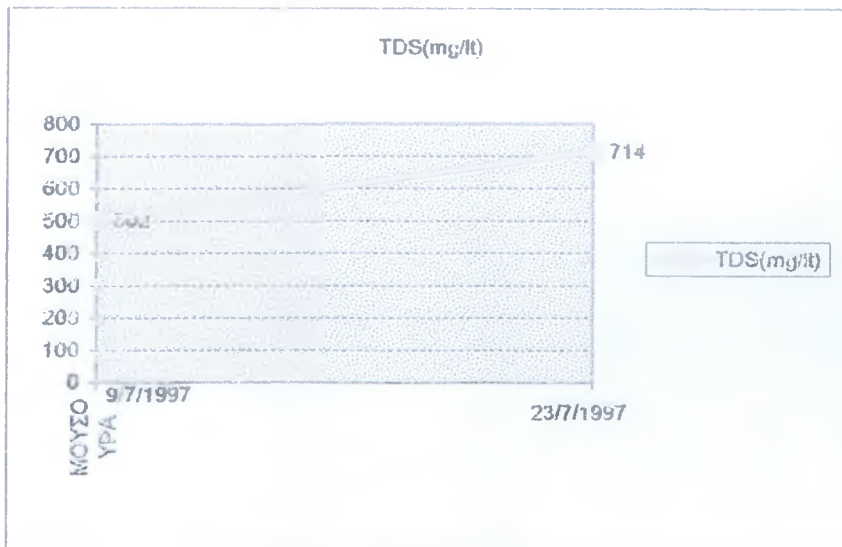
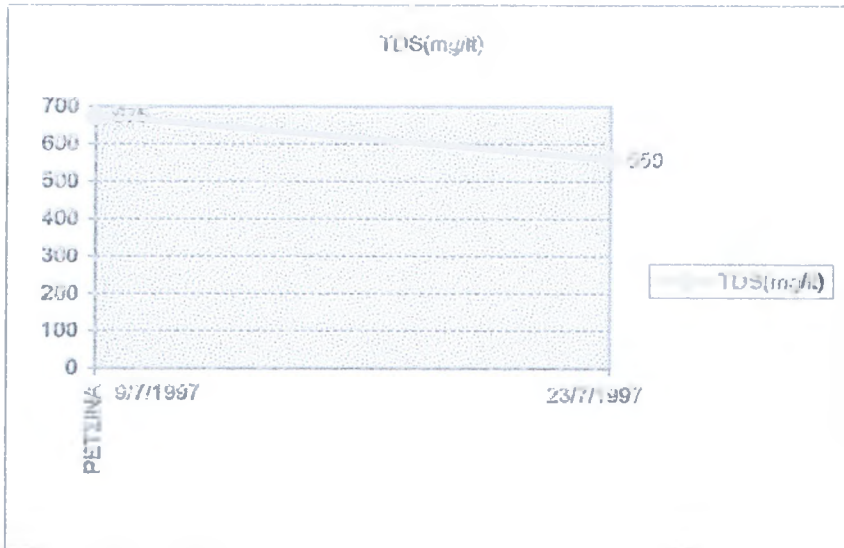
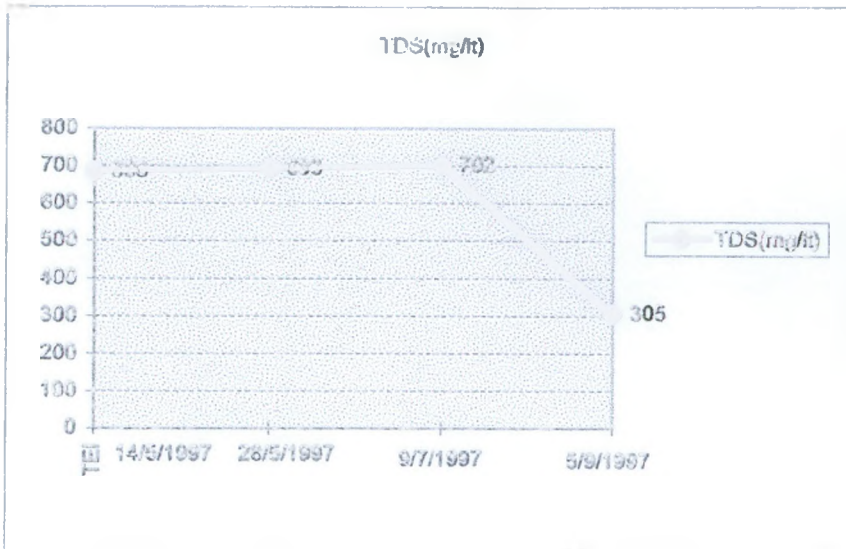


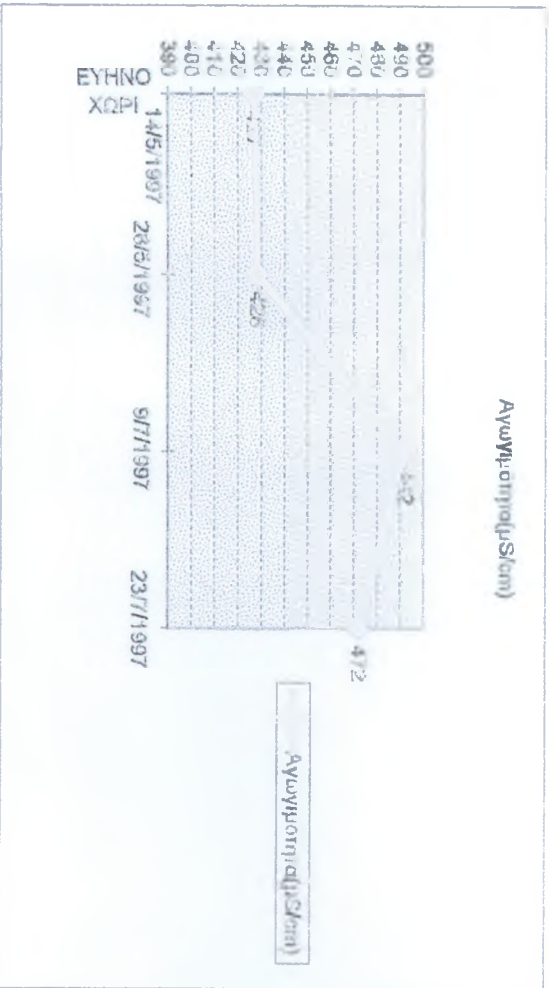




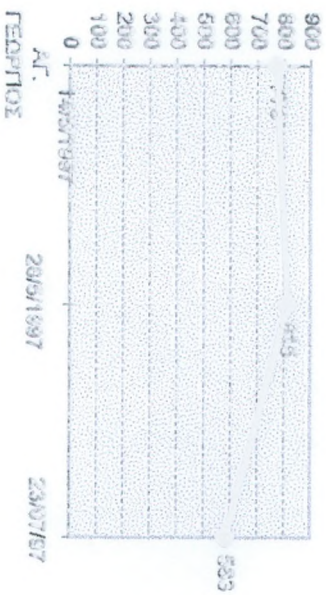








Αυξητική(μS/cm)

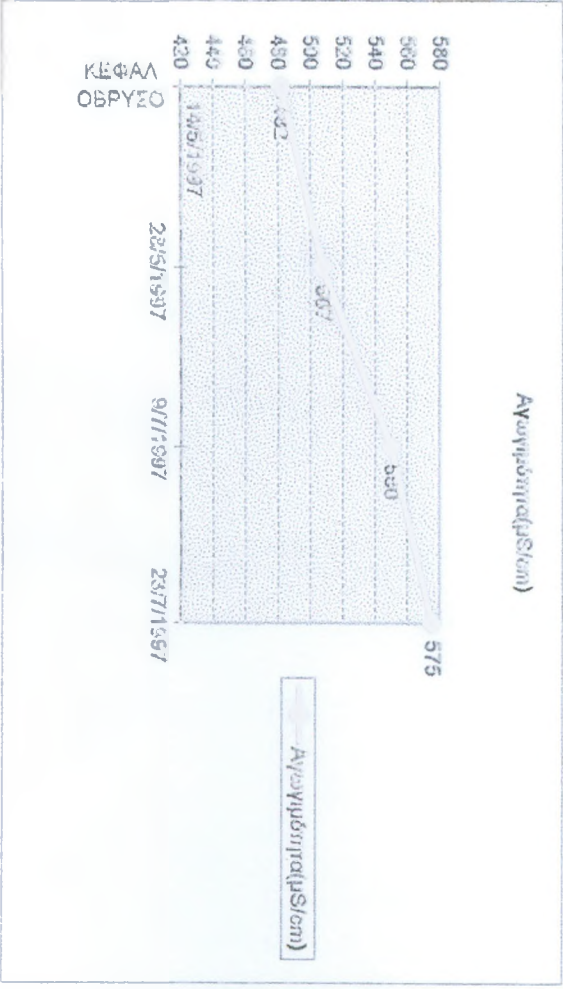
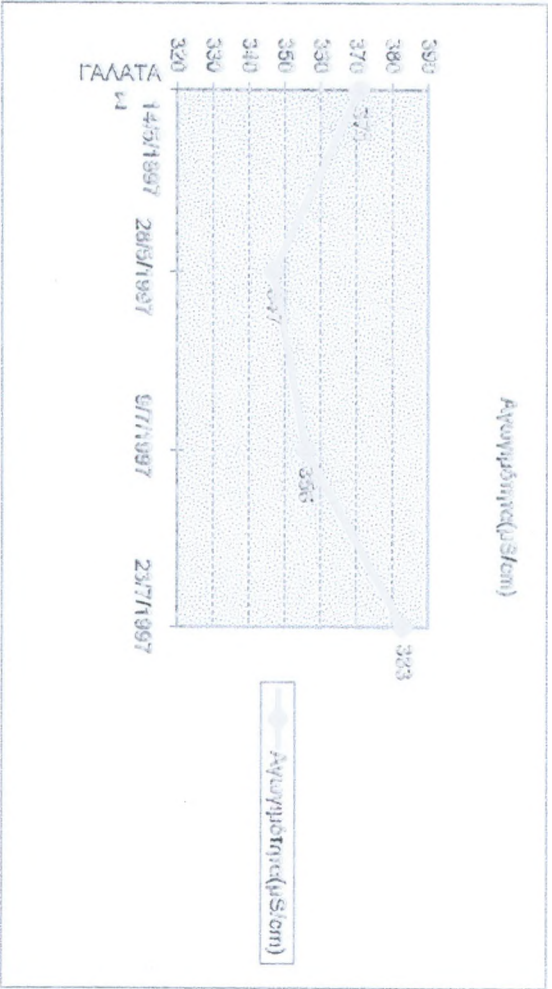
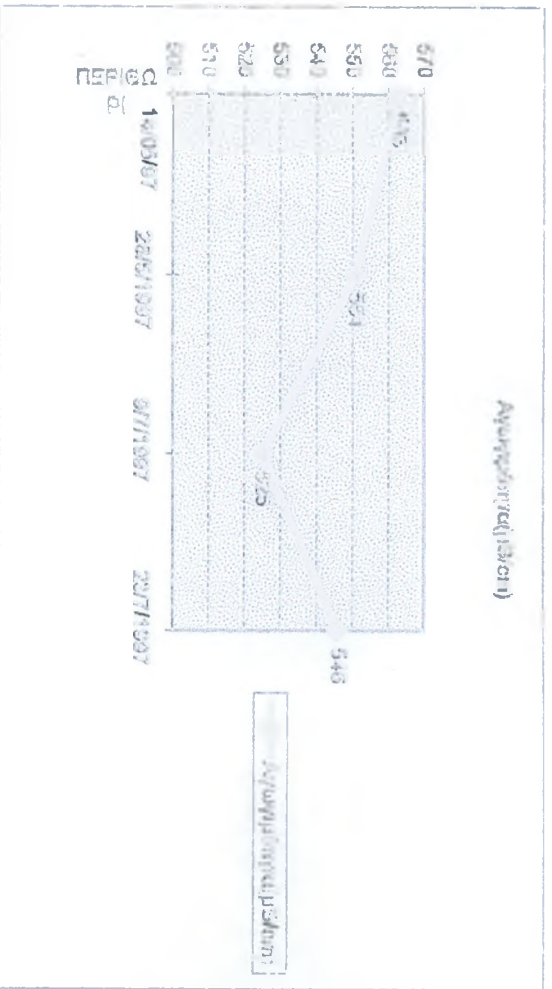


Αυξητική(μS/cm)

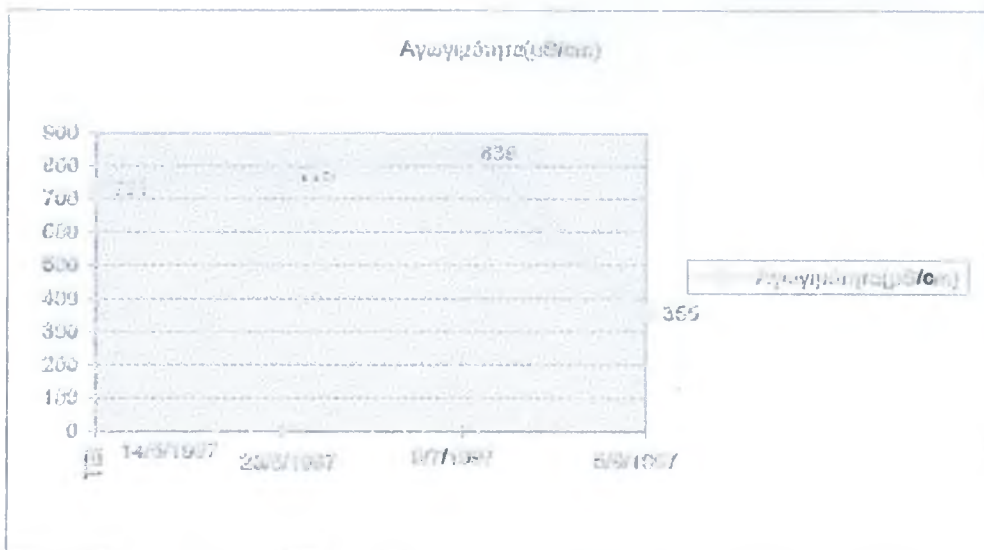
Αυξητική(μS/cm)

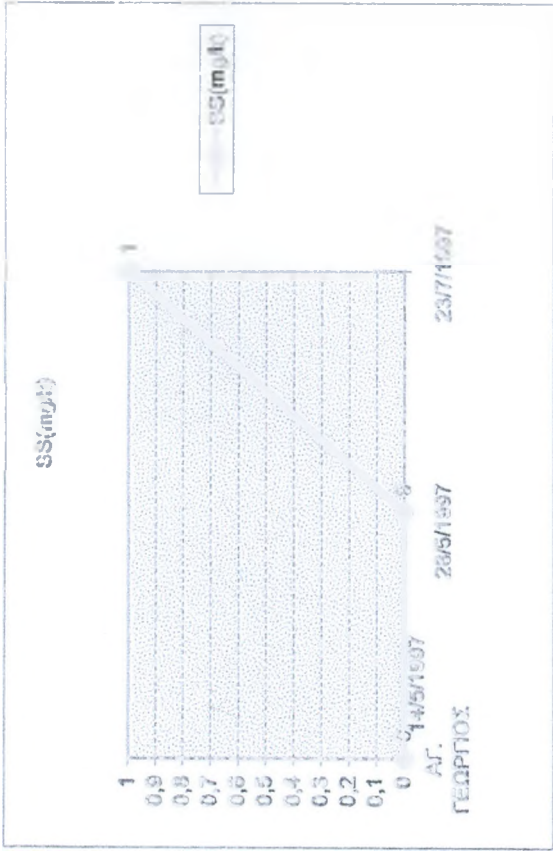
740

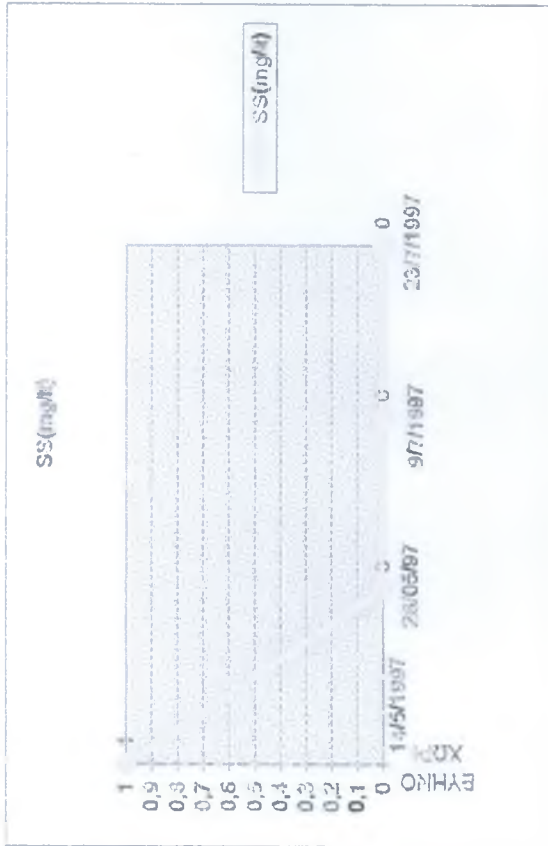
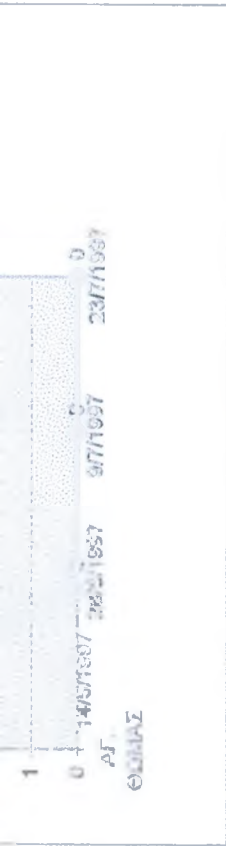


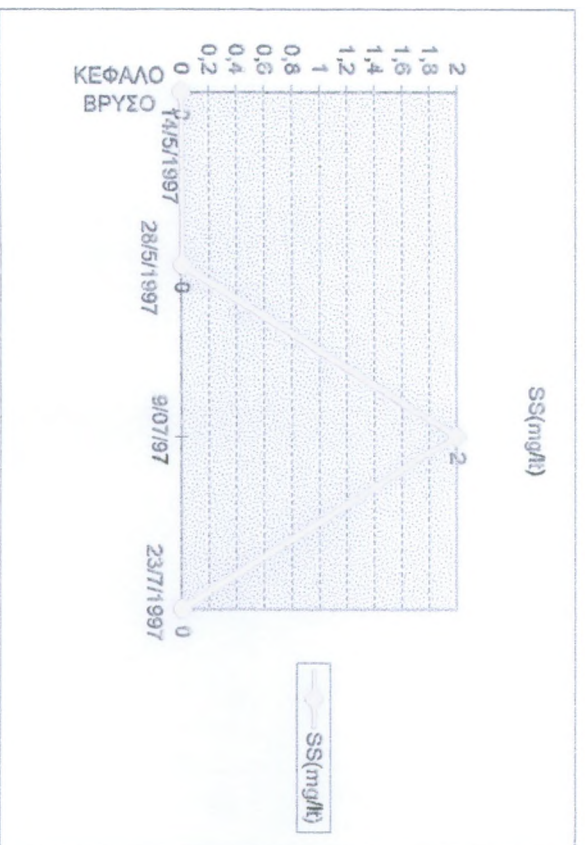
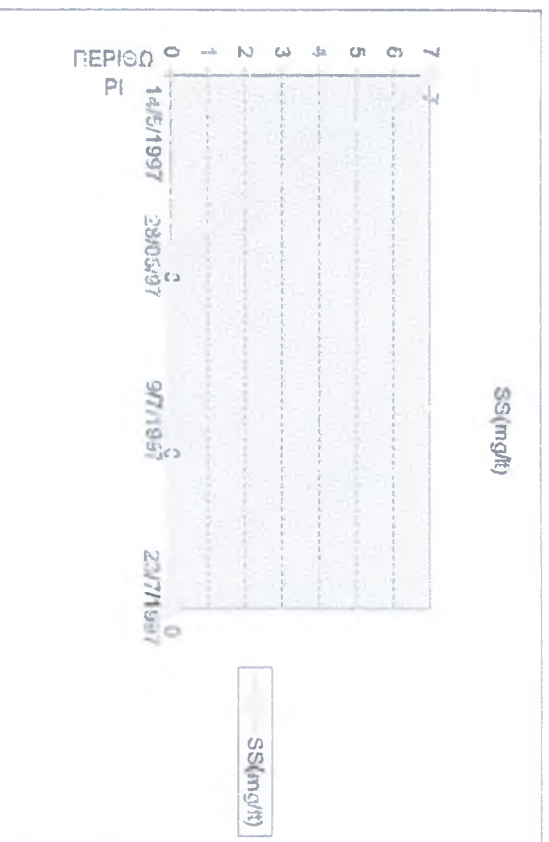


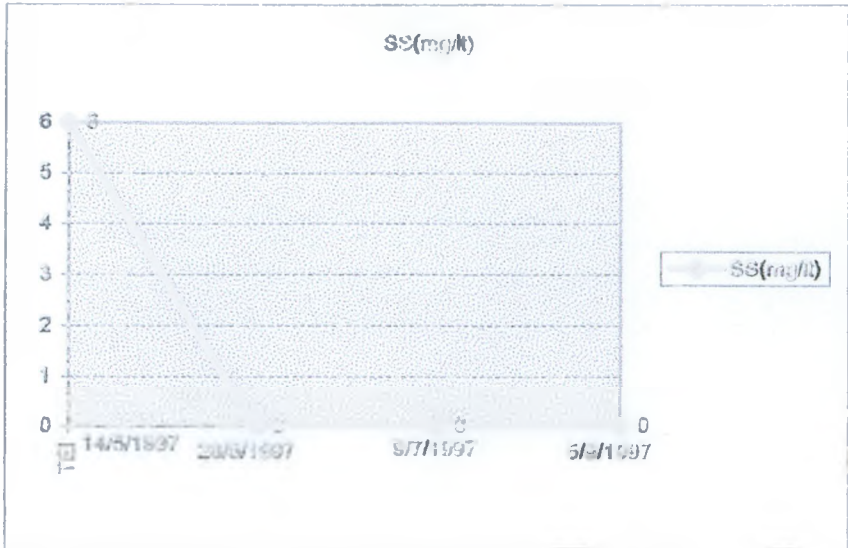












## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Βορεινάκης, Θ., 'Αποτελέσματα μικροβιολογικών εξετάσεων νερών θαλάσσιων κολυμβητικών περιοχών Μεσολογίου', *Δελτίον Ελληνικής Μικροβιολογικής Εταιρείας*, 41 (2) : 123-130.

Βορεινάκης, Θ., 1996-1997, Ποιοτικός και Υγειονομικός Έλεγχος Ιχθυρών, Σημειώσεις Θεωρίας και Εργαστηρίου, Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, Τμήμα Ιχθυοκομίας-Αλιείας, Μεσολόγγι.

Dorota Z. Haman, Del B. Bottcher, 'Home Water Quality and Safety', *Department of Agricultural Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Circular 703, May, 1986.*

Δελίδου, Κ., 1997, 'Μικροβιολογία ύδατος', *Δελτίον Ελληνικής Μικροβιολογικής Εταιρείας*, 42 (1) : 73 - 76.

Ζανάκη, Κ., 1996, Έλεγχος ποιότητας νερού, Αθήνα, Εδόσεις "ΙΩΝ".

Κουσουρής, Θ., Μπερταχάς, Η., Φώτης, Γ., Διαπούλης, Α., Πάκος, Β., Νικολαΐδης, Ν., Γκρίτζαλης, Κ., Κορίτσογλου-Μοσχοβάκου, Α., 'Καταπολέμηση των μυδιών Γλυκού Νερού ( *Dreissena polymorpha*, Pallas ) στο Σύστημα Υδροληψίας και Υδροτροφοδοσίας της Πόλεως του Αγρινίου', *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, 4 (1) : 62 - 83.

Μήτρακας, Μ., 1996, Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού, Θεσσαλονίκη, Βιβλία-Εκδόσεις "ΔΙΟΝ Σ. ΓΑΡΤΑΓΑΝΗΣ".

Παπά, Α., Αρβανιτίδου-Βαγιωνά, Μ., Κωνσταντινίδης, Θ.Κ., Δανιηλίδης, Β.Δ., 'Διασπορά της λιστέριας σε επιφανειακά νερά', *Δελτίον Ελληνικής Μικροβιολογικής Εταιρείας*, 41 (6) : 575-579.

Παπαπετροπούλου, Μ., 1994, Μικροβιολογική ποιότητα του πόσιμου νερού: Νέες μέθοδοι Ανίχνευσης Μικροοργανισμών. Μελέτη δικτύων Ύδρευσης των Νομών ΑΧΑΪΑΣ-ΗΛΙΔΕΙΑΣ-ΑΡΚΑΔΙΑΣ-ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ-ΑΙΤ/ΝΙΑΣ-ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ-ΠΑΤΡΑ, Πάτρα, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ιατρικό Τμήμα, Περιβατολογική Μικροβιολογία.

Παπαπετροπούλου, Μ., Μαυρίδου, Α., 1995, Μικροβιολογία του Υδάτινου Περιβάλλοντος. Βασικές Αρχές, Αθήνα, Εκδόσεις "ΚΩΣΤΑΡΑΚΗ".

Παπαπετροπούλου, Μ., 'Επιδράσεις του ολιγοτροφικού υδάτινου περιβάλλοντος επί των αλλόχθονων Gram αρνητικών βακτηριδίων', *Δελτίον Ελληνικής Μικροβιολογικής Εταιρείας*, 42 (1) : 77 - 80

Φελουκατζή, Η., 'Τοξικά παράγωγα από φυτοφάρμακα περνούν στο νερό', *Ελευθεροτυπία*, 18.3.98 : 27.