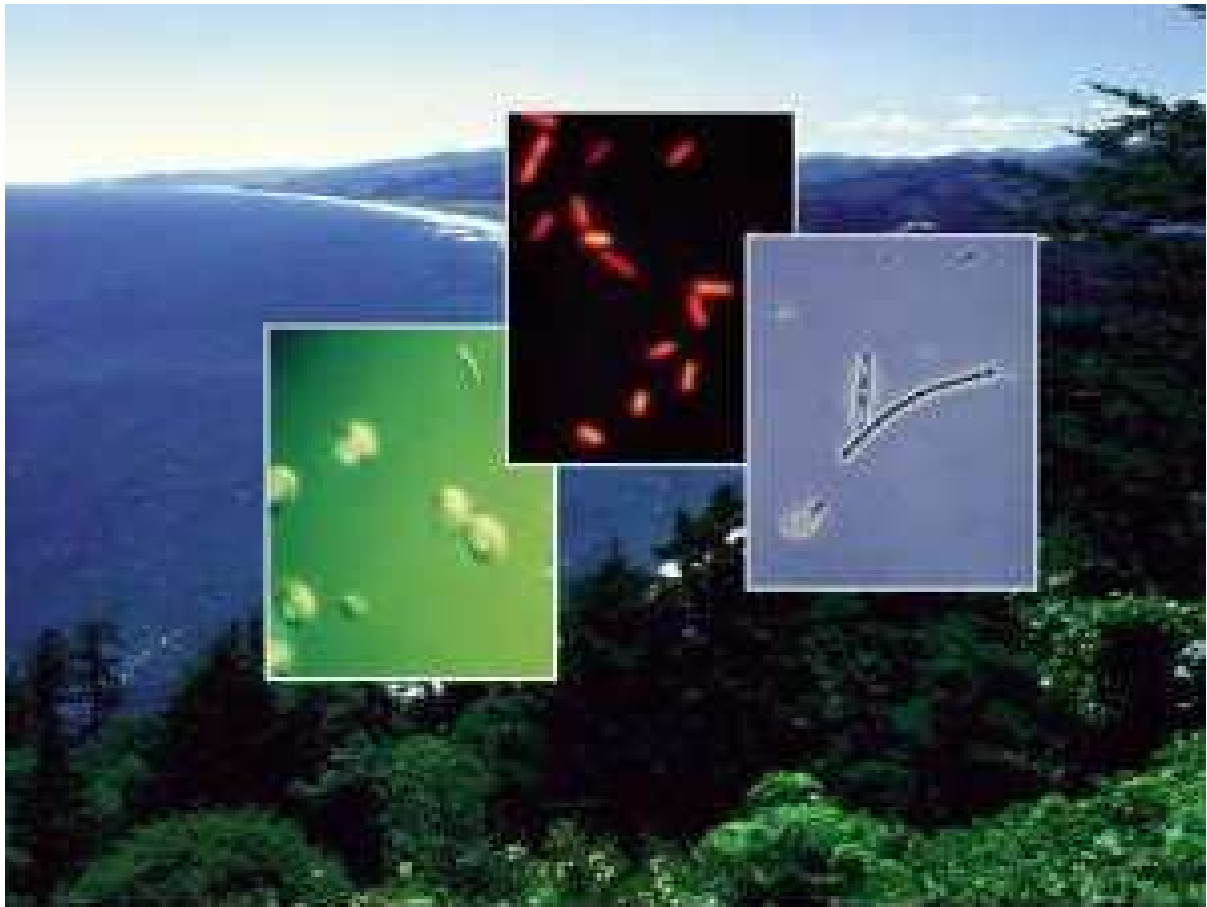




ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΣΟΤΣΟΥ ΕΥΔΟΞΙΑ

ΧΑΝΙΑ 2006



ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΣΟΤΣΟΥ ΕΥΔΟΞΙΑ

Επιβλέπων :

Δρ Γ. Σταυρουλάκης
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης:

Δρ Κώττη Μελίνα
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης :

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας **14**

Εισαγωγή	5
1 Μικροοργανισμοί	7
1.1 Η σπουδαιότητα της μελέτης των μικροοργανισμών	7
1.2 Οι μικροοργανισμοί του νερού	8
1.2.1 Κατηγορίες μικροοργανισμών	8
1.2.2 Βασικά χαρακτηριστικά των μικροοργανισμών του νερού	10
2.1 Μικρόβια-δείκτες	12
2.2 Δείκτες ρύπανσης του πόσιμου νερού	15
2.3 Δείκτες ρύπανσης νερών αναψυχής	17
3 Υδατογενείς λοιμώξεις	19
3.1 Λοιμώξεις από κατανάλωση πόσιμου νερού	19
3.1.1 Λοιμώξεις από βακτήρια	20
3.1.2 Ιοί	24
3.1.3 Παράσιτα	27
3.2 Λοιμώξεις από αναψυχή σε φυσικά νερά	28
3.3 Λοιμώξεις από αναψυχή σε τεχνητό υδάτινο οικοσύστημα	32
3.4 Λοιμώξεις από εισπνοή υδατοσταγονιδίων	37
4 Μικροβιολογία εμφιαλωμένων νερών	40
4.1 Μικροοργανισμοί στα εμφιαλωμένα νερά	41
4.2 Επίδραση των συνθηκών εμφιάλωσης στην μικροβιολογική ποιότητα του νερού	41
4.3 Επίδραση της αποθήκευσης των εμφιαλωμένων νερών στην μικροβιολογική τους ποιότητα	42
4.4 Επιδημίες από εμφιαλωμένα νερά	43
5 Απολύμανση του πόσιμου νερού	45
5.1 Καθαριότητα στις εγκαταστάσεις	45
5.2 Μέθοδοι απολύμανσης νερού	46
5.3 Θεωρία της απολύμανσης	46
5.4 Συνθήκες απολύμανσης	47
5.5 Φίλτρα	57
6 Δειγματοληψία νερού	60
6.1 Δειγματοληψία νερού	60
6.1.1 Δειγματοληψία πόσιμου νερού	60
6.1.2 Δειγματοληψία θαλάσσιου νερού	62
6.2 Τύποι δειγματοληπτών	64
7 Μέθοδοι μικροβιολογικής ανάλυσης νερού	66
7.1 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (mpn)	66
7.2 Mf τεχνική (μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης)	66
7.3 Τεχνικές έλεγχου των δεικτών ρύπανσης του νερού	68
Βιβλιογραφία	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό είναι το πιο σημαντικό αγαθό για τον άνθρωπο, αλλά και το πιο επικίνδυνο όταν σε αυτό δεν λαμβάνονται μέτρα για την μικροβιολογική του καθαρότητα του. Η εργασία αυτή περιέχει επτά κεφάλαια που αναφέρονται σε βασικά θέματα που έχουν σχέση με την μικροβιολογία του νερού όπως την μορφολογία και κατηγοριοποίηση των μικροοργανισμών, τις υδατογενείς λοιμώξεις που προκαλούνται από μόλυνσή του, τους τρόπους απολύμανσης του νερού και τέλος τον τρόπο δειγματοληψίας και τις τεχνικές μικροβιολογικής ανάλυσης του νερού.

ABSTRACT

The water, the most important natural resource for the human life, can be the most dangerous factor for the human health when measures are not taken for microbiological cleanliness. The present work is covering the fundamental topics related with the microbiology of water. The morphology and categorisation of microorganisms, the aqueous infections caused by polluted water, sampling, microbiological water analysis, and water disinfection are discussed.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό, το υψίστης σημασίας αγαθό για τον άνθρωπο θεωρείται επικίνδυνο γι' αυτόν όταν δεν λαμβάνονται μέτρα για να πληρεί ορισμένους όρους Υγιεινής. Την επί σειρά ετών έλλειψη του μικροβιολογικού ελέγχου του υδάτινου περιβάλλοντος, η ανθρωπότητα πλήρωσε πολύ ακριβά. Εκατομμύρια άνθρωποι έπεσαν θύματα σοβαρών υδατογενών λοιμώξεων. Ακόμα και σήμερα που είναι γνωστή η σημασία της μικροβιολογικής καθαρότητας του νερού για την Δημόσια Υγεία, ο αριθμός των υδατογενών λοιμώξεων εξακολουθεί να είναι μεγάλος. Οι υδατογενείς αυτές λοιμώξεις οφείλονται στην παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι, εισερχόμενοι στο νερό μέσω των λυμάτων, επιβιώνουν, παρά το ολιγοτροφικό-αφιλόξενο υδάτινο περιβάλλον, άλλοτε μικρό, άλλοτε μεγάλο χρονικό διάστημα και μεταδίδουν τα διάφορα υδατογενή νοσήματα με ποικίλους τρόπους όπως με κατάποση, επαφή, εισπνοή υδατοσταγονιδίων. Οι μικροοργανισμοί που εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον, εκτός των λοιμώξεων μεταδίδουν και την αντοχή τους στα αντιβιοτικά τόσο στους αυτόχθονες όσο και στους αλλόχθονες μικροοργανισμούς. Η αναζήτηση των μικροοργανισμών στο νερό είναι εξαιρετικά δυσχερής λόγω των ενζυμικών, μεταβολικών και δομικών αλλαγών που υφίστανται στην προσπάθεια προσαρμογής τους στο υδάτινο περιβάλλον. Η καλλιέργεια, η απομόνωση και ταυτοποίηση τους δεν γίνεται με τις κλασικές μεθόδους, αλλά εφαρμόζονται ειδικά τροποποιημένες τεχνικές. Ήδη η έρευνα των τελευταίων ετών μας έχει εξοπλίσει με αξιόπιστες και αποτελεσματικότερες τεχνικές οι οποίες διαρκώς βελτιώνονται.[1]

Έστω και αν το νερό είναι καθαρό, εύγευστο και άοσμο μπορεί να υπάρχουν σε αυτό στοιχεία μόλυνσης. Μεταξύ αυτών των στοιχείων μπορεί να περιλαμβάνονται μικροοργανισμοί, χημικές ουσίες, λιπάσματα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μόλυβδος κτλ. που περνώντας από τις εγκαταστάσεις παροχής νερού μπορεί να αποτελούν στοιχεία μόλυνσης για τους κατοίκους μιας περιοχής. Ιδιαίτερα αυτή η πιθανότητα χρήσης μολυσμένου νερού εμφανίζεται σε ατομικές εγκαταστάσεις παροχής νερού όπως είναι τα φρέατα, οι δεξαμενές συλλογής νερού ή ακόμη και πολλές φυσικές πηγές. Κανονισμός υγιεινού πόσιμου νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση με βάση τη Κατευθυντήρια οδηγία 80/778 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τα κράτη - μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένα να τηρούν ταυτόσημους κανόνες παροχής υγιεινού πόσιμου νερού στους πολίτες τους. Αν σε κάποιο έλεγχο από αυτούς που κατά καιρούς ενεργεί η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε διάφορες παροχές πόσιμου νερού διαπιστωθεί ότι δεν τηρούνται οι κανόνες που επιβάλλονται με την Κατευθυντήρια οδηγία ακολουθεί καταγγελία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο με πιθανότητες επιβολής σχετικής ποινής. Στην Ελλάδα με την Υπουργική Απόφαση Α5/288/23.1.86 που δημοσιεύθηκε στο Φ.Ε.Κ. 53/Β/20.2.86 καθορίζονται τα αντίστοιχα με την οδηγία 80/778 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την ποιότητα του πόσιμου νερού. Με την απόφαση αυτή καθορίζεται ως πόσιμο νερό το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε με προηγούμενη επεξεργασία είτε όχι, οποιαδήποτε και αν είναι η προέλευσή του. Ένα πόσιμο νερό κρίνεται κατάλληλο από μικροβιολογική άποψη, όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα 1.

Το νερό αυτό μπορεί να διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση στα κτίρια ή να χρησιμοποιείται από επιχειρήσεις που παρασκευάζουν, κατεργάζονται, συντηρούν ή διαθέτουν στην αγορά προϊόντα ή ουσίες που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή τέλος να επηρεάζουν τον τελικό βαθμό υγιεινής κατάστασης των τροφίμων. Με την Υπουργική Απόφαση καθορίζονται τόσο οι ποιοτικές παράμετροι που προσδιορίζουν την καταλληλότητα του πόσιμου νερού όσο και οι τιμές που προβλέπονται κατά μέγιστο για τις τοξικές και μικροβιολογικές παραμέτρους που το πόσιμο νερό πρέπει να καλύπτει. Ακόμη με την ίδια απόφαση καθορίζονται οι έλεγχοι

ποιότητας και η συχνότητά τους που πρέπει να πραγματοποιούνται από τις αρμόδιες αρχές όπως ορίζει η Υπουργική Απόφαση, ώστε να είναι βέβαιο ότι το πόσιμο νερό ανταποκρίνεται στους όρους υγιεινής που επιβάλλονται. Τέλος, προσδιορίζονται λεπτομερώς οι αναλυτικές μέθοδοι αναφοράς, οι φυσικοχημικές διαδικασίες ελέγχου, ο τρόπος ελέγχου των ανεπιθύμητων ουσιών και ακόμη οι διαδικασίες μικροβιολογικών ελέγχων.

Πίνακας 1: Προϋποθέσεις για τον χαρακτηρισμό από μικροβιολογική άποψη, ενός νερού ως πόσιμου (Υπουργική απόφαση Α5/288/23-1-86).

Είδος μικροοργανισμού	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
Ολικά κολοβακτηριδίομορφα	0 σε 100 ml νερό
Κολοβακτηριδίομορφα κοπρανώδους προέλευσης	0 σε 100 ml νερό
Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι	0 σε 100 ml νερό
Κοινά αερόβια βακτήρια (μεσόφιλα) στους 37°C σε 48h	10 σε 1 ml νερό
Κοινά αερόβια βακτήρια στους 22°C σε 72 h	10 σε 1 ml νερό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

1.1 Η σπουδαιότητα της μελέτης των μικροοργανισμών.

Η γήινη βίοςφαιρα όπως την ξέρουμε δεν θα υπήρχε χωρίς τους μικροοργανισμούς μια και η ισορροπία των υλικών της βίοςφαιρας εξαρτάται άμεσα από τις δραστηριότητες τους. Οι μικροοργανισμοί είναι πρωτογενώς υπεύθυνοι για την ανακύκλωση χημικών υλικών και την είσοδο και μετατροπή της ενέργειας στη βίοςφαιρα. Οι μικροοργανισμοί παρασκευάζουν χημικά όπως βιταμίνες (μερικές από τις οποίες δεν συντίθενται ούτε από τα φυτά ούτε από τα ζώα) και δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ηλιακή ενέργεια (όπως και τα φυτά) σε χημικές ενώσεις που αποτελούν την απαρχή όλων των τροφικών αλυσίδων στη γη. Μετά το θάνατο όλων των οργανισμών, οι μικροοργανισμοί είναι αυτοί που πάλι θα αποικοδομήσουν τα οργανικά μακρομόρια και θα "επιστρέψουν" άζωτο, άνθρακα, θείο στο περιβάλλον. Φτάνουν δε να αποτελούν το 90% περίπου της γήινης βιομάζας! Είτε το θέλουμε είτε όχι για τους μικροοργανισμούς ο άνθρωπος είναι ένας θαυμάσιος βιότοπος. Οι μικροοργανισμοί ζουν μέσα και πάνω στο σώμα μας σε αρμονική οικολογική ισορροπία (συνήθως).

Αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των φυσιολογικών μας λειτουργιών επηρεάζοντας έτσι τη ζωή μας σε δραματικό βαθμό. Βακτήρια που ζουν στο πεπτικό μας σύστημα βοηθούν στην πέψη τροφών ενώ άλλα που ζουν στο στόμα μας μπορούν να αλλοιώσουν την επιφάνεια των δοντιών μας. Το ασήμαντο (σε σχέση με το δικό μας) μέγεθος των μικροοργανισμών δεν τους απαγόρευσε βέβαια από το να αποτελούν σε όλη διάρκεια της ιστορίας μας τους σημαντικότερους δολοφόνους των ανθρώπων καθώς και των φυτών που καλλιεργούμε και των ζώων που εξημερώσαμε. Από τις βρεφικές ασθένειες, τη βουβωνική πανώλη, τη χολέρα, τη φυματίωση και την ελονοσία μέχρι το πιο πρόσφατο σύνδρομο της επίκτητης ανοσολογικής ανεπάρκειας που προκαλεί ο ιός HIV.

Μελετώντας τη βιολογία των μικροοργανισμών βρίσκουμε τρόπους για να περιορίσουμε τις μικροβιακές δραστηριότητες που μας ενοχλούν ενώ ανακαλύπτουμε καινούργιες μεθόδους για να τους χρησιμοποιήσουμε προς ίδιον όφελος. Το πετρέλαιο που αποτελεί βασικό ενεργειακό απόθεμα των σύγχρονων κοινωνιών σχηματίστηκε από μικροοργανισμούς και όταν μολύνουμε τη θάλασσα με πετρελαιοκηλίδες τότε πάλι μικροοργανισμούς χρησιμοποιούμε για να διασπάσουν τους υδρογονάνθρακες και να τους "επιστρέψουν" στο περιβάλλον. Κάποια μικρόβια καταστρέφουν το μέταλλο των караβιών και το τσιμέντο των κτιρίων αλλά σήμερα χρησιμοποιούμε βακτήρια για να εξορύξουμε μέταλλα και βακτηριακούς πολυσακχαρίτες σαν λιπαντικά στις γεωτρήσεις.

Με μικροοργανισμούς φτιάχνουμε μεταξύ άλλων ψωμί, μπίρα, κρασί, τυρί, γιαούρτι, τουρσιά, αμινοξέα, αιθανόλη και απορρυπαντικά. Μικροοργανισμούς χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε εμβόλια και αντιβιοτικά, τα όπλα που επέτρεψαν τα τελευταία 50 χρόνια την καταπολέμηση και σε μερικές περιπτώσεις την ολοσχερή εξαφάνιση μικροβιογενών ασθενειών και τη μετατροπή της ιατρικής από ευγενή τέχνη σε πραγματική επιστήμη. Η σύγχρονη μοριακή μικροβιολογία οδήγησε στην επινόηση βιοτεχνολογικών μεθόδων που χρησιμοποιούν τα μικρόβια σε μικροσκοπικά εργοστάσια παραγωγής φαρμάκων ινσουλίνης, αντισωμάτων, αυξητικής ορμόνης, θρομβολυτικών, και αντικαρκινικών. Βακτήρια που μετασχηματίζουν φυτά χρησιμοποιούνται για να φτιαχτούν νέες βελτιωμένες ποικιλίες. Τέλος ιοί χρησιμοποιούνται για να "διορθωθούν" ανθρώπινες γενετικές αρρώστιες με γονιδιακές θεραπείες οδηγώντας στη μοριακή ιατρική του αύριο.

Οι επιπτώσεις της δραστηριότητας των μικροοργανισμών δεν είναι μόνο καίριας σημασίας για την ζωή μεμονωμένων ατόμων αλλά σε πολλές περιπτώσεις επηρεάζουν τον ρου της ανθρώπινης ιστορίας, της οικονομίας και της κοινωνικής ζωής. Έτσι η καταστροφή της σοδειάς της πατάτας στην Ιρλανδία το 1864, από τη *Phytophthora infestans* προκάλεσε τη μαζική μετανάστευση στην Αυστραλία και την Αμερική 2.000.000 Ιρλανδών, συμπεριλαμβανομένης και της οικογένειας του μετέπειτα Προέδρου Κέννεντυ. Μικρόβια που μετέφεραν Ευρωπαίοι άποικοι στην Βόρεια Αμερική εξασθένησαν και συνέτειναν στην εξολόθρευση των γηγενών της κατοίκων. Επιδημία τύφου, που προξένησε η *Rickettsia prowazekii*, αποδεκάτησε το στρατό του Ναπολέοντα και σταμάτησε την επίθεση του κατά της Ρωσίας το 1812. Ο ιδιοφυής Chaim Weizmann εργαζόμενος το 1915 στο Πανεπιστήμιο του Manchester κατά τη διάρκεια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου, κατάφερε να παράγει μεγάλες ποσότητες ακετόνης από το βακτήριο *Clostridium acetobutylicum*. Η ακετόνη χρησιμοποιούνταν σαν πρώτη ύλη στην παρασκευή εκρηκτικών και η Αγγλία ανταποδίδοντας την προσφορά του, αναγνώρισε με τη συνθήκη του Balfour (1917) την Παλαιστίνη ως "πάτρια γη" του Εβραϊκού λαού, κάτι που οδήγησε 30 χρόνια αργότερα στη δημιουργία του Εβραϊκού κράτους.

Από την άποψη της βαθύτερης κατανόησης του μοριακού μηχανισμού της ζωής οι μικροοργανισμοί αποτέλεσαν και συνεχίζουν να αποτελούν ένα προέχον πειραματικό υλικό, με κορυφαίους του χορού το βακτήριο *Escherichia coli* και το ζαχαρομύκητα *Saccharomyces cerevisiae*. Ειδικά τα βακτήρια έχουν από τις απλούστερες κυτταρικές δομές που γνωρίζουμε και περιέχουν την ελάχιστη δυνατή γενετική πληροφορία για αυτόνομη ζωή. Μπορούμε να τα χειραγωγήσουμε με μεγάλη ευκολία και να συλλέξουμε ταχύτατα πληροφορίες με πειράματα που μπορούν εύκολα να επαναληφθούν και να επαληθευτούν. Μπορούμε ακόμη να παράγουμε μεγάλες ποσότητες από μικροβιακά μακρομόρια κάτι που διευκολύνει αφάνταστα το χημικό τους χαρακτηρισμό. Τα βακτήρια *Haemophilus influenza* και *Mycoplasma genitalium* έγιναν το καλοκαίρι του 1995 οι πρώτοι οργανισμοί των οποίων η γενετική πληροφορία εξακριβώθηκε πλήρως, για να ακολουθήσουν την Άνοιξη του 1996 ο *Saccharomyces cerevisiae*. (μάλιστα με σημαντική συνεισφορά και από ερευνητές του Πανεπιστημίου Κρήτης), τον Αύγουστο του 1996 το Αρχαίο *Methanococcus jannaschii*. και ακολούθησαν τα βακτήρια: *Mycoplasma pneumoniae*, *Helicobacter pylori* και στις 5 Σεπτέμβρη του 1997, το *Escherichia coli* [2].

1.2 Οι μικροοργανισμοί του νερού

1.2.1 Κατηγορίες μικροοργανισμών

Μικροοργανισμοί λέγονται οι οργανισμοί που δεν φαίνονται με γυμνό μάτι. Οι περισσότεροι είναι μονοκύτταροι αλλά υπάρχουν και ορισμένοι πολυκύτταροι. Ανάλογα με την κατασκευή του κυττάρου τους χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Προκαρυωτικοί είναι οι μικροοργανισμοί μεγέθους <5μm. Το γενετικό τους υλικό αποτελείται από ένα κυκλικό μόριο DNA. Μερικές φορές μέσα στο κύτταρό τους παρατηρείται επιπλέον γενετικό υλικό που ονομάζεται πλασμίδιο. Ο πολλαπλασιασμός αυτών των μικροοργανισμών γίνεται με διχοτόμηση. Προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί είναι τα βακτήρια, οι ακτινομύκητες και τα κυανοφύκη.

Ευκαρυωτικοί είναι μεγαλύτεροι μικροοργανισμοί, με κυτταρική δομή παρόμοια με των ανώτερων οργανισμών. Το γενετικό τους υλικό περιβάλλεται από την πυρηνική μεμβράνη. Η αναπαραγωγή τους μπορεί να είναι σεξουαλική ή μη

σεξουαλική και ο κύκλος ζωής τους συχνά είναι πολύ σύνθετος. Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται οι μύκητες, τα φύκη και τα πρωτόζωα.

Ιοί είναι μία ξεχωριστή κατηγορία μικροοργανισμών που δεν είναι ούτε προ-ούτε ευ-καρυωτικοί. Είναι υποχρεωτικοί ξενιστές των κυττάρων άλλων οργανισμών.

Συγκρίνοντας ως προς τη δομή και τη λειτουργία τους προκαρυωτικούς με τους ιούς παρατηρούνται οι εξής ομοιότητες: Και οι ιοί και οι προκαρυωτικοί οργανισμοί μπορούν και αναπαράγονται με τον μηχανισμό των νουκλεϊκών οξέων και επίσης υπάρχουν και παθογόνοι ιοί και παθογόνοι προκαρυωτικοί οργανισμοί.

Πολλές όμως είναι οι διαφορές μεταξύ των προκαρυωτικών και των ιών καθώς τα προκαρυωτικά μικρόβια έχουν κυτταρική οργάνωση (κυτταρική μεμβράνη, κυτταρόπλασμα, ριβοσώματα) ενώ οι ιοί δεν έχουν κυτταρική οργάνωση. Τα προκαρυωτικά μικρόβια έχουν κυτταρικό τοίχωμα, έχουν πιο πολύπλοκη οργάνωση από τους ιούς, έχουν μεγαλύτερο μέγεθος, επιτελούν μεταβολικές λειτουργίες ενώ οι ιοί δεν διαθέτουν δικό τους μεταβολισμό, δεν είναι υποχρεωτικά κυτταρικά παράσιτα, αναπαράγονται μονογονικά με εγκάρσια διχοτόμηση σε αντίθεση με τους ιούς που αναπαράγονται μέσα σε κάποιο κύτταρο και τέλος τα προκαρυωτικά μικρόβια έχουν γενετικό υλικό DNA ενώ οι ιοί έχουν γενετικό υλικό DNA ή RNA.

Οι *παθογόνοι μικροοργανισμοί* είναι οι μικροοργανισμοί που είναι ικανοί να μολύνουν ή να μεταφέρουν ασθένειες. Πολλά είδη παθογόνων οργανισμών είναι ικανά να επιβιώσουν στο νερό και να διατηρήσουν τις μολυσματικές ιδιότητές τους για μεγάλες χρονικές περιόδους. Περιλαμβάνουν είδη όπως τα βακτήρια, τους ιούς, τα πρωτόζωα κ.ά.[3]

Τόσο το φυσικό όσο και το τεχνητό περιβάλλον είναι γεμάτο από μικροοργανισμούς που λόγω του μεγέθους τους δεν γίνονται ορατοί με το γυμνό μάτι. Οι περισσότεροι από αυτούς όχι μόνο δεν είναι βλαβεροί για την υγεία μας, αλλά αντίθετα είναι απαραίτητοι για την καθημερινή μας επιβίωση, όπως για παράδειγμα αυτοί που ζουν συμβιωτικά στο σώμα μας ή άλλοι που χρησιμοποιούνται στη βιοτεχνολογία. Παρόλα αυτά, αρκετοί μικροοργανισμοί μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες και για το λόγο αυτό ονομάζονται παθογόνοι. Οι μικροοργανισμοί αυτοί, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους μπορεί να είναι ιοί, βακτήρια, μύκητες ή πρωτόζωα και δρουν ως παράσιτα. Ζουν, δηλαδή, εις βάρος μας, πάνω ή μέσα στο σώμα μας, προξενώντας διάφορες βλάβες. Το σώμα μας, στη περίπτωση αυτή, λειτουργεί ως ξενιστής προσφέροντας, αναγκαστικά, τα απαραίτητα θρεπτικά υλικά και το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξή τους.

Την είσοδο των μικροοργανισμών στο σώμα μας την χαρακτηρίζουμε ως μόλυνση, ενώ την ανάπτυξή τους μέσα σε αυτό και την ασθένεια που ακολουθεί, ως λοίμωξη. Από την στιγμή που θα μπει ένας παθογόνος μικροοργανισμός στον οργανισμό μας αρχίζει να πολλαπλασιάζεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, αφού οι συνθήκες που θα συναντήσει είναι ιδανικές γι' αυτόν. Όμως με την είσοδό του προκαλεί και την ενεργοποίηση των αμυντικών μηχανισμών του οργανισμού μας που προσπαθούν να τον εξουδετερώσουν. Οι μηχανισμοί αυτοί περιορίζουν ή αναστέλλουν τον πολλαπλασιασμό του μικροοργανισμού και τον καταστρέφουν. Για τον λόγο αυτό δεν καταλαμβάνει ο μικροοργανισμός εξ ολοκλήρου τον ανθρώπινο οργανισμό.

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

α) *τους μικροοργανισμούς που συμβιώνουν με τον άνθρωπο* και έχουν θετική επίδραση στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Αν αυτοί αποικίσουν 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 εγκαθίστανται 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 νόσο σε άλλα άτομα.

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

Επειδή λοιπόν μέσω του νερού ο άνθρωπος μπορεί να έρθει σε επαφή με μικροοργανισμούς οι οποίοι ίσως έχουν επίδραση στην υγεία του, έχει σημασία να γνωρίζει κανείς τις βασικές αρχές του μεταβολισμού αυτών των μικροοργανισμών και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να μεταδοθούν στον άνθρωπο μέσω του νερού.

1.2.2 Βασικά χαρακτηριστικά των μικροοργανισμών του νερού.

Οι ιοί

Οι ιοί είναι οι μικρότερες γνωστές βιολογικές δομές, που δρουν ως παράσιτα, καθώς χρησιμοποιούν άλλον οργανισμό για να ζήσουν και να αναπαραχθούν. Ιός ευθύνεται για τη μετάδοση της λοιμώδους ηπατίτιδας μέσω του νερού.

Οι ιοί έχουν μέγεθος 0.01-0.3μm και το κύτταρό τους αποτελείται βασικά από νουκλεϊκά οξέα και πρωτεΐνες. Το νουκλεϊκό οξύ του πυρήνα τους είναι συνήθως DNA αλλά υπάρχουν και RNA ιοί. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι είναι υποχρεωτικά παρασιτικοί οργανισμοί, δηλαδή ακόμα και αν καταφέρνουν να επιβιώσουν για κάποιο χρόνο στο περιβάλλον, δεν πολλαπλασιάζονται παρά μόνο μέσα σε κάποιον άλλο ζωντανό οργανισμό. Υπάρχουν ιοί του ανθρώπου, των ζώων, των φυτών αλλά και των βακτηρίων. Οι ιοί που ζουν μέσα σε βακτήρια λέγονται βακτηριοφάγοι και παίζουν σημαντικό ρόλο στη συστηματική κατάταξη και την μελέτη των βακτηρίων.

Οι ιοί μπορεί να είναι συμβιωτικοί με τον φορέα τους αλλά μπορεί να είναι και παθογόνοι. Παθογόνοι ιοί του ανθρώπου είναι πάρα πολλοί, π.χ. ο ιός της ηπατίτιδας, του κίτρινου πυρετού, της πολιομυελίτιδας και του AIDS.[4]

Ο τρόπος δράσης των ιών όταν εισβάλουν στον ανθρώπινο οργανισμό είναι διαφορετικός από των βακτηρίων. Οι ιοί καταλαμβάνουν τους βασικούς μηχανισμούς λειτουργίας των κυττάρων. Τους τροποποιούν με αποτέλεσμα τα μολυσμένα κύτταρα να παράγουν μαζικά ιούς. Στο τέλος τα κύτταρα σκοτώνονται και απελευθερώνουν νέες ποσότητες ιών. Ένας άλλος τρόπος δράσης ορισμένων ιών, είναι η ενσωμάτωση του δικού τους γενετικού υλικού στο γενετικό υλικό DNA των κυττάρων που έχουν μολύνει.[5]

Τα βακτήρια

Τα βακτήρια είναι μικροοργανισμοί που αποτελούνται από μόνο ένα κύτταρο. Μπορούν να αναπτύσσονται στο περιβάλλον, σε επιφάνειες και δεν χρειάζονται άλλους ζωντανούς οργανισμούς για την επιβίωση τους. Δεν είναι όλα τα βακτήρια επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Ορισμένα μάλιστα έχουν ωφέλιμες επιδράσεις. Τα παθογόνα βακτήρια όταν εισβάλουν στον οργανισμό, μεταξύ άλλων παράγουν τοξίνες που βλάπτουν κύτταρα και όργανα του σώματος.[5]

Μονοκύτταροι οργανισμοί, συνήθως άχρωμοι, με σχήμα ραβδοειδές, σφαιρικό ή σπирάλ. Πολλές ασθένειες μεταδίδονται μέσω παθογόνων βακτηρίων, όπως, για παράδειγμα, η χολέρα, η οποία δυστυχώς εμφανίζεται ακόμη σε χώρες του τρίτου κόσμου. Άλλες ασθένειες που προκαλούνται από βακτήρια είναι ο τυφοειδής πυρετός και η δυσεντερία

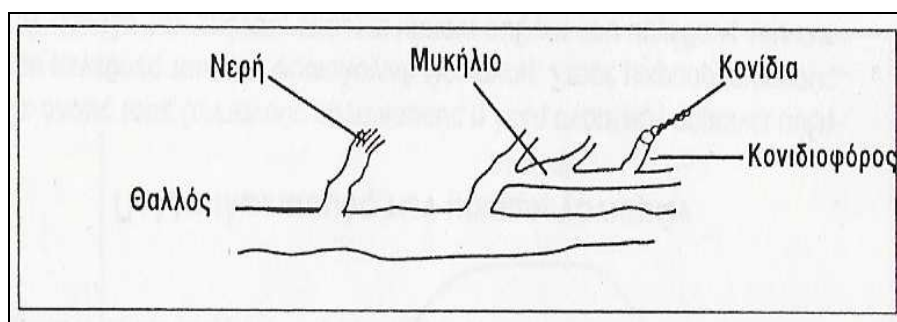
Τα βακτήρια έχουν μέγεθος 0.5-5μm και χωρίζονται, ανάλογα με το σχήμα του κυττάρου τους, σε κόκκους, βάκιλλους και σπειρίλλια. Σήμερα είναι γνωστά περίπου 15.000 είδη βακτηρίων. Το κύτταρό τους περιβάλλεται από το κυτταρικό τοίχωμα στο

οποίο υπάρχουν συχνά όργανα προσκόλλησης, τα ινίδια, και όργανα κίνησης, τα μαστίγια. Η αναπαραγωγή τους γίνεται με διχοτόμηση η οποία, υπό ευνοϊκές συνθήκες διαβίωσης, μπορεί να γίνεται κάθε 20 λεπτά.

Το πιο πολλά βακτήρια ζουν σε ουδέτερο pH αν και υπάρχουν και οξυάντοχα είδη. Τα βακτήρια κατατάσσονται σε οικογένειες, γένη και είδη ανάλογα με το σχήμα τους, την διάταξη των κυττάρων στο μικροσκόπιο, την κινητικότητά τους, τις ανάγκες τους σε οργανικές ουσίες, σε O₂ ή CO₂, την παραγωγή σπόρων, την χρώση κατά Gram και άλλες πολλές παραμέτρους.[4]

Οι μύκητες

Οι μύκητες είναι αερόβιοι πολυκύτταροι οργανισμοί οι οποίοι περιλαμβάνουν μεγαλο- και μικρο-οργανισμούς. Είναι πιο ανθεκτικοί από τα βακτήρια σε ξηρό περιβάλλον και σε όξινο pH. Υπάρχουν σήμερα πάνω από 100.000 είδη μυκήτων. Κατά την διάρκεια της ζωής τους περνούν 4 με 5 ξεχωριστές φάσεις και πολλαπλασιάζονται με ασεξουαλικά σπόρια ή με σπόρους, όπως τα σπορογόνα βακτήρια. Η παρουσία τους στα φυσικά νερά συχνά δίνει δυσάρεστη γεύση και οσμή. Η μορφολογία τους φαίνεται στο σχήμα 1 [4].



Σχήμα 1: Μορφολογία των μυκήτων

Οι ακτινομύκητες

Οι ακτινομύκητες μοιάζουν με τους μύκητες στην κυτταρική τους δομή αλλά το μέγεθός τους μοιάζει με των βακτηρίων. Είναι ευρύτατα διαδεδομένοι στα φυσικά νερά και στο έδαφος. Είναι αερόβιοι οργανισμοί και η παρουσία τους στο νερό είναι ενοχλητική διότι προκαλούν προβλήματα δυσάρεστης οσμής και γεύσης.[4]

Τα φύκη

Τα περισσότερα φύκη είναι πολυκύτταρα αλλά υπάρχουν και μονοκύτταρα. Περιλαμβάνουν μικρο- και μακρο-σκοπικά είδη. Η πλειοψηφία των ειδών που ζουν στα γλυκά νερά είναι οι κύριοι παραγωγοί οργανικής ύλης που ανιχνεύεται στο νερό. Επίσης είναι οι κύριοι παραγωγοί οξυγόνου για την γήινη ατμόσφαιρα, μια και ο μεταβολισμός τους είναι φωτοσυνθετικός. Τα μικροσκοπικά φύκη είναι μονοκύτταρα, είναι γνωστά με το όνομα φυτοπλαγκτόν και αποτελούν βασικό κομμάτι της τροφικής αλυσίδας των μεγαλύτερων υδροοργανισμών. Η συστηματική τους κατάταξη στηρίζεται στις κυτταρικές τους ιδιότητες, τον τύπο του κυτταρικού τοιχώματος, τα είδη των χρωστικών που χρησιμοποιούν για την φωτοσύνθεση και την οργάνωση των μαστιγίων στις κινητές μορφές. Αν κάποιο είδος πολλαπλασιαστεί υπέρμετρα τότε μπορεί να δώσει χαρακτηριστικό χρώμα στο νερό (π.χ. κόκκινες παλίρροies).[4]

Τα πρωτόζωα

Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, πιο σύνθετοι στη δομή από τα βακτήρια, που δρουν παρασιτικά ή μη και μπορεί να είναι παθογόνοι ή όχι. Από παρασιτικά πρωτόζωα μεταδίδεται η αμοιβαδική δυσεντερία. Είναι οργανισμοί μεγέθους 10-100μm, οι οποίοι πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση. Τα περισσότερα είναι αερόβια

και ετερότροφα και τρέφονται κυρίως με βακτήρια. Τα είδη που απασχολούν την μικροβιολογία του νερού και των λυμάτων είναι κυρίως δύο, η *Entamoeba histolytica* και η *Giardia lamblia*.^[4]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΜΙΚΡΟΒΙΑ-ΔΕΙΚΤΕΣ

Τα μικρόβια είναι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί, που στη μεγάλη τους πλειοψηφία ανήκουν στο φυτικό βασίλειο. Οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν μεγάλη ικανότητα προσαρμογής. Ανήκουν στους πρώτους οργανισμούς που εμφανίστηκαν πάνω στη Γη. Το μέγεθός τους ποικίλλει ανάλογα με το είδος τους.

Κάποια μικρόβια (ιοί) πλήττουν την υγεία του ανθρώπου μέσω της παρασιτικής σχέσης που αναπτύσσουν με αυτόν. Χρησιμοποιούν υλικά και μηχανισμούς του οργανισμού στον οποίο παρασιτούν για να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες, παρεμποδίζοντας με τον τρόπο αυτό τη σωστή λειτουργία των κυττάρων ή και καταστρέφοντάς τα. Άλλοι μικροοργανισμοί (βακτήρια) βλάπτουν την υγεία του ανθρώπου με τις ουσίες που παράγουν, τις τοξίνες, που διακρίνονται σε ενδοτοξίνες και εξωτοξίνες. Οι ενδοτοξίνες βρίσκονται στο κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων και προκαλούν πυρετό, πτώση της αρτηριακής πίεσης κλπ. Οι εξωτοξίνες εκκρίνονται από τα βακτήρια και μεταφέρονται με το αίμα, όπου, ανάλογα με τη φύση τους προσβάλλουν συγκεκριμένα όργανα.

Τα μικρόβια τρέφονται με διάφορες διαλυτές ουσίες του περιβάλλοντος.

Πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση, ενώ ο βλαστικός πολλαπλασιασμός κι η ανταλλαγή γονιδίων είναι μορφές που σπάνια τις συναντά κανείς. Ο ρυθμός πολλαπλασιασμού είναι πολύ γρήγορος. Τα πιο πολλά είδη, όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες, μέσα σε 30 λεπτά της ώρας έχουν δημιουργήσει καινούρια γενιά. Βρίσκονται παντού, στις τροφές, στον αέρα, στο νερό. Σχηματικά μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: στα απαραίτητα για τη διατήρηση της ζωής πάνω στη γη, που γενικά είναι ακίνδυνα, σ' εκείνα που ζουν και, προκαλούν τις διάφορες αρρώστιες. Αυτά της τελευταίας κατηγορίας είναι και τα πιο λίγα.

Τα πιο γνωστά παθογόνα μικρόβια για τον άνθρωπο είναι: ο πνευμονιόκοκκος, ο μηνιγγιτιδόκοκκος, ο πυογόνος σταφυλόκοκκος, η σαλμονέλα του τύφου, ο βάκιλος του άνθρακα, ο βάκιλος του Κοχ κλπ. [6].

Σε μια μικροβιακή καλλιέργεια ο πολλαπλασιασμός των βακτηρίων δεν είναι συνεχώς εκθετικός και ακολουθεί διάφορα στάδια. Τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε φάσης ανάπτυξης που παρατηρείται σε μια μικροβιακή καλλιέργεια είναι τα εξής:

Αμέσως μετά τον εμβολιασμό, εμφανίζεται μία φάση φαινομενικής αδράνειας, κατά τη οποία δεν φαίνεται να γίνεται κανένας πολλαπλασιασμός. Αυτή η φάση λέγεται *φάση αδράνειας* και η διάρκειά της εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως π.χ, την προέλευση του δείγματος που εμβολιάζεται. Στελέχη που "μετακομίζουν" από ένα περιβάλλον σ' ένα άλλο χρειάζονται ένα χρόνο προσαρμογής, ο οποίος συνήθως χρησιμοποιείται για να παραχθούν από το κύτταρο ένζυμα ικανά να μεταβολίσουν τις οργανικές ουσίες στο νέο υπόστρωμα,

Αν κάποιο από τα συστατικά του υποστρώματος που είναι απαραίτητα στον πολλαπλασιασμό του βακτηρίου εξαντληθεί, τότε η καλλιέργεια περνάει στην *στατική φάση*. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, ο αριθμός των βακτηρίων με τη πάροδο του χρόνου παραμένει σταθερός και τα κύτταρα διατηρούν την ζωτικότητα τους.

Αν η στατική φάση παραταθεί χρονικά, τότε τα κύτταρα αρχίζουν να πεθαίνουν. Αυτή είναι η *φάση θανάτωσης*.

Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την χρονική διάρκεια των φάσεων είναι η συγκέντρωση των διαφόρων συστατικών που απαρτίζουν το θρεπτικό υπόστρωμα, η θερμοκρασία επώασης, το pH και η παρουσία άλλων μικροοργανισμών, ανταγωνιστικών ως προς ορισμένα θρεπτικά συστατικά του υποστρώματος. Ο μεγαλύτερος αριθμός βακτηρίων σε μια καλλιέργεια βρίσκεται στο τέλος της στατικής φάσης.[4]

Οι κυριότερες παράμετροι που προβλέπονται να εξετάζονται ως μικρόβια - δείκτες είναι τα:

1. Ολικά κολοβακτηριοειδή
2. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
3. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων
4. Κλωστηρίδια αναγωγικών θειωδών αλάτων
5. Καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό
 - 5.1 στους 37 βαθμούς Κελσίου
 - 5.2 στους 22 βαθμούς Κελσίου

Η σημασία της ανεύρεσης κάθε μιας από τις παραπάνω παραμέτρους έγκειται στο ότι δίδει με αρκετή προσέγγιση πληροφορίες για το είδος της μόλυνσης που αφορά το νερό από το οποίο έχει ληφθεί το δείγμα που εξετάσθηκε.

Έτσι λοιπόν,

- Τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή δεν προέρχονται μόνο από τα κόπρανα των ανθρώπων και ζώων αλλά και από το χώμα και τα φυτά και επόμενα μόνη η παρουσία τους, εφόσον δεν συνυπάρχουν και άλλες βακτηριολογικές παράμετροι στα αποτελέσματα μιας εξέτασης νερού, θα μπορούσε π.χ. να υποσημαίνει ενδεχόμενη περιβαλλοντικής προέλευσης μόλυνση του νερού.
- Τα Κολοβακτηριοειδή κοπράνων αντίθετα, επειδή έχουν προέλευση τον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων υποδεικνύουν μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης του νερού και στην περίπτωση αυτή είναι βέβαια αυτονόητος ο κίνδυνος να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί με τις όποιες συνέπειες. Η *Escherichia coli* (Κολοβακτηρίδιο) συνιστά ένα τυπικό μέλος της ομάδας αυτής των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια η παρουσία έστω και ενός (1) μικροβιακού κυττάρου σε 100 ml χλωριωμένου νερού είναι ενδεικτική μόλυνσης ή κακής απολύμανσης του.
- Οι Στρεπτόκοκκοι κοπράνων είναι μια ομάδα μικροοργανισμών που αποτελείται από είδη που βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων και αν υπάρχουν, υποδεικνύουν μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης του νερού και στην περίπτωση αυτή είναι βέβαια αυτονόητος ο κίνδυνος να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί με τις όποιες συνέπειες. Η παρουσία αυτών των μικροοργανισμών επιβεβαιώνει τη μόλυνση του νερού από λύματα και ιδίως όταν δεν ανευρίσκονται *E.coli*, με δεδομένη μάλιστα τη μεγαλύτερη αντοχή τους στην οριακή χλωρίωση αυξάνει η αξία τους στην εκτίμηση της μικροβιολογικής ποιότητας. Περιλαμβάνουν τα είδη *Streptococcus bovis*, *S.avium*, *S. gallinarum*, *S. equinus*, αλλά και τα είδη *S. faecium* & *S. faecalis* που συναντώνται συχνότερα στον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου. Οι στρεπτόκοκκοι κοπράνων που ανήκουν στα είδη, *S.gallinarum*, *S.equinous*, *S.faecium* & *S.faecalis* συνιστούν μια υποομάδα που ονομάζεται εντερόκοκκοι.
- Το Κλωστηρίδιο το διαθλαστικό είναι ένα σπορογόνο βακτηρίδιο και με τους σπόρους του επιζεί σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά εμφανίζει και μεγαλύτερη αντοχή στη χλωρίωση. Η παρουσία του αποτελεί απόδειξη μόλυνσης του νερού ακόμη και στις περιπτώσεις εκείνες που δεν ανιχνεύεται *E. coli*, οπότε και εκτιμάται ότι η μόλυνση είναι παλιά. Η ανίχνευσή του θεωρείται ότι έχει

ιδιαίτερη σημασία για τις ελλείψεις που αφορούν τα μικρά συστήματα υδρεύσεων που δεν είναι δυνατόν να ελέγχονται σε τακτική βάση,

- Η καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων στο πόσιμο νερό μας δίδει μια εικόνα της μικροβιολογικής καθαρότητας του νερού, ιδίως για τις περιπτώσεις που αυτό χρησιμοποιείται από βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων. Για τα δίκτυα ύδρευσης η σταθερότητα του αριθμού τους είναι σημαντικός δείκτης της ακεραιότητας του δικτύου και της επάρκειας της χλωρίωσης. Αιφνίδια αύξηση του αριθμού τους κατά 1-2 λογάριθμους μπορεί να υποδηλώνει ανεπάρκεια στο σύστημα επεξεργασίας του νερού, επιμόλυνση της πηγής υδροληψίας ή και ανάπτυξη βιολογικού υμενίου στο δίκτυο. Πολλές φορές είναι το πρώτο ανιχνεύσιμο σημείο μόλυνσης.
- Άλλα μικρόβια - δείκτες είναι η *Pseudomonas aeruginosa* (εμφιαλωμένα νερά, ύδρευση νοσοκομείων, κολυμβητικές δεξαμενές), *Rodococcus coprophilus* (νοκαρδιόμορφος ακτινομύκητας-ειδικός δείκτης ζωικής μόλυνσης του νερού), οι βακτηριοφάγοι των εντεροβακτηριδίων (ως δείκτες της παρουσίας των ιών στο νερό) κ.ά.

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 [6].

2.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

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, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι.

A. Στην ομάδα των κολοβακτηριοειδών (*total coliforms*) περιλαμβάνονται όλα τα αερόβια και προαιρετικός αναερόβια μη σπορογόνα Gram-αρνητικά βακτήρια τα οποία ζυμώνουν την λακτόζη με παραγωγή αερίου σε 48h στους $36\pm 1^\circ\text{C}$ (Πίνακας 2).

Πίνακας 2:Γένη που περιλαμβάνονται στην ομάδα των κολοβακτηριοειδών [4]

<i>Escherichia spp</i>	<i>Erwinia spp</i>
<i>Klebsiella spp</i>	<i>Edwardsiella spp</i>
<i>Enterobacter spp</i>	<i>Kluyera spp</i>
<i>Hafnia spp</i>	<i>Cedecea spp</i>
<i>Serratia spp</i>	<i>Totumella spp</i>
<i>Citrobacter spp</i>	

Β. Τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (*faecal coliforms*) έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα κολοβακτηριοειδή αλλά μπορούν να πολλαπλασιαστούν στους $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ μετά από επώαση 48h (θερμοανθεκτικοί μικροοργανισμοί).

Η *E. coli* είναι το πιο τυπικό είδος της ομάδας των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών και παράγει ινδόλη από την τρυπτοφάνη στους $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$. Τόσο τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων όσο και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι βρίσκονται στον γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των άλλων θερμόαιμων ζώων και η παρουσία τους στο νερό υποδεικνύει ρύπανση κοπρανώδους προέλευσης και πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Η επιβίωση τους στο νερό ποικίλλει από ώρες έως εβδομάδες.

Γ. Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (*faecal streptococci*) είναι Gram-θετικοί, καταλάση-αρνητικοί κόκκοι που απαντούν ανά ζεύγη ή μικρές αλύσους. Αποτελούνται από ορισμένα είδη του γένους *Streptococcus* (*B. faecalis*, *S. faecium*, *S. avium*, *S. bovis*, *S. equinus*, *S. gallinarum*). Διαθέτουν το Group D αντιγόνο κατά Lancefield. Ορισμένα είδη όπως *S. faecalis*, *S. faecium*, απαντώνται συχνότερα στα κόπρανα του ανθρώπου ενώ άλλα είδη στα κόπρανα των ζώων.

Η ομάδα των εντεροκόκκων (*enterococci*) είναι υποομάδα των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων και περιλαμβάνουν τα είδη *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. gallinarum*, *S. avium*. Αναπτύσσονται σε θρεπτικά υλικά με πυκνότητα NaCl 6.5%, σε pH 9.6 και σε θερμοκρασίες 10 και 45°C . Παρόλο που οι υγειονομικές διατάξεις αναφέρονται στην καταμέτρηση των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων υπάρχουν ενδείξεις ότι στα υπάρχοντα θρεπτικά υποστρώματα αναπτύσσονται μόνο τα είδη που περιλαμβάνονται στην υποομάδα των εντεροκόκκων.

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

Εκτός των ανωτέρω δεικτών, ο συστηματικός προσδιορισμός των ολικών αερόβιων και προαιρετικός αναερόβιων ετερότροφων βακτηρίων στο νερό δίνει σημαντικές πληροφορίες ως προς την σταθερότητα της ποιότητάς του. Αυξομειώσεις του ολικού αριθμού της τάξεως των 1-2 λογάριθμων μπορεί να σημαίνουν προβλήματα στην μονάδα επεξεργασίας του νερού, ανάπτυξη βιολογικού υμενίου (*biofilm*) στο δίκτυο, επιμόλυνση της πηγής υδροληψίας κλπ.

Για τον πληρέστερο έλεγχο της ποιότητας του πόσιμου και του εμφιαλωμένου νερού στις αντίστοιχες υγειονομικές διατάξεις προτείνονται και άλλοι δείκτες όπως η *Ps. aeruginosa*, τα θειοαναγωγικά κλωστηρίδια, καθώς και παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Για τον έλεγχο ρουτίνας των αλλόχθονων μικροοργανισμών-δεικτών χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι. Η μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων και η μέθοδος της διήθησης δια μεμβράνης [4].

2.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΝΕΡΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ

Ο μικροβιολογικός έλεγχος των νερών για να αξιολογηθεί η καταλληλότητά τους για αναψυχή στηρίζεται στους ίδιους δείκτες που ελέγχουν την μικροβιολογική ποιότητα του πόσιμου νερού. Στη βιβλιογραφία προτείνεται η χρήση διαφορετικών θρεπτικών ζωμών και υποστρωμάτων για τον έλεγχο της ποιότητας του θαλάσσιου νερού λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του (αλατότητα-αντιμικροβιακές ουσίες) σε σχέση με το πόσιμο νερό ή τα γλυκά νερά αναψυχής (ποτάμια-λίμνες). Ωστόσο τα περισσότερα εργαστήρια προτιμούν να χρησιμοποιούν τα ίδια θρεπτικά υποστρώματα για όλες τις κατηγορίες των δειγμάτων. Οι πυκνότητες των βακτηρίων:

δεικτών ρύπανσης που θεωρούνται όρια για τα νερά αναψυχής στα διάφορα κράτη ποικίλουν και βασίζονται σε επιδημιολογικές μελέτες αλλά και σε κοινωνικά, οικονομικά και πολιτικά κριτήρια. Ομοφωνία για τον καλύτερο δείκτη ρύπανσης των νερών αναψυχής δεν υπάρχει.

Ένα θέμα που δεν έχει διευκρινισθεί είναι η εκτίμηση των κινδύνων υγείας από την κολύμβηση. Οι μικροβιακοί δείκτες κοπρανώδους ρύπανσης που χρησιμοποιούνται σήμερα απλώς υποδεικνύουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών. Ο εξατομικευμένος κίνδυνος ποικίλει ανάλογα με την εγγενή ή επίκτητη ανοσία καθώς και με την παθογόνο δράση του μικροοργανισμού. Επομένως δεν αναμένεται καμία σταθερότητα στην πρόβλεψη του κινδύνου, ανεξάρτητα από ποιοι δείκτες τελικά θα προταθούν.

Ίσως θα ήταν αναγκαίο να απαντηθούν μερικά βασικά ερωτήματα πριν θεσπιστούν τα όρια της μικροβιακής ρύπανσης των νερών αναψυχής. Μερικά από αυτά τα ερωτήματα είναι α) ποιοι είναι οι πραγματικοί κίνδυνοι από τα νερά κολύμβησης β) ποιο είναι το αποδεκτό όριο επικινδυνότητας αφού είναι αδύνατον να υπάρχει τέλεια πρόληψη όλων των κινδύνων γ) ποιος δείκτης συσχετίζεται καλύτερα με τους κινδύνους της υγείας δ) ποιες είναι οι πιο αξιόπιστες μικροβιολογικές τεχνικές για τον έλεγχο δειγμάτων νερού ε) ποιοι είναι οι κίνδυνοι από τις άλλες, πλην της κολύμβησης, αθλητικές δραστηριότητες (θαλάσσιο σκι, ιστιοσανίδα κλπ) που συχνά εκθέτουν τον αθλητή σε μεγαλύτερους κινδύνους.

Πολλά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Γαλάζιες Σημαίες, Χρυσός Αστερίας) αλλά και ορισμένα ανεξάρτητα κράτη όπως η Βρετανία δίνουν μεγάλη σημασία και στην αισθητική ποιότητα των νερών και των ακτών κολύμβησης. Η παρουσία σκουπιδιών, νεκρών ψαριών, κηλίδων πετρελαίου, πλαστικών μπουκαλιών, γυαλικών, μεταλλικών κουτιών κλπ συσχετίστηκε με την εμφάνιση συμπτωμάτων (εκδορές, μικροτραυματισμοί κλπ) τα οποία ευνοούν τις λοιμώξεις [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν απομονωθεί από επιφανειακά και υπόγεια νερά τα οποία χρησιμοποιούνται για πόση. Η κύρια πηγή εισόδου 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 κ.λ.π.).

Οι παθογόνοι οργανισμοί οι οποίοι είναι δυνατόν να προκαλέσουν υδατογενείς λοιμώξεις είναι βακτήρια, παράσιτα και ιοί. Όλες οι υδατογενείς επιδημίες από μικροοργανισμούς έχουν εποχιακή κατανομή με μεγαλύτερο ποσοστό το καλοκαίρι και κυρίως το μήνα Ιούλιο. Στις ΗΠΑ το 1991 και το 1992 αναφέρθηκαν 34 υδατογενείς επιδημίες με 17.464 κρούσματα. Στις 7 από αυτές ο αιτιολογικός παράγοντας ήταν πρωτόζωο, στις 4 ο ιός *Hepatitis A*, *Shigella sonnei* ή χημικές ουσίες, ενώ οι υπόλοιπες ήταν αγνώστου αιτιολογίας. Η παντελής έλλειψη ή η ελλιπής επεξεργασία του νερού ήταν η αιτία της πρόκλησης των επιδημιών στις περισσότερες περιπτώσεις.

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

1.Βακτήρια

-*Salmonella spp*

-*Shigella spp*

-*Yersinia enterocolitica*

-*E.coli*

-*Campylobacter spp*

-*Vibrio cholerae*

2.Ιοί

Ιοί εντερικής προέλευσης

-Εντεροϊοί (Ιός ηπατίτιδας *A-HAV*, Ιοί πολιομυελίτιδας)

-Ιοί *Norwalk* και *Rota*

3.Παράσιτα

-*Entamoeba histolytica*

-*Giardia lamblia*

-*Cryptosporidium spp*

3.1 ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για τις λοιμώξεις που μεταδίδονται με το πόσιμο νερό θα πρέπει κανείς να σταθεί στα εξής βασικά σημεία:

Μεταδίδονται σε ευρεία μάζα του πληθυσμού και ως εκ τούτου προσβάλλουν και ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού, όπως π.χ. μικρά παιδιά, ηλικιωμένους, καθώς και άτομα με υποκείμενα νοσήματα ή με ιατρογενή εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος.

Όλα αυτά τα νοσήματα ευνοούνται αν δεν προϋποθέτουν από μια μικρή μολυσματική δόση, δηλαδή μικρός αριθμός μικροβιακών κυττάρων από τον παθογόνο παράγοντα να είναι ικανός να προκαλέσει νόσο στο 50 % ενός μεγάλου αριθμού κατά τεκμήριο υγιών ατόμων. Η προϋπόθεση αυτή είναι καθοριστική για να

αντεπεξέλθει ο μικροοργανισμός το αφιλόξενο και ολιγοτροφικό περιβάλλον του νερού, αλλά και τις μεγάλες αραιώσεις που υφίστανται τα παθογόνα μικρόβια όταν βρεθούν μέσα σε δίκτυα ύδρευσης κλπ. Έχουν σημειακή πηγή μετάδοσης με αποτέλεσμα την εκρηκτική επιδημία.

Κατά τον *Bradley* τα υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στο πόσιμο νερό είναι δυνατόν να ταξινομηθούν ως εξής:

1.Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στην κατανάλωση του νερού ως ποσίμου(στοματο-πρωκτική οδός, π.χ. χολέρα, τυφοειδής πυρετός, κρυπτοσπορίδιο κλπ.)

2.Υδατογενή νοσήματα που προκύπτουν από μη επαρκή ποσότητα νερού (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα, γαστρεντερίτιδες κλπ.).

3.Υδατογενή νοσήματα από μικροοργανισμούς με το νερό να παίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής τους (σχιστοσωμίαση, δρακοντίαση).

4.Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται σε έντομα με εκκόλαψη στο νερό ή που τσιμπούν κοντά σε συλλογές νερού (κίτρινος πυρετός, φιλαρίαση, ελονοσία κ.α.).

Σε σχέση με την πύλη εισόδου που ο παθογόνος μικροοργανισμός που υπάρχει μέσα στο νερό χρησιμοποιεί για να εισέλθει στον οργανισμό και να προκαλέσει νόσο είναι δυνατόν να υπάρξει η παρακάτω κατηγοριοποίηση των υδατογενών νοσημάτων:

1.Με πύλη εισόδου το γαστρεντερικό

2.Με πύλη εισόδου το δέρμα και τους επιπεφυκότες (κύρια με την επαφή τους με τα νερά αναψυχής είτε πρόκειται για φυσικά, είτε για νερά σε τεχνητό περιβάλλον)

3.Με πύλη εισόδου το αναπνευστικό (λεγεωνέλλα, άτυπα μυκοβακτηρίδια κ.α.)

Συνολικά το νερό για ανθρώπινη κατανάλωση, όπως αντιμετωπίζεται από τη νεότερη πλέον Οδηγία της Ε.Ε., σήμερα ακόμη και μέχρι την επικείμενη - άμεσα - υιοθέτησή της από τη χώρα μας και τη συνολική εναρμόνιση της Νομοθεσίας μας με αυτήν, με βάση τους Νόμους, τις Υπουργικές Αποφάσεις και τα Προεδρικά Διατάγματα που ισχύουν, κατηγοριοποιείται σε

1.Πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης.

2.Εμφιαλωμένο νερό (επιτραπέζιο και φυσικό μεταλλικό) .

3.Νερό κολυμβητικών δεξαμενών .

4.Επιφανειακό νερό αναψυχής [6] .

3.1.1 Λοιμώξεις από βακτήρια

Salmonella spp

Περισσότεροι από 2000 ορότυποι *Salmonella* (εκτός τη *S.Typhi*) προκαλούν σαλμονελλώσεις κυρίως σε παιδιά κάτω των 5 ετών. Η *Salmonella* είναι ένα κινητό, *Gram* αρνητικό βακτήριο. Η μετάδοση της *Salmonella* γίνεται κυρίως μέσω τροφίμων και νερού, ενώ η μετάδοση από άτομο σε άτομο αφορά το 10% των περιπτώσεων .Η υδατογενής μετάδοση στις ανεπτυγμένες χώρες σήμερα είναι σπάνια. Το βακτήριο προσβάλλει το κόλον, μετά δε από περίοδο επώασης 6-48 ώρες προκαλούνται συμπτώματα ποικίλης βαρύτητας. Τα συχνότερα συμπτώματα είναι διάρροια, ναυτία, εμετοί, πυρετός, κακουχία. Η διάρκεια της σαλμονέλλωσης είναι 2-5 ημέρες. Τα συχνότερα είδη *Salmonella* που προκαλούν γαστρεντερίτιδες είναι η *S.typhimurium* και η *S.enteritidis*. 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*. Η υδατογενής μετάδοση της *S.Typhi* ήταν αρκετά συχνή στις αρχές του αιώνα, σήμερα όμως στις ανεπτυγμένες χώρες είναι σπάνια. Η *S.Typhi* προσβάλλει την εντερική βλέννη,

πολλαπλασιάζεται στα λεμφικά γάγγλια και εισέρχεται στο αίμα προσβάλλοντας δευτερογενώς και άλλα όργανα. Από τις λοιμώξεις της χοληδόχου κύστεως πολλά βακτήρια απελευθερώνονται εντός του εντέρου και εν συνεχεία αποβάλλονται με τα κόπρανα για μήνες ή έτη. Εντοπίζονται ακόμη στον σπλήνα και τον μυελό των οστών από όπου μπορεί να υπάρξει επαναμόλυνση. Για την θεραπεία του τυφοειδούς χορηγούνται χλωραμφενικόλη και αμπικιλίνη. Τα εμβόλια προστατεύουν το 70-80% των εμβολιαζομένων. Ωστόσο η καλύτερη προφυλακτική μέθοδος είναι η εφαρμογή των κανόνων υγιεινής.

Ο τυφοειδής πυρετός είναι συστηματική νόσος, παρατεταμένη και με σοβαρά συμπτώματα (πυρετό, κεφαλαλγία, ανορεξία, λευκοπενία, σπληνομεγαλία). Ο χρόνος επώασης είναι 1-10 εβδομάδες. Η διάρκεια της νόσου είναι 1-8 εβδομάδες. Η νόσος συχνά υποτροπιάζει. Η διάγνωση γίνεται με απομόνωση του μικροβίου σε ειδικά θρεπτικά υλικά από το αίμα και από τον μυελό των οστών την πρώτη εβδομάδα, ενώ από τα ούρα και τα κόπρανα απομονώνεται πολύ αργότερα. Για την απομόνωση της *Salmonella* από το νερό χρησιμοποιούνται τεχνικές συμπυκνώσεως κυρίως δια μέσου μεμβράνης. Η μεμβράνη αυτή στην συνέχεια επωάζεται σε ένα εμπλουτιστικό υλικό από τον οποίο εμβολιάζεται ένα εκλεκτικό υλικό. Οι ύποπτες αποικίες ταυτοποιούνται με βιοχημικές και ορολογικές διαδικασίες [4].

Shigella spp

Η *Shigella* είναι ένας ακίνητος, Gram αρνητικός, οξειδάση αρνητικός μικροοργανισμός, που αναπτύσσεται καλύτερα σε αερόβιες συνθήκες, στους 37°C και προσβάλλει το κόλον προκαλώντας κολίτιδα. Το γένος *Shigella* αποτελείται από 4 είδη: *S.dysenteriae*, *S.flexneri*, *S.doydii* και *S.sonnei*. Η *Shigella* δεν ζει για πολύ χρονικό διάστημα έξω από το ανθρώπινο σώμα. Έτσι η από άνθρωπο σε άνθρωπο μετάδοση είναι συνήθης. Ωστόσο η τροφογενής και η υδατογενής μετάδοση είναι εξ ίσου σημαντικές. Η παρουσία άλλων βακτηρίων ελαττώνει την ζωτικότητα της *Shigella* με αποτέλεσμα οι σιγκελλώσεις να είναι συχνότερες π.χ. από πηγάδια, παρά από ποταμούς όπου ο ολικός αριθμός των βακτηρίων είναι πιθανότατα υψηλότερος.

Εμβόλιο εναντίον της *Shigella* δεν έχει παρασκευασθεί. Έτσι η πρόληψη της λοίμωξης στηρίζεται στην τήρηση των κανόνων Υγιεινής. Μετά την κατάποση τα βακτήρια εισέρχονται στα επιθηλιακά κύτταρα του παχέος εντέρου όπου πολλαπλασιάζονται. Η παραγωγή εντεροτοξίνης προκαλεί δυσεντερικό σύνδρομο. Ο ακριβής μηχανισμός δράσης της σιγκέλλωσης είναι άγνωστος. Ο χρόνος επώασης είναι 12-48 ώρες και διαρκεί μία εβδομάδα. Τα συμπτώματα ποικίλλουν από ήπια μέχρι σοβαρά (διάρροια με πυρετό και αιματερά κόπρανα). Η νόσος είναι αυτοιάσιμη εντός μίας εβδομάδας. Η μεγαλύτερη επιδημία σιγκέλλωσης παρατηρήθηκε το 1942 στο Newton και προσέβαλε 3000 άτομα. Η μολυσματική δόση για την πρόκληση της σιγκέλλωσης είναι εξαιρετικά μικρή (10-100 μικροοργανισμοί). Η διάγνωση γίνεται με την απομόνωση του βακτηρίου από κόπρανα σε ειδικά θρεπτικά υλικά. Στις ανεπτυγμένες χώρες υπεύθυνη για τις περισσότερες λοιμώξεις τα τελευταία χρόνια είναι η *S.sonnei* ενώ η *S.flexneri* δεν απαντάται συχνά.

Στον Ελλαδικό χώρο τα τελευταία εικοσιπέντε χρόνια υπήρξαν αρκετές επιδημίες που είχαν σαν αίτιο την *Shigella*. Το ακριβές ποσοστό νοσηρότητας είναι άγνωστο γιατί πολλά περιστατικά δεν καταγράφονται και συχνά οι επιδημίες αποσιωπώνται για τουριστικούς σκοπούς. Μερικές από τις επιδημίες που καταγράφηκαν ήταν από *S.sonnei* στη Δράμα (1971), από *S.dysenteriae* στην Πύλο (1980), και από *S.sonnei* στην Λευκάδα (1987). Η καλλιέργεια γίνεται με τεχνικές συμπύκνωσης επί διηθητικής μεμβράνης. Η μεμβράνη επωάζεται σε εμπλουτιστικούς ζωμούς και η απομόνωση των αποικιών γίνεται εν συνεχεία σε εκλεκτικά θρεπτικά υλικά [4].

Yersinia enterocolitica

Η *Y. enterocolitica* είναι ένα *Gram* αρνητικό κοκκοβακτήριο, οξειδάση αρνητικό, κινητό στους 20°C και ακίνητο στους 37°C, αερόβιο και προαιρετικά αναερόβιο. Απομονώνεται συχνά από το περιβάλλον και τα ζώα. Ενδιαφέρον για την Περιβαλλοντική Μικροβιολογία αποκτά ο μικροοργανισμός αυτός όταν απομονώνεται από νερό ποταμού το οποίο ήταν αιτία πρόκλησης της νόσου μετά από κατανάλωση του. Ορότυποι οι οποίοι ενοχοποιούνται για υδατογενείς λοιμώξεις είναι οι 0:3, 0:8, 0:9. Οι ορότυποι των περιβαλλοντικών στελεχών ανήκουν σπανίως στους ορότυπους 0:3, 0:8 και συχνότερα στους ορότυπους 0:21, και 0:4.32. Όλοι οι ανωτέρω ορότυποι δεν είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο και διαφέρουν βιοχημικά από τους ίδιους ορότυπους που προκαλούν νοσήματα στον άνθρωπο. Η *Y. enterocolitica* έχει συχνά απομονωθεί από το υδάτινο κυρίως περιβάλλον. Η σημασία των περιβαλλοντικών αυτών στελεχών για την Δημόσια Υγεία προκάλεσε πολλές συζητήσεις με αποτέλεσμα εκτεταμένες μελέτες επί της παθογένειας τους σε πειραματόζωα. Όλα τα παθογόνα στελέχη της *Y. enterocolitica* φέρουν ένα πλασμίδιο 42-48 *megaDalton* (MDa) το οποίο περιέχει τις περισσότερες από τις ιδιότητες που συσχετίζονται με την παθογόνο δράση της, κυρίως στα ζώα, και για το οποίο υπάρχουν ενδείξεις ότι δεν εκφράζεται σε ολιγοτροφικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με τον *LeChevallier* (1985) η δομή της επιφάνειας του μικροβιακού κυττάρου της *Y. enterocolitica* αλλοιώνεται όταν βρίσκεται σε χλωριωμένο νερό με αποτέλεσμα να χάνεται η παθογένος της δράση.

Η μετάδοση δια της τροφής θεωρείται σημαντική κυρίως μέσω μολυσμένου χοιρινού κρέατος όπως έδειξαν επιδημίες στην Ιαπωνία, Τσεχοσλοβακία και ΗΠΑ. Ωστόσο μερικά χαρακτηριστικά της, όπως η εύκολη προσαρμογή της στο ολιγοτροφικό περιβάλλον και στις χαμηλές θερμοκρασίες επί μακρό χρονικό διάστημα, δηλώνουν ότι οι υδατογενείς επιδημίες είναι συχνότερες από ότι έχουν περιγραφεί.

Η *Y. enterocolitica* προσβάλλει τον τελικό ειλεό αλλά ο ακριβής παθογενετικός μηχανισμός είναι άγνωστος. Ο χρόνος επώασης είναι 3-7 ημέρες. Ο πυρετός, η διάρροια και οι κοιλιακοί πόνοι είναι τα κύρια συμπτώματα της λοίμωξης. Παιδιά ηλικίας κάτω των 5 ετών εμφανίζουν ήπια γαστρεντερίτιδα, ενώ παιδιά μεταξύ 5-15 ετών δίνουν συμπτώματα μεσεντέριου λεμφαδενίτιδας και ψευδή συμπτώματα σκληροκοειδίτιδας, με αποτέλεσμα άσκοπη σκληροκοειδεκτομή. Η *Y. enterocolitica* είναι ανθεκτική σε όλες τις πενικιλίνες και άλλα β-λακταμικά αντιβιοτικά και είναι ευαίσθητη στην χλωραμφενικόλη και τις αμι-νογλυκοσίδες. Ο ψυχοεμπλουτισμός του δείγματος προς καλλιέργεια βοηθά στην απομόνωση του μικροοργανισμού σε εκλεκτικά θρεπτικά υλικά [4].

E. coli

Η *E. coli* αποτελεί φυσικό ένοικο της γαστρεντερικής οδού του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Είναι *Gram* αρνητικός, οξειδάση αρνητικός μικροοργανισμός και αποτελεί μέλος της ομάδας των κολοβακτηριοειδών.

Η εντεροτοξινογόνος *E. coli* (*ETEC*) είναι δύσκολο να διαφοροποιηθεί από τα υπόλοιπα στελέχη *E. coli* του νερού. Τα τελευταία χρόνια η διαφοροποίηση αυτή πραγματοποιείται με μοριακές τεχνικές. Η *ETEC* είναι συχνό αίτιο διάρροιας των ταξιδιωτών. Επειδή η μολυσματική δόση είναι μεγάλη, η μετάδοση από άτομο σε άτομο δεν είναι συχνή, ενώ θεωρείται σημαντική η μετάδοση δια των τροφών. Η υδατογενής μετάδοση της *ETEC* είναι αβέβαιη. Η *ETEC* παράγει 2 είδη τοξινών, την θερμοανθεκτική (*ST*) και την θερμοευαίσθητη (*LT*) η οποία προκαλεί χολεροειδή εντερίτιδα. Η *ETEC* περιλαμβάνει τους οροτύπους 0:6, 0:8, 0:15, 0:25, 0:27, 0:78, 0:148 και 0:159. Η ικανότητα της *ETEC* να προκαλεί διάρροια σε παιδιά και ηλικιωμένους εξαρτάται αφ' ενός μεν από την ικανότητα να παράγει μία ή δύο τοξίνες,

αφ' ετέρου δε από την ικανότητα να προσκολλάται στο τοίχωμα του εντέρου. Ο χρόνος επώασης είναι 6-36 ώρες και τα συμπτώματα είναι διάρροια, ναυτία, εμετοί, κοιλιακοί πόνοι, μυαλγίες και χαμηλός πυρετός. Η διάρκεια της νόσου ποικίλλει από 1 ημέρα μέχρι 2 εβδομάδες. Η απομόνωση της *ETEC* θεωρείται δύσκολη, δαπανηρή και χρονοβόρος και στηρίζεται κυρίως στον έλεγχο παραγωγής, εντεροτοξινών.

Εκτός από την *ETEC* υπάρχει εντεροπαθογόνος *E.coli* (*EPEC*). Είναι συχνότερη στις αναπτυσσόμενες χώρες ενώ έχει εξαφανισθεί σχεδόν στις ανεπτυγμένες. Δεν παράγει εντεροτοξίνη. Ο μηχανισμός παθογόνου δράσης δεν είναι γνωστός. Προκαλεί διάρροιες σε παιδιά μέχρι 5 ετών και σπανιότερα στους ενήλικες. Η εντεροδισδυτική *E.coli* (*EIEC*) προκαλεί διάρροιες σε παιδιά και ενήλικες. Δεν παράγει ειδικές τοξίνες. Είναι ακίνητη και χωρίς βλεφαρίδες. Η βιοχημική της ταυτοποίηση παρουσιάζει δυσκολίες και γι' αυτό χρησιμοποιούνται πλέον κυρίως μοριακές τεχνικές. Υδατογενείς επιδημίες έχει προκαλέσει και η αιμορραγική *E.coli* αλλά είναι σχετικά σπάνιες [4].

Campylobacter spp

Όλες οι υδατογενείς λοιμώξεις από *Campylobacter* προκαλούνται από το *C.jejuni* έναν αερόβιο, κινητό, *Gram* αρνητικό, οξειδάση 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. Ελλιπής επεξεργασία και απολύμανση του νερού είναι η αιτία της πρόκλησης της υδατογενούς επιδημίας.

Το *C.jejuni* προσβάλλει το κόλον αλλά ο ακριβής παθογενετικός μηχανισμός είναι άγνωστος. Παράγει μια θερμοευαίσθητη τοξίνη με χολεροειδή αντίδραση και είναι εντεροδισδυτικό.

Ο χρόνος επώασης είναι 2-5 ημέρες και τα συμπτώματα ναυτία, εμετοί, κοιλιακός πόνος, διάρροια (αιματερά κόπρανα), πυρετός, κακουχία. Η διάρκεια της νόσου ποικίλλει από 1 ημέρα έως 1 εβδομάδα με πολλές υποτροπές. Δυνατόν να προκαλέσει και εντοπισμένες λοιμώξεις, ιδιαίτερα στην παιδική ηλικία (αρθρίτιδες, εγκεφαλίτιδες) ή σηψαιμία σε ανθρώπους με προδιαθεσιακούς παράγοντες. Είναι ευαίσθητο σε πολλά αντιβιοτικά, ενώ η ερυθρομυκίνη εξακολουθεί να είναι το αντιβιοτικό εκλογής.

Η απομόνωση του *C.jejuni* γίνεται από τα κόπρανα σε εκλεκτικά θρεπτικά υλικά, σε μικροαερόφιλες συνθήκες και θερμοκρασία $42.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Η απομόνωση από το νερό γίνεται στα ίδια θρεπτικά υλικά όπως και σε κλινικά δείγματα με την διαφορά ότι προηγείται στάδιο συμπύκνωσης με διήθηση και εμπλουτισμό. Η παρουσία του *Campylobacter* στο νερό σημαίνει πρόσφατη περιττωματική ρύπανση και κίνδυνο μόλυνσης των καταναλωτών [4].

Vibrio cholerae

Η χολέρα, η οποία ενδημεί κυρίως στην Ασία με σποραδικές διασπορές σε Ευρώπη, Ρωσία και Αφρική, προκαλείται από το *Vibrio cholerae* 01. Το 1990 μεγάλη επιδημία χολέρας άρχισε στο Περού και εξαπλώθηκε σε όλη την Ν. Αμερική με χιλιάδες κρούσματα και πολλούς θανάτους .

Το *Vibrio cholerae* είναι ένα *Gram* αρνητικό, με σχήμα δονακίου, αερόβιο, κινητό βακτήριο. Έχουν αναγνωρισθεί 2 βιότυποι, ο κλασσικός και ο EL Tor 2. Μεταδίδεται υδατογενώς και αποικίζει το λεπτό έντερο. Το *Vibrio cholerae* 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. Τα συμπτώματα ποικίλλουν από ήπια μέχρι βαρεία διάρροια, με ταχεία αφυδάτωση, η οποία μπορεί να προκαλέσει θάνατο εντός ολίγων ωρών. Εάν αντιμετωπισθεί σωστά (υγρά-ηλεκτρολύτες) αυτοϊάται εντός 2-7 ημερών.

Η διάγνωση της χολέρας επιτυγχάνεται είτε με απομόνωση του *Vibrio cholerae* 01 από τα κόπρανα ή με ορολογικές δοκιμές.

Το εμβόλιο της χολέρας προφυλάσσει για πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα (3-6 μήνες). Η συστηματική τήρηση των κανόνων Υγιεινής αποτελεί το καλύτερο μέτρο προφύλαξης από την νόσο [4].

3.1.2 Ιοί

Ιοί εντερικής προέλευσης

Ο γαστρεντερικός σωλήνας του ανθρώπου φιλοξενεί ιούς οι οποίοι με τα κόπρανα τους ρυπαίνουν το υδάτινο περιβάλλον όπου είναι δυνατόν να επιβιώσουν για μακρύ χρονικό διάστημα. Η υδατογενής μεταφορά πολλών ιών εντερικής προέλευσης έχει τεκμηριωθεί αποτελώντας ένα σημαντικό πρόβλημα για την Δημόσια Υγεία.

Οι ανθρώπινοι εντερικής προέλευσης ιοί είναι μικροί (20 – 85 nm), RNA ή DNA ιοί, οι οποίοι απομονώθηκαν αρχικά από τα απόβλητα.

A. Εντεροϊοί

Η ρύπανση του πόσιμου νερού του δικτύου παροχής με απόβλητα αποτελεί την αιτία για την υδατογενή μετάδοση των εντεροϊών προκαλώντας επιδημία γαστρεντερίτιδας. Οι μέχρι πρότινος αγνώστου αιτιολογίας επιδημίες οξείας γαστρεντερίτιδας έχουν αποδοθεί σε μεγάλο ποσοστό (>50%) στην ανεύρεση εντεροϊών, η απομόνωση των οποίων μέχρι σήμερα φαίνεται εξαιρετικά δύσκολη. Γι' αυτό το λόγο η απομόνωση τους από το νερό δεν αποτελεί εξέταση ρουτίνας.

Οι εντεροϊοί, επειδή είναι μικρότεροι των εντεροβακτηρίων, μπορούν να διανύουν μεγάλες αποστάσεις δια μέσου του εδάφους το μήκος των οποίων εξαρτάται από το είδος του εδάφους, το κλίμα αλλά και τον ίδιο τον ιό. Ορισμένοι ιοί καθηλώνονται ευκολότερα στο έδαφος ενώ άλλοι όχι. Ένας σχετικά μεγάλος αριθμός νερού πηγαδιών (20% περίπου) βάθους 1-30 μέτρων, έχει βρεθεί να περιέχει εντεροϊούς. Ο ίδιος ερευνητής απέδειξε την ύπαρξη ιών στο υπόγειο νερό το οποίο σύμφωνα με τα ισχύοντα κριτήρια (μη ύπαρξη κολοβακτηριοειδών) θεωρείται κατάλληλο προς πόση.

Αρα η μη ύπαρξη κολοβακτηριοειδών κοπρανώδους προέλευσης στο πόσιμο νερό δεν συνεπάγεται την μη ύπαρξη εντεροϊών [4].

Ιός ηπατίτιδας A (HAV)

Η ηπατίτιδα A προκαλείται από τον ιό *Hepatitis A* (HAV) και είναι η συχνότερα αναφερόμενη ιογενής ηπατίτιδα. Περισσότεροι από τους μισούς ενήλικες σ' όλο τον κόσμο είναι θετικοί για αντισώματα IgG στον ιό *Hepatitis A*.

Εκτός της μετάδοσης με επαφή η HAV μεταδίδεται συχνά και υδατογενώς. Η μεγαλύτερη υδατογενής επιδημία έγινε στο Ν. Δελχί, μεταξύ 1955-1956, όπου περισσότερα από 35000 άτομα μολύνθηκαν από το πόσιμο νερό της πόλης παρά την ικανοποιητική χλωρίωση του δικτύου. Συνήθως δεν υπάρχουν θάνατοι στις επιδημίες της ηπατίτιδας A. Μετά την κατάποση ο ιός *Hepatitis A* εγκαθίσταται στο λεπτό έντερο, εισέρχεται στα επιθηλιακά κύτταρα, πολλαπλασιάζεται και κινείται προς το ήπαρ όπου προκαλεί φλεγμονή. Ο ιός έχει χρόνο επώασης 2-6 εβδομάδες

και τα συμπτώματα είναι πυρετός, ναυτία, ανορεξία, καταβολή, διάρροιες και ίκτερος. Ασυμπτωματικές μορφές είναι συχνές στα παιδιά.

Η εκδήλωση των κλινικών συμπτωμάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως π.χ. την ανοσιακή κατάσταση και την ηλικία του ξενιστή, τη λοιμογόνο ικανότητα και τον τύπο του ιού καθώς και την οδό μόλυνσης. Η συχνότητα της ηπατίτιδας Α με συμπτώματα κλινικά στους ενήλικες είναι 75%, αν και κατά την διάρκεια επιδημιών έχει βρεθεί μέχρι και 97%.

Η θνητότης για την ηπατίτιδα Α στις ΗΠΑ είναι 0.6%. Η νόσος συνήθως διαρκεί 1-2 εβδομάδες. Η διάγνωση της λοίμωξης γίνεται ορολογικά ή με μοριακές τεχνικές [4].

Ιοί πολιομυελίτιδας (*Polioviruses*)

Παρόλο που η συχνότερη οδός μετάδοσης της πολιομυελίτιδας είναι η αναπνευστική οδός, έχει βρεθεί ότι η υδατογενής μεταφορά είναι επίσης σημαντική. Έχουν αναφερθεί 2 υδατογενείς επιδημίες πολιομυελίτιδας στην Αμερική, το 1952 και 1953 .

Σήμερα με την ύπαρξη των εμβολίων *Salk & Sabin* η νόσος θεωρείται εξαιρετικά σπάνια στις ανεπτυγμένες χώρες αλλά εξακολουθεί να υπάρχει στις χώρες υπό ανάπτυξη. Μετά την εισπνοή ή την κατάποση ο ιός πολλαπλασιάζεται και μολύνει την γαστρεντερική οδό, τους λεμφαδένες και το Κ.Ν.Σ.

B. Ιοί *Norwalk* και *Rota*

Ο ιός *Norwalk* μεταδίδεται υδατογενώς, δια των τροφών και δια μέσου επαφής. Ένας μεγάλος αριθμός μη βακτηριακών γαστρεντερίτιδων οφείλεται σ' αυτό τον ιό. Προκαλεί ανωμαλίες στο λεπτό έντερο αλλά ο παθογενετικός μηχανισμός είναι άγνωστος. Ο χρόνος επώασης είναι 24-48 ώρες. Τα συνήθη συμπτώματα είναι εμετοί και διάρροιες. Η νόσος αυτοϊάται εντός 24-48 ωρών. Ο ιός προσβάλλει κυρίως ενήλικες και σπανίως παιδιά. Η διάγνωση είναι δύσκολη . Μερικές φορές επιτυγχάνεται με την αναγνώριση του ιού στα κόπρανα με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Ο *Rota* -ιός έχει μέγεθος 70nm. Προκαλεί γαστρεντερίτιδα κυρίως σε παιδιά κάτω των 2 ετών. Η νόσος είναι σπάνια στους ενήλικες . Η μετάδοση του ιού γίνεται κυρίως δι' επαφής και σπανίως υδατογενώς.

Ο *Rota*-ιός προκαλεί ιστολογικές ανωμαλίες στο λεπτό έντερο αλλά ο παθογενετικός μηχανισμός του είναι άγνωστος. Ο χρόνος επώασης είναι 24-72 ώρες και τα συμπτώματα δυνατόν να είναι ελαφρά γαστρεντερίτιδα έως γαστρεντερίτιδα βαρείας μορφής με αφυδάτωση . Η νόσος διαρκεί 2-5 ημέρες.

Η διάγνωση τεκμηριώνεται με ανεύρεση του ιού στα κόπρανα, με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ή με ανοσοενζυμικές δοκιμασίες με την μέθοδο *ELISA*. Η χρήση της αλυσιδωτής αντίδρασης της πολυμεράσης, απλοποιεί την διάγνωση των ιογενών λοιμώξεων, εξακολουθεί όμως να είναι δαπανηρή εξέταση.

Παρόλο που ο αριθμός των εντερικών προέλευσης ιών που έχουν απομονωθεί από το πόσιμο νερό είναι χαμηλός φαίνεται να παίζει ρόλο στην εμφάνιση των επιδημιών μια και είναι γνωστό ότι η μολυσματική δόση των ιών είναι εξαιρετικά χαμηλή (1-10 μολυσματικές μονάδες). Η ρύπανση του πόσιμου νερού οφείλεται κυρίως σε ατελή επεξεργασία του νερού πριν από την είσοδο του, στο δίκτυο διανομής. Καθώς δε οι ιοί είναι περισσότερο ανθεκτικοί στην επεξεργασία του νερού απ' ότι τα βακτήρια και επιβιώνουν για μακρύτερο χρονικό διάστημα, θα μπορούσαν να καθιερωθούν σαν ένας αξιόπιστος δείκτης κοπρανώνδους ρυπάνσεως ανθρώπινης προέλευσης.

Έχει αποδειχθεί ότι υπάρχουν εντεροϊοί σε δείγματα πόσιμου νερού που δεν περιείχαν κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή ενώ συγχρόνως το ελεύθερο χλώριο ήταν 0.5mg/l. Οι Peteron και συνεργάτες (1983) αναφέρουν ότι για να καταστραφεί ο ιός της ηπατίτιδας Α απαιτείται έκθεση του ιού σε 2mg/l χλωρίου για διάστημα 30 λεπτών, ενώ ο Norwalk ιός επιβίωσε σε πόσιμο νερό όπου η ποσότητα του ελεύθερου χλωρίου ήταν 5-6mg/l για 30min [4].

3.1.3 Παράσιτα

Entamoeba histolytica

Η αμοιβάδωση προκαλείται από την *Entamoeba histolytica*. Μεταδίδεται και υδατογενώς ενώ ο κυριότερος τρόπος μετάδοσης είναι δια μέσου επαφής. Το ποσοστό παρασιτοφορίας στον πληθυσμό της Αμερικής είναι 1-5%, ενώ στις τροπικές χώρες φθάνει το 50-80%.

Η *Entamoeba histolytica* αποικίζει το κόλον και σπανίως προσβάλλει την εντερική βλέννη. Ο χρόνος επώασης είναι 2-4 εβδομάδες. Τα συμπτώματα είναι συνήθως ελαφρά ενώ σπανίως δημιουργούνται ηπατικά συμπτώματα. Η διάγνωση των τροφοζωϊτών ή κύστεων γίνεται στα κόπρανα με το μικροσκόπιο. Οι ορολογικές αντιδράσεις βοηθούν στη διάγνωση σε περιπτώσεις ε-ξωεντερικών λοιμώξεων.

Η απομόνωση των κύστεων από το νερό είναι δύσκολη και χρονοβόρος. Η επεξεργασία του νερού με φίλτρα απεδείχθη ικανοποιητική για την κατακράτηση των κύστεων της *E.histolytica*.

Giardia lamblia

Η γιαρδίαση προκαλείται από το πρωτόζωο *Giardia lamblia*, ένα συχνότατα ανευρικόμενο εντερικό παράσιτο. Όπως η *E.histolytica* έτσι και η *G.lamblia* σχηματίζει κύστες που ανευρίσκονται στα απόβλητα από όπου μολύνεται το νερό.

Το παράσιτο μεταδίδεται δια της εντεροπρωκτικής οδού με άμεσο επαφή και υδατογενώς. Οι κύστες αναλόγως των περιβαλλοντικών συνθηκών επιβιώνουν από ώρες μέχρι λίγες ημέρες, μέσα δε στο νερό είναι δυνατόν να επιβιώσουν 2 μήνες κυρίως σε νερά χαμηλής θερμοκρασίας. Προσβάλλει το εγγύς λεπτό έντερο. Ο παθογενετικός μηχανισμός είναι άγνωστος, Ο χρόνος επώασης είναι 1 -4 εβδομάδες. Τα συμπτώματα είναι διάρροια δύσοσμη, καταβολή και επιγάστρια άλγη. Διαρκεί 1-4 εβδομάδες και εμφανίζει υποτροπές. Η *G.lamblia* είναι το συχνότερο εντερικό παράσιτο στους ανθρώπους, τόσο στην Αμερική όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Συχνότερα απαντάται μεταξύ των παιδιών και των ομοφυλόφιλων.

Η υδατογενής μετάδοση της *G.lamblia* τεκμηριώνεται τα τελευταία 20-25 χρόνια. Την μεγαλύτερη αναλογία κυστών παρουσιάζουν τα επιφανειακά νερά τα οποία δεν διηθούνται αλλά απλώς χλωριώνονται. Η χλωρίωση μεταξύ 0.3-2.5mg/l αδρανοποιεί τις κύστες της *G.lamblia*, ενώ η διέλευση του νερού μέσω φίλτρων κατακρατεί το μεγαλύτερο ποσοστό των κυστών. Απαιτείται όμως μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωρίου και μεγαλύτερος χρόνος επαφής από τους εντερικούς δείκτες. Οι τεχνικές απομόνωσης της *G.lamblia* από το νερό είναι χρονοβόρες, επίπονες με αμφίβολα αποτελέσματα.

Η διάγνωση γίνεται μικροσκοπικά με ανεύρεση των τροφοζωϊτών ή των κυστών στα κόπρανα.

Cryptosporidium spp

Το *Cryptosporidium*, το εντερικό αυτό πρωτόζωο, περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Tysser το 1907. Σαν αιτιολογικός παράγοντας όμως προκλήσεως νοσήματος στον άνθρωπο αναγνωρίστηκε πολύ αργότερα, το 1980.

Με την εμφάνιση του συνδρόμου της επίκτητης ανοσολογικής ανεπάρκειας το *Cryptosporidium* εμφανίζεται σαν αίτιο διάρροιας των φορέων του ιού του ανωτέρω συνδρόμου, με αποτέλεσμα να εντατικοποιηθούν οι προσπάθειες ανεύρεσης τεχνικής ταχείας διαγνώσεως του. Οι ωκύστες του κρυπτοσποριδίου έχουν βρεθεί στο πόσιμο νερό σε ποικίλες πυκνότητες. Οι επιδημίες στη *Georgia*, ΗΠΑ και στο *Texas* απέδειξαν ότι το *Cryptosporidium* είναι δυνατόν να προκαλέσει υδατογενείς επιδημίες.

Τα απόβλητα αποτελούν σημαντική πηγή μόλυνσης του περιβάλλοντος με ωκύστες *Cryptosporidium*, οι οποίες αποτελούν εν συνεχεία πηγές μόλυνσης ανθρώπων και ζώων. Η διήθηση και απολύμανση του νερού δεν θεωρούνται ικανοποιητικοί τρόποι επεξεργασίας για την απομάκρυνση των ωκύστεων του *Cryptosporidium* [4].

3.2 ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΑΠΟ ΑΝΑΨΥΧΗ ΣΕ ΦΥΣΙΚΑ ΝΕΡΑ

Οι λοιμώξεις του ανθρώπου που συνδέονται με μικροβιακή ρύπανση της θάλασσας αποτελούν τις λεγόμενες θαλασσογενείς λοιμώξεις, λοιμώξεις δηλαδή των οποίων η πηγή είναι η θάλασσα. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον κυρίως δια των αποβλήτων. Η ατμόσφαιρα μπορεί επίσης να αποτελεί οδό εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό. Υποστηρίζεται ότι οι άνεμοι που φυσούν από τις Ηπείρους προς τη θάλασσα μεταφέρουν βακτήρια, ιούς και παράσιτα και ότι η βροχή διευκολύνει την μετάβασή τους στους ποταμούς και ωκεανούς. Οι κολυμβητές επίσης μολύνουν τα νερά αναψυχής ιδιαίτερα σε ακτές όπου προσέρχονται πολλοί λουόμενοι. Ιογενείς λοιμώξεις και μυκητιάσεις είναι οι κυριότερες λοιμώξεις που αποδίδονται στην ρύπανση του θαλασσινού νερού από τους ίδιους τους κολυμβητές.

Η πρώτη αναφορά λοίμωξης που συνδέεται με μικροβιακή ρύπανση των νερών της θάλασσας ανακοινώθηκε από τον *Reece* το 1909. Ο *Reece* περιέγραψε μια επιδημία τυφοειδούς πυρετού στη Νότια Αγγλία, η οποία εκδηλώθηκε σε άτομα που κολυμπούσαν σε πισίνα που γέμιζε περιοδικά με θαλασσίνο νερό. Για την επιδημία αυτή είχε ενοχοποιηθεί η ρύπανση της θάλασσας από τα λύματα ενός γειτονικού Δημόσιου νοσοκομείου. Ωστόσο, σύμφωνα με τον *Mosely* (1974) η πρώτη επιδημία τυφοειδούς πυρετού προήλθε από στρείδια και εμφανίστηκε στη Γαλλία το 1816. Την επιβεβαίωση ότι τα μαλάκια μπορούν να προκαλέσουν τυφοειδή πυρετό και χολέρα, δίνει η εμφάνιση επιδημίας χολέρας στην Ιταλία.

Η επιβίωση των παθογόνων μικροοργανισμών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα, οι υψηλές θερμοκρασίες δεν ευνοούν τους ιούς. Πάντως, τόσο οι ιοί όσο και οι μύκητες έχουν τη δυνατότητα να επιβιώνουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο θαλασσίνο νερό απ' ό,τι τα βακτήρια. Το αισιόδοξο είναι ότι το θαλασσίνο νερό δρα ως φυσικό αντιβιοτικό, το οποίο παράγουν οι οργανισμοί του πλαγκτού, μαζί με το φως και το αλάτι. Ορισμένες από τις ασθένειες που συνδέονται με το θαλασσίνο νερό είναι δύσκολο να επιβεβαιωθούν, καθώς οι «ύπουλοι» μικροοργανισμοί προκαλούν συμπτώματα που δύσκολα αναγνωρίζονται. Ο πονοκέφαλος, ο εμετός, η διάρροια κ.λ.π. μπορεί να προκληθούν και από πολλούς άλλους παράγοντες. Ωστόσο, επειδή πολλές αναφορές γίνονται τελευταία για τις οργανοαλογονούχες ενώσεις, τα βαρέα μέταλλα, πετρελαιοειδή κ.ά. δηλαδή τη χημική ρύπανση, θα πρέπει να διευκρινιστεί πως δεν επιβαρύνουν την υγεία των κολυμβητών. Οι μακρομοριακές ενώσεις όπως οι οργανοφωσφορικές (λιπάσματα), οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, τα βαρέα μέταλλα κ.λ.π. δεν διαπερνούν το ανθρώπινο δέρμα. Επίσης, η πόση θαλασσινού νερού ακόμη και σε ρυπασμένη περιοχή δεν είναι επικίνδυνη, διότι οι χημικοί ρύποι βρίσκονται σε μεγάλη αραιότητα.

Επιβίωση λυματικών μικροοργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον

Η μελέτη των μηχανισμών επιβίωσης των λυματικών μικροοργανισμών στο θαλάσσιο περιβάλλον άρχισε στην δεκαετία του 60. Στις πρώτες μελέτες παρατηρήθηκε ότι ο πληθυσμός των λυματικών βακτηρίων που κατέληγαν στο υδάτινο περιβάλλον μειωνόταν σταθερά με την πάροδο του χρόνου. Από σειρά μικροβιολογικών πειραμάτων βρέθηκε ότι οι παράγοντες οι οποίοι βοηθούν τον μηχανισμό εξουδετέρωσης των λυματικών μικροοργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον είναι φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί.

Φυσικοί παράγοντες είναι η φυσική αραίωση, η διάρκεια και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία του νερού. Χημικοί παράγοντες είναι το pH, η αλατότητα και η έλλειψη θρεπτικών ουσιών. Βιολογικοί παράγοντες είναι ο ανταγωνισμός με την χλωρίδα και την πανίδα του νερού [4].

Επιδημιολογικές μελέτες

Οι επιδημιολογικές έρευνες άρχισαν την δεκαετία του 50 με τις λεγόμενες "ομαδικές" επιδημιολογικές μελέτες. Εκπαιδευμένο προσωπικό πλησίαζε άτομα που έφευγαν από τις παραλίες και ζητούσε να μετάσχουν στην έρευνα δίνοντας μακρύ κατάλογο πληροφοριών, που αφορούσε την ηλικία, το φύλο, το κοινωνικό επίπεδο, τον χρόνο παραμονής στην παραλία, το αν κολύμβησαν, αν έκαναν βουτιές, ή ηλιοθεραπεία, τι έφαγαν, πότε κολύμβησαν για τελευταία φορά πριν την παρούσα κλπ. Στη συνέχεια οι μελετητές παρακολουθούσαν την εξέλιξη της υγείας των ατόμων αυτών καθώς και του στενού τους περιβάλλοντος. Πολλές χιλιάδες δεδομένα συλλέχθηκαν με την μέθοδο αυτή σε ακτές κολύμβησης καλής και χειρότερης ποιότητας νερού. Οι πιο πλήρεις από αυτές τις μελέτες φαίνονται στον Πίνακα 3

Τα τελευταία χρόνια οι ομαδικές επιδημιολογικές μελέτες δέχθηκαν έντονη κριτική ως προς την ακρίβεια και συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων τους. Από τις αρχές της 10ετίας του '90 οι Βρετανοί άρχισαν νέες επιδημιολογικές έρευνες εφάρμοσαν το "κλινικά ελεγχόμενο" πρωτόκολλο. Στις έρευνες αυτές παίρνουν μέρος εθελοντές και πολλές παράμετροι (κολύμβηση, φαγητό, ηλιοθεραπεία κλπ.) ελέγχονται από τους οργανωτές.

Με τις επιδημιολογικές αυτές μελέτες, τεκμηριώνεται η σχέση κολύμβησης και λοιμώξεων τόσο από την κατάποση όσο και από επαφή με το θαλασσινό νερό. Εκτός των γαστρεντερίτιδων που αποτελούν και τις πρώτες τεκμηριωμένες θαλασσογενείς λοιμώξεις, το θαλάσσιο περιβάλλον ενοχοποιείται για μετάδοση ωτίτιδων, δερματίτιδων, επιπεφυκίτιδων και φαρυγγίτιδων. Οι επιδημιολογικές μελέτες προσπαθούν επίσης να τεκμηριώσουν την αξία εντερικών βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών σαν δεικτών πιθανών λοιμώξεων των κολυμβητών.

Οι προσπάθειες των ερευνητών να τεκμηριωθεί ο συσχετισμός του επιπέδου ρύπανσης των θαλάσσιων νερών με την εκδήλωση διαφόρων νόσων σε κολυμβητές οδήγησαν συχνά σε αντικρουόμενα και αμφισβητούμενα αποτελέσματα.

Έτσι ορισμένες μελέτες διαπιστώνουν διαφορές στην εκδήλωση διαφόρων νόσων μεταξύ κολυμβητών και μη κολυμβητών ενώ ταυτόχρονα άλλες μελέτες καταλήγουν στη διαπίστωση πως ο κίνδυνος για εντερική νόσο από την κολύμβηση σε νερά που ρυπαίνονται από απόβλητα υπονόμων είναι πολύ μικρός έως ανύπαρκτος. Σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση μιας λοίμωξης εκτός της ρύπανσης φαίνεται πως παίζουν πολλοί παράγοντες καθώς και οι συνήθειες των κολυμβητών:

1) Η διάρκεια έκθεσης στο νερό και τον ήλιο: σε παρατεταμένη έκθεση στο νερό αυξάνεται ο αριθμός των λοιμώξεων.

2) Η εμβάπτιση του κεφαλιού στο νερό: σύμφωνα με την Π.Ο.Υ. κολυμβητής θεωρείται μόνον αυτός που εμβαπτίζει το κεφάλι του στο νερό. Στην περίπτωση εμβάπτισης του κεφαλιού στο νερό αυξάνονται οι λοιμώξεις αυτιών, ρινοφάρυγγα,

επιπεφυκότα.

3) Η ηλικία: παιδιά 0-4 ετών εμφανίζουν αυξημένο αριθμό λοιμώξεων από το εντερικό σύστημα, ενώ οι ηλικίες 15-24 ετών είναι οι πλέον ευαίσθητες σε λοιμώξεις αυτιών και ανωτέρου αναπνευστικού.

4) Ο όγκος του νερού που καταπίνουμε: ο μέσος όρος ποσότητας νερού που καταπίνουν οι κολυμβητές είναι 10-50 ml. Το ποσό αυτό θεωρείται μικρό για να περιέχει την απαιτούμενη μολυσματική δόση, εκτός των περιπτώσεων των σιγκελλών, ιών και ορισμένων οροτύπων σαλμονελλών. Μεγαλύτερος κίνδυνος υφίσταται όταν η κολύμβηση γίνεται πλησίον εκβολής αγωγού αποβλήτων, οπότε δεν έχει γίνει αραίωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

5) Η ανοσοποίηση του μεγαλοοργανισμού: Οι κάτοικοι πλησίον των ακτών είναι λιγότερο ευαίσθητοι στις θαλασσογενείς γαστρεντερίτιδες από ότι οι επισκέπτες.

6) Η χωρίς προστασία επαφή με την βρεγμένη άμμο: η άμμος συγκεντρώνει σταφυλόκοκκους και μύκητες με πιθανό αποτέλεσμα τη δημιουργία δερματοπαθειών.

7) Η κατανάλωση τροφής έτοιμης από το σπίτι ή από καντίνες : εάν έχει εγκαταλειφθεί εκτός ψυγείου για πολλές ώρες δυνατόν να αποτελεί το αίτιο γαστρεντερίτιδων οι οποίες κακώς θα αποδοθούν στην κολύμβηση.

8) Περισσότερες λοιμώξεις παρατηρούνται στους αθλητές θαλάσσιων αθλημάτων (θαλάσσιο σκι, καταδύσεις, κωπηλασία) από τους κολυμβητές.

9) Περισσότερες λοιμώξεις παρατηρούνται όταν η άθληση γίνεται σε νερά με κύματα ή ισχυρό άνεμο.

Πίνακας 3:Αποτελέσματα ερευνών για την επιδημιολογία της κολύμβησης [4].

ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ	ΕΤΟΣ/ΚΡΑΤΟΣ	ΘΑΛΑΣΣΑ(1) ΓΛΥΚΑ ΝΕΡΑ(2)	ΔΕΙΚΤΗΣ	R ² *	ΣΥΜΠΤΩΜΑ**
Stevenson	1953/ΗΠΑ	1+2	Ολ. κολοβακτηριοειδή	—	ΩΡΛ/Γ/Α
Cabelli	1982/ΗΠΑ	1+2	εντερόκοκκοι.	.56	Γ
Seyfried	1985/Καναδάς	2	σταφυλόκοκκοι	.19	Α/Γ
			κοπρ. κολοβακτηριοειδή	.08	
			κοπρ. στρεπτόκοκκοι.	.03	
Lightfoot	1989/Καναδάς	2	ηλικία	—	Α/Γ
Cheung	1988/Hong Kong	1	<i>E.coli</i>	.53	Δ/Γ
			σταφυλόκοκκοι		
El Sharkawi	1983/Αίγυπτος	1	εντερόκοκκοι	.79	Γ
			<i>E.coli</i>	.77	
Fattal	1986/Ισραήλ	2	εντερόκοκκοι	—	Γ
			<i>E.coli</i>	—	Γ
Mujeriengo	1982/Ισπανία	2	κοπρ. στρεπτόκοκκοι	—	Δ/Μ/ΩΡΛ/Γ
Foulon	1983/Γαλλία	2	κοπρ. στρεπτόκοκκοι	—	Μ/Δ/Γ
			ολ. κολοβακτηριοειδή		
Ferley	1989/Γαλλία	1	ολ. κολοβακτηριοειδή	.21	όλα
			κοπρ. κολοβακτηριοειδή	.45	Δ
			κοπρ. στρεπτόκοκκοι	.38	Γ
			<i>Aeromonas spp</i>	.26	Δ
			<i>Ps.aeruginosa</i>	.53	Δ

Εχει παρατηρηθεί πως η επίπτωση των νοσημάτων που αναφέρθηκαν, ποικίλλει ευρέως (από <1-22%) και εξαρτάται κυρίως από την ηλικία των κολυμβητών. Τα περισσότερα συμπτώματα που παρουσιάζουν οι συχνάζοντες σε παραλίες όμως σχετίζονται, όχι με την ποιότητα του νερού κολύμβησης, αλλά με την κολύμβηση αυτή καθαυτή. Σύμφωνα με τον *Mujeriengo* (1982) οι κολυμβητές παρουσιάζουν, σε σχέση με τους μη κολυμβητές, 4% περισσότερες λοιμώξεις. Οι λοιμώξεις αυτές οφείλονται σε διαταραχή των αμυντικών μηχανισμών του σώματος (ξέπλυμα των προστατευτικών βλεννών των ματιών και του ρινοφαρυγγικού συστήματος, της λίπανσης του δέρματος κ.λ.π.). Τότε ο κολυμβητής είναι

εκτεθειμένος σε μολυσματικούς παράγοντες οι οποίοι μπορεί να προέρχονται από οποιαδήποτε πηγή.

Λοιμώξεις από την κολύμβηση.

Οι λοιμώξεις που αποδίδονται στην επαφή με το νερό θαλασσών – λιμνών – ποταμών διαιρούνται στις παρακάτω κατηγορίες.

A. Εντερικές λοιμώξεις (γαστρεντερίτιδες) προέρχονται από την κατάποση ύδατος κατά την διάρκεια κολυμβήσεως. Στις ΗΠΑ το 1991-92, 11 επιδημίες γαστρεντερίτιδας αποδόθηκαν σε κατάποση νερού κατά την διάρκεια κολύμβησης, έξι από τις οποίες οφείλονται σε *Cryptosporidium*.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αμερικανικών επιδημιολογικών ερευνών ο εντερόκοκκος είναι ο καλύτερος δείκτης συσχέτισης της ποιότητας του νερού με την πιθανότητα πρόκλησης γαστρεντερίτιδας στους κολυμβητές. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής υιοθέτησε η Αμερικανική Νομοθεσία (*USEPA Standards*) για την ποιότητα των νερών κολύμβησης. Σύμφωνα με αυτή την νομοθεσία, κάθε δείγμα θαλάσσιου νερού πρέπει να έχει ≤ 35 εντεροκόκκους / 100ml. Σ' αυτή την περίπτωση η πιθανότητα πρόκλησης γαστρεντερίτιδων είναι ελάχιστη.

Η Ελληνική Νομοθεσία (Υπουργική Απόφαση 46399/1352, ΦΕΚ 438/1986τ. Β) η οποία αποτελεί συμμόρφωση αντίστοιχων διατάξεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, χρησιμοποιεί ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή για δείκτες ρύπανσης. Τα όρια που τίθενται είναι τα εξής:

Επιθυμητό όριο για τα ολικά κολοβακτηριοειδή 500/100ml και για τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή 100/100ml. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο είναι αντίστοιχα 10.000 και 500/100 ml. Το 80% των δειγμάτων που λαμβάνονται από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας κατά την διάρκεια του χρόνου και σύμφωνα με το πρωτόκολλο δειγματοληψίας που καθορίζεται από την Υπουργική απόφαση πρέπει να μην υπερβαίνει το επιθυμητό όριο και το 95% των δειγμάτων να μην υπερβαίνει το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο.

Η πιθανότητα πρόκλησης λοιμώξεων εξαρτάται από τον αριθμό των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχουν τα απόβλητα. Επομένως εξαρτάται αφ' ενός μεν από το μέγεθος του πληθυσμού και αφ' ετέρου από την αποτελεσματικότητα του βιολογικού καθαρισμού των αποβλήτων.

B. Λοιμώξεις από αυτόχθονους ευκαιριακά παθογόνους μικροοργανισμούς του υδάτινου περιβάλλοντος. Οι λοιμώξεις αυτές συμβαίνουν κυρίως σε άτομα με μειωμένο αμυντικό μηχανισμό (ανοσοκατεσταλμένους, διαβητικούς κ.λ.π.) και σε παιδιά ηλικίας έως 4 ετών αλλά και σε υγιείς ενήλικες οι οποίοι όμως εμφανίζουν νοσήματα δέρματος ή λύση συνέχειας δέρματος, πληγές αλλά και νοσήματα αυτιών και οφθαλμών.

Γ. Ανθρωπογενείς λοιμώξεις. Κατά την διάρκεια των δραστηριοτήτων αναψυχής στο υδάτινο περιβάλλον, ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών της φυσιολογικής χλωρίδας του ανθρώπου εισέρχεται στο νερό. Στις περιπτώσεις που μεγάλος αριθμός ατόμων συνωστίζεται σε περιορισμένη έκταση, ο αριθμός αυτός είναι αρκετά μεγάλος και είναι πιθανόν να προκαλέσει λοιμώξεις (π.χ. σταφυλοκοκκικές λοιμώξεις). Επιπλέον, οι κολυμβητές κατά την διάρκεια των διαφόρων δραστηριοτήτων στα νερά αναψυχής είναι δυνατόν να μολυνθούν από τους μικροοργανισμούς της δικής τους χλωρίδας. Έτσι, κατά την διάρκεια καταδύσεων, παρασύρονται μικροοργανισμοί από την ρινοφαρυγγική κοιλότητα ή τον έξω ακουστικό πόρο με αποτέλεσμα δημιουργία λοιμώξεων στις περιοχές αυτές [4].

3.3 ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΑΠΟ ΑΝΑΨΥΧΗ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ

Η μετάδοση λοιμωδών νοσημάτων με την κολύμβηση σε κολυμβητήρια έχει πολλές φορές επιβεβαιωθεί με επιδημιολογικές μελέτες. Η καταβύθιση ολόκληρου του σώματος στο νερό δίνει την ευκαιρία σε παθογόνους μικροοργανισμούς να προσβάλλουν τον οργανισμό του ανθρώπου χρησιμοποιώντας διάφορες μεταδοτικές οδούς: το γαστρεντερικό σύστημα με την κατάποση νερού καθώς και ευαίσθητους ιστούς όπως οι βλεννώδεις μεμβράνες, το αναπνευστικό και ουρο-γεννητικό σύστημα, τα μάτια και τα αυτιά.

Επίσης παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να εισέλθουν στο αίμα μετά από λύση της συνέχειας του δέρματος και στους πνεύμονες με την δημιουργία μικροσταγονιδίων (aerosol). Η αναψυχή όμως στην πισίνα δίνει πρόσφορο έδαφος και σε λοιμώξεις που δεν οφείλονται στο ίδιο το νερό. Σημαντική είναι η μετάδοση των λοιμώξεων από τον ένα κολυμβητή στον άλλο. Το γεγονός ότι ο άνθρωπος δεν είναι κατ' εξοχήν υδρόβιος οργανισμός έχει σαν αποτέλεσμα ο αμυντικός του οργανισμός να εξασθενεί μετά από παρατεταμένη έκθεση στο νερό. Η παρατεταμένη έκθεση στο νερό ξεπλένει τα προστατευτικά βλεννώδη στρώματα των ματιών και του ρινικού συστήματος, την φυσική λίπανση του δέρματος, το κερατοποιημένο περίβλημα των πληγών, την κυψελίδα των αυτιών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνει η ευαισθησία του ανθρώπου στις λοιμώξεις, ακόμα και από μικροοργανισμούς του ίδιου του σώματος. Νοσήματα όπως το AIDS, η λύσσα, αιμοραγικοί πυρετοί και η ηπατίτιδα Β δεν μεταδίδονται με την κολύμβηση [4].

Τα τελευταία πέντε χρόνια οι επιστήμονες ανακάλυψαν την ύπαρξη χημικών ενώσεων στις πισίνες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως «μεταλλαξιγόνα Χ» και, εκτός των άλλων, έχουν μπει στο στόχαστρό τους και μελετούνται, διότι θεωρούνται και ως πιθανές καρκινογόνες ουσίες. Όταν οι οργανικές ενώσεις (για παράδειγμα αυτές που σχηματίζονται στο ανθρώπινο σώμα κατά την εφίδρωση) αντιδρούν με το χλώριο, σχηματίζουν δύο μεγάλες κατηγορίες οργανοχλωριωμένων, επικίνδυνων για την υγεία του ανθρώπου ενώσεων.

«Η πρώτη κατηγορία» είναι οι πτητικές ενώσεις (αυτές που μεταφέρονται με τον αέρα και εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό με την αναπνοή), όπως το χλωροφόρμιο, το τριχλωρομεθάνιο, το διχλωροκυανομεθάνιο, το χλωροδίνιτρο μεθάνιο και διάφορα χλωροοξέα. Οι ενώσεις αυτές γίνονται αντιληπτές λόγω της έντονης δυσσομίας που εκπέμπουν, η γνωστή σε όλους μας έντονη μυρωδιά του χλωρίου γύρω από μια πισίνα.

«Η δεύτερη κατηγορία» είναι αυτές που έχουν μεγάλο μοριακό βάρος, δεν είναι πτητικές αλλά παραμένουν στο νερό, είναι όμως πάρα πολύ επικίνδυνες, καθώς η δράση τους είναι έντονα μεταλλαξιγόνος. Πρόκειται για τα μεταλλαξιγόνα Χ [8].

Η μελέτη της μετάδοσης λοιμώξεων μέσω των κολυμβητηρίων είναι σε συνεχή εξέλιξη και εξαρτάται πολύ από το είδος των κολυμβητηρίων που κατά καιρούς προτιμά το κοινό. Τα τελευταία χρόνια η προσέλευση είναι αυξημένη σε κλειστά κολυμβητήρια, σε κολυμβητήρια με ζεστό νερό και σε κολυμβητήρια με υδρομασάζ. Όλοι αυτοί οι παράγοντες διαφοροποιούν την προσέγγιση της μελέτης των λοιμώξεων. Επίσης παράγοντες όπως παρατεταμένη παραμονή στο νερό, κολύμβηση τον χειμώνα, παρατεταμένη συνύπαρξη στο νερό με άλλους κολυμβητές κλπ διαφοροποιούν το είδος των παθογόνων μικροοργανισμών που είναι πιθανόν να προσβάλλουν τον κολυμβητή.

Μία νέα παράμετρος στην οποία πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η δημιουργία υδατοσταγονιδίων από το υδρομασάζ, από τους βατήρες κατάδυσης ή από οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα. Τα υδατοσταγονίδια αυτά μεταδίδουν μικροοργανισμούς που προκαλούν πνευμονίες π.χ. την *Legionella pneumophila* [4].

Μικροβιολογικός έλεγχος του νερού της δεξαμενής

Η ελληνική υγειονομική διάταξη (Γ1/443/ ΦΕΚ 87/8/1973) καθορίζει τους εξής δείκτες

μικροβιολογικής ποιότητας του νερού των κολυμβητικών δεξαμενών:

α) ολικός αριθμός της μεσόφιλης χλωρίδας (37°C/24h) <200/ml

β) ολικά κολοβακτηριοειδή <15/100ml

γ) απουσία κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών και *E.coli* /100ml

Ειδικοί επιστήμονες, με συγκεκριμένα επιδημιολογικά και εργαστηριακά δεδομένα έχουν προτείνει, εκτός από τους εντερικούς δείκτες, οι οποίοι αναφέρονται στην υγειονομική διάταξη, την καθιέρωση μικροβίων - δεικτών που προέρχονται από το ρινοφαρυγγικό σύστημα και το δέρμα. Οι *Tosti & Volterra* (1988) και ο *Krislensen* (1985) προτείνουν σαν καλύτερους δείκτες τους σταφυλόκοκκους λόγω της αντοχής τους στην χλωρίωση, την εύκολη απομόνωσή τους, την παρουσία τους στο ρινοφαρυγγικό σύστημα και το δέρμα καθώς και την υπαιτιότητά τους για δερματοπάθειες, λαρυγγίτιδες, ωτίτιδες κλπ.

Η *Pseudomonas aeruginosa* είναι ένα ολιγοτροφικό βακτήριο του νερού που εμφανίζεται και πολλαπλασιάζεται σε πολλούς χώρους των κολυμβητηρίων μόλις οι συνθήκες λειτουργίας του δεν είναι ικανοποιητικές. Μπορεί να πολλαπλασιαστεί στην επιφάνεια των φίλτρων όταν δεν συντηρούνται σωστά, σε σημεία που υπάρχουν σπασμένα πλακάκια, στα τοιχώματα και τον πυθμένα της δεξαμενής όταν δεν καθαρίζονται σωστά. Το βακτήριο αυτό προκαλεί συχνά εξωτερικές ωτίτιδες στους κολυμβητές. Για τους λόγους αυτούς προτείνεται επίσης σαν ένας επιπλέον δείκτης ελέγχου της καταλληλότητας του νερού των κολυμβητικών δεξαμενών.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί που προκαλούν λοιμώξεις στα κολυμβητήρια.

Ο κάθε κολυμβητής απελευθερώνει στο νερό της δεξαμενής 2*100 μικροοργανισμούς που προέρχονται από το δέρμα. Οι περισσότεροι είναι βακτήρια και ανήκουν στα γένη, *Staphylococcus*, *Neisseria*, *Sarcina*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, τα οποία είναι δυνατόν να καταστούν παθογόνα. Ορισμένοι κολυμβητές, οι οποίοι είτε νοσούν, είτε είναι φορείς παθογόνων μικροοργανισμών, αποδίδουν στο νερό βακτήρια, ιούς, μύκητες και πρωτόζωα τα οποία μπορεί να προκαλέσουν λοιμώξεις σε άλλους κολυμβητές.

Η *Aeromonas hydrophila* έχει ενοχοποιηθεί για λοιμώξεις των ματιών και για ουρολοιμώξεις. Ορισμένα άτυπα μυκοβακτηρίδια έχουν ενοχοποιηθεί για λοιμώξεις του δέρματος μετά από κολύμβηση σε χλωριωμένες κολυμβητικές δεξαμενές.

Λοιμώξεις στους κολυμβητές προκαλούν και ομάδες μικροοργανισμών που δεν αντιπροσωπεύονται καθόλου στη υγειονομική διάταξη και που οι εντερικοί δείκτες δεν μπορούν να δώσουν καμία ένδειξη για την παρουσία ή απουσία τους στο νερό της δεξαμενής. Τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι οι ιοί, οι μύκητες, τα πρωτόζωα. Πολλοί ιοί έχουν ενοχοποιηθεί για λοιμώξεις κολυμβητών όπως οι *Poliovirus*, *Echovirus*, *Coxsackievirus A & B*, *Enterovirus*, *Hepatitis A*, *Norwalk virus*, *Rolavirus*, *Reovirus*, *Adenovirus*. Προκαλούν διάφορα νοσήματα όπως, ηπατίτιδα Α, γαστρεντερίτιδες, αναπνευστικές ασθένειες κλπ. Οι μυκητιάσεις, ανάλογα με την παθογενετική τους δράση χωρίζονται σε τριχοφυκώσεις, βλαστομυκώσεις, παρακοκκιδιομυκώσεις, ιστοπλασμώσεις, σποροτριχώσεις, χρωμομυκώσεις, ρινοσποριδιώσεις. Μύκητες οι οποίοι κυρίως ενοχοποιούνται είναι από τα δερματοφύτα, τα γένη *Trichosporon*, *Microsporum*, *Epidermophyton*, και από τους βλαστομύκητες η *Candida*. Κυρίως προσβάλλουν το δέρμα, τις τρίχες τα νύχια και τα γεννητικά όργανα. Αλλά και ορισμένα είδη περιβαλλοντικών μυκήτων είναι δυνητικά παθογόνα όπως η *Rhodotoru/a*, *Saccharomyces*, *Acremonium*, *Phia/ophora*, τα οποία απομονώνονται από νερό κολυμβητικών δεξαμενών . Πρωτόζωα, όπως η *Naeg/eria*, *Acanthamoeba*, *Giardia* έχουν ανιχνευθεί σε κολυμβητικές δεξαμενές . Επίσης έχουν αναφερθεί

επιδημίες κρυπτοσποριδίασης που συσχετίστηκαν με κολύμβηση σε κολυμβητική δεξαμενή.

Πολλοί από τους παραπάνω παθογόνους μικροοργανισμούς, κυρίως αυτοί που προκαλούν δερματοπάθειες, δεν είναι επικίνδυνοι μόνο μέσω της κολύμβησης αλλά και από τους γύρω από την δεξαμενή χώρους (αποδυτήρια, λουτρά, χώροι περιβάλλοντες την δεξαμενή κλπ). Οι μικροοργανισμοί αυτοί, κυρίως δε οι μύκητες και οι σταφυλόκοκκοι, έχουν την δυνατότητα, να επιβιώσουν και να πολλαπλασιαστούν σε χώρους με αυξημένη υγρασία.

Κίνδυνοι για την υγεία των κολυμβητών από την χλωρίωση

Η υγεία των κολυμβητών σε κολυμβητικές δεξαμενές δεν κινδυνεύει μόνο από τους παθογόνους μικροοργανισμούς αλλά και από την μη σωστή χλωρίωση του νερού. Η χλωρίωση νερού πλούσιου σε οργανικές ουσίες πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή για να αποφεύγεται ο σχηματισμός χλωραμινών και τριαλομεθανίων. Η σημασία της σωστής και συνεχούς χλωρίωσης του νερού έχει επισημανθεί πάρα πολλές φορές. Η αντοχή των μικροοργανισμών στην χλωρίωση ποικίλει, με σειρά αντοχής, σκώληκες> αμοιβάδες> μύκητες> ιοί> βακτηριοφάγοι> βακτήρια.

Η αντοχή αυτή επηρεάζεται από το είδος των επιφανειών, την ηλικία του βιολογικού υμενίου (*biofilm*) που συχνά καλύπτει τους χώρους του κολυμβητηρίου, την ικανότητα των μικροοργανισμών να παράγουν προστατευτικά για το κύτταρό τους καλύμματα κλπ. Οι σταφυλόκοκκοι και οι εντερόκοκκοι έχουν 5-20 φορές μεγαλύτερη αντοχή στην χλωρίωση από τους δείκτες κοπρανώδους ρύπανσης του νερού. Έτσι η χρησιμοποίηση μόνο βακτηρίων σαν δείκτες καταλληλότητας του νερού δεν δίνει καμία ένδειξη για την παρουσία άλλων ομάδων μικροοργανισμών, κυρίως αυτών που έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή στην χλωρίωση. Μία λεπτομερής μικροβιολογική εξέταση του νερού είναι συχνά πολύ χρήσιμη για να χλωριώνεται το νερό σωστά. Ερευνητική μελέτη έχει δείξει ότι μείωση στην μέτρηση αποικιών *PS. aeruginosa* κατά 4 λογαρίθμους σε 30 sec είναι ένας πρακτικός τρόπος για να κρίνει κανείς αν η χλωρίωση της δεξαμενής είναι επαρκής. Η υπερβολική χλωρίωση του νερού, μπορεί να είναι ενοχλητική (τσούξιμο ματιών, ναυτία, τάση προς εμετό) μέχρι πολύ επικίνδυνη για την υγεία των κολυμβητών. Μπορεί να έχει τοξική αλλά και μεταλλαξιογόνο επίδραση σε διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού.

Κίνδυνοι εγκυμονούνται και από την μη εφαρμογή των κανόνων υγειονομικής ασφάλειας στην εγκατάσταση της χλωρίωσης. Οι χλωριωτές πρέπει να βρίσκονται σε χωριστό δωμάτιο, με καλό αερισμό και σε απόσταση ασφαλείας από την δεξαμενή κολύμβησης. Πολλά ατυχήματα έχουν γίνει από διαρροή χλωρίου μέσα στο νερό της δεξαμενής.

Λοιμώξεις που έχουν προκληθεί από κολύμβηση σε κολυμβητήρια.

Πολλές επιδημίες, για τις οποίες ενοχοποιείται η κολύμβηση σε κολυμβητήρια, αναφέρονται στην βιβλιογραφία. Ορισμένες από αυτές είναι οι εξής:

Επιδημία γαστρεντερίτιδας αναφέρεται το 1987 στην N.Dakota, ΗΠΑ με 221 κρούσματα. Οι ασθενείς είχαν κολυμπήσει στην πισίνα ξενοδοχείου, η οποία χλωριωνόταν ελλιπώς και είχε νερό ακατάλληλο για κολύμβηση σύμφωνα με την ισχύουσα υγειονομική διάταξη.

Επιδημία κρυπτοσποριδίασης αναφέρεται το 1988 στο *Doncasler*, Αγγλία, με 67 κρούσματα. Οι ασθενείς είχαν κολυμπήσει στο Δημοτικό κολυμβητήριο, στο οποίο διαπιστώθηκε υδραυλικό πρόβλημα που επέτρεπε στα νερά της αποχέτευσης να ανακατεύονται με το νερό της πισίνας.

Επιδημία γιαρδίασης αναφέρεται το 1985 στο *New Jersey*, ΗΠΑ, με 9 κρούσματα. Όλοι οι ασθενείς είχαν κολυμπήσει στο Δημοτικό κολυμβητήριο την ίδια

μέρα με φορέα του πρωτόζωου *Giardia*. Η χλωρίωση του νερού της πισίνας ήταν πλημμελής. Επίσης επιδημία γιαρδίασης αναφέρεται με 59 κρούσματα από τους 107 κατοίκους ξενοδοχείου. Ο μέσος όρος ηλικίας των ασθενών ήταν από 5-10 χρονών. Γιαρδίαση αναφέρεται και στην Ουάσινγκτον με κρούσματα το 61% μιας παιδικής τάξης κολύμβησης. Τα παιδιά μετέδωσαν το παράσιτο και σε μέλη της οικογένειάς τους.

Το 1987 στις ΗΠΑ 26 παιδάκια κάτω των 4 ετών προσβλήθηκαν από εντεροϊό που ενδημούσε σε πλημμελώς χλωριωμένη δημοτική πισίνα.

Στο *Puerto Rico* μία μελέτη έδειξε σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στην συχνότητα προσέλευσης σε κολυμβητήριο και στην προσβολή των αθλουμένων κολυμβητών από *Tinea pedis*. Μικροοργανισμοί που ενοχοποιήθηκαν για την λοίμωξη, και που απομονώθηκαν και από τα δάπεδα του κολυμβητηρίου ήταν οι *Candida albicans*, *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*.

Στην *Louisiana*, ΗΠΑ, εκδηλώθηκε επιδημία ηπατίτιδας Α, με 22 κρούσματα. Οι περισσότεροι ασθενείς ήταν παιδιά 5-9 ετών και είχαν κολυμπήσει το ίδιο απόγευμα σε δημόσια πισίνα. Παρατηρήθηκε ότι όλοι οι ασθενείς είχαν παραμείνει στο νερό πάνω από μία ώρα και είχαν βρέξει και το κεφάλι τους. Κακή κατασκευή του υδραυλικού συστήματος της δεξαμενής επέτρεπε την διασταύρωση των αγωγών αποχέτευσης με τους υδραγωγούς που τροφοδοτούσαν την πισίνα.

Στο *Sao Paulo*, Βραζιλία το 1987, έγινε επιδημία λεπτοσπείρωσης. Το 91% των ασθενών είχε κολυμπήσει σε κολυμβητήριο αθλητικού συλλόγου.

Μία συστηματική μελέτη διάρκειας ενός χρόνου στην Ολλανδία έδειξε συσχέτιση της παρουσίας *Pseudomonas aeruginosa* στο νερό δημόσιας κολυμβητικής δεξαμενής με 300 περιπτώσεις ωτίτιδας στους κολυμβητές. Στο Ισραήλ, σε μία μελέτη που είχε σαν σκοπό να συσχετίσει την ποιότητα του νερού των κολυμβητηρίων με την συχνότητα εξωτερικής ωτίτιδας σε παιδιά, βρέθηκε ότι η συσχέτιση δεν είναι στατιστικά σημαντική. Σημαντική συσχέτιση βρέθηκε ανάμεσα στην παρουσία ωτίτιδας και την συνήθεια των κολυμβητών να κάνουν κατάδυση. Δερματίτιδες, ωτίτιδες και μολύνσεις των ματιών ανέφεραν 47 από 224 προσκόπους που κολύπησαν στην πισίνα κατασκήνωσης. *Pseudomonas aeruginosa* απομονώθηκε από το νερό της πισίνας και από τους ασθενείς.

Ερεθισμός του κερατοειδούς χιτώνα του ματιού παρατηρήθηκε σε 38 από 50 κολυμβητές μετά την κολύμβηση σε πισίνα.

Δερματοπάθεια με το χαρακτηριστικό όνομα "κοκκίωμα των κολυμβητηρίων" αναφέρει ο *Neidecken* (1984). Η νόσος μεταδόθηκε από *Mycobacterium marinum*, το οποίο ενδημούσε στο νερό του κολυμβητηρίου. Επιδημία πυώδους δερματίτιδας σε 117 κολυμβητές κολυμβητηρίου από *Pseudomonas aeruginosa* αναφέρουν οι *Fox* (1984). Το νερό της πισίνας μολύνθηκε από 4 κολυμβητές που είχαν το σχετικό σύνδρομο. Το νερό της δεξαμενής δεν χλωριωνόταν επαρκώς. Ίδιου τύπου δερματίτιδα παρουσιάστηκε στο προσωπικό και σε ασθενείς που κολύπησαν στην πισίνα ενός νοσοκομείου σε ποσοστό 40% περίπτωση. Μετά από υπερχλωρίωση του νερού και επισκευή της δεξαμενής τα κρούσματα σταμάτησαν.

Το 1982, επιδημία φαρυγγίτιδας αναφέρεται σε 77 παιδιά στην *Oklahoma*, ΗΠΑ. Η φαρυγγίτιδα αποδόθηκε σε παρουσία αδενοϊού στο νερό κολυμβητηρίου. Η χλωρίωση του νερού της δεξαμενής ήταν ελλιπής [4].

3.4 ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΑΠΟ ΕΙΣΠΝΟΗ ΥΔΑΤΟΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ

Η δημιουργία μικροσταγονιδίων (aerosol) στην ατμόσφαιρα από το νερό είναι μία σημαντική μολυσματική οδός πνευμονικών λοιμώξεων. Η αυξημένη σχετικά

υγρασία στον αέρα επιμηκύνει την επιβίωση πολλών ειδών μικροοργανισμών και ευνοεί την βλάστηση των σπόρων των μυκήτων.

Τα σημαντικότερα παθογόνα βακτήρια, τα οποία προκαλούν πνευμονίες αν εισαχθούν στους πνεύμονες με εισπνοή μολυσμένου νερού είναι η *Legionella pneumophila* και τα *Mycobacteria* [4].

A. *Legionella pneumophila* (νόσος των λεγεωνάριων)

Ο μικροοργανισμός αυτός είναι ευρέως διαδεδομένος στη φύση και έχει απομονωθεί από νερά λιμνών και ποταμών. Η θνησιμότητα της νόσου μπορεί να φθάσει ως και 40% στους ενδονοσοκομειακούς ασθενείς. Η μετάδοση γίνεται με την εισπνοή μικροσταγονιδίων που δημιουργούνται από τα κλιματιστικά μηχανήματα, τα ντους, τα μηχανήματα υδρομασάζ, τους υγραντές δωματίου και από την τεχνητή βροχή για την άρδευση καλλιεργείων. Ήδη από το 1990 λειτουργεί ένα «πιλοτικό πρόγραμμα» πρόληψης στο οποίο συμμετέχουν 15 κτίρια της Αθήνας (πρεσβείες, γραφεία, ξενοδοχεία). Από την ως σήμερα εμπειρία παρά το γεγονός ότι τηρείται σιωπή από τους αρμόδιους προκύπτει ότι κάθε χρόνο τουλάχιστον ένα ή δύο από τα «δείγματα» παρουσιάζουν κάποια προβλήματα με «λεγιονέλωση» ή άλλους μικροοργανισμούς στο σύστημα ύδρευσης, κυρίως λόγω της παλαιότητας και της κακής συντήρησης του εσωτερικού δικτύου. Η θεραπεία για την αντιμετώπιση της νόσου στηρίζεται στη χορήγηση ερυθρομυκίνης. Το όνομά του το οφείλει στα θανατηφόρα «χτυπήματα», το 1976 στη Φιλαδέλφεια των ΗΠΑ, κατά τη διάρκεια συνεδρίου σε ξενοδοχείο της πόλης βετεράνων Λεγεωναρίων [10].

Η νόσος των λεγεωνάριων είναι μια σειρά από βακτηρίδια (37 είδη), από τα οποία η "πνευμονόφιλος" είναι η πιο διαδεδομένη στις περιπτώσεις αυτής της νόσου. Είναι ένα είδος πνευμονίας καμιά φορά θανατηφόρου. Αυτοί οι μικροοργανισμοί είναι πολύ διαδεδομένοι σε πηγές με νερά όπως ποταμούς, λίμνες, έλη, όπως και σε όλα τα κυκλώματα νερού που έχουν γίνει από τον άνθρωπο. Οι παρακάτω περιπτώσεις εξυπηρετούν την ανάπτυξη αυτών των βακτηριδίων:

α) Θερμοκρασία του νερού μεταξύ των 20 και 45 °C. Κάτω των 20 °C μπορούν να μείνουν "κοιμισμένα" για να ξυπνήσουν μετά και να πληθύνουν όταν βρουν την κατάλληλη θερμοκρασία. Πάνω από τους 60 °C πεθαίνουν.

β) Η παρουσία λάσπης, ιζημάτων, οργανικής ύλης μπορεί να γίνει τροφή για αυτήν την νόσο.

γ) Τα φύκια μπορούν να της δώσουν το περιβάλλον που της χρειάζεται για να επιζήσει και να εξαπλωθεί. Η δημιουργία μιας "μικρομεμβράνης" (στρώμα μικροοργανισμών σε μορφή ζελατίνης) πάνω στις διάφορες επιφάνειες βοηθάει την ανάπτυξη και την προστατεύει από την ενέργεια των φυσικών οξέων.

Οι εγκαταστάσεις όπου υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος να βρεθεί η νόσος είναι οι εγκαταστάσεις ψύξεως με κυψέλες, εγκαταστάσεις για ύγρανση του περιβάλλοντος. Τα περιβάλλοντα όπου μπορεί να αναπτυχθεί αυτή η νόσος είναι τα νοσοκομεία, τα ξενοδοχεία, τα πολυκαταστήματα. Η νόσος της λεγεώνας δεν αναπτύσσεται στο πεπτικό σύστημα, γι' αυτό δεν υπάρχει μεγάλος κίνδυνος στο πόσιμο νερό που υπάρχει αυτός ο μικροοργανισμός, αλλά αναπτύσσεται εύκολα στο αναπνευστικό σύστημα. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος υπάρχει όταν αναπνέει κανείς αέρα που περιέχει πολύ μικρές σταγόνες μολυσμένου νερού.

Η νόσος μπορεί να αναπτυχθεί στα παρακάτω μέρη των εγκαταστάσεων:

Σε κουβάδες που αφέθηκε το νερό για καιρό, στους επεξεργαστές γλύκανσης του νερού, ειδικά αν η χρήση του νερού γίνεται με διακοπές και αν το νερό είναι χλιαρό.

Στα καλοριφέρ, ειδικά στο κάτω μέρος όπου το νερό είναι μεταξύ των 20 °C και των 45 °C και όταν γίνεται χρήση με διακοπές.

Στις σωληνώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί ελάχιστα και οδηγούν σε βρύσες και στα μπάνια.

Στις κυψέλες, είτε για τις εγκαταστάσεις κλιματισμού, είτε για βιομηχανικά συστήματα ψύξης. Το νερό γενικά ψύχει τον συμπυκνωτή του ψυκτικού συστήματος, ζεσταίνεται στην θερμοκρασία των 30 °C και έρχεται σε επαφή με σκόνες, λάσπες, μικροοργανισμούς, μύκητες... έτσι δημιουργείται το κατάλληλο περιβάλλον για την λεγεωνάριο νόσο. Επίσης συχνά, στα μεγάλα κτίρια, τα ψυκτικά συστήματα και η απορρόφηση του αέρα της εγκατάστασης είναι αρκετά κοντά, οπότε οι σταγονίτσες που βγαίνουν μαζί με τον αέρα μπορεί να είναι διαθέσιμες σε διάφορες συνθήκες του περιβάλλοντος και να ξαναμπαίνουν στο εσωτερικό του κτιρίου από το σύστημα του αερισμού. Ο κίνδυνος υπάρχει και για τους ανθρώπους εντός του κτιρίου, αλλά και για εκείνους που περνούν έξω από το κτίριο.

Στους συμπιεστές ατμού. Χρησιμοποιούνται είτε για τον κλιματισμό, είτε για βιομηχανικούς σκοπούς. Συνδυάζουν τις λειτουργίες του ψυκτικού μηχανισμού και των συνήθων συμπιεστών (το νερό ψεκάζεται στις ψυκτικές λωρίδες). Ο όγκος του νερού είναι μικρότερος και ο έλεγχος του νερού είναι πιο δύσκολος. Οι κίνδυνοι της νόσου είναι παρόμοιοι.

Στα στάσιμα νερά των σωληνώσεων ή στα νερά πίεσης του κυκλώματος όπου περνάει ο αέρας για τον κλιματισμό.

Ο κίνδυνος για αυτήν την νόσο στα κυκλώματα νερού και στις εγκαταστάσεις ψύξεως και κλιματισμού μπορεί να ελεγχθεί με τους εξής τρόπους:

1) Για τα κυκλώματα του κρύου ή ζεστού που χρησιμοποιείται για τις καθημερινές ανάγκες, πρέπει να χρησιμοποιηθεί για περιοδικές απολυμάνσεις το FECTANT-3 διαλυμένο 1:10, πρέπει να γυρίζει περίπου 1 ώρα-ξεπλύνετε με αρκετό νερό.

2) Για τα ψυκτικά συστήματα, εκτός από τα συνήθη μέτρα (όπως αποφυγή των υπερβολικών ψεκασμάτων, η απομάκρυνση των απορροφητήρων από τις κυψέλες...), είναι πολύ σημαντική και η καθημερινή καθαριότητα και η απολύμανση όλης της εγκατάστασης. Ειδικά για την καθαριότητα και την απολύμανση πρέπει να γίνονται:

α) Αμέσως πριν μπει σε λειτουργία η εγκατάσταση (για να αποκλειστούν μολύνσεις κατά τη διάρκεια της δημιουργίας).

β) Αν το σύστημα δεν χρησιμοποιήθηκε για αρκετό χρονικό διάστημα. γ) Σε τακτά διαστήματα παύσης ανάλογα με την εγκατάσταση και τα αποτελέσματα των ελέγχων.

Γενικά για τις εγκαταστάσεις κλιματισμού, προτείνεται η καθαριότητα και η απολύμανση 2 φορές τον χρόνο, αρχές άνοιξης και αρχές φθινοπώρου. FECTANT - 3 σε διάλυση 1:100, να αφήνεται σε κυκλοφορία τουλάχιστον 1 ώρα, να αδειάζει να πλένεται με νερό και να ξαναγεμίζει με νερό φρέσκο. Για την καθαριότητα της εγκατάστασης προτείνεται περιοδικά, όταν υπάρχουν άλατα μια καλή καθαριότητα με το DERKET. Σε αυτήν την περίπτωση δεν χρειάζεται η απολύμανση γιατί το DERKET με την φυσική του οξύτητα σκοτώνει όλους τους μικροοργανισμούς.

Προτείνεται αντίθετα, η περιοδική καθαριότητα της εγκατάστασης με MANTEK-400 που χάρη στην δράση του κινεί τα μαλακά ιζήματα και τις λάσπες, επιτρέποντας έτσι την φυγή των μικροβίων με το άδειασμα της εγκατάστασης. Προτείνεται να αφεθεί σε κυκλοφορία το MANTEK-400 σε διάλυμα από 1:500 σε 1:2000 για μερικές μέρες, μετά να κενωθεί η εγκατάσταση και να ξαναμπει το καινούριο νερό. Να γίνεται λοιπόν η απολύμανση της εγκατάστασης με το FECTANT-3 σε διάλυμα 1:100 αφήνοντας το να κυκλοφορήσει 1 ώρα, μετά αδειάζετε η εγκατάσταση και μπαίνει φρέσκο νερό. Τα προσιτά μέρη ή τα μέρη της εγκατάστασης που βγαίνουν, όπως φίλτρα-κυψέλες- ανεμιστήρες, πλένονται χειρονακτικά με απολυμαντικά και προϊόντα για τα άλατα, και μετά γίνεται η απολύμανση με το FECTANT-3.

3) Για την απολύμανση των κυκλωμάτων αέρα, να χρησιμοποιείται FECTANT-3 σε διάλυμα 1:30, ψεκάζοντας με Aero fog ή με άλλους ψεκαστήρες χειρός στις μικρές εγκαταστάσεις (όπως οι κλιματιστές των αυτοκινήτων) [8].

B. *Mycrobacterium spp*

Τα άτυπα μυκοβακτήρια, οι ευκαιριακά παθογόνοι αυτοί μικροοργανισμοί έχουν απομονωθεί από ποικίλες περιβαλλοντικές πηγές μεταξύ των οποίων και το νερό. Στα άτυπα μυκοβακτήρια περιλαμβάνονται τα: *Mycobacterium Kansasii*, *M.xenopi*, *MAIS-complex*, *M.marinum*, *M.fortuitum*, *M.chelonae* και *M.malmoense*. Τα άτυπα αυτά μυκοβακτήρια προκαλούν πνευμονικές λοιμώξεις κυρίως σε ενήλικες. Η παθογένηση της πνευμονικής νόσου δεν έχει διευκρινιστεί. Πιθανόν οφείλεται στην εισπνοή μολυσμένων σταγονιδίων που αιωρούνται και στην συνέχεια εντοπίζονται και πολλαπλασιάζονται στον πνεύμονα. Τα *MAIS* παρουσιάζουν υψηλή συχνότητα στους ασθενείς με AIDS προκαλώντας πνευμονικές νόσους.

Τα περιβαλλοντικά μυκοβακτήρια προκαλούν ακόμη λεμφαδενίτιδα των τραχηλικών λεμφαδένων χωρίς γενικά συμπτώματα. Πύλες εισόδου θεωρούνται οι αμυγδαλές και τα τραυματισμένα ούλα μετά από οδοντιατρική θεραπεία. Από το στόμα δια των λεμφαγγείων η μόλυνση μεταδίδεται στους λεμφαδένες της περιοχής (υπογνάθιους, περιωτιαίους και υπερκλείδιους) [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ

Εμφιαλωμένο νερό καλείται το νερό το οποίο πουλιέται στο εμπόριο συσκευασμένο εντός υάλινων ή πλαστικών φιαλών ή δοχείων και προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Υπάρχουν δύο τύποι εμφιαλωμένου νερού:

Το **Επιτραπέζιο νερό**, το οποίο μπορεί να είναι οποιασδήποτε προέλευσης (δίκτυα ύδρευσης, πηγή, γεώτρηση) αρκεί να πληρεί τις προδιαγραφές που καθορίζονται από την αντίστοιχη Υγειονομική Διάταξη. Το επιτραπέζιο νερό συνήθως έχει υποστεί εξυγίανση (χλωρίωση, οζόνωση, ακτινοβόληση με υπεριώδη ακτινοβολία κ.λ.π.). Δεν επιτρέπεται όμως να παραμένουν υπολείμματα απολυμαντικής ουσίας μέσα στην φιάλη μετά το πέρας της επεξεργασίας.

Το **Μεταλλικό νερό** το οποίο, σύμφωνα με την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ορίζεται σαν "καλής μικροβιολογικής ποιότητας νερό το οποίο προέρχεται από υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και είτε αναβλύζει στην επιφάνεια είτε αντλείται με γεώτρηση". Το μεταλλικό νερό δεν επιτρέπεται να υποστεί καμία επεξεργασία κατά την διάρκεια της εμφιάλωσης.

Άλλη διαφοροποίηση των εμφιαλωμένων νερών είναι τα ανθρακούχα και τα μη ανθρακούχα. Τα ανθρακούχα νερά περιέχουν διαλυμένο CO₂ το οποίο είτε υπάρχει στην πηγή υδροληψίας (φυσικό ανθρακούχο νερό) είτε προστίθεται κατά τη διάρκεια της εμφιάλωσης (τεχνητό ανθρακούχο νερό).

Μέχρι πρόσφατα η κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στην Ελλάδα ήταν χαμηλή σε σχέση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες. Το 1988 ο μέσος Έλληνας κατανάλωσε 10L εμφιαλωμένου νερού το χρόνο ενώ ο Γάλλος 82.7L. Σήμερα ο μέσος Έλληνας καταναλώνει περίπου 30L νερού το χρόνο και η κατανάλωση παρουσιάζει ανοδική τάση. Οι λόγοι που οδήγησαν τον Έλληνα σήμερα αλλά και τους υπόλοιπους Ευρωπαίους αρκετά χρόνια νωρίτερα στο εμφιαλωμένο νερό είναι η δυσπιστία του κοινού για το νερό του δικτύου. Το κοινό φοβάται την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, χημικών, τοξικών και καρκινογόνων ουσιών στο νερό του δικτύου, την ύπαρξη δυσσομίας καθώς και την ύπαρξη χύματος και σκουριάς στους σωλήνες ύδρευσης [4].

Αυτό το κοινωνικό φαινόμενο της υπερκατανάλωσης των εμφιαλωμένων νερών απαιτεί τη συνεχή επαγρύπνηση των δημόσιων υπηρεσιών σε θέματα συστηματικού μικροβιολογικού ελέγχου τους. Η μικροβιολογική ποιότητα των φυσικών μεταλλικών ή ανθρακούχων νερών καθώς και των επιτραπέζιων καθορίζεται από την ελληνική νομοθεσία, η οποία είναι τελείως εναρμονισμένη με την Ευρωπαϊκή οδηγία του 1980 για τα εμφιαλωμένα νερά. Η μικροβιολογική χλωρίδα των εμφιαλωμένων νερών αποτελεί ένα πολυσύνθετο οικοσύστημα, που εμφανίζει μεγάλη ετερογένεια και ποικιλία. Η αυτόχθονη χλωρίδα των νερών που προορίζονται για εμφιάλωση ελάχιστα έχει μελετηθεί και δεν είναι σαφές αν αποτελεί κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Παράγοντες που πιθανόν επηρεάζουν τη σύνθεσή της είναι: τα χημικά συστατικά του νερού, η γεωλογία της πηγής, η τεχνολογία εκμάστευσης, το είδος της φιάλης, η θερμοκρασία και ο τρόπος αποθήκευσης-διατήρησης του εμφιαλωμένου νερού.

Ο πολλαπλασιασμός και η επιβίωση των μικροοργανισμών (αυτόχθονων ή αλλόχθονων) στο νερό εξαρτάται επίσης από τους παραπάνω παράγοντες. Ενδιαφέρον για τη δημόσια υγεία παρουσιάζουν τα αλλόχθονα βακτήρια, που ρυπαίνουν το νερό προς εμφιάλωση είτε στην πηγή, είτε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εμφιαλώσεως. Οι μικροοργανισμοί που απομονώνονται συχνότερα είναι διάφορα είδη *pseudomonas*, *alcaligenes*, *flavobacterium* κλπ. Η ταυτοποίηση των βακτηριδίων που απομονώνονται από τα εμφιαλωμένα νερά με τις βιοχημικές

μεθόδους είναι δύσκολη λόγω των ενζυμικών και δομικών αλλαγών, που αυτά υφίστανται στο ολιγοτροφικό και αφιλόξενο περιβάλλον του νερού. Οι επιβεβαιωμένες επιδημίες από κατανάλωση εμφιαλωμένων νερών είναι σπάνιες. Επισημαίνεται η σημαντική ελάττωση του ποσοστού ακαταλληλότητας των ελληνικών εμφιαλωμένων νερών που διατίθενται προς κατανάλωση κατά την τελευταία πενταετία. Η τροποποίηση της υπάρχουσας ελληνικής νομοθεσίας για την μικροβιολογική καταλληλότητα των εμφιαλωμένων νερών θα συνέβαλε ουσιαστικά στην ακόμα μεγαλύτερη αναβάθμιση της ποιότητας των νερών αυτών.

Τα μειονεκτήματα του εμφιαλωμένου νερού είναι :

-Τα περισσότερα συσκευάζονται σε πλαστικά μπουκάλια, τα οποία είναι παράγωγα πετρελαίου.

-Έχουν ημερομηνία λήξεως ενός έτους.

-Αναγράφουν: Διατηρήστε το σε σκιερό και δροσερό μέρος έως τους 18 °C.[9]

4.1 Μικροοργανισμοί στα εμφιαλωμένα νερά

Τα βακτήρια που ανευρίσκονται στα εμφιαλωμένα νερά είναι:

α) αυτόχθονα βακτήρια τα οποία αποτελούν την φυσιολογική χλωρίδα του νερού και είναι συνήθως ψυχρότροφα και ολιγοτροφικά. Πολλαπλασιάζονται ταχύτατα μέσα στο νερό, με ρυθμό εξαρτώμενο από πολλούς παράγοντες. Η συγκέντρωση οργανικών ουσιών, ο ανταγωνισμός, το pH του νερού και οι συνθήκες εμφιάλωσης και συντήρησης παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της φυσικής μικροβιακής χλωρίδας μέσα στη φιάλη. Γενικά τα εμφιαλωμένα νερά υψηλής ποιότητας δεν παρουσιάζουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις στην φυσική τους μικροβιακή χλωρίδα κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής τους.

Αύξηση του αριθμού της φυσικής χλωρίδας του νερού μπορεί να μην έχει επίπτωση στην υγεία του καταναλωτή αλλά μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του νερού (οσμή, γεύση, θολερότητα). Και σε αυτή την περίπτωση το νερό θεωρείται ακατάλληλο για κατανάλωση.

β) αλλόχθονα βακτήρια τα οποία εισέρχονται στο νερό κατά τη διάρκεια της εμφιάλωσης ή με μόλυνση της πηγής υδροληψίας. Συνήθως δεν ζουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στο νερό λόγω έλλειψης θρεπτικών ουσιών. Παρ' όλα αυτά έχουν αναφερθεί επιδημίες οι οποίες οφείλονται στην επιβίωση παθογόνων βακτηρίων, πρωτοζώων ή ιών στο νερό [4].

4.2 Επίδραση των συνθηκών εμφιάλωσης στην μικροβιολογική ποιότητα του νερού

Το εμφιαλωμένο νερό είναι καλής ποιότητας πόσιμο νερό, υπόκειται όμως σε ρύπανση εάν δεν προφυλαχθεί σωστά η πηγή εμφιάλωσης και εάν δεν τηρηθούν σωστά οι διαδικασίες εμφιάλωσης και διατήρησης του.

Η πολύ καλή προστασία της γεώτρησης ή της πηγής συλλογής του νερού προς εμφιάλωση είναι απαραίτητη. Η προστασία αυτή έχει σκοπό την διατήρηση της φυσικής αυτόχθονης μικροβιακής χλωρίδας. Ο υποχρεωτικός συστηματικός μικροβιακός έλεγχος του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και ο καθημερινός για παρατεταμένη περίοδο έλεγχος μετά από βροχοπτώσεις και ο εβδομαδιαίος έλεγχος κατά την διάρκεια ξηρασίας θεωρείται απαραίτητος.

Η προστασία της πηγής απαιτεί μεγάλη προσοχή και έλεγχο σε οποιεσδήποτε δραστηριότητες γίνονται στην περιοχή (γεωργικές καλλιέργειες, κατασκευές κ.λ.π.), ελεγχόμενη προσέλευση ατόμων, προστατευτικό οίκημα στην περιοχή της ανάβλυσσης ή γεώτρησης και συνεχή επίβλεψη για αλλαγές στην γεωλογία της περιοχής (σεισμοί, κατακρημνίσεις) οι οποίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τον υδροφόρο ορίζοντα .

Η διαδικασία εμφιάλωσης πρέπει να γίνεται σε περιβάλλον παρόμοιο με

εκείνο της συσκευασίας τροφίμων ή γαλακτοκομικών προϊόντων. Απαιτείται συνεπώς, συστηματική και βάσει πρωτοκόλλου καθαριότητα του χώρου εμφιάλωσης ενώ ο αέρας πρέπει να φιλτράρεται ή να ακτινοβολείται και να μην επικοινωνεί με τον αέρα άλλων χώρων (εφαρμογή υπερπίεσης στο χώρο του εμφιαλωτηρίου).

Τα μηχανήματα οφείλουν να είναι καθαρά, ενώ οι εργάτες να φορούν προστατευτικό κάλυμμα του τριχωτού της κεφαλής, γάντια και ειδική στολή που θα βγάζουν όταν απομακρύνονται από τον χώρο εργασίας τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην αποφυγή τοποθέτησης των χειρών του προσωπικού επί των μηχανημάτων. Η χρήση καθαρών μιας χρήσεως φιαλών και η προσθήκη του καλύμματος ασφαλείας αποτελούν σημαντικά μέσα προστασίας του προϊόντος.

Το επιτραπέζιο νερό συχνά υφίσταται επιπλέον επεξεργασία για την απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου, οργανικών ουσιών κ.λ.π.. Καθώς το νερό περνά από τεχνικές επεξεργασίες όπως ανάστροφη όσμωση, ενεργό άνθρακα, διήθηση κ.λ.π. συχνά εμπλουτίζεται με μικροοργανισμούς. Έχει πολύ μεγάλη σημασία η σχολαστική τήρηση όλων των κανόνων που απαιτούνται ώστε οι τεχνολογίες βελτιστοποίησης της ποιότητας να εξυγιάνουν και όχι να επιβαρύνουν το τελικό προϊόν.[4]

4.3 Επίδραση της αποθήκευσης των εμφιαλωμένων νερών στην μικροβιολογική τους ποιότητα

Η μικροβιολογική ποιότητα των πρόσφατα (εντός 48 ωρών) παρασκευασθέντων εμφιαλωμένων νερών είναι συνήθως ικανοποιητική. Ο ρυθμός της αλλαγής της μικροβιολογικής πυκνότητας σχετίζεται με πλήθος παραγόντων που περιλαμβάνουν τα αφομοιώσιμα οργανικά θρεπτικά συστατικά στο νερό, το pH του νερού, την θερμοκρασία αποθήκευσης και τους ανταγωνιστικούς της μικροβιακής χλωρίδας μικροοργανισμούς. Στα υψηλής ποιότητας εμφιαλωμένα νερά (τα οποία περιέχουν μόνο ίχνη θρεπτικών ουσιών) ο ρυθμός αλλαγής της πυκνότητας των μικροοργανισμών είναι χαμηλός, καθώς ο πολλαπλασιασμός λαμβάνει χώρα με πολύ αργότερο ρυθμό.

Εμφιαλωμένα νερά από πηγές με ασταθή μικροβιολογική ποιότητα και πιθανώς ύπαρξη κολοβακτηριοειδών υφίστανται ταχεία επιδείνωση της μικροβιολογικής τους ποιότητας. Η αύξηση του αριθμού των ετερότροφων βακτηρίων (που συνήθως λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία δωματίου) εμποδίζει την ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών που πιθανόν να υπάρχουν. Η ρύπανση με κολοβακτηριοειδή προέρχεται κυρίως από πηγές με ασταθή μικροβιολογική ποιότητα ή από έλλειψη μέτρων υγιεινής κατά την διάρκεια της εμφιάλωσης .

Η μικροβιακή χλωρίδα του νερού αυξάνει μετά την εμφιάλωση και βρίσκεται στο ανώτατο σημείο μετά από 1-7 εβδομάδες, ανάλογα με τα πρωτογενή χαρακτηριστικά του νερού. Μετά παραμένει σε σχετικά σταθερό αριθμό για 2-6 μήνες οπότε και αρχίζει να ελαττώνεται με αργούς ρυθμούς. Ολικός αριθμός μικροοργανισμών στους 22 και 37°C της τάξεως των 10^3 - 10^7 /ml έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές. Τα ανθρακούχα νερά έχουν μικρότερο αριθμό μικροβιακής χλωρίδας από τα μη ανθρακούχα, λόγω του χαμηλού pH που οφείλεται στο CO₂.

Ο τύπος της φιάλης φαίνεται να παίζει κάποιο ρόλο στον ρυθμό αύξησης της μικροβιακής χλωρίδας. Κατά ορισμένους ερευνητές ο πολλαπλασιασμός είναι ταχύτερος στις φιάλες PVC από τις γυάλινες φιάλες, ενώ το σκούρο χρώμα της γυάλινης φιάλης μπορεί να παίζει προστατευτικό ρόλο για ορισμένα βακτήρια .

Η θερμοκρασία αποθήκευσης του νερού παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση της μικροβιακής χλωρίδας. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ευνοεί πολύ περισσότερο τον πολλαπλασιασμό της αυτόχθονης χλωρίδας σε σχέση με την θερμοκρασία του ψυγείου. Στο ψυγείο όμως επιβιώνουν επί μακριότερο χρονικό διάστημα παθογόνα βακτήρια και ιοί.

Βακτήρια του γένους *Pseudomonas* ευρίσκονται συνήθως σε υψηλές πυκνότητες ($10^3 - 10^5$ /ml) στα εμφιαλωμένα νερά, επειδή οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν την ικανότητα να ελαττώνουν τον μεταβολικό τους ρυθμό και να επιζούν στο νερό έχοντας ελάχιστες τροφικές απαιτήσεις. [4]

4.4 Επιδημίες από εμφιαλωμένα νερά

Τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αναφέρονται σε επιβεβαιωμένες επιδημίες από κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού είναι σπάνια.

Μία επιβεβαιωμένη επιδημία χολέρας που οφείλετε σε κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού προκάλεσε 2500 κρούσματα και 48 θανάτους το 1974 στην Πορτογαλία. Ο υγειονομικός έλεγχος αποκάλυψε την ρύπανση του νερού στην πηγή της εμφιάλωσης. Η περίπτωση αυτή επιβεβαιώνει την ανάγκη της προστασίας των υπογείων νερών από ρυπάνσεις διαφόρων τύπων.

Η τεκμηρίωση επιδημίας από ρύπανση εμφιαλωμένου νερού είναι εξαιρετικά δύσκολη μια και τα νερά διανέμονται παντού με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλές φορές σποραδικών περιστατικών.

Στην βιβλιογραφία ωστόσο αναφέρεται η ανεύρεση μικροοργανισμών στα εμφιαλωμένα νερά που θα μπορούσαν να προκαλέσουν επιδημία. Το 1983 σε εμφιαλωμένα νερά της Ισπανίας απομονώθηκαν αμοιβάδες (*Hartmannella spp*, *Acanthamoeba spp*, *Naegleria spp*). Το 1985 στη Ιταλία απομονώθηκαν οξυάντοχα βακτήρια σε εμφιαλωμένο νερό και το 1986 στην Σαουδική Αραβία απομονώθηκε *Aeromonas hydrophila*. Το 1987 στην Χιλή σε εμφιαλωμένα νερά απομονώθηκαν αμοιβάδες (*Hartmannella Spp*, *Acanthamoeba Spp*, *Naegleria Spp*). Τέλος σε εμφιαλωμένα νερά στην Αγγλία το 1987 απομονώθηκαν βακτήρια του γένους *Staphylococcus* ανθρώπινης προέλευσης. Πολλοί ερευνητές ίσως θα συμφωνούσαν ότι η νομοθεσία η οποία καθορίζει την ποιότητα του ευαίσθητου αυτού προϊόντος πρέπει να τροποποιηθεί και να συμπεριλάβει σημεία όπως τον επιτόπιο υγειονομικό έλεγχο στην περιοχή του εργοστασίου, την εφαρμογή συστήματος ποιοτικής ασφάλειας στα εργοστάσια (ανάλυση κινδύνων - κρίσιμα σημεία ελέγχου), τον τύπο των φιαλών, τις συνθήκες μεταφοράς και συντήρησης και την αντοχή στα αντιβιοτικά των ανιχνευωμένων μικροοργανισμών [4].

ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση Α1β/4841/21-8-79 ως εμφιαλωμένο νερό καλείται το νερό το οποίο διατίθεται στο εμπόριο συσκευασμένο αεροστεγώς μέσα σε γυάλινες ή πλαστικές φιάλες ή πλαστικά δοχεία και προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Σύμφωνα με το προεδρικό διάταγμα 433/9-11-83 (που εκδόθηκε σε συμμόρφωση προς την 80/777 κοινοτική οδηγία) ως φυσικό μεταλλικό νερό νοείται το εμφιαλωμένο νερό το οποίο δεν υποβάλλεται σε καμιά άλλη επεξεργασία εκτός από αποχωρισμό των ασταθών συστατικών όπως είναι οι ενώσεις του σιδήρου και του θείου με διήθηση ή κατακάθιση καθώς επίσης ολική ή μερική απομάκρυνση ή εμπλουτισμό σε περιεχόμενο ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα, με μεθόδους αποκλειστικά φυσικές. Ένα εμφιαλωμένο φυσικό μεταλλικό ή επιτραπέζιο νερό κρίνεται κατάλληλο από μικροβιολογική άποψη, όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4. Προϋποθέσεις για το χαρακτηρισμό, από μικροβιολογική άποψη, των μεταλλικών και επιτραπέζιων εμφιαλωμένων νερών ως κατάλληλων (Υπουργική απόφαση 4841/79 – Προεδρικό διάταγμα 433/83)

Είδος μικροοργανισμού	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
Ολικά κολοβακτηριδίομορφα	0 σε 250 ml νερού
Κολοβακτηριδίομορφα κοπρανώδους προέλευσης	0 σε 250 ml νερού
Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι	0 σε 250 ml νερού
Θειοαναγωγικά αναερόβια σπορογόνα βακτήρια	0 σε 250 ml νερού
Ψευδομονάδα πτυοκυανική	0 σε 250 ml νερού
Κοινά αερόβια βακτήρια (μεσόφιλα) στους 37°C σε 48 ώρες 12 ώρες μετά την εμφιάλωση πριν την εμφιάλωση	12 σε 1 ml νερού 5 σε 1 ml νερού
Κοινά αερόβια βακτήρια στους 22°C σε 72 ώρες 12 ώρες από την εμφιάλωση πριν την εμφιάλωση	100 σε 1 ml νερού 20 σε 1 ml νερού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

5.1 ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Στις κεντρικές εγκαταστάσεις συλλογής και κατανομής του νερού προς τα δίκτυα διανομής εφόσον πρόκειται για νερό φρεάτων ή πηγών συνηθίζεται να υπάρχει μια πρώτη δεξαμενή καθίζησης ιζημάτων ενώ ακολουθεί χλωρίωση με συσκευές πρόσδοσης αερίου χλωρίου. Σε σοβαρότερες εγκαταστάσεις και ιδιαίτερα αν πρόκειται για νερό λιμνών ή ποταμών η διαδικασία καθαρισμού περιλαμβάνει: προχλωρίωση, πρώτο πέρασμα από φίλτρα, πιθανή προσθήκη αντιδραστηρίων για τη ρύθμιση του Ph ή άλλων στοιχείων, ακολουθεί διήθηση από διαστρωματικά φίλτρα και τέλος χλωρίωση με αέριο χλώριο. Τα διαστρωματικά φίλτρα περιλαμβάνουν στρώματα άμμου και σειρά από λεπτά σκύρα διαφόρων κοκκομετρικών συστάσεων που κυμαίνονται από 0.7 ως 6 χιλ. Πολλές φορές ως πρώτο στρώμα χρησιμοποιούνται κόκκοι ορυκτού άνθρακα που εξασφαλίζουν την αφαίρεση σιδήρου και μαγγανίου, την αφαίρεση αιωρούμενων στερεών και την καθαρότητα του νερού. Οι κόκκοι άνθρακα που χρησιμοποιούνται έχουν κοκκομετρική σύσταση από 0.8 ως 7 χιλ. Η χλωρίωση του νερού είναι αναγκαία για την τέλεια απολύμανσή του. Οι νέες και οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις μετά από επισκευές καθώς και οι κεντρικές σωληνώσεις διανομής πρέπει να χλωριώνονται ώστε το νερό που διαθέτουν να είναι πλήρως απολυμασμένο χωρίς βακτηρίδια, ιούς ή μικροοργανισμούς. Τα ιζήματα που σχηματίζονται σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις και προέρχονται από οργανικές ουσίες, οξείδια μετάλλων ή νεκρές άλγες αποτελούν ιδανική κλίση ανάπτυξης βακτηριδίων ή μικροοργανισμών. Εκτός από τους κινδύνους για την υγεία που προϋποθέτει η ανάπτυξη βακτηριδίων παύει το νερό να είναι διαυγές και αποκτά διάφορες οσμές, κακή γεύση και γενικά γίνεται ακατάλληλο για τους ανθρώπους.

Για τη χλωρίωση εφαρμόζονται γενικά οι ακόλουθοι τρόποι: με αέριο χλώριο, με υποχλωριώδες ασβέστιο ή με υποχλωριώδες νάτριο. Κάθε μια από τις διαδικασίες αυτές έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της που σχετίζονται με την ευκολία ή μη εφαρμογής, από το κόστος ή από την απόδοσή τους. Στις πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται κυρίως αέριο χλώριο που μερικές φορές παράγεται επιτόπια. Το αέριο χλώριο δε χάνει ποτέ την ικανότητά του ανεξάρτητα από το χρόνο που θα μείνει αποθηκευμένο. Το υποχλωριώδες ασβέστιο ή το υποχλωριώδες νάτριο διαθέτουν ένα ποσοστό 10-15% σε ενεργό χλώριο. Πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ η απλή χλωρίωση του νερού είναι επαρκής και αποτελεσματική σε νερό που προέρχεται από πηγές ή από φρέατα, το νερό που προέρχεται από λίμνες ή ποταμούς χρειάζεται πιο σύνθετες μεθόδους διύλισης όπως προχλωρίωση, διέλευση από φίλτρα, συνδυασμό χλωρίου, αμμωνίας, υπερχλωρίωση κτλ. Για λόγους προληπτικής υγιεινής εφαρμόζεται πολλές φορές ιωδίωση και φθορίωση του νερού. Πόσο καθαρό είναι το νερό που παρέχεται από τα δίκτυα διανομής πάνω από 2100 διάφορα στοιχεία μόλυνσης έχουν διαπιστωθεί σε μετρήσεις που έχουν γίνει στο πόσιμο νερό σε πολλές περιοχές της γης.

5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

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

Πρέπει να τονιστεί ότι η χλωρίωση ή οποιαδήποτε άλλη τελική επεξεργασία του

νερού έχουν σαν σκοπό την *απολύμανση*, δηλαδή την προστασία του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς, και όχι την *αποστείρωση*, δηλαδή την καταστροφή όλων των ζωντανών μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό.

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

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

Οι περισσότερες απολυμαντικές ουσίες εκτός από την προστασία έναντι των παθογόνων βοηθούν και με άλλους τρόπους την βελτίωση της ποιότητας του νερού, όπως με οξειδωση ανόργανων ουσιών (π.χ. σίδηρος, μαγγάνιο), βελτίωση της κροκκίδωσης και διήθησης κλπ [4].

5.3 ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ.

Ο τρόπος επίδρασης των απολυμαντικών ουσιών στο κύτταρο των μικροοργανισμών δεν έχει εντελώς καθοριστεί. Ορισμένα απολυμαντικά όπως το χλώριο επιδρούν στην διαπερατότητα του κυτταρικού τοιχώματος ενώ οι χλωραμίνες και το διοξείδιο του χλωρίου παρεμβαίνουν στον ενζυμικό μηχανισμό.

Η απολυμαντική δράση ενός απολυμαντικού έναντι κάποιου συγκεκριμένου παθογόνου μικροοργανισμού καθορίζεται από την μείωση του αρχικού πληθυσμού του παθογόνου κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρόνου επαφής.

Αν χρησιμοποιήσουμε ένα απολυμαντικό υπό καθορισμένες συνθήκες, η απολυμαντική του δράση ακολουθεί τον Νόμο του *Chick*

$$\ln (N/N_0) = -kt$$

όπου N_0 = αρχικός αριθμός μικροοργανισμών στο σύστημα

N = αριθμός μικροοργανισμών μετά από χρόνο (t) της απολύμανσης.

Ο συντελεστής αποτελεσματικότητας k εξαρτάται από την συγκέντρωση του απολυμαντικού C :

$$K = k' C^n [4].$$

5.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός συστήματος απολύμανσης είναι να αποτελεί φραγμό για οποιονδήποτε παθογόνο μικροοργανισμό που προσπαθεί να επιβιώσει στο συγκεκριμένο σύστημα ύδρευσης. Έτσι πρέπει οι τιμές $C.t$ (η βάση επιλογής της απολυμαντικής διαδικασίας σε ένα σύστημα) να έχουν καθοριστεί μετά από πειράματα στο συγκεκριμένο σύστημα ύδρευσης. Οι τιμές $C.t$ συνήθως εφαρμόζονται για απολύμανση με χλώριο, διοξείδιο του χλωρίου, χλωραμίνες και όζον με στόχο την καταστροφή του 99.9% του αρχικού πληθυσμού των παθογόνων. Πρέπει όμως να υπάρχει πρόβλεψη μετατροπής αυτών των τιμών διότι *μεταβολή της θερμοκρασίας, του pH και της θολερότητας* του νερού μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης (Πίνακες 5 και 6). Η σωστή διήθηση του νερού πριν την εφαρμογή της απολύμανσης απομακρύνει μεγάλο ποσοστό των μικροοργανισμών και, κατακρατώντας τα αιωρούμενα στερεά και τις οργανικές ουσίες, βοηθάει την καλή λειτουργία της απολυμαντικής διαδικασίας. Η διήθηση

κυρίως με φίλτρα χαμηλής ροής και με εφαρμογή προοζόνωσης είναι πολύ αποτελεσματική κυρίως για την απομάκρυνση των *Cryptosporidium Giardia*

Πίνακας 5: Τιμές C.t. ώστε να επιτευχθεί 99.9% μείωση του πληθυσμού της *Giarda lamblia*. C=2ppm ελεύθερο χλώριο [4].

	pH	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			
		0.5°C	5°C	10°C	15°C
Ελ. χλώριο	6	165	116	87	58
	7	236	165	124	83
	8	346	243	182	122
	9	500	353	265	177
Οζον	6-9	2.9	1.9	1.43	0.95
ClO ₂	6-9	63	26	23	19
Χλωραμίνες	6-9	3800	2200	1850	1500

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

Πίνακας 6: Συγκέντρωση διαφόρων μορφών χλωρίου που απαιτούνται για την εξουδετέρωση του 99% του πληθυσμού *E.coli* και *Poliovirus* [14].

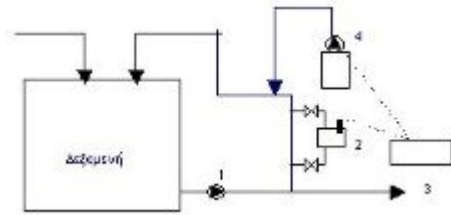
Μικρ/σμός	Τύπος χλωρίωσης	C	t	C·t	pH	°C
<i>E.coli</i>	HOCl	0.1	0.4	0.04	6.0	5
	OCl ⁻	1.0	0.92	0.92	10.0	5
	NH ₂ Cl	1.0	175	175	9.0	5
	NH ₂ Cl	1.0	64	64	9.0	15
	NH ₂ Cl	1.2	33.5	40.2	9.0	25
	NHCl ₂	1.0	5.5	5.5	4.5	15
Poliovirus	HOCl	1.0	1.0	1.0	6.0	0
	HOCl	0.5	2.1	1.05	6.0	5
	HOCl	1.0	2.1	2.1	6.0	5
	OCl ⁻	0.5	21	10.5	10.0	5
	NH ₂ Cl	10	90	900	9.0	25
	NHCl ₂	100	140	14000	4.5	5
	NHCl ₂	100	50	5000	4.5	15

Χλωρίωση

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης για πόσιμο νερό και νερό γενικών χρήσεων. Χρησιμοποιούνται δοσομετρικά συστήματα και όργανα ελέγχου για:

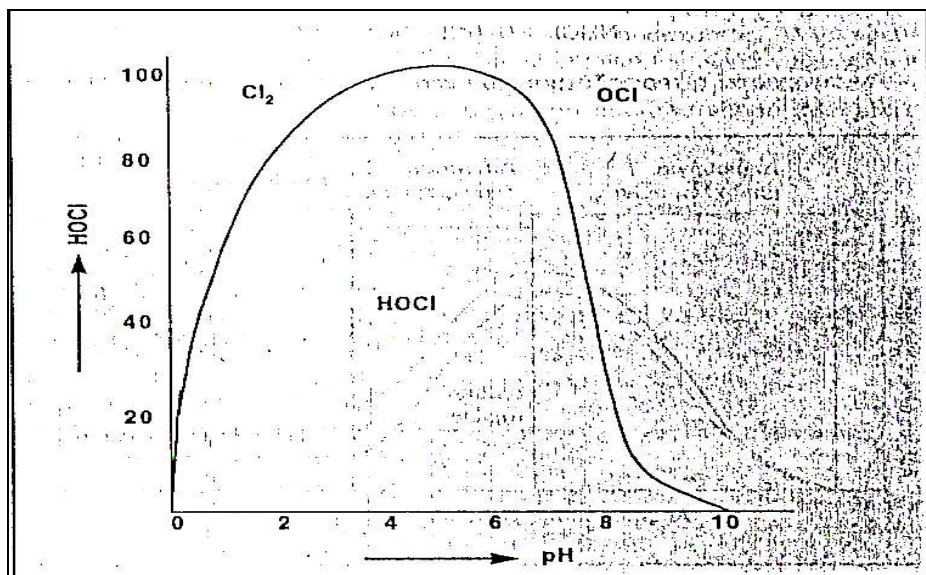
- Εξασφάλιση αποτελεσματικής απολύμανσης.
- Απλότητα στην εφαρμογή χωρίς ιδιαίτερη ενασχόληση από χειριστή [11].

ΤΥΠΙΚΟ ΣΧΗΜΑ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

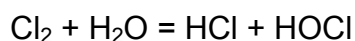


ΣΧΗΜΑ 2 Τυπικό σχήμα χλωρίωσης σε δεξαμενή [11].

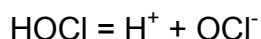
Το χλώριο διατίθεται στο εμπόριο σε αέρια μορφή, σε υγρή (υποχλωριώδες νάτριο) ή σε σκόνη (υποχλωριωδών αλάτων). Η περιεκτικότητα μιας ουσίας σε ελεύθερο χλώριο ονομάζεται *δραστικό χλώριο*. Η επιλογή της μορφής που θα χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση του νερού εξαρτάται από το κόστος, τις συνθήκες ασφαλείας και τις λειτουργικές ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης. Όταν το pH του νερού είναι όξινο ($\text{pH} < 5$) το χλώριο παραμένει στην μοριακή του μορφή, ενώ για $\text{pH} > 5$ δημιουργείται υποχλωριώδες οξύ (Σχήμα 3). Το μεγάλο προτέρημα της χλωρίωσης, έναντι άλλων απολυμαντικών ουσιών, είναι η ισχυρή δραστηριότητα του σε πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς αλλά και η υπολειμματική του δράση (παραμένει σαν προστατευτικός παράγοντας για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στο νερό) [12].



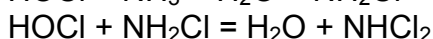
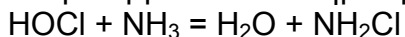
Σχήμα 3: Μορφές ελεύθερου χλωρίου ανάλογα με το pH [4].



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

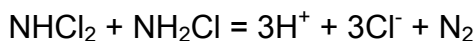


Για $\text{pH} > 8$ τότε τα υποχλωριώδη ιόντα αντικαθιστούν πλήρως το υποχλωριώδες οξύ. Αν υπάρχει στο νερό αμμωνία τότε δημιουργούνται οι χλωραμίνες.

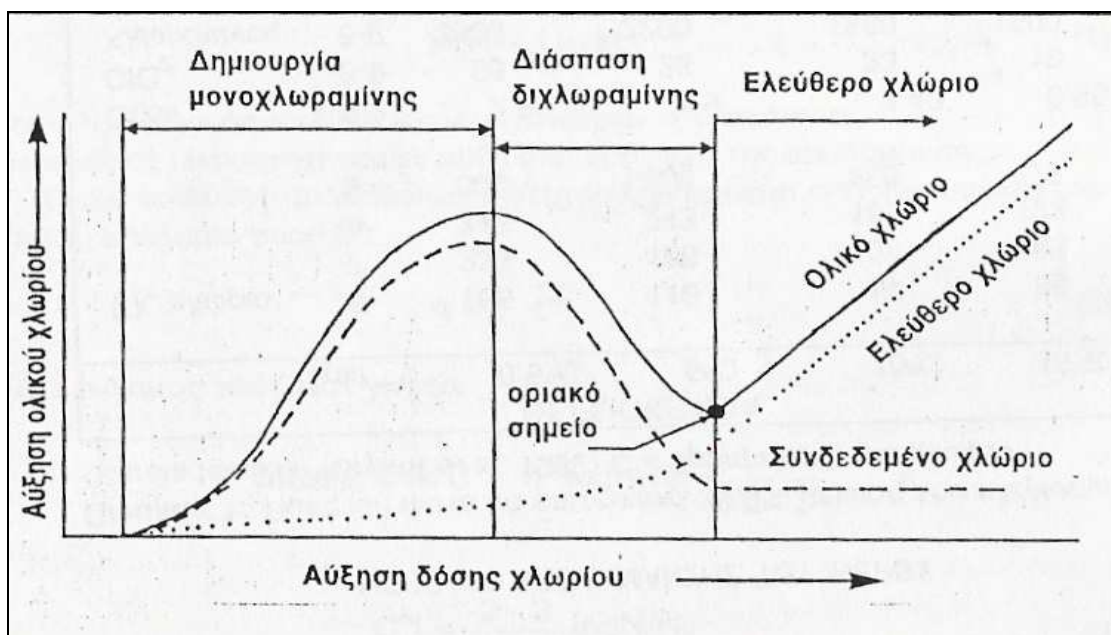


Χλωραμίνωση. Οι χλωραμίνες βοηθούν στην απομάκρυνση οσμών και γεύσης που αφήνει στο νερό η χλωρίωση. Έχουν ασθενέστερη απολυμαντική δράση από το ελεύθερο χλώριο, έχουν χημικά σταθερότερη υπολειμματική απολυμαντική δράση και δεν ευνοούν την δημιουργία τριαλομεθανίων. Απαιτούνται όμως μεγαλύτερες εγκαταστάσεις που να επιτρέπουν μεγάλο χρόνο δράσης, ενώ έχουν μειωμένη δραστηριότητα έναντι της *Legionella*, των πρωτόζωων και των ιών. Γενικά, η χλωραμίνωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δευτερογενής απολύμανση για την βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του χλωριωμένου νερού [15].

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



Αν συνεχιστεί η τροφοδότηση του νερού με Cl_2 , τότε οι αντιδράσεις οξειδωσης των χλωραμινών ολοκληρώνονται και αρχίζει η απελευθέρωση ελεύθερου χλωρίου. Η πραγματική απολύμανση του νερού με ελεύθερο χλώριο αρχίζει από αυτό το χρονικό σημείο, το οποίο ονομάζεται οριακό σημείο (*breakpoint*) (Σχήμα 4).



Σχήμα 4: Εξέλιξη της χλωρίωσης του νερού μέχρι το οριακό σημείο (*break point*) [4].

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

ενζυμικές μικροβιολογικές τεχνικές που προτείνονται για τον έλεγχο του πόσιμου νερού.

Κατά την μέτρηση του ελεύθερου χλωρίου στο νερό έχει μεγάλη σημασία να χρησιμοποιείται η σωστή τεχνική η οποία να μετρά πράγματι ελεύθερο και όχι συνδεδεμένο ή ολικό χλώριο. Η μέθοδος **DPD** έχει την δυνατότητα να μετρά την καθεμιά από αυτές τις παραμέτρους χωριστά. Αντίθετα η μέθοδος της ορθοτολουδίνης, η οποία ευρέως χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να μετράται το ελεύθερο χλώριο στο νερό, μετρά το ολικό χλώριο. Στον Πίνακα 7 φαίνονται οι μεγάλες διαφορές που μπορεί να έχει η τιμή του ελεύθερου από το ολικό χλώριο σε νερά κολυμβητηρίων [4].

Πίνακας 7: Σχέση ελεύθερου / ολικού χλωρίου νερού κολυμβητηρίου θερμοκρασίας 20 °C ανάλογα με το pH [4].

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

Παράγοντες που επηρεάζουν την μικροβιοκτόνα δράση του χλωρίου
Τέσσερις είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την μικροβιοκτόνα δράση του χλωρίου:

- Ο ρυθμός με τον οποίο θανατώνονται οι μικροοργανισμοί είναι ανάλογος με τη συγκέντρωση του Ελεύθερου Υπολειμματικού Χλωρίου. Αυτό ισχύει για την χρήση αερίου χλωρίου. Στην περίπτωση διαλύματος υποχλωριωδών αλάτων ο ρυθμός δεν αυξάνεται αναλογικά λόγω της παράλληλης αύξησης του pH που προκαλείται.
- Το pH νερού μετά την προσθήκη του απολυμαντικού καθορίζει πόσο γρήγορα θα θανατωθούν οι μικροοργανισμοί. Γενικά όσο μικρότερο το pH τόσο πιο γρήγορη η δράση του απολυμαντικού. Ο λόγος είναι ότι σε pH μικρότερο του 7,0 το χλώριο υπάρχει σχεδόν αποκλειστικά με την δραστική του μορφή (υποχλωριώδες οξύ). Αντίθετα σε pH μεγαλύτερο του 7,0 το υποχλωριώδες οξύ δίσταται ή διασπάται.
- Το οργανικό και ανόργανο περιεχόμενο του νερού μειώνει την μικροβιοκτόνα δράση του χλωρίου. Το ποσοστό μείωσης εξαρτάται από το είδος της οργανικής ή ανόργανης ύλης και το pH. Επίσης το λάδι αναστέλλει οριστικά την δράση του χλωρίου.
- Εργαστηριακές έρευνες δείχνουν ότι αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει και την δράση των διαλυμάτων του χλωρίου παράλληλα όμως μειώνεται και η διαλυτότητα του χλωρίου στο νερό, με αποτέλεσμα μικρότερες συγκεντρώσεις του. Για τους λόγους αυτούς και υπό τις συνήθεις συνθήκες, η θερμοκρασία δεν αποτελεί κρίσιμο παράγοντα κατά την διαδικασία χλωρίωσης.[13]

Παραπροϊόντα της χλωρίωσης και επίπτωση στην υγεία

Παρόλο ότι όλοι αναγνωρίζουν την σημασία της απολύμανσης του νερού στη δημόσια υγεία, υπάρχει και κάποια ανησυχία για τις πιθανές παρενέργειες των απολυμαντικών και ιδίως του χλωρίου στην υγεία των καταναλωτών. Από την δεκαετία των 70 και λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας άρχισαν να ανιχνεύονται σε χλωριωμένα νερά ορισμένες ουσίες οι οποίες είναι παραπροϊόντα της χλωρίωσης. Ορισμένες χημικές ενώσεις που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό (χουμικά και φουλβικά οξέα, υδρόφιλα οξέα, αμινοξέα, υδατάνθρακες κλπ) αντιδρούν με το χλώριο και δημιουργούν τα τριαλομεθάνια (THM). Το πιο σημαντικό τριαλομεθάνιο ως προς τις επιπτώσεις του στη υγεία είναι το χλωροφόρμιο. Ορισμένες από τις χημικές ενώσεις- "προπομπούς" των THM μπορεί να παρέχονται και από ζωντανούς υδρόβιους οργανισμούς όπως φύκη (*Anabena*, *Pediaslrum*) ενώ ανόργανες ενώσεις (αιθανόλη, ακεταλδεΐδη κλπ) από απόβλητα βιομηχανικών μονάδων δημιουργούν επίσης με το χλώριο THM. Στον Πίνακα 8 φαίνονται οι πιο συνηθισμένες μορφές τριαλομεθανίων που ανιχνεύονται σε χλωριωμένα νερά. Η συνολική ποσότητα αυτών των οργανικών ουσιών σε κάποιο δείγμα νερού αποτελεί τα ολικά τριαλομεθάνια (ΤTHM). Στην υγειονομική νομοθεσία των ΗΠΑ περί καταλληλότητας του πόσιμου νερού τα ΤTHM πρέπει να είναι λιγότερα από 0.1 mg/l σε τέσσερις συνεχόμενες δειγματοληψίες νερού. Δυστυχώς ούτε η Ελληνική ούτε η κοινοτική νομοθεσία δεν έχει θεσπίσει ακόμα όρια συγκέντρωσης ΤTHM στις αντίστοιχες οδηγίες.

Η συγκέντρωση των THM σε κάποια πηγή υδροληψίας μεταβάλλεται σημαντικά υπό την επίδραση διαφόρων παραγόντων και γι' αυτό πρέπει η μέτρησή τους να γίνεται τουλάχιστον 4 φορές το χρόνο σε διάφορες εποχές (Σχήμα 5). Η συγκέντρωσή τους είναι μεγαλύτερη σε επιφανειακά από υπόγεια νερά όπου απαντώνται μόνο αν αναμειχθούν με επιφανειακές πηγές ρύπανσης. Στα επιφανειακά νερά παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση μετά από βροχοπτώσεις επειδή γειτονικά προς την πηγή υδροληψίας εδάφη παρασύρονται μέσα στο νερό. Τον σχηματισμό των THM ευνοεί η αύξηση της θερμοκρασίας και έτσι παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το καλοκαίρι. Η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις των THM στην υγεία των καταναλωτών άρχισε με την υπόθεση ότι το χλωροφόρμιο είναι καρκινογόνο. Σήμερα όμως και άλλες παρενέργειες μελετώνται όπως η στειρότητα, η τερατογένεση, η επίδραση στα νεφρά και το συκώτι, επιπτώσεις στο νευρικό και το αιμοποιητικό σύστημα.

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

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

Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχουν προς το παρόν σαφείς

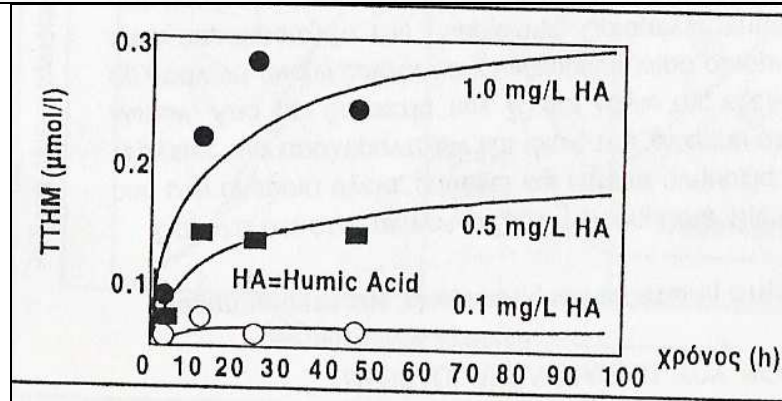
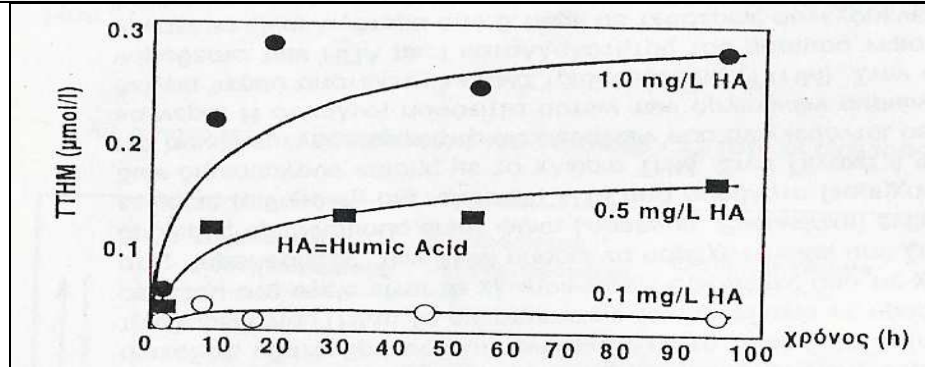
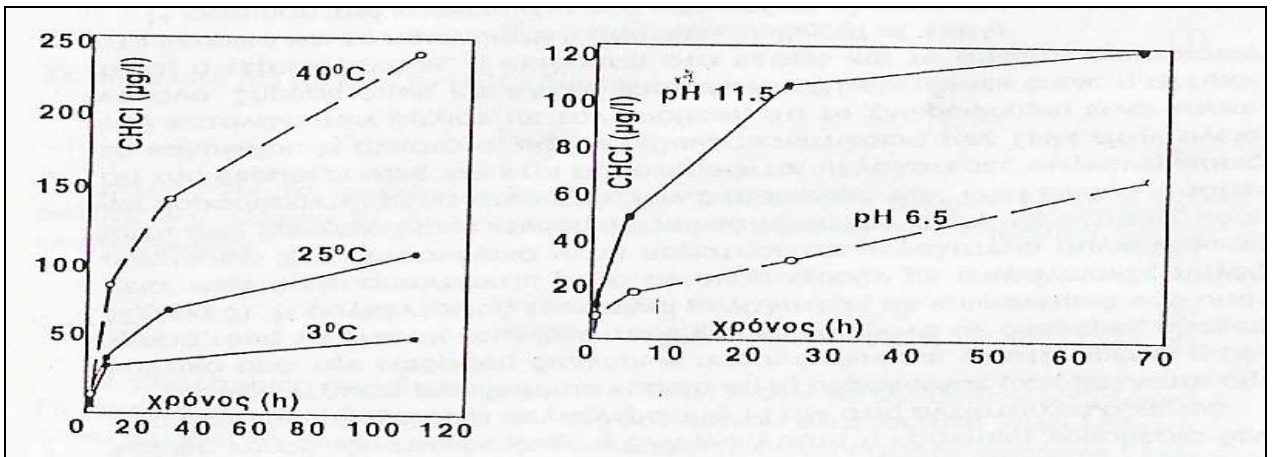
ενδείξεις για τις επιπτώσεις των THM στην υγεία. Κατά πολλούς ερευνητές είναι πολύ πιθανόν άλλα παραπροϊόντα του χλωρίου, όπως ορισμένες φουρανόνες, καθώς και παραπροϊόντα άλλων απολυμαντικών, να έχουν πολύ ισχυρότερες μεταλλαξιογόνες ιδιότητες από τα THM.

Πίνακας 8: Χημικές δομές παραπροϊόντων της απολύμανσης [4].

<p>Τριαλομεθάνια</p> $\begin{array}{c} \text{Cl} & & \text{Cl} & & \text{Cl} \\ & & & & \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{H} & - & \text{C}-\text{H} & - & \text{C}-\text{H} \\ & & & & \\ \text{Cl} & & \text{Br} & & \text{Br} \end{array}$ <p>Χλωροφόρμιο Διχλωροβρωμο-μεθάνιο Διβρωμοχλωρο-μεθάνιο Βρωμοφόρμιο</p>	<p>Ακετυλονιτρίλια</p> $\begin{array}{c} \text{Cl} & & \text{Cl} & & \text{Br} \\ & & & & \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}\equiv\text{N} & - & \text{C}-\text{C}\equiv\text{N} & - & \text{C}-\text{C}\equiv\text{N} \\ & & & & \\ \text{Cl} & & \text{H} & & \text{H} \end{array}$ <p>Τριχλωρο-ακετονιτρίλιο Διχλωρο-ακετονιτρίλιο Βρωμοχλωρο-ακετονιτρίλιο Διβρωμο-ακετονιτρίλιο</p>
<p>Ακετόνες</p> $\begin{array}{c} \text{Cl} & \text{O} & \text{H} \\ & & \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ <p>1.1 Διχλωροπροπάνιο 1.1.1 Τριχλωροπροπάνιο</p>	<p>Διάφορα</p> $\begin{array}{c} \text{Cl} & \text{H} & & & & & \\ & & & & & & \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{NO}_2 & - & \text{C}-\text{C}-\text{OH} & - & \text{C}-\text{C}\equiv\text{N} \\ & & & & \\ \text{Cl} & & \text{Cl} & & \text{Cl} \end{array}$ <p>Χλωροπικρίνη Ευόδρη χλωράλη Κυανούχο χλωρίδιο</p>

Το ClO₂ και ορισμένα παραπροϊόντα του επιδρούν στο αιμοποιητικό σύστημα του σώματος, και μπορεί να βλάψουν κυρίως άτομα με προβλήματα στη παραγωγή ορισμένων ενζύμων. Επίσης προβλήματα μπορεί να έχουν άτομα που πάσχουν στον θυρεοειδή τους αδένες.

- Οι χλωραμίνες μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις σε νεφροπαθείς, και σε άτομα που πάσχουν στο συκώτι,
- Το ελεύθερο χλώριο μπορεί να βλάψει άτομα που πάσχουν από τον θυρεοειδή και από το συκώτι [4].



Σχήμα 5: Παραγωγή τριαλομεθανίων ανάλογα με την θερμοκρασία, το pH, την συγκέντρωση χουμικών οξέων και τον χρόνο εφαρμογής της χλωρίωσης [4].

Οζονισμός



- Το όζον είναι ισχυρό οξειδωτικό μέσο απολύμανσης.
 - Παράγεται από τους οζονιστήρες επί τόπου από τον ατμοσφαιρικό αέρα.
 - Είναι η τελειότερη αλλά και ακριβότερη λύση απολύμανσης του νερού.[11]
- Η δράση του όμως επηρεάζεται από το pH του νερού, από το μονοξειδίο ή

διοξειδίο του άνθρακα και από διάφορες οργανικές ή ανόργανες ουσίες που βρίσκονται στο νερό. Επειδή στη θερμοκρασία και πίεση του περιβάλλοντος είναι ένα ασταθές αέριο, πρέπει να παρασκευάζεται στο σημείο χρήσης. Μετά την εισαγωγή του στο νερό, παραμένει για ένα μικρό χρονικό διάστημα, αρκετό για την απολύμανση και στη συνέχεια αποσυντίθεται. Το όζον καταστρέφει την βασική δομή του μικροβιακού κυττάρου (μέσω οξειδωτικών αντιδράσεων), εφόσον δεν υπάρχει αυξημένη θολερότητα στο νερό (η οποία προστατεύει τα κύτταρα των μικροοργανισμών) [12] .

Υπεριώδης Ακτινοβολία

Αδρανοποιεί βακτήρια και ιούς, ενώ έχει μικρότερη αποτελεσματικότητα έναντι των πρωτόζωων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υπόγεια νερά ή νερά προς εμφιάλωση και δεν δημιουργούνται καθόλου παραπροϊόντα όπως τριαλομεθάνια.

Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν σκοτώνει μικροοργανισμούς αλλά αδρανοποιεί το πυρηνικό DNA με αποτέλεσμα να μην λειτουργεί ο αναπαραγωγικός μηχανισμός. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε το φαινόμενο της φωτοενεργοποίησης (*photoreactivation*). Η επίδραση του φωτός ορισμένου κύματος είναι δυνατόν να επανενεργοποιήσει ορισμένους μικροοργανισμούς οι οποίοι στην συνέχεια θα πολλαπλασιαστούν και θα γίνουν λοιμογόνοι. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται σε ορισμένα βακτήρια (κολοβακτηριοειδή, σιγκέλλες) ενώ δεν παρατηρείται στους ιούς.

Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν έχει υπολειμματική δράση για αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους απολύμανσης [12].

Υπερμαγγανικό Κάλιο

Δεν χρησιμοποιείται ως κύριο απολυμαντικό, αλλά για την διατήρηση της ποιότητας του νερού. Βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νερού, όπως την οσμή και το χρώμα, μετά την απολύμανση ενώ βοηθάει στην απομάκρυνση σιδήρου και μαγγανίου.

Η απολυμαντική του δράση είναι καλύτερη σε όξινο περιβάλλον και μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα από *Legionella* ή από ιό της πολιομυελίτιδος [12].

Επηρεάζεται από την συγκέντρωση και τον χρόνο επαφής, την θερμοκρασία και την παρουσία άλλων οξειδωτικών ουσιών [4].

Αντίστροφη ώσμωση

Ίσως η πιο αποτελεσματικότερη μέθοδος καθαρισμού του νερού, ακόμα και όταν το νερό φέρει βαρύ μολυσματικό φορτίο. Αποτελεί το πιο φυσικό τρόπο καθαρισμού, χωρίς την χρήση χημικών ουσιών.

Η **ώσμωση** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο διαλύματα, όταν χωρίζονται από μία ημιπερατή μεμβράνη τότε το νερό θα περάσει και θα κινηθεί από το αραιότερο διάλυμα (πιο καθαρό) προς το πυκνότερο διάλυμα (βεβαρημένο), ώστε το τελευταίο να αραιωθεί τελικά και να γίνει και αυτό το ίδιο καθαρό. Η διαδικασία αυτή είναι φυσικό φαινόμενο και με αυτόν τον τρόπο ανταλλάσσονται υγρά στα κύτταρα του οργανισμού μας, καθώς επίσης στα ζώα και στα φυτά.

Η ώσμωση είναι υπεύθυνη για την ανύψωση του νερού από τις ρίζες στα φύλλα των δέντρων καθώς τα διαλύματα των κυττάρων των φύλλων είναι πιο πυκνά με αποτέλεσμα νερό να κινείται προς αυτά για να αραιωθούν (Σχήμα 6).

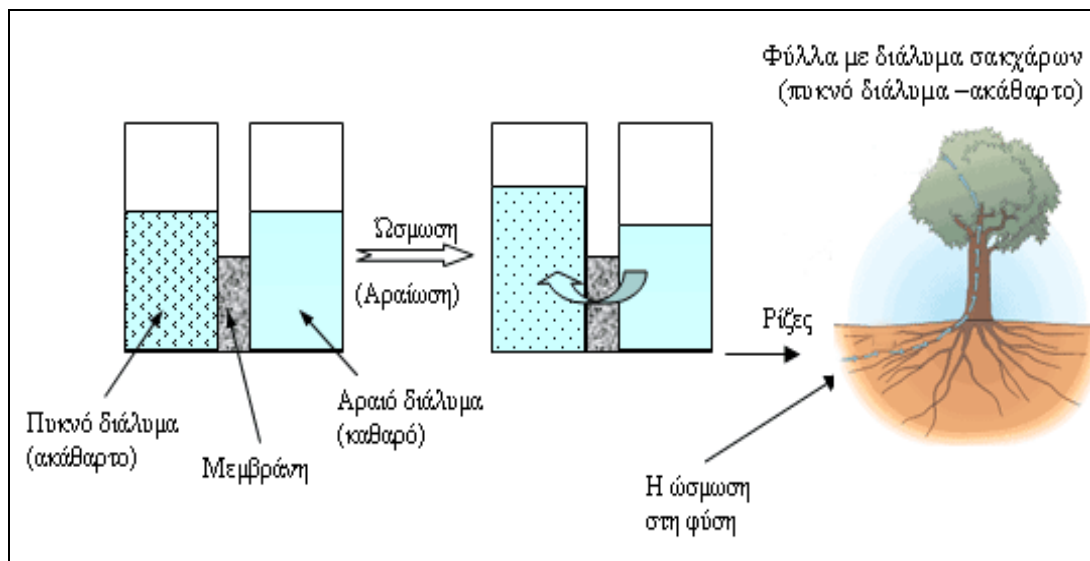
Στην **αντίστροφη ώσμωση** το προς καθαρισμό νερό πιέζεται να περάσει μέσα από μία μεμβράνη η οποία επιτρέπει επιλεκτικά μόνο τα μόρια του νερού να περάσουν μέσα από αυτήν. Το εξερχόμενο νερό είναι ελεύθερο από κάθε είδους ακαθαρσίες, από σκουριές, άλατα, οργανικές ουσίες, λιπάσματα, παρασιτοκτόνα, μέχρι και κάθε είδους επικίνδυνους μικροοργανισμούς, βακτήρια και ιούς. Οι

παραπάνω προσμίξεις απορρίπτονται στην αποχέτευση μαζί με ένα ποσοστό νερού (σχήμα 7).

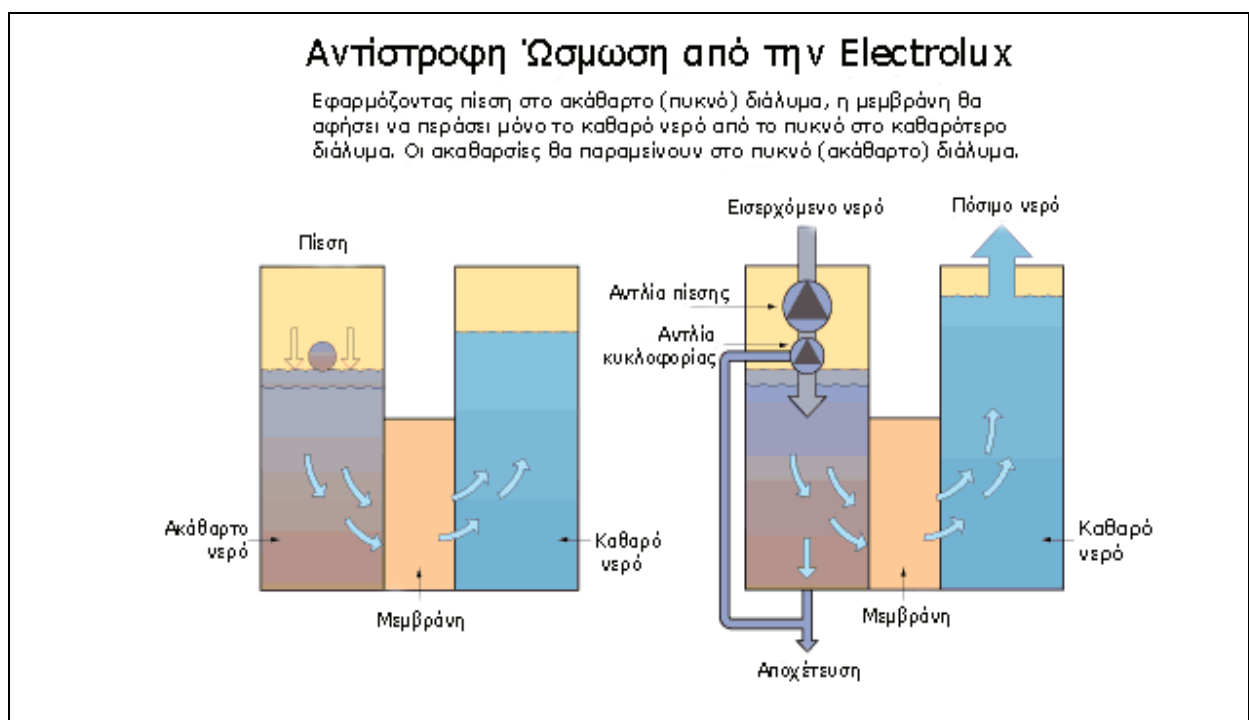
Μειονεκτήματα

Οι κλασικές συσκευές αντίστροφης ώσμωσης έχουν ιδιαίτερα χαμηλούς ρυθμούς παραγωγής καθαρού νερού (συνήθως ~ 140 λίτρα την ημέρα), με αποτέλεσμα να απαιτείται η χρήση δοχείου συλλογής του καθαρού νερού. Η απόδοση σε καθαρό νερό στις κλασικές συσκευές αντίστροφης ώσμωσης κυμαίνεται από 15 έως 40 %.

Μοναδική εξαίρεση στα παραπάνω μειονεκτήματα αποτελούν τα πρωτοποριακά συστήματα της DOMETIC-ELECTROLUX που δίνουν 2,5- 4 λίτρα το λεπτό καθαρό νερό συνεχούς ροής, δεν απαιτείται δεξαμενισμός και η απόδοση σε καθαρό νερό κυμαίνεται από 60 έως 80 % [14]



Σχήμα 6 Διαδικασία ώσμωσης [14].



Σχήμα 7 Διαδικασία αντίστροφης ώσμωσης [14].

5.5 ΦΙΛΤΡΑ

Η βιομηχανία κατασκευής μέσων αποστείρωσης και φίλτρων αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές επιχειρήσεις με συνεχή και σταθερή ανάπτυξη. Πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή αποστακτών παρά την απομάκρυνση των βιομηχανικών και αγροτικών ουσιών που μολύνουν το νερό και την αφαίρεση του πλείστου των μικροοργανισμών έχει πολύ αργή διαδικασία, απαιτεί ηλεκτρικό ρεύμα και είναι πολύ δαπανηρή ώστε να εφαρμόζεται σε ειδικές περιπτώσεις. Κάθε μια από τις επιχειρήσεις κατασκευής φίλτρων παράγει προϊόντα που καθαρίζουν το νερό συνήθως με συνδυασμό ορισμένων από τις γνωστές μεθόδους επεξεργασίας πόσιμου νερού. Το τελικό αποτέλεσμα πρέπει να είναι η παροχή εύγευστου και καθαρού νερού χωρίς μικροοργανισμούς, μικρόβια ή ιούς. Οι κυριότερες από αυτές τις συσκευές που γενικά είναι γνωστές με τον όρο φίλτρα, χαρακτηρίζονται ως: φίλτρα καθίζησης, φίλτρα ρητινών, φίλτρα ενεργού άνθρακα, φίλτρα διέλευσης από θαλάμους υπεριώδους ακτινοβολίας, βακτηριοστατικά φίλτρα με ενεργό άνθρακα εμβαιπισμένο σε άργυρο, συσκευές μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης, κεραμικά φίλτρα κτλ. Τα φίλτρα που κυκλοφορούν στο εμπόριο συνδυάζουν συνήθως δυο ή περισσότερες από τις πιο πάνω διαδικασίες διήθησης και αποστείρωσης. Κυκλοφορούν ακόμη και πολύ απλά φίλτρα που συγκρατούν μόνο τις αιωρούμενες ύλες όπως σωματίδια, ίνες, μόρια σκουριάς, διαλυμένη άργιλο και γενικά σχετικά ογκώδη σωματίδια που περιλαμβάνονται στο νερό. Πρέπει να θεωρείται ότι αποτελούν συσκευές τελείως προκαταρκτικής επεξεργασίας και δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως επαρκείς και κατάλληλες συσκευές για παροχή υγιεινού πόσιμου νερού.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυριότερων τύπων φίλτρων.

Φίλτρα αποστείρωσης με ρητίνες.

Συνήθως συνδυάζουν τα φίλτρα ρητίνης με τον ενεργό άνθρακα. Αποτελούν φίλτρα με πολλά στάδια καθαρισμού. Χρησιμοποιούν θάλαμο καθίζησης για την αφαίρεση αιωρούμενων σωματιύων. Οι ρητίνες καταστρέφουν τα βακτηρίδια του νερού, τους ιούς και τα παράσιτα. Ο ενεργός άνθρακας εξασφαλίζει εύγευστο και άοσμο νερό. Τα στερεά τεμάχια άνθρακα απορροφούν τις χημικές ουσίες, τα ζιζανιοκτόνα, τα εντομοκτόνα, τα λιπάσματα και τις άλλες ακαθαρσίες. Ακόμη μπορεί να περιλαμβάνουν και μέσα που απορροφούν το μόλυβδο, τα βαρέα μέταλλα τα νιτρικά άλατα και το σίδηρο. Γενικά είναι απλές κατασκευές που έχουν εύκολη εγκατάσταση, δεν απαιτούν τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Εξασφαλίζουν πόσιμο νερό απαλλαγμένο από μικρόβια, ιούς και παράσιτα ενώ απορροφούν τις περισσότερες από τις επικίνδυνες βιομηχανικές χημικές ουσίες. Αν η στάθμη σιδήρου που περιέχεται στο νερό ξεπερνά τα 5 ppm πρέπει να περιλαμβάνουν ειδικό φίλτρο συγκράτησης του σιδήρου.

Φίλτρα αντίστροφης ώσμωσης.

Περιλαμβάνουν μεμβράνη αντίστροφης ώσμωσης, φυσίγγιο ενεργού άνθρακα και δοχείο ή δεξαμενή συλλογής καθαρού πόσιμου νερού. Το νερό συμπιέζεται και εξαναγκάζεται να περάσει υπό υψηλή πίεση από μια ημιδιαπερατή μεμβράνη. Η μεμβράνη εμποδίζει να περάσουν από αυτήν ορισμένα από τα στοιχεία που μολύνουν το νερό. Το νερό αφού περάσει στη συνέχεια από φίλτρο ενεργού άνθρακα συλλέγεται έτοιμο προς διανομή σε ένα τελικό δοχείο αποθήκευσης. Τα φίλτρα αντίστροφης ώσμωσης ενεργούν σε μολυντικές βιομηχανικές ουσίες και αφαιρούν τα άλατα του νερού. Στα μειονεκτήματα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν αφαιρούν τους μικροοργανισμούς, απαιτούν ιδιαίτερη αντλία για τη συμπίεση του νερού με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, χρειάζονται δεξαμενή συλλογής του νερού στην οποία είναι δυνατό να αναπτυχθούν βακτηρίδια, έχουν υψηλό κόστος συντήρησης και τέλος αφαιρούν ορισμένες ωφέλιμες ορυκτές ουσίες από το νερό.

Φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας και ενεργού άνθρακα.

Χρησιμοποιούν φυσίγγια ενεργού άνθρακα και θάλαμο με φωτισμό υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το νερό διέρχεται από το φίλτρο ενεργού άνθρακα που το κάνει εύγευστο και άοσμο. Στη συνέχεια εκτίθεται σε υπεριώδη ακτινοβολία που καταστρέφει τα περισσότερα από τα βακτηρίδια και τους ιούς. Στα μειονεκτήματά τους πρέπει να αναφερθεί ότι δεν περιορίζουν όλους τους μικροοργανισμούς, και ότι έχουν περιορισμένη ικανότητα απορρόφησης των βιομηχανικών και αγροτικών ουσιών μόλυνσης. Οι κλίνες του ενεργού άνθρακα μπορεί να διευκολύνουν την ανάπτυξη ορισμένων βακτηριδίων, ενώ απαιτούν ηλεκτρικό ρεύμα. Τέλος οι λυχνίες υπεριώδους ακτινοβολίας μπορεί να καλυφθούν με ρύπους που περιορίζουν την απόδοση της ακτινοβολίας χωρίς κάποιου είδους προειδοποίηση.

Βακτηριοστατικά φίλτρα με ενεργό άνθρακα.

Το νερό περνά πρώτα από το φίλτρο ενεργού άνθρακα. Ο άνθρακας που είναι εμβαιπισμένος σε άργυρο λέγεται ότι σταματά την ανάπτυξη βακτηριδίων στις κλίνες άνθρακα. Το νερό γίνεται άοσμο και εύγευστο. Απορροφά το χλώριο και εξασφαλίζει νερό εύγευστο και άοσμο. Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται το γεγονός ότι δε σκοτώνει τα βακτηρίδια και τους άλλους μικροοργανισμούς, περιορίζει την ανάπτυξη των βακτηριδίων αλλά δεν εμποδίζει τη διέλευση βακτηριδίων, ιών και παρασίτων στο επεξεργασμένο νερό. Το νερό περιέχει ίχνη αργύρου που είναι δυνατό να έχουν δυσμενή επίδραση στην υγεία. Έχει περιορισμένη ικανότητα απορρόφησης των επικίνδυνων χημικών, βιομηχανικών ή αγροτικών ουσιών. Η κοκκώδης σύσταση του άνθρακα περιορίζει την αποτελεσματικότητά του. Οι έρευνες που έχουν γίνει δε δείχνουν σημαντική στατιστική διαφορά στον αριθμό των βακτηριδίων που εξουδετερώνονται σε σύγκριση με μονάδες φίλτρων που περιλαμβάνουν μόνο φίλτρο ενεργού άνθρακα.

Κεραμικά φίλτρα.

Περιλαμβάνουν κεραμικό φίλτρο και ενεργό άνθρακα. Το νερό συμπιέζεται ώστε να περάσει από το κεραμικό φίλτρο που έχει πολύ λεπτούς πόρους. Με τον τρόπο αυτό ορισμένες μολυντικές ουσίες δεν περνούν από το σύστημα. Ο ενεργός άνθρακας κάνει το νερό εύγευστο και άοσμο. Αποτελεί φίλτρο που εμποδίζει τη διόδο πολλών μικροοργανισμών. Στα μειονεκτήματα του πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παγιδεύει όλους τους μικροοργανισμούς, έχει περιορισμένη ικανότητα απορρόφησης των χημικών ουσιών, των ζιζανιοκτόνων και των εντομοκτόνων ή άλλων ακαθαρσιών. Αναπτύσσονται βακτηρίδια γύρω από την είσοδο του νερού στην επιφάνεια του κεραμικού φίλτρου που περιορίζουν τη ροή και επιβάλλουν το συχνό καθάρισμα της επιφάνειας αυτής του κεραμικού φίλτρου.

Κεραμική Βιοφίλτραση

Δημιουργείται ένας ιονισμός και περνώντας το νερό από το μαγνητικό της σύστημα αναζωογονείται. Στη συνέχεια το νερό περνάει από κεραμικούς πόρους όπου παρακρατούνται ιοί και μικρόβια με αποτέλεσμα να λαμβάνουμε νερό υψηλής ποιότητας. Το νερό διηθείται για τελευταία φορά από ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα πριν καταναλωθεί [10].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΝΕΡΟΥ

6.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΝΕΡΟΥ

Η δειγματοληψία νερού όσο και αν φαίνεται εύκολη υπόθεση στην πραγματικότητα αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία που χρειάζεται ειδικό εξοπλισμό ώστε να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος και η αποφυγή επιμόλυνσης. Το δείγμα νερού θα πρέπει να αντιπροσωπεύει το νερό από το βάθος το οποίο επιθυμούμε να εξετάσουμε, και να μην επιμολυνθεί με νερό από άλλα βάθη.

6.1.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ 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. Έτσι πρέπει να λαμβάνονται δείγματα από τις δεξαμενές παροχής, από διάφορα σημεία διακλαδώσεων του δικτύου παροχής και από τα τελικά (τερματικά) σημεία των δικτύων όπου πολλές φορές συγκεντρώνεται στάσιμο νερό.

Για την λήψη των δειγμάτων χρησιμοποιούνται φιάλες, συνήθως σκουρόχρωμες, που έχουν πλυθεί και ξεβγαλθεί προσεκτικά με κοινό νερό στην αρχή, με απεσταγμένο νερό μετά και τελικά έχουν αποστειρωθεί σε υγρό κλίβανο στους 121°C για 30 λεπτά ή σε ξηρό κλίβανο για 1 ώρα. Εάν το νερό περιέχει χλώριο χρησιμοποιούνται φιάλες που περιέχουν αναγωγική ουσία σε συγκέντρωση 18mg/l. Έτσι για κάθε φιάλη 100ml πρέπει να προστίθεται πριν από την αποστείρωση 0.1ml από το 1.8w/v διαλύματος της αναγωγικής ουσίας. Η αναγωγική ουσία ουδετεροποιεί οποιοδήποτε απολυμαντικό και προφυλάσσει από την συνεχιζόμενη αντιμικροβιακή του δράση κατά την διάρκεια της μεταφοράς του δείγματος. Έτσι ο αριθμός και τα είδη των μικροοργανισμών που θα μετρηθούν θα αντιπροσωπεύουν τον πραγματικό μικροβιακό πληθυσμό του δείγματος.

Εάν το νερό περιέχει χαλκό ή άλλα βαρέα μέταλλα τότε στις φιάλες προστίθεται EDTA που ελαττώνει την τοξικότητα τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα απαραίτητο όταν το νερό βρίσκεται σε συνθήκες μεταφοράς για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 4 ωρών. Η φιάλη συλλογής του δείγματος διατηρείται κλειστή μέχρι την στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί. Αφαιρείται το πώμα με μεγάλη προσοχή για να αποφευχθεί η μόλυνση. Καλό είναι το πώμα να επικαλύπτεται πριν την αποστείρωση με αλουμινόχαρτο ή λαδόκολλα, το οποίο θα παραμένει μέχρι το τέλος των μικροβιολογικών αναλύσεων.

Η αποστείρωση της βρύσης με φλόγα δεν θεωρείται από όλους απαραίτητη. Πολλοί θεωρούν ότι η αποστείρωση με φλόγα έχει πολύ περιορισμένο αποτέλεσμα εκτός αν εφαρμοστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα οπότε κινδυνεύει να καταστρέψει την βρύση. Μεγαλύτερο κίνδυνο επιμόλυνσης έχει το δείγμα από τις φλάντζες παρά από την βρύση αυτή καθαυτή, πλην οριακών καταστάσεων. Αφήνουμε το νερό να τρέξει για 2-3 λεπτά ώστε να έχουμε ομοιογενές δείγμα. Δεν αφήνουμε το νερό να τρέξει σε ειδικές περιπτώσεις που θέλουμε να ελέγξουμε τον αποικισμό σωλήνων ή βρυσών με παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως στην περίπτωση δειγματοληψίας για *Legionella*. Δεν επιτρέπουμε ροή με μεγάλη πίεση για να μην επιμολυνθεί το δείγμα με σταγονίδια.

Εάν στη βρύση έχει προσαρμοσθεί φίλτρο κάθαρσης νερού θα πρέπει να αφαιρείται οπωσδήποτε πριν από την λήψη. Σε περιπτώσεις πλαστικών βρυσών πρέπει να καθαρίζονται με βαμβακαφόρο στυλέο εμποτισμένο σε διάλυμα 1:10 χλωρίνης εμπορίου. Αφήνεται να δράσει το διάλυμα χλωρίου για 3 λεπτά και στη συνέχεια το νερό αφήνεται να τρέξει 5 λεπτά. Έπεται η συλλογή του δείγματος στη φιάλη. Η φιάλη δεν πρέπει να είναι τελείως γεμάτη για

να μπορεί να αναδευτεί πριν την μικροβιολογική ανάλυση (2.5εκ. κενό μέρος τουλάχιστον) και ταχύτατα τοποθετείται το πώμα. Ο όγκος και η ταχύτητα ροής του νερού πρέπει να είναι καθορισμένη και σταθερή.

Ο όγκος του δείγματος δεν πρέπει να είναι λιγότερος από 200ml. Για μια ανάλυση ρουτίνας χρειάζονται 250 ml δείγματος και για την ανίχνευση παθογόνων βακτηρίων τουλάχιστον 1L δείγματος.

Επί της φιάλης τοποθετείται ετικέτα όπου αναγράφεται η ημερομηνία δειγματοληψίας, ο τόπος συλλογής, το είδος λήψης και άλλα απαραίτητα στοιχεία. Καλό είναι τα δείγματα να συνοδεύονται από ειδικό Δελτίο Δειγματοληψίας, στο οποίο αναγράφονται με μεγαλύτερες λεπτομέρειες τα χαρακτηριστικά του δείγματος και οι συνθήκες δειγματοληψίας.

Η τοποθέτηση των φιαλών σε φορητό ψυγείο για την μεταφορά στο εργαστήριο, εάν δεν μπορούν να φθάσουν στο εργαστήριο μέσα σε 1 ώρα, θεωρείται απαραίτητη. Τα δείγματα που φθάνουν στο εργαστήριο τοποθετούνται στο ψυγείο του εργαστηρίου και καλλιεργούνται, αν είναι δυνατόν εντός 2 ωρών. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην δειγματοληψία και την μικροβιολογική ανάλυση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24h, και πρέπει να γίνεται προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, κυρίως για ευτροφικά ή πολύ ρυπασμένα δείγματα.

Οι δεξαμενές και οι πυργίσκοι συλλογής νερού εύκολα υπόκεινται σε ρυπάνσεις, γι' αυτό οι δειγματοληψίες νερού θα πρέπει να γίνονται συχνά από τις βρύσες που υπάρχουν για το λόγο αυτό στις δεξαμενές και τους πυργίσκους. Η δειγματοληψία των επιφανειακών νερών πρέπει να γίνεται σε βάθος 30cm από την επιφάνεια. Τέλος η δειγματοληψία από πηγάδια πρέπει να γίνεται από την κύρια έξοδο πριν από την είσοδο του νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης. Το δείγμα πρέπει να λαμβάνεται με αποστειρωμένη φιάλη στην οποία δεν έχει προστεθεί αναγωγική ουσία[4].

Συχνότητα δειγματοληψιών

Η συχνότητα των δειγματοληψιών σε ένα δίκτυο ύδρευσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η αρχική ποιότητα του νερού στην πηγή, ο τρόπος απολύμανσης, ο όγκος του παρεχόμενου νερού, η ηλικία του δικτύου και το μέγεθος του πληθυσμού που υδρεύεται. Ειδικά εκπαιδευμένο υγειονομικό προσωπικό θα αποφασίσει κατά περίπτωση.

Σε δίκτυα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα ο αριθμός των δειγματοληψιών νερού ανά έτος εξαρτάται από τον πληθυσμό που αυτό τροφοδοτεί όπως φαίνεται στον πίνακα 9 [4].

Πίνακας 9. Αριθμός δειγματοληψιών/έτος συναρτήσει του τροφοδοτούμενου πληθυσμού.

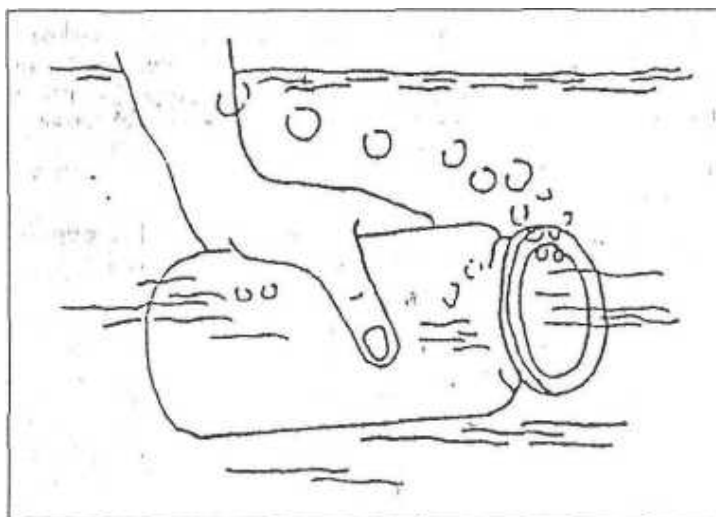
Όγκος νερού που παράγεται ή διανέμεται M ³ /μέρα	Πληθυσμός που τροφοδοτείται	Αριθμός δειγματοληψιών ανά έτος
2000	10000	12
10000	50000	60
20000	100000	120
30000	150000	180
60000	300000	360
100000	500000	360
200000	1000000	360
1000000	5000000	360

6.1.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η δειγματοληψία νερού για την αξιολόγηση της ποιότητας των ακτών κολύμβησης πρέπει να γίνεται από σταθερά σημεία της ακτής, τα οποία έχουν επιλεγεί μετά από επιτόπια υγειονομική εξέταση και ανάλογα με χαρακτηριστικά της ακτής όπως μέγεθος, πιθανές πηγές ρύπανσης, μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, και αριθμός λουομένων. Ένας μέσος όρος απόστασης μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας στην ίδια ακτή είναι 250 m. Σύμφωνα με την ισχύουσα Υγειονομική Νομοθεσία η ποιότητα του νερού σε

κάποιο σημείο της ακτής αξιολογείται από το σύνολο των αποτελεσμάτων μιας σειράς δειγμάτων που λαμβάνονται ανά δεκαπενθήμερο κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Απρίλιος - Οκτώβριος). Έτσι έχει μεγάλη σημασία η δειγματοληψία να γίνεται με πολύ συστηματικό τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η διακύμανση των αποτελεσμάτων λόγω διαφοροποιήσεων στη δειγματοληψία. Η ώρα της ημέρας, το βάθος από το οποίο παίρνονται τα δείγματα και η ίδια η μέθοδος της δειγματοληψίας πρέπει να διαφέρουν ελάχιστα σε όλη την σειρά των δειγμάτων που λαμβάνονται από το ίδιο σημείο κατά την διάρκεια του έτους.

Η ώρα της δειγματοληψίας στο ίδιο σημείο δεν πρέπει να ποικίλει πάνω από δύο ώρες. Η ώρα της δειγματοληψίας πρέπει να καθορίζεται από παράγοντες όπως η ώρα αιχμής της κολύμβησης και η ώρα αποβολής λυμάτων από μονάδες βιολογικού καθαρισμού ξενοδοχείων, εστιατορίων κλπ της περιοχής. Η δειγματοληψία στις ακτές κολύμβησης πρέπει να γίνεται σε απόσταση από την ακτή όπου το νερό έχει βάθος ένα περίπου μέτρο. Η φιάλη δειγματοληψίας βυθίζεται σε βάθος 20-30cm κάτω από την επιφάνεια του νερού. Το στόμιο της φιάλης πρέπει να βρίσκεται σε αντίθετη φορά από τον βραχίονα του δειγματολήπτη, ώστε τα χέρια του να μην ξεπλένονται μέσα στην φιάλη (Σχήμα 8).

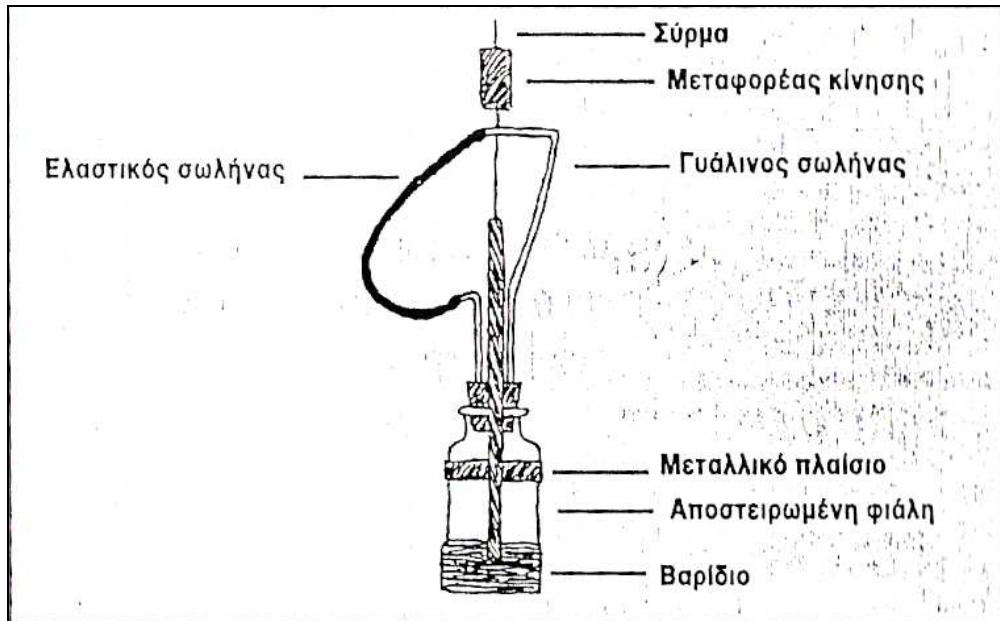


Σχήμα 8: Δειγματοληψία με το χέρι [4].

Αν οι ακτές είναι βραχώδεις τότε ειδικές συσκευές δειγματοληψίας χρησιμοποιούνται ώστε να εξασφαλίζεται η στεριότητα της φιάλης (Σχήμα 9). Θα ήταν σκόπιμο η δειγματοληψία να αρχίζει από τα καθαρότερα σημεία και να προχωρεί προς σημεία με μεγαλύτερο αναμενόμενο μικροβιακό φορτίο. Με αυτόν τον τρόπο τα μολυσμένα δείγματα θα παραμείνουν λιγότερο χρόνο σε συνθήκες μεταφοράς κατά τις οποίες πιθανόν να επέλθει κάποια μείωση του μικροβιακού τους φορτίου.

Η επιλογή και προετοιμασία της φιάλης δειγματοληψίας καθώς και οι διαδικασίες συντήρησης και μεταφοράς των δειγμάτων στο εργαστήριο, ώστε να μην επηρεάζεται το μικροβιολογικό φορτίο του δείγματος από εξωγενείς παράγοντες, είναι ίδιες με του πόσιμου νερού.

Σε περιπτώσεις που ζητείται μικροβιολογική ανάλυση της άμμου της ακτής η δειγματοληψία γίνεται από την υγρή άμμο, στο σημείο που συνήθως παίζουν τα παιδιά [4].



Σχήμα 9. Δειγματοληψία με ειδική συσκευή [4].

6.2 ΤΥΠΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΩΝ

Υπάρχουν πολλοί τύποι δειγματοληπτών που συνήθως έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό. Αποτελούνται από έναν κατακόρυφο κυλινδρικό σωλήνα που διαθέτει δύο καπάκια στα δύο του άκρα. Ο δειγματολήπτης κατεβαίνει στο επιθυμητό βάθος ανοικτός και από τα δύο του άκρα ώστε το νερό να μπαινοβγαίνει καθώς βυθίζεται. Στο επιθυμητό βάθος δειγματοληψίας ενεργοποιούμε τα καπάκια από τη επιφάνεια και ο δειγματολήπτης κλείνει ερμητικά. Η ενεργοποίηση γίνεται είτε με μηχανικό τρόπο, όπου ένα βαρίδιο που αγκαλιάζει τα συρματοσχοινο ανάρτησης απελευθερώνεται από την επιφάνεια και όταν φθάσει στον δειγματολήπτη χτυπά μια σκανδάλη η οποία κλείνει τα καπάκια, είτε η ενεργοποίηση γίνεται με ηλεκτρική βαλβίδα. Παρακάτω φαίνονται μερικοί τύποι δειγματοληπτών.



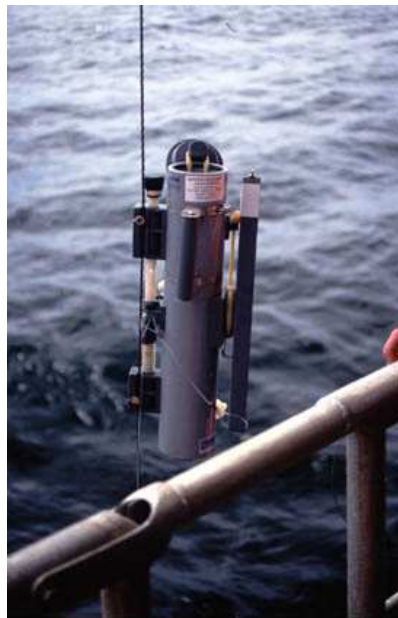
Δειγματολήπτης Van Dorn Bottle



Δειγματολήπτης *Nansen*



Δειγματολήπτης *C-Type (Allen Bottle)*



Δειγματολήπτης *Niskin*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

7.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ (MPN)

Η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (*Most Probable Numbers*) για την καταμέτρηση των βακτηρίων στο νερό σχετίζεται με την εξής αρχή:

Καθορισμένες ποσότητες νερού μιας ή περισσότερων αραιώσεων προστίθενται σε σειρές σωλήνων οι οποίες περιέχουν ένα θρεπτικό ζωμό. Συνήθως έχουμε τόσες σειρές σωλήνων όσες και οι δεκαδικές αραιώσεις τις οποίες κάνουμε. Κάθε σειρά σωλήνων εμβολιάζεται με δείγμα της ίδιας αραιώσης. Θεωρείται ότι κατά τον εμβολιασμό κάθε σωλήνας θα δεχθεί, μαζί με το δείγμα του νερού, τον μικροοργανισμό - στόχο της ανάλυσης. Ο μικροοργανισμός αυτός θα επιφέρει ειδικά χαρακτηριστικά αλλοίωσης της μορφής του ζωμού π.χ. θολερότητα, αλλαγή χρώματος, παραγωγή αερίου κ.λ.π. . Για να έχουμε τον πιο πιθανό αριθμό (MPN) μικροοργανισμών – στόχων ανά μονάδα όγκου (συνήθως 100ml) πρέπει η ανάλυση να επιδείξει αρνητικούς και θετικούς σωλήνες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συνήθως επιβεβαιώνονται με ανακαλλιέργεια των θρεπτικών σωλήνων σε επιβεβαιωτικά, υγρά ή στερεά, θρεπτικά υποστρώματα.

Ο πιθανός αριθμός στα 100ml δείγματος που ελέγχεται δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{MPN}/100\text{ml} = \frac{\text{αριθμός θετικών σωλήνων} * 100}{\text{ml δείγμ. στους αρνητ. σωλήνες} * \text{ml δείγμ. σ'όλους τους σωλήνες}}$$

Η μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων έχει ένα μεγάλο "λάθος δείγματος". Για παράδειγμα όταν χρησιμοποιούνται 11 σωλήνες ή 9 σωλήνες ή 15 σωλήνες ή περισσότεροι, τα όρια αξιοπιστίας της μεθόδου διαφέρουν και όσο λιγότεροι είναι οι σωλήνες τόσο μεγαλώνουν. Επίσης είναι πιθανόν ο πραγματικός αριθμός των μικροοργανισμών να μην περιέχεται στα όρια της αξιοπιστίας.

Άλλα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι ο μικρός όγκος του εξεταζόμενου νερού και τα ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα που οφείλονται κυρίως στην κάλυψη της παραγωγής αερίου από τον τροφικό ανταγωνισμό των μη κολοβακτηριοειδών [4].

7.2 MF Τεχνική (ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ ΔΙΑ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ)

Η τεχνική MF (*membrane filters*) γίνεται αποδεκτή παγκοσμίως ως αποτελεσματική μέθοδος για τα διαλύματα ύδατος για μικροβιακή ή μοριακή μόλυνση. Εγκρίνεται από το πρακτορείο Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. EPA) και άλλες συγκρίσιμες αντιπροσωπείες σε όλο τον κόσμο για την παρουσία των *Total* και *Fecal Coliforms* στο πόσιμο νερό. Η τεχνική MF είναι επίσης χρησιμοποιημένη σε ποικίλες βιομηχανίες για αριθμήσεις καλλιέργειας ετεροτροφικών μικροβίων, αριθμήσεις μυκήτων, και για την απομόνωση των συγκεκριμένων οργανισμών όπως *E. COLI, sp. pseudomonas* και *Lactobacillus sp.* Απαιτώντας το λιγότερο χρόνο προετοιμασιών από πολλές άλλες παραδοσιακές μεθόδους, η τεχνική MF επιτρέπει την απομόνωση και απαρίθμηση των μικροοργανισμών παρέχοντας τις πληροφορίες παρουσίας ή απουσίας σε λιγότερο από 24 ώρες.

Χρησιμοποιώντας την τεχνική MF, 100 mL από το δείγμα περνούν μέσω ενός φίλτρου με διάμετρο πόρων τέτοια που να κατακρατεί τους προς έλεγχο

•Επιτρέπει την απομάκρυνση των ανασταλτικών ή βιοκτόνων [15].

7.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΟΕΙΔΗ (coliforms bacteria)

A. Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (MPN)

α. Ολικά κολοβακτηριοειδή (total coliforms) – Δοκιμασία υποψίας Εμπλουτισμός:

Χρησιμοποιείται ο θρεπτικός ζωμός *Lauryl Tryptose* που περιέχει λακτόζη. Μέσα στο σωλήνα με το θρεπτικό υπόστρωμα υπάρχει ανεστραμμένος σωληνίσκος (*Durham*) για την εξακρίβωση της παραγωγής αερίου.

Εμβολιασμός:

1η σειρά: 10ml ζωμού διπλής πυκνότητας με 10ml δείγματος

2η σειρά: 10ml ζωμού μονής πυκνότητας με 1 ml δείγματος

3η σειρά: 10ml ζωμού μονής πυκνότητας με 0.1 ml δείγματος

Επώαση: 36°C±1/24 ώρες

Αποτέλεσμα: Καταμέτρηση των θετικών σωλήνων (παρουσία θολερότητας και ύπαρξη αερίου στα ανεστραμμένα σωληνάρια). Εξαγωγή αποτελέσματος από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων.

Παρατήρηση: Στο θαλάσσιο νερό δεν χρησιμοποιείται ζωμός διπλής πυκνότητας. Στην πρώτη σειρά χρησιμοποιούνται σωλήνες με 10ml ζωμού μονής πυκνότητας τα οποία εμβολιάζονται με 1 ml δείγματος [4].

β. Ολικά κολοβακτηριοειδή – Δοκιμασία επιβεβαίωσης

Ζωμός με άλατα χολής και λακτόζη (*Brilliant Green Lactose Broth*). Τα άλατα αυτά αναστέλλουν την ανάπτυξη άλλων, εκτός των κολοβακτηριοειδών μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό, ενώ τα κολοβακτηριοειδή παράγουν αέριο από την ζύμωση της λακτόζης. Στο σωλήνα υπάρχει και ανεστραμμένο σωληνάριο.

Εμβολιασμός: Οι θετικοί σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας ανακαλλιεργούνται σε σωλήνες που περιέχουν 10ml του θρεπτικού ζωμού.

Επώαση: 36°C±1/24 ώρες

Αποτέλεσμα: Το αποτέλεσμα θεωρείται θετικό όταν παρατηρείται θολερότητα στον θρεπτικό ζωμό και αέριο στο ανεστραμμένο σωληνάριο. Η δοκιμασία αυτή επιβεβαιώνει την ύπαρξη κολοβακτηριοειδών στο εξεταζόμενο δείγμα. Εξαγωγή αποτελέσματος από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων [4].

γ. Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (*faecal coliforms*) – Διαφοροποιητική δοκιμασία

Εμβολιασμός: Από τους θετικούς σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας ανακαλλιεργούνται σωλήνες που περιέχουν 10ml θρεπτικού ζωμού *EC*. Στο ISO 9308-2:1990(E). Άλλα προτεινόμενα θρεπτικά υλικά είναι: τα *Brilliant Green Lactose (bile) broth*, *Lauryl-Tryptose-Mannitol broth* με τρυπτοφάνη.

Επώαση: 44.5°C±0.2/24 ώρες

Αποτέλεσμα: Η θολερότητα του ζωμού και η παρουσία αερίου στο ανεστραμμένο σωληνάριο θεωρείται ως θετικό αποτέλεσμα και σημαίνει την ύπαρξη κοπρανώδων κολοβακτηριοειδών. Εξαγωγή αποτελέσματος από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων [4].

Ανίχνευση *E. Coli*

Από τους θετικούς σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας, συγχρόνως με τους σωλήνες που προορίζονται για την διαφοροποιητική δοκιμασία για κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή, εμβολιάζεται ζυμός τρυπτόνης.

Επώαση: 44.5±0.2°C/24 ώρες.

Ανάγνωση: Σε κάθε σωλήνα προστίθεται 1 σταγόνα αντιδραστηρίου *Konacs*. Η δημιουργία κόκκινου δακτυλίου στο σημείο επαφής του αντιδραστηρίου *Konacs* με το ζυμό και σημαίνει παρουσία *E. coli*, οφείλεται στην παραγωγή ινδόλης από τρυπτοφάνη. Οι θρεπτικοί ζυμοί *Lauryl-Tryptone-Mannitol broth* και *Lactose-Tryptone-Lauryl Sulphate broth* για την ανίχνευση των κοπρανοειδών κολοβακτηριοειδών μπορούν να υποδεχθούν το αντιδραστήριο *Konacs*. Η χρησιμοποίηση αυτών των ζυμών προσφέρει το πλεονέκτημα της παρασκευής ενός μόνο σωλήνα αντί δύο, για την ανίχνευση και των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών και της *E. Coli*. Εξαγωγή αποτελέσματος γίνεται από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων [4].

A1. Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση πλακών μικροτιλοδότησης

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται προς το παρόν μόνο για την ανίχνευση *E.coli* ή εντεροκόκκων στο νερό.

Η μέθοδος στηρίζεται στην ανίχνευση ενός ενζύμου της *E.coli* ή των εντεροκόκκων, των οποίων το υπόστρωμα βρίσκεται, σε αφυδατωμένη μορφή, επικολλημένο στα πηγάδια των μικροπλακών. Με την παρουσία του ενζύμου το υπόστρωμα απελευθερώνει μια φθορίζουσα ουσία, ορατή στο υπεριώδες φως. Μια στατιστική ανάλυση που στηρίζεται στον νόμο του Poisson, επιτρέπει, μετά την ανάγνωση της μικροπλάκας, να δοθεί ο πιθανός αριθμός cfu/100 ml στο δείγμα.

Για την *E.coli* το ένζυμο που ανιχνεύεται είναι η β-*Glucuronidase* η οποία υπάρχει στο 95% των στελεχών *E.coli* και το υπόστρωμα στο εσωτερικό των πηγαδιών είναι το 4-*methylumbelliferyl* β-D- glucuronide (MUG).

Για τους εντεροκόκκους το ένζυμο που ανιχνεύεται είναι η *Glucosidase* η οποία υπάρχει στα περισσότερα είδη εντεροκόκκων. Το υπόστρωμα στο εσωτερικό των πηγαδιών είναι το 4-*methylumbelliferyl* β-D-*glucoside* (MUD) [4].

B. Μέθοδος διήθησης

Διήθηση 100ml νερού ή αραιώσεων ανάλογα με το επίπεδο ρύπανσης. Η μεμβράνη τοποθετείται στην επιφάνεια του θρεπτικού υποστρώματος ή απορροφητικού χαρτιού (*Whatman paper no 1*) κεκορεσμένου με εκλεκτικό θρεπτικό ζυμό.

Επώαση: Τα τρυβλία επωάζονται στους 36°C±1/24 h για τα ολικά κολοβακτηριοειδή και 44.5±0.2°C/24 h για τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και την *E. coli*.

Παρατήρηση: Σύμφωνα με τις οδηγίες του ISO η επώαση των μεμβρανών γίνεται υπό αερόβιες συνθήκες. Έχει όμως παρατηρηθεί ότι η επώαση σε αναερόβιες συνθήκες αναστέλλει την υπέρμετρη ανάπτυξη οξειδάση θετικών βακτηρίων τα οποία υπερκαλύπτουν τις αποικίες των κολοβακτηριοειδών.

Προκαταρκτικό αποτέλεσμα: Καταμέτρηση υπόπτων αποικιών:

m-Endo : αποικίες κόκκινες με μεταλλική χροιά. Η μεταλλική χροιά μπορεί να καλύπτει όλη την αποικία ή μόνον το κέντρο ή την περιφέρεια.

mLSA: αποικίες κίτρινες.

Lactose TTC με *Tergitol*: κίτρινες, πορτοκαλί ή κεραμιδί αποικίες, οι οποίες δημιουργούν κίτρινη άλω στην επιφάνεια του θρεπτικού υποστρώματος.

LES Endo agar: σκούρο κόκκινο χρώμα με μεταλλική χροιά.

mFC: μπλε και γκρι-μπλε αποικίες.

Επιβεβαιωτική δοκιμή: Ανακαλλιέργεια 5 τυπικών αποικιών σε σωλήνες που περιέχουν ζωμό *Lauryl Tryptose* με ανεστραμμένα σωληνάρια *Durham* ή άλλο θρεπτικό ζωμό για την ανίχνευση των ολικών κολοβακτηριοειδών. Επί θετικού αποτελέσματος συνεχίζεται η διαφοροποιητική δοκιμή [4].

Γ. Έλεγχος των δεικτών *E. coli* με μοριακές τεχνικές

Τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή είναι ένας δείκτης παρουσίας κοπρανώδους ρύπανσης του νερού και πιθανής παρουσίας εντεροπαθογόνων σε αυτό. Η παραδοσιακή τεχνική για την απομόνωση των μικροοργανισμών αυτών από το νερό είναι η καλλιεργητική μέθοδος που στηρίζεται στην εκλεκτική απομόνωση των *Gram*-αρνητικών βακτηριδίων τα οποία ζυμώνουν την λακτόζη στην υψηλή θερμοκρασία των $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$.

Ωστόσο, την παραπάνω μέθοδο συνοδεύουν ορισμένα μειονεκτήματα όπως π.χ. η μη ανάπτυξη στις καλλιέργειες των μειωμένης ζωτικότητας κολοβακτηριοειδών (μη καλλιεργήσιμα βακτήρια) που υπάρχουν στο ολιγοτροφικό υδάτινο περιβάλλον, τον παρατεταμένο χρόνο (ημέρες) που απαιτείται για την ολοκλήρωση της καλλιέργειας, την χρήση υλικών με περιορισμένη εκλεκτικότητα καθώς και την πιθανότητα να μην διατηρηθούν ζωντανά τα μικροβιακά κύτταρα μεταξύ της δειγματοληψίας και της αρίθμησης τους [4].

Δ. Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους (*coliphages*)

Οι κολιφάγοι είναι βακτηριοφάγοι ιοί που μολύνουν και πολλαπλασιάζονται στο κύτταρο των κολοβακτηριοειδών. Η παρουσία τους στο νερό συσχετίζεται με την ύπαρξη κολοβακτηριοειδών. Οι κολιφάγοι αποτελούν δείκτη της υγειονομικής ποιότητας του νερού.

Μέθοδος ανίχνευσης.

Ένα ml εναιωρήματος κολοβακτηριδίων (10^9 κύτταρα *E.coli*) προστίθενται σε δοκιμαστικό σωλήνα στο οποίο υπάρχουν 5ml νερού και 0.08 ml *Modified Trypticase Soy Agar*, το οποίο διατηρείται σε θερμοκρασία 45°C . Το μείγμα μετά από ανάμειξη τοποθετείται σε τρυβλίο Petri και αφήνεται να πήξει.

Επώαση: $36^\circ\text{C}/4-6$ ώρες.

Ανάγνωση: Καταμετρούνται οι αναφαινόμενες πλάκες που δημιουργούνται από την λύση των κυττάρων των κολοβακτηριοειδών που έχουν μολυνθεί. Η εκτίμηση των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών με βάση την αρίθμηση των βακτηριοφάγων δίδεται από τους παρακάτω τύπους:

Ολικά κολοβακτηριοειδή:

$$\log \text{ολικών Κολ/δών}/100\text{ml} = 0.627 \times (\log \text{κολιφάγων}/100\text{ml}) + 1.864.$$

Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή:

$$\log \text{κοπρανωδών κολ/δών}/100\text{ml} = 0.805 \times (\log \text{κολιφάγων}/100\text{ml}) + 0.895 [4].$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] www_water_idx_gr - Χρήσιμες πληροφορίες για το Νερό, Αποθέματα, Κατανάλωση, ΕΥΔΑΠ.htm
- [2] <http://ecoserver.imbb.forth.gr/microbiology/ch1.htm>
- [3] 3lyk-argyr.att.sch.gr/arg/glyk/gl01_1_2.htm - 7k
- [4] Μαυρίδου Α. και Παπαπετροπούλου Μ. Μικροβιολογία Υδάτινου Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Π.Τράυλος-Ε.Κωσταράκη.
- [5] http://www.medlook.net.cy/article.asp?item_id=1812#top
- [6] <http://www.alithia.gr/newspaper/2005/10022005/10022005,8796.html>
- [7] www.agelioforos.gr/agelioforos.gr/archive/article.asp?date=8/7/2005&page=16 - 26k
- [8] <http://www.airclima.gr/index.sintirisi>.
- [9] <http://www.iatrotek.org/ioArt.asp>
- [10] http://www.ktirio.gr/gr_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORY_CODE=13&RTHRO_NAME=76-43.TXT
- [11] www.temak.gr/b303.htm - 7k –
- [12] www.patris.gr/articles/22574/5281 - 31k -
- [13] <http://www.delcof.gr/technic.html>
- [14] <http://www.water-air.gr/default.aspx?content=pages&cid=460&lid=1>
- [15] <http://www.pall.com/laboratory.asp>