



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα μελέτης: « Μικροβιολογικές τεχνικές αναλύσεις υδάτων »

Ονοματεπώνυμο φοιτήτριας: Αντέσχου Άννα-Μαρία

A.E.M: 3020129

**Ονοματεπώνυμα Διδασκόντων:Επίκουρος Κακάβας Κωνσταντίνος,
Λαμπρονίκου Μαρίνα ΕΤΠ**

Ακαδημαϊκό έτος: 2023-2024

Πόλη: Λάρισα



SCHOOL OF TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

SENIOR THESIS

Subject of study: « Microbiological technical analysis of water »

Students name: Anteschou Anna-Maria

A.E.M: 3020129

Teacher's names: Assistant Professor Kakavas Konstantinos,

Lampronikou Marina Technical personel

Academic year: 2023-2024

City: Larisa

Περιεχόμενα

Πίνακας Εικόνων:	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	10
Κεφάλαιο 1^ο: Το νερό	12
1.1.Εισαγωγή	12
1.2.Φυσικοχημικές ιδιότητες νερού	12
Διαλυτική ικανότητα	13
Θερμοχωρητικότητα.....	13
Δυνάμεις συνοχής και συνάφειας.....	13
Πυκνότητα	13
Διάσταση νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου	13
Διηλεκτρική σταθερά	14
1.3.Το Νερό	14
1.4.Θεσμικό πλαίσιο Ελλάδας	15
1.5.Παράμετροι ελέγχου νερού.....	16
1.6.Πόσιμο νερό.....	17
1.7. Περιβάλλον και νερό	18
1.8.Πηγές νερού	19
Θαλασσινό νερό	19
Υπόγειο νερό.....	20
Επιφανειακό νερό	20
1.9.Ρύπανση και μόλυνση υδάτων	21
Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία	22
2.1 Μεθοδολογία ανάπτυξης της εργασίας.....	22
2.2. Δείγμα έρευνας.....	22
Κεφάλαιο 3. Χημική ανάλυση.....	23
3.1. Χημική σύσταση νερού	23
3.2. Χημικές ιδιότητες νερού	24
3.3. Ανάλυση χημικών ιδιοτήτων νερού.....	24
Οξύτητα (pH).....	24
Στερεές ουσίες.....	25
Θολότητα	25

Προσρόφηση Νατρίου	25
Δείκτες ποιότητας νερού.....	26
Οργανικά συστατικά.....	28
Ανόργανα συστατικά	29
Αμμωνία.....	30
Άζωτο (νιτρώδη και νιτρικά ιόντα)	30
Φώσφορος.....	30
Διαλυμένο οξυγόνο	30
Χλώριο.....	30
Υπολειμματικό χλώριο	31
Θειικά ιόντα	31
Κάλιο	31
Νάτριο	31
Ασβέστιο.....	32
Μαγνήσιο.....	32
Ιχνοστοιχεία	32
Κεφάλαιο 4. Μικροοργανισμοί	33
4.1. Μικροβιολογία	33
4.2. Μικροοργανισμοί	33
4.3. Ανάλυση των μικροοργανισμών	34
Βακτήρια.....	34
Μύκητες.....	34
Μικροφύκη	35
Πρωτόζωα.....	36
Ιοί	37
4.4. Μικροβιολογικές αναλύσεις υδάτων	38
4.5. Μικροοργανισμοί στα ύδατα.....	39
Πόσιμο νερό ή ύδρευσης	40
Εμφιαλωμένο νερό	40
Θαλασσινό νερό	40
Νερά κολυμβητικών δεξαμενών	40
Νερά λιμνών.....	40
Νερά ποταμών.....	40
1. Ολικά κολοβακτηριοειδή.....	41

2. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	41
3. Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι	41
4. Θειοαναγωγικά κλωστρίδια	41
5. Σύνολο βακτηριδίων στο πόσιμο νερό	41
6. Καταμέτρηση βακτηριδίων στους	41
7. Καταμέτρηση βακτηριδίων στους	41
Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total Coliforms)	41
Κοπρανώδη Κολοβακτηριοειδή (Faecal Coliforms)	42
Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (Faecal streptococci)	43
Εντερόκοκκος (Enterococcus)	44
Ψευδομόναδα πυοκυανική (Pseudomonas aeruginosa)	45
Σταφυλόκοκκος χρυσίζων (Staphylococcus aureus)	47
Ολική μεσόφιλη μικροχλωρίδα (OMX)	48
Θειοαναγωγικά κλωστρίδια (Clostridium perfringens)	49
4.6. Νομοθεσία των υδάτων	51
4.7. Υδατογενείς λοιμώξεις και παθογόνα βακτήρια	52
Escherichia coli (E.coli)	54
Σιγκέλλα spp (Shigella)	55
Vibrio cholerae (Δονάκιο Χολέρας)	56
Καμπυλοβακτήρια (Campylobacter)	57
Σαλμονέλα spp (Salmonella)	58
Λεγιονέλλα (Legionella)	59
Κεφάλαιο 5. Μικροβιολογικοί μέθοδοι.....	61
5.1. Μέθοδοι ανάλυσης υδάτων	61
5.2. Ιστορική αναδρομή μεθόδου διήθησης δια μεμβράνης	61
Μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης (Membrane filters- MF)	61
Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (Most Probable Numbers- MPN)	63
Μέθοδος ενσωμάτωσης (pour plate)	65
5.3. Τεχνικές αναλύσεις των δεικτών ρύπανσης του νερού	66
Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών (δοκιμασία υποψίας εμπλουτισμός)	67
Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών (δοκιμασία επιβεβαίωσης)	68
Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών (διαφοροποιητική δοκιμασία)	68

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος για ανίχνευση E.coli.....	69
Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση πλακών μικροτιτλοδότησης	70
Ανίχνευση σπορογόνων θειοαναγωγικών βακτηρίων ή κλωστριδίων	71
Ανίχνευση και αρίθμηση ψευδομονάδας πυοκυανικής	72
Έλεγχος δεικτών E. Coli με μοριακές τεχνικές.....	73
Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους (coliphages)	75
Συμπεράσματα	76
Βιβλιογραφία	77
Βιβλιογραφία εικόνων	82

Πίνακας Εικόνων:

Εικόνα 1: Υδρολογία νερού.....	19
Εικόνα 2: Απεικόνιση δεσμών υδρογόνου	24
Εικόνα 3: Απεικόνιση ωφέλιμων και μη βακτηρίων.....	34
Εικόνα 4: Δομή ενός μύκητα	35
Εικόνα 5: Μικροφύκη	36
Εικόνα 6: Μικροσκοπική απεικόνιση ενός πρωτόζωου	37
Εικόνα 7: Μορφή ενός ιού.....	38
Εικόνα 8: Παρατήρηση αποικιών ολικών κολοβακτηριοειδών	42
Εικόνα 9: Παρατήρηση καλλιέργειας κολοβακτηριοειδών κοπράνων	43
Εικόνα 10: Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι.....	44
Εικόνα 11: Απεικόνιση εντερόκοκκου	45
Εικόνα 12: Καλλιέργειες πυοκυανικής ψευδομονάδας	46
Εικόνα 13: Ψευδομονάδα πυοκυανική.....	47
Εικόνα 14: Καλλιέργειες χρυσίζων σταφυλόκοκκου	48
Εικόνα 15: Ολική μεσόφιλη μικροχλωρίδα	49
Εικόνα 16: Ανάλυση σε μικροσκόπιο του Clostridium perfringens.....	50
Εικόνα 17: Clostridium perfringens	50
Εικόνα 18: Escherichia coli	54
Εικόνα 19: Απεικόνιση καλλιέργειας Escherichia coli	55
Εικόνα 20: Απεικόνιση Σιγκέλλας.....	56
Εικόνα 21: Vibrio cholerae biofilm.....	57
Εικόνα 22: Μικροσκοπική παρατήρηση Vibrio cholerae.....	57
Εικόνα 23: Καμπυλοβακτήριο	58
Εικόνα 24: Μικροσκοπική ανάλυση Salmonellas typhi.....	59
Εικόνα 25: Απεικόνιση καλλιέργειας λεγιονέλλας	60
Εικόνα 26: Σχηματική απεικόνιση λεγιονέλλας	60
Εικόνα 27: Ανάλυση τεχνικής διήθησης δια μεμβράνης.....	62

Εικόνα 28: Απεικόνιση τεχνικής πολλαπλών σωλήνων.....	64
Εικόνα 29: Διαδικασία μεθόδου ενσωμάτωσης.....	65
Εικόνα 30: Διαδικασία μεθόδου πολλαπλών σωλήνων	67
Εικόνα 31: Διαφορά ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών	68
Εικόνα 32: Μικροβιολογική ανάλυση των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών.....	69
Εικόνα 33: Έλεγχος και ανίχνευση E.coli	70
Εικόνα 34: Απεικόνιση χρήσης πλακών μικροτιτλοδότησης	71
Εικόνα 35: Μικροβιολογική ανάλυση κλωστριδίων.....	72
Εικόνα 36: Ανάλυση <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	73
Εικόνα 37: Παρατήρηση ανάπτυξης <i>Escherichia coli</i>	74
Εικόνα 38: Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους	75

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας τους καθηγητές μου Κακάβα Κωνσταντίνο και Λαμπρονίκου Μαρίνα του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ευχαριστώ όλα τα άτομα που μου στάθηκαν τα τέσσερα αυτά χρόνια της φοιτητικής μου ζωής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέλοντας να κατακτήσει συνεχώς νέους στόχους, ο άνθρωπος συμβάλλει σε σημαντικές αλλαγές στο οικοσύστημα στο οποίο διαβιεί. Οι άνθρωποι και τα ζώα αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από νερό, αλλά επίσης αποτελούν μεγάλο μέρος της διατροφής τους. Ακόμη, χρησιμοποιείται ευρέως στη γεωργία, την κτηνοτροφία, τη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας. Αν αναλογιστούμε τη σημασία του νερού στην ανθρώπινη ύπαρξη, αλλά και κάποιους παράγοντες όπως, η συνεχιζόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος και ο υπερπληθυσμός του πλανήτη, συνειδητοποιούμε πραγματικά ότι σε έναν πλανήτη όπου το νερό είναι το υδάτινο στοιχείο, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για καθαρό νερό.

Αποτελεί το νερό πολύτιμο αγαθό για τον άνθρωπο. Απώλεια του σημαίνει επίσης απώλεια ζωής και η κατανάλωση νερού από μη ασφαλείς πηγές συχνά οδηγεί σε ασθένεια. Άλλωστε, υπάρχουν πολυάριθμα παραδείγματα θυμάτων που προκαλούνται από την κατανάλωση μολυσμένου νερού σε όλο τον κόσμο, ειδικά στις λεγόμενες χώρες του τρίτου κόσμου.

Επιστημονικά, η ανάγκη ελέγχου και απόδειξης για την καταλληλότητα του νερού, καθιερώθηκε από διαδικασίες μικροβιολογικών και φυσικοχημικών αναλύσεων. Κάθε δείγμα νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση ελέγχεται σύμφωνα με τα αντίστοιχα αναλυτικά όρια χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες τεχνικές για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων του τα οποία θα προοριστούν για ανθρώπινη κατανάλωση. Επιπλέον, πραγματοποιούνται έλεγχοι σε ειδικά εργαστήρια εξοπλισμένα με εξειδικευμένα μηχανήματα και τα μηχανήματα αυτά καθώς και οι διαδικασίες ελέγχου του νερού συντηρούνται, αναβαθμίζονται και ελέγχονται αυστηρά.

Από την πλευρά της, η χώρα θεσπίζει νομοθετικό πλαίσιο για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, και έχει σκοπό τη διατήρηση καθαρού νερού σε όλους τους ανθρώπους. Αυτά τα νομοθετικά πλαίσια εμπλέκουν τους υπεύθυνους για τη διατήρηση της καθαρότητας του νερού, τον έλεγχο και πιστοποίηση, την κατάλληλη παρακολούθηση και επεξεργασία για να φέρει το νερό στην πιο καθαρή του μορφή.

Τέλος, η κατανάλωση νερού το οποίο έχει μολυνθεί να οδηγεί σε μολύνσεις, θέτοντας σημαντικούς κινδύνους για τους καταναλωτές. Πολλές περιπτώσεις σοβαρών λοιμώξεων συμβαίνουν περιστασιακά μετά από κατανάλωση μολυσμένου νερού. Η αύξηση των υδατογενών μολύνσεων συνδέεται τις περισσότερες φορές με το πόσο παλιά είναι τα δίκτυα ύδρευσης μέσω των οποίων το νερό φτάνει στους καταναλωτές. Ωστόσο, αυτός δεν είναι ο μόνος λόγος. Ένα δίκτυο μόλυνσης με κόπρανα από κοντινές κτηνοτροφικές μονάδες, φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται από τους παραγωγούς καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα και η μόλυνση από τα βιομηχανικά απόβλητα είναι μερικοί από τους λόγους για τους οποίους το νερό που τελικά φτάνει στους καταναλωτές να είναι μολυσμένο.

Λέξεις-Κλειδιά: νερό, μικροβιολογικές τεχνικές αναλύσεις υδάτων, μικροοργανισμοί, μικροβιολογία, ISO, υδατογενείς λοιμώξεις

ABSTRACT

Wanting to constantly conquer new goals, man contributes to significant changes in the ecosystem in which he lives. Humans and animals are largely made up of water, but water is also an important part of their diet. It is still widely used in agriculture, animal husbandry, industry and energy production. Reflecting on the importance of water in human existence, as well as some factors such as the ongoing pollution of the environment and the over population of the planet, we really realize that on a planet where water is an important element, there is a growing need for clean water.

Water is a precious commodity for humans. Loss of water also means loss of life, and drinking water from unsafe sources often leads to disease. After all, there are numerous examples of casualties caused by drinking contaminated water around the world, especially in the so-called third world countries.

Scientifically, the need to control and prove the suitability of water, was established by microbiological and physicochemical analysis procedures. Each sample of water intended for human consumption is tested according to the respective analytical limits using specific techniques to assess its properties that will be intended for human consumption. In addition, tests are carried out in special laboratories equipped with specialized machinery and these machines as well as the water control procedures are maintained, upgraded and strictly controlled.

For this part, the country establishes a legislative framework for the quality of water for human consumption, and aims to maintain clean water for all people. These legislative frameworks involve those responsible for ensuring the purity of water, its testing and certification, appropriate monitoring and treatment to bring the water to its purest form.

Finally the consumption of contaminated water leads to contamination, posing significant risks to consumers. Many cases of serious infections occasionally occur after drinking contaminated water. The increase in waterborne pollution is most often linked to how old the water supply networks are through which the water reaches consumers. However, this is not the only reason. A network of faecal contamination from nearby livestock farms, pesticides used by producers ending up in the water table, and contamination from industrial waste are some of the reasons why the water that eventually reaches consumers is contaminated.

Key-Words: water, microbiological technical analysis of water, microorganisms, microbiology, ISO, waterborne infections

Κεφάλαιο 1^ο: Το νερό

1.1. Εισαγωγή

Αποτελεί το νερό μια ζωτικής σημασίας ένωση για την καθημερινότητα των ανθρώπων, υποστηρίζοντας την ύπαρξη των ζωντανών οργανισμών και εξυπηρετώντας διάφορες εφαρμογές για τους ανθρώπους. Οι μοναδικές φυσικοχημικές ιδιότητές του διακρίνουν το νερό από άλλες ουσίες και το θέτουν απαραίτητο στοιχείο για την συνέχεια της ζωής. Το πόσιμο νερό, θα πρέπει να καταναλώνεται από τον άνθρωπο χωρίς να θέτει την υγεία του σε κίνδυνο, για αυτό είναι απαραίτητο να ελέγχεται η ποιότητά του, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ασφάλεια του για κατανάλωση. Η αξιολόγηση της ποιότητας του νερού περιλαμβάνει φυσικοχημικές παραμέτρους εντός νομοθετικά καθορισμένων πλαισίων. Με την πάροδο του χρόνου, η μόλυνση του νερού έχει γίνει ένα σημαντικό πρόβλημα για την κοινωνία, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ανάγκη για μελέτες και αναλύσεις της ποιότητας των ιδιοτήτων του νερού. Αυτή η μελέτη παρέχει την επισκόπηση των ξεχωριστών ιδιοτήτων που καθιστούν το νερό ένα σημαντικό στοιχείο αναλύοντας τις φυσικοχημικές μεθόδους που πρέπει να ελέγχονται στο πόσιμο νερό, μαζί με τους ισχύοντες κανονισμούς στην Ελλάδα (WHO, 2008).

1.2. Φυσικοχημικές ιδιότητες νερού

Στην υγρή μορφή του εμφανίζεται με ιδιαιτερότητες στις φυσικοχημικές ιδιότητές του λόγω των δεσμών υδρογόνου, αφού τα μεμονωμένα μόρια του νερού διαμορφώνουν δομικές μονάδες πολλαπλάσιες από ένα απλό μόριο.

Οι φυσικοχημικές του ιδιότητες έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση διαφοροποιημένων τιμών σε αντίθεση με τις αναμενόμενες για τα μεμονωμένα μόρια.

Οι ιδιότητες αυτές είναι:

- Μεγάλη διαλυτική ικανότητα
- Μεγάλες θερμικές μεταβολές (θερμοχωρητικότητα)
- Αναπτύσσονται ισχυρές δυνάμεις συνάφειας και συνοχής
- Μεγάλη πυκνότητα
- Αντιστρεπτή διάσταση νερού
- Μεγάλη διηλεκτρική σταθερά

Διαλυτική ικανότητα

Το νερό είναι ο μόνος διαλύτης που όλα τα συστατικά του ή είναι πολικά ή δημιουργούν δεσμούς. Δρώντας ηλεκτροστατικά με τα ιόντα του άλατος και ειδικότερα τα κατιόντα σχηματίζοντας ενυδατωμένα ιόντα. Ακόμη, με την ενυδάτωση εκλύεται θερμική ενέργεια αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τη κινητικότητα των ιόντων του κρυστάλλου, διευκολύνοντας τη καταστροφή του πλέγματος και τη διασπορά των ιόντων.

Θερμοχωρητικότητα

Το νερό έχει την υψηλότερη χωρητικότητα θερμότητας ανάμεσα σε όλα τα στερεά και υγρά, εκτός από την υγρή αμμωνία. Αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες θερμότητας, η οποία μεταφέρεται μέσω θαλάσσιων ρευμάτων και επηρεάζει το κλίμα στις περιοχές. Βοηθά στην εξισορρόπηση των ακραίων θερμικών συνθηκών στις παράκτιες περιοχές και συμβάλλει στον παγκόσμιο κλιματικό ρυθμό με τη δημιουργία ομοιόμορφου κατανεμημένου υδροκλίματος.

Δυνάμεις συνοχής και συνάφειας

Τα μόρια του νερού λόγω του πολικού τους χαρακτήρα δημιουργούν μεταξύ τους ισχυρές δυνάμεις που ονομάζονται δυνάμεις συνοχής. Αντίθετα οι δυνάμεις συνάφειας αναπτύσσονται μεταξύ μορίων άλλων σωμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι δυνάμεις συνάφειας να αναπτύσσονται από την αλληλεπίδραση σωματιδίων διαλύτη και διαλυμένης ουσίας. Για αυτό όσο μεγαλύτερες είναι οι δυνάμεις συνάφειας σε σύγκριση με τις δυνάμεις συνοχής τόσο ταχύτερη είναι η διάλυση, αλλά και η αμοιβαία διαλυτότητα (Γαλάτης, 2009).

Πυκνότητα

Η παρουσία του νερού στην πυκνότητα εμφανίζει μια ιδιαιτερότητα μεγαλύτερη στους 4°C, αντί για τους 0°C, που θα ήταν αναμενόμενο κατά την πήξη του νερού. Λόγω αυτής της ιδιότητας, αρχίζει ο πάγος να γίνεται ελαφρύτερος από το νερό και να επιπλέει. Αν ο πάγος ήταν βαρύτερος, θα βυθιζόταν στο βάθος της θάλασσας και θα συγκεντρωνόταν πάνω του όλο το νερό που θα πάγωνε και έτσι θα δυσκολευόταν να διατηρηθεί η ζωή.

Διάσταση νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου

Σημαντικό χαρακτηριστικό για τη διάστασή του αποτελούν τα κατιόντα υδρογόνου και τα ανιόντα υδροξυλίου. Η διάσταση του είναι αντιστρεπτή και αυτό συμβαίνει σε μικρό ποσοστό μορίων, καθώς η δομή και λειτουργία των διαφόρων ειδών

μακρομορίων επηρεάζονται άμεσα από τις συγκεντρώσεις των υδρογόνων (H^+) και των υδροξυλίων (OH^+).

Διηλεκτρική σταθερά

Η ικανότητα που έχει το νερό να κρατάει τα φορτία του χωριστά εκφράζεται μέσω διηλεκτρικής σταθεράς. Η τιμή αυτή του νερού για τους 25°C είναι 78,5 για αυτό και χαρακτηρίζεται αρκετά υψηλή. Στους 0°C αυξάνεται στο 88, αντίθετα στους 100°C μειώνεται σε 55,44. Οι τιμές που είναι υψηλές εκφράζουν τον λόγο που το νερό είναι ένας εξαιρετικός διαλύτης, αφού είναι δύσκολο για τα ιόντα, έπειτα τη διάλυσή τους, να επανασχηματιστούν σε στερεή μορφή (Μήτρακας, 2001).

1.3. Το Νερό

Ο βιολογικός ρόλος του νερού γίνεται ξεκάθαρος αν λάβουμε υπόψη ότι στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κυττάρου, το νερό αποτελεί μεγάλο ποσοστό της σύνθεσής του και ότι αυτό το ποσοστό μπορεί να είναι διαφορετικό σε όλα τα κύτταρα και κυμαίνεται από 70% έως 90%. Το μεσοκυττάριο υγρό είναι το υδάτινο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται τα κύτταρα των πολυκύτταρων οργανισμών. Από βιολογική άποψη, το νερό περιέχει πολλές ιδιότητες απαραίτητες για τη συνέχιση της ζωής που το κάνουν να ξεχωρίζει από άλλες ουσίες. Ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο είναι απαραίτητο στοιχείο της ζωής είναι ακριβώς οι φυσικές, βιολογικές και χημικές του ιδιότητες και οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη πολικότητα του νερού και την ικανότητα που έχουν τα μόρια να συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου.

Είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία και την επιβίωση των ανθρώπων. Αν και το 70% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό, η συντριπτική πλειοψηφία του είναι αλμυρό νερό. Στον ωκεανό βρίσκεται 97% και το 3% μόνο είναι πόσιμο γλυκό νερό. Το μεγαλύτερο μέρος του είναι «εγκλωβισμένο» στους παγετώνες και το χιόνι, αφήνοντας μόνο το 1% για ανθρώπινη χρήση.

Το σώμα μας λειτουργεί εβδομάδες χωρίς τροφή, αλλά αντέχει λίγες μέρες χωρίς νερό (World Health Organization-WHO, 2008). Αν και το νερό δεν είναι θρεπτικό συστατικό, είναι ζωτικής σημασίας, επειδή μεταφέρει θρεπτικά συστατικά εκεί που χρειάζονται, δηλαδή, σε όργανα και ιστούς. Επιπλέον, έχει την ικανότητα να διατηρεί τον όγκο του αίματος και να βοηθάει στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Περίπου ένα τρίτο των αιμοφόρων αγγείων βρίσκονται σε μικρό αριθμό παρέχοντας ελαστικότητα στον ιστό. Αντιπροσωπεύει το 98% του βάρους του εμβρύου, το 75% του βάρους του παιδιού και το 50-65% του βάρους του ενήλικα. Όλοι έχουν κάθε μέρα πρόσβαση σε πόσιμο νερό και καθαρό νερό που χρησιμοποιείται στο μαγείρεμα και στη προσωπική υγιεινή. Ο Οργανισμός Παγκόσμιας Υγείας συνιστά σε κάθε κάτοικο να καταναλώνει 7,5 λίτρα νερό την ημέρα για να καλύψει αυτές τις ελάχιστες απαιτήσεις. Συνήθως κάθε κάτοικος χρειάζεται περίπου 20 λίτρα νερού την ημέρα για να καλύψει τις βασικές ανάγκες του (WHO, 2008).

Το νερό το οποίο θα προοριστεί για ανθρώπινη κατανάλωση επιβάλλεται να είναι καθαρό από φυσική, χημική, βιολογική και μικροβιολογική άποψη, ώστε να είναι πόσιμο χωρίς κίνδυνο για τους ανθρώπους. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο, δροσερό και με ευχάριστη γεύση. Δεν πρέπει να έχει υψηλή σκληρότητα γιατί αυτό θα προκαλούσε δυσκολίες στην καθημερινή και βιομηχανική χρήση. Επιπρόσθετα, το νερό δεν πρέπει να εμπεριέχει πολύ μεγάλη ποσότητα βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών, αλλά και παθογόνων παράσιτων ή μικροβίων. Το νερό έχει θερμοκρασία σταθερή γύρω στους 10-15°C. Το 80% των ασθενειών συνδέεται με νερό το οποίο είναι βρόμικο, αλλά και τις συνθήκες υγιεινής κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς περίπου 1/3 της ανθρωπότητας αρρωσταίνει λόγω του βρόμικου νερού.

1.4.Θεσμικό πλαίσιο Ελλάδας

Το νερό έχει ευρύτερο αντίκτυπο στην υγεία και την ευημερία των ατόμων και στα ζητήματα, όπως είναι η ποσότητα και η ποιότητα των αποθεμάτων νερού που είναι σημαντικά και καθορίζουν την υγεία των ατόμων και ολόκληρων κοινοτήτων. Η πρώτη προτεραιότητα για τις χώρες πρέπει να είναι η παροχή κάποιας μορφής βελτιωμένης παροχής νερού σε όλους τους ανθρώπους. Ωστόσο, η πρόσβαση μπορεί να περιορίζεται από τη χαμηλή κάλυψη, τη χαμηλή συνέχεια, την ανεπαρκή ποσότητα, την κακή ποιότητα και το υπερβολικό κόστος σε σχέση με την ικανότητα και την προθυμία πληρωμής. Επομένως, όλα αυτά τα ζητήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου να βελτιωθεί η δημόσια υγεία (WHO, 2008). Εφόσον η Ελλάδα είναι χώρα της ΕΕ, έχει θεσπίσει κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο για την καταλληλότητα του πόσιμου νερού, σε πλήρη συμμόρφωση με τις αντίστοιχες οδηγίες του Συμβουλίου της Ε.Ε. Αυτό το θεσμικό πλαίσιο αποτελείται από τις ακόλουθες διατάξεις (WHO, 2008).

1. Η διάταξη Υ2/ οικ. 2600/2001 ΚΥΑ (ΦΕΚ 892/Β/11.7.01), αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση με την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
2. Η διάταξη Α5/288/8 (ΦΕΚ 53Β 379Β), αφορά την υγειονομική διάταξη που σχετίζεται με την ποιότητα του πόσιμου νερού σε εναρμόνιση με την οδηγία 80/778/ΕΟΚ. Σε αυτή την οδηγία καθορίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, η συχνότητα δειγματοληψιών καθώς και οι υποχρεώσεις του υπευθύνου, για την σύνταξη των τριετών εκθέσεων της ποιότητας του πόσιμου νερού.
3. Η διάταξη Γ3α/761/68 Υγ. Διάταξη μετά από τροποποιήσεις (ΦΕΚ 189/68 Β, 988/74 Β), εμφανίζοντας συμπληρωματικές διατάξεις και καθορίζοντας τις ευθύνες των υπευθύνων ύδρευσης του νερού.

4. Η διάταξη ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/58Β) Υγ. Η διάταξη αυτή αναφέρει τις μεθόδους απολύμανσης του νερού ύδρευσης.
5. Η διάταξη Ε1β/221/65 (ΦΕΚ 138/τβ/24.2.65) προβλέπει τις αποστάσεις ασφαλείας των πηγών υδροληψίας από τους χώρους διάθεσης λυμάτων.
6. Τα άρθρα 8 έως και 17 του Υγειονομικού Κανονισμού, αναφέρονται σε μέτρα για την προστασία των πηγών υδροληψίας και των συστημάτων ύδρευσης.
7. Η Υπουργική Απόφαση Β1/οικ. 5508/98, σύμφωνα με την οποία αναγνωρίζονται τα εργαστήρια των Ιατρικών Σχολών ως Κέντρα Αναφοράς ελέγχου νερών.

Το πόσιμο νερό ακολουθεί τις οδηγίες και τα πρότυπα για την ποιότητα νερού, καθώς και να ελέγχονται οι 48 παράμετροι τακτικά από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 3525/2023:

Σκοπός και Στόχοι με βάση το άρθρο 1 της Οδηγίας (ΕΕ) 2020/2184

1. Σκοπός της παρούσας Απόφασης είναι η συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας με τις διατάξεις της Οδηγίας (ΕΕ) 2020/2184 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της (L435/1) της 16ης Δεκεμβρίου 2020 «Σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (αναδιτύπωση)», η οποία αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης για όλους εντός της Ένωσης.
2. Στόχοι της παρούσας Απόφασης είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, μέσω της εξασφάλισης ότι είναι υγιεινό και καθαρό, καθώς και η βελτίωση της πρόσβασης σε νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

1.5.Παράμετροι ελέγχου νερού

Η ποιότητα του νερού αναφέρεται σε όλα τα χαρακτηριστικά του νερού που το καθιστούν κατάλληλο για χρήση. Το νερό χρησιμοποιείται για την ύδρευση, την άρδευση, τη βιομηχανία, τις πισίνες και τη ζωή των ψαριών. Έλεγχος ποιότητας νερού είναι ο έλεγχος και ο προσδιορισμός των παραμέτρων ποιότητας του νερού ή των παραμέτρων ρύπανσης του. Αντίθετα, η ρύπανση των υδάτων χαρακτηρίζεται από την παρουσία ουσιών στο νερό που υπερβαίνουν τα φυσιολογικά όρια ή ακόμα και από την παρουσία ουσιών που δεν υπάρχουν συνήθως (Chowdhury, 2018). Οι

παράμετροι που ελέγχουν την ποιότητα του νερού, καθορίζονται από τα φυσικά, βιολογικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού και διακρίνονται ως εξής :

- Οι οργανοληπτικές παράμετροι
- Οι φυσικοχημικές παράμετροι
- Οι παράμετροι ελέγχου ρύπανσης (τοξικές και βιολογικές)
- Οι μικροβιολογικές παράμετροι (Davison, 2004)

Οι παράμετροι που αναφέρονται παραπάνω ελέγχουν και καθορίζουν:

- Ενώσεις όπου υπάρχει παρουσία τους
- Επιπτώση παρουσίας τους
- Μονάδες μέτρησης
- Σύνδεση με άλλες παραμέτρους
- Μεθόδους προσδιορισμού
- Αντιμετώπισή τους (Schenck, 2009)

1.6.Πόσιμο νερό

Οι κάτοικοι των πόλεων και της υπαίθρου καταναλώνουν νερό το οποίο προέρχεται από τα επιφανειακά νερά, τις λίμνες, τα ποτάμια, από τα υπόγεια νερά και από τις πηγές. Πριν καταλήξει το νερό στο σπίτι κάθε καταναλωτή θα πρέπει με φυσικές διεργασίες να καθαρίζεται έτσι ώστε να μετατραπεί σε πόσιμο νερό σε ένα διυλιστήριο νερού (Belitzetal, 2011).

Το φυσικό νερό συλλέγεται σε τεχνητές λίμνες και στη συνέχεια στέλνεται μέσω δεξαμενών καθίζησης, αφού προστεθεί θειικό αργίλιο, γιατί αυτό βοηθάει στην καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων, κάνοντάς τα λάσπη. Στη συνέχεια κατευθύνεται σε ένα φίλτρο από στρώματα χαλικιού και άμμου. Αυτά τα στρώματα είναι αρκετά παχιά για να φιλτράρουν το νερό πιο αποτελεσματικά. Έπειτα, το νερό αποστέλλεται σε μια δεξαμενή χλωρίωσης, όπου προστίθεται χλώριο στο νερό για να καταστρέψει τους μικροοργανισμούς (Μυλόπουλος, 2002, Τσακίρης, 2004).

Η μεταφορά που πόσιμου νερού πραγματοποιείται μέσω αντλιών νερού για τροφοδοσία σε δεξαμενές που κατασκευάζονται σε αρκετά μεγάλο υψόμετρο. Το νερό φτάνει στις βρύσες του σπιτιού μέσω σωλήνων που συνδέονται με το δίκτυο ύδρευσης.

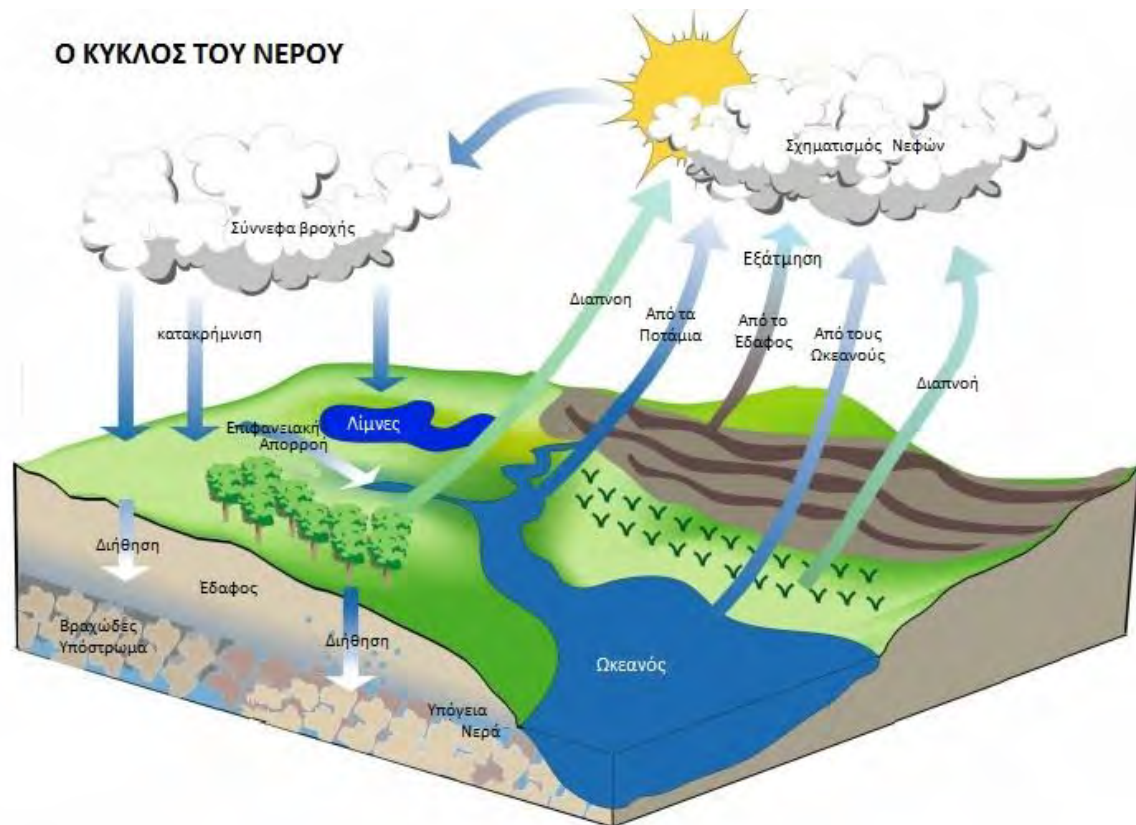
1.7. Περιβάλλον και νερό

Η ανθρώπινη δραστηριότητα συνεχίζει να αυξάνεται, με αποτέλεσμα μια συνεχώς αυξανόμενη ποσότητα αποβλήτων και απορριμμάτων να προκύπτει. Τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα διασπώνται από μικροοργανισμούς, αλλά και φυσικές διεργασίες, ώστε τα συστατικά τους να ανακτώνται. Ωστόσο, ορισμένα απόβλητα, όπως είναι τα φυτοφάρμακα, τα χημικά και οι συνθετικές ύλες παραμένουν ανέγγιχτα, προκαλώντας επιβλαβείς συνέπειες στο περιβάλλον.

Η ανεξέλεγκτη απόρριψη αστικών λυμάτων και βιομηχανικών, αλλά και γεωργικών αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες (νερά ποταμών, υπόγεια νερά) έχει προκαλέσει ρύπανση και καθιστά αρκετά αποθέματα νερού ακατάλληλα για χρήσεις, όπως είναι η ύδρευση και η άρδευση. (Μυλόπουλος, 2002, Τσακίρης, 2004)

Οι προσπάθειες που γίνονται προκειμένου να ελεγχθεί η ρύπανση του νερού είναι πολλές για αυτό και εφαρμόζονται προηγμένες τεχνολογίες (βιολογικός καθαρισμός).

Το νερό αν και είναι ένας ανανεώσιμος πόρος η ζήτησή του θα πρέπει να είναι συνετή. Η σωστή διαχείριση του νερού ξεκινάει με τη βροχή όταν αυτή φτάνει στο έδαφος για αυτό το λόγο η ποιότητα και η ποσότητα του χρειάζεται να προστατεύεται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου νερού (Μυλόπουλος, 2002, Τσακίρης, 2004).



Εικόνα 1: Υδρολογία νερού

1.8.Πηγές νερού

- Θαλασσινό νερό
- Υπόγειο νερό
- Επιφανειακό νερό

Θαλασσινό νερό

Το θαλασσινό νερό αποτελεί το νερό των ωκεανών. Το θαλασσινό νερό έχει αλατότητα γύρω στο 3,5% (35 γρ. αλάτων ανά L ή 599 mM). Το θαλασσινό νερό είναι πιο πυκνό από το γλυκό και χημικά καθαρό νερό το οποίο η πυκνότητά του είναι 1 gr/cm³ στους 4°C, γιατί αυτά τα άλατα που διαλύονται προσθέτουν μάζα στο θαλασσινό νερό δεν αυξάνουν τον όγκο του αρκετά. Επιπλέον, το σημείο πήξης νερού της θάλασσας μειώνεται καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα σε αλάτι.

Η θάλασσα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή νερού. Δεν ενδείκνυται για κατανάλωση χωρίς σημαντικές δαπάνες για εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Η εντατικοποίηση κάποιας πηγής εγείρει τα ίδια ζητήματα. Το αλμυρό και το θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται σαν τελευταία λύση όταν δεν υπάρχουν πηγές νερού στη κοινωνία. Το θαλασσινό νερό είναι μια επιλογή σχετικά κοντά στην ακτή, όπου το κόστος μεταφοράς διαφορετικά θα πρόσθεταν μια περιττή επιβάρυνση, αφού το κόστος επεξεργασίας είναι υψηλό (Bates, 2000).

Υπόγειο νερό

Τα υπόγεια ύδατα αποτελούνται από βαθύς υδροφορείς και ανανεώσιμες πηγές. Τα υπόγεια ύδατα αν και άφθονα σε ορισμένες περιοχές, μπορεί να μετρηθεί σαν αποθέματα πετρελαίου. Αυτές οι πηγές έχουν σχετικά σταθερές συνθέσεις αλλά περιέχουν ανεπιθύμητα συστατικά όπως αρσενικό, ουράνιο και ραδόνιο. Οι ανανεώσιμες πηγές εμπεριέχουν στοιχεία που είναι επιρρεπή στη ρύπανση εξαιτίας των δραστηριοτήτων που γίνονται στην επιφάνεια του εδάφους (Bates, 2000).

Επιφανειακό νερό

Επιφανειακό νερό είναι το νερό που προέρχεται από επιφανειακές πηγές και προσιτές τέτοιες, είναι τα ποτάμια και οι φυσικές λίμνες. Οι πηγές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπου είναι δυνατόν (Bates, 2000).

Πιθανότατα πόσιμο νερό υπάρχει σε υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα (λίμνες, ποτάμια). Τα υπόγεια ύδατα δεν υποβάλλονται σε ειδική επεξεργασία γιατί είναι πολύ καθαρά. Επιπλέον, στα υπόγεια νερά βρίσκονται ουσίες που πρέπει να μειωθούν και να αφαιρεθούν τέτοιες είναι Fe, η σκληρότητα και το διοξείδιο του άνθρακα. Στα υπόγεια ύδατα καταλήγουν ουσίες εξαιτίας ανθρώπινων δραστηριοτήτων οι οποίες πρέπει να αφαιρεθούν είναι τα νιτρικά, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα ίχνη οργανικών ενώσεων (Κουϊμτζής, 1998).

Το νερό διαλύει μια ορισμένη ποσότητα από κάθε στερεό ή υγρό όταν έρχεται σε επαφή. Στη διάρκεια του υδρολογικού κύκλου, το νερό έρχεται σε επαφή με αέρια (εκπεμπόμενα σωματίδια ηφαιστειακών εκρήξεων) και μέταλλα. Σε μικρότερη τάξη υπάρχει κυκλοφορία του νερού σε τεχνητά συστήματα (σωλήνες, οπλισμένο σκυρόδεμα και μέταλλα τέτοια είναι Fe και ο Cu). Η διαλυτική δύναμη του νερού δρα στα συστήματα, παράγοντας φαινόμενα διάβρωσης και εναπόθεσης των αλάτων (Τσώνης, 2003).

1.9.Ρύπανση και μόλυνση υδάτων

Ρύπανση και μόλυνση δύο έννοιες αντίθετες. Ο ορισμός της σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 της ΕΕ για την πολιτική των υδάτων, ρύπανση είναι η άμεση ή έμμεση εισαγωγή επιβλαβών συστατικών ή θερμότητας στο έδαφος, τον αέρα ή το νερό ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η μόλυνση και η ρύπανση του νερού μπορεί να είναι θανατηφόρα για τους οργανισμούς που αναπτύσσονται στο οικοσύστημα αυτό, αλλά και για τους οργανισμούς που τρέφονται και αυτοί από το συγκεκριμένο νερό. Ο άνθρωπος επηρεάζεται από το νερό αφού μπορεί να του προκαλέσει προβλήματα στη καρδιά, και στο αίμα, επίσης, οι ρύποι συνδέονται και με διαταραχές που αφορούν το νευρικό σύστημά του (Jackson and Jackson, 1996).

Οι ρύποι ουσίες οι οποίες υπάρχουν σε αυξημένες συγκεντρώσεις στο νερό, δηλαδή υψηλότερες από το κανονικό και ταξινομούνται ως τοξικά επειδή προκαλούν βλάβη ή θάνατο σε ζωντανούς οργανισμούς (Νταρακάς, 2010).

Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία

2.1 Μεθοδολογία ανάπτυξης της εργασίας

Η μελέτη αναπτύχθηκε με τη χρήση βιβλιογραφικών μεθόδων ανασκόπησης. Αυτή η προσέγγιση επιλέχθηκε επειδή θα μας βοηθήσει να αποσαφηνίσουμε το υπό ανάπτυξη θέμα αποκαλύπτοντας τομείς που δεν είναι ξεκάθαροι από άλλες μορφές έρευνας.

Για τους σκοπούς της ανασκόπησης, τίθενται πρώτα τα σχετικά ερωτήματα που αναζητούν απαντήσεις, τα ερωτήματα αυτής της μελέτης είναι: Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της μικροβιολογικής και χημικής ποιότητας του νερού της πηγής και ποιες μέθοδοι μικροβιολογικών αναλύσεων υδάτων χρησιμοποιούνται.

Το επόμενο βήμα είναι να αναπτυχθούν κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού στο πρωτόκολλο συστηματικής αναθεώρησης. Το θέμα που εξετάστηκε είναι η μικροβιολογική και χημική σύσταση του νερού, τα παθογόνα βακτήρια καθώς και οι μέθοδοι αναλύσεις των υδάτων.

Στη συγκεκριμένη προσέγγιση, κατάλληλη προϋπόθεση αποτελεί η εύρεση δημοσιεύσεων και ορισμών ευρετηρίων. Για τη διεξαγωγή της αναζήτησης θα ορίσουμε τις λέξεις-κλειδιά: νερό, μικροβιολογικές τεχνικές αναλύσεις υδάτων, μικροοργανισμοί, μικροβιολογία, ISO και υδατογενείς λοιμώξεις. Χρησιμοποιώντας σωστά τις λέξεις, θα βρούμε με επιτυχία προηγούμενες εργασίες και έρευνες σχετικές με το θέμα. Για καλύτερα αποτελέσματα θα κάνουμε αναζήτηση σε όσο το δυνατόν περισσότερες διαδικτυακές πηγές. Οι εργασίες οι οποίες είναι κατάλληλες για ανασκόπηση είναι αυτές με σαφή βιβλιογραφία, έρευνα και δείγμα ύφους γραφής.

Μόλις βρεθεί μια κατάλληλη μελέτη, ακολουθεί η συγγραφή της εργασίας, προσπαθώντας να παρέχουμε τα αποτελέσματα του ενδιαφέροντος μας μέσα από μια κριτική ματιά.

2.2. Δείγμα έρευνας

Οι ανάλογες έρευνες που έχουν γραφτεί και μελετηθεί, ώστε να ολοκληρωθεί η συγγραφή της εργασίας αποτελούν ένα δείγμα έρευνας.

Κεφάλαιο 3. Χημική ανάλυση

3.1. Χημική σύσταση νερού

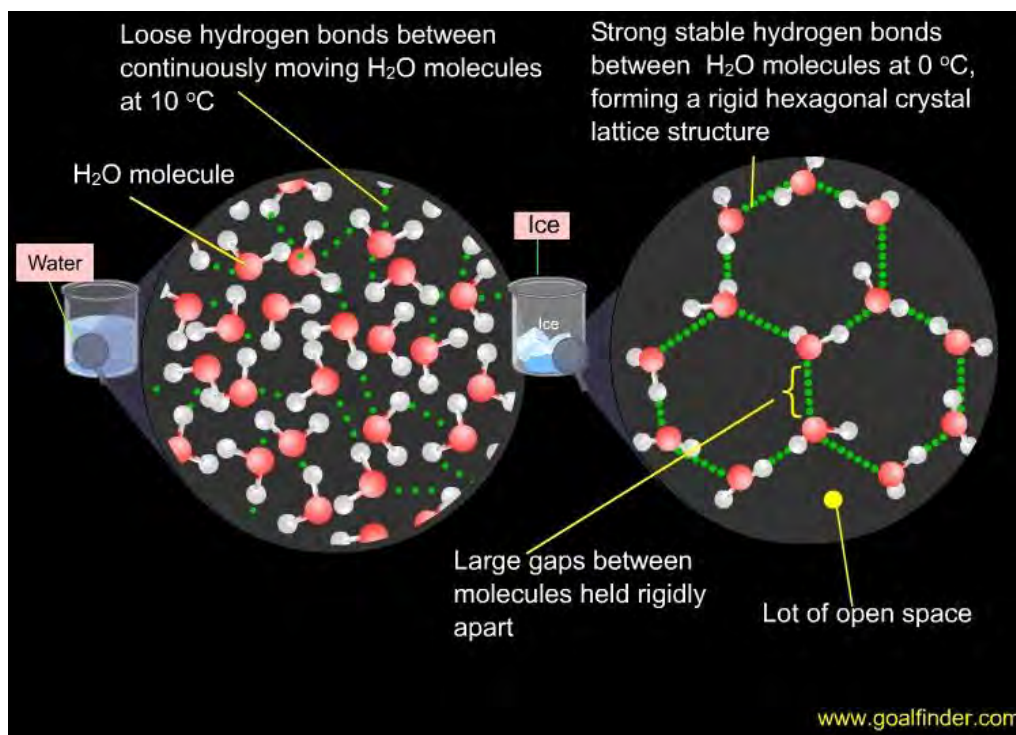
Ο χημικός τύπος ενός μορίου νερού είναι H_2O επειδή το μόριο αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Το μοριακό του βάρος είναι 18. Στην πραγματικότητα, το νερό εμφανίζεται ως μείγμα μορίων διαφορετικού μοριακού βάρους, επειδή το υδρογόνο και το οξυγόνο έχουν διαφορετικά ισότοπα. Με το συνδυασμό τριών ισοτόπων υδρογόνου και έξι ισοτόπων οξυγόνου σε ένα μόριο νερού που αποτελείται από ένα υδρογόνο και δύο οξυγόνα, δημιουργούνται 18 συνδυασμοί (Μήτρακας, 2001).

Δεσμοί υδρογόνου

Ο δεσμός υδρογόνου είναι μια διαμοριακή έλξη που εμφανίζεται ανάμεσα σε δύο φορτία αντίθετης πολικότητας λόγω της ανομοιόμορφης κατανομής των μοριακών φορτίων. Αν και οι δεσμοί υδρογόνου είναι ισχυρότεροι από τις περισσότερες άλλες διαμοριακές δυνάμεις, οι τυπικοί δεσμοί υδρογόνου θεωρούνται σχετικά αδύναμοι από τους ιοντικούς και ομοιοπολικούς δεσμούς.

Τα συνδετικά μέλη περιλαμβάνουν άτομα υδρογόνου. Τα άτομα υδρογόνου συνδέονται συνήθως είτε με οξυγόνο, είτε άζωτο ή φθόριο, τα οποία θεωρούνται ηλεκτραρνητικά στοιχεία. Αυτά ονομάζονται δότες δεσμών υδρογόνου. Τα ηλεκτροαρνητικά στοιχεία έλκουν το νέφος ηλεκτρονίων στην περιοχή γύρω από τον πυρήνα του υδρογόνου και εκτρέπουν το νέφος ηλεκτρονίων μακριά από το κέντρο, δίνοντας στο άτομο ένα μερικό θετικό φορτίο. Εξαιτίας του μικρού μεγέθους του υδρογόνου σε σύγκριση με άλλα άτομα και μόρια, το φορτίο που παράγεται, αν και μόνο μερικό, εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει την πυκνότητα του φορτίου. Οι δεσμοί υδρογόνου σχηματίζουν μια ισχυρή κατανομή θετικού φορτίου έλκοντας το μοναδικό ζεύγος ηλεκτρονίων από ένα άλλο άτομο και αυτό το άτομο γίνεται ο δέκτης δεσμού υδρογόνου.

Οι δεσμοί υδρογόνου εκφράζουν έναν ειδικό τύπο διαμοριακής δύναμης. Επίσης δεσμεύει μόρια, όπως μόρια νερού στον πάγο. Τα άτομα υδρογόνου των μορίων του νερού και στις δύο πλευρές του οξυγόνου έλκονται από τα άτομα οξυγόνου των δύο κοντινών μορίων, σχηματίζοντας μια τρισδιάστατη μοριακή ένωση. Αυτή η έλξη κάνει το νερό να μετατραπεί σε στερεό, που είναι ο πάγος.



Εικόνα 2: Απεικόνιση δεσμών υδρογόνου

3.2. Χημικές ιδιότητες νερού

- Οξύτητα (pH)
- Στερεές ουσίες
- Θολότητα
- Προσρόφηση νατρίου
- Σκληρότητα
- Αγωγιμότητα και αλατότητα
- Οργανοληπτικά στοιχεία (οσμή, γεύση, χρώμα)
- Οργανικά συστατικά
- Ανόργανα συστατικά

3.3. Ανάλυση χημικών ιδιοτήτων νερού

Οξύτητα (pH)

Η οξύτητα στο καθαρό νερό γίνεται με ιονισμό των κατιόντων υδρογόνου και των ανιόντων υδροξυλίου αυτό φαίνεται να παρατηρείται και στην εξίσωση: $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$. Οι τιμές πρέπει να κυμαίνονται από 0 ως 14, το 7 εκφράζει τα ουδέτερα δείγματα. Αντίθετα όξινα είναι τα διαλύματα στα οποία οι τιμές τους είναι μικρότερες

από 7, δηλαδή τα κατιόντα υδρογόνου (H^+) υπερέχουν, αντίθετα βασικά χαρακτηρίζονται τα διαλύματα όπου οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του 7, δηλαδή υδροξύλια (OH^-) υπερέχουν (Νταράκας, 2010).

Το νερό έχει pH το οποίο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, η αλατότητα, η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου, η μεταβολική δραστηριότητα υδρόβιων οργανισμών και η αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Επιπρόσθετα, βιολογικές και χημικές αντιδράσεις εντοπίζονται κυρίως σε ουδέτερο περιβάλλον, ενώ από την άλλη οι βασικές και οι όξινες συνθήκες δυσκολεύουν ή σταματούν τις αντιδράσεις αυτές. Στα φυσικά νερά οι τιμές είναι μεταξύ 4 και 9 (Sajjadi, 2016), κατάλληλες όμως τιμές είναι 6,5 και 8,5 (Νταράκας, 2010).

Στερεές ουσίες

Στερεές ουσίες χαρακτηρίζονται που παραμένουν ως υπόλοιπο ύστερα από την εξάτμιση του δείγματος στους $105^{\circ}C$. Αυτές οι ουσίες διαχωρίζονται σε διαλυμένες, κολλοειδείς και αδιάλυτες. Οι αδιάλυτες μόνο διακρίνονται με γυμνό οφθαλμό και μπορούν να αιωρούνται και να καθιζάνουν (Νταράκας, 2010). Δεν καθιστούν ιδιαίτερο πρόβλημα για την υγεία του ανθρώπου, αφού συνήθως συνίσταται η συγκέντρωσή τους να είναι λιγότερο από 500 mg/L (Μήτρακας, 2001).

Θολότητα

Αναφέρεται στην έλλειψη διαύγειας που υπάρχει σε ένα δείγμα υγρού (Νταράκας, 2010). Συγκεκριμένα, έχει την ικανότητα να αντιπροσωπεύει την οπτική ιδιότητα που έχει ένα δείγμα, ώστε να διασκορπίζει και να απορροφά το φως που περνά μέσα από αυτό, αλλά δεν το μεταδίδει σε ευθεία γραμμή. Το επιφανειακό νερό γίνεται θολό λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων, ανόργανης ή οργανικής ύλης. Τα αιωρούμενα στερεά μετρούνται με θολότητα και κατανομή μεγέθους σωματιδίων (Ζανάκη, 2001).

Έχει ένα αρνητικό στοιχείο η θολότητα το οποίο οφείλεται κυρίως σε αισθητικούς λόγους, ταυτόχρονα όμως σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι παράγοντες που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία (Μήτρακας, 2001). Τα αιωρούμενα συστατικά μπορεί να δημιουργήσουν θολότητα η οποία προάγει την ανάπτυξη και τη μεταφορά μικροοργανισμών καθιστώντας δύσκολη την εξάλειψή τους μέσω της απολύμανσης. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με ανιχνευτές ορατής δέσμης και διάχυτης ακτινοβολίας (Μήτρακας, 2001).

Προσρόφηση Νατρίου

Παράμετρος η οποία μετράει τον ρυθμό προσρόφησης νατρίου (SAR), ο οποίος χρησιμοποιείται ως κριτήριο για την τοξικότητα νατρίου στο νερό άρδευσης. Είναι αντιστρόφως ανάλογο της αγωγιμότητας, καθώς η μείωση της τιμής της έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του SAR (Μήτρακας, 2001).

Δείκτες ποιότητας νερού

Σκληρότητα (TH)

Η σκληρότητα είναι μια ένδειξη της περιεκτικότητας πολυσθενών κατιόντων στο νερό. Κυρίως αυτά είναι το ασβέστιο (Ca^{2+}) και το μαγνήσιο (Mg^{2+}). Σημαντικό είναι στις βιομηχανικές μετρήσεις γιατί δείχνει την τάση σχηματισμού ανθρακικών και άλλων εναποθέσεων σε λέβητες και πύργους ψύξης και την ικανότητα δέσμευσης σαπουνιού και σε εγκαταστάσεις βαφής. Η μέτρηση της σκληρότητας του νερού χωρίζεται σε ολική σκληρότητα, ανθρακική σκληρότητα και μη ανθρακική σκληρότητα. Η συνολική τιμή της σκληρότητας είναι ίση με το άθροισμα της ανθρακικής σκληρότητας και της μη ανθρακικής σκληρότητας (Μήτρακας, 2001, Ζανάκη, 2001).

Η σκληρότητα του νερού ανάλογα με την παρουσία των ανθρακικών ιόντων (HCO_3^- , CO_3^{2-}) ταξινομείται ως εξής: (Κουϊμτζής και Σαμαρά-Κωνσταντίνου)

Σκληρότητα ολική: αυτή είναι η σκληρότητα που προκαλείται από όλα τα κατιόντα σχηματίζοντας ένα ίζημα με το σαπούνι. Το οποίο είναι ίσο με το άθροισμα των συγκεντρώσεων κατιόντων ασβεστίου και μαγνησίου.

Σκληρότητα μόνιμη: είναι αυτή η οποία απομένει ύστερα από καθίζηση των ουδέτερων ανθρακικών αλάτων.

Σκληρότητα παροδική: είναι αυτή που προκαλείται από τα κατιόντα που αφαιρούνται από το βραστό νερό. Είναι ίσο με τη διαφορά μεταξύ της ολικής και της μόνιμης σκληρότητας. Η παροδική σκληρότητα, γνωστή ως ανθρακική σκληρότητα, είναι ίση με την ανθρακική αλκαλικότητα.

Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Τα διαλυμένα ολικά στερεά αποτελούν παράμετρο που εκφράζει την περιεκτικότητα των ιόντων που βρίσκονται στο διάλυμα νερού. Η παρουσία στερεών στο πόσιμο νερό μπορεί να αλλάξει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η συγκέντρωση του στερεού στο πόσιμο νερό όταν ξεπεράσει τα 500mg/L, αλλάζει σταδιακά γεύση (Μήτρακας, 2001, Ζανάκη, 2001).

Αγωγιμότητα

Το καθαρό νερό δεν έχει καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η αγωγιμότητα του νερού που έχει αποσταγματοποιηθεί είναι περίπου 70 $\mu\text{mhos/m}$. Με τη χρήση της τεχνολογίας, είναι δυνατόν η παραγωγή νερού σε ποσότητες μεγάλες με αγωγιμότητα 55 $\mu\text{mhos/m}$, τα οποία συμβάλλουν σε εφαρμογές που είναι ο βιομηχανικός καθαρισμός νερού στην ημιαγωγική βιομηχανία. Το νερό καθώς, διαλύει τα διάφορα συστατικά, η αγωγιμότητά του αυξάνεται. Η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται κατά αυτόν τον τρόπο ως παράμετρος που εκφράζει το σύνολο της περιεκτικότητας των αλάτων που υπάρχουν στο νερό (Μήτρακας, 2001, Ζανάκη, 2001).

Οργανοληπτικά στοιχεία

Η οσμή, η γεύση και το χρώμα αποτελούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού. Σε αυτά τα χαρακτηριστικά ενδεχόμενα προβλήματα μπορεί να είναι το είδος του νερού, η μέθοδος επεξεργασίας, αλλά και το δίκτυο διανομής. Το πόσιμο νερό διαθέτει ένα θεσμοθετημένο επιτρεπτό όριων τιμών μέσα στο οποίο πρέπει να κυμαίνεται.

Οσμή και γεύση

Τα προβλήματα οσμής και γεύσης μπορεί να συσχετίζονται με τις πηγές του νερού, τις μεθόδους επεξεργασίας τους και το δίκτυο διανομής τους. Οι ανθρώπινες αισθήσεις γεύσης και όσφρησης διεγείρονται από χιλιάδες οργανικά ή ανόργανα χημικά συστατικά. Η παρουσία αυτών των συστατικών στο νερό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Προβλήματα που αφορούν τη γεύση προκαλούνται από διαλυμένα άλατα ή ορισμένα μέταλλα τέτοια είναι ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος (Μήτρακας, 2001).

Η γεύση του νερού επηρεάζεται από τα άλατα σε διάφορους βαθμούς. Το χλωριούχο μαγνήσιο παραδείγματος χάριν, αλλάζει τη γεύση του δραματικά, ενώ το θειικό μαγνήσιο και το θειικό ασβέστιο είναι λιγότερο δυσάρεστα. Η χλωρίωση είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που συναντάται στο νερό επειδή οι παράγωγες ενώσεις του χλωρίου που αντιδρούν με οργανικά συστατικά του νερού δημιουργούν οσμές και γεύσεις. Οι αιτίες γεύσης και οσμής στα επιφανειακά ύδατα είναι η αποσύνθεση του φυτικού υλικού και των μεταβολιτών μικροοργανισμών όπως είναι τα βακτήρια, οι ακτινομύκητες και τα γαλαζοπράσινα μικροφύκη. Στα υπόγεια νερά, οι δυσάρεστες οσμές και γεύσεις προκαλούνται κυρίως από την περιεκτικότητα σε υδρόθειο, η οποία συνήθως προκύπτει από τη μείωση του θειικού αλάτος κατά τις αναερόβιες βιολογικές διεργασίες (Μήτρακας, 2001).

Χρώμα

Το νερό δεν πρέπει να έχει χρώμα. Μερικές φορές παρατηρείται ένα κίτρινο ή υποπράσινο χρώμα και πιο σπάνια παρατηρείται σκούρο ή μαύρο χρώμα. Το κίτρινο χρώμα προκαλείται κυρίως από χουμικές ενώσεις και χουμικό οξύ. Προκειμένου να προσδιοριστεί ως πόσιμο πρέπει το νερό να είναι εντελώς διαυγές. Τα όρια για τον προσδιορισμό του αποδεκτού χρώματος εξαρτάται από το είδος του νερού που χρησιμοποιεί ο καταναλωτής (Μαλεφάκης, 1998).

Οργανικά συστατικά

Η οργανική ύλη που υπάρχει στο πόσιμο νερό προέρχεται από τη φυσική αποικοδόμηση υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης και την ρύπανση που προκαλείται από βιομηχανικούς, αστικούς και αγροτικούς ρύπους. Η συγκέντρωση των οργανικών συστατικών στα καθαρά υπόγεια νερά εντοπίζεται από μηδέν και στα επιφανειακά νερά με ρύπους είναι μερικές δεκάδες mg/L. Η ανάπτυξη επίσης, νέων τεχνικών και οργάνων βοηθά στην επίτευξη της ταυτοποίησης και της μέτρησης νερού (Μήτρακας, 2001).

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Το οξυγόνο που απαιτείται για τη βιοχημεία είναι ένα μέτρο του ρυπαντικού φορτίου του μολυσμένου νερού. Αυτός ο όρος αναφέρεται στην ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται από αερόβια βακτήρια για χημική και βιολογική οξείδωση οργανικής ύλης σε συγκεκριμένο όγκο δείγματος ακάθαρτου νερού που καλλιεργείται στους 20°C σε σκοτεινό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας για πέντε ημέρες (Ζανάκη, 2001).

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση οργανικών ενώσεων σε ένα δείγμα νερού σε ένα εξαιρετικά όξινο περιβάλλον. Οι μετρήσεις του μπορούν να εκτιμήσουν τη μόλυνση των επιφανειακών υδάτων ενώ βοηθούν στον έλεγχο και το σχεδιασμό βιολογικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων (Ζανάκη, 2001).

Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)

Με τη μέτρηση της οργανικής ύλης στα απόβλητα, ο συνολικός οργανικός άνθρακας μπορεί να προσδιοριστεί γρήγορα και άμεσα. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν εξετάζονται οργανικά απόβλητα και η συγκέντρωση είναι χαμηλή ή όταν ο προσδιορισμός της οργανικής ύλης με άλλες μεθόδους είναι ανακριβής. Οι υπολογισμοί του BOD και του COD δεν βασίζονται στον βαθμό

οξειδωσης της οργανικής ύλης επειδή δεν μετρώνται τα συστατικά που δεσμεύουν οργανικά μόρια και τα ανόργανα στοιχεία που συμβάλλουν στη ζήτηση οξυγόνου (Ζανάκη, 2001).

Απορρυπαντικά

Τα τελευταία χρόνια τα απορρυπαντικά χρησιμοποιούνται κυρίως ως υλικά καθαρισμού στα νοικοκυριά. Η επίπτωση που έχει κατά βάση στα επιφανειακά νερά τα οποία εν συνεχεία θα καταλήξουν στα αστικά λύματα. Η σύσταση των απορρυπαντικών αποτελείται από συνδετικές επιφανειοδραστικές ουσίες που περιέχουν μια υδρόφιλη και μια υδρόφοβη ομάδα στο ίδιο μόριο. Για αυτό τον λόγο εισέρχονται στην επιφάνεια του νερού, αλλά και ενός άλλου μέσου που είναι ο αέρας, το λάδι, το πετρέλαιο διαχωρίζοντας τις δυο φάσεις και προκαλώντας αφρισμό, γαλακτώματα ή συσσωματώματα. Επιπρόσθετα, δημιουργούν πολλά προβλήματα εξαιτίας του μεγάλου χρόνου διάσπασης και συμβάλλουν στη δημιουργία ευτροφικών συνθηκών λόγω των πολυφωσφορικών αλάτων που περιέχουν (Ζανάκη, 2001).

Ανόργανα συστατικά

Τα ανόργανα συστατικά των φυσικών νερών είναι τα ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), νάτριο (Na), κάλιο (K), όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), θειικά (SO_4^{2-}), χλωριούχα (Cl) και τα νιτρικά (NO_3^-). Στα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις των συστατικών παρατηρείται 1 έως 1000mg/L, ενώ αντίθετα τα όξινα ανθρακικά στο πόσιμο νερό στην Ελλάδα παρατηρούνται στα 200-400 mg/L. (Μήτρακας 2001, Ζανάκη, 2001). Σε μικρές συγκεντρώσεις απατούνται και άλλα ιόντα, όπως, για παράδειγμα αμμωνία, νιτρώδη, φωσφορικά, σίδηρος, μαγγάνιο και φθόριο τα οποία συμβάλλουν είτε βιολογικά είτε επηρεάζοντας συγκεκριμένες βιομηχανικές εφαρμογές.

Η προέλευση των ανόργανων συστατικών

Η χημική σύσταση του φυσικού νερού είναι το αποτέλεσμα της αντίδρασης του νερού με τα πετρώματα τα οποία έρχεται σε επαφή, της αποσύνθεσης των πετρωμάτων και της έκπλυσης των εδαφών και των ιζημάτων. Αλλάζει με τη συμβολή του βιολογικού μεταβολισμού καθώς, η συγκέντρωση των στοιχείων μπορεί όμως να αυξηθεί ή να μειωθεί λόγω της επίδρασης του υδρολογικού κύκλου. Συμβαίνουν αντιδράσεις όπως η διάλυση, η οξειδοαναγωγή, η ανταλλαγή ιόντων και η συμπλοκοποίηση. Επιπλέον, η συγκέντρωση κάθε στοιχείου στον περιοδικό πίνακα στο νερό μπορεί να είναι mg/L (ιχνοστοιχεία), λόγω του χερσαίου υπόβαθρου της περιοχής ή της γεωργικής ή βιομηχανικής ρύπανσης.

Αμμωνία

Το αμμώνιο υπάρχει με τη μορφή ιόντων αμμωνίου ή ελεύθερης αμμωνίας. Η μορφή της αμμωνίας εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία και το pH του διαλύματος. Στην ανθρώπινη υγεία η επίδραση της αμμωνίας δεν είναι άμεση, αλλά αποτελεί ένδειξη μόλυνσης από περιττώματα (Νταρακάς, 2010). Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που συμβάλλουν στο προσδιορισμό της συγκέντρωσης της αμμωνίας, ανάλογα με τον τύπο του δείγματος, τις πιθανές παρεμβαλλόμενες ουσίες και την απαιτούμενη ακρίβεια (Ζανάκη, 2001). Στο πόσιμο νερό οι συγκεντρώσεις όταν υπερβαίνουν τα 0,2 mg/L, τότε επηρεάζεται και η γεύση και η μυρωδιά του νερού καθώς, επίσης αρχίζει να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης (Νταρακάς, 2010).

Αζωτο (νιτρώδη και νιτρικά ιόντα)

Η οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων οδηγεί στη φάση των νιτρικών ιόντων. Στο νερό η συγκέντρωσή τους είναι μικρή και η αύξηση τους σημαίνει ρύπανση από λιπάσματα, λύματα και απόβλητα. Υπάρχουν και στον αέρα λόγω της ρύπανσης, αφού όταν βρέχει είτε ξεπλένονται από τη βροχή είτε εναποτίθενται στο έδαφος (Ζανάκη, 2001). Επιπλέον, στο πόσιμο νερό η συγκέντρωσή τους χρειάζεται να είναι χαμηλή διαφορετικά αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Οι συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό των νιτρικών ιόντων μπορεί να φτάσουν τα 50 mg/L. Τα νιτρικά άλατα μειώνονται σε νιτρώδη, προκαλώντας την παιδική ασθένεια μεθαιμοσφαιριναιμία. Τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα σχηματίζουν καρκινογόνες νιτροζοενώσεις στο στομάχι (Νταρακάς, 2010).

Φώσφορος

Ο φώσφορος εμφανίζεται με πολλές μορφές στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, με τα πιο κοινά να είναι τα ορθοφωσφορικά και τα πολυφωσφορικά ιόντα ως οργανοφωσφόρος συνδεδεμένος με οργανικές ενώσεις. Η πηγή επιφανειακών υδάτων του μπορεί να προέρχεται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές (Ζανάκη, 2001).

Διαλυμένο οξυγόνο

Το διαλυμένο οξυγόνο επηρεάζεται τις περισσότερες φορές από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την πίεση. Καθώς, αυξάνεται η θερμοκρασία, η αλατότητα ή η πίεση, παρατηρείται μείωση της διαλυτότητας και αντίστροφα. Όταν γίνουν οι συνθήκες αυτές σταθερές, το διαλυμένο οξυγόνο παραμένει σταθερό και μπορεί να υπολογιστεί (Ζανάκη, 2001).

Χλώριο

Το χλώριο στη χλωριούχο μορφή του είναι ένα από τα πιο βασικά ανόργανα ιόντα στο νερό. Εμφανίζονται στη φύση ευρέως ως άλατα νατρίου (NaCl), καλίου (KCl), μαγνησίου (MgCl₂) και ασβεστίου (CaCl₂), που εμφανίζονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Η συγκέντρωσή του ποικίλλει στα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα, με παράγοντες που επηρεάζουν κυρίως τη χημική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Προκύπτουν επίσης, από λύματα, λιπάσματα, βιομηχανικά απόβλητα και διεύσδυση νερού από τη θάλασσα (Νταράκας, 2010).

Υπολειμματικό χλώριο

Για την απολύμανση του πόσιμου νερού, συνήθως χρησιμοποιείται χλωρίωση, η οποία μπορεί να γίνει με αέριο καθαρό χλώριο ή χλωριούχες ενώσεις. Το υπολειμματικό χλώριο έχει την ικανότητα να διαλύεται στο νερό, σχηματίζοντας υποχλωριώδες οξύ και υδροχλωρικό οξύ. Το υποχλωριώδες οξύ έχει βακτηριοκτόνο δράση. Όπου υπάρχει αμμωνία σε ένα δείγμα, αυτό αντιδρά σχηματίζοντας μονοχλωραμίνη, διχλωραμίνη ή τριχλωραμίνη. Η μέτρηση του υπολειπόμενου χλωρίου βοηθά στον προσδιορισμό του εάν το νερό είναι επαρκώς χλωριωμένο (Νταράκας, 2010).

Θειικά ιόντα

Στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά βρίσκονται τα θειικά ιόντα που μπορεί να προέρχονται από τη γεωλογική σύνθεση των πετρωμάτων μέσω των οποίων ρέει το νερό ή από ανθρώπινες αιτίες και από το νερό της βροχής. Η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό ποικίλλει ανάλογα με το είδος του πετρώματος και την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η μέτρηση είναι σημαντική γιατί το θειικό ασβέστιο και το θειικό μαγνήσιο έχουν καθαρτική δράση στον άνθρωπο, επομένως στο πόσιμο νερό η συγκέντρωσή τους χρειάζεται να είναι μικρότερη από 250 mg/L (Ζανάκη, 2001).

Κάλιο

Αποτελεί συστατικό όλων των φυσικών νερών, αφού η συγκέντρωση του καλίου πρέπει να φτάνει τα 20mg/L (Νταράκας, 2010).

Νάτριο

Το νάτριο αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανθρώπινη ζωή, αφού τα άλατά του βρίσκονται σε όλες τις τροφές και στο πόσιμο νερό. Στη φύση εντοπίζεται σε συγκέντρωση 1-500mg/L, το πόσιμο νερό δεν ξεπερνάει τα 20 mg/L. Όταν βρίσκεται σε συγκεντρώσεις πάνω από 200 mg/L η γεύση αλλοιώνεται. Είναι σημαντικό στοιχείο για τη γεωργία καθώς η μεγάλη αναλογία νατρίου επηρεάζει αρνητικά τη

διαπερατότητα του εδάφους. Τέλος, επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων, καθώς προκαλεί χρόνιες καρδιακές παθήσεις για αυτό τον λόγο το νερό που πίνετε πρέπει να έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο (Νταράκας, 2010).

Ασβέστιο

Το ασβέστιο είναι συστατικό του φυσικού νερού και προέρχεται από τα πετρώματα μέσα από τα οποία ρέει το νερό τέτοια παραδείγματα είναι ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης και ο γύψος. Η συγκέντρωσή του κυμαίνεται από 0 έως αρκετές εκατοντάδες mg/L και συμβάλλει στη συνολική σκληρότητά του (Νταράκας, 2010).

Μαγνήσιο

Τα άλατα του μαγνησίου, όπως και το ασβέστιο, συμβάλλουν στη συνολική σκληρότητα του νερού. Όταν θερμαίνονται, μπορούν να δημιουργήσουν εναποθέσεις σε σωλήνες και σε λέβητες. Η συγκέντρωσή τους όταν είναι μεγαλύτερη από 125mg/L, αρχίζουν να επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία έχοντας καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες (Νταράκας, 2010).

Ιχνοστοιχεία

Όταν βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες μπορούν να γίνουν τοξικά. Πολλά από τα ιχνοστοιχεία έχουν χαρακτηριστεί ως ρύποι προτεραιότητας για αυτό τον λόγο πρέπει να ελέγχονται. Ο σίδηρος για παράδειγμα μπορεί να δώσει στο νερό γεύση και να προκαλέσει προβλήματα λεκέδων στα πλυντήρια ρούχων. Κάποια άλλα ιχνοστοιχεία που συναντώνται στο πόσιμο νερό είναι το μαγγάνιο, το αργίλιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το κάδμιο, το χρώμιο, ο μόλυβδος και το αρσενικό (Νταράκας, 2010).

Κεφάλαιο 4. Μικροοργανισμοί

4.1. Μικροβιολογία

Η μικροβιολογία είναι ένας κλάδος της βιολογικής επιστήμης που ασχολείται με τη μελέτη μικροοργανισμών, οι οποίοι μπορεί να είναι μονοκύτταροι ή μικροσκοπικοί πολυκύτταροι οργανισμοί που είναι αόρατοι με γυμνό μάτι αλλά απαιτούν μικροσκόπιο για να παρατηρηθούν. Τα κύτταρα μπορεί να είναι ευκαρυωτικά (που έχουν πυρήνα), όπως μονοκύτταροι μύκητες και πρωτίστες, ή προκαρυωτικά (χωρίς πυρήνα), όπως βακτήρια και αρχαία. Οι ιοί είναι επίσης, αντικείμενο μικροβιολογίας (Ζανάκη,1998).

4.2. Μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί είναι ζωντανοί οργανισμοί (οι ιοί δεν είναι ζωντανοί οργανισμοί), μονοκύτταροι, με απλές δομές που δεν μπορούμε να διακρίνουμε με γυμνό μάτι γιατί έχουν μέγεθος μικρότερο από 0,1 mm.

Επιπλέον, οι μικροοργανισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο για το βιολογικό κρίκο επειδή εξασφαλίζουν τη ροή του. Παραδείγματος χάρη οι μικροοργανισμοί αποτελούν βιολογικούς παράγοντες αποσύνθεσης της οργανικής ύλης αφού δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο. Επίσης, χρησιμοποιούν τον άνθρωπο ώστε, να παράγουν αγαθά τέτοια είναι το κρασί, το ξύδι, το γιαούρτι, το τυρί, αλλά και φάρμακα. Σύμφωνα με κάποιες εξελίξεις των τελευταίων χρόνων της βιοτεχνολογίας έχουν ανακαλυφθεί καινούργιες εφαρμογές των μικροοργανισμών που εξυπηρετούν σε σκοπούς παραγωγής (Καραγκούνη- Κύρτσου,1999).

Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε μια κατάσταση συνεχούς πολλαπλασιασμού υπό κατάλληλες συνθήκες. Αν μία από τις συνθήκες τις βασικές λείπει τότε απλά επιβιώνουν, αφού μπαίνουν σε μια κατάσταση «ύπνου» αναστέλλοντας έτσι τη δυνατότητα που έχουν να πολλαπλασιάζονται. Όταν οι συνθήκες ξανά γίνουν ευνοϊκές για τον μεταβολισμό τους αρχίζουν πάλι να πολλαπλασιάζονται αν δεν πραγματοποιηθεί η διαδικασία αυτή τότε πεθαίνουν.

Είδη μικροοργανισμών είναι: (Καραγκούνη- Κύρτσου,1999)

1. Βακτήρια
2. Μύκητες
3. Μικροφύκη
4. Πρωτόζωα
5. Ιοί

4.3. Ανάλυση των μικροοργανισμών

Βακτήρια

Τα βακτήρια είναι μικροσκοπικοί, μονοκύτταροι οργανισμοί. Είναι από τις πρώτες γνωστές μορφές ζωής στη γη. Υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικά είδη βακτηρίων και ζουν σε κάθε δυνατό περιβάλλον. Ακόμη, βρίσκονται στο έδαφος, στο θαλασσινό νερό και βαθιά μέσα στον φλοιό της γης. Κάποια από αυτά τα βακτήρια έχει αναφερθεί ότι ζουν ακόμη και σε ραδιενεργά απόβλητα. Τα βακτήρια ζουν πάνω και μέσα στο σώμα των ανθρώπων και των ζώων στο δέρμα, στους αεραγωγούς, όπως είναι το στόμα, το πεπτικό, το αναπαραγωγικό και το ουροποιητικό σύστημα χωρίς βέβαια να προκαλούν κάποια βλάβη. Αυτά τα βακτήρια χαρακτηρίζονται ως μόνιμη χλωρίδα ή μικροβίωμα. Πολλά από αυτά είναι πραγματικά χρήσιμα για τον άνθρωπο, αφού τον βοηθούν να αφομοιώσει τα τρόφιμα ή να εμποδίσει την ανάπτυξη άλλων, πιο επικίνδυνων βακτηρίων. Επίσης, λίγα μόνο είδη βακτηρίων μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες και ονομάζονται παθογόνα. Υπό ορισμένες συνθήκες, η μόνιμη βακτηριακή χλωρίδα μπορεί να λειτουργήσει και ως παθογόνα, δηλαδή, να προκαλέσει ασθένεια (Larry M. Bush, 2022, Florida Atlantic University).

Τα βακτήρια προκαλούν ασθένειες οι οποίες είναι επιβλαβείς, καθώς παράγουν ουσίες που εισβάλλουν στους ιστούς. Επιπρόσθετα, ορισμένα βακτήρια μπορούν να προκαλέσουν φλεγμονή που να επηρεάσει την καρδιά, τους πνεύμονες, το νευρικό σύστημα, τα νεφρά ή το γαστρεντερικό σωλήνα. Βακτήρια που αυξάνουν τον κίνδυνο καρκίνου, όπως είναι το ελικοβακτηρίδιο του πυλωρού και ορισμένα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως βιολογικά όπλα (άνθρακα, αλλαντίαση, πανώλη και τουλαραιμία) (Larry M. Bush, 2022, Florida Atlantic University).



Εικόνα 3: Απεικόνιση ωφέλιμων και μη βακτηρίων

Μύκητες

Χαρακτηρίζονται ως ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί, αφού μπορούν να εμφανιστούν ως ζυμομύκητες, μούχλα ή ως συνδυασμός και των δύο μορφών. Οι μύκητες είναι ικανοί να προκαλέσουν επιφανειακές, δερματικές, υποδόριες, συστηματικές ή αλλεργικές ασθένειες. Οι ζυμομύκητες είναι μικροσκοπικοί μύκητες που αποτελούνται από μεμονωμένα κύτταρα που αναπαράγονται με εκβλάστηση.

Τα καλούπια, εμφανίζονται σε νημάτια τα οποία είναι γνωστά ως υφές. Οι υφές αυτές μπορεί να είναι αραιά διαφραγματικές έως κανονικά διαφραγματικές και να διαθέτουν μεταβλητό αριθμό πυρήνων. Ασχέτως από το σχήμα ή το μέγεθός τους, οι μύκητες είναι όλοι ετερότροφοι και αφομοιώνουν την τροφή τους εξωτερικά απελευθερώνοντας υδρολυτικά ένζυμα στο άμεσο περιβάλλον τους.



Εικόνα 4: Δομή ενός μύκητα

Μικροφύκη

Τα μικροφύκη είναι μικροσκοπικά φύκια δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Είναι φυτοπλαγκτόν που εντοπίζεται σε γλυκά και θαλάσσια συστήματα, ζουν τόσο στη στήλη του νερού όσο και στο ίζημα. Τα μικροφύκη είναι μονοκύτταρα είδη τα οποία μπορεί να είναι μεμονωμένα ή σε αλυσίδες ή ομάδες. Διακρίνονται με βάση το είδος και το μέγεθός τους από μερικά μικρόμετρα (μm) έως μερικές εκατοντάδες μικρόμετρα. Τα ανώτερα φυτά σε αντίθεση με τα μικροφύκη δεν έχουν ρίζες, μίσχους ή φύλλα. Προσαρμόζονται σε περιβάλλοντα όπου κυριαρχούν οι ιξώδεις δυνάμεις.

Ακόμη, είναι ικανά τα μικροφύκη να εκτελούν φωτοσύνθεση, για αυτό το λόγο είναι σημαντικά για τη ζωή στη γη, καθώς παράγουν ατμοσφαιρικό οξυγόνο και χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα του θερμοκηπίου για να αναπτυχθούν φωτοαυτοτροφικά. Η φωτοσύνθεση που συμβαίνει στη θάλασσα γίνεται από τα μικροφύκη, τα οποία μαζί με τα κυανοβακτήρια ονομάζονται φυτοπλαγκτόν. Τα μικροφύκη, μαζί με τα βακτήρια, αποτελούν τη βάση του τροφικού ιστού και παρέχουν ενέργεια για όλα τα τροφικά επίπεδα πάνω από αυτά.



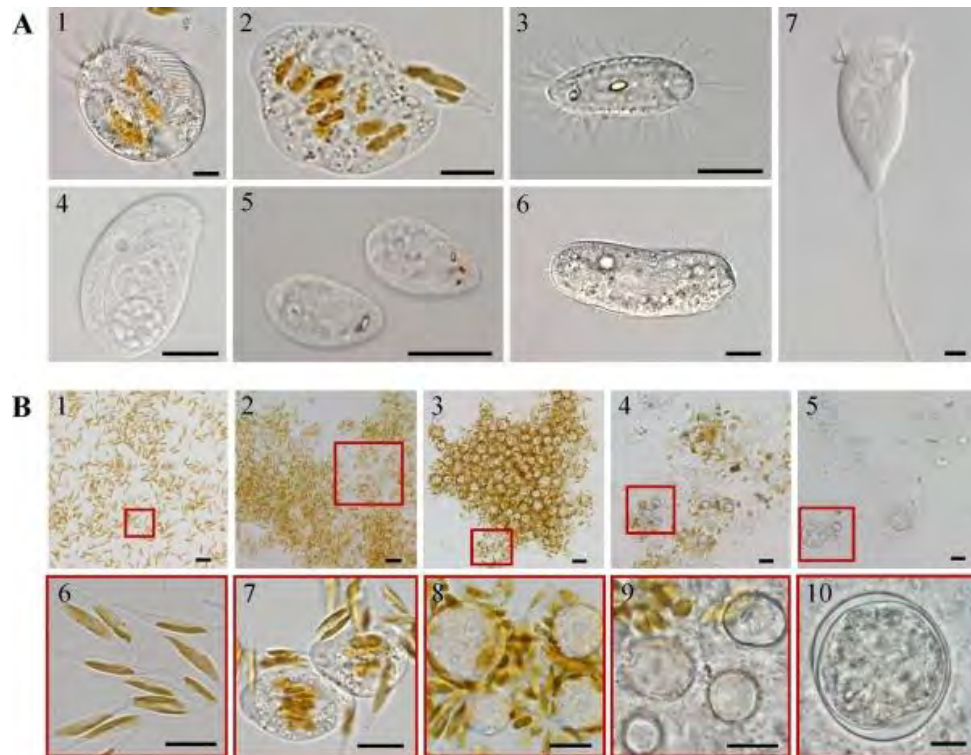
Εικόνα 5: Μικροφύκη

Πρωτόζωα

Τα πρωτόζωα είναι κυρίως μονοκύτταροι οργανισμοί που μοιάζουν με ζώα. Αν και ορισμένοι είναι αποικιακοί ή σχηματίζουν χαλαρές συσσωματώσεις. Τα πρωτόζωα ζουν και λειτουργούν ως ξεχωριστά κυτταρικά άτομα. Επίσης, χαρακτηρίζονται ως χημειοετερότροφοι οργανισμοί επειδή, χρησιμοποιούν οργανικές ενώσεις για την παραγωγή ενέργειας και άνθρακα. Τα περισσότερα από αυτά δεν περιέχουν πράσινες χρωστικές για αυτό και δεν μπορούν να χρησιμοποιούν φως ως πηγή ενέργειας. Επιπλέον, τα πρωτόζωα ζουν σε οικοτόπους κοντά στα γλυκά και αλμυρά νερά, αλλά και εντός πολυκύτταρων οργανισμών συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων και των ζώων.

Τα περισσότερα πρωτόζωα είναι ελεύθεροι ζωντανοί οργανισμοί που λαμβάνουν θρεπτικά συστατικά από οργανικά υλικά σε αποσύνθεση ή τρέφονται με βακτήρια και μικρότερα ευκαρυωτικά κύτταρα. Τέλος, μερικά από αυτά μπορεί να είναι παράσιτα

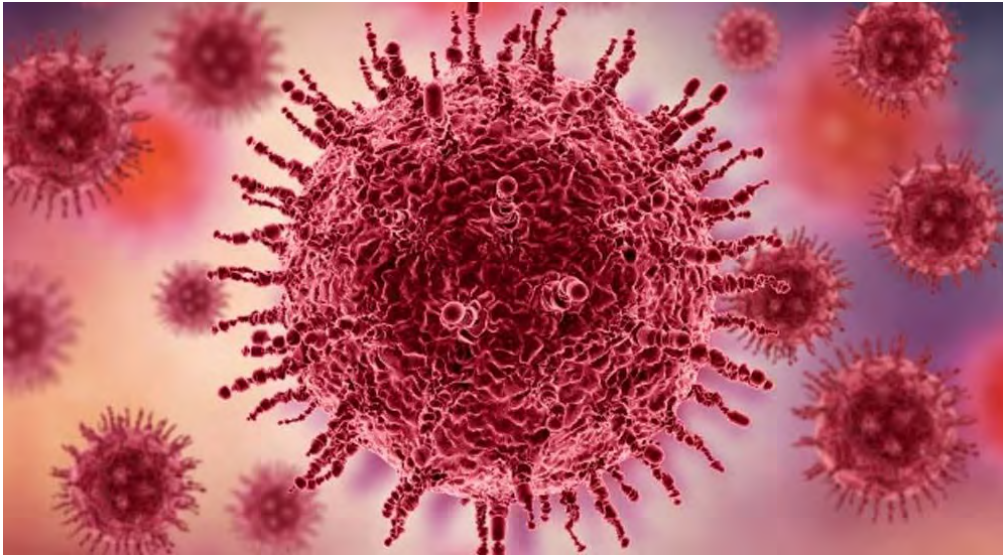
δηλαδή, παθογόνα ικανά να προκαλέσουν ασθένειες στον άνθρωπο και σε άλλα ζώα (Harriet Wilson).



Εικόνα 6: Μικροσκοπική απεικόνιση ενός πρωτόζωου

Ιοί

Το μέγεθος των ιών είναι μικρότερο από 0,3 μm . Ένας ιός δημιουργείται από την ένωση ενός νουκλεϊνικού οξέος και μιας πρωτεΐνης. Όλοι οι υπόλοιποι είναι παρασιτικοί και στερούνται τις κανονικές μεταβολικές λειτουργίες. Βρίσκονται κάποιες φορές στα λύματα για αυτό οι ιοί είναι κατά κύριο λόγο παρόντες στα μολυσμένα νερά. Λόγω του μικρού μεγέθους η απομάκρυνσή τους από τα ύδατα καθίσταται αρκετά δύσκολη γιατί είναι ανθεκτικοί στις τεχνικές απολύμανσης των υδάτων (Μήτρακας, 2001, Ζανάκη, 2001).



Εικόνα 7: Μορφή ενός ιού

4.4. Μικροβιολογικές αναλύσεις υδάτων

Η μικροβιολογική ανάλυση του νερού αναφέρεται στον εντοπισμό και στο ποσοτικό προσδιορισμό των μικροοργανισμών που εμπεριέχει ένα δείγμα νερού όπως επίσης, και τις τεχνικές που χρησιμοποιεί για την επίτευξη αυτού του σκοπού (Ζανάκη,1998). Προσδιορίζει συνήθως το σύνολο των μικροοργανισμών που ενέχεται σε ένα δείγμα νερού όταν αυτό προέρχεται από το περιβάλλον.

Ο προσδιορισμός της μικροβιολογικής ανάλυσης αφορά τον ποσοτικό και ποιοτικό χαρακτηρισμό των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό. Τα στάδια που ακολουθηθήκαν είναι πρώτον ο προσδιορισμός της ποσότητας της κοινής μικροβιακής χλωρίδας που υπάρχει στο νερό και δεύτερον η καταμέτρηση και η αναζήτηση των εντερόκοκκων και των στρεπτόκοκκων που ανιχνεύονται στο νερό όπως, και διάφορα άλλα είδη.

Τα ύδατα πρέπει να ελέγχονται σε ξεχωριστό χώρο στο εργαστήριο, ώστε να απολυμαίνεται καλύτερα ο χώρος και να εξασφαλίζονται οι άσηπτες συνθήκες σε όλη τη διάρκεια της μικροβιολογικής εξέτασης.

Στο μικροβιολογικό εργαστήριο πρέπει οπωσδήποτε να τηρούνται οι κανόνες για την υγιεινή και την ασφάλεια αφού, κατά αυτόν τον τρόπο θα μειωθούν οι ενδοεργαστηριακές μολύνσεις βοηθώντας έτσι το προσωπικό να προφυλαχθεί από τις μολύνσεις.

Η μικροβιολογική ανάλυση του νερού στοχεύει στην εξέταση του βαθμού μόλυνσης των υδάτων που προκύπτουν από τα λύματα ή από τα κτηνοτροφικά απόβλητα και συμβάλλει στον έλεγχο καταλληλότητας του νερού για τις μετέπειτα χρήσεις του

όπως για παράδειγμα την πόση, την κολύμβηση. Ο έλεγχος αυτός προσδιορίζει τη μεθοδολογία, τις τεχνικές που στοχεύουν στον εντοπισμό της παρουσίας και του προσδιορισμού της πυκνότητας των μικροοργανισμών που είναι δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης ή έχουν παθογόνο δυναμικό. Από όλους τους μικροοργανισμούς ελάχιστοι είναι αυτοί που είναι παθογόνοι προκαλούν δηλαδή ασθένειες. Οι δείκτες αν και μπορεί να συνοδεύουν το παθογόνο, δεν χρειάζεται να είναι απαραίτητα και το ίδιο το παθογόνο (Παπαπετροπούλου, Μαυρίδου 2010). Τέτοια παραδείγματα είναι η δυσεντερία και η χολέρα από νερό.

Χαρακτηριστικά των μικροβιακών δεικτών είναι τα εξής: (Παπαπετροπούλου, Μαυρίδου 2010)

- ❖ Η ανίχνευση των μεθόδων να εφαρμόζεται σε όλα τα ύδατα
- ❖ Η παρουσία του απαιτεί να είναι άμεση όταν βρίσκεται παρόν ο παθογόνος μικροοργανισμός και απών όταν τα ύδατα δεν είναι ρυπασμένα
- ❖ Υψηλή συγκέντρωση σε αντίθεση με τα παθογόνα είδη
- ❖ Ο βαθμός ρύπανσης πρέπει να είναι ανάλογος με τη συγκέντρωση
- ❖ Αντίδραση ανάλογη των περιβαλλοντικών συνθηκών για τα παθογόνα που μας ενδιαφέρουν
- ❖ Μεγαλύτερος ή παραπλήσιος χρόνος ζωής από τα παθογόνα
- ❖ Εύκολος προσδιορισμός και απομόνωση στο εργαστήριο
- ❖ Σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση
- ❖ Προέλευση δεικτών και παθογόνων από την ίδια πηγή
- ❖ Να μην επηρεάζει τον άνθρωπο και τα ζώα

Τα παραπάνω κριτήρια δεν μας ικανοποιούν πλήρως για το είδος των μικροοργανισμών. Αυτά που συμβάλλουν στις μικροβιολογικές αναλύσεις και βοηθούν, ώστε να χαρακτηριστεί το νερό ως κατάλληλο ή μη για χρήση είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων, οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι, οι εντερόκοκκοι, ο σταφυλόκοκκος και η πυοκυανική ψευδομονάδα.

4.5. Μικροοργανισμοί στα ύδατα

Πόσιμο νερό με βάση την οδηγία 80/778 χαρακτηρίζεται νερό που χρησιμοποιείται για κατανάλωση από τους ανθρώπους με ή χωρίς επεξεργασία ανεξάρτητα από το που προήλθε.

Πόσιμο νερό ή ύδρευσης

- ✓ Ολικά κολοβακτηριοειδή
- ✓ Ολικό αριθμό βακτηριδίων
- ✓ Εντερόκοκκοι
- ✓ *Escherichia coli*
- ✓ Ολική μεσόφιλη μικροχλωρίδα (OMX)

Εμφιαλωμένο νερό είναι αυτό που προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και διατίθεται από το εμπόριο συσκευασμένο μέσα σε γυάλινα ή πλαστικά δοχεία.

Εμφιαλωμένο νερό

- ✓ Ολικά κολοβακτηριοειδή
- ✓ Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
- ✓ Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι
- ✓ Ψευδομονάδα πυοκυανική
- ✓ Εντερόκοκκοι

Θαλασσινό νερό

- ✓ Ολικά κολοβακτηριοειδή
- ✓ Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
- ✓ Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι

Νερά κολυμβητικών δεξαμενών

- ✓ Ολικά κολοβακτηριοειδή
- ✓ Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
- ✓ Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι
- ✓ Ψευδομονάδα πυοκυανική
- ✓ Σταφυλόκοκκος χρυσίζων

Νερά λιμνών

- ✓ Ολικά κολοβακτηριοειδή
- ✓ Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
- ✓ Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι
- ✓ *Escherichia coli*

Νερά ποταμών

- ✓ Ολικά κολοβακτηριοειδή

- ✓ Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
- ✓ Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι

Το νερό ελέγχεται επίσης για την παρουσία μικροοργανισμών. Οι επιτόπιες υγειονομικές επιθεωρήσεις βοηθούν στον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας του νερού, στην αξιολόγηση των συνθηκών στην περιοχή και της πιθανότητας πηγών μόλυνσης του νερού και φυσικά σε βιολογικές μελέτες (Leoni, 2019). Οι περισσότερες υδατογενείς εστίες μπορεί να προκληθούν από παθογόνους μικροοργανισμούς, που πιθανώς προέρχονται από μόλυνση του νερού με κόπρανα. Ως εκ τούτου, οι διάφοροι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται ως δείκτες για τον έλεγχο πιθανής μόλυνσης με κόπρανα. Η παρουσία μικροβιακών δεικτών στο νερό είναι απόδειξη μόλυνσης με κόπρανα, η οποία με τη σειρά της υποδηλώνει την πιθανή συνύπαρξη μικροοργανισμών και παθογόνων στο νερό. Η εκτίμηση της παρουσίας μικροοργανισμών βασίζεται στη φύση του κάθε μικροοργανισμού και στην πιθανή συσχέτισή του με μόλυνση με κόπρανα (Cabral, 2010).

Οι παράμετροι που θα εξεταστούν ως δείκτες - μικροβίων είναι οι εξής:

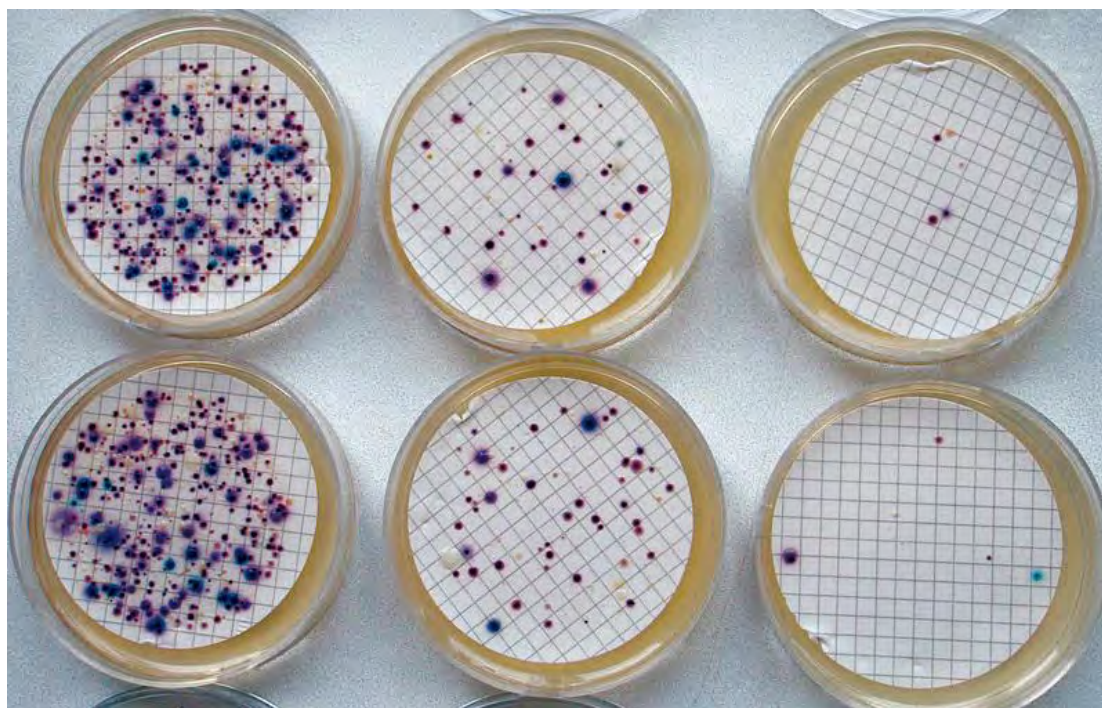
1. Ολικά κολοβακτηριοειδή
2. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
3. Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι
4. Θειοαναγωγικά κλωστρίδια
5. Σύνολο βακτηριδίων στο πόσιμο νερό
6. Καταμέτρηση βακτηριδίων στους 37°C
7. Καταμέτρηση βακτηριδίων στους 22°C

Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total Coliforms)

Τα ολικά κολοβακτηριοειδή είναι μια ομάδα βακτηρίων που συσχετίζονται με τα κοπρανώδη. Τα αερόβια και προαιρετικά αναερόβια μη σπορογόνα Gram-αρνητικά βακτήρια που ζυμώνουν τη λακτόζη με τη παραγωγή οξέος και αερίου (EPA, 1976, Li και Liu, 2019) σε 24-48h (Halkman και Halkman, 2014, Li και Liu, 2019) στους 35°C-37°C. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην αποτελούν ασφαλή δείκτη κοπρανώδους προέλευσης, αφού κάποια στελέχη της ομάδας δεν ανήκουν μόνο στην εντερική χλωρίδα, αλλά ανιχνεύονται και στο περιβάλλον. Μπορούν να απομονωθούν εύκολα, καθώς είναι χρήσιμοι δείκτες για πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων βακτηρίων και ιών στο νερό. Επιπλέον, αποτελούν δείκτες αποτελεσματικότητας των επεξεργασιών και δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης από χόματα.

Κολοβακτηριοειδή γένη:

- *Escherichia coli*
- *Citrobacter*
- *Enterobacter*
- *Klebsiella*
- *Hafnia*
- *Erwinia*
- *Serratia*
- Μη ανθρώπινα είδη
- Γένη που συναντώνται στο περιβάλλον μόνο (*Rhanella* spp)
- Κάποια από τα γένη είναι κοπρανώδη και περιβαλλοντικά (*Enterobactercolae*, *Citrobacterfreundii*) (Donlar και Costerton, 2002)



Εικόνα 8: Παρατήρηση αποικιών ολικών κολοβακτηριοειδών

Κοπρανώδη Κολοβακτηριοειδή (Faecal Coliforms)

Τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή συνιστούν υποομάδα των ολικών κολοβακτηριοειδών, τα οποία αποτελούν ένδειξη παρουσίας της *Escherichia coli* στο νερό. Η *E. coli* είναι μέλος του γένους των εντεροβακτηριακών που εκφράζουν τη β-D-γλυκουρονιδάση και τη β-D-γαλακτοσιδάση.

Ακόμη, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή διαφέρουν από τα ολικά κολοβακτηριοειδή, αφού έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε υψηλές θερμοκρασίες 44.5°C. Επιπρόσθετα, έχουν την ικανότητα να ζυμώνουν τη λακτόζη με την παραγωγή οξέος και αερίου (EPA, 1976). Πρόκειται για οργανισμούς, οι οποίοι ζουν παρουσία ή απουσία ελεύθερου οξυγόνου (Ogram, 2020).

Τα κολοβακτηριοειδή εκφράζουν τη β-D-γαλακτοσιδάση μόνο. Όταν υπάρχει εμφάνιση της *E. coli* στο δείγμα που εξετάζουμε τότε το συσχετίζουμε με τη χρήση μολυσμένου νερού στη δεξαμενή, τη παρουσία περιττωμάτων ή την αναποτελεσματική απολύμανση, αλλά και τις κακές συνθήκες υγιεινής που επικρατούν στην εγκατάσταση (Brackett και Splittstoesser, 1992). Ένα από τα συχνότερα μέλη της ομάδας αυτής είναι η *E.coli* είναι δυνατόν όμως να περιλαμβάνει και διάφορα είδη *Enterobacter* και *Klebsiella* (EPA, 1976).



Εικόνα 9: Παρατήρηση καλλιέργειας κολοβακτηριοειδών κοπράνων

Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (*Faecal streptococci*)

Οι στρεπτόκοκκοι είναι Gram θετικά, προαιρετικά αναερόβια βακτήρια, ανθεκτικά στο χλωριούχο νάτριο, αλλά και σε αλκαλικό pH, αφού απαντώνται ή σε ζεύγη, ή σε μικρές αλυσίδες, ή μεμονωμένα (Μαυρίδου, 2014). Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι βρίσκονται κυρίως στο εμφιαλωμένο και θαλασσινό νερό, στα νερά των κολυμβητικών δεξαμενών στις λίμνες και στους ποταμούς.

Η αναλογία των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων προς τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή σε ένα δείγμα νερού που υποδηλώνει τη φύση του μολυσματικού φορτίου. Στα λύματα υπερτερούν οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι σε αντίθεση με τα κοπρανώδη (Κέγκος,2003). Από την άλλη πλευρά οι στρεπτόκοκκοι είναι αριθμητικά περισσότεροι από τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή στα περιττώματα των οικιακών και των κτηνοτροφικών ζώων. Επίσης, οι στρεπτόκοκκοι είναι ανθεκτικοί στη χλωρίωση σε σχέση με την *Escherichia coli*.

Η προέλευση της ομάδας των στρεπτόκοκκων κοπρανώδους προέρχεται από τα είδη του γένους *Streptococcus*, τέτοια είναι: *S. avium*, *S. bovis*, *S. equinus*, *S. faecalis*, *S. faecium* και *S. gallinarum*. Οι στρεπτόκοκκοι ανιχνεύονται στο γαστρεντερικό σωλήνα θερμόαιμων ζώων, για αυτό το λόγο βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα κόπρανά τους, ωστόσο κάποια είδη, όπως είναι τα *S. avium*, *S. bovis*, *S. Equines* δεν εντοπίζονται μόνο σε ζωικούς οργανισμούς (ΑΡΗΑ, 1998). Η διαφορά των εντερόκοκκων από τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους είναι η ικανότητα τους να αναπτύσσονται σε διάλυμα χλωριούχου νατρίου με ποσοστό 6.5%, pH 9.6, και σε θερμοκρασία μεταξύ 10 και 45°C. Μπορούν επίσης, να μείνουν ανεπηρέαστα σε υψηλές θερμοκρασίες (60°C) για 30 λεπτά, επειδή έχουν τη δυνατότητα να μειώνουν το κυανό του μεθυλενίου σε 1% (WHO, 2003). Ακόμη, συνιστούν πολύτιμο βακτηριακό δείκτη ο οποίος είναι ενδεικτικός για την έκταση της περιττωματικής μόλυνσης των επιφανειακών υδάτων αναψυχής και της ποιότητάς τους (ΑΡΗΑ, 1998).



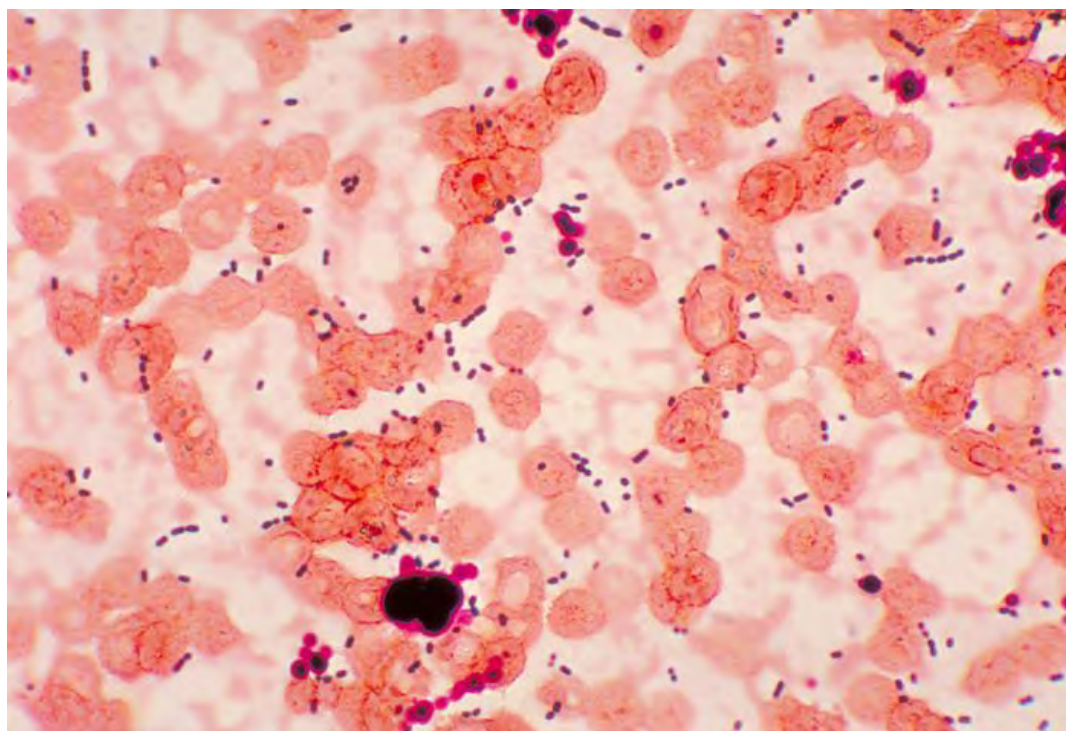
Εικόνα 10: Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι

Εντερόκοκκος (*Enterococcus*)

Οι εντερόκοκκοι είναι Gram-θετικοί. Περιλαμβάνουν πολλά στελέχη, δύο από τα οποία είναι κυρίως το *E. faecium* και το *E. faecalis*, που προκαλούν λοιμώξεις στον άνθρωπο. Οι εντερόκοκκοι είναι σφαιρικά ή ωοειδή κύτταρα. Ποικίλουν σε μέγεθος

από 0,6-2 μm έως 0,6-2,5 μm , σχηματίζουν μικρές ή μακριές αλυσίδες και μερικές φορές εμφανίζονται ως διπλόκοκκοι.

Μπορούν να εμφανιστούν για λίγο στο δέρμα, ειδικά στο περίνεο, στον γυναικείο κόλπο ή στο στόμα. Επιβιώνουν στο εξωτερικό περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Μπορούν επίσης, να καταστραφούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα περισσότερα στελέχη επιβιώνουν από χαμηλή παστερίωση (30-60°C) και παρατεταμένη κατάψυξη, αναπτύσσονται επιπλέον, σε υλικά που περιέχουν μεταλλικά άλατα και επιβιώνουν μακροπρόθεσμα υπό αναερόβιες συνθήκες και $\text{pH} < 5$. Ακόμη, είναι παρασιτικοί μικροοργανισμοί αλλά δεν έχουν ενεργές τοξίνες. Οι εντερόκοκκοι έχουν την ικανότητα να διασπείρονται στο περιβάλλον με τα κόπρανα των ζώων των ανθρώπων, αλλά και με τα οικιακά απόβλητα. Τέλος, μπορούν να προκαλέσουν οι εντερόκοκκοι ουρολοιμώξεις, περιτονίτιδα, σηψαιμία, ενδοκαρδίτιδα και λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος.



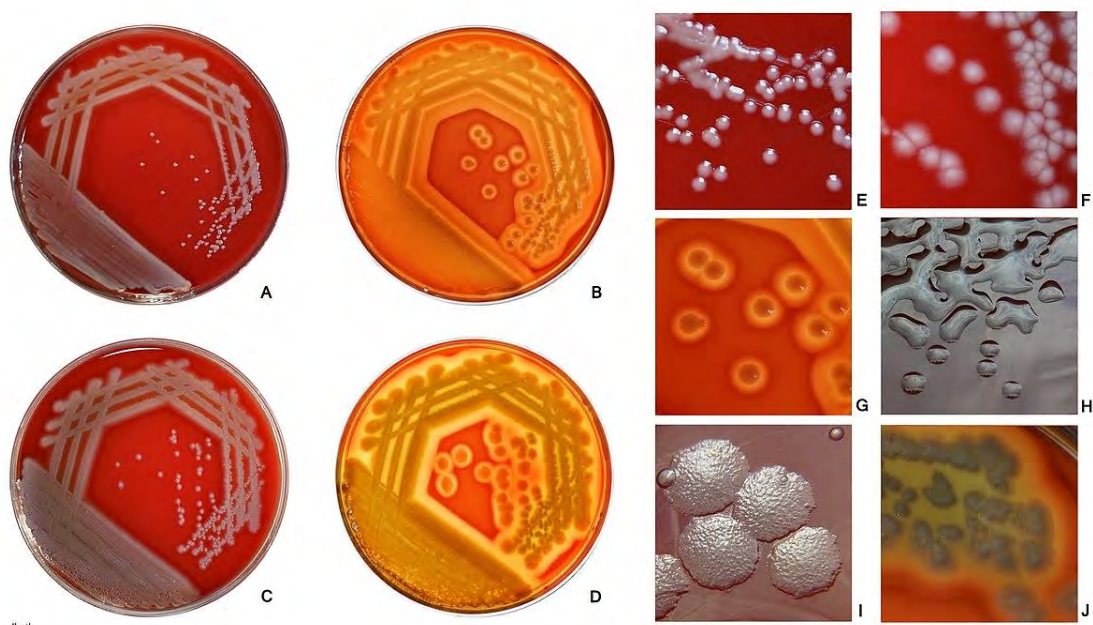
Εικόνα 11: Απεικόνιση εντερόκοκκου

Ψευδομονάδα πυοκυανίκη (*Pseudomonas aeruginosa*)

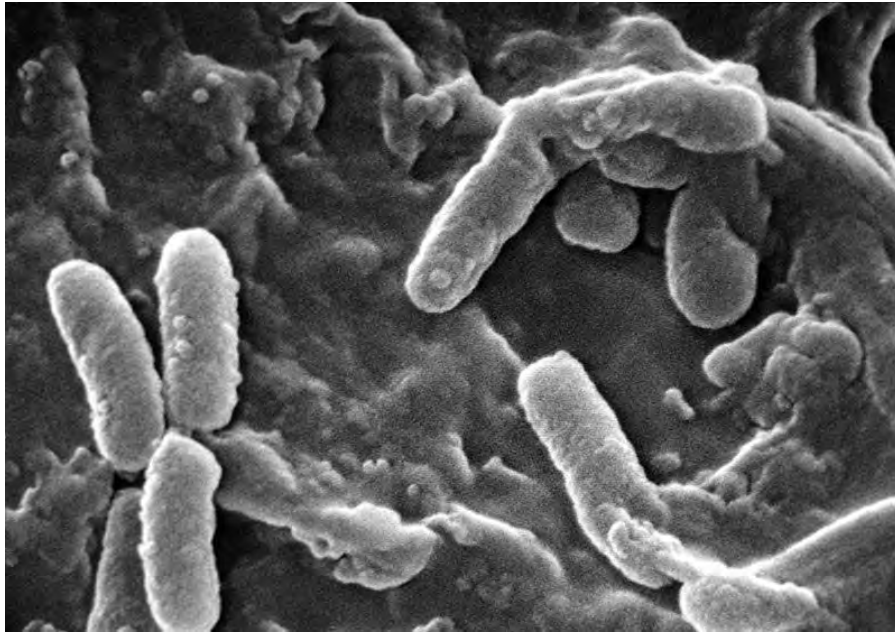
Το *Pseudomonas aeruginosa* είναι ένας κινητικός, αυστηρά αερόβιος, θετικός σε οξειδάση και καταλάση, μη σπορογόνος βάκιλος. Οι θερμοκρασίες στις οποίες αναπτύσσεται η ψευδομονάδα είναι 4-43°C και η βέλτιστη θερμοκρασία του είναι στους 37°C. Αναπτύχθηκε κάτω από τους 42°C, ξεχωρίζοντας από άλλες ψευδομονάδες. Η παραγωγή της πυοκυανίνης, μιας μπλε-πράσινης χρωστικής που

απορροφά το υπεριώδες φως στα 254nm αποτελεί το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της. Το *Pseudomonas aeruginosa* δεν είναι δείκτης μόλυνσης των κοπράνων γιατί δεν μεταδίδεται πάντα με τα κόπρανα. Μόνο το 10% των ανθρώπων έχει φυσιολογική χλωρίδα του εντέρου.

Είναι ολιγοτροφικοί μικροοργανισμοί που είναι ευρέως διαδεδομένοι στο περιβάλλον. Στο νερό ειδικότερα αλλάζουν τις αισθητηριακές τους ιδιότητες. Είναι δυνητικά παθογόνοι μικροοργανισμοί που προκαλούν σοβαρές λοιμώξεις στα μάτια, στα αυτιά, στα τραύματα, στα εγκαύματα, αλλά και δερματίτιδα έχοντας ιδιαίτερη αξία στην αξιολόγηση της ποιότητας του εμφιαλωμένου νερού, των πισινών, της κατάστασης των δικτύων σωληνώσεων και των δεξαμενών. Επιπλέον, η ψευδομονάδα πυοκυανική είναι ανθεκτική στη χλωρίωση που εφαρμόζεται στο πόσιμο νερό μόνο εάν η ποσότητα του υπολειμματικού χλωρίου υπερβεί τα 0,8 mg/L (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 2010, Donlar και Costerton, 2002).



Εικόνα 12: Καλλιέργειες πυοκυανικής ψευδομονάδας

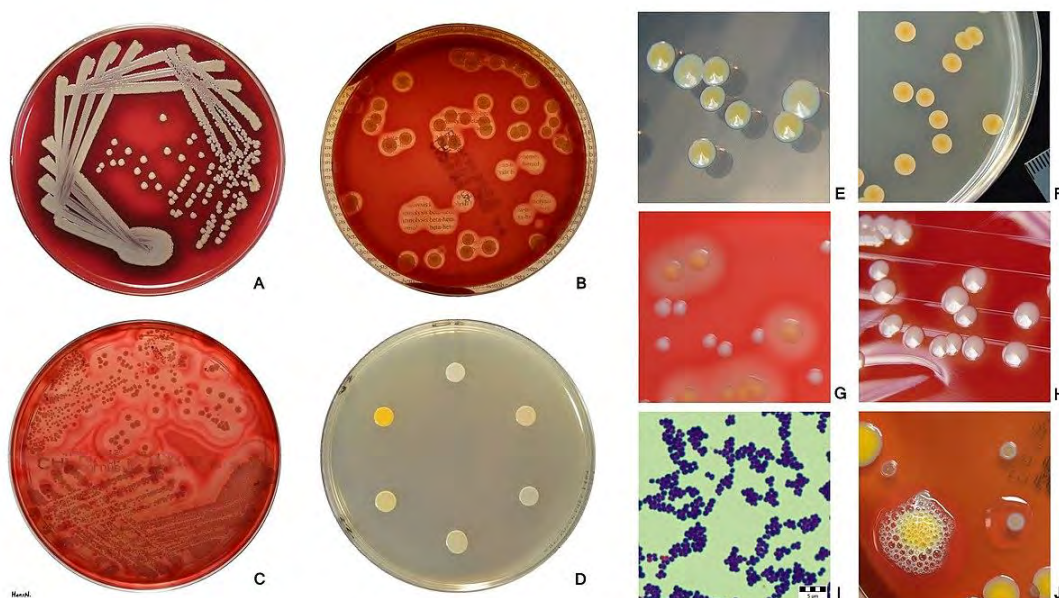


Εικόνα 13: Ψευδομονάδα πυοκυανική

Σταφυλόκοκκος χρυσίζων (*Staphylococcus aureus*)

Το γένος *Staphylococcus* αποτελείται από μη κινητικούς, μη σποριογόνους Gram-θετικούς κόκκους μεγέθους 0,5-1,5 μm . Οι σταφυλόκοκκοι μπορούν να διασπάσουν τη γλυκόζη τόσο κατά την αερόβια όσο και κατά την αναερόβια ανάπτυξη. Επιπλέον, είναι συχνά θετικός σε καταλάση και εμφανίζεται μεμονωμένα, σε μικρά ζεύγη, τετράδες, μικρές αλυσίδες, ακόμη, και ακανόνιστα θραύσματα (WHO, 2006). Είναι ένας κοινός τύπος μικροοργανισμών στο δέρμα και μπορεί να ανιχνευθεί στο νερό της πισίνας, υποδηλώνοντας δείκτες κινδύνου για δερματικές και οφθαλμικές παθήσεις (Totaro, 2019).

Οι εκκρίσεις του σώματος των κολυμβητών προκαλούν την απελευθέρωση και συσσώρευση μικροοργανισμών στο φιλμ επιφάνειας της πισίνας (Robinton και Mood, 1966). Νερό από οποιοδήποτε υδάτινο σώμα, συμπεριλαμβανομένων των χλωριωμένων πισινών (Rocheleau, 1986). Κλινικά, ο πιο σημαντικός τύπος σταφυλόκοκκου είναι ο *Staphylococcus aureus* γιατί βρίσκεται στις ρινικές οδούς, στο δέρμα και στα κόπρανα υγιών ανθρώπων (WHO, 2006). Η πρόταση να συμπεριληφθεί ο *Staphylococcus aureus* στους δείκτες ποιότητας του νερού της πισίνας έγκειται στην υψηλή αντοχή του στο χλώριο (5 έως 20 φορές υψηλότερη από τα κολοβακτηρίδια) και σε άλλες αλογονωμένες ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως απολυμαντικά (Alico και Dragonjac, 1986).



Εικόνα 14: Καλλιέργειες χρυσίζων σταφυλόκοκκου

Ολική μεσόφιλη μικροχλωρίδα (OMX)

Οι καλλιεργήσιμοι μικροοργανισμοί απαριθμούνται σύμφωνα με τον ορισμό του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 6222. Η ολική μεσόφιλη χλωρίδα αφορά όλα τα αερόβια βακτήρια, ζυμομύκητες και μύκητες που είναι ικανά να σχηματίσουν αποικίες σε θρεπτικά μέσα υπό τις συνθήκες σύνθεσης όπως αναφέρεται στην εφαρμοσμένη μέθοδο καλλιέργειας και απαρίθμησης.

Ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών προέρχεται από διαφορετικές πηγές όπως είναι η βλάστηση, το έδαφος και οι υδάτινοι πόροι. Η εκτίμηση της συνολικής ποσότητας που υπάρχει σε ένα επιθεωρημένο δείγμα νερού από μια πισίνα μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, την ακεραιότητα του συστήματος διανομής νερού μέσα στη δεξαμενή και την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας επεξεργασίας του, επιτρέποντας την κατάλληλη και αποτελεσματική επεξεργασία. Παρακολουθείτε τακτικά τη μικροβιολογική του ποιότητα.

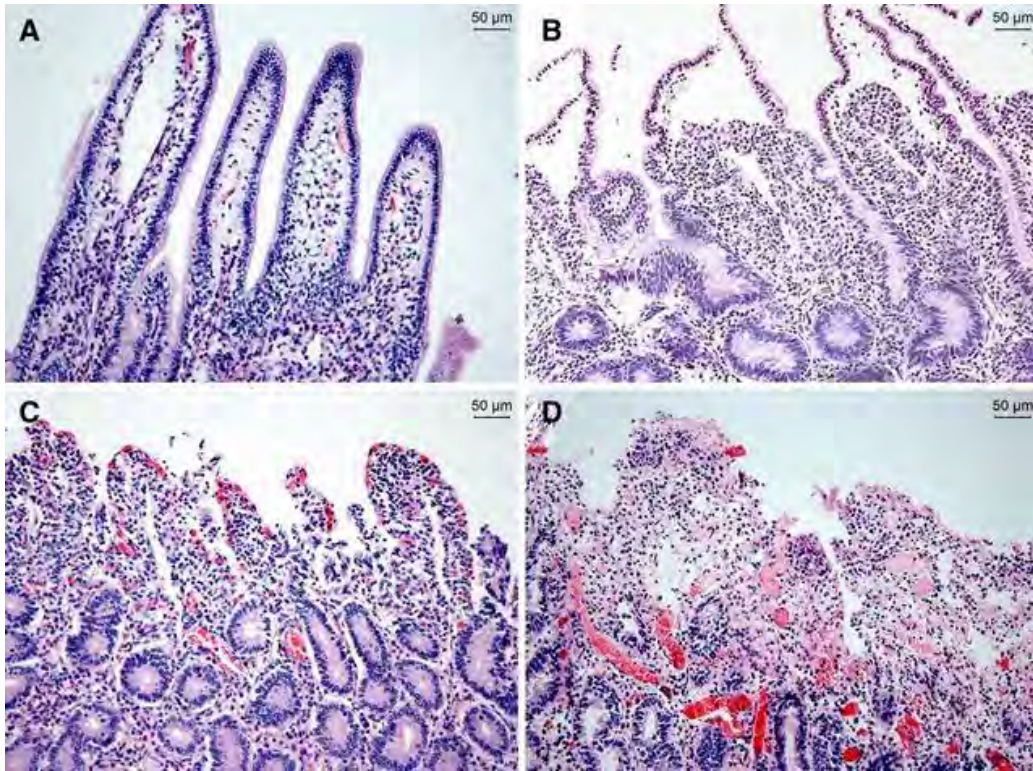
Η συνολική μεσόφιλη χλωρίδα περιλαμβάνει δύο ομάδες οργανισμών ως προς τη θερμοκρασία ανάπτυξής τους. Μερικά αναπτύχθηκαν αερόβια στους 22°C, άλλα στους 36°C στο στερεό θρεπτικό μέσο Yeast Extract Agar. Ειδικά για δείγματα νερού πισίνας, η επώαση πραγματοποιήθηκε μόνο στους 36°C.



Εικόνα 15: Ολική μεσόφιλη μικροχλωρίδα

Θειοαναγωγικά κλωστρίδια (*Clostridium perfringens*)

Τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια χαρακτηρίζονται ως Gram-θετικοί, αναερόβιοι, σπορογόνοι βάκιλοι, καθώς ανάγουν τα θειικά σε θειούχα άλατα. Ένα από το πιο χαρακτηριστικό είδος είναι το *Clostridium perfringens* το οποίο βρίσκεται σε μεγάλη συγκέντρωση στα κόπρανα. Το *Clostridium perfringens* λόγω της παραγωγής εντεροτοξίνης προκαλεί έντονους κοιλιακούς πόνους και διάρροια. Σχηματίζουν σπόρους που έχουν αντοχή στο περιβάλλον και επιβιώνουν από την απολύμανση. Η ρύπανση είναι παλιά όταν δεν υπάρχει επιπλέον αντίχνευση *Escherichia Coli* και εντεροκόκκων. Έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε αντίθεση με τα κολοβακτηρίδια και τους στρεπτόκοκκους γιατί χρησιμοποιούνται ως δείκτες παρουσίας πρωτόζωων. Τα κλωστρίδια είναι παθογόνα απαιτώντας εργαστηριακή προσοχή (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου 2010, Donlar & Costerton, 2002).



Εικόνα 16: Ανάλυση σε μικροσκόπιο του *Clostridium perfringens*



Εικόνα 17: *Clostridium perfringens*

4.6. Νομοθεσία των υδάτων

Νερό για ανθρώπινη κατανάλωση

ΚΥΑ Υ2/2600/01 για τη ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση με την οδηγία 98/83/ΕΚ [ΦΕΚ 892/11-07-01].

Κοινοτική οδηγία νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83 ΕΚ).

Τροποποίηση της ΚΥΑ Υ2/2600/01 για τη ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (Αριθ. ΔΥΓ2 /Γ.Π. οικ 38295 [ΦΕΚ 630/26-4-07]).

Νερά κολύμβησης

Οδηγία Συμβουλίου 76/160/ΕΟΚ για την ποιότητα υδάτων κολύμβησης.

Νέα οδηγία 2006/7/ΕΚ, διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ.

Πρότυπα νερών κολύμβησης.

Προστασία και διαχείριση των υδάτων

Ο Νόμος 3299/2003 περί «Προστασίας και διαχείρισης των υδάτων» σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

Προδιαγραφές νερού πισίνων

Προδιαγραφές και κριτήρια ποιότητας νερού πισίνων και κολυμβητικών δεξαμενών.

Νομοθεσία: Γ1/443/73 (ΦΕΚ 87 Β) Υγ. Διάταξη «περί κολυμβητικών δεξαμενών μετά οδηγιών κατασκευής και λειτουργίας αυτών» και οι τροποποιήσεις της:

- Γ4 1150/76 (ΦΕΚ 937 Β)
- ΔΥΓ2/80825/06 (ΦΕΚ 120 Β)

ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ: ΔΥΓ2/99932/06/22.3.07 «Οδηγίες – διευκρινήσεις εφαρμογής των Υγ. Διατάξεων για τη λειτουργία κολυμβητικών δεξαμενών».

Απόβλητα

Περί διαθέσεως λυμάτων και υγειονομικών αποβλήτων ΥΔ/Ε1β 221/65.

Δ.ΥΓ2 /Γ.Π. οικ. 133551 [ΦΕΚ 2089/τ.Β'/9-10-2008]. Τροποποίηση υπ' αριθμ. Ε1β/221/65 Υγειονομικής Διάταξης.

Οδηγία του συμβουλίου της 21^{ης} Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (91/271/ΕΟΚ).

Κατάλογος βιομηχανικών ρύπων ανά δραστηριότητα – παράμετροι ελέγχου.

Ο μικροβιολογικός χαρακτηρισμός των υδάτων

Κολοβακτηρίδια /100	Χαρακτηρισμός υδάτων
0-1	Πόσιμο νερό
10-100	Επιφανειακά νερά μη ρυπασμένα
500-1000	Νερά ύποπτα μόλυνσης
1000-5000	Νερά μέτρια μολυσμένα
10.000-100.000	Νερά έντονα μολυσμένα
> 100.000	Λύματα

Επιτρεπτά ανώτατα όρια για τα ολικά κολοβακτηριοειδή κοπράνων

Πόσιμο νερό: 0/100 mL

Νερά κολύμβησης: 200/100 mL

Ψάρεμα: 1000/100 mL

Επεξεργασμένα λύματα: 200/100 mL

Συνεπώς παρατηρούμε ότι τα μικρόβια που υπάρχουν στα ύδατα φαίνεται να είναι πάνω κάτω ίδια ανεξάρτητα από το είδος του νερού, δηλαδή είτε αυτό είναι πόσιμο, εμφιαλωμένο, θαλασσινό νερό, κολυμβητικών δεξαμενών, λιμνών και ποταμών. Επίσης, η παρακολούθηση των δεικτών αυτών συμβάλλει κατά ένα μεγάλο βαθμό στον εντοπισμό πιθανών πηγών μόλυνσης με σκοπό την προειδοποίηση προβλημάτων υγείας που προκύπτουν από την κατανάλωση ή τη χρήση μολυσμένου ύδατος. Τέλος, η παρακολούθηση των μικροβίων στοχεύει σε αποτελεσματικό καθαρισμό της επεξεργασίας του νερού.

4.7. Υδατογενείς λοιμώξεις και παθογόνα βακτήρια

Υδατογενείς λοιμώξεις, είναι λοιμώξεις οι οποίες μεταδίδονται μέσω του πόσιμου νερού και εμφανίζονται ως μεμονωμένες σποραδικές περιπτώσεις για αυτό το λόγο συχνότερα εκδηλώνονται ως επιδημίες μεγάλης κλίμακας προσβάλλοντας πολλούς ανθρώπους ταυτόχρονα. Επιπρόσθετα, υδατογενείς λοιμώξεις μπορεί να προκαλούνται από μικροοργανισμούς εξαιτίας του αριθμού κυττάρων στο πόσιμο νερό και για αυτό το λόγο συνήθως μετατρέπεται σε επιδημία, αφού η έκταση της εξάπλωσης επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, εξαρτώνται από το μέγεθος των κυττάρων, την ανάπτυξη του ανοσοποιητικού συστήματος του οργανισμού και τη γενική κλινική εικόνα της υγείας του. Προφανώς, εάν το παθογόνο είναι ισχυρό και η επιδημία συνεχίσει να εξαπλώνεται στους ανθρώπινους οργανισμούς, η δευτερογενής μετάδοση είναι αναπόφευκτη. (Graun, 1986)

Η μετάδοση των υδατογενών λοιμώξεων γίνεται συνήθως με:

- Άμεση επαφή μας στο νερό
- Εισπνοή υδατοσταγονιδίων (αερολύματα)
- Κατανάλωση μολυσμένου νερού
- Διείσδυση μολυσμένου νερού

Ο παθογόνος μικροοργανισμός ανάλογα με το πως εισέλθει στον οργανισμό μας μπορεί να προκαλέσει νόσο και για αυτό οι υδατογενείς λοιμώξεις χωρίζονται σε κατηγορίες:

- Με είσοδο στο γαστρεντερικό
- Με είσοδο στο αναπνευστικό
- Με είσοδο στο δέρμα και στους επιπεφυκότες

Στο πόσιμο νερό οι λοιμώξεις μεταδίδονται και εξαπλώνονται σε μεγάλη έκταση του πληθυσμού και έχει ως συνέπεια την προσβολή ευάλωτων ομάδων, τέτοια παραδείγματα αποτελούν τα μικρά παιδιά και οι ηλικιωμένοι. Ακόμη, η σημειακή πηγή μετάδοσης έχει ως αποτέλεσμα την εκρηκτική επιδημία.

Η εξάπλωση των υδατογενών λοιμώξεων καθορίζεται από πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με τους μικροοργανισμούς συμπεριλαμβανομένης της ικανότητας των μικροοργανισμών να επιβιώνουν και να αναπαράγονται στο περιβάλλον, ο χρόνος και η μολυσματική δόση που απαιτείται για να γίνουν μολυσματικοί οι μικροοργανισμοί, καθώς και οι παράγοντες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του ξενιστή είναι η ανοσοποιητική ικανότητα, η διατροφή, η κατάσταση της υγείας, η ηλικία, το φύλο του πληθυσμού, και φυσικά η προσωπική υγιεινή του καθενός.

Μέτρα πρόληψης πληθυσμού από υδατογενείς λοιμώξεις:

1. Η πηγή υδροληψίας θα πρέπει να προστατεύεται από αιτίες ρύπανσης, όπως (μονάδες βιομηχανικών περιοχών, αποχετευτικά συστήματα, κοπριά, κτηνοτροφικές δομές)
2. Σωστή συντήρηση και λειτουργία για το δίκτυο ύδρευσης
3. Η σωστή εξυγίανση του νερού θα πρέπει να επιτυγχάνεται με χημικές και μηχανικές μεθόδους επεξεργασίας

Escherichia coli (E.coli)

Η Escherichia coli είναι ένας από τους πιο κατανοητούς ζωντανός οργανισμός στη γη. Αποτελεί μοντέλο επιλογής για την κατανόηση των μοριακών βιολογικών διεργασιών. Το κυτταρόπλασμα της Escherichia coli περικλείεται από δύο λιπιδικές διπλοστοιβάδες μεμβράνες. Το κυτταρικό τοίχωμα της πεπτιδογλυκάνης, περιλαμβάνει ένα δίκτυο πολυ-σακχάρων το οποίο συνδέεται με βραχέα πεπτίδια (Jana Schwarz-Linek, 2015 ,University of Edinburgh). Η Escherichia coli χαρακτηρίζεται ως ένα αρνητικό κατά Gram βακτήριο που έχει σχήμα ραβδοειδούς κολοβακτηρίου.

Τις περισσότερες φορές εντοπίζεται στο έντερο ενδόθερμων ζώων. Μπορεί επίσης, να ζυμώσει τη γλυκόζη και τη λακτόζη παράγοντας κατά αυτόν τον τρόπο αέρια αλλά και οξύ. Αποτελούν τα στελέχη της μέρος της φυσικής χλωρίδας του εντέρου που είναι αβλαβή για τον οργανισμό, επειδή έχουν την δυνατότητα με την παραγωγή της βιταμίνης K₂ να ωφελεί τους ξενιστές της , αλλά και να εμποδίζει την εγκατάσταση άλλων παθογόνων βακτηρίων μέσα στο έντερο. Ανιχνεύονται στα κόπρανα των ζώων και των ανθρώπων. Τα συμπτώματα για να καταλάβουμε ότι κάποιος έχει μολυνθεί είναι η διάρροια, η ναυτία, οι εμετοί, οι κοιλιακοί πόνοι, η μυαλγία, ο πυρετός, τα ρίγη και οι πόνοι στις αρθρώσεις. Τέλος, όταν υπάρχει παρουσία της στο νερό μας ειδοποιεί για πρόσφατη λοίμωξη από περιττώματα θερμόαιμων ζώων.



Εικόνα18: Escherichia coli



Εικόνα 19: Απεικόνιση καλλιέργειας *Escherichia coli*

Σιγκέλλα spp (*Shigella*)

Η σιγκέλλα ανήκει στην οικογένεια εντεροβακτηριδίων είναι ένας Gram-αρνητικός, μη κινητικός, αρνητικός στην οξειδάση, μη σπορόμορφος μικροοργανισμός που έχει σχήμα ράβδου. Αποτελείται από τέσσερα είδη: *Streptococcus dysenteriae*, *Streptococcus flexneri*, *Streptococcus boydii* και *Streptococcus sonnei*. Μπορούν να προκαλέσουν διάρροια ή έρπητα ζωστήρα, μαζί με κοιλιακές κράμπες, πυρετό και αιματερά κόπρανα. Επιπρόσθετα, η μολυσματική δόση είναι πολύ χαμηλή και μόνο 10 έως 200 μικροοργανισμοί μπορούν να προκαλέσουν δυσεντερία. Για αυτό τον λόγο η ασθένεια εξαπλώνεται γρήγορα μεταξύ των ανθρώπων. Αυτό συμβαίνει επειδή τα βακτήρια της *Shigella* δεν μπορούν να επιβιώσουν έξω από το σώμα για μεγάλο χρονικό διάστημα, η μετάδοση από άτομο σε άτομο αποτελεί μια από τις πιο κοινές αιτίες. Η παρουσία του στα ύδατα εκφράζει μόλυνση με ανθρώπινα περιττώματα, κάτι που είναι πολύ σοβαρό για τη δημόσια υγεία (Παπαπετροπούλου, Μαυρίδου, 2010). Τέλος, ο χρόνος επώασης είναι 12-48 ώρες και διαρκεί μια εβδομάδα, αφού η ασθένεια μπορεί να θεραπευτεί από μόνη της.



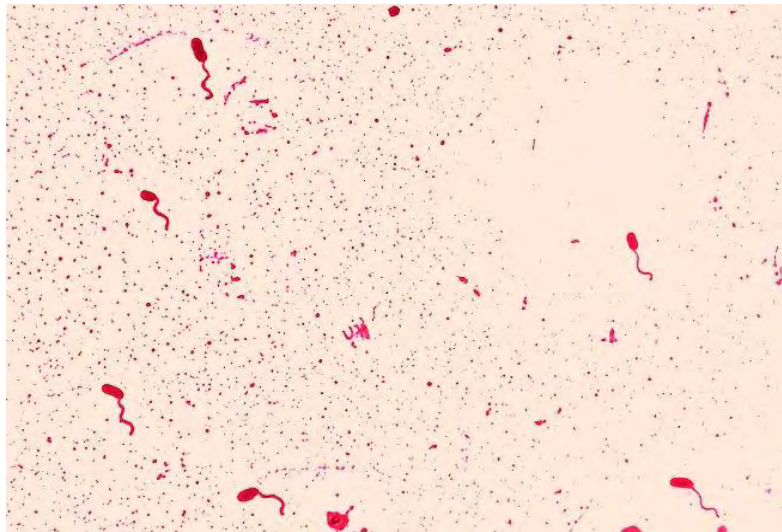
Εικόνα 20: Απεικόνιση Σιγκέλλας

Vibrio cholerae (Δονάκιο Χολέρας)

Η χολέρα είναι ένα αρνητικό κατά Gram, θετικό στην καταλάση και την οξειδάση βακτήριο που δεν σχηματίζει σπόρια, με μονοπολικό μαστίγιο που επιτρέπει την κινητικότητα. Το δονάκιο της χολέρας δεν έχει έλυτρο. Έχει την ικανότητα να ζυμώνει τη γλυκόζη και τη σακχαρόζη αλλά όχι τη λακτόζη. Το *Vibrio cholerae* είναι το κύριο βακτηριακό είδος που προκαλεί επιδημική χολέρα. Η χολέρα μπορεί να μεταδοθεί μέσω του ύδατος, αφού κατοικεί στο λεπτό έντερο. Επίσης, η εντεροτοξίνη του έχει την ικανότητα να διεγείρει την αδενυλκυκλάση που εντοπίζεται στα επιθήλια του λεπτού εντέρου προκαλώντας κατά αυτό τον τρόπο οξεία εντερική νόσο δηλαδή, έντονη διάρροια, εμετό, αφυδάτωση, μείωση της ούρησης και της πίεσης του αίματος, αλλά και κατάπτωση. Η διάγνωση της επιτυγχάνεται με την απομόνωση των βακτηρίων *Vibrio* από τα κόπρανα ή με ορολογικό έλεγχο. Ακόμη, αν δεν υπάρξει άμεση αντιμετώπιση τότε υπάρχει πιθανότητα θανάτου εντός λίγων ωρών. Το εμβόλιο της χολέρας έχει περιορισμένη διάρκεια (3-6 μήνες). Σε κάποιες περιπτώσεις το *Vibrio cholerae* είναι ορότυπος του O1 και αναπτύσσεται ως αυτόχθονος μικροοργανισμός στα φυσικά νερά (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 2010). Η συστηματική τήρηση των κανόνων υγιεινής είναι ο καλύτερος τρόπος προκειμένου να αντιμετωπιστεί η νόσος της χολέρας.



Εικόνα 21: *Vibrio cholerae* biofilm

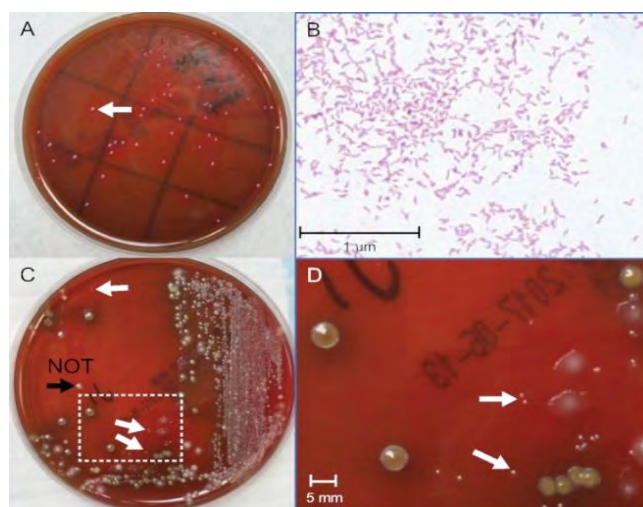


Εικόνα 22: Μικροσκοπική παρατήρηση *Vibrio cholerae*

Καμπυλοβακτήρια (*Campylobacter*)

Το καμπυλοβακτήρια είναι υπεύθυνο για λοιμώξεις των υδάτων όπως είναι το *C. jejuni*. Το βακτήριο αυτό ανήκει στην ομάδα των πρωτεοβακτηρίων είναι αρνητικός

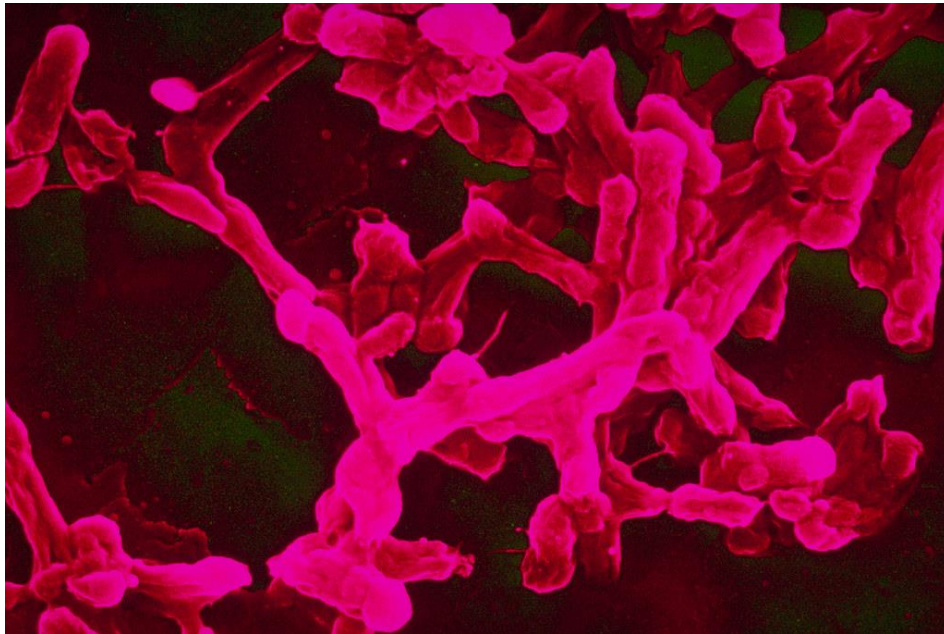
κατά Gram, αερόβιος και κινητός μικροοργανισμός. Μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 25°C έως 43°C και είτε έχει καμπυλωτό είτε ραβδόμορφο σχήμα σπερίλλιου με αρνητική οξειδάση. Επιπλέον, χρειάζεται μικρές ποσότητες οξυγόνου για να ανάγει τα νιτρικά προς τα νιτρώδη γύρω στο 3-6%. Προκαλεί στον άνθρωπο γαστρίτιδα, εντερίτιδα, εμετούς, ναυτία, κοιλικό άλγος, διάρροια, αιματερά κόπρανα, πυρετό και κακουχία. Το καμπυλοβακτήριο είναι υπεύθυνο για διάρροιες κυρίως στις αναπτυγμένες χώρες. Κύρια προέλευσή τους είναι τα κόπρανα των ανθρώπων και των ζώων που πιθανόν είναι φορείς ή και να πάσχουν από αυτό. Τέλος, επιβιώνουν για αρκετές εβδομάδες σε χαμηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 23: Καμπυλοβακτήριο

Σαλμονέλα spp (Salmonella)

Οι σαλμονέλες υπάγονται στην ομάδα των εντεροβακτηριδίων είναι προαιρετικά αναερόβια, αρνητικά κατά Gram και κινητά βακτηρίδια που δεν ζυμώνουν τη λακτόζη αλλά παράγουν υδρόθειο. Πολλά είδη σαλμονέλας προκαλούν γαστρεντερίτιδα πέρα από τη *Salmonella typhi* και την *Salmonella paratyphi* που προκαλούν πυρετό και παρατυφοειδή πυρετό. Η επιδημία που προκαλεί η σαλμονέλα στα ύδατα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό από τη *Salmonella typhi* παρά από τη *Salmonella paratyphi* B. Αρκούν λίγα μόνο κύτταρα από *Salmonella typhi* ώστε να εμφανιστεί ο πυρετός σε σχέση με άλλες κατηγορίες σαλμονέλας που χρειάζονται εκατομμύρια κύτταρα για να προκαλέσουν γαστρεντερίτιδα. Η μετάδοσή της γίνεται μέσω κοπράνων από μολυσμένους ανθρώπους ή ζώα. Οι αιτίες δημιουργίας της είναι η μόλυνση του επιφανειακού, του υπόγειου νερού όπως επίσης, και η μη επαρκής επεξεργασία και απολύμανση του πόσιμου νερού. Στο πόσιμο νερό επιβιώνει από λίγες μέρες έως 100 μέρες (Πόγγας & Χαρβάλλου, 2011).



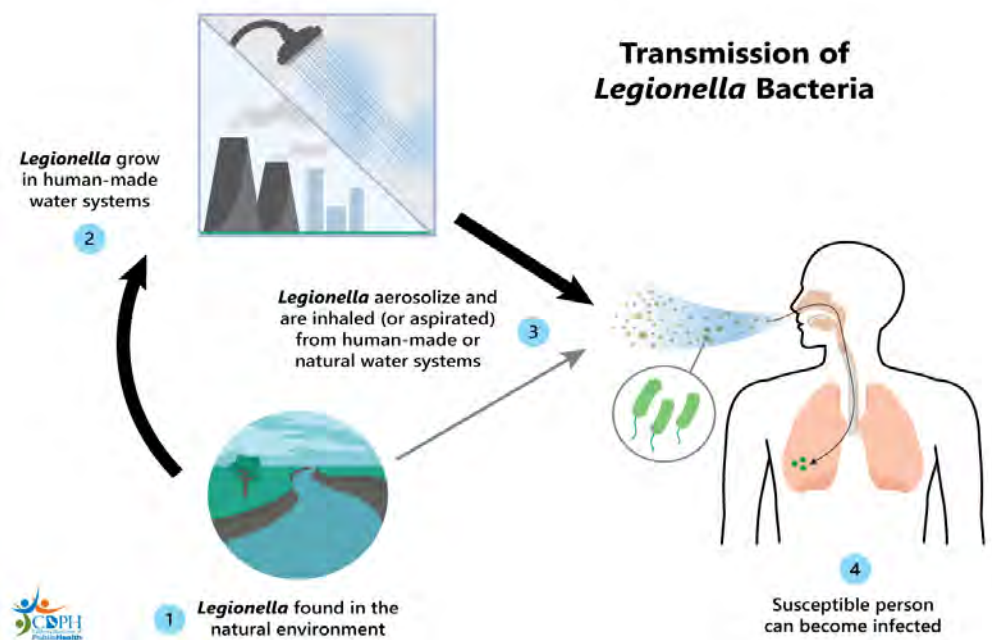
Εικόνα 24: Μικροσκοπική ανάλυση *Salmonellas typhi*

Λεγιονέλλα (Legionella)

Τα είδη λεγιονέλλας είναι επιμήκεις, κάπως πλειόμορφες, Gram-αρνητικές ράβδοι μεγέθους 2 έως 20 μm . Μπορούν να αναπαραχθούν και να επιβιώσουν σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 45°C. Αυτά τα βακτήρια βρίσκονται σε φυσικά συστήματα νερού όπως ποτάμια και λίμνες, αλλά μπορούν επίσης να εισέλθουν σε δεξαμενές νερού, συστήματα ψύξης, δημόσια ντους, πισίνες, ξενοδοχεία νοσοκομεία, δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, βιομηχανία και ιατρικά κέντρα. Η πιο συχνή εκδήλωση της *Legionella pneumophila* είναι η οξεία πνευμονία η οποία ονομάζεται νόσος των λεγεωνάριων και συχνά μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω αερολυμάτων που βρίσκονται στο επιφανειακό και το πόσιμο νερό. Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις η λεγιονέλλα συναντάται ως μη πνευμονική επιδημία, δηλαδή, μοιάζει με γρίπη αλλά ο πυρετός ονομάζεται Pontiac.



Εικόνα 25: Απεικόνιση καλλιέργειας λεγιονέλλας



Εικόνα 26: Σχηματική απεικόνιση λεγιονέλλας

Κεφάλαιο 5. Μικροβιολογικοί μέθοδοι

5.1. Μέθοδοι ανάλυσης υδάτων

Οι ειδικοί πλέον έχουν στη διάθεσή τους πολλές μεθόδους μικροβιολογικής ανάλυσης των υδάτων αλλά οι κυριότερες και ευρέως γνωστές είναι τρεις. Η πρώτη είναι η μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης, η δεύτερη είναι η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και η τρίτη είναι η μέθοδος ενσωμάτωσης.

5.2. Ιστορική αναδρομή μεθόδου διήθησης δια μεμβράνης

Για πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνταν μόνο στο εργαστήριο η διήθηση δια μεμβράνης για τον διαχωρισμό μορίων, επειδή τα προϊόντα μεμβράνης ήταν πολύ μικρά για βιομηχανικές εφαρμογές. Ωστόσο, η χρήση διαλυτικών μεμβρανών για την αφαίρεση του αλατιού από τη μελάσα έχει αναφερθεί στη βιομηχανία ζάχαρης από το 1863. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν μεμβράνες από κύστη χοίρου, περγαμηνή ή κυανιούχο σίδηρο-χαλκό και τοποθετήθηκαν στις οπές από πορσελάνη. Το 1865 παρήχθη η πρώτη συνθετική μεμβράνη με βάση τη νιτροκυτταρίνη. Σε αυτές τις μεμβράνες πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες ποσοτικές μετρήσεις φαινομένων διασποράς και οσμωτικής πίεσης. Αργότερα τα φιλμ κολλοδίων έγιναν γνωστά και προέκυψε η ευκαιρία να δημιουργηθούν τεχνητοί νεφροί. Η διαδικασία είναι να διαλυθεί η νιτροκυτταρίνη σε έναν κατάλληλο διαλύτη, όπως αιθανόλη ή οξικό οξύ, και να απλωθεί το διάλυμα σε μια επίπεδη επιφάνεια για να εξατμιστεί ο διαλύτης. Γύρω στο 1907, αναπτύχθηκε μια μέθοδος για τον έλεγχο του μεγέθους των πόρων των φιλμ κολλοδίων ελέγχοντας με αυτόν τον τρόπο τον ρυθμό εξάτμισης του διαλύματος και ξεπλένοντας το φιλμ με νερό. Τα φίλτρα μεμβράνης διατέθηκαν στο εμπόριο το 1927 από τη γερμανική εταιρεία Sartorius. Το 1945, τα φίλτρα μεμβράνης χρησιμοποιούνταν ώστε να αφαιρεθούν οι μικροοργανισμοί και τα σωματίδια από τα υγρά και τα αέρια, για τη μελέτη της διασποράς, αλλά και για τη ρύθμιση του μεγέθους των μακρομορίων. Τέλος, το 1957, η Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας των ΗΠΑ υιοθέτησε επίσημα τη διαδικασία φιλτραρίσματος μεμβράνης για την ανάλυση του πόσιμου νερού.

Μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης (Membrane filters- MF)

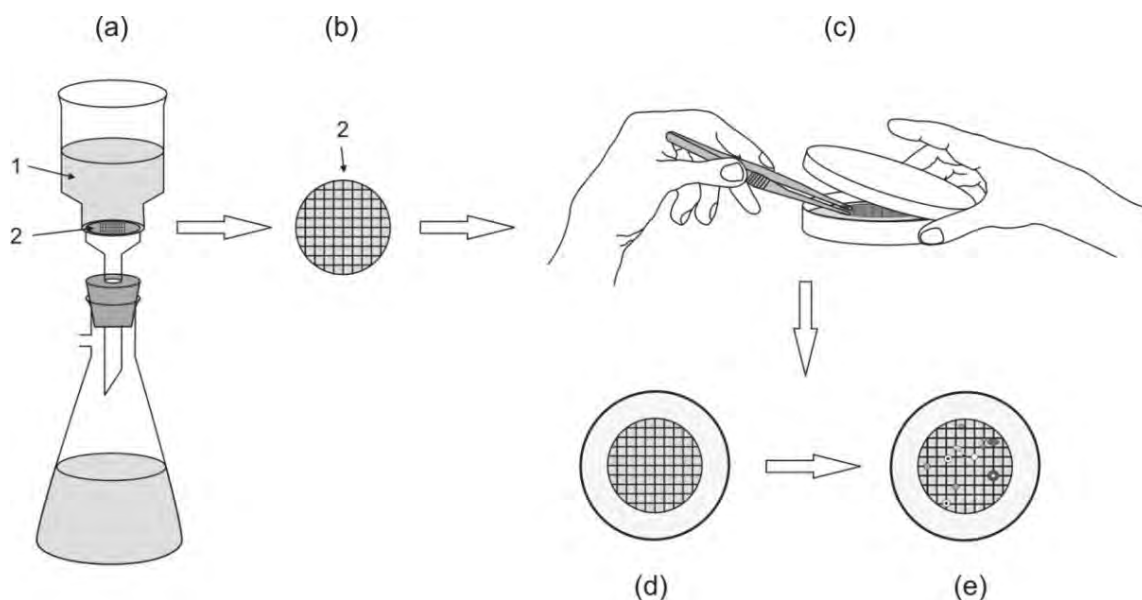
Η αρχή της μεθόδου μεμβράνης είναι να αναχαιτίζονται όλοι οι μικροοργανισμοί, όπως τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και η *E.coli* που είναι μεγαλύτεροι από 0,45 μm , δηλαδή μέγεθος πόρων μεμβράνης που περιέχονται σε συγκεκριμένο όγκο φιλτραρισμένου δείγματος μέσω διήθησης. Η μεμβράνη στη συνέχεια επωάζεται χρησιμοποιώντας ένα επιλεκτικό υπόστρωμα στην κατάλληλη θερμοκρασία για την ανάπτυξη αποικιών κολοβακτηριδίων. Ο συνολικός αριθμός κολοβακτηριδίων προσδιορίζεται με απευθείας μέτρηση των αποικιών που

αναπτύσσονται στη μεμβράνη (αν το αποτέλεσμα είναι θετικό) και μειώνοντας τον αριθμό τους στο φιλτραρισμένο όγκο.

Με τη μέθοδο μεμβράνης μπορούν να μετρηθούν μεμονωμένα είδη όπως ολικά κολοβακτηρίδια, στρεπτόκοκκοι κοπράνων και *Salmonella typhi*. Απλώς χρησιμοποιούν το κατάλληλο υπόστρωμα και θερμοκρασία επώασης. Η αναγνώριση των ειδών επιτυγχάνεται με βιοχημικές δοκιμές ή μικροσκοπική παρατήρηση (Ζανάκη 2001).

Για πόσιμο νερό, νερό πηγής, νερό πηγαδιών, μεταλλικό νερό, θαλάσσια επιφανειακά νερά και γενικά νερά χαμηλής ρύπανσης, η ικανότητα φιλτραρίσματος είναι 100 ml. Αξίζει να σημειωθεί ότι για υδάτινα σώματα με υψηλότερα επίπεδα ρύπανσης χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί όγκοι φιλτραρισμένων δειγμάτων. Ακόμη, αναμιγνύεται 10 ml με 10-100 ml αποστειρωμένο νερό ή αραιό διάλυμα.

Μετά τη διήθηση, αφαιρείται η μεμβράνη με αποστειρωμένη λαβίδα και αφού βεβαιωθείτε ότι δεν εισχωρούν φυσαλίδες αέρα κάτω από τη μεμβράνη, τοποθετείται η πλευρά της μεμβράνης προς τα κάτω, δηλαδή στο κάτω μέρος του τρυβλίου Petri. Επίσης, χρησιμοποιείτε αναερόβιο δοχείο καλλιέργειας ή αναερόβιος επωαστήρας, έτσι ώστε η μεμβράνη που θα τοποθετηθεί στην επιφάνεια του άγαρ με την «καλή» πλευρά στραμμένη προς τα επάνω. Η μέθοδος έχει ISO 7704:1985.



Εικόνα 27: Ανάλυση τεχνικής διήθησης δια μεμβράνης

Πλεονεκτήματα:

- 1) Δυνατότητα μεγάλης συγκέντρωσης όγκων δειγμάτων
- 2) Απαιτεί μειωμένο χρόνο για προετοιμασία σε αντίθεση με τις άλλες παραδοσιακές μεθόδους
- 3) Απομονώνει και απαριθμεί ιδιαίτερες αποικίες
- 4) Εντός 24 ωρών δίνει πληροφορίες για το αν υπάρχει παρουσία ή απουσία
- 5) Ικανότητα απομάκρυνσης των ανασταλτικών ή των βιοκτόνων (Lingiredy, 2002)

Μειονέκτημα:

- 1) Υψηλό κόστος μεμβρανών καθώς είναι ακριβά συστήματα
- 2) Η ταχύτητα της διήθησης είναι αργή
- 3) Εισαγωγή μεταλλικών ιόντων, αφού απορροφούν μεγάλες ποσότητες από το διήθημα

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (Most Probable Numbers- MPN)

Οι δυο πιο κοινές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κολοβακτηριοειδών, των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών και της *Escherichia coli* είναι η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (MPN) και η μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης. Ακόμη, η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων φαίνεται να υπάρχει ήδη από το 1908 και χαρακτηρίζεται και ως μέθοδος σωλήνων αραίωσης.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση βακτηρίων στο νερό. Συγκεκριμένες ποσότητες μιας ή περισσότερων αραιώσεων προστίθενται σε μια σειρά δοκιμαστικών σωλήνων που περιέχουν θρεπτικό υλικό. Πόσα σετ δοκιμαστικών σωλήνων έχουμε συνήθως και πόσοι παράγοντες αραίωσης υπάρχουν. Κάθε σειρά σωλήνων εμβολιάστηκε με την ίδια αραιώση δείγματος. Υποτίθεται ότι κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εμβολιασμού, κάθε σωληνάριο θα λάβει μικροοργανισμούς, καθώς επίσης, τον στόχο της ανάλυσης, αλλά και το δείγμα νερού.

Αυτός ο μικροοργανισμός φέρνει ειδικές ιδιότητες που αλλάζουν το σχήμα του υλικού, όπως είναι η θολότητα, οι αλλαγές χρώματος και η παραγωγή αερίων. Προκειμένου να ληφθεί ο πιο πιθανός αριθμός του μικροοργανισμού στόχου ανά μονάδα όγκου (συνήθως 100 ml), η ανάλυση θα πρέπει να δείχνει αρνητικά και θετικά σωληνάκια. Τα αναλυτικά αποτελέσματα συνήθως επιβεβαιώνονται με εκ νέου καλλιέργεια των σωλήνων θρεπτικών ουσιών σε επιβεβαιωτικά υγρά ή στερεά θρεπτικά μέσα. Τέλος, η μέθοδος έχει ISO 9308-2:2012



Εικόνα 28: Απεικόνιση τεχνικής πολλαπλών σωλήνων

Πλεονέκτημα:

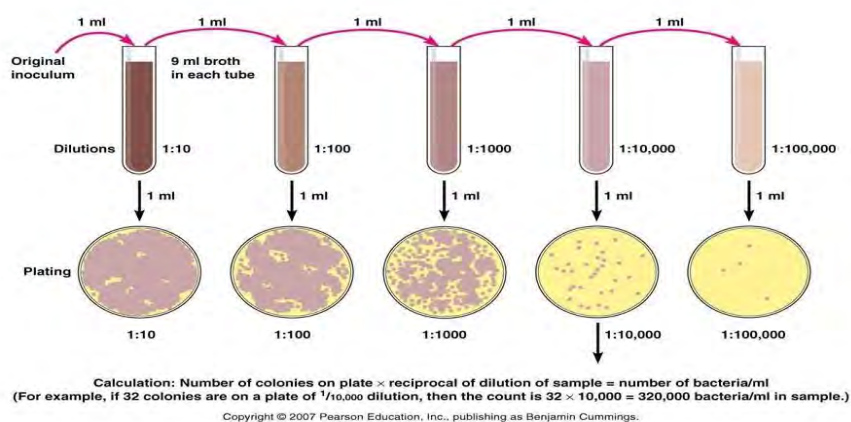
- 1) Μικρό κόστος κατασκευής
- 2) Η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων έχει τη δυνατότητα να αναλύει νερό το οποίο είναι θολό (λάσπη, ιζήματα)
- 3) Εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους νερού

Μειονεκτήματα:

- 1) Ο όγκος του νερού που εξετάζεται είναι μικρός
- 2) Τα αρνητικά αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται στα μη κολοβακτηριοειδή (Μαυρίδου και Παπαπετροπούλου, 1995)
- 3) Μικρή ευκαιρία για παρατήρηση της μορφολογίας των μικροοργανισμών
- 4) Δεν υπάρχει ακριβής προσδιορισμός για τον αριθμό των μικροοργανισμών
- 5) Το μέσο μπορεί να περιλαμβάνει ανασταλτικούς παράγοντες οι οποίοι να εμποδίζουν τους μικροοργανισμούς να αναπτυχθούν

Μέθοδος ενσωμάτωσης (pour plate)

Η ενσωμάτωση είναι μια τεχνική επιμετάλλωσης που χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές για τα υποχρεωτικά και τα αναερόβια βακτήρια. Επιπρόσθετα, η τεχνική αυτή βοηθάει στην απομόνωση μικροβιακών αποικιών με σειριακή αραίωση και μετέπειτα μέτρηση των μονάδων που σχηματίζουν αποικίες. Η πραγματοποίηση της μεθόδου ενσωμάτωσης γίνεται μετά την αραίωση του δείγματος, το οποίο απλώνεται σε αποστειρωμένο τρυβλίο Petri στο οποίο προστίθεται αποστειρωμένο, τηγμένο και ψυχρό άγαρ στους 45°C έως του 50°C. Το άγαρ είναι απαραίτητο να αναμιχθεί καλά με το υλικό δοκιμής για να κατανεμηθούν ομοιόμορφα τα κύτταρα. Μετά τη στερεοποίηση τα τρυβλία επωάζονται και τέλος, η θερμοκρασία και ο χρόνος επώασης ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μικροοργανισμού που απαιτείται. Η μέθοδος ενσωμάτωσης έχει ISO 6222:2000.



Εικόνα 29: Διαδικασία μεθόδου ενσωμάτωσης

Πλεονεκτήματα:

- 1) Μέθοδος μεγάλης ακρίβειας
- 2) Η μέθοδος ενσωμάτωσης χρησιμοποιείται για καταμέτρηση αποικιών
- 3) Χρησιμοποιείται για περιβαλλοντικά και κλινικά δείγματα
- 4) Ανίχνευση φορτίων με χαμηλό βακτηριακό αριθμό

Μειονέκτημα:

- 1) Εξέταση μικρής ποσότητας δειγμάτων
- 2) Η μέθοδος ενσωμάτωσης είναι μια χρονοβόρα διαδικασία
- 3) Οι ευαίσθητοι στη θερμότητα οργανισμοί χάνουν τη βιωσιμότητά τους κατά την επαφή με ζεστό άγαρ

5.3. Τεχνικές αναλύσεις των δεικτών ρύπανσης του νερού

Οι τεχνικές αναλύσεις των δεικτών ρύπανσης των υδάτων είναι σχετικά αρκετές τέτοιες είναι :

- ✓ Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών – δοκιμασία υποψίας εμπλουτισμός , δοκιμασία επιβεβαίωσης
- ✓ Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών – διαφοροποιητική δοκιμασία
- ✓ Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος για ανίχνευση της E.coli
- ✓ Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση πλακών μικροτιτλοδότησης
- ✓ Ανίχνευση σπορογόνων θειοαναγωγικών βακτηρίων ή κλωστρίδιων
- ✓ Ανίχνευση και αρίθμηση ψευδομονάδας πυοκυανικής
- ✓ Έλεγχος δεικτών E.coli με μοριακές τεχνικές

- ✓ Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών (δοκιμασία υποψίας εμπλουτισμός)

Ως θρεπτικός ζωμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Lauryl Tryptose που περιλαμβάνει λακτόζη. Επίσης, ο ζωμός περιέχει οξινοφωσφορικό κάλιο (K_2HPO_4), δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4), NaCl και Sodium Lauryl Sulphate. Ο σωλήνας που περιέχει το θρεπτικό υπόστρωμα περιλαμβάνει έναν ανεστραμμένο σωληνίσκο για τον έλεγχο της παραγωγής αερίου.

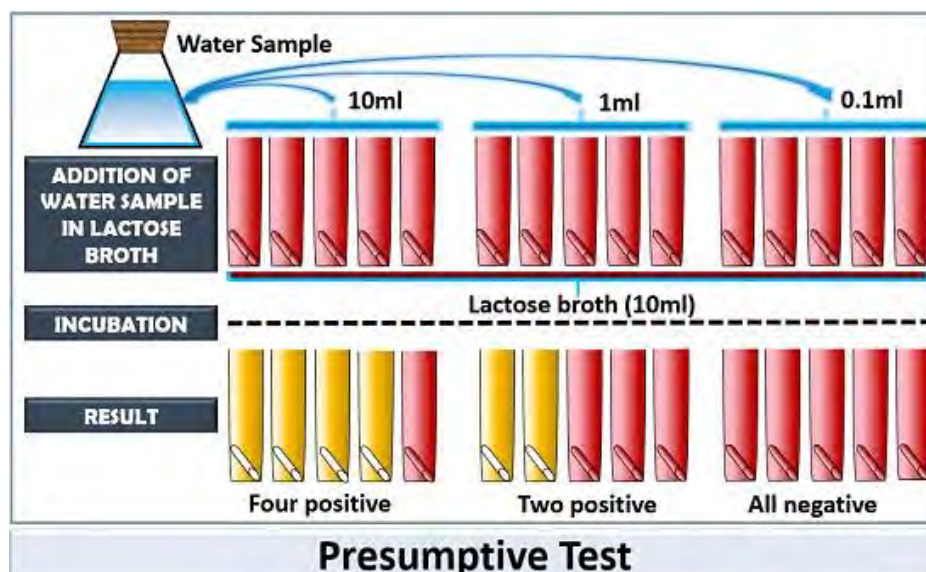
Εμβολιασμός δειγμάτων:

Σειρά 1: 10ml διπλής πυκνότητας ζωμού για 10ml

Σειρά 2: 10ml μονής πυκνότητας ζωμού για 1 ml

Σειρά 3: 10ml μονής πυκνότητας ζωμού για 0.1 ml

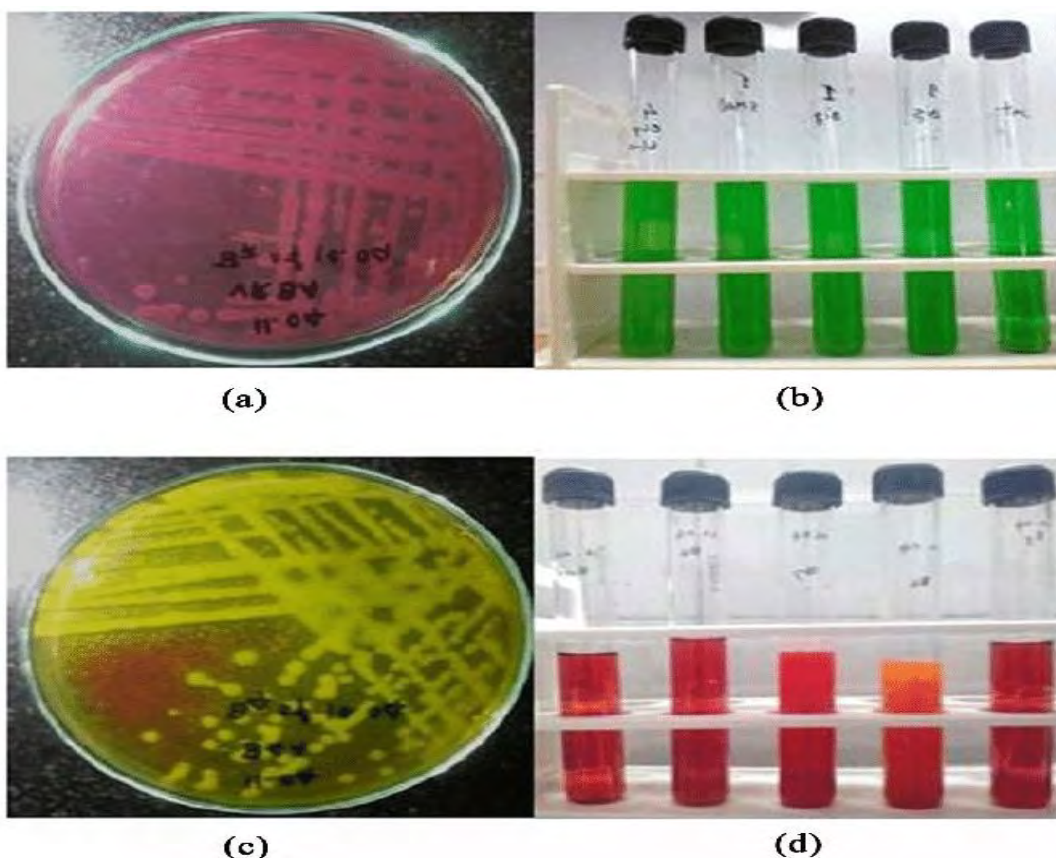
Επώαση: $36^{\circ}C \pm 1/24$ ώρες αυτό έχει αποτέλεσμα τη καταμέτρηση των θετικών σωλήνων (θολότητα και αέριο υπάρχουν σε ανεστραμμένους σωλήνες). Το θαλάσσιο νερό δεν χρησιμοποιεί ζωμό διπλής πυκνότητας. Στην πρώτη σειρά χρησιμοποιείται ένα σωληνάριο που περιέχει 10 ml ζωμού μονής πυκνότητας, στο οποίο ενοφθαλμίζεται 1 ml δείγματος (Μαυρίδου, 2014).



Εικόνα 30: Διαδικασία μεθόδου πολλαπλών σωλήνων

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών (δοκιμασία επιβεβαίωσης)

Ο ζωμός που περιέχει χολικά άλατα και λακτόζη. Αυτά τα άλατα αναστέλλουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που υπάρχουν στα ύδατα, εκτός από τα κολοβακτηρίδια, τα οποία παράγουν αέριο μέσω της ζύμωσης της λακτόζης. Υπάρχει επίσης, ένας ανεστραμμένος σωλήνας μέσα στον ήδη υπάρχοντα σωλήνα. Εμβολιάστε χρησιμοποιώντας θετικά σωληνάρια ύποπτων τεστ που επανακαλλιεργήθηκαν σε σωληνάρια που περιέχουν 10 ml ζωμού θρεπτικών συστατικών. Ο χρόνος επώασης είναι $36^{\circ}\text{C} \pm 1/24$ ώρες για αυτό και το αποτέλεσμα μπορεί να θεωρηθεί θετικό μόνο όταν εντοπίζεται θολερότητα στο θρεπτικό ζωμό και το αέριο είναι ανεστραμμένο στο σωληνάριο. Με αυτή τη διαδικασία επιβεβαιώνονται τα ολικά κολοβακτηριοειδή στο δείγμα που εξετάστηκε (Μαυρίδου, 2014).



Εικόνα 31: Διαφορά ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών (διαφοροποιητική δοκιμασία)

Ο εμβολιασμός πραγματοποιείται μέσω των θετικών σωλήνων της δοκιμασίας υποψίας επανακαλλιεργούνται οι σωλήνες που περιλαμβάνουν 10 ml θρεπτικού ζωμού. Το ISO 9308-2:1990(E) προτείνει και άλλα θρεπτικά υλικά όπως είναι για παράδειγμα τα Brilliant Green Lactose (bile) broth και το Lauryl-Tryptose-Mannitol broth με τρυπτοφάνη.

Η επώαση γίνεται σε θερμοκρασία $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2$ ανά 24 ώρες και έχει ως αποτέλεσμα τη θολερότητα του ζωμού, αλλά και τη παρουσία του αερίου στον ανεστραμμένο σωλήνα θεωρώντας το ένα θετικό συμπέρασμα για την ύπαρξη κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών.



Εικόνα 32: Μικροβιολογική ανάλυση των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος για ανίχνευση *E.coli*

Από τους θετικούς δοκιμαστικούς σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας, ο ζωμός τρυπτόνης εμβολιάστηκε ταυτόχρονα με τους δοκιμαστικούς σωλήνες που χρησιμοποιήθηκαν για τη δοκιμή αναγνώρισης κολοβακτηριδίων κοπράνων. Η επώαση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}/24$ ώρες. Ακόμη, αφού προστεθεί 1 σταγόνα αντιδραστήριου Kovacs σε κάθε σωληνάριο. Ο σχηματισμός κόκκινου δακτυλίου στο σημείο επαφής του αντιδραστήριου Kovacs με τον ζωμό υποδηλώνει την παρουσία *E. coli*, λόγω της παραγωγής ινδόλης από τρυπτοφάνη. Επιπλέον, ο ζωμός Lauryl-Tryptone-Mannitol broth και ο ζωμός Lactose Tryptone-Lauryl Sulphate broth για την ανίχνευση κολοβακτηριδίων κοπράνων έχουν την δυνατότητα να δεχτούν το αντιδραστήριο Kovacs. Το πλεονέκτημα από τη χρήση αυτών των ζωμών είναι η παρασκευή ενός μόνο σωλήνα αντί για δύο σωλήνες για την ανίχνευση κολοβακτηριδίων κοπράνων και *E. coli*.



Εικόνα 33: Έλεγχος και ανίχνευση E.coli

Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση πλακών μικροτιτλοδότησης

Αυτή η μέθοδος είναι προς το παρόν κατάλληλη μόνο για ανίχνευση *Escherichia coli* ή εντερόκοκκων στο νερό. Η μέθοδος βασίζεται στην ανίχνευση ενζύμων *Escherichia coli* ή εντερόκοκκου με υποστρώματα προσαρτημένα σε αφυδατωμένη μορφή στα πηγάδια μιας μικροπλάκας. Όταν υπάρχει παρουσία αυτού του ενζύμου, το υπόστρωμα απελευθερώνει μια φθορίζουσα ουσία που είναι ορατή κάτω από το υπεριώδες φως. Η στατιστική ανάλυση που βασίζεται στο νόμο του Poisson επιτρέπει να δοθεί ο πιθανός αριθμός δειγμάτων μετά την ανάγνωση της μικροπλάκας. Στην *Escherichia coli*, το ένζυμο που ανιχνεύθηκε είναι η β-γλυκουρονιδάση, που υπάρχει στο 95% των στελεχών της *E.coli*, και το υπόστρωμα στο εσωτερικό του είναι το 4-methylumbelliferyl και το β-D-γλυκουρονίδιο. Στους εντερόκοκκους, το ένζυμο που ανιχνεύθηκε ήταν η γλυκοσιδάση, που υπάρχει στους περισσότερους τύπους εντερόκοκκων (Μαυρίδου & Παπαπετροπούλου, 1995).

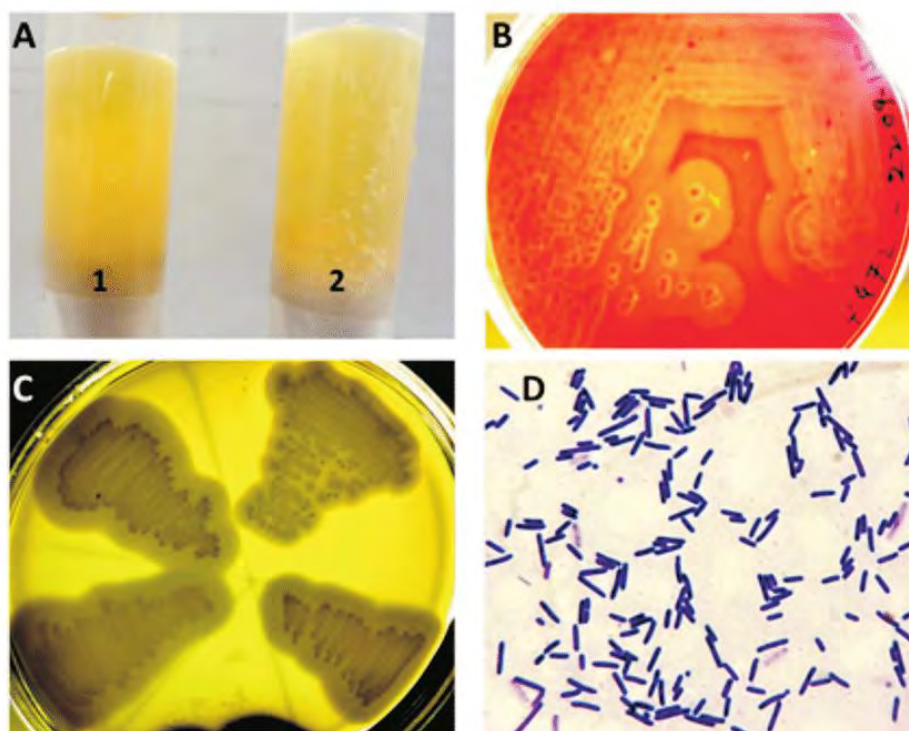


Εικόνα 34: Απεικόνιση χρήσης πλακών μικροτιτλοδότησης

Ανίχνευση σπορογόνων θειοαναγωγικών βακτηρίων ή κλωστριδίων

Είναι μεγάλα θετικά κατά Gram βακτήρια σε σχήμα ράβδου. Τα κλωστρίδια δεν μπορούν να αναπτυχθούν υπό αερόβιες συνθήκες επειδή τα κύτταρά τους σκοτώνονται παρουσία οξυγόνου, ενώ τα σπόρια τους μπορούν να επιβιώσουν σε μακροχρόνια έκθεση στον αέρα. Μικροοργανισμοί που ζουν σε αναερόβια φυσικά ενδιαίτηματα υπάρχουν όπου υπάρχουν οργανικές ενώσεις. Τα κλωστρίδια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη βιοαποδόμηση και τον κύκλο του άνθρακα στη φύση (Todar 2009b).

Τα κλωστριδιακά σπόρια βρίσκονται ευρέως στο περιβάλλον, όπως στα κόπρανα ανθρώπων και ζώων, στα απόβλητα και στο έδαφος. Σε σύγκριση με άλλα κολοβακτηρίδια, τα κλωστρίδια μπορούν να επιβιώσουν στο νερό για μεγάλες χρονικές περιόδους και είναι πιο ανθεκτικά από τα φυτικά κύτταρα στις επιδράσεις χημικών και φυσικών παραγόντων. Μπορούν επίσης, να επιβιώσουν σε επεξεργασίες χλωρίωσης που χρησιμοποιούνται συνήθως για την απολύμανση του νερού.



Εικόνα 35: Μικροβιολογική ανάλυση κλωστριδίων

Ανίχνευση και αρίθμηση ψευδομονάδας πνοκυανικής

Η ανίχνευση και η αρίθμηση της ψευδομονάδας πνοκυανικής ανήκει στη μέθοδο διήθησης δια μεμβράνης. Η μέθοδος αυτή έχει ISO 16266:2009. Πρώτα πρέπει να πραγματοποιηθεί στο δείγμα πολύ καλή ανάδευση και έπειτα, το δείγμα να διηθηθεί σε 250 ml ή 100 ml αυτό εξαρτάται από το είδος το οποίο είναι το δείγμα. Στη συνέχεια γίνεται τοποθέτηση της μεμβράνης στο τρυβλίο *Pseudomonas* agar base και σε σετρίμιδη ή νιλιδιζικό νάτριο. Η επώαση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία $36 \pm 2^\circ\text{C}$ ανά 24 ώρες με σκοπό την εξέταση των μεμβρανών και των επιβεβαιωτικών δοκιμασιών.



Εικόνα 36: Ανάλυση *Pseudomonas aeruginosa*

Έλεγχος δεικτών *E. Coli* με μοριακές τεχνικές

Οι μοριακές τεχνικές είναι η ανίχνευση και ο χαρακτηρισμός παθογόνων ή μη μικροοργανισμών αφού αποτελούν κρίσιμη σημασία για την κλινική και εργαστηριακή πρακτική. Επίσης, οι μοριακές τεχνικές βοηθούν στην τυποποίηση των μικροοργανισμών ενώ παράλληλα βελτιώνουν τη διαγνωστική ευαισθησία ενώ παράλληλα συντομεύουν τις διαγνωστικές διαδικασίες. Κατά αυτόν τον τρόπο, μπορεί να εξασφαλιστεί ακριβέστερη και ταχύτερη αντιμετώπιση των παθογόνων μικροοργανισμών, ανεξάρτητα από το αν μολύνουν ήδη ανθρώπους, ζώα και φυτά ή αν υπάρχουν στα τρόφιμα και το περιβάλλον ενός συγκεκριμένου ξενιστή. Ακόμη, η ανακάλυψη της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης και άλλες παρόμοιες μοριακές τεχνικές συνέβαλαν στην γρήγορη ανάπτυξη των μοριακών διαγνωστικών πρακτικών. Η PCR σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την ποιοτική και ποσοτική ταυτοποίηση των μικροοργανισμών, καθώς παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη θεραπεία του ξενιστή.

Τα κολοβακτηρίδια των κοπράνων αποτελούν ένδειξη της παρουσίας μόλυνσης των κοπράνων στο νερό και της πιθανής παρουσίας εντερικών παθογόνων στο νερό. Η απομόνωση αυτών των μικροοργανισμών από το νερό επιτυγχάνεται με παραδοσιακές τεχνικές οι οποίες βασίζονται σε μεθόδους καλλιέργειας για την επιλεκτική απομόνωση Gram-αρνητικών βακτηρίων που ζυμώνουν τη λακτόζη σε υψηλές θερμοκρασίες $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$.

Πλεονεκτήματα μεθόδου:

- 1) Η διάγνωση των λοιμώξεων γίνεται έγκαιρα πριν αρχίσουν τα συμπτώματα
- 2) Συμβάλλει σημαντικά στη θεραπεία των λοιμώξεων
- 3) Συνεχής παρακολούθηση της νόσου μέσω PCR
- 4) Ικανότητα προσδιορισμού μεταλλάξεων
- 5) Οι μικροοργανισμοί ανιχνεύονται και ύστερα από την έναρξη της θεραπείας

Μειονεκτήματα μεθόδου:

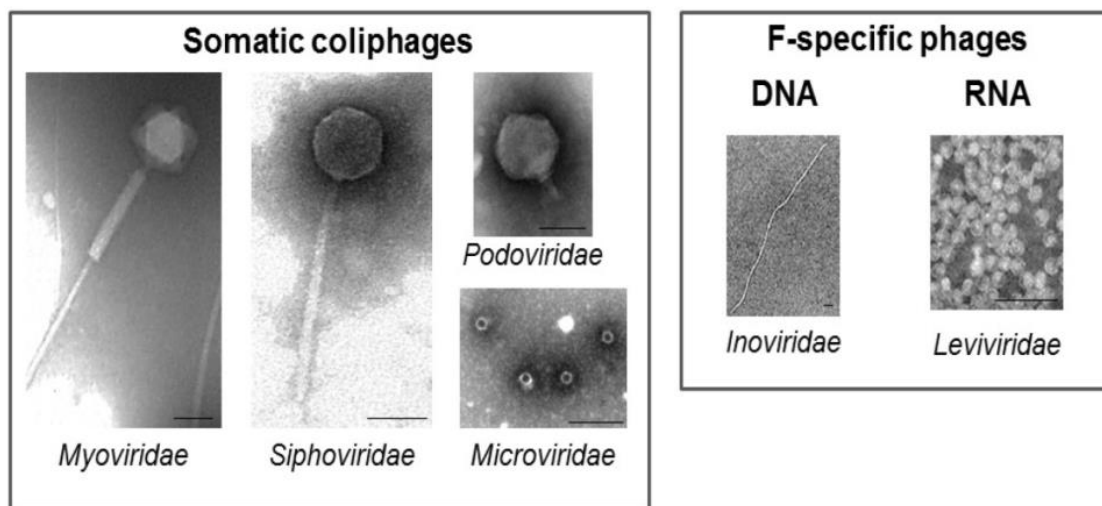
- 1) Μειωμένη βιωσιμότητα κολοβακτηριδίων που υπάρχουν σε ολιγοτροφικά υδάτινα περιβάλλοντα (Μαυρίδου, 2014)
- 2) Αποτυχία ανάπτυξης των καλλιιεργειών (Μαυρίδου, 2014)
- 3) Παρατεταμένος χρόνος (Μαυρίδου, 2014)
- 4) Χρήση υλικών με περιορισμένη επιλεκτικότητα (Μαυρίδου, 2014)
- 5) Τα μικροβιακά κύτταρα του οργανισμού δεν διατηρούνται ζωντανά (Μαυρίδου, 2014)



Εικόνα 37: Παρατήρηση ανάπτυξης Escherichia coli

Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους (coliphages)

Οι κολιφάγοι είναι ιοί βακτηριοφάγων μολύνουν και πολλαπλασιάζονται στα κύτταρα του παχέος εντέρου. Η παρουσία τους στο νερό συνδέεται με την παρουσία οργανισμών που μοιάζουν με *E. coli*. Το Coliphage είναι ένας δείκτης της ποιότητας υγιεινής του νερού. Η μέθοδος ανίχνευσης, 1 ml κολοβακτηριακού εναιωρήματος (10⁹ κύτταρα *E. coli*) προστέθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 5 ml νερού και 0,08 ml τροποποιημένου τρυπτικού άγαρ σόγιας και διατηρήθηκε σε θερμοκρασία 45°C. Μόλις ανακατευτεί, το μείγμα τοποθετείτε σε ένα τρυβλίο petri ώσπου να πήξει. Ο χρόνος επώασης είναι 36°C σε 4 έως 6 ώρες για την μέτρηση των ενδεικνυόμενων πλακών που παράγονται από λύση μολυσμένων κολοβακτηριακών κυττάρων (Μαυρίδου, 2014).



Εικόνα 38: Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους

Συμπεράσματα

Το νερό είναι μια απαραίτητη ένωση για τη ζωή μέσω της οποίας κυκλοφορεί στη Γη χάρη στον υδρολογικό κύκλο. Η σύνθεσή του αποτελείται από διάφορες ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε συγκεκριμένες ποσότητες. Το νερό χρησιμοποιείται σε γεωργικούς, βιομηχανικούς και οικιακούς σκοπούς. Η ανθρώπινη παρέμβαση συχνά οδηγεί σε μόλυνση του νερού, καθώς επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, για να χαρακτηριστεί ένα νερό ως πόσιμο πρέπει να εξαλειφθούν κάποιες αρνητικές συνέπειες. Για αυτό υπάρχουν νόμοι που θεσπίζουν επιτρεπτά όρια για τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τις μικροβιολογικές παραμέτρους.

Όσον αφορά τις μοναδικές ιδιότητες του νερού αυτές οφείλονται στις φυσικές και χημικές ιδιότητές του. Επίσης, το νερό είναι πολικό μόριο το οποίο έχει τη δυνατότητα να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου και ακόμη, χαρακτηρίζεται ως ένας εξαιρετικός διαλύτης. Οι χαρακτηριστικές θερμικές ιδιότητες δεν είναι ανάλογες του μέγεθός του. Τα μόριά του έχουν μεγάλη συνοχή και ισχυρή αντιστατική ικανότητα.

Σχετικά με τις απαραίτητες φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους πολλά είναι τα στοιχεία που πρέπει να μετρηθούν για να γίνουν δοκιμές στο πόσιμο νερό. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες περιλαμβάνουν το pH, τις στερεές ουσίες, την αγωγιμότητα, την αλατότητα, τη θολότητα, τη γεύση, την οσμή, το χρώμα και τη σκληρότητα. Επιπλέον, γίνεται έλεγχος διαφόρων ανόργανων συστατικών τέτοιων είναι αμμωνία, άζωτο, φώσφορος, οξυγόνο, μαγνήσιο και διάφορα ιχνοστοιχεία. Επιπρόσθετα, για τη μέτρηση της οργανικής περιεκτικότητας δοκιμάστηκαν βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, συνολικός οργανικός άνθρακας και απορρυπαντικά.

Αποδεικνύεται ότι οι μικροβιολογικές παράμετροι αφορούν βακτήρια τα οποία αν βρεθούν στα ύδατα μπορούν να μεταδώσουν ασθένειες στον άνθρωπο ακόμη, και να του προκαλέσουν θάνατο. Τα κολοβακτηριοειδή είναι μια κοινή αιτία λοίμωξης, επομένως, ο μικροβιολογικός έλεγχος του νερού περιλαμβάνει τα ολικά κολοβακτηριοειδή και τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή. Συνεπώς, δείκτες όπως είναι η *Escherichia coli* μπορούν αντίστοιχα να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση της μόλυνσης των κοπράνων, αλλά και της πιθανής παρουσίας εντερικών παθογόνων.

Ως εκ τούτου, οι άνθρωποι πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί σχετικά με το νερό που καταναλώνουν και χρησιμοποιούν προστατεύοντας παράλληλα τον υδροφόρο ορίζοντα από τη μόλυνση που προκαλείται από την αποσύνθεση των σκουπιδιών, των φαρμακευτικών προϊόντων και άλλων ουσιών μετρώντας συχνά τους μικροβιολογικούς και χημικούς παράγοντες που υπάρχουν τόσο στο πόσιμο νερό όσο και στο νερό της πηγής.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Ανδρονίκη Μάλαμα (2017) Μικροβιολογικά και Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά στο πόσιμο νερό [πτυχιακή ΑΝΔΡΟΝΙΚΗ ΜΑΛΑΜΑ.pdf \(teipel.gr\)](#)

Γαλάτης Β., Γανωτάκης, Δ., Γκάνη-Σπυροπούλου, Κ., Καραμουρνιώτης, Γ., Κοτζαμπάσης Κ., Κωνσταντινίδου, Ε.Ι., Μανέτας, Ι., Ρουμπελάκη-Αγγελάκη Κ.Α. (2009) Φυσιολογία Φυτών από το μόριο στο πειβάλλον

Ευριπίδης Π. Βλαχάκης (2021) Comparative study of the results of the physicochemical parameters of the potable water, that were analyzed in the Department of Hygiene and Epidemiology of the University of Thessaly for the districts of Magnesian and Fthiotida the year of 2019-2020 [23165.pdf \(uth.gr\)](#)

Ζανάκη, Κ. (2001) Έλεγχος Ποιότητας Νερού

Δρ. Ιωάννης Γιαβάσης (2020) Σημειώσεις εργαστηριακών ασκήσεων γενικής μικροβιολογίας – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας [1 \(uth.gr\)](#)

Καραβασίλη Νικολέττα (2019) Υδατογενείς λοιμώξεις και επιπτώσεις στη δημόσια υγεία: Αξιολόγηση ποιοτικών ιδιοτήτων των υδάτων, με έμφαση στους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς ως δείκτες καταλληλότητας [M.E. KAPABASILIH NIKOLETTA 2019.pdf \(uoi.gr\)](#)

Κέγκος Ν.Θ., (2003), « Διερεύνηση παραγόντων που ευνοούν την ανάπτυξη Clostridium spp ανάλογα με την πηγή προέλευσης», Διδακτορική διατριβή, σχολή ιατρικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Κουϊτζής Θ. Φυτιανός Κ., Σαμαρά – Κωνσταντίνου Κ., (1998). Χημεία Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις : University Studio Press

Κουβέλη Ευαγγελία (2022) Μικροβιολογικές αναλύσεις υδάτων κολυμβητικών δεξαμενών με προτυποποιημένες (ISO) μεθόδους [Kouveli_mepy20013.pdf \(uniwa.gr\)](#)

Μαλεφάκης, Γ. (1998) Ποιότητα Επιφανειακών και Υπόγειων Νερών

Μήτρακας, Μ. (2001) Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού

Μπαντάκου Θεοφ. Ιωάννα Μικροβιολογική και Χημική ποιότητα νερού που προέρχεται από πηγές [12889.pdf \(uth.gr\)](#)

Μυλόπουλος, Γ. (2002). Σημειώσεις ΠΜΣ « Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη » : Βιώσιμη Διαχείριση των υδατικών πόρων

Νοβάκη Γενοβέφα (2018) Διερεύνηση των επιδημιών που μεταδόθηκαν από το νερό-δικαστικές εκβάσεις [NovakiG_2018.pdf \(duth.gr\)](#)

- Νταράκας, Ε. (2010) Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού
- Παπαπετροπούλου Μ., Μαυρίδου Α. (2010). Μικροβιολογία του Υδάτινου Περιβάλλοντος Βασικές Αρχές
- ΠΑΠΠΓΓΙΩΤΗ ΟΛΓΑ (2005) Ετήσια διακύμανση μικροβιακής ποιότητας νερών κολύμβησης σε περιοχές που εκβάλλουν χείμαρροι και επίδραση των βροχοπτώσεων στο μικροβιακό φορτίο των νερών κολύμβησης [Microsoft Word - πτυχιική2.doc \(aegean.gr\)](#)
- Παπαντωνίου Βασιλική (2017) Μικροβιολογικά κριτήρια και έλεγχος μικροβιακής ποιότητας εμφιαλωμένου νερού [STEG_TEGEP_00249_Medium.pdf \(teipel.gr\)](#)
- Πόγγας Ν. (2008) . Ιατρική Μικροβιολογία ΙΒακτηριολογία
- Στεφανίδου Βέρα (2003) Υδατογενείς Λοιμώξεις [Microsoft Word - ÆÄÖÏÄÁÍÆÓ ËÏËÏÏÄÆÓ.doc \(upatras.gr\)](#)
- Τριανταφυλλίδης Τριαντάφυλλος (2013) Απόψεις καταναλωτών του Δήμου Πάρου για το νερό της ύδρευσης και τα εμφιαλωμένα νερά [Triantafillidis_Triantafillos.pdf \(teithe.gr\)](#)
- Τσακίρης (2004). Σημειώσεις – Ε.Μ.Π. ΠΜΣ: « Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων » - Μάθημα : « Διαχείριση Υδατικών Πόρων » Αθήνα
- Τσότσου Ευδοξία (2006) Νερό και υδατογενείς λοιμώξεις [Microsoft Word - FINAL19March07.doc \(hmu.gr\)](#)
- Τσώνης , Σ.Π. (2003). Καθαρισμός Νερού. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Α.Κ. ΧΟΥΡΔΑΚΗΣ (2007) Μικροβιακή ποιότητα νερών χείμαρρων ευρύτερης περιοχής Μυτιλήνης [Microsoft Word - file0.doc \(aegean.gr\)](#)

Αγγλική

- A. Mavridou, M.Parapetropoulou, 1995 Microbiology Water Epidemiology
- Alico, R.K & Dragonjac , M.F. (1986). Evaluation of culture media for recovery of Staphylococcus aureus from swimming pools.Applied and environmental Microbiology
- APHA, Aww Aand WEF (1998) Standard Methods for examination of water and waste water. 20th ed. Washington APHA-AWWA-WEF
- Bates A.J., Water as Consumed and its Impact on the consumer – do we understand the variables? Bristol Water plc Po Box 218, Bridgwater Road, Bristol BS99 7AU, UK, food and Chemical Toxicology 38 (2000) S29} S36

Brackett, R.E., & Splittstoesser, D.L. (1992). Fruits and vegetables . In Vanderzant, C., & Splittstoesser, D.L. (Ed.). Compendium for the Microbiological Examination of Food

Cabral, J.P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. International journal of environmental research and public health, 7(10)

Chowdhury, S. (2018). Water quality degradation in the sources of drinking water: an assessment based on 18 years of data from 441 water supply systems. Environmental monitoring and assessment

Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Kirby, R., Deere, D., Bartram, J. (2004) Water safety plans. World Health Organisation: Geneva

Donlar R.M. Costerton J.W (2002) Biofilm: Survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. Clin. Microbiol.

EPA, US Environmental Protection Agency, (1976) . Quality Criteria for water («Red Book») . Washington DC: USEPA

Halkman, H. B. D., & Halkman, A.K., (2014). Indicator Organisms . In Batt, C.A., & Tortorello, M.L. (Ed). Encyclopaedia of food Microbiology . Cambridge, Massachusetts: Academic Press

Harriet Wilson, Lecture Notes Bio. Sci. 4– Microbiology Sierra College [MicrosoftWord - b4ln_protozoa.doc \(sierracollege.edu\)](#)

Jackson, A.R.W. and Jackson, J.M.J (1996). Environmental science: the natural environmental and human impact 2nd ed. Harlow Pearson Education Limited

L. Barry Seltz MD, ... Leslie L. Barton MD in Kendig & Chernicks Disorders of the Respiratory Tract in Children (Eighth Edition), 2012 [Atypical Pneumonias in Children - ScienceDirect](#)

Lauren Rowe, Graham Sprigg, in Waterborne Pathogens, 2014 Applications of Emerging Technologies in the drinking water sector [Applications of Emerging Technologies in the Drinking Water Sector - ScienceDirect](#)

Leoni, E., 2019. Recreational water illnesses. SWITZERLAND. Publication MDPI.

Li, D., & Liu, S., (2019). Chapter 12 – Water quality monitoring in aquaculture. In Li, D., & Liu, S. (Ed). Water quality monitoring and monitoring and management . Basis technology and case studies .Cambridge, Massachusetts: Academic Press

National Library of Medicine [Legionella - Medical Microbiology - NCBI Bookshelf \(nih.gov\)](#)

National Library of Medicine [Introduction to Mycology - Medical Microbiology - NCBI Bookshelf \(nih.gov\)](#)

Osman Erkmen in Microbiological Analysis of foods and food processing environments, (2022), most probable number technique [Most probable number technique - ScienceDirect](#)

Robinton, E.D., & Mood, E.W., (1966). A quantitative and qualitative appraisal of microbial pollution of water by swimmers: a preliminary report. Journal of Hygiene (London) .

Rocheleau , S., Desjardins , R. , Lafrance , D. & Briere , F., (1986). Control of bacteria populations in public pools.

Schenck, K. M, Sivaganesan , M., & Rice , G. E (2009). Correlations of water quality parameters with mutagenicity of chlorinated drinking water samples Journal of Toxicology and Environmental Health, part A

Totaro , M., Vaselli, O. , Nisi , B., Frendo , L., Gabassi , J., Profeti, S. Valentini , P., Casini, B. Privitera, G., & Bagglani , A., (2019). Assessment, control and prevention of microbiological and chemical hazards in seasonal swimming pools of the Versilia district . Journal of water and Health

Thomas J. Marrie, in Goldman's Cecil Medicine, 2012 Legionella infections [Legionella Infections - ScienceDirect](#)

WHO, World Health Organization,(2003). Guidelines for safe recreational water environments . Volume 1 , Coastal and fresh waters. Geneva, Switzerland: WHO

WHO, World Health Organization,(2006). Guidelines for safe recreational water environments . Volume 2 , Swimming pools and similar environments. Geneva, Switzerland: WHO

WHO (2008) Guidelines of drinking - water quality. Recommendations, vol. 1, 3rdedn. World Health Organization, Geneva

[ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΥΔΑΤΩΝ.pptx \(live.com\)](#)

[PRESENTATION NAME \(upatras.gr\)](#)

[IJERPH | Δωρεάνπλήρεςκείμενο | Μικροβιολογίανερού. Βακτηριακά παθογόνα και νερό \(mdpi.com\)](#)

[ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΝΕΡΟΥ- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ \(watermicro.gr\)](#)

[Pour Plate Method: Procedure, Uses, \(Dis\) Advantages • Microbe Online](#)

[Membranes for Microbial Fuel Cells - ScienceDirect](#)

[Incubation temperature and culture medium formulation impact the accuracy of pour-plate techniques for the enumeration of industrial Bacillus assemblages - ScienceDirect](#)

[Μικροβιολογία - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)

[Δεσμόζυδρογόνου - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)

[Μικροοργανισμός - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)

[Introduction to Bacteria - Let's Talk Science \(letstalkscience.ca\)](#)

[Overview of Bacteria - Infections - MSD Manual Consumer Version \(msdmanuals.com\)](#)

[Microalgae - Wikipedia](#)

[Most Probable Number Method - Definition, Principle & Method - Biology Reader](#)

<http://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from>

[1. Διαχείριση Υδατικών Πόρων \(1\) \(upatras.gr\)](#)

[Θερμοκρασία βρασμού - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)

[Διαφάνεια 1 \(eody.gov.gr\)](#)

[Pour plate Method: Principle, Procedure, Uses, and \(Dis\) Advantages – MicrobiologyLearningForum \(microbiologylearningforum-wordpress-com.translate.goog\)](#)

[Membrane Filter Technique • Microbe Online \(microbeonline-com.translate.goog\)](#)

[5Η ΑΣΚΗΣΗ ΜΟΡΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.ppt \(live.com\)](#)

[2014_1.pdf \(mednet.gr\)](#)

[ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗ ΖΩΗ ΜΑΣ \(watermicro.gr\)](#)

[Δοκιμαστική Ιστορία | WaterWorld \(www-waterworld-com.translate.goog\)](#)

[Grammatikakis_Giwrgos_Dip_2007.pdf](#)

[ISO - 07.100.20 - Microbiology of water](#)

[Εντερόκοκκοι - ScienceLab.Gr](#)

[ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ \(elinyae.gr\)](#)

Βιβλιογραφία εικόνων

[Προς αναθεώρηση ο κύκλος του νερού; – physicsgg](#)

[Τρώγοντας δεσμούς υδρογόνου: η Χημεία της πίτσας – NeverLick The Spoon \(wordpress.com\)](#)

[Good and Bad Bacteria: Understanding The Difference \(familyfirsturgentcareconroe.com\)](#)

[Καντιντίαση \(candida\) και διατροφή \(mednutrition.gr\)](#)

[Microalgae could be the future of sustainable superfood in a rapidly changing world, study finds \(frontiersin.org\)](#)

[Critical assessment of protozoa contamination and control measures in mass culture of the diatom Phaeodactylumtricornutum - ScienceDirect](#)

[Ιός Μάρμπουργκ: Τι γνωρίζουμε μέχρι σήμερα και σε ποιες χώρες υπάρχουν κρούσματα - Newsbomb - Ειδήσεις - News](#)

[totalcoliforms | VTEI](#)

[Τα βακτήρια του εντέρου "μπλοκάρουν" τα αποτελέσματα της αντικαρκινικής θεραπείας | ekriti.gr](#)

[Putting a Stop to Group A Streptococcus | Microbiology \(labroots.com\)](#)

[Enterococcus - wikidoc](#)

[File:Pseudomonas aeruginosa on blood agar.jpg - Wikipedia](#)

[Αρχείο:Pseudomonas aeruginosa SEM.jpg - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)

[Staphylococcus aureus - Wikipedia](#)

[1 \(uth.gr\)](#)

[Hypothesis on key events in C. perfringens type A-induced intestinal... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

[Researchers aim to improve Clostridium perfringens surveillance | Food Safety News](#)

[E coli: What is the bacteria and what are the symptoms of infection? | The Independent | The Independent](#)

[¿Qué es la E. coli y cómo se contagia? \(efesalud.com\)](#)

[590+ Shigella Fotografias de stock, fotos e imágeneslibres de derechos - iStock | Streptococcus pneumoniae, Streptococcus, Salmonella \(istockphoto.com\)](#)

[Cholera: What is Cholera ? \(trackingcholera.blogspot.com\)](#)

[| SEM image of a Vibrio cholerae biofilm on chitin from crab shells... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

[Culture Methods to Determine the Limit of Detection and Survival in Transport Media of Campylobacter Jejuni in Human Fecal Specimens \(jove.com\)](#)

[Typhoid bacteria \(Salmonella typhi\) | Electron microscope im... | Flickr](#)

[Legionella Click Chemistry - The Native Antigen Company](#)

[Legionellosis \(Legionella\) \(ca.gov\)](#)

[Membrane Filter Technique | Membrane Filtration Method \(Microbes\) - Microbiology Laboratory Turkey](#)

["Most Probable Number" Images – Browse 11 Stock Photos, Vectors, and Video | Adobe Stock](#)

[Pour plate Method: Principle, Procedure, Uses, and \(Dis\) Advantages – MicrobiologyLearningForum \(wordpress.com\)](#)

[Most Probable Number Method - Definition, Principle & Method - Biology Reader](#)

[Coliform and fecal coliform confirmation test: \(a\) presumptive coliform... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

[Microbiology analysis E.Coli in food sample use Most Probable number \(MPN\) technique for testing Coliform bacteria cultured with Tryptose Lauryl broth in Test-tube yellow solution with Durham tube. фотография Stock | Adobe Stock](#)

[Direct Titration - Unmatched Versatility, Down to the Nanoliter and Picoliter - BioDot](#)

[Bacteriological studies of C. perfringens isolate showing \(a\) rCMM with... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

[Water | Free Full-Text | Coliphages as Model Organisms in the Characterization and Management of Water Resources \(mdpi.com\)](#)

[Aliments contaminés par la bactérie E. coli :quels effets sur la santé et comment prévenir les infections ? | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail](#)

[Pseudomonas aeruginosa: Infections, Pathogenesis and Lab Diagnosis \(microbeonline.com\)](#)

[MPN \(Most Probable Number\) 'confirmed and completed' test, by Dr. Puspendu Bhunia \(Part 2\) \(youtube.com\)](#)