

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Τμήμα Ιατρικής**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ**

**ΠΟΙΟΤΗΤΑ – ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ & ΧΗΜΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ  
ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΕΣ»**

**ΜΠΑΝΤΑΚΟΥ ΘΕΟΦ. ΙΩΑΝΝΑ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Τμήμα Ιατρικής**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ**

**ΠΟΙΟΤΗΤΑ – ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ & ΧΗΜΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ  
ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΕΣ»**

**ΜΠΑΝΤΑΚΟΥ ΘΕΟΦ. ΙΩΑΝΝΑ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ**

Τριμελής Επιτροπή :

Επιβλέπων καθηγητής :

Χατζηχριστοδουλου Χρήστος: Καθηγητής Υγιεινής και Επιδημιολογίας Τμήματος  
Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Πλακοκεφαλος Ηλίας: Ιολογος Επιστημονικός Συνεργάτης Τμήματος Ιατρικής  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Μουχτουρη Βαρβάρα: Επιστημονική Συνεργάτης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
Manager Ευρωπαϊκής κοινής δράσης EU SHIPSAN ACT

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακάτω εργασία με τίτλο *ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ & ΧΗΜΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΕΣ* έχει ως στόχο, ν' αναλύσει την μικροβιολογική και χημική σύσταση του νερού των πηγών. Για τον σκοπό αυτό θ' αναφερθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, η χημική σύσταση του νερού και τέλος θ' αναπτυχθεί η μικροβιολογική σύσταση του νερού από πηγές.

Η εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για το νερό γενικά, την σπουδαιότητα για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη, το νερό των πηγών το περιβάλλον και τα υπόγεια ύδατα.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει την μεθοδολογία έρευνας, τον τρόπο που έγινε η συγγραφή της εργασίας και η ανάπτυξη του θέματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και η χημική σύσταση του νερού.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναπτύσσεται η μικροβιολογική ποιότητα του νερού από τις πηγές.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.:
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
<b>1.1. Το νερό</b>	1
<b>1.2. Πηγές νερού</b>	3
<b>1.3. Περιβάλλον και υπόγεια νερά</b>	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b>	
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ</b>	9
<b>2.1. Μέθοδος ανάπτυξης της εργασίας</b>	9
<b>2.2. Δείγμα της έρευνας</b>	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b>	
<b>ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ – ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	10
<b>3.1. Ανόργανα συστατικά</b>	10
<b>3.2. Προέλευση ανόργανων συστατικών νερού</b>	10
<b>3.3. Δείκτες ποιότητας νερού</b>	11
<b>3.4. Οργανικά συστατικά</b>	12
<b>3.5. Αιωρούμενα στερεά</b>	12
<b>3.6. Ραδιοϊσότοπα</b>	13
<b>3.7. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά</b>	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b>	
<b>ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΠΗΓΕΣ</b>	18
<b>4.1. Εισαγωγή</b>	18
<b>4.1.1. Είδη μικροοργανισμών</b>	18
<b>4.2. Μικροβιολογικές αναλύσεις νερού</b>	20

<b>4.2.1. Ολικά κολοβακτηριοειδή</b>	<b>21</b>
<b>4.2.2 Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (faecal streptococci)</b>	<b>22</b>
<b>4.2.3. Πυοκυανική Ψευδομονάδα (<i>P.aeruginosa</i>)</b>	<b>22</b>
<b>4.2.4. Θειοαναγωγικά κλωστρίδια</b>	<b>23</b>
<b>4.2.5. Ολικός αριθμός μικροοργανισμών (heterotropic plate counts)</b>	<b>23</b>
<b>4.2.6. Βακτηριοφάγοι (bacteriophages)</b>	<b>24</b>
<b>4.3. Παθογόνοι μικροοργανισμοί</b>	<b>24</b>
<b>4.3.1. Βακτήρια</b>	<b>24</b>
<b>4.3.2. Ιοί</b>	<b>29</b>
<b>4.3.3. Παράσιτα</b>	<b>32</b>
<b>4.3.4 Ενοχλητικοί Οργανισμοί</b>	<b>37</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>38</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>39</b>

## ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελ.:
Πίνακας 1. Εμφάνιση του νερού	1
Πίνακας 2. Μέση σύσταση πετρωμάτων	5.
Πίνακας 3. Σύσταση επιφανειακών και υπόγειων νερών	6
Πίνακας 4. Συγκεντρώσεις ορισμένων χημικών συστατικών που δημιουργούν προβλήματα γεύσης στο πόσιμο νερό	14
Πίνακας 5 : παράμετροι και συχνότητα Ελάχιστου Ελέγχου	15
Πίνακας 6 : παράμετροι και συχνότητα Ελέγχου Ρουτίνας	15
Πίνακας 7 : περιοδικός έλεγχος(παράμετροι ελέγχου ρουτίνας και συμπληρωματικά και άλλες παράμετροι)	16
Πίνακας 8. Δείκτες ρύπανσης νερού	21

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Το νερό

Το νερό παίζει πρωτεύοντα ρόλο σε όλες τις διαδικασίες της έμβιας ύλης. Είναι μια μοναδική χημική ουσία που παρεμβαίνει με διάφορους τρόπους σε μια πολύ μεγάλη ποικιλία χημικών αντιδράσεων που σχετίζονται με την ύπαρξη και τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες του νερού είναι ότι εμφανίζεται σε συνηθισμένες συνθήκες και στις τρεις καταστάσεις της ύλης (στερεή, υγρή, αέρια). (Μυλόπουλος, 2002; Τσακίρης, 2004)

Πίνακας 1. Εμφάνιση του νερού

νερό σε στερεή κατάσταση	νερό σε υγρή κατάσταση	νερό σε αέρια κατάσταση
το 2% περίπου του νερού που υπάρχει στον πλανήτη προσωρινά παγωμένο (χιόνι, πάχνη) ή μόνιμα παγωμένο (παγόβουνα, παγετώνες)	περίπου το 98% του νερού που υπάρχει στον πλανήτη ωκεανοί, θάλασσες, ποτάμια, λίμνες, υπόγεια νερά	το 0,001% του νερού που υπάρχει στον πλανήτη • με μορφή υδρατμών

Το νερό και οι διαλυτικές του ιδιότητες συνδέονται άμεσα με τις βιολογικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών. Διαλύει άλατα που υπάρχουν στο έδαφος κι έτσι το φυτό παίρνει τις απαραίτητες για την ανάπτυξη του ουσίες. Διαλύει τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης και τα μεταφέρει σ' όλα τα μέρη του φυτού. Το αίμα και τα στομαχικά υγρά είναι διαλύματα νερού.

Ο τρόπος διαστολής του νερού (διαστέλλεται από τους 4° C κατά την ψύξη) λειτουργεί ευεργετικά για τους υδρόβιους οργανισμούς. Στις λίμνες ο πάγος σχηματίζεται στην επιφάνεια τους, ενώ στο βυθό το νερό διατηρεί τη θερμοκρασία των 4° C επιτρέποντας στους υδρόβιους οργανισμούς να ζήσουν. (Μυλόπουλος, 2002; Τσακίρης, 2004)

Θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε το νερό του πλανήτη σε αλμυρό και γλυκό ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε άλατα και κυρίως σε χλωριούχο νάτριο. Έτσι, περίπου το 97% του συνολικού νερού αποτελεί το αλμυρό νερό που βρίσκεται στους ωκεανούς και στις θάλασσες, ενώ το υπόλοιπο 3% αποτελεί το γλυκό νερό που κατανέμεται στους πάγους και τους παγετώνες, στα υπόγεια νερά και στα επιφανειακά νερά. (Μακρόπουλος, 2007)



## **Το πόσιμο νερό**

Το νερό που καταναλώνεται από τους κατοίκους των πόλεων και των χωριών προέρχεται από τα επιφανειακά νερά των λιμνών, των ποταμών καθώς και από τα υπόγεια νερά των πηγών. Πριν φτάσει στο σπίτι του κάθε καταναλωτή το φυσικό νερό καθαρίζεται με φυσικές διαδικασίες και μετατρέπεται σε πόσιμο στα διυλιστήρια νερού.

Το φυσικό νερό συγκεντρώνεται σε τεχνητές λίμνες και από κει διοχετεύεται στις δεξαμενές καθίζησης όπου προστίθεται θεικό αργίλιο που βοηθά στην καθίζηση αιωρούμενων σωματιδίων μετατρέποντας τα σε λάσπη. Ακολούθως οδηγείται στα φίλτρα διήθησης που είναι κατασκευασμένα από στρώματα χαλικιών και άμμου. Το πάχος των στρωμάτων αυτών είναι μεγάλο προκειμένου να είναι αποτελεσματικότερη η διήθηση του νερού. Στη συνέχεια το νερό διοχετεύεται στις δεξαμενές χλωρίωσης όπου προστίθεται στο νερό χλώριο με σκοπό την καταστροφή των μικροοργανισμών. (Μυλόπουλος, 2002; Τσακίρης, 2004)

Το πόσιμο νερό με τη βοήθεια αντλιών διοχετεύεται στις δεξαμενές ύδρευσης, οι οποίες είναι κατασκευασμένες σε θέσεις με αρκετό υψόμετρο. Το νερό μέσα από αγωγούς που συνδέονται με το δίκτυο ύδρευσης φτάνει στις βρύσες των κατοικιών (αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων).

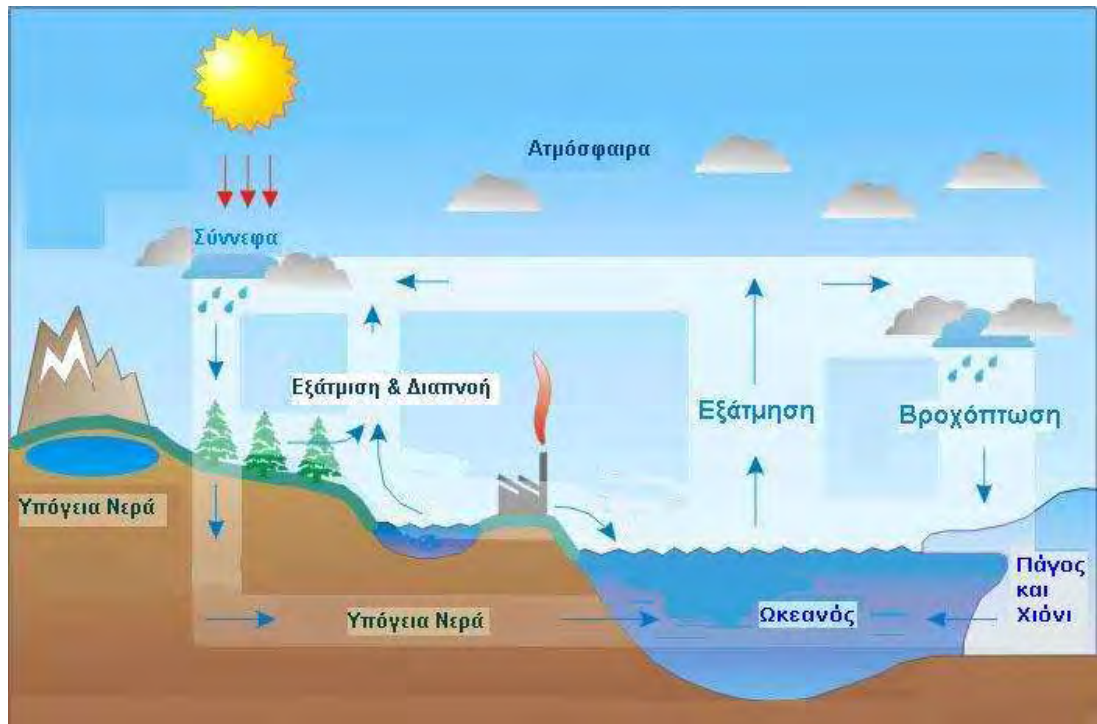
## **Το νερό και το περιβάλλον**

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες (γεωργικές, βιομηχανικές, οικιακές) αυξάνουν συνεχώς, με αποτέλεσμα να αυξάνει η ποσότητα των αποβλήτων και των απορριμμάτων που προέρχονται απ' αυτές. Τα βιοδιασπώμενα απόβλητα αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς ή με φυσικές διεργασίες και έτσι τα συστατικά τους ανακυκλώνονται. Κάποια όμως απόβλητα (φυτοφάρμακα, χημικά και πυρηνικά απόβλητα, συνθετικές ύλες) παραμένουν αδιάσπαστα με βλαβερές συνέπειες για το περιβάλλον.

Η ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων καθώς και βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων στους υδάτινους πόρους (νερά ποταμών, λιμνών, υπόγεια νερά) προξενεί εκτεταμένη ρύπανση κι έτσι μεγάλα υδάτινα αποθέματα γίνονται ακατάλληλα για ορισμένες χρήσεις (ύδρευση, άρδευση). (Μυλόπουλος, 2002; Τσακίρης, 2004)

Για την αντιμετώπιση της ρύπανσης των νερών γίνονται πολλές προσπάθειες και εφαρμόζεται εξελιγμένη τεχνολογία (βιολογικός καθαρισμός των αστικών λυμάτων, ειδική επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων κ. ά.).

Το νερό είναι ανανεώσιμος πόρος (κύκλος του νερού στη φύση), όμως η αυξανόμενη ζήτηση του απαιτεί προσεχτική διαχείριση των αποθεμάτων του. Η αποτελεσματική διαχείριση του νερού αρχίζει όταν η βροχή φτάνει στο έδαφος, οπότε η ποιότητα και η ποσότητα του πρέπει να προστατευτούν σε κάθε σημείο του κύκλου του νερού στη φύση. (Μυλόπουλος, 2002; Τσακίρης, 2004)



Εικόνα 1. Κύκλος του νερού

## 1.2. Πηγές νερού

Πηγές νερού είναι : το θαλασινό νερό, το υπόγειο νερό και το επιφανειακό νερό. Το νερό είναι άφθονο, αλλά το κατάλληλο πόσιμο νερό περιορίζεται από τη γεωγραφία, τη δημογραφία και την οικονομία. (Bates, 2000)

- **Θαλάσσιο νερό**

Η μεγαλύτερη πηγή νερού είναι η θάλασσα. Εντούτοις, δεν είναι πόσιμο χωρίς τεράστιες δαπάνες σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Η εντατική επεξεργασία οποιασδήποτε πηγής αυξάνει το ίδιο ζήτημα. Η χρήση υφάλμυρου ή θαλάσσιου νερού είναι συνήθως η τελευταία λύση όταν εξαντληθούν ή αμφισβητηθούν όλες οι άλλες πηγές σε μια κοινότητα. Το θαλάσσιο νερό είναι μια επιλογή μέσα σε μια σχετικά κοντινή απόσταση της ακτής, διαφορετικά οι δαπάνες μεταφοράς προσθέτουν ένα ανεπιθύμητο φορτίο στο ήδη υψηλό κόστος επεξεργασίας. (Bates, 2000)

- **Υπόγειο νερό**

Το υπόγειο νερό αποτελείται από τα βαθιά υδροφόρα στρώματα και από τις ανανεώσιμες πηγές. Το πρώτο, αν και άφθονο σε μερικές περιοχές, είναι μετρήσιμο με τον ίδιο τρόπο όπως τα αποθέματα πετρελαίου. Τέτοιες πηγές έχουν μια σχετικά σταθερή σύνθεση, αλλά θα μπορούσαν να περιέχουν ανεπιθύμητα συστατικά όπως το αρσενικό, το ουράνιο, το ραδόνιο, κ.λπ. Το δεύτερο μπορεί εξίσου να περιέχει έμφυτα ανεπιθύμητα συστατικά αλλά μπορεί επίσης να είναι επιρρεπές σε ρύπανση από τις δραστηριότητες στην επιφάνεια του εδάφους όπως τη βιομηχανία, την καλλιέργεια, κ.λπ. (Bates, 2000)

- **Επιφανειακό νερό**

Το επιφανειακό νερό προέρχεται από προσιτές & επιφανειακές πηγές, όπως είναι τα ποτάμια και οι φυσικές λίμνες. Αυτές οι πηγές χρησιμοποιούνται οπουδήποτε είναι δυνατόν. (Bates, 2000)

Το πόσιμο νερό μπορεί να προέρχεται είτε από τα υπόγεια νερά, είτε από τα επιφανειακά (λίμνες, ποταμούς). Στα υπόγεια νερά δεν γίνεται ιδιαίτερη επεξεργασία, γιατί είναι πολύ πιο καθαρά από τα επιφανειακά. Ουσίες που συναντώνται στα υπόγεια νερά και πρέπει να ελαττωθούν ή να απομακρυνθούν είναι ο σίδηρος, η σκληρότητα (εάν ξεπερνά τα 300 mg/L) και το CO<sub>2</sub>. Ουσίες που καταλήγουν στα υπόγεια νερά λόγω ανθρωπογενούς δράσης και πρέπει να απομακρυνθούν είναι τα νιτρικά, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και ίχνη οργανικών ενώσεων όπως τα παρασιτοκτόνα. (Κουϊμτζής, 1998)

Το νερό διαλύει μερικές (μικρές ή μεγάλες) ποσότητες κάθε στερεού ή υγρού με το οποίο έρχεται σε επαφή. Κατά τον υδρολογικό κύκλο, το νερό έρχεται σε επαφή με αέρια (συμπεριλαμβανομένων αερίων ρύπων και εκπεμπόμενων σωματιδίων από ηφαιστειακές εκρήξεις) καθώς και με ορυκτά που βρίσκονται στον ανώτερο φλοιό της γης. Σε μικρότερη κλίμακα το νερό κυκλοφορεί σε ανθρωπογενή συστήματα (αγωγοί και σωλήνες κατασκευασμένοι από συνθετικά υλικά, σπλισμένο σκυρόδεμα και μέταλλα όπως σίδηρος και χαλκός). Η διαλυτική ικανότητα του νερού ασκείται σε αυτά τα συστήματα δημιουργώντας φαινόμενα όπως η διάβρωση και η απόθεση αλάτων. (Τσώνης, 2003)

Η σύσταση του νερού μετά την επαφή του με το έδαφος εξαρτάται από τη σύσταση των εδαφών. Γενικά η γη αποτελείται από ένα πυρήνα πλούσιο σε σίδηρο και νικέλιο, πάχους 3.740 χλμ. που περιβάλλεται από τον μανδύα με υψηλή περιεκτικότητα σε πυριτικά άλατα μαγνησίου και σιδήρου και ένα εξωτερικό στρώμα, το φλοιό, μέσου πάχους 30 χλμ. που αποτελείται κύρια από ορυκτά πυριτικών αλάτων. Αυτό το λεπτό εξωτερικό στρώμα της γης, όπου δεν καλύπτεται από θάλασσες και ωκεανούς, είναι το μοναδικό τμήμα του φλοιού της γης που επιδρά στον καθορισμό της σύστασης των φυσικών επιφανειακών και υπόγειων νερών. Η επίδραση αυτή δεν επεκτείνεται περισσότερο από μερικά χιλιόμετρα από την επιφάνεια του εδάφους. (Τσώνης, 2003)

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τιμές για τη μέση σύσταση ορισμένων πετρωμάτων. Ο φλοιός της γης σε βάθος μέχρι 16 χλμ αποτελείται κατά 95% από ηφαιστειογενή πετρώματα. Για την εξέταση των φυσικών νερών τα πετρώματα αυτά δεν παίζουν σημαντικό ρόλο, αφού τα περισσότερα ανακτήσιμα υπόγεια νερά βρίσκονται σε βάθη το πολύ 2 χλμ από την επιφάνεια. Σε αυτό το πολύ λεπτό στρώμα τα κύρια πετρώματα είναι ιζηματογενούς φύσης. Τα ιζηματογενή πετρώματα και το χώμα του εδάφους θεωρούνται σαν οι κύριοι παράγοντες καθορισμού της χημικής σύστασης των νερών με τα οποία έρχονται σε επαφή. (Hem, 1970)

Πίνακας 2. Μέση σύσταση πετρωμάτων  
(Hem, 1970)

Στοιχείο	Ιζηματογενή πετρώματα			
	Ηφαιστειογενή πετρώματα	Ψαμμιτικά	Σχιστολιθικά	Ασβεστολιθικά
Si	285.000	359.000	260.000	34
Al	79.500	32.100	80.100	8.970
Fe	42.200	18.800	38.800	8.190
Ca	36.200	22.400	22.500	272.000
Na	28.100	3.870	4.850	393
K	25.700	13.200	24.900	2.390
Mg	17.800	8.100	16.400	45.300
Ti	4.830	1.950	4.440	377
P	1.100	539	733	281
Mn	937	392	575	842
F	715	220	560	112
Ba	595	193	250	30
S	410	945	1.850	4.550
Sr	368	28	290	617
C	320	13.800	15.300	113.500
Cl	305	15	170	305
Cr	198	120	423	7,1
Yb	4,8	1,6	1,6	0,2
Cs	4,3	2,2	6,2	0,77
Hf	3,9	3	3,1	0,23
Be	3,6	0,26	2,1	0,18
Er	3,6	0,88	1,8	0,45
U	2,8	1	4,5	2,2
Sn	2,5	0,12	4,1	0,17
Ho	2,4	1,1	0,82	0,18
Br	2,4	1	4,3	6,6
Eu	2,3	0,94	1,1	0,19
Ta	2,0	0,1	3,5	0,1
Tb	1,8	0,74	0,54	0,14
As	1,8	1	9	1,8
W	1,4	1,6	1,9	0,56
Ge	1,4	0,88	1,3	0,036
Mo	1,2	0,5	4,2	0,75
Lu	1,1	0,3	0,28	0,11
Tl	1,1	1,5	1,6	0,065
Tm	0,94	0,3	0,29	0,075
Sb	0,51	0,014	0,81	0,2
I	0,45	4,4	3,8	1,6
Hg	0,33	0,057	0,27	0,046
Cd	0,19	0,02	0,18	0,048
In	0,19	0,13	0,22	0,068
Ag	0,15	0,15	0,27	0,19
Se	0,050	0,52	0,6	0,32
Au	0,0036	0,0046	0,0034	0,0018

Επιφανειακά νερά που δημιουργούνται σε γρανιτικά πετρώματα περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες διαλυμένων ορυκτών, προσεγγιστικά όχι περισσότερα από 30 mg/l. Ένας δεύτερος τύπος επιφανειακών νερών προέρχονται από εδάφη διαφορετικά από τα προηγούμενα που περιείχαν γρανίτη. Τα νερά αυτά χαρακτηρίζονται από μέτρια σκληρότητα (ασβέστιο και μαγνήσιο), αλκαλικότητα ( $\text{HCO}_3^-$ ) και ολική περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά. Αυτός ο τύπος του νερού χρησιμοποιείται ευρύτατα σαν πόσιμο νερό για την ύδρευση των πόλεων. (Snoeyink and Jenkins, 1980)

Τα υπόγεια νερά έχουν γενικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε διαλυμένα ανόργανα συστατικά από ότι τα επιφανειακά νερά (Πίνακας 3). Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της εκτενούς επαφής μεταξύ νερών με υψηλή περιεκτικότητα σε  $\text{CO}_2$ , πετρωμάτων και χώματος στο έδαφος και στη χρονική διάρκεια επαφής που απαιτούνται για τη διάλυση συστατικών από το νερό. Επίσης, το  $\text{CO}_2$  μπορεί να προστεθεί στο νερό από τις δραστηριότητες των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα υπόγεια νερά απαιτούν συνήθως επεξεργασία για να γίνουν λιγότερο σκληρά και ακολούθως κατάλληλα για οικιακή και βιομηχανική χρήση. (Snoeyink and Jenkins, 1980)

Πίνακας 3. Σύσταση επιφανειακών και υπόγειων νερών

Συστατικά, mg/l	A	B	C
$\text{SiO}_2$	9,5	1,2	10
Fe(III)	0,07	0,02	0,09
$\text{Ca}^{2+}$	4,0	36	92

$\text{Mg}^{2+}$	1,1	8,1	34
$\text{Na}^+$	2,8	6,5	8,2
$\text{K}^+$	0,6	1,2	1,4
$\text{HCO}_3^-$	18,3	119	339
$\text{SO}_4^{2-}$	1,6	22	84
Cl <sup>-</sup>	2,0	13	9,6
$\text{NO}_3^-$	0,41	0,1	13
Ολικά διαλυτά στερεά	34	165	434
Ολική σκληρότητα (ως $\text{CaCO}_3$ )	14,6	123	369
A : Pardee Reservoir, East Bay Municipal Utility District, Oakland Calif. Average data for 1976			
B : Niagara River, Niagara Falls, N.Y.			
C : Well Water, Dayton, Ohio.			

Οι χημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού και των συστατικών της ατμόσφαιρας και του εδάφους έχουν σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό αραιών υδατικών διαλυμάτων που καλούμε επιφανειακά και υπόγεια νερά. Τα νερά αυτά μαζί με τα αποσθρωμένα πετρώματα που παράγονται από τη δράση του νερού καταλήγουν στις θάλασσες και τους ωκεανούς, όπου λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις αντίστροφες από αυτές κατά τη δημιουργία των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Οι δραστηριότητες του ανθρώπου και άλλων ζώντων οργανισμών που διαβιούν μέσα και γύρω από φυσικά νερά μεταβάλλουν σημαντικά τη σύσταση αυτών των αραιών υδατικών διαλυμάτων. (Χαλβαδάκης, 2004)

### 1.3. Περιβάλλον και υπόγεια νερά

Η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυννοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα προβλήματα ρύπανσης (Αντωνόπουλος, 2008)

Το 17% περίπου της παγκόσμιας καλλιεργούμενης γης είναι αρδευόμενη και παράγει το 33% των τροφίμων. Η παραγωγή αυτή φαίνεται να μπορεί να αυξηθεί κατά 10% εάν βελτιωθούν οι συνθήκες στράγγισης. Όσον αφορά στην αλατότητα των εδαφών αναφέρεται ότι από τα 2,35 δις στρέμματα, τα 200-300 εκατ. στρέμματα έχουν ζημιωθεί σοβαρά από την αλατότητα η οποία υποβοηθείται από την κακή στράγγιση. (FAO, 1990)

Η αλατότητα των εδαφών είναι διαδεδομένη σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και αναφέρεται στην αύξηση των διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα. Η αλατότητα αυξάνει την οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος με αποτέλεσμα να υποφέρουν τα φυτά και να μειώνεται η ανάπτυξη και η παραγωγή. Όταν η ετήσια βροχόπτωση υπερβαίνει τα 500 mm εκπλύνονται τα άλατα και μεταφέρονται σε βαθύτερα στρώματα. Εάν όμως υπάρχει υψηλή στάθμη, τότε επισυμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στο ριζόστρωμα. Ορισμένα στοιχεία όπως το βόριο, το χλώριο και το νάτριο προκαλούν τοξικότητες.

Ο όρος Νατρίωση αναφέρεται στην περίπτωση που το ποσοστό του προσροφημένου νατρίου είναι μεγαλύτερο από 15% του συνόλου της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) του εδάφους. Τα εδάφη αυτά έχουν μικρή διηθητικότητα, είναι προβληματικά όπως και τα αλατούχα και παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά. Η αλάτωση και η νατρίωση αποτελούν μορφές παθογένειας των εδαφών που οδηγούν στην ερημοποίηση της γης. (Καραβίτης Χ. & Αγγελίδης Σ., 2005)

Τα υπόγεια νερά αποτελούν ένα στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Το νερό εισέρχεται στο έδαφος μέσω της επιφάνειάς του, με διήθηση περνάει μέσα από την ακόρεστη ζώνη και συναντά την υπόγεια στάθμη του υδροφόρου στρώματος. Τα υδροφόρα στρώματα βρίσκονται μεταξύ της υπόγειας στάθμης του νερού και μιας γεωλογικής διαπερατής στο νερό στρώσης, η οποία εμποδίζει το νερό να προχωρήσει βαθύτερα (εικόνα 4). Το



νερό στο υδροφόρο στρώμα είναι δυνατόν να κινηθεί προς όλες τις κατευθύνσεις ανάλογα με τις υδραυλικές ιδιότητες της εδαφικής στρώσης και μπορεί να εξέλθει από την επιφάνεια του εδάφους υπό μορφή πηγών ή να απομακρυνθεί δια φρεάτων ή να εξέλθει κατευθείαν σε επιφανειακά νερά, όπως ποτάμια, λίμνες ή θάλασσα. (Καραβίτης Χ. & Αγγελίδης Σ., 2005)

Τα υδροφόρα στρώματα εξαντλούνται και επαναπληρώνονται με το νερό της βροχής. Ο όγκος του νερού που μπορεί να αποδοθεί από ένα υδροφόρο στρώμα (απόδοση του υδροφόρου στρώματος) αποτελεί χαρακτηριστικό αυτού και εξαρτάται από το πορώδες του εδάφους. Τα υδροφόρα στρώματα και μάλιστα το ανώτερο μέρος τους εκτίθενται σε ρύπανση, η οποία γίνεται από τα επιφανειακά νερά κατά την κατείσδυσή τους. Ακόμα από την υπεράντλησή τους και μετακίνηση υδάτων από τη θάλασσα ή άλλους σχηματισμούς. (Καραβίτης Χ. & Αγγελίδης Σ., 2005)

Τα υπόγεια νερά θεωρούνται ως πηγή νερού για οικιακούς, γεωργικούς, βιομηχανικούς και άλλους σκοπούς και συμβάλλει στη βελτίωση των οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών μιας περιοχής. Η υπεράντληση μπορεί να προκαλέσει την υποβάθμιση της περιοχής (γης και νερού). Πάντως δεν έχει ληφθεί μέριμνα, ώστε η διαχείριση των υπογείων υδάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μη θίγεται το περιβάλλον σε μακροχρόνια βάση.



Εικόνα 2. Υδροφόρα στρώματα

Στις παραθαλάσσιες περιοχές και στα νησιά η χρήση του υπόγειου νερού είναι πολύ εκτεταμένη και ίσως η μόνιμη πηγή πόσιμου νερού. Η υπεράντληση προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως :

- Υποβάθμιση της ποιότητας νερού
- Υποβάθμιση της γης
- Διείσδυση του αλμυρού νερού

Στις περιπτώσεις που η υπόγεια στάθμη ανεβαίνει προς την επιφάνεια του εδάφους δημιουργούνται άλλα είδη προβλημάτων, όπως αλάτωση, αδυναμία ανάπτυξης πολλών καλλιεργειών κλπ. Το είδος και το μέγεθος των προβλημάτων που επιδρούν στο

περιβάλλον διαφέρουν οπωσδήποτε ανάλογα με τους υπάρχοντες παράγοντες όπως :  
υπεράρδευση, υπεράντληση. (Καραβίτης Χ. & Αγγελίδης Σ., 2005)



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>** **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### **2.1. Μέθοδος ανάπτυξης της εργασίας**

Η εργασία αναπτύσσεται με την μέθοδο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Επιλέχθηκε η μέθοδος αυτή γιατί θα μας βοηθήσει στην αποσαφήνιση του θέματος που αναπτύσσεται με την αποκάλυψη πεδίων όπου άλλες μορφές έρευνας θα ήταν ασαφής.

Για την ανασκόπηση πρώτα τέθηκε η διατύπωση του σχετικού ερωτήματος στο οποίο επιδιώκεται η απάντηση, το ερώτημα σ' αυτή την εργασία είναι : ποια είναι η μικροβιολογική και χημική ποιότητα του νερού από πηγές.

Επόμενο βήμα είναι η διατύπωση κριτηρίων εισόδου και αποκλεισμού στο πρωτόκολλο της συστηματικής ανασκόπησης. Στο συγκεκριμένο θέμα εξετάζεται η μικροβιολογική και χημική σύσταση του νερού μόνο από πηγές οπότε στα κριτήρια αναζήτησης θα είναι μόνο το νερό των πηγών.

Στην συγκεκριμένη μεθοδολογία απαραίτητη προϋπόθεση είναι η αναζήτηση κατάλληλων δημοσιεύσεων και ο καθορισμός ευρετηριασμού. Για να γίνει η αναζήτηση θα θέσουμε ως λέξεις κλειδιά : νερό, νερό πηγών, μικροβιολογική ποιότητα, χημική ποιότητα. Με την κατάλληλη χρήση των λέξεων θα πετύχουμε την εύρεση προηγούμενων εργασιών και μελέτες που έχουν διεξαχθεί σχετικές με το θέμα. Για να έχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα θα ψάξουμε σε πολλές ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων. Οι κατάλληλες εργασίες για ανασκόπηση είναι αυτές οι οποίες έχουν εμφανή τον τρόπο με τον οποίο έχουν γραφεί βιβλιογραφία, έρευνα, δείγμα.

Εφόσον βρεθούν οι κατάλληλες μελέτες, θ' ακολουθήσει η συγγραφή της εργασίας προσπαθώντας να δοθεί μέσα από μια κριτική ματιά το αποτέλεσμα που μας ενδιαφέρει.

### **2.2. Δείγμα της έρευνας**

Δείγμα της έρευνας αποτελούν οι σχετικές μελέτες που έχουν γραφεί και θα μελετηθούν για την συγγραφή της εργασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ – ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού ταξινομούνται συνήθως σε :

- φυσικοχημικά,
- χημικά και
- μικροβιολογικά.

Η καταλληλότητα του νερού αξιολογείται από :

- τη διαύγεια
- το χρώμα
- την οσμή
- τη γεύση και
- τη θερμοκρασία

### 3.1. Ανόργανα συστατικά

Από τα επικρατέστερα ανόργανα συστατικά ενός φυσικού νερού είναι το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), το κάλιο (K), τα όξινα ανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ ), τα θειικά ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), τα χλωριούχα (Cl) και τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ). Οι συγκεντρώσεις των συστατικών αυτών στα φυσικά νερά μπορεί να κυμαίνονται από 1 έως 1.000 mg/L. Στην Ελλάδα τα όξινα ανθρακικά στο πόσιμο νερό κυμαίνονται στα 200-400 mg/L ενώ τα υπόλοιπα στα 1-100 mg/L. (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

Άλλα ιόντα, τα οποία απαντούν σε μικρές συγκεντρώσεις (0,01-100 mg/L), είναι αρκετά σημαντικά είτε βιολογικά, είτε γιατί επηρεάζουν συγκεκριμένες βιομηχανικές εφαρμογές. Σε αυτά περιλαμβάνονται η αμμωνία, τα νιτρώδη, τα φωσφορικά, ο σίδηρος, το μαγγάνιο και το φθόριο.

### 3.2. Προέλευση ανόργανων συστατικών νερού

Η χημική σύσταση των φυσικών νερών είναι αποτέλεσμα των αντιδράσεων του νερού με τα πετρώματα της γης, με τα οποία έρχεται σε επαφή, της αποσάθρωσης των πετρωμάτων και της έκπλυσης εδαφών και ιζημάτων. Τροποποιείται με τη βοήθεια βιολογικών μεταβολισμών και ενδεχόμενα η συγκέντρωση των στοιχείων μεγαλώνει ή μικραίνει εξαιτίας της επίδρασης του υδρολογικού κύκλου. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι, διάλυση, οξειδωση-αναγωγή, ιοντοεναλλαγή και συμπλοκοποίηση.

Επίσης, είναι δυνατόν να υπάρχει κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα στο νερό σε συγκεντρώσεις μερικών mg/L (ιχνοστοιχεία), πράγμα το οποίο οφείλεται είτε στο γήινο υπόβαθρο της περιοχής, είτε σε γεωργική ή βιομηχανική ρύπανση. (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

### 3.3. Δείκτες ποιότητας νερού

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

#### *Σκληρότητα (TH):*

Η σκληρότητα είναι μια παράμετρος, που εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$ . Νερά με σκληρότητα 0-100 mg/L (ισοδύναμο  $\text{CaCO}_3$ ) χαρακτηρίζονται ως «μαλακά», από 100-200 ως «μέσης σκληρότητας», από 200-300 ως «σκληρά» και από 300 και πάνω ως «πολύ σκληρά» (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

Σε σχέση με την παρουσία των ανθρακικών ιόντων ( $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{CO}_3^{2-}$ ) η σκληρότητα του νερού διακρίνεται στα παρακάτω είδη (Κουμιτζής και Σαμαρά-Κωνσταντίνου, 1994):

- Ολική σκληρότητα: Είναι η σκληρότητα η οποία οφείλεται σ' όλα τα κατιόντα που σχηματίζουν ίζημα με σάπωνα. Στην πράξη ισούται με το άθροισμα της συγκέντρωσης των κατιόντων ασβεστίου και μαγνησίου.
- Μόνιμη σκληρότητα: Είναι η σκληρότητα η οποία παραμένει μετά την καταβύθιση των ουδέτερων ανθρακικών αλάτων.
- Παροδική σκληρότητα: Είναι η σκληρότητα η οποία οφείλεται στα κατιόντα τα οποία απομακρύνονται με το βρασμό του νερού. Ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στην ολική και την μόνιμη. Η παροδική σκληρότητα ονομάζεται και ανθρακική σκληρότητα και είναι ίση με την ανθρακική αλκαλικότητα.

#### *Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS):*

Τα ολικά διαλυμένα στερεά είναι μια παράμετρος που δείχνει την περιεκτικότητα όλων των ιόντων που υπάρχουν σε διάλυση στο νερό. Στο πόσιμο νερό, η παρουσία στερεών αλλοιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (θολερότητα, γεύση). Όταν το πόσιμο νερό έχει συγκέντρωση στερεών πάνω από 500 mg/L αρχίζει σταδιακά να έχει ιδιάζουσα γεύση (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

#### *Αγωγιμότητα:*

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (HA) είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζομένων ουσιών που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση. Στα νερά με χαμηλή περιεκτικότητα αλάτων ισχύει με ικανοποιητική προσέγγιση:  $\text{TDS}=0,5$  (HA). Καθώς η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνεται ( $\text{TDS}>1000$  mg/L,  $\text{HA}>2000$   $\mu\text{η}\Gamma\text{ΙΟ}\beta/\alpha\text{T}\text{I}$ ), ελαττώνεται η ενεργότητα των ιόντων και κατά συνέπεια ελαττώνεται η ικανότητά τους να μεταφέρουν ρεύμα, οπότε η σχέση τείνει προς  $\text{TDS}=0,9$  HA (θαλασσινό νερό). (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

### 3.4. Οργανικά συστατικά

Η προέλευση των οργανικών ουσιών στο πόσιμο νερό μπορεί να είναι είτε η φυσική αποικοδόμηση υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, είτε η βιομηχανική, αστική ή αγροτική ρύπανση. Η συγκέντρωση των οργανικών ουσιών μπορεί να κυμαίνεται από το μηδέν, σε ορισμένα καθαρά υπόγεια νερά, έως μερικές δεκάδες mg/L σε νερά επιφανειακά, που έχουν ρυπανθεί.

#### *Φυσικές οργανικές ενώσεις*

Τα φυσικά οργανικά αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών ενώσεων, που απαντούν στο νερό. Η σύστασή τους αντικατοπτρίζει τη διαδικασία χουμοποίησης διάφορων συστατικών του εδάφους, τα οποία εκπλένονται από το νερό.

Τα οργανικά συστατικά του εδάφους, που υφίστανται χουμοποίηση, προέρχονται από την αποικοδόμηση οργανικών προϊόντων φυτικής και ζωικής προέλευσης (Μήτρακας, 2001; Λέκκας, 1996).

#### *Συνθετικές οργανικές ενώσεις*

Η χημική επανάσταση των έξι τελευταίων δεκαετιών είχε ως αποτέλεσμα τη σύνθεση νέων μορίων και κατά συνέπεια τη δημιουργία ενός τεράστιου αριθμού οργανικών ενώσεων, οι οποίες δεν υπάρχουν στη φύση. Οι περισσότερο κοινοί ρυπαντές του πόσιμου νερού είναι οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), οι οποίοι είναι διαλύτες, αλογονομένοι υδρογονάνθρακες, καύσιμα και ψυκτικά υγρά.

Οργανικές ενώσεις, οι οποίες ρυπαίνουν το νερό, μπορεί να δημιουργηθούν κατά την επεξεργασία του νερού. Κατά τη χλωρίωση του νερού παράγονται διάφορες τοξικές αλογονούχες οργανικές ενώσεις ως αποτέλεσμα αντίδρασης του χλωρίου με τα φυσικά οργανικά συστατικά του νερού. (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

Μερικές οργανικές ενώσεις, όπως είναι τα παρασιτοκτόνα, τα ζιζανιοκτόνα και πολλοί διαλύτες, χρησιμοποιούνται και διασπείρονται στο περιβάλλον σκόπιμα. Όλες αυτές οι τοξικές οργανικές ενώσεις εκπλένονται από το νερό κατά τον υδρολογικό κύκλο ρυπαίνοντας τις πηγές υδροληψίας πόσιμου νερού.

### 3.5. Αιωρούμενα στερεά

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στα στερεά υλικά, που αιωρούνται στο νερό, επειδή βρίσκονται σε πολύ λεπτό διαμερισμό. Αποτελούνται από υλικά ανόργανης και οργανικής προέλευσης (Κουιμτζής και Σαμαρά-Κωνσταντίνου, 1994).

Τα αιωρούμενα στερεά έχουν ευρεία επίδραση στην ποιότητα του νερού, η οποία εξαρτάται από τα φυσικά, χημικά και βιολογικά τους χαρακτηριστικά. Οι μέθοδοι με τις οποίες μετρούνται τα αιωρούμενα στερεά είναι η θολότητα και η μέτρηση της κατανομής μεγέθους των σωματιδίων.

### **3.6. Ραδιοϊσότοπα**

Τα ραδιοϊσότοπα είναι ραδιενεργά άτομα, τα οποία διασπώνται ελευθερώνοντας ενέργεια (ραδιενέργεια). Η ραδιενέργεια του νερού μπορεί να είναι φυσική, αλλά μπορεί να είναι και ανθρώπινης προέλευσης. Η φυσική ραδιενέργεια οφείλεται στα ραδιενεργά στοιχεία που υπάρχουν στη γη ή δημιουργούνται από τον βομβαρδισμό της ατμόσφαιρας με κοσμική ακτινοβολία. Τα ανθρώπινης προέλευσης ραδιενεργά ισότοπα προέρχονται συνήθως από τρεις πηγές, από πυρηνικά όπλα, από ραδιενεργά φάρμακα, καθώς επίσης από την παραγωγή και χρήση ραδιενεργών καυσίμων (Μήτρακας, 2001).

### **3.7. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά**

Τα αισθητικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνουν την οσμή, τη γεύση και το χρώμα του. Τα προβλήματα σε αυτά τα χαρακτηριστικά ενδεχόμενα να σχετίζονται με την προέλευση του νερού, τη μέθοδο επεξεργασίας του, καθώς επίσης και με το δίκτυο διανομής. Για τα αισθητικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού υπάρχει θεσμοθετημένη επιτρεπτή περιοχή τιμών μέσα στην οποία πρέπει να κυμαίνονται.

#### *Οσμή και γεύση*

Η οσμή όπως και η γεύση αποτέλεσαν εδώ και αιώνες εμπειρικά κριτήρια, στα οποία στηρίζονταν οι άνθρωποι για να αποφεύγουν τροφές και νερό που ήταν τοξικά ή επικίνδυνα για την υγεία τους (Ζανάκη, 2001).

Τα μη ρυπαινόμενα φυσικά νερά με κανονικές περιεκτικότητας ελεύθερου οξυγόνου είναι άοσμα. Η δυσάρεστη οσμή των νερών οφείλεται βασικά στα αέρια μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και υδρόθειο ( $\text{H}^2$ ) (Μαλεφάκης, 1998), αλλά και σε πληθώρα αλογονομένων οργανικών ουσιών.

Τα προβλήματα γεύσης στο νερό οφείλονται στα διαλυμένα άλατα (TDS), καθώς επίσης στην παρουσία κάποιων συγκεκριμένων μετάλλων όπως είναι ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος. Γενικά, τα νερά με σύνολο διαλυμένων αλάτων (TDS) μικρότερο από 1200 mg/L δεν παρουσιάζουν προβλήματα γεύσης και είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή, αν και πρέπει να προτιμάται συγκέντρωση TDS μικρότερη από 500 mg/L. Η συγκέντρωση των κοινών συστατικών, τα οποία δημιουργούν συνήθως γεύση στο πόσιμο νερό, δίνεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Συγκεντρώσεις ορισμένων χημικών συστατικών που δημιουργούν προβλήματα γεύσης στο πόσιμο νερό (Μήτρακας, 2001)

Συστατικό	Συγκέντρωση γεύσης, mg/L
Zn <sup>2+</sup>	4-9
Cu <sup>2+</sup>	2-5
Fe <sup>2+</sup>	0,04-0,1
Mn <sup>2+</sup>	4-30
2-Χλωροφαινόλη*	0,004
2,4-Χλωροφαινόλη*	0,008
2,6-Χλωροφαινόλη*	0,002
Φαινόλη	>1,0
* Δημιουργούνται από τη φαινόλη κατά τη χλωρίωση του νερού	

Η αποικοδόμηση φυτικών υλικών και τα προϊόντα μεταβολισμού των μικροοργανισμών είναι οι περισσότερο πιθανές αιτίες δημιουργίας γεύσης και οσμής στα επιφανειακά νερά.

#### Χρώμα

Ο όρος χρώμα αναφέρεται μόνο στο χρώμα που παραμένει στο νερό, όταν απομακρυνθούν τα αιωρούμενα σωματίδια με κατάλληλη διήθηση. Ο όρος φαινομενικό χρώμα αναφέρεται στο χρώμα που εμφανίζουν τα νερά, χωρίς να έχει προηγηθεί το στάδιο της διήθησης (Κουιμτζή, Σαμαρά-Κωνσταντίνου, 1994).

Χρώμα στα νερά μπορούν να δώσουν διάφοροι φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες όπως το πλαγκτόν, η τύρφη, μεταλλοϊόντα, απόβλητα βιομηχανιών, κλπ. Τα πόσιμα νερά πρέπει να είναι διαυγή και να μην έχουν ούτε ίχνος χρώματος, για να μην προκαλούν την αποστροφή των καταναλωτών. Ο βαθμός του χρώματος στα νερά καθορίζεται με σύγκριση πρότυπων διαλυμάτων.

Για να μπορεί ο άνθρωπος να χρησιμοποιεί το νερό των πηγών για πόση θα πρέπει να γίνει χημικός έλεγχος και να διαπιστωθεί τι ουσίες υπάρχουν σε αυτό και πόσο βλάπτουν την υγεία του ανθρώπου.

Είναι επιτακτική η ανάγκη να ελέγχεται τακτικά η καταλληλότητα του πόσιμου νερού γιατί απ' αυτό εξαρτάται η υγεία και η ανάπτυξη του πληθυσμού μιας περιοχής.

Η Οδηγία 80/778 της Ε.Ε. αναφέρει τις παρακάτω παραμέτρους, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τους ελέγχους :

Ο Ελάχιστος Έλεγχος Ε1, ο οποίος περιλαμβάνει παραμέτρους και συχνότητα δειγματοληψίας, ανάλογα με τον πληθυσμό, όπως στον Πίνακα 4. (Οδηγία 80/778 της Ε.Ε.)

Πίνακας 5 : παράμετροι και συχνότητα Ελάχιστου Ελέγχου

Α/Α παραμέτρο υ	Παράμετροι ελέγχου	Συχνότητα δειγματοληψίας ανά έτος ανάλογα με τον πληθυσμό(κάτοικοι)									
		500	500	10000	50000	100000	150000	300000	500000	1 εκατ.	5 εκατ.
3	Οσμή	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
4	Γεύση	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
7	Αγωγιμότητα ή άλλη φυσικοχημική παράμετρος	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
41	Υπολειμματικό χλώριο Ολικό	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
57	κολοβακτι/δ ή συνολικά	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
61	βακτηρίδια στους 22°C και 37 °C	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
58	Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360

Ο Έλεγχος Ρουτίνας E2, ο οποίος περιλαμβάνει παραμέτρους και συχνότητα δειγματοληψίας, ανάλογα με τον πληθυσμό, όπως στον Πίνακα 6. (Οδηγία 80/778 της Ε.Ε.)

Πίνακας 6 : παράμετροι και συχνότητα Ελέγχου Ρουτίνας

Α/Α παραμέτρο υ	Παράμετροι ελέγχου	Συχνότητα δειγματοληψίας ανά έτος ανάλογα με τον πληθυσμό(κάτοικοι)									
		500	500	10000	50000	100000	150000	300000	500000	1 εκατ.	5 εκατ.
4	Γεύση	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
5	θερμοκρασία	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
7	Αγωγιμότητα ή άλλη φυσικοχημική παράμετρος	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
6	pH	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
41	Υπολειμματικό χλώριο	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
20	νιτρικά	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
21	νιτρώδη	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
22	αμμωνία	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
57	Ολικά κολοβακτι/δ ή	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
58	Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
61	συνολικά βακτηρίδια στους 22°C και 37 °C	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120

Ο Περιοδικός Έλεγχος Ε3, ο οποίος περιλαμβάνει: τον Ε2 και άλλες παραμέτρους Πίνακας 7.

Πίνακας 7 : περιοδικός έλεγχος(παράμετροι ελέγχου ρουτίνας και συμπληρωματικά και άλλες παράμετροι)

Α/Α παραμέτρο υ	Παράμετροι ελέγχου	Συχνότητα δειγματολημίας ανά έτος ανάλογα με τον πληθυσμό(κάτοικοι)									
		500	500	10000	50000	100000	150000	300000	500000	1 εκατ.	5 εκατ.
4	Γεύση	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
5	Θερμοκρασία	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
7	Αγωγιμότητα ή	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20

	άλλη φυσικοχημική παράμετρος										
6	pH	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
41	Υπολειμματικό χλώριο	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
20	νιτρικά	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
21	νιτρώδη	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
22	αμμωνία	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
57	Ολικά κολοβακτηϊδιά	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
58	Κολοβακτηριοειδή κοπράνων συνολικά	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
61	βακτηρίδια στους 22°C και 37 °C	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
	Άλλες παράμετροι										

Ο Έκτακτος Έλεγχος Ε4 γίνεται σε ειδικές περιπτώσεις ή ατυχήματα. Η αρμόδια αρχή καθορίζει τις παραμέτρους ανάλογα με τις συνθήκες. Το πόσιμο νερό πρέπει τουλάχιστον να έχει τις εξής βασικές ιδιότητες: Να είναι άοσμο, άχρωμο, καθαρό και δροσερό. Πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα μικρόβια που προξενούν ενδημικές ή επιδημικές ασθένειες. Όταν βρεθούν στην ανάλυση τέτοια μικρόβια όπως τα βακτηρίδια *Coli*, σημαίνει ότι το νερό της ύδρευσης έρχεται σε επαφή με βόθρους ή υπονόμους. (Ρέχα & Καραγεωργίου, 1995; Χριστοδουλάκης, 1995)

Στη χώρα μας ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των πόσιμων υδάτων καθορίζεται με τη Διυπουργική Απόφαση, με αριθμό Α5/288/23-1-86(ΦΕΚ 53/Β/20-2-1986) για την ποιότητα του πόσιμου νερού σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με αριθμό 80/778 της 15/7/80. Με την απόφαση αυτή καθορίζονται οι επιτρεπόμενες τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, που χαρακτηρίζουν το νερό ως κατάλληλο για πόση. Οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, του πόσιμου νερού πρέπει να είναι κατώτερες ή ίσες με τις τιμές, που προσδιορίζονται με τον τίτλο "ενδεικτικό επίπεδο". Παρεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονται, προκειμένου να αντιμετωπιστούν :



- συνθήκες που έχουν σχέση με τη φύση και τη σύσταση του εδάφους στην περιοχή, η οποία τροφοδοτεί την υπό εξέταση πηγή
- συνθήκες που έχουν σχέση με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες.

Οι παρεκκλίσεις δεν αφορούν, τους τοξικούς ή μικροβιολογικούς παράγοντες, και σε κάθε περίπτωση, πρέπει να αποκλείουν τους κινδύνους για τη Δημόσια Υγεία. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, σύμφωνα με την απόφαση, που προαναφέρθηκε, ταξινομούνται σε 6 κατηγορίες :

- Οργανοληπτικές παράμετροι
- Φυσικοχημικές παράμετροι
- Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες
- Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες
- Μικροβιολογικές παράμετροι
- Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό που έχει υποστεί κατεργασία αποσκλήρυνσης

Για την παρουσία ραδιενεργών ουσιών, στο νερό, ισχύουν τα ανώτατα όρια που καθορίζονται στην Κ.Υ.Α. Υ2/2600/01.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΠΗΓΕΣ

### 4.1. Εισαγωγή

Οι μικροοργανισμοί παίζουν από πολλές απόψεις σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της ποιότητας του νερού. Είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες, όπως είναι για παράδειγμα ο τύφος, για οσμές και γεύσεις στο πόσιμο νερό, καθώς επίσης και για τη διάβρωση των μετάλλων και του σκυροδέματος. Ως μικροοργανισμοί θεωρούνται οι οργανισμοί στους οποίους δεν μπορούμε να διακρίνουμε λεπτομέρειες με γυμνό μάτι (διάμετρος μικρότερη του 1 mm) (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

#### 4.1.1. Είδη μικροοργανισμών

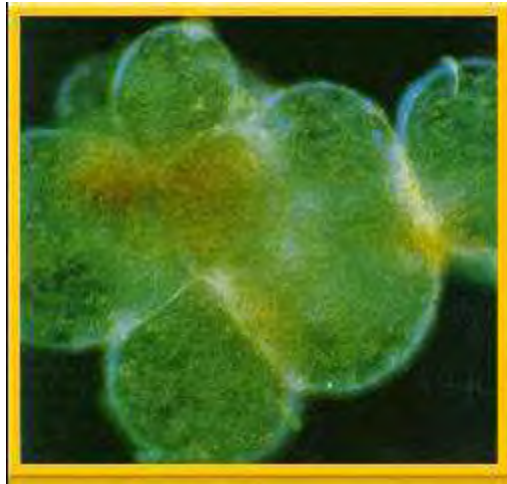
Η βασικότερη ταξινόμηση των μικροοργανισμών είναι ο διαχωρισμός τους σε φυτικούς και ζωικούς. Όμως, οι διαχωριστικές γραμμές μεταξύ των διαφόρων ειδών μικροοργανισμών είναι συχνά ασαφείς με αποτέλεσμα η ταξινόμησή τους ορισμένες φορές να είναι αρκετά δύσκολη.

##### *Ιοί*

Οι ιοί έχουν μέγεθος μικρότερο από 0,3 μm. Ένας ιός συνίσταται από την ένωση ενός νουκλεϊνικού οξέος και μιας πρωτεΐνης. Είναι όλοι παρασιτικοί και στερούνται κανονικών μεταβολικών λειτουργιών. Οι ιοί βρίσκονται συνήθως στα λύματα και είναι για το λόγο αυτό παρόντες στα μολυσμένα νερά. Εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους είναι δύσκολη η απομάκρυνσή τους από το νερό και είναι συχνά ανθεκτικοί στις συνήθεις μεθόδους απολύμανσης των νερών (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

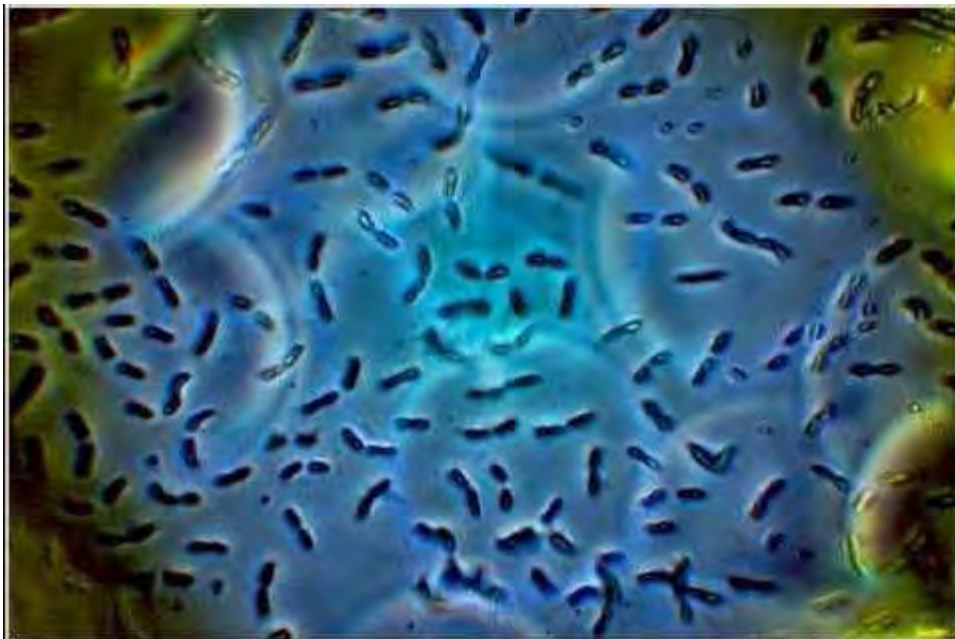
##### *Φυτικοί οργανισμοί*

Τα φυτά απαιτούν διαλυτή τροφή, η οποία μπορεί να είναι είτε οργανική, είτε ανόργανη. Ορισμένα είδη φυτών είναι τα βακτήρια, οι μύκητες και τα άλγη (Εικ. 3).



Εικόνα 3. Οι οργανισμοί αυτοί είναι blue algae

Τα βακτήρια (Εικ. 4) είναι οι βασικές μονάδες της φυτικής ζωής. Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που καταναλώνουν διαλυτή τροφή η οποία είναι συνήθως οργανική. Τα περισσότερα βακτήρια είναι ευαίσθητα σε αλλαγές του pH και προτιμούν λίγο ή πολύ ουδέτερες συνθήκες. Είναι ακόμα αρκετά ευαίσθητα στις διάφορες μορφές του χλωρίου και στην θερμοκρασία και έχουν μια βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης. Τα βακτήρια είναι είτε αερόβια, είτε αναερόβια και είναι υπεύθυνα για ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό (Μήτρακας, 2001).



Εικόνα 4. Τα βακτήρια

## *Ζωικοί οργανισμοί*

Οι ζωικοί οργανισμοί καταναλώνουν μόνο οργανικής φύσης τροφή. Όλα τα είδη απαιτούν οξυγόνο, ενώ ορισμένα από τα λιγότερο ανεπτυγμένα είδη μπορούν να ζήσουν και σε χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Τα πρωτόζωα, τα τροχόζωα και τα μαλακόστρακα αποτελούν μερικά είδη ζώων (Μήτρακας, 2001; Ζανάκη, 2001).

### **4.2. Μικροβιολογικές αναλύσεις νερού**

Σκοπός των διάφορων μικροβιολογικών αναλύσεων του νερού είναι η απομόνωση και ο προσδιορισμός των παθογόνων μικροοργανισμών που βρίσκονται σε αυτό. Όμως ο αριθμός των παθογόνων μικροοργανισμών σε σχέση με άλλους μικροοργανισμούς είναι πολύ μικρός και επιπλέον η αναγνώριση του κάθε μικροοργανισμού παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες. Για τους παραπάνω λόγους προκειμένου να προσδιοριστεί η πιθανότητα που έχει το νερό να μεταδώσει ασθένειες και συνεπώς η μικροβιακή καταλληλότητα του νερού, αναζητούνται μικροοργανισμοί που ονομάζονται μικροβιακοί δείκτες. Οι δείκτες αυτοί είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι περνούν παροδικά μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα, προερχόμενοι συνήθως από το γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των ζώων. Οι δείκτες ενδέχεται να συνοδεύονται από παθογόνους μικροοργανισμούς, οι ίδιοι όμως δεν είναι απαραίτητα παθογόνοι. Ο ιδανικός μικροβιακός δείκτης πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά : (Παπαπετροπούλου & Μαυρίδου 2010; [www.dua.gr](http://www.dua.gr))

- Οι μέθοδοι ανίχνευσής του να είναι εφαρμόσιμες σε όλα τα νερά.
- Θα πρέπει να είναι πάντα παρών όταν είναι παρόν ο παθογόνος μικροοργανισμός και απών στα μη-ρυπασμένα νερά.
- Να έχει υψηλή συγκέντρωση σε σχέση με τα παθογόνα είδη.
- Η συγκέντρωσή του να είναι ανάλογη με το βαθμό ρύπανσης.
- Θα πρέπει να αντιδρά στις φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες και στην επεξεργασία με τρόπο ανάλογο με αυτόν των παθογόνων που μας ενδιαφέρουν.
- Ο χρόνος ζωής τους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή παραπλήσιος με εκείνον των παθογόνων.
- Να είναι εύκολο να απομονωθεί και να προσδιοριστεί στο εργαστήριο.
- Να έχει σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση.
- Ο δείκτης και τα παθογόνα θα πρέπει να προέρχονται από την ίδια πηγή.
- Να μην είναι βλαβερός στον άνθρωπο και στα ζώα.

Τα κριτήρια αυτά όμως δεν ικανοποιούνται απόλυτα από καμία ομάδα ή είδος μικροοργανισμών. Από τους μικροβιακούς δείκτες, εκείνοι που χρησιμοποιούνται σε μικροβιολογικές αναλύσεις για το χαρακτηρισμό του νερού ως κατάλληλου ή ακατάλληλου για χρήση είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κολοβακτηρίδια κοπρανώδους προέλευσης, οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι, η πυοκυανική ψευδομονάδα, τα θειαναγωγικά κλωστρίδια και ο συνολικός αριθμός μικροβίων.

	Ολικά κολοβακτηριοειδή	E. Coli Κολοβακτηρίδιο
Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι/εντερόκοκκοι	Ψευδομονάδα τυοκυανική	Κλωστρίδιο διαθλαστικό
Ολικός αριθμός μικροοργανισμών στους 37 °C	Ολικός αριθμός μικροοργανισμών στους 22 °C	Βακτηριοφάγοι για τον έλεγχο της απολύμανσης

Πίνακας 8. Δείκτες ρύπανσης νερού

#### 4.2.1. Ολικά κολοβακτηριοειδή

Ομάδα βακτηρίων που συσχετίζονται με κοπρανώδη ή περιβαλλοντική ρύπανση. Περιλαμβάνει αερόβια και προαιρετικά αναερόβια μη σπορογόνα Gram-αρνητικά βακτήρια που ζυμώνουν τη λακτόζη με παραγωγή αερίου σε 24-48h στους 36±10C. Δεν αποτελούν ασφαλή δείκτη κοπρανώδους προέλευσης καθώς μερικά στελέχη της ομάδας αυτής δεν βρίσκονται μόνο στην εντερική χλωρίδα, αλλά μπορούν να βρεθούν και στο περιβάλλον. Τα ολικά κολοβακτηριοειδή απομονώνονται εύκολα και αποτελούν πολύ χρήσιμο δείκτη για την πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων βακτηρίων και ιών στο νερό. Ακόμα χρησιμοποιούνται σαν δείκτης αποτελεσματικότητας των επεξεργασιών και σαν δείκτης περιβαλλοντικής ρύπανσης από χώματα κλπ.

##### Γένη κολοβακτηριοειδών:

- Escherichia spp
- Citrobacter spp
- Enterobacter spp
- Klebsiella spp
- Hafnia spp
- Serratia spp
- Erwinia spp
- Edwardsiella spp
- Kluyera spp
- Cedecea spp
- Totumella spp
- Ορισμένα μη ανθρώπινα είδη
- Ορισμένα γένη που απαντώνται μόνο στο περιβάλλον (Rhanella spp)
- Ορισμένα γένη είναι κοπρανώδη και περιβαλλοντικά (Enterobacter colae, Citrobacter freundii) (Donlar & Costerton, 2002)

#### 4.2.2 Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (faecal streptococci)

Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει Gram-θετικούς, καταλάση-αρνητικούς κόκκους που εμφανίζονται ανά ζεύγη ή μικρές αλυσίδες. Φυσιολογικά βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων. Αποτελούνται από ορισμένα είδη του γένους *Streptococcus* (*S.faecalis*, *S.faecalis subsp. liquefaciens*, *S.faecalis subsp. zygogenes*, *S.faecium*, *S.avium*, *S.bovis*, *S.equinus*, *S.gallinarum*) και είναι είδη της ομάδας D κατά Lancefield.

Οι εντερόκοκκοι είναι υποομάδα των κοπρανωδών στρεπτοκόκκων και περιλαμβάνουν τα είδη *S.faecalis*, *S.faecium*, *S.gallinarum*, *S.avium*. Έχουν αντοχή στο NaCl και στο αλκαλικό pH, είναι ανθεκτικότεροι από την *E.Coli* στη χλωρίωση και την περιβαλλοντική πίεση και είναι αποκλειστικά κοπρανώδους προέλευσης. Στις νομοθεσίες έχουν αντικαταστήσει τους κοπρανώδεις στρεπτοκόκκους. Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού λόγω της περιορισμένης βιωσιμότητά τους στο περιβάλλον. Όταν όμως συνδυάζονται με τα στοιχεία των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών μπορούν να μας δώσουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την πηγή ρύπανσης. Ορισμένα είδη όπως *S.faecalis* και *S.faecium* συναντώνται συχνότερα στα κόπρανα του ανθρώπου ενώ τα *S.bovis* και *S.equinus* σχετίζονται με κόπρανα μη ανθρώπινης προέλευσης και συνήθως ρύπανση από βιομηχανία κρεάτων ή από απόβλητα γαλακτοκομίας και φανερώουν πρόσφατη ρύπανση εξαιτίας του μικρού χρόνου ζωής που έχουν όταν βρίσκονται εκτός του φυσικού τους περιβάλλοντος. (Παπαετροπούλου & Μαυρίδου 2010; Donlar & Costerton, 2002)

Αποτελούν ασφαλέστερο δείκτη για θερμά, θαλάσσια και υπόγεια νερά ενώ είναι και καλός δείκτης μετά από επισκευές δικτύων. Παλαιότερα χρησιμοποιούσαν την αναλογία αντίχενωσης *E. coli*/FS για να βρουν την πιθανή πηγή ρύπανσης.

Λόγος μικρότερος του 0,7 παραπέμπει σε μόλυνση μη ανθρωπογενούς προέλευσης σε αντίθεση με την περίπτωση που ο λόγος ξεπερνά το 4,1 όπου φανερώνεται ρύπανση από αστικά λύματα. Είναι πολύ σημαντικό όμως η δειγματοληψία να γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πηγή ρύπανσης λόγω του μικρού χρόνου ζωής των στρεπτοκόκκων καθώς επίσης και το pH να βρίσκεται μεταξύ των τιμών 4-9 ώστε να μην αλλοιωθεί η πυκνότητα των στρεπτοκόκκων. (Παπαετροπούλου & Μαυρίδου 2010; Donlar & Costerton, 2002)

#### 4.2.3. Πυοκυανική Ψευδομονάδα (*P.aeruginosa*)

Η *P.aeruginosa* είναι ένας κινητός, αυστηρώς αερόβιος, οξειδάση και καταλάση θετικός, μη σπορογόνος βάκιλλος. Μπορεί και αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες από 4-43 0C, με άριστη τη θερμοκρασία των 37 0C. Η ανάπτυξή της στους 420C τη διαχωρίζει από τις άλλες ψευδομονάδες.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της είναι η παραγωγή της πυοκυανίνης, μιας κυανοπράσινης χρωστικής η οποία απορροφά στα 254 nm των υπεριωδών ακτίνων. Η

*P.aeruginosa* δεν αποτελεί δείκτη κοπρανόδους μόλυνσης διότι δεν αποβάλλεται πάντα με τα κόπρανα. Αποτελεί φυσιολογική χλωρίδα του εντέρου μόνο στο 10% των ανθρώπων.

Είναι ολιγοτροφικοί μικροοργανισμοί και έχουν μεγάλη εξάπλωση στο περιβάλλον (νερό, έδαφος, λύματα). Ειδικά στο νερό μπορούν να αλλοιώνουν τις οργανοληπτικές του ιδιότητες. Είναι δυνητικά παθογόνοι μικροοργανισμοί και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές λοιμώξεις (μάτια, αυτιά, τραυματα,εγκαύματα, δερματίτιδα κ.α.) Έχουν ιδιαίτερη αξία στην αξιολόγηση της ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών και των κολυμβητηρίων καθώς και της κατάστασης των δικτύων και των υδατοδεξαμενών. Η *P.aeruginosa* είναι ανθεκτική στη χλωρίωση που γίνεται στο πόσιμο νερό, εκτός αν η ποσότητα του υπολειμματικού χλωρίου υπερβαίνει τα 0,8 mg/L. (Παπαετροπούλου & Μαυρίδου 2010; Donlar & Costerton, 2002)

#### **4.2.4. Θειοαναγωγικά κλωστρίδια**

Τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια είναι Gram-θετικοί, αναερόβιοι, σπορογόνοι βάκιλοι οι οποίοι ανάγουν τα θειικά σε θειούχα άλατα. Το πιο χαρακτηριστικό είδος είναι το *Clostridium perfringens* το οποίο υπάρχει σε αρκετή συγκέντρωση στα κόπρανα. Το *Cl. perfringens* παράγει εντεροτοξίνη με συμπτώματα έντονους κοιλιακούς πόνους και διάρροια. Τα υπόλοιπα είδη υπάρχουν και στο περιβάλλον. Οι σπόροι που σχηματίζουν έχουν μεγάλη αντοχή στο περιβάλλον και επιβιώνουν στην απολύμανση. Αν ανιχνευτούν χωρίς επιπλέον ανίχνευση *E. Coli* και εντεροκόκκων υποδεικνύουν παλιά ρύπανση. Εξαιτίας της μεγαλύτερης αντοχής τους σε σύγκριση με τους στρεπτοκόκκους και τα κολοβακτηρίδια χρησιμοποιούνται σαν δείκτες παρουσίας πρωτοζώων και ειδικά του *Cryptosporidium parvum*. Τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια είναι παθογόνα (τροφικές δηλητηριάσεις, μόλυνση πληγών) και απαιτούν προσοχή στον εργαστηριακό χειρισμό. (Παπαετροπούλου & Μαυρίδου 2010; Donlar & Costerton, 2002)

#### **4.2.5. Ολικός αριθμός μικροοργανισμών (heterotropic plate counts)**

Τα ετερότροφα βακτήρια που βρίσκονται στο νερό είναι μια μεγάλη ποικιλία από μεσόφιλα αερόβια και προαιρετικά αναερόβια Gram-αρνητικά βακτήρια. [18] Καταμετράται ο συνολικός αριθμός τους σε ένα γενικό υπόστρωμα σε δύο θερμοκρασίες στους 370C μετά από επώαση 48 ωρών και στους 220C μετά από επώαση 72 ωρών. Η μέτρηση στους 370C περιλαμβάνει βακτήρια του εδάφους και βακτήρια λυμάτων. Η μέτρηση στους 220C περιλαμβάνει τα παραπάνω καθώς και όσα δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε υψηλότερη θερμοκρασία. Επίσης περιλαμβάνονται και πολλά σαπροφυτικά βακτήρια του νερού. Ο προσδιορισμός τους δεν έχει σχέση με τη μέτρηση της ρύπανσης αλλά με την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης (πόσιμα νερά) και τη διαδικασία της εμφιάλωσης. Το σημαντικό σε αυτόν τον δείκτη είναι η σταθερότητα της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών και λιγότερο η ίδια η συγκέντρωσή τους. Μια ξαφνική αύξηση του αριθμού των αποικιών των βακτηρίων στους 370C μπορεί να αποτελεί προειδοποίηση σοβαρής ρύπανσης. Αντίθετα μια αλλαγή στους 220C μπορεί να οφείλεται σε μεταβολές που έχουν σχέση με το

περιβάλλον, τις εποχές κ.ά. Σε ορισμένες περιπτώσεις μετρώνται μόνο τα σπορογόνα μετά από θέρμανση στους 60-700C. (Παπαπετροπούλου & Μαυρίδου 2010; Donlar & Costerton, 2002)

#### 4.2.6. Βακτηριοφάγοι (bacteriophages)

Οι βακτηριοφάγοι ή απλά φάγοι είναι ιοί που προσβάλλουν τα βακτήρια. Όπως όλοι οι ιοί, οι βακτηριοφάγοι αναπτύσσονται σε ζωντανά κύτταρα, που στην περίπτωση τους είναι βακτήρια. Οι περισσότερο μελετημένοι φάγοι είναι οι κολιφάγοι που προσβάλλουν το κολοβακτηρίδιο. Οι κολιφάγοι και οι φάγοι του *Bacteroides spp* είναι οι συνηθέστεροι βακτηριοφάγοι που χρησιμοποιούνται σαν δείκτες μόλυνσης κυρίως από εντεροϊούς και σαν δείκτες αποτελεσματικότητας μονάδων επεξεργασίας. Οι κολιφάγοι μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

Somatic coliphages: εισέρχονται στην *E.Coli* μέσω του κυτταρικού τοιχώματος. F-specific RNA coliphages: εισέρχονται στην *E.Coli* μέσω των φυλετικών ιών. Δεν ανιχνεύονται συχνά στα κόπρανα αλλά υπάρχουν σε μεγάλο αριθμό στα λύματα. (Mayr;idoy – Ts;oxa, 2001)

### 4.3. Παθογόνοι μικροοργανισμοί

#### 4.3.1. Βακτήρια

Τα παρακάτω είναι τα κυριότερα βακτήρια που προέρχονται από εκκρίματα ανθρώπων ή ζώων και μπορεί να είναι υπεύθυνα για πολλές ασθένειες στον άνθρωπο. Για να απομονωθούν και να προσδιοριστούν ποσοτικά στο εργαστήριο απαιτούν σύνθετες μεθόδους. Όμως ελέγχονται αποτελεσματικά από τους δείκτες ρύπανσης.

#### **Salmonella spp**

Οι σαλμονέλες ανήκουν στην οικογένεια των εντεροβακτηριδίων και είναι Gram-αρνητικά, προαιρετικά αναερόβια, κινητά βακτηρίδια που παράγουν συνήθως υδρόθειο και δεν ζυμώνουν τη λακτόζη. [19] Τα περισσότερα είδη της *Salmonella* προκαλούν γαστρεντερίτιδα εκτός από τη *Salmonella typhi* και την *Salmonella paratyphi* που προκαλούν τυφοειδή και παρατυφοειδή πυρετό αντίστοιχα. [4] Οι υδατογενείς επιδημίες σαλμονέλας σχετίζονται κυρίως με τη *Salmonella typhi* και λιγότερο με τη *Salmonella paratyphi B* ή κάποιο άλλο είδος. Η κατάποση λίγων κυττάρων από τη *Salmonella typhi* είναι αρκετά για να προκληθεί τυφοειδής πυρετός ενώ αντίθετα χρειάζονται εκατομμύρια κύτταρα από άλλους ορότυπους σαλμονέλας για να προκληθεί γαστρεντερίτιδα. Η σαλμονέλα μεταδίδεται με τα κόπρανα μολυσμένων ανθρώπων ή ζώων. Οι συνήθεις αιτίες επιδημιών από σαλμονέλα είναι η μόλυνση του επιφανειακού ή του υπόγειου νερού και η ανεπαρκής επεξεργασία ή μη απολύμανση του πόσιμου νερού. (Πόγγας & Χαρβάλλου, 2011)

Ο χρόνος επιβίωσης της στο πόσιμο νερό μπορεί να είναι από λίγες ημέρες έως 100 ημέρες.





Εικόνα 5. Σαλμονέλα

### **Yersinia spp**

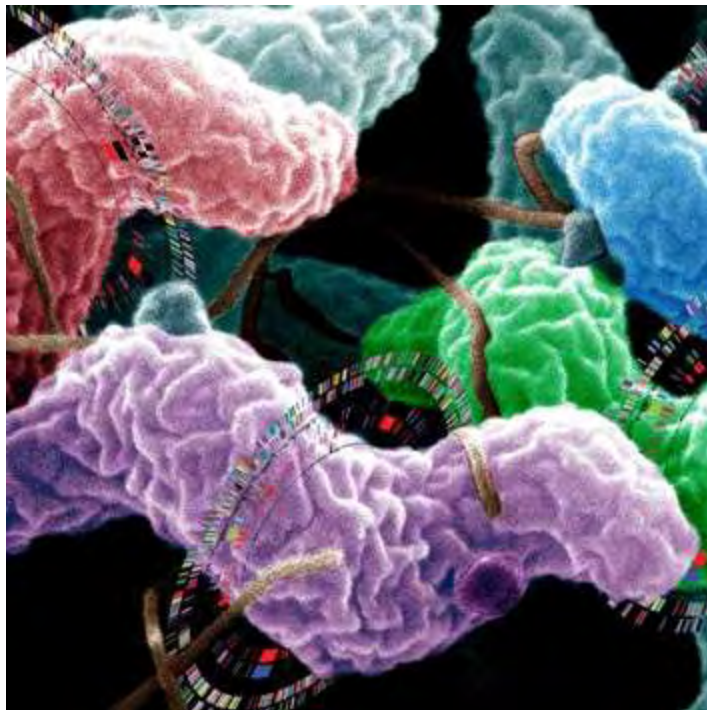
Οι υερσίνιες ανήκουν στα εντεροβακτηριδιακά. Παθογόνα για τον άνθρωπο είναι τα *Y. Pestis*, *Y. pseudotuberculosis* και μερικοί ορότυποι του *Y. enterocolitica*. Η *Y. enterocolitica* είναι Gram-αρνητικό βακτήριο, κινητή στους 25 0C αλλά ακίνητη στους 37 0C, ζυμώνει τη γλυκόζη με παραγωγή λίγων ή καθόλου αερίων. Η *Y. enterocolitica* απομονώνεται από το περιβάλλον και τα ζώα, έχει βρεθεί σε επιφανειακά και παραθαλάσσια νερά. Οι ορότυποι που ενοχοποιούνται για υδατογενείς λοιμώξεις είναι οι 0:3, 0:8, 0:9. Ακόμα έχει παρατηρηθεί πως η *Y. enterocolitica* μπορεί και επιβιώνει σε αποσταγμένο και απολυμασμένο νερό στους 4 0 C για δεκαοχτώ μήνες, έτσι είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η προέλευση της μόλυνσης όταν εντοπίζεται. Ο πυρετός, η διάρροια και η κοιλιακοί πόνοι είναι τα κύρια συμπτώματα της λοίμωξης. (Παπαπετροπούλου & Μαυρίδου, 2010)



Εικόνα 6. Αποικίες υερσίνιας

## **Campylobacter spp**

Έχουν εντοπισθεί 14 είδη *Campylobacter* υπεύθυνο για τις υδατογενείς λοιμώξεις όμως είναι το *C. jejuni*. Το *C. jejuni* ανήκει στα έπιπλον-πρωτεοβακτήρια, είναι κινητό, Gram-αρνητικό, αερόβιος μικροοργανισμός. Αναπτύσσεται μεταξύ των 25 0C και 43 0C, είναι καμπυλωτό ή ραβδόμορφο με σχήμα σπειριλλίου, οξειδάση αρνητικό, ανάγει τα νιτρικά προς νιτρώδη και απαιτεί μικρές ποσότητες οξυγόνου για την ανάπτυξή του (3-6%). Προκαλεί γαστρίτιδα, εντερίτιδα και άλλες ασθένειες του ανθρώπου. Θεωρείται το συχνότερο αίτιο της διάρροιας στον άνθρωπο στις ανεπτυγμένες χώρες. Στην Αμερική το *Cambylobacter* είναι το συχνότερο αίτιο γαστρίτιδας με περίπου 2,5 εκατομμύρια κρούσματα ετησίως. Πηγή του είναι τα κόπρανα ζώων και ανθρώπων, φορέων ή πασχόντων. Το *Cambylobacter* μπορεί να επιβιώνει σε χαμηλές θερμοκρασίες για αρκετές εβδομάδες.

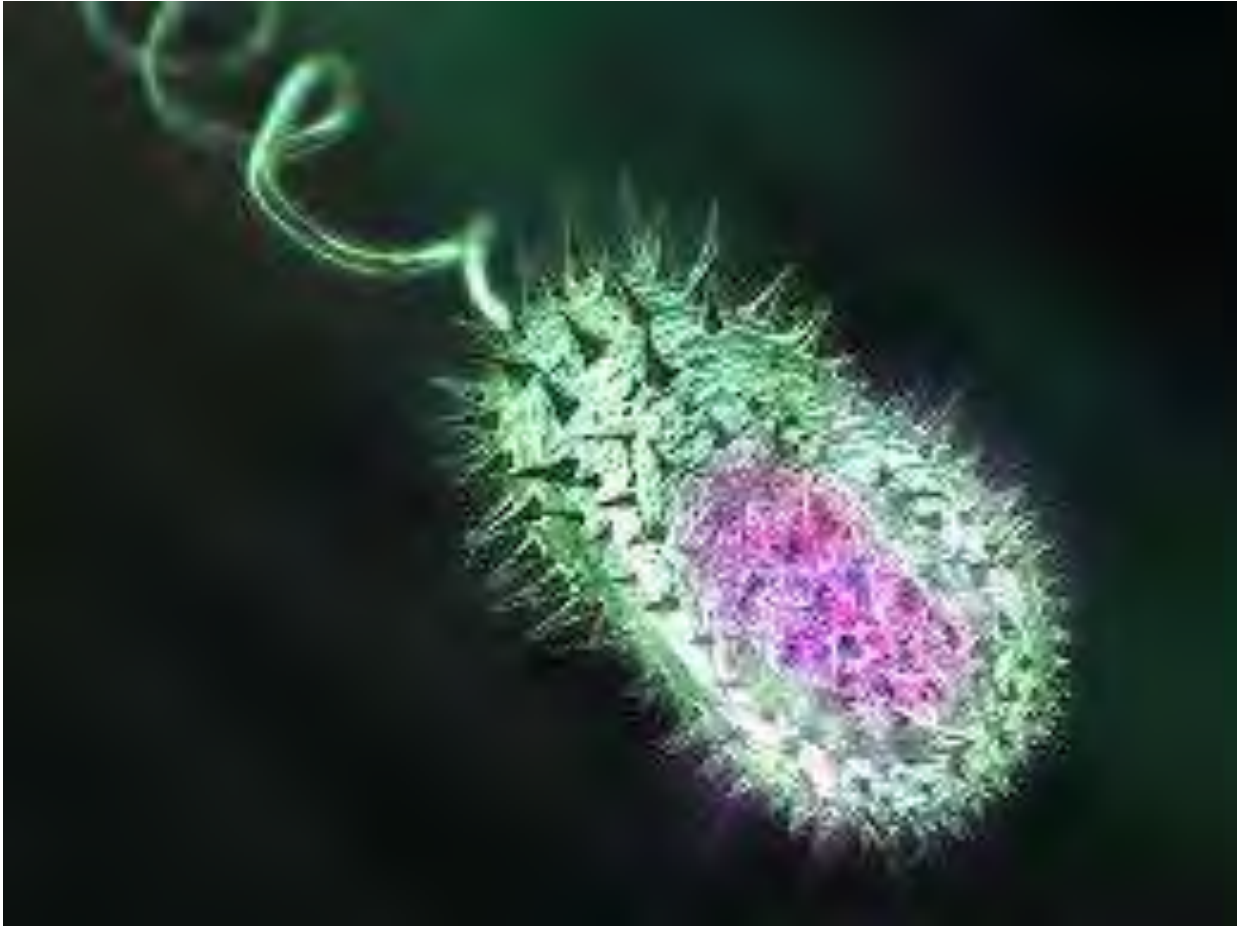


Εικόνα 7. Καμπυλοβακτήρια

## **Vibrio cholerae**

Το δονάκιο της χολέρας είναι ένα Gram-αρνητικό, μη σπορογόνο βακτηρίδιο, καταλάση και οξειδάση θετικό, διαθέτει μαστίγιο μονού πόλου που το κάνει κινητό. Δεν φέρει έλυτρο (εκτός από το O139). Ζυμώνει τη γλυκόζη και τη σουκρόζη όχι όμως τη λακτόζη. Το *V.cholerae* είναι το κύριο είδος που προκαλεί επιδημία χολέρας. Έχουν αναγνωριστεί δύο βιότυποι ο κλασσικός και ο EL Tor 2. Μεταδίδεται υδατογενώς και αποικίζει το λεπτό έντερο. Η εντεροτοξίνη του διεγείρει την αδενυλκυκλάση στα επιθήλια του λεπτού εντέρου. Έτσι προκαλείται οξεία εντερική νόσος με εκκριτική διάρροια, εμετό, αφυδάτωση, ελάττωση της ούρησης, μείωση της πίεσης του αίματος

και ολική κατάπτωση. Εάν δεν αντιμετωπιστεί αμέσως μπορεί να προκληθεί ο θάνατος μέσα σε λίγες ώρες. Υπάρχουν σοβαρές αποδείξεις πως σε ορισμένες περιπτώσεις το *V. cholerae*, και ο ορότυπος O1, μπορεί να αναπτυχθεί ως αυτόχθων μικροοργανισμός, σε φυσικά νερά. (Παπαπετροπούλου & Μαυρίδου, 2010)



Εικόνα 9. Δονάκιο της χολέρας

### **Shigella spp**

Ανήκει στην οικογένεια των εντεροβακτηριδίων και είναι Gram-αρνητικός, ακίνητος, οξειδάση αρνητικός, μη σπορογόνος, ραβδόμορφος μικροοργανισμός. Αποτελείται από τέσσερα είδη τα *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* και *S. sonnei*. Προκαλούν δυσεντερία ή αλλιώς σιγγέλωση με κοιλιακούς σπασμούς και πυρετό. Η μολυσματική δόση είναι πολύ χαμηλή καθώς για την πρόκληση δυσεντερίας απαιτούνται μόνο 10-200 οργανισμοί. Για αυτό και η εξάπλωση της νόσου στον πληθυσμό είναι ταχεία. Η μετάδοση από άνθρωπο σε άνθρωπο είναι συχνή αφού η *Shigella* δεν επιζεί για πολύ έξω από τον ανθρώπινο οργανισμό. Η ύπαρξή της στο νερό σημαίνει μόλυνση με ανθρώπινα κόπρανα και είναι πολύ σοβαρό για τη δημόσια υγεία. (Παπαπετροπούλου & Μαυρίδου, 2010)



Shigella flexnerii. © www.waterscan.co.yu

Εικόνα 9. Σιγγέλα

## **E. coli**

Ανήκει στην ομάδα των κολοβακτηριοειδών, είναι ένας Gram-αρνητικός, αερόβιος, μη-σπορογόνος, οξειδάση αρνητικός, ραβδόμορφος μικροοργανισμός. Ζυμώνει τη γλυκόζη και τη λακτόζη παράγοντας αέρια αλλά και οξύ. Η παρουσία του στο νερό είναι ένδειξη πρόσφατης λοίμωξης από περιττώματα θερμόαιμων ζώων.

Η εντεροτοξινογόνος *E. coli* (ETEC) είναι υπεύθυνη για διάρροιες της κοινότητας σε περιοχές με χαμηλό επίπεδο υγιεινής και είναι η συχνότερη αιτία διάρροιας των ταξιδιωτών. Τα εντεροτοξινογόνα στελέχη μπορούν και παράγουν ή θερμοανθεκτική ή θερμοευαίσθητη εντεροτοξίνη ή και τις δύο. Η μετάδοσή της οφείλεται σε μολυσμένα τρόφιμα και νερό. (Πόγγας, 2008)

Η εντεροπαθογόνος *E. coli* (EPEC) δεν παράγει εντεροτοξίνη, είναι συχνότερη στις αναπτυσσόμενες χώρες. Προκαλεί διάρροιες σε παιδιά έως πέντε ετών και σπανιότερα στους ενήλικες.] Ο μηχανισμός της παθογόνου δράσης συνδέεται με την προσκολλητικότητα των στελεχών αυτών στα κύτταρα του βλεννογόνου του λεπτού εντέρου.

Η εντεροδιεισδυτική *E. coli* (EIEC) δεν παράγει ειδικές τοξίνες, διεισδύει στα επιθηλιακά κύτταρα του παχέως εντέρου και τα καταστρέφει. Προκαλεί πυρετό, κοιλιακά άλγη και αιμορραγικά κόπρανα. Συνήθως οι λοιμώξεις αυτές είναι τροφιμογενείς.

Η αιμορραγική *E. coli* O157:H7 έχει προκαλέσει πολλές υδατογενείς επιδημίες και έχει πολύ μικρή μολυσματική δόση. Τα εντεροαιμορραγικά στελέχη (EHEC) παράγουν τη βεροτοξίνη η οποία μοιάζει με την τοξίνη Shiga των σιγγελών.[21] Η *E. coli* O157:H7 προκαλεί δυσεντερία με αιματώδη κόπρανα ακόμα και αιμολυτικό ουρεμικό σύνδρομο. (Πόγγας, 2008)





Εικόνα 9. E. Coli

#### 4.3.2. Ιοί

Οι ιοί που μπορούν να μεταδοθούν υδατογενώς είναι εκείνοι που πολλαπλασιάζονται στο έντερο του ανθρώπου και αποβάλλονται σε μεγάλο αριθμό με τα κόπρανα. Αν και είναι αδύνατον να πολλαπλασιαστούν εκτός κυττάρων μπορούν να επιβιώσουν στο νερό και το περιβάλλον για μεγάλες χρονικές περιόδους. Οι ιοί αυτοί είναι μικροί 20-85 nm, RNA ή DNA και απομονώθηκαν αρχικά από τα απόβλητα. Παρακάτω αναφέρονται οι ιοί που απαντώνται συχνότερα στο νερό. (Παπαπετροπούλου & Μαυρίδου, 2010)

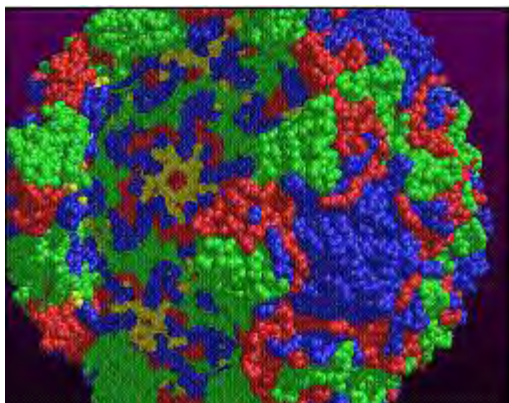
#### Πικορναϊοί (*Picornaviruses*)

Οι πικορναϊοί είναι RNA ιοί με πολύ μικρό μέγεθος διαμέτρου 20-30 nm. Το σχήμα τους είναι σφαιρικό εικοσαεδρικής συμμετρίας. Δεν έχουν λιπιδικό έλυτρο και αυτό τους κάνει ανθεκτικούς σε λιπιδιακούς διαλύτες όπως είναι η αλκοόλη και διάφορα απορρυπαντικά. Είναι σταθεροί στη θερμότητα και στο όξινο περιβάλλον (με εξαίρεση τους ρινοϊούς). Στην οικογένεια των *Picornaviruses* ανήκουν τρία κύρια γένη:

- **Enterovirus**: Στους εντεροϊούς περιέχονται έξι βασικές ομάδες οι ιοί της πολιομυελίτιδας, coxsackie ιοί A1-22 και A24, coxsackie ιοί B1-6, echo-ιοί και enterovirus 68-71. Μπορεί να βρεθούν στην πεπτική οδό του ανθρώπου αλλά υπάρχουν επίσης και στον εντερικό σωλήνα χοίρων, ποντικών και κτηνών. Παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς τους αποδίδεται μεγάλο ποσοστό των περιπτώσεων οξείας γαστρεντερίτιδας. Μπορούν να μεταδοθούν και υδατογενώς προκαλώντας επιδημίες γαστρεντερίτιδας. Η μη ύπαρξη κολοβακτηριοειδών κοπρανώδους προέλευσης στο πόσιμο νερό δεν συνεπάγεται τη μη ύπαρξη εντεροϊών. (Καλκάνη-Μπουσιάκου, 2007)
- **Hepatovirus**: Περιλαμβάνει μόνο τον ιό της ηπατίτιδας A, Hepatitis A (HAV). Είναι η συχνότερη ιογενής ηπατίτιδα στον κόσμο και πάρα πολύ συχνά

μεταδίδεται και μέσω του νερού. Τα συμπτώματα της νόσου περιλαμβάνουν πυρετό, ναυτία, ανορεξία, ίκτερο, διάρροια και καταβολή. Έχει παρατηρηθεί ότι τα παιδιά έχουν συχνά ασυμπτωματικές μορφές της νόσου.

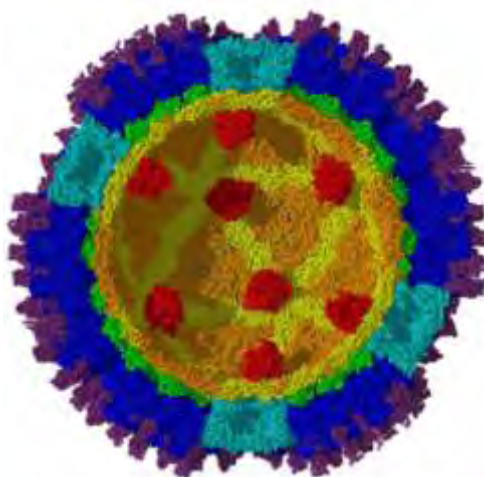
- **Rhinovirus**: Ανήκουν οι ρινοϊοί με περίπου εκατό είδη, 1-100.



Εικόνα 11. Δομή των πικορναϊών

### Ρεοϊοί (*Reo Viruses*)

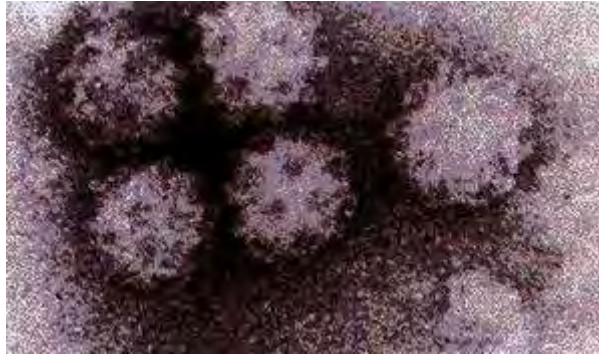
- Οι Ρεοϊοί είναι RNA ιοί με διάμετρο 60-75 nm, μη ελυτροφόροι και έχουν εικοσάεδρο καψίδιο. Είναι ανθεκτικοί στη θερμότητα, σε μεγάλη περιοχή pH και στους λιπιδιακούς διαλύτες. Παρόλα αυτά είναι ευαίσθητοι στην αλκοόλη. Από τα έξι γένη της οικογένειας τα δύο έχουν εντοπιστεί σε μολυσμένο νερό. Τα δύο αυτά γένη είναι ο ανθρώπινος *reovirus* και ο ανθρώπινος *rotavirus*. Ο *rotavirus*, που μπορεί να μεταδοθεί και δι' επαφής αλλά και μέσω μολυσμένων τροφίμων ή νερών, προκαλεί γαστρεντερίτιδα κυρίως σε παιδιά μεταξύ τεσσάρων μηνών και τριών ετών. (Καλκάνη-Μπουσιάκου, 2007)



Εικόνα 12. Ομάδα ροταϊών

### Καλυκοϊοί (*Calici Viruses*)

Οι καλυκοϊοί είναι RNA ιοί διαμέτρου 35-39 nm, μη ελυτροφόροι και με εικοσαεδρική συμμετρία. Είναι σταθεροί σε όξινο περιβάλλον (pH 4-5) και στα ελαφρά απορρυπαντικά αλλά δεν είναι ευαίσθητοι σε υψηλές θερμοκρασίες με υψηλή συγκέντρωση Mg<sup>++</sup>. Παθογόνοι για τον άνθρωπο είναι οι ιοί Norwalk και Hepatitis E (HEV). (Πόγγας & Χαρβάλλου, 2011)

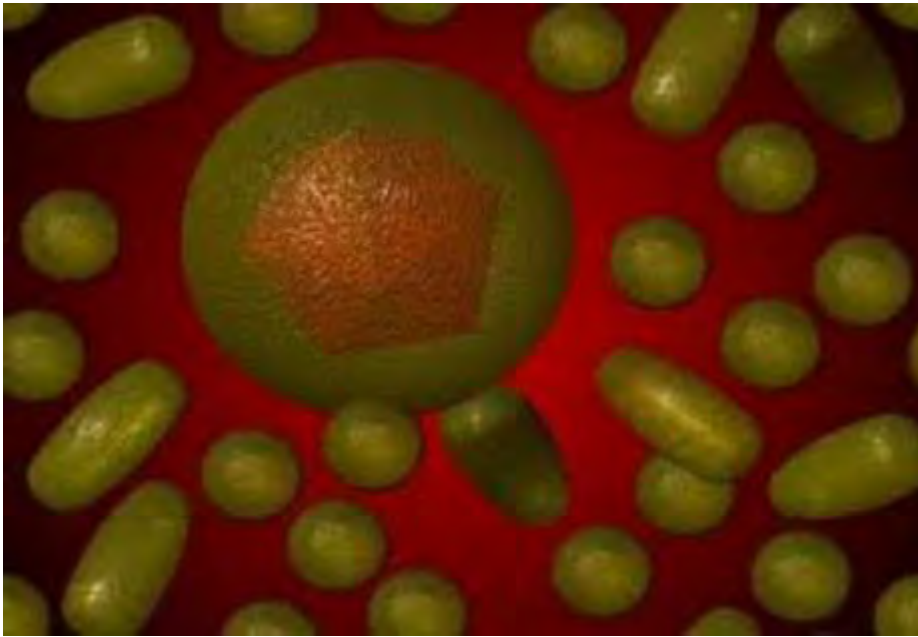


Εικόνα 13. Καλυκοϊοί

- **HEV:** Ο ιός της ηπατίτιδας E μεταδίδεται δια της κοπρανοστοματικής οδού με μολυσμένο νερό. Εμφανίζεται υψηλό ποσοστό θνησιμότητας σε εγκύους κατά τη διάρκεια επιδημιών.
- **Norwalk virus:** Ο ιός *Norwalk* μεταδίδεται δια της κοπρανοστοματικής οδού μέσω μολυσμένων τροφίμων, νερών και των ατόμων που ασχολούνται με τα τρόφιμα. Νερό που προέρχεται από πηγάδια, λίμνες, κολυμβητικές δεξαμενές αλλά και από δημοτικές παροχές νερού είναι οι πιο συχνές πηγές μόλυνσης. Από τον ιό αυτό νοσούν συνήθως ενήλικες και σπανίως παιδιά. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται είναι χαμηλός πυρετός, ναυτία, εμετός, διάρροια και πόνος στην κοιλιά. Ο ιός προκαλεί επιδημίες διότι πολύ σταθερός στο περιβάλλον και ιδιαίτερα μολυσματικός.

## Παρβοϊοί (Parvoviridae)

Οι παρβοϊοί είναι οι μικρότεροι DNA ιοί ζώων με διάμετρο 18-26 nm. Δύο από τα τρία γένη της οικογένειας αυτής, οι *Parvovirus* και *Dependovirus*, μπορούν να μεταδοθούν με το νερό. Έχουν πολύ ανθεκτικό πυρήνα που αντέχει σε μεγάλη περιοχή pH (3-9) καθώς και στους 56 0C για μία ώρα. Το γένος *Dependovirus* προσβάλλει εύκολα το γενικό πληθυσμό αλλά δεν έχει διαπιστωθεί η σύνδεσή του με κάποια συγκεκριμένη ασθένεια. (Πόγγας & Χαρβάλλου, 2011)



Εικόνα 14 . Παρβοϊοί (B19)

Τόσο σε ανεπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες χώρες έχουν καταγραφεί πολλές υδατογενείς επιδημίες που οφείλονται σε ιούς. Παρόλα αυτά ο εντοπισμός κάποιου ιού στο νερό δεν σημαίνει σίγουρα πως για τη μετάδοση της σχετιζόμενης ασθένειας ευθύνεται το νερό. Από την άλλη μεριά χαμηλό επίπεδο διάδοσης, όπου ένας μικρός αριθμός ιών σποραδικά ή συνεχώς μεταδίδεται, μπορεί να προξενεί ασυμπτωματική μόλυνση στον πληθυσμό και να παραμένει αφανής. Έπειτα η μετάδοση από άνθρωπο σε άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει έξαρση της επιδημίας χωρίς όμως αυτή να μπορεί να συνδεθεί με το νερό. Όμως η λειτουργία μιας τέτοιας υπόθεσης δεν έχει ποτέ εξακριβωθεί.

### 4.3.3. Παράσιτα

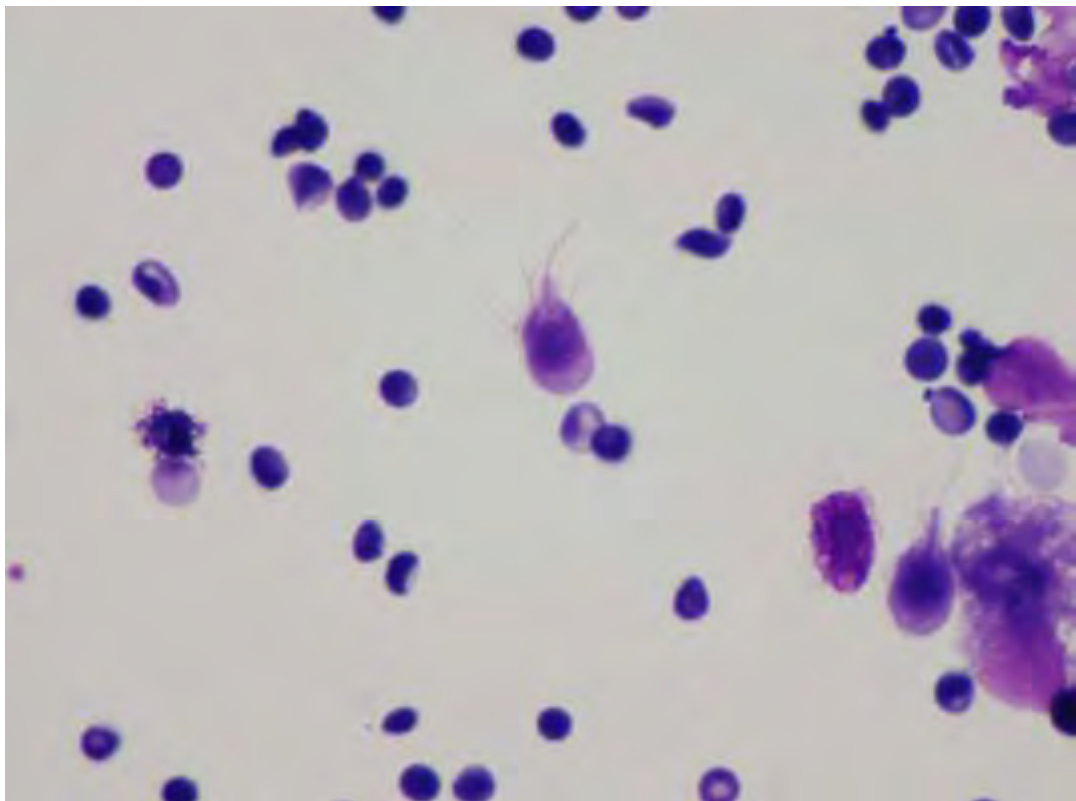
Παθογόνα πρωτόζωα μπορούν να μολύνουν τον ανθρώπινο οργανισμό με οποιοδήποτε μηχανισμό επιτρέπει να γίνει μόλυνση δια της κοπρανοστοματικής οδού. Συνεπώς το πόσιμο νερό αποτελεί ένα βασικό μέσο για τη διάδοσή τους. Τα βασικότερα παράσιτα που μεταδίδονται και υδατογενώς αναφέρονται παρακάτω.



## Giardia

Η *Giardia lamblia* είναι πρωτοζωικό παράσιτο με τροφοζώιτες μήκους 9 ως 20 μm και πλάτους 5 ως 15 μm έχοντας την εμφάνιση χαμογελαστού προσώπου. Η μετάδοση της *Giardia lamblia* (γνωστή επίσης ως *G. intestinalis* και *G. duodenalis*) γίνεται με την κοπρανοστοματική οδό μετά από κατάποση κύστεων που βρίσκονται σε μολυσμένα ύδατα. Επίσης για τη μετάδοση της λοίμωξης μπορεί να ευθύνονται και μολυσμένα τρόφιμα, κυρίως φρούτα και λαχανικά. Πολλές πηγές υδάτων περιέχουν κύστες της *Giardia lamblia* λόγω μόλυνσής τους από κόπρανα ζώων ή ανθρώπων. Η κυστική μορφή του παρασίτου είναι και η μολυσματική του μορφή. Η αφαίρεση των κύστεων από το πόσιμο νερό θα πρέπει να γίνεται με διήθηση καθώς το παράσιτο είναι ανθεκτικό στη χλωρίωση. Για την καταστροφή των κύστεων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ταμπλέτες Halazone. Ακόμα είναι σημαντικό να προφυλάσσονται οι πηγές από κάστορες και αρουραίους οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται στους ξενιστές του παρασίτου.

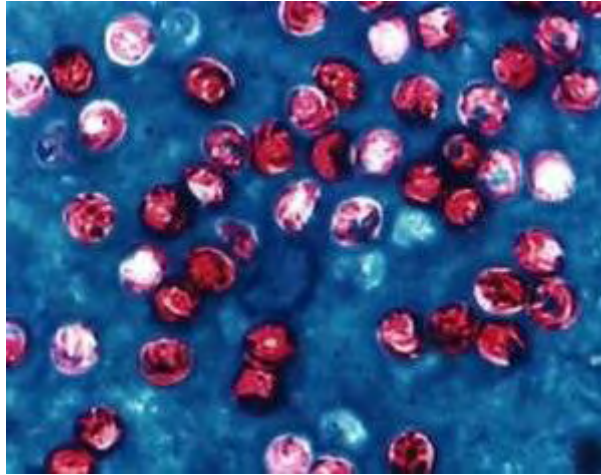
Οι κύστες της *G. lamblia* μπορούν να επιβιώσουν για 77 ημέρες σε νερό θερμοκρασίας κάτω από 10 0C, για 3 ημέρες σε θερμοκρασία 20 0C και 1 ημέρα στους 37 0C. Σε θερμοκρασία 55 0C επέρχεται θάνατος της κύστης σε 5 λεπτά. Η αποτελεσματική αδρανοποίηση της κύστης επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία βρασμού. Τα κύρια συμπτώματα της γιαρδίασης περιλαμβάνουν ναυτία, υδαρή δύσοσμη διάρροια, κοιλιακή άλγη, μετεωρισμό και ανορεξία. Σε βαριές περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί στεατόρροια και σύνδρομο δυσαπορρόφησης. Παρόλα αυτά η λοίμωξη μπορεί να είναι και ασυμπτωματική. Η *G. lamblia* συναντάται παγκοσμίως και είναι ένα από τα συχνότερα εντερικά παράσιτα στις ΗΠΑ. (Heelan, 2008)



Εικόνα 15 . Giardia lamblia.

### **Cryptosporidium**

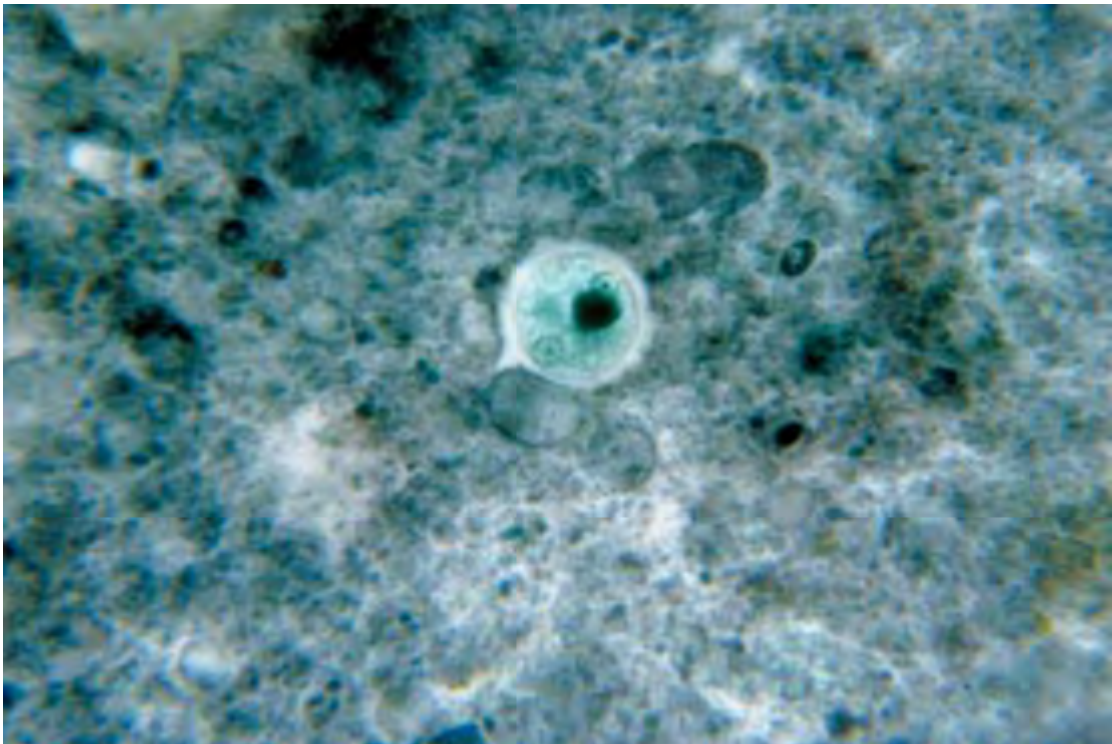
Από όλα τα είδη του *Cryptosporidium* μόνο το *C.parvum* είναι μολυσματικό για τον άνθρωπο και άλλα θηλαστικά. Το *C.parvum* είναι ένα εντερικό παράσιτο που ανήκει στο φύλο *Apicomplexa* και είναι μέρος των κοκκιδίων. Είναι ακίνητο και υποχρεωτικά ενδοκυττάριο παράσιτο με σύνθετο κύκλο ζωής. Οι ωοκύστες είναι σφαιρικές προς ωοειδείς με μέγεθος 4-6 μm. Η λοίμωξη οφείλεται σε κατανάλωση νερού ή τροφών που έχουν μολυνθεί με ωοκύστες του παρασίτου. Ωστόσο η λοίμωξη μπορεί να μεταδοθεί και από άνθρωπο σε άνθρωπο. Οι ωοκύστες έχουν παγκόσμια εξάπλωση και υπάρχουν στα περισσότερα μη επεξεργασμένα ύδατα. Είναι πολύ ανθεκτικές στο περιβάλλον και επιβιώνουν για αρκετούς μήνες αν διατηρούνται κρύες και υγρές. Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι αδρανοποιούνται σε θερμοκρασία κάτω από 0 0C ή αν παραμείνουν στους 45 0C για 5-20 λεπτά. Επιπλέον είναι δύσκολο να αφαιρεθούν με φυσικούς τρόπους, που απαιτούν διήθηση και είναι από τα πλέον παθογόνα ανθεκτικά στο χλώριο και άλλα χημικά. Η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) και το όζον θεωρούνται τα πιο αποτελεσματικά ενάντια των ωοκυστών όμως η απολύμανση δεν φαίνεται να αρκεί για την αδρανοποίησή τους. Η λοίμωξη μπορεί να προληφθεί με κατάλληλη διαχείριση των ανθρώπινων αποβλήτων και χρήση σωστών πρακτικών υγιεινής. Σε άτομα με επαρκές ανοσοποιητικό σύστημα το κύριο σύμπτωμα της νόσου είναι η διάρροια. Επίσης παρατηρούνται και συμπτώματα γρίπης, γαστρεντερικά συμπτώματα, εμετός και ανορεξία. Η κρυπτοσποριδίαση μπορεί να είναι και ασυμπτωματική. Σε σοβαρά ανοσοκατεσταλμένους ασθενείς τα συμπτώματα είναι πολύ έντονα και περιλαμβάνουν χάσιμο βάρους, ναυτία και σοβαρή αφυδάτωση. (Heelan, 2008)



Εικόνα 16. *Cryptosporidium parvum*,

## **Entamoeba histolytica**

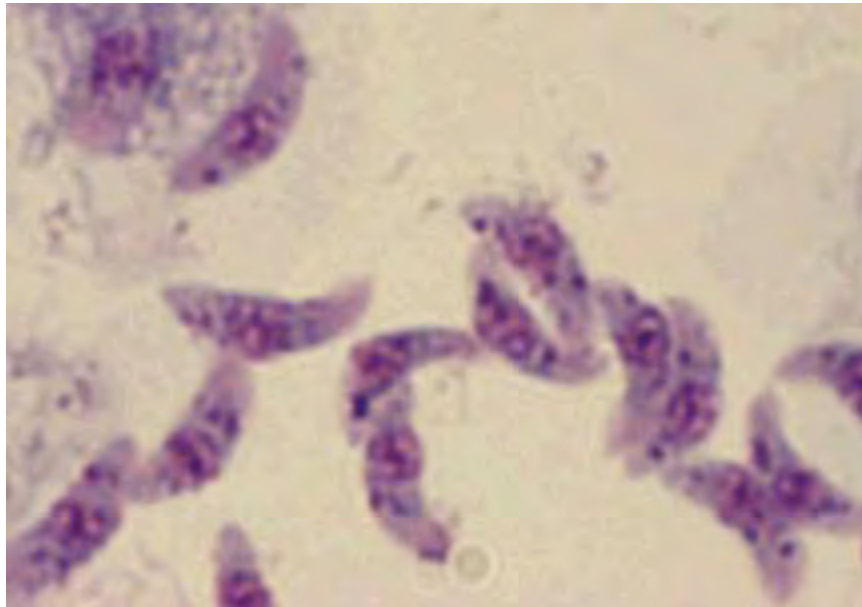
Η *Entamoeba histolytica* είναι εντερικό παράσιτο με τροφοζώιτες μεγέθους 20 ως 30 μm. Η *Entamoeba histolytica* μεταδίδεται από άτομο σε άτομο κυρίως μέσω μολυσμένου νερού ή τροφής που έχει μολυνθεί με κόπρανα και περιέχει αμοιβαδικές κύστεις. Οι κύστεις αυτού του παρασίτου είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στο χλώριο και μπορούν να επιβιώσουν σε θερμοκρασία 0 0C για αρκετούς μήνες, στους 30 0C για 3 ημέρες, στους 45 0C για 30 λεπτά και τέλος στους 50 0C για 5 λεπτά. Για την καταστροφή τους χρειάζεται συνδυασμός χημικού καθαρισμού και διήθησης. Η *E. histolytica* προκαλεί αμοιβαδική δυσεντερία με συμπτώματα όπως κωλικοειδή κοιλιακά άλγη, κακουχία, ναυτία, ήπιο πυρετό, βλεννοαιματηρή διάρροια αν και μπορεί να υπάρχουν ασυμπτωματικοί φορείς. Μπορεί ακόμα να υπάρξουν και μεταστατικές επιπλοκές με συνηθέστερη εκείνη στο ήπαρ. Παρόλο που η *E. histolytica* συναντάται παγκοσμίως εμφανίζει μεγαλύτερη επίπτωση και βαρύτερη κλινική εικόνα στις τροπικές χώρες. (Heelan, 2008)



Εικόνα 17. Τροφοζώιτης *E. histolytica*

## Toxoplasma

Το τοξόπλασμα είναι παθογόνο πρωτόζωο που μπορεί να μολύνει τον άνθρωπο ύστερα από κατάποση μολυσματικών κύστεων από μολυσμένα τρόφιμα όπως ατελώς ψημένο κρέας ή μετά από επαφή με μολυσμένα κόπρανα γάτας ή έδαφος. Ακόμα και με την κατανάλωση νερού που περιέχει κύστες του παρασίτου. Οι μη ώριμες ωκύστες είναι περισσότερο ευαίσθητες από τις ώριμες. Οι περισσότεροι ασθενείς που πάσχουν από τοξοπλάσμωση είναι ασυμπτωματικοί ή έχουν συμπτώματα που ομοιάζουν με εκείνα της λοιμώδους μονοπυρήνωσης όπως πυρετό, κεφαλαλγία, μυαλγία και κόπωση. Αντίθετα οι ανοσοκατεσταλμένοι ασθενείς μπορεί να έχουν εκδηλώσεις όπως νευρολογικά συμπτώματα, εγκεφαλοπάθεια καθώς και μηνιγγοεγκεφαλίτιδα. Έχουν καταγραφεί δύο επιδημίες τοξοπλάσμωσης που οφείλονταν σε κατανάλωση μολυσμένου νερού. Η πρώτη συνέβη σε Αμερικανούς στρατιώτες οι οποίοι καθώς επέστρεφαν από ασκήσεις στον Παναμά πιθανότατα ήπιαν νερό από ρυάκι το οποίο είχε μολυνθεί από τις αγριόγατες της περιοχής. Η δεύτερη συνέβη στον Καναδά, μολύνθηκαν 110 άτομα από το επιφανειακό νερό που χρησιμοποιούνταν για ύδρευση, το οποίο πιθανότατα μολύνθηκε από άγριες γάτες ή κούγκαρ της περιοχής. (Heelan, 2008)



Εικόνα 18 . *Toxoplasma gondii*

#### 4.3.4 Ενοχλητικοί Οργανισμοί

Στους ενοχλητικούς οργανισμούς περιλαμβάνονται τα σιδηροβακτήρια, μαγνανοβακτήρια, θειοβακτήρια, κυανοβακτήρια, ακτινομύκητες, πρωτόζωα, καρκινοειδή και το πλαγκτόν που μπορεί να ανευρίσκονται στο υδάτινο περιβάλλον. Παρόλο που στο επιφανειακό νερό σπανίως υπάρχει σημαντική ποσότητα των παραπάνω οργανισμών, μπορεί να προκύψουν προβλήματα κατά τη φάση της επεξεργασίας του νερού. Στην επιφάνεια αλλά και μέσα στα φίλτρα είναι δυνατόν να αναπτυχθούν ενοχλητικοί οργανισμοί, οι οποίοι όταν αυτολύονται εκκρίνουν κάποιες κυτταρικές ενώσεις που είναι ικανές να αλλοιώσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες του νερού, προσδίδοντάς του θολότητα, γεύση και οσμή. Για παράδειγμα ο ενεργός άνθρακας μπορεί να συσσωρεύσει στην επιφάνειά του οργανικές ενώσεις οι οποίες αποτελούν ιδανικό υπόστρωμα για τα βακτήρια. Επιπλέον σημαντική αύξηση των ετερότροφων βακτηρίων στο νερό δύναται να επηρεάσει τον σωστό προσδιορισμό των κολοβακτηριδίων είτε δίνοντας ψευδώς θετικά αποτελέσματα είτε καλύπτοντας την παρουσία τους. Για την καταπολέμηση των ενοχλητικών οργανισμών στο νερό βασική επιδίωξη θα πρέπει να είναι η ελαχιστοποίηση της οργανικής ύλης στο προς διάθεση πόσιμο νερό. Ακόμα σημαντικό είναι η διατήρηση επαρκούς υπολειμματικής δόσης απολυμαντικού στο δίκτυο, η υψηλή ποιότητα του νερού καθώς και ο τακτικός καθαρισμός των αγωγών μεταφοράς με τη μέθοδο της πλύσης (flushing) ή απόξεσης (swabbing). (Heelan, 2008)

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην αναλύθηκε με την μέθοδο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης η μικροβιολογική και χημική σύσταση του νερού των πηγών.

Το νερό αποτελεί την αρχή και το τέλος όλων των οργανισμών πάνω στην γη και βασική πηγή ζωής για τον άνθρωπο.

Η σύσταση του μικροβιολογική και χημική περιέχει στοιχεία τα οποία βοηθούν τον ανθρώπινο οργανισμό να διατηρηθεί στην ζωή και να είναι υγιείς. Σε περίπτωση που η μικροβιολογική και χημική σύσταση αυτού διαταραχθεί επιφέρει ασθένειες στον ανθρώπινο οργανισμό μέχρι και θάνατο αυτού.

Για τον λόγο αυτό ο άνθρωπος θα πρέπει να προσέχει πολύ το νερό που πίνει προφυλάσσοντας τον υδροφόρο ορίζοντα από μολύνσεις που μπορούν να προέρθουν από την αποσύνθεση σκουπιδιών, φαρμάκων και άλλων ουσιών και με την συχνή μέτρηση των μικροβιολογικών και χημικών παραγόντων του νερού, όχι μόνο του πόσιμου αλλά και των πηγών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική βιβλιογραφία

Αντωνόπουλος Β.(2008). *Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων*. Θεσσαλονίκη Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Καλκάνη-Μπουσιάκου Ε. (2007). *Ιολογία*. Αθήνα : Εκδόσεις Έλλην.

Καραβίτης Χ. & Αγγελίδης Σ. (2005). *Διαχείριση Περιβάλλοντος - Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Περιβάλλον*. Αθήνα : Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Κουϊμτζής Θ., Φυτιάνος Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., (1998). *Χημεία Περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις: University Studio Press.

Μυλόπουλος, Γ. (2002). *Σημειώσεις ΠΜΣ "Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη": Βιώσιμη Διαχείριση των υδατικών Πόρων*. Θεσσαλονίκη.

Μακρόπουλος Χ., Κ. Δ. (2007, Σεπ). *Water-cycle Home*. Ανάκτηση από USGS Water Resources- Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ:

Μαυρίδου-Τσόχα Ε. (2001). *Επιτομή Γενική Μικροβιολογία (Τόμος Ι)*. Αθήνα: Εκδόσεις Λύχνος.

Οδηγία 80/778 της Ε.Ε.

Παπαετροπούλου Μ., Μαυρίδου Α. (2010). *Μικροβιολογία του Υδάτινος Περιβάλλοντος Βασικές Αρχές*. Αθήνα : Εκδόσεις Τραυλός.

Πόγγας Ν. (2008). *Ιατρική Μικροβιολογία Ι Βακτηριολογία*. Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσέας.

Πόγγας Ν., Χαρβάλου Α. (2011). *Ιατρική Μικροβιολογία*. Αθήνα : Εκδόσεις Οδυσσέας.

Ρέχα Δ., Καραγεωργίου Α. (1995). *Εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις, Καθηγητών τεχνικών σχολών του ΟΑΕΔ*. Θεσσαλονίκη

Τσακίρης. (2004). *Σημειώσεις-Ε.Μ.Π. ΠΜΣ: "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων"-Μάθημα: "Διαχείριση Υδατικών Πόρων"*. Αθήνα.

Τσώνης, Σ. Π. (2003). *Καθαρισμός Νερού*. Αθήνα : Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Χαλβαδάκης Κ. Π. (2004). *Υδατική Χημεία*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου : Τμήμα Περιβάλλοντος



## Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

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.

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

Heelan J.S. (2008). *Περιστατικά Κλινικής Μικροβιολογίας και Παρασιτολογίας (Τόμος Β)*. Αθήνα : Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.

Hem, J.D.(1970). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Geological Survey Water - Supply Paper 1473*, United States Government Printing Office, Washington D.C.

Snoeyink V. L. and Jenkins D. (1980). *Water Chemistry*. New York : John Wiley & Sons.

## Internet βιβλιογραφία

[www.fao.org](http://www.fao.org), προσπέλαση την 20/3/2014

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>, προσπέλαση την 20/3/2014