

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**«ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΑΝΔΡΟΝΙΚΗ ΜΑΛΑΜΑ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2017

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

«ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΑΝΔΡΟΝΙΚΗ ΜΑΛΑΜΑ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ
2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ.....	8
1.1 Υδρολογικός κύκλος	8
1.2 Σύσταση φυσικού νερού.....	10
1.3 Χρήσεις νερού.....	11
1.4. Ρύπανση-Μόλυνση	12
1.5 Πόσιμο νερό	14
2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	16
2.1 Χημική σύσταση και δομή	16
2.1.1 Σύνθεση:	16
2.1.2 Ενέργεια σχηματισμού	16
2.1.3. Διαστάσεις	16
2.2 Φυσικές ιδιότητες	16
2.2.1 Πολικότητα.....	17
2.2.2 Εξαιρετικός διαλύτης	18
2.2.3 Τήξη και εξάτμιση/ πτώση του σημείου πήξης και ανύψωση του σημείου βρασμού	18
2.2.4 Ιξώδες	19
2.2.5 Διπολική ροπή	19
2.2.6 Διηλεκτρική σταθερά (ϵ)	19
2.2.7 Αγωγιμότητα	19
2.2.8 Θερμικές ιδιότητες	20
2.2.9 Συνοχή και συνάφεια.....	21
2.2.10 Ασυμπίεστο, μεγάλη αντοχή στην τάση.....	23
3. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ	23
3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι.....	23
3.1.1 Οξύτητα (pH).....	24
3.1.2 Στερεές ουσίες.....	24
3.1.3 Αγωγιμότητα και αλατότητα.....	25
3.1.4 Σχέση προσροφημένου νατρίου	25
3.1.5 Θολότητα	26
3.1.6 Οσμή και γεύση	27

3.1.7 Χρώμα.....	27
3.1.8 Σκληρότητα	28
3.2 Ανόργανα συστατικά	28
3.2.1 Αμμωνία.....	28
3.2.2 Άζωτο (νιτρώδη και νιτρικά ιόντα)	29
3.2.3 Φώσφορος	29
3.2.4 Διαλυμένο οξυγόνο.....	30
3.2.5 Χλώριο	30
3.2.6 Υπολειμματικό χλώριο	31
3.2.7 Θειικά ιόντα	31
3.2.8 Κάλιο	31
3.2.9 Νάτριο	32
3.2.10 Ασβέστιο	32
3.2.11 Μαγνήσιο.....	32
3.2.12 Ιχνοστοιχεία	32
3.3. Οργανικά συστατικά.....	33
3.3.1 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)	33
3.3.2 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....	33
3.3.3 Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC).....	33
3.3.4 Απορρυπαντικά	34
3.4 Μικροβιολογικές παράμετροι	34
3.4.1 Κατηγορίες μικροοργανισμών	34
3.4.2 Μικροοργανισμοί στο πόσιμο νερό.....	35
3.4.3 Μικροβιολογικός έλεγχος.....	36
4. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΠΟΣΙΜΟΥ	
ΝΕΡΟΥ	39
4.1 Νομοθετικό πλαίσιο ποιότητας νερού στην Ελλάδα	39
4.2 Μέθοδοι φυσικοχημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων.....	51
4.2.1 Δειγματοληψία νερού για χημική ανάλυση	51
4.2.2 Μέθοδοι ανάλυσης φυσικοχημικών παραμέτρων	52
4.2.3 Μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών.....	52
4.2.4 Μέθοδοι ανάλυσης μικροβιολογικών παραμέτρων	57
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού. Το νερό αποτελεί σημαντική ουσία για τη ζωή, ενώ το πόσιμο νερό είναι αναγκαίο για την επιβίωση των ζωντανών οργανισμών. Ο σημαντικός του ρόλος βασίζεται στις φυσικοχημικές ιδιότητες του, οι οποίες αναλύονται στην εργασία αυτή. Επίσης, παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παράμετροι που μετρούνται στο νερό ώστε να είναι ασφαλές για πόση. Τέλος, η βιβλιογραφική αυτή μελέτη περιγράφει το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα και τις αναλύσεις που λαμβάνουν χώρα ώστε να προσδιοριστεί η ποιότητα του πόσιμου νερού.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι μια ένωση πολύ σημαντική για την καθημερινή ζωή. Η ύπαρξη όλων των ζωντανών οργανισμών εξαρτάται από το νερό, ενώ βρίσκει χρήση και σε πολλές εφαρμογές για τον άνθρωπο. Έχει τόσο μεγάλη σημασία λόγω των ιδιαίτερων φυσικοχημικών του ιδιοτήτων που το καθιστούν απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής. Οι χαρακτηριστικοί δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του και η πολικότητα του είναι οι βασικότεροι λόγοι που το νερό ξεχωρίζει από τις άλλες ουσίες και αποτελεί αναγκαίο στοιχείο της ζωής.

Το πόσιμο νερό, δηλαδή το νερό που μπορεί να καταναλωθεί χωρίς να αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, πρέπει να ελέγχεται για την ποιότητά του ώστε να είναι ασφαλές προς κατανάλωση. Οι έλεγχοι που γίνονται συμπεριλαμβάνουν φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους, οι οποίες κυμαίνονται μέσα σε νομοθετικά καθορισμένα πλαίσια.

Με την πάροδο των χρόνων, η μόλυνση του νερού αποτελεί μεγαλύτερο πρόβλημα για την κοινωνία, με αποτέλεσμα να χρειάζονται όλο και περισσότερες αναλύσεις ποιότητας και μελέτες των ιδιοτήτων του νερού. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια ανασκόπηση των ιδιαίτερων ιδιοτήτων του νερού που το καθιστούν απαραίτητο στοιχείο. Επίσης, αναλύονται φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ελέγχονται στο πόσιμο νερό και αναφέρονται κανονισμοί στη νομοθεσία που ισχύουν στην Ελλάδα. Επιπλέον, περιγράφονται οι μέθοδοι αναλύσεων των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων που χρησιμοποιούνται από διαπιστευμένα εργαστήρια.

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ

1.1 Υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος (εικόνα 1) αναφέρεται στην κυκλοφορία του νερού που πραγματοποιείται στην επιφάνεια της γης, αλλά και πάνω και κάτω από αυτήν (Νταρακάς, 2010). Συγκεκριμένα, με τον υδρολογικό κύκλο περιγράφεται η σειρά διαδικασιών που οδηγούν στην κυκλοφορία του νερού μεταξύ της υδρόσφαιρας, της ατμόσφαιρας, της ξηράς και της θάλασσας (Βουδούρης, 2006). Το νερό εντοπίζεται σε υγρή, αέρια και στερεή μορφή. Στη γη το 97,9% παρατηρείται στην υγρή μορφή, όμως το νερό βρίσκεται μονίμως σε κίνηση και μεταβαίνει από τη μία μορφή στην άλλη (Μήτρακας, 2001).

Το νερό βρίσκεται σε υγρή μορφή στις θάλασσες αλλά και στις ηπείρους μέσω των λιμνών, ποταμιών και του εδάφους. Το νερό αυτό εξατμίζεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και παίρνει τη μορφή υδρατμών. Έπειτα, οι υδρατμοί αυτοί συμπυκνώνονται με αποτέλεσμα να σχηματίζονται σύννεφα, τα οποία δημιουργούν τα κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Αυτά με τη σειρά τους συλλέγονται ξανά από τη γη, και τελικά, το επιφανειακό και το υπόγειο νερό καταλήγουν ξανά στη θάλασσα. Η πορεία αυτή επαναλαμβάνεται από την αρχή, γι' αυτό και το φαινόμενο ονομάζεται υδρολογικός κύκλος (Μήτρακας, 2001).

Ο υδρολογικός κύκλος δεν συμβαίνει πάντα με τον ίδιο ρυθμό, αλλά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Αρχικά, μπορεί να συντομευθεί στην περίπτωση που η βροχή πέφτει σε υγρά στοιχεία (θάλασσες, λίμνες). Επίσης, εξαρτάται από τις συνθήκες ξηρασίας ή πλημμύρας, καθώς στην ξηρασία σταματάει ενώ στην πλημμύρα είναι συνεχής. Η γεωγραφική θέση και το κλίμα της κάθε περιοχής παίζουν επίσης ρόλο δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία, που είναι απαραίτητη για τον κύκλο, μεταβάλλεται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Τέλος, και ο άνθρωπος μπορεί να παρεμβαίνει στον κύκλο αυτό με αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον (Μήτρακας, 2001).

Μέσω του υδρολογικού κύκλου έχει υπολογιστεί ότι κάθε χρόνο 453.000-500.000 km³ νερού εξατμίζονται από τις θάλασσες. Μέσω των κατακρημνισμάτων το 90% της ποσότητας αυτής γυρνάει στη θάλασσα, ενώ το υπόλοιπο νερό μεταφέρεται στο ηπειρωτικό τμήμα (Μήτρακας, 2001). Τα κατακρημνίσματα, όπως αναφέρθηκε, έχουν διαφορετική κατανομή στον χώρο αλλά και στον χρόνο. Όσον αφορά την

παγκόσμια απορροή, τα μεγαλύτερα ποσοστά παρατηρούνται στον Αμαζόνιο (20%), ενώ ακολουθούν η Ευρώπη (7%) και η Αυστραλία (1%). Η μέση ετήσια κατανομή που αντιστοιχεί στην Ελλάδα, είναι 115.000 km³ (Καραβίτης και Αγγελίδης, 2005).

Το νερό μπορεί να κατηγοριοποιηθεί αρχικά σε επιφανειακό, μετεωρικό και νερό που παραλαμβάνεται από τις ρίζες των φύλλων. Το επιφανειακό νερό είναι αυτό που στη γη η ροή του είναι επιφανειακή πάνω στο έδαφος. Αρχικά ακολουθεί μια μικρή ή μεγάλη διαδρομή πάνω στο έδαφος, στη συνέχεια οδηγείται σε μεγαλύτερους αγωγούς, τους ποταμούς, ενώ έπειτα ακολουθεί πορεία προς λίμνες ή θάλασσες. Το μετεωρικό νερό (βροχή) εξατμίζεται πριν φτάσει στο έδαφος ή φτάνει πάνω σε βλάστηση και εξατμίζεται από τις επιφάνειες των φύλλων. Στην τρίτη κατηγορία το νερό φτάνει στο έδαφος αλλά προσλαμβάνεται από τις ρίζες των φυτών και διαπνέεται από τα φύλλα και πάλι στην ατμόσφαιρα. Εκτός από τα νερά που αναφέρθηκαν παραπάνω, ορισμένες ποσότητες νερού κινούνται σε βαθύτερα στρώματα. Λόγω πετρωμάτων, η ποσότητα του νερού δεν φτάνει ολόκληρη στα βαθύτερα τμήματα. Μόνο το βαρυντικό νερό διασχίζει τα μεγαλύτερα ανοίγματα των πετρωμάτων και σχηματίζει το υπόγειο νερό (Μήτρακας, 2001).



Εικόνα 1: Ο υδρολογικός κύκλος που περιλαμβάνει την πορεία του νερού στη θάλασσα, την ατμόσφαιρα, το έδαφος και τα γλυκά νερά. (<https://water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html>, τελευταία πρόσβαση 06/09/2017).

1.2 Σύσταση φυσικού νερού

Τα φυσικά νερά μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα γλυκά νερά είτε επιφανειακά είτε υπόγεια, και τα θαλάσσια νερά. Σε αυτά βρίσκονται διαλυμένες ή αιωρούμενες ουσίες που προέρχονται είτε από τη φύση (γήινο υπόβαθρο, ατμόσφαιρα, φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί του νερού) είτε από ανθρώπινη παρέμβαση λόγω γεωργικής ή βιομηχανικής δραστηριότητας. Τα βασικά συστατικά του νερού είναι το υδρογόνο (H), το οξυγόνο (O) και ο άνθρακας (C).

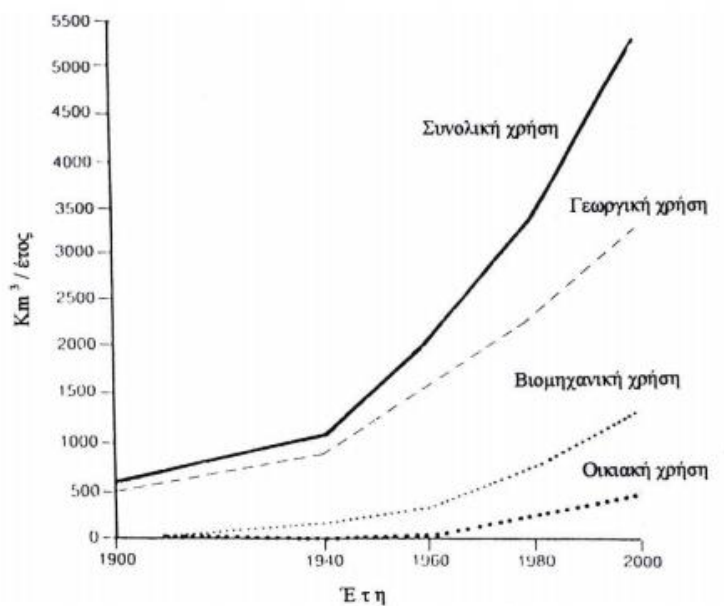
Στα γλυκά νερά, εκτός τα βασικά συστατικά που εντοπίζονται στο νερό, τα κυριότερα ανόργανα συστατικά, τα οποία υπάρχουν σε πιο μικρές συγκεντρώσεις και είναι σημαντικά για το νερό είναι: το νάτριο (Na), το μαγνήσιο (Mg), το ασβέστιο (Ca), το κάλιο (K), τα νιτρικά (NO_3^-), τα χλωριούχα (Cl^-), τα πυριτικά (SiO_4^{4-}), ταθεικά (SO_4^{2-}), τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-) και τα ανθρακικά (CO_3^{2-}) ιόντα. Για το υδάτινο οικοσύστημα θρεπτικά συστατικά θεωρούνται ιόντα, όπως αμμωνιακά (NH_4^+), νιτρώδη (NO_2^-), νιτρικά (NO_3^-), φωσφορικά (PO_4^{3-}). Επίσης, σε μικρότερες συγκεντρώσεις συναντώνται και κατιόντα μετάλλων ψευδαργύρου (Zn^{2+}), χαλκού (Cu^{2+}), μαγγανίου (Mn^{2+}), και κοβαλτίου (Co^{2+}), καθώς και κατιόντα μετάλλων σιδήρου (Fe^{2+}), που όμως απαντώνται σε μεγάλες ποσότητες. Πέρα από τα συστατικά που αναφέρθηκαν, στο νερό μπορούν να εντοπιστούν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις όλα τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα. Αυτά ονομάζονται ιχνοστοιχεία και είναι αναγκαία καθώς συμμετέχουν στο μεταβολισμό των οργανισμών (Νταρακάς, 2010).

Όσον αφορά το θαλασσινό νερό, το βασικότερο στοιχείο που συναντάται εκεί είναι το χλώριο (Cl_2) το οποίο απαντάται διαλυμένο έχοντας τη μορφή ανιόντων (Cl^-). Η συγκέντρωσή στην οποία συνήθως βρίσκεται είναι περίπου 19 g/kg. Επίσης στο νερό της θάλασσας συναντώνται ιόντα μαγνησίου (Mg^{2+}), νατρίου (Na^+), και θείου με τη μορφή τωνθεικών (SO_4^{2-}). Σε μικρές συγκεντρώσεις εντοπίζονται ιόντα καλίου (K^+), ασβεστίου (Ca^{2+}), όξινων ανθρακικών (HCO_3^-) και βρωμιούχων (Br^-). Και στο θαλασσινό νερό απαντώνται διαλυμένα αέρια όπως το οξυγόνο (O_2) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το βασικό που ξεχωρίζει όμως, είναι το γεγονός ότι το pH κυμαίνεται σε σχετικά σταθερές τιμές μεταξύ 7,5 και 8,5. Αυτό συμβαίνει καθώς τα ανθρακικά ιόντα (CO_3^{2-}) παίζουν ρόλο ρυθμιστικού διαλύματος, και είναι απαραίτητο για να διατηρηθεί η υδρόβια ζωή (Νταρακάς, 2010).

1.3 Χρήσεις νερού

Το νερό βρίσκει εφαρμογή σε διάφορες πτυχές της κοινωνίας. Στη σημερινή κοινωνία, παράγοντες όπως η αύξηση του πληθυσμού της γης και η πρόοδος στη βιομηχανική δραστηριότητα οδήγησαν σε αύξηση της κατανάλωσης του. Λόγω της ζήτησης αυτής, κρίθηκε επιτακτική ανάγκη να διατηρηθεί η οικολογική ισορροπία δεδομένου ότι το νερό κατανέμεται άνισα στο χώρο και στο χρόνο. Γι' αυτό η ορθολογική διαχείριση είναι απαραίτητη (Κοσοδάκης, 1992).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2, η κατανάλωση του νερού είναι μεγαλύτερη σε γεωργικές δραστηριότητες, ενώ ακολουθεί η βιομηχανία και η οικιακή χρήση. Πιο αναλυτικά, τον περισσότερο όγκο νερού τον καταναλώνει η γεωργία, καθώς η άρδευση των φυτικών καλλιεργειών απαιτεί μεγάλη ποσότητα νερού. Ορισμένες καλλιέργειες έχουν ανάγκη το νερό για τη διατήρησή τους, αλλά ακόμα και οι υπόλοιπες καλλιέργειες αυξάνουν την απόδοση και παραγωγή τους με τη βοήθεια του νερού. Εκτός από τις αγροτικές ανάγκες, σημαντικές ποσότητες απαιτούνται και στη βιομηχανία. Οι ποσότητες εξαρτώνται από το είδος της βιομηχανίας, με πιο υδροβόρες τη χαρτοβιομηχανία και τη χαλυβουργία. Επίσης, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες νερού και για οικιακή χρήση. Τα ποσοστά νερού που καταναλώνονται για ατομικές και οικιακές δραστηριότητες, δεν είναι ίδια σε όλους τους πληθυσμούς, αλλά σχετίζονται με το βιοτικό επίπεδο και το είδος του πληθυσμού. Όσον αφορά την κατανάλωση του νερού στην Ευρώπη υπάρχει αντιστοιχία περίπου πεντακοσίων λίτρων νερό την ημέρα ανά άτομο (Μαλλιάρος, 2000). Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης το είδος της περιοχής που χρησιμοποιεί το νερό, δηλαδή συνήθως οι αγροτικοί οικισμοί έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε κατανάλωση νερού σε σύγκριση με τα προάστια και τις βιομηχανικές περιοχές (Martz, 1976).



Εικόνα 2: Χρήση του νερού κατά τον 20^ο αιώνα. Στο διάγραμμα απεικονίζεται η συνολική χρήση του νερού και η ποσότητες που χρησιμοποιούνται για γεωργική, βιομηχανική και οικιακή χρήση. (<http://www.aua.gr/wrm/Simioseis/Propryhiaka/AHEC/test.pdf>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

1.4. Ρύπανση-Μόλυνση

Η ρύπανση και η μόλυνση είναι δυο διαφορετικές έννοιες. Με τον όρο ρύπανση, όπως ορίζεται από την Οδηγία 2000/60 της Ε.Ε (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017) που αφορά την πολιτική των νερών, αναφερόμαστε σε απόρροια δραστηριοτήτων του ανθρώπου που έχει ως αποτέλεσμα την άμεση ή έμμεση εισαγωγή βλαβερών ουσιών ή θερμότητας, στο έδαφος, το νερό ή τον αέρα. Αυτή η εισαγωγή έχει αρνητικές συνέπειες είτε ανθρώπινη υγεία, είτε για την ποιότητα χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων. Ο όρος μόλυνση αναφέρεται στην ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών ή και οργανισμών δεικτών. Συνήθως η μόλυνση του νερού γίνεται λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η ρύπανση και μόλυνση των νερών μπορούν να είναι θανατηφόρες για τους οργανισμούς που ζουν σε αυτά, καθώς και για τους υπόλοιπους οργανισμούς που τρέφονται από το αντίστοιχο νερό. Οι άνθρωποι επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το νερό, ενώ προβλήματα όπως ασθένειες του αίματος, της καρδιάς και διαταραχές του νευρικού συστήματος έχουν συνδεθεί με ρύπους (Jackson and Jackson, 1996).

Ρύποι ονομάζονται οι ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από αυτή τη φυσιολογική στα νερά, ενώ χαρακτηρίζονται ως τοξικοί όταν μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή βλάβη ή θάνατο στους οργανισμούς. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται διάφοροι ρύποι, η πηγή προέλευσής τους και η επίδραση που έχουν στο περιβάλλον. Οι ρύποι μπορούν να διακριθούν στις εξής κατηγορίες (Νταρακάς, 2010):

- συμβατικοί: ουσίες όπως οργανική ύλη, ενώσεις του φωσφόρου ή του αζώτου, οι οποίες οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα.
- μη συμβατικοί: στους οποίους ανήκουν τα βαριά μέταλλα (Cr, Zn, Cd, Pb, Ni, Hg, Cu, κ.λ.π.), διάφορες τοξικές οργανικές ενώσεις, οι οποίες μπορεί να είναι διάφορες συνθετικές οργανικές ενώσεις, για παράδειγμα παρασιτοκτόνα, εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH), πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), διοξίνες, οργανοφωσφορικές ενώσεις, τριαλογονομένα μεθάνια (THM), και κάποιες ουσίες στις οποίες συμπεριλαμβάνονται το αρσενικό (As), τα θειούχα (S²⁻), τα κυανιούχα (CN⁻) και τα ραδιενεργά υλικά.
- θερμικοί: κυρίως θερμά απόβλητα των βιομηχανιών. Μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας του νερού.
- ρύποι (μολυντές) από μικρόβια: περιλαμβάνουν διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς που προέρχονται κυρίως από αστικά και κτηνοτροφικά απόβλητα. Στους παθογόνους μικροοργανισμούς που συναντώνται συχνότερα στο νερό και έχουν μεγαλύτερη σημασία, ανήκουν βακτήρια όπως του τύπου (*Salmonella* sp), της χολέρας (*Vibrio cholerae*), και της δυσεντερίας (*Staphylococcus aureus*, *Shigella* sp, *Campylobacter* sp), ιοί όπως αυτοί της λοιμώδους ηπατίτιδας (Hepatitis A, Norovirus) και της πολιομυελίτιδας (poliovirus), αλλά και ορισμένα πρωτόζωα (*Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium parvum*, *Naegleria fowleri*, *Giardia lamblia*).

Ο βαθμός της ρύπανσης εξαρτάται από την ευαισθησία των νερών στους ρύπους. Στα επιφανειακά νερά, σημαντικό ρόλο παίζει η δυνατότητα για ανανέωση. Συγκριτικά οι λίμνες σε σχέση με τις θάλασσες και τα ποτάμια είναι πιο επιρρεπείς σε ρύπους λόγω της μικρής δυνατότητας ανανέωσής τους. Από μόνο του το περιβάλλον έχει αναπτύξει μηχανισμούς ώστε να αντιστέκεται στη ρύπανση, οι οποίοι

ονομάζονται μηχανισμοί αυτοκαθαρισμού. Αυτοί είναι είτε φυσικοί (π.χ. διάλυση, καθίζηση, ιοντοανταλλαγή, διάβρωση) είτε χημικοί (π.χ. οξειδοαναγωγή, υδρόλυση, συσσωμάτωση) είτε βιολογικοί (π.χ. βακτηριακή αποσύνθεση των διαλυτών ουσιών, κατανάλωση από ανώτερους οργανισμούς, κατανάλωση από φυτικούς και ζωικούς μικροοργανισμούς). Σε αντίθεση με τα επιφανειακά νερά, στα υπόγεια νερά, η ικανότητα αυτοκαθαρισμού είναι μειωμένη, οπότε είναι πιο ευαίσθητα στους ρύπους (Νταρακάς, 2010).

Πίνακας 1: Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών, το είδος του ρύπου και η επίδραση που προκαλούν (Βουδούρης, 2006).

Πηγή	Είδος ρύπου	Επίδραση
Χημικές βιομηχανίες Μεταλλουργεία	Cu, Pb, Zn, Cd, Hg Co, Cr, Ag, As, CN	Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Χημικές βιομηχανίες Βιομηχανίες τροφίμων Φαρμακευτικές βιομηχανίες Χαρτοποιεία	Φαινόλες, Αμμωνία Απορρυπαντικά, Ίνες χαρτιού	Ελαττώνουν το οξυγόνο Φαινόμενα ευτροφισμού Τοξικά προϊόντα (αμμωνία, φαινόλες) Ελάττωση της οικολογικής ποικιλότητας
Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)	Βαρέα μέταλλα, Αέρια Οργανικές ενώσεις, Ανόργανες ενώσεις	Ρύπανση υπόγειων υδροφόρων
Αγροτικές δραστηριότητες	Λιπάσματα, Εντομοκτόνα Παρασιτοκτόνα	Αύξηση νιτρικών ιόντων Καρκινογένεσεις
Κτηνοτροφικές δραστηριότητες Σφαγεία	Άζωτο, Φωσφόρος Βακτήρια, Μύκητες	Ρύπανση και μόλυνση υπόγειων και επιφανειακών νερών
Όξινη βροχή	Οξείδια S και N	Καταστροφή καλλιεργιών, δασών κ.λπ.
Πυρηνικοί σταθμοί	Ραδιενέργεια στο νερό	Γενετικές αλλοιώσεις Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Διυλιστήρια Διαρροές υδρογονανθράκων	Υδρογονάνθρακες Πετρέλαιο, Άσφαλτος	Καταστροφή πανίδας και χλωρίδας Εμποδίζουν την οξυγόνωση του νερού
Μεταλλευτικές Δραστηριότητες	Αιωρούμενα στερεά, Ορυκτές ενώσεις Όξινα απόβλητα	Ρύπανση αέρα και υπόγειων νερών Καθιζήσεις εδάφους
Ενεργειακοί σταθμοί Βιομηχανίες	Θερμό νερό	Θανάτωση των αυγών των ψαριών Ελάττωση του O ₂ , αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού των οργανισμών
Διείσδυση της θάλασσας	Άλατα	Καταστροφή παράκτιων υδροφόρων οριζόντων

1.5 Πόσιμο νερό

Πόσιμο θεωρείται το νερό το οποίο είναι ασφαλές για κατανάλωση, καθώς δεν προκαλεί αρνητικές συνέπειες για την υγεία του ανθρώπου. Μπορεί να ανακτηθεί από υπόγεια και επιφανειακά νερά. Το πόσιμο νερό είναι απαραίτητο να τηρεί ορισμένα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, ενώ η κάθε χώρα έχει την αντίστοιχη νομοθεσία που καθορίζει την ποιότητα του πόσιμου νερού. Τα

χαρακτηριστικά και η νομοθεσία στην Ελλάδα θα αναλυθούν σε επόμενα κεφάλαια. Συνοπτικά, στα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει συμπεριλαμβάνονται το να είναι διαυγές, δροσερό, άχρωμο και άοσμο, χωρίς παθογόνους μικροοργανισμούς, εύγευστο, να μην προκαλεί διάβρωση των μετάλλων, οι διαλυτές ενώσεις που περιέχει να βρίσκονται σε χαμηλά όρια και τα ανόργανα συνήθως σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες από 1 g/l. Σε περιοχές που είναι αραιοκατοικημένες το νερό από τις πηγές και τα ρέματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να έχει επεξεργαστεί περαιτέρω. Συνήθως όμως, το νερό που είναι διαθέσιμο δεν είναι κατάλληλο προς κατανάλωση και χρειάζεται να υποστεί κατάλληλη διύλιση. Πόσιμο νερό μπορεί να ληφθεί από ξηρές περιοχές μέσω αφαλάτωσης γλυφών ή θαλάσσιων νερών (Belitzetal, 2011).

Το πόσιμο νερό είναι απαραίτητο ώστε να εξασφαλίσει ο άνθρωπος τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη, τον μεταβολισμό και διάφορες λειτουργίες του οργανισμού του. Για τους ενήλικες είναι απαραίτητα ημερησίως 35 γως 50 gνερού ανά κιλό βάρους. Το νερό αυτό μπορεί να είναι είτε πόσιμο είτε μέσα σε άλλες τροφές και ποτά. Μέσω αυτού, γίνεται μεταφορά ανόργανων αλάτων σε πολύ μικρές ποσότητες που όμως η επίδρασή τους είναι σημαντική, είτε ευνοϊκή είτε δυσμενής. Απαραίτητα στοιχεία που εισέρχονται στον οργανισμό με τη βοήθεια του νερού είναι διάφορα μεταλλικά στοιχεία, όπως το νάτριο το κάλιο το ασβέστιο το μαγνήσιο κ.ά., και ιχνοστοιχεία, τα οποία είναι απαραίτητο να προσλαμβάνονται από τον οργανισμό ημερησίως σε συγκεκριμένες ποσότητες (Μήτρακας, 2001).

2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό έχει μοναδικές φυσικοχημικές ιδιότητες εξαιτίας της μοριακής δομής του. Οι ιδιότητες αυτές έχουν σημασία στην επεξεργασία και την ποιότητα του πόσιμου νερού.

2.1 Χημική σύσταση και δομή

2.1.1 Σύνθεση:

Ο χημικός τύπος του μορίου του νερού είναι H_2O , καθώς το μόριο αυτό αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Το μοριακό του βάρος είναι 18. Στην πραγματικότητα το νερό εμφανίζεται ως μίγμα μορίων διαφορετικού μοριακού βάρους, αφού υπάρχουν διαφορετικά ισότοπα υδρογόνου (1H , 2H , 3H) και οξυγόνου (^{14}O , ^{15}O , ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , ^{19}O). Συνδυάζοντας τα ισότοπα τρία υδρογόνου και τα έξι ισότοπα οξυγόνου στο μόριο του νερού που αποτελείται από ένα υδρογόνο και δύο οξυγόνα, μπορούν να προκύψουν 18 πιθανοί συνδυασμοί (Μήτρακας, 2001).

2.1.2 Ενέργεια σχηματισμού

Η κανονική ενέργεια σχηματισμού για το νερό (που μετράτε στους $25^\circ C$ και 1 atm), είναι $-68,317$ kcal/mole. Ο σχηματισμός του μορίου του νερού από υδρογόνο και οξυγόνο γίνεται με εξώθερμη αντίδραση (Μήτρακας, 2001).

2.1.3 Διαστάσεις

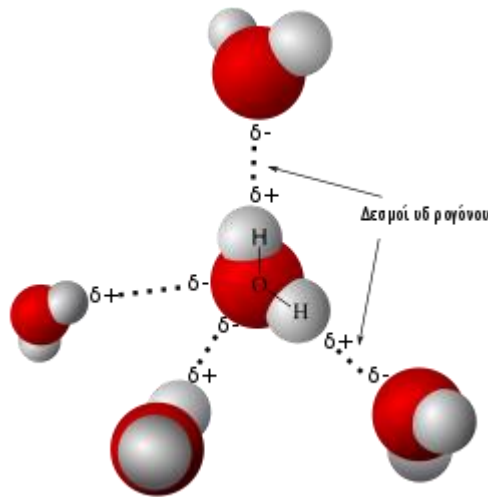
Το σχήμα που δημιουργεί το μόριο του νερού είναι ένα ισοσκελές τρίγωνο στην κορυφή του οποίου βρίσκεται το οξυγόνο. Η γωνία των ενδομοριακών ομοιοπολικών δεσμών HOH είναι $104,523^\circ$ και το μήκος του δεσμού O-H είναι $0,95718 \times 10^{-8}$ cm ή $0,95718 \text{ \AA}$ (Μήτρακας, 2001).

2.2 Φυσικές ιδιότητες

2.2.1 Πολικότητα

Το μόριο του νερού είναι ασύμμετρο και τα ηλεκτρόνια του εμφανίζουν άνιση κατανομή. Το οξυγόνο είναι πολύ ηλεκτραρνητικό. Σε σύγκριση με το υδρογόνο περιέχει δύο επιπλέον ζεύγη ηλεκτρονίων και γι' αυτόν τον λόγο ασκεί ισχυρότερη έλξη στα κοινά ηλεκτρόνια. Εξ' αιτίας της άνισης κατανομής παρατηρείται μερικώς διαχωρισμός του φορτίου και δημιουργία διπόλου με το στοιχειώδες αρνητικό φορτίο δ^- στο οξυγόνο και το στοιχειώδες θετικό φορτίο δ^+ στο υδρογόνο (Μήτρακας, 2001). Το συνολικό μόριο του νερού όμως, είναι ηλεκτρικά ουδέτερο γιατί με βάση το σχήμα του, τα μερικά φορτία στα δύο άκρα του είναι ίσα (Γαλάτης et al, 2009).

Μεταξύ των πολικών μορίων του νερού αναπτύσσονται ελκτικές δυνάμεις που οδηγούν το υδρογόνο του ενός μορίου προς το οξυγόνο του άλλου. Αυτή η αλληλεπίδραση ονομάζεται δεσμός υδρογόνου, και η ενέργειά του είναι από 1,3 έως 4,5 kcal/mole (Μήτρακας, 2001). Οι δεσμοί υδρογόνου είναι τόσο ασθενικοί όσο για να προκαλέσουν μόνιμη ή ισχυρή προσέγγιση των μορίων του νερού, αλλά παράλληλα αρκετά δυνατοί, ώστε να έχουν μεγάλη σημασία καθώς ευθύνονται για τις μοναδικές ιδιότητες που παρουσιάζει το νερό (Γαλάτης et al, 2009). Ονομάζονται έτσι επειδή για να δημιουργηθούν αποτελεσματικοί ηλεκτροστατικοί δεσμοί χρειάζεται άτομα με μεγάλο ηλεκτραρνητικό δυναμικό, όπως το οξυγόνο, να συνδεθούν με το υδρογόνο. Στο νερό μπορούν να σχηματιστούν τέσσερις δεσμοί υδρογόνου με γειτονικά μόρια νερού, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ισχυρές διαμοριακές αλληλεπιδράσεις. Στην εικόνα 3 απεικονίζονται μόρια νερού που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου. Επίσης δεσμοί υδρογόνου μπορούν να σχηματιστούν μεταξύ του νερού και άλλων μορίων που περιέχουν άτομα με ηλεκτραρνητικά φορτία (O ή N), ειδικά όταν είναι προσδεδεμένα με H (TaizandZeiger, 2012).



Εικόνα 3: σχηματική απεικόνιση των δεσμών υδρογόνου στο νερό. (<http://www.wikiwand.com/hu/V%C3%ADz>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

2.2.2 Εξαιρετικός διαλύτης

Οι δεσμοί υδρογόνου καθιστούν το νερό εξαιρετικό διαλύτη, ειδικά για τις ουσίες που είναι φορτισμένες (ιοντισμένες) ή πολικές (Γαλάτης etal, 2009). Το νερό διαλύει περισσότερες ουσίες συγκριτικά με άλλους διαλύτες (TaizandZeiger, 2012). Τα ιόντα καλύπτονται από μια «σφαίρα ενυδάτωσης» καθώς τα μόρια του νερού έχουν την τάση να προσανατολίζονται γύρω από τα ιόντα, με συνέπεια να ελαττώνονται οι μεταξύ τους ισχυρές ηλεκτροστατικές δυνάμεις και να κρατούνται εν διαλύσει (Γαλάτης etal, 2009). Μεταξύ μορίων νερού και ιόντων ή πολικών διαλυμένων ουσιών γίνεται ελάττωση της ηλεκτροστατικής αντίστασης μεταξύ των ουσιών που φέρουν φορτίο αυξάνοντας έτσι τη διαλυτότητά τους, ενώ μεταξύ του νερού και μεγάλων μορίων όπως οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα γίνεται ελάττωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μεγάλων μορίων ώστε να προάγεται η μεταφορά τους σε διάφορα διαλύματα (TaizandZeiger, 2009).

2.2.3 Τήξη και εξάτμιση/πτώση του σημείου πήξης και ανύψωση του σημείου βρασμού

Το νερό σε διαφορετικές θερμοκρασίες αποκτάει διαφορετική μορφή. Ο πάγος όταν βρίσκεται σε θερμοκρασία 0°C τήκεται και έτσι σχηματίζεται υγρό νερό. Το υγρό νερό στους 100 °C και 1 atm βράζει και μετατρέπεται σε ατμό (Μήτρακας, 2001). Το νερό έχει υψηλά σημεία πήξεως και βρασμού, απαραίτητο για τη διατήρηση της υγρής φάσης του. Μόρια που έχουν παρόμοια δομή και μέγεθος με το

νερό όπως το CO₂ και το SO₂, στις συνήθεις θερμοκρασίες είναι αέρια, καθώς όσο μικρότερο είναι το μοριακό βάρος μιας ουσίας, τόσο μεγαλύτερη συνηθίζεται να είναι η πιθανότητα να έχει αέρια μορφή (Γαλάτης et al, 2009).

2.2.4 Ιξώδες

Με το ιξώδες εκφράζεται η αντίσταση μιας μάζας υγρού στη ροή. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται ο συντελεστής ιξώδους (ν) του νερού, διότι μειώνονται οι ενδομοριακές έλξεις. Αυτή η μείωση επηρεάζει τις φυσικοχημικές διεργασίες επεξεργασίας του νερού, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της κροκίδωσης, της καθίζησης και της διήθησης σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Μήτρακας, 2001).

2.2.5 Διπολική ροπή

Το νερό εμφανίζει διπολική ροπή λόγω του ότι το κέντρο του θετικού φορτίου του δεν συμπίπτει με το κέντρο του αρνητικού φορτίου με αποτέλεσμα το μόριο να είναι διπολικό. Η διπολική ροπή αποτελεί μια ιδιότητα η οποία εξαρτάται από το μέγεθος των φορτίων αλλά και από την απόσταση που τα χωρίζει. Η μονάδα μέτρησης της είναι τα debyes. Το νερό εμφανίζει διπολική ροπή 1,84 debyes, τιμή η οποία είναι από τις μεγαλύτερες ανάμεσα στα πολικά υγρά (Μήτρακας, 2001).

2.2.6 Διηλεκτρική σταθερά (ϵ)

Με τη διηλεκτρική σταθερά εκφράζεται η ικανότητα του νερού να διατηρεί χωριστά τα φορτία. Η τιμή της στο νερό στους 25 °C είναι 78,5, και θεωρείται ασυνήθιστα υψηλή. Στους 0°C ανεβαίνει στο 88 ενώ στους 100 °C πέφτει στο 55,44. Οι υψηλές αυτές τιμές εξηγούν το γιατί το νερό αποτελεί πολύ καλό διαλύτη, καθώς είναι δύσκολο τα ιόντα μετά τη διάλυσή τους να σχηματίσουν ξανά στερεή μορφή (Μήτρακας, 2001).

2.2.7 Αγωγιμότητα

Το καθαρό νερό δεν θεωρείται καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η αγωγιμότητα του αποσταγμένου νερού σε ισορροπία με το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα είναι περίπου 70 $\mu\text{mhos/m}$. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία γίνεται εφικτό να

παραχθεί νερό σε μεγάλες ποσότητες με ειδική αγωγιμότητα έως και 55 $\mu\text{mhos/m}$, που χρησιμοποιείται σε ειδικές εφαρμογές όπως το νερό πλύσης στη βιομηχανία ημιαγωγών. Καθώς το νερό διαλύει διάφορα συστατικά η αγωγιμότητά του αυξάνεται, για αυτό τον λόγο, η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται ως παράμετρος που εκφράζει τη συνολική περιεκτικότητα αλάτων του νερού (Μήτρακας, 2001).

2.2.8 Θερμικές ιδιότητες

Ειδική θερμότητα

Ο όρος ειδική θερμότητα χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη θερμική ενέργεια η οποία απαιτείται ώστε να ανέβει η θερμοκρασία ενός υλικού κατά μια συγκεκριμένη ποσότητα (Γαλάτης et al, 2009). Η θερμοκρασία αποτελεί το μέτρο της μοριακής κινητικής ενέργειας (TaizandZeiger, 2012). Με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού αυξάνεται η κινητική ενέργεια των μορίων, γι' αυτό και τείνουν να κινούνται γρηγορότερα. Λόγω της αύξησης της κινητικότητας, οι δεσμοί υδρογόνου αντιδρούν καθώς πρέπει να σπάσουν ώστε να επιτευχθεί η κίνηση (Γαλάτης et al, 2009). Οι δεσμοί υδρογόνου λειτουργούν σαν λωρίδες ελαστικού που απορροφούν μέρος της θερμότητας ώστε να ελαττωθεί η διαθέσιμη ενέργεια η οποία συνέβαλλε στην αύξηση της κινητικότητας των μορίων (Taiz and Zeiger, 2012). Σε σύγκριση με άλλα υγρά, το νερό, εξαιτίας των δεσμών υδρογόνου, χρειάζεται μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του, δηλαδή έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα (Γαλάτης et al, 2009). Η κατάσταση του νερού έχει σημασία για την ειδική θερμότητά του. Όταν βρίσκεται σε μορφή πάγου έχει ειδική θερμότητα $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, το υγρό νερό έχει ειδική θερμότητα $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, ενώ όταν γίνεται ατμός η ειδική θερμότητά του επανέρχεται στα $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$. Αυτές οι τιμές είναι αρκετά υψηλές, και το γεγονός αυτό καθιστά το νερό χρήσιμο μέσο σε βιομηχανικές διεργασίες που απαιτείται μεταφορά θερμότητας (Μήτρακας, 2001).

Ειδική θερμότητα τήξης (ΔH_c)

Ως ειδική θερμότητα τήξης ορίζεται η θερμότητα η οποία απορροφάται όταν γίνεται μετατροπή του πάγου σε νερό στο σημείο τήξης. Για τον πάγο η θερμότητα τήξης είναι 1437 cal/mole ή 80 cal/g . Συμπερασματικά, όταν ο πάγος μετατρέπεται σε νερό στους 0°C , χρειάζεται περισσότερη ενέργεια από τη θέρμανση νερού ίδιας

ποσότητας από τους 0 °C στους 80 °C. Το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας που καταναλώνεται στην μετατροπή του πάγου σε νερό είναι για την καταστροφή κάποιων δεσμών υδρογόνου (Μήτρακας, 2001).

Ειδική θερμότητα εξάτμισης (ΔH_u)

Η ειδική θερμότητα εξάτμισης είναι η θερμότητα που απαιτείται ώστε να μετατραπεί το νερό σε ατμό. Για την αντίστροφη διαδικασία χρησιμοποιείται η ειδική θερμότητα συμπύκνωσης. Η θερμοκρασία είναι παράγοντας που επηρεάζει την ειδική θερμότητα εξάτμισης. Για το νερό, σε θερμοκρασία 100 °C είναι 9717 cal/mole ή 540 cal/g. Η θερμότητα εξάτμισης είναι σχετικά υψηλή γιατί στο νερό το οποίο εξατμίζεται είναι απαραίτητο να καταστραφούν όλοι οι δεσμοί υδρογόνου (Μήτρακας, 2001). Η ειδική θερμότητα εξάτμισης δεν μεταβάλλει τη θερμοκρασία των μορίων του νερού που εξατμίζονται, αλλά προκαλεί ελάττωση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια όπου εξατμίζεται το νερό (Taiz and Zeiger, 2012).

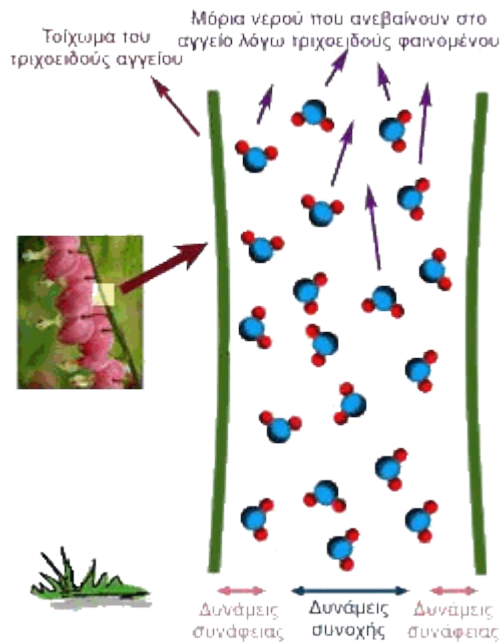
2.2.9 Συνοχή και συνάφεια

Οι αμοιβαίες δυνάμεις έλξης που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων του νερού περιγράφονται με τον όρο συνοχή, ενώ ως συνάφεια χαρακτηρίζονται οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ του νερού και κάποιας στερεής φάσης. Αυτές οι παράμετροι έχουν υψηλές τιμές στο νερό. Μέσα σε ένα τρισδιάστατο χώρο, λειτουργούν ελκτικές δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια. Για το νερό, ένα μόριο που βρίσκεται στο εσωτερικό μιας υδάτινης μάζας έλκεται από όλα τα γειτονικά του μόρια. Στην επιφάνεια της υδάτινης μάζας, η οποία αποτελεί τη μεσόφαση μεταξύ υγρής και αέριας φάσης, ασκούνται ελκτικές δυνάμεις μονόπλευρα από την πλευρά της υδάτινης μάζας, καθώς στον αέρα, η πυκνότητα των υδρατμών είναι πολύ μικρή και άρα οι αποστάσεις των μορίων πολύ μεγάλες για να αποκατασταθούν δεσμοί υδρογόνου. Κατά τη μεσόφαση στην επιφάνεια του υγρού, γίνεται θραύση μέρους των δεσμών υδρογόνου, η οποία απαιτεί ενέργεια. Με την άφιξη των μορίων νερού στη μεσόφαση γίνεται αύξηση της επιφάνειας του νερού δεδομένου ότι προστίθενται εκεί νέα μόρια, οπότε η αύξηση αυτή απαιτεί υψηλή ενέργεια λόγω των ισχυρών δεσμών υδρογόνου. Συμπερασματικά, το νερό αντιστέκεται στην αύξηση της επιφάνειάς του με συνέπεια η επιφάνεια να έχει την ελάχιστη δυνατή τιμή. Η ενέργεια που χρειάζεται ώστε να αυξηθεί η επιφάνεια του νερού κατά μια μονάδα επιφάνειας ορίζεται ως επιφανειακή τάση (Γαλάτης etal, 2009).

Ο όρος επιφανειακή τάση αφορά τις δυνάμεις που δρουν έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουν την επιφάνεια ενός δεδομένου όγκου υγρού. Το γεγονός ότι το νερό σχηματίζει σφαιρικές σταγόνες κατά την πτώση του οφείλεται στην επιφανειακή τάση. Η τιμή της είναι μεγάλη λόγω των δεσμών υδρογόνου. Στους 20 °C είναι 72,75 dynes/cm, στους 60 °C 66,18 και στους 100°C 58,85 (Μήτρακας, 2001).

Όσον αφορά τη συνάφεια, η έλξη του νερού από ένα στερεό υλικό εκφράζεται ποσοτικά μέσω της μέτρησης της γωνίας επαφής. Η γωνία επαφής περιγράφει το σχήμα ή το ανάγλυφο της μεσόφασης μεταξύ υδρατμών και ύδατος και την επίδραση που έχει η επιφανειακή τάση στην πίεση της υγρής φάσης (Taiz and Zeiger, 2012).

Ως αποτέλεσμα της υψηλής συνοχής, συνάφειας, και επιφανειακής τάσης δημιουργούνται τριχοειδή φαινόμενα. Για παράδειγμα, όταν ένας γυάλινος σωλήνας με ανοιχτά άκρα βυθίζεται σε δοχείο με νερό, δημιουργείται τάση ώστε το νερό να ανέβει περιφερειακά λόγω των δυνάμεων συνάφειας με τα πολικά τοιχώματα του σωλήνα. Επειδή έχει υψηλή επιφανειακή τάση, ελαχιστοποιείται η επιφάνειά του και εφαρμόζονται στα μόρια του νερού κάτω από τη μεσόφαση ελκτικές δυνάμεις που είναι αντίθετες από τη διεύθυνση της βαρύτητας. Για αυτόν τον λόγο η στάθμη του νερού στον σωλήνα ανεβαίνει μέχρι οι δυνάμεις που το έλκουν προς τα πάνω (συνάφεια προς τα τοιχώματα, επιφανειακή τάση) να αντισταθμίσουν τη δύναμη που το έλκει προς τα κάτω (μάζα νερού επι επιτάχυνση βαρύτητας) (Γαλάτης et al, 2009). Στην εικόνα 4 φαίνονται τα τριχοειδή φαινόμενα στο τοίχωμα ενός τριχοειδούς αγγείου.



Εικόνα 4: Τα τριχοειδή φαινόμενα στο τοίχωμα ενός τριχοειδούς αγγείου. (<http://8gym-perist.att.sch.gr/Programes/water/water2.htm>, τελευταία πρόσβαση στις 07/09/2017)

2.2.10 Ασυμπίεστο, μεγάλη αντοχή στην τάση

Το νερό το οποίο είναι κλεισμένο αεροστεγώς (όπως σε μια σύριγγα) χρειάζεται μεγάλες δυνάμεις ώστε να μεταβληθεί ο όγκος του. Είναι δύσκολο να συμπιεστεί και δεν διασπάται εύκολα η στήλη του με την έλξη του εμβόλου. Αυτές οι ιδιότητες οφείλονται στους δεσμούς υδρογόνου που εξαναγκάζουν τα μόρια να πλησιάζουν μεταξύ τους. Λόγω της μεγάλης εσωτερικής συνοχής, το νερό μπορεί να υφίσταται τάσεις χωρίς να διακόπτεται η συνέχεια του (Γαλάτης et al, 2009). Η μέγιστη δύναμη που μπορεί να αντέξει μια συνεχής υδάτινη στήλη πριν σπάσει ονομάζεται τάση εφελκυσμού. Λόγω αυτής το νερό είναι ικανό να ανέρχεται σε τριχοειδή σωλήνα (Taiz and Zeiger, 2012).

3. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

Κάποιες μετρήσεις που αφορούν τα ανόργανα συστατικά του νερού μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την ποιότητά του. Τέτοιες είναι η οξύτητα (pH), οι στερεές ουσίες, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλατότητα, η καταλληλότητα για άρδευση (Sodium Adsorption Ratio – SAR), η θολότητα, η γεύση και οσμή, το χρώμα και η περιεκτικότητα σε πολυσθενή κατιόντα (σκληρότητα).

3.1.1 Οξύτητα (pH)

Στο καθαρό νερό γίνεται ιονισμός σε κατιόντα υδρογόνου (H^+) και ανιόντα υδροξυλίου (OH^-) όπως φαίνεται και στην εξίσωση: $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$. Με τον όρο οξύτητα (pH) ορίζεται «ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου» ($pH = -\log[H^+]$). Οι τιμές που παίρνει κυμαίνονται από 0 ως 14, με το 7 να αντιπροσωπεύει τα ουδέτερα δείγματα ($C_{H^+} = 10^{-7} \text{ mol/L}$). Όξινά χαρακτηρίζονται τα διαλύματα με τιμές μικρότερες του 7, όπου υπερέχουν τα κατιόντα υδρογόνου (H^+), ενώ βασικά τα διαλύματα με τιμές μεγαλύτερες του 7 και υπεροχή των υδροξυλιόντων (OH^-) (Νταρακάς, 2010).

Στο νερό, το pH εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου, η μεταβολική δραστηριότητα υδρόβιων οργανισμών και η αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Οι βιοχημικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε ουδέτερο περιβάλλον, ενώ βασικές και όξινες συνθήκες δυσκολεύουν ή σταματούν τις αντιδράσεις αυτές. Στα φυσικά νερά οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 4 και 9, αλλά οι καταλληλότερες τιμές είναι μεταξύ 6,5 και 8,5 (Νταρακάς, 2010).

3.1.2 Στερεές ουσίες

Τα ολικά στερεά (TS) διακρίνονται σε αιωρούμενα (TSS) και διαλυμένα (TDS) στερεά. Με τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) μετρούνται όλα τα ιόντα που υπάρχουν σε διάλυση στο νερό. Υπάρχουν οργανικά στερεά (TVS), τα οποία είναι εξαερώσιμα, δηλαδή πτητικά και ανόργανα στερεά (TFS), που είναι αδρανή μη εξαερώσιμα, δηλαδή σταθερά (Νταρακάς, 2010).

Στερεές ουσίες θεωρούνται αυτές που παραμένουν ως υπόλοιπο μετά από εξάτμιση του δείγματος νερού στους 105 °C. Οι ουσίες αυτές διακρίνονται σε διαλυμένες, κολλοειδείς και αδιάλυτες (Εικόνα 5). Μόνο οι αδιάλυτες φαίνονται με γυμνό οφθαλμό και είτε αιωρούνται είτε καθιζάνουν (Νταρακάς, 2010). Για την

ανθρώπινη υγεία δεν καθιστούν ιδιαίτερο πρόβλημα, αλλά συνήθως συνίσταται η συγκέντρωσή τους να είναι λιγότερο από 500 mg/L ώστε να μην έχει ιδιαίζουσα γεύση το νερό (Μήτρακας, 2001).



Εικόνα 5: Οι κατηγορίες των στερεών ουσιών που περιέχονται στο νερό. (Νταρακάς, 2010)

3.1.3 Αγωγιμότητα και αλατότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (HA) είναι η ικανότητα των υλικών να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Όσον αφορά το νερό, ορίζεται ως η ικανότητά του να άγει, δηλαδή να μεταφέρει, ηλεκτρικά φορτία, και σχετίζεται με τα ολικά διαλυμένα στερεά (Νταρακάς, 2010). Αποτελεί την έκφραση της ενεργότητας των ιόντων του διαλύματος και μετρείται σε mmhos/cm ή $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Μήτρακας, 2001).

Η αγωγιμότητα συνδέεται με την αλατότητα, δηλαδή την περιεκτικότητα του νερού σε αλάτι (NaCl) που ορίζεται ως «συνολική ποσότητα των στερεών ουσιών σε γραμμάρια που περιέχονται σε 1 kg θαλασσινό νερό, όταν όλα τα ανθρακικά (CO_3^{2-}) έχουν μετατραπεί σε οξείδια, τα βρωμιούχα (Br^-) και ιωδιούχα (I^-) έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα (Cl^-) ιόντα και έχει οξειδωθεί όλη η οργανική ύλη» (Νταρακάς, 2010). Όταν υπάρχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα στα νερά, ισχύει ότι $\text{TDS}=0,5$ (HA). Σε περίπτωση που αυξάνεται η συγκέντρωση αυτή σε πάνω από 1000 mg/LTDS και άρα πάνω από 2000 $\mu\text{mhos}/\text{cmHA}$, η ενεργότητα των ιόντων ελαττώνεται με αποτέλεσμα να ελαττώνεται και η ικανότητά τους να μεταφέρουν ρεύμα. Τότε η σχέση τείνει προς $\text{TDS}=0,9$ HA, όπως το θαλασσινό νερό (Μήτρακας, 2001).

3.1.4 Σχέση προσροφημένου νατρίου

Άλλη παράμετρος που μετρείται στο νερό είναι η σχέση προσροφημένου νατρίου (SAR), η οποία αποτελεί κριτήριο για τη τοξικότητα του νατρίου στο νερό

άρδευσης. Έχει αντίστροφη σχέση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα καθώς μείωση στην τιμή αυτής προκαλεί αύξηση στη SAR. Τα νερά άρδευσης ανάλογα με την τιμή SAR χωρίζονται σε 4 κατηγορίες. Αυτές, για ηλεκτρική αγωγιμότητα 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ είναι (Μήτρακας, 2001):

Πίνακας 2: Οι 4 κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα νερά άρδευσης ανάλογα με την τιμή SAR. (Μήτρακας, 2001)

Κατηγορία	Τιμή SAR	Κίνδυνος νατρίου
1	<6	Μικρός
2	6-12	Μέσος
3	12-18	Μεγάλος
4	>18	Πολύ μεγάλος

3.1.5 Θολότητα

Η θολότητα αποτελεί την έλλειψη διαύγειας σε κάποιο υγρό δείγμα (Νταρακάς, 2010). Ειδικότερα, με τη θολότητα εκφράζεται η οπτική ιδιότητα που έχει ένα δείγμα νερού ώστε να σκεδάζει και να απορροφά το φως το οποίο διέρχεται από αυτό αλλά να μην το μεταδίδει σε ευθεία γραμμή. Τα επιφανειακά νερά μπορεί να είναι θολερά λόγω αιωρούμενων σωματιδίων, ανόργανης ή οργανικής ύλης. Τα αιωρούμενα στερεά μετρούνται με τη θολότητα και με την κατανομή μεγέθους των σωματιδίων (Ζανάκη, 2001).

Καταρχήν η θολότητα είναι αρνητικό χαρακτηριστικό για αισθητικούς λόγους, αλλά παίζουν ρόλο και παράγοντες που σχετίζονται με την υγεία. Τα αιωρούμενα συστατικά που δημιουργούν τη θολότητα μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη και μεταφορά μικροοργανισμών και δυσκολεύουν την καταστροφή τους με απολύμανση (Μήτρακας, 2001). Η τιμή της μετριέται σε μονάδες θολότητας (NTU) (Nephelometric Turbidity Units) ή σε mg/L (ppm) διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), δηλαδή θολότητα που προκαλείται εξ' αιτίας περιεκτικότητας 1 mg SiO_2 σε 1 λίτρο νερού (Νταρακάς, 2010). Η μέτρηση γίνεται με τη βοήθεια μιας δέσμης ορατού φωτός και ενός ανιχνευτή διαχεόμενης ακτινοβολίας (Μήτρακας, 2001).

Η μέτρηση σωματιδίων γίνεται με κατάλληλους ανιχνευτές που κατατάσσουν τα σωματίδια κατά μέγεθος, είτε από 1,0-6,0 μm , είτε από 2,5-150 μm , σε 12 περιοχές μεγέθους. Με την ανάλυση αυτή φαίνεται η κατανομή μεγεθών των αιωρούμενων σωματιδίων (Μήτρακας, 2001).

3.1.6 Οσμή και γεύση

Προβλήματα στην οσμή και τη γεύση μπορεί να σχετίζονται με την πηγή προέλευσης του νερού, τη μέθοδο που ακολουθείται στην επεξεργασία του και με το δίκτυο διανομής του. Η γεύση και η οσμή για τον άνθρωπο διεγείρονται από χιλιάδες χημικά συστατικά τα οποία μπορεί να είναι οργανικά ή ανόργανα. Τέτοια συστατικά μπορεί να εντοπιστούν στο νερό δημιουργώντας προβλήματα. Τα προβλήματα που σχετίζονται με τη γεύση οφείλονται σε διαλυμένα άλατα (TDS) ή σε συγκεκριμένα μέταλλα όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος (Μήτρακας, 2001). Όταν το σύνολο των διαλυμένων αλάτων (TDS) είναι μικρότερο από 1200 mg/L δεν εντοπίζονται προβλήματα στη γεύση και το νερό θεωρείται αποδεκτό από τον καταναλωτή, αλλά κανονικά θα πρέπει να προτιμάται να έχουν συγκέντρωση μικρότερη από 500 mg/L (Νταρακάς, 2010).

Τα άλατα διαφέρουν στο βαθμό που επηρεάζουν τη γεύση του νερού. Για παράδειγμα το χλωριούχο μαγνήσιο αλλοιώνει αρκετά τη γεύση, ενώ τα θειικά άλατα μαγνησίου και ασβεστίου είναι λιγότερο δυσάρεστα. Η χλωρίωση είναι το κυριότερο πρόβλημα που συναντάται στα νερά λόγω δημιουργίας οσμής και γεύσης από τις ενώσεις που είναι παράγωγα των αντιδράσεων του χλωρίου με τα οργανικά συστατικά του νερού. Στα επιφανειακά νερά, οι κύριες αιτίες γεύσης και οσμής είναι η αποικοδόμηση φυτικών υλικών και τα προϊόντα μεταβολισμού των μικροοργανισμών, όπως των νηματοειδών βακτηρίων, των ακτινομυκήτων και των πρασινο-μπλε αλγών. Στα υπόγεια νερά, η δυσάρεστη οσμή και γεύση οφείλεται κυρίως στο περιεχόμενο υδρόθειο που προέρχεται συνήθως από αναγωγή των θεικών λόγω αναερόβιων βιολογικών διεργασιών (Μήτρακας, 2001).

3.1.7 Χρώμα

Τα νερά δεν θα πρέπει να είναι χρωματισμένα. Μερικές φορές παρατηρείται χρωματισμός κίτρινος ή υποπράσινος, και ακόμα πιο σπάνια σκοτεινός ή μαύρος. Το κίτρινο χρώμα έχει ως αιτία εμφάνισης κυρίως χουμικές ενώσεις και χουμικά οξέα. Για να χαρακτηριστεί το νερό πόσιμο θα πρέπει να είναι τελείως διαυγές. Το όριο που κρίνει κατά πόσο το χρώμα χαρακτηρίζεται ως αποδεκτό εξαρτάται από τον τύπο του νερού που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές. Με τη βοήθεια της κλίμακας

λευκόχρυσου-κοβαλτίου δεκτό θεωρείται το όριο των 20 βαθμών (Μαλεφάκης, 1998).

3.1.8 Σκληρότητα

Η σκληρότητα αφορά την έκφραση της περιεκτικότητας του νερού σε πολυσθενή κατιόντα. Αυτά κυρίως είναι ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}). Είναι σημαντική στις βιομηχανικές μετρήσεις καθώς δείχνει την τάση για σχηματισμό ανθρακικών και άλλων επικαθήσεων στους λέβητες και τους πύργους ψύξης, την ικανότητα δέσμευσης σαπώνων και χρωμάτων στα βαφεία κ.ά (Μήτρακας, 2001).

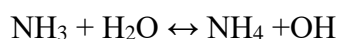
Η σκληρότητα που μετριέται στο νερό διακρίνεται σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η αριθμητική τιμή της ολικής σκληρότητας είναι ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και της μη ανθρακικής σκληρότητας (Ζανάκη, 2001).

Για να υπολογιστεί θεωρείται ότι το άθροισμα των χιλιοστοϊσοδυνάμων ασβεστίου και μαγνησίου είναι ισοδύναμο με το χιλιοστοϊσοδύναμο ανθρακικού ασβεστίου. Όταν τα νερά έχουν σκληρότητα 0-100 mg/L (ισοδύναμο) CaCO_3 θεωρούνται «μαλακά», από 100 ως 200 «μέσης σκληρότητας» από 200 ως 300 «σκληρά» και πάνω από 300 «πολύ σκληρά» (Μήτρακας, 2001).

3.2 Ανόργανα συστατικά

3.2.1 Αμμωνία

Το αμμωνιακό άζωτο εντοπίζεται είτε ως αμμωνιακά ιόντα είτε ως ελεύθερη αμμωνία. Η μορφή του εξαρτάται από το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος. Η σχέση ισορροπίας που ισχύει είναι η εξής:



Όταν το περιβάλλον είναι αλκαλικό υπάρχει μετατόπιση της αντίδρασης αυτής προς τα αριστερά, ενώ αντίθετα σε όξινο προς τα δεξιά. Όσον αφορά τη σχέση με τη θερμοκρασία, γίνεται μετατόπιση προς τα αριστερά όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και το αντίστροφο στην αντίθετη περίπτωση (Ζανάκη, 2001).

Δεν είναι άμεση η επιρροή της αμμωνίας στην ανθρώπινη υγεία, αλλά αποτελεί δείκτη για ρύπανση από κοπρανώδεις ουσίες (Νταρακάς, 2010). Πολλοί τρόποι χρησιμοποιούνται ώστε να προσδιοριστεί η συγκέντρωση της αμμωνίας, ανάλογα με το είδος του δείγματος, ουσίες που μπορεί να εμποδίζουν και την ακρίβεια που χρειάζεται (Ζανάκη, 2001). Όταν εντοπίζεται στο πόσιμο νερό σε

συγκέντρωση μεγαλύτερη από 0,2 mg/L αρχίζει να δημιουργεί προβλήματα στη γεύση και την οσμή του νερού, ενώ μειώνει και την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Συμβάλλει επιπλέον και στον σχηματισμό νιτρωδών αλάτων στα συστήματα ύδρευσης. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το πόσιμο νερό είναι 0,5 mg/L (Νταρακάς, 2010).

3.2.2 Άζωτο (νιτρώδη και νιτρικά ιόντα)

Η οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων καταλήγει στο στάδιο των νιτρικών ιόντων. Συνήθως η συγκέντρωσή τους στα νερά είναι μικρή, ενώ η αύξηση της συνεπάγεται με ρύπανση λόγω λιπασμάτων ή λυμάτων και αποβλήτων. Επίσης, υπάρχουν και στον αέρα εξαιτίας της ρύπανσης, οπότε με τη βροχή μπορεί είτε να παρασυρθούν από τη βροχή είναι να εναποτεθούν στο έδαφος (Ζανάκη, 2001).

Πρέπει να βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό, διότι αλλιώς αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Η συγκέντρωση των νιτρικών στο πόσιμο νερό μπορεί να είναι μέχρι 50 mg/L. Τα νιτρικά άλατα μπορούν να προκαλέσουν την παιδική ασθένεια μεθαιμογλοβιναιμία επειδή ανάγονται σε νιτρώδη. Επιπλέον, τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα σχηματίζουν στο στομάχι καρκινογόνες νιτροζοενώσεις (Νταρακάς, 2010).

3.2.3 Φώσφορος

Ο φώσφορος απαντάται στα επιφανειακά και υπόγεια νερά σε διάφορες μορφές, με τις πιο συχνότερες τα ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά ιόντα, ως οργανικός φώσφορος που δεσμεύεται σε οργανικές ενώσεις. Η προέλευσή του στα επιφανειακά νερά μπορεί να είναι από πηγές φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Για παράδειγμα, πολλά απορρυπαντικά που χρησιμοποιούνται σε οικιακές και βιομηχανικές χρήσεις έχουν ως συστατικά πολυφωσφορικά ιόντα ώστε να αποσκληραίνεται το νερό. Έτσι, δημιουργούνται λύματα και απόβλητα με φώσφορο που καταλήγουν στο νερό. Επίσης τα φωσφορούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για καλλιέργειες δεν μπορούν να δεσμευτούν ποσοτικά από τα νερά και το έδαφος, οπότε οι εκπτώσεις των εδαφών μπορεί να περιλαμβάνουν σημαντικά φορτία φωσφόρου. Η δημιουργία του οργανικού φωσφόρου συμβαίνει συνήθως σε βιολογικές διαδικασίες όπως τα περιττώματα και υπολείμματα τροφών. Επίσης φώσφορος εντοπίζεται σε ιζήματα λιμνών, λιμνοθαλασσών και κλειστών θαλάσσιων

κόλπων, στη βιολογική ιλύ υπό την μορφή ανόργανων αλάτων ή δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις. Είναι βασικό στοιχείο που συμβάλει στην ανάπτυξη των οργανισμών, ενώ ανεπαρκείς ποσότητα φωσφόρου μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής σε μια υδάτινη μάζα (Ζανάκη, 2001).

3.2.4 Διαλυμένο οξυγόνο

Η ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει στο νερό, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η πίεση, τα ρεύματα, ο κλιματισμός, το περιερχόμενο σε μικροοργανισμούς, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες κ.ά. Η διαλυτότητα του οξυγόνου επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, και την πίεση. Παρατηρείται μείωση της διαλυτότητας με την αύξηση της θερμοκρασίας, της αλατότητας ή της πίεσης και αντίστροφα. Όταν αυτές οι συνθήκες δεν αλλάζουν, η διαλυτότητα του οξυγόνου παραμένει σταθερή και μπορεί να υπολογιστεί. Η τιμή που μετράται αφορά τον κορεσμό του νερού σε οξυγόνο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο για την κατάσταση των επιφανειακών υδάτων. Η περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο μπορεί να μειωθεί εξ' αιτίας διάφορων παραγόντων όπως οργανικές ουσίες σε λύματα ή απόβλητα που χρειάζονται οξυγόνο για την αποσύνθεσή τους. Επίσης, η συγκέντρωση του οξυγόνου μπορεί να αυξηθεί λόγω φωτοσυνθετικών οργανισμών όπως τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά (Ζανάκη, 2001).

3.2.5 Χλώριο

Το χλώριο που βρίσκεται σε μορφή χλωριόντων είναι από τα βασικότερα ανόργανα ιόντα στα νερά. Είναι διαδεδομένα στη φύση ως άλατα νατρίου (NaCl), καλίου (KCl), μαγνησίου (MgCl_2) και ασβεστίου (CaCl_2) και προέρχονται από τη διάβρωση πετρωμάτων. Η συγκέντρωσή του διαφέρει σε επιφανειακά και υπόγεια νερά και ο παράγοντας που την επηρεάζει είναι κυρίως η χημική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Μπορούν να προκύψουν επίσης από λιπάσματα, λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή διείδυση νερού από τη θάλασσα (Νταρακάς, 2010). Συνήθως στις παράκτιες περιοχές παρατηρούνται υψηλές τιμές λόγω υπεραντλήσεων και της προέλασης του θαλάσσιου μετώπου. Λόγω των ιόντων αυτών παρατηρείται αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του νερού,

αυξάνεται ο ρυθμός διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών, και προκαλούνται βλαβερές συνέπειες στην ανάπτυξη πολλών φυτών (Ζανάκη, 2001).

3.2.6 Υπολειμματικό χλώριο

Για να απολυμανθεί το πόσιμο νερό εφαρμόζεται συνήθως η χλωρίωση, που μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας καθαρό χλώριο, σε αέρια μορφή ή με ενώσεις χλωρίου. Όταν το χλώριο διαλύεται στο νερό σχηματίζεται υποχλωριώδες οξύ και υδροχλωρικό οξύ. Το υποχλωριώδες οξύ έχει μικροβιοκτόνο δράση, και όταν υπάρχει αμμωνία στο δείγμα αντιδρά ώστε να σχηματιστούν μονοχλωραμίνες, διχλωραμίνες ή τριχλωραμίνες. Τα ιόντα Cl^- , ClO_3^- , ClO_2^- χαρακτηρίζονται ως ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο και οι χλωραμίνες ως δεσμευμένο υπολειμματικό χλώριο.

Ο προσδιορισμός του υπολειμματικού χλωρίου συμβάλει στο να διαπιστωθεί αν έχει εφαρμοστεί επαρκείς χλωρίωση του νερού. Η συγκέντρωση του ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου χρειάζεται να είναι 0,5 mg/L (Ζανάκη, 2001).

3.2.7 Θεϊκά ιόντα

Τα θεϊκά ιόντα που εντοπίζονται σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα μπορεί να προέρχονται από το νερό της βροχής, τη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό ή από ανθρωπογενή αίτια. Ανάλογα με το είδος πετρωμάτων και τις ανθρώπινες δραστηριότητες η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό διαφοροποιείται. Είναι σημαντικό να μετριέται καθώς θεϊκά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν δείξει καθαρκτική δράση στους ανθρώπους, για αυτό και η συγκέντρωσή τους στο πόσιμο νερό πρέπει να είναι κάτω από 250 mg/L (Ζανάκη, 2001).

3.2.8 Κάλιο

Το κάλιο αποτελεί συστατικό όλων των φυσικών νερών αλλά σπάνια η συγκέντρωσή του φτάνει τα 20 mg/L. Ιδιαίτερα αρνητικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία δεν έχουν αναφερθεί (Νταρακάς, 2010).

3.2.9 Νάτριο

Το νάτριο αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανθρώπινη ζωή καθώς τα άλατά του βρίσκονται σε όλες τις τροφές αλλά και στο πόσιμο νερό. Στη φύση βρίσκεται σε συγκέντρωση 1-500 mg/L, ενώ στο πόσιμο νερό δεν ξεπερνάει τα 20 mg/L. Όταν βρίσκεται σε συγκεντρώσεις πάνω από 200 mg/L αλλοιώνει τη γεύση. Είναι σημαντικό στοιχείο για τη γεωργία καθώς η μεγάλη αναλογία νατρίου επηρεάζει αρνητικά τη διαπερατότητα του εδάφους. Επίσης, παίζει ρόλο στην ανθρώπινη υγεία, για παράδειγμα σε χρόνιες καρδιακές παθήσεις πρέπει το νερό που πίνεται να είναι με χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο (Νταρακάς, 2010).

3.2.10 Ασβέστιο

Το ασβέστιο είναι συστατικών των φυσικών νερών που προέρχεται από πετρώματα από τα οποία διέρχεται το νερό όπως ασβεστόλιθος, δολομίτης και γύψος. Βρίσκεται σε συγκέντρωση από μηδέν μέχρι κάποιες εκατοντάδες mg/L και συμβάλει στην ολική σκληρότητά του. Δεν παρουσιάζει αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία (Νταρακάς, 2010).

3.2.11 Μαγνήσιο

Τα άλατα του μαγνησίου, όπως και του ασβεστίου, αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού. Όταν θερμαίνεται προκαλούνται επικαθήσεις σε σωληνώσεις και λέβητες. Όταν η συγκέντρωσή τους είναι μεγαλύτερη από 125 mg/L αρχίζουν να επηρεάζουν την υγεία έχοντας καθαρικές και διουρητικές ιδιότητες (Νταρακάς, 2010).

3.2.12 Ιχνοστοιχεία

Τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες για την έμβια ζωή, αλλά σε μεγαλύτερες γίνονται τοξικά. Πολλά ιχνοστοιχεία έχουν χαρακτηριστεί ως ρύποι προτεραιότητας και πρέπει να ελέγχονται. Για παράδειγμα ο σίδηρος δίνει γεύση στο νερό και προκαλεί προβλήματα με λεκέδες στα πλυντήρια, καθώς και βλάβες όπως η αιμοχρωμάτωση στους ιστούς. Άλλα ιχνοστοιχεία που βρίσκονται στο πόσιμο νερό είναι το μαγγάνιο, το αργίλιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το κάδμιο, το χρώμιο, ο μόλυβδος και το αρσενικό (Νταρακάς, 2010).

3.3. Οργανικά συστατικά

Η οργανική ύλη που εντοπίζεται στο πόσιμο νερό μπορεί να προέρχεται είτε από φυσική αποικοδόμηση υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης είτε από ρύπανση που οφείλεται σε βιομηχανικούς, αστικούς ή αγροτικούς ρύπους. Τα οργανικά συστατικά βρίσκονται σε συγκέντρωση από μηδέν σε καθαρά υπόγεια νερά, έως μερικές δεκάδες mg/L σε επιφανειακά νερά με ρύπους. Με την ανάπτυξη νέων τεχνικών και εξελιγμένων οργάνων έγινε δυνατή η ταυτοποίηση και μέτρηση τους στο νερό σε μικρές συγκεντρώσεις έως και ng/L (Μήτρακας, 2001).

3.3.1 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο αποτελεί μέτρο εκτίμησης του ρυπαντικού φορτίου των ρυπασμένων υδάτων. Ο όρος αυτός αναφέρεται στην ποσότητα οξυγόνου η οποία καταναλώνεται από αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, μέσα σε πέντε ημέρες, ώστε να οξειδωθούν χημικά και βιολογικά οι οργανικές κυρίως ουσίες που εντοπίζονται σε ορισμένο όγκο δείγματος ακάθαρτων νερών, ο οποίος επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο με θερμοκρασία σταθερή στους 20 °C. Η έκφρασή του γίνεται σε mg/L και όταν το δείγμα επωάζεται για πέντε μέρες συμβολίζεται ως BOD₅ (Ζανάκη, 2001).

3.3.2 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Ως χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) ορίζεται η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου οι οποία απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων δειγμάτων νερού, που πραγματοποιείται σε ισχυρά όξινο περιβάλλον. Με τη μέτρησή του, εκτιμάται η ρύπανση στα επιφανειακά νερά, ενώ παράλληλα συμβάλει στον έλεγχο και σχεδιασμό για συστήματα βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων (Ζανάκη, 2001).

3.3.3 Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)

Με τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) γίνεται γρήγορα και άμεσα μέτρηση της οργανικής ύλης στα απόβλητα. Χρησιμοποιείται όταν

εξετάζονται απόβλητα στα οποία τα οργανικά βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις ή όταν δεν είναι ακριβής ο προσδιορισμός των οργανικών με άλλη μέθοδο. Αυτή η μέτρηση, σε αντίθεση με τις BOD και COD είναι ανεξάρτητη από το βαθμό οξείδωσης της οργανικής ύλης, ενώ δεν καταμετρούνται τα στοιχεία που δεσμεύονται σε οργανικά μόρια και τα ανόργανα στοιχεία που συνεισφέρουν στην απαίτηση οξυγόνου (Ζανάκη, 2001).

3.3.4 Απορρυπαντικά

Τα απορρυπαντικά τα τελευταία χρόνια είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα ως μέσα καθαρισμού για οικιακή χρήση. Αυτό αντανακλάται και στα επιφανειακά νερά στα οποία καταλήγουν τα αστικά λύματα. Η σύστασή τους αποτελείται από συνδεδεμένες επιφανειοδραστικές ουσίες οι οποίες περιέχουν μια υδρόφιλη και μια υδρόφοβη ομάδα στο ίδιο μόριο. Έτσι, έχουν την ικανότητα να υπεισέρχονται στην διεπιφάνεια του νερού και ενός άλλου μέσου όπως ο αέρας, το λάδι, το πετρέλαιο διαχωρίζοντας τις δυο φάσεις και προκαλώντας αφρισμό, γαλακτώματα ή συσσωματώματα. Επίσης, προκαλούν προβλήματα επειδή έχουν μεγάλο χρόνο διάσπασης και συμβάλουν στη δημιουργία ευτροφικών συνθηκών λόγω των πολυφωσφορικών αλάτων που περιέχουν. Στο πόσιμο νερό μπορούν να υπάρχουν επιφανειοδραστικές ουσίες που αντιδρούν με κυανούν του μεθαιλαιίνου ως 200 µg/L (Ζανάκη, 2001).

3.4 Μικροβιολογικές παράμετροι

3.4.1 Κατηγορίες μικροοργανισμών

Οι μικροοργανισμοί κατηγοριοποιούνται σε βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, φύκια, έλμινθες (σκουλήκια) και μαλακόστρακα. Ως μικρότερη βιολογική μονάδα μπορούν να χαρακτηριστούν οι ιοί, όμως δεν θεωρούνται αυτόνομοι καθώς λειτουργούν παρασιτικά σε μεγαλύτερα κύτταρα. Γι' αυτόν τον λόγο είναι δύσκολο να ενσωματωθούν στις υπόλοιπες κατηγορίες. Η στοιχειωδέστερη και αυτόνομη βιολογική οντότητα είναι τα βακτήρια. Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που το μέγεθός τους φτάνει μέχρι μερικά µm. Τα πρωτόζωα και τα φύκια είναι είτε μονοκύτταροι είτε πολυκύτταροι οργανισμοί, των οποίων το μέγεθος είναι πολλαπλάσιο των βακτηρίων, και συνήθως η οργάνωση του κυττάρου τους είναι

τελειότερη. Μεταξύ τους τα πρωτόζωα και τα φύκια διαφέρουν στις πηγές άνθρακα και ενέργειας που χρησιμοποιούν (Νταρακάς, 2010).

3.4.2 Μικροοργανισμοί στο πόσιμο νερό

Στο πόσιμο νερό, ο πιο σύνηθες κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία σχετίζεται με μόλυνση, η οποία συμβαίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα από ανθρώπινα ή ζωικά εκκρίματα, ιδιαίτερα κόπρανα. Αν υπάρχει μόλυνση στα εκκρίματα λόγω μικροοργανισμών που αποτελούν φορείς μεταδοτικών εντερικών ασθενειών, μπορεί να εμφανιστούν και στο πόσιμο νερό. Έτσι, μπορεί να προκληθεί μόλυνση με την πόση του νερού ή τη χρήση του στην παρασκευή φαγητών. Τέτοιοι παθογόνοι μικροοργανισμοί θεωρούνται ως πηγές δυνητικής ενόχλησης και κινδύνου στο πόσιμο νερό (WHO, 1993). Μπορεί να είναι βακτήρια, ιοί και πρωτόζωα, τα οποία προκαλούν διάφορες ασθένειες διαφορετικής σοβαρότητας. Αυτές ποικίλλουν από ήπια έως σοβαρή γαστρεντερίτιδα, και μερικές φορές θανατηφόρα διάρροια, δυσεντερία, ηπατίτιδα ή τυφοειδή πυρετό, ενώ οι περισσότερες από αυτές ασθένειες είναι ευρέως διαδεδομένες παγκόσμια. Η μετάδοση μπορεί να γίνει από άνθρωπο σε άνθρωπο ή μερικές φορές από ζώα σε ανθρώπους. Υπάρχουν και κάποια παθογόνα που μεταδίδονται όχι από τη στοματική οδό, αλλά όταν βρίσκονται σε νερό που χρησιμοποιείται για κολύμβηση και τρόπους αναψυχής στους οποίους εφαρμόζεται επαφή με μολυσμένο νερό (Olstadt, 2007).

Λόγω του κινδύνου μόλυνσης από κολοβακτηρίδια, κρίνεται αναγκαίο να αξιολογείται η ποιότητα του πόσιμου νερού ανιχνεύοντας την ύπαρξή τους (Craun, 1987). Όταν παρουσιάζονται σε υψηλά επίπεδα συμπεραίνεται ότι προέρχονται από μολυσμένη πηγή. Στο σύστημα διανομής πόσιμου νερού, υπό κανονικές συνθήκες δεν θα πρέπει να εντοπίζονται κολοβακτηρίδια, όμως αυτό δεν είναι εφικτό πάντα. Σημαντική προτεραιότητα για τη δημόσια υγεία είναι η προστασία των υπόγειων υδάτων από μικροβιακή μόλυνση (Kramer et al. 1996).

Η αυστηρή απαγόρευση για απουσία παθογόνων είναι σημαντική για κλασικά παθογόνα όπως τα *Vibrio cholerae* και *Salmonella typhi*. Όμως, με την ανακάλυψη νέων παθογόνων που βρίσκονται στο νερό και με την καινούρια προοπτική στην μικροβιολογία του πόσιμου νερού, απαιτείται πιο περίπλοκη στάση απέναντι στην ύπαρξη πιθανών παθογόνων βακτηρίων, ιών και παρασίτων. Γι' αυτό τον λόγο έχουν θεσμοθετηθεί οδηγοί και νομοθεσίες που καθορίζουν τα χαμηλά

επίπεδα παθογόνων μικροοργανισμών που μπορεί να περιέχει το πόσιμο νερό, ώστε ο κίνδυνος για την απόκτηση υδατογενών λοιμώξεων να είναι σε επιτρεπτά όρια (Szewzyk et al, 2000).

Όσον αφορά τις κλασσικές λοιμώδεις υδατογενείς ασθένειες όπως η χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός, ο φόβος έχει εξαλειφθεί στις αναπτυγμένες χώρες. Είναι σπάνιο να βρεθούν στο σύστημα διανομής οι μικροοργανισμοί *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae* O1 και *Shigella spp.* ενώ όταν εμφανίζονται είναι λόγω μεγάλου σφάλματος στο σύστημα. Όμως, σε πολλά μέρη του κόσμου δεν παρέχονται δημόσια αποθέματα πόσιμου νερού, οπότε η μετάδοση των *S. typhi* και *V. cholerae* O1 από ανοιχτές και απροστάτευτες πηγές, εξακολουθεί αν είναι πρόβλημα (Szewzyk et al, 2000).

Εκτός από τα κλασσικά παθογόνα του νερού, τα τελευταία χρόνια έχουν μελετηθεί και νέα παθογόνα που αναγνωρίστηκε ότι προκαλούν προβλήματα όταν βρίσκονται στην παραγωγή ή διανομή του πόσιμου νερού. Σε αυτά τα παθογόνα συμπεριλαμβάνονται πρόσφατα αναγνωρισμένοι μικροοργανισμοί από πηγές κοπράνων όπως το παθογόνο *Escherichiacoli*, το *Campylobacter jejuni* και το *Yersinia enterocolitica*, νέοι εντερικοί ιοί όπως οι calicivirus, οι rotavirus, οι astrovirus και οι μικροί στρογγυλοί ιοί και παράσιτα όπως τα *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, και μικροσπορίδια. Επιπλέον, ορισμένα από τα νέα παθογόνα περιλαμβάνουν είδη των περιβαλλοντικών βακτηρίων που είναι ικανά να αναπτύσσονται σε συστήματα διανομής νερού και αναγνωρίστηκαν πρόσφατα ως σχετικά παθογόνα. Τέτοια είναι τα *Aeromonas spp.*, *Legionella spp.*, *Mycobacterium spp.* και *Pseudomonas aeruginosa* (Szewzyk et al, 2000).

3.4.3 Μικροβιολογικός έλεγχος

Για να ελέγχεται η ποιότητα του πόσιμου νερού χρειάζεται συνεχής μικροβιολογικός έλεγχος έτσι ώστε να προστατεύεται η δημόσια υγεία. Επειδή υπάρχουν δυσκολίες λόγω πολυπλοκότητας, ευαισθησίας στον εντοπισμό, κόστους και χρόνου για την απόκτηση αποτελεσμάτων, η εξέταση για συγκεκριμένα παθογόνα περιορίζεται γενικά σε αδρό έλεγχο ποιότητας του νερού. Περιστασιακά γίνονται και εξειδικευμένοι έλεγχοι. Ως δείκτες για μόλυνση κοπράνων χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί όπως η *E. coli*. Οι μικροοργανισμοί αυτοί πρέπει

να μην είναι παθογόνοι οι ίδιοι και να πληρούν ορισμένα κριτήρια, καθώς πρέπει να (WHO, 2011):

- είναι παγκοσμίως παρόντες στα κόπρανα ανθρώπων και ζώων σε μεγάλους αριθμούς.
- μην πολλαπλασιάζονται στα φυσικά ύδατα.
- βρίσκονται στο νερό με παρόμοιο τρόπο με τα παθογόνα των κοπράνων.
- είναι παρόντα σε υψηλότερους αριθμούς από τα παθογόνα των κοπράνων.
- ανταποκρίνονται σε διαδικασίες επεξεργασίας με παρόμοιο τρόπο με παθογόνα περιττωμάτων.
- να ανιχνεύονται εύκολα με απλές, ανέξοδες μεθόδους καλλιέργειας.

Βασικοί δείκτες για μικροβιολογικό έλεγχο είναι το σύνολο των κολοβακτηριδίων (Totalcoliform, TC) και τα κολοβακτηρίδια κοπράνων (fecalcoliformFC) (Rompere et al., 2002). Επίσης από μελέτες έχειδειχθεί ότι το βακτήριο *Escherichiacoli* είναι ο καλύτερος δείκτης για ελέγχους μόλυνσης κοπράνων (Edberg et al., 2000) και για την πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων (US EPA, 2002).

Έχει όμως αποδειχθεί ότι ένας δείκτης δεν επαρκεί, αλλά χρειάζονται διαφορετικοί μικροοργανισμοί για διαφορετικούς σκοπούς. Για παράδειγμα, ως λειτουργικοί δείκτες αποδόμησης και διανομής της καθαριότητας του συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ετερότροφα βακτήρια. Το *Clostridium perfringens* και οι coliphage μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης. Εκτός από την παραδοσιακή παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού με την *E. coli* μπορούν να χρησιμοποιηθούν θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια ως εναλλακτική λύση σε πολλές περιπτώσεις (WHO, 2011).

Το νερό που προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο δεν πρέπει να περιέχει οργανισμούς δείκτες κοπράνων. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η παρακολούθηση για το *E. coli* ή θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια παρέχουν υψηλό βαθμό ασφάλειας λόγω των μεγάλων αριθμών τους σε μολυσμένα νερά. Ωστόσο, η αυξημένη προσοχή εστιάζεται στην ανεπάρκεια των παραδοσιακών δεικτών, όπως το *E. coli*, ως οργανισμοί δείκτες για εντερικούς ιούς και πρωτόζωα. Οιοί και τα πρωτόζωα είναι πιο ανθεκτικά στις συνήθεις περιβαλλοντικές συνθήκες και στις τεχνολογίες αντιμετώπισης, συμπεριλαμβανομένης της διήθησης και της

απολύμανσης. Μπορεί να υπάρχουν στο επεξεργασμένο πόσιμο νερό απουσία *E. coli* (WHO, 2011).

Μελέτες για επιδημίες των νόσων έχουν δείξει ότι η πλήρης εξάρτηση από υποθέσεις που περιλαμβάνουν την απουσία ή την παρουσία του *E. coli* δεν μπορεί να εξασφαλίσει την ασφάλεια. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορεί να είναι επιθυμητό να συμπεριληφθούν πιο ανθεκτικοί μικροοργανισμοί, όπως βακτηριοφάγοι και / ή βακτηριακοί σπόροι, ως δείκτες επίμονων μικροβιακών κινδύνων. Η ένταξή τους στα προγράμματα παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων των προγραμμάτων ελέγχου και επιτήρησης, πρέπει να αξιολογείτε σε σχέση με τις τοπικές καταστάσεις και την επιστημονική γνώμη. Τέτοιες περιστάσεις θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν τις πηγές νερού που είναι γνωστό ότι έχουν μολυνθεί με εντερικούς ιούς και παράσιτα ή τις πηγές όπου υπάρχει τέτοια αποψία μόλυνσης ως αποτέλεσμα των επιπτώσεων των ανθρώπινων και ζωικών αποβλήτων (WHO, 2011).

4. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

4.1 Νομοθετικό πλαίσιο ποιότητας νερού στην Ελλάδα

Ορισμένα χαρακτηριστικά του νερού που κρίνουν την καταλληλότητά του για κατανάλωση μπορούν να αξιολογηθούν εμπειρικά. Τέτοια είναι η διαύγεια, το χρώμα, η οσμή, η γεύση και η θερμοκρασία. Όμως, τα στοιχεία αυτά δεν επαρκούν για να καθοριστεί το νερό ως πόσιμο. Είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί χημικός έλεγχος ώστε να ελεγχθεί το κατά πόσο το νερό είναι ασφαλές για την ανθρώπινη υγεία. Γι' αυτόν τον λόγο, έχει δημιουργηθεί η Οδηγία 80/778 της Ε.Ε. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A31980L0778&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017) που χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη στους ελέγχους για την ποιότητα του νερού. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή υπάρχουν τέσσερα στάδια ελέγχου (πίνακες 3-5):

- Ο Ελάχιστος Έλεγχος E1, που αφορά παραμέτρους και συχνότητα δειγματοληψίας σε σχέση με τον πληθυσμό της περιοχής.
- Ο Έλεγχος Ρουτίνας E2, που περιλαμβάνει παραμέτρους και συχνότητα δειγματοληψίας σε σχέση με τον πληθυσμό της περιοχής.
- Ο Περιοδικός Έλεγχος E3, που περιέχει τον E2 και κάποιες επιπλέον παραμέτρους.
- Ο Έκτακτος Έλεγχος E4, ο οποίος εφαρμόζεται σε ειδικές περιπτώσεις ή ατυχήματα. Οι παράμετροι καθορίζονται σύμφωνα με την αρμόδια αρχή ανάλογα με τις συνθήκες.

Πίνακας 3: παράμετροι και συχνότητα Ελάχιστου Ελέγχου E1. (Οδηγία 80/778 της Ε.Ε.) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A31980L0778&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Α/Α παραμέτρου	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	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
57 61	Ολικά κολοβακτ/δή ή συνολικά βακτηρίδια στους 22οC και 37 οC	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360
58	Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	1	1	12	60	120	180	>360	>360	>360	>360

Πίνακας 4: παράμετροι και συχνότητα Ελέγχου Ρουτίνας Ε2(Οδηγία 80/778 της Ε.Ε.)(<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A31980L0778&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Α/Α παραμέτρον	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
21	Αμμωνία	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120
57	Ολικά κολοβακτ/δή	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	1	1	3	6	12	18	36	60	>120	>120

	37°C										
--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 5: περιοδικός έλεγχος (παράμετροι ελέγχου ρουτίνας και συμπληρωματικά και άλλες παράμετροι)
(Οδηγία 80/778 της Ε.Ε.)(<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A31980L0778&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Α/Α παραμέτρου	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	>20	>20
5	Θερμοκρασία	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
7	Αγωγιμότητα ή άλλη φυσικοχημική παράμετρος	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
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
21	Αμμωνία	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
57	Ολικά κολοβακτ/δή	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
58	Κολοβακτηριο- ειδή κορπάνων	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
61	Συνολικά βακτηρίδια στους 22°C και 37°C	1	1	3	6	12	18	36	60	>20	>20
	Άλλες παράμετροι										

Αρχικά, στη χώρα μας, από το 1900 μέχρι το 1986 υπήρχαν διάφοροι νόμοι για το πόσιμο νερό που ορισμένες φορές ήταν αλληλεπικαλυπτόμενοι ή αντικρουόμενοι. Το 1886 εκδόθηκε η διάταξη Α5/288/23.1.1986 ΦΕΚ 53/Τεύχος Β'/20.2.86 ώστε η Ελληνική Νομοθεσία να εναρμονιστεί με την 80/778 Οδηγία του Συμβουλίου της ΕΟΚ της 15/7/80. Στην απόφαση αυτή υπάρχει ο ορισμός του

πόσιμο νερό ως το νερό το οποίο καταναλώνεται για ανθρώπινη χρήση, με ή χωρίς προηγούμενη επεξεργασία, και προέρχεται από οποιαδήποτε πηγή. Χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση και σε εργοστάσια και βιοτεχνίες παρασκευής τροφίμων και ποτών. Στη διάταξη αυτή δεν περιλαμβάνονται τα φυσικά μεταλλικά και ιαματικά νερά. Επιπλέον, στην απόφαση αυτή ορίζονται οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού που βρίσκονται στα επιτρεπτά όρια ώστε το νερό να κρίνεται πόσιμο. Είναι απαραίτητο οι τιμές στα δείγματα νερού να είναι κατώτερες ή ίσες με αυτές που αναγράφονται ως «ενδεικτικό επίπεδο». Ορισμένες φορές επιτρέπονται παρεκκλίσεις σε συγκεκριμένες συνθήκες οι οποίες είτε σχετίζονται με τη φύση και τη σύσταση του εδάφους της περιοχής από την οποία προέρχεται το νερό που μελετάται, είτε με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες. Στις παρεκκλίσεις αυτές δεν περιλαμβάνονται οι τοξικοί και μικροβιολογικοί παράγοντες, ενώ προτεραιότητα είναι πάντα να αποφευχθούν οι κίνδυνοι για τη Δημόσια Υγεία. Στην απόφαση αυτή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ταξινομούνται σε 6 κατηγορίες. Αυτές είναι οι εξής:

- 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

Επιπλέον, για τις ραδιενεργές ουσίες ισχύουν όρια που καθορίζονται στην Κ.Υ.Α. Υ2/2600/01.

Τη διάταξη Α5/288/23.1.1986ακολούθησε ο Ν.1650/86 για το νερό, στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος, στον οποίο αντιμετωπίζεται ως στοιχείο του περιβάλλοντος και ορίζονται μέτρα ώστε να παρακολουθείται και να ελέγχεται η ποιότητά του. Ο Ν.1739/87 αποτελεί έναν εκσυγχρονισμό του νόμου ώστε να περιλαμβάνονται και μέτρα διαχείρισης στον προγραμματισμό ανάπτυξης της χώρας, ενώ παράλληλα διευκρινίζεται η λειτουργία των σχετικών φορέων. Το Υπουργείο Ανάπτυξης είναι ο φορέας που αναλαμβάνει την κεντρική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Με τη νομοθεσία αυτή καθορίζονται και οι υπόλοιποι αρμόδιοι φορείς που είναι υπεύθυνοι ώστε να εκπονηθούν και να εκτελεστούν τα προγράμματα έρευνας

υδατικών πόρων, αλλά και ο ρόλος των φορέων διανομής του νερού. Επίσης, γίνεται θεσμοθέτηση των 14 Υδατικών Διαμερισμάτων στα οποία γίνεται σε περιφερειακό επίπεδο διαχείριση των υδατικών πόρων (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001). Ως Κέντρα Αναφοράς ελέγχου του νερού αναγνωρίστηκαν με την Υπουργική Απόφαση Β1/οικ 5508/98 τα Πανεπιστημιακά εργαστήρια των Ιατρικών Σχολών Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Ιωαννίνων, Κρήτης και Πατρών (Καραούλη Β., 2003).

Επίσης, οι κατοικημένες περιοχές έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις ζώνες προτεραιότητας (Α, Β, Γ), σεσυμμόρφωση με την οδηγία 91/271/ΕΚ, η οποία έχει ενσωματωθεί με την ΚΥΑ 5673/400/1997 στην ελληνική νομοθεσία.

- Ζώνη προτεραιότητας Α : περιλαμβάνει οικισμούς με πληθυσμό που εκτιμάται να ξεπερνάνε τους 10.000 κατοίκους που απορρίπτουν λύματα σε ευαίσθητα υδατικά συστήματα και πρέπει να έχουν ολοκληρώσει μέχρι τις 31/12/1998 την εγκατάσταση κεντρικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων.
- Ζώνη προτεραιότητας Β: περιλαμβάνει οικισμούς με πληθυσμό που εκτιμάται να ξεπερνάει τους 15.000 κατοίκους που απορρίπτουν λύματα σε ευαίσθητα υδατικά συστήματα και πρέπει να έχουν ολοκληρώσει μέχρι τις 31/12/2000 την εγκατάσταση κεντρικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων.
- Ζώνη προτεραιότητας Γ: περιλαμβάνει οικισμούς με πληθυσμό που εκτιμάται να ξεπερνάει τους 2.000 κατοίκους που απορρίπτουν λύματα σε ευαίσθητα υδατικά συστήματα και πρέπει να έχουν ολοκληρώσει μέχρι τις 31/12/2005 την εγκατάσταση κεντρικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων. Στην ζώνη Γ περιλαμβάνονται και οι οικισμοί με εγκατεστημένο κεντρικό σύστημα συλλογής λυμάτων.

Επιπλέον θεσμοθετήθηκε και η συχνότητα παρακολούθησης για την ποιότητα του νερού, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6: Συχνότητα παρακολούθησης (monitoring). (ΚΥΑ 5673/400/1997) (http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b192_1997.1127370202432.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Ποιοτικό στοιχείο	Ποταμοί	Λίμνες	Μεταβατικά	Παράκτια
Βιολογικό				
Φυτοπλαγκτόν	6 μήνες	6 μήνες	6 μήνες	6 μήνες
Λοιπή υδατική	3 έτη	3 έτη	3 έτη	3 έτη

χλωρίδα				
Μακροασπόνδυλα	3 έτη	3 έτη	3 έτη	3 έτη
Ψάρια	3 έτη	3 έτη	3 έτη	
Υδρομορφολογικό				
Συνέχεια	6 έτη			
Υδρολογία	Συνεχής	1 μήνας		
Μορφολογία	6 έτη	6 έτη	6 έτη	6 έτη
Φυσικοχημικό				
Θερμικές συνθήκες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Οξυγόνωση	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Αλατότητα	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	
Θρεπτικά άλατα	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Κατάσταση οξίνισης	3 μήνες	3 μήνες		
Λοιποί ρύποι	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Ουσίες προτεραιότητας	1 μήνας	1 μήνας	1 μήνας	1 μήνας

Ακόμη, ως συμμόρφωση προς την Οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θεσμοθετήθηκε και τέθηκε σε εφαρμογή από την 25/12/2003 η Κ.Υ.Α. Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/11-7-01) περί "Ποιότητας νερούανθρώπινης κατανάλωσης". Σε αυτήν υπάρχει ο ορισμός του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, ως το νερό που θα χρησιμοποιηθεί για πόση, μαγείρεμα, παρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, είτε φυσικό είτε αφού προηγηθεί επεξεργασία του, αλλά και το νερό που προορίζεται για επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων στις οποίες παρασκευάζονται, επεξεργάζονται, συντηρούνται ή εμπορεύονται προϊόντα ή ουσίες που θα καταναλωθούν από ανθρώπους.

Στον πίνακα 7 φαίνονται χημικές, ενδεικτικές και μικροβιολογικές παράμετροι ελέγχου της ποιότητας του νερού που συμπεριλαμβάνονται στην απόφαση αυτή.

Πίνακας 7: Παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού. (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) (http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b892_2001.1127472533032.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

<p>Χημικές παράμετροι : Ακρυλαμίδιο, Αντιμόνιο, Αρσενικό, Βενζόλιο, Βενζο-α-πυρένιο, Βόριο, Βρωμικά, Κάδμιο, Χρόμιο, Χαλκός, Κυανιούχα, 1,2-διχλωροαιθάνιο, Επιγλωσσιδίνη, Φθοριούχα, Μόλυβδος, Υδράργυρος, Νικέλιο, Νιτρικά, Νιτρώδη, Παρασιτοκτόνα, Σύνολο παρασιτοκτόνων, Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, Σελήνιο, Τετραχλωροαιθάνιο & τριχλωροαιθάνιο, Ολικά τριαλονομεθάνια, Βιτυλογλωρίδιο</p>
<p>Ενδεικτικές παράμετροι : Αργύλιο, Αμμόνιο, Χλωριούχα, <i>Clostridium perfringens</i>, Χρώμα, Αγωγιμότητα, Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, Σίδηρος, Μαγγάνιο, Οσμή, Οξειδωσιμότητα, Θεϊκά Νάτριο, Γεύση, Αριθμός αποικιών (22 °C και 37 °C), Κολοβακτηριοειδή, Ολικός οργανικός άνθρακας, Υπολειμματικό χλώριο, Θολότητα</p>
<p>Μικροβιολογικές παράμετροι : <i>Escherichia coli</i>, Εντερόκοκκοι, <i>Pseudomonas Aeruginosa</i>, Αριθμός αποικιών 22 °C, Αριθμός αποικιών 37 °C</p>
<p>Ραδιενέργεια : Τρίτιο, Ολική ενδεικτική δόση</p>

Για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ορίζεται μια «παραμετρική τιμή» και όχι «ενδεικτικό επίπεδο» και «ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση» όπως παλαιότερα στην Α5/288/86. Στην νέα Οδηγία ορίζονται τα κριτήρια υγιεινής και καθαριότητας των νερών της Κοινότητας που χρειάζεται να πληρούνται ώστε να μην τίθεται η δημόσια υγεία σε κίνδυνο. Οι χώρες που αποτελούν κράτη μέλη οφείλουν να εφαρμόζουν τα μέτρα που απαιτούνται ώστε να προσφέρεται καθαρό πόσιμο νερό στους πολίτες, να καθορίζουν της παραμετρικές τιμές ανάλογα με αυτές που δίνονται στην Οδηγία, να εφαρμόζουν τακτικά ελέγχους ποιότητας και να ενημερώνουν τους πολίτες καθώς κάθε τρία χρόνια να δημοσιεύουν εκθέσεις για να ενημερώνονται οι καταναλωτές για την ποιότητα του νερού

(http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b892_2001.1127472533032.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017).

Όσον αφορά τις μικροβιολογικές παραμέτρους που ορίζονται, σχετίζονται με τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων, τους στρεπτόκοκκους κοπράνων, τα αναγωγικά κλωστρίδια των θειωδών αλάτων και την καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων.

Παραμετρικές τιμές ελέγχου του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που αναφέρονται στην Ελληνική Νομοθεσία σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση, καταγράφονται στους πίνακες 8-11.

Πίνακας 8: Χημικές παράμετροι(Παράρτημα Ι της ΚΥΑ Υ2/2600/2001)(http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b892_2001.1127472533032.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/L
Αντιμόνιο	5,0	μg/L
Αρσενικό	10	μg/L
Βενζόλιο	1,0	μg/L
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	μg/L
Βόριο	1,0	μg/L
Βρωμικά	10	μg/L
Κάδμιο	5,0	μg/L
Χρώμιο	50	μg/L
Χαλκός	2,0	μg/L
Κυανιούχα	50	μg/L
1,2-διγλωροαιθάνιο	3,0	μg/L
Επιγλωρυδρίνη	0,10	μg/L
Φθοριούχα	1,5	μg/L
Μόλυβδος	10	μg/L
Υδράργυρος	1,0	μg/L
Νικέλιο	20	μg/L
Νιτρικά	50	μg/L
Νιτρώδη	0,50	μg/L
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/L
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/L
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογ/κες	0,10	μg/L
Σελήνιο	10	μg/L
Τετραγλωροαιθέριο και τριγλωροαιθέριο	10	μg/L
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/L
Βινυλογλωρίδιο	0,50	μg/L

Πίνακας 9: Ενδεικτικές παράμετροι. (Παράρτημα Ι της ΚΥΑ Υ2/2600/2001)(http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b892_2001.1127472533032.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Αργίλιο	200	μg/L
Αμμώνιο	0,50	mg/L
Χλωριούχα	250	mg/L
<i>Clostridium perfringens</i> (συμπεριλαμβανομένων των σπόρων)	0	Αριθμός/100ml
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής	
Αγωγιμότητα	2500	μS cm ⁻¹ (20°C)
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	≥6,5 και ≥9,5	Μονάδες pH
Σίδηρος	200	μg/L
Μαγγάνιο	50	μg/L
Οσμή	Αποδεκτό για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5,0	mg/L O ²
Θειικά	250	mg/L
Νάτριο	200	mg/L
Γεύση	Αποδεκτό για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής	
Αριθμός αποικιών σε 22°C και 37°C	Άνευ ασυνήθιστης μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός/100ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθιστης μεταβολής	
Υπολειμματικό Χλώριο		mg/L
Θολότητα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής	

Πίνακας 10: Ανώτατα επιτρεπτά όρια διαφόρων χημικών στοιχείων και ενώσεων στο πόσιμο νερό (WHO, 1993).

Στοιχείο/Ουσία	Σύμβολο Χημικός τύπος	Συνήθης περιεκτικότητα σε επιφανειακά και υπόγεια νερά	Ανώτατο επιτρεπτό όριο σύμφωνα με τον WHO
Αργίλιο	Al		0,2 mg/L
Αμμωνία	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/L(μέχρι 0,3 mg/L σε αναερόβιες συνθήκες)	-
Αντιμόνιο	Sb	< 4 µg/L	0.005 mg/L
Αρσενικό	As		0,01 mg/L
Αμίαντος			-
Βάριο	Ba		0,3 mg/L
Βηρύλλιο	Be	< 1 µg/L	-
Βόριο	B	< 1 mg/L	0,3 mg/L
Κάδμιο	Cd	< 1µg/L	0,003 mg/L
Χλώριο	Cl		250 mg/L
Χρόμιο	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁴	< 2 µg/L	0,05 mg/L
Χρώμα			<15 mg/L Pt-Co(επιθυμητή τιμή)
Χαλκός	Cu		2 mg/L
Κυανιούχα	CN		0,07 mg/L
Διαλ. Οξυγόνο	O ₂		-
Φθόριο	F	< 1,5 mg/L(μέχρι 10)	1,5 mg/L
Σκληρότητα	mg/L CaCO ₃		-
Υδρόθειο	H ₂ S		-
Σίδηρος	Fe	0,5 - 50 mg/L	-
Μόλυβδος	Pb		0,01 mg/L
Μαγγάνιο	Mn		0,5 mg/L
Υδράργυρος	Hg	< 0,5 µg/L	0,001 mg/L
Μολυβδαίνιο	Mb	< 0,01 mg/L	0,07 mg/L
Νικέλιο	Ni	< 0,02 mg/L	0,02 mg/L
Νιτρώδη-Νιτρικά	NO ₂ , NO ₃		50 mg/L (ολικό άζωτο)
Θολότητα		< 5 NTU (επιθυμητή)	
pH			-
Σελήνιο	Se	<< 0,01 mg/L	0,01 mg/L
Άργυρος	Ag	5 – 50 µg/L	-
Νάτριο	Na	< 20 mg/L	200 mg/L
Θειικά	So ₄ ²⁻		500 mg/L
Κασσίτερος	Sn		-

TDS			-
Ουράνιο	U		1,4 mg/L
Ψευδάργυρος	Zn		3 mg/L

Πίνακας 11: Ενδεικτικές παράμετροι (Παράρτημα Ι της ΚΥΑ Υ2/2600/2001)(http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b892_2001.1127472533032.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Στοιχείο/Ουσία	Σύμβολο Χημικός τύπος	Ανώτατο επιτρεπτό όριο σύμφωνα με τον WHO
Αργίλιο	Al	0,2 mg/L
Αμμωνία	NH ₄ ⁺	0,50 mg/L
Χλωριούχα	Cl ⁻	250 mg/L
<i>Clostridium perfringens</i> (περιλαμβανομένων και σπόρων)		0/100 ml
Χρώμα		Αποδεκτό για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής
Αγωγιμότητα		2500 μS/cm στους 20οC
pH		pH - ≥ 6.5 και ≤ 9.5
Σίδηρος	Fe	0,2 mg/L
Μαγγάνιο	Mn	0,05 mg/L
Οσμή		Αποδεκτή για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής
Οξειδωσιμότητα		5,0mg/L O ²
Θεικά	SO ₄ ²⁻	250mg/L
Νάτριο	Na	200mg/L
Γεύση		Αποδεκτή για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής
Αριθμός αποικιών σε 22 °C		Άνευ ασυνήθιστης μεταβολής
Κολοβακτηριοειδή		0/100ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)		Άνευ ασυνήθιστης μεταβολής
Θολότητα		Αποδεκτό για τους καταναλωτές - άνευ ασυνήθιστης μεταβολής
Τρίτιο (Ολική ενδεικτική δόση)	H ³	

Την Κ.Υ.Α Υ2/2600/2001 ακολούθησαν ορισμένες τροποποιήσεις που ρυθμίζουν την ποιότητα του νερού. Αυτές αναφέρονται στον πίνακα 12 όπου αναγράφεται επίσης τοΦΕΚ και ο ρόλος τους.

Πίνακας 12: η ελληνική νομοθεσία για την ποιότητα του πόσιμου νερού.

(http://www.elinyae.gr/el/category_details.jsp?cat_id=1862, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017)

Νομοθεσία	ΦΕΚ	Σκοπός
Υ.Α. Π/112/1057/2016/2016	241/Β`/9.2.2016	Θέσπιση απαιτήσεων προστασίας της υγείας του πληθυσμού από ραδιενεργές ουσίες που περιέχονται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2013/51/ΕΥΡΑΤΟΜ του Συμβουλίου, της 22ας Οκτωβρίου 2013
Εγκ. ΔΥΓ2/οικ. 9283/2014	--/28/1.2014	«Λήψη μέτρων διασφάλισης της ποιότητας του πόσιμου νερού σε περιπτώσεις εκτάκτων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών
Αρ. Πρωτ. Δ.ΥΓ2/οικ. 118578/2012	--/12/12.2012	Ενημέρωση της Υπηρεσίας επί ενεργειών σας σε περιπτώσεις Κρουσμάτων που οφείλονται στη νόσο των λεγεωναρίων και στην ακαταλληλότητα της ποιότητας του πόσιμου νερού
Υ.Α. οικ. 140384/2011	2017/Β`/9.9.2011	Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003 (Α` 280)
Υ.Α. ΔΥΓ2/Γ.Π. οικ 38295/2007	630/Β`/26.4.2007	Τροποποίηση της Υγειονομικής Διάταξης κοινής υπουργικής απόφασης Υ2/2600/2001 «Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της

		Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998
Υ.Α. ΔΥΓ2/53320/2006	1255/Β`/8.9.2006	Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (Υγειονομική διάταξη)
Υ.Α. ΔΥΓ2/31265/2006	1221/Β`/5.9.2006(Σχετ: 65414)	Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (Υγειονομική διάταξη)
Υ.Α. ΔΥΓ2/26414/2006	1132/Β`/21.8.2006	Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (Υγειονομική διάταξη)
Υ.Α. Δ.ΥΓ2/5932/2006	141/Β`/7.2.2006	Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση «για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης»
Κ.Υ.Α Υ2/2600/2001	892/Β`/11.7.2001	Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998
Υ.Α. Α5/288/1986	53/Β`/20.2.1986	Ποιότητα του πόσιμου νερού, σε συμμόρφωση προς την 80/778 οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15.7.1980

4.2 Μέθοδοι φυσικοχημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων

4.2.1 Δειγματοληψία νερού για χημική ανάλυση

Η τεχνική δειγματοληψίας που ακολουθείται για τη λήψη δείγματος πόσιμου νερού περιλαμβάνει άνοιγμα της βρύσης, μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου, αφού πρώτα έχει αφεθεί το νερό να τρέξει, και έπειτα γέμισμα πλαστικού δοχείου

δειγματοληψίας που έχει πρώτα ξεπλυθεί με το νερό που θα αναλυθεί 2-3 φορές. Η ανάλυση πρέπει να γίνει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, ενώ αν αυτό δεν είναι εφικτό, χρειάζεται συντήρηση των δειγμάτων στο ψυγείο στους 4 – 8°C.

4.2.2 Μέθοδοι ανάλυσης φυσικοχημικών παραμέτρων

Για τη σωστή φυσικοχημική ανάλυση του πόσιμου νερού, υπάρχουν διάφορα πρωτόκολλα που μπορούν να ακολουθηθούν. Ανάλυση των δοκιμασμένων μεθόδων και λεπτομερείς διαδικασίες περιγράφονται σε οδηγίες εταιριών όπως στις American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), και Water Environment Federation (WEF) (1998) και την Hach Company (www.hach.com).

Στις φυσικοχημικές αναλύσεις χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- **Βαρυμετρική ανάλυση:** σε αυτήν την μέθοδο ζυγίζονται στερεά που προέκυψαν από το δείγμα μετά από εξάτμιση, φιλτράρισμα ή κατακρήμνιση χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό των TS, SS and TDS.
- **Ογκομετρική ανάλυση:** χρησιμοποιείται για να μετρηθεί ο όγκος υγρών αντιδραστηρίων γνωστής δύναμης.
- **Χρωματομετρική ανάλυση:** συχνά είναι ιδιαίτερα κατάλληλη όταν εξετάζονται συστατικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Για ποσοτική χρήση, μια χρωματομετρική μέθοδος πρέπει να βασίζεται στο σχηματισμό ενός εντελώς διαλυτού προϊόντος με σταθερό χρώμα.
- **Άλλες μέθοδοι ανάλυσης:** σε αυτές ανήκουν οι φωτομετρία εκπομπής φλόγας, το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης, η αργυρομετρία, η ηλεκτρομετρία (τιμή pH και επιλεκτικό ηλεκτρόδιο ιόντων φθορίου) και η νεφελομετρία (θολερότητα).

4.2.3 Μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών

Παρακάτω γίνεται αναφορά στις μεθόδους υπολογισμού ορισμένων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών που μετρούνται για τον προσδιορισμό της ποιότητας του νερού.

Οξύτητα (pH)

Η τιμή του pH αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες ποιότητας του πόσιμου νερού. Πιο παλιά η μέτρησή της γινόταν με χρωματομετρική μέθοδο, δηλαδή χρησιμοποιώντας δείκτες οι οποίοι είναι ουσίες που ανάλογα με την τιμή του pH αλλάζουν χρώμα. Σήμερα όμως, η μέτρηση γίνεται εύκολα με αναλογικά ή ψηφιακά όργανα που ονομάζονται πεχάμετρα (εικόνα 6) (Νταρακάς, 2010).

Για τη μέτρηση της τιμής pH, χρησιμοποιείται πεχάμετρο που σταντάρεται σε pH 7,00, με τη βοήθεια ρυθμιστικού διαλύματος pH 7,00 στο οποίο τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια. Για να μετρηθεί το δείγμα, γίνεται εμβάπτιση του ηλεκτροδίου όταν το δείγμα βρίσκεται υπό ανάδευση. Γίνεται απευθείας αναγωγή από το πεχάμετρο σε θερμοκρασία 25 °C.



Εικόνα 6: Ψηφιακό πεχάμετρο.

(<http://agroanalytika.gr/default.asp?pid=745&langid=39&mdl=products&catid=324&prodid=5123>, τελευταία πρόσβαση 06/09/2017)

Στερεές ουσίες

Η μέτρηση των στερεών επιτυγχάνεται μέσω διήθησης του νερού έτσι ώστε να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα στερεά και εξάτμισης μέχρι ξηρού του διηθήματος. Τελικά τα στερεά υπολείμματα ζυγίζονται (Μήτρακας, 2001). Χρησιμοποιείται ο ειδικά βαθμονομημένος κώνος του Imhoff, στον οποίο υπολογίζεται ο όγκος των ουσιών που καθιζάνει σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 30 λεπτά) (Νταρακάς, 2010).

Αγωγιμότητα

Ο προσδιορισμός της αγωγιμότητας γίνεται πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ένα ειδικό όργανο, το αγωγιμόμετρο. Η μέτρηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της γέφυρας Wheatstone κατά την οποία γίνεται εξισορρόπηση της αγωγιμότητας του δείγματος προς μέτρηση με τη γνωστή αγωγιμότητα άλλων διαλυμάτων (Ζανάκη, 2001).

Θολότητα

Η θολότητα μετριέται με το ειδικό όργανο που ονομάζεται θολόμετρο ή νεφελόμετρο και η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στη σύγκριση της έντασης φωτός που διαχέεται περνώντας από ένα δείγμα νερού, με την ένταση του φωτός που διαχέεται όταν περνάει από ένα πρότυπα αιώρημα υπό τις ίδιες συνθήκες. Υπάρχει μια πηγή φωτός και ένα σύστημα στο οποίο υπάρχει η ένδειξη της έντασης του διαχεόμενου φωτός σε γωνία 90° ως προς την προσπίπτουσα δέσμη όταν αυτή διέρχεται από το προς εξέταση δείγμα. Αν στο δείγμα υπάρχουν ουσίες που προκαλούν χρωματισμό μπορεί να επηρεάζεται η θολότητα που μετριέται λόγω της απορρόφησης και μείωσης της έντασης του σκεδαζόμενου φωτός (Νταρακάς, 2010).

Ολική σκληρότητα

Για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, γίνεται ανάλυση νερού σε pH $10 \pm 0,1$, με τη χρήση ρυθμιστικού διαλύματος αμμωνίας-χλωριούχου αμμωνίου 10% ($\text{NH}_4\text{-NH}_4\text{Cl}$). Γίνεται ογκομέτρηση με μεταλλοχρωμικό δείκτη EBT (Μέλανος εριοχρώματος T) που σχηματίζει χελικά σύμπλοκα με μεταλλοκατιόντα, τα οποία έχουν διαφορετικό χρώμα από αυτό του ελεύθερου δείκτη. Μέχρι η απόχρωση του διαλύματος να είναι μπλε, γίνεται ογκομέτρηση με EDTA (Αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ) 0,01M.

Ανόργανα συστατικά

Για τη μέτρηση διάφορων ανόργανων συστατικών χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές. Η σπεκτοφωτομετρία χρησιμοποιείται για συστατικά όπως η αμμωνία, τα νιτρικά, το φθόριο, ο φώσφορος και το θείο. Χρησιμοποιούνται όργανα

που ονομάζονται φωτόμετρα και κατάλληλα αντιδραστήρια ανάλογα με την ουσία που θα μετρηθεί. Αρχικά, το φωτόμετρο μηδενίζεται με τη χρήση κυψελίδας που περιέχει δείγμα χωρίς το αντιδραστήριο, και στη συνέχεια μετρείται η επιθυμητή ουσία σε κυψελίδα που περιέχει το δείγμα και το αντιδραστήριο. Το νάτριο και το κάλιο μετρούνται με φωτομετρία εκπομπής φλόγας σε ειδικό φωτόμετρο. Άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η χρωματομετρία. Με αυτήν μπορούν να μετρηθούν διάφορα ιχνοστοιχεία όπως το αργίλιο, το βάριο, το χρώμιο, το χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος. Επίσης, χρησιμοποιείται η μέθοδος της ογκομέτρησης, για παράδειγμα για το ασβέστιο και τα χλωριούχα. Σε αυτήν χρησιμοποιείται κατάλληλος δείκτης και γίνεται προσθήκη των αντίστοιχων αντιδραστηρίων, μέχρι να αλλάξει η απόχρωση του διαλύματος ώστε να μετρηθεί ο όγκος.

Οργανικές ουσίες

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Για να μετρηθεί το BOD, αρχικά ορισμένη ποσότητα δείγματος αραιώνεται με νερό το οποίο είναι κορεσμένο σε οξυγόνο, και επώάζεται για πέντε μέρες σε σκοτεινό θάλαμο με θερμοκρασία 20 ± 1 °C. Στη συνέχεια γίνεται η μέτρηση υπολογίζοντας με αναγωγή της διαφοράς μεταξύ του αρχικού και του τελικού διαλυμένου οξυγόνου στον συντελεστή αραιώσης του δείγματος με νερό. Το νερό αραιώσης, επειδή για τη βακτηριακή ανάπτυξη εκτός από τον άνθρακα απαιτούνται και άλλα στοιχεία, είναι εμπλουτισμένο με τα κατάλληλα διαλύματα για την ανάπτυξη των βακτηρίων. Επίσης, γίνεται προσθήκη στο νερό αραιώσης ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικών ώστε το pH να μείνει σταθερό σε επιθυμητά για την ανάπτυξη των βακτηρίων επίπεδα (Ζανάκη, 2001).

Η μέτρηση του BOD μπορεί να γίνει με τρεις μεθόδους:

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

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Η τιμή του COD μπορεί να βρεθεί με μακρο-μέθοδο ή μικρο-μέθοδο. Η μακρο-μέθοδος πραγματοποιείται σε συσκευή ανοικτού σωλήνα η οποία είναι σφαιρική

φιάλη που συνδέεται με κάθετο ψυκτήρα. Εφαρμόζεται κυρίως σε απόβλητα με μεγάλο όγκο δείγματος. Η μικρο-μέθοδος πραγματοποιείται σε κλειστό σωλήνα και είναι πιο οικονομική μέθοδος γιατί απαιτεί μικρότερες ποσότητες αντιδραστηρίων. Έχει προϋπόθεση την ομογενοποίηση των δειγμάτων με αιωρούμενα στερεά. Η περίσσεια των διχρωμικών μπορεί να μετρηθεί είτε με ογκομέτρηση είτε με φωτομέτρηση. Υπάρχουν ειδικές συσκευές (CODmeter) με θερμαντικά σώματα που έχουν ενσωματωμένες υποδοχές για να τοποθετηθούν σωλήνες ώστε να ρυθμιστεί η θερμοκρασία στους 150 °C, οι οποίες αν συνδυαστούν με φωτόμετρο φίλτρων επιτρέπουν την απευθείας μέτρηση της περισσειας των διχρωμικών. Στο εμπόριο υπάρχουν σωλήνες με την κατάλληλη αναλογία αντιδραστηρίων (Ζανάκη, 2001).

Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)

Ο προσδιορισμός του TOC βασίζεται στο να απλοποιηθούν τα οργανικά μόρια και να μετατραπούν σε διοξείδιο του άνθρακα. Η μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα στη συνέχεια μπορεί να γίνει με τρεις μεθόδους (Ζανάκη, 2001).

Η πρώτη μέθοδος είναι η μέθοδος καύσης/υπέρυθρων που βασίζεται στην καύση της οργανικής ύλης και στη μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται με αναλυτή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Είναι κατάλληλη για δείγματα με συγκέντρωση μεγαλύτερη από 1 mg/L ως 150 mg/L. Χρησιμοποιείται για το πόσιμο νερό και για απόβλητα και δεν επηρεάζεται από άλατα, οξέα και βάσεις στο δείγμα.

Η δεύτερη μέθοδος έχει ως βάση την οξείδωση της οργανικής ύλης με υπερθειικό, παρουσία υπεριωδών ακτινών. Η μέτρηση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να γίνει με φλογοϊοντικό ανιχνευτή ή με χημική ογκομέτρηση. Κατάλληλη χρήση της μεθόδου αυτής γίνεται για προσδιορισμό ιχνών οργανικού άνθρακα στο νερό, ενώ βρίσκει εφαρμογές σε βιομηχανίες φαρμάκων, παραγωγής ηλεκτρονικού υλικού, και σε αυτές με μονάδες που παράγουν ατμό.

Η τρίτη μέθοδος είναι η υγρή οξείδωση του δείγματος. Σε αυτήν το δείγμα οξυνίζεται, γίνεται απομάκρυνση του ανόργανου άνθρακα και οξείδωση με υπερθειικό σε αυτόκαυστο με θερμοκρασία 116-130 °C. Παράγεται διοξείδιο του άνθρακα το οποίο μετρείται φασματοφωτομετρικά με υπέρυθη ακτινοβολία. Για δείγματα με συγκέντρωση TOC τουλάχιστον 0,1 mg/L αυτή είναι κατάλληλη μέθοδος. Εφαρμόζεται σε δείγματα νερού με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών και χλωριούχου νατρίου.

4.2.4 Μέθοδοι ανάλυσης μικροβιολογικών παραμέτρων

Είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι διαφορετικές μέθοδοι για την αναγνώριση των παθογόνων μετράνε διαφορετικές ιδιότητες. Μέθοδοι καλλιέργειας, όπως οι υγρές καλλιέργειες ή βακτηριακά μέσα βασισμένα στο άγαρ και κυτταρικές καλλιέργειες για ιούς και φάγους, εντοπίζουν ζωντανούς οργανισμούς με βάση τη μόλυνση ή ανάπτυξη. Η αναγνώριση παθογόνων με μικροσκοπία, παρουσία νουκλεϊκών οξέων ή πολλαπλασιασμό (π.χ. αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης) και ανοσολογικές δοκιμασίες (π.χ. ενζυμική ανοσοπροσροφητική δοκιμασία) μετράνε τη φυσική παρουσία παθογόνων ή συστατικών τους που δεν προϋποθέτει ότι οι οργανισμοί που ανιχνεύονται είναι ζωντανοί ή μολυσματικοί (WHO, 2011).

Για την απομόνωση μικροοργανισμών σε καλλιέργειες χρησιμοποιούνται το McConkey άγαρ και το platecount άγαρ. Γίνεται επώαση με μεμβράνες φίλτρου. Ο αριθμός των εντεροβακτηρίων και της *E.coli* μπορεί να μετρηθεί με τη μέθοδο των μεμβρανών. Με αυτή τη μέθοδο μπορεί να εξεταστεί μεγάλος αριθμός δειγμάτων και δίνει άμεσα τον αριθμό των ολικών κολοβακτηρίων και της *E.coli* που είναι παρόντα στο δείγμα νερού. Γίνεται διήθηση υπό κενό μέσω αποστειρωμένων μεμβρανών με πόρους, συνήθως διαμέτρου 0,45 μm, που κατακρατούν τα μικροβιακά κύτταρα. Η μεμβράνη τοποθετείται σε κατάλληλο επιλεκτικό μέσο σε αποστειρωμένες συνθήκες και επωάζεται σε κατάλληλη θερμοκρασία. Αν στο δείγμα υπάρχουν κολοβακτηρίδια ή/και κολοβακτηρίδια κοπράνων δημιουργούνται αποικίες και μπορούν να μετρηθούν άμεσα.

- Για την απομόνωση της *E.coli*: Το δείγμα νερού (100 mL) διηθείται με αποστειρωμένο φίλτρο μεμβράνης 0,45 μm. Η μεμβράνη τοποθετείται στη συνέχεια σε άγαρ McConkey ασηπτικά, και το πιάτο επωάζεται στους 45 °C για 22 ώρες.
- Για την απομόνωση των γενικών κολοβακτηριδίων: το δείγμα νερού (100 mL) φιλτράρεται με ξεχωριστή αποστειρωμένη μεμβράνη 0,45 μm. Στη συνέχεια η μεμβράνη τοποθετείται ασηπτικά σε McConkey άγαρ και επωάζεται στους 37 °C για 24 ώρες.
- Για την απομόνωση των συνολικών βακτηρίων: το δείγμα νερού (100 mL) φιλτράρεται με αποστειρωμένη μεμβράνη (0,45 μm) και στη συνέχεια τοποθετείται ασηπτικά σε τριβλίο Petri με την τεχνική της ενσωμάτωσης,

χρησιμοποιώντας υγρό θρεπτικό που περιέχει άγαρ και αφήνεται να στερεοποιηθεί, επωάζοντας στους 37 °C για 24 ώρες.

Οι τεχνικές φιλτραρίσματος μεμβράνης και μέτρησης αποικιών υποθέτουν ότι κάθε βακτήριο, σύμπλεγμα βακτηρίων, ή σωματίδιο με προσκολλημένα βακτήρια, θα δημιουργήσει μια ενιαία ορατή αποικία. Κάθε μία από αυτές τις συστάδες ή σωματίδια είναι, επομένως, μια μονάδα σχηματισμού αποικιών (cfu) και τα αποτελέσματα εκφράζονται ως αποικίες σε μονάδα όγκου. Μπορούν να εκφραστούν ως αποικίες ανά 100 ml δείγματος, αλλά επειδή χρησιμοποιούνται και μικρότεροι όγκοι, γίνεται υπολογισμός σύμφωνα με τον τύπο:

Αριθμός αποικιών στα 100 ml = [(αριθμός αποικιών) / (διηθημένος όγκος)] x 100

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το νερό αποτελεί βασική ένωση για τη ζωή, που κυκλοφορεί στη γη μέσω του υδρολογικού κύκλου αλλάζοντας μορφές. Η σύστασή του περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία σε χαρακτηριστικές ποσότητες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για γεωργική, βιομηχανική ή οικιακή χρήση. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις πολλές φορές οδηγούν στην ρύπανση ή μόλυνση του νερού, που έχει αρνητικές συνέπειες και για την ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι αρνητικές συνέπειες πρέπει να εξαλείφονται όταν το νερό ορίζεται ως πόσιμο για κατανάλωση. Γι' αυτό και υπάρχουν νομοθεσίες που προσδιορίζουν τα επιτρεπτά όρια στις φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους του.

Οι μοναδικές ιδιότητες που παρουσιάζει το νερό, οφείλονται στις χαρακτηριστικές φυσικοχημικές ιδιότητές του. Το νερό είναι ένα πολικό μόριο που σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου και αποτελεί εξαιρετικό διαλύτη. Έχει χαρακτηριστικές θερμικές ιδιότητες, δυσανάλογες με το μέγεθός του. Επίσης, τα μόριά του έχουν μεγάλη συνοχή και μεγάλη αντοχή στη στάση.

Όσον αφορά τις φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους που πρέπει να ελέγχονται στο πόσιμο νερό, πολλά είναι τα στοιχεία που πρέπει να μετρούνται. Στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ανήκουν για παράδειγμα το pH, οι στερεές ουσίες, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αλατότητα, η καταλληλότητα για άρδευση, η θολότητα, η γεύση, η οσμή, το χρώμα και η σκληρότητα. Ακόμη, ελέγχονται διάφορα ανόργανα συστατικά όπως η αμμωνία, το άζωτο, ο φώσφορος, το οξυγόνο, το χλώριο, τα θειικά ιόντα, το κάλιο, το νάτριο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο και διάφορα ιχνοστοιχεία. Επίσης, για τη μέτρηση των οργανικών συστατικών ελέγχονται το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) και τα απορρυπαντικά. Σχετικά με τις μικροβιολογικές παραμέτρους, διάφορα βακτήρια, ιοί και πρωτόζωα μπορούν να εντοπιστούν στο νερό και να μεταδώσουν ασθένειες στους ανθρώπους. Τα κολοβακτηρίδια αποτελούν συχνή αιτία μόλυνσης, γι' αυτό στον βασικό μικροβιολογικό έλεγχο συμπεριλαμβάνονται το σύνολο των κολοβακτηριδίων και τα κολοβακτηρίδια κοπράνων. Επίσης, χρησιμοποιούνται δείκτες όπως η *Escherichiacoli*, για μόλυνση κοπράνων και πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων.

Ο έλεγχος των παραπάνω χαρακτηριστικών γίνεται σε ορισμένα πλαίσια. Τα επιτρεπτά όρια διευκρινίζονται από την οδηγία 80/778 της Ε.Ε., σε συμφωνία με την οποία εκδόθηκε και στην Ελλάδα η διάταξη Α5/288/23.1.1986. Ακολούθησε η ΚΥΑ Υ2/2600/01 για την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, σε συμμόρφωση με την οδηγία 98/83/ΕΚ, καθώς και κάποιες συμπληρωματικές τροποποιήσεις. Για να επιτευχθεί ο έλεγχος ακολουθούνται κατάλληλες μέθοδοι από διαπιστευμένα εργαστήρια που περιλαμβάνουν βαρυμετρική, ογκομετρική, χρωματομετρική και άλλες μεθόδους ανάλυσης, ανάλογα με το χαρακτηριστικό που μελετάται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Βουδούρης, Κ.(2006)*Θέματα υδρογεωλογίας περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γαλάτης, Β., Γανωτάκης, Δ., Γκάνη-Σπυροπούλου, Κ., Καραμουνιώτης, Γ., ΚοτζαμπάσηςΚ., Κωνσταντινίδου, Ε.Ι., Μανέτας, Ι., καιΡουμπελάκη-Αγγελάκη, Κ.Α. (2009)*Φυσιολογία Φυτών από το μόριο στο περιβάλλον*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης (2001)*Ελληνικόεθνικό σχέδιο δράσης κατά της ερημοποίησης*. Αθήνα: Υπουργείο Γεωργίας

Ζανάκη, Κ.(2001)*Έλεγχος Ποιότητας Νερού*. Αθήνα: Ίων.

Καραβίτης, Χ. καιΑγγελίδης, Σ. (2005) *Διαχείριση Περιβάλλοντος – Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Περιβάλλον*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Καραούλη Β. (2003)*Ποιότητα του πόσιμου νερού – ισχύον και νέο θεσμικό πλαίσιο - Η ανταπόκριση στις απαιτήσεις της οδηγίας 98/83 ΕΚ για την ποιότητα του πόσιμου νερού*. Αθήνα: ΤΕΕ

Κοδοσάκης, Δ. (1992)*Διαχείριση φυσικών πόρων και ενέργειας*. Πειραιάς: Σταμούλη.

Μαλλιάρης, Χ.(2000)*Περιβάλλον, Ρύπανση, τεχνικές αντιρρύπανσης, αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Μαλεφάκης, Γ.(1998)*Ποιότητα Επιφανειακών και Υπόγειων Νερών*. Πειραιάς: Σταμούλη.

Μήτρακας, Μ.(2001)*Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού*. 2η έκδοση. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Νταρακάς, Ε. (2010)*Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

APHA, AWWA and WEF. (1998) *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington: APHA-AWWA-WEF.

Belitz, H.D., Grosch, W., και Schieberie, P. (2011) *Χημεία Τροφίμων*. 3η έκδοση. Μεταφρασμένο από τα Αγγλικά από τους Παπαγεωργίου, Μ.Δ., Βάρναλης, Α.Ι. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Craun, G.F., Berger, P.S. and Calderon, R.L. (1997) Coliform bacteria and waterborne disease outbreaks. *J. AWWA*. 89(3), 96–104.

Edberg, S.C., Rice, E.W., Karlin, R.J. and Allen, M.J. (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection, *J. Appl. Microbiol.* 88(S1), 106S-116S.

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

Olstadt, J., Schauer, J.J., Standridge, J. and Kluender, S. (2007) A comparison of ten USEPA approved total coliform/*E. coli* tests. *J Water Health*. 5(2), 267-82.

Kramer, M.H., Herwaldt, B.L., Calderon, R.L. and Juranek, D. D. (1996) Surveillance for waterborne-disease outbreaks—United States, 1993-1994. *MMWR Surveillance Summaries*. 45 (No. SS-1), 1–33.

Martz, G., 1976. Υδραυλική των οικισμών. Μεταφρασμένο από τα Γερμανικά από τον Ευστρατιάδη, Γ.Ρ. Αθήνα: Γκιούρδας.

Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., A, M. R. and Laurent, P., (2002) Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches, *J. Microbiological Methods*, 49 (1), 31-54.

Szewzyk, U., Szewzyk, R., Manz, W., and Schleifer, K.H. (2000) Microbiological safety of drinking water. *Annual Review of Microbiology*. 54 (1), 81-127.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2012) *Φυσιολογία Φυτών*. Μεταφρασμένο από τα Αγγλικά γενική επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Θάνος, Κ. Κρήτη: Utopia.

US Environmental Protection Agency (2002)*Method 1604: total coli-forms and Escherichia coli in water by membrane filtration using a simultaneous detection technique (M1medium)*. Washington: USEPA Office of Water.

WHO (1993)*Guidelines for drinking water quality Recommendations*. 4th Ed. Geneva: World Health Organization.

WHO (2011)*Guidelines for Drinking-water Quality*. 4th Ed. Geneva: World Health Organization.

Διαδίκτυο

<http://8gym-perist.att.sch.gr/Programes/water/water2.htm>, τελευταία πρόσβαση στις 07/09/2017

<http://agroanalytika.gr/default.asp?pid=745&langid=39&mdl=products&catid=324&productid=5123>, τελευταία πρόσβαση 06/09/2017

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A31980L0778&from=EL>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017

<https://water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html>, τελευταία πρόσβαση 06/09/2017

<http://www.aua.gr/wrm/Simioseis/Propryhiaka/AHEC/test.pdf>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017

http://www.elinyae.gr/el/category_details.jsp?cat_id=1862, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017

http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b192_1997.1127370202432.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017

http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b892_2001.1127472533032.pdf, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017

<http://www.wikiwand.com/hu/V%C3%ADZ>, τελευταία πρόσβαση στις 06/09/2017