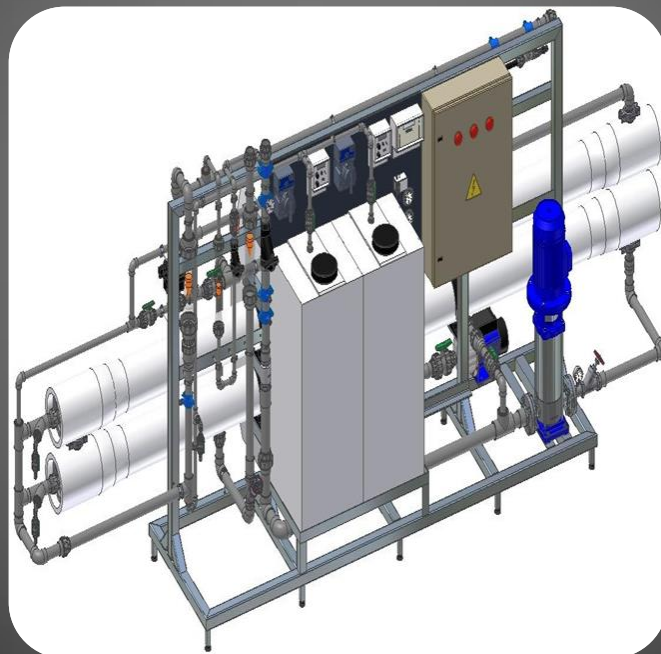




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



«Μελέτη της ποιότητας του νερού τροφοδοσίας βιομηχανικού συστήματος αντίστροφης όσμωσης πριν και μετά την προεπεξεργασία του με προχλωρίωση / φίλτρανση / αποχλωρίωση – Συσχέτιση της ποιότητας του αφαλατωμένου νερού με τα χαρακτηριστικά του νερού τροφοδοσίας και την απόδοση της προεπεξεργασίας»

Εισηγητής : Κατσαράκης Νικόλαος
Φοιτητής : Παππάς Γιάννης - Α.Μ. 5902

- Ηράκλειο 2014 -2015 -

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	6
Κεφάλαιο 1 ^ο	7
Νερό : Ο πολυτιμότερος φυσικός πόρος για τη ζωή	7
1.1 Το σημαντικότερο φυσικό αγαθό	8
1.2 Χημική σύσταση του μορίου του νερού.....	9
1.3 Ο κύκλος του νερού.....	10
1.4 Μορφές του νερού	11
1.5 Κακή και αλόγιστη χρήση του νερού.....	11
1.6 Η ορθολογική χρήση του νερού	12
1.7 Αξία του υδάτινου πόρου.....	13
1.8 Ρύπανση και μόλυνση των υδάτων.....	13
1.9 Πηγές Ρύπανσης υδάτινων πόρων.....	14
1.10 Ρύπανση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.....	15
1.11 Υφαλμύρωση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα	15
1.12 Επιπτώσεις ρύπανσης	16
1.13 Τρόποι αντιμετώπισης ρύπανσης	16
Κεφάλαιο 2 ^ο	18
Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού.....	18
2.1 Έλεγχος ποιότητας νερού	19
2.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού.....	20
2.2.1 Θερμοκρασία.....	20
2.2.2 Οξύτητα (pH)	20
2.2.3 Αλκαλικότητα	21
2.2.4 Αγωγιμότητα και αλατότητα	22
2.2.5 Οσμή και γεύση του νερού.....	22
2.2.6 Χρώμα.....	24
2.2.7 Θολότητα.....	25
2.2.8 Στερεές ουσίες.....	26
2.2.9 Άλατα.....	26
2.2.10 Σκληρότητα.....	27
2.2.11 Κατιόντα [K , Na +, Ca + +, Mg + +, NH4 +].....	28
2.2.12 Ανιόνταν (Cl -, F -, NO2 , NO3 , SO4 - 2).....	30
2.2.13 Θρεπτικά συστατικά (N, P, Si).....	32

2.2.14	Ιχνοστοιχεία – Βαριά μέταλλα	35
2.3	Βιοχημικά χαρακτηριστικά του νερού.....	39
2.3.1	Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.).....	39
2.3.2	Βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD).....	39
2.3.3	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....	40
2.3.4	Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	40
2.3.5	Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του νερού	41
2.4	Υγειονομικός έλεγχος νερού	43
	<i>Κεφάλαιο 3^ο</i>	44
	Νομοθετικό Πλαίσιο.....	44
3.1	Ισχύουσα νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα του νερού.....	45
3.2	Κανονισμοί για την ποιότητα του πόσιμου νερού	49
3.3	Εθνική νομοθεσία νερού.....	49
3.4	Οδηγία – Πλαίσιο	50
3.5	Οδηγία – Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής ένωσης (2000/60)	51
3.6	Ζώνες προστασίας έργων.....	53
	<i>Κεφάλαιο 4^ο</i>	54
4.1	Εισαγωγή.....	55
4.2	Λίγα λόγια για την Αφαλάτωση.....	55
4.2.1	Μέθοδοι αφαλάτωσης.....	56
4.3	Λίγα λόγια για την Αντίστροφη όσμωση	56
4.4	Αρχή λειτουργίας αντίστροφης όσμωσης.....	57
4.5	Υποσυστήματα αντίστροφης ώσμωσης.....	58
4.5.1	Σύστημα προ-επεξεργασίας.....	58
4.5.2	Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης.....	59
4.5.3	Το σύστημα μετ-επεξεργασίας.....	61
4.6	Υλικό μεμβρανών	62
4.7	Τύποι μεμβρανών.....	62
4.8	Επιλογή μεμβράνης αντίστροφης όσμωσης	64
4.9	Παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών.....	64
	<i>Κεφάλαιο 5^ο</i>	66
5.1	Περιγραφή εξοπλισμού και εγκατάστασης.....	67
5.2	Διάγραμμα Ροής.....	69
5.3	Σημεία Δειγματοληψίας.....	69

Κεφάλαιο 6 ^ο	70
Ογκομετρικοί Προσδιορισμοί	72
6.1 Προσδιορισμός ολικής σκληρότητας	72
6.2 Προσδιορισμός ανθρακικής ή παροδική σκληρότητας και προσδιορισμός ppm HCO₃ – 72	
6.3 Προσδιορισμός Μόνιμης σκληρότητας.....	72
6.4 Προσδιορισμός ασβεστίου Ca ++ και μαγνησίου Mg ++ σε νερά με συμπλοκομετρική τιτλοδότηση.....	74
6.4.1 Προσδιορισμός ασβεστίου Ca + 2 σε νερά	74
6.4.2 Προσδιορισμός ασβεστίου Mg + 2 σε νερά.....	75
6.5 Προσδιορισμός pH	77
6.6 Προσδιορισμός Αγωγιμότητας k.....	77
6.7 Προσδιορισμός Διαλυμένου οξυγόνου (DO)	78
Φωτομετρικοί Προσδιορισμοί	80
6.8 Προσδιορισμός NO₂ – ppm και NO₃ – ppm	80
6.9 Προσδιορισμός Χλωρίου Cl – στο νερό	81
6.10 Προσδιορισμός Θεικών Ανιόντων (SO₄ – 2)	83
6.11 Προσδιορισμός φωσφορικών PO₄ – 3- P	83
6.12 Προσδιορισμός υπολειμματικό χλώριο Cl₂	83
6.13 Προσδιορισμός σιδήρου Fe	84
6.14 Προσδιορισμός Νατρίου Na	85
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
Βιβλιογραφία	89
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	90
Ογκομετρικοί Προσδιορισμοί	90
➤ Προσδιορισμός ολικής σκληρότητας	90
➤ Προσδιορισμός ανθρακικής ή παροδική σκληρότητας και προσδιορισμός ppm HCO₃ – .	90
➤ Προσδιορισμός Μόνιμης σκληρότητας.....	91
➤ Προσδιορισμός ασβεστίου Ca + 2 σε νερά	92
➤ Προσδιορισμός ασβεστίου Mg + 2 σε νερά.....	92
➤ Προσδιορισμός pH	93
➤ Προσδιορισμός Αγωγιμότητας k.....	93
Φωτομετρικοί Προσδιορισμοί	93
➤ Προσδιορισμός NO₂ – ppm και NO₃ – ppm	93
➤ Προσδιορισμός χλωρίου Cl – στο νερό	94

➤ Προσδιορισμός Θεικών Ανιόντων (S04 – 2)	94
➤ Προσδιορισμός φωσφορικών P04 – 3- P	94
➤ Προσδιορισμός υπολειμματικό χλώριο Cl2	94
➤ Προσδιορισμός σιδήρου Fe.....	95
➤ Προσδιορισμός Νατρίου Na.....	95

*Ευχαριστώ από καρδιάς,
όλους όσους με βοήθησαν,
στην διεκπεραίωση αυτής της πτυχιακής
και ειδικότερα την Κατερίνα!!!*

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, πραγματοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, στο τμήμα Μηχανολογίας. Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας, είναι η μελέτη της ποιότητας νερού τροφοδοσίας συστήματος αντίστροφης όσμωσης πριν και μετά την προεπεξεργασία, τη συσχέτιση του με αφαλατωμένο νερό, και την απόδοση του συστήματος προεπεξεργασίας πριν τη φίλτρανση με μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης.

Το πόσιμο νερό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αγαθά για τον άνθρωπο. Δεν αποτελεί μόνο απαραίτητο στοιχείο επιβίωσης, αλλά και παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά την υγεία. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες η κακή ποιότητα του νερού είναι αιτία μαζικών επιδημιών και χιλιάδων θανάτων. Η καταπολέμηση της λειψυδρίας μέσω της αφαλάτωσης είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα που έχει αρχίσει να απασχολεί σοβαρά παγκοσμίως και γίνονται πια ουσιαστικές κινήσεις προς αυτήν την κατεύθυνση.

Το πρόβλημα των επικίνδυνων παραπροϊόντων που μπορεί να σχηματιστούν κατά την διάρκεια της απολύμανσης ανέκυψε στα μέσα της δεκαετίας του 70. Από τότε αποτελεί ένα από τα πλέον συζητημένα και ερευνούμενα ζητήματα της βιομηχανίας πόσιμου νερού στον κόσμο τοποθετώντας το ζήτημα αυτό αλλά και την επεξεργασία του πόσιμου νερού γενικότερα σε νέες βάσεις. Η φίλτρανση και απολύμανση του πόσιμου νερού μπορεί να θεωρηθεί το σημαντικότερο μέτρο του τελευταίου αιώνα για την προστασία της υγείας. Η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών στο πόσιμο νερό έχει συμβάλλει στην δραστική μείωση των ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό στις αναπτυγμένες κυρίως χώρες, ενώ η έλλειψη του μέτρου αυτού σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες είναι η αιτία χιλιάδων θανάτων, κυρίως παιδιών.

Ανάμεσα στις διάφορες τεχνολογίες αφαλάτωσης που υπάρχουν, η πιο αποδοτική σε ενεργειακό επίπεδο, είναι η επεξεργασία του νερού με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (reverse osmosis), η οποία πλεονεκτεί λόγω της ευελιξίας της κατά την διαστασιολόγηση. Η διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης, αποτελείται από τρία βασικά στάδια : την προεπεξεργασία, τη διαπέραση του νερού από την μεμβράνη και την τελική επεξεργασία.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες με σκοπό τη βελτίωση της τεχνολογίας της αντίστροφης όσμωσης, με αποτέλεσμα τη περεταίρω μείωση του αρχικού κεφαλαίου και του κόστους λειτουργίας. Η μεγαλύτερη πρόοδος ωστόσο έχει επιτευχθεί στις ίδιες τις μεμβράνες οι οποίες πλέον έχουν μεγαλύτερη αντοχή και διάρκεια ζωής και επιτρέπουν την καλύτερη ροή του νερού.

Εν κατακλείδι, παρουσιάζονται αναλυτικά οι φυσικοχημικές αναλύσεις των κυριότερων ποιοτικών παραμέτρων του νερού, χωρισμένες σε ογκομετρικούς και φωτομετρικούς προσδιορισμούς. Το αποτέλεσμα του πειραματικού μέρους είναι η εκτίμηση της ποιότητας του νερού και της προεπεξεργασίας..

Κεφάλαιο 1^ο

Νερό : Ο πολυτιμότερος φυσικός
πόρος για τη ζωή



1.1 Το σημαντικότερο φυσικό αγαθό

Παρατηρώντας, τον πλανήτη Γη από το διάστημα μπορεί αμέσως να χαρακτηριστεί σαν γαλάζιος πλανήτης, εξαιτίας του άφθονου νερού που τον καλύπτει. Αν μάλιστα μπορούσε να κατανεμηθεί το νερό της γης ομοιόμορφα στην επιφάνειά της, αυτό θα είχε μέσο βάθος 2,7 km.

Ένα από τα πολυτιμότερα αγαθά και ταυτόχρονα φυσικός πόρος ο οποίος κατατάσσεται στην κατηγορία των κοινωνικών αγαθών είναι το νερό. Το όνομα αυτό προέρχεται από την καθαρεύουσα *ύδωρ* ή την βυζαντινή φράση *νεαρόν ύδωρ* το οποίο σήμαινε τρεχούμενο νερό (που μόλις βγήκε από την πηγή). Το νερό είναι η μοναδική φυσική πρώτη ύλη που δεν αποτελεί καρπό συγκομιδής και ίσως αυτός είναι ο λόγος που είναι απόλυτα συνυφασμένο με την ύπαρξη της ζωής σε όλες της μορφές της.

Στην αρχαία Ελλάδα το νερό είχε συνδεθεί και με άλλες έννοιες όπως η ίαση (θεραπεία), η ευζωία, ο πολιτισμός. Το γεγονός ότι πολλές από τις πηγές ήταν ταυτόχρονα τόποι λατρείας, όπως και το ιστορικό δεδομένο ότι ιατρεία δημιουργούνταν συνήθως κοντά σε ιαματικές πηγές, συνδέει το *ύδωρ* με την υγεία και την ιατρική. Δεν αποτελεί μόνο απαραίτητο στοιχείο επιβίωσης, αλλά και παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά την υγεία. Η Ελλάδα είναι διάσπαρτη με υδραγωγεία και στην Κνωσό, Φαιστό και Ζάκρο είχε εφαρμοστεί ένα σύστημα διαχείρισης του νερού για καθημερινή χρήση, τα οποία θεωρούνται τα πρώτα στην ιστορία.

Η αξία του νερού για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη είναι ανυπολόγιστη. Το νερό που βρίσκεται πάνω στη Γη καλύπτει το 71% της συνολικής επιφάνειας της.

Σχεδόν το 97% βρίσκεται στους ωκεανούς και στις θάλασσες και είναι ιδιαίτερα αλατούχο άρα δεν είναι κατάλληλο για πόση, άρδευση ή βιομηχανική χρήση. Υπολογίζεται ότι οι συνολικά διαθέσιμες ποσότητες γλυκού νερού είναι 0,6% του συνολικού νερού πάνω στη Γη και από αυτό το 98,8% είναι υπόγεια νερά. Όπως φαίνεται οι ποσότητες γλυκού νερού πάνω στη Γη, είναι περιορισμένες παρόλο που αυτό συνεχώς ανακυκλώνεται. Η ύπαρξη καλής ποιότητας νερού είναι προϋπόθεση για την επιβίωση του ανθρώπινου είδους, αλλά και του περιβάλλοντος

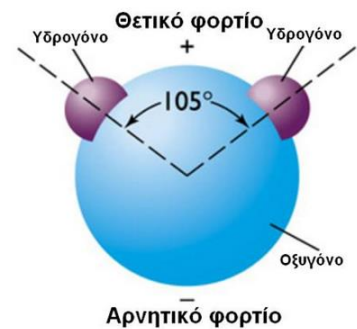


Αυτός ο πολύτιμος φυσικός πόρος, το νερό χρειάζεται προσεκτική διαχείριση από όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και ιδιαίτερα από αυτούς που συμβάλλουν στη ρύπανση του. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες η κακή ποιότητα του νερού είναι αιτία μαζικών επιδημιών και χιλιάδων θανάτων. Στις ανεπτυγμένες χώρες όπου τα προβλήματα αυτά έχουν εκλείψει λόγω της απολύμανσης που εφαρμόζεται

σχεδόν καθολικά, η αστική, βιομηχανική και αγροτική ρύπανση μειώνουν την ποιότητα του φυσικού νερού με αποτέλεσμα να ανακύπτουν προβλήματα αφανή στον απλό καταναλωτή με πιθανές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία.

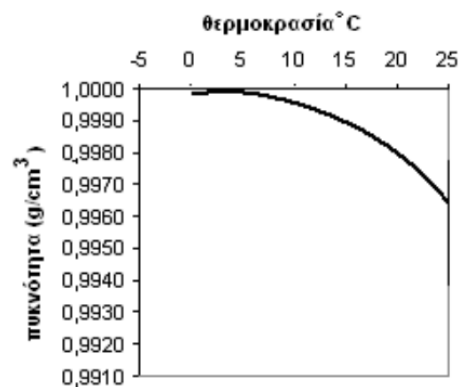
1.2 Χημική σύσταση του μορίου του νερού

Το νερό μέχρι τον 18^ο αιώνα θεωρούνταν στοιχείο. Πρώτος ο πατέρας της νεότερης χημείας Λαβουαζιέ, απέδειξε ότι πρόκειται για μια πολύ απλή ένωση που αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου (O) και δύο άτομα υδρογόνου (H) που συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς. Ο χημικός τύπος του νερού που προέκυψε είναι H_2O , αλλά σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται και ο τύπος HOH και σπανιότερα OH_2 .



Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού και ιδιαίτερα η διαλυτική του ικανότητα είναι πολύ σημαντικές για το οικοσύστημα. Αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές του νερού δίνονται παρακάτω:

- i. Πολλά χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις διαλύονται στο νερό και ορισμένες από αυτές μεταφέρονται με την επίγεια και υπόγεια κίνηση του νερού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα του νερού συνδέεται με τη διαβρωτική του ιδιότητα. Το νερό διαβρώνει το υπόστρωμα ροής του και εμπλουτίζεται με φερτά υλικά. Ωστόσο το φαινόμενο της διάβρωσης, δεν οφείλεται αποκλειστικά στη διαλυτική ικανότητα του νερού. Τόσο το νερό της βροχής, όσο και τα επιφανειακά και υπόγεια νερά δεν είναι ποτέ απόλυτα καθαρά.
- ii. Είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, κακός αγωγός της θερμότητας και διαλύτης πολλών ουσιών, γι' αυτό αποτελεί μέχρι και το 90% των κυττάρων των οργανισμών. Οι περισσότερες ενώσεις που κυκλοφορούν μέσα σε κάθε οργανισμό είναι διαλυτές στο νερό και έτσι διευκολύνεται η μεταφορά τους από κύτταρο σε κύτταρο, αλλά και από το ένα τμήμα του κυττάρου στο άλλο.
- iii. Η ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων συνοχής και συνάφειας.
- iv. Η μεγαλύτερη πυκνότητά του σε υγρή μορφή απ' ότι σε στερεή. Μία ακόμα ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα του νερού είναι η μεγιστοποίηση της πυκνότητάς του στους 4°C. Μείωση της θερμοκρασίας του νερού μέχρι τους 4°C προκαλεί αύξηση της πυκνότητας και του βάρους του. Κάτω από τους 4°C η πυκνότητα του νερού μειώνεται (η πυκνότητα του νερού στην υγρή του μορφή είναι 0,99987 g/cm³, ενώ στη στερεή μορφή πάγος είναι 0,9164 g/cm³).

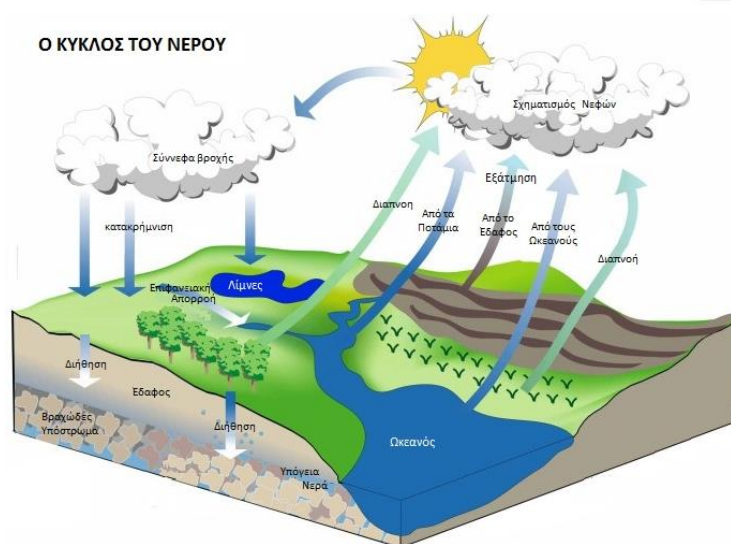


- v. Η αντιστρεπτή διάσταση του νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου, γεγονός που το καθιστά έναν αμφολύτη.

1.3 Ο κύκλος του νερού

Το νερό είναι απαραίτητος πόρος για τον άνθρωπο, ανεξάντλητος από την φύση γιατί ανακυκλώνεται με τον υδρολογικό κύκλο και αποτελεί τον ουσιώδη παράγοντα για την ανάπτυξη της οικονομίας κάθε κοινωνίας, εφόσον χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, αλλά και στον δευτερογενή. Σχεδόν όλα τα προϊόντα που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για την επιβίωση του, όπως προϊόντα διατροφής, ένδυσης και άλλα πολλά για να παραχθούν χρειάζονται νερό. Η πολύτιμη αξία του φαίνεται από ότι έχει καταχωρηθεί ως κοινωνικό αγαθό και η πρόσβαση σ' αυτό ως βασικό ανθρώπινο δικαίωμα. Το νερό σε σύγκριση με άλλους φυσικούς πόρους, δεν είναι δυνατόν να υποκατασταθεί. Τα ειδικά χαρακτηριστικά του νερού ως φυσικού πόρου καθορίζουν τις συνθήκες, κάτω από τις οποίες μπορεί να στηριχθεί η αειφόρος ανάπτυξη.

Ο κύκλος του νερού γνωστός και ως υδρολογικός κύκλος είναι η συνεχής ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα και στην ατμόσφαιρα. Το συνεχές της κυκλικής διαδικασίας του κύκλου του νερού επιτυγχάνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας. Το νερό του πλανήτη αλλάζει συνεχώς φυσική κατάσταση, από τη στερεά μορφή των πάγων στην υγρή μορφή των ποταμών, λιμνών και της θάλασσας και την αέρια κατάσταση των υδρατμών. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της θέρμανσης και των ανέμων στην επιφάνεια της γης τα νερά της εξατμίζονται και μαζεύονται ως υδρατμοί δημιουργώντας τα σύννεφα. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, υδροποιούνται και στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή ή άλλες μορφές, εμπλουτίζοντας έτσι τις αποθήκες νερού της γης, είτε είναι αυτές επιφανειακές, όπως οι θάλασσες και οι λίμνες, είτε είναι υπόγειες.



Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών) δεν είναι καθαρή χημική ένωση. Περιέχει σχεδόν πάντοτε διαλυμένα ανόργανα άλατα, αέρια και άλλες ουσίες, πολλές φορές και οργανικές. Σχηματίζεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών που παράγονται από την εξάτμιση του νερού των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών που πέφτει ως βροχή, χιόνι ή χαλάζι.

1.4 Μορφές του νερού

Όπως πολλές ουσίες έτσι και το νερό μπορεί να πάρει μέρος σε πολλές μορφές που γενικά χαρακτηρίζονται από την κατάσταση της ύλης στην οποία βρίσκονται.

- ❖ Η **υγρή** φάση είναι η πιο συνηθισμένη του νερού στη Γη (βασικά στην επιφάνεια και στην ατμόσφαιρα). Ουσιαστικά αυτή είναι η κατάσταση που εννοεί στην καθομιλουμένη η λέξη νερό «ύδωρ».
- ❖ Η **στερεή** φάση του νερού είναι γνωστή ως «πάγος» και συνήθως παίρνει τη δομή σκληρών αμαγαλματικών κρυστάλλων, όπως οι κύβοι πάγου, ή χαλαρά συνδεδεμένων εύθραυστων κρυστάλλων, όπως στο χιόνι.
- ❖ Η **αέρια** φάση του νερού είναι γνωστή ως «υδρατμός» και προϋποθέτει τη δομή ενός διαφανούς νέφους.

Το νερό που βρίσκεται στη φύση διακρίνεται σε 3 κατηγορίες:

- **Ατμοσφαιρικό νερό:** Είναι το νερό από βροχή ή χιόνι. Περιέχει μικρό ποσό ξένων ουσιών, κυρίως διαλυμένα αέρια όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και πολλές φορές οργανικές ενώσεις ιδίως σε περιοχές που η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται από τα αερολύματα των βιομηχανιών.
- **Επιφανειακά νερά:** Είναι τα νερά κυρίως των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών. Περιέχουν εκτός από τις προσμίξεις του ατμοσφαιρικού νερού και μια μεγάλη ποικιλία αλάτων, όπως ανθρακικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και άλλων συστατικών. Στο θαλάσσιο νερό υπάρχουν σχεδόν όλα τα στοιχεία καθώς επίσης και μικρές ποσότητες ραδιενεργών ουσιών. Επιπρόσθετα στα επιφανειακά νερά μπορεί να υπάρχουν οργανικές ουσίες που οφείλονται είτε σε γεωργικές δραστηριότητες, είτε σε ρύπανση από βιομηχανικά ή και αστικά απόβλητα.
- **Υπόγεια νερά:** Είναι τα νερά κυρίως των πηγαδιών, των πηγών και γενικά τα νερά που είναι αποταμιευμένα στο υπέδαφος. Περιέχουν διάφορα άλατα το είδος των οποίων εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων μέσα από τα οποία το ατμοσφαιρικό νερό και το επιφανειακό νερό διηθείται και αποταμιεύεται στους υπόγειους ταμιευτήρες.

1.5 Κακή και αλόγιστη χρήση του νερού

Έρευνες που έρχονται στο φως δείχνουν την δραματική κατάσταση που επικρατεί σε πολλές περιοχές του κόσμου, λόγω της κακής και αλόγιστης χρήσης του νερού. Τα στοιχεία που έρχονται στην επιφάνεια είναι ανησυχητικά. Από το 1950 έως το 2000 ο πληθυσμός του πλανήτη διπλασιάστηκε ενώ η ζήτηση νερού εξαπλασιάστηκε. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, δύο δισεκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον πλανήτη αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας και πάνω από 2,4 δισεκατομμύρια άνθρωποι, δεν έχουν πρόσβαση σε επαρκή υγιεινή.

Τα τελευταία χρόνια λόγω της κακής χρήσης και διαχείρισης των υδατικών αποθεμάτων και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες που ο ρόλος τους υπήρξε καταλυτικός, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού έχουν ελαττωθεί. Εκτός από αυτό, η

ρύπανση των υδατικών πόρων αποτελεί σημαντικό πρόβλημα που χρήζει επίλυσης. Κάθε χρόνο στις 22 Μαρτίου εορτάζεται παγκοσμίως η θεσμοθετημένη από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών Παγκόσμια Ημέρα Νερού. Η ημέρα αυτή αποτελεί ένα σημαντικό γεγονός για την προώθηση του νερού ως κοινό αγαθό και βασικό δικαίωμα όλων. Το γεγονός ότι η ημέρα γιορτάζεται σε ολόκληρο τον κόσμο είναι μείζονος σημασίας, μιας και στόχος της είναι να ευαισθητοποιήσει τους πολίτες όλου του κόσμου σε σχέση με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι περισσότερες χώρες.

1.6 Η ορθολογική χρήση του νερού

Η ορθολογική χρήση του νερού επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους, κάποιοι από αυτούς είναι η αλλαγή συμπεριφοράς, και οι τεχνικές παρεμβάσεις.

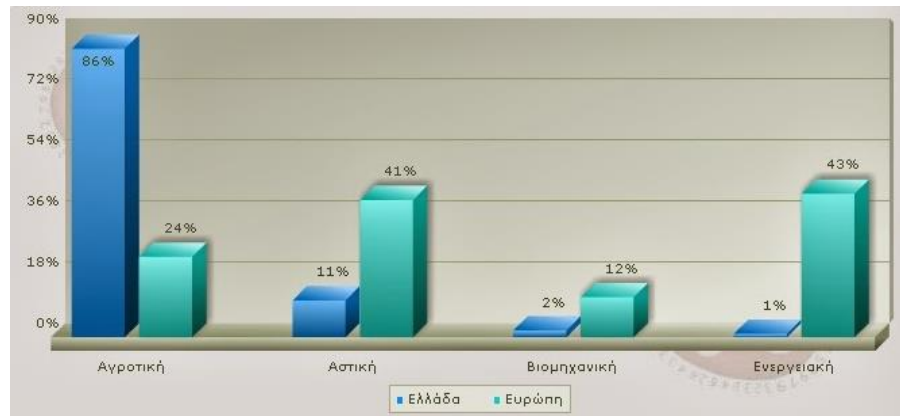
Σ' αυτό το πλαίσιο διαχείρισης εντάσσονται και οι προσπάθειες επανάκτησης των ήδη χρησιμοποιηθέντων για διάφορους σκοπούς νερών. Η ανακύκλωση του νερού με τη μέθοδο του «βιολογικού καθαρισμού» των υγρών αποβλήτων, κυρίως αστικών και ορισμένων βιομηχανικών, έχει αρχίσει να εφαρμόζεται ευρύτατα σε πολλές χώρες του κόσμου. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την απόκτηση νερού καταλλήλου ακόμη και για πόση. Συνήθως όμως, το παραγόμενο νερό δεν φτάνει σ' αυτό το ποιοτικό επίπεδο, γιατί η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται πολύπλοκη και εξαιρετικά δαπανηρή. Έτσι, το νερό που έχει υποστεί «βιολογικό καθαρισμό», χρησιμοποιείται κυρίως από τη γεωργία (για άρδευση) και τη βιομηχανία. Ανεξάρτητα από τη χρήση του νερού, το σπουδαιότερο πλεονέκτημα που προκύπτει από τον «βιολογικό καθαρισμό» είναι η εξουδετέρωση των συνεπειών της ρύπανσης. Έρευνες έδειξαν ότι τα ρυπασμένα αστικά και βιομηχανικά λύματα μπορούν να απαλλαγούν, με αυτή τη μέθοδο, από ορισμένους ρύπους που συνιστούν απειλή για τη δημόσια υγεία ή για τα οικοσυστήματα και κατόπιν να διοχετευθούν στους φυσικούς αποδέκτες.

Σε περιοχές με έντονα προβλήματα λειψυδρίας, σαφέστερα έλλειμμα επαρκών αποθεμάτων νερού όπως για παράδειγμα στα νησιά των Κυκλάδων, οι άνθρωποι θα πρέπει να υιοθετήσουν ξανά πρακτικές εξοικονόμησης νερού τις οποίες είχαν επεξεργαστεί παλαιότερες κοινωνίες όπως συγκέντρωση των όμβριων υδάτων σε τaráτσες και δεξαμενές και η σύγχρονη κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη τουρισμός, είχε οδηγήσει στην εγκατάλειψη.

Η αρδευόμενη γεωργία, ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού, θα πρέπει να επιδιώξει μια πιο ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού. Επιβάλλεται να αξιοποιηθούν οι υδάτινοι πόροι, που μέχρι σήμερα έμεναν ανεκμετάλλευτοι, με την κατασκευή μικρών φραγμάτων και δεξαμενών που βεβαίως δεν θα υπονομεύουν την καλή τροφοδοσία των υπόγειων νερών. Επιπλέον, να αξιοποιηθούν όσο το δυνατόν καλύτερα οι δυνατότητες της σύγχρονης αρδευτικής τεχνολογίας, όπως «στάγδην» άρδευση, να βελτιωθεί η αρδευτική τεχνική, ώστε να γίνεται αποτελεσματικότερη χρήση του νερού χωρίς τις τεράστιες σημερινές απώλειες από τα αρδευτικά δίκτυα. Να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικοί υδάτινοι πόροι για επαναχρησιμοποίηση, καθώς επίσης να αξιοποιηθούν τα υπόγεια νερά αλλά και να περιοριστεί η ανεξέλεγκτη κατάσταση όσον αφορά την άντληση τους που διακυβεύει την ίδια τους την ύπαρξη. Τέλος, η επιλογή λιγότερο

υδροβόρων καλλιεργειών μπορεί να συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό των αρδεύσεων.

Κλείνοντας, η βιομηχανία, επίσης, θα πρέπει να συμβάλλει στην οικονομία νερού με την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης του νερού και τη γενίκευση της ανακύκλωσης, στις περιπτώσεις που αυτό είναι εφικτό.



1.7 Αξία του υδάτινου πόρου

Το νερό θα αποτελέσει για τον επόμενο αιώνα το πιο πολύτιμο αγαθό για το ανθρώπινο είδος, μιας και η αλόγιστη χρήση του μέχρι σήμερα καθώς και οι μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες το καθιστούν είδος σε ανεπάρκεια σε όλο και περισσότερα μέρη του κόσμου, ενώ η διαχείρισή του μπορεί να αποτελέσει κλειδί για τον έλεγχο της εξουσίας. Οι αριθμοί δείχνουν ότι δε θα υπήρχε πρόβλημα νερού στον πλανήτη εάν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθεί όλο το νερό που είναι διαθέσιμο. Αυτό όμως, δεν μπορεί να συμβεί γιατί οι ποσότητες του νερού που θεωρούνται υδάτινοι πόροι δεν είναι κατανομημένοι στην επιφάνεια της γης, σύμφωνα με την κατανομή του παγκόσμιου πληθυσμού. Επιπλέον, οι υδάτινοι πόροι δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένοι στο χρόνο. Στις περισσότερες περιπτώσεις στην Ελλάδα, η χρονική κατανομή της διαθέσιμης ποσότητας του νερού είναι αντίθετη από τη χρονική κατανομή της απαίτησής του.

Διαφορετικές περιοχές του κόσμου αντιμετωπίζουν διαφορετικά προβλήματα σχετικά με την ύπαρξη, τη χρήση και τον έλεγχο των υδάτινων πόρων. Οι χρήσεις του νερού χαρακτηρίζουν και το είδος των προβλημάτων. Σε άλλες χώρες είναι σημαντική η χρήση για τη γεωργία κυρίως Ινδία και Κίνα, ενώ σε άλλες η χρήση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως στη Νορβηγία. Ένα βασικό πρόβλημα για πολλές περιοχές είναι η ελλιπής γνώση των υδατικών πόρων, άμεσα διαθέσιμων και δυνητικών, καθώς και στοιχείων για την απαίτηση του νερού. Η ύπαρξη των υδατικών πόρων καθορίζεται από ένα σύνολο στοχαστικών παραμέτρων. Χρειάζεται γνώση της διακύμανσης αυτών των παραμέτρων με τον τόπο και το χρόνο.

1.8 Ρύπανση και μόλυνση των υδάτων

Η ρύπανση του νερού είναι ένα θέμα που τα τελευταία χρόνια έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις, εφόσον απειλεί κυρίως την ανθρώπινη υγεία και υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής.

Ρύπανση των υδάτων μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού όπως κυρίως των θαλασσών, των ποταμών και των λιμνών, λόγω της παρουσίας σε αυτό ουσιών σε ποσότητες που υπερβαίνει τα φυσιολογικά όρια. Η μεταβολή αυτή μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις όχι μόνο στον άνθρωπο αλλά και σε ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς και γενικότερα να διαταράξει την ισορροπία των οικοσυστημάτων. Οι επικίνδυνες ουσίες διαλύονται στο νερό, επιπλέουν ή κατακάθονται στον πυθμένα και προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η ρύπανση χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- **Άμεση ρύπανση**, είναι αυτή που μπορεί να αντιληφθεί άμεσα. Για παράδειγμα άμεση ρύπανση είναι η περίπτωση ενός ποταμού ή μιας λίμνης, όπου καταλήγουν τοξικά απόβλητα και προκαλείται αμέσως αιφνίδιος θάνατος ψαριών.
- **Έμμεση ρύπανση**, είναι η μορφή ρύπανσης την οποία δεν μπορεί να αντιληφθεί εύκολα επειδή δεν είναι ορατή. Για παράδειγμα, όταν καταλήγουν σε ένα ποτάμι, σε μια λίμνη, ή στη θάλασσα λύματα ή απόβλητα, σε ποσότητες που δεν μπορούν τα υδατικά οικοσυστήματα να καθορίσουν, είναι πολύ πιθανό να προκληθούν σταδιακά αλλαγές στα είδη που υπάρχουν σε αυτό.

Μόλυνση Μια άλλη μορφή επιβάρυνσης των επιφανειακών και των υπόγειων νερών είναι η μόλυνσή τους, δηλαδή η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα νερά. Αυτή οφείλεται κατά κανόνα σε αστικά ή κτηνοτροφικά λύματα. Η ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό μπορεί να γίνει και έμμεσα, μέσω της μέτρησης, για παράδειγμα, των κολοβακτηριδίων, τα οποία όταν βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες αποτελούν ένδειξη της πιθανής μόλυνσης των νερών.

1.9 Πηγές Ρύπανσης υδάτινων πόρων

Οι σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης και μόλυνσης των υδάτινων πόρων, οι οποίες επιβαρύνουν κατ' αρχήν τα επιφανειακά νερά και στη συνέχεια τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

1. ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ:

Ακάθαρτα νερά πόλεων και οικισμών που προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες όπως για παράδειγμα σχολεία, πανεπιστήμια, δημόσιες επιχειρήσεις, χώροι εργασίας, τουριστικές μονάδες, νοσοκομεία, εργαστήρια, ιατρικά κέντρα, βιοτεχνίες και άλλα.

2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ:

Υγρά απόβλητα, που μπορεί να είναι παρόμοια με τα αστικά λύματα ή να περιέχουν και επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία. Συνήθως είναι υγρά απόβλητα διάφορων βιομηχανιών, που έχουν εμπλουτιστεί με διάφορα συστατικά σε μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις.

3. ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ:

Τα νερά απορροής εντατικά καλλιεργούμενων εκτάσεων που μπορεί να περιέχουν λιπάσματα ή και φυτοφάρμακα.

4. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ:

Κτηνοτροφικά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από μεγάλες ή μικρότερες μονάδες εκτροφής ζώων.

5. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΕΙΟΥ:

Διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών ή λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος

6. ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ:

Προσκολλώνται σε αιωρούμενα σωματίδια και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις με αποτέλεσμα να καταλήγουν στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος και στο νερό.

7. ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ:

Λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών ή λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος.

8. ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ:

Εξαιτίας της ατμοσφαιρικής καταστροφής των αέριων ρύπων με τη βροχή, το χιόνι, τον άνεμο ή λόγω βαρύτητας.

1.10 Ρύπανση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα

Τα υπόγεια νερά είναι επίσης, πολύ ευαίσθητα στη ρύπανση και έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη αστικών λυμάτων, ξεπλυμάτων εδάφους από εντατική χρήση χημικών λιπασμάτων, αλλά και κτηνοτροφικών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων. Εξαιτίας αυτής της ρύπανσης, τα υπόγεια νερά γίνονται επικίνδυνα για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς. Η ρύπανση του εδάφους με τοξικές ουσίες ή βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων τοξικών ουσιών στα υπόγεια νερά, όπως για παράδειγμα διαπιστώνεται σε διάφορες περιοχές της Θεσσαλονίκης, εξαιτίας τοξικών υπολειμμάτων, φυτοφαρμάκων από τις βιομηχανίες. Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να καθαριστούν τα υπόγεια νερά από επικίνδυνες και τοξικές ουσίες.

1.11 Υφαλμύρωση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με τέτοιο ρυθμό, που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού από τη θάλασσα στους υδροφορίες. Όταν η στάθμη του υπόγειου νερού υποχωρήσει κάτω από την στάθμη του θαλάσσιου νερού με το οποίο συνδέεται, τότε αντί να έχουμε ροή από τον

υπόγειο υδροφορία στη θάλασσα, έχουμε αντιστροφή του φαινομένου και νερό από την θάλασσα εισέρχεται στο υπόγειο νερό. Αλμυρό νερό αναμένεται να εισβάλλει σε μεγαλύτερη έκταση σε παράκτιες περιοχές, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας έως και εβδομήντα εκατοστά μέσα στις επόμενες δεκαετίες λόγω της κλιματικής αλλαγής ή της μείωσης των βροχοπτώσεων.

1.12 Επιπτώσεις ρύπανσης

Γενικά η ρύπανση του επιφανειακού και υπόγειου νερού έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

➤ Μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό

Σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι σχεδόν πάντα σταθερή και ανεξάρτητη από τη ρύπανση, τα νερά απειλούνται συχνά με πλήρη ή μερική αποξυγόνωση όπως για παράδειγμα αναερόβιες συνθήκες. Η αύξηση της ρύπανσης των νερών, κυρίως, με οργανικές ύλες, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας, και τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, γιατί καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς που κάνουν αποσύνθεση. Όταν, λοιπόν, ρυπαίνονται τα επιφανειακά νερά με απόβλητα που περιέχουν ουσίες, που αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς (οργανικές ύλες), εκτός των άλλων "αφαιρείται" από τα νερά και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητο για την επιβίωση των φυτικών και ζωικών υδρόβιων οργανισμών. Οι συνέπειες αυτές μπορεί να είναι καταστροφικές για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς, αφού κινδυνεύουν από ασφυξία. Έτσι, η ρύπανση με αστικά λύματα ή άλλα απόβλητα, που περιέχουν οργανικό φορτίο, μπορεί να απειλήσει με καταστροφή ένα ολόκληρο υδατικό οικοσύστημα.

➤ Ευτροφισμός των νερών

Ανάλογα αποτελέσματα για τα επιφανειακά νερά έχει και η ρύπανση με ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο και φωσφόρο, που περιέχονται συνήθως σε λιπάσματα, απόβλητα κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, απορρυπαντικά και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Το σημαντικότερο πρόβλημα, που δημιουργεί το άζωτο και ο φώσφορος είναι ο ευτροφισμός, δηλαδή η υπερβολική ανάπτυξη αλγών (φυτοπλαγκτόν) στα επιφανειακά νερά από την υπερβολική τροφοδοσία των νερών με θρεπτικά συστατικά. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σοβαρή διαταραχή του υδατικού οικοσυστήματος με διάφορες δυσμενείς συνέπειες, μεταξύ των οποίων είναι η υπερβολική ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε βάρος όλων των άλλων, η μείωση ή και η εξαφάνιση της ποικιλίας ειδών με θανάτωση ή μετανάστευσή τους, καθώς και η πλήρης ή μερική αποξυγόνωση των νερών.

1.13 Τρόποι αντιμετώπισης ρύπανσης

Οι θάλασσες και οι ωκεανοί καλύπτουν το 70% της επιφάνειας της Γης και παράγουν περίπου τα τρία τέταρτα του οξυγόνου που εισπνέει ο ανθρώπινος οργανισμός. Ο άνθρωπος, παρ' όλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιήσει άμεσα μόνο το

1% του νερού, ενώ πολλές από τις δραστηριότητές του ασκούν σημαντική πίεση στον φυσικό αυτό πόρο. Το νερό που έχει ρυπανθεί, ανεξάρτητα από την πηγή της ρύπανσής του, επιστρέφει με κάποιον τρόπο στη φύση κυρίως στη θάλασσα και στους υδροφόρους ορίζοντες και επομένως, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Μια από τις σημαντικότερες νομοθετικές ρυθμίσεις στον συγκεκριμένο τομέα είναι η οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) καθιερώνει κοινοτικό πλαίσιο για την προστασία και τη διαχείριση του ύδατος. Αρχικά, τα κράτη μέλη πρέπει να ταυτοποιήσουν και να αναλύσουν τα ευρωπαϊκά ύδατα, ταξινομημένα ανά υδρογραφική λεκάνη και ανά περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού. Στη συνέχεια εγκρίνουν σχέδια διαχείρισης και προγράμματα μέτρων, προσαρμοσμένα σε κάθε υδατικό σύστημα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) θεσπίζει πλαίσιο για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των υπογείων υδάτων, των μεταβατικών υδάτων και των παράκτιων υδάτων. Οι δράσεις πρέπει να γίνονται σε πολλαπλά κοινωνικά επίπεδα για να έχουν καλύτερα αποτελέσματα.

Κεφάλαιο 2^ο

Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού



2.1 Έλεγχος ποιότητας νερού

Οι θεμελιώδεις γνώσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού αποτελούν βασική προϋπόθεση για την ορθολογική και ολοκληρωμένη διαχείρισή του. Με βάση τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά προσδιορίζεται ο βαθμός, τα στάδια και οι μέθοδοι επεξεργασίας του όταν αυτό προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το ίδιο ισχύει και για τα υγρά απόβλητα. Με βάση την ποιότητά τους προσδιορίζεται ο τρόπος επεξεργασίας τους για την επίτευξη των στόχων της επεξεργασμένης εκροής, την προστασία της ποιότητας των νερών των φυσικών αποδεκτών και της δημόσιας υγείας. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού μπορούν να διακριθούν σε φυσικοχημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά. Μπορούν επιπλέον να ταξινομηθούν σε αυτά που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία ή την αισθητική, ενώ για περισσότερο εξειδικευμένους σκοπούς μπορούν να διαχωριστούν σε πολλές υποομάδες.

➤ Στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν:

Η θερμοκρασία, η οξύτητα, η αλκαλικότητα, η αγωγιμότητα, η αλατότητα, η θολότητα, η οσμή, η γεύση, το χρώμα, οι στερεές ουσίες, διάφορα άλατα, η σκληρότητα του νερού, διάφορα κατιόντα όπως αυτά του ασβεστίου (Ca^{++}), του μαγνησίου Mg^{++} , του νατρίου (Na^+) και του καλίου (K), διάφορα ανιόντα όπως τα ανθρακικά (CO_3^{2-}), τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), τα χλωριούχα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}) και άλλα, τα θρεπτικά συστατικά όπως τα άλατα του αζώτου (αμμωνιακά NH_4^+ , νιτρώδη NO_2 , νιτρικά NO_3), τα άλατα του φωσφόρου (PO_4^{3-}), του θείου (S) και του πυριτίου (Si), διάφορα ιχνοστοιχεία και τα βαριά μέταλλα, όπως ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr).

➤ Στα βιοχημικά χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν:

Το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.), η οργανική ύλη, ουσίες δηλαδή οι οποίες προσδιορίζονται με το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και τον ολικό οργανικό άνθρακα (TOC).

➤ Στα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν:

Οι μικροοργανισμοί, δηλαδή τα βακτήρια, οι ιοί, οι μύκητες, τα φύκια (άλγη), τα πρωτόζωα, οι έλμινθες (σκουλήκια) και τα μαλακόστρακα.

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	Βιοχημικά χαρακτηριστικά	Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά
Θερμοκρασία Οξύτητα – Αλκαλικότητα Αγωγιμότητα – Αλατότητα Θολότητα Οσμή Χρώμα Στερεές ουσίες Άλατα – Σκληρότητα Κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) Ανιόντα (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^-) Θρεπτικά συστατικά (N, P, S, Si) Ιχνοστοιχεία / μέταλλα	Διαλυμένο οξυγόνο (DO) Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)	Ιοί Βακτήρια Μύκητες Φύκια Πρωτόζωα Έλμινθες Μαλακόστρακα

2.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού

Η μοριακή δομή του νερού, αν και απλή, οδηγεί σε μοναδικές φυσικοχημικές ιδιότητες, οι οποίες έχουν πρακτικό ενδιαφέρον για την ποιότητα, την επεξεργασία και τη διάθεση του νερού.

2.2.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι η παράμετρος, η οποία υπεισέρχεται σε όλες τις φυσικοχημικές και τις βιοχημικές αντιδράσεις. Οι βιοχημικές αντιδράσεις εκτελούνται με ταχύτερο ρυθμό σε υψηλές θερμοκρασίες όπως για παράδειγμα τη διάθεση θερμών υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες, επηρεάζοντας άμεσα το οικοσύστημα. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία, γιατί είναι λιγότερο διαλυτό στο θερμό απ' ό τι στο ψυχρό νερό. Επιπλέον, εάν αυξηθεί η θερμοκρασία του αποδέκτη, μειώνεται το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου και εκτός αυτού το θερμό νερό σαν ειδικά ελαφρύτερο, παραμένει στην επιφάνεια δημιουργώντας ένα θερμότερο στρώμα, με μικρότερη ικανότητα διάλυσης του ατμοσφαιρικού οξυγόνου όπως αυτό συμβαίνει στο φαινόμενο αναστροφής. Τέλος οι υψηλές θερμοκρασίες συντελούν και στην αύξηση του πολλαπλασιασμού των μικροοργανισμών. Η πλέον επιθυμητή διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού που προορίζεται για πόσιμο είναι μεταξύ 5°C και 12°C. Πάνω από τους 12°C και πέρα από την αισθητική και γευστική επίδραση, το νερό καθίσταται λιγότερο κατάλληλο για ορισμένες χρήσεις.

Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	12°C	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή θερμοκρασία	25°C	

2.2.2 Οξύτητα (pH)

Οξύτητα (pH) ορίζεται ως “ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου” και δίνεται από τον τύπο $\text{pH} = -\log[H^+]$.

Η κλίμακα μέτρησης του pH εκτείνεται από 0 ως 14. Η τιμή 7,0 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα. Τιμές μικρότερες του 7,0 υποδεικνύουν υπεροχή κατιόντων υδρογόνου H^+ , ενώ τιμές μεγαλύτερες από 7,0 αντιστοιχούν σε αλκαλικά νερά, σαφέστερα υποδεικνύουν υπεροχή υδροξυλίωντων OH^- . Η ενεργός οξύτητα (pH) του νερού, εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, την παρουσία ανιόντων θείου, χλωρίου, κατιόντων ασβεστίου, μαγνησίου, τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου, καθώς και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση, αναπνοή) και την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Η ενεργός οξύτητα επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές αντιδράσεις και πολλές φορές χρησιμεύει σαν δείκτης ρύπανσης. Το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων πραγματοποιείται σε ουδέτερο pH. Όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα δυσχεραίνουν την πορεία των αντιδράσεων ή αναστέλλουν την πραγματοποίησή τους.

Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4,0 και 9,0, ενώ τιμές 6,5 έως 8,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι τιμές pH των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων πρέπει να κυμαίνονται από 6,5 έως 8,5 ώστε να μην μεταβάλλονται οι αντίστοιχες τιμές των φυσικών νερών.

Η μέτρηση του pH αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μετρήσεις για την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού. Εφαρμόζεται ακόμα σε όλες τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα όργανα μέτρησης του pH είναι πολύ εύχρηστα και ονομάζονται πεχάμετρα.

Έκφραση αποτελεσμάτων	pH	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	6,5 < pH < 8,5	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση της οξύτητας του νερού Εξουδετέρωση	Εξουδετέρωση	

2.2.3 Αλκαλικότητα

Αλκαλικότητα είναι η ικανότητά του νερού να εξουδετερώνει οξέα. Οι κύριες συνιστώσες της, είναι τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), και τα ανθρακικά (CO_3^{2-}) ιόντα που προκύπτουν από τον ιονισμό του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και από τα υδροξύλια (OH^-). Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) διαλύεται εύκολα στο νερό συμβάλλοντας στη διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος κατάλληλου για τη ζωή, δεδομένου ότι συμμετέχει στις διαδικασίες της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής και αποτελεί ουσιαστική πηγή άνθρακα, άμεσα ή έμμεσα, για τις ενεργειακές απαιτήσεις των οργανισμών. Αύξηση της συγκέντρωσης του (CO_2) στα φυσικά νερά προκαλεί μείωση του pH και αντίστροφα. Τα φυσικά νερά παρουσιάζουν μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα, μέσω μιας σειράς χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο εσωτερικό τους, σε απότομες μεταβολές του pH. Σημαντικές και σχετικά μόνιμες μεταβολές στο pH παρατηρούνται συνήθως κάτω από την επίδραση εξωγενών παραγόντων. Χαμηλές τιμές του pH οφείλονται συχνά στην εισαγωγή οξέων στα φυσικά νερά όπως για παράδειγμα η όξινη βροχή, τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Αλκαλικές τιμές pH συναντώνται σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας ευτροφισμός, γιατί κατά τη φωτοσύνθεση το φυτοπλαγκτόν μειώνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα του νερού, σε περιπτώσεις ρύπανσης των υδάτινων αποδεκτών με αλκαλικές ουσίες (απορρυπαντικά από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) και σε αυξημένες συγκεντρώσεις νατρίου (Na), καλίου (K), ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg).

2.2.4 Αγωγιμότητα και αλατότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι εξ ορισμού η ικανότητα ενός υλικού να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και είναι αντιστρόφως ανάλογη της ηλεκτρικής αντίστασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει σαφέστερα να άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων και κατ' επέκταση αλάτων, τη συγκέντρωση των ιόντων, την ευκινησία των ιόντων, το σθένος των ιόντων και τη θερμοκρασία του διαλύματος. Η αγωγιμότητα διευκολύνει την εκτίμηση της επίδρασης των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, στο ρυθμό διάβρωσης στα μέταλλα, στην ανάπτυξη των φυτών και ζώων. Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα των φυσικών νερών. Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη αποτελεί ένδειξη ρύπανσης. Απόβλητα και ρύποι που εισέρχονται στους υδάτινους αποδέκτες τροποποιούν την αγωγιμότητα, ειδικότερα αν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου.

Η μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το Siemens/cm (S/cm)/cm, δηλαδή το αντίστροφο της αντίστασης (ohm). Συνήθως στα φυσικά γλυκά νερά η αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50 έως 1500 $\mu\text{S/cm}$.

Με την αγωγιμότητα συνδέεται και η αλατότητα, η οποία εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις χιλίοις (S ‰). Η αλατότητα είναι η περιεκτικότητα του νερού σε αλάτι (NaCl) και ορίζεται ως η «συνολική ποσότητα των στερεών ουσιών σε γραμμάρια που περιέχονται σε 1 Kg θαλασσινού νερού, όταν όλα τα ανθρακικά έχουν μετατραπεί σε οξείδια, τα βρωμιούχα (Br^-) και ιωδιούχα (I^-) έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα (Cl^-) ιόντα και έχει οξειδωθεί όλη η οργανική ύλη». Η αλατότητα των θαλασσών κυμαίνεται μεταξύ 32,0 έως 37,5‰ με χαμηλές τιμές στους πόλους της γης και πολύ υψηλές στις τροπικές ζώνες. Αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στις βροχοπτώσεις και στα ποσοστά εξάτμισης του νερού.

Έκφραση της αγωγιμότητας	$\mu\text{S/cm}$ (στους 20°C)
Επιθυμητό επίπεδο για το πόσιμο νερό	< 1500 $\mu\text{S/cm}$
Έκφραση της αλατότητας	Salinity ‰
Αντιμετώπιση της υψηλής αγωγιμότητας του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση	Ιζηματοποίηση, Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση

2.2.5 Οσμή και γεύση του νερού

Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι δυνατόν να προέρχονται από διάφορες χημικές ουσίες, από διαλυμένες ή από εν αιωρήσει οργανικές ουσίες σε αποσύνθεση, ή από μικροοργανισμούς και από διαλυμένα στο νερό αέρια. Οι ιδιότητες αυτές εκφράζονται συνήθως μόνον ποιοτικά. Το προς πόση νερό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από κάθε ίχνος δυσάρεστης οσμής ή γεύσης. Τα προβλήματα γεύσης στο νερό οφείλονται στα

διαλυμένα άλατα (TDS), καθώς επίσης στην παρουσία κάποιων μετάλλων, όπως είναι ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn) και ο ψευδάργυρος (Zn). Τέλος, ουσίες όπως οι φαινόλες και οι χλωροφαινόλες δημιουργούν σοβαρά προβλήματα γεύσης στο νερό ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Τα νερά με σύνολο διαλυμένων αλάτων (TDS) μικρότερο από 1200 mg/L δεν παρουσιάζουν προβλήματα γεύσης και είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή, αν και πρέπει να προτιμάται συγκέντρωση TDS μικρότερη από 500 mg/L. Μερικά άλατα, όπως για παράδειγμα το χλωριούχο μαγνήσιο ($MgCl_2$), παρουσιάζουν μεγαλύτερα προβλήματα γεύσης. Αντίθετα η γεύση των θεικών αλάτων του μαγνησίου ($MgSO_4$) και ασβεστίου ($CaSO_4$) είναι λιγότερο δυσάρεστη.

Το υπολειμματικό χλώριο των δικτύων ύδρευσης είναι αυτό που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής και το συσχετίζει με την οσμή και τη γεύση του νερού. Το όριο γεύσης του χλωρίου σε ουδέτερο pH είναι 0.2 mg/L, το οποίο αυξάνει σε 0.5 mg/L για τιμή pH=9. Επίσης, το όριο γεύσης της μονοχλωραμίνης, μιας ουσίας η οποία δημιουργείται στο νερό κατά την χλωρίωση, εκτιμάται σε 0.48 mg/L. Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα με τη χλωρίωση του νερού είναι η δημιουργία οσμής και γεύσης από τις ενώσεις που προκύπτουν κατά την αντίδραση του χλωρίου με τα οργανικά συστατικά του νερού.

Αρκετά υπόγεια νερά έχουν δυσάρεστη οσμή αλλά και γεύση που οφείλεται στο περιεχόμενο υδρόθειο (H_2S). Το υδρόθειο στα υπόγεια νερά προέρχεται συνήθως από την αναγωγή των θεικών αλάτων εξαιτίας αναερόβιων βιολογικών διεργασιών. Το βακτήριο που είναι συνήθως υπεύθυνο για την παραγωγή του υδρόθειου είναι το *Desulfonivbrio desulfuricans*. Άλλες θειούχες ενώσεις, που οφείλονται σε μικροβιολογικές δράσεις και δημιουργούν οσμές και γεύσεις έλους, ιχθύος, είναι τα μεθυλοπολυσουλφίδια και η μεθυλομερκαπτάνη. Η οσμή είναι ένα οργανοληπτικό χαρακτηριστικό και γι' αυτό υποκειμενικό, που μπορεί ωστόσο να αποτελέσει κριτήριο για την ταξινόμηση των νερών σε κατηγορίες χρήσεων για πόση, αναψυχή, διαβίωση ψαριών. Η οσμή των νερών στους επιφανειακούς ταμιευτήρες μπορεί να οφείλεται σε φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια.

Η ένταση των οσμών δεν εξαρτάται πάντα από τη συγκέντρωση των ουσιών που την προκαλούν. Αν και το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της οσμής είναι η ανθρώπινη μύτη, υπάρχουν συγκεκριμένες τεχνικές με τις οποίες προσδιορίζεται ποιοτικά και ποσοτικά. Η ποιοτική κατάταξη γίνεται με βάση κατηγορίες αντιπροσωπευτικών ουσιών με χαρακτηριστική οσμή όπως για παράδειγμα τα βιομηχανικά απόβλητα, το χλώριο, τα απόβλητα διυλιστηρίων, το υδρόθειο, η αμμωνία αντιστοιχίζονται στην κατηγορία της οσμής φαρμάκων, φυτά σε αποσύνθεση στην κατηγορία της οσμής μούχλας. Ποσοτικά η οσμή προσδιορίζεται βάσει ειδικών εξετάσεων και κάτω από ειδικές συνθήκες με τη μέθοδο των διαδοχικών αραιώσεων. Το δείγμα αραιώνεται σταδιακά και σαν όριο καταγράφεται αυτό στο οποίο η οσμή είναι ελάχιστα αντιληπτή.

Έκφραση αποτελεσμάτων	Ποσοστό διαλύσεως
-----------------------	-------------------

Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	0	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	2 μέχρι 12°C, 3 μέχρι 25 °C	
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση των οσμών και των δυσάρεστων γεύσεων του νερού	Οξείδωση, Διήθηση, Προσρόφηση	

2.2.6 Χρώμα

Το χρώμα σε έναν υδάτινο αποδέκτη καθορίζεται από το μήκος κύματος της μονοχρωματικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο νερό, από το είδος των σωματιδίων που αιωρούνται, από το χρώμα του ιζήματος, από την παρουσία ανόργανων ή οργανικών ουσιών, από το είδος των πλαγκτονικών οργανισμών και τη βιολογική τους δραστηριότητα, ακόμη και από το γεωλογικό υπόστρωμα της περιοχής. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν την απορρόφηση του φωτός στο νερό και του προσδίδουν συγκεκριμένο χρώμα που μπορεί να είναι από πράσινο ή γαλάζιο έως σκούρο καφετί. Η απορρόφηση του φωτός υπολογίζεται με το συντελεστή απορρόφησης, ο οποίος είναι διαφορετικός για κάθε είδος φυσικού νερού αλλά και για κάθε μήκος κύματος του φωτός. Έτσι οι διαφανείς λίμνες έχουν μικρό συντελεστή απορρόφησης, ενώ οι εύτροφες και θολές μεγάλο. Το χρώμα του νερού ενός φυσικού αποδέκτη μπορεί να αλλάζει εποχιακά, όταν εξαιτίας της διάχυσης του ιζήματος κατά τη φθινοπωρινή και εαρινή αναστροφή αναπτύσσεται υπερβολικά το φυτοπλαγκτόν εντείνοντας το πράσινο χρώμα ή με τη μεταφορά φερτών υλών από τη λεκάνη απορροής που προσδίδουν φαιό χρώμα στο νερό. Φυσικά νερά με έντονη βιολογική δραστηριότητα έχουν χρώμα πράσινο, ενώ αυτά με ασθενέστερη βιολογική δραστηριότητα έχουν χρώμα πράσινο ή γαλάζιο. Ο χρωματισμός αποτελεί ένδειξη για την παρουσία συγκεκριμένων χημικών ουσιών όπως για παράδειγμα, η παρουσία θείου (S) προσδίδει στο νερό κιτρινωπό χρώμα ενώ η παρουσία ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) πράσινο χρώμα.

Το χρώμα στο πόσιμο νερό είναι αισθητικά ανεπιθύμητο. Νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και έχει χρώμα πρέπει να εξεταστεί χημικά για να αναζητηθεί η προέλευσή του. Το καθαρό φυσικό νερό είναι διαυγές και άχρωμο σε μικρές μάζες. Όμως η παρουσία ορισμένων μεταλλικών ιόντων, όπως σιδήρου (Fe_2^+) και μαγγανίου (Mn_2^+) που βρίσκονται στη φύση, προσδίδουν στο νερό κάποιο χρώμα. Επιπρόσθετα το χρώμα στο φυσικό νερό μπορεί να οφείλεται σε άλλες χημικές ενώσεις, στο πλαγκτόν και σε βιομηχανικά απόβλητα.

Πολλές φορές το χρώμα χρησιμεύει και σαν ιχνηλάτης για τον προσδιορισμό του τύπου προέλευσης του νερού και έτσι μπορεί να θεωρηθεί και έμμεσος δείκτης μόλυνσης. Για παράδειγμα το κοκκινωπό χρώμα είναι ενδεικτικό ύπαρξης ενώσεων σιδήρου (Fe), ενώ το γαλάζιο οφείλεται σε ύπαρξη χαλκού (Cu) ή των ενώσεών του. Το μελανό χρώμα μπορεί να οφείλεται σε ύπαρξη οργανικών οξέων και τανίνης.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L Κλίμακας Pt / Co	
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	1	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	20	
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αντιμετώπιση του χρώματος στο νερό	Οξείδωση, Προσρόφηση, Διήθηση	

2.2.7 Θολότητα

Με τον όρο θολότητα νοείται η απουσία διαύγειας σε ένα υγρό δείγμα. Πιο συγκεκριμένα, θολότητα είναι η αντίσταση του νερού στην διέλευση του φωτός και οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη λεπτόκοκκων σωματιδίων ανόργανων και οργανικών υλικών τα οποία αιωρούνται ή βρίσκονται σε κolloειδή μορφή και είναι διάσπαρτα στην υγρή φάση. Νερό που είναι θολό πρέπει να ελεγχθεί για ρύπανση. Η κατανάλωση θολού νερού μπορεί να είναι επικίνδυνη για την υγεία. Η θολότητα είναι η περισσότερο μεταβαλλόμενη παράμετρος ποιότητας του νερού, η οποία καθορίζει συχνά την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας του.

Η απολύμανση του πόσιμου νερού δεν είναι αποτελεσματική αν υπάρχει θολότητα, γιατί πολλοί παθογόνοι οργανισμοί εγκλωβίζονται στα σωματίδια που αιωρούνται και προστατεύονται από το απολυμαντικό. Επίσης τα σωματίδια μπορεί να απορροφήσουν επιβλαβείς οργανικές ή ανόργανες ουσίες. Το πόσιμο νερό το οποίο φτάνει στον καταναλωτή πρέπει να είναι διαυγές και όχι θολό. Η θολότητα προκαλεί εξασθένηση της έντασης της διερχόμενης φωτεινής ακτινοβολίας λόγω φαινομένων σκέδασης και απορρόφησης και μετριέται σε μονάδες θολότητας (NTU) (Nephelometric Turbidity Units) ή σε mg/L (ppm) διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), δηλαδή θολότητα που οφείλεται στην περιεκτικότητα 1 mg SiO_2 σε 1L νερού.

Η μέτρηση της θολότητας γίνεται με το θολερόμετρο ή το νεφελόμετρο και βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που υφίσταται διάχυση περνώντας μέσα από ένα δείγμα νερού με την ένταση του φωτός που υφίσταται διάχυση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Έκφραση αποτελεσμάτων	NTU (NepheLometric Turbidity Units)
-----------------------	-------------------------------------

Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	1 mg/L SiO ₂	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	10 mg/L SiO ₂	
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση της θολότητας του νερού	Καθίζηση, Διήθηση	

2.2.8 Στερεές ουσίες

Γενικά οι ουσίες οι οποίες υπάρχουν στο νερό διακρίνονται σε διαλυμένες που δεν φαίνονται, σε κολλοειδείς, οι οποίες επίσης δεν φαίνονται λόγω μεγέθους και σε αδιάλυτες οι οποίες συνήθως φαίνονται δια γυμνού οφθαλμού. Οι αδιάλυτες ουσίες, ανάλογα με το ειδικό τους βάρος, είτε θα επιπλέουν, είτε θα αιωρούνται, είτε θα καθιζάνουν.

Τα ολικά στερεά (TS), ανήκουν στα φυσικά συστατικά του νερού και βρίσκονται αιωρούμενα (TSS) ή διαλυμένα (TDS) στη μάζα του νερού. Τα αιωρούμενα στερεά έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 1 μm και τα διαλυμένα που είναι μικρά μόρια και ιόντα έχουν μέγεθος μικρότερο από 1 nm. Τα στερεά μπορεί να είναι οργανικά εξαερώσιμα, δηλαδή πτητικά στερεά (TVS) ή ανόργανα μη εξαερώσιμα, δηλαδή αδρανή (σταθερά) στερεά (TFS).

Γενικά οι στερεές ουσίες του νερού ορίζονται ως το υπόλοιπο που παραμένει μετά από εξάτμιση ενός δείγματος νερού στους 105°C.

Στο πόσιμο νερό η συγκέντρωση των TSS είναι ελάχιστη και κυρίως ενδιαφέρει η συγκέντρωση των κολλοειδών των οποίων η παρουσία αντιπροσωπεύεται από τη θολότητα του νερού. Τα αιωρούμενα στερεά (TSS) είναι το κύριο αίτιο της θολότητας του νερού. Η κύρια πηγή προέλευσής τους είναι η αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες. Το κύριο συστατικό των σωματιδίων που προέρχονται από αποσάθρωση είναι τα ορυκτά του αργίλου (Al), ενώ τα μικροφύκια, τα βακτήρια και άλλοι ανώτεροι μικροοργανισμοί είναι τα κύρια είδη των αδιάλυτων στερεών βιολογικής προέλευσης

2.2.9 Άλατα

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση και το είδος των αλάτων που περιέχονται στο νερό είναι το γήινο υπόβαθρο, το pH και η θερμοκρασία. Η χημική σύσταση των φυσικών νερών μπορεί να τροποποιηθεί με τη βοήθεια των βιολογικών μεταβολισμών. Ο υδρολογικός κύκλος επιδρά στην αύξηση ή μείωση της συγκέντρωσης των διαφόρων χημικών στοιχείων. Διάλυση, οξείδωση,

αναγωγή, ιοντοεναλλαγή και συμπλοκοποίηση είναι οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα. Τα συνήθη ανόργανα συστατικά των φυσικών νερών είναι το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), το κάλιο (K), τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), τα ανθρακικά (CO_3^{2-}), τα χλωριούχα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}), τα νιτρικά (NO_3^-) και τα πυριτικά. Το νερό της βροχής περιέχει πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις αλάτων σε αντίθεση με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες αλάτων.

2.2.10 Σκληρότητα

Η σκληρότητα είναι μια παράμετρος, η οποία εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα κυρίως ασβεστίου (Ca_2^+) και μαγνησίου (Mg_2^+) και διακρίνεται σε ολική, προσωρινή και μόνιμη. Το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση, ενώ ταυτόχρονα εμποδίζει το καλό βράσιμο των τροφίμων και παράλληλα δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθήσεις στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Επίσης, σε ορισμένες βιομηχανίες όπως για παράδειγμα βαφεία, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων, το σκληρό νερό είναι επιζήμιο στην κατεργασία και στο τελικό προϊόν. Πολύ σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις δημιουργεί στους ατμολέβητες αφήνοντας μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί).

- Η **ολική σκληρότητα** αναφέρεται στα νερά που κατά κανόνα περιέχουν σημαντικές ποσότητες κατιόντων ασβεστίου (Ca_2^+) και μαγνησίου (Mg_2^+) με τη μορφή του ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) και ανθρακικού μαγνησίου ($MgCO_3$). Εάν συνυπάρχουν και άλλα κατιόντα όπως του στροντίου, του βαρίου, του μαγγανίου, του ψευδαργύρου, του σιδήρου και του αργιλίου, τότε συμπεριλαμβάνονται και αυτά. Μονάδα μέτρησης της σκληρότητας του νερού είναι mg/L $CaCO_3$. Άλλες μονάδες έκφρασης της σκληρότητας είναι ο Γαλλικός (°F), ο Γερμανικός (°D) και Αγγλικός (°E) βαθμός σκληρότητας. Σύμφωνα με τη νομοθεσία η σκληρότητα του νερού μπορεί να είναι από 10 έως 50 γαλλικούς βαθμούς.

Το νερό με βάση τη σκληρότητα χωρίζεται στις τέσσερις ακόλουθες κατηγορίες:

1. “**Μαλακό**” χαρακτηρίζεται το νερό με σκληρότητα από 0 έως 100 mg/L ισοδύναμο $CaCO_3$,
2. “**Μέσης σκληρότητας**” χαρακτηρίζεται το νερό με σκληρότητα από 100 έως 200 mg/L ισοδύναμο $CaCO_3$,
3. “**Σκληρό**” χαρακτηρίζεται το νερό με σκληρότητα από 200 έως 300 mg/L ισοδύναμο $CaCO_3$ και
4. “**Πολύ σκληρό**” χαρακτηρίζεται το νερό με σκληρότητα μεγαλύτερη από 300 mg/L ισοδύναμο $CaCO_3$.

- Η *παροδική ή ανθρακική σκληρότητα* που προέρχεται από την παρουσία όξινων ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και μαγνησίου. Τα άλατα αυτά προέρχονται από την διάλυση αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου, που υπάρχουν στα διάφορα πετρώματα ή στο έδαφος μέσα από τα οποία διέρχεται το νερό. Η διάλυση αυτή διευκολύνεται από το διοξείδιο του άνθρακα που ελευθερώνεται από την βακτηριακή δράση σε οργανικές ουσίες του εδάφους ή προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα. Όταν το νερό θερμανθεί τα άλατα αυτά αποσυντίθεται στα αντίστοιχα ανθρακικά και πέφτουν ως ίζημα.
- Η *μόνιμη σκληρότητα ή μη ανθρακική* προέρχεται από την παρουσία αλκαλικών ενώσεων με το θειικό ιόν, το ιόν χλωρίου και το νιτρικό ιόν. Η κύρια πηγή των θειικών ιόντων είναι η οξειδωση του σιδηροπυρίτη.

2.2.11 Κατιόντα [K , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+].

➤ Κάλιο (K)

Το κάλιο είναι ένα στοιχείο σε αφθονία στη φύση, βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά. Σπάνια όμως η περιεκτικότητά του στο νερό φθάνει τα 20 mg/L. Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	10	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	12	
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων καλίου στο νερό	Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Νάτριο (Na)

Το νάτριο είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία για τον άνθρωπο. Τα άλατά του βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Λόγω της αφθονίας του στη φύση περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1 έως 500 mg/L. Στο πόσιμο νερό δεν υπερβαίνει τα 20 mg/L, εκτός των περιπτώσεων που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 200 mg/L, επηρεάζει τη γεύση του νερού. Το νάτριο και κυρίως η αναλογία του προς τα άλλα κατιόντα στο νερό, έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία και την ανθρώπινη παθολογία. Η διαπερατότητα του εδάφους επηρεάζεται αρνητικά από μεγάλη αναλογία νατρίου στο νερό. Άτομα που πάσχουν από χρόνιες καρδιακές παθήσεις χρειάζονται νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	20	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'

Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	150	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	200	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων νατρίου στο νερό	Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Ασβέστιο (Ca)

Το ασβέστιο υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά. Προέρχεται από τα πετρώματα πιο συγκεκριμένα προέρχεται από τα παρακάτω ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος δια μέσου των οποίων διέρχεται το νερό. Η συγκέντρωσή του κυμαίνεται από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/L ανάλογα με την προέλευση του νερού και συμβάλλει στην ολική σκληρότητά του. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	100	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	Δεν έχει οριστεί	
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων ασβεστίου στο νερό	Ιζηματοποίηση, Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Μαγνήσιο (Mg)

Το μαγνήσιο βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και είναι από τα πιο συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήσεις στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/L μπορεί να έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	30	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	50	
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων μαγνησίου στο νερό	Οξείδωση (με αέρα ή χημικά), Καθίζηση, Διήθηση	

➤ Αμμωνιακά (NH_4^+)

Τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία σε χαμηλές συγκεντρώσεις περίπου 0,2 mg/L. Σε υπόγεια νερά κάτω από εδάφη δασών παρατηρούνται, υψηλότερες συγκεντρώσεις. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία στις συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπάρχει στο πόσιμο νερό, αποτελεί όμως σημαντικό δείκτη ρύπανσης από κοπρανώδεις ουσίες. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0,2 mg/L, δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό και ελαττώνει την αποτελεσματικότητα της

απολύμανσης. Επίσης, συμβάλλει στο σχηματισμό νιτρωδών αλάτων στα συστήματα ύδρευσης.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	0,5	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	0,5	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων αμμωνιακών στο νερό	Αν τα αμμωνιακά οφείλονται σε μικρόβια αντιμετωπίζονται με εξυγίανση του νερού, δηλαδή με απολύμανση , ενώ αν οφείλονται σε ορυκτά (πολύ σπάνιο) αντιμετωπίζονται με Αντίστροφη ώσμωση	

2.2.12 Ανιόνταν (Cl^- , F^- , NO_2 , NO_3 , SO_4^{-2})

➤ Χλωριούχα (Cl^-)

Τα χλωριούχα ιόντα είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου (NaCl), καλίου (KCl), ασβεστίου ($CaCl_2$) και μαγνησίου ($MgCl_2$). Προέρχονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Είναι πολύ ευδιάλυτα και εισδύουν στο έδαφος ή μεταφέρονται σε κλειστές δεξαμενές και τους ωκεανούς. Μπορεί όμως να προκύψουν και από τη χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, δείχνει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική επιθεώρηση, η οποία πρέπει να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις όπως μικροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ενδεικτικό επίπεδο για το πόσιμο νερό	25	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	Δεν έχει οριστεί	
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	250	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση χλωριούχων στο νερό	Αντίστροφη ώσμωση, Ιοντοεναλλαγή	

➤ Φθοριούχα (F^-)

Το φθόριο υπάρχει στα νερά με τη μορφή φθοριούχων αλάτων, που προέρχονται από ηφαιστειογενή πετρώματα. Συνήθως βρίσκεται στα υπόγεια παρά στα επιφανειακά νερά. Δεν βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή στη φύση, επειδή είναι πολύ δραστικό στοιχείο. Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Από έρευνες και επιδημιολογικές

μελέτες διαπιστώθηκε ότι το φθόριο σε μικρά ποσά στο νερό σαφέστερα μέχρι 1 mg/L, είναι ωφέλιμο, γιατί εμποδίζει τη δημιουργία τερηδόνας στα δόντια, ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλεί τη φθορίαση, σαφέστερα μαύρες κηλίδες στην αδαμαντίνη των δοντιών ή και βλάβες στα οστά. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινίου, σε βιομηχανίες χάλυβα και γυαλιού, στα λιπάσματα και στα κεραμικά.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	0,7 έως 1,5 ανάλογα με τη θερμοκρασία	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	1,5	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων φθοριούχων στο νερό	Προσρόφηση σε $Mg(OH)_2$ μετά από χημική ιζηματοποίηση	

➤ Νιτρώδη (NO_2^-) - Νιτρικά (NO_3^-)

Τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση, επομένως υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωσή τους πρέπει να είναι χαμηλή. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Σε αερόβιες συνθήκες τα νιτρικά (NO_3^-) διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Το πόσιμο νερό που περιέχει μεγάλες ποσότητες νιτρικών αλάτων μπορεί να προκαλέσει στα παιδιά την ασθένεια μεθαιμογλοβιναιμία, λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη (NO_2^-). Στο περιβάλλον του στομάχου, σχηματίζουν νιτροζοενώσεις, που είναι καρκινογόνες.

❖ Νιτρώδη (NO_2^-)

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	0,1	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	0,5	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων νιτρωδών στο νερό	Χλωρίωση, Οξειδωση (Οζόνωση)	

❖ Νιτρικά (NO_3^-)

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	50	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	50	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών στο νερό	Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ **Θειικά (SO_4^{-2})**

Κύρια πηγή των θεικών ιόντων στα φυσικά νερά είναι το νερό της βροχής. Άλλες πιθανές πηγές είναι τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν θεικό ασβέστιο ή θεικό πυρίτιο. Σε κλειστές λίμνες όπου υπάρχουν αποθέσεις κρυστάλλων θεικού νατρίου (Na_2SO_4) η συγκέντρωση των θεικών ιόντων μπορεί να φτάνει τα 60 g/L. Στο υπολίμνιο των περισσότερων λιμνών και κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου προκαλεί μείωση των πληθυσμών των αερόβιων αποδομητικών οργανισμών. Στις παραπάνω συνθήκες η ανοργανοποίηση των οργανικών ουσιών με τη συμμετοχή αναερόβιων βακτηρίων δεν οδηγεί στο σχηματισμό νερού και διοξειδίου του άνθρακα, αλλά ενώσεων όπως το μεθάνιο και το υδρόθειο. Οι αυτότροφοι αλλά και πολλοί ετερότροφοι μικροοργανισμοί προσλαμβάνουν θείο από τα θεικά ιόντα του νερού. Όσον αφορά την κατακόρυφη κατανομή του θείου, παρατηρείται αύξησή της σε συνάρτηση με την αύξηση του βάθους του υδάτινου αποδέκτη.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	25	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	250	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων θεικών στο νερό	Οξειδωση με χλώριο, Ιοντοεναλλαγή, Ιζηματοποίηση, Αντίστροφη ώσμωση	

2.2.13 Θρεπτικά συστατικά (N, P, Si)

➤ **Αζώτο (N)**

Ο εμπλουτισμός των φυσικών νερών με αζωτούχες ενώσεις προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου, τους μηχανισμούς διάβρωσης και απόπλυσης των εδαφών της λεκάνης απορροής, με τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά, τα υγρά απόβλητα που εισρέουν στο οικοσύστημα. Οι συγκεντρώσεις των ενώσεων του αζώτου στα φυσικά νερά ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 10 ως 1000 $\mu\text{g/L}$. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας και οι παράγοντες που ελέγχουν μέχρι ένα βαθμό τις βακτηριακές δραστηριότητες, επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ενώσεων του αζώτου. Κατά τη θερινή στρωμάτωση μιας λίμνης τα νιτρικά μπορεί ακόμα και να εξαφανιστούν στο επιφανειακό στρώμα του νερού, ως αποτέλεσμα της χρησιμοποίησής τους από τους μικροοργανισμούς, όπως επίσης και στα βαθύτερα στρώματα, εξαιτίας της χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου στα στρώματα αυτά. Αρκετές είναι οι ενώσεις του αζώτου που συμπεριλαμβάνονται στα θρεπτικά στοιχεία του φυτοπλαγκτού όπως νιτρικά, τα πιο εύληπτα από τα φυτά άλατα, νιτρώδη και αμμωνιακά ιόντα. Τα άλατα του αζώτου προέρχονται συνήθως από το ίζημα και απελευθερώνονται ως αμμωνία σε ανοξικές συνθήκες και ως νιτρικά στις περιόδους κυκλοφορίας του νερού, όπου το διαλυμένο οξυγόνο βρίσκεται σε αφθονία. Το οργανικό κλάσμα, το οποίο βρίσκεται

στα απόβλητα σε διαλυτή ή σωματιδιακή μορφή, αποτελείται από αμινοξέα, αμινοσακχαρίτες και πρωτεΐνες.

➤ Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος, αποτελεί συνήθως περιοριστικό παράγοντα της πρωτογενούς παραγωγής και ως εκ τούτου έχει καθοριστική σημασία για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας σε έναν υδάτινο αποδέκτη. Αν και αποτελεί ένα από τα έξι κύρια κυτταρικά στοιχεία (C, H, O, N, P, S), η παρουσία του στο φλοιό της γης είναι σπανιότερη από αυτή των άλλων πέντε στοιχείων. Ο φώσφορος, με τη μορφή φωσφορικών κυρίως ιόντων, αποτελεί ένα από τα βασικότερα θρεπτικά συστατικά τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενώσεις του φωσφόρου στο νερό διακρίνονται σε κατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής: οργανικές ή ανόργανες και διαλυμένες ή σωματιδιακές. Παρ' όλα αυτά διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο υδάτινο περιβάλλον, μεταβάλλουν διαρκώς την αναλογία των παραπάνω μορφών.

Η τυπική διαδικασία ανακύκλωσής του, στα φυσικά νερά περιγράφεται ως εξής:

- Ο φώσφορος απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και την υπόλοιπη υδρόβια βλάστηση. Ο θάνατος και η αποικοδόμηση των οργανισμών εμπλουτίζει το νερό με φωσφορικές ενώσεις που καθιζάνουν στον πυθμένα, ενώ παράλληλα συμβαίνει διάχυση του φωσφόρου από το ίζημα στο νερό με αποτέλεσμα την εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο.

Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο, αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυκών και η περιεκτικότητά του στα νερά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών. Στα περισσότερα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου, σαφέστερα το σύνολο του ανόργανου και του οργανικού, του διαλυμένου και του σωματιδιακού φωσφόρου, κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 50 $\mu\text{g/L}$. Ωστόσο σε μη παραγωγικά, ολιγότροφα νερά η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου μπορεί να είναι μικρότερη από 5 $\mu\text{g/L}$, ενώ σε πολύ εύτροφες συνθήκες μπορεί να υπερβαίνει τα 100 $\mu\text{g/L}$. Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα αστικά λύματα και προέρχεται από τη διάσπαση των πρωτεϊνών κατά τον μεταβολισμό. Επίσης, υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα. Μικρά ποσά φωσφορικών εισέρχονται στα δίκτυα από την επεξεργασία του νερού, όπου χρησιμοποιούνται για να εμποδιστεί η διάβρωση στις σωληνώσεις και οι επικαθήσεις στους λέβητες. Δεν έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Ανάμεσα στους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό είναι η θερμοκρασία, το pH και η συγκέντρωση των νιτροδών και των νιτρικών ιόντων. Υψηλές θερμοκρασίες, αυξάνουν τους ρυθμούς αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών και συνεπώς την απελευθέρωση φωσφόρου. Ταυτόχρονα όμως, οι υψηλές θερμοκρασίες εντείνουν την πρόσληψη φωσφόρου από τους φωτοσυνθετικούς

οργανισμούς. Συνήθως, ο ρυθμός της πρώτης διαδικασίας δηλαδή της πρώτης απελευθέρωσης φωσφόρου, είναι μεγαλύτερος από αυτόν της δεύτερης, δηλαδή της δέσμευσης φωσφόρου, με αποτέλεσμα οι υψηλές θερμοκρασίες να επιφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό. Το pH σχετίζεται με την εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο, την επαναιώρηση δηλαδή του φωσφόρου του πυθμένα. Σε υψηλές τιμές pH συμβαίνει ανταλλαγή των ιόντων υδροξυλίου του νερού με φώσφορο από ενώσεις σιδήρου (Fe) και αργιλίου (Al) του πυθμένα. Συνεπώς, αύξηση του pH επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό. Ανοξικές συνθήκες ευνοούν τη διάχυση του φωσφόρου από τον πυθμένα στο νερό. Αύξηση της συγκέντρωσης των νιτροδών και των νιτρικών ιόντων μειώνει το ρυθμό απελευθέρωσης του φωσφόρου από τον πυθμένα και συνεπώς τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό εξαιτίας της οξειδωτικής τους δράσης.

Παράλληλα, η παρουσία υδρόβιας μακροφυτικής βλάστησης σε μια υδάτινη συλλογή αυξάνει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό. Οι φυτικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν φώσφορο κυρίως από το υπόστρωμα, ενώ κατά την ανάπτυξή τους απελευθερώνουν μεγάλα ποσά φωσφόρου στο νερό, διαδικασία που συνεχίζεται και κατά την ξήρανσή τους. Η παραμονή ξηρών φυτικών τμημάτων στο νερό διευκολύνει την αποσύνθεσή τους, εμπλουτίζοντας το νερό με φωσφορικές ενώσεις.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L P_2O_5	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	5000	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων φωσφορικών στο νερό	Ϊζηματοποίηση σε μορφή αλάτων σιδήρου (Fe) ή αργιλίου (Al)	

➤ Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο εμφανίζεται συνήθως, ως διαλυτό πυριτικό οξύ (H_2SiO_3) και ως σωματιδιακό πυρίτιο (Si), σε επαρκείς συγκεντρώσεις στα εσωτερικά νερά. Το ορθοπυριτικό οξύ (H_4SiO_3), είναι πιθανόν η μόνη ένωση πυριτίου διαθέσιμη στα διάτομα και σε άλλα πλαγκτικά φύκια. Στην πλειοψηφία των εύκρατων λιμνών η συγκέντρωση του πυριτίου κυμαίνεται μεταξύ 560 και 5600 μg/L. Λίγες είναι οι περιπτώσεις λιμνών στις οποίες το πυρίτιο βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ σε αρκετές μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των διατόμων μόνο για σύντομες χρονικές περιόδους, μετά από τη βιολογική κατανάλωσή του από τους παραπάνω οργανισμούς. Μεγάλες συγκεντρώσεις πυριτίου παρατηρούνται κατά τη χειμερινή περίοδο και στην αρχή της άνοιξης, ενώ σταδιακά μειώνονται εξαιτίας της βιολογικής κατανάλωσής τους κατά την εαρινή και τη θερινή περίοδο. Περιορισμένες συγκεντρώσεις πυριτίου παρατηρούνται στην εύρωτη ζώνη των εύτροφων λιμνών, ενώ στις ολιγότροφες λίμνες παρατηρούνται διαφορές συγκεντρώσεων, ανάμεσα στο υπολίμνιο και στο επιλίμνιο, κατά τη θερμική στρωμάτωση των νερών. Η τροφοδοσία μιας λίμνης σε πυρίτιο μπορεί να είναι εξωτερική, σαφέστερα μόνο μέσω εισροών ή εσωτερική σαφέστερα μόνο με διάθεση πυριτίου από το ίζημα και αποσύνθεση διατόμων.

Έκφραση αποτελεσμάτων	mg/L SiO_2	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	Κάθε ουσία που χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία του πόσιμου νερού πρέπει να μην ξαναβρίσκεται μέσα στα νερά που τίθενται στη διάθεση του καταναλωτού σε συγκεντρώσεις ανώτερες από τις ανώτατες παραδεκτές συγκεντρώσεις που αφορούν αυτές τις ουσίες και να μην μπορεί να επιφέρει άμεσα ή έμμεσα, κίνδυνο για τη Δημόσια Υγεία	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'

2.2.14 Ιχνοστοιχεία - Βαριά μέταλλα

Τα ιχνοστοιχεία αποτελούνται από τα παρακάτω στοιχεία Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, Zn και άλλα και είναι απαραίτητα για όλα τα έμβια όντα, είναι όμως τοξικά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Πολλά από αυτά χαρακτηρίζονται σαν ρύποι προτεραιότητας. Οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να ελέγχονται για την ύπαρξη μετάλλων, ιδιαίτερα εάν οι εκροές προορίζονται για άρδευση.

➤ Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος υπάρχει κυρίως σε υπόγεια νερά, που διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Ο σίδηρος δίνει στο νερό γεύση που είναι ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Προκαλεί προβλήματα στα πλυντήρια και υφαντήρια γιατί δημιουργούνται λεκέδες στα υφάσματα και στους αγωγούς διανομής νερού γιατί ευνοείται η ανάπτυξη βακτηρίων και δημιουργούνται αποθέσεις. Συνεχής κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου μπορεί να προκαλέσει βλάβη στους ιστούς όπως αιμοχρωμάτωση.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	200	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων σιδήρου στο νερό	Οξειδωση (εμφύσηση αέρα ή O_2) ή με την προσθήκη οξειδωτικού ($NaOCl$). Ακολουθεί καθίζηση ή διήθηση για απομάκρυνση του αδιάλυτου ιζήματος ($Fe(OH)_3$)	

➤ Μαγγάνιο (Mn)

Δεν έχουν διαπιστωθεί βλαβερές συνέπειες στην υγεία από πόσιμο νερό που περιέχει μαγγάνιο. Θεωρείται από τα λιγότερο τοξικά στοιχεία για τον άνθρωπο οργανισμό. Η απορρόφησή του στον οργανισμό συνδέεται άμεσα με την απορρόφηση του σιδήρου. Υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό προκαλούν δυσάρεστη γεύση.

Διευκολύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα δίκτυα με αποτέλεσμα την αύξηση της θολότητας και τη δημιουργία αποθέσεων και οσμών.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	50	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων μαγγανίου στο νερό	Οξείδωση (εμφύσηση αέρα ή O_2) ή με την προσθήκη οξειδωτικού ($NaOCl$). Ακολουθεί καθίζηση ή διήθηση για απομάκρυνση του αδιάλυτου ιζήματος μαζί με το σίδηρο	

➤ Αργίλιο (Al)

Έρευνες έχουν συνδέσει το αργίλιο με νευροπαθολογικές ασθένειες όπως η νόσος του Alzheimer. Είναι σημαντικό στοιχείο γιατί χρησιμοποιείται ευρύτατα ως κροκιδωτικό στις εγκαταστάσεις παραγωγής πόσιμου νερού. Στις εγκαταστάσεις αυτές πρέπει να εξασφαλίζεται η μη υπέρβαση όχι μόνο των μέγιστων επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων 200 μg/L αλλά και των αυστηρότερων μέγιστων συνιστώμενων τιμών 50 μg/L.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	200	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'

➤ Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία για τον ανθρώπινο μεταβολισμό. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά στα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιούνται κυρίως ο θειικός χαλκός ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), για να ανασταλεί η ανάπτυξη των φυκιών. Λόγω της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων, σημαντικές ποσότητες χαλκού διαλύονται στο πόσιμο νερό. Αν το νερό μείνει στάσιμο για 12 ώρες στις σωληνώσεις, η συγκέντρωση χαλκού μπορεί να υπερβεί τα 20 mg/L. Γι' αυτό το λόγο η υγειονομική διάταξη του 1986 αναφέρει δύο ενδεικτικά επίπεδα: στην έξοδο των εγκαταστάσεων και μετά από ηρεμία 12 ωρών στις σωληνώσεις. Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	3000	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	2000	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων χαλκού στο νερό	Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Ψευδάργυρος (Zn)

Ο ψευδάργυρος είναι σημαντικό στοιχείο για τον ανθρώπινο και τον ζωικό οργανισμό. Πηγές ψευδαργύρου στο νερό είναι η διάβρωση των γαλβανισμένων

σωλήνων και τα απόβλητα μεταλλείων και επιμεταλλωτηρίων. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 5 mg/L προσδίδουν χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό. Δεν έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	5000	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων ψευδαργύρου στο νερό	Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο είναι ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα. Συναντάται στη φύση σε θειούχα ορυκτά με το μόλυβδο και τον ψευδάργυρο. Στα φυσικά νερά βρίσκεται κυρίως στα ιζήματα των βυθών και σε αιωρούμενα σωματίδια. Σε μη ρυπασμένα νερά η συγκέντρωση του καδμίου είναι κάτω από 1 μg/L. Πηγές του καδμίου στο νερό είναι τα βιομηχανικά απόβλητα και η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων. Σε συστήματα ύδρευσης που τροφοδοτούνται με μαλακό νερό χαμηλού pH, μπορεί να βρεθούν ψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, επειδή αυτά τα νερά είναι πιο διαβρωτικά και η διαλυτότητά του καδμίου στο νερό εξαρτάται από το pH και τη σκληρότητα. Το κάδμιο προσβάλλει το ήπαρ, τα νεφρά, τη σπλήνα και τον θυροειδή αδένα, εναποτίθεται στα οστά, όπου αντικαθιστά το ασβέστιο.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	5	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	5	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων καδμίου στο νερό	Καταβύθιση υπό μορφή θειούχων αλάτων, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Χρώμιο (Cr)

Το χρώμιο (Cr) υπάρχει στη φύση συνήθως με τη μορφή του τρισθενούς κατιόντος (Cr^{3+}). Στο υδάτινο περιβάλλον όμως επικρατεί με την σταθερή μορφή του εξασθενούς ιόντος (Cr^{6+}) και πολύ σπάνια με αυτή του τρισθενούς. Τα άλατα του εξασθενούς χρωμίου είναι ευδιάλυτα ενώ αυτά του τρισθενούς είναι αδιάλυτα και καθιζάνουν. Από την ατμόσφαιρα παρασύρεται με τη βροχή ή εναποτίθεται στο έδαφος ρυπαίνοντας τα επιφανειακά νερά. Η μέση συγκέντρωση χρωμίου στο νερό της βροχής είναι 0,2 - 1 μg/L, στο θαλασσίνο νερό 0,05 μg/L, στα φυσικά νερά 0,5 - 2 μg/L, ενώ στα υπόγεια νερά είναι πολύ χαμηλή. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του στα νερά οφείλονται σε ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα. Το χρώμιο χρησιμοποιείται κυρίως στην μεταλλουργία (κράματα - επιμεταλώσεις), σε συντηρητικά ξυλείας και μη θερμοαγωγά τούβλα. Οι ενώσεις χρωμίου έχουν πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό ενώ στο θαλάσσιο περιβάλλον εναποτίθενται συνήθως στο ίζημα. Από το ίζημα δεν επαναδιαλύονται εύκολα.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	50	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	50	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων χρωμίου στο νερό	Ιοντοεναλλαγή, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι ένα μέταλλο που χρησιμοποιείται ευρύτατα και είναι συνεπώς ευρέως διασκορπισμένο στο περιβάλλον. Θεωρείται ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα. Η ρύπανση από μόλυβδο προέρχεται κυρίως από βιομηχανική και τεχνολογική χρήση. Χρησιμοποιείται στους συσσωρευτές, σαν προσθετικό (αντικροτικό) στην βενζίνη, στις χημικές βιομηχανίες, στα πυρομαχικά, σε επικαλωδιώσεις, στα χρώματα. Ο στοιχειακός μόλυβδος (Pb) δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα μέχρι τη στιγμή που διαλύεται και προκύπτει η ιονική του μορφή. Οι επιπτώσεις του μολύβδου στην υγεία μελετήθηκαν πριν πολλά χρόνια, γιατί υπήρξαν δηλητηριάσεις από μόλυβδο στο πόσιμο νερό, που προήλθε από διάβρωση των μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να εγκαταλειφθούν οι μολύβδινοι σωλήνες για το νερό και να απαγορευθεί η χρήση χρωμάτων με βάση το μόλυβδο. Ο μόλυβδος είναι δηλητήριο με συσσωρευτική δράση. Προκαλεί βλάβες στο ήπαρ, τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	10	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'
Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	10	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων μολύβδου στο νερό	Ιζηματοποίηση υπό μορφή υδροξειδίων του Pb, Καταβύθιση υπό μορφή θειούχων αλάτων του Pb, Αντίστροφη ώσμωση	

➤ Αρσενικό (As)

Οι φυσικές πηγές αρσενικού στο περιβάλλον είναι οι ηφαιστειογενείς δράσεις και η αποσύνθεση της φυτικής οργανικής ύλης. Καταλήγει στους αποδέκτες από τα μεταλλεία, αφού υπάρχει σχεδόν σε όλα τα θειούχα ορυκτά, από τα εντομοκτόνα και από την καύση ορυκτών καυσίμων. Είναι τοξικό και καρκινογόνο στοιχείο. Η τοξικότητα του αρσενικού εξαρτάται από τη χημική και φυσική του μορφή, τη δόση, το χρόνο έκθεσης και τον τρόπο που εισάγεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Προκαλεί βλάβες στο γαστρικό, νευρικό και αναπνευστικό σύστημα και διάφορες αλλοιώσεις στο δέρμα. Τα περισσότερα φυσικά νερά περιέχουν αρσενικό σε συγκεντρώσεις πάνω από 5 μg/L.

Έκφραση αποτελεσμάτων	μg/L	
Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	50	ΦΕΚ 53 / 20.02.1986, τεύχος Β'

Παραμετρική τιμή για το πόσιμο νερό	50	ΦΕΚ 892 / 11.07.2001, τεύχος Β'
Αντιμετώπιση υψηλών συγκεντρώσεων αρσενικού στο νερό	Χημική οξειδωση ή αναγωγή (ανάλογα με τη μορφή με την οποία υπάρχει στο νερό), Αντίστροφη ώσμωση	

2.3 Βιοχημικά χαρακτηριστικά του νερού

Στους βιομηχανικούς παράγοντες του νερού, ανήκουν το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.), η οργανική ύλη, δηλαδή ουσίες οι οποίες κατά κύριο λόγο προσδιορίζονται με το βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και τον ολικό οργανικό άνθρακα (TOC).

2.3.1 Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.)

Το νερό όπως όλοι οι διαλύτες έχει την ικανότητα να διαλύει ατμοσφαιρικά αέρια όπως το άζωτο N_2 , το οξυγόνο O_2 , το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και τα αδρανή αέρια. Για παράδειγμα το CO_2 αντιδρά με το νερό και σχηματίζει ανθρακικό οξύ H_2CO_3 , αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το οξυγόνο της ατμόσφαιρας να διαλύεται ή να διαχέεται φυσικά στο νερό.

Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά κυρίως από την θερμοκρασία, την αλκαλικότητα, και την ατμοσφαιρική πίεση.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εκφράζεται σε mg/l διαλυμένου οξυγόνου (D.O) ή σε ποσοστό (%) κορεσμού.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αποτελεί αναμφισβήτητο δείκτη της κατάστασης ενός οικοσυστήματος. Η ανάπτυξη των περισσότερων μορφών ζωής (ζωικών, φυτικών, μυκήτων, πρωτίστων και βακτηρίων) προϋποθέτει την παρουσία οξυγόνου. Αύξηση της θερμοκρασίας του νερού συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου (αρχή Le Chatelier). Καθώς η θερμοκρασία ενός διαλύματος αυξάνεται, το περιεχόμενο αέριο εκδιώχνεται μέχρι να συμβεί πλήρης εξαέρωση του διαλύτη στο σημείο βρασμού. Σε σταθερή θερμοκρασία, η πίεση που ασκεί το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό. Συνεπώς, αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης αυξάνει τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντίστροφα.

2.3.2 Βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο αποτελεί σήμερα μια σημαντική παράμετρο όσον αφορά την ποιότητα του νερού. Αποτελεί ένδειξη για το βαθμό της οργανικής ρύπανσης που προκαλεί το αποσυντιθέμενο οργανικό υλικό. Το B.O.D. μετρά το ποσό του οξυγόνου που καταναλώνουν οι μικροοργανισμοί όχι μόνο για την αποικοδόμηση μιας ρυπαντικής ουσίας αλλά όλου του υπάρχοντος οργανικού υλικού.

Το οργανικό υλικό στα νερά προέρχεται από αστικά λύματα, γεωργοκτηνοτροφικά και βιομηχανικά απόβλητα, καθώς και υπολείμματα σοδειάς, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, όπως επίσης και από τη φυσική βλάστηση της περιοχής που όταν αποξηραίνεται εμπλουτίζει τους αποδέκτες. Επειδή η αποσύνθεση του οργανικού αυτού υλικού απαιτεί οξυγόνο, η μέτρηση του B.O.D. μας διευκολύνει να εκτιμήσουμε τα επίπεδα της ρύπανσης. Τα ρυπασμένα νερά αυτοκαθαρίζονται βιολογικά με τους αερόβιους αποικοδομητές - βακτήρια χρησιμοποιώντας το διαλυμένο οξυγόνο.

2.3.3 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στα νερά σε ανόργανα παράγωγα. Κατά συνέπεια αποτελεί μια έμμεση μέτρηση της ποσότητας των οργανικών ενώσεων στο νερό. Ο προσδιορισμός του COD βασίζεται στην επίδραση ενός ισχυρού οξειδωτικού μέσου (για παράδειγμα διχρωμικό κάλιο ή υπερμαγγανικό κάλιο), για την οξείδωση όλων των οργανικών ενώσεων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η διάρκεια της μέτρησης είναι 3 ώρες. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μέτρηση, καθώς γίνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα και μπορεί, με κατάλληλη βαθμονόμηση και συσχέτιση, να παρέχει ένδειξη του BOD. Η καλή ποιότητα των υδάτων χαρακτηρίζεται από τιμές μικρότερες των 10 mg/L.

2.3.4 Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)

Η τιμή του TOC εκφράζει την ολική φόρτιση των νερών σε οργανικές ενώσεις. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg C/L νερού. Οι τιμές του TOC δίνουν πληροφορίες για το σύνολο των ενώσεων του άνθρακα, ανεξάρτητα από το βαθμό οξείδωσής τους και αποτελούν πιο άμεσες εκφράσεις για την περιεκτικότητα των υδάτων σε οργανική ύλη σε σχέση με τις τιμές των BOD και COD.

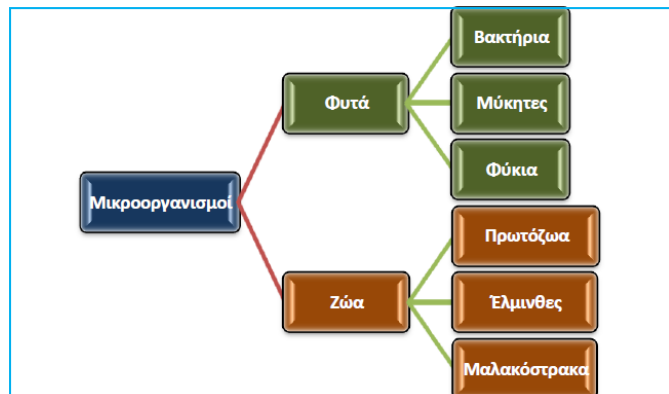
Είναι μέτρο ιδιαίτερα κατάλληλο για μικρές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης που είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στην παραγωγή πόσιμου νερού. Η μέτρηση πραγματοποιείται σε 2 – 3 ώρες με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας. Στα αστικά ανεπεξέργαστα λύματα είναι συνήθως $\frac{BOD_5}{TOC} = 1,0 - 1,6$.

Ο ολικός οργανικός άνθρακας μπορεί να προσδιοριστεί μετά την προεπεξεργασία του δείγματος σε ελαφρώς όξινες συνθήκες για να απομακρυνθεί ο οργανικός άνθρακας. Έπειτα, ο οργανικός άνθρακας μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ανθρακικό οξύ, το οποίο προκαλεί μεταβολή στο pH ενός έγχρωμου δείκτη. Η μεταβολή του χρώματος του δείκτη συνδέεται και είναι ανάλογη με την αρχική συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο δείγμα.

2.3.5 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του νερού

Οι μικροοργανισμοί παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της ποιότητας του νερού. Ο όρος μικροοργανισμός χρησιμοποιείται για μονοκύτταρους ή πολυκύτταρους οργανισμούς. Είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες που μεταδίδονται μέσω των νερών, για την οσμή και τη γεύση του πόσιμου νερού, τη διάβρωση των μετάλλων καθώς επίσης και για τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Οι μικροοργανισμοί θα μπορούσαν να καταταγούν σε φυτά και ζώα. Ειδικότερα διακρίνονται σε βακτήρια, μύκητες, φύκια, πρωτόζωα, έλμινθες σαφέστερα σκουλήκια και μαλακόστρακα. Οι ιοί αποτελούν τη μικρότερη αλλά όχι αυτόνομη βιολογική μονάδα αφού λειτουργούν ως παράσιτα μεγαλύτερων κυττάρων και είναι πολύ δύσκολο να καταταγούν σε μια από τις προαναφερόμενες κατηγορίες.



➤ Βακτήρια

Τα βακτήρια αποτελούν μια σημαντική ομάδα μικροοργανισμών οι οποίοι συνδέονται άμεσα με την τεχνική περιβάλλοντος γιατί παίζουν σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Το όνομά τους προέρχεται από τη λέξη “βακτηρία” η οποία σημαίνει ράβδος ή μαστούνη, προφανώς λόγω του σχήματος που είχαν οι πρώτοι μικροοργανισμοί που μελετήθηκαν. Είναι προκαρυωτικοί μονοκύτταροι οργανισμοί με μέγεθος που κυμαίνεται από 0,5 – 5 μm και έχουν διάφορα σχήματα.

➤ Μύκητες

Οι μύκητες είναι αερόβιοι πολυκυτταρικοί μικροοργανισμοί περισσότερο ανθεκτικοί σε όξινες συνθήκες και ξηρότερο περιβάλλον από τα βακτήρια. Είναι μια μεγάλη ομάδα μικροοργανισμών με πάνω από 100.000 είδη που ζουν παρασιτικά προκαλώντας διάφορες ασθένειες στους ανθρώπους. Οι μύκητες βρίσκονται σε μολυσμένους υδάτινους αποδέκτες και σε εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων. Πολλές φορές θεωρούνται υπεύθυνοι για δυσάρεστες οσμές και γεύσεις του νερού.

➤ Φύκια

Τα φύκια είναι φωτοσυνθετικοί πολυκυτταρικοί μικροοργανισμοί (φυτά) με περιορισμένη ικανότητα κίνησης. Έχουν χαρακτηριστικά χρώματα όπως το γαλαζοπράσινο, το πράσινο και το κιτρινοπράσινο. Τα φύκια καταναλώνουν διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία και φώσφορο για την παραγωγή νέων κυττάρων και οξυγόνου. Στο γλυκό νερό οι σχηματισμοί τους είναι συνήθως μικροσκοπικοί, σε αντίθεση με τα αλατούχα νερά στα οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε πολύ μεγάλα μεγέθη. Η παρουσία φυκιών στο νερό παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω της επίδρασής τους στην παρουσία του διαλυμένου οξυγόνου και της έντονης οσμής και γεύσης που δίνουν στο νερό.

➤ **Πρωτόζωα**

Τα πρωτόζωα είναι σχετικά ευμεγέθεις μικροοργανισμοί και ζουν συνήθως σαν παράσιτα. Τρέφονται συνήθως με διαλυμένες οργανικές ουσίες ή ακόμα και άλλους μικροοργανισμούς, κυρίως βακτήρια. Διακρίνονται σε «πλασμόδρομα» που έχουν ψευδοπόδια ή μαστίγια για να κινούνται. Πολλά πρωτόζωα παρασιτούν στον άνθρωπο και μεταδίδονται με το μολυσμένο νερό. Παθογόνα πρωτόζωα όπως η ιστολυτική αμοιβάδα και το κρυπτοσπορίδιο, είναι γνωστά από παλιά και θεωρούνται σήμερα από τις πιο σημαντικές αιτίες μετάδοσης ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό. Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού κατακρατούνται τα πρωτόζωα στα φίλτρα άμμου σε ποσοστό περίπου 99 %. Τα απολυμαντικά είναι συνήθως αποτελεσματικά αλλά κατά κανόνα απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι επαφής και υψηλότερες συγκεντρώσεις απολυμαντικών για την επίτευξη της ίδιας αποτελεσματικότητας σε σχέση με τα βακτήρια.

➤ **Έλμινθες**

Οι έλμινθες διαβιούν κατά κανόνα στους πυθμένες και παίζουν σπουδαίο ρόλο στον καθαρισμό των φυσικών νερών. Έχουν την ικανότητα να διασπούν οργανικές ουσίες που δεν έχουν διασπαστεί ολοκληρωτικά από άλλους μικροοργανισμούς. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα τροχόζωα που είναι πολύ απλά πολυκυτταρικά ζώα με ελαστικό σώμα και τριχίδια στο κεφάλι με τη βοήθεια των οποίων κινούνται και συλλαμβάνουν την τροφή τους. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι πολύ ευαίσθητοι σε αλλαγές του περιβάλλοντος.

➤ **Μαλακόστρακο**

Πρόκειται για πολυκυτταρικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι έχουν σκληρό κέλυφος και ελαστικό σώμα στο εσωτερικό. Το μέγεθός τους είναι αρκετά μεγάλο και ορισμένοι είναι ορατοί ακόμα και με γυμνό μάτι. Τα μαλακόστρακα είναι πολύ ευαίσθητα σε αλλαγές του περιβάλλοντος και αποτελούν σημαντική τροφή για τα ψάρια.

➤ **Ιοί**

Οι ιοί είναι παρασιτικοί μικροοργανισμοί και στερούνται κανονικών μεταβολικών λειτουργιών. Οι ιογενείς μολύνσεις είναι υπεύθυνες για πάρα πολλές ασθένειες όπως η γρίπη. Οι ιοί του εντέρου εισέρχονται στον οργανισμό από το στόμα και πολλαπλασιάζονται στο έντερο. Αυτοί οι ιοί προκαλούν το μεγαλύτερο πρόβλημα στην ανθρώπινη υγεία επειδή είναι παθογόνοι. Οι ιοί βρίσκονται συνήθως στα μολυσμένα από τα λύματα νερά. Επειδή είναι πάρα πολύ μικροί σε μέγεθος απομακρύνονται πολύ δύσκολα από τα νερά, είναι δε πολύ ανθεκτικοί στις συνήθεις μεθόδους απολύμανσης των νερών. Τα αιωρούμενα στερεά και η θολότητα του νερού δρουν συνήθως προστατευτικά στην επιβίωσή τους. Στα μολυσμένα νερά υπάρχουν συνήθως εντερικοί ιοί οι οποίοι είναι δυνατό να προκαλέσουν ασθένειες με πιο συνηθισμένο σύμπτωμα τη διάρροια. Συνήθης είναι ο ιός της λοιμώδους ηπατίτιδας εξαιτίας της συχνής παρουσίας του στο νερό και των ηπατικών βλαβών που προκαλεί.

2.4 Υγειονομικός έλεγχος νερού

Τα περισσότερα προβλήματα στην ποιότητα του πόσιμου νερού, κυρίως στις μικρές κοινότητες, απορρέουν από μολύνσεις κοπρανόδους προέλευσης. Αρκετές φορές όμως, παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα από χημική ρύπανση, που οφείλεται σε φυσικές ή ανθρώπινες πηγές. Για τη διερεύνηση αυτών των περιπτώσεων πρέπει να γίνουν χημικές αναλύσεις. Ωστόσο θα ήταν πολύ δαπανηρό και χρονοβόρο να προσδιορισθούν πολλές παράμετροι και σε συνεχή βάση, ιδίως σε υδρεύσεις μικρών πληθυσμών. Γι' αυτό το λόγο οι παράμετροι που συνιστώνται για την παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού, είναι εκείνες που θα καθορίσουν την υγιεινή και ασφάλεια του συστήματος ύδρευσης.

Η Υγειονομική Διάταξη αναφέρει τις παρακάτω παραμέτρους, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τους ελέγχους:

- ❖ Ο Ελάχιστος έλεγχος, E1 περιλαμβάνει: Οσμή, Γεύση, Αγωγιμότητα, Υπολειμματικό χλώριο, Μικροβιολογικός έλεγχος.
- ❖ Ο Έλεγχος ρουτίνας, E2 περιλαμβάνει: Οσμή, Γεύση, Θολερότητα, Αγωγιμότητα, pH, Υπολειμματικό χλώριο, Νιτρικά, Νιτρώδη, Αμμωνία, Μικροβιολογικά.
- ❖ Ο Περιοδικός έλεγχος, E3 περιλαμβάνει: τον E2 και άλλες παραμέτρους.
- ❖ Ο Έκτακτος έλεγχος, E4 γίνεται σε ειδικές περιπτώσεις ή ατυχήματα.

Η αρμόδια αρχή καθορίζει τις παραμέτρους ανάλογα με τις συνθήκες. Πριν από την έναρξη εκμεταλλεύσεως μιας πηγής τροφοδοσίας, είναι σκόπιμο να γίνει μία γενική ανάλυση (πρώτη εξέταση). Οι παράμετροι, που πρέπει να μετρηθούν θα είναι αυτές του ελέγχου ρουτίνας, στις οποίες θα μπορούσαν να προστεθούν διάφορες τοξικές ή ανεπιθύμητες ουσίες, ανάλογα με τη θέση της πηγής, το είδος του εδάφους και τη ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα.

Κεφάλαιο 3^ο

Νομοθετικό Πλαίσιο



3.1 Ισχύουσα νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα του νερού

Η πιο πρόσφατη κοινή υπουργική απόφαση, ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892 /11.07.2001 τεύχος Β') αναφέρεται στην «Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3/11/98. Η συγκεκριμένη Κοινή Υπουργική Απόφαση έχει στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη ρύπανση ή στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης διασφαλίζοντας ότι αυτό είναι υγιεινό και καθαρό.

Σύμφωνα με την Υγειονομική διάταξη, “πόσιμο νερό” νοείται το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε με προηγούμενη επεξεργασία, είτε όχι, οποιαδήποτε και αν είναι η προέλευσή του

- Το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, παρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία.
- Το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών του «νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» ορίζονται με μια «Παραμετρική τιμή» χωρίς να γίνεται αναφορά σε «Ενδεικτικό επίπεδο» και «Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση» όπως στην υγειονομική διάταξη για το «πόσιμο νερό» του 1986 (Α5/288/23.1.1986 ΦΕΚ 53 /Τεύχος Β' / 20.2.86). Παρεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονται, προκειμένου να αντιμετωπιστούν συνθήκες που έχουν σχέση με τη φύση και τη σύσταση του εδάφους στην περιοχή η οποία τροφοδοτεί την υπό εξέταση πηγή και συνθήκες που έχουν σχέση με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες. Οι παρεκκλίσεις δεν αφορούν, σε καμία περίπτωση, τους τοξικούς ή μικροβιολογικούς παράγοντες και σε κάθε περίπτωση πρέπει να αποκλείουν τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, σύμφωνα με την απόφαση, που προαναφέρθηκε, ταξινομούνται σε 6 κατηγορίες:

- α. Οργανοληπτικές παράμετροι
- β. Φυσικοχημικές παράμετροι
- γ. Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες
- δ. Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες
- ε. Μικροβιολογικές παράμετροι
- στ. Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό που έχει υποστεί κατεργασία αποσκλήρυνσης

Οι επιτρεπόμενες τιμές για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού είναι, ανά κατηγορία, οι εξής:

α. Οργανοληπτικές παράμετροι

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
1. Χρώμα	mg/L κλίμακα pt/Co	1	20
	m δίσκου secchi	6	2
2. Θολρότητα	mg/L SiO ₂	1	10
	μονάδες jackson	0.4	4
3. Οσμή	Ποσοστό διαλύσεως	0	2 μέχρι 12°C 3 μέχρι 25°C
4. Γεύση	Ποσοστό διαλύσεως	0	2 μέχρι 12°C 3 μέχρι 25°C

β. Φυσικοχημικές παράμετροι

Παράμετροι	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
5. Θερμοκρασία	°C	12	25
6. Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου	μονάδα pH	6,5<pH<8,5	9,5
7. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	μS/cm, 20 °C	400	2500
8. Χλώριο	mg/l Cl ⁻	25	200
9. Θειικά	mg/l SO ₄ ²⁻	25	250
10. Πυρίτιο	mg/l SiO ₂	-	-
11. Ασβέστιο	mg/l Ca ²⁺	100	-
12. Μαγνήσιο	mg/l Mg ²⁺	30	50
13. Νάτριο	mg/l Na ⁺	20	175
14. Κάλιο	mg/l K ⁺	10	12
15. Αργίλιο	mg/l Al ³⁺	0,05	0,2
16. Ολική σκληρότητα	mg/l Ca	-	-
17. Ξηρό υπόλειμμα	mg/l, 180 °C	-	1500
18. Διαλυμένο οξυγόνο	% O ₂	-	-
19. Ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα	mg/l CO ₂	-	-

γ. Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
20. Νιτρικά	mg/l	25	50
21. Νιτρώδη	mg/l	-	0.1
22. Αμμώνιο	mg/l	0.05	0.5
23. Άζωτο	mg/l	-	1
24. Οξειδωσιμότης	mg/l	2	5
25. Ολικός οργαν. Ανθρακας	mg/l	-	-
26. Υδροθείο	μg/l	-	-
27. Ύλες που εκχυλίζονται με χλωροφόρμιο	mg/l	0.1	-
28. Υδρογονάνθρακες διαλυμένοι	mg/L C 6H5OH	-	10
29. Φαινόλαι	mg/L	-	0.5
30. Βόριο	mg/L B	1000	-
31. Σίδηρος	mg/L Fe	50	200
32. Μαγγάνιο	mg/L Mn	20	50
33. Χαλκός	mg/L Cu	100	-
34. Ψευδάργυρος	mg/L Zn	100	-
35. Φώσφορος	mg/L P2O5	400	5000
36. Φθόριο	mg/L F ⁻ 8-12°C 25-30°C	-	1500 700
37. κοβάλτιο	mg/L Co	-	-
38. Υπολειμματικό χλώριο	mg/L Cl ⁻	-	-

δ. Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
39. Αρσενικό	mg/L As	-	50
40. Βηρύλλιο	mg/L Be	-	-
41. Κάδμιο	mg/L Cd	-	5
42. Κυανούχα άλατα	mg/L CN ⁻	-	50
43. Χρώμιο	mg/L Cr	-	50
44. Υδράργυρος	mg/L Hg	-	1
45. Νικέλιο	mg/L Ni	-	50
46. Μόλυβδος	mg/L Pb	-	50
47. Αντιμόνιο	mg/L Sb	-	10
48. Σελήνιο	mg/L Se	-	10
49. Βανάδιο	mg/L V	-	-

ε. Μικροβιολογικές παράμετροι

Παράμετρος	Αποτελέσματα όγκος του δείγματος (σε ml)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Μέθοδος διηθητικών μεμβρανών)	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Μέθοδος πολλαπλών σωληνών)NPP
50. Ολικά κολοβακτηριοειδή	100	-	0	NPP<1
51. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	100	-	0	NPP<1
52. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	100	-	0	NPP<1
53. Κλωστρίδια αναγωγικά θειωδών αλάτων	20	-	-	NPP<1
Παράμετρος	Θερμοκρασία επώασης	Αποτελέσματα όγκος του δείγματος (σε ml)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
54. Καταμέτρηση συνολικών βακτηρίων για το πόσιμο νερό	37 C 22 C	1 1	10 100	-
55. Καταμέτρηση των συνολικών βακτηρίων για τα συσκευασμένα νερά	37 C 22 C	1 1	5 20	20 100

στ. Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό που έχει υποστεί κατεργασία αποσκλήρυνσης

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση (νερά που έχουν υποστεί αποσκλήρυνση)
1. Ολική σκληρότητα	mg/L Ca	30 ή 150 mg/L CaCO ₃
2. Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου	pH	-
3. Αλκαλικότητα	mg/L HCO ₃	30

Το άρθρο 11 της Διάταξης καθορίζει, ότι “Αρμόδια Αρχή” για την εφαρμογή της είναι οι Υγειονομικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, οι οποίες ελέγχουν τους “Υπευθύνους” για την τήρηση των όρων της Υγειονομικής Διάταξης. Υπεύθυνοι για τη μελέτη, κατασκευή, λειτουργία, καθαρισμό των συστημάτων ύδρευσης, παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού και γενικά για λήψη μέτρων, που θα διασφαλίζουν κανονική παροχή υγιεινού νερού σε μόνιμη βάση, ορίζονται:

- Για τις υδρεύσεις Δήμων και Κοινοτήτων, ο αντίστοιχος Οργανισμός ή Επιχείρηση ή Σύνδεσμος.
- Για τις βιομηχανίες, ιδρύματα, που έχουν δική τους ύδρευση, οι νόμιμοι εκπρόσωποί τους.

3.2 Κανονισμοί για την ποιότητα του πόσιμου νερού

Το νερό, το οποίο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχει χημικές ουσίες και μικροοργανισμούς σε ποσότητες που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Πρέπει να είναι ασφαλές και ακίνδυνο για την υγεία, να μην είναι θολό και να μην έχει χρώμα και δυσάρεστη οσμή και γεύση. Η τοποθεσία, η κατασκευή, η λειτουργία και η επίβλεψη μιας πηγής υδροληψίας (πηγές, δεξαμενές, επεξεργασία και διανομή νερού) πρέπει να είναι τέτοιες που να αποκλείουν οποιαδήποτε ρύπανση του νερού. Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο έχουν καθιερώσει πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού που εφαρμόζουν στην επικράτειά τους και χρησιμοποιούν μεθόδους ανάλυσης και έκφρασης των αποτελεσμάτων παρόμοιες για να είναι εύκολη η σύγκριση μεταξύ τους. Επίσης, επιδημίες από ασθένειες υδρικής προέλευσης μπορεί να αποφευχθούν εάν γίνονται αυστηροί έλεγχοι από τους υπευθύνους των συστημάτων υδροληψίας και τις αρμόδιες αρχές υγείας, όσον αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού.

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

3.3 Εθνική νομοθεσία νερού

Η εθνική νομοθεσία για τους υδατικούς πόρους αποτελείται από μία σειρά από νόμους διατάγματα και διοικητικές αποφάσεις, ιδρυτικούς νόμους και οργανισμούς υπουργείων και φορέων, που χρονολογούνται από το 1930 και που πολλές φορές επικαλύπτονται ή έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους και αναφέρονται στην έρευνα, αξιοποίηση, χρήση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο αριθμός αυτών των νομοθετικών ρυθμίσεων υπολογίζεται σε 300. Μεταξύ των βασικών χαρακτηριστικών τους είναι τα ακόλουθα:

- η προσπάθεια προώθησης των θέσεων των φορέων που τις έχουν εκδώσει,
- η τομεακή και επομένως αποσπασματική αντιμετώπιση των προβλημάτων,
- η λόγω παλαιότητας απουσία σύνδεσης με τη σημερινή φύση των προβλημάτων,

- η μη δρομολόγηση συντονισμένων και συστηματικών προγραμμάτων απόκτησης και αξιολόγησης δεδομένων πεδίου, απαραίτητων για την ουσιαστική εφαρμογή τους,
- η έλλειψη πρόβλεψης οργάνων παρακολούθησης και εξειδίκευσης της εφαρμογής τους,
- η απουσία σύνδεσης και εναρμόνισης με τις αναπτυξιακές επιδιώξεις παραγωγικών τομέων και περιοχών της χώρας,
- η καθυστέρηση κάλυψης υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών.

Από το συνολικό αυτό νομοθετικό έργο, δύο σχετικά πρόσφατα νομοθετήματα, που λειτουργούν συμπληρωματικά, διακρίνονται για τη διατομεακή τους αντίληψη και την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των υδατικών πόρων. Πρόκειται για τον Ν.1650/86 για την *Προστασία του Περιβάλλοντος* που αντιμετωπίζει το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προβλέπει μέτρα οργανωτικά και θεσμικά για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υδατικών πόρων και για τον Ν.1739/87 για τη διαχείριση των Υδατικών Πόρων.

Ο δεύτερος, εισάγει σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και την καθημερινή πρακτική, με τη θεσμοθέτηση διαδικασιών και οργάνων που επιτρέπουν την άσκηση της διαχείρισης σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Ο νόμος αυτός είναι ο μοναδικός που συνδέει τα θέματα διαχείρισης με τον προγραμματισμό ανάπτυξης της χώρας. Συγκεκριμένα προβλέπει τη χάραξη και εφαρμογή υδατικής πολιτικής ως προϋπόθεσης για μια αναπτυξιακή πολιτική που θα μεγιστοποιεί τα αποτελέσματα της παραγωγικής διαδικασίας, θα εξομαλύνει τις ανταγωνιστικές χρήσεις νερού, θα συμβάλλει στη συνεχή ανανέωση των υδατικών πόρων και θα συντελεί στην προστασία του περιβάλλοντος. Και όλα αυτά μέσα από διαδικασίες και όργανα στα οποία λαμβάνεται υπόψη η γνώμη όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Δυστυχώς, οι γνωστές αδυναμίες του δημόσιου τομέα απέτρεψαν την εφαρμογή των δύο νόμων στην κλίμακα που επιβάλλεται από το μέγεθος των προβλημάτων, με αποτέλεσμα τη συνέχιση της αποσπασματικής και ευκαιριακής αντιμετώπισης της διαχείρισης του νερού. Παρόλα αυτά, και η μερική ακόμα εφαρμογή τους, κυρίως του Ν. 1739/87, έδωσε μέχρι σήμερα ένα μεγάλο παιδευτικό όφελος, γιατί δημιούργησε τις δομές και τις εμπειρίες εκείνες που είναι απαραίτητες για να συνειδητοποιήσουν οι χρήστες και όλοι οι εμπλεκόμενοι στο κύκλωμα του νερού την αναγκαιότητα ορθολογικής και προγραμματισμένης χρήσης του.

3.4 Οδηγία - Πλαίσιο

Η Οδηγία - Πλαίσιο, μεταξύ άλλων:

- i. Προστατεύει όλα τα ύδατα ποταμούς, λίμνες, παράκτια και υπόγεια.
- ii. Θέτει φιλόδοξους στόχους για να εξασφαλιστεί ότι όλα τα ύδατα θα ανταποκρίνονται στην «καλή κατάσταση» μέχρι το 2015.
- iii. Δημιουργεί σύστημα διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.

- iv. Απαιτεί διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ χωρών και όλων των εμπλεκομένων μερών, (στην περίπτωση των διεθνών περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού).
- v. Εξασφαλίζει ενεργό συμμετοχή όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών και των τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες της διαχείρισης των υδάτων.
- vi. Εξασφαλίζει μείωση και έλεγχο της ρύπανσης από όλες τις πηγές όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι αστικές περιοχές,
- vii. Απαιτεί πολιτικές τιμολόγησης του νερού και εξασφαλίζει ότι ο ρυπαίνων πληρώνει και τέλος
- viii. Εξισορροπεί τα συμφέροντα του περιβάλλοντος με τα συμφέροντα αυτών που εξαρτώνται από αυτό.

Η οδηγία καθιερώνει ως μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, την ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού καθορίζει, μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες που θα πρέπει να υλοποιηθούν εντός των καθορισμένων προθεσμιών, ώστε ο βασικός στόχος της οδηγίας που είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας «καλής κατάστασης» να επιτευχθεί μέχρι το 2015. Ωστόσο για συγκεκριμένα υδατικά συστήματα, εφόσον πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, η οδηγία προβλέπει παράταση της προθεσμίας αυτής ή και επιδίωξη περιβαλλοντικών στόχων λιγότερο αυστηρών από αυτούς που απαιτούνται κανονικά. Όσον αφορά τα επιφανειακά νερά «καλή κατάσταση» θεωρείται η «καλή οικολογική» και η «καλή χημική κατάσταση» ενώ όσον αφορά τα υπόγεια νερά «καλή κατάσταση» θεωρείται η «καλή ποσοτική» και η «καλή χημική κατάσταση».

Η Οδηγία – Πλαίσιο για τα Νερά αποτελεί κατά γενική ομολογία μια τεράστια προσπάθεια, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, για την ορθή προστασία και χρήση όλων των υδάτων ώστε να εξασφαλιστεί η αειφόρος χρήση του νερού σε ολόκληρη την Ευρώπη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε τους στόχους και τις βάσεις με την οδηγία και τώρα αναμένεται από κάθε κράτος μέλος να αξιολογήσει την υπάρχουσα κατάσταση και τις ιδιαιτερότητες των υδατικών του πόρων και να διαμορφώσει τη δική του εθνική στρατηγική.

3.5 Οδηγία – Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής ένωσης (2000/60)

Με τη Ευρωπαϊκή Οδηγία - Πλαίσιο για το Νερό (2000/60), δίνεται η ευκαιρία στις χώρες της Ενωμένης Ευρώπης να αποκτήσουν υδατική πολιτική οργανώνοντας, εκσυγχρονίζοντας και ομογενοποιώντας τα συστήματα διαχείρισης των υδατικών τους πόρων. Πρόκειται για μια σημαντική ευκαιρία για την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον στην Ευρώπη, καθώς η νέα Οδηγία υποδεικνύει το δρόμο για την χάραξη και εφαρμογή μιας πολιτικής νερού με χαρακτηριστικά βιωσιμότητας, μιας πολιτικής δηλαδή που να διασφαλίζει διαχρονικά τόσο την ανάπτυξη, με την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό, όσο και το περιβάλλον, με τη διατήρηση και την προστασία των υδατικών συστημάτων.

Η οδηγία ανασχηματίζει την υφιστάμενη ευρωπαϊκή νομοθεσία με την εισαγωγή ενός νέου μοντέλου διαχείρισης των υδάτων δηλαδή την ολοκληρωμένη υδατική διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Δημοσιεύθηκε στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων και τέθηκε σε ισχύ την 22.12.2000.

Η διαχειριστική προσέγγιση της Οδηγίας - η ολοκληρωμένη υδατική διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού - στοχεύει στην διασφάλιση του πλήρους συντονισμού της υδατικής πολιτικής σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υπό την έννοια του "Πλαισίου", η οδηγία επικεντρώνεται στην εγκατάσταση των σωστών συνθηκών που ενθαρρύνουν την ικανοποιητική και αποτελεσματική προστασία των υδάτων σε τοπικό επίπεδο, με την εισαγωγή εργαλείων για μία κοινή προσέγγιση, κοινούς στόχους, αρχές, ορισμούς και βασικά μέτρα. Όμως, οι μηχανισμοί και τα ειδικά μέτρα που απαιτούνται για την επίτευξη της "καλής κατάστασης", λαμβάνονται σε τοπικό επίπεδο και είναι ευθύνη των αρμοδίων (εθνικών, περιφερειακών, τοπικών ή σε επίπεδο λεκάνης απορροής) αρχών.

Στο πλαίσιο της εφαρμογής της Οδηγίας 60/2000, τα κράτη - μέλη και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχουν από κοινού αναλύσει τις προκλήσεις και έχουν θεμελιώσει μία Κοινή Στρατηγική, που υιοθετήθηκε μετά από μια περίοδο έντονων συζητήσεων των χωρών μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Στόχοι της κοινής στρατηγικής είναι η συνέπεια στην εφαρμογή και η συγκρισιμότητα, η κοινή αντίληψη και προσέγγιση, οι κοινές προσπάθειες και δραστηριότητες, η ανταλλαγή εμπειρίας και πληροφόρησης, η ανάπτυξη μιας διαδικασίας καθοδήγησης μέσω κατευθυντήριων γραμμών, η διαχείριση της πληροφορίας μέσω συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και ο περιορισμός του κινδύνου ανεπαρκούς εφαρμογής της Οδηγίας (λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία που προέρχεται από την εφαρμογή άλλων οδηγιών που έχουν σχέση με τα νερά).

Για την επίτευξη αυτών των στόχων θεσπίστηκαν Θεματικές Ομάδες Εργασίας καθώς και Ομάδα Στρατηγικής, η οποία ανέλαβε το συντονισμό των προγραμμάτων εργασίας, αποφασίστηκε η διεξαγωγή σειράς συναντήσεων εργασίας στα κράτη μέλη όπως και άλλων διεθνών διοργανώσεων αλλά και πιλοτικών προγραμμάτων. Οι δραστηριότητες διαιρέθηκαν σε προγράμματα και για κάθε επί μέρους πρόγραμμα αναπτύχθηκε ένα συγκεκριμένο φύλλο εργασίας που αναφέρεται στο περιεχόμενο, τους στόχους, την χώρα ή τον οργανισμό που θα αναλάβει να ηγηθεί του προγράμματος, στο χρόνο ολοκλήρωσης των εργασιών, στη σχέση του με το αντικείμενο των άλλων προγραμμάτων και στους χρηματοδότες.

Οι στόχοι και τα μέτρα που έχουν ληφθεί στη διαδικασία της Κοινής Στρατηγικής αλλά και τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα περιορίζουν όντως τον κίνδυνο ανεπαρκούς εφαρμογής της οδηγίας. Με βάση την οδηγία αυτή κάθε κράτος μέλος αναλαμβάνει την υποχρέωση να καταρτίζει πρόγραμμα λήψης μετρήσεων και καταγραφής των υδρολογικών, φυσικοχημικών, ρυπαντικών κλπ. Μεταβολών που επιτελούνται στα υπόγεια και επιφανειακά νερά.

Στην χώρα μας το ΙΓΜΕ (στο πλαίσιο του "Δικτύου παρακολούθησης των υπόγειων νερών της Χώρας"), ασχολήθηκε μέχρι το 2001 με την συλλογή πληροφοριών που αφορούν στα υπόγεια νερά, ενώ το πρόγραμμα "Υδροσκόπιο" και τα προγράμματα των άλλων φορέων (ΥΠΕΧΩΔΕ, ΥΠΓΕ) κάλυπταν (μερικώς ίσως και όχι συστηματικά) τα επιφανειακά νερά. Σήμερα είναι πλέον σαφές ότι η βιώσιμη αντιμετώπιση των υδατικών προβλημάτων δεν απαιτεί τη μονόπλευρη εξασφάλιση ολοένα και περισσότερων υδατικών αποθεμάτων, αλλά αντιθέτως, επιβάλλει την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης νερού.

Η υπόθεση της διευθέτησης αυτού του ισοζυγίου είναι μια υπόθεση σύνθετη που αφορά κατ' αρχήν στις φυσικές και τεχνικές παραμέτρους που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα του νερού στη φύση και στον σχεδιασμό των τεχνικών έργων αξιοποίησής του. Αφορά επίσης στην ανάπτυξη, αφού άμεσα εξαρτώνται από το νερό μια σειρά από σημαντικές οικονομικές δραστηριότητες, από την αγροτική παραγωγή έως τη βιομηχανία, την παραγωγή ενέργειας και τον τουρισμό. Ακόμη αφορά την κοινωνία που είναι και ο τελικός χρήστης του νερού.

Τέλος, αφορά στο περιβάλλον, μια και πάνω απ' όλα το νερό είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά αγαθά με ανυπολόγιστη οικολογική αξία. Το πρόβλημα συνεπώς του νερού είναι ποιοτικά και ποσοτικά σύνθετο και πολυδιάστατο και ακριβώς σ' αυτό το χαρακτηριστικό του οφείλεται και η μεγάλη δυσκολία στην αντιμετώπισή του. Διότι τέτοιου είδους πολύπλοκα προβλήματα απαιτούν ολοκληρωμένες λύσεις που συνίστανται σε συνολική και ενιαία επέμβαση σε όλα τα μέτωπα και τους εμπλεκόμενους τομείς.

3.6 Ζώνες προστασίας έργων

Στις ξένες χώρες εφαρμόζονται μέτρα προστασίας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων που βρίσκονται ή πρόκειται να εκμεταλλευτούν. Με βάση αυτό η περιοχή προστασίας της υδρομάστευσης υποδιαιρείται στις ακόλουθες τρεις ζώνες:

- i. Ζώνη I (Ζώνη Άμεσης Προστασίας ή Απαγορευμένη Ζώνη), όπου απαγορεύεται σχεδόν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, ακόμη κι η διάβαση πεζών.
- ii. Ζώνη II (Κοντινή Ζώνη Προστασίας ή Ελεγχόμενη Ζώνη), όπου απαγορεύεται κάθε γεωργική και κατασκευαστική δραστηριότητα, αποθήκευση και μεταφορά ρυπογόνων ουσιών και η δημιουργία χώρων αναψυχής.
- iii. Ζώνη III (Μακρινή Ζώνη Προστασίας ή Επιτηρούμενη Ζώνη), όπου απαγορεύεται η εφαρμογή αγροχημικών, η εγκατάσταση εργοστασίων με ρυπογόνα απόβλητα, η απόρριψη χρησιμοποιούμενων νερών, η αποθήκευση και μεταφορά ρυπογόνων ουσιών κλπ. Στη χώρα μας δεν εφαρμόζονται τα εν λόγω μέτρα προστασίας (καθορισμός ζωνών και απαγορεύσεις).

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 κατά την ανάλυση και χαρακτηρισμό των συστημάτων των υδάτων πρέπει να προσδιορίζονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Κεφάλαιο 4^ο

Συστήματα αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης



4.1 Εισαγωγή

Είναι γνωστό το πρόβλημα της έλλειψης πόσιμου νερού που αντιμετωπίζουν πολλές περιοχές στον Ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα στα νησιά του Αιγαίου, όπου συναντάται το τυπικό ξηρό μεσογειακό κλίμα, το πρόβλημα είναι πολύ έντονο αφού οι υδάτινοι πόροι είναι περιορισμένοι. Επιπλέον η είσοδος του θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο την εξεύρεση πόσιμου νερού. Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα τα αποθέματα υδάτινων πόρων να μην επαρκούν για τη κάλυψη των αναγκών του τοπικού πληθυσμού. Το πρόβλημα αυτό γίνεται εντονότερο κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν η ανάγκη για πόσιμο νερό αυξάνεται έως και πέντε φορές από το κανονικό λόγω της αύξησης του πληθυσμού.

Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται κυρίως με τη μεταφορά πόσιμου νερού σε αυτές τις περιοχές με υδροφόρα πλοία. Αυτή η διαδικασία έχει ιδιαίτερα μεγάλο οικονομικό κόστος. Μία εναλλακτική λύση της μεταφοράς νερού είναι η εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης. Όπως είναι γνωστό οι μέθοδοι αφαλάτωσης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: τις θερμικές μεθόδους και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν μεμβράνες. Η αντίστροφη όσμωση είναι η μοναδική χρησιμοποιούμενη μέθοδος αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά.

4.2 Λίγα λόγια για την Αφαλάτωση

Η πιο κατάλληλη λύση για την αντιμετώπιση της έλλειψης πόσιμου νερού που αντιμετωπίζουν πολλές περιοχές στον Ελλαδικό χώρο, θεωρείται η χρήση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού η οποία αρχίζει να υιοθετείται από διάφορες χώρες όλο και περισσότερο.

Με τον όρο “αφαλάτωση” νοείται οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Επομένως η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια, λίμνες ή γεωτρήσεις. Τεχνολογίες αφαλάτωσης είναι σε χρήση σε όλο τον κόσμο εξυπηρετώντας διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της παροχής πόσιμου νερού για οικιακή και δημόσια χρήση, βιομηχανικές εργασίες και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης νερό για τους πρόσφυγες και για στρατιωτικές επιχειρήσεις. Αφαλάτωση χρησιμοποιείται ακόμα σε πολλά ποντοπόρα πλοία και σε υποβρύχια.

Η αφαλάτωση εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, άνυδρες με πρόσβαση όμως σε θαλασσινό νερό. Έτσι η εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης σε πολλές άνυδρες και με ελάχιστη ποσότητα διαθέσιμου νερού περιοχές είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομική τους ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, η αφαλάτωση είναι μια σημαντική πηγή νερού σε άνυδρες περιοχές όπως για παράδειγμα στη Μέση Ανατολή, τα νησιά της Καραϊβικής και άλλες περιοχές όπου η φυσική διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση και όπου οι παραδοσιακές επιλογές ύδρευσης ή η μεταφορά νερού από άλλες περιοχές έχουν χαρακτηριστεί αδύνατες ή αντικοινωνικές.

Η ιδέα της αφαλάτωσης ξεκινά από τα αρχαία χρόνια, τότε που το αλάτι και όχι το νερό θεωρούνταν πολύτιμο αγαθό. Όταν ο πληθυσμός και οι απαιτήσεις για πόσιμο νερό αυξήθηκαν, οι επιχειρηματίες άρχισαν να αναζητούν τρόπους παράγωγης πόσιμου νερού για απομακρυσμένες περιοχές και κυρίως για τα πολεμικά πλοία. Το 1970 ο Υπουργός Εξωτερικών των Η.Π.Α. Thomas Jefferson παρουσίασε την πρώτη τεχνική έκθεση που περιέγραφε τα αποτελέσματα μιας απλής διαδικασίας απόσταξης. Οι πληροφορίες αυτές έπρεπε να είναι τυπωμένες σε όλα τα έγγραφα των πλοίων, έτσι ώστε να υπάρχει μια πηγή γλυκού νερού σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας χορηγήθηκε για μια συσκευή αφαλάτωσης νερού το 1852. Ο πρώτος μεγάλος εργοστασιακός σταθμός αφαλάτωσης θαλασσινού νερού εγκαταστάθηκε στο νησί Κουρακάο στις Ολλανδικές Αντίλλες το 1928 και ακόμη και η τοπική μπίρα γίνεται με αφαλατωμένο νερό. Μια μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης κτίστηκε το 1938 στη σημερινή Σουηδική Αραβία. Έρευνα για αφαλάτωση διεξήχθη και κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για να βρεθούν τρόποι να καλυφθούν οι ανάγκες των στρατιωτών για καθαρό νερό σε άνυδρες περιοχές.

4.2.1 Μέθοδοι αφαλάτωσης

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος αφαλάτωσης, η οποία να θεωρείται η καλύτερη και πιο αξιόπιστη. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από τεχνολογίες αφαλάτωσης που απομακρύνουν αποτελεσματικά τα άλατα από το αλμυρό νερό παράγοντας ένα ρεύμα ύδατος με χαμηλή συγκέντρωση άλατος και ένα άλλο με υψηλή συγκέντρωση των υπόλοιπων αλάτων (άλμη ή συμπύκνωμα). Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνολογίες κατατάσσονται σε 2 κατηγορίες : στις μεθόδους εξάτμισης και στις μεθόδους μεμβρανών.

4.3 Λίγα λόγια για την Αντίστροφη όσμωση

Η αντίστροφη όσμωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφαλάτωσης και στηρίζεται στη χρήση μεμβρανών. Ποσοστιαία αποτελεί το 62% των μεθόδων αφαλάτωσης και το 88% των μεθόδων που χρησιμοποιούν μεμβράνες. Άρχισε να εφαρμόζεται γύρω στο 1960 για τη παραγωγή πόσιμου νερού από υφάλμυρα ύδατα και το 1970, έπειτα από τη βελτίωση των ημιπερατών μεμβρανών, άρχισε η εφαρμογή της στη βιομηχανία για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Τα συστήματα αντίστροφης όσμωσης RO είναι συστήματα φίλτρων διήθησης, επεξεργασίας και καθαρισμού πόσιμου νερού, τα οποία χρησιμοποιούν την τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης για να αφαιρέσουν από το νερό το 95 – 99 % όλων των ορυκτών και χημικών μολυσματικών παραγόντων.

Είναι συστήματα της πιο σύγχρονης και διαδεδομένης τεχνολογίας στην επεξεργασία νερού, τα οποία συνδυασμένα με προηγμένα φίλτρα, δίνουν άριστη ποιότητα. Η τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης χαρακτηρίζεται από ειδικούς νέα αλλά πολύ αποτελεσματική εφαρμογή μιας καθιερωμένης επιστημονικής τεχνικής.

Τα συνηθισμένα φίλτρα νερού χρησιμοποιούν μια οθόνη, για να διαχωρίσουν τα μόρια του ιζήματος από το νερό. Η αντίστροφη όσμωση χρησιμοποιεί μια μεμβράνη που αφαιρεί όχι μόνο τα μόρια αλλά και ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό των διαλυμένων ουσιών.

Η αντίστροφη όσμωση είναι η διαδικασία κατά την οποία το υπό καθαρισμό νερό, με την εφαρμογή πίεσης περνάει από μια ημιπερατή μεμβράνη με μικροσκοπικές οπές, οι οποίες εμποδίζουν τη διόδο ακαθαρσιών ακόμη και μικροβίων. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική τεχνολογία για την απομάκρυνση ανόργανων συστατικών, νιτρικών, θεικών, σκληρότητας, μικροβίων, σωματιδίων ενώ απομακρύνεται και μικρό ποσοστό φυτοφαρμάκων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεμβράνες μπορούν να κορεστούν στην περίπτωση χρήσης σκληρού νερού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται αντικατάσταση των μεμβρανών, γεγονός που επιβαρύνει το λειτουργικό κόστος. Επιπλέον απαιτείται, αρχικά προφίλτραση και αποσκλήρυνση του νερού. Παρ' όλα αυτά αν και η αντίστροφη όσμωση είναι αποτελεσματική στην απομάκρυνση βακτηρίων και ιών, συνίσταται να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με λάμπα υπεριώδους (UV) στο τέλος, ή και με προ-χλωρίωση.

4.4 Αρχή λειτουργίας αντίστροφης όσμωσης

α. Ιδιότητα διάχυσης

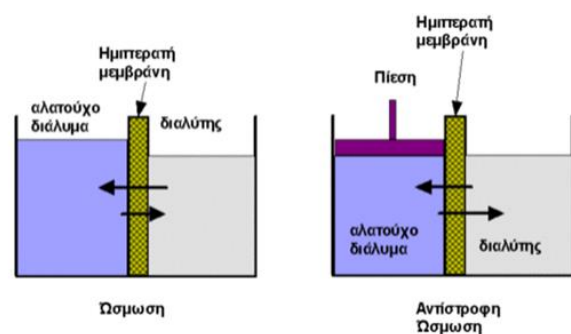
Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου στηρίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της όσμωσης. Φυσιολογικά, όταν δυο υγρά με διαφορετική πυκνότητα συγκεκριμένα περιεκτικότητα σε άλατα, έρθουν σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη πυκνότητα, μετατοπίζεται προς το υγρό με την υψηλότερη πυκνότητα, μέχρι να υπάρξει ισορροπία, σαφέστερα όταν όλο το μείγμα αποκτήσει την ίδια πυκνότητα. Αυτή η ιδιότητα ονομάζεται διάχυση.

β. Ιδιότητα όσμωσης

Όταν μεταξύ των δυο υγρών παρεμβληθεί μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε εμποδίζεται η διέλευση των αλάτων, αλλά όχι και του νερού (διαλύτης) που διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η οσμωτική ροή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται, μέχρι να επιτευχθεί μια κατάσταση ισορροπίας, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η διαφορά της στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται όσμωση.

γ. Ιδιότητα αντίστροφης όσμωσης

Η αντίστροφη όσμωση είναι η αντιστροφή της φυσικής ροής της όσμωσης. Σε ένα σύστημα καθαρισμού νερού, ο



στόχος δεν είναι να αραιωθούν τα άλατα και οι επιβλαβείς ουσίες, αλλά να διαχωριστεί το καθαρό νερό από τα διαλυμένα στερεά και άλλους οργανικούς μολυσματικούς παράγοντες. Όταν η φυσική οσμωτική ροή αντιστρέφεται, το νερό από τη μία συγκέντρωση αναγκάζεται, μέσω της μεμβράνης και υπό εφαρμογή πίεσης, να περάσει στην αντίθετη κατεύθυνση. Μέσω αυτής της διαδικασίας, παράγεται καθαρό νερό, αφαιρώντας τα άλατα και άλλους μολυσματικούς παράγοντες. Αυτό ονομάζεται Αντίστροφη Όσμωση.

Στις σύγχρονες εφαρμογές αφαλάτωσης η διαδικασία της Αντίστροφης Όσμωσης είναι αυτοματοποιημένη με μία αντλία υψηλής πίεσης να διοχετεύει νερό το οποίο προορίζεται για επεξεργασία, σε μεμβράνες που βρίσκονται μέσα σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης (high pressure vessel). Το διάλυμα τροφοδοσίας (feed water) διαχωρίζεται στο διήθημα (καθαρό νερό, 30 - 40% του νερού εισόδου) που διέρχεται από τις μεμβράνες (permeate water) και στο απορριπτόμενο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, την άλμη ή αλμόλοιπο (brine). Το απορριπτόμενο διάλυμα είναι το 60-70% του νερού τροφοδοσίας και εκεί παραμένει το 99,8 % των αλάτων του διηθήματος. Το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα κατάλληλο για ύδρευση, άρδευση και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις.

4.5 Υποσυστήματα αντίστροφης όσμωσης

Μία μονάδα αντίστροφης όσμωσης αποτελείται από τα παρακάτω υποσυστήματα:

- Το σύστημα προ-επεξεργασίας
- Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης
- Το σύστημα μετ-επεξεργασίας

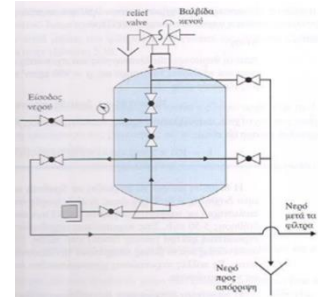
4.5.1 Σύστημα προ-επεξεργασίας

Η προ-επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η αποδοτικότητα και η διάρκεια ζωής ενός συστήματος αντίστροφης όσμωσης. Η σωστή προ-επεξεργασία βοηθάει στη σωστή λειτουργία των μεμβρανών διότι μειώνει τη μόλυνση και την αποικοδόμηση τους καθώς και τις επικαθίσεις αλάτων. Έτσι μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα του συστήματος. Το σύστημα προ-επεξεργασίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- **Χλωρίωση:** Το νερό τροφοδοσίας χλωριώνεται είτε με αέριο χλώριο είτε με υπο-χλωριώδες νάτριο (συχνότερα) είτε με υπο-χλωριώδες ασβέστιο (λιγότερο συχνά). Η χλωρίωση γίνεται με δοσομετρικές αντλίες συνεχώς ώστε στο νερό προς αφαλάτωση η συγκέντρωση σε ενεργό χλώριο να είναι μέχρι 10 ppm. Η χλωρίωση είναι απαραίτητη για την πρόληψη δημιουργίας επιστρώματος μόλυνσης, οργανικής κυρίως προέλευσης.
- **Θρόμβωση-Κροκίδωση:** Τα αιωρούμενα στερεά του νερού τροφοδοσίας διέρχονται από δύο είδη φίλτρων. Τα **φίλτρα άμμου** και τα **φίλτρα φυσιγγίων**. Τα φίλτρα άμμου περιλαμβάνουν στρώσεις από αδρανή υλικά διαφορετικού μεγέθους και τα

φίλτρα φυσιγγίων συγκρατούν όλα τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου των 1-5 μm .

- **Πολυστρωμικά φίλτρα:** Τα πολυστρωμικά φίλτρα περιέχουν αδρανή υλικά σε στρώματα και λειτουργούν σαν φίλτρα. Περιλαμβάνουν στρώσεις διαφόρων μεγεθών από το πυθμένα προς πάνω, χαλαζιακά μικρά χαλίκια, αδρανή πυρριτική άμμο και ανθρακίτη. Η πυκνότητα αυτών των υλικών είναι τέτοια ώστε να διατηρείται η διαστρωμάτωση τους ακόμα και σε ισχυρές αναδεύσεις λόγω της μεγάλης ταχύτητας του διερχόμενου νερού. Ο καθαρισμός του νερού επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους:



- α. Με τη μη δυνατότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να διαπεράσουν το ανώτατο στρώμα λόγω μεγέθους
- β. Με τη καθίζηση τους λόγω βάρους στα κατώτερα στρώματα.

- **Αποχλωρίωση:** Το υπολειπόμενο χλώριο που έχει χρησιμοποιηθεί είναι καταστροφικό για τις μεμβράνες, έτσι πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος αποχλωρίωσης. Με δοσομετρική αντλία τροφοδοτείται το νερό με αναγωγικά μέσα κατάλληλης δΟΣολογίας ώστε να μη παραμείνει χλώριο στο διάλυμα. Η αποχλωρίωση γίνεται με φίλτρα ενεργού άνθρακα τα οποία επίσης συγκρατούν την αιωρούμενη οργανική ύλη και τις χλωραμίνες.
- **Ρύθμιση pH:** Η μείωση του pH είναι απαραίτητη ώστε να αποφευχθεί η επικάλυψη αλάτων. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση οξέων, συνήθως το υδροχλωρικό και το θειικό οξύ). Η δΟΣολογία τους καθορίζεται από τη σύσταση του κατεργαζόμενου νερού.
- **Προσθήκη αντικαθαλωτικού:** Η παρεμπόδιση των επικαθήσεων αλάτων μπορεί να επιτευχθεί και με τη προσθήκη ειδικών αντικαθαλωτικών ουσιών. Η δράση τους οφείλεται στο ότι προσροφούνται επιφανειακά στο αρχικό στάδιο σχηματισμού των αλάτων, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν την ανάπτυξη κρυστάλλων άρα και το σχηματισμό επικαθήσεων αλάτων.
- **Φίλτρο φυσιγγίων:** Για την ολοκλήρωση της προεπεξεργασίας, το νερό τροφοδοσίας διέρχεται από τα φίλτρα φυσιγγίων. Γενικά χρησιμοποιούνται φίλτρα από πολυμερές υλικό.

4.5.2 Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης

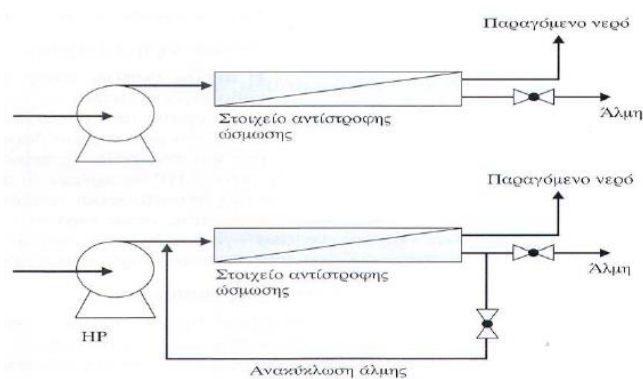
Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- **Αντλία χαμηλής πίεσης ή τροφοδοσίας:** Η αντλία χαμηλής πίεσης είναι συνήθως φυγόκεντρη ή περιστροφική αντλία κατάλληλης ισχύος που τροφοδοτεί τα φίλτρα και την αντλία υψηλής πίεσης. Συνήθως εγκαθίστανται δύο αντλίες χαμηλής πίεσης, μία σε λειτουργία και μία εφεδρική. Είναι κατασκευασμένη από ανθεκτικό υλικό στη διάβρωση και λαμβάνει το νερό τροφοδοσίας απευθείας από τη πηγή τροφοδοσίας ή από τη δεξαμενή εξισορρόπησης.

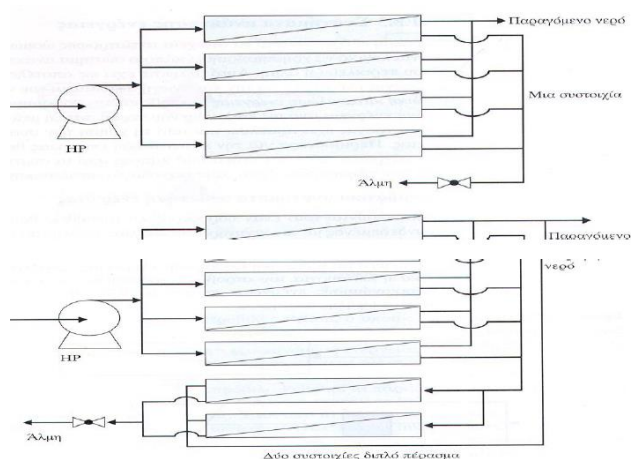
- **Αντλία υψηλής πίεσης:** Πρόκειται για αντλία με τρία ή περισσότερα έμβολα κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα και ειδικό κεραμικό υλικό για μείωση του βάρους της. Το νερό τροφοδοσίας εξερχόμενο από την αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύεται στα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης που βρίσκονται στα δοχεία πίεσης.
- **Στοιχεία αντίστροφης όσμωσης:** Αποτελούνται από ειδικά δοχεία πίεσης εντός των οποίων τοποθετούνται σε σειρά 1-7 στοιχεία μεμβρανών. Δηλαδή πρόκειται για μεμβρανοθήκη και στοιχεία μεμβρανών. Ο έλεγχος της ποιότητας παραγωγής κάθε μεμβράνης γίνεται με ειδικό σωλήνα που τοποθετείται εσωτερικά των μεμβρανών στο σωλήνα παραγόμενου νερού.

Κάθε σύστημα αφαλάτωσης μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης διατεταγμένα παράλληλα σχηματίζοντας μια ή περισσότερες συστοιχίες. Το νερό τροφοδοσίας εισέρχεται σε κάθε στοιχείο αντίστροφης όσμωσης από το ένα άκρο και το παραγόμενο νερό και η άλμη εξέρχονται από το άλλο. Η άλμη μπορεί να ανακυκλώνεται ή να έχουμε δεύτερο πέρασμα σε άλλη συστοιχία μεμβρανών. Η πίεση λειτουργίας μπορεί να καθορίζεται με ειδική βάνα η οποία τοποθετείται στην έξοδο της γραμμής της άλμης.

Οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης είναι το σημαντικότερο τμήμα μιας μονάδας αφαλάτωσης αυτού του τύπου μιας και εκεί γίνεται η διαδικασία της αφαλάτωσης. Όλα τα άλλα υποσυστήματα έχουν σαν σκοπό οι μεμβράνες να λειτουργούν σε βέλτιστες συνθήκες πίεσης, αλμυρότητας και ροής.



Σύστημα αφαλάτωσης με ένα στοιχείο αντίστροφης όσμωσης



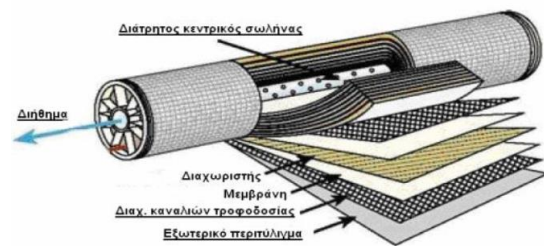
Απλό και διπλό πέρασμα συστημάτων αφαλάτωσης

Οι μεμβράνες αποτελούνται από δύο διακεκριμένες στοιβάδες, τον υμένα (skin), που είναι το δραστικό τμήμα της μεμβράνης για τον διαχωρισμό του νερού από τα διαλυμένα ή αιωρούμενα συστατικά και από ένα λεπτό στρώμα πορώδους υλικού το οποίο είναι περατό τόσο από το νερό όσο και από τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται σε αυτό. Κατασκευάζονται από οργανικές πολυμερείς ενώσεις και είναι τόσο λεπτές και εύθραυστες, ώστε απαιτείται η μορφοποίησή τους, σε μονάδες οι οποίες ονομάζονται στοιχεία μεμβρανών (modules).

Οι τέσσερις βασικοί τύποι στοιχείων είναι:

- α. τα στοιχεία μεμβρανών ελικοειδούς περιέλιξης (spiral wound module),
- β. τα στοιχεία κοίλων ινών (hollow fiber module),
- γ. τα σωληνοειδή στοιχεία (tubular module)
- δ. τα δισκοειδή στοιχεία (Platte and frame modules)

Μεταξύ των μεμβρανών υπάρχει ένα διαχωριστής από πορώδες υλικό (συνήθως πλέγμα Pet-Dacron εμποτισμένο με ρητίνες), το οποίο εμποδίζει την ένωση τους λόγω της υψηλής πίεσης και διευκολύνει την ομοιόμορφη ροή του καθαρού νερού μεταξύ των μεμβρανών. Οι δύο άκρες των μεμβρανών του ανοικτού τμήματος προσκολλώνται σε ένα κεντρικό διάτρητο σωλήνα από όπου απομακρύνεται το καθαρό νερό (διήθημα). Όσον αφορά τις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης στις βιομηχανικές χρήσεις, στον κεντρικό διάτρητο σωλήνα τυλίγονται σε μορφή κυλίνδρου 26 φάκελοι μεμβρανών με διαχωριστές που χωρίζονται μεταξύ τους από τα πλαστικά πλέγματα διαχωρισμού των καναλιών τροφοδοσίας της άλμης. Τα στοιχεία αυτά των μεμβρανών έχουν συνήθως μήκος 30.5 έως 152 cm με διάμετρο 5.1 έως 30.5 cm. Δύο έως και έξι στοιχεία μεμβρανών τοποθετούνται εν σειρά σε ένα κυλινδρικό σωλήνα πίεσης, από ειδικό πλαστικό ή μέταλλο σχηματίζοντας ένα στοιχείο αντίστροφης ώσμωσης με συνηθέστερο μήκος 6.1 m.



4.5.3 Το σύστημα μετ-επεξεργασίας

Το παραγόμενο νερό από τη διαδικασία της αφαλάτωσης παρουσιάζει γενικά μικρή σκληρότητα και χαμηλό pH. Γι αυτό το λόγο η επεξεργασία του αφαλατωμένου νερού, είναι απαραίτητη ώστε το νερό να είναι κατάλληλο για οικιακή χρήση ή για πόση.

Συνεπώς πραγματοποιείται βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού. Σαφέστερα, πραγματοποιείται διόρθωση οξύτητας, αύξηση σκληρότητας με τη χρήση χημικών σε δεξαμενή και στη συνέχεια αποστέλλεται στο δίκτυο ύδρευσης ή αποθηκεύεται.

Συγκεκριμένα σε αυτό το στάδιο λαμβάνουν χώρα οι εξής διαδικασίες:

- **Ρύθμιση pH:** Το pH αυξάνεται είτε με τη προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου είτε με τη προσθήκη όξινου ανθρακικού νατρίου. Η δοσολογία ρυθμίζεται ανάλογα με το pH του παραγόμενου νερού και την επιθυμητή τιμή. Επίσης προστίθεται αντιδιαβρωτικό, όπως είναι διάφορες πολυφωσφορικές ενώσεις με σκοπό να μειωθούν οι διαβρωτικές ιδιότητες του αφαλατωμένου νερού.
- **Ρύθμιση σκληρότητας:** Η αύξηση της σκληρότητας γίνεται με δύο τρόπους. Πρώτον με τη προσθήκη, μέσω δοσομετρικής αντλίας, CaCl_2 και MgCl_2 και δεύτερον με τη διαβίβαση του νερού μέσα από ειδικές στήλες που περιέχουν

άλατα μαγνησίου και ασβεστίου. Ο δεύτερος τρόπος είναι ο πλέον ενδεδειγμένος διότι έτσι δεν αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου.

- **Χλωρίωση:** Η χλωρίωση του νερού γίνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Το χλώριο στο πόσιμο νερό δε πρέπει να υπερβαίνει τα 0,2 ppm.

4.6 Υλικό μεμβρανών

Οι μεμβράνες αρχικά κατασκευάζονταν από οξική κυτταρίνη. Η οξική κυτταρίνη έχει πολύ καλή απόδοση διαχωρισμού, όμως έχει το μειονέκτημα να υδρολύεται εύκολα σε μικρές ή μεγάλες τιμές pH. Σήμερα η κυτταρίνη έχει αντικατασταθεί σε πολλές εφαρμογές από πολυαμίδια, πολυσουλφόνες, πολυεστέρες και άλλα νεότερα συνθετικά πολυμερή υλικά. Τα συνθετικά πολυμερή έχουν καλύτερη χημική σταθερότητα και αντοχή στη μικροβιακή αποικοδόμηση.

Οι μεμβράνες κατασκευάζονται και από κεραμικά υλικά όπως η ζirkονία, η αλουμίνια, η τιτανία. Το κυριότερο πλεονέκτημα των ανόργανων μεμβρανών σε σύγκριση με τις πολυμερείς μεμβράνες είναι η μεγάλη σταθερότητα τους στις υψηλές θερμοκρασίες, η οποία επιτρέπει την αποστείρωση τους με ατμό. Η διεργασία αυτή είναι απαραίτητη όταν χρησιμοποιούνται οι μεμβράνες σε βιοτεχνολογικές εφαρμογές και στην επεξεργασία φυσικών χυμών και τροφίμων.

Οι διαθέσιμες σήμερα μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης είναι κυρίως :

- α. οι ασύμμετρες μεμβράνες που περιέχουν ένα πολυμερές
- β. οι σύνθετες μεμβράνες που αποτελούνται από δυο ή περισσότερες στρώσεις πολυμερούς.

Ενώ το υλικό της μεμβράνης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την ροή της διαλυμένης ουσίας και γενικότερα για την ποιότητα του νερού, πρέπει να τονιστεί ότι ολόκληρο το σύστημα μεμβρανών είναι επίσης εξαιρετικά σημαντικό σε μια διεργασία αντίστροφης όσμωσης.

4.7 Τύποι μεμβρανών

Οι πιο βασικοί και εμπορικοί τύποι στοιχείων μεμβρανών είναι:

- α. τα δισκοειδή στοιχεία (plate and frame module)
- β. τα σωληνοειδή στοιχεία (tubular module)
- γ. τα στοιχεία ελικοειδούς περιέλιξης (spiral – wound module)
- δ. τα στοιχεία κοίλων ινών (hollow – fiber module)

- Τα **δισκοειδή στοιχεία** ή με δίσκους και πλαίσια αποτελούνται από στοίβες επίπεδων φύλλων μεμβράνης που είναι τοποθετημένα πάνω σε στηρίγματα. Κάθε μεμβράνη και στηρίγμα χωρίζονται από διαχωριστές που κατευθύνουν την τροφοδοσία κατά μήκος κάθε μεμβράνης και διοχετεύουν το καθαρό νερό

(προϊόν διηθήματος) έξω από την μονάδα. Τα στοιχεία αυτά είναι ανθεκτικά στη ρύπανση, επιτυγχάνουν υψηλές πιέσεις λειτουργίας (120bar) και υψηλό βαθμό συμπύκνωσης. Όμως κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό οπότε η χρήση τους είναι περιορισμένη.

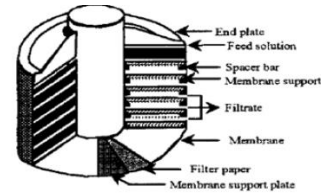
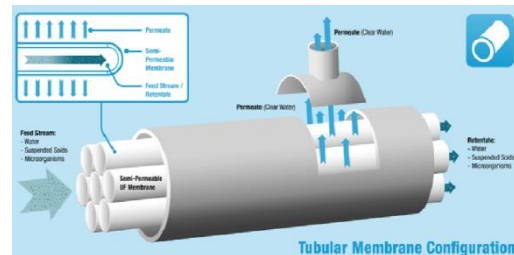


Plate-and-Frame Membrane Module

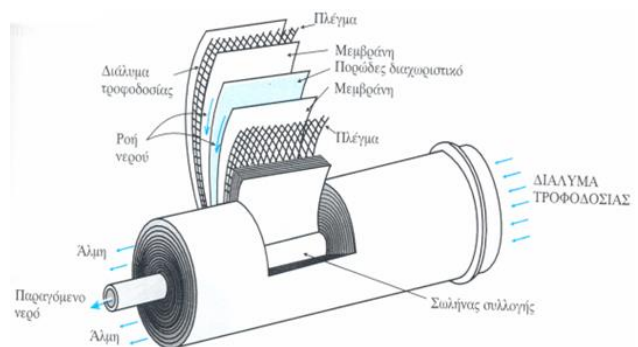
ΤΟ

- Τα **σωληνοειδή στοιχεία** αποτελούνται από σωλήνες (αγωγούς) μεμβράνης διαμέτρου 0,7 - 2,5 cm που στηρίζονται εντός ενός διάτρητου σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα. Καθώς το νερό τροφοδοσίας ρέει μέσα στους σωλήνες, το διήθημα διέρχεται μέσω της μεμβράνης. Και αυτά τα στοιχεία είναι ανθεκτικά στη ρύπανση και καθαρίζονται εύκολα. Δεν χρησιμοποιούνται όμως πια στις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης αλλά εφαρμόζονται σε περιπτώσεις υπερδιήθησης όπου το όφελος είναι μεγαλύτερο και "καλύπτει" το υψηλό κόστος.



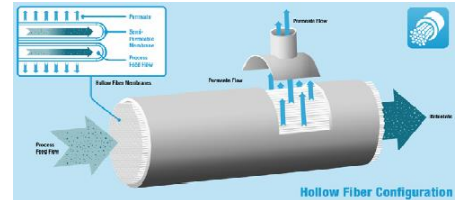
Tubular Membrane Configuration

- Τα **στοιχεία ελικοειδούς περιέλιξης** αποτελούνται από επίπεδα φύλλα μεμβράνης τα οποία συγκολλούνται ανά δυο. Στη διαμόρφωση αυτή δύο επίπεδα στοιχεία μεμβρανών τοποθετούνται το ένα απέναντι από το άλλο με τις δραστικές επιφάνειές τους στην εξωτερική πλευρά. Μεταξύ των μεμβρανών τοποθετείται πορώδες πολυμερές υλικό. Οι τρεις πλευρές συγκολλώνονται ενώ η τέταρτη παραμένει ανοιχτή σχηματίζοντας ένα φάκελο. Το πορώδες φύλλο τοποθετείται έτσι ώστε οι μεμβράνες να μην έρχονται σε επαφή όταν ασκείται υψηλή πίεση και επιτρέπει στο παραγόμενο νερό να κινείται στο εσωτερικό των μεμβρανών προς το ανοιχτό άκρο του φακέλου. Το ανοιχτό άκρο του φακέλου συγκολλείται στο σωλήνα συλλογής του παραγόμενου νερού. Ο σωλήνας αυτός είναι διάτρητος στα σημεία που βρίσκονται εντός του φακέλου των μεμβρανών, έτσι ώστε το παραγόμενο νερό εισέρχεται σε αυτόν και εξέρχεται από το άκρο του σωλήνα. Ο φάκελος τυλίγεται γύρω από το σωλήνα συλλογής μαζί με ειδικό πολυμερές πλέγμα, σχηματίζοντας την σπειροειδή περιέλιξη. Το πλέγμα δημιουργεί τον κατάλληλο χώρο μεταξύ των μεμβρανών ώστε να μπορεί να κινείται το αλατούχο διάλυμα, ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί στροβίλους, εμποδίζοντας τον σχηματισμό στρωτής ροής. Το όλο σύστημα καλύπτεται από ειδική ρητίνη με υαλοβάμβακα και τοποθετείται σε ειδικό δοχείο πίεσης. Στην πραγματικότητα κάθε στοιχείο μεμβράνης δεν περιέχει ένα φάκελο αλλά περισσότερους έτσι ώστε να μειωθεί το μήκος του δημιουργούμενου φακέλου για ένα ορισμένο όγκο. Το αλατούχο διάλυμα κινείται αξονικά κατά μήκος του σωλήνα συλλογής, ενώ το παραγόμενο νερό



εισέρχεται εγκάρσια στο εσωτερικό του φακέλου, κινείται σπειροειδώς μέχρις ότου φτάσει στο σωλήνα συλλογής από το άκρο του οποίου εξέρχεται. Ένα ή περισσότερα στοιχεία μεμβρανών μπορούν να τοποθετούνται στη σειρά εντός των δοχείων πίεσης σχηματίζοντας ένα στοιχείο αντίστροφης όσμωσης. Η πίεση λειτουργίας αυτών των στοιχείων φτάνει τα 80 bar, ενώ παρουσιάζουν υψηλό λόγο επιφάνειας προς όγκο. Σήμερα αποτελούν την πλέον διαδεδομένη διαμόρφωση μεμβρανών.

- Τα **στοιχεία κοίλων ινών** αποτελούνται από μεγάλο αριθμό λεπτών κοίλων ινών, τοποθετημένες σε ένα δοχείο πίεσης ανά δεσμίδες, που η κάθε δεσμίδα μπορεί να περιέχει από 45 έως 3000 κοίλες ίνες. Το νερό τροφοδοσίας διασχίζει το εξωτερικό των ινών και το αφαιρωμένο νερό μεταφέρεται μέσω των κοίλων ινών στο άκρο του δοχείου όπου και συλλέγεται. Αντίστοιχα η άλμη εξέρχεται από διαφορετικό σημείο του δοχείου χωρίς να έρχεται σε επαφή με το καθαρό νερό. Τα στοιχεία κοίλων ινών δεν παρέχουν στροβιλώδη ή ομοιόμορφη ροή σε όλη την επιφάνεια των ινών κάνοντάς τα πιο επιρρεπή στη ρύπανση. Είναι λοιπόν δύσκολο να καθαριστούν εξαιτίας της αδυναμίας του καθαριστικού να εισχωρήσει στην περιοχή της ρύπανσης.



4.8 Επιλογή μεμβράνης αντίστροφης όσμωσης

Μία μεμβράνη για να είναι κατάλληλη για τη διεργασία της αντίστροφης όσμωσης θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- α. Μεγάλη απόρριψη αλάτων με υψηλή διαπερατότητα διαλύτη
- β. Ικανότητα να σχηματίζει λεπτά διαχωριστικά στρώματα μεγάλης αντοχής
- γ. Ικανότητα κατασκευής με μεγάλο λόγο επιφάνειας προς όγκο
- δ. Μεγάλο εύρος λειτουργικών παραμέτρων, πίεσης, θερμοκρασίας και είδους διαλύματος τροφοδοσίας
- ε. Μεγάλη διάρκεια ζωής. Η διάρκεια ζωής κυμαίνεται από 3-5 χρόνια, εξαρτώμενη από την ποιότητα του νερού προς επεξεργασία και τον τρόπο χρήσης και καθαρισμού
- στ. Μεγάλη αντοχή σε χημικά αντιδραστήρια και βιολογικές επιθέσεις
- ζ. Ικανότητα λειτουργίας σε μεγάλο εύρος pH
- η. Χαμηλό κόστος.

4.9 Παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών είναι η πίεση λειτουργίας, η θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας, η ανάκτηση αφαιρωμένου νερού

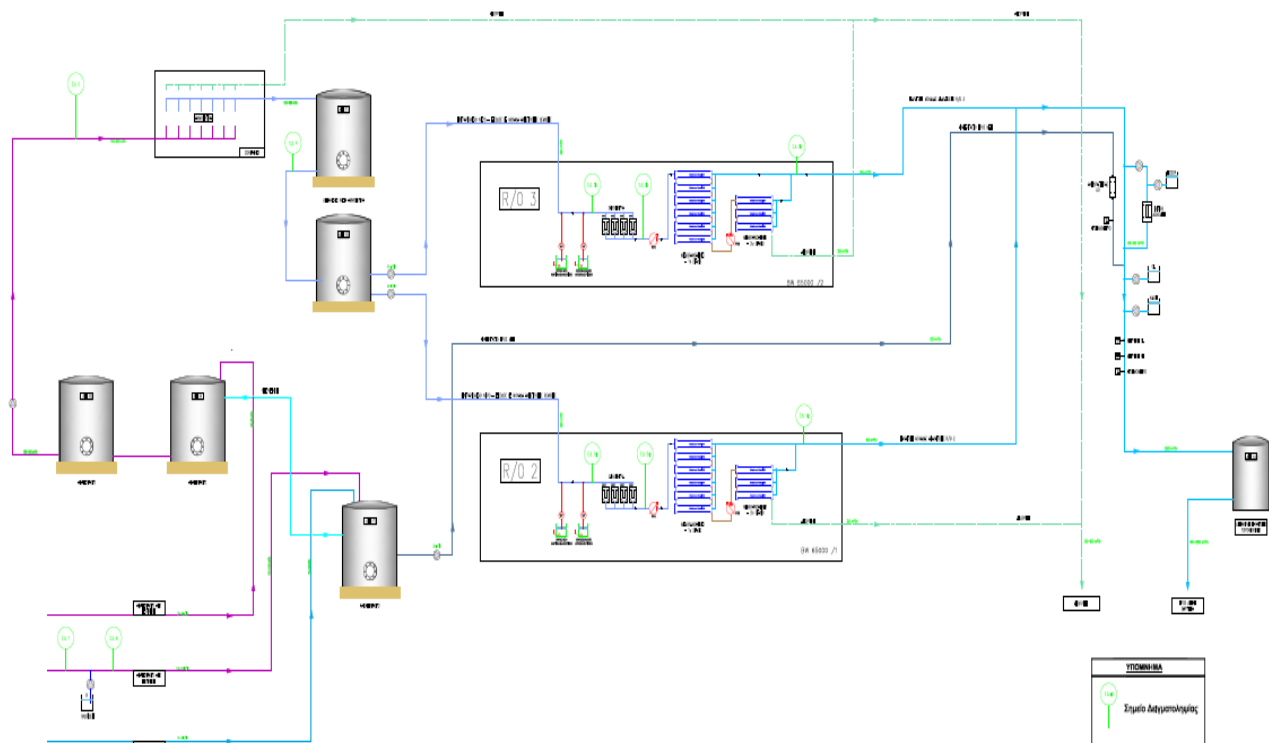
και η συγκέντρωση αλάτων στο νερό τροφοδοσίας. Παρακάτω θα μελετηθεί η κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά και το πως επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών.

- **Πίεση λειτουργίας:** Η πίεση στην είσοδο της μεμβράνης επηρεάζει τη ροή του αφαλατωμένου νερού. Με τον όρο πίεση εννοούμε τη δρούσα δύναμη που ασκείται στη μεμβράνη. Η μεταφορά του νερού είναι ανάλογη με τη διαφορά πίεσης,
- **Επίδραση της θερμοκρασίας:** Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας οδηγεί σε μείωση της πυκνότητας του νερού και σε μείωση της οσμωτικής πίεσης. Συνεπώς η συνολική ροή του αφαλατωμένου νερού αυξάνεται.
- **Επίδραση της συγκέντρωσης των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας:** Η αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας αυξάνει την οσμωτική πίεση του νερού τροφοδοσίας. Αυτή η αύξηση της οσμωτικής πίεσης έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της τελικής ασκούμενης πίεσης στη μεμβράνη. Όταν όμως σταθεροποιείται η πίεση εισόδου, η αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων μειώνει τη ροή του αφαλατωμένου νερού και την απόρριψη των αλάτων.
- **Επίδραση pH:** Οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης έχουν μεγάλο εύρος λειτουργίας όσον αφορά το pH. Το pH δεν επηρεάζει τη ροή του αφαλατωμένου νερού, όμως για τιμές pH έξω από τα όρια λειτουργίας ή αντοχής της μεμβράνης μπορεί να έχουμε καταστροφή του πολυμερούς υλικού της.
- **Επίδραση του βαθμού ανάκτησης του αφαλατωμένου νερού:** Η αύξηση της ανάκτησης του αφαλατωμένου νερού σε συνθήκες σταθερής πίεσης αυξάνει την οσμωτική πίεση του νερού τροφοδοσίας. Αυτή η αύξηση οδηγεί έχει σαν αποτέλεσμα τη πιθανότητα δημιουργίας ανθρακικών επικαθίσεων γεγονός το οποίο εμποδίζει τη διέλευση αφαλατωμένου νερού και μειώνει την απορριπτική ικανότητα της μεμβράνης, αυξάνοντας έτσι τη κατανάλωση ενέργειας από τη μεμβράνη.



Κεφάλαιο 5^ο

Εγκατάσταση αντίστροφης όσμωσης υφάλμυρου νερού - Σημεία δειγματοληψίας



5.1 Περιγραφή εξοπλισμού και εγκατάστασης

Η εγκατάσταση, ξεκινά από το σημείο της γεώτρησης στον Κατσαμπά, όπου το νερό αντλείται υφάλμυρο. Στο σημείο της γεώτρησης, υπάρχει ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου, το οποίο ελέγχει μια αντλία. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου, στην ουσία, ελέγχει τη στάθμη του νερού στις δεξαμενές και ανάλογα με την ζήτηση του, ελέγχει την παροχή και την λειτουργία της αντλίας. Στη συνέχεια η αντλία τροφοδοτεί το δίκτυο.

Το ακατέργαστο νερό από τη γεώτρηση, αφού πρώτα χλωριωθεί για να εξαλείφουν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, καταλήγει σε δεξαμενές, όπου εκεί συλλέγεται πριν την προ-επεξεργασία του με αμμόφιльтра. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η προ-επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η αποδοτικότητα και η διάρκεια ζωής ενός συστήματος αντίστροφης όσμωσης. Η σωστή προ-επεξεργασία βοηθάει στη σωστή λειτουργία των μεμβρανών διότι μειώνει τη μόλυνση και την αποικοδόμηση τους καθώς και τις επικαθίσεις αλάτων. Έτσι μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα του συστήματος.

Στη συνέχεια, αφού περάσει από τα αμμόφιльтра, τα οποία περιλαμβάνουν στρώσεις από αδρανή υλικά διαφορετικού μεγέθους, συγκρατούν όλα τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου των 1-5 μm . Στη συνέχεια, με την βοήθεια μιας αντλίας, το νερό συλλέγεται και πάλι σε δεξαμενές. Έπειτα και πάλι με την βοήθεια μιας αντλίας, το νερό τροφοδοτείται σε δίκτυο στο οποίο γίνεται η αποχλωρίωση. Διότι το υπολειπόμενο χλώριο που έχει χρησιμοποιηθεί είναι καταστροφικό για τις μεμβράνες, έτσι πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος αποχλωρίωσης. Η αποχλωρίωση γίνεται με φίλτρα ενεργού άνθρακα τα οποία, επίσης συγκρατούν την αιωρούμενη οργανική ύλη και τις χλωραμίνες. Έπειτα, γίνεται η προσθήκη αντικαθαλωτικού, το οποίο παρεμποδίζει τις επικαθίσεις των αλάτων. Η δράση του οφείλεται στο ότι προσροφάτε επιφανειακά στο αρχικό στάδιο σχηματισμού των αλάτων, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπει την ανάπτυξη κρυστάλλων, άρα και το σχηματισμό επικαθίσεων αλάτων.



Έπειτα, το νερό περνά από τα σακόφιльтра και καταλήγει στις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης, όπου εκεί παράγεται το τελικό προϊόν. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μέρος του νερού που εισέρχεται στις μεμβράνες απορρίπτεται.

Οι μεμβράνες αποτελούνται από δύο διακεκριμένες στοιβάδες, τον υμένα (skin), που είναι το δραστικό τμήμα της μεμβράνης για τον διαχωρισμό του νερού από τα διαλυμένα ή αιωρούμενα συστατικά και από ένα λεπτό στρώμα πορώδους υλικού το οποίο είναι περατό τόσο από το νερό όσο και από τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται σε αυτό. Κατασκευάζονται από οργανικές πολυμερείς ενώσεις και είναι

τόσο λεπτές και εύθραυστες, ώστε απαιτείται η μορφοποίηση τους, σε μονάδες οι οποίες ονομάζονται στοιχεία μεμβρανών (modules).

Κάθε σύστημα αφαλάτωσης μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης διατεταγμένα παράλληλα σχηματίζοντας μια ή περισσότερες συστοιχίες. Το νερό τροφοδοσίας εισέρχεται σε κάθε στοιχείο αντίστροφης όσμωσης από το ένα άκρο και το παραγόμενο νερό και η άλμη εξέρχονται από το άλλο. Η άλμη μπορεί να ανακυκλώνεται ή να έχουμε δεύτερο πέρασμα σε άλλη συστοιχία μεμβρανών. Η πίεση λειτουργίας μπορεί να καθορίζεται με ειδική βάνα η οποία τοποθετείται στην έξοδο της γραμμής της άλμης.

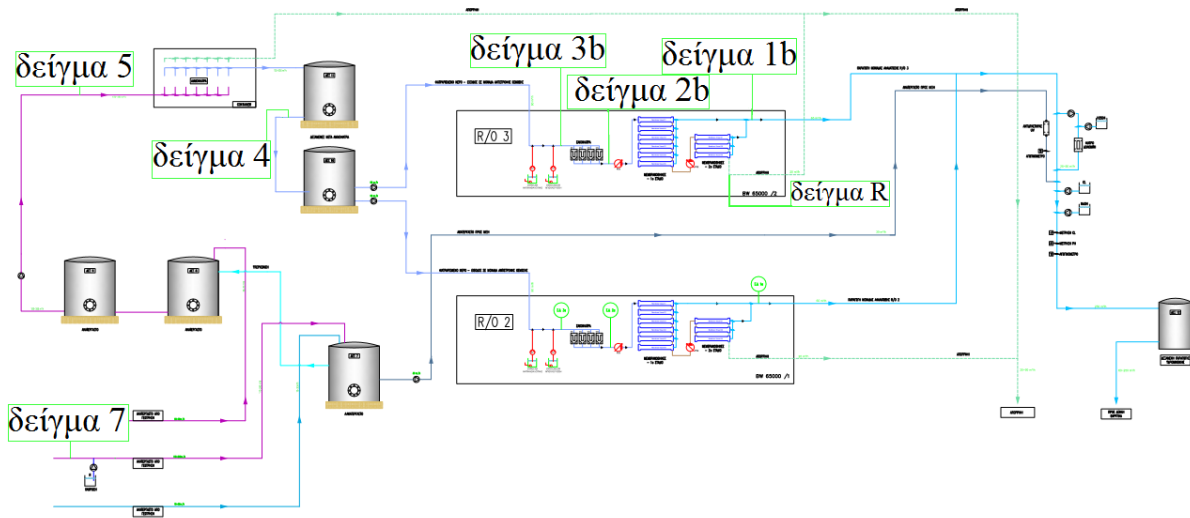
Οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης είναι το σημαντικότερο τμήμα μιας μονάδας αφαλάτωσης αυτού του τύπου μιας και εκεί γίνεται η διαδικασία της αφαλάτωσης. Όλα τα άλλα υποσυστήματα έχουν σαν σκοπό οι μεμβράνες να λειτουργούν σε βέλτιστες συνθήκες πίεσης, αλμυρότητας και ροής.

Εν κατακλείδι, το υπόλοιπο νερό που εξέρχεται από τις μεμβράνες, σαφέστερα, το παραγόμενο νερό από τη διαδικασία της αφαλάτωσης παρουσιάζει γενικά μικρή σκληρότητα και χαμηλό pH. Γι αυτό το λόγο η επεξεργασία του αφαλατωμένου νερού, είναι απαραίτητη ώστε το νερό να είναι κατάλληλο για οικιακή χρήση ή για πόση. Συνεπώς πραγματοποιείται βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού. Σαφέστερα, πραγματοποιείται διόρθωση οξύτητας, αύξηση σκληρότητας με τη χρήση χημικών σε δεξαμενή και στη συνέχεια αποστέλλεται στο δίκτυο ύδρευσης της ΔΕΗΑΗ ή αποθηκεύεται σε δεξαμενή.

Το αποτέλεσμα του πειραματικού μέρους, είναι η εκτίμηση της απόδοσης λειτουργίας της εγκατάστασης προεπεξεργασίας και η συσχέτιση της ποιότητας του αφαλατωμένου νερού, με τα χαρακτηριστικά του νερού τροφοδοσίας.

Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να αναφερθεί, ότι οι δειγματοληψίες για τις αναλύσεις, πραγματοποιήθηκαν στο νομό Ηρακλείου Κρήτης και συγκεκριμένα από την εταιρεία “Υδρομινωική Α.Ε., θυγατρική του ομίλου SYCHEM Α.Ε.”, από την περιοχή του Κατσαμπά και της Βιομηχανικής Περιοχής.

5.2 Διάγραμμα Ροής



5.3 Σημεία Δειγματοληψίας

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
Δείγμα 7	Γεώτρηση Κατσαμπά
Δείγμα 5	Πριν Αμμόφιλτρα
Δείγμα 4	Μετά Αμμόφιλτρα
Δείγμα 3b	Πριν Σακόφιλτρα
Δείγμα 2b	Μετά Σακόφιλτρα
Δείγμα 1b	Τελικό προϊόν
Δείγμα R	Απόρριψη Μεμβρανών

Κεφάλαιο 6^ο

Αναλύσεις Ποιοτικών Παραμέτρων Νερού Μονάδας Αντίστροφης Όσμωσης σε διάφορα σημεία της Εγκατάστασης



Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη της ποιότητας του νερού τροφοδοσίας βιομηχανικού συστήματος αντίστροφης όσμωσης, πριν και μετά την προεπεξεργασία του με προχλωρίωση, φίλτρανση και αποχλωρίωση. Στη συνέχεια, θα ακολουθήσει συσχέτιση της ποιότητας του αφαλατωμένου νερού, με τα χαρακτηριστικά του νερού τροφοδοσίας και την απόδοση της προεπεξεργασίας.

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται αναλυτικά, οι φυσικοχημικές και μικροβιακές αναλύσεις των κυριότερων ποιοτικών παραμέτρων του νερού, χωρισμένες σε ογκομετρικούς, και φωτομετρικούς προσδιορισμούς.

- ❖ Στον ογκομετρικό προσδιορισμό, πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό:
 - i. της ολικής σκληρότητας
 - ii. της ανθρακικής ή παροδικής σκληρότητας
 - iii. ppm HCO_3^-
 - iv. της μόνιμης σκληρότητας
 - v. ασβεστίου Ca^{++} και μαγνησίου Mg^{++} σε νερά με συμπλοκομετρική τιτλοδότηση
 - vi. pH
 - vii. αγωγιμότητα k

- ❖ Στο φωτομετρικό προσδιορισμό, πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό:
 - i. Των νιτρικών NO_3^- και των νιτρώδη NO_2^-
 - ii. Των χλωριόντων Cl^- στο νερό
 - iii. Των θεικών ανιόντων (SO_4^{-2})
 - iv. Των φωσφορικών P
 - v. Του ελεύθερου χλωρίου Cl_2
 - vi. Του σιδήρου Fe
 - vii. Του νατρίου Na

Ογκομετρικοί Προσδιορισμοί

6.1 Προσδιορισμός ολικής σκληρότητας

➤ Περίληψη Μεθόδου

Η ολική σκληρότητα του νερού προσδιορίζεται με την ογκομέτρηση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου, με πρότυπο διάλυμα E.D.T.A. σε pH = 10 παρουσία δείκτη Eriochrom Black T του οποίου το χρώμα μετατρέπεται από κόκκινο σε πράσινο.

➤ Διαδικασία:

- Τοποθετούνται 100 ml δείγματος νερού σε κωνική φιάλη των 250 ml.
- Προστίθεται 1 δισκίο δείκτη – Buffer και διαλύεται στο νερό
- Προστίθεται 1 ml πυκνής αμμωνίας NH_3 και το διάλυμα χρωματίζεται κόκκινο.
- Γίνεται ογκομέτρηση με το πρότυπο διάλυμα ETDA 0.2 N (Titriplex A) μέχρι το διάλυμα να γίνει πράσινο.

1 ml διαλύματος ETDA αντιστοιχεί σε 5,6°D
1°D αντιστοιχεί σε 1,8°F

6.2 Προσδιορισμός ανθρακικής ή παροδική σκληρότητας και προσδιορισμός ppm HCO_3^-

➤ Περίληψη Μεθόδου

Ο προσδιορισμός της ανθρακικής ή παροδικής σκληρότητας γίνεται με οξύμετρηση του νερού, με πρότυπο διάλυμα 0,1 N HCl.

➤ Διαδικασία:

- Τοποθετούνται 100 ml δείγματος νερού σε κωνική φιάλη των 250 ml.
- Προστίθενται, 2 – 3 σταγόνες ηλιανθίνης και πραγματοποιείται ογκομέτρηση με διάλυμα 0,1 N HCl, μέχρι το διάλυμα να πάρει ελαφρώς ροζέ χρώμα.

1 ml HCl 0.1 N αντιστοιχούν σε 2,8°D
1°D αντιστοιχεί σε 1,8°F
1 ml HCl 0.1 N αντιστοιχούν σε 6.1 mg HCO_3^-

6.3 Προσδιορισμός Μόνιμης σκληρότητας

Η μόνιμη σκληρότητα (Μ.Σ) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Ολική Σκληρότητα} - \text{Ανθρακική Σκληρότητα} = \text{Μόνιμη Σκληρότητα}$$

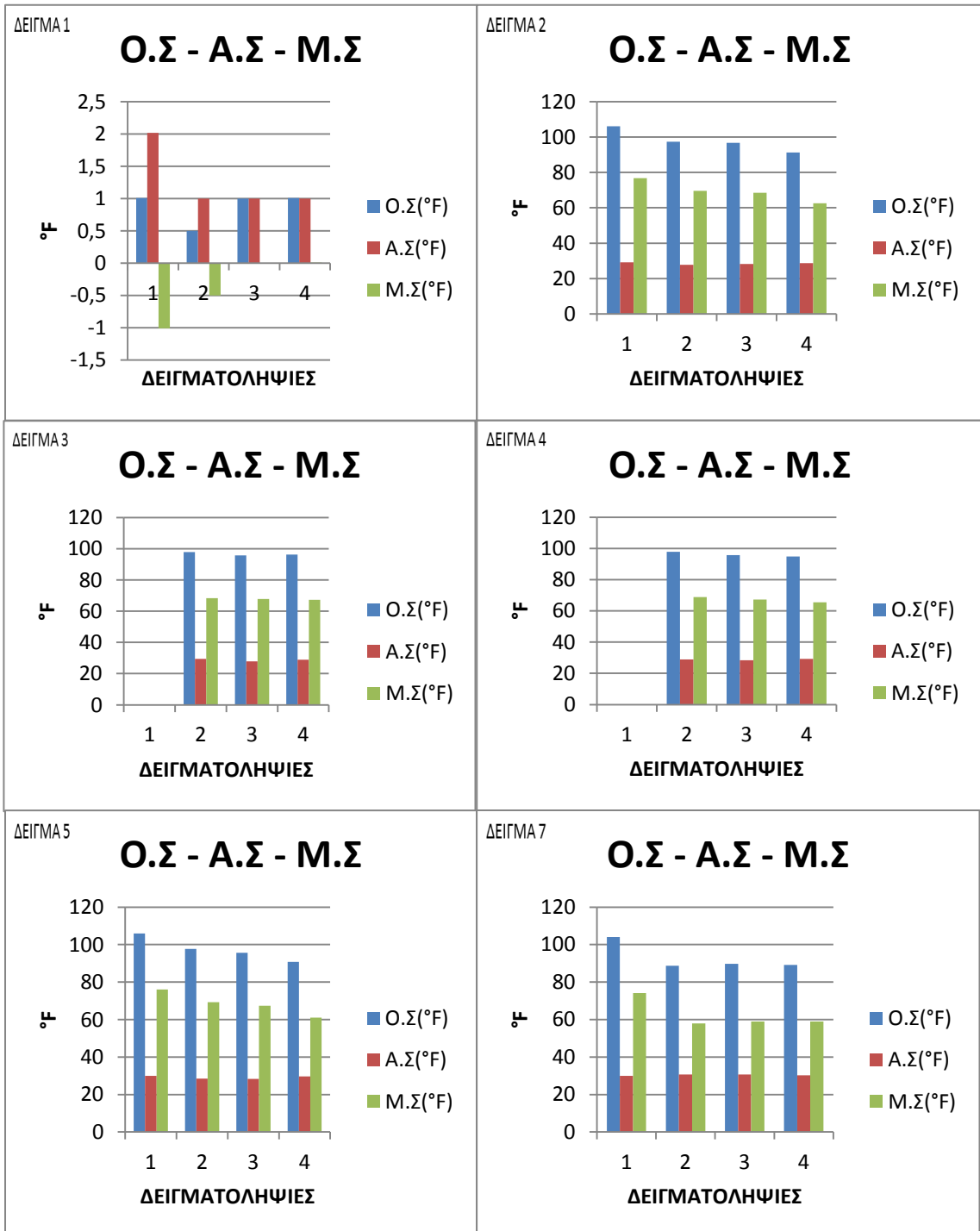
(Ο.Σ) - (Α.Σ.) = (Μ.Σ) σε Γερμανικούς Βαθμούς °D

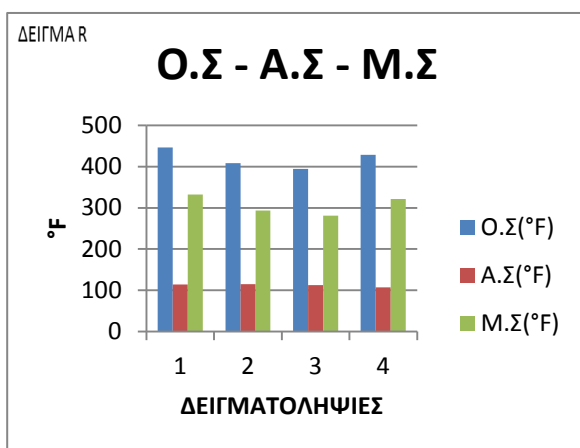
Συνήθως είναι: (Ο.Σ) > (Α.Σ)

Εάν (Α.Σ) > (Ο.Σ) τότε (Ο.Σ) = (Α.Σ) και επομένως (Μ.Σ) = 0.

(Ο.Σ) - (Α.Σ.) = (Μ.Σ) σε Γερμανικούς Βαθμούς °D

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ





Παρατηρείται: Ότι τα επίπεδα της σκληρότητας στο νερό μειώνονται μόνο στο σημείο (1b - Δείγμα 1) αφού το νερό περάσει από τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης.

6.4 Προσδιορισμός ασβεστίου Ca^{++} και μαγνησίου Mg^{++} σε νερά με συμπλοκομετρική τιτλοδότηση.

Η μέθοδος εφαρμόζεται στα περισσότερα νερά με συγκεντρώσεις από 1 - 1000 ppm σε Ca^{++} και Mg^{++} συνολικά. Δεν είναι κατάλληλη για έντονα χρωματισμένα νερά και για νερά πλούσια σε μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων λόγω του ότι το διάλυμα EDTA που χρησιμοποιείται για την ογκομέτρηση (πρότυπο διάλυμα) αντιδρά επίσης με μέταλλα όπως Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Ba, Sr που μπορεί να υπάρχουν σε νερά. Εάν τα παραπάνω μέταλλα βρίσκονται σε περιεκτικότητες μεγαλύτερες από 10 ppm, ο προσδιορισμός του ασβεστίου και μαγνησίου με EDTA πρέπει να γίνει μετά από προσθήκη διαλύματος υδροξυλαμίνης και κυανιούχων, τα οποία μειώνουν ή συμπλοκοποιούν τα μέταλλα αυτά.

➤ Περίληψη Μεθόδου

Στον προσδιορισμό της Ολικής Σκληρότητας, το EDTA συμπλοκοποιεί σε pH = 10 το ασβέστιο και μαγνήσιο και το τελικό σημείο της αντίδρασης διαπιστώνεται με τον δείκτη Eriochrom Black T. Σε pH = 12 - 13 το μαγνήσιο καθιζάνει ως υδροξείδιο, το EDTA συμπλοκοποιεί μόνο το ελεύθερο ασβέστιο και το τελικό σημείο της αντίδρασης διαπιστώνεται με τον δείκτη Murexid. Έτσι το μαγνήσιο προσδιορίζεται από την διαφορά του χρησιμοποιηθέντος EDTA, μεταξύ της ολικής σκληρότητας και του προσδιορισμού του ασβεστίου.

6.4.1 Προσδιορισμός ασβεστίου Ca^{+2} σε νερά

➤ Διαδικασία:

- Τοποθετούνται 100 ml δείγματος νερού σε κωνική φιάλη των 250 ml.
- Προστίθενται 4 ml NaOH 1M (pH ≈ 12 - 13)

- Προστίθενται 0.2 gr δείκτη Μουρεξίδιο (μίγμα 100 gr γλυκόζης με 0.5 gr Murexid)
- Γίνεται ογκομέτρηση με ETDA 0.2 N (Titriplex A) μέχρι το ροδόχρουν διάλυμα μετατραπεί σε μωβ.

1 ml 0.2 N ETDA αντιστοιχεί σε 4.01 mg Ca^{++}
$mg Ca^{++} * 10 = ppm Ca^{++}$

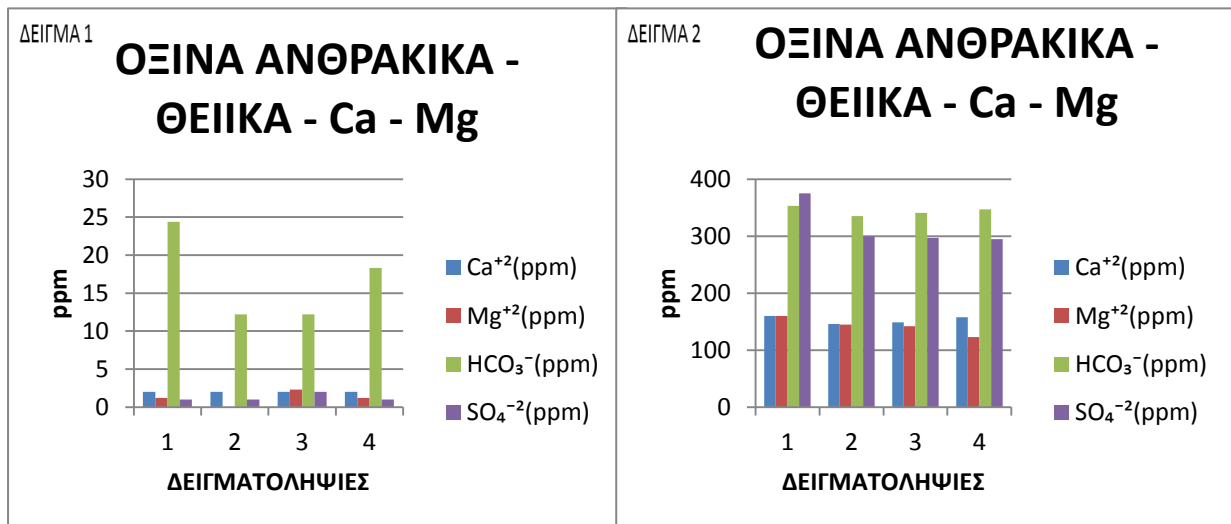
6.4.2 Προσδιορισμός ασβεστίου Mg^{+2} σε νερά

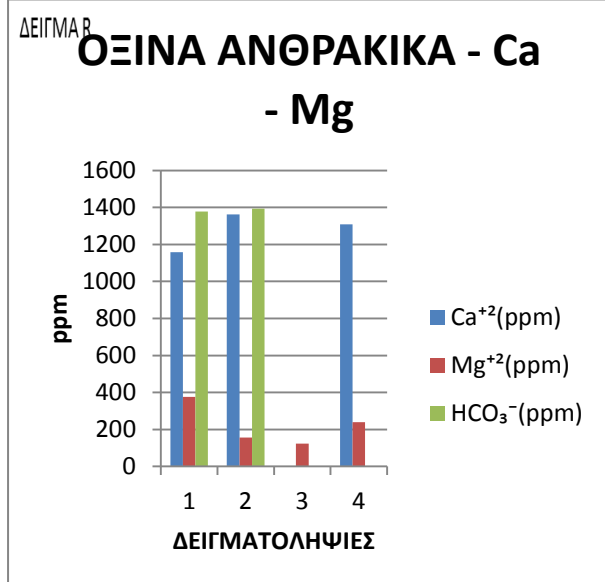
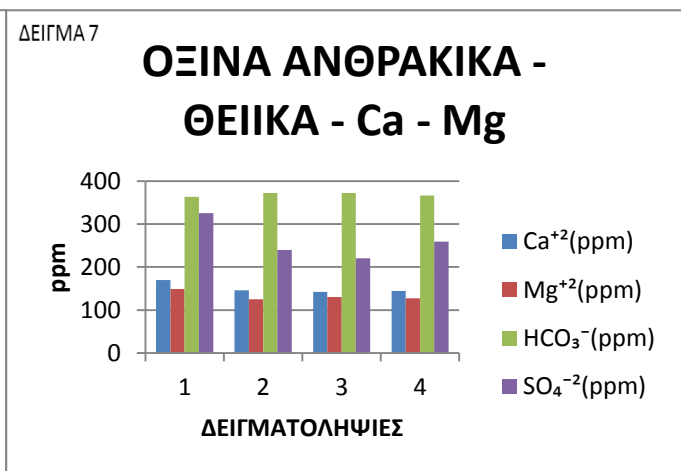
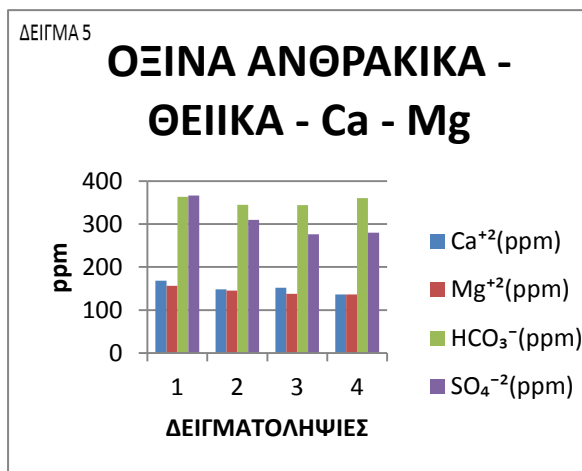
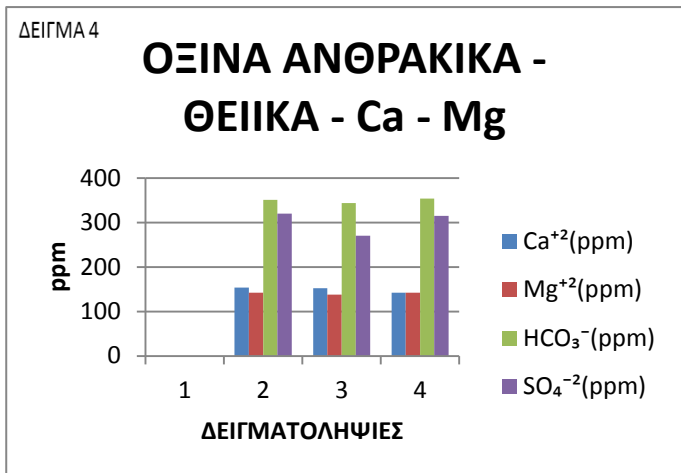
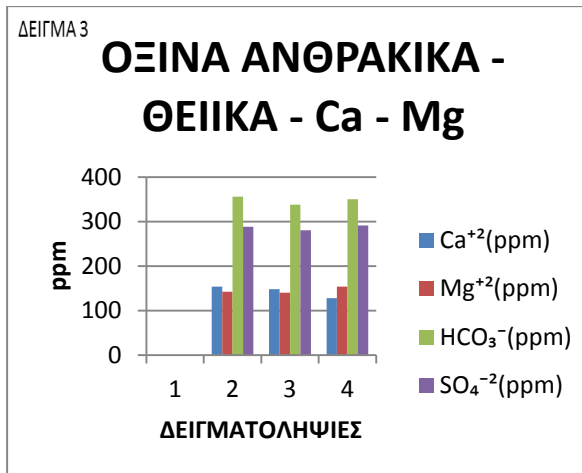
➤ **Διαδικασία:**

- Προσδιορίζεται η Ολική Σκληρότητα του νερού σε δείγμα 100 ml με διάλυμα ETDA 0.2 N (Titriplex A)
- Αφαιρούνται τα ml που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του Ca^{++} από τα ml που χρησιμοποιήθηκαν για την Ολική Σκληρότητα. Η διαφορά είναι τα ml που καταναλώθηκαν για το Mg^{++}

1 ml ETDA 0.2 N αντιστοιχεί σε 2.43 mg Mg^{++}
$mg Ca^{++} * 10 = ppm Mg^{++}$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ





Παρατηρείται: Ότι στα όξινα ανθρακικά, τα θειικά, το ασβέστιο και το μαγνήσιο, παρατηρείται σημαντική μείωση στα επιθυμητά όρια, έπειτα την έξοδο του νερού από τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης σημείο (1b - Δείγμα 1), με τις τιμές να πέφτουν σε επίπεδα.

Για το Ca^{++} και το Mg^{++} δεν υπάρχουν περιορισμοί στη συγκέντρωσή τους στα νερά. Οι ιδεώδεις περιοχές τιμών κυμαίνονται από 20 – 80 ppm για το Ca^{++} και 10 – 30 ppm για το Mg^{++} . Πολύ υψηλή συγκέντρωση Mg^{++} (>150 ppm) παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης θεικών ιόντων, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας.

6.5 Προσδιορισμός pH

Πρόκειται για μια αριθμητική έκφραση του βαθμού οξύτητας. Η ενεργός οξύτητα είναι μια καθοριστική ιδιότητα των υδατικών διαλυμάτων και κατ' επέκταση μια σημαντική παράμετρος του ελέγχου των νερών. Οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι ευαίσθητοι στις μεταβολές του pH. Το pH των περισσότερων φυσικών νερών, κυμαίνεται από 4 έως 9. Συνήθως όμως, είναι ελαφρώς αλκαλικό, λόγω της παρουσίας των όξινων ανθρακικών. Η νομοθεσία προβλέπει ορισμένη περιοχή τιμών για πόσιμο νερό και αυτή κυμαίνεται στα ακόλουθα όρια $6,5 < \text{pH} < 9,5$.

➤ Περίληψη Διαδικασίας

Γίνεται με ρυθμισμένο πεχάμετρο, το οποίο κάνει αντιστάθμιση της θερμοκρασίας. Αφού τεθεί η θερμοκρασία, βυθίζεται το ηλεκτρόδιο του οργάνου στο δείγμα και καταγράφεται η ένδειξη που μένει σταθερή 1 min περίπου.

Η ακρίβεια των πεχαμέτρων είναι συνήθως 0,02 – 0,05 μονάδες pH. Πάντως, για τα νερά, ακρίβεια ± 0.1 pH, είναι ικανοποιητική.

Η ακρίβεια των ηλεκτροδίων υάλου είναι περιορισμένη για $\text{pH} < 1$ και $\text{pH} > 10$. Επίσης, προβλήματα παρουσιάζει η μέτρηση του pH απεσταγμένου νερού και νερών με μικρή περιεκτικότητα σε άλατα (π.χ. το νερό της βροχής). Τα όρια του pH για το πόσιμο νερό, είναι $6,5 < \text{pH} < 9,5$ σύμφωνα με την αναφερθείσα οδηγία της Ε.Ε.

Προσδιορισμός pH

6.6 Προσδιορισμός Αγωγιμότητας k

Η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας (k) των νερών και λυμάτων, δίνει τη δυνατότητα για μια εύκολη και γρήγορη εκτίμηση της ποσότητας των διαλυμένων ιοντικών ενώσεων, σε ένα δείγμα. Πρόσφατα απεσταγμένο νερό, έχει αγωγιμότητα $k = 0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Το πόσιμο νερό, έχει αγωγιμότητα $k = 50 - 2500 \mu\text{S}/\text{cm}$, με ιδεώδη τιμή αγωγιμότητας $k = 400 \mu\text{S}/\text{cm}$, σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε.

➤ Περίληψη Διαδικασίας

Η μέτρηση γίνεται με το αγωγιμόμετρο, με το οποίο μετράται η ειδική αγωγιμότητα. Αποτελείται από:

- α. το ηλεκτρόδιο

β. το κυρίως όργανο.

Το ηλεκτρόδιο, κατασκευασμένο συνήθως από πλαστικό, περιέχει την κυψελίδα μέτρησης, με δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια επιφάνειας (S) και σε απόσταση (I).

Ο λόγος $\frac{1}{S}$, αποτελεί τη σταθερά του ηλεκτροδίου, που για την περίπτωση των νερών, πρέπει να είναι από 0,1 έως 1 cm^{-1} .

Το κυρίως όργανο, περιλαμβάνει μια γέφυρα Wheatstone, που συνδέεται ηλεκτρικά με την κυψελίδα. Η γέφυρα, τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας, περίπου 1000 Hz, για να αποφευχθεί η ηλεκτρόλυση στα ηλεκτρόδια, κατά τη μέτρηση.

Για ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο διάλυμα 0,01 M KCl, του οποίου η αγωγιμότητα $k = 1413 \text{ } \mu\text{S/cm}$, στους 25° C .

Η μέτρηση της k ενός δείγματος, γίνεται απλούστατα, βυθίζοντας το ηλεκτρόδιο στο δείγμα και αναδεύοντας, ώστε να μην παγιδευτούν φυσαλίδες αέρα στην κυψελίδα. Το όργανο μας δίνει αυτόματα την αγωγιμότητα k , με ακρίβεια 0,1 - 10 $\mu\text{S/cm}$, κάνοντας αντιστάθμιση της θερμοκρασίας στους 25° C ή 25° C .

Προσδιορισμός Αγωγιμότητας k

6.7 Προσδιορισμός Διαλυμένου οξυγόνου (DO)

Το νερό όπως όλοι οι διαλύτες έχει την ικανότητα να διαλύει ατμοσφαιρικά αέρια όπως το άζωτο N_2 , το οξυγόνο O_2 , το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και τα αδρανή αέρια. Για παράδειγμα το CO_2 αντιδρά με το νερό και σχηματίζει ανθρακικό οξύ H_2CO_3 , αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το οξυγόνο της ατμόσφαιρας να διαλύεται ή να διαχέεται φυσικά στο νερό.

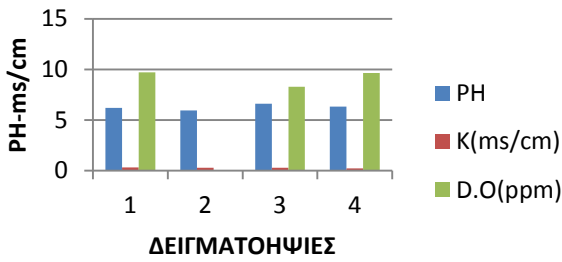
Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά κυρίως από την θερμοκρασία, την αλκαλικότητα, και την ατμοσφαιρική πίεση.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εκφράζεται σε mg/l διαλυμένου οξυγόνου (D.O) ή σε ποσοστό (%) κορεσμού..

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

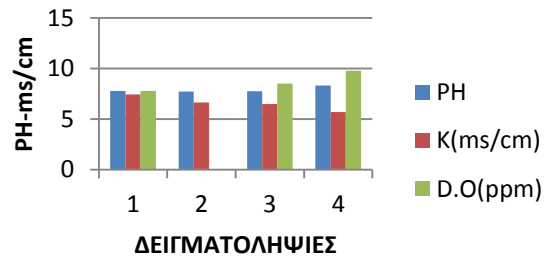
ΔΕΙΓΜΑ 1

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



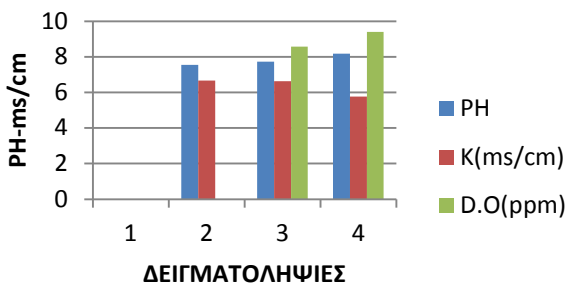
ΔΕΙΓΜΑ 2

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



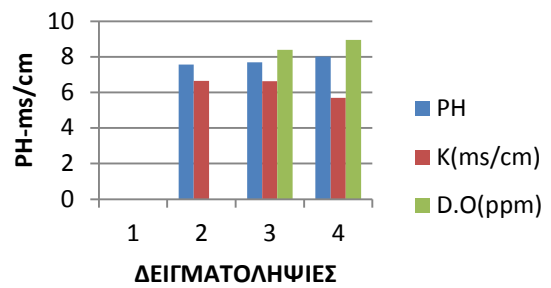
ΔΕΙΓΜΑ 3

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



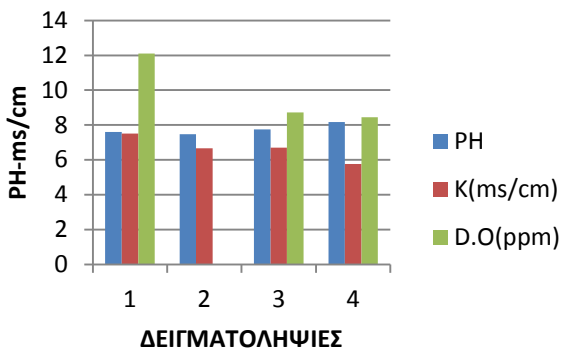
ΔΕΙΓΜΑ 4

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



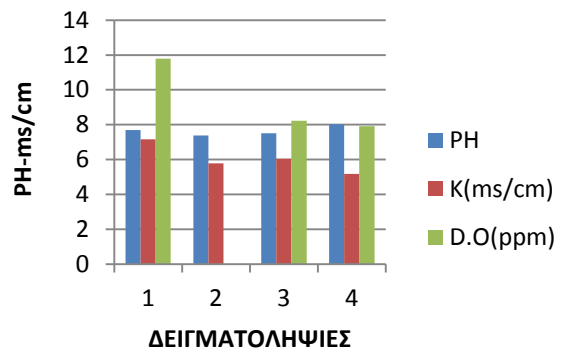
ΔΕΙΓΜΑ 5

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



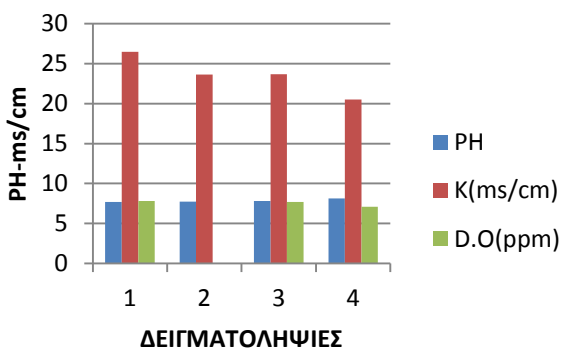
ΔΕΙΓΜΑ 7

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



ΔΕΙΓΜΑ 8

**PH - ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ -
D.O**



Παρατηρείται: Ότι οι τιμές του pH βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια για όλα τα δείγματα και παρατηρείται σημαντική μείωση στα επιθυμητά όρια, έπειτα την έξοδο του νερού από τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης σημείο (1b - Δείγμα 1), με τις τιμές να πέφτουν σε επίπεδα. Επιπλέον, η αγωγιμότητα είναι αυξημένη σε σχέση με τα επιτρεπόμενα όρια, σε όλα τα δείγματα, εκτός από την έξοδο των μεμβρανών σημείο (1b - Δείγμα 1), όπου μειώνεται στο ελάχιστο. Για την απόρριψη (δείγμα R) παρατηρείται ότι η αγωγιμότητα φτάνει σε επίπεδα πολύ υψηλά (26,48 ms/cm, 23,61 ms/cm, 23,67 ms/cm, 20,49 ms/cm) καθώς πρόκειται για νερό μη επεξεργασμένο και εμπλουτισμένο σε αλάτι νερό (άλμη). Το διαλυμένο οξυγόνο παραμένει σχετικά σταθερό σε όλα τα δείγματα.

Φωτομετρικοί Προσδιορισμοί

6.8 Προσδιορισμός NO_2^- ppm και NO_3^- ppm

Νερά με αξιόλογη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων θεωρούνται προβληματικά, ενώ εάν το περισσότερο άζωτο είναι με τη μορφή των νιτρικών η ρύπανση θεωρείται παλαιά και είναι ελάχιστα επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Η μικροβιολογική εξέταση των νερών παρακάμπτει την ανάγκη για εξέταση της κάθε μιας παραμέτρου του αζώτου ξεχωριστά.

Η ενδεικτική τιμή που ορίζεται από την κοινοτική οδηγία 98/83/EK της 3/11/1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης είναι :

- για τα NH_4^+ είναι 0.5 mg/lit.
- για τα NO_2^- είναι 0.5 mg/lit
- για τα NO_3^- είναι 50 mg/lit

➤ Περίληψη Διαδικασίας

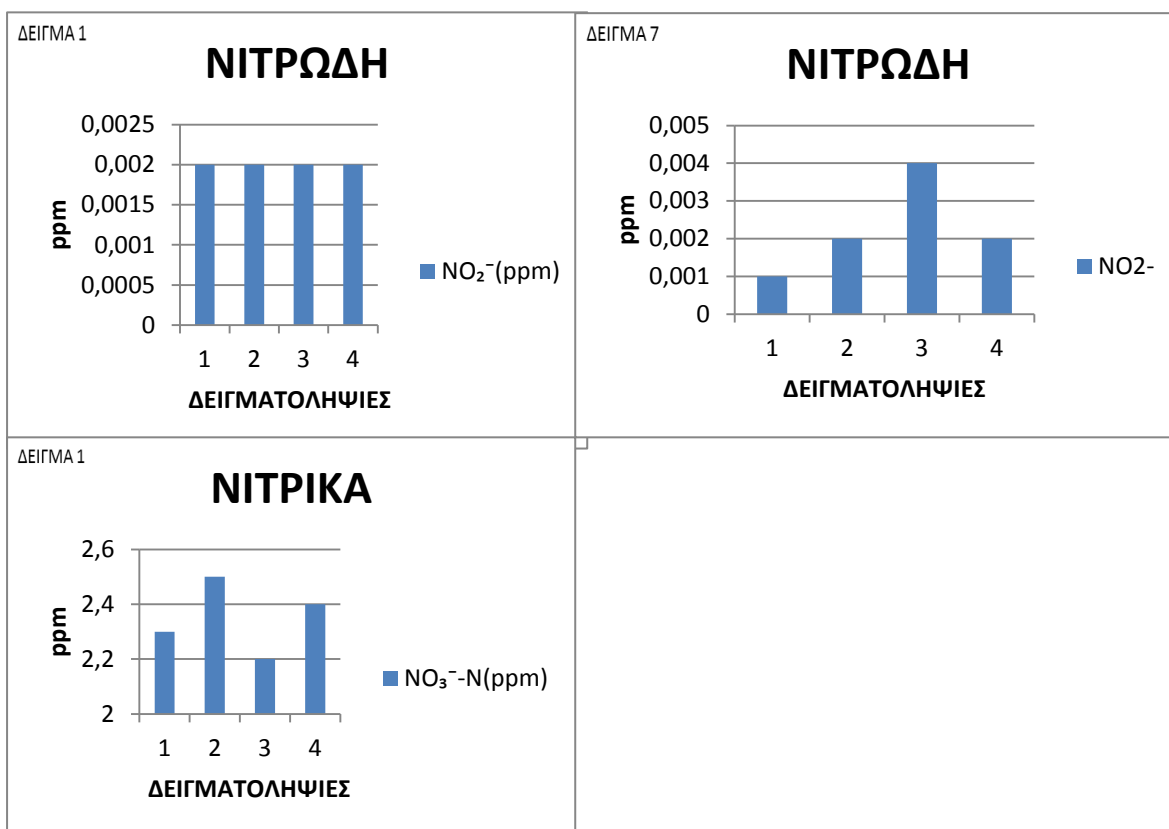
Ο προσδιορισμός για τα Νιτρώδη (NO_2^- Nitrite) πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετούνται 5.0 ml από το δείγμα σε θερμοκρασία 15 – 25° C. Στη συνέχεια ανακινούμε δυνατά έως ότου διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο. Αφήνεται για 10 λεπτά να γίνει η αντίδραση και τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.

Ο προσδιορισμός για τα Νιτρικά (NO_3^- Nitrite) πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετείται 1.0 ml (αν ο κωδικός της κυψελίδας είναι 114563) δείγματος και 0,50 (αν ο κωδικός της κυψελίδας είναι 114764) δείγματος σε θερμοκρασία 5 – 25° C. Προστίθενται επιπλέον 1.0 ml NO_3^-1K (ανεξάρτητα από τον κωδικό). Η αντίδραση είναι εξώθερμη και αφήνεται για 10 λεπτά να γίνει η αντίδραση, τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.

Προσδιορισμός NO_2^- ppm



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



Παρατηρείται: Ότι οι τιμές των νιτρικών βρίσκονται σε όλα τα δείγματα μέσα στα επιθυμητά όρια.

Ο προσδιορισμός NO₂⁻ ppm και NO₃⁻ ppm, στις περισσότερες μετρήσεις δεν είναι εφικτός να γίνει γιατί οι περιεκτικότητες τους είναι εκτός ορίου ανίχνευσης.

6.9 Προσδιορισμός Χλωρίου Cl⁻ στο νερό

Από τα κύρια ανιόντα του νερού είναι το χλώριο (Cl⁻). Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/l και το ανώτατο είναι 250 mg/l. Μελέτες έδειξαν ότι σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το νερό είναι γλυφό και δημιουργεί καρδιαγγειακά προβλήματα. Το ελεύθερο χλώριο χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού, αλλά έχει και παρενέργειες λόγω διάφορων ενώσεων που δημιουργούνται.

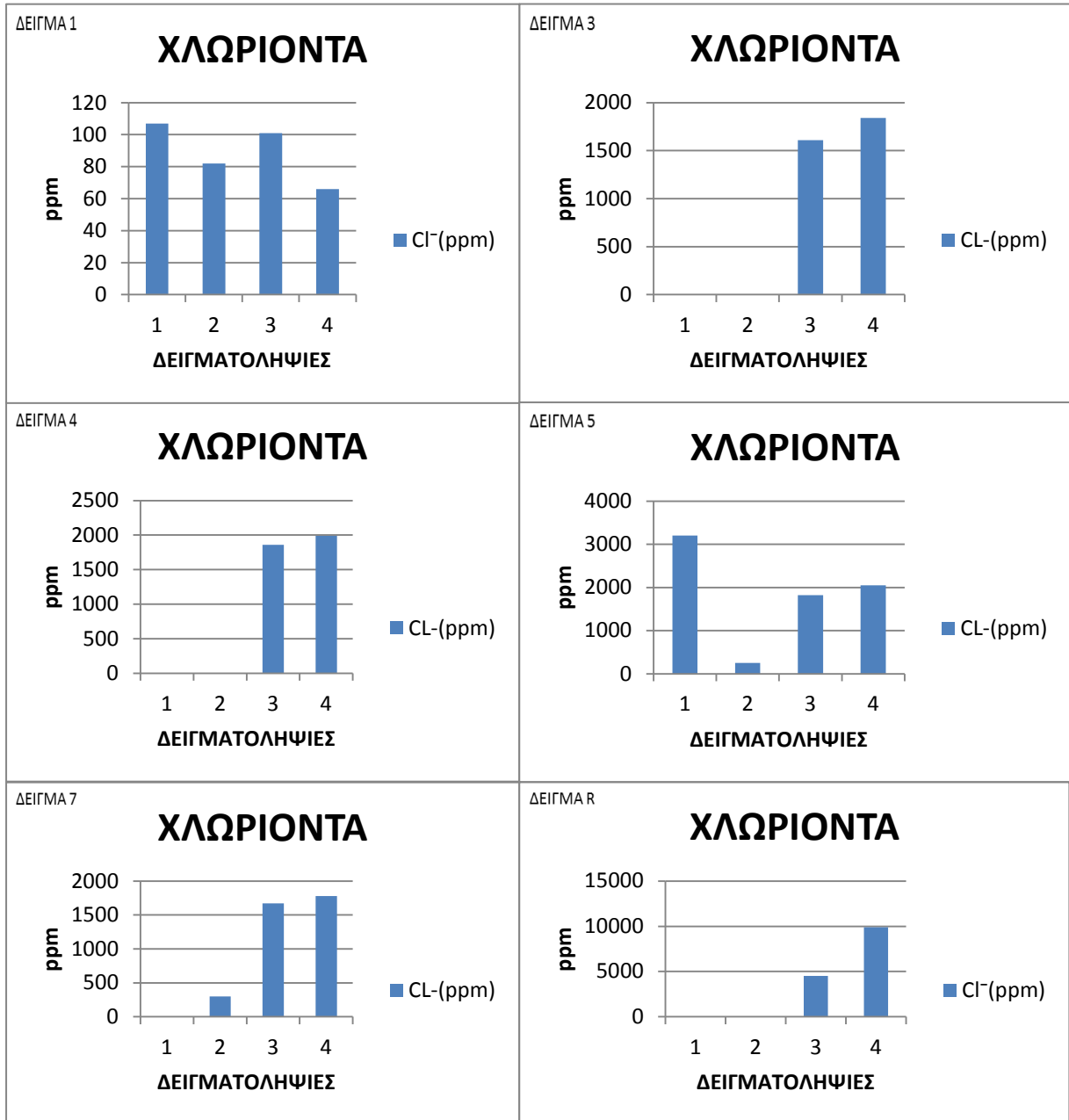
➤ Περίληψη Διαδικασίας

Ο προσδιορισμός για το χλώριο (Cl⁻ Chlorid) πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετείται 0,50 ml Cl-1K και στη συνέχεια προστίθεται 1ml δείγματος σε θερμοκρασία 10 – 30 °C. Αφού ανακινηθεί τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.



Προσδιορισμός χλωρίου Cl^- ppm

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



Παρατηρείται: Ότι τα χλωριόντα παρουσιάζουν αυξημένες τιμές σε σχέση με τα επιτρεπόμενα όρια, σε όλα τα δείγματα, εκτός από την έξοδο των μεμβρανών σημείο (1b - Δείγμα 1), όπου μειώνεται στο ελάχιστο. Για την απόρριψη (δείγμα R) παρατηρείται ότι τα χλωριόντα φτάνουν σε επίπεδα πολύ υψηλά (4500ms/cm, 9900ms/cm), καθώς πρόκειται για νερό μη επεξεργασμένο και εμπλουτισμένο σε αλάτι νερό (άλμη).

6.10 Προσδιορισμός Θεικών Ανιόντων (SO_4^{-2})

Το δεύτερο από τα κύρια ανιόντα του νερού είναι το τα θειικά ανιόντα (SO_4^{-2}). Σε μεγάλες περιεκτικότητες θεικών ιόντων το νερό δρα ως καθαρκτικό. Περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 250 mg/l σε θειικά ιόντα καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση.

Προσδιορισμός Θεικών Ανιόντων (SO_4^{-2})



6.11 Προσδιορισμός φωσφορικών PO_4^{-3} -P

Ο φώσφορος, με τη μορφή φωσφορικών κυρίως ιόντων αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών. Φώσφορος υπάρχει στο μόριο του DNA, στην κυτταρική μεμβράνη (φωσφολιπίδια) και αλλού. Ο φώσφορος αποτελεί συνήθως περιοριστικό παράγοντα της πρωτογενούς παραγωγής και ως εκ τούτου έχει καθοριστική σημασία για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας στη λίμνη. Αν και είναι ένα από τα έξι κύρια κυτταρικά στοιχεία (C, H, O, N, P, S) και η αναλογία του στη νωπή βιομάζα του κυτοπλάσματος μπορεί να ξεπερνάει το 0,5%, η παρουσία του στο φλοιό της γης είναι σπανιότερη από αυτή των άλλων πέντε στοιχείων.

➤ Περίληψη Διαδικασίας

Ο προσδιορισμός για το φώσφορο P πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετείται 1.0 ml από το δείγμα σε θερμοκρασία 10 – 35° C και στη συνέχεια προστίθεται επιπλέον 5 σταγόνες P - 2K και 1 δόση από το P – 3K. Αφήνεται για 5 λεπτά να γίνει η αντίδραση και αφού ανακινηθεί τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.

Προσδιορισμός φωσφορικών PO_4^{-3} -P ppm

Σημείωση: Στο σημείο αυτό δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί διάγραμμα λόγο μη πληρότητας μετρήσεων.

Παρατηρείται: Ότι οι τιμές των φωσφορικών και θεικών βρίσκονται σε όλα τα δείγματα μέσα στα επιθυμητά όρια.

6.12 Προσδιορισμός υπολειμματικό χλώριο Cl_2

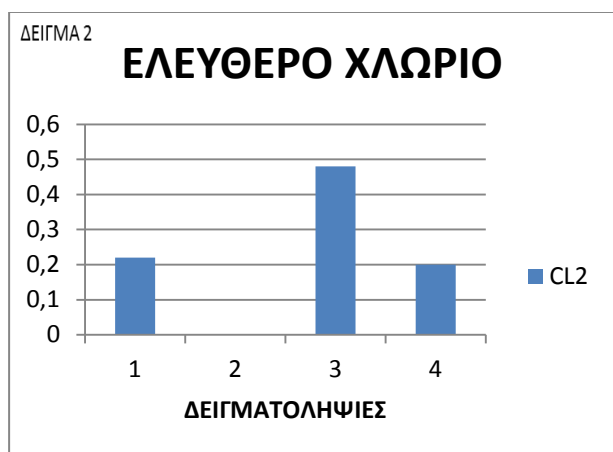
Το υπολειμματικό χλώριο αποτελεί μια μικρή δικλείδα προστασίας του νερού από πιθανές επιμολύνσεις, σε περίπτωση εισχώρησης μολυσματικών παραγόντων σε κάποιο σημείο του δικτύου ύδρευσης, μετά το σημείο εφαρμογής της απολύμανσης.

➤ Περίληψη Διαδικασίας

Ο προσδιορισμός για το υπολειμματικό χλώριο πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετείται 5.0 ml από το δείγμα σε θερμοκρασία 5 – 45⁰ C και στη συνέχεια προστίθεται 1 κουταλιά Cl₂ – 1 (βρίσκεται ενσωματωμένο στο καπάκι). Αφήνεται για 3 λεπτά να γίνει η αντίδραση και αφού ανακινηθεί τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.

Προσδιορισμός υπολειμματικό χλώριο Cl₂

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



6.13 Προσδιορισμός σιδήρου Fe

Ο Σίδηρος είναι απαραίτητο στοιχείο για κάθε ανθρώπινο κύτταρο, δρα ως μεταφορέας οξυγόνου και ηλεκτρονίων, ως καταλύτης στην οξείδωση και σε άλλες μεταβολικές οδούς και παίζει ποσοτικά το σπουδαιότερο ρόλο στον οξειδωτικό μεταβολισμό, στην κυτταρική ανάπτυξη και στον πολλαπλασιασμό, όπως και στη μεταφορά και αποθήκευση.

➤ Περίληψη Διαδικασίας

Ο προσδιορισμός για το σίδηρο Fe πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετείται 5.0 ml από το δείγμα σε θερμοκρασία 10 – 40⁰ C και στη συνέχεια προστίθεται 3 σταγόνες Fe – 1. Αφήνεται για 3 λεπτά να γίνει η αντίδραση. Στη συνέχεια γεμίζεται με το δείγμα 1 γυάλινη (τετράγωνη) κυψελίδα και αφού ανακινηθεί τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.

Προσδιορισμός σιδήρου Fe

Σημείωση: Στο σημείο αυτό δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί διάγραμμα λόγω μη πληρότητας μετρήσεων.

Παρατηρείται: Ότι οι τιμές του σιδήρου βρίσκονται σε όλα τα δείγματα μέσα στα επιθυμητά όρια.

6.14 Προσδιορισμός Νατρίου Na

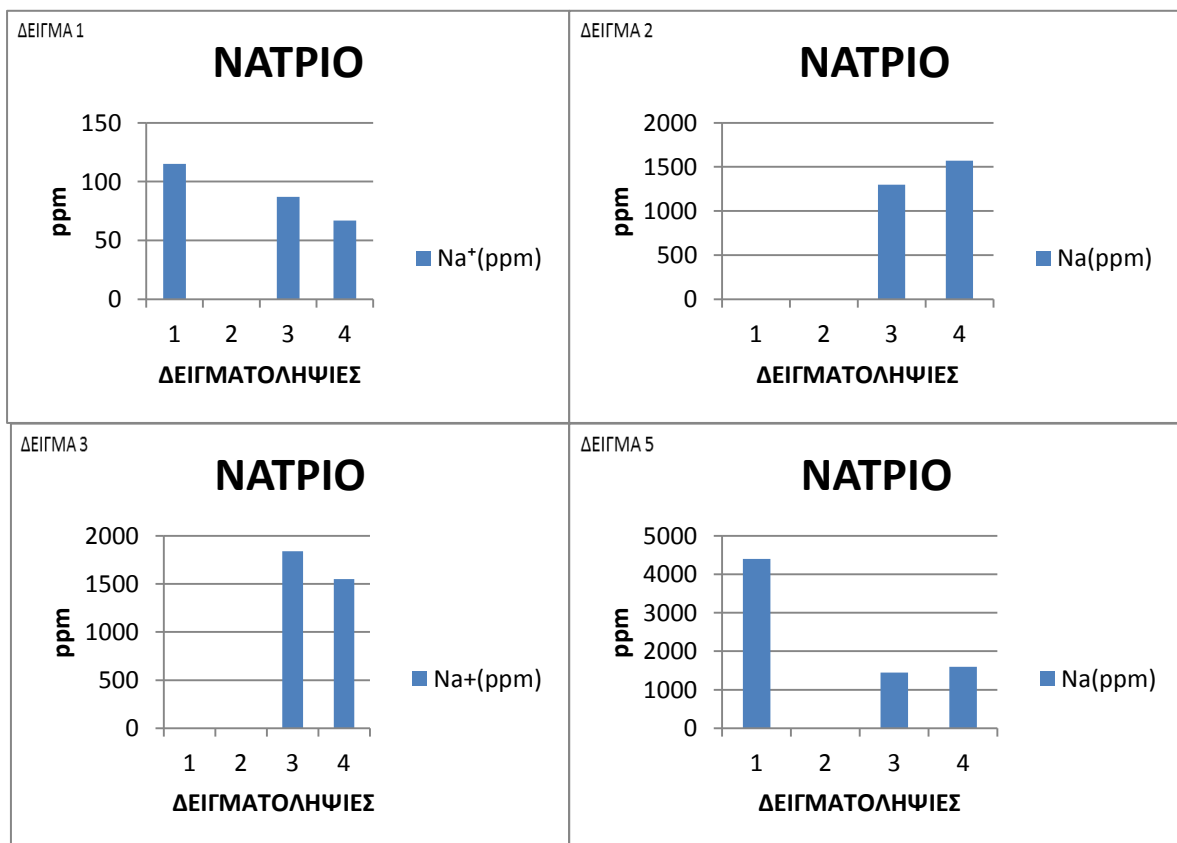
Χημικά δραστικότατο μέταλλο, αντιδρά έντονα με το νερό με έκλυση υδρογόνου το οποίο μπορεί να αναφλεγεί μαζί με το μέταλλο λόγω της εκλυόμενης θερμότητας. Η τοξικότητα των ενώσεών του θεωρείται μηδενική και αποτελεί στοιχείο απαραίτητο για την ανάπτυξη όλων των οργανισμών. Η λήψη του σε ποσότητες μεγαλύτερες από 2-3 g ημερησίως μπορεί να διαταράξει την ισορροπία των ηλεκτρολυτών του οργανισμού και να είναι επικίνδυνη σε περιπτώσεις καρδιοπαθειών.

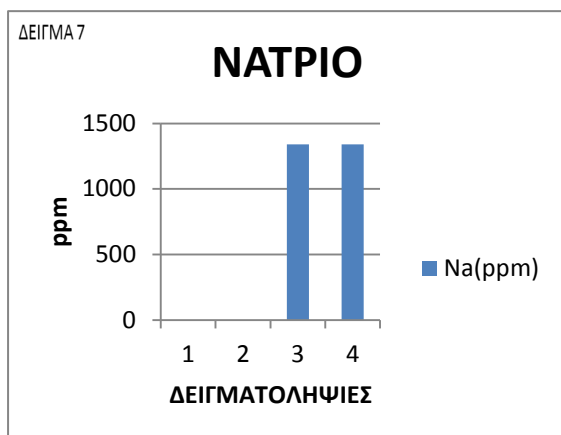
➤ Περίληψη Διαδικασίας

Ο προσδιορισμός για το νάτριο Na πραγματοποιήθηκε με φωτομετρική ανάλυση. Στην κυψελίδα της ανάλυσης τοποθετείται 0,5 ml Na – 1K και αναμειγνύουμε. Επιπλέον προστίθενται 0,5 ml από το δείγμα σε θερμοκρασία 10 – 30⁰ C. Αφήνεται για 1 λεπτό να γίνει η αντίδραση και αφού ανακινηθεί τοποθετείται στο φωτόμετρο και γίνεται η μέτρηση.

Προσδιορισμός νατρίου Na

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ





Παρατηρείται: Ότι το νάτριο έχει υψηλές τιμές σε όλα τα δείγματα πάνω από το επιτρεπόμενο όριο, εκτός από την έξοδο των μεμβρανών σημείο (1b – Δείγμα 1), όπου οι τιμές μειώνονται και βρίσκονται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα δείγματα νερών, πριν την επεξεργασία τους “ νερό γεώτρησης ”, είχαν κάπως αυξημένες τις προδιαγραφές καθώς πρόκειται για νερό υφάλμυρο και ακατάλληλο για πόση, αλλά παρ’ όλα αυτά δεν ξεπερνούν κατά πολύ τα όρια των προδιαγραφών πόσιμου νερού της ευρωπαϊκής οδηγίας 98/83.

Τα δείγματα νερών, έπειτα από την επεξεργασία τους στην εγκατάσταση αφαλάτωσης με την διαδικασία αντίστροφης όσμωσης καθίσταται πόσιμο με πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά το καθένα, είναι σαφώς καλύτερης ποιότητας για το λόγο ότι όλες οι τιμές των παραμέτρων παρουσίασαν σημαντικές μειώσεις. Για παράδειγμα,

- Ως προς τη σκληρότητα, καθιστούν πλέον το νερό στην κατηγορία του μαλακού νερού σε αντίθεση με την κατηγορία του πολύ σκληρού νερού που βρισκόταν πριν την επεξεργασία,
- Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ των 4 – 9 μονάδων, ενώ τιμές 6,5 - 9,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για πόσιμο νερό. Η τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα. Τιμές μικρότερες του 7 υποδεικνύουν υπεροχή υδρογονιόντων (οξύτητα) στο δείγμα, στην περίπτωση των φίλτρων παρουσιάζεται αυτή η ιδιομορφία, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 7 αντιστοιχούν σε αλκαλικά δείγματα (υπεροχή υδροξυλίωντων), στην περίπτωση αυτή η έξοδος από την Αντίστροφη Όσμωση μετά και την μετ-επεξεργασία (Δείγμα 1b) είναι στα προδιαγραφόμενα όρια.
- Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα του νερού. Συνήθως στα φυσικά νερά η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50 - 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στην περίπτωση αυτή κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό καθώς οι τιμές της αγωγιμότητας ξεπερνούν κατά πολύ το όριο σε όλα τα σημεία της δειγματοληψίας όπως για παράδειγμα στο σημείο της γεώτρησης (Δείγμα 7) έχει τιμές (7,17 mS/cm, 5,78 mS/cm, 6,04 mS/cm, 5,18 mS/cm) και είναι υφάλμυρο και ακατάλληλο για πόση, ενώ μετά την επεξεργασία σημείο (1b - Δείγμα 1) καθίσταται πόσιμο.
- Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/l και το ανώτατο είναι 250 mg/l. Σε όλες τις περιπτώσεις δειγματοληψίας, είναι αισθητά φανερά η μείωση του χλωρίου στο νερό με την παρουσία του φίλτρου αντίστροφης όσμωσης σημείο (1b - Δείγμα 1).
- Σε μεγάλες περιεκτικότητες θεικών ιόντων το νερό δρα ως καθαρκτικό. Περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 250 mg/l σε θειικά ιόντα καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση. Παρατηρείται, ότι σε όλες τις περιπτώσεις δειγματοληψίας, είναι αισθητά φανερά η μείωση θεικών ιόντων, στο νερό με την παρουσία του φίλτρου αντίστροφης όσμωσης σημείο (1b - Δείγμα 1).
- Το ασβέστιο, το μαγνήσιο, και το νάτριο είναι απαραίτητα για την υγεία του ανθρώπου, γι’ αυτό το λόγο και μετά την επεξεργασία του νερού με την προσθήκη του φίλτρου αντίστροφης όσμωσης παραμένουν κάποιες πολύ μικρές ποσότητες.

- Τα πόσιμα νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσουν ασθένειες, λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη. Στα συγκεκριμένα νερά δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας, διότι η ποσότητα τους είναι κάτω από τα όρια ανίχνευσης.

Εν κατακλείδι, συμπεραίνεται ότι η εγκατάσταση που μελετήσαμε λειτουργεί υποδειγματικά με αποτέλεσμα το υδφάλμυρο νερό της γεώτρησης να μετατρέπεται σε πόσιμο νερό με πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ήδη βρίσκεται σε εξέλιξη μελέτη για τους παράγοντες έμφραξης των μεμβρανών Αντίστροφης Όσμωσης.

Φτάνει κανείς στο σημείο να αναρωτηθεί, μήπως τα φίλτρα προ-επεξεργασίας σαφέστερα τα αμμόφιλτα είναι δυνατόν να αντικατασταθούν από ζεόφιλτρα για την καλύτερη απόδοση της προ-επεξεργασίας;;; Μήπως υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης κάποιου υλικού για την αύξηση του ορίου ζωής των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης;;;

Βιβλιογραφία

- ❖ Χημική & Περιβαλλοντική Τεχνολογία Ηράκλειο 2012
Γενιατάκης Ευθύμιος & Γεωργάκη Ειρήνη
- ❖ Ποιοτικά χαρακτηριστικά και Διεργασίες επεξεργασίας νερού
http://users.auth.gr/darakas/Solid_Waste.pdf
- ❖ Πτυχιακή εργασία «Έλεγχος λειτουργίας φίλτρου αντίστροφης όσμωσης για την επεξεργασία πόσιμου νερού» Γιαννέλου Αικατερίνη
- ❖ Αυλωνίτης, «Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης», Εκδόσεις "ΙΩΝ" Στέλλα Παρίκου & ΣΙΑ Ο.Ε, 2006
- ❖ Διπλωματική εργασία “Μελέτη αφαλάτωσης με μικρές μονάδες. Ειδικά με αυτόνομη μονάδα αντίστροφης όσμωσης και χρήση ΑΠΕ.” Ράπτης Δημήτριος
- ❖ asxetos.gr » Άρθρα » Γη - Περιβάλλον » Διεθνές Έτος Νερών
<http://www.asxetos.gr/articles/earth/diethnes-etos-neron.html#ixzz2qH4Tnl2J>
- ❖ Planet Earth S.O.S Πλανήτη "ΓΗ" σε κίνδυνο
<http://planetearth.pblogs.gr/2008/10/352887.html>
- ❖ Νομοθετικό πλαίσιο ποιότητας νερού
<http://www.eco-shop.gr/filtra-nerou-ilektroniko-tsigaro-karpoi-soapnuts/nero/poioitita%20nerou.html>
- ❖ Planet Earth S.O.S Πλανήτη "ΓΗ" σε κίνδυνο
<http://planetearth.pblogs.gr/2008/10/352887.html>
- ❖ Καθηγητής, διευθυντής Εργαστηρίου Τεχνολογίας του Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών
<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=262708>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ογκομετρικοί Προσδιορισμοί

➤ Προσδιορισμός ολικής σκληρότητας

Ολική Σκληρότητα (1 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	°D	°F
1b	0,1	0,56	1,008
2b	10,6	59,36	106,848
3b	-	0	0
4	-	0	0
5	10,65	59,64	107,352
7	10,4	58,24	104,832
R	44,4	248,64	447,552

Ολική Σκληρότητα (2 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	°D	°F
1b	0,05	0,28	0,504
2b	9,65	54,04	97,272
3b	9,7	54,32	97,776
4	9,7	54,32	97,776
5	9,7	54,32	97,776
7	8,8	49,28	88,704
R	40,5	226,8	408,24

Ολική Σκληρότητα (3 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	°D	°F
1b	0,1	0,56	1,008
2b	9,6	53,76	96,768
3b	9,5	53,2	95,76
4	9,5	53,2	95,76
5	9,5	53,2	95,76
7	8,9	49,84	89,712
R	39,1	218,96	394,128

Ολική Σκληρότητα (4 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	°D	°F
1b	0,1	0,56	1,008
2b	9,05	50,68	91,224
3b	9,55	53,48	96,264
4	9,4	52,64	94,752
5	9	50,4	90,72
7	8,85	49,56	89,208
R	42,5	238	428,4

➤ Προσδιορισμός ανθρακικής ή παροδική σκληρότητας και προσδιορισμός ppm HCO_3^-

Ανθρακική Σκληρότητα (1 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	ml HCL	°D	°F	mgr HCO_3^-
1b	0,4	1,12	2,016	2,44
2b	5,8	16,24	29,232	35,38
3b	-	0	0	0
4	-	0	0	0
5	5,95	16,66	29,988	36,295
7	5,95	16,66	29,988	36,295
R	22,6	63,28	113,904	137,86

Ανθρακική Σκληρότητα (2 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	ml HCL	°D	°F	mgr HCO_3^-
1b	0,2	0,56	1,008	1,22
2b	5,5	15,4	27,72	33,55
3b	5,85	16,38	29,484	35,685
4	5,75	16,1	28,98	35,075
5	5,65	15,82	28,476	34,465
7	6,1	17,08	30,744	37,21
R	22,85	63,98	115,164	139,385

Ανθρακική Σκληρότητα (3 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	ml HCL	°D	°F	mgr HCO ₃ ⁻
1b	0,2	0,56	1,008	1,22
2b	5,6	15,68	28,224	34,16
3b	5,55	15,54	27,972	33,855
4	5,65	15,82	28,476	34,465
5	5,65	15,82	28,476	34,465
7	6,1	17,08	30,744	37,21
R	22,35	62,58	112,644	136,335

Ανθρακική Σκληρότητα (4 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	ml HCL	°D	°F	mgr HCO ₃ ⁻
1b	0,3	0,84	1,512	1,83
2b	5,7	15,96	28,728	34,77
3b	5,75	16,1	28,98	35,075
4	5,8	16,24	29,232	35,38
5	5,9	16,52	29,736	35,99
7	6	16,8	30,24	36,6
R	21,35	59,78	107,604	130,235

➤ Προσδιορισμός Μόνιμης σκληρότητας

➤ Μόνιμη Σκληρότητα (1 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	(Ο.Σ.) °D	(Α.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °F
1b	0,56	1,12	-0,56	-1,008
2b	59,36	16,24	43,12	77,616
3b	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	59,64	16,66	42,98	77,364
7	58,24	16,66	41,58	74,844
R	248,64	63,28	185,36	333,648

Μόνιμη Σκληρότητα (2 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	(Ο.Σ.) °D	(Α.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °F
1b	0,28	0,56	-0,28	-0,504
2b	54,04	15,4	38,64	69,552
3b	54,32	16,38	37,94	68,292
4	54,32	16,1	38,22	68,796
5	54,32	15,82	38,5	69,3
7	49,28	17,08	32,2	57,96
R	226,8	63,98	162,82	293,076

Μόνιμη Σκληρότητα (3 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	(Ο.Σ.) °D	(Α.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °F
1b	0,56	0,56	0	0
2b	53,76	15,68	38,08	68,544
3b	53,2	15,54	37,66	67,788
4	53,2	15,82	37,38	67,284
5	53,2	15,82	37,38	67,284
7	49,84	17,08	32,76	58,968
R	218,96	62,58	156,38	281,484

Μόνιμη Σκληρότητα (4 ^η Δειγματοληψία)				
Δείγμα	(Ο.Σ.) °D	(Α.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °D	(Μ.Σ.) °F
1b	0,56	0,84	-0,28	-0,504
2b	50,68	15,96	34,72	62,496
3b	53,48	16,1	37,38	67,284
4	52,64	16,24	36,4	65,52
5	50,4	16,52	33,88	60,984
7	49,56	16,8	32,76	58,968
R	238	59,78	178,22	320,796

➤ Προσδιορισμός ασβεστίου Ca^{+2} σε νερά

Προσδιορισμός Ca^{++} (1 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Ca^{++}	ppm Ca^{++}
1b	0,05	0,2005	2,005
2b	4	16,04	160,4
3b	-	0	0
4	-	0	0
5	4,2	16,842	168,42
7	4,25	17,0425	170,425
R	28,9	115,889	1158,89

Προσδιορισμός Ca^{++} (2 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Ca^{++}	ppm Ca^{++}
1b	0,05	0,2005	2,005
2b	3,65	14,6365	146,365
3b	3,85	15,4385	154,385
4	3,85	15,4385	154,385
5	3,7	14,837	148,37
7	3,65	14,6365	146,365
R	34	136,34	1363,4

➤

Προσδιορισμός Ca^{++} (3 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Ca^{++}	ppm Ca^{++}
1b	0,05	0,2005	2,005
2b	3,75	15,0375	150,375
3b	3,7	14,837	148,37
4	3,8	15,238	152,38
5	3,8	15,238	152,38
7	3,55	14,2355	142,355
R	34	136,34	1363,4

Προσδιορισμός Ca^{++} (4 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Ca^{++}	ppm Ca^{++}
1b	0,05	0,2005	2,005
2b	3,95	15,8395	158,395
3b	3,2	12,832	128,32
4	3,55	14,2355	142,355
5	3,4	13,634	136,34
7	3,6	14,436	144,36
R	32,65	130,9265	1309,265

➤ Προσδιορισμός ασβεστίου Mg^{+2} σε νερά

Προσδιορισμός Mg^{++} (1 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Mg^{++}	ppm Mg^{++}
1b	0,05	0,1215	1,215
2b	6,6	16,038	160,38
3b	0	0	0
4	0	0	0
5	6,45	15,6735	156,735
7	6,15	14,9445	149,445
R	15,5	37,665	376,65

Προσδιορισμός Mg^{++} (2 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Mg^{++}	ppm Mg^{++}
1b	0	0	0
2b	6	14,58	145,8
3b	5,85	14,2155	142,155
4	5,85	14,2155	142,155
5	6	14,58	145,8
7	5,15	12,5145	125,145
R	6,5	15,795	157,95

Προσδιορισμός Mg^{++} (3 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Mg^{++}	ppm Mg^{++}
1b	0,05	0,1215	1,215
2b	5,85	14,2155	142,155
3b	5,8	14,094	140,94
4	5,7	13,851	138,51
5	5,7	13,851	138,51
7	5,35	13,0005	130,005
R	5,1	12,393	123,93

Προσδιορισμός Mg^{++} (4 ^η Δειγματοληψία)			
Δείγμα	ml EDTA	mgr Mg^{++}	ppm Mg^{++}
1b	0,05	0,1215	1,215
2b	5,1	12,393	123,93
3b	6,35	15,4305	154,305
4	5,85	14,2195	142,155
5	5,6	13,608	136,08
7	5,25	12,7575	127,575
R	9,85	23,9355	239,355

➤ Προσδιορισμός pH

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία	2 ^η Δειγματοληψία	3 ^η Δειγματοληψία	4 ^η Δειγματοληψία
1b	6,2	5,95	6,62	6,33
2b	7,8	7,73	7,75	8,33
3b	-	7,55	7,72	8,17
4	-	7,57	7,69	8,02
5	7,6	7,47	7,75	8,17
7	7,7	7,38	7,51	8,02
R	7,7	7,73	7,8	8,14

➤ Προσδιορισμός Αγωγιμότητας k

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ms/cm)	2 ^η Δειγματοληψία (ms/cm)	3 ^η Δειγματοληψία (ms/cm)	4 ^η Δειγματοληψία (ms/cm)
1b	0,326	0,3	0,303	0,233
2b	7,43	6,64	6,5	5,69
3b	-	6,66	6,63	5,76
4	-	6,65	6,63	5,7
5	7,51	6,67	6,7	5,77
7	7,17	5,78	6,04	5,18
R	26,48	23,61	23,67	20,49

Φωτομετρικοί Προσδιορισμοί

➤ Προσδιορισμός NO₂⁻ ppm και NO₃⁻ ppm

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	< 0,01	0,002	0,002	0,002
2b	< 0,01	0,001	-	0,003
3b	-	0,002	-	0,01
4	-	-	-	0,005
5	< 0,01	-	-	0,004
7	< 0,01	0,002	0,004	0,002
R	< 0,01	-	-	0,003

Προσδιορισμός NO₃⁻ ppm

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	2,3	2,5	2,2	2,4
2b	3,6	-	-	11,3
3b	-	-	-	11,2
4	-	-	-	11,5
5	7,0	-	-	11,4

7	9,3	15,8	13,6	15,3
R	-	-	-	22,6

➤ Προσδιορισμός Χλωρίου Cl⁻ στο νερό

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	107	82	101	66
2b	-	-	1660	1730
3b	3200	-	1610	1840
4	-	-	1660	1990
5	-	250	1820	2050
7	-	300	1670	1780
R	-	-	4500	9900

➤ Προσδιορισμός Θεικών Ανιόντων (SO₄⁻²)

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	1	1	2	1
2b	375	300	297	295
3b	-	288	280	291
4	-	320	270	315
5	366	310	276	280
7	325	240	220	259
R	-	-	11460	-

➤ Προσδιορισμός φωσφορικών PO₄⁻³- P

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	< 0,5	-	< 0,5	<0,5
2b	0,2	-	< 0,5	<0,5
3b	-	-	< 0,5	<0,5
4	-	-	< 0,5	0,1
5	0,2	-	< 0,5	<0,5
7	0,3	-	< 0,5	<0,5
R	0,6	-	< 0,5	0,1

➤ Προσδιορισμός υπολειμματικό χλώριο Cl₂

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	0,24	-	0,37	0,19
2b	0,22	-	0,48	0,2

3b	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	0,35	-	-	0,63
7	-	-	0,19	-
R	-	-	-	-

➤ Προσδιορισμός σιδήρου Fe

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	-	-	0	0,03
2b	-	-	0,01	0,07
3b	-	-	0,01	-
4	-	-	0,09	-
5	-	-	0,01	0,01
7	-	-	0,03	-
R	-	-	0,03	0,03

➤ Προσδιορισμός Νατρίου Na

Δείγμα	1 ^η Δειγματοληψία (ppm)	2 ^η Δειγματοληψία (ppm)	3 ^η Δειγματοληψία (ppm)	4 ^η Δειγματοληψία (ppm)
1b	115	-	87	67
2b	-	-	1300	1570
3b	-	-	1840	1550
4	-	-	1840	-
5	4400	-	1450	1600
7	-	-	1340	1340
R	-	-	-	27600