

ΚΕΦΑΛΑΙΑ

	ΣΕΛΙΔΕΣ
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΤΟ ΝΕΡΟ ΓΕΝΙΚΑ	12
2.1 Διαθέσιμο νερό στον πλανήτη	13
2.2 Σύσταση νερού	14
2.3 Δομή του μορίου	14
2.4 Φυσικές ιδιότητες	15
2.5 Χημικές ιδιότητες	15
2.6 Οι φάσεις και η πυκνότητα του νερού	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΜΕΡΟΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝ	17
3.1 Ο κύκλος του νερού	18
3.2 Εξάτμιση	18
3.2.1 εξάτμιση και υδρολογικός κύκλος	19
3.3 Εξατμοδιαπνοή	19
3.4 Συμπύκνωση	20
3.5 Κατακρήμνιση	20
3.6 Διείσδυση – Διήθηση του νερού στο έδαφος	21
Απορροή	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΝΕΡΟΥ	24
4.1 Φυσικό νερό	25
4.2 Γλυκό νερό	25
4.3 Βαρύ νερό	25
4.4 Σκληρό νερό	25
4.5 Ιαματικές πηγές	25
4.6 Κρυσταλλικό νερό	26
4.7 Καθαρό νερό	26
4.8 Μεταλλικό νερό	26
4.9 Επιτραπέζιο νερό	26
4.10 Πόσιμο νερό	26
4.10.1 Προέλευση πόσιμου νερού	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΡΥΠΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ	28
5.1 Ρύπανση υδάτων	29
5.2 Πηγές ρύπανσης	29
5.3 Ποιότητα υδατικών πόρων και διαχρονικές μεταβολές της	30
5.4 Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών	32
5.5 Ρύπανση επιφανειακών υδάτων στην Ελλάδα	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	37
6.1 Νομοθεσία για το πόσιμο νερό	38
6.2 Έλεγχος ποιότητας πόσιμου νερού	38
6.3 Υγειονομική σημασία χημικών παραμέτρων	41
6.3.1 Οργανοληπτικές παράμετροι	41
6.3.1.1 Χρώμα (Color)	41
6.3.1.2 Θολότητα (Turbidity)	41
6.3.1.3 Οσμή και Γεύση (Odor – Taste)	41
6.3.2 Φυσικοχημικές παράμετροι	42
6.3.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)	42
6.3.2.2 Αγωγιμότητα (Conductivity)	42
6.3.2.3 Σκληρότητα (Hardness)	42
6.3.2.4 Νάτριο (Sodium, Na)	42
6.3.2.5 Μαγνήσιο (Magnesium, Mg)	42
6.3.2.6 Σίδηρος (Iron, Fe)	42
6.3.2.7 Χλωριούχα (Chlorides, Cl-)	43
6.3.2.8 Θερμοκρασία (Temperature)	43
6.3.2.9 Κάλιο (Potassium – K)	43
6.3.2.10 Διαλυμένο οξυγόνο (Dissolved Oxygen)	43
6.3.3 Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες	43
6.3.3.1 Αμμώνιο (NH ₄ ⁺)	43
6.3.3.2 Μαγγάνιο (Manganese, Mn)	43
6.3.3.3 Θειικά (Sulphates, SO ₄ ²⁻)	44
6.3.3.4 Νιτρώδη (NO ₂)	44
6.3.3.5 Νιτρικά (NO ₃)	44
6.3.3.6 Υδράργυρος (Mercury, Hg)	44
6.3.3.7 Χαλκός (Copper, Cu)	45
6.3.3.8 Ασβέστιο (Calcium, Ca)	45
6.3.3.9 Σίδηρος (Iron – Fe)	45
6.3.3.10 Ψευδάργυρος (Zinc – Zn)	45
6.3.3.11 Νικέλιο (Nickel, Ni)	45
6.3.3.12 Φώσφορος (Phosphorus - P)	46
6.3.3.13 Φθοριούχα (Fluoride, F)	46
6.3.3.14 Χλώριο υπολειμματικό (Residual Chlorine)	46
6.3.4. Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες	46
6.3.4.1 Αρσενικό (Arsenic, As)	46
6.3.4.2 Κάδμιο (Cadmium, Cd)	46
6.3.4.3 Χρώμιο (Chromium, Cr)	47
6.3.4.4 Μόλυβδος (Lead, Pb)	47
6.3.4.5 Σελήνιο (Selenium, Se)	47
6.4 Υγειονομική σημασία μικροβιολογικών παραμέτρων	48
6.4.1 Χολέρα (Vibrio Cholerae)	49
6.4.2 Γαστρεντερίτιδα (Yersinia)	49
6.4.3 Καμπυλοβακτηρίδια	49
6.4.4 Δυσεντερία (Shigella)	49
6.4.5 Σαλμονέλα (Salmonella)	50
6.4.6 Escherichia coli	50
6.4.7 Clostridium perfringens	50

6.4.8 Κρυπτοσπορίδιο	50
6.5 Υδατογενείς λοιμώξεις και πόσιμο νερό	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΔΙΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ	52
7.1 Επεξεργασία νερού – απολύμανση	53
7.1.1 Σύγκριση μεθόδων απολύμανσης	55
7.1.1.1 Απολυμαντική ικανότητα	56
7.3 Επεξεργασία Ελληνικών υδάτων	58
7.4 Διανομή νερού	61
7.5 Συμπεράσματα για την ποιότητα του πόσιμου νερού στην Ελλάδα	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	64
8.1 Άλλοι τρόποι καθαρισμού του νερού	65
8.1.1 Βρασμός	65
8.1.2 Εμφιαλωμένο νερό	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΦΙΛΤΡΑ ΝΕΡΟΥ	70
9.1 Φίλτρα νερού οικιακής χρήσης	71
9.1.1 Η ιστορία των φίλτρων	71
9.2 Βασικές αρχές λειτουργίας φίλτρων	73
9.2.1 Ιονταλλαγή	73
9.2.1.1 Ισορροπία ιονταλλαγής	73
9.2.1.2 Περιορισμοί στη χρήση ιονταλλακτικών ουσιών	76
9.2.1.3 Ορισμοί που χρησιμοποιούνται στην ιονταλλαγή	76
9.2.1.4 Κύριες κατηγορίες ιονταλλακτικών ρητίνων	77
9.2.1.5 Λειτουργία ιονταλλακτικών ρητίνων	79
9.2.1.6 Χρήση ιονταλλακτικών ρητίνων	79
9.2.1.7 Ιονταλλαγή πολλών ιόντων	81
9.2.2 Διαχωρισμοί μεμβρανών	81
9.2.2.1 Αντίστροφη όσμωση	82
9.2.2.2 Μορφές συσκευών αντίστροφης όσμωσης	84
9.2.3 Απολύμανση	86
9.2.3.1 Μη χημικές μέθοδοι απολύμανσης	86
9.2.3.2 Χημικά απολυμαντικά	87
9.2.4 Προσρόφιση οργανικών ενώσεων	87
9.2.4.1 Θεωρία προσρόφισης	88
9.2.4.2 Κινητική προσρόφισης	89
9.2.4.3 Καμπύλη διαρροής (breakthrough curve)	89
9.2.4.4 Συστήματα προσρόφισης - στήλες κοκκώδους ενεργού άνθρακα -κεα (granular activated carbon - gac)	91
9.2.4.5 Προσρόφιση - τεχνολογικές εφαρμογές	92
9.2.4.6 Αναγέννηση ενεργού άνθρακα	93
9.3 Υφιστάμενη τεχνολογία	93

9.3.1 Τεχνολογίες φίλτρων νερού	94
9.4 Τρόπος λειτουργίας φίλτρων	95
9.5 Ποιότητα προϊόντων	102
9.5.1 Παρουσίαση των προτύπων	103
9.5.2 Διεθνή Πρότυπα	104
9.5.3 Πιστοποίηση στα φίλτρα νερού	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	106
10.1 συμπεράσματα – παρατηρήσεις	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109

Περίληψη

Στην αγορά κυκλοφορούν δεκάδες συστήματα επεξεργασίας νερού γνωστά με τον όρο φίλτρα νερού. Υπάρχουν φίλτρα επαγγελματικής αλλά και φίλτρα οικιακής χρήσης. Κύριος στόχος όλων αυτών των συσκευών είναι η αποτελεσματικότερη επεξεργασία του νερού ώστε να παραχθεί τελικά όσο το δυνατόν καθαρότερο νερό χωρίς βλαβερές ουσίες, μικροοργανισμούς, βακτήρια, ιούς κ.λ.π. τα οποία είναι ακατάλληλα για την ανθρώπινη υγεία.

Οι συσκευές αυτές βέβαια διαφέρουν σε πολλά σημεία όπως, στον τρόπο λειτουργίας, στην ποιότητα κατασκευής, στις τεχνικές προδιαγραφές / χαρακτηριστικά, στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν για την επεξεργασία του νερού, στις πιστοποιήσεις που έχουν λάβει και από ποιους οργανισμούς, στους ρυπαντές που απομακρύνουν και σε ποια ποσοστά, στο κόστος, στη διάρκεια ζωής κ.α.

Από τα παραπάνω λοιπόν γίνεται αντιληπτό ότι η διαδικασία επιλογής ενός συστήματος καθαρισμού του νερού είναι μια αρκετά δύσκολη υπόθεση και απαιτεί από τον εκάστοτε καταναλωτή την δέουσα προσοχή διότι η πόση καθαρού νερού είναι ίσως το σημαντικότερο αγαθό που δικαιούται να έχει ο κάθε άνθρωπος.

Subject : // Water filter technology for the domestic use //

Abstract

In the market there can be found a lot of systems for the treatment of water, known with the term filters of water. There are professional filters but also filters for domestic use. The scope of the above mentioned appliances is the more effective treatment of water, so that the final production of, as much as possible, cleaner water without damaging substances, micro-organisms, bacteria, viruses etc which are inadequate for the human health.

This appliances of course differ in a lot of points as in the way they operate, in the quality of manufacture, in the technical specifications/characteristics, in the technologies that they use for the treatment of water, in the certificates that they have received and from which organisations, in the pollutants that they remove and in what percentages, in the cost, in the duration of their life e.t.c.

From the previously mentioned statements it becomes clear that the process of choicing a system for the cleaning of water is a very difficult procedure and requires from each consumer the attention because clean water is perhaps the most important good that each person is eligible for.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει τις τεχνικές λειτουργίας, την απόδοση και τα προβλήματα που δημιουργούνται από τη χρήση φίλτρων νερού οικιακής χρήσης.

Στα κεφάλαια 1,2,3,4 γίνεται μια γενικότερη παρουσίαση για το νερό, την διαθεσιμότητα του, την χρησιμότητα και της κατηγορίες του. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η ρύπανση του νερού.

Ακολουθεί το κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζεται η ποιότητα του πόσιμου νερού και η ισχύουσα νομοθεσία. Στο κεφάλαιο 7 δίνονται στοιχεία για τις διαδικασίες επεξεργασίας του νερού και τη διανομή του και εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα που αφορούν την ποιότητα του πόσιμου νερού στην Ελλάδα .

Στο κεφάλαιο 8 γίνεται παρουσίαση των άλλων τρόπων καθαρισμού του νερού, βρασμός κ.τ.λ. Στην συνέχεια ακολουθεί το κεφάλαιο 9 με την παρουσίαση των φίλτρων νερού οικιακής χρήσης, των τεχνικών λειτουργίας τους και της απόδοσης τους.

Τέλος στο κεφάλαιο 10 εξάγονται συμπεράσματα για την καταλληλότητα των φίλτρων νερού οικιακής χρήσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εισαγωγή

Η ζωή ξεκίνησε από το νερό (θάλασσα). Το νερό κατά τον Αριστοτέλη είναι ένα από τα τέσσερα στοιχεία που μαζί με τον αέρα την φωτιά και τη γη συνθέτουν τον κόσμο. Ωκεανοί, λίμνες ποτάμια, σύννεφα βρίσκονται παντού στην υδρόγειο με το νερό να καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το φυσικό τοπίο, το κλίμα και τη ζωή στον πλανήτη μας. Υπάρχουν οργανισμοί που επιζούν χωρίς τροφή, χωρίς νερό δεν μπορεί να επιζήσει κανένας.

Το νερό, σαν θάλασσα, ποτάμι, λίμνη, βροχή, χιόνι, πάγος, χαλάζι, δρόσος, πάχνη, πηγή (κοινή ή ιαματική), πηγάδι, νερόμυλος, κανάλι, καταρράκτης και τόσα άλλα, έχει σηματοδέψει τη Μυθολογία, την Ιστορία, τη Λαογραφία, τις Θρησκείες και τη Θρησκευολογία, την Επιστήμη, τη Φιλοσοφία, τις Τέχνες, τα Γράμματα. Αποτελεί το αποκλειστικό αντικείμενο, τη βάση ή βασικό στοιχείο Επιστημών. Αντιπροσωπεύει το άγιασμα και τον καθαρισμό σε όλες τις θρησκείες. Έχει γεννήσει θρύλους και δοξασίες, έχει εμπνεύσει παραμύθια. Έχει γεννήσει, συντηρήσει, αναπτύξει και καταστρέψει πολιτισμούς. Έχει πνίξει πόλεις και χωριά, έχει διψάσει λαούς, έχει γκρεμίσει βουνά και ανθρώπινα έργα, έχει αποθέσει στη θάλασσα τεράστιους όγκους γης στο δρόμο προς το Πανεπίπεδο. Μετασχηματίζεται αενάως, στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου, σε ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, απορροή, κατείσδυση, εξάτμιση και διαπνοή και πάλι κατακρημνίσματα. Το νερό είναι η ίδια η ζωή, είναι η φύση, είναι το περιβάλλον, είναι η ίδια η ύπαρξη.

Η γη είναι ένας πλανήτης κεντημένος με το νερό, που αποτελεί πολύτιμο μέσο ζωής για τον Γαλάζιο Πλανήτη. Οι ωκεανοί ρυθμίζουν το κλίμα και αποτελούν το λίκνο κάθε έμβιου πλάσματος. Εάν ο ανθρώπινος νους μπορούσε να συνειδητοποιήσει ότι το 70% του πλανήτη μας καλύπτεται από τα νερά των ωκεανών και το σημαντικό ρόλο, που παίζει η τεράστια αυτή μάζα νερού στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ βιοτικών, αβιοτικών και κλιματολογικών παραγόντων, η συμπεριφορά μας απέναντι σε αυτό το αγαθό θα ήταν διαφορετική. Οι μεγάλοι πολιτισμοί γεννήθηκαν κοντά στο νερό και από το νερό. Είναι το πολυτιμότερο αγαθό, που μας παρέχει η φύση. Όρος για την ανάπτυξη, την ευημερία, την υγιεινή διαβίωση, την ίδια την ύπαρξη ζωής.

Η χλωρίδα και η πανίδα του θαλάσσιου νερού είναι τεράστια και αξιοθαύμαστη. Η βιοποικιλότητα που παρουσιάζει η θάλασσα οφείλεται στο γεγονός ότι οι υποθαλάσσιες συνθήκες ποικίλλουν ανάλογα με τη θέση και την ώρα π.χ. το φως, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τη συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών, την πίεση, μ' αποτέλεσμα να παρέχεται μεγαλύτερη δυνατότητα στους οργανισμούς για εξέλιξη και προσαρμογή. Ακολουθώντας ενδεικτικά τη σκάλα της θαλάσσιας διατροφικής αλυσίδας συναντούμε: το φυτοπλαγκτόν (φύκια και ελεύθερα επιπλέοντα φυτά), το ζωοπλαγκτόν (μικρές γαρίδες-κριλ, λάρβα κ.ά.), τα κοράλλια, τους σπόγγους και τα διάφορα είδη ψαριών και τέλος, τα μεγάλα θαλάσσια θηλαστικά, τα κήτη. Η μεγάλη προσφορά της θάλασσας όμως είναι η χρήση της ως πηγής για τη διατροφή εκατομμυρίων ανθρώπων. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν ανά τον κόσμο 12,5 εκατ. ψαράδες, ενώ η βιομηχανία προμηθεύει τροφή για περίπου 200 εκατομμύρια ανθρώπους.

Το νερό όμως δεν είναι μόνο η στοργική μήτρα που κυοφορεί πλήθος φυτών και ζώων. Αποτελεί και τη ζωτική χημική ένωση για τη ζώσα ύλη και για όλες τις μεταβολικές της λειτουργίες. Κάθε κύτταρο, είτε φυτικό είτε ζωικό, αποτελείται από νερό. Ειδικότερα, τα φυτά δεν μπορούν να αναπτυχθούν αν δεν έχουν νερό, το οποίο τους είναι απαραίτητο αφενός γιατί μεταφέρει τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος και αφετέρου γιατί συμμετέχει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Η μέση περιεκτικότητα των φυτών σε νερό κυμαίνεται από 60% (ξύλωδης ιστός) έως 80% (φύλλα).



Φύλλο μαρουλιού σε νερό

Χωρίς νερό μετά από λίγες ώρες

Εικόνα 1 : Η επίδραση του νερού στην ανάπτυξη των φυτών.

Ωστόσο σε μερικούς καρπούς, όπως η τομάτα ή το καρπούζι, μπορεί να φτάσει και το 95%. Κατ' αντιστοιχία, το νερό είναι απαραίτητο και στους ζωικούς οργανισμούς, αφού όλες οι χημικές αντιδράσεις που συντηρούν το φαινόμενο της ζωής διεξάγονται σε υδατικό περιβάλλον. Υπάρχουν επίσης και οργανισμοί, όπως οι τσούχτρες, που αποτελούνται κατά 95% από νερό. Μερικά ζώα, όπως οι μαρσιποφόροι αρουραίοι της ερήμου, πίνουν σπάνια νερό, το οποίο όμως προσλαμβάνουν μέσα από την τροφή τους (φυτά, σπόροι κ.ά.).

Πίνακας 1 : Περιεκτικότητα σε νερό για επιλεγμένα προϊόντα(κυβ. μέτρα / τόνο). [3]

Βοδινό κρέας	13 500
Χοιρινό κρέας	4 600
Πουλερικά	4 100
Σόγια	2 750
Αυγά	2 700
Ρύζι	1 400
Σιτάρι	1 160
Γάλα	790

Γενικά τα φυτά και τα ζώα του πλανήτη μας προσαρμόστηκαν στις διάφορες συνθήκες ύπαρξης ή μη ύπαρξης νερού. Ο ανθρώπινος οργανισμός όμως εξαρτά την ύπαρξή του αποκλειστικά από το νερό. Το έμβρυο τους πρώτους εννιά μήνες της ζωής του μεγαλώνει μέσα στο υγρό περιβάλλον του αμνιακού σάκου. Ειδικότερα, το 70% του βάρους ενός ώριμου ατόμου είναι νερό. Το νερό αυτό περιέχεται μέσα στα κύτταρα, στα διάμεσα υγρά, στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό, στα πεπτικά υγρά, στη λέμφο, στο αρθρικό υγρό κ.τ.λ. Για να παραμείνει υγιής ένας άνθρωπος, πρέπει να καταναλώνει τουλάχιστον 1 λίτρο νερού ημερησίως (απαιτούνται 2 λίτρα).

Το νερό κάνει πολύ περισσότερα από το να συντηρεί τη ζωή. Στην πραγματικότητα μπορεί να βελτιώσει την υγεία μας, τη φυσική μας κατάσταση, ακόμη και την εμφάνισή μας. Είναι ίσως το πιο απαραίτητο αγαθό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το αίμα αποτελείται 92% από νερό, τα οστά 22% από νερό, ο εγκέφαλος 75% από νερό και οι μυς 75% από νερό. Επίσης το νερό:

- Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος κάθε κυττάρου του οργανισμού μας
- Είναι το μεγαλύτερο μέρος του κυκλοφορικού και του λεμφικού μας συστήματος, μεταφέροντας τροφή και οξυγόνο στα κύτταρα και απομακρύνοντας τα άχρηστα υλικά
- Βοηθά στον καθαρισμό των νεφρών μας και την αποβολή των τοξικών ουσιών
- Συμβάλλει στην εξισορρόπηση των ηλεκτρολυτών, οι οποίοι βοηθούν στον έλεγχο της πίεσης του αίματός μας
- Βοηθά στην ύγρανση των διόδων των ματιών, του στόματος και της ρινικής κοιλότητας
- Διατηρεί το σώμα δροσερό όταν κάνει ζέστη και μονώνει το σώμα ενάντια στο κρύο
- Λειτουργεί σαν απορροφητικό μέσο κατά των κραδασμών μειώνοντας τις επιπτώσεις τους στα όργανα του σώματος
- Βοηθά στη λίπανση των αρθρώσεων και αποτελεί μέρος του αίματος, του ιδρώτα, των δακρύων και της σιέλου
- Μπορεί να παρέχει πολλά από τα ιχνοστοιχεία που χρειάζεται το σώμα μας

Πέρα από αυτά όμως είναι απαραίτητο αγαθό και για τις καθημερινές ανάγκες των ανθρώπων. Ο άνθρωπος ποτίζει, πλένει και γενικώς το 90 % των δραστηριοτήτων του σχετίζεται με το νερό σε καθημερινή βάση. Συνεπώς είναι προφανές ότι το νερό είναι βασικός παράγοντας για την επιβίωση του ανθρώπινου είδους.

Αποτελεί το αφθονότερο στοιχείο στην επιφάνεια της γης, έχει ταχύτατο κύκλο στην ατμόσφαιρα, αλλά είναι μεγάλο ψέμα να θεωρείται το γλυκό νερό άφθονο και ανεξάντλητο απόθεμα.

Το πόσιμο νερό αντιπροσωπεύει το 1/10 της συνολικής ποσότητας νερού στον πλανήτη. Το νερό θα είναι ο περιζήτητος φυσικός πόρος του 21^{ου} αιώνα. Η παγκόσμια ζήτηση νερού συνεχώς αυξάνεται ενώ οι υδροφόροι ορίζοντες υποβαθμίζονται σ' όλες τις ηπείρους. Η αλματώδης όμως βιομηχανική ανάπτυξη, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της Γης και η δυσμενής αλλαγή των καιρικών φαινομένων δημιούργησαν τη λεγόμενη «κρίση του νερού», Σύμφωνα με στοιχεία του ΟΗΕ, 1 δις άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Η χρήση απ' αυτούς τους πληθυσμούς μολυσμένου νερού προκαλεί μεγάλες επιδημιολογικές ασθένειες και θανάτους σε 10 εκατομμύρια ανθρώπους το χρόνο.

Τα επιφανειακά νερά από πηγή πλούτου, όμως, μπορούν να μετατραπούν σε μια διαρκή και αόρατη απειλή, αν οι κυβερνήσεις όλων των χωρών δεν πάρουν άμεσα δραστικά μέτρα για την διαχείριση και την προστασία τους.

Η πρόσβαση σε καθαρό νερό είναι θεμελιώδης ανθρώπινη ανάγκη άρα και βασικό ανθρώπινο δικαίωμα.

Επιπλέον η διασφάλιση της ποιότητας του νερού και των υδατικών πόρων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την κοινωνική και οικονομική ζωή, ο οποίος σχετίζεται άμεσα και με την προστασία του. Γι' αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη χάραξης συγκεκριμένης μακροπρόθεσμης στρατηγικής για το νερό και τους υδάτινους πόρους [1-3].

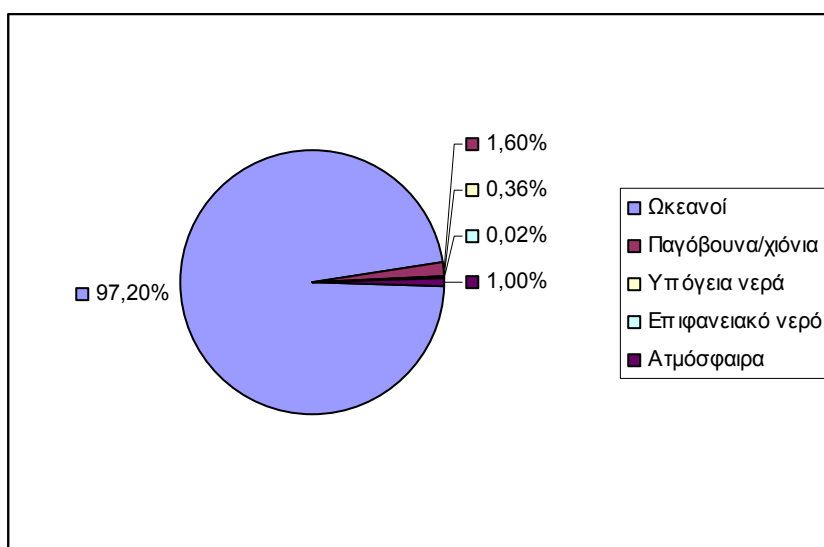
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΟ ΝΕΡΟ ΓΕΝΙΚΑ

2.1 Διαθέσιμο νερό στον πλανήτη

Το νερό είναι η βάση της ζωής στον πλανήτη. Το 70% της γης καλύπτεται από νερό. Σε αυτή την ποσότητα δεν υπολογίζεται αυτό που βρίσκεται σε σταθερή ισορροπία δηλαδή αυτό που εξατμίζεται και σχηματίζονται τα σύννεφα, επιστρέφει στην επιφάνεια της γης ως χιόνι ή βροχή, συγκεντρώνεται στα ποτάμια και στα υδάτινα στρώματα και καταλήγει και πάλι στη θάλασσα. Ωστόσο, μόνο το 3% του νερού της γης είναι γλυκό. Από αυτό το 1,6% δεν είναι διαθέσιμο γιατί αποτελεί τους πάγους των πόλων και τα χιόνια των βουνών ή βρίσκεται βαθιά στη γη και έτσι καθίσταται απροσπέλαστο. Το 0,36% του συνόλου είναι άμεσα διαθέσιμο υπό μορφή υγρασίας στο έδαφος, εκμεταλλεύσιμου υπόγειου νερού, υδρατμών, λιμνών και υδατορευμάτων. Περίπου το 1% κυκλοφορεί στον αέρα με μορφή σύννεφων και ατμού ή βρίσκεται μέσα στα φυτά και τους ζωντανούς οργανισμούς. Το νερό συνιστά το 60% του συνολικού βάρους ενός δένδρου και το 50-65% του βάρους των ζωικών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Είναι ζωτικός πόρος για τη γεωργία, τη βιοτεχνία, τις μεταφορές και άλλες αμέτρητες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Το διαθέσιμο νερό συνεχώς συγκεντρώνεται, καθαρίζεται και ανακυκλώνεται κατά τον υδρολογικό κύκλο. Η διαδικασία αυτή παρέχει αρκετές ποσότητες νερού, υπό τις προϋποθέσεις ότι πρώτον δεν φορτώνεται με μη αποικοδομήσιμες ή με βραδέως αποικοδομήσιμες ενώσεις, οι οποίες βαθμιαία θα συγκεντρώνονται και κάποτε θα φτάσουν σε απαγορευτικά επίπεδα, και δεύτερον δεν αντλείται νερό από τα υπόγεια αποθέματα με ρυθμό μεγαλύτερο από όσο αυτά επαναφορτίζονται. Δυστυχώς, σήμερα συμβαίνουν και τα δύο, με αποτέλεσμα το πόσιμο νερό να μειώνεται συνεχώς και η κατάσταση να έχει γίνει ιδιαίτερα δραματική, αφού ο μισός πληθυσμός της Γης δεν έχει πρόσβαση σε πόσιμο νερό.

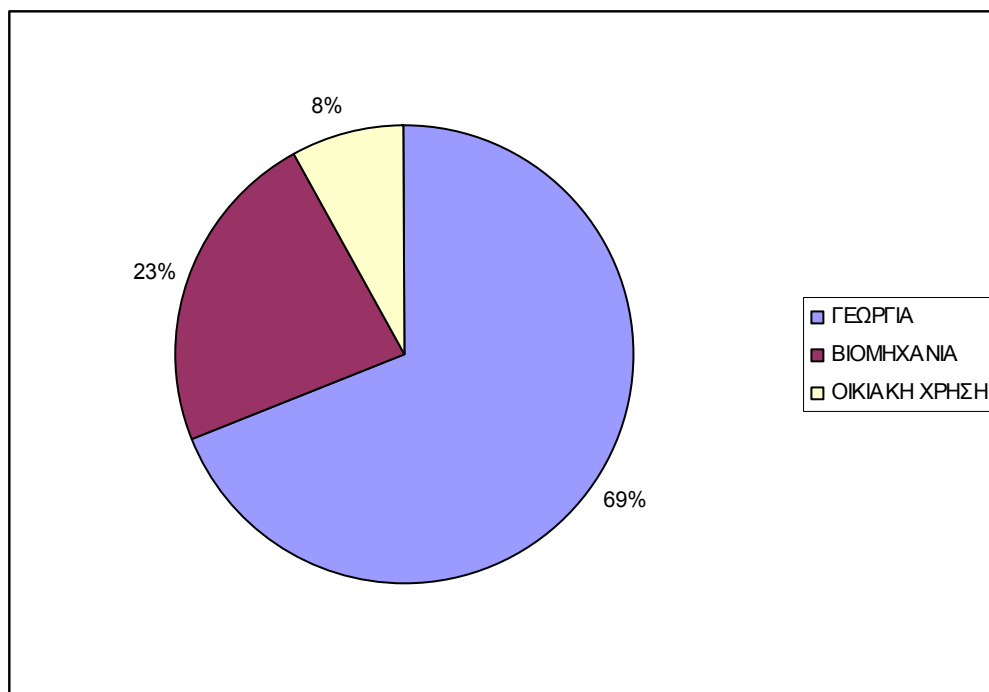


Εικόνα 2 : Η ποσοστιαία κατανομή του νερού της γης.

Από στατιστικά στοιχεία της UNESCO προκύπτει ότι ο μισός πληθυσμός της γης, πολύ πάνω από δύο δισεκατομμύρια, δεν διαθέτει υγιεινό νερό σε επαρκείς ποσότητες. Στις αγροτικές περιοχές, όπου η κατάσταση είναι χειρότερη, μόνο το 29% έχει πρόσβαση σε πηγές πόσιμου νερού και ακόμα λιγότερο, το 13%, διαθέτει εγκαταστάσεις υγιεινής. Πάνω από 400 εκατομμύρια άνθρωποι πάσχουν από γαστρεντερίτιδα, πάνω από 200 εκατομμύρια, από σχιστοσωμίαση, πάνω από 30 εκατομμύρια, από ογκοκερκίαση, ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό. Έχει, ακόμα, υπολογιστεί ότι, αν ο πληθυσμός όλης της γης είχε πρόσβαση σε πόσιμο νερό, το παγκόσμιο ποσοστό βρεφικής θνησιμότητας θα μπορούσε να μειωθεί στο μισό, κυρίως με την εξαφάνιση των διαρροϊκών ασθενειών.

Η κατάσταση των υδάτων στην Ελλάδα σε γενικές γραμμές βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, αλλά και εδώ απαιτούνται σχέδια για τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Τα τελευταία χρόνια η κατανάλωση του νερού έχει αυξηθεί λόγω της τεχνολογικής εξέτασης και της αύξησης του πληθυσμού. Το περισσότερο νερό καταναλώνεται στις γεωργικές καλλιέργειες. Δεύτερη σε κατανάλωση είναι η βιομηχανία και Τρίτη στη σειρά η κατανάλωση στα σπίτια.



Εικόνα 3 : Η ποσοστιαία κατανάλωση νερού για τις ανθρώπινες ανάγκες.

Η συνεχής ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας, η υπερεκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, η αύξηση των πηγών ρύπανσης δημιουργούν πολλά και μεγάλα προβλήματα. Η σωστή διαχείριση του νερού μπορεί να αντιμετωπίσει αυτά τα προβλήματα [3].

2.2 Σύσταση νερού

Το νερό μέχρι το 18ο αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο. Πρώτος ο πατέρας της νεότερης χημείας Λαβουαζιέ απέδειξε ότι είναι ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου. Κάθε μόριο νερού περιέχει δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Έτσι ο χημικός τύπος του νερού είναι H_2O και η σχετική αναλογία βαρών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2,016: 16,000 [4].

2.3 Δομή του μορίου

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104,5 μοιρών. Το μήκος του δεσμού O-H είναι 0,96 Å. Λόγω της γωνιακής διάταξης του δεσμού O-H, το μόριο του νερού είναι ασύμμετρο και έχει υψηλή διπολική ροπή. Το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου και του αρνητικού προς την πλευρά του οξυγόνου. Ο υψηλός πολικός χαρακτήρας του μορίου εξηγεί τη μεγάλη του διηλεκτρική σταθερά (78 στους 25°C) και άλλες ιδιότητες αυτού, όπως είναι η διάλυση ετεροπολικών ενώσεων στο νερό, ιδιότητα που το καθιστά ένα από τα καλύτερα διαλυτικά μέσα. Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία δεσμών διά γέφυρας υδρογόνου. Τα μόρια δηλαδή του νερού σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου του ενός μορίου και του ηλεκτροαρνητικού

οξυγόνου του άλλου μορίου. Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού εξακολουθούν να υπάρχουν και σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία. Έτσι, στους 25°C ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού έχει τέτοια τιμή, ώστε ο στοιχειομετρικός τύπος του, στους 25°C, δεν είναι ο γνωστός H₂O, αλλά H₁₈₀O₉₀ [4].

2.4 Φυσικές ιδιότητες

Οι φυσικές ιδιότητες του νερού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 2 : Οι φυσικές ιδιότητες του νερού [4].

Φυσικές Ιδιότητες	
Ατομικό βάρος	18.01528 amu
Σημείο τήξεως	273.15 K (0 °C)
Σημείο ζέσεως	373.15 K (100 °C)
Κρίσιμη θερμοκρασία	647 K
Κρίσιμη πίεση	22.1 MPa
Πυκνότητα (μεγ.)	999.972 kg/m ³ στους 4 °C
Δείκτης διάθλασης	1.333 (υγρό νερό, 20 °C)

2.5 Χημικές ιδιότητες

Το νερό έχει ποικίλη χημική δράση. Σχηματίζει "ενώσεις διά προσθήκης" με πολλά άλατα, καθώς και με πολλά μόρια άλλων ουσιών. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται υδρίτες ή ένυδρες ενώσεις. Οι δυνάμεις που ενώνουν τα μόρια των ουσιών και του νερού είναι:

1. Ελκτικές δυνάμεις μεταξύ του θετικού ιόντος του μετάλλου και του αρνητικού οξυγόνου του πεπολωμένου μορίου του νερού
2. Σχηματισμός ημιπολικού δεσμού μεταξύ του ατόμου του οξυγόνου και του ιόντος του μετάλλου με ένα ζεύγος ηλεκτρονίων.
3. Σχηματισμός γέφυρας υδρογόνου μεταξύ του μορίου του νερού και της ουσίας.

Άλλος σημαντικός τύπος αντίδρασης του νερού είναι η υδρόλυση. Το νερό επιτελεί αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, όπου δρα άλλοτε ως οξειδωτικό και άλλοτε ως αναγωγικό μέσο [4].

2.6 Οι φάσεις και η πυκνότητα του νερού

Το νερό είναι «τρισπόστατο», αφού απαντάται στη φύση σε τρεις φάσεις: ως στερεό (πάγος), υγρό (λίμνες, ποτάμια, θάλασσα) και αέριο (υδρατμός). Σε θερμοκρασία δωματίου (25° C), είναι υγρό, άγευστο, άχρωμο, άοσμο, και κατόρθωσε να κυριαρχήσει επί της γης, συμμετέχοντας σε κάθε βιολογική διαδικασία που αφορά ζώα ή φυτά.

Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4°C. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές της πυκνότητας του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες.

Πίνακας 3 : Οι τιμές της πυκνότητας του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΓΟΥ	
Θερμοκρασία σε °C	Πυκνότητα (gr/cm³)
100	0.9586
80	0.9719
60	0.9833
40	0.9923
20	0.9982
10	0.9997
5	0.9999
3.98	1.0000
0 (νερό)	0.9998
0 (πάγος)	0.9170

Από τον πίνακα φαίνεται η πυκνότητα του νερού στη στερεή φάση (πάγος) είναι μικρότερη από την πυκνότητά του στην υγρή φάση, πράγμα που οφείλεται στη χαλαρότερη δομή οργάνωσης των μορίων του νερού στη μορφή του πάγου. Η περίεργη αυτή ιδιότητα έχει μεγάλη σημασία για την οικονομία της φύσης για το γεγονός ότι οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από κάτω να παγώσει, μ' όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την "ανωμαλία" αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας δε θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή της μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της γης. Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι η αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό που εισέρχεται στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωσή τους. Ακόμα, το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού κατά το χειμώνα οφείλεται στην αύξηση του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Ακόμα, το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού κατά το χειμώνα οφείλεται στην αύξηση του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση.

Το νερό έχει ειδική θερμότητα(θερμοχωρητικότητα) πολύ μεγάλη 1cal/gr*deg. Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως ψυκτικό μέσο και ως φορέας θερμότητας στα καλοριφέρ [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΜΕΡΟΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝ

3.1 Ο κύκλος του νερού

Η Γη ουσιαστικά είναι ένα κλειστό σύστημα. Το νερό που υπάρχει σ' αυτήν υπάρχει από τότε που δημιουργήθηκε ο πλανήτης μας. Μόρια του νερού που πίνουμε σήμερα, σίγουρα θα είχαν χρησιμοποιηθεί και από τους δεινόσαυρους πριν εκατομμύρια χρόνια. Το νερό εκατομμύρια χρόνια τώρα, κινείται συνεχώς ακολουθώντας ένα ορισμένο κύκλο στη φύση το λεγόμενο «Υδρολογικό Κύκλο» ή «Κύκλο του νερού».

Ο «κύκλος του νερού» εκτός από τη βιολογική του αξία, προσφέρει στον άνθρωπο-θεατή εικόνες και εμπειρίες μοναδικής ομορφιάς μέσα από τα φυσικά φαινόμενα στα οποία συμμετέχει.

Συνοπτικά μπορεί να περιγραφεί ως εξής: από τα νερά που υπάρχουν πάνω στην επιφάνεια της Γης (επιφανειακά νερά, φυτά) εξατμίζονται συνεχώς τεράστιες μάζες νερού κάτω από την επίδραση της ηλιακής θερμότητας. Οι υδρατμοί που δημιουργούνται μ' αυτό τον τρόπο συμπυκνώνονται σε σύννεφα, καθώς έρχονται σε επαφή με τα ψυχρά στρώματα της ατμόσφαιρας, προκαλώντας, έτσι την επιστροφή του νερού στη Γη υπό μορφή βροχής, χιονιού ή χαλαζιού. Ένα μέρος του νερού αυτού επανεξατμίζεται αμέσως, ενώ ένα άλλο (επιφανειακά νερά) συγκεντρώνεται σε χείμαρρους και σε ποτάμια που ρέουν σε λίμνες και από εκεί στη θάλασσα, απ' όπου επανεξατμίζεται. Ένα άλλο μέρος τέλος διηθείται στο έδαφος, όπου απορροφάται από τη βλάστηση σχηματίζοντας υπόγειους ποταμούς, σπήλαια, λίμνες, και υδροφόρους ορίζοντες που αναδύονται πάλι στην επιφάνεια ή φτάνουν απ' ευθείας στη θάλασσα.



Εικόνα 4 : Ο κύκλος του νερού.

Η μαγευτική αυτή υδάτινη διαδρομή διαμορφώνει τοπία: τροπικά δάση (κατακτητές αχανών εκτάσεων), ρυάκια, ποταμούς, καταρράκτες που διαβρώνουν τα σπλάχνα και τις πλαγιές των βουνών, λίμνες (γήινα μάτια που φλερτάρουν με τον ουρανό), χιόνι και παγετώνες (λευκές συνθέσεις αόρατου γλύπτη), κυκλοθυμικούς ωκεανούς, άλλοτε ήρεμους κι άλλοτε οργισμένους συντρόφους και τέλος σύννεφα, διαβατάρικα όνειρα, καβαλάρηδες στη ράχη τ' ουρανού [5].

3.2 Εξάτμιση

Εξάτμιση είναι η διεργασία μέσω της οποίας το νερό γίνεται από υγρό αέριο, ή αλλιώς υδρατμός, και αποτελεί το βασικό τρόπο με τον οποίο το νερό από υγρό ξαναμπαίνει στην

ατμόσφαιρα και μαζί στον υδρολογικό κύκλο. Οι ωκεανοί, οι θάλασσες, οι λίμνες και τα ποτάμια παρέχουν περίπου το 90% της υγρασίας της ατμόσφαιρας, ενώ τα φυτά, μέσω της διαπνοής παρέχουν το υπόλοιπο 10%.

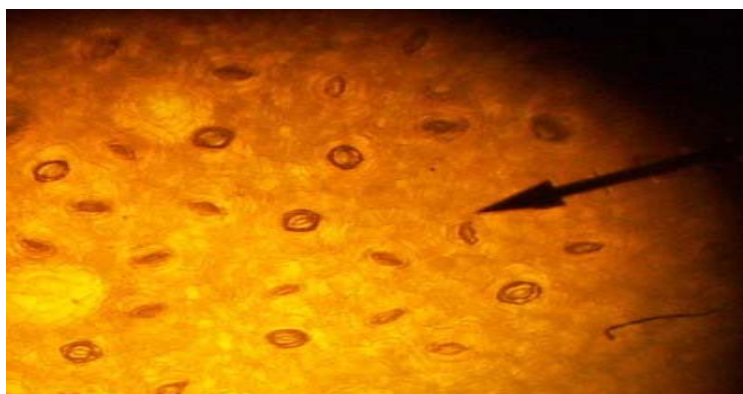
Η θερμότητα (ενέργεια), που παρέχει ο ήλιος είναι απαραίτητη για την εξάτμιση. Η ενέργεια χρησιμοποιείται για να σπάσουν οι δεσμοί που κρατούν ενωμένα τα μόρια του νερού. Όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι 100% (σε κατάσταση κορεσμού) δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εξάτμιση. Η εξάτμιση αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον, γεγονός που εξηγεί γιατί όταν εξατμίζεται νερό (ιδρώτας) από την επιδερμίδα μας δροσιζόμαστε [5].

3.2.1 Εξάτμιση και υδρολογικός κύκλος

Η εξάτμιση από τη θάλασσα είναι ο κύριος τρόπος με τον οποίο το νερό περνά στην ατμόσφαιρα. Η μεγάλη επιφάνεια των ωκεανών (πάνω από το 70% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από ωκεανούς) επιτρέπει μεγάλης κλίμακας εξάτμιση. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ποσότητα νερού που εξατμίζεται είναι ίση με τη ποσότητα του νερού που επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή κατακρημνισμάτων. Βέβαια, η κατανομή των ποσοτήτων που εξατμίζονται και ξαναπέφτουν μεταβάλλεται γεωγραφικά. Έτσι, στη θάλασσα η εξάτμιση υπερτερεί της βροχής ενώ στη στεριά συμβαίνει το αντίθετο. Το περισσότερο νερό που εξατμίζεται από τη θάλασσα, ξαναπέφτει σε αυτή και μόνο περίπου το 10% του νερού αυτού μεταφέρεται πάνω από τη στεριά και πέφτει με τη μορφή κατακρημνισμάτων. Από τη στιγμή που εξατμίζεται, ένα μόριο νερού μένει στην ατμόσφαιρα για 10 περίπου ημέρες κατά μέσο όρο [5].

3.3 Εξατμοδιαπνοή

Εξατμοδιαπνοή είναι η μεταφορά νερού στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της εξάτμισης από το έδαφος και της διαπνοής από τα φύλλα των φυτών.



Εικόνα 5 : Ανοιχτά και κλειστά στόματα φύλλου όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο με χρήση βάμματος ιωδίου.

Αν και σε πολλούς ορισμούς της εξατμοδιαπνοής υπάγεται σε αυτή και η εξάτμιση από λίμνες ή ίσως και από τη θάλασσα, εδώ η εξατμοδιαπνοή ορίζεται ως το νερό που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα ως εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και ως διαπνοή από τα φύλλα των φυτών. Το νερό αυτό μπορεί να είναι υπόγειο που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μέσω τριχοειδών εδαφικών σωληνίσκων και στα φύλλα των φυτών μέσω του τριχοειδούς αγγειακού συστήματος των φυτών.

Διαπνοή είναι η διεργασία μέσω της οποίας η υγρασία μεταφέρεται από τις ρίζες των φυτών μέχρι τους μικρούς πόρους (τα στόματα) που βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων όπου και μετατρέπεται σε υδρατμό και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η διαπνοή είναι

ουσιαστικά η εξάτμιση του νερού από τα φύλλα των φυτών. Εκτιμάται ότι περίπου 10% της υγρασίας στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τη διαπνοή των φυτών.

Η διαπνοή είναι συνήθως μια αθέατη διαδικασία – δεν είναι εύκολο να παρατηρήσουμε τα φύλλα να "ιδρώνουν" καθώς το νερό εξατμίζεται από την επιφάνειά τους. Κατά τη διάρκεια μιας εποχής ανάπτυξης ένα φύλλο μπορεί να διακινήσει μέσω διαπνοής νερό πολλαπλάσιο του βάρους του, ενώ μια μεγάλη βελανιδιά μπορεί να διαπνεύσει 150.000 λίτρα νερό το χρόνο [5].

3.4 Συμπύκνωση

Μπορεί η ατμόσφαιρα να μην είναι η μεγαλύτερη αποθήκη για το νερό, αλλά είναι η "υπερταχεία λεωφόρος" μέσω της οποίας το νερό μετακινείται σε παγκόσμια κλίμακα. Υπάρχει πάντα νερό στην ατμόσφαιρα. Τα σύννεφα είναι η πιο ορατή μορφή ατμοσφαιρικού νερού αλλά ακόμα και ο καθαρός αέρας περιέχει νερό – με τη μορφή υδρατμών που δεν είναι ορατοί. Αν όλο το νερό της ατμόσφαιρας ήταν σε υγρή μορφή τότε ο όγκος του στο σύνολο της ατμόσφαιρας, ανά πάσα στιγμή, θα ήταν περίπου 12.900 κυβικά χιλιόμετρα. Αν όλο το νερό της ατμόσφαιρας έπεφτε την ίδια στιγμή θα κάλυπτε το έδαφος με νερό σε ύψος 2,5 εκατοστών.

Η συμπύκνωση είναι η διεργασία της μετατροπής του νερού από την αέρια στην υγρή μορφή. Η συμπύκνωση είναι σημαντική για τον κύκλο του νερού, διότι επιτρέπει τον σχηματισμό των σύννεφων. Τα σύννεφα, παράγουν κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι) τα οποία είναι και ο βασικός τρόπος με τον οποίο το νερό ξαναγυρίζει στην επιφάνεια της Γης. Η συμπύκνωση είναι το αντίθετο της εξάτμισης.

Η συμπύκνωση, είναι επίσης υπεύθυνη για την ομίχλη, για το θάμπωμα των τζαμιών κατά τη διάρκεια μιας κρύας μέρας, για το νερό που στάζει από το εξωτερικό ενός ποτηριού με κρύο νερό κ.ά.

Ακόμα και στον πιο καθαρό γαλανό ουρανό το νερό είναι πάντα εκεί με τη μορφή υδρατμών. Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό σε αέρια μορφή έχει ένα ανώτατο όριο, το όριο κορεσμού, το οποίο αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Έτσι, αν προστεθούν υδρατμοί πάνω από το όριο κορεσμού, αλλά κυρίως αν ψυχθεί μια αέρια μάζα και μειωθεί το όριο κορεσμού (αυτό γίνεται συνήθως με την ανύψωση και εκτόνωση της μάζας σε μεγαλύτερα υψόμετρα όπου επικρατούν μικρότερες πιέσεις), τότε οι πλεονάζοντες υδρατμοί υγροποιούνται σχηματίζοντας σε μικροσκοπικό επίπεδο σταγονίδια ή παγοκρυστάλλους και σε μακροσκοπικό επίπεδο σύννεφα. Το σχηματισμό των σταγονιδίων ευνοεί η παρουσία στην ατμόσφαιρα στερεών μικροσκοπικών σωματιδίων σκόνης, αλάτων και καπνού, με τα οποία συνδέονται τα μόρια του νερού [5].

3.5 Κατακρήμνιση

Όπως αναφέραμε στο στάδιο της συμπύκνωσης το σχηματισμό των σταγονιδίων ευνοεί η παρουσία στην ατμόσφαιρα στερεών μικροσκοπικών σωματιδίων σκόνης, αλάτων και καπνού, με τα οποία συνδέονται τα μόρια του νερού. Ο άνεμος αναγκάζει τα μικρά σταγονίδια που υπάρχουν στα σύννεφα να συγκρούονται μεταξύ τους. Κατά τη διάρκεια των συγκρούσεων μερικά σταγονίδια θα ενωθούν με άλλα και θα γίνουν όλο και μεγαλύτερα διαμορφώνοντας μεγάλες σταγόνες. Καθώς τα σταγονίδια ενώνονται μεταξύ τους και μεγαλώνουν σε μάζα, μπορεί να βαρύνουν τόσο που τελικά να πέσουν προς τη γη. Έτσι έχουμε τη δημιουργία βροχής.

Αν στην ατμόσφαιρα επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (μικρότερες - ίσες του μηδενός) οι σταγόνες θα παγώσουν, θα δημιουργήσουν κρυστάλλους και αρχίζουν να πέφτουν προς τη γη ως χιόνι. Για να φθάσουν όμως στην επιφάνεια της γης ως χιόνι πρέπει και ο αέρας που θα συναντήσουν στη καθοδική τους πορεία να είναι επίσης κρύος.

Αν στην ατμόσφαιρα επικρατούν πολύ κακές καιρικές συνθήκες με ισχυρά ανοδικά ρεύματα αέρα και θερμοκρασίες μικρότερες του μηδενός οι σταγόνες της βροχής γίνονται παγοκρύσταλλοι και κατά την πτώση τους συγκρούονται με άλλες σταγόνες, ενώνονται με αυτές και αυξάνεται το μέγεθος τού παγοκρύσταλλου τόσο που μπορεί να γίνει σαν ένα μπιζέλι ή και μεγαλύτερο. Έτσι φθάνουν στη γη ως χαλάζι. Όσο πιο ισχυρά ρεύματα αέρα συναντήσουν, οι παγοκρύσταλλοι, τόσο πιο μεγάλο θα γίνει το τελικό τους μέγεθος.

Δεν πέφτουν οι ίδιες ποσότητες κατακρημνισμάτων παντού στο κόσμο, ούτε καν μέσα σε μια χώρα ή ακόμα και σε μια πόλη. Στην Αθήνα, για παράδειγμα, οι καλοκαιρινές καταιγίδες μπορεί να προκαλέσουν περισσότερο από 50 χιλιοστά βροχής σε κάποιες περιοχές και να αφήσουν τελείως ξηρές κάποιες άλλες, μερικά χιλιόμετρα πιο πέρα. Μερικές περιοχές στην Ήπειρο (Βορειοδυτική Ελλάδα) δέχονται περισσότερη βροχή κατά τη διάρκεια ενός μήνα από ότι η Αθήνα σε έναν ολόκληρο χρόνο. Το παγκόσμιο ρεκόρ της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ανήκει στο όρος Waialeale της Χαβάης, όπου πέφτουν 11.400 χιλιοστά (11,4 μέτρα) βροχής κατά μέσο όρο το χρόνο. Αντίθετα, στο Arica της Χιλής, μέχρι πρόσφατα, είχε να βρέξει για 14 χρόνια [5].

3.6 Διείσδυση – διήθηση του νερού στο έδαφος – απορροή

Το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει αποκλειστικά μέσα στους ποταμούς. Παντού στον κόσμο, τμήμα του νερού που πέφτει ως βροχή ή χιόνι διαπερνούν το έδαφος με τη λειτουργία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Αυτό βρίσκεται και κινείται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το νερό αυτό εδώ και χιλιάδες χρόνια και συνεχίζουν και σήμερα να το χρησιμοποιούν κυρίως για ύδρευση και άρδευση. Η ζωή στη Γη βασίζεται στο υπόγειο νερό όπως και στο επιφανειακό. Μέρος του υπόγειου νερού μπορεί να ξαναβρεί το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (και τους ωκεανούς) ως εκφόρτιση υπόγειου νερού. Όταν βρίσκει διόδους προς της επιφάνεια της γης εμφανίζεται με τη μορφή πηγών. Ένα άλλο μέρος του υπόγειου νερού πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αν οι υδροφορείς είναι κοντά στην επιφάνεια και αρκετά πορώδεις, ώστε να επιτρέπουν τη γρήγορη κίνηση του νερού, μπορεί να φτιαχτούν πηγάδια και να αντληθεί νερό για διάφορες ανάγκες. Ακόμα και το νερό αυτό όμως συνεχίζει να κινείται και με τη πάροδο του χρόνου μέρος του ξαναμπαίνει στους ωκεανούς όπου ο κύκλος του νερού "τελειώνει" ... και "ξεκινάει".

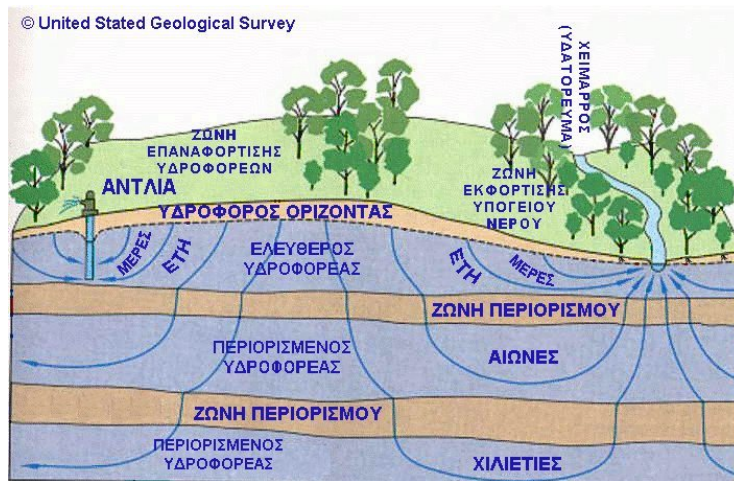
Η φωτογραφία δείχνει ένα απλό πείραμα που μπορεί να κάνει κανείς σε μια παραλία εύκολα (αν και ίσως του πάρει μια ώρα κάτω απ' τον καυτό ήλιο), σκάβοντας μια τρύπα στην άμμο. Είναι ένας παραστατικός τρόπος να παρουσιάσει κανείς το πως μετά από ένα συγκεκριμένο βάθος, το έδαφος, αν είναι αρκετά πορώδες ώστε να κρατά νερό, είναι κορεσμένο με νερό. Η επιφάνεια της λιμνούλας με το νερό μέσα στη τρύπα είναι ο υδροφόρος ορίζοντας, που στη περίπτωση αυτή είναι η προέκταση της επιφάνειας της θάλασσας. Μια και εδώ η στάθμη της θάλασσας αλλάζει λόγω της παλίρροιας, η στάθμη του νερού στη τρύπα ανεβοκατεβαίνει μαζί της. Αν υποθέσουμε ότι με ένα δοχείο προσπαθούσαμε να αδειάσουμε νερό από την τρύπα, αυτή θα ξαναγέμιζε σχεδόν αμέσως γιατί η άμμος είναι πολύ υδροπερατή, δηλαδή το νερό ρέει εύκολα μέσα στα κενά της.



Εικόνα 6 : Παραδοσιακοί τρόποι άντλησης νερού (Πηγάδι, Χειροκίνητη Αντλία) [3].

Έτσι λοιπόν, η τρύπα μοιάζει με πηγάδι που δίνει πρόσβαση στο υπόγειο γλυκό νερό. Τα πηγάδια παλιότερα ήταν μικρού βάθους και για να βγάλουν νερό από αυτά χρησιμοποιούσαν κουβάδες. Σήμερα, η τεχνολογία επιτρέπει το άνοιγμα πηγαδιών, ακριβέστερα γεωτρήσεων, σε πολύ μεγαλύτερα βάθη, π.χ. εκατοντάδων μέτρων, που φτάνουν στα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα. Η βασική ιδέα είναι όμως η ίδια με τη τρύπα στην άμμο (πρόσβαση σε νερό στην κορεσμένη ζώνη όπου οι πόροι των πετρωμάτων είναι γεμάτοι με νερό).

Η εδαφική ζώνη έχει κενά που δημιουργούνται από τις ρίζες των φυτών, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διηθηθεί. Το νερό στην ανώτερη αυτή ζώνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά (ακόρεστη ζώνη). Κάτω από την ακόρεστη ζώνη βρίσκεται η κορεσμένη, στην οποία το νερό γεμίζει όλους τους πόρους του εδάφους.



Εικόνα 7 : Κατεύθυνση του υπόγειου νερού η οποία καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων και των στρωμάτων περιορισμού.

Ο χώρος αποθήκευσης του υπόγειου νερού αποδίδεται με τον όρο "υδροφορέας". Οι υδροφορείς ή τα υδροφόρα στρώματα, είναι τεράστιες αποθήκες νερού της Γης και η ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο εξαρτάται καθημερινά από αυτούς.

Όπως δείχνει το διάγραμμα, η κατεύθυνση και η ταχύτητα του υπόγειου νερού καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων και των στρωμάτων περιορισμού (υπεδάφια στρώματα, τα οποία διαπερνά το νερό πολύ δύσκολα ή σχεδόν καθόλου). Η υπόγεια κίνηση του νερού εξαρτάται από τη διαπερατότητα (πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι στο νερό να κινηθεί) και από το πορώδες των στρώσεων (την ποσότητα των κενών μέσα στο υλικό). Αν το υπεδάφιο στρώμα επιτρέπει στο νερό να κινείται σχετικά γρήγορα, αυτό μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις στη διάρκεια μερικών ημερών. Μπορεί όμως επίσης να

βυθιστεί προς βαθιούς υδροφορείς και να κάνει χιλιάδες χρόνια μέχρι να ξαναβγεί στην επιφάνεια.

Όταν ένας υδροφορέας γεμίζει τόσο ώστε το νερό να υπερχειλίσει προς την επιφάνεια του εδάφους, δημιουργούνται πηγές. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από μικρές πηγές που ενεργοποιούνται μόνο μετά από δυνατές βροχές, μέχρι τεράστιες πηγές που λειτουργούν σε μόνιμη βάση και βγάζουν χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού ανά ημέρα [5].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΝΕΡΟΥ

4.1 Φυσικό νερό

Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών κ.λ.π.) 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.

Το νερό της βροχής διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), λίγο οξυγόνο και άζωτο, συμπαρασύρει σκόνη, αιθάλη και άλλες αιωρούμενες ουσίες. Φτάνει στη γη ως αραιότατο οξύ, λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο αυτόν, το φυσικό νερό διαλύει τα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και τα μετατρέπει σε ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα των στοιχείων [6].

4.2 Γλυκό νερό

Με το όρο γλυκό ύδωρ χαρακτηρίζεται σε αντίθεση προς τη θάλασσα κάθε υδάτινη έκταση με γλυκό νερό π.χ. λίμνες, ποταμοί. Για την περίπτωση αυτή έχει ορισθεί ειδική γραμμή φόρτωσης πλοίου (μέγιστου δυνατού φορτίου) που ονομάζεται γραμμή φόρτωσης γλυκών υδάτων (fresh water line). Επίσης στα πλοία, χαρακτηρίζεται γλυκό νερό το νερό που τοποθετείται στις δεξαμενές γλυκού ύδατος (fresh water tanks) για διάφορες χρήσεις [6].

4.3 Βαρύ νερό

Εκτός από το συνηθισμένο νερό (H_2O), που είναι το οξείδιο του πρώτου (H), έχουμε και το βαρύ νερό, που είναι το οξείδιο του δεύτερου (D_2O), καθώς και το υπέρβαρο νερό, που είναι το οξείδιο του τρίτου (T_2O). Βρέθηκε ότι στο φυσικό νερό περιέχεται το D_2O (βαρύ νερό) σε ποσότητα 1:6.000 περίπου. Καθαρό D_2O παρασκευάζεται με εξαντλητική ηλεκτρόλυση υδατικών διαλυμάτων αλκαλίων, γιατί ηλεκτρολύεται κατά προτίμηση το κοινό νερό και συνεπώς, τα υπολείμματα της ηλεκτρόλυσης του νερού εμπλουτίζονται σε βαρύ νερό [6].

4.4 Σκληρό νερό

Όλα σχεδόν τα πόσιμα νερά περιέχουν, εκτός από τα όξινα ανθρακικά άλατα, και άλλα που διαλύονται στο νερό, όταν αυτό τα συναντά στο έδαφος, όπως χλωριούχο νάτριο ($NaCl$), θειικό ασβέστιο ($CaSO_4$), θειικό μαγνήσιο ($MgSO_4$) κ.λ.π. Όταν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα διαλυμένων αλάτων, λέγεται σκληρό νερό.

Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την πλύση με σαπούνι, γιατί σχηματίζονται σ' αυτό αδιάλυτοι σάπωνες ασβεστίου και μαγνησίου, δηλ. ελαϊκά, παλμιτικά και στεατικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου που δεν έχουν καμία απορρυπαντική ικανότητα και επιπλέον δε σχηματίζεται καθόλου αφρός σαπουνιού. Το σκληρό νερό προκαλεί διάφορες σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις στους ατμολέβητες και αφήνει μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί) [6-7].

4.5 Ιαματικές πηγές

Το νερό της βροχής μερικές φορές διεισδύει μέσα στο έδαφος και γίνεται θερμότερο, γι' αυτόν το λόγο διαλύει περισσότερες στερεές ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Το νερό αυτό βγαίνει στην επιφάνεια και σχηματίζει πηγές που λέγονται "θερμές πηγές" ή "μεταλλικές" ή "ιαματικές".

Ανάλογα με τις ουσίες που είναι διαλυμένες στο νερό, οι θερμές πηγές διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως σε "οξυανθρακικές" (Νιγρίτα, Σουρωτή), που περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα, "θειούχες" (Λαγκαδάς, Σέδες, Σιδηρόκαστρο), που περιέχουν υδρόθειο και άλλα θειούχα άλατα, "αλκαλικές" (Λουτράκι, Αιδηψός), που περιέχουν όξινο ανθρακικό νάτριο ή λίθιο, "πικρές", που περιέχουν θειϊκό μαγνήσιο, θειϊκό νάτριο, "σιδηρούχες" και

τέλος "ραδιενεργές", λόγω των ραδιενεργών αερίων που περιέχουν. Οι Ιαματικές πηγές εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην πόλη Σπα του Βελγίου [6].

4.6 Κρυσταλλικό νερό

Μερικές φορές το νερό προσκολλάται σε διάφορες χημικές ουσίες και σχηματίζει μ' αυτές ένυδρες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, όπως είναι ο ένυδρος θειικός χαλκός, ο γύψος, το θειικό ασβέστιο κ.ά. Το νερό αυτό ονομάζεται "κρυσταλλικό νερό" [6].

4.7 Καθαρό νερό

Η ποσότητα του καθαρού νερού στο πλανήτη μας είναι πολύ μικρή και η διατήρησή του είναι ζωτικής σημασίας. Το καθαρό νερό μειώνεται διότι χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και μετά τη χρήση του είναι απόβλητο που περιέχει διάφορες επικίνδυνες χημικές ουσίες. Ρυπαίνεται από τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα και όλες εν γένει τις δραστηριότητες στο πλανήτη μας που συνδέονται με την αυξημένη ζήτηση καθαρού νερού.

Η Πράσινη Χημεία προστατεύει το καθαρό νερό με το σχεδιασμό μεθόδων παραγωγής που δεν χρησιμοποιούν το νερό ή άλλους επικίνδυνους διαλύτες ή δεν παράγουν επικίνδυνες και τοξικές ενώσεις που μπορούν να εισέλθουν στο υδρολογικό κύκλο [8].

4.8 Μεταλλικό νερό

Ονομάζεται φυσικό, αφού είναι το μόνο που δεν υποβάλλεται σε επεξεργασία και διατίθεται όπως ακριβώς το παρέχει η φύση. Η πορεία που ακολουθεί μέχρι να εμφιαλωθεί είναι ολοκληρωτικά φυσική. Απορροφάται από τη γη και περνά μέσα από διαδοχικά υποστρώματα του εδάφους, όπου εμπλουτίζεται με ανόργανα μεταλλικά στοιχεία και ιχνοστοιχεία, ενώ υποβάλλεται σε φυσικό φιλτράρισμα μέχρι να φτάσει στο σημείο από το οποίο αντλείται ή αναβλύζει. Επιπλέον η σύστασή του είναι ελεγμένη και σταθερή στην διάρκεια του χρόνου. Έτσι εξασφαλίζεται η άριστη ποιότητα του. Ονομάζεται Φυσικό Μεταλλικό Νερό γιατί πέρα από το ότι είναι το μόνο ουσιαστικά νερό όπως μας το δίνει η φύση, περιέχει πολύτιμα μεταλλικά στοιχεία και ιχνοστοιχεία, απαραίτητα για την καλή φυσική κατάσταση του ανθρώπου [39].

4.9 Επιτραπέζιο νερό

Είναι το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών είτε ύστερα από επεξεργασία είτε όχι. Μπορεί να έχει βρεθεί στην επιφάνεια ή να έχει υπόγεια προέλευση και επιτρέπεται να υποβληθεί σε διάφορες διεργασίες απολύμανσης ώστε να είναι μικροβιολογικά αποδεκτό. Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος απολύμανσης πρέπει να αναγράφεται στη ετικέτα [40].

4.10 Πόσιμο νερό

Πόσιμο νερό χαρακτηρίζεται το νερό που είναι καθαρό από φυσική, χημική, βιολογική και μικροβιολογική άποψη και μπορεί να καταναλώνεται χωρίς να κινδυνεύει η υγεία του ανθρώπου. Δεν πρέπει να έχει μεγάλη σκληρότητα γιατί αυτή προκαλεί δυσκολίες στην καθημερινή αλλά και τη βιομηχανική του χρήση. Δεν πρέπει να περιέχει μεγάλη ποσότητα οργανικών ουσιών, βαρέων μετάλλων ούτε και παθογόνα παράσιτα ή μικρόβια. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο, δροσερό (θερμοκρασίας 7 - 11 βαθμών Κελσίου).

Πρέπει να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 γραμ. στο λίτρο), γιατί το καθαρό νερό χωρίς διαλυμένα άλατα είναι βλαβερό για τον οργανισμό, εξαιτίας της μεγάλης διαπιδυτότητας των κυττάρων. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο τα θαλασσινά ψάρια πεθαίνουν όταν μεταφερθούν σε γλυκό νερό και ψάρια του γλυκού νερού πεθαίνουν αμέσως μόλις τοποθετηθούν μέσα σε απεσταγμένο νερό, γιατί καταστρέφονται τα ερυθρά αιμοσφαίρια

(αιμόλυση). Το πόσιμο νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ελάχιστα ίχνη οργανικών ουσιών, καθώς και ίχνη φυτικών μικροοργανισμών [10].

4.10.1 Προέλευση πόσιμου νερού

Το πόσιμο νερό μπορεί να προέλθει από διάφορες πηγές. Πρώτον, μπορεί να αντληθεί από το έδαφος στα πηγάδια. Αυτά τα υπόγεια νερά στη συνέχεια καθαρίζονται ώστε να μην περιέχουν άλλους μολυσματικούς παράγοντες και να είναι κατάλληλα για πόση.

Το πόσιμο νερό μπορεί επίσης να προέλθει απευθείας από τους υδάτινους πόρους επιφάνειας, όπως οι ποταμοί, οι λίμνες και τα ρεύματα. Συνήθως το νερό επιφάνειας πρέπει να υποβληθεί σε πολύ περισσότερα βήματα καθαρισμού από τα υπόγεια νερά για να γίνει κατάλληλο για πόση. Για το λόγο αυτό ο καθαρισμός του νερού που προέρχεται από τα νερά επιφάνειας είναι πιο δαπανηρός. Ακόμα το 66% όλων των ανθρώπων εξυπηρετούνται από σύστημα υδροδότησης που χρησιμοποιεί το νερό επιφάνειας [8].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΡΥΠΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ

5.1 Ρύπανση υδάτων

Με τον όρο ρύπανση υδάτων εννοούμε οποιαδήποτε μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού (θαλασσών, ποταμών, λιμνών), λόγω της παρουσίας σε αυτό ουσιών σε ποσότητα που υπερβαίνει τα φυσιολογικά όρια. Η μεταβολή αυτή μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, σε άλλους ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς και γενικότερα να διαταράξει την ισορροπία των οικοσυστημάτων σε μικρή ή μεγάλη γεωγραφική κλίμακα.

Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες ουσιών οι οποίες είτε διαλύονται, είτε κατακάθονται στον πυθμένα. Οι ρύποι αυτοί είναι πάρα πολλοί και αυτό γιατί στο υδάτινο ορίζοντα καταλήγουν και οι ρύποι από την ρύπανση της ατμόσφαιρας και του εδάφους μέσω των βροχών και της απορροής.

Με την απελευθέρωση στο νερό ενέργειας υπό την μορφή θερμότητας ή ραδιενέργειας δημιουργείται η θερμική ρύπανση των υδάτων η οποία προκαλεί άνοδο στην θερμοκρασία του νερού. Ρύπανση των υδάτων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί από μικροοργανισμούς των οικιακών αποβλήτων, από οργανικές ουσίες όπως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του και από τοξικά μέταλλα.

Ο άνθρωπος απαιτεί πόσιμο γλυκό νερό για να επιβιώσει, γι' αυτό και σε όλη την περίοδο της εξέλιξης του ζούσε κοντά σε ποταμούς και λίμνες. Το νερό σαν τροφή και σαν πρώτη ύλη είναι τόσο στενά δεμένο με τη ζωή, ώστε να μπορεί να περιγράψει την ανθρώπινη πολιτιστική εξέλιξη.

Η βιομηχανική ανάπτυξη άρχισε με όλο και μεγαλύτερη απαίτηση για ενέργεια, πηγή της οποίας υπήρξε και το νερό. Βιομηχανικές διεργασίες, όπως η ψύξη και η πλύση, απαιτούσαν συνεχώς μεγαλύτερες ποσότητες νερού, ενώ ο αυξανόμενος πληθυσμός, ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις, χρειαζόταν άφθονο, καθαρό και υγιεινό νερό. Η βιομηχανική χρήση του νερού για ψύξη καταλήγει στη θερμική ρύπανση του νερού. Κατά τη θερμική ρύπανση, μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό, αυξάνεται η τοξικότητα των χημικών ρυπαντών, επιταχύνεται ο ρυθμός των φυσιολογικών λειτουργιών στους οργανισμούς και συχνά καταλήγουν στο θάνατο.

Σοβαρότερη, όμως υπήρξε η χημική ρύπανση του νερού από βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα και γεωργικές απορροές. Και από τότε, ζούμε στην εποχή του αλλοιωμένου, ρυπασμένου περιβάλλοντος [11].

5.2 Πηγές Ρύπανσης

Υπάρχουν δύο ειδών πηγές ρύπανσης, οι σημειακές και οι μη σημειακές. Σημειακές πηγές ρύπανσης χαρακτηρίζονται όλες οι πηγές που εκβάλλουν ρύπους σε εντοπισμένα σημεία. Αυτά είναι τα άκρα αγωγών, τάφρων ή αποχετευτικών δικτύων που καταλήγουν σε υδάτινους αποδέκτες. Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι βιομηχανικές μονάδες, οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που απομακρύνουν μέρος των ρύπων, ενεργά η εγκαταλελειμμένα ορυχεία, πετρελαιοπηγές και τάνκερς. Επειδή βρίσκονται σε συγκεκριμένο μέρος, συνήθως σε αστικές περιοχές, είναι σχετικά εύκολος ο εντοπισμός τους και κατά συνέπεια η παρακολούθησή τους.

Μη σημειακές πηγές ρύπανσης είναι πηγές οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν σε κανένα ειδικό σημείο απορροής. Είναι συνήθως μεγάλες περιοχές που ρυπαίνουν το νερό με επιφανειακή απορροή, υπεδάφια ροή ή απόθεση στην ατμόσφαιρα. Τέτοιες είναι, για παράδειγμα, οι απορροές χημικών στα επιφανειακά νερά και η διαρροή τους στο έδαφος μέσα από χωράφια, υλοτομημένα δάση, ζωοτροφές, δρόμους, αποχετεύσεις κ.ά. Εκτιμάται ότι σε χώρες με αγροτική παραγωγή η γεωργική ρύπανση, υπό τη μορφή στερεών αποθέσεων, ανόργανων λιπασμάτων, κοπριάς, αλάτων διαλυμένων στο νερό άρδευσης και παρασιτοκτόνων, είναι υπεύθυνη για πάνω από το 60% των συνολικών ρύπων που φτάνουν

σε ποτάμια και λίμνες. Ο έλεγχος της ρύπανσης αυτού του τύπου είναι πολύ δυσχερής, επειδή είναι δύσκολο να εντοπιστούν οι τόσο διαφορετικές και διεσπαρμένες πηγές ρύπανσης [11].

5.3 Ποιότητα υδατικών πόρων και διαχρονικές μεταβολές της

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η φυσική ποιότητα των υδατικών πόρων μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού. Οι περισσότερες περιπτώσεις ρύπανσης αναπτύχθηκαν βαθμιαία μέχρις ότου έγιναν φανερές και μετρήσιμες. Χρειάστηκε πολύς χρόνος μέχρι να φτάσει ο άνθρωπος στην αναγνώριση των προβλημάτων ρύπανσης και ακόμα περισσότερος για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και οι έλεγχοι. Στα μέσα του εικοστού αιώνα και ταυτόχρονα με τη μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη, εμφανίστηκε στα μεγάλα ποτάμια της Ευρώπης και Β. Αμερικής, το πρόβλημα της σοβαρής εποχιακής μείωσης του οξυγόνου, το οποίο οφειλόταν στην υπερφόρτωση των ποταμών με αποικοδομούμενα οργανικά λύματα αστικής και βιομηχανικής προέλευσης. Το γεγονός αυτό προκάλεσε γενική υποβάθμιση της ποιότητας των νερών τους. Το πρόβλημα αυτό ακολούθησαν και άλλα διαφορετικής μορφής, έκτασης και έντασης ποιοτικά προβλήματα (ευτροφισμός, συσσώρευση βαρέων μετάλλων και οργανικών μικρορύπων, όξυνση και τέλος αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών).

Η υπερφόρτιση των υδατορευμάτων με βιοαποικοδομήσιμα οργανικά απόβλητα από τους παρόχθιους οικισμούς και βιομηχανίες αντιμετωπίστηκε με την εγκατάσταση βιολογικών σταθμών επεξεργασίας και το αποτέλεσμα ήταν η βαθμιαία αποκατάσταση της ποιότητας του νερού των ποταμών. Παράλληλα όμως εμφανίστηκε το πρόβλημα του ευτροφισμού, που οφείλεται στις εισροές κυρίως φωσφόρου και αζώτου. Ο έλεγχος του ευτροφισμού επιτεύχθηκε με την μείωση του φωσφορου, ενός από τα βασικά θρεπτικά συστατικά, αν και η αποκατάσταση των λιμνών και ταμιευτήρων γίνεται βραδέως και για την πλήρη αποκατάσταση τους απαιτείται αρκετός χρόνος.

Στη δεκαετία του 1970 νέα προβλήματα εμφανίζονται από τη βαθμιαία αύξηση των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και στο νερό των ποταμών και λιμνών. Η βιοσυσσώρευση στα ψάρια είχε σαν αποτέλεσμα την ανάγκη επέμβασης στις πηγές τους, ιδιαίτερα των πιο επιβλαβών μετάλλων, όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος. Την ίδια περίοδο η ρύπανση του περιβάλλοντος εισέρχεται σε μια νέα φάση από την παραγωγή και χρήση πολλών συνθετικών ουσιών. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν αυτές παντού σήμερα στα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων άρχισαν να μελετούνται εντατικά και η έρευνα για τον έλεγχο, μείωση ή περιορισμό τους αποτελούν την κύρια προσπάθεια των επόμενων ετών.

Άλλα προβλήματα που εμφανίστηκαν αυτή την περίοδο είναι η ατμοσφαιρική μεταφορά των αερίων ρύπων από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων, η όξυνση των λιμνών και των ποταμών και η μεταφορά των ρύπων αυτών στα υπόγεια νερά. Από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του ογδόντα παρατηρήθηκε ότι τα νιτρικά στα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια. Η αιτία είναι η εκτεταμένη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων και των στερεών αποβλήτων (ζώων και λάσπης βιολογικών σταθμών).

Τα τελευταία χρόνια τα περιβαλλοντικά προβλήματα επεκτείνονται σε παγκόσμια κλίμακα. Στα προβλήματα αυτά περιλαμβάνονται η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου από την αύξηση των εκπομπών κυρίως του CO₂, η αύξηση του επιπέδου της θάλασσας από το λιώσιμο των πάγων των πόλων, οι μεγάλες και καταστροφικές πλημμύρες λόγω της αύξησης της ραγδαιότητας των βροχών, και η ερημοποίηση νέων εκτάσεων λόγω των κλιματικών αλλαγών.

Από την ανασκόπηση αυτή γίνεται φανερό ότι τα προβλήματα παθογένειας, ελλείμματος οξυγόνου, ευτροφισμού και βαρέων μετάλλων με την έρευνα και την ανάπτυξη τεχνικών είναι υπό έλεγχο. Τα προβλήματα όμως των νιτρικών, των συνθετικών οργανικών ουσιών,

της όξυνσης απαιτούν μία νέα και διαφορετική διαχείριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδατικών πόρων της. Όμως η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα «παραδοσιακά» προβλήματα ρύπανσης.

Η ρύπανση και η μόλυνση των υδατικών πόρων απασχολεί επί δεκαετίες τη διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σ' όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη.

Αυτοί οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν από τον Ο.Η.Ε. και το 1975, στα πλαίσια του προγράμματός του για το περιβάλλον (UNEP), ιδρύθηκε το Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας (GEMS). Πολλά διεθνή προγράμματα ελέγχου εφαρμόστηκαν από την UNEP, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), τον Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού (UNESCO) και άλλους διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ποιότητα και τη συμφωνία των στοιχείων που λαμβάνονται (ίδιες μεθοδολογίες μέτρησης), γεγονός που αυξάνει την αξία και την εγκυρότητα των μετρήσεων, έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να καταστούν χρήσιμα δεδομένα για την εκτίμηση της κατάστασης του περιβάλλοντος.

Παρόμοια δράση ανέλαβε η ΕΟΚ (1977), θεσπίζοντας κοινή διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών νερών. Η απόφαση έχει τροποποιηθεί το 1986. Οι τρεις βασικοί στόχοι της απόφασης είναι:

1) Να χαρακτηριστεί ο βαθμός ρύπανσης των ποταμών της Κοινότητας και να χαραχθούν κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο της ρύπανσης και των οχλήσεων. 2) Να παρακολουθούνται οι μακροπρόθεσμες τάσεις και οι βελτιώσεις που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. 3) Να καταστεί δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που διενεργούνται στους σταθμούς δειγματοληψίας ή μετρήσεων.

Τα κράτη μέλη μετρούν 19 συγκεκριμένες φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές και βιολογικές παραμέτρους σε 126 σταθμούς, που βρίσκονται κυρίως στους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης και διαβιβάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων στην Επιτροπή, κάθε χρόνο. Η Ελλάδα άρχισε να αναφέρει δεδομένα το 1982 από 6 σταθμούς. Οι παράμετροι αυτές είναι:

α)Φυσικές: Παροχή, Θερμοκρασία, pH και Αγωγιμότητα

β)Χημικές: Χλωριόντα, Νιτρικά, Αμμώνιο, Διαλυμένο οξυγόνο, BOD, COD, Ολικός φωσφόρος, Τασιενεργές ουσίες, Ολικό Κάδμιο και Υδράργυρος.

γ)Μικροβιολογικές: Κολοβακτηρίδια κοπράνων, Ολικά κολοβακτηρίδια, Στρεπτόκοκκοι κοπράνων και Σαλμονέλα.

δ)Βιολογικές: Βιολογικοί δείκτες.

Η Επιτροπή δημοσιεύει συγκεντρωτική έκθεση των δεδομένων αυτών κάθε τρία χρόνια. Η αξιολόγηση των χρονικών τάσεων των μετρούμενων παραμέτρων βασίζεται στις μέσες ετήσιες τιμές. Η από το 1971 εφαρμογή του προγράμματος εκτέλεσης ελέγχου ποιότητας

αρδευτικών υδάτων από το Υπουργείο Γεωργίας, έχει δημιουργήσει ένα σημαντικό αρχείο στοιχείων ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών της χώρας.

Η μελέτη της ποιότητας του νερού των υδατορευμάτων έχει απασχολήσει πολλούς ξένους και έλληνες επιστήμονες από το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου και μετά, οπότε εμφανίστηκαν και τα πρώτα προβλήματα ρύπανσης. Ιδιαίτερα όμως κατά την τελευταία τριακονταετία και επειδή τα προβλήματα αυτά συνεχώς εντείνονται ή αλλάζουν μορφή και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης αυξάνεται, το ζήτημα δεν περιορίζεται στα πλαίσια της επιστημονικής έρευνας, αλλά έγινε υπόθεση εθνική και διεθνής και η έρευνα βρίσκεται στην υπηρεσία διεθνών και εθνικών οργανισμών και φορέων θεσμοθέτησης, διαχείρισης και ελέγχου των υδατικών πόρων [6].

5.4 Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού). Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρώπινη επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση της γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές, μεταλλεία και αγροτικές περιοχές.

Το νερό, είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς ουσιών μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διαμέσου της ακόρεστης ζώνης κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς, όπου διακλαδίζεται προς διάφορες διευθύνσεις ανάλογα με τις συνθήκες ροής που επικρατούν στον υδροφορέα. Το ρυπασμένο νερό ακολουθεί τις καθορισμένες διαδικασίες κίνησης του υπόγειου νερού.

Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στο υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα). Η ταφή των στερεών αποβλήτων (χωματερές από σκουπίδια οικισμών και στερεών αποβλήτων βιομηχανιών) μπορεί να αποτελέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των αποβλήτων. Τα εκπλύματα (leachates) αποτελούνται από το νερό που κατά την κίνησή του δια μέσου της μάζας των στερεών αποβλήτων εμπλουτίζεται με ρύπους και τα παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις.

Η άρδευση σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού.

Στα διαπερατά εδάφη, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θεικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μία σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά. Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα.

Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά διαμέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτερη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξησή τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων.

Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών από τα έντομα (εντομοκτόνα), μύκητες (μυκητοκτόνα) και βακτήρια (βακτηριοκτόνα) και την καταπολέμηση των ζιζανίων (ζιζανιοκτόνα) αποτελούν σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών. Παρ' ότι οι οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σαν φυτοφάρμακα είναι ταχείας αποικοδόμησης, σημαντικές ποσότητες αυτών και των προϊόντων της διάσπασής τους έχουν καταγραφεί στα υπόγεια νερά. Σημαντικό ρόλο για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος.

Οι πιο σπουδαίοι μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και διάφορα άλλα παράσιτα. Τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς του υπόγειου νερού είναι ο τύφος, η χολέρα και η ηπατίτιδα. Οι πηγές των μικροοργανισμών είναι τα ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα.

Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών, τις εκπλύσεις από τους σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση. Τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά (non-aqueous phase liquids NAPLs), είναι ρύποι, που η παρουσία τους στην ακόρεστη ζώνη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Τα υγρά αυτά εμφανίζουν μία χωριστή υγρά φάση στο υδάτινο περιβάλλον. Γενικά τα NAPLs είναι υγρά τα οποία έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη ή μικρότερη από του νερού. Διακρίνονται σε LNAPLs που είναι τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά με πυκνότητα μικρότερη από το νερό και σε DNAPLs που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη από το νερό. Παράδειγμα ελαφρότερων από το νερό είναι τα υγρά καύσιμα των υδρογονανθράκων, όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης, η κηροζίνη. Στα DNAPLs περιλαμβάνονται οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες όπως οι τετραχλωράνθρακες, το 1,1,1 τριχλωροαιθάνιο, οι χλωροφαινόλες, τα χλωροβενζόλια, τα τετραχλωροαιθυλένια και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

Η σημασία των NAPLs στα υπόγεια νερά οφείλεται στην εμμονή τους κάτω από το έδαφος και την ικανότητα που έχουν να ρυπαίνουν μεγάλους όγκους νερού λόγω της μικρής δυνατότητας απομάκρυνσής του. Η μετακίνηση των ουσιών αυτών στο έδαφος εξαρτάται από την ποσότητα που ελευθερώνεται στο έδαφος, τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και τη δομή του εδάφους δια μέσου του οποίου μετακινούνται. Η μεταβολή της υδραυλικής ισορροπίας λόγω της άντλησης και υπεράντλησης των υπόγειων νερών είναι η αιτία για την εισροή νερών χαμηλής ποιότητας, υφάλμυρων ή εμπλουτισμένων με ιχνοστοιχεία και βαριά μέταλλα από διπλανούς, επάλληλους υδροφορείς και από τη θάλασσα. Είναι η αιτία της υφαλμύρωσης των παραθαλάσσιων υδροφορέων.

Η εκτίμηση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και της επικινδυνότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων που περιγράφουν τη μεταφορά μάζας, τους μετασχηματισμούς και τις αλληλοεπιδράσεις με τα στερεά του εδάφους στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη. Λόγω της πληθώρας δεδομένων που απαιτούνται για την εφαρμογή των μοντέλων αυτών, την τελευταία δεκαετία, αναπτύσσονται απλοποιημένες διαδικασίες εκτίμησης της πιθανότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών που μπορούν να εφαρμοστούν σε

μεγάλη χωρική κλίμακα και για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Απλά μοντέλα δείκτες που χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία για τον προσδιορισμό των ευπρόσβλητων περιοχών των υπόγειων νερών είναι το DRASTIC, οι παράγοντες εξασθένισης και επιβράδυνσης (AF, Rf) και ο δείκτης έκπλυσης (LI). Με τους δείκτες αυτούς μπορούν να παραχθούν χάρτες ευπρόσβλητικότητας των υπόγειων νερών που αποτελούν τη βάση για τη διαχείριση χρήσεων γης και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι επέκτασης της υποβάθμισης των υπόγειων νερών [6].

5.5 Ρύπανση επιφανειακών υδάτων στην Ελλάδα

Τα επιφανειακά ύδατα της χώρας μας, λίμνες και ποτάμια παρουσιάζουν έντονη ανομοιομορφία ως προς τα επίπεδα ρύπανσης. Όσα έχουν την «ατυχία» να δέχονται τις απορροές των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, κυρίως από τη βιομηχανία και τη γεωργία, αλλά και τα αστικά απόβλητα, παρουσιάζουν χαμηλή ποιότητα υδάτων. Αντίθετα τα επιφανειακά νερά στην περιοχή της Πίνδου, αλλά και σε ολόκληρη την Ήπειρο εκτός από τις παράκτιες περιοχές θεωρούνται τα καθαρότερα στην Ευρώπη.

Η βασική αιτία για τη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων δεν είναι η έλλειψη νομοθεσίας όσο η έλλειψη ελέγχου για την τήρησή της. Επιπλέον η τοπική αυτοδιοίκηση που είναι υπεύθυνη γι' αυτούς τους ελέγχους είναι ευάλωτη σε πιέσεις από την τοπική κοινωνία. Έτσι έχουμε φαινόμενα σαν αυτό στη λίμνη Κορώνεια, όπου και πάλι δεκάδες πτηνά βρέθηκαν νεκρά τις προηγούμενες ημέρες. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη λίμνη συνεχίζουν να «πέφτουν» χωρίς επεξεργασία τα αστικά λύματα από τον Δήμο του Λαγκαδά (περίπου 10.000 κάτοικοι), καθώς ο βιολογικός καθαρισμός που έχει φτιαχτεί, εδώ και δέκα χρόνια δεν λειτουργεί.

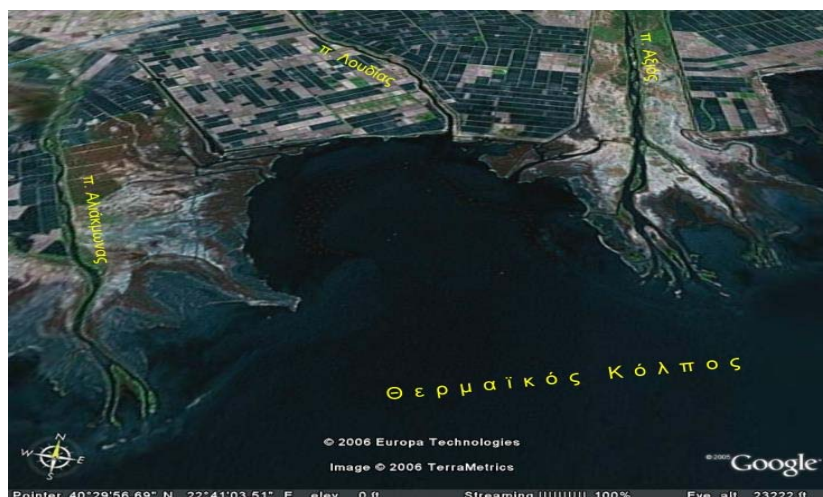
Τις υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών παρουσιάζουν τα ποτάμια που διασχίζουν και άλλα κράτη, όπως ο Νέστος, ο Έβρος και ο Αξιός. Επίσης υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρούνται σε περιοχές με έντονες καλλιεργητικές δραστηριότητες, όπως η πεδιάδα της Θεσσαλίας με τον ποταμό Πηνειό, η πεδιάδα των Σερρών (Στρυμόνας) και της Απολλωνίας (Αξιός). Υψηλές τιμές φωσφόρου παρουσιάζονται στον Έβρο, τον Αξιό και από τις λίμνες σε αυτές των Πετρών, της Χειμαδίτιδας και Ζάζαρη και στις λίμνες Κορώνεια και Ιωαννίνων. Υψηλές τιμές φωσφόρου, όπως είναι γνωστό δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη και την επιτάχυνση του φαινομένου του ευτροφισμού.



Εικόνα 8 : Ποταμός Ιάρδανος, Ηλεία
Ευτροφικά στοιχεία.
Σ' αυτόν πέφτουν και τ' απόβλητα από το βιολογικό καθαρισμό του ξενοδοχείου "ALDEMAR".



Εικόνα 9 : Ποταμός Ιάρδανος, Ηλεία
Το νερό του ποταμού έχει γίνει μαύρο από τ' απόβλητα των ελαιοτριβείων της περιοχής. © εφημ. "ΠΑΤΡΙΣ"



Εικόνα 10 : Δορυφορική εικόνα του Θερμαϊκού που δείχνει τη χλωροφύλλη (πράσινο χρώμα στα δέλτα των ποταμών) άρα και τα υψηλότερα επίπεδα ευτροφισμού που αντιστοιχούν σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στις εκβολές ποταμών.

Από τα οκτώ μεγαλύτερα ποτάμια της Ελλάδας, τον Έβρο, τον Νέστο, τον Στρυμόνα, τον Αξιό, τον Αλιάκμονα, τον Πηνειό, τον Αχελώο και τον Λούρο, που καλύπτουν το 78% των ποτάμιων απορροών της χώρας, τα τέσσερα πρώτα ανήκουν σε λεκάνες που η κύρια έκτασή τους βρίσκεται σε γειτονικές χώρες. Ο περισσότερο επιβαρυνμένος ποταμός από αυτούς είναι ο Έβρος και ακολουθεί ο Αξιός. Οι απορροές των διασυνοριακών νερών κατέχουν το 56,5% ως προς αυτές των ελληνικών ποταμών. Δύο ακόμα μεγάλες λίμνες, η Δοϊράνη και οι Πρέσπες, ανήκουν στην κατηγορία των διασυνοριακών. Έρευνα του ΙΓΜΕ είχε δείξει ότι ο Αξιός κατεβαίνει στη χώρα μας εμπλουτισμένος με μόλυβδο από τα τοξικά εργοστάσια γειτονικής χώρας. Ο Νέστος επίσης φέρνει τόνους σκουπιδιών από τη Βουλγαρία κάθε φορά που βρέχει. Είναι φανερό ότι η κατάσταση της ποιότητας του νερού τους εξαρτάται κατά πολύ από τα γειτονικά κράτη και μόνον εφόσον υπάρξουν συμφωνίες που τηρούνται εκατέρωθεν μπορεί να υπάρξει βελτίωση, αλλά και διατήρηση της ποιότητας των υδάτων σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στην περιοχή της Αττικής, μιας από τις πιο επιβαρυνμένες με ρύπους περιοχές στον ελληνικό χώρο, βρίσκεται συγκεντρωμένος ένας μεγάλος αριθμός βιομηχανικών δραστηριοτήτων, οι οποίες περιλαμβάνουν μικρά βυρσοδεψεία, μονάδες γαλακτοκομικών προϊόντων, νηματοργεία, μονάδες εμφιάλωσης αναψυκτικών, οιοπνευματοποιεία, μονάδες επεξεργασίας τροφίμων και ποτών.

Οι περισσότερες βιομηχανικές μονάδες είναι συνδεδεμένες με τον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό της Αθήνας και συμβάλλουν στο ολικό υδραυλικό φορτίο που απορρίπτεται στον Σαρωνικό, διαμορφώνοντας το σε 660.000 m³/ημέρα, με το οργανικό ρυπαντικό φορτίο να φτάνει τους 59.385 τόνους/έτος (BOD, οξυγόνο που χρειάζεται να καταναλωθεί για την αποσύνθεση των λυμάτων – οργανικών ουσιών), ενώ το φορτίο σε συνολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) να ανέρχεται σε 42.815 τόνους/έτος. Επιπλέον στον όρμο της Ελευσίνας απορρίπτονται 13.200 m³/ημέρα βιομηχανικά απόβλητα με 61 τόνους/έτος BOD και στο βορειοδυτικό τμήμα του Σαρωνικού απορρίπτονται 2.950 m³/ημέρα βιομηχανικά απόβλητα με 21,5 τόνους/έτος BOD και 5,4 τόνους/έτος TSS. Η ρύπανση του κόλπου της Καβάλας οφείλεται στα βιομηχανικά απόβλητα που απορρίπτονται στον όρμο της Νέας Καρβάλης και ανέρχονται σε 101.230 m³/ημέρα, ενώ το οργανικό φορτίο είναι 245 τόνοι/έτος BOD, και το φορτίο θρεπτικών ουσιών είναι 625 τόνοι/έτος ολικό άζωτο και 126 τόνοι/έτος ολικός φώσφορος.

Το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα, εκτός από την 91/271/ΕΟΚ που αφορά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που περιέχουν οργανικό φορτίο (BOD), υποχρεώνει όλες τις βιομηχανίες να εφοδιαστούν με άδεια διάθεσης υγρών αποβλήτων πριν από τη λειτουργία τους. Οι άδειες αυτές εκδίδονται από τις νομαρχίες και ο καθορισμός ορίων των διαφόρων παραμέτρων γίνεται ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Παρ'όλα αυτά ο πλημμελής έλεγχος των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και της απόδοσης της επεξεργασίας τους οδήγησε και οδηγεί σε ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών [3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

6.1 Νομοθεσία για το πόσιμο νερό

Όλες οι χώρες έχουν νομικά πλαίσια για το πόσιμο νερό. Αυτά ορίζουν ποιες ουσίες μπορούν να βρίσκονται στο πόσιμο νερό και ποια είναι τα μέγιστα επιτρεπτά ποσά αυτών των ουσιών. Τα πρότυπα είναι τα μέγιστα όρια ρυπαντών. Διατυπώνονται για οποιοδήποτε μολυσματικό παράγοντα που μπορεί να έχει δυσμενή αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία και κάθε επιχείρηση που παρέχει πόσιμο νερό πρέπει να τους ακολουθήσει. Εάν το νερό πρόκειται να καθαριστεί για να καταστήσει κατάλληλο προς πόση αυτό θα εξεταστεί για διάφορους επικίνδυνους ρύπους, προκειμένου να καθοριστούν οι συγκεντρώσεις τους. Έπειτα μπορεί να καθοριστεί το ποσό των ρυπαντών που πρέπει να αφαιρεθεί και εάν είναι απαραίτητο τα βήματα καθαρισμού μπορούν να προχωρήσουν.

Σύμφωνα με την οδηγία-πλαίσιο για το πολύτιμο αυτό αγαθό, όλες οι χώρες πρέπει να καθορίσουν άμεσα για κάθε ποτάμι τους την αντίστοιχη λεκάνη απορροής και να εκπονήσουν διαχειριστικά σχέδια για κάθε μία από αυτές.

Η Υγειονομική Διάταξη για το πόσιμο νερό, που ισχύει σήμερα (Υ2/2600/2001 ΦΕΚ 892/Τεύχος Β'/2006-2001) είναι εναρμονισμένη με την 98/83/Οδηγία του Συμβουλίου της ΕΟΚ. Περιλαμβάνει 62 παραμέτρους ταξινομημένες σε πέντε βασικές ομάδες: Οργανοληπτικές - Φυσικοχημικές - Ανεπιθύμητες - Τοξικές - Μικροβιολογικές. Για κάθε παράμετρο καθορίζεται “Ενδεικτικό Επίπεδο” (Ε.Ε.) και “Ανώτατη Παραδεκτή Συγκέντρωση” (Α.Π.Σ.). Στο άρθρο 5 παράγραφος 2 αναφέρεται ότι οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων του πόσιμου νερού, πρέπει να είναι οπωσδήποτε κατώτερες ή ίσες με την Α.Π.Σ. και να προσεγγίζουν το Ε.Ε. Παρεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις (που καθορίζονται στα άρθρα 7 και 8 της Υγειονομικής Διάταξης), χωρίς όμως αυτές να συνεπάγονται κίνδυνο για τη Δημόσια Υγεία. Στο Παράρτημα ΙΙ καθορίζονται οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τους ελέγχους, καθώς και η συχνότητα των προτύπων αναλύσεων. 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 κ.λ.π., που έχουν δική τους ύδρευση, οι νόμιμοι εκπρόσωποί τους.

Τέλος στο Παράρτημα ΙΙΙ καθορίζονται οι αναλυτικές μέθοδοι αναφοράς για τον προσδιορισμό των 62 παραμέτρων, που αναγράφονται στην Υγειονομική Διάταξη.

6.2 Έλεγχος ποιότητας πόσιμου νερού

Οι παρακάτω διαδικασίες συνδράμουν στον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας του πόσιμου νερού:

- η επιτόπια υγειονομική εξέταση
- οι οργανοληπτικές παράμετροι
- η φυσική εξέταση
- η χημική εξέταση
- η βιολογική έρευνα
- η μικροβιολογική εξέταση

Η επιτόπια υγειονομική εξέταση γίνεται από εξειδικευμένο άτομο στην περιοχή της υδροληψίας. Γίνεται εκτίμηση των γενικότερων συνθηκών που αφορούν στην περιοχή και στην ενδεχόμενη ύπαρξη εστιών μόλυνσης και ρύπανσης του νερού, αλλά και της υπόλοιπης

τεχνικής υποδομής (αν πρόκειται για υδραγωγείο κλπ.). Είναι απαραίτητη γιατί δίδει σειρά πληροφοριών, που κανενός είδους εξέταση δε μπορεί να δώσει, διότι για παράδειγμα είναι πιθανόν μια πηγή μόλυνσης να μην είναι ενεργοποιημένη με αποτέλεσμα η μικροβιολογική εξέταση να δίνει αποδεκτά αποτελέσματα και έτσι να μην είναι δυνατόν να προληφθεί μια υδατογενής επιδημία.

Οι οργανοληπτικές παράμετροι θολερότητα, χρώμα, γεύση και οσμή αποτελούν παραμέτρους που ακόμα και αν το νερό είναι ασφαλές από χημική και μικροβιολογική άποψη, ο καταναλωτής θα έχει πρόβλημα να το καταναλώσει αν δεν είναι αισθητικά αποδεκτό. Έτσι λοιπόν, ένα θολό νερό μπορεί να έχει αδιάλυτες αιωρούμενες ουσίες, π.χ. άργιλος, άμμος, μικροοργανισμοί κλπ., μπορεί να ακολουθεί μια έντονη βροχόπτωση και αυτό σαφώς σημαίνει επικοινωνία του συστήματος ύδρευσης ή της πηγής υδροληψίας με επιφανειακά νερά και κατά την έννοια αυτή είναι δυνατόν αυτό να υποσημαίνει κατ' αρχήν υγειονομικό κίνδυνο.

Στον έλεγχο της ποιότητας του πόσιμου νερού πρέπει να γίνεται και φυσική εξέταση διότι το πόσιμο νερό για να είναι αποδεκτό πρέπει να διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά, ασχέτως του αν είναι από κάθε άλλη άποψη ασφαλές, όπως θερμοκρασία (5-15 βαθμοί Κελσίου). Ειδικότερα, θερμοκρασίες υψηλότερες του κανονικού εκδιώκουν το CO² και τα άλλα αέρια που δίδουν στο νερό τη γεύση του.

Όσον αναφορά την χημική εξέταση σύμφωνα με την σχετική Ελληνική Νομοθεσία που είναι εναρμονισμένη με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχουν περί τις πενήντα (50) χημικές παράμετροι που κατατάσσονται ως εξής:

1. Απλές χημικές παράμετροι όπως π.χ. pH, Ασβέστιο κλπ.
2. Ανεπιθύμητες χημικές παράμετροι όπως π.χ. αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά
3. Τοξικές χημικές παράμετροι όπως π.χ. Βαρέα μέταλλα κλπ.

Μια άλλη διαδικασία η οποία συνδράμει στον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας του πόσιμου νερού είναι η βιολογική έρευνα. Ένα παράδειγμα για τη βιολογική έρευνα είναι η αναζήτηση πρωτόζωων και αλγών, κυρίως σε νερά ποταμών που αποθηκεύονται σε δεξαμενές (σε συνδυασμό με τη χημική ανάλυση) για να εκτιμηθεί ο βαθμός π.χ. ανάπτυξης των αλγών και να προβλεφθεί η κατάλληλη χρονική στιγμή για έγκαιρη επέμβαση και πρόληψή της. Διαφορετικά, είναι δυνατόν να προκληθεί πρόβλημα στο δίκτυο με ελάττωση της παροχής νερού, διότι οι άλγες πολλαπλασιάζονται ταχύτατα ορισμένες εποχές του έτους αποφράσσοντας τα φίλτρα των διυλιστηρίων.

Τέλος υπάρχει η μικροβιολογική εξέταση. Οι υδατογενείς επιδημίες προκαλούνται από τα παθογόνα μικρόβια που έχουν προέλευση την κοπρανώδη μόλυνση του νερού. Επειδή ο έλεγχος όλων των παθογόνων μικροβίων που προέρχονται από το εντερικό περιεχόμενο ζώων και ανθρώπων απαιτεί ποικιλία πολύπλοκων, χρονοβόρων και πολυέξοδων αναλύσεων, χρησιμοποιήθηκε η ιδέα της αντίχενωσης μικροβίων – δεικτών που να είναι ενδεικτικοί ακόμη και της ενδεχόμενης παρουσίας λυμάτων στο νερό. Πρέπει να επισημάνουμε ότι στα πλαίσια της φιλοσοφίας που διέπει τις παρεμβάσεις που αφορούν στη Δημόσια Υγεία, η εφαρμοσμένη μικροβιολογία στη Δημόσια Υγεία πρέπει να χρησιμοποιεί μεθόδους με τα εξής κυρίως χαρακτηριστικά:

- Να είναι ταχείες, ώστε να δίδουν κατά το δυνατόν γρήγορα απαντήσεις
- Να είναι πρακτικές και να μην απαιτούν εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας
- Να είναι φθηνές, ώστε να επαρκούν τα κονδύλια για το μεγάλο αριθμό δειγμάτων που απαιτούνται για την επαγρύπνηση στα πλαίσια της Δημόσιας Υγείας
- Να μην απαιτείται υψηλής εξειδίκευσης προσωπικό

Σήμερα είναι σε ισχύ η ΚΥΑ Υ2/2600/2001, ΦΕΚ 892, Τεύχος Β'/2006-2001 που καθορίζει τα περί ποιότητας του πόσιμου νερού, σε συμμόρφωση προς την 98/83 οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Οι κυριότερες παράμετροι που προβλέπονται να εξετάζονται ως μικρόβια – δείκτες είναι τα:

- Ολικά κολοβακτηριοειδή
- Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
- Στρεπτόκοκκοι κοπράνων
- Κλωστηρίδια αναγωγικών θειωδών αλάτων
- Καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό
 - στους 37 βαθμούς Κελσίου
 - στους 22 βαθμούς Κελσίου

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

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

Η καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων στο πόσιμο νερό μας δίδει μια εικόνα της μικροβιολογικής καθαρότητας του νερού, ιδίως για τις περιπτώσεις που αυτό χρησιμοποιείται από βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων. Για τα δίκτυα ύδρευσης η σταθερότητα του αριθμού τους είναι σημαντικός δείκτης της ακεραιότητας του δικτύου και της επάρκειας της χλωρίωσης. Αιφνίδια αύξηση του αριθμού τους κατά 1-2 λογάριθμους μπορεί να υποδηλώνει ανεπάρκεια στο σύστημα επεξεργασίας του νερού, επιμόλυνση της πηγής υδροληψίας ή και ανάπτυξη βιολογικού υμενίου στο δίκτυο. Πολλές φορές είναι το πρώτο ανιχνεύσιμο σημείο μόλυνσης.

Άλλα μικρόβια – δείκτες είναι η *Pseudomonas aeruginosa* (εμφιαλωμένα νερά, ύδρευση νοσοκομείων, κολυμβητικές δεξαμενές), *Rodococcus coprophilus* (νοκαρδιόμορφος ακτινομύκητας-ειδικός δείκτης ζωικής μόλυνσης του νερού), οι βακτηριοφάγοι των εντεροβακτηριδίων (ως δείκτες της παρουσίας των ιών στο νερό) κ.ά. [12].

6.3 Υγειονομική σημασία χημικών παραμέτρων

Το πόσιμο νερό πρέπει να εξετάζεται φυσικώς (θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή), χημικώς (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών, σκληρομετρία), μικροσκοπικός (έρευνα μικροοργανισμών), βακτηριολογικός (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) και τοπογραφικός (θέση πηγής, διαδρομής του νερού). Κατά τον ποιοτικό έλεγχο του νερού ερευνώνται βασικά οι ακόλουθοι ποιοτικοί παράμετροι ή αλλιώς δείκτες ποιότητας νερού :

- Σκληρότητα
- pH
- Ολικά διαλυμένα στερεά
- Αγωγιμότητα
- Θολότητα
- Οργανικές ουσίες
- COD
- TOC
- Οργανοληπτικός έλεγχος
- Υπολλειμματικό χλώριο

Εάν τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σ' ένα νερό υπερβαίνουν τις ανώτερες παραδεκτές συγκεντρώσεις που ορίζει η Υγειονομική Διάταξη, τότε ή το νερό κρίνεται ακατάλληλο ή λαμβάνονται μέτρα για τον καθαρισμό του (π.χ. χλωρίωση, καθίζηση, προστασία πηγής) [13-14].

6.3.1 Οργανοληπτικές παράμετροι

6.3.1.1 Χρώμα (Color)

Το χρώμα είναι ανεπιθύμητο στο πόσιμο νερό. Το χρώμα οφείλεται σε διαλυμένες ή κolloειδείς οργανικές ύλες, ή ανόργανες ουσίες. Παρουσία χρώματος στο νερό δεν σημαίνει ότι είναι πάντοτε επικίνδυνο. Πρέπει να εξεταστεί χημικά για να αναζητηθεί η προέλευση του χρώματος. Η παραμετρική τιμή για το χρώμα είναι «αποδεκτό από τους καταναλωτές» και «άνευ ασυνήθους μεταβολής».

6.3.1.2 Θολότητα (Turbidity)

Οφείλεται σε κolloειδείς ανόργανες ή οργανικές ύλες που αιωρούνται. Νερό που είναι θολό πρέπει να ελεγχθεί για ρύπανση. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές όταν φτάσει στον καταναλωτή. Κατανάλωση θολού νερού μπορεί να είναι επικίνδυνη για την υγεία, επειδή η απολύμανση του πόσιμου νερού δεν είναι αποτελεσματική αν υπάρχει θολότητα, (οι παθογόνοι οργανισμοί εγκλωβίζονται στα σωματίδια που αιωρούνται και προστατεύονται από το απολυμαντικό). Επίσης τα σωματίδια μπορεί να απορροφήσουν επιβλαβείς οργανικές ή ανόργανες ουσίες. Η παραμετρική τιμή για τη θολότητα είναι να είναι «αποδεκτό από τους καταναλωτές» και «άνευ ασυνήθους μεταβολής».

6.3.1.3 Οσμή και Γεύση (Odor – Taste)

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άοσμο και άγευστο. Όλα τα νερά έχουν την ιδιαίτερη γεύση τους που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα (ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου κ.λ.π.) και διαλυμένα αέρια (οξυγόνο ή CO₂) που περιέχουν. Οσμή και Γεύση που οφείλονται σε χημικές ουσίες όπως φαινόλες, χλώριο, αμμωνία, υδρόθειο, κ.λ.π., είτε σε μικροοργανισμούς, είναι ανεπιθύμητες. Νερό με έντονη οσμή πιθανόν να είναι ρυπασμένο, οπότε πρέπει να εξετασθεί για να βρεθεί η αιτία. Η παραμετρική τιμή είναι να είναι «αποδεκτό από τους καταναλωτές» και «άνευ ασυνήθους μεταβολής».

6.3.2 Φυσικοχημικές παράμετροι

6.3.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)

Το pH δείχνει αν το νερό είναι όξινο ή αλκαλικό. Νερά με $pH > 10$ ή με $pH < 4$ προκαλούν ερεθισμό στα μάτια και στο δέρμα. Τα περισσότερα νερά στη φύση έχουν pH μεταξύ 6 και 9. Επομένως το pH δεν έχει άμεση επίπτωση στην υγεία, αλλά επηρεάζει τη διαβρωτικότητα του νερού. Η παραμετρική τιμή για το pH είναι: $6,5 < pH < 9,5$.

6.3.2.2 Αγωγιμότητα (Conductivity)

Η αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση, το σθένος καθώς και την θερμοκρασία μέτρησης. Η αγωγιμότητα στα νερά αυξάνει με την θερμοκρασία. Μετράται σε microsiemens ανά εκατοστό ($\mu S/cm$). Η παραμετρική τιμή είναι $2500 \mu S/cm$ στους $20^\circ C$.

6.3.2.3 Σκληρότητα (Hardness)

Η σκληρότητα εκφράζει το σύνολο των διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου. Διακρίνεται σε ανθρακική (ή παροδική) σκληρότητα που οφείλεται στα ανθρακικά (διττανθρακικά) άλατα και μη ανθρακική (μόνιμη) σκληρότητα που οφείλεται στα υπόλοιπα άλατα (χλωριούχα, θειικά, νιτρικά). Μεγάλες τιμές σκληρότητας δεν αποτελούν κίνδυνο την υγεία αντιθέτως έχει βρεθεί σημαντική συσχέτιση μεταξύ αυξημένης σκληρότητας και μείωσης των καρδιαγγειακών παθήσεων. Επίσης η σκληρότητα είναι επιθυμητή στην ζυθοποιία αρτοποιία γιατί βοηθάει την ενζυματική δράση. Το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση εμποδίζει το καλό βράσιμο των τροφίμων, δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθίσματα στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Επίσης σε ορισμένες βιομηχανίες (βυρσοδεψεία, βαφεία, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων) το σκληρό νερό είναι επιζήμιο στην κατεργασία και στο τελικό προϊόν. Νερό με σκληρότητα μέχρι και 500 mg/l CaCO_3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο, αλλά οι πιο καλές τιμές είναι μεταξύ 80 και 150.

6.3.2.4 Νάτριο (Sodium, Na)

Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Τα άλατα νατρίου βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Λόγω της αφθονίας του στη φύση (έκτο κατά σειρά) περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από $1-500 \text{ mg/l}$. Στα πόσιμα νερά δεν υπερβαίνει τα 20 mg/l , εκτός των περιπτώσεων που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοανταλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα ή παρατηρείται διείσδυση θαλασσινού νερού. Η παραμετρική τιμή είναι 200 mg/l .

6.3.2.5 Μαγνήσιο (Magnesium, Mg)

Είναι σε αφθονία στη φύση (όγδοο σε σειρά) και είναι από τα συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με τα άλατα του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθίσματα στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/l μπορεί να έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες. Δεν υπάρχει όριο.

6.3.2.6 Σίδηρος (Iron, Fe)

Υπάρχει κυρίως σε υπόγεια νερά, που διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Συνεχής κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου, μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο, και ιδιαίτερα στα παιδιά, βλάβες στους ιστούς (αιμοχρωμάτωση). Ο σίδηρος δίνει στο νερό γεύση που είναι ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Προκαλεί προβλήματα στα πλυντήρια και υφαντήρια (δημιουργούνται λεκέδες στα

υφάσματα) και στους αγωγούς διανομής νερού (ευνοείται η ανάπτυξη βακτηριδίων και δημιουργούνται αποθέσεις). Η παραμετρική τιμή είναι 200 µg/l.

6.3.2.7 Χλωριούχα (Chlorides, Cl⁻)

Είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, ασβεστίου. Προέρχονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων, είναι πολύ ευκίνητα και ευδιάλυτα για να διεισδύουν στα υπόγεια νερά. Μπορεί όμως να προκύψουν από τη χρήση λιπασμάτων, και βιομηχανικά απόβλητα ή διείσδυση θαλασσινού νερού παράκτιες περιοχές. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, δείχνει πιθανή ρύπανση και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική εξέταση. Η ενδεικτική παραμετρική τιμή είναι 250 mg/l.

6.3.2.8 Θερμοκρασία (Temperature)

Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει τη γεύση του. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία το νερό είναι λιγότερο εύγευστο γιατί εκδιώκονται τα διαλυμένα σ' αυτό αέρια. Η πλέον ευχάριστη γεύση είναι μεταξύ 5-15 0 °C (κυρίως 9-100 °C). Όταν η θερμοκρασία του νερού υπερβαίνει τους 150 °C πολλαπλασιάζονται τα τυχόν υπάρχοντα σε αυτό μικρόβια. Επίσης ελαττώνεται η ικανότητα του να διαλύει αέρια, ενώ αυξάνει η διαλυτότητα σε στερεά, ή και επιταχύνονται οι βιολογικές δράσεις. Επίσης αυξάνει το ποσό του απαιτούμενου χλωρίου και ευνοεί την ανάπτυξη των αλγών με συνέπεια την εμφάνιση δυσάρεστων οσμών και γεύσεων.

6.3.2.9 Κάλιο (Potassium – K)

Είναι το έβδομο στοιχείο σε αφθονία στη φύση. Επομένως βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά. Σπάνια όμως η περιεκτικότητα των πόσιμων νερών φθάνει τα 20 mg/l σε κάλιο. Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

6.3.2.10 Διαλυμένο οξυγόνο (Dissolved Oxygen)

Η περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι στο σημείο κορεσμού, δηλ. 100%, οπότε το νερό έχει ευχάριστη γεύση. Δεν έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στην υγεία, που να συνδέονται άμεσα με την ελάττωση ή την έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου στο πόσιμο νερό. Υπάρχουν όμως κάποιες έμμεσες επιπτώσεις: Διαβρώνονται οι σωληνώσεις με αποτέλεσμα να αυξάνεται η περιεκτικότητα του νερού σε μέταλλα (π.χ. σίδηρο, ψευδάργυρο, μόλυβδο, κάδμιο). Επίσης δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες που βοηθούν την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη, των θεικών σε θειούχα, με συνέπεια τη δημιουργία δυσάρεστων οσμών. Το διαλυμένο οξυγόνο ελαττώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και η αλατότητα του νερού.

6.3.3 Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες

6.3.3.1 Αμμώνιο (NH₄⁺)

Τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία λιγότερο από 0.2 mg/l. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία στις συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπάρχει στα πόσιμα νερά, 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 στα συστήματα ύδρευσης. Η παραμετρική τιμή είναι 0,50 mg/l.

6.3.3.2 Μαγγάνιο (Manganese, Mn)

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

από υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου. Το μαγγάνιο προκαλεί λεκέδες στα υφάσματα σε πλυντήρια και υφαντήρια. Διευκολύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα δίκτυα με αποτέλεσμα αύξηση της θολότητας, δημιουργία οσμών και αποθέσεων. Η παραμετρική τιμή είναι 50 mg/l.

6.3.3.3 Θειικά (Sulphates, SO₄²⁻)

Αποτελούν συστατικό πολλών ορυκτών και υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες στα φυσικά νερά. Χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες (χημικές, γυαλιού, χάρτου, υφαντουργίες), στα λιπάσματα, στα εντομοκτόνα και σαν κροκιδωτικά στην επεξεργασία του νερού. Ακόμη υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σαν δευτερογενής ρύπος και αποτίθενται στο έδαφος και τα νερά σαν "όξινη βροχή". Τα θειικά άλατα του νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 700 mg/l δίνουν στο πόσιμο νερό δυσάρεστη γεύση. Ειδικότερα το θειικό μαγνήσιο σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 600 mg/l έχει καθαρτική δράση. Τα θειικά άλατα συμβάλλουν στη διάβρωση των σωληνώσεων. Η παραμετρική τιμή είναι 250 mg/l.

6.3.3.4 Νιτρώδη (NO₂)

Τα νιτρώδη αποτελούν ενδιάμεσο στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας και είναι ασταθές περιβάλλον. Η παρουσία τους στα νερά δείχνει πρόσφατη ρύπανση. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρώδη είναι 0,50 mg/l.

6.3.3.5 Νιτρικά (NO₃)

Αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση, επομένως υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως χαμηλή. Σε αερόβιες συνθήκες διεισδύουν στον ορίζοντα. Τα νιτρικά αποτελούν το τελικό στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας παρουσία τους στα νερά δείχνει παλαιά ρύπανση. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται έδαφος.

Τα πόσιμα νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών κίνδυνος να προκαλέσουν στα παιδιά την ασθένεια μεθαιμογλοβιναμία, λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη. Νιτρώδη και νιτρικά, στο περιβάλλον του στομάχου, σχηματίζουν νιτροζοενώσεις, που είναι καρκινογόνες. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρικά είναι και 50 mg/l.

6.3.3.6 Υδράργυρος (Mercury, Hg)

Οι κύριες χρήσεις του υδραργύρου είναι στην κατασκευή καθόδων για την ηλεκτρολυτική παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, στην κατασκευή λυχνιών, οργάνων ελέγχου όπως διακόπτες, θερμομέτρα, βαρόμετρα σε οδοντικά αμαλγάματα και σαν πρώτη ύλη στην παρασκευή χημικών ενώσεων όπως μυκητοκτόνων, αντισηπτικών, φαρμακευτικών, και αντιδραστηρίων. Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες ο υδράργυρος περνάει σαν απόβλητο και μολύνει το περιβάλλον. Ο υδράργυρος απαντά στη φύση σε πετρώματα κυρίως υπό τη μορφή θειούχου υδραργύρου (HgS) (κιναβαρίτη).

Ο Υδράργυρος στα φυσικά νερά εμφανίζεται σε τρία στάδια οξείδωσης, στοιχειακός υδράργυρος Hg⁰, Hg⁺¹, Hg⁺². Τα αντίστοιχα ανόργανα άλατα που σχηματίζει έχουν διαφορετικό βαθμό διαλυτότητας: Ο βαθμός διαλυτότητας επηρεάζεται από το pH και το οξειδωαναγωγικό δυναμικό. Οι φυσικές τιμές του υδραργύρου σε υπόγεια και επιφανειακά νερά είναι κάτω των 0,5 μg/L. Εν τούτοις έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση του υδραργύρου ξεπερνά τα 5,5 μg/L σε περιοχές με έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στην Ιαπωνία.

Η παραμετρική τιμή είναι 1.0 μg/l. Ο ανόργανος υδράργυρος απορροφάται σε μικρό ποσοστό 7-15% από το νερό και την τροφή και συσσωρεύεται στα νεφρά. Στα επιφανειακά νερά κάτω από αερόβιες συνθήκες παρουσία μικροοργανισμών παράγεται μεθυλιούχος

υδράργυρος (CH_3Hg^+) μια ιδιαίτερα τοξική μορφή υδραργύρου διαλυτός στο νερό, λίπη που συσσωρεύεται στους ιστούς. Ο οργανικός υδράργυρος απορροφάται από το γαστρεντερικό σύστημα και σε ποσοστό 80-90% δεσμεύεται από τα ερυθρά αιμοσφαίρια και λόγω της μεγάλης λιποδιαλυτότητας εισχωρεί στον εγκέφαλο, τον νωτιαίο μυελό και το νευρικό σύστημα.

6.3.3.7 Χαλκός (Copper, Cu)

Είναι βασικό στοιχείο στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά στα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιούνται (κυρίως ο θειϊκός χαλκός) για να ανασταλεί η ανάπτυξη των φυκών. Λόγω της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων, που εξαρτάται από τη σκληρότητα, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και τη θερμοκρασία του νερού, σημαντικές ποσότητες χαλκού διαλύονται στο πόσιμο νερό. Αν το νερό μείνει στάσιμο 12 ώρες στις σωληνώσεις, η συγκέντρωση χαλκού μπορεί να υπερβεί τα 20 mg/l. Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό. Δημιουργεί λεκέδες στα υφάσματα και στα είδη υγιεινής. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί βλάβες στην υγεία. Η παραμετρική τιμή είναι 2 mg/l.

6.3.3.8 Ασβέστιο (Calcium, Ca)

Υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τη διάβρωση των πετρωμάτων (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος). Η συγκέντρωση ασβεστίου κυμαίνεται από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l ανάλογα με την προέλευση του νερού και συμβάλλει στην ολική σκληρότητά του. Μικρές συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου εμποδίζουν τη διάβρωση των μεταλλικών σωλήνων γιατί σχηματίζουν ένα προστατευτικό επίστρωμα. Υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων ασβεστίου με τη θέρμανση καθιζάνουν σχηματίζοντας σκληρά επικαθίσματα στους λέβητες, στους σωλήνες και τα σκεύη μαγειρικής. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και δεν υπάρχει όριο.

6.3.3.9 Σίδηρος (Iron – Fe)

Υπάρχει κυρίως σε υπόγεια νερά, που διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Συνεχής κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου, μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο, και ιδιαίτερα στα παιδιά, βλάβες στους ιστούς (αιμοχρωμάτωση). Ο σίδηρος δίνει στο νερό γεύση που είναι ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Ο σίδηρος στο νερό προκαλεί προβλήματα στα πλυντήρια και υφαντήρια (δημιουργούνται λεκέδες στα υφάσματα) και στους αγωγούς διανομής νερού (ευνοείται η ανάπτυξη βακτηριδίων και δημιουργούνται αποθέσεις).

6.3.3.10 Ψευδάργυρος (Zinc – Zn)

Είναι σημαντικό στοιχείο για τον άνθρωπο και τα ζώα. Πηγές ψευδαργύρου στο νερό είναι η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων και τα απόβλητα μεταλλείων και επιμεταλλωτηρίων. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 5 m/L προσδίδουν χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό. Δεν έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

6.3.3.11 Νικέλιο (Nickel, Ni)

Το νικέλιο απαντά σε επιφανειακά ορυκτά. Υποκαθιστά το σίδηρο σε σιδηρομαγνητούχα πετρώματα ηφαιστειακής προέλευσης και τείνει να συγκαθιζάνει με οξειδία του σιδήρου και του μαγγανίου. Το νικέλιο χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την παρασκευή ανοξειδωτων αντικειμένων και μέσω αυτής της οδού βρίσκει διέξοδο στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά. Η παραμετρική τιμή είναι 20 μg/l.

6.3.3.12 Φώσφορος (Phosphorus - P)

Όλες οι ενώσεις του φωσφόρου συναντώνται στα νερά είτε διαλυμένες, είτε σαν σωματίδια είτε στο σώμα των υδρόβιων οργανισμών. Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο, είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των αλγών και η περιεκτικότητά του στα νερά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών. Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα ανθρώπινα 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 τα επικαθήματα στους λέβητες.

6.3.3.13 Φθοριούχα (Fluoride, F)

Το φθόριο συναντάται στα νερά σαν φθοριούχα άλατα, που προέρχονται από ηφαιστειογενή πετρώματα. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινίου, σε βιομηχανίες χάλυβα και γυαλιού, στα λιπάσματα και στα κεραμικά. Συχνότερα βρίσκεται στα υπόγεια νερά παρά στα επιφανειακά. Δεν βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή στη φύση, επειδή είναι πολύ δραστικό. Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Το φθόριο σε μικρά ποσά στο νερό (μέχρι 1 mg/l) είναι ωφέλιμο, γιατί εμποδίζει τη δημιουργία τερηδόνας στα δόντια, ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλεί τη φθορίαση (μαύρες κηλίδες στην αδαμαντίνη των δοντιών) ή και βλάβες στα οστά. Σε νερά που δεν περιέχουν φθόριο γίνεται φθορίωση με προσθήκη φθοριούχων και φθοριοπυριτικών ενώσεων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να ελέγχεται συχνά η περιεκτικότητα του νερού σε φθόριο, ώστε να μην υπερβεί το επιτρεπτό όριο. Η παραμετρική τιμή είναι 1,5 mg/l.

6.3.3.14 Χλώριο υπολειμματικό (Residual Chlorine)

Σε νερά που χλωριώνονται πρέπει να μετρηθεί υπολειμματικό χλώριο. Η τιμή του μας δείχνει αν η χλωρίωση που γίνεται είναι επαρκής. Κατά την χλωρίωση προστίθεται στο νερό ποσότητα χλωρίου αρκετή ώστε να καταστραφούν τα παθογόνα μικρόβια και να παραμείνει ελεύθερο χλώριο για να μη μολυνθεί το νερό μέσα στις σωληνώσεις. Το χλώριο δίνει στο νερό ελαφρά οσμή και αλλοιώνει τη γεύση του. Οι μικρές ποσότητες χλωρίου που υπάρχουν στα πόσιμα νερά εξαφανίζονται με το γαστρικό υγρό και επομένως είναι ακίνδυνες για τον άνθρωπο. Μεγάλες ποσότητες χλωρίου προκαλούν ερεθισμό του στόματος και του λάρυγγα. Η χλωρίωση του νερού πρέπει να γίνεται σωστά και να παρακολουθείται συστηματικά, ώστε να φθάνουν στους καταναλωτές μικρά μόνο ποσά χλωρίου.

6.3.4 Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες

6.3.4.1 Αρσενικό (Arsenic, As)

Τα περισσότερα φυσικά νερά περιέχουν αρσενικό σε συγκεντρώσεις πάνω από 5 μg/l. Το αρσενικό φθάνει στους υδάτινους αποδέκτες από τα μεταλλεία, αφού υπάρχει σχεδόν σε όλα τα θειούχα ορυκτά, από τα εντομοκτόνα και την καύση ορυκτών καυσίμων. Οι φυσικές πηγές αρσενικού στο περιβάλλον είναι οι ηφαιστειογενείς δράσεις και η αποσύνθεση της φυτικής οργανικής ύλης. Είναι τοξικό και πιθανόν καρκινογόνο. 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. Δόσεις μεταξύ 70 και 180 mg As είναι θανατηφόρες. Η παραμετρική τιμή είναι 10 μg/l.

6.3.4.2 Κάδμιο (Cadmium, Cd)

Είναι ένα από τα τοξικότερα 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 νερό μαλακό 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 συκώτι, τα νεφρά, το σπλήνα και το θυρεοειδή αδένια, εναποτίθεται στα οστά, όπου αντικαθιστά το ασβέστιο προκαλώντας τη νόσο ΙΤΑΙ-ΙΤΑΙ. Έχει βρεθεί ότι προκαλεί καρκίνο σε πειραματόζωα και ορισμένες επιδημιολογικές μελέτες το συνδέουν με καρκίνο στον άνθρωπο. Η παραμετρική τιμή είναι 5 µg/l.

6.3.4.3 Χρόμιο (Chromium, Cr)

Υπάρχει στο φλοιό της γης και εμφανίζεται σαν τρισθενές και εξασθενές χρώμιο. Στα νερά βρίσκονται κυρίως άλατα του εξασθενούς χρωμίου, επειδή είναι ευδιάλυτα, ενώ σπάνια υπάρχει σαν τρισθενές, γιατί οι ενώσεις του είναι αδιάλυτες και καθιζάνουν. Στην ατμόσφαιρα βρίσκεται στα αεροζόλ και παρασύρεται από τη βροχή ή εναποτίθεται στο έδαφος ρυπαίνοντας τα επιφανειακά νερά. Η μέση συγκέντρωση στο νερό της βροχής είναι 0,2–1 µg/l, στο θαλασσίνο 0,05 µg/l και στα φυσικά νερά 0,5–2 µg/l, ενώ στα υπόγεια είναι πολύ χαμηλή. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οφείλονται σε ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα. Χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες χρωμάτων και δέρματος, στα επιμεταλλωτήρια, στην παρασκευή κραμάτων και καταλυτών. Συχνά προστίθενται σε νερά ψύξης χρωμικές ενώσεις για έλεγχο της διάβρωσης. Οι επιδράσεις του χρωμίου στην υγεία εξαρτώνται από τη μορφή του. Το εξασθενές χρώμιο είναι πολύ τοξικό. Προκαλεί βλάβες στο δέρμα και το συκώτι και θεωρείται καρκινογόνο. Το τρισθενές χρώμιο δεν έχει βρεθεί ότι προκαλεί βλάβες στην υγεία. Η παραμετρική τιμή είναι 50 µg/l.

6.3.4.4 Μόλυβδος (Lead, Pb)

Είναι πολύ τοξικό μέταλλο. Τα φυσικά νερά συνήθως περιέχουν μέχρι 5 µg/l μόλυβδο. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οφείλονται σε απόβλητα ορυχείων, βιομηχανιών, στη διάβρωση μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Επίσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπαταριών, κραμάτων, χρωστικών, αντισκωριακών. Μεγάλες ποσότητες μολύβδου υπάρχουν στην ατμόσφαιρα από τον τετρααιθυλιούχο μόλυβδο που προστίθεται στη βενζίνη σαν αντικροτικό. Για το λόγο αυτό στις περισσότερες χώρες έχει απαγορευθεί η χρήση μολύβδου στη βενζίνη και χρησιμοποιείται αμόλυβδη βενζίνη. 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 για εσωτερική διακόσμηση. Είναι δηλητήριο με συσσωρευτική δράση. Προκαλεί βλάβες στο συκώτι, τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα. Η παραμετρική τιμή είναι 10 µg/l.

6.3.4.5 Σελήνιο (Selenium, Se)

Σε μεγάλες συγκεντρώσεις το σελήνιο προκαλεί σελήνωση κατά την οποία παρουσιάζονται γαστρεντερικές διαταραχές, νευρικότητα, ψυχική κατάπτωση, ηπατικές και νεφρικές βλάβες ενώ η στέρηση του προκαλεί συμπτώματα έλλειψης που εμφανίζονται με προβλήματα στο μυοκάρδιο και είναι πιθανόν να οδηγήσουν τελικά στο θάνατο. Το σελήνιο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο στη διατροφή μας και προσλαμβάνεται από την τροφή ενώ στο πόσιμο νερό βρίσκεται σε μικρές ποσότητες. Αντιδρά, εντός οργανισμού, με άλλα στοιχεία προστατεύοντας τον από την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων όπως του υδράργυρου, του καδμίου, του σιδήρου και του θάλιου. Η παραμετρική τιμή είναι 10µg/l [13-14].

6.4 Υγειονομική σημασία μικροβιολογικών παραμέτρων

Το νερό δρα σαν φορέας μετάδοσης λοιμωδών νοσημάτων. Οι σημαντικότερες «ασθένειες υδατογενούς προέλευσης» είναι οι εντερολοιμώξεις, ο τυφοειδής πυρετός, η δυσεντερία, η χολέρα, η ηπατίτιδα και τέλος οι παρασιτιάσεις. Τα είδη των μικροοργανισμών που υπάρχουν είναι τα ακόλουθα :

- Βακτηρίδια
- Ιοί
- Μύκητες
- Άλγη (φύκη)
- Πρωτόζωα
- Ελμίνθες
- Παρασιτικοί σκώληκες

Πίνακας 4 : Μεταδιδόμενες ασθένειες από βακτηρίδια στο νερό.

Οργανισμός	Ασθένεια	Πηγή
<i>Salmonella typhi, parathifi</i>	Τυφοειδής πυρετός	Περιττώματα ανθρώπου
Άλλα είδη <i>Salmonella</i>	Σαλμονέλωση	Περιττώματα
<i>Shigella</i>	Δυσεντερία	Περιττώματα ανθρώπου
<i>Vibrio cholerae</i>	Χολέρα	Περιττώματα ανθρώπου
<i>Enteropathogenic E.coli</i>	Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα ανθρώπου
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα
<i>Campylobacter jejuni</i>	Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα
<i>Legionella pneumophila</i>	Αναπνευστικές λοιμώξεις	Κλιματιστικά
<i>Mycobacteria</i>	Πνευμονία	Έδαφος και νερό

Πίνακας 5 : Μεταδιδόμενες ασθένειες από ιούς στο νερό.

Οργανισμός	Ασθένεια	Πηγή
<i>Polioviruses</i>	Πολυομελίτιδα	Περιττώματα
<i>Coxsackieviruses A</i>	(ασηπτική) Μηνιγγίτιδα	Περιττώματα
<i>Rotaviruses</i>	Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα ανθρώπου
<i>Adenoviruses</i>	Αναπνευστικές λοιμώξεις Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα ανθρώπου
Ιός <i>Hepatitis A</i>	Λοιμώδης Ηπατίτιδα	Περιττώματα
<i>Norwalk</i> και σχετικοί GI ιοί	Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα ανθρώπου
Εντεροιοί	Γαστρεντερίτιδα	Περιττώματα

Πίνακας 6 : Μεταδιδόμενες ασθένειες από πρωτοζώα και άλγη στο νερό.

Οργανισμός	Ασθένεια	Πηγή
<i>Entamoeba histolytica</i>	Δυσεντερία	Περιττώματα ανθρώπου
<i>Cryptosporidium</i>	Κρυπτοσποριδίωση	Περιττώματα
<i>Giardia Lamblia</i>	Giardiasis (γαστρεντερίτιδα)	Περιττώματα ανθρώπου
<i>Acanthamoeba castellanii</i>	Αμοιβική μηνιγγοεγκεφαλίτιδα	Έδαφος και νερό
<i>Blue green algae (Anabaena flos-aquae, Microcystis, aeruginosa, Alphanizomenon, Schizothrix calciola)</i>	Γαστρεντερίτιδα	Φυσικά νερά

6.4.1 Χολέρα (*Vibrio Cholerae*)

Το *V. Cholerae* είναι κύριο είδος που προκαλεί επιδημία χολέρας. Προκαλεί οξεία εντερική ασθένεια με διάρροια, εμετό, αφυδάτωση, ελάττωση της ούρησης, μείωση της πίεσης του αίματος και ολική κατάπτωση. Εάν δεν υπάρξει άμεση φαρμακευτική αγωγή επέρχεται ο θάνατος σε λίγες ώρες. Η ανάπτυξη των προστατευόμενων υδρεύσεων, ο έλεγχος της διάθεσης των υγρών αποβλήτων και η επεξεργασία του πόσιμου νερού μείωσαν δραστικά την εξάπλωση της ασθένειας. Παρ όλα αυτά υπάρχουν περιοχές στον κόσμο όπου η ασθένεια συνεχίζει να εκδηλώνεται.

6.4.2 Γαστρεντερίτιδα (*Yersinia*)

Το *Y.pestis* αποτελεί το παράγοντα της μαύρης πανούκλας κατά τον Μεσαίωνα στην Ευρώπη και επομένως είναι το πιο κακόφημο. Σήμερα, το *Y.pestis* παρουσιάζεται σποραδικά. Μολύνσεις προκαλούνται από *Y. enterocolitica* και το *Y. pseudotuberculosis* που προκαλούν κυρίως γαστρεντερίτιδα. Στο περιβάλλον, το *Y. enterocolitica* έχει βρεθεί σε επιφανειακά και παραθαλάσσια νερά. Το *Y. enterocolitica* είναι Gram αρνητικό και ζυμώνει την γλυκόζη με παραγωγή λίγων ή καθόλου αερίων. Είναι αναερόβιος και ψυχρόφιλος οργανισμός.

6.4.3 Καμπυλοβακτηρίδια

Το γένος *Campylobacter* αποτελείται από 14 είδη εκ των οποίων σημασία για το νερό έχει το *C.jejuni*. Τα είδη μεταφέρονται στην εντερική περιοχή των ζώων και γι'αυτό μολύνουν τροφές ζωικής προέλευσης. Τα καμπυλοβακτήρια αναπτύσσονται μεταξύ των 25 °C και 43 °C, είναι καμπυλωτά ή ραβδόμορφα με σχήμα σπειριλλίου, ανάγουν τα νιτρικά προς νιτρώδη, απαιτούν μικρές ποσότητες οξυγόνου για την ανάπτυξη τους (3-6%) ενώ η ανάπτυξη αναχαιτίζεται για συγκέντρωση οξυγόνου 21%. Τα συμπτώματα από την μόλυνση με *C.jejuni* είναι διάρροια και γαστρεντερίτιδα. Στην Αμερική η γαστρεντερίτιδα λόγω του *Campylobacter* αποτελεί την πιο συνηθισμένη αιτία μόλυνσης με περίπου 2,5 εκατομμύρια κρούσματα ετησίως. Καταστρέφονται με το μαγείρεμα καθώς και σε τυπικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού.

6.4.4 Δυσεντερία (*Shigella*)

Το γένος *Shigella* ανήκει στην οικογένεια των εντεροβακτηριδίων όπως και η *salmonella*. Προκαλούν δυσεντερία γνωστή και ως σιγγέλλωση, με συμπτώματα κοιλιακούς σπασμούς και πυρετό. Οι *shigella* spp. είναι Gram αρνητικοί, ακίνητοι, ραβδόμορφοι οργανισμοί που δεν είναι αυτόχθονοι σε κανένα τρόφιμο. Η μετάδοση αυτού του βακτηρίου σχετίζεται με

συνθήκες κακής και υγιεινής αλλά και με μολυσμένα τρόφιμα και ύδατα. Ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό της δυσεντερίας είναι η γρήγορη εξάπλωση του μικροοργανισμού στον πληθυσμό. Αυτό οφείλεται στη χαμηλή δόση που απαιτείται για την μόλυνση (10-200 οργανισμοί). Η επιβίωση του *Shigella* στο νερό είναι παρόμοια με αυτή των κολοβακτηριδίων, οπότε συστήματα που ελέγχουν επαρκώς τα κολοβακτηρίδια, ελέγχουν και τον *Shigella*.

6.4.5 Σαλμονέλα (Salmonella)

Τα περισσότερα είδη της *Salmonella* προκαλούν γαστρεντερίτιδα εκτός από το *Salmonella typhi* και *Salmonella paratyphi* που προκαλούν τυφώδη και παρατυφώδη πυρετό αντίστοιχα. Η *Salmonella* αρχικά εντοπίζεται κυρίως στη εντερική περιοχή των ζώων και αποβάλλεται από τους οργανισμούς με τα περιττώματα όπου σε αυτή την μορφή θα βρεθούν και θα μολύνουν το νερό. Όλες οι περιπτώσεις τύφου αφορούν μικρές υδρεύσεις, όπου δεν γίνεται σωστή απολύμανση.

6.4.6 Escherichia coli

Το *Escherichia coli* είναι ένας μικροοργανισμός αρνητικός κατά Gram, αερόβιος, ετεροτροφικός, μη-σπορογόνος, ραβδόμορφος, με πλάτος μικρότερο από 2 μ και μήκος 2-6 μ. Ζυμώνει τη γλυκόζη και τη λακτόζη παράγοντας οξύ και αέρια. Ο Enteropathogenic *Escherichia coli* είναι η κύρια αιτία διάρροιας σε βρέφη. Η παρουσία του στα νερά αποτελεί ένδειξη πρόσφατης ρύπανσης από περιττώματα θερμόαιμων ζώων. Αν και τα περισσότερα κολοβακτηρίδια θεωρούνται μη παθογόνα, το *Escherichia coli* O157:H7 προκαλεί παθολογία στον άνθρωπο. Πρόκειται για ένα μεταλλαγμένο είδος με αντοχή στα αντιβιοτικά. Το μοναδικό περιστατικό του *Escherichia coli* O157:H7 εμφανίστηκε το 1987 σε μια κοινότητα πληθυσμού 2000 ατόμων και προκάλεσε τέσσερις θανάτους. Το περιστατικό προκλήθηκε λόγω μόλυνσης της παροχής πόσιμου νερού από λύματα κατά την διάρκεια εργασιών στους αγωγούς.

6.4.7 Clostridium perfringens

Τα κλωστρίδια είναι gram-θετικά, αναερόβια σπορογόνα βακτήρια. Στην περίπτωση του νερού το κλωστρίδιο που μας ενδιαφέρει είναι το *Clostridium perfringens* το οποίο παράγει εντεροτοξίνη με συμπτώματα έντονους κοιλιακούς πόνους και διάρροια. Βρίσκεται στα περιττώματα αλλά σε μικρότερο αριθμό από το *E.coli*. Τα σπόρια του κλωστρίδιου επιβιώνουν στο νερό περισσότερο από τα κολοβακτηρίδια, και αυξάνονται με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η ανίχνευση τους σε αρκετά μεγάλη απόσταση από την πηγή μόλυνσης, δίνοντας, όμως, έτσι λανθασμένες προειδοποιήσεις για κίνδυνο. Παρουσιάζουν αντοχή στην απολύμανση. Εξαιτίας της μεγαλύτερης αντοχής του σε σχέση με τα κολοβακτηρίδια και το στρεπτόκοκκο, τα σπόρια του *Clostridium perfringens* θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βακτηριακός δείκτης για τα πρωτόζωα.

6.4.8 Κρυπτοσπορίδιο

Τα περισσότερα επιφανειακά νερά περιέχουν *Cryptosporidium*. Από όλα τα είδη του *Cryptosporidium* μόνο το *C.parvum* είναι μολυσματικό για τον άνθρωπο και άλλα θηλαστικά. Οι ωοκύστες είναι σφαιρικές προς ωοειδείς με μέσο μέγεθος 4-6,0 μm. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στις περιβαλλοντικές συνθήκες και μπορούν να επιβιώσουν για αρκετούς μήνες εάν διατηρούνται κρύες και υγρές. Οι ενώσεις του χλωρίου δεν είναι αναποτελεσματικές ενώ φαίνεται να επιτυγχάνεται πάνω από 99% αδρανοποίηση τους με εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Το όζον θεωρείται το πιο αποτελεσματικό ενάντια των ωοκυστών. Έχει επιτευχθεί αδρανοποίηση 99% των ωοκυστών για CT 3.5 mg*min/L στους 20 °C. Παρόλα αυτά η απολύμανση δεν φαίνεται να αρκεί για την αδρανοποίηση των ωοκυστών του

C.parnum στο νερό ενώ βασικός τρόπος απομάκρυνσης πρωτοζώων θεωρείται η διύλιση [13-14].

6.5 Υδατογενείς λοιμώξεις και πόσιμο νερό

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

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

Όλα αυτά τα νοσήματα ευνοούνται αν δεν προϋποθέτουν από μια μικρή μολυσματική δόση, δηλαδή μικρός αριθμός μικροβιακών κυττάρων από τον παθογόνο παράγοντα να είναι ικανός να προκαλέσει νόσο στο 50 % ενός μεγάλου αριθμού κατά τεκμήριον υγιών ατόμων. Η προϋπόθεση αυτή είναι καθοριστική για να ανταπεξέλθει ο μικροοργανισμός το αφιλόξενο και oligοτροφικό περιβάλλον του νερού, αλλά και τις μεγάλες αραιώσεις που υφίστανται τα παθογόνα μικρόβια όταν βρεθούν μέσα σε δίκτυα ύδρευσης κλπ.

Έχουν σημειακή πηγή μετάδοσης με αποτέλεσμα την εκρηκτική επιδημία. Κατά τον Bradley τα υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στο πόσιμο νερό είναι δυνατόν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στην κατανάλωση του νερού ως ποσίμου (στοματο-πρωκτική οδός, πχ. χολέρα, τυφοειδής πυρετός, κρυπτοσπορίδιο κλπ.)
- Υδατογενή νοσήματα που προκύπτουν από μη επαρκή ποσότητα νερού (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα, γαστρεντερίτιδες κλπ.)
- Υδατογενή νοσήματα από μικροοργανισμούς με το νερό να παίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής τους (σχιστοσωμίαση, δρακοντίαση)
- Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται σε έντομα με εκκόλαψη στο νερό ή που τσιμπούν κοντά σε συλλογές νερού (κίτρινος πυρετός, φιλαρίαση, ελονοσία κ.α.).

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

- Με πύλη εισόδου το γαστρεντερικό
- Με πύλη εισόδου το δέρμα και τους επιπεφυκότες (κύρια με την επαφή τους με τα νερά αναψυχής είτε πρόκειται για φυσικά, είτε για νερά σε τεχνητό περιβάλλον)
- Με πύλη εισόδου το αναπνευστικό (λεγεωνέλλα, άτυπα μυκοβακτηρίδια κ.α.)

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

1. Πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης
2. Εμφιαλωμένο νερό (επιτραπέζιο και φυσικό μεταλλικό)
3. Νερό κολυμβητικών δεξαμενών
4. Επιφανειακό νερό [12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΔΙΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ

7.1 Επεξεργασία νερού – απολύμανση

Η επεξεργασία του νερού ώστε αυτό να γίνει κατάλληλο για πόση είναι παρόμοια με την κατεργασία των υδάτινων λυμάτων. Σε περιοχές όπου υδρεύονται από επιφανειακά ύδατα συνήθως το νερό αποθηκεύεται για αρκετές μέρες σε μεγάλες δεξαμενές, ώστε να βελτιωθεί η διαύγεια και η γεύση του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διάλυση ποσότητας οξυγόνου από τον αέρα και την κατακρήση των αιωρούμενων σωματιδίων. Το νερό στη συνέχεια αντλείται στη μονάδα καθαρισμού μέσω σωληνώσεων, όπου γίνεται η επεξεργασία του, έτσι ώστε να ανταποκριθεί στα πρότυπα επεξεργασίας που έχουν τεθεί από την κυβέρνηση. Συνήθως το νερό περνά μέσα από φίλτρα άμμου και ορισμένες φορές από ενεργό άνθρακα ώστε να απολυμανθεί. Με την απολύμανση επιτυγχάνεται η θανάτωση ή η αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών (βακτηριδίων, ιών, πρωτοζώων, σπορίων και κύστεων) εντερικής προέλευσης στο νερό. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί υφίστανται την αλλοίωση της δομής των ενζύμων που καταλύουν ορισμένες βασικές για τη ζωή αντιδράσεις, με τη μεταβολή της λειτουργίας των έμμορφων συστατικών του κυττάρου (πυρήνας) ή, επίσης, με τη μετουσίωση του πρωτοπλάσματος. Οι κύριες διαδικασίες επεξεργασίας νερού περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7 : Περιγραφή των διαδικασιών επεξεργασίας νερού [13].

A/A	Διαδικασία	Περιγραφή
A	Χονδροεσχάρα	Στην είσοδο της θύρας υδροληψίας για την συγκράτηση επιπλεόντων.
C	Σχάρα-Κόσκινο	Κατακράτηση αλγών και πλαγκτού στην υδροληψία.
D	Αερισμός	Απογύμνωση και οξείδωση πτητικών οργανικών και αερίων που προκαλούν οσμές και γεύσεις. Αερισμός του ταμιευτήρα προβλέπεται για τον έλεγχο της στρωμάτωσης.
E	Μίξη	Ομοιόμορφη και ταχεία κατανομή των χημικών και αερίων στο νερό.
F	Προ-οξείδωση	Εφαρμογή οξειδωτικών ουσιών, όπως το όζον, χλωρίο ή υπερμαγγανικό κάλιο για την επιβράδυνση της ανάπτυξης μικροοργανισμών και την οξείδωση ουσιών που προκαλούν οσμές και γεύσεις.
G	Κροκίδωση	Προσθήκη και ταχεία ανάμιξη κροκιδωτικού που επιφέρει αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων και τον σχηματισμό μικρών κροκίδων.
H	Συσσωμάτωση	Συσσωμάτωση των μικρών κροκίδων που προέρχονται από την αποσταθεροποίηση της θολότητας και του χρώματος σε μεγάλες κροκίδες.
I	Καθίζηση	Διαχωρισμός με βαρύτητα των αιωρούμενων σωματιδίων και των κροκίδων που σχηματίστηκαν στα προηγούμενα στάδια.
N	Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα	Απομάκρυνση ουσιών που προκαλούν γεύσεις, οσμές και χρώμα στο νερό. Ο άνθρακας χρησιμοποιείται σε μορφή σκόνης που προστίθεται στην είσοδο των έργων ή σε κλίνες κοκκώδους υλικού.
O	Ενεργή αλουμίνα	Απομακρύνει ορισμένες ενώσεις όπως ο φώσφορος, το φθόριο, το αρσενικό και το σελήνιο μέσω υδρολυτικής προσρόφησης.
P	Απολύμανση	Καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών με τη χρήση οξειδωτικών χημικών όπως οι ενώσεις του χλωρίου, ιώδιο, βρώμιο, υπερμαγγανικό κάλιο και όζον.
Q	Χλωραμίνωση	Προσθήκη αμμωνίας για τη μετατροπή του ελεύθερου χλωρίου σε χλωραμίνες που είναι λιγότερο δραστικές, έχουν μεγαλύτερη υπολειμματική δράση και δεν σχηματίζουν τριαλομεθάνια.
J	Διύλιση	Απομάκρυνση σωματιδίων με διήθηση μέσω πορώδους μέσου. Το στρώμα διύλισης μπορεί να είναι απλό (άμμος), διπλό (άμμος και ανθρακίτης) ή πολλαπλό.
K	Χημική κατακρήμιση	Προσθήκη χημικών για την κατακρήμιση διαλυμένων ουσιών και δημιουργία ιζήματος. Απομάκρυνση σκληρότητας, σιδήρου και μαγγανίου, βαρέων μετάλλων.
L	Lime – soda ash	Ειδική μέθοδος αποσκλήρυνσης με τη χρήση υδροξειδίου του ασβεστίου και ανθρακικού νατρίου.
M	Επανανθράκωση	Επαναφορά της χημικής ισορροπίας του νερού μετά την προηγούμενη διαδικασία. Επιτυγχάνεται με εμφύσηση διοξειδίου του άνθρακα και ταυτόχρονη ταπείνωση του pH.
R	Φθορίωση	Προσθήκη φθοριούχου νατρίου ή υδροφθορο-πυριτικού οξέος για τη ρύθμιση της περιεκτικότητας φθορίου και προστασία κατά της τερηδόνας.

S	Βιολογική αφαίρεση αζώτου	Αναγωγή των νιτρικών από μικροοργανισμούς παρουσία αιθανόλης ή γλυκόζης σαν δέκτη ηλεκτρονίων και πηγή άνθρακα για σύνθεση.
T	Απομάκρυνση διαλυμένων ενώσεων	Απομάκρυνση διαλυμένων ενώσεων από το πόσιμο νερό. Επιτυγχάνεται με ιοντοεναλλαγή, αντίστροφη όσμωση και εξάτμιση.
T1	Ιοντοεναλλαγή	Εκλεκτική απομάκρυνση κατιόντων και ανιόντων από το νερό από ρητίνες. Η ανταλλακτική ικανότητα των ρητινών εξαντλείται και απαιτεί αναγέννηση. Υπάρχουν εκλεκτικές ρητίνες για τη σκληρότητα, τα νιτρικά και την αμμωνία.
T2	Αντίστροφη όσμωση και Υπερδιύλιση	Χρήση ημιπερατών μεμβρανών που κατακρατούν τα άλατα και αποδίδουν καθαρό νερό. Τα άλατα συγκεντρώνονται στην άλμη που πρέπει να διατεθεί. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για αφαλάτωση και αφαίρεση νιτρικών και αρσενικού.
T3	Ηλεκτροδιάλυση	Χρήση ηλεκτρικού δυναμικού για τη διήθηση του νερού μέσω ημιπερατής μεμβράνης που κατακρατεί τα άλατα.
T4	Απόσταξη	Εξάτμιση πολλαπλών σταδίων με συμπύκνωση χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού.

Κάθε τύπος ρύπανσης εξουδετερώνεται χρησιμοποιώντας κάποιες από τις διαδικασίες επεξεργασίας νερού που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8 : Οι τύποι ρύπανσης και διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούνται για την εξουδετέρωση καθενός από αυτούς [13].

Τύπος Ρύπανσης	Διαδικασία	Παρατηρήσεις
Θολότητα	Απ' ευθείας διύλιση (G+J)	Εφαρμόζεται σε νερό με χαμηλή θολότητα και χρώμα
	Συμβατική (G+H+I+J)	Εφαρμόζεται σε νερό με μέτρια ως υψηλή θολότητα και χρώμα
Άλγη και φυτοπλαγκτόν Άλγη και φυτοπλαγκτόν	Μικροκόσκινο (C)	Ακατάλληλο για άμμο, ιλύ και άλλα διαβρωτικά υλικά
	Συμβατική (G+H+I+J)	Μεγάλες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού δεν κροκιδώνονται εύκολα και συνήθως επιπλέουν
Χρώμα	Οξειδωση (όζον, χλώριο, διοξειδίο χλωρίου, υπερμαγγανικό κάλιο) (F)	Εφαρμόζεται σε νερά με χαμηλές συγκεντρώσεις χρώματος
	Κροκίδωση σε χαμηλό pH (G+H)	Εφαρμόζεται σε νερά με μέσες ως υψηλές συγκεντρώσεις χρώματος. Τα άλατα σιδήρου πιο αποτελεσματικά από άλατα αργιλίου
	Προσρόφηση (N/GAC)	Εφαρμόζεται σε νερά με χαμηλές ως μέσες συγκεντρώσεις χρώματος
	Ιοντοεναλλαγή (J+T1)	Συνθετικές ρητίνες απομακρύνουν χρώμα βιομηχανικής προέλευσης
Σίδηρος και Μαγγάνιο	Οξειδωση (D+F+I)	Απομάκρυνση με οξειδωση και κατακρήμνιση στη δεξαμενή καθίζησης
	Κατακρήμνιση (D+K)	Τα μέταλλα κατακρημνίζονται σε υψηλό pH.
	Συμβατική (G+H+I)	Ο Fe και Mn απομακρύνονται στις συμβατικές διαδικασίες κροκίδωσης και καθίζησης
	Ιοντοεναλλαγή (T1)	Χρήση εκλεκτικών μεμβρανών για απομάκρυνση Fe και Mn στα υπόγεια νερά
Οσμή και γεύση	Οξειδωση (D ή F)	Αερισμός μπορεί να απομακρύνει οσμές και γεύσεις. Χρήση χλωρίου πρέπει να αποφεύγεται λόγω κινδύνου δημιουργίας THM
	Προσρόφηση (N/PAC N/GAC)	Ο άνθρακας σε σκόνη PAC χρησιμοποιείται για μέσες συγκεντρώσεις χρώματος. Ο κοκκώδης άνθρακας προτιμάται για χρώματα βιομηχανικής προέλευσης
Σκληρότητα	Κατακρήμνιση (L)	Χρησιμοποιείται σε νερό χαμηλής ως μέσης σκληρότητας

	Ιοντοεναλλαγή (T1)	Κλίνες από ζεόλιθο απομακρύνουν δυσθενή ιόντα αλλά προσθέτουν νάτριο Na
Παθογόνα	Απολύμανση (P)	Ελεύθερο χλώριο ευνοεί την παραγωγή THM
THM	Ενισχυμένη κροκίδωση (G+K+H+I)	Ικανοποιητική απομάκρυνση οργανικών (precursors) με κροκίδωση σε χαμηλό pH
	Προσρόφηση (N)	Ο ενεργός άνθρακας κατακρατεί οργανικά και THM
	Αερισμός (D)	Ο αερισμός απομακρύνει οργανικά
	Προοξειδωση (F)	Ομοίως η οξειδωση καταστρέφει τα οργανικά
Νιτρικά	Απονιτροποίηση (S)	Αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο
	Ιοντοεναλλαγή (T1)	Χρήση Εκλεκτικών ρητινών
	Υπερδιύλιση (T2)	Απομάκρυνση νιτρικών μαζί με άλλα ιόντα
Φθόριο και αρσενικό	Ενεργή αλουμίνα (O)	
Αρσενικό	Ενισχυμένη (G+H+I)	Απομάκρυνση αρσενικού με κατακρήμνιση του σε πεντασθενή μορφή σε χαμηλό pH
	Υπερδιύλιση (T2)	Απομάκρυνση αρσενικού μαζί με άλλα ιόντα

Η χλωρίωση αποτέλεσε την πρώτη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για την απολύμανση τόσο των υγρών αποβλήτων, όσο και του πόσιμου νερού. Τα πρώτα προβλήματα ανέκυψαν στις αρχές της δεκαετίας του '40 στις Η.Π.Α. (δυσάρεστη γεύση και οσμή). Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, αλλά και θεμάτων που σχετίζονται με την ασφαλή διαχείριση των εγκαταστάσεων απολύμανσης, την ελάττωση των επιπτώσεων των παραπροϊόντων απολύμανσης, τη μείωση του λειτουργικού κόστους και φυσικά τη βελτίωση της απολυμαντικής δράσης, αναπτύχθηκαν, παράλληλα και με τις τεχνολογικές εξελίξεις, νέες μέθοδοι απολύμανσης, ή και παραλλαγές της απολύμανσης με χλώριο (διοξειδίο του χλωρίου).

Σήμερα οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι απολύμανσης είναι:

- Χλωρίωση (αέριο χλώριο, υποχλωριώδες νάτριο, διοξειδίο του χλωρίου)
- Έκθεση σε Υπεριώδη Ακτινοβολία (U.V.)
- Οζόνωση (με παραγωγή όζοντος από ατμοσφαιρικό αέρα ή οξυγόνο)

Τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει ο προσανατολισμός και στον Ελληνικό χώρο προς την κατεύθυνση των «καθαρών» τεχνολογιών απολύμανσης (υγρών αποβλήτων αλλά και πόσιμου νερού) και ειδικότερα προς την απολύμανση με όζον. Επιπρόσθετα η διεθνής εμπειρία έχει καταδείξει ότι η χρήση του όζοντος αποτελεί την ιδανική λύση για υπερεπεξεργασία υγρών αποβλήτων με στόχο την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση [15].

7.1.1 Σύγκριση μεθόδων απολύμανσης

Ο σχετικός πίνακας παρουσιάζει μια συνοπτική σύγκριση των τριών μεθόδων, από την οποία ήδη φαίνεται ότι η απολύμανση με όζον παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Στην αναλυτική αναφορά που ακολουθεί τεκμηριώνεται η υπεροχή της μεθόδου με κριτήρια τα οποία μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- α. Απολυμαντική ικανότητα
- β.Επικινδυνότητα χρησιμοποιούμενων χημικών και παραπροϊόντων και επίδραση στον αποδέκτη
- γ. Οικονομικά στοιχεία (κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας-συντήρησης)

Οι πιο γνωστές χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση είναι τα οξειδωτικά σώματα χλώριο, όζον, διοξείδιο του χλωρίου και υπερμαγγανικό κάλιο. Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) που χρησιμοποιούν ορισμένες χώρες για να επεξεργαστούν το πόσιμο νερό συνοδεύεται, περιοδικά, από τη χρήση χλωρίου, για την απολύμανση των αγωγών [15].

Πίνακας 9 : Χαρακτηριστικά μεθόδων απολύμανσης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ		
	ΟΖΟΝΩΣΗ	U.V.	ΧΛΩΡΙΩΣΗ
απομάκρυνση κολοβακτηριδίων	πολύ καλή	πολύ καλή	πολύ καλή
απομάκρυνση ιών	πολύ καλή	καλή	μέτρια
πιθανότητες επανανάπτυξης μικροοργανισμών	καμία	σημαντική	ελάχιστη
επίδραση στο περιβάλλον του αποδέκτη	καμία	καμία	αύξηση διαλυτών στερεών
παραπροϊόντα απολύμανσης	κανένα	κανένα	αλογονοφόρμια
επικινδυνότητα παραπροϊόντων	μηδενική	μηδενική	μεγάλη
επικινδυνότητα χρησιμοποιούμενων χημικών	καμία	καμία	μεγάλη
κόστος εγκατάστασης	σημαντικό	σημαντικό	μέσο
κόστος λειτουργίας και συντήρησης	μέσο	σημαντικό	μέσο
προσωπικό λειτουργίας	δεν απαιτείται επιπλέον προσωπικό	1 άτομο/βάρδια	1 άτομο/βάρδια
απαιτούμενη έκταση	μέση	μικρή	μεγάλη

7.1.1.1 Απολυμαντική ικανότητα

Το πρώτο ουσιαστικό πλεονέκτημα του όζοντος έγκειται στον τρόπο δράσης του. Συγκεκριμένα:

Το χλώριο δρα διαπερνώντας την κυτταρική μεμβράνη και αδρανοποιώντας ορισμένα ένζυμα, σε ότι αφορά τα βακτηρίδια, ενώ σε ότι αφορά τους ιούς και τους άλλους μικροοργανισμούς, ο τρόπος δράσης δεν έχει εξηγηθεί πλήρως και πιθανολογείται ότι επιδρά απευθείας στο DNA και RNA του πυρήνα. Η διαδικασία αδρανοποίησης των ενζύμων έχει διαπιστωθεί ότι είναι αναστρέψιμη.

Η υπεριώδης ακτινοβολία δρα «στειώνοντας» τους μικροοργανισμούς και συγκεκριμένα αλλοιώνοντας το DNA και RNA εμποδίζει τη μεταφορά γενετικού υλικού και άρα την αναπαραγωγή των μικροοργανισμών. Παρόλα αυτά αρκετοί μικροοργανισμοί είναι ικανοί να επιδιορθώνουν μόνοι τους τις βλάβες του γενετικού υλικού (φωτοεπιδιόρθωση), αναιρώντας την απολυμαντική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Το όζον καταστρέφει την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την μη συγκράτηση του κυτταρικού υλικού και την πλήρη καταστροφή του κυττάρου. Περιπτώσεις επανανάπτυξης μικροοργανισμών δεν έχουν αναφερθεί.

Τόσο η χλωρίωση, όσο και το U.V. «δυσκολεύονται» να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένα είδη μ.ο. Η δράση του χλωρίου κατά των ιών είναι μικρότερη από εκείνη του όζοντος. Επιπλέον έχει διαπιστωθεί και αποδειχθεί η δράση του όζοντος σε είδη μ.ο. που διαφεύγουν μίας ή και των δύο άλλων μεθόδων (π.χ. Escherichia Coli, Cryptosporidium, πολυϊοί, Giardia muris, Giardia lamblia κ.α.).

Σημαντική επίσης είναι η υπεροχή του όζοντος σε ότι αφορά τις συνθήκες υπό τις οποίες δρα. Συγκεκριμένα το χλώριο απαιτεί διόρθωση του pH, ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα με τα αιωρούμενα στερεά (η διείσδυση U.V. ακτινοβολίας σε στρώμα απεσταγμένου νερού 7,5 cm, πέφτει από το 93% στο 7% παρουσία σιδήρου σε συγκέντρωση 1 mg/l). Επίσης, με την υπεριώδη ακτινοβολία δεν καταστρέφονται

μ.ο. προσκολλημένοι σε σχεδόν αόρατα σωματίδια, ή μ.ο. που διέρχονται από το σημείο ακτινοβολίας σε μεγάλους σχηματισμούς. Μεγάλη είναι η μείωση της απολυμαντικής δράσης της U.V. ακτινοβολίας από τη συσσώρευση ακαθαρσιών και λιπών στην επιφάνεια των λαμπτήρων. Αντίθετα το όζον δεν εξαρτάται από αντίστοιχους παράγοντες και έχει, γενικά, ταχύτερη και ισχυρότερη απολυμαντική δράση.

Τόσο το αέριο χλώριο, όσο και το ClO₂, είναι αέρια τοξικά και κάθε διαφυγή τους χαρακτηρίζεται σοβαρότατο ατύχημα. Ταυτόχρονα το ClO₂ είναι ιδιαίτερα ασταθές ακόμη και σε υδατικά διαλύματα (>10% W/V), ιδιαιτέρως εάν συμπιεστεί. Οι διάφορες τροποποιήσεις της μεθόδου για τη βελτίωση της απόδοσης αλλά και τη μεγαλύτερη ασφάλεια δεν είναι ιδιαιτέρως αποδοτικές, καθώς οι χλωριωτές προδιάλυσης όταν λειτουργούν υπό πίεση εμφανίζουν μεγαλύτερους κινδύνους διαφυγής. Αντίθετα το όζον έχει πολύ μικρό χρόνο ζωής (30 min), ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι η έκθεση σε 1000 ppm όζοντος για 30 sec μπορεί να προκαλέσει ελαφρό ερεθισμό, ενώ ισοδύναμη έκθεση σε αέριο χλώριο ή ClO₂ συχνά αποβαίνει μοιραία. Σε κάθε περίπτωση η παραγωγή και η κατανάλωση του παραγόμενου όζοντος γίνεται σε κλειστό κύκλωμα και η περίσσεια καταστρέφεται σε θερμοκαταλυτικό αντιδραστήρα (καταστροφέας όζοντος).

Η διάθεση των χλωριωμένων αποβλήτων σε επιφανειακά ή υπόγεια νερά δημιουργεί μεγάλα προβλήματα στο οικοσύστημα, ενώ οι συνέπειες γίνονται ακόμα μεγαλύτερες εάν τα νερά χρησιμοποιούνται ως πηγές υδροληψίας. Το χλώριο αντιδρά με οργανικές ενώσεις σχηματίζοντας αλογονοφόρμια (τριαλογονομεθάνια, χλωροφόρμιο CHCl₃, βρωμοδιχλωρομεθάνιο CHCl₂Br, χλωροδιβρωμομεθάνιο CHClBr₂ και βρωμοφόρμιο CHBr₃. Το χλωροφόρμιο θεωρείται καρκινογόνο, ενώ τα τρία βρωμιωμένα αλογονοφόρμια που δεν έχουν ελεγχθεί για καρκινογένεση είναι μεταλλαξιγόνα¹. Η χρήση διοξειδίου του χλωρίου (ClO₂) ελαττώνει τις παραγόμενες συγκεντρώσεις αλογονοφορμίων, αλλά πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι πιθανό να επηρεάζει το αιμοποιητικό σύστημα.

Για τη αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος της αποχλωρίωσης με την προσθήκη SO₂ πριν τη διάθεση στον τελικό αποδέκτη. Όμως μικρές διαταραχές στην προστιθέμενη ποσότητα SO₂ μπορούν να οδηγήσουν σε κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου, αύξηση του BOD₅ και μείωση του pH.

Αντίστοιχα η χρήση του όζοντος όχι μόνο δεν δημιουργεί επικίνδυνα παραπροϊόντα, αλλά αντίθετα έχει θετική επίδραση στα φυσικά χαρακτηριστικά του αποδέκτη όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια. Προβλήματα επιβάρυνσης του αποδέκτη με τοξικές ουσίες δεν έχουν παρατηρηθεί, καθώς οι όποιες ενώσεις είναι δυνατό, θεωρητικά, να σχηματιστούν, είναι εξαιρετικά ασταθείς και μεταπίπτουν σε αδρανείς οργανικές και ανόργανες ενώσεις πριν την έξοδό τους από τη δεξαμενή επαφής όζοντος-αποβλήτων.

Η απολύμανση με όζον είναι η μόνη από τις μεθόδους απολύμανσης που εμφανίζει θετικές παράπλευρες δράσεις, καθώς συντελεί στη μείωση και άλλων ρυπαντικών παραμέτρων, μερικές μάλιστα από τις οποίες δεν αντιμετωπίζονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας των αποβλήτων. Συγκεκριμένα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων και τις απαιτήσεις σχεδιασμού, γίνεται ταυτόχρονη απομάκρυνση χρώματος, απόσπηση, αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου στα απόβλητα (ανάλογα με την παροχή αποβλήτων και το μέγεθος του αποδέκτη, είναι δυνατό η αύξηση αυτή να μεταφερθεί και στον αποδέκτη) και καταστροφή επικίνδυνων οργανικών ουσιών (μαλαθείο).

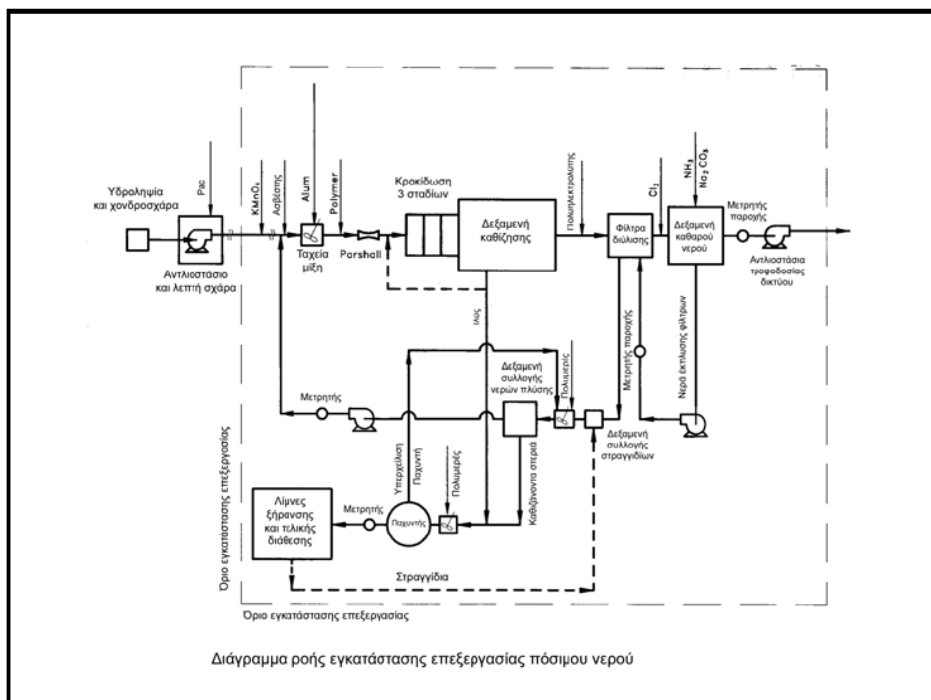
Το κόστος εγκατάστασης των μονάδων όζοντος και U.V. είναι παραπλήσιο, ενώ αυτό των μονάδων χλωρίωσης είναι μικρότερο καθώς δεν συμπεριλαμβάνονται εξελιγμένες τεχνολογικές διατάξεις. Από την άλλη πλευρά το κόστος λειτουργίας των μονάδων όζοντος είναι σαφώς μικρότερο, καθώς η μοναδική απαίτηση είναι ηλεκτρικό ρεύμα (ή και οξυγόνο), ενώ οι μονάδες U.V. εκτός του ηλεκτρικού ρεύματος έχουν μια επιπρόσθετη επιβάρυνση λόγω της ανάγκης συχνού καθαρισμού των λαμπτήρων (από 1 ημέρα έως 3 μήνες, ανάλογα

με το αν είναι ή όχι βυθισμένοι στα λύματα, τα χαρακτηριστικά των λυμάτων και άλλες κατασκευαστικές παραμέτρους). Οι διατάξεις χλωρίωσης είναι προφανές ότι έχουν ένα σημαντικό κόστος προμήθειας των χρησιμοποιούμενων χημικών.

Η απαίτηση εργατικού δυναμικού για τη λειτουργία των μονάδων όζοντος είναι ουσιαστικά μηδενική, καθώς δεν χρειάζεται συνεχή παρακολούθηση, ενώ οι όποιοι περιοδικοί έλεγχοι ή διορθώσεις γίνονται από το υπάρχον προσωπικό βάρδιας. Οι δύο άλλες εγκαταστάσεις απαιτούν κατά κανόνα ένα άτομο βάρδιας κατ' αποκλειστικότητα. Το κόστος υλικών και εργασιών συντήρησης είναι ιδιαίτερα υψηλό στις εγκαταστάσεις U.V., καθώς πέρα από όποιες τακτικές εργασίες συντήρησης η πράξη έχει δείξει ότι απαιτείται αλλαγή των λαμπτήρων περίπου μια φορά το χρόνο. Αυτή η μεγάλη συχνότητα αντικατάστασης ενός τόσο σημαντικού τμήματος της μονάδας επιφέρει δραματική αύξηση του κόστους υλικών. Η συντήρηση των μονάδων όζοντος ακολουθεί το πρόγραμμα συντήρησης όλης της μονάδας και δεν προβλέπονται τακτικές αντικαταστάσεις τμημάτων του εξοπλισμού πριν από χρονικό διάστημα λειτουργίας 5 χρόνων (τα δεδομένα προκύπτουν και από τη λειτουργία μονάδων στον Ελληνικό χώρο). Τα παραπάνω στοιχεία δίνουν σαφές προβάδισμα στη χρήση του όζοντος ως απολυμαντικού μέσου, καθώς εξασφαλίζει τις δύο βασικές απαιτήσεις, αποτελεσματική και μη αντιστρέψιμη απολύμανση και απουσία λειτουργικών κινδύνων και αρνητικών επιδράσεων στον αποδέκτη. Ταυτόχρονα οι οικονομικοί όροι εκτιμώνται ως συμφέροντες, καθώς υπερέρχει αισθητά στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης [15].

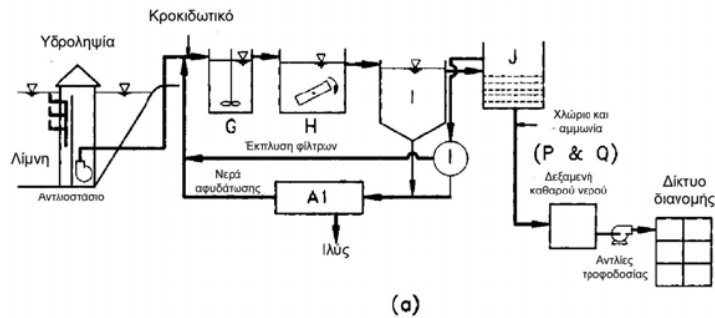
7.3 Επεξεργασία.Ελληνικών υδάτων

Στην Ελλάδα η χλωρίωση εφαρμόζεται από όλες τις Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ). Στις μεγαλουπόλεις, όπου η κατανάλωση νερού είναι πολλαπλάσια, η άντληση ακατέργαστου νερού γίνεται κυρίως από επιφανειακά ύδατα ποταμών ή λιμνών και η χλωρίωση αποτελεί μόνο ένα από τα στάδια της επεξεργασίας του. Ο αριθμός των βημάτων που απαιτούνται εξαρτάται από την ποιότητα του νερού το οποίο εισέρχεται στη μονάδα καθαρισμού. Σε περιοχές με πολύ καθαρές πηγές επιφανειακών υδάτων η επεξεργασία που απαιτείται είναι ελάχιστη. παρακάτω παρουσιάζονται κάποια τυπικά συμβατικά συστήματα επεξεργασίας νερού.



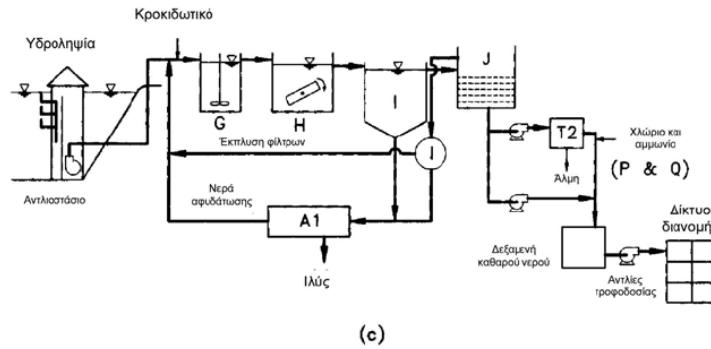
Εικόνα 11 : Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας πόσιμου νερού [13].

Εναλλακτικά σχήματα επεξεργασίας νερού



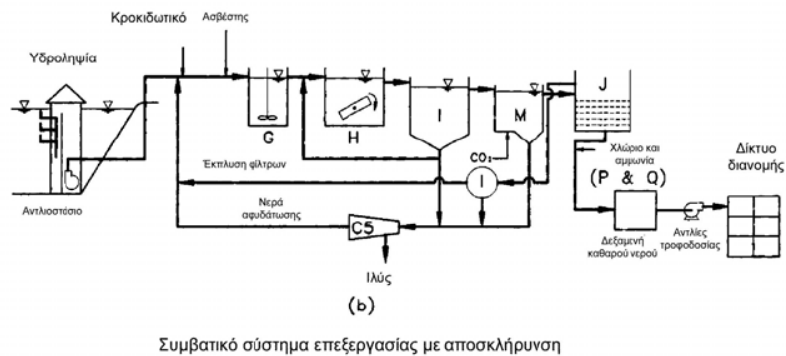
Συμβατικό σύστημα επεξεργασίας νερού

Εικόνα 12 : Συμβατικό σύστημα επεξεργασίας νερού [13].



Συμβατικό σύστημα επεξεργασίας με αφαίρεση διαλυτών με αφαλάτωση

Εικόνα 13 : Συμβατικό σύστημα επεξεργασίας με αφαίρεση διαλυτών με αφαλάτωση [13].



Συμβατικό σύστημα επεξεργασίας με αποσκλήρυνση

Εικόνα 14: Συμβατικό σύστημα επεξεργασίας με αποσκλήρυνση [13].

Η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ) συλλέγει ακατέργαστο νερό από τους ταμιευτήρες Ευήνου, Μόρνου και Μαραθώνα, καθώς και από τη λίμνη

Υλίκης. Το νερό αυτό διοχετεύεται στα τέσσερα διυλιστήρια ύδρευσης Γαλατσίου, Αχαρνών, Πολυδενδρίου και Ασπροπύργου, όπου εκεί ολοκληρώνονται μια σειρά διεργασιών παρόμοιες για τα τέσσερα παραπάνω διυλιστήρια: πρώτα προστίθεται χλώριο και κροκιδωτικό (θειικό αργίλιο) και το νερό διοχετεύεται σε δεξαμενές για τη συσσωμάτωση, κροκίδωση και καθίζηση αιωρημάτων με το κροκιδωτικό. Κατόπιν, το νερό διοχετεύεται σε φίλτρα άμμου, όπου γίνεται η διύλισή του (διήθηση ή φιλτράρισμα), και το φιλτραρισμένο νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενές πριν από τη διοχέτευσή του στο δίκτυο προς κατανάλωση. Μετά τις δεξαμενές αποθήκευσης των διυλιστηρίων, το επεξεργασμένο νερό διοχετεύεται σε αγωγούς, αποθηκεύεται ξανά και μεταχλωριώνεται σε διεσπαρμένες στο λεκανοπέδιο δεξαμενές αποθήκευσης.

Πάντως, η πρόσθεση κροκιδωτικού είναι αναγκαία για τη συσσωμάτωση των αιωρημάτων σε μεγαλύτερα συσσωματώματα, με μέγεθος ικανό ώστε να συγκρατηθούν από την άμμο των φίλτρων. Το ακατέργαστο νερό περιέχει οργανική ύλη προερχόμενη από ζώντες ή νεκρούς οργανισμούς (μην ξεχνάμε πως τα επιφανειακά νερά, δηλαδή λίμνες και ποτάμια, είναι υδάτινοι πόροι-ζωντανά οικοσυστήματα), λάσπη από τις όχθες και διαλυτά άλατα. Με την κροκίδωση επιτυγχάνεται η μείωση των δυσδιάλυτων αλάτων και μετάλλων, ενώ με την οξειδωτική δράση του χλωρίου διασπώνται οι οργανικές ύλες σε μικρότερου μεγέθους ενώσεις του άνθρακα, καθώς και οξειδώνεται η αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά. Φυσικά, οι δραστηριότητες μέσα σε ένα διυλιστήριο ύδρευσης δεν περιορίζονται στην πρόσθεση κροκιδωτικού και χλωρίου: ο καθαρισμός των φίλτρων, η συμπίκνωση της λάσπης που παράγεται από την καθίζηση και ο ποιοτικός έλεγχος κάθε σταδίου επεξεργασίας είναι στην καθημερινή διάταξη δραστηριοτήτων στο διυλιστήριο. Η ΕΥΔΑΠ, εξάλλου, ως οργανισμός που σέβεται το περιβάλλον, συμμετέχει σε ένα πιλοτικό πρόγραμμα με στόχο τη χρήση της λάσπης αυτής για την παρασκευή τούβλων.

Η εξασφάλιση συγκεκριμένης ποιότητας ύδατος από τα διυλιστήρια μέχρι τη βρύση του καταναλωτή είναι, αναμφίβολα, δύσκολο καθήκον. Μέσα στο διυλιστήριο γίνεται συνεχής έλεγχος σε κάθε στάδιο επεξεργασίας, ο οποίος όμως ξεκινά από τακτικές μετρήσεις παραμέτρων των υδάτινων πόρων γλυκού νερού (ταμιευτήρες Ευήνου, Μόρνου, Μαραθώνα και λίμνη Υλίκης). Στις κυριότερες φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές αυτές παραμέτρους περιλαμβάνονται η θερμοκρασία, η θολερότητα, το διαλυτό οξυγόνο, η σκληρότητα, οι ανόργανες (φωσφορικά, αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά, σίδηρο, χλωριούχα κ.ά.) και οργανικές ουσίες (απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, οργανικά χλωροπαράγωγα κ.ά.), καθώς και οι μικροβιολογικές (εντερόκοκκοι, *escherichia coli*, ολικά βακτηριοειδή, αποικίες κ.ά.).

Η θολερότητα είναι η παράμετρος βάσει της οποίας μετρείται η διαύγεια του νερού. Αυτή προέρχεται από την ύπαρξη στο νερό, σε αιώρηση ή κολλοειδή διασπορά, στερεών σωματιδίων διαστάσεων μεγέθους από ένα εκατομμυριοστό του χιλιοστού έως λίγα χιλιοστά του χιλιοστού (του μέτρου). Τα σωματίδια αυτά είναι, συχνά, οργανικής ή ανόργανης φύσης και προέρχονται από τη διάβρωση του εδάφους των επιφανειακών υδάτων ή από την επίδραση των σιδηροβακτηριδίων στα υλικά κατασκευής του δικτύου διανομής. Το νερό που λαμβάνουμε με πίεση από τη βρύση θολό περιέχει, απλώς, φυσαλίδες νερού οι οποίες εξαφανίζονται (μαζί με τη θολερότητα) έπειτα από λίγα λεπτά της ώρας.

Η σκληρότητα του νερού εκφράζει την τάση του να αποθέτει άλατα (μαγνησίου και ασβεστίου) στα δίκτυα και τις συσκευές τις οποίες διέρχεται. Χαρακτηριστική ένδειξη τυχόν υψηλής σκληρότητας αποτελεί το γεγονός ότι "κόβει" το σαπούνι κατά το πλύσιμο, επειδή σχηματίζονται αδιάλυτα άλατα των λιπαρών οξέων με το ασβέστιο. Τα επιφανειακά νερά έχουν, συνήθως, χαμηλή σκληρότητα, ενώ τα υπόγεια, που έρχονται σε μεγαλύτερη επαφή με πετρώματα, παρουσιάζουν αρκετά μεγαλύτερη. Λόγω της προέλευσης του ακατέργαστου νερού της ΕΥΔΑΠ, το νερό της είναι μαλακό έως μέτριο. Αυτή η πληροφορία ενδιαφέρει τους χρήστες οικιακών πλυντηρίων ρούχων και πιάτων, όπου, ανάλογα με τη σκληρότητα του νερού που κυκλοφορεί στους κάδους και τις σωληνώσεις τους, απαιτείται η αντίστοιχη

ποσότητα αποσκληρυντικού. Η πόση μέτριου (σε σκληρότητα) νερού δεν φαίνεται να ευθύνεται για τη συσσώρευση πετρών στα νεφρά.

Οι μετρήσεις τασιενεργών (δηλαδή απορρυπαντικών), βαρέων μετάλλων, βενζολίου και παραγώγων του πραγματοποιούνται, συχνά, λόγω τυχούσας ρύπανσης των επιφανειακών νερών από ανθρωπογενείς πηγές. Ακόμα πιο συχνές είναι οι μετρήσεις αμμωνίας, νιτρικών, νιτρωδών, σιδήρου, μαγγανίου και άλλων ανόργανων ουσιών. Μάλιστα, η αμμωνία, τα νιτρικά και τα νιτρωδή συμμετέχουν στον κύκλο του αζώτου στη φύση και τα νιτρικά άλατα δεν καθίστανται τοξικά σε μικρές συγκεντρώσεις. Εμπλουτισμός υδάτων σε αμμωνία γίνεται από την έλλειψη διαλυτού στο νερό οξυγόνου και από κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις στην περιοχή του υδροφορέα. Τα νιτρωδή άλατα θεωρούνται τοξικά γιατί συμβάλλουν στη μετατροπή της αιμοσφαιρίνης σε μεθαιμοσφαιρίνη, που δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο στον οργανισμό, με αποτέλεσμα να προκαλούν ακόμα και το θάνατο στα βρέφη. Το χλώριο μετατρέπει τα νιτρωδή και την αμμωνία σε αβλαβή νιτρικά.

Στις παραμέτρους του ελέγχου μετά την επεξεργασία του νερού προστίθενται το χλώριο και τα χλωριοπαραγώγα. Η παρουσία αυξημένων ποσοτήτων χλωρίου στο νερό τού προσδίδει μια δυσάρεστη γεύση, ειδικά το Σεπτέμβριο, οπότε όλοι οι κάτοικοι της πρωτεύουσας, έχοντας συνηθίσει είτε στο μη χλωριωμένο νερό των πηγών της ορεινής Ελλάδας είτε στο εμφιαλωμένο νερό που καταναλώνουμε στα νησιά, διαμαρτυρόμαστε έντονα για την ποιότητα του αθηναϊκού νερού. Πράγματι, τα τηλεφωνήματα διαμαρτυριών σε σχέση με την οσμή του νερού αυξάνουν κατά πολύ το Σεπτέμβριο, μετά τις διακοπές [16].

7.4 Διανομή νερού

Το νερό μετά την επεξεργασία και την απολύμανση στην οποία υπόκειται σύμφωνα με τα ανωτέρω, συνήθως διανέμεται μέσω των δημοτικών ή περιφερειακών αγωγών νερού και καταλήγει στη βρύση του κάθε καταναλωτή.

Μέσω της διανομής του όμως μπορεί να συλλέξει ρύπους που να έχουν ως τελικό αποδέκτη τον άνθρωπο. Οι ρύποι αυτοί προέρχονται είτε από ρωγμές και βλάβες των αγωγών, είτε από το υλικό των σωληνώσεων. Επίσης είναι πιθανόν να προέρχονται από διασταυρούμενες συνδέσεις, π.χ. διασταύρωση γραμμών του αποχετευτικού δικτύου με το δίκτυο υδροδότησης. Επιπλέον το νερό μπορεί να μολυνθεί σε σκουριασμένες δεξαμενές αποθήκευσης ή τaráτρες χωρίς σκεπή καθώς και από την παλαιότητα των σωλήνων του σπιτιού μας όπου το νερό ενδέχεται να κινδυνεύει να μολυνθεί από ουσίες, όπως ο μόλυβδος, καθώς μεταφέρεται στις βρύσες μας κτλ. Ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, ο αμίαντος, το ραδόνιο και άλλοι επικίνδυνοι ρυπαντές περνούν όλοι απαρατήρητοι από το ανθρώπινο μάτι.

Επιπλέον κατά τη διαδικασία επεξεργασίας του νερού συνήθως γίνεται προσθήκη χλωρίου, για να καταστραφούν επικίνδυνοι ιοί και βακτήρια. Ακόμα και σε αυτό το στάδιο το χλώριο μπορεί να αντιδράσει με τη φυσική οργανική ύλη με αποτέλεσμα το σχηματισμό βλαβερών παραπροϊόντων, όπως τριαλογονάνθρακες.

Πιθανοί ρύποι από το δίκτυο διανομής:

Σωματίδια Σκουριά

Πουρί

Βινυλοχλωρίδιο

Μόλυβδος

Μικροοργανισμοί

Ο έλεγχος ποιότητας ύδατος σταματά, κυριολεκτικά, στη βρύση του σπιτιού μας. Είναι βέβαια κατανοητό ότι η διασφάλιση της ποιότητας του πόσιμου νερού είναι δύσκολη και κοπιαστική εργασία, στην οποία εφαρμόζονται πολλές αρχές της σύγχρονης βιολογίας και

χημείας, και το ίδιο το έργο όσων αγωνίζονται για τη βέλτιστη παροχή του αγαθού που έχουμε μάθει να απολαμβάνουμε έχει άμεσα αποτελέσματα στην υγεία όλων μας [16].

7.5 Συμπεράσματα για την ποιότητα του πόσιμου νερού στην Ελλάδα

Παρά το γεγονός ότι η ελληνική νομοθεσία ορίζει με σαφήνεια τα όρια ποιότητας του πόσιμου νερού (με βάση την αντίστοιχη Κοινοτική Οδηγία 80/778), καθώς και τον επιβαλλόμενο τρόπο ελέγχου (συχνότητα δειγματοληψίας και είδος αναλύσεων), στην πράξη διαπιστώνεται ότι υπάρχουν πολλά κενά στην εφαρμογή της. Οι κυριότεροι λόγοι είναι :

- η έλλειψη εναλλακτικής πηγής ύδρευσης, που αναγκάζει τους Δήμους και τις αρμόδιες Δημοτικές Επιχειρήσεις να τροφοδοτούν το δίκτυο με νερό που δεν είναι πάντα σύμφωνο με τις προδιαγραφές της νομοθεσίας.
- η έλλειψη οικονομικών πόρων για την αντιμετώπιση των δαπανών επεξεργασίας του νερού
- η έλλειψη της απαιτούμενης υποδομής για την οργάνωση των απαιτούμενων δειγματοληψιών και αναλύσεων

Τυπικά παραδείγματα φαινομένων του είδους αυτού είναι τα εξής:

1) Περιοχή αρμοδιότητας ΕΥΔΑΠ (Αττική)

Λόγω του μεγάλου μήκους του δικτύου, σε απομακρυσμένα σημεία (Σούνιο) το νερό δεν έχει την απαιτούμενη ποσότητα υπολειμματικού χλωρίου, με κίνδυνο διάδοσης επιδημιών στον καταναλωτή (τύφος, χολέρα). Αντίθετα, στην αρχή του δικτύου μπορεί να εμφανίζεται 8-16 φορές υπερχλωριωμένο το νερό, με συνέπεια παραγωγή επιβλαβών για την υγεία (καρκινογόνων) χλωροπαραγώγων. Ορισμένοι οικισμοί τροφοδοτούνται μέσω ενδιάμεσης αποθηκευτικής-αναρρυθμιστικής δεξαμενής και όχι απ' ευθείας από το δίκτυο, χωρίς την πρόβλεψη ελέγχων και απολύμανσης. Κάποιοι δήμοι ενισχύουν το νερό της ΕΥΔΑΠ με νερό δικών τους πηγών ή γεωτρήσεων, που δεν είναι κατάλληλο για πόσιμο.

2) Υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα

Λόγω απρογραμματίστης υπεράντλησης παρατηρείται συνεχώς εντεινόμενη διείσδυση του θαλάσσιου νερού στον υπόγειο ορίζοντα των γεωτρήσεων, με συνέπεια το νερό ύδρευσης να έχει μεγάλες συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων (αγωγιμότητα), κυρίως χλωριόντων και υψηλής σκληρότητας. Τέτοια φαινόμενα παρατηρούνται στην περιοχή του Άργος, η Χαλκιδική, η Αίγινα, η Ζάκυνθος και πολλά άλλα νησιά και παραθαλάσσια μέρη.

Σε άλλες περιπτώσεις το νερό προέρχεται από γεωτρήσεις σε γυψούχα εδάφη, με αποτέλεσμα απαγορευτικές συγκεντρώσεις θειικών ιόντων στο πόσιμο νερό, που στην Κέρκυρα υπερβαίνει τα 1000 PPM, με ανώτατο επιτρεπτό όριο τα 250 PPM.

3) Πόλεις σε καλλιεργούμενες πεδιάδες

Τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες φθάνουν μέχρι τον υπόγειο ορίζοντα, ή τα επιφανειακά νερά, με συνέπεια την έντονη παρουσία στο πόσιμο νερό νιτρικών αλάτων, κάποτε και φυτοφαρμάκων. Έτσι, στην Λάρισα και την Λοκρίδα η περιεκτικότητα σε νιτρικά φθάνει τα 180 PPM αντί του μέγιστου επιτρεπτού των 50 PPM, περιεκτικότητα που είναι δυνατόν να προκαλέσει θάνατο σε βρέφη, ή καρκίνο του γαστρικού συστήματος.

Υπολείμματα οργανοφωσφορικών φυτοφαρμάκων έχουν βρεθεί στην περιοχή της Κωπαΐδος.

4) Μικροί οικισμοί και χωριά

Σε πολλές περιπτώσεις η πηγή ή γεώτρηση έχει μολυνθεί από λύματα άλλων οικισμών ή κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, με αποτέλεσμα κρούσματα ασθενειών, χωρίς να υπάρχει η οργάνωση ελέγχου και δυνατότητα αποτελεσματικής απολύμανσης (π.χ. χωριά Νομού Ρεθύμνης).

5) Προβλήματα από την κακή χλωρίωση

Πολύ συχνά η χλωρίωση γίνεται με πρόχειρα μέσα και όχι κατά τρόπο συνεχή, έτσι ώστε συχνά παρατηρούνται φαινόμενα είτε υποχλωρίωσης (ατελής απολύμανση) είτε υπερχλωρίωσης, που προκαλεί παραγωγή επιβλαβών για την υγεία χλωροπαραγώγων (με βάση έρευνα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων). Σε αρκετές περιπτώσεις δεν γίνεται καθόλου χλωρίωση, ενώ αλλού η χλωρίωση γίνεται στις δεξαμενές, αλλά όχι στο δίκτυο, όπως απαιτείται από τους κανονισμούς.

6) Προβλήματα από κακή ποιότητα δικτύων

Παρουσία σιδήρου σε ποσότητες μέχρι και 10 φορές άνω του επιτρεπτού ορίου, που όχι μόνο επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αλλά και προκαλούν προβλήματα υγείας στους καταναλωτές (π.χ. Λοκρίδα και γύρω χωριά).

Η τεκμηρίωση των παρατηρήσεων αυτών στηρίζεται όχι μόνο σε τακτικά δημοσιεύματα στον τύπο, αλλά και σε ερευνητικές εργασίες και αναλύσεις επισήμων και ιδιωτικών φορέων. Από τον μεγάλο όγκο των διαθέσιμων στοιχείων, επισυνάπτονται επιλεκτικά, σαν παραδείγματα.

α. Αποσπάσματα από έρευνα του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας και του περιοδικού Ταχυδρόμος, του 1992, με θέμα: "Επεξεργασία και αξιολόγηση μετρήσεων δειγμάτων πόσιμου νερού Δήμων της Ελλάδας".

β. Αποσπάσματα από μελέτη της Νομαρχίας Ρεθύμνης, του 1990, με θέμα: "Αναγνώριση, καταγραφή και αντιμετώπιση της μόλυνσης και ρύπανσης στον Νομό Ρεθύμνης".

γ. Αναλύσεις ειδικευμένων ιδιωτικών εργαστηρίων από πόσιμα νερά διάφορων ελληνικών πόλεων.

δ. Χαρακτηριστικές καταγγελίες καταναλωτών από ελληνικές πόλεις [17].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

8.1 Άλλοι τρόποι καθαρισμού του νερού

Οι τρόποι, που κατά καιρούς οι άνθρωποι καταφεύγουν, ώστε να χρησιμοποιούν όσο το δυνατόν καθαρό νερό είναι:

1. Χρήση εμφιαλωμένου νερού.
2. Χρήση βρασμού.
3. Χρήση φίλτρων νερού [18].

8.1.1 Βρασμός

Ο βρασμός είναι ένας άλλος τρόπος καθαρισμού του νερού. Είναι η πιο απλή μέθοδος, και σ' αυτή καταφεύγουν κυρίως οι οικογένειες με νεογέννητα. Το νερό βράζει για 20 λεπτά κι έτσι καταστρέφονται κάποια από τα βλαβερά μικρόβια (βακτήρια, ιοί, κύστες πρωτοζώων) που βρίσκονται σε αυτό. Ωστόσο με τη μέθοδο αυτή δεν αφαιρούνται τα σωματίδια και πολλές από τις οργανικές και ανόργανες χημικές ενώσεις. Αντίθετα, με την εξάτμιση του νερού η συγκέντρωση πολλών ουσιών αυξάνεται. Δεν βελτιώνει τη γεύση, το χρώμα ή την οσμή, ενώ σίγουρα δεν είναι καθόλου πρακτικό αφού απαιτεί πολύ χρόνο και ενασχόληση.

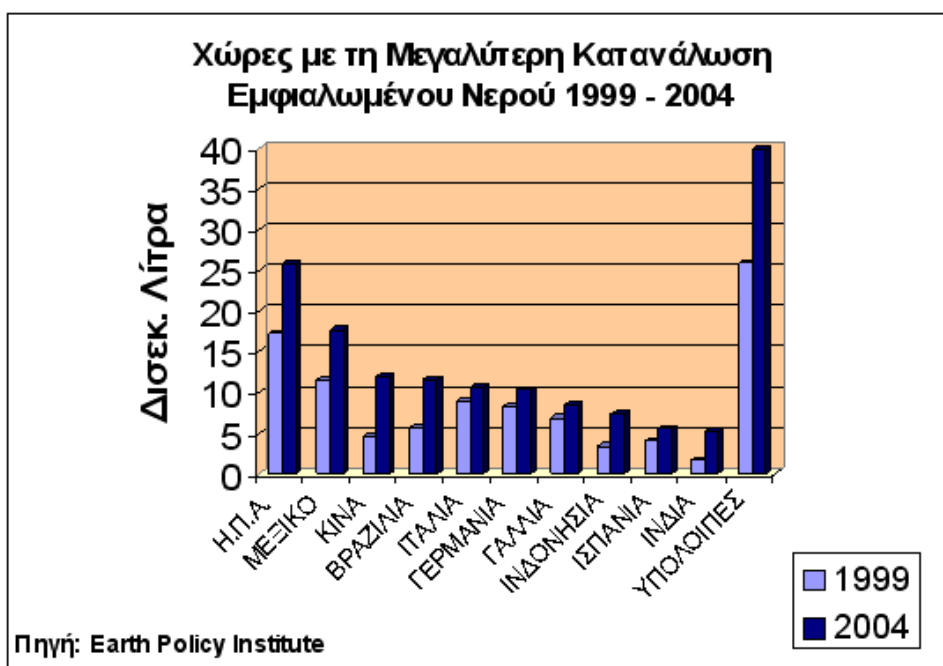
8.1.2 Εμφιαλωμένο νερό

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των Ηνωμένων Εθνών, αν διαθέταμε τα μισά από όσα ξοδεύουμε σήμερα για εμφιαλωμένο νερό σε έργα και προγράμματα ύδρευσης, τότε όλοι οι άνθρωποι στον πλανήτη μας θα είχαν πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό. Η παγκόσμια κατανάλωσή του, που τα τελευταία έξι χρόνια έχει υπερδιπλασιαστεί, δυστυχώς επιβαρύνει υπέρμετρα το περιβάλλον του πλανήτη.

Η συσκευασία και η διάθεσή του απαιτούν τεράστιες ποσότητες πετρελαίου, το οποίο ανήκει στα πιο επιβαρυντικά απόβλητα για τον πλανήτη, μιας και η αποσύνθεσή του διαρκεί περίπου 500 χρόνια, ενώ κοστίζει στον καταναλωτή όσο και η αμόλυβδη βενζίνη. Παρόλα αυτά όμως το εμφιαλωμένο νερό κερδίζει συνεχώς, όλο και περισσότερους πιστούς, ακόμα και σε περιοχές όπου το νερό της βρύσης δεν έχει τίποτα να ζηλέψει από το επώνυμο ξαδερφάκι του στο πλαστικό μπουκάλι [19].



Εικόνα 15 : Συσκευασίες εμφιάλωσης.

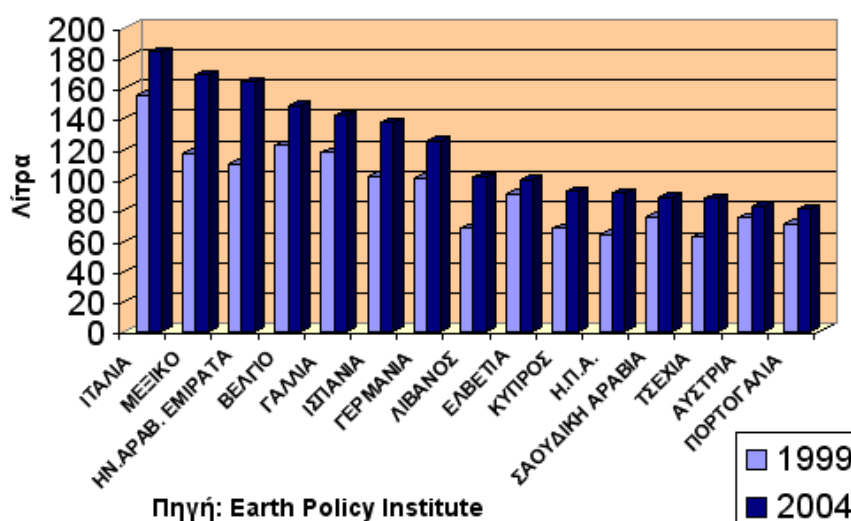


Εικόνα 16 : Χώρες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού 1999 –2004. [20]

Σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση του Ινστιτούτου Πολιτικής για τη Γη (Earth Policy Institute), η παγκόσμια κατανάλωση του εμφιαλωμένου νερού το 2004 έφτασε τα 154 δισεκατομμύρια λίτρα, ενώ το 1999 ήταν 98 δισεκατομμύρια. Μεγαλύτεροι καταναλωτές φυσικά, που προτιμούν να ξεδιψούν με εμφιαλωμένο νερό είναι οι Η.Π.Α. Στη δεύτερη θέση βρίσκεται το Μεξικό και ακολουθούν η Κίνα και η Βραζιλία.

Οι χώρες της Ε.Ε. είναι σαφώς μεγάλοι καταναλωτές, γιατί πολλοί Ευρωπαίοι θεωρούν ότι το εμφιαλωμένο νερό ωφελεί την υγεία λόγω των ιχνοστοιχείων που περιέχει σε μεγαλύτερες ποσότητες σε σχέση με το νερό της βρύσης. Στην κατά κεφαλήν κατανάλωση τα πρωτεία κατέχουν οι Ιταλοί.

Κατά Κεφαλήν Κατανάλωση Εμφιαλωμένου Νερού 1999 & 2004



Εικόνα 17 : Κατά κεφαλήν κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού 1999 –2004. [20]

Μεγάλη προτίμηση βέβαια προς το εμφιαλωμένο νερό δείχνουν και πολλοί Έλληνες. Σύμφωνα με στοιχεία της ICAP (Εταιρία Οικονομικών Πληροφοριών, Εκδόσεων και Συμβούλων Επιχειρήσεων) ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης στην κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στη χώρα μας την τελευταία δεκαετία είναι 10%.

Η κατανάλωση των εμφιαλωμένων νερών επηρεάζεται άμεσα από τις καιρικές συνθήκες και την τουριστική κίνηση, με συνέπεια μεγάλο μέρος των πωλήσεων των εν λόγω προϊόντων να πραγματοποιείται μεταξύ Απριλίου και Οκτωβρίου. Οι συνεχείς ποιοτικοί έλεγχοι που πραγματοποιούνται στα εμφιαλωτήρια, καθώς και οι επενδύσεις από την πλευρά των εταιριών για τη διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων τους, επηρεάζουν θετικά το καταναλωτικό κοινό. Επιπλέον, η ανεπάρκεια ή η κακή ποιότητα του δικτύου ύδρευσης σε ορισμένες περιοχές της χώρας, δημιουργούν μεγαλύτερες ανάγκες για εμφιαλωμένα νερά. Σε περιοχές μάλιστα που η ποιότητα του νερού των δικτύων δεν είναι καλή π. χ Αίγινα, Ζάκυνθο κ.τ.λ., οι κάτοικοι καλύπτουν όλες τις ανάγκες του νοικοκυριού με εμφιαλωμένο νερό.

Δεν είναι τυχαίο λοιπόν ότι κάθε χρόνο καταλήγουν στις χωματερές περισσότερα από ένα δισεκατομμύριο πλαστικά μπουκάλια νερού, παρόλο που κοστίζει 10.000 φορές περισσότερο από το νερό της βρύσης.

Εκτός από την τσέπη του καταναλωτή όμως το εμφιαλωμένο νερό βλάπτει σοβαρά και το περιβάλλον. Κατ' αρχάς η μεταφορά του προϋποθέτει την καύση τεράστιων ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων, εκλύοντας ανάλογη ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου.



Εικόνα 18 : Συσκευασίες εμφιάλωσης.

Σχεδόν το 1/4 της συνολικής ποσότητας εμφιαλωμένου νερού που διακινείται διεθνώς διασχίζει εθνικά σύνορα προκειμένου να φθάσει στους καταναλωτές, μεταφερόμενο με πλοία, τρένα ή φορτηγά, χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Ορυκτά καύσιμα όμως απαιτούνται και για τη συσκευασία του. Οι φιάλες κατά κύριο λόγο κατασκευάζονται από πολυεστέρα τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου το γνωστό PET. Σίγουρα είναι καλύτερο υλικό από το PVC, το οποίο ανακυκλώνεται πολύ δύσκολα, αλλά δεν παύει να είναι παράγωγο του αργού πετρελαίου.

Πιο επιβαρυντική για το περιβάλλον ωστόσο είναι η απόρριψη των χρησιμοποιημένων φιαλών, γιατί ελάχιστες απ' αυτές οδηγούνται στην ανακύκλωση.

Στις ΗΠΑ, έχει υπολογιστεί ότι το 86% των πλαστικών μπουκαλιών νερού καταλήγει στα σκουπίδια. Αλλά και στην Ελλάδα, όπου η ανακύκλωση παραμένει ακόμη άγνωστη έννοια, τα πλαστικά μπουκάλια αντιπροσωπεύουν το 20% των απορριμμάτων, τη στιγμή που στις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε. το αντίστοιχο ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 1% – 3%. Η Ελλάδα συγκαταλέγεται ανάμεσα στις χώρες με το χαμηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης πλαστικού (1%) - σε καμία άλλη χώρα της Δυτικής Ευρώπης το αντίστοιχο ποσοστό δεν είναι μικρότερο του 5%. «Εάν βάλουμε τα πλαστικά μπουκάλια που καταναλώνουμε στην Ελλάδα όρθια το ένα δίπλα στο άλλο, θα καλύψουμε πάνω από τέσσερις φορές την ακτογραμμή της χώρας μας (15.000 χλμ.) και πάνω από μιάμιση φορά την ακτογραμμή όλης της Μεσογείου (45.000 χλμ.)», τόνισε χαρακτηριστικά στην εφημερίδα «Καθημερινή» ο πρόεδρος της Οικολογικής Εταιρείας Ανακύκλωσης κ. Φίλιππος Κυρκίτσος. «Αγοράζουμε εμφιαλωμένο νερό, το οποίο καταναλώνουμε σε ελάχιστο χρόνο και μας μένει η συσκευασία. Το νερό είναι φθηνό, η συσκευασία κοστίζει. Ουσιαστικά δηλαδή αγοράζουμε σκουπίδια». Η καύση των πλαστικών φιαλών δεν ενδείκνυται καθώς παράγει τοξικά υποπροϊόντα, όπως χλώριο και στάχτη που περιέχει βαρέα μέταλλα. Την ίδια ώρα, όμως, η ταφή τους σημαίνει ότι η βιοαποικοδόμησή τους θα καθυστερήσει έως και 1.000 χρόνια. Και υπό συνθήκες χωματερής μπορούν να παραμείνουν κοντά μας για εκατοντάδες χρόνια. Επιπλέον η απόρριψη πλαστικών μπουκαλιών εγκυμονεί μεγάλους κινδύνους όχι μόνο για τον ίδιο τον άνθρωπο, αλλά και για άλλα είδη ζωής του πλανήτη. Από τα πλαστικά πεθαίνουν κάθε χρόνο πάνω από ένα εκατομμύριο μεγάλα πουλιά καθώς και πάρα πολλά θαλάσσια είδη.

Υπάρχουν λύσεις που στοιχίζουν όμως ακριβότερα κι έτσι δεν υιοθετούνται. Για παράδειγμα στο Κολοράντο των ΗΠΑ το νερό εμφιαλώνεται σε ειδικές φιάλες κατασκευασμένες από ένα βιοδιασπώμενο πλαστικό αποκαλούμενο polylactic acid (PLA), το οποίο προέρχεται από το καλαμπόκι. Η εταιρία εμφιάλωσης αναφέρει ότι, κάτω από κατάλληλες συνθήκες, η συσκευασία αυτή διαλύεται σε 75 – 80 μέρες.

Η αλματώδης αύξηση στην κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού, φυσικά, σημαίνει ότι όλο και περισσότερο νερό αντλείται από τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα εργοστάσια των μεγάλων παραγωγών. Όπως αναφέρει στην έκθεσή του το Ινστιτούτο Πολιτικής για τη Γη, η άντληση νερού από την Coca-Cola σε πηγές της Ινδίας για την παραγωγή του εμφιαλωμένου νερού «Dasani» και άλλων ποτών έχει προκαλέσει προβλήματα υδροδότησης σε περισσότερα από 50 χωριά της περιοχής. Ανάλογα κρούσματα έχουν καταγραφεί και εντός των ΗΠΑ, όπως, για παράδειγμα, στο Τέξας και στην περιοχή Great Lakes, όπου οι αγρότες αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην παροχή νερού.

Αξίζει να θυμόμαστε ότι σύμφωνα με το Ινστιτούτο Πολιτικής για τη Γη, το 40% του εμφιαλωμένου νερού δεν είναι τίποτα άλλο από νερό της βρύσης. Η μόνη διαφορά με το τρεχούμενο νερό είναι η προσθήκη μεταλλικών αλάτων, τα οποία δεν έχουν αξιοσημείωτα οφέλη για την υγεία (σε μεγάλες ποσότητες είναι μάλλον επιβλαβή). Σε ελέγχους που έγιναν από τον ΕΦΕΤ (Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων) το 2003 – 2004 από 542 δείγματα 25 εταιρειών, ο μικροβιολογικός έλεγχος έβγαλε ακατάλληλο το 2% των δειγμάτων, ενώ ο χημικός έλεγχος «έκοψε» το 3% των δειγμάτων. Επίσης η υψηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα καθιστά μερικά είδη εμφιαλωμένου νερού ακατάλληλο για πόση από μωρά και παιδιά μικρής ηλικίας.

Τέλος υπάρχουν κάποιοι επιπρόσθετοι λόγοι που μας κάνουν να αμφιβάλουμε για την ποιότητα του εμφιαλωμένου νερού, κι αυτοί είναι οι εξής :

- 1) Πολλές άδειες εμφιάλωσης έχουν δοθεί πριν από πολλά χρόνια.
- 2) Δεν υπάρχει ισχυρό νομοθετικό πλαίσιο που να επιβάλλει την εξέταση του νερό για όλων των ειδών τους μολυντές.
- 3) Συχνά κλείνουν εμφιαλωτήρια λόγω εντοπισμού ακατάλληλου νερού.
- 4) Οι συνθήκες στις οποίες πρέπει να μεταφέρεται και να διοχετεύεται προς πώληση είναι πρώτον σε μέρη σκιερά και δεύτερον κάτω των 18 βαθμών Κελσίου, γιατί σε υψηλότερες

θερμοκρασίες το πλαστικό απελευθερώνει στο νερό επικίνδυνες ενώσεις. Στην ελληνική πραγματικότητα, κανένα σούπερ μάρκετ δεν έχει τον κλιματισμό κάτω από αυτήν την θερμοκρασία. Η λεγεωνέλα είναι ένα βακτηρίδιο που αυξάνεται γρήγορα όταν το νερό διατηρείται σε θερμοκρασία μεταξύ 28 και 40 βαθμών κελσίου [19-3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΦΙΛΤΡΑ ΝΕΡΟΥ

9.1 Φίλτρα νερού οικιακής χρήσης

Η βιομηχανία κατασκευής μέσω αποστείρωσης και φίλτρων αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές επιχειρήσεις με συνεχή και σταθερή ανάπτυξη. Κάθε μια από τις επιχειρήσεις κατασκευής φίλτρων παράγει προϊόντα που καθαρίζουν το νερό συνήθως με συνδυασμό ορισμένων από τις γνωστές μεθόδους επεξεργασίας πόσιμου νερού. Το τελικό αποτέλεσμα πρέπει να είναι η παροχή εύγευστου και καθαρού νερού χωρίς μικροοργανισμούς, μικρόβια ή ιούς. Οι κυριότερες από αυτές τις συσκευές που γενικά είναι γνωστές με τον όρο φίλτρα, χαρακτηρίζονται ως: φίλτρα καθίζησης, φίλτρα ρητινών, φίλτρα ενεργού άνθρακα, φίλτρα διέλευσης από θαλάμους υπεριώδους ακτινοβολίας, βακτηριοστατικά φίλτρα με ενεργό άνθρακα εμβαπτισμένο σε άργυρο, συσκευές μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης, κεραμικά φίλτρα κτλ. Τα φίλτρα που κυκλοφορούν στο εμπόριο συνδυάζουν συνήθως δυο ή περισσότερες από τις πιο πάνω διαδικασίες διήθησης και αποστείρωσης. Κυκλοφορούν ακόμη και πολύ απλά φίλτρα που συγκρατούν μόνο τις αιωρούμενες ύλες όπως σωματίδια, ίνες, μόρια σκουριάς, διαλυμένη άργιλο και γενικά σχετικά ογκώδη σωματίδια που περιλαμβάνονται στο νερό [21].

9.1.1 Η ιστορία των φίλτρων

Η ιστορία της φίλτρανσης, καθώς και γενικότερα αυτή της επεξεργασίας του νερού είναι συνυφασμένη με την ίδια την ιστορία της εξέλιξης του ανθρώπου. Η ανθρώπινη δραστηριότητα ήταν που ανέκαθεν έθετε το μέτρο στην εξέλιξη των μεθόδων φίλτρανσης καθώς όσο αυτή επεκτεινόταν σε όλο και περισσότερους τομείς ανά τους αιώνες, τόσο η χρήση των φίλτρων νερού γινόταν και πιο απαραίτητη προκειμένου να ικανοποιήσει έτσι την πάγια ανάγκη του ανθρώπου για καθαρό και αγνό πόσιμο νερό.

Απόδειξη για το ότι το νερό ανέκαθεν επηρέαζε τα μέγιστα το πολιτισμό γίνεται εύκολα αντιληπτό από την παρατήρηση ότι οι πρώιμοι πολιτισμοί εγκαταστάθηκαν και αναπτύχθηκαν γύρω από τις πηγές νερού. Η εξέλιξη των φίλτρων νερού είναι μακρά και αξιοσημείωτη και ορισμένοι απ' τους ιστορικούς υποστηρίζουν ότι αυτή η προσπάθεια ξεκίνησε πριν από 4.000 χρόνια καθώς, σύμφωνα με πηγές, οι πρώτες καταγεγραμμένες προσπάθειες φίλτρανσης του νερού χρονολογούνται από το 2.000 π.Χ.. Αυτό τουλάχιστον προκύπτει από σανσκριτικές γραφές που έχουν βρεθεί και που περιγράφουν μεθόδους εξάγνισης του νερού. Αυτές οι μέθοδοι περιελάμβαναν την απλή βράση του νερού ή το πέρασμά του από άμμο και από κάποια υποτυπώδη φίλτρα που περιείχαν άνθρακα. Ωστόσο, οι γραφές αυτές τονίζουν ότι το ισχυρότερο κίνητρο για τη φίλτρανση του νερού ήταν η βελτίωση της γεύσης του καθώς, όπως πιστευόταν, το νερό αρκούσε να είναι εύγευστο για να είναι και καθαρό. Οι άνθρωποι της εποχής δεν συσχέτιζαν το ακάθαρτο νερό με τις ασθένειες και ούτε βέβαια διέθεταν την τεχνολογία για να αναγνωρίσουν την ύπαρξη άγευστων αλλά βλαβερών για τον άνθρωπο οργανισμών στο νερό.

Όπως έχει προκύψει από άλλες παραστάσεις από την Αίγυπτο του 13ου και 15ου αιώνα π.Χ., οι τεχνικοί είχαν ήδη φτιάξει συσκευές ιζηματοποίησης που περιελάμβαναν και σύστημα σιφωνισμού του νερού με σκοπό την απαλλαγή του από τα διάφορα σωματίδια. Από την άλλη, αρχαιολογικά ευρήματα στην αμερικανική ήπειρο, καταδεικνύουν ότι και ο αρχαίος πολιτισμός των Μάγια χρησιμοποιούσε τόσο υδραγωγεία όσο και κάποιες υποτυπώδεις διατάξεις φίλτρανσης του νερού.

Σημαντική όμως ήταν η εξέλιξη των φίλτρων που έλαβε χώρα και στην Ελλάδα. Ο πατέρας της ιατρικής Ιπποκράτης διεξήγαγε αρκετά πειράματα πάνω στην εξάγνιση του νερού. Παρόλο που ο ίδιος πίστευε ότι η καλή γεύση του νερού εγγυάται και την καθαρότητά του, όπως έχει καταγραφεί σχετικά, αναγνώριζε ότι το νερό των υδραγωγείων της εποχής απείχε κατά πολύ από τον επιθυμητό βαθμό καθαρότητας και έτσι σχεδίασε κάποιο φίλτρο για την εξάγνιση του νερού που χρησιμοποιούσε στους ασθενείς του. Επρόκειτο για ένα υφασμάτινο

φίλτρο μέσα από το οποίο περνούσε νερό που είχε βράσει. Το φίλτρο αυτό κατακρατούσε κάποια στοιχεία στα οποία οφειλόταν η κακή γεύση του νερού.

Αιώνες αργότερα και σε ευρωπαϊκό επίπεδο πλέον, η έξοδος από τον μεσαίωνα σηματοδότησε και την «έκρηξη» της εφευρετικότητας. Αυτό το γεγονός πιστοποιείται από το ότι πάμπολλες εφευρέσεις εκείνης της περιόδου έθεσαν τα θεμέλια για την τεχνική πρόοδο του σημερινού πολιτισμού. Μια από αυτές τις εφευρέσεις που επηρέασαν σημαντικά και την εξέλιξη των φίλτρων ήταν αυτή του μικροσκοπίου.

Το 1680 ο ολλανδός Άντον βαν Λίβενχοκ εξέλιξε το μικροσκόπιο που υποτυπωδώς είχε ήδη κάνει την εμφάνισή του, καταφέροντας να επιτύχει μεγεθύνσεις της τάξης του 270 X. Αυτή η εξέλιξη επηρέασε κατά πολύ την μελέτη της καθαρότητας του νερού, δεδομένου ότι οι επιστήμονες μπορούσαν πλέον να δουν μικροοργανισμούς σε νερό που προηγουμένως πίστευαν ότι είναι καθαρό. Το 1685 ο Ιταλός Αντώνιο Πόρτζιο σχεδίασε το πρώτο πολλαπλό φίλτρο, που περιελάμβανε ιζηματοποίηση και φίλτρανση από άμμο και το οποίο είχε δύο θαλάμους, έναν για την ανοδική και έναν για την καθοδική ροή του νερού. Το 1746 ο παριζιάνος επιστήμονας Ζοζέφ Αμί απέκτησε την πρώτη πατέντα σχεδιασμού και υλοποίησης φίλτρου και μέχρι το 1750 τα φίλτρα παραγωγής του μπορούσαν να αγοραστούν για σπιτική χρήση. Τα φίλτρα αυτά χρησιμοποιούσαν σφουγγάρι, κάρβουνο και μαλλί.

Στα μέσα του 1800, ο βρετανός επιστήμονας Τζον Σνόου χρησιμοποίησε μικροσκόπιο για να τεκμηριώσει την ύπαρξη βακτηρίων χολέρας στο νερό του Λονδίνου και ειδικότερα σ' αυτό που προερχόταν από τη αντλία της Μπρόαντ Στριτ (βλέπε «Θερμοϋδραυλικό» Οκτώβριος 2004, σ. 82). Οι παρατηρήσεις και οι προτροπές του προς τις αρχές οδήγησαν στην τοποθέτηση φίλτρων άμμου σε πάρα πολλά σημεία και αυτή η κίνηση θεωρείται ως από τις πρώτες θεσμοθετημένες προσπάθειες εξάγνισης του νερού μιας ολόκληρης πόλης. Το 1804, στο Πέισλυ της Σκωτίας ολοκληρώθηκε μια από τις πρώτες εγκαταστάσεις παροχής νερού και μέσα σε τρία χρόνια, φιλτραρισμένο νερό παρεχόταν απευθείας με σωληνώσεις μέχρι την μεγάλη σκωτσέζικη πόλη της Γλασκόβης. Την ίδια περίοδο, το 1806, ένα μεγάλο συγκρότημα επεξεργασίας νερού ξεκίνησε τη λειτουργία του στο Παρίσι. Τα φίλτρα της μονάδας αποτελούνταν από άμμο και άνθρακα και αντικαθίσταντο κάθε έξι ώρες. Άλογα που δούλευαν σε βάρδιες έθεταν σε κίνηση τις αντλίες ενώ το νερό καταλάγιαζε για δώδεκα ώρες πριν υποστεί φίλτρανση.

Σημαντικές ήταν οι πρόοδοι που συντελέστηκαν στη φίλτρανση του νερού στα τέλη του 19ου αιώνα, καθώς αυτές περιελάμβαναν τη χρήση γρήγορων φίλτρων άμμου, φίλτρων, βελτιωμένων αργών φίλτρων άμμου και τις πρώτες εφαρμογές χλωρίου και όζοντος για την απολύμανση του νερού. Στις αρχές του 20ου αιώνα η χλωρίωση έγινε η πιο δημοφιλής μέθοδος απολύμανσης στις ΗΠΑ και χάρη σ' αυτή οι περιπτώσεις δυσεντερίας, τύφου και χολέρας μειώθηκαν κατακόρυφα. Σημαντική ώθηση στην υπόθεση της φίλτρανσης του νερού και την εξέλιξη των φίλτρων έδωσε και ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος και η επιτακτική ανάγκη που προέκυψε για παροχή νερού στα στρατεύματα όσο αυτά βρίσκονταν σε άνυδρες περιοχές. Το 1942 η υπηρεσία δημόσιας υγείας των ΗΠΑ υιοθέτησε τα πρώτα στάνταρ για το πόσιμο νερό και το 1957 ενέκρινε τη χρήση φίλτρων μεμβράνης για βακτηριολογική ανάλυση.

Όπως φαίνεται, τα φίλτρα νερού είναι αυτά που ο άνθρωπος έχει εμπιστευθεί για τη διαφύλαξη της ποιότητας του νερού που καταναλώνει. Η ιστορία τους είναι μακρά, αλλά προαιώνια είναι και η ανάγκη του ανθρώπου για το «υγρό της ζωής», δηλαδή για καθαρό και εύγευστο νερό. Ειδικά στις μέρες μας που η γενικευμένη ρύπανση φέρνει κάθε λογής ουσίες τόσο στο πιάτο, όσο και στο ποτήρι μας [22].

9.2 Βασικές αρχές λειτουργίας φίλτρων

Η λειτουργία των φίλτρων στηρίζεται σε κάποιες από τις βασικές αρχές επεξεργασίας νερού όπως είναι η ιονταλλαγή, η αντιστροφή όσμωση και η απολύμανση οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

9.2.1 Ιονταλλαγή

Κατιόντα και ανιόντα που είναι ανεπιθύμητα στο νερό, είναι δυνατό να απομακρυνθούν με τη διεργασία της ιονταλλαγής ή της προσρόφησης σε ενεργό αλουμίνα.

Τα κατιόντα που συνήθως απομακρύνονται με ιονταλλαγή, είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το βάριο, το στρόντιο και το ράδιο.

Τα ανιόντα περιλαμβάνουν τα φθοριούχα, τα νιτρικά, τα φουλβικά, τα χουμικά, τα αρσενικικά, τα σεληνικά, τα χρωμικά και τα ανιονικά σύμπλοκα του ουρανίου.

Η ιονταλλαγή γίνεται με τη χρήση στρωμάτων συνθετικών υλικών, η λειτουργία των οποίων είναι παρόμοια με εκείνη των φίλτρων κοκκωδών υλικών (Κεφ. 15). Στα ιονταλλακτικά στρώματα, που καλούνται ρητίνες λόγω της χημικής σύνθεσης τους, ένα ιόν με το οποίο έχει προκορεστεί η ρητίνη εναλλάσσεται με το ανεπιθύμητο ιόν του νερού. Η λειτουργία των ιονταλλακτικών ρητινών είναι διακοπτόμενη και όταν η ρητίνη δεν έχει τη δυνατότητα περαιτέρω ιονταλλαγής, γεγονός που γίνεται αντιληπτό από την ύπαρξη ανεπιθύμητων ιόντων στην έξοδο του στρώματος, γίνεται αναγέννηση.

Οι χρήσιμες αντιδράσεις ιονταλλαγής στις ιονταλλακτικές ρητίνες είναι αμφίδρομες και κατά την αναγέννηση αντιστρέφονται.

Στην απλούστερη περίπτωση το εξαντλημένο ιονταλλακτικό στρώμα αναγεννάται με τη χρήση περίσσειας του ιόντος προκορεσμού. Υπό ιδανικές συνθήκες δεν πρέπει να λαμβάνει χώρα μόνιμη αλλαγή στις ιονταλλακτικές ρητίνες και γενικώς, άλλες αλλαγές πέρα από την αντιστρέψιμη αλλαγή του ιόντος.

Βέβαια, πάντα μερικές μη αντιστρέψιμες δράσεις λαμβάνουν χώρα και το υλικό της ιονταλλακτικής ρητίνης μετά από πολλές χρήσεις πρέπει να αντικαθίσταται.

Η διάρκεια χρήσης ενός ιονταλλακτικού στρώματος πριν την αναγέννηση του, μετράται με τους Όγκους Στρώματος - ΟΣ (Bed Volumes -BV) νερού που έχει διέλθει.

Η τιμή του ΟΣ κυμαίνεται ευρύτατα στον καθαρισμό του νερού. Έχουν αναφερθεί τιμές από 300-60,000. Η αναγέννηση απαιτεί από 1 έως 5 ΟΣ διάλυμα αναγέννησης που ακολουθείται από 2-20 ΟΣ νερού πλύσης. Τα απόβλητα αναγέννησης είναι συνήθως λιγότερο από το 2% του παραγόμενου νερού. Η διάθεση όμως των αποβλήτων αναγέννησης και πλύσης παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα.

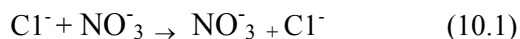
Η κύρια χρήση των ιονταλλακτικών ρητινών εμφανίζεται στην αποσκλήρυνση του νερού, δηλαδή στην απομάκρυνση του ασβεστίου και του μαγνησίου και άλλων πολυσθενών κατιόντων σε ανταλλαγή με Na^+ . Η ιονταλλακτική αποσκλήρυνση του νερού ύδρευσης εφαρμόζεται είτε στο επίπεδο νοικοκυριού είτε σ' όλη την ποσότητα του νερού ύδρευσης μιας περιοχής. Μερικές φορές χρησιμοποιείται για την αποσκλήρυνση ενός τμήματος του οικιακού δικτύου, όπως π.χ. του ζεστού νερού.

Πάντως η κύρια χρήση των ιονταλλακτικών ρητινών είναι η αποσκλήρυνση του βιομηχανικού νερού για την τροφοδοσία των λεβήτων παραγωγής ατμού ή άλλων βιομηχανικών χρήσεων και σπάνια εφαρμόζεται στο νερό ύδρευσης.

Τα ιόντα του ραδίου και του βαρίου είναι ευκολότερα ανταλλάξιμα στις ιονταλλακτικές ρητίνες απ' ό,τι αυτά του ασβεστίου και του μαγνησίου και επομένως κατά την αποσκλήρυνση του νερού με ιονταλλαγή απομακρύνονται και τα ιόντα αυτά. Ιονταλλακτικές ρητίνες ανιόντων, που περιέχουν χλωριόντα, χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή νιτρικών, αρσενικικών, χρωμικών και σεληνικών ανιόντων. Η ενεργός αλουμίνα χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των φθοριόντων από το πόσιμο νερό [23].

9.2.1.1 Ισορροπία ιονταλλαγής

Οι ιονταλλακτικές ρητίνες δεν προσροφούν όλα τα ιόντα ισοδύναμα. Η διαφοροποίηση στην προτίμηση της προσρόφησης συχνά εκφράζεται ποιοτικά με ένα πίνακα σχετικής προσροφητικότητας ή ποσοτικά με ένα συντελεστή διαχωρισμού α_{ij} ή ένα συντελεστή εκλεκτικότητας K_{ij} για δυαδικά συστήματα. Η εκλεκτικότητα της προσρόφησης ενός συγκεκριμένου ιόντος καθορίζει τη χρονική διάρκεια του κύκλου ιοντοεναλλαγής μεταξύ δυο αναγεννήσεων. Εάν δεχτούμε το απλούστερο παράδειγμα της ανταλλαγής των Cl^- για NO_3^- σε μια ανιονική ιοντοεναλλακτική ρητίνη, έχουμε την ισορροπία της εξίσωσης :



Ο συμβολισμός της γραμμής, πάνω από τα ιόντα σημαίνει ότι τα ιόντα αυτά βρίσκονται συνδεδεμένα στη ρητίνη. Δεν είναι σε διάλυση.

$$K = \frac{(NO_3^-)(Cl^-)}{(Cl^-)(NO_3^-)} \quad (10.2)$$

όπου (), σημαίνει ενεργότητες των ιόντων. Στην πράξη χρησιμοποιούνται οι συγκεντρώσεις, γιατί μετρούνται ευκολότερα. Ο συντελεστής εκλεκτικότητας $K_{N/Cl}$ περιγράφει την ισορροπία :

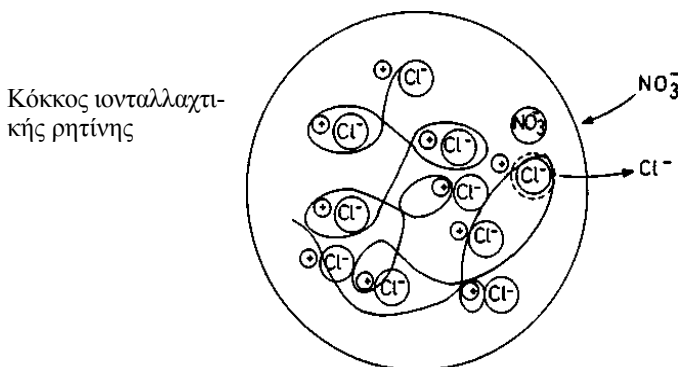
$$K_{N/Cl} = \frac{(NO_3^-)(Cl^-)}{(Cl^-)(NO_3^-)} = \frac{q_n C_{cl}}{q_{cl} C_N} \quad (10.3)$$

όπου, q_n : η συγκέντρωση των NO_3^- στη φάση της ρητίνης, eq/1

C_N : η συγκέντρωση των NO_3^- στη υγρή φάση, eq/1

q_{cl} : η συγκέντρωση των Cl^- στη φάση της ρητίνης, eq/1

C_{cl} : η συγκέντρωση των Cl^- στη υγρή φάση, eq/1



Σχήμα 1: Ανταλλαγή Cl^- για NO_3^-

(Η ιονταλλακτική ρητίνη προσροφά NO_3^- με ταυτόχρονη ελευθέρωση Cl^-).

Ο συντελεστής δυαδικού διαχωρισμού $\alpha_{N/Cl}$, που χρησιμοποιείται στην χημική μηχανική, μας περιγράφει την ισορροπία ανταλλαγής στις ιονταλλακτικές ρητίνες:

$$\alpha_{i/j} = \frac{\text{κατανομή του ιόντος } i \text{ μεταξύ των φάσεων} = y_i/x_i}{\text{κατανομή του ιόντος } j \text{ μεταξύ των φάσεων} = y_j/x_j} \quad (10.4)$$

όπου y : στέρεα φάση της ρητίνης
 x : υγρή φάση του διαλύματος

Για την περίπτωση νιτρικών / χλωριόντων έχουμε:

$$A_{n/Cl} = \frac{y_N/x_N}{y_{Cl}/x_{Cl}} = \frac{y_N x_{Cl}}{y_{Cl} x_N} = \frac{(q_N/q)(C_{Cl}/C)}{(C_N/C)(q_{Cl}/q)} = \frac{q_N C_{Cl}}{q_{Cl} C_N} \quad (10.5)$$

όπου y_N , ισοδύναμο κλάσμα των νιτρικών στη ρητίνη, q_N/q
 y_{Cl} , ισοδύναμο κλάσμα των χλωριόντων στη ρητίνη, q_{Cl}/q
 x_N , ισοδύναμο κλάσμα των νιτρικών στο νερό, C_N/C
 x_{Cl} , ισοδύναμο κλάσμα των χλωριόντων στο νερό, C_{Cl}/C
 q , ολικό ιονταλλακτικό δυναμικό της ρητίνης, eq/l
 C , ολική ιονική συγκέντρωση του νερού, eq/l

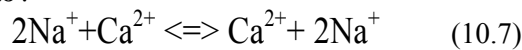
Οι εξισώσεις 10.3 και 10.5 δείχνουν ότι για ένα σύστημα ομοιοσθενικής ανταλλαγής, δηλαδή μονοσθενές/μονοσθενές ή δισθενές/δισθενές, ο συντελεστής διαχωρισμού και ο συντελεστής εκλεκτικότητας είναι ισοδύναμοι :

$$K_{N/Cl} = a_{N/Cl} = \frac{q_N C_{Cl}}{q_{Cl} C_N} \quad (10.6)$$

Όταν ο συντελεστής διαχωρισμού είναι μεγαλύτερος της μονάδος π.χ. $a_{N/Cl} > 1$, το ιόν της αριθμητικής εξίσωσης 10.5, που είναι τα νιτρικά, θα συγκεντρώνεται στη στερεά φάση της ρητίνης αντικαθιστώντας τα χλωριόντα για να ικανοποιηθεί η ισορροπία.

Στο σχήμα 2. παρουσιάζεται η κατανομή των νιτρικών και χλωριόντων μεταξύ των δύο φάσεων. Παρουσιάζεται επίσης και η κατανομή των όξινων ανθρακικών και χλωριόντων, όπου φαίνεται ότι η αντικατάσταση των Cl^- από τα HCO_3^- δεν ευνοείται $a_{HCO_3^-/Cl^-} < 1$.

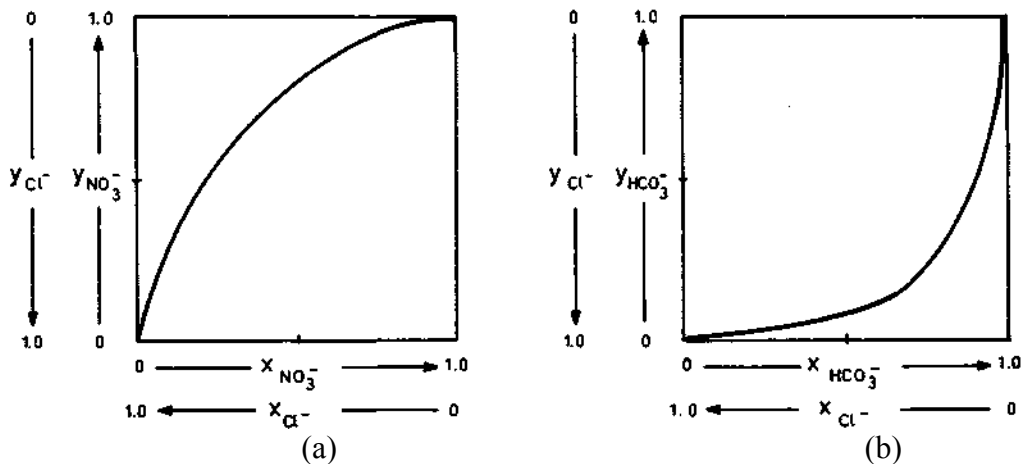
Για την ανταλλαγή ιόντων με ανόμοια σθένη ο συντελεστής διαχωρισμού δεν είναι ίσος με το συντελεστή εκλεκτικότητας. Εάν θεωρήσουμε την περίπτωση της ανταλλαγής κατά την αποσκλήρυνση του νερού, έχουμε :



$$\text{και } K_{Ca/Na} = \frac{q_{Ca} C_{Na}^2}{C_{Ca} q_{Na}^2} \quad (10.8)$$

$$a_{ij} = a_{Ca/Na} = \frac{y_i/x_i}{y_j/x_j} = \frac{(q_{Ca}/q)(C_{Na}/C)}{(C_{Ca}/C)(q_{Na}/q)} = \frac{q_{Ca} C_{Na}}{q_{Na} C_{Ca}} \quad (10.9)$$

$$\text{και } a_{ij} = K_{Ca/Na} \frac{(q/C)}{(X_{Na}/Y_{Na})} \quad (10.10)$$



Σχήμα 2: (α) Ισόθερμες για την ανταλλαγή νιτρικών/χλωριόντων.

(β) Ισόθερμες για την ανταλλαγή όξινων ανθρακικών/ χλωριόντων.

Η σημασία των εξισώσεων αυτών είναι ότι ο συντελεστής διαχωρισμού στις ανταλλαγές δισθενούς/μονοσθενούς εξαρτάται από τη συγκέντρωση του διαλύματος C και από την αναλογία κατανομής y_{Na}/x_{Na} . Όσο μεγαλώνει η συγκέντρωση του διαλύματος, μικραίνει ο συντελεστής διαχωρισμού και η εκλεκτικότητα τείνει να αντιστραφεί υπέρ του μονοσθενούς ιόντος.

Η σειρά εκλεκτικότητας περιγράφει τη σειρά προτίμησης των ιόντων ως προς μια ρητίνη. Στον Πίνακα 10. παρουσιάζεται η σειρά εκλεκτικότητας ορισμένων ιόντων [23].

Πίνακας 10: Μειωμένη εκλεκτικότητα - προτίμηση προσρόφησης (Με την ευγενή άδεια της Mc Graw-Hill, Gilford D.A., Wafer Quality and Treatment, 4th Edition, 1990).

Κατιόν	O-y	Ανιόν	/a
Ra²⁺	13.0	CrO ⁻	100.0
Ba²⁺	5.8	SeO ²⁻	17.0
Pb²⁺	5.0	SO ²⁻	9.1
Sr²⁺	4.8	HSO ⁻	4.1
Cu²⁺	2.6	NO ⁻	3.2
Ca²⁺	1.9	Br	2.3
Zn²⁺	1.8	HASO ⁴⁻	1.5
Fe²⁺	1.7	SeO ³⁻	1.3
Mg²⁺	1.67	HSO ³⁻	1.2
K⁺	1.76	NO ⁻	1.1
Mn²⁺	1.6	ci ⁻	1.0
NH ₄ ⁺	1.3	HCO ₃ ⁻	0.27
Na ⁺	1.0	CH ₃ COO ⁻	0.14
H ⁺	0.67	F ⁻	0.07

9.2.1.2 Περιορισμοί στη χρήση ιονταλλακτικών ουσιών

- Λειτουργούν μόνο σε υγρή φάση και για περιορισμένες συγκεντρώσεις.
- Δε λειτουργούν ως φίλτρα και δεν απομακρύνουν κολλοειδή, γαλακτώματα ή αιωρούμενα στερεά. Αντίθετα, η λειτουργία αυτή είναι ανεπιθύμητη.
- Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων αερίων μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία.
- Τα οξειδωτικά Cl₂ & O₂ επιδρούν αρνητικά σε ορισμένες ρητίνες.

Οι ιονταλλακτικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην πράξη έχουν κόκκους διαστάσεων 0.3-1.2 mm. Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ρητίνες με κόκκους 5-30 mm [23].

9.2.1.3 Ορισμοί που χρησιμοποιούνται στην ιονταλλαγή

- **Δυναμικότητα ανταλλαγής ενός υλικού ιονταλλαγής :** Είναι το βάρος ιόντων ανά μονάδα όγκου της στήλης ιονταλλαγής και εκφράζεται ως γραμμοϊσοδύναμα ιόντα/λίτρο στήλης.

Διακρίνουμε :

- *Ολική Δυναμικότητα* : Είναι ιδιότητα της ρητίνης και εκφράζει το σύνολο του ιονταλλακτικού δυναμικού που έχει το υλικό.
- *Χρήσιμη Δυναμικότητα* : Το ποσοστό της παραπάνω δυναμικότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια δεδομένη περίπτωση και εξαρτάται από την υδραυλική του συστήματος και τη χημική σύσταση κάθε εφαρμογής.
 - *Όγκος Στρώματος (Bed Volume)* : Είναι ο όγκος του στρώματος του πληρωτικού υλικού. Συνήθως χρησιμοποιείται η αναλογία όγκου υγρού που ιονταλλάσσεται προς τον όγκο της στήλης ανά ώρα ($m^3/(m^3 h)$).
 - *Ροή Ιόντων (Ion flow)* : Είναι το γινόμενο του Όγκου Στρώματος επί την αλατότητα του νερού ($meq/(m^3 h)$), ή το φορτίο που επιβάλλεται στη στήλη.
 - *Αναλογία Αναγέννησης (Regeneration Rate)* : Είναι το βάρος αντιδραστηρίου που χρησιμοποιείται για την αναγέννηση μιας μονάδας όγκου της στήλης του ιονταλλακτικού υλικού (geq/l).
 - *Απόδοση Αναγέννησης (Regeneration Efficiency)* : Δίνεται από την ακόλουθη σχέση :
$$\frac{\text{g.eg.αντιδρ/ίου αναγέννησης}}{\text{g.eg.αντιδρ/ίου που στοιχειομετρικά αντιστοιχεί στα ιόντα που ελκύνονται}}$$

Εκφράζει στην πραγματικότητα το αντίστροφο της απόδοσης της αναγέννησης.
 - *Αιαρροή (Leakage)* : Είναι ο λόγος συγκέντρωσης ιόντων στην έξοδο προς τη συγκέντρωση στην είσοδο [23].

9.2.1.4 Κύριες κατηγορίες ιονταλλακτικών ρητίνων

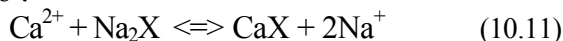
Υπάρχουν δύο κύριες ομάδες :

Ιονταλλάκτες Κατιόντων

Στο μόριο περιέχονται όξινες ρίζες, όπως η θειώδης ή η καρβοξυλική και έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με ανόργανα ή οργανικά κατιόντα.

Η σύνθεση αυτή γίνεται με ανταλλαγή, όπου το κατιόν που προσλαμβάνεται ανταλλάσσεται με άλλο κατιόν που υπάρχει στο μόριο π.χ. Ca^{2+} αντικαθιστά το Na^+ ή το H^+ ή και ολόκληρη τη ρίζα.

Τα ιόντα Na^+ ανταλλάσσονται με ιόντα Ca^{2+} , όταν διάλυμα που τα περιέχει έλθει σε επαφή με το μεγαλομόριο :



Η ανταλλαγή αυτή γίνεται γιατί ακριβώς υπάρχει μια προτίμηση των ιόντων Ca^{2+} έναντι εκείνων του Na^+ .

Οι ιονταλλάκτες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία νερού αποτελούνται από μεγαλο-ιόντα που έχουν φορτία, στα οποία συγκρατούνται ιόντα αντίθετου φορτίου. Ιονταλλάκτες με αρνητικά φορτία είναι ιονταλλάκτες κατιόντων, διότι προσλαμβάνουν θετικά ιόντα. Ιονταλλάκτες με θετικά φορτία είναι ιονταλλάκτες ανιόντων.

Εάν επομένως έχουμε στο αρχικό ιονταλλακτικό υλικό κατιόντα H^+ αντί Na^+ είναι επίσης δυνατή η ιονταλλαγή.

Η εξίσωση 10.11 είναι αντιστρέψιμη. Αυτό σημαίνει ότι αν αυξήσουμε στο διάλυμα τη συγκέντρωση των Na^+ ή των H^+ πέρα από μια τιμή, η ιονταλλαγή αντιστρέφεται και τα μόρια του υλικού προσλαμβάνουν ιόντα Na^+ και H^+ και ελευθερώνουν τα κατιόντα που είχαν συγκρατήσει. Αυτό γίνεται κατά την αναγέννηση των ιονταλλακτικών στηλών όταν κορεστούν, όπως ήδη αναφέρθηκε.

Οι ιονταλλάκτες κατιόντων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι συνθετικά υλικά που παράγονται με τον συμπολυμερισμό του στυρενίου και του διβινυλο-βενζολίου.

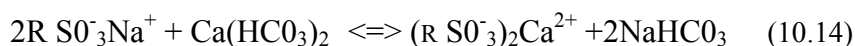
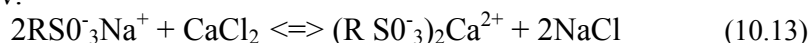
Κατά το συμπολυμερισμό πρέπει να παράγεται μια δομή με χαλαρές διασταυρώσεις, για να είναι δυνατή η διείδυση των μορίων του νερού για την ιονταλλαγή καθώς και για την αναγέννηση. Συγχρόνως όμως απαιτείται μια ισχυρή ρητίνη, όπως ονομάζεται το πολυμερισμένο υλικό, που να μην διαλύεται στο νερό. Οι ιονταλλακτικές ρητίνες είναι αδιάλυτες και έχουν αναμενόμενο χρόνο ζωής 5-10 χρόνια. Για το λόγο αυτό, ο πολυμερισμός είναι θέμα λεπτής ισορροπίας.

Για την παραγωγή της ιονταλλακτικής ρητίνης το παραχθέν πλαστικό (ρητίνη) προσβάλλεται με H₂SO₄, οπότε σουλφονικές ομάδες προσκολλώνται στα μεγαλομόρια δημιουργώντας έτσι τα σημεία ιονταλλαγής.



Οι κατιονικές ρητίνες που διαθέτουν σουλφωμένες ενεργές ρίζες είναι οι *Ισχυρώς Όξινοι Ανταλλάκτες Κατιόντων* (Strong Acid Cation-SAC) IOAK.

Οι ισχυρώς όξινες ρητίνες απαλλάσσουν το νερό απ' όλα τα ιόντα σκληρότητας Ca²⁺, Mg²⁺, Ba²⁺, Sr²⁺ ή Mn²⁺ είτε είναι υπό μορφή όξινων ανθρακικών αλάτων είτε είναι υπό μορφή μη ανθρακικών αλάτων.



Η αναγέννηση γίνεται με πυκνά διαλύματα HCl, οπότε η ρητίνη έχει τη μορφή RSO₃H ή με NaCl, οπότε η ρητίνη έχει τη μορφή RSO₃Na.

Η ρητίνη RSO₃H ονομάζεται ανταλλάκτης υδρογόνου και χρησιμοποιείται για την παραγωγή απιονισμένου νερού.

Οι εξίσωσεις 10.13 και 10.14 είναι οι πιο κοινές αντιδράσεις αποσκλήρυνσης.

Υπάρχουν όμως και οι *Ασθενώς Όξινοι Ανταλλάκτες Κατιόντων* (Weak Acid Cation-WAC) AOAK, με ενεργές ρίζες καρβοξυλικές, HC0₂, και οξύτητες παρόμοιες των οργανικών οξέων. Οι καρβοξυλικοί ανταλλάκτες ελευθερώνουν στο νερό ανθρακικό οξύ και παίρνουν Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ κ.λ.π., που αντιστοιχούν στα δισσάνθρακικά, όπως φαίνεται στην εξίσωση 10.15, αλλά δεν μπορούν να ανταλλάξουν κατιόντα σε ισορροπία με θειικά, χλωριόντα και νιτρικά ιόντα.



Αυτό συμβαίνει γιατί τα καρβοξύλια δεν ιονίζονται στο χαμηλό pH. Η εξίσωση 10.16 δεν μπορεί να λάβει χώρα από ένα pH και κάτω. Εάν το pH κατέβει κάτω από το σημείο διάστασης του καρβοξυλίου (pKa = 4.8) αποκλείεται η δυνατότητα πρόσληψης κατιόντων ασβεστίου.



Ιονταλλάκτες Ανιόντων

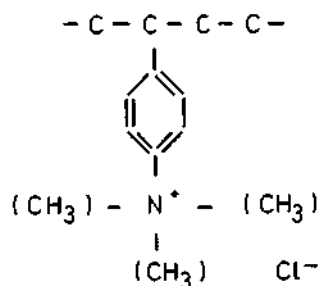
Οι ανιονικές ιονταλλακτικές ρητίνες παράγονται από μια ποικιλία ρητινικών υλικών, που περιλαμβάνει και το συμπολυμερισμένο στυρένιο-διβινυλο-βενζόλιο, που χρησιμοποιείται στους ανταλλάκτες κατιόντων.

Όπως και με τους κατιονικούς ανταλλάκτες, έχουμε δύο γενικές κατηγορίες που χρησιμοποιούνται, δηλαδή ιονταλλάκτες αδύνατης βάσης και ισχυρής βάσης.

Οι λειτουργικές ομάδες ενός ανιονικού ανταλλάκτη είναι αμίνες.

Οι ανταλλάκτες ασθενούς βάσης περιέχουν δευτεροταγείς και τριτοταγείς αμίνες RR'-NH, RR'-N-R'' και μπορούν να προσροφήσουν ισχυρά οξέα.

Οι ανταλλάκτες ισχυρής βάσης περιέχουν τεταρτοταγείς αμίνες RR'R''R'''N⁺C1⁻ και ανταλλάσσουν ανιόντα. Η κοινή τεταρτοταγής ρητίνη είναι της μορφής -R.N (CH₃)₃ C1 ή



Οι *Ισχυρώς Βασικοί Ανταλλάκτες Ανιόντων-IBAA*, (Strong Base Anions-SBA) παρακρατούν το σύνολο των ανιόντων ενός ρεύματος, που προέρχεται από ανταλλάκτη υδρογόνου και έτσι παράγεται πλήρως απιονισμένο νερό :

Οι *Ασθενώς Βασικοί Ανταλλάκτες Ανιόντων ABAA*, (Weak Base Anions-WBA) μπορούν να απομακρύνουν μόνο ισχυρά οργανικά οξέα, όπως HCl, H₂SO₄, HNO₃ χωρίς πρακτική ικανότητα να ανταλλάσσουν ασθενή οξέα, όπως CO₂, SiO₂, και οργανικά οξέα [23].

9.2.1.5 Χρήση ιονταλλακτικών ρητινών

Το ποια ρητίνη ανταλλαγής θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το επιθυμητό αποτέλεσμα. Με τους κατάλληλους συνδυασμούς είναι δυνατό να παραχθεί πλήρως απιονισμένο νερό ή απλώς να μειωθεί η σκληρότητα του νερού, απομακρύνοντας μόνο τα κατιόντα που είναι συνδεδεμένα με τα ανθρακικά ανιόντα. Οι κλασικές περιπτώσεις χρήσης των ιονταλλακτικών ρητινών είναι η αποσκλήρυνση (κατιονική με αναγέννηση NaCl) όπου το παραγόμενο νερό έχει σκληρότητα μηδέν, αλλά το pH και η αλκαλικότητα παραμένουν χωρίς αλλαγή. Εάν προηγηθεί επεξεργασία με υδράσβεστο, απομακρύνονται και τα δισσάνθρακικά και παραμένει μια αλκαλικότητα 2 ως 4 °F (20-40 mg/l).

Και η απομάκρυνση ανθρακικών. Η μέθοδος χρησιμοποιεί καρβοξυλικές ρητίνες μορφής HR. Η αλκαλικότητα είναι μηδέν, αλλά η σκληρότητα είναι TH-TAC. Η σκληρότητα είναι μηδέν, όταν TH=TAC ή TH<TAC. Είναι δυνατό στο ίδιο δοχείο να έχουμε ένα στρώμα καρβοξυλικής ρητίνης και ένα στρώμα σουλφονικής, που αναγεννώνται με ισχυρό οξύ και με NaCl στη σειρά [23].

9.2.1.6 Λειτουργία ιονταλλακτικών ρητινών

(1) Ιονταλλαγή ενός ιόντος - δυαδικό σύστημα

Η λειτουργία των ιονταλλακτικών ρητινών είναι μια διεργασία, όπου η απομάκρυνση των ιόντων δεν είναι σταθερή με το χρόνο. Η στήλη ιονταλλαγής έχει μεταβαλλόμενη απόδοση και ιδιαίτερα κατά το τέλος του κύκλου λειτουργίας παρουσιάζεται μια σταδιακή ή απότομη διαρροή των ιόντων, που επιθυμούμε να συγκρατήσει. Για την κατανόηση της λειτουργίας της ιονταλλακτικής ρητίνης, θεωρούμε κατ' αρχήν την περίπτωση ενός δυαδικού συστήματος. Εάν έχουμε π.χ. καθαρό χλωριούχο ασβέστιο στην υγρή φάση, που αποσκλήρυνεται περνώντας μέσα από μια ρητίνη τύπου RHSO₃⁻Na⁺, γίνεται ιονταλλαγή σύμφωνα με την εξίσωση 10.13 στην αρχή στο πάνω στρώμα της στήλης της ρητίνης. Η ρητίνη μετατρέπεται στην ασβεστούχο μορφή της (RHSO₃⁻)Ca²⁺ και η μετατροπή αυτή γίνεται στη ζώνη ιονταλλαγής.

Η ζώνη αυτή κινείται με το χρόνο από το πάνω μέρος της ρητίνης προς τα κάτω. Παρατηρούμε την ύπαρξη ενός μετώπου ασβεστίου, το οποίο κινείται προς τα κάτω μέχρι να φθάσει στην έξοδο, οπότε συμβαίνει διαρροή ιόντων ασβεστίου. Η στήλη έχει κορεστεί και

δεν υπάρχει διαθέσιμη ρητίνη νατρίου για ιονταλλαγή. Η εμφάνιση ιόντων ασβεστίου στην έξοδο συνοδεύεται και από τη μείωση ιόντων νατρίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.

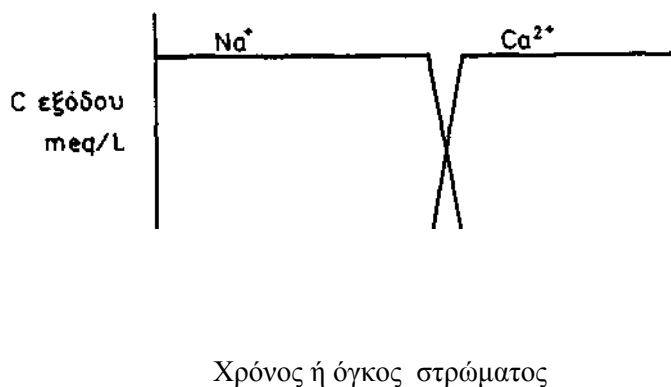
Στις ιονταλλαγές ενός μόνο ιόντος η συγκέντρωση του στην έξοδο δεν είναι ποτέ μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση στην είσοδο.

Η εμφάνιση των ιόντων ασβεστίου στην έξοδο, όπως φαίνεται στο σχήμα 3., είναι οξεία, δηλαδή συμβαίνει σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Η οξύτητα αυτή γενικά οφείλεται στην ισορροπία ανταλλαγής (εκλεκτικότητα) και στην κινητική της αντίδρασης ανταλλαγής.

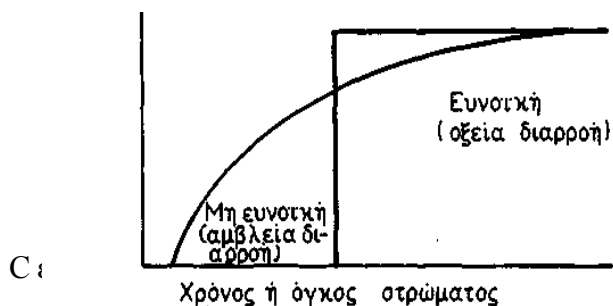
Η ανταλλαγή των ιόντων Na^+ από εκείνα του Ca^{2+} λαμβάνει χώρα άμεσα. Παρ' όλα αυτά ατέλειες στη μεταφορά μάζας μπορεί να προκαλέσουν τη δημιουργία μιας διάσπαρτης ζώνης ιονταλλαγής.

Η μορφή πάντως της καμπύλης διαρροής δεν εξαρτάται μόνο από τη ταχύτητα, που γίνεται η εναλλαγή της μάζας, αλλά και από την εκλεκτικότητα της προσρόφησης.

Εάν η ισόθερμη προσρόφηση είναι ευνοϊκή, η καμπύλη διαρροής είναι οξεία, όπως συμβαίνει με την περίπτωση $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$, ενώ εάν η ισόθερμη δεν είναι ευνοϊκή, θα παρατηρηθεί μια διάσπαρτη καμπύλη διαρροής, όπως γίνεται στην αντίθετη περίπτωση Na/Ca^{2+} που έχουμε π.χ. κατά την αναγέννηση της ρητίνης νατρίου.



Σχήμα 3: Μεταβολή της συγκέντρωσης ιόντων στην έξοδο της ιονταλλακτικής ρητίνης $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$.



Σχήμα 4 : Καμπύλες διαρροής.

Μια μη ευνοϊκή ισόθερμος έχει ως αποτέλεσμα ένα αμβλυμένο κύμα διαρροής, ενώ μια ευνοϊκή ισόθερμος έχει ως αποτέλεσμα ένα οξύ κύμα διαρροής [23].

9.2.1.7 Ιονταλλαγή πολλών ιόντων

Οι καμπύλες διαρροής που συναντάμε στην επεξεργασία του νερού είναι πολύ πιο πολύπλοκες από τις καμπύλες του σχήματος 3., γιατί η ανταλλαγή αφορά πολλά ιόντα που υπάρχουν στο φυσικό νερό.

Η μορφή των καμπυλών διαρροής εξαρτάται από τη σύνθεση του νερού τροφοδοσίας, τη δυναμικότητα της ρητίνης και την προτίμηση προσρόφησης για κάθε ιόν, όπως αυτή ποσοτικοποιείται από τους συντελεστές διαχωρισμού $\alpha\gamma$ και εκλεκτικότητας $K\gamma$. Η σειρά έκλυσης (διαρροής) των ιόντων από τη ρητίνη καθορίζεται μόνο από τη σειρά εκλεκτικότητας.

Έχουν διατυπωθεί ορισμένοι κανόνες, που ισχύουν στις περιπτώσεις ιονταλλαγής πολλών ιόντων :

- Ιόντα με υψηλή εκλεκτικότητα έχουν την τάση να παρουσιάζουν μεγαλύτερους κύκλους και οξείες διαρροές.
- Τα περισσότερο προτιμώμενα ιόντα στη στήλη διαρρέουν (αποπλύονται) τελευταία.
- Τα είδη των ιόντων που εξέρχονται από τη στήλη έχουν χρονική σειρά εμφάνισης αντίστροφη από τη σειρά προτίμησης.
- Τα λιγότερο προτιμώμενα ιόντα συγκεντρώνονται στη στήλη και σε κάποιο χρόνο εξέρχονται από αυτήν με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις συγκεντρώσεις εισόδου. Έχουμε δηλαδή μια χρωματογραφική αιχμή.
- Το μαγνήσιο και τα νιτρικά δίνουν τέτοιες αιχμές. Αυτό το φαινόμενο είναι ανεπιθύμητο, ιδιαίτερα με ιόντα που έχουν τοξικές επιδράσεις.

Η συγκέντρωση του βασικού ιόντος προκορεσμού της στήλης μειώνεται στην έξοδο σε βήματα, όταν ένα νέο ιόν εμφανίζεται στην έξοδο, όπως υπαγορεύεται από την ισορροπία ιονταλλαγής [23].

9.2.2 Διαχωρισμοί μεμβρανών

Η διήθηση του νερού στα συμβατικά φίλτρα στρώματος απομακρύνει αιωρούμενα στερεά μέχρι ενός ορισμένου μεγέθους. Το ακριβές αυτό μέγεθος εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του φίλτρου και τις συνθήκες λειτουργίας της διήθησης. Πάντως σε κάθε περίπτωση η διήθηση δεν έχει δυνατότητες ικανοποιητικής απομάκρυνσης στερεών μικρότερων του 1 μm . Στο σχήμα 5. έχουν παρουσιαστεί οι περιοχές μεγέθους που έχουν εφαρμογή οι διεργασίες διαχωρισμού αιωρούμενων και διαλυμένων στερεών.

Η χρήση των ημιπερατών μεμβρανών στην τεχνολογία καθαρισμού του νερού καθιστά δυνατή την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, που δεν απομακρύνονται κατά τη διήθηση στρώματος, καθώς και την απομάκρυνση χημικών ενώσεων με μοριακό βάρος από μερικές δεκάδες έως 10^6 . Οι χημικές ενώσεις μπορεί να είναι διαλυμένες ή με τη μορφή κolloειδών και αιωρούμενων στερεών.

Η χρήση ημιπερατών μεμβρανών επιβλήθηκε από την ανάγκη επεξεργασίας νερού με υψηλές συγκεντρώσεις στερεών. Οι πιο γνωστές μέθοδοι χρήσης μεμβρανών είναι η υπερδιήθηση (ultrafiltration), η αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis) και η ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis).

Πολλές φορές χρησιμοποιείται και ο όρος μικροδιήθηση (microfiltration) που αφορά διαχωρισμούς στερεών μεγέθους μερικών μm , καθώς και ο όρος, στα αγγλικά, "hyperfiltration", που είναι άλλη ονομασία της αντίστροφης όσμωσης.

Οι διαχωρισμοί με μεμβράνες βασίζονται στην ιδιότητα μιας ημιπερατής μεμβράνης να επιτρέπει τη διέλευση μιας ουσίας μέσα από τους πόρους της, ενώ συγχρόνως εμποδίζει τη διέλευση άλλων ουσιών, που αποτελούσαν με την πρώτη ένα διάλυμα ή μίγμα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η διεργασία στηρίζεται στη διαφορά μεγέθους των διαφόρων σωματιδίων, ώστε άλλα να διαπερνούν από τους πόρους και άλλα όχι. Βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις επιδρούν και άλλα φαινόμενα (π.χ. δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσεως, δυνάμεις Van der Waals κ.λ.π.).

Οι διαχωρισμοί αυτοί είναι φυσικοί, αφού αποτελούν διεργασίες μεταφοράς μάζας. Μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως επέκταση των μηχανικών διαχωρισμών, αν και τα φαινόμενα αλλάζουν μορφή όσο μειώνεται το μέγεθος των προς διαχωρισμό στερεών.

	Μ. α	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΘΟΔΟΣ
100μm			
10 μm			ΔΙΗΘΗΣΗ
1 μm		ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	
1000 Α			ΜΙΚΡΟΔΙΗΘΗΣΗ ΚΑΙ
100 Α		ΑΛΗΠΟΪΜΙΝΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β12	ΤΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ
10Α		ΓΛΥΚΟΖΗ Na Cl	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ
1Α			

Σχήμα 5 : Περιοχές ισχύος των κύριων μεθόδων διαχωρισμού.

Με τις μεμβράνες διαχωρίζονται στερεά μεγέθους 5×10^{-4} μm έως 10 μm. Το κάτω όριο υπάρχει λόγω μη δυνατότητας κατασκευής κατάλληλης μεμβράνης, ενώ το άνω όριο διότι είναι προτιμότερη η χρήση της απλής διήθησης στα μεγαλύτερα αιωρούμενα στερεά.

Το βασικό πλεονέκτημα των διαχωρισμών με μεμβράνες είναι η μικρή κατανάλωση ενέργειας [23].

9.2.2.1 Αντίστροφη όσμωση

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης οφείλει την ύπαρξη της στο γεγονός ότι η όσμωση που υπάρχει ως φυσικό φαινόμενο είναι αντιστρεπτή διεργασία.

Στο σχήμα 6. παριστάνεται σχηματικά το φαινόμενο της όσμωσης, όπως συμβαίνει στη φύση. Στο σχήμα 6.(α) στο τμήμα Β του δοχείου υπάρχει καθαρό νερό, ενώ στο τμήμα Α ένα διάλυμα ανόργανου άλατος.

Τα δύο τμήματα του δοχείου διαχωρίζονται με ημιπερατή μεμβράνη, που επιτρέπει τη διέλευση των μορίων του νερού όχι όμως των ιόντων του ανόργανου άλατος.

Μόρια νερού περνούν από το τμήμα Β στο τμήμα Α, με αποτέλεσμα να ανέλθει η στάθμη του νερού στο τμήμα Α. Όταν η στάθμη ανέλθει σε ένα συγκεκριμένο ύψος h , όπως παριστάνεται στο σχήμα 6. (β), το φαινόμενο της διέλευσης μορίων νερού προς το διάλυμα σταματά. Τότε έχουμε ισορροπία και το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης, που απαιτείται για την επίτευξη της ισορροπίας, ονομάζεται οσμωτική πίεση του διαλύματος Α'.

Όσο πιο μεγάλη συγκέντρωση έχει το διάλυμα του ανόργανου άλατος, τόσο μεγαλύτερη είναι η οσμωτική πίεση.

Η οσμωτική πίεση δίνεται από μια απλή σχέση, όπως φαίνεται στην εξίσωση 10.17 :

$$\Pi = ACRT \quad (10.17)$$

όπου ,

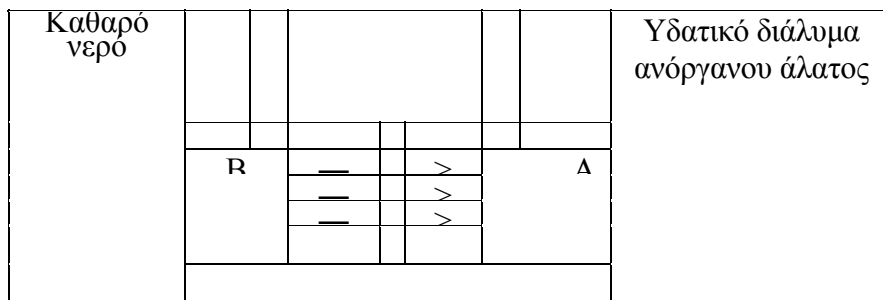
AC , η διαφορά στη συγκέντρωση των διαλυμένων σε

$$\text{Mol/m}^3 = \frac{\text{kg/m}^3}{\text{μοριακή μάζα}}$$

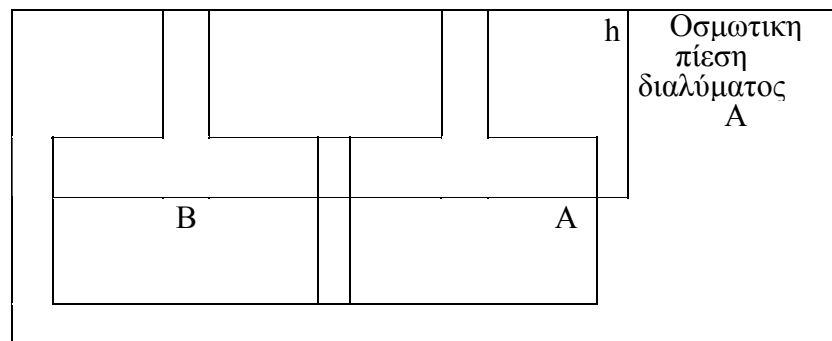
R , η μοριακή σταθερά των ιδανικών αερίων 8.314 J/(mo.l °K)

T , θερμοκρασία σε °K

Π , οσμωτική πίεση σε Pa (N nr²)

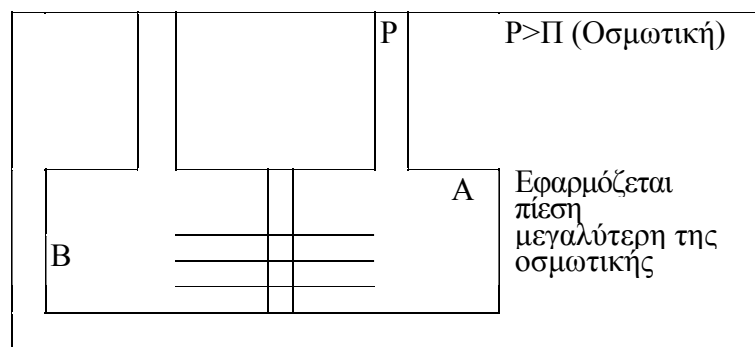


α. Όσμωση. Διέλευση μορίων νερού από την μεμβράνη με κατεύθυνση B \rightarrow A



β. Όσμωτική ισορροπία

Σχήμα 6 : Όσμωτική πίεση.



Σχήμα 7: Αντίστροφη όσμωση. Διέλευση μορίων νερού από τη μεμβράνη με κατεύθυνση A \rightarrow B.

Όσο μικρότερο είναι το μόριο (μικρότερη μοριακή μάζα) τόσο μεγαλύτερη είναι η οσμωτική πίεση, που προκαλείται από ίδια διαφορά συγκέντρωσης (kg/m^3) στις δυο πλευρές της μεμβράνης.

Εάν εφαρμοστεί στην πλευρά του διαλύματος μια πίεση P μεγαλύτερη της οσμωτικής, μόρια νερού περνούν από τη μεμβράνη προς την πλευρά του καθαρού νερού, όπως σχηματικά παριστάνεται στο σχήμα 7. Τότε έχουμε το φαινόμενο της αντίστροφης όσμωσης.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις αντίστροφης όσμωσης κάνουν χρήση ημιπερατών μεμβρανών που επιτρέπουν τη διόδο νερού, ενώ συγκρατούν το 90-99% των ανόργανων αλάτων του διαλύματος, το 93-99% των οργανικών συστατικών και το 100% των κολλοειδών υλικών, όπως είναι τα βακτήρια, οι ιοί, τα κολλοειδή, πυριτικά κ.λ.π. Πολλές φορές η

απόδοση της μεμβράνης εκφράζεται και ως δίοδος αλάτων. Για παράδειγμα όταν έχουμε απομάκρυνση αλάτων 90-99%, έχουμε δίοδο αλάτων σε ποσοστό 10-1% αντίστοιχα.

Οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης παράγονται από οξική κυτταρίνη, μίγμα της μονό-, δι- και τρι-οξικής κυτταρίνης, από αρωματικά πολυαμίδια, πολυαιθεραμίδια, πολυαιθεραμίνες και πολυαιθουρία. Οι μεμβράνες μπορεί να κατασκευάζονται και από πολλά πολυμερή μαζί. Οι μεμβράνες οξικής κυτταρίνης υπόκεινται σε βιολογική αποδόμηση και υδρόλυση προς οξικό οξύ και κυτταρίνη.

Η υδρόλυση λαμβάνει χώρα σε πολύ χαμηλά ή πολύ υψηλά pH. Η ταχύτητα της υδρόλυσης αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Το νερό τροφοδοσίας υφίσταται προεπεξεργασία για τη ρύθμιση του pH. Οι μεμβράνες οξικής κυτταρίνης δεν έχουν πρόβλημα οξειδωσης από το χλώριο, όταν η συγκέντρωση είναι χαμηλότερη από 1 mg/l.

Οι μεμβράνες πολυαμιδίων δεν υπόκεινται σε βιοαποδόμηση και υδρόλυση, είναι όμως πιο ευαίσθητες στην οξειδωση από το χλώριο.

Στο σχήμα 6. παρουσιάζεται σχηματικά η διάταξη χρήσης της αντίστροφης όσμωσης για τον καθαρισμό του νερού.

Η ροή δια μέσου της ημιπερατής μεμβράνης δίνεται από την εξίσωση 10.18 :

$$J_w = K_w(\Delta P - \Delta \pi) \quad (10.18)$$

όπου ,

J_w , η ροή του νερού, $m^3/(m^2 \cdot s)$

K_w , η σταθερά υδατοπερατότητας, $m^3/(m^2 \cdot s \cdot atm)$

ΔP , η διαφορά πίεσης στις δύο πλευρές της μεμβράνης, atm

$\Delta \pi$, η διαφορά οσμωτικής πίεσης στα δύο διαλύματα, atm

Η διέλευση του άλατος διά μέσου της ημιπερατής μεμβράνης δίνεται από τη σχέση 10.19 :

$$J_s = K_s(C_1 - C_2) \quad (10.19)$$

οπού ,

J_s : η ροή μάζας του άλατος, $kg/(m^2 \cdot s)$

K_s : η σταθερά διαπερατότητας του άλατος, m/s

$(C_1 - C_2)$: η διαφορά των συγκεντρώσεων από τις δύο πλευρές της μεμβράνης, kg/m^3

Η ροή του νερού διά μέσου της μεμβράνης αυξάνεται, καθώς αυξάνει η πίεση που εφαρμόζεται, όπως παρατηρείται στην εξίσωση 10.18 Η διέλευση του άλατος διά μέσου της μεμβράνης δεν εξαρτάται από την πίεση αλλά από τη διαφορά συγκέντρωσης, όπως προκύπτει από την εξίσωση 10.19 Η υψηλότερη όμως συγκέντρωση άλατος προκαλεί οσμωτική πίεση και επομένως μειώνει τη ροή του νερού.

Οι σταθερές διαπερατότητας του νερού και του άλατος εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των μεμβρανών.

Ο συντελεστής κατακράτησης ή απόρριψης:

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$$

μεταβάλλεται με τον τύπο της μεμβράνης που χρησιμοποιείται, την ανάκτηση, τη συγκέντρωση του νερού τροφοδοσίας και το σθένος των ιόντων [23].

9.2.2.2 Μορφές συσκευών αντίστροφης όσμωσης

Υπάρχουν τέσσερα είδη συσκευών αντίστροφης όσμωσης : ελικοειδούς περιτύλιξης, λεπτών ινών-σωλήνων, σωληνώδης και πλαισίου επιπέδου. Τεχνολογικές εφαρμογές έχουν βρει οι δύο πρώτες κατηγορίες.

Στα σχήματα 7. και 8. παρουσιάζονται σχηματικά οι συσκευές αντίστροφης όσμωσης.

Στις συσκευές ελικοειδούς περιτύλιξης, ζώνες μεμβρανών τυλίγονται γύρω από ένα σωλήνα-συλλέκτη του διηθημένου νερού. Το νερό τροφοδοσίας ρέει παράλληλα προς τον κεντρικό σωλήνα μέσα από κενά που δημιουργούνται από ειδικό πλέγμα.

Στις συσκευές λεπτών ινών-σωλήνων επιτυγχάνεται μεγάλη επιφάνεια μεμβράνης, ανά μονάδα όγκου. Οι σωληνωτές ίνες έχουν σε μια εφαρμογή εξωτερική διάμετρο 85 μπι και εσωτερική 42 μπι.

Η απόδοση των μεμβρανών δεν είναι σταθερή με το χρόνο. Συνήθως παρατηρείται μείωση της ροής ανά μονάδα επιφανείας. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μείωση της διαπερατότητας της μεμβράνης, που προκαλείται από τις αποθέσεις των ανθρακικών, των κολλοειδών, οξειδίων των μετάλλων, οργανικών ενώσεων, πυριτικών και άλλων συστατικών του νερού τροφοδοσίας. Σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται προεπεξεργασία για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού τροφοδοσίας και την προστασία των μεμβρανών. Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει τις κλασικές μεθόδους απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών και οξειδωτικών, όπως το χλώριο. Η ρύθμιση του pH είναι επίσης πολύ σημαντική τόσο για την αποφυγή δημιουργίας αποθέσεων, όσο και για την αποφυγή υδρόλυσης των μεμβρανών. Σε εγκαταστάσεις αντίστροφης όσμωσης, όπου παράγεται νερό για ύδρευση, π.χ. από νερό της θάλασσας, οι εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας αποτελούν σημαντικό τμήμα του συνόλου των εγκαταστάσεων.

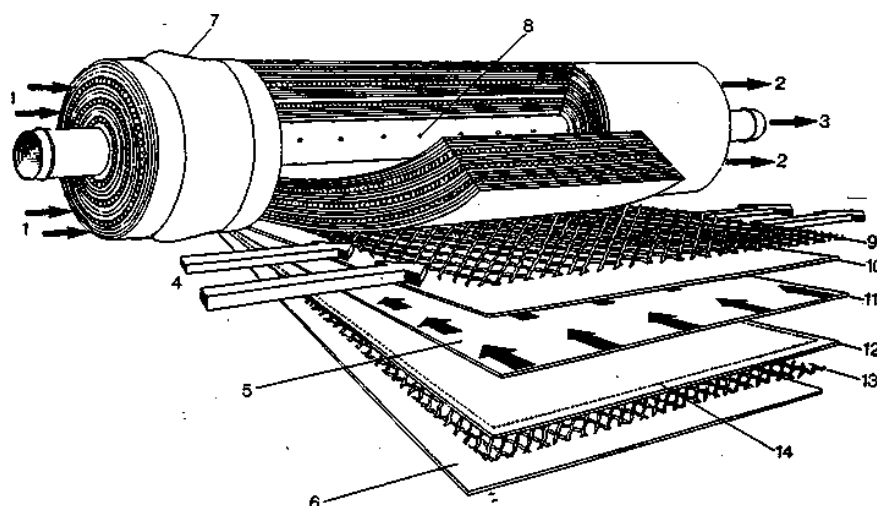
Όταν σταματούν οι μονάδες αντίστροφης όσμωσης, οι μεμβράνες πρέπει να πλένονται με καθαρό νερό για την απομάκρυνση των συμπυκνωμένων αλάτων και να απολυμαίνονται για την αποφυγή βιολογικών αναπτύξεων.

Οι μεμβράνες κατά διαστήματα πλένονται σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών. Ανάλογα με τη μείωση της απόδοσης είναι δυνατό να απαιτείται και χημική αναγέννηση της μεμβράνης, που γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.

Οι εγκαταστάσεις διαχωρισμών αντίστροφης όσμωσης μπορεί να χρησιμοποιούν συσκευές εν παραλλήλω και ο διαχωρισμός να γίνεται με ένα πέρασμα στη μεμβράνη ή και εν σειρά, όταν είναι επιθυμητή μεγάλη ανάκτηση. Στο σχήμα 8 (α) και (β) φαίνονται οι αντίστοιχες διατάξεις.

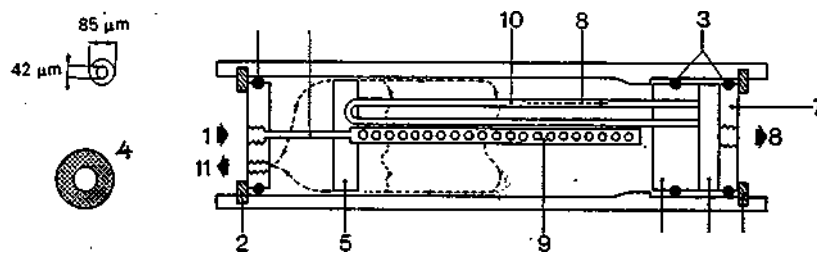
Στις μονάδες αντίστροφης όσμωσης απομακρύνονται, όπως ήδη έχει αναφερθεί, κολλοειδή, διαλυμένα στερεά οργανικά και ανόργανα και μ/ο.

Η περιεκτικότητα σε άλατα στο διήθημα εξαρτάται 'και από τις συνθήκες λειτουργίας της μονάδας [23].



1.ακάθαρτο νερό	6.Προστατευτικό κάλυμμα	11.Συλλέκτης διερχόμενου
2.απόβλητα	7.Στεγανοποίηση	12.μεμβράνη
3.έξοδος καθαρισμού	8.Διάτρητος αγωγός συλλογής	13.Πλέμα δημιουργίας χώρου
4.ροή νερού	9.Πλέγμα δημιουργίας χώρου	14.Ραφή συνένωσης δύο μεμβρανών
5.ροή διερχομένου	10.μεμβράνη	

Σχήμα 8: Ελικοειδής περιτύλιξη μεμβράνης (Spirally-wound membrane) (Με την ευγενή άδεια της Degremont, *Water Treatment Handbook*).



1. τροφοδοσία ακατέργαστου νερού	6. πορώδης δίσκος	11.απόριμμα
2. στηρίγματα	7. πλαίσιο	12.μη πορώδης σωλήνας
3. περέβρυσμα στεγανοποίησης τύπου O	8. διήθημα	
4. πορώδες σωλήνας με ίνες	9. πορώδης διανομέας	
5. στεγανοποίηση ρητίνης εποξειδικής	10. B-9 ίνες	

Σχήμα 9: Λεπτές ίνες-σωλήνες (Hellow fiber module)
(Με την ευγενή άδεια της Degremont, *Water Treatment Handbook*, Fifth Edition.).

9.2.3 Απολύμανση

Απολύμανση είναι η διεργασία όπου παθογόνοι μ/ο καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται.

Όλες οι διεργασίες καθαρισμού του πόσιμου νερού, αλλά και οι τριτοβάθμιες μέθοδοι καθαρισμού των αποβλήτων μειώνουν σημαντικά τη συγκέντρωση των μ/ο. Παρ' όλα αυτά απαιτείται μια ξεχωριστή διεργασία καταστροφής των μ/ο για να υπάρχει βεβαιότητα ότι το νερό είναι ασφαλές για αστική κατανάλωση. Στην περίπτωση των αποβλήτων η απολύμανση αποβλέπει στην προστασία των υδάτινων αποδεκτών.

Η απολύμανση, σε αντίθεση με την αποστείρωση, δεν καταστρέφει το σύνολο των μ/ο.

Υπάρχουν ιοί που δεν εξουδετερώνονται με τις γνωστές μεθόδους απολύμανσης, όπως ο ιός της ηπατίτιδας και της πολιομυελίτιδας [23].

9.2.3.1 Μη χημικές μέθοδοι απολύμανσης

Οι μη χημικές μέθοδοι απολύμανσης δεν έχουν σημαντική πρακτική σημασία. Έχουν εφαρμοστεί μέθοδοι με εφαρμογή θερμικής ενέργειας και ακτινοβολίας υψηλής συχνότητας.

Θερμικές μέθοδοι

Η μέθοδος εφαρμογής της θερμικής ενέργειας είναι μια παραδοσιακή μέθοδος για την απολύμανση μικρών ποσοτήτων νερού. Εάν βράσουμε το νερό, επιτυγχάνεται πλήρης απολύμανση.

Είναι γνωστό ότι τα βρέφη για μερικούς μήνες από τη γέννηση τους τα προστατεύουμε με τη χρήση βρασμένου νερού, αλλά και με εμφύπτιση σε βρασμένο νερό των αντικειμένων με τα οποία τους δίνουμε τροφή κ.λ.π.

Η χρήση της θερμικής ενέργειας για την απολύμανση μεγάλων ποσοτήτων νερού δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί.

Όταν έχουμε όμως μόλυνση δικτύου ή την εξάπλωση μιας επιδημίας, είναι ασφαλές να ζητήσουμε από τους καταναλωτές να χρησιμοποιούν βρασμένο νερό για κάποιο διάστημα [23].

Υπεριώδεις ακτίνες

Υπεριώδεις ακτίνες απορροφούνται από τις πρωτεΐνες. Η απορροφώμενη ενέργεια καταστρέφει τη δομή των ενώσεων αυτών και επομένως και τους μ/ο. Η περιοχή του φάσματος που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα είναι τα 253 μm. Τέτοιο μήκος κύματος δίνει η λυχνία χαμηλής πίεσης. Η ροή του νερού μέσα από το πεδίο της ακτινοβολίας πρέπει να έχει μια ορισμένη ταχύτητα, για να επιτυγχάνεται η πλήρης βακτηριοκτόνος δράση.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας είναι ότι δεν έχουμε παραγωγή παραπροϊόντων απολύμανσης. Το μειονέκτημα είναι ότι δεν υπάρχει προστασία στο δίκτυο [23].

9.2.3.2 Χημικά απολυμαντικά

Χλώριο

Το χλώριο υπό οποιαδήποτε μορφή και αν προστεθεί στο νερό, δίνει τα ίδια χημικά είδη, που εξαρτώνται από το pH και τις χημικές ισορροπίες.

Το χλώριο στις μεγάλες μονάδες ύδρευσης μεταφέρεται σε κυλίνδρους υπό υγρή μορφή. Εξαερώνεται και προστίθεται ως αέριο. Το υποχλωριώδες νάτριο χρησιμοποιείται υπό τη μορφή διαλύματος μέχρι 16% για λόγους σταθερότητας και το υποχλωριώδες ασβέστιο χρησιμοποιείται υπό τη μορφή στερεού.

Το χλώριο, όταν προστεθεί στο νερό, αντιδρά με μια σειρά χημικών ουσιών. Το χλώριο που είναι υπό τη μορφή μοριακού χλωρίου, μορίων υποχλωριώδους οξέος και υποχλωριώδους ανιόντος, ονομάζεται ελεύθερο διαθέσιμο χλώριο [23].

Απολύμανση με όζον

Το όζον είναι αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου και έχει το σύμβολο O₃. Είναι αέριο μπλε και έχει τα ακόλουθα κυρία φυσικά χαρακτηριστικά:

- Μοριακή μάζα : 48 g/mol
- Πυκνότητα σε σχέση με τον αέρα : 1.657
- Ειδική μάζα 0 °C και 760 mm Hg : 2.143 kg/m³

Τό όζον τόσο στο νερό όσο και στον αέρα αποσυντίθεται άμεσα, όταν υπάρχουν οξειδώσιμες ουσίες. Είναι διαβρωτικό και δηλητηριώδες σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Η φωτοχημική του γένεση σε συνδυασμό με τις οργανικές ενώσεις, που προέρχονται από τα υγρά καύσιμα, προκαλεί τη δημιουργία των οξειδωτικών ενώσεων που ενοχλούν τα μάτια, τους πνεύμονες κ.λ.π. στις περιπτώσεις φωτοχημικής ομίχλης.

Το όζον, σε αντίθεση με το χλώριο, όταν χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό δεν δίνει απομένουσες συγκεντρώσεις μετά την απολύμανση του νερού, γιατί όντας ευκολοδιάσπαστο εξαφανίζεται. Το γεγονός αυτό έχει και θετική και αρνητική πλευρά. Η θετική του πλευρά είναι ότι δεν έχουμε ενώσεις που δημιουργήθηκαν κατά τη δράση του, ούτε τη χημική παρουσία (έστω και σε μικρές ποσότητες) του οξειδωτικού μέσου. Η αρνητική είναι ότι δεν υπάρχει καμία προστασία στο δίκτυο ύδρευσης. Εάν π.χ. σε κάποια ρωγμή του δικτύου έχουμε είσοδο μ/ο, οι μ/ο αυτοί θα φτάσουν στους καταναλωτές.

Όταν απαιτείται προστασία του δικτύου και χρησιμοποιείται όζον συνήθως χρησιμοποιείται και ένα άλλο απολυμαντικό (συνδυασμό).

Ως απολυμαντικό το όζον έως κάποια συγκέντρωση δεν έχει σημαντική επίδραση, ενώ από κάποια συγκέντρωση και πάνω η δραστηριότητα του είναι πολύ αυξημένη.

Το όζον παράγεται από τον ιονισμό του οξυγόνου σε ένα ηλεκτρικό πεδίο, που προκαλείται από υψηλή τάση. Η ιώδης εκκένωση είναι ορατή κατά την παραγωγή του όζοντος.

Βιομηχανικά το όζον παράγεται με τη διοχέτευση αέρα ή οξυγόνου ανάμεσα σε ηλεκτρόδια, όπου εφαρμόζεται τάση από 10.000 - 20.000 V. Για αποφυγή δημιουργίας τόξου, τα ηλεκτρόδια καλύπτονται από διηλεκτρική ύλη ίσου πάχους. Η συνήθης συγκέντρωση του όζοντος κυμαίνεται από 10 έως 20 g/m³ [23].

9.2.4 Προσρόφηση οργανικών ενώσεων

Η προσρόφηση (adsorption) μιας ουσίας γίνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης σε μια διεπιφάνεια υγρού-στερεού ή αέριου-στερεού. Η χημική ουσία που συγκεντρώνεται ή προσροφάται στη διεπιφάνεια, ονομάζεται προσρόφημα (adsorbate) και το στερεό στην επιφάνεια του οποίου γίνεται η προσρόφηση ονομάζεται προσροφητικό υλικό ή προσροφητής (adsorbent). Τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του νερού είναι ο ενεργός άνθρακας, οι προσροφητικές ρητίνες, το ενεργό οξείδιο του αργιλίου κ.ά.

Η απορρόφηση (absorption) αντίθετα είναι μια διεργασία κατά την οποία τα μόρια ή άτομα από μια φάση διεισδύουν σχεδόν ομοιόμορφα ανάμεσα στα μόρια μιας άλλης φάσης, για να σχηματίσουν ένα διάλυμα με τη φάση αυτή.

Ο όρος ρόφηση (sorption), που περιλαμβάνει και τους δυο ορισμούς της προσρόφησης και της απορρόφησης, είναι ο γενικός όρος για τη διεργασία κατά την οποία ένα συστατικό κινείται από μια φάση για να συγκεντρωθεί σε μια άλλη.

Η προσρόφηση είναι μια διεργασία που χρησιμοποιείται για την αφαίρεση χημικών ενώσεων από το νερό. Τέτοια είναι τα οργανικά παραπροϊόντα της απολύμανσης, τα συνθετικά οργανικά, τα φυτοφάρμακα και γενικώς τα διαλυμένα οργανικά που είναι δυνατό να υπάρχουν στο νερό.

Η χρήση του ενεργού άνθρακα έχει εφαρμοστεί σε ένα σημαντικό αριθμό μονάδων ύδρευσης στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη [23].

9.2.4.1 Θεωρία προσρόφησης

Η προσρόφηση μορίων μπορεί να παριστάνεται με μία χημική αντίδραση:



όπου,

A, το προσρόφημα

B, ο προσροφητής

AB, η ένωση προσρόφησης

Τα προσροφημένα μόρια συγκρατούνται στην επιφάνεια του προσροφητή με διάφορες χημικές δυνάμεις, όπως δεσμούς υδρογόνου, αλληλοεπιδράσεις δίπολων και δυνάμεις Van der Waals.

Στην περίπτωση που η προσρόφηση οφείλεται σε ηλεκτρικές δυνάμεις έλξης έχουμε την ειδική περίπτωση των ιονταλλακτών, όπου το διαλυμένο ιόν συγκρατείται στην επιφάνεια του στερεού από αντίθετα ηλεκτροστατικά φορτία.

Η προσρόφηση που οφείλεται στις δυνάμεις Van der Waals ονομάζεται φυσική προσρόφηση. Κατά την προσρόφηση αυτή τα προσροφούμενα μόρια κινούνται ελεύθερα στην επιφάνεια προσρόφησης και δεν έχουν συγκεκριμένο σημείο συγκράτησης.

Εάν το προσρόφημα αντιδρά χημικά με την επιφάνεια προσρόφησης, έχουμε τη χημική προσρόφηση.

Η φυσική προσρόφηση παρατηρείται περισσότερο στις χαμηλές θερμοκρασίες και χαρακτηρίζεται από χαμηλή ενέργεια προσρόφησης, ενώ η χημική προσρόφηση παρατηρείται στις υψηλές θερμοκρασίες και χαρακτηρίζεται από υψηλές ενέργειες προσρόφησης.

Η συγκέντρωση των προσροφώμενων στην επιφάνεια μορίων μπορεί επίσης να είναι αποτέλεσμα του λυόφοβου χαρακτήρα των διαλυμένων στην υγρή φάση μορίων.

Για τα περισσότερα συστήματα που συναντώνται στο νερό, η προσρόφηση προκαλείται από το συνδυασμό των διεργασιών αυτών.

Η διαλυτότητα μιας ουσίας είναι πολύ σημαντικός παράγων για την προσρόφηση της στην διεπιφάνεια υγρού-στερεού. Εάν δεν έχει χημική συμβατότητα το διαλυμένο μόριο με το νερό, θα κινηθεί προς τη στερεά φάση. Επομένως οι υδρόφοβες ουσίες προσροφώνται ευκολότερα από τα υδατικά διαλύματα, σε αντίθεση με τις υδρόφιλες που προσροφώνται δυσκολότερα.

Στην περίπτωση των μορίων που έχουν μια υδρόφιλη ομάδα και μια υδρόφοβη, όπως γίνεται π.χ. με τα θειώμενα αλκυλοβενζόλια, έχουμε το φαινόμενο της προσρόφησης του υδρόφοβου τμήματος του μορίου, ενώ το υδρόφιλο εκτείνεται στο νερό.

Κατά την προσρόφηση διαλυμένων ουσιών σε μια επιφάνεια, η συγκέντρωση της προσροφημένης ουσίας πάνω στην επιφάνεια αυξάνει μέχρι μιας τιμής. Περαιτέρω προσρόφηση μορίων συνεπάγεται αποδέσμευση ήδη προσροφημένων.

Παρατηρείται δηλαδή μια δυναμική ισορροπία μεταξύ της συγκέντρωσης της διαλυμένης ουσίας και της συγκέντρωσης της στην επιφάνεια του προσροφητή. Για συνθήκες ισορροπίας με σταθερή θερμοκρασία, η σχέση μεταξύ της ποσότητας της προσροφηθείσας ουσίας ανά μονάδα μάζας προσροφητή, q_e , και της συγκέντρωσης της απομένουσας διαλυμένης ουσίας στο διάλυμα, C_e , ονομάζεται ισόθερμη προσρόφησης.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μαθηματικές σχέσεις συσχετισμού των δυο αυτών μεγεθών είναι οι ισόθερμες Freundlich και Langmuir [23].

9.2.4.2 Κινητική προσρόφησης

Η απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων με προσρόφηση σε πορώδη προσροφητή ακολουθεί ορισμένα στάδια :

- Μεταφορά των προσροφημένων μορίων από το διάλυμα στην επιφάνεια του προσροφητή.
- Μεταφορά των προσροφημένων μορίων δια μέσου του λεπτού στρώματος του υγρού, που περιβάλλει την επιφάνεια του προσροφητή.
- Διάχυση δια μέσου των πόρων, όταν το προσροφητικό υλικό είναι πορώδες.
- Προσρόφηση των μορίων από την ενεργή επιφάνεια, δημιουργία του δεσμού προσρόφησης.

Το πρώτο και το τέταρτο στάδιο είναι πολύ γρήγορα. Το δεύτερο ή το τρίτο είναι περιοριστικό στάδιο. Το μέγεθος του στρώματος του υγρού, που είναι προσκολλημένο στην επιφάνεια, εξαρτάται από το καθεστώς ροής. Η διάχυση δια μέσου των πόρων εξαρτάται τόσο από το μέγεθος των πόρων, όσο και από το μέγεθος των μορίων [23].

9.2.4.3 Καμπύλη διαρροής (breakthrough curve)

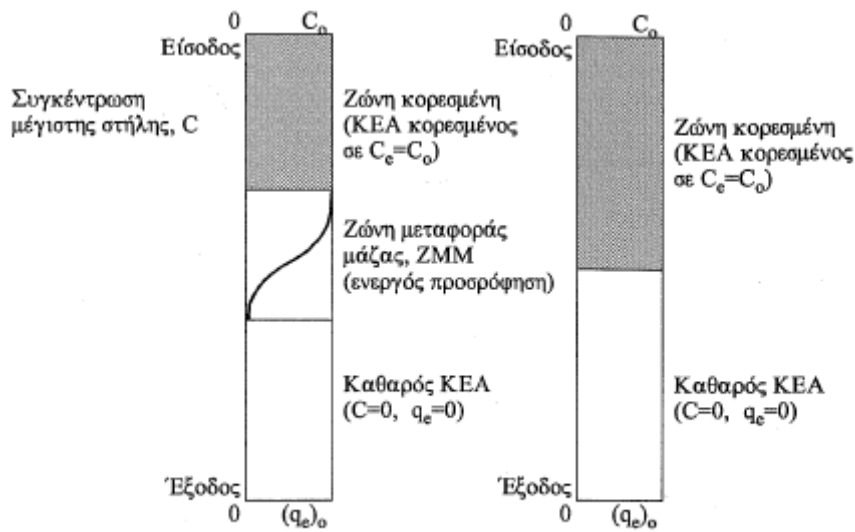
Όταν έχουμε μια στήλη προσροφητικού υλικού σε λειτουργία, η προσρόφηση γίνεται αρχικά στο πάνω μέρος του στρώματος και καθώς αυτό φθάνει στο σημείο της ισορροπίας, το μέτωπο της προσρόφησης μεταφέρεται χαμηλότερα. Παρατηρείται δηλαδή μια ζώνη προσρόφησης ή ζώνη μεταφοράς μάζας - ZMM (Mass Transfer Zone - MTZ). Στο σχήμα 10 (α) παρουσιάζεται η ZMM. Στο σχήμα 10 (β) η ZMM είναι ανύπαρκτη και υπάρχει απλώς ένα μέτωπο προσρόφησης.

Στη ZMM έχουμε σταδιακή μείωση της συγκέντρωσης στο διάλυμα από C_e σε μηδέν και της συγκέντρωσης πάνω στον προσροφητή από q_e σε μηδέν. Στο υλικό προσρόφησης πάνω από την ZMM έχουμε συνθήκες ισορροπίας, ενώ χαμηλότερα της ZMM δεν γίνεται προσρόφηση. Το μήκος της ZMM εξαρτάται από όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την προσρόφηση. Οτιδήποτε αυξάνει την ταχύτητα της προσρόφησης μειώνει το μήκος της ZMM. Εάν π.χ. έχουμε μικρούς κόκκους προσροφητικού, υψηλή θερμοκρασία, μεγάλο συντελεστή διάχυσης της προσροφητικής ουσίας, μεγαλύτερη ισχύ προσρόφησης, v θα μειωθεί η ZMM και μπορεί να εξαφανιστεί, όπως σχηματικά παριστάνεται στο σχήμα 10 (β).

Ως συγκέντρωση διαρροής C_e ορίζεται η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση, στην έξοδο της στήλης προσρόφησης. Όταν στην έξοδο εμφανιστεί αυτή η συγκέντρωση, το προσροφητικό υλικό π.χ. ο ενεργός άνθρακας πρέπει να αντικατασταθεί.

Το κρίσιμο βάθος της στήλης $L_{critical}$ είναι το βάθος που οδηγεί στην άμεση εμφάνιση της συγκέντρωσης C_B στην έξοδο της (κατά την έναρξη λειτουργίας της). Επομένως το κρίσιμο βάθος είναι ίσο με το μήκος της ZMM. Η C_B είναι η συγκέντρωση που δεν πρέπει να ξεπεραστεί στην έξοδο. Το κρίσιμο βάθος της στήλης αντιστοιχεί και σε μια άλλη παράμετρο που συχνά χρησιμοποιείται : Το χρόνο επαφής κενής στήλης - ΧΕΚΣ (Empty

Bed Contact Time - EBCT). Όταν έχουμε το κρίσιμο βάθος, η παράμετρος αυτή παίρνει την ελάχιστη τιμή της :



(α) ποσότητα προσρόφησης, q_e (β) ποσότητα προσρόφησης, q_e

Σχήμα 10 : Μεταφορά μάζας σε στήλη προσρόφησης.

α) Στήλη με διάχυτη ζώνη μεταφοράς μάζας.

β) Στήλη με διακεκριμένο μέτωπο μεταφοράς μάζας.

$$EBCT_{min} = \frac{L_{critical}}{Q/A}$$

Όπου : Q = παροχή νερού m^3/sec

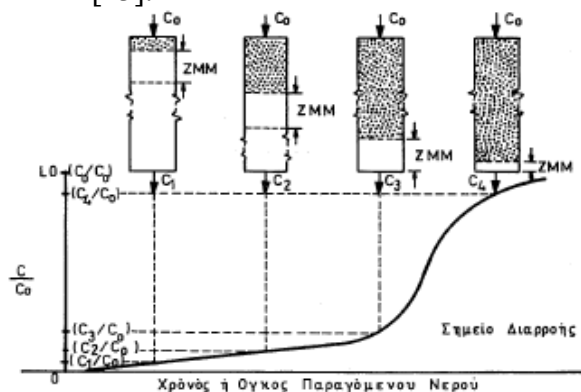
A = επιφάνεια της στήλης κάθετη στη ροή, m^2

Η καμπύλη διαρροής παριστάνει τη μεταβολή της συγκέντρωσης στην έξοδο ως συνάρτηση του χρόνου ή του όγκου που έχει διέλθει, ή του αριθμού των Όγκων Στήλης (δηλαδή του πηλίκου του όγκου του νερού που διήλθε δια του όγκου του προσροφητικού υλικού). Στο σχήμα 11. παρουσιάζεται μια τέτοια καμπύλη διαρροής.

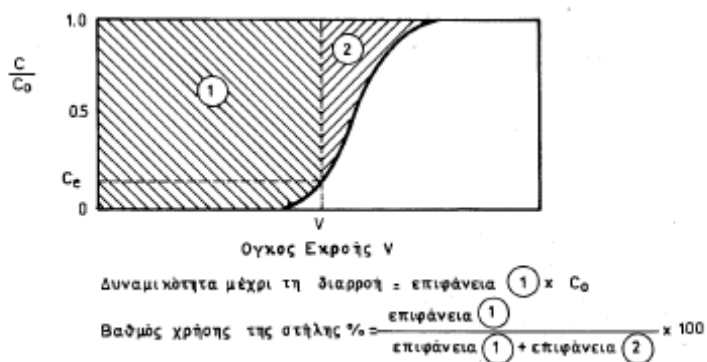
Στο σχήμα 12. παρουσιάζεται μια καμπύλη διαρροής για μια ουσία. Η μορφή της καμπύλης εξαρτάται από τις ίδιες παραμέτρους που εξαρτάται το μήκος ZMM. Εάν έχουμε πολύ ισχυρή προσρόφηση, η καμπύλη διαρροής μπορεί να είναι κάθετη και αυτό ανταποκρίνεται σε $L_{ZMM} = 0$.

Όταν αυξηθεί η ταχύτητα ροής, η καμπύλη γίνεται λιγότερο οξεία.

Οι καμπύλες διαρροής επηρεάζονται ισχυρά από την παρουσία μη προσροφωμένων ουσιών, την βιοαποδομησιμότητα των ουσιών, όταν στη στήλη παρατηρούμε βιολογική δράση και το μήκος της ZMM [23].



Σχήμα 11 : Σχηματική αναπαράσταση της κίνησης της ZMM και της αντίστοιχης καμπύλης διαρροής.

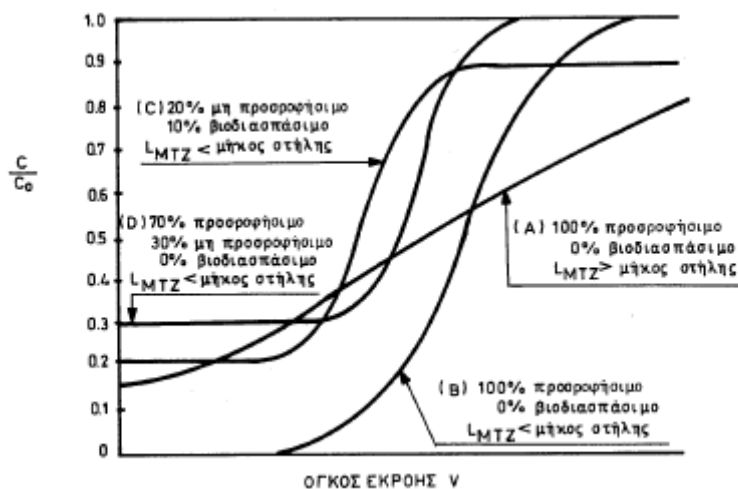


Σχήμα 12 : Καμπύλη διαροής στήλης προσρόφησης.

9.2.4.4 Συστήματα προσρόφησης - στήλες κοκκώδους ενεργού άνθρακα -Κέα (granular activated carbon - gac)

Η προσροφητική ικανότητα ενός υλικού σε σχέση με μια δεδομένη ένωση εξαρτάται :

- Από την ανεπτυγμένη επιφάνεια του υλικού, (m^2/g) : φυσικά προσροφητικά όπως άργιλος, ζεόλιθοι κλπ., έχουν μικρές ανεπτυγμένες επιφάνειες $50-200 m^2/g$ και η προσροφητική ικανότητα τους είναι μικρή, παρά το γεγονός ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στο φυσικό μας περιβάλλον. Βιομηχανικά προσροφητικά έχουν επιφάνειες τουλάχιστον $300 m^2/g$ και ο καλής ποιότητας ενεργός άνθρακας μπορεί να έχει $1,000-1,500 m^2/g$.



Σχήμα 13 : Επίδραση της βιοδιάσπασης και της παρουσίας μη προσροφήσιμων ενώσεων στις καμπύλες διαρροής.

- Από τη συγκέντρωση της οργανικής ουσίας στο διάλυμα.
- Από τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της ανταλλαγής (σχετική ταχύτητα, συχνότητα επαφής).
- Από την ενέργεια του δεσμού, δηλαδή από την προτίμηση (συγγένεια) της επιφάνειας για την οργανική ένωση.

Το pH παίζει σημαντικό ρόλο. Στις περισσότερες περιπτώσεις το όξινο pH διευκολύνει την προσρόφηση ενεργού άνθρακα.

Εάν η χρήση του ενεργού άνθρακα είναι οικονομικά συμφέρουσα ή όχι, εξαρτάται κατά πολύ και από την προσροφητική δυναμικότητα του ενεργού άνθρακα, που εκφράζεται σε

γραμμάρια παρακρατούμενου COD ανά χιλιόγραμμο ενεργού άνθρακα (gr COD/kg C*), που χαρακτηρίζει την κατανάλωση του άνθρακα.

Για ένα δεδομένο σύστημα που περιέχει το προς καθαρισμό νερό και τον άνθρακα, αυτή η δυναμικότητα εξαρτάται :

- Από το βάθος του στρώματος. Όσο βαθύτερο το στρώμα τόσο καλύτερα χρησιμοποιείται το πάνω μέρος του. Γίνεται κορεσμός χωρίς να περνούν στην έξοδο ουσίες ανεπιθύμητες.
- Από την ταχύτητα ανταλλαγής. Η πείρα έδειξε ότι τρεις όγκοι νερού ανά όγκο στρώματος την ώρα, είναι μια παροχή που δεν πρέπει να ξεπερνάται για νερό με υψηλά φορτία. Στην επεξεργασία του πόσιμου νερού, όταν τα φορτία είναι μικρά, η αναλογία αυτή γίνεται 5 έως 10 όγκοι νερού/όγκο C*, h [23].

Λειτουργίες μιας στήλης Ενεργού Άνθρακα

Μια στήλη ενεργού άνθρακα έχει τέσσερις λειτουργίες :

- Διήθηση.
- Βιολογικό μέσο.
- Καταλυτική δράση.
- Προσρόφηση. Αυτή είναι η κύρια λειτουργία του στρώματος του ενεργού άνθρακα.

9.2.4.5 Προσρόφηση - τεχνολογικές εφαρμογές

Παραγωγή Ενεργού Άνθρακα

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από :

- τον ανθρακίτη
- το πετρελαϊκό κωκ
- το βιτουμένιο
- την τύρφη και
- το ξύλο

Η παραγωγή του γίνεται σε θερμοκρασία κατάλληλη για την απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων σε ελεγχόμενο οξειδωτικό περιβάλλον για τη μερική οξείδωση του άνθρακα [23].

Χρήση ενεργού άνθρακα

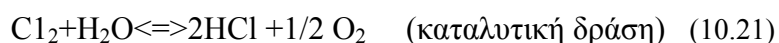
Ο C* προσροφά τις περισσότερες από τις οργανικές ενώσεις. Δυσκολότερα συγκρατεί τα μικρότερα μόρια (εκείνα που περιέχουν λιγότερα από 3 άτομα άνθρακα, π.χ. συνηθισμένες αλκοόλες, πρωτοταγή οξέα). Τα μόρια όμως που δεν συγκρατούνται είναι εκείνα που αποδομούνται ευκολότερα κατά την βιολογική επεξεργασία. Επομένως, η χρήση του C* είναι συμπληρωματική της βιολογικής επεξεργασίας.

Παραδείγματα ενώσεων που προσροφούνται στο C* είναι:

- Απορρυπαντικά.
- Συνθετικά διαλυτά χρώματα.
- Χλωριωμένοι διαλύτες.
- Φαινόλες και ρδροξυλιακά παράγωγα τους.
- Αρωματικά παράγωγα.
- Ενώσεις που προσδίδουν γεύσεις και οσμές στο νερό.

Η διεργασία αυτή έχει βρει εφαρμογές :

- Στην τελική επεξεργασία καθαρισμού (πολύ καθαρού) νερού της βιομηχανίας ή του πόσιμου νερού για την απομάκρυνση μικρορυπαντών (micropollutants).
- Στην τριτοβάθμια επεξεργασία οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων, εξαλείφοντας έτσι ένα μεγάλο μέρος του υπολοιπούμενου COD.
- Στην απομάκρυνση τοξικών ουσιών.
- Στην αποχλωρίωση :



Συνήθως ορίζεται το απαιτούμενο βάθος, που για μια δεδομένη ταχύτητα, έχουμε μείωση του χλωρίου στο μισό (half dechlorination depth). Το pH έχει σημαντική επίδραση στην αποχλωρίωση. Η παροχή κατά την αποχλωρίωση είναι 5-15 όγκοι νερού ανά όγκο C* και ώρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την αποχλωρίωση καταστρέφονται μερικώς και οι χλωραμίνες. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν εκτεταμένες αναφορές για τους συντελεστές K και 1/n των ισόθερμων Freundlich για τον ΚΕΑ έναντι πολλών οργανικών ενώσεων) [23].

9.2.4.6 Αναγέννηση ενεργού άνθρακα

Ο Ενεργός Άνθρακας όπως όλα τα προσροφητικά, είναι ακριβό προϊόν. Στις περισσότερες χρήσεις το κόστος της αντικατάστασης του κορεσμένου άνθρακα είναι απαγορευτικό. Πρέπει επομένως να αναγεννάται και υπάρχουν τρεις μέθοδοι, που έχουν αναπτυχθεί γι' αυτό το σκοπό :

- Αναγέννηση με ατμό : Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμογή μόνο στις περιπτώσεις όπου ο άνθρακας έχει συκρατήσει λίγα πτητικά οργανικά. Επίσης ο ατμός καθαρίζει τη στήλη του άνθρακα, όταν έχει μπλοκαριστεί επιφανειακά και απολυμαίνει τον άνθρακα.
- Αναγέννηση θερμική : Στη θερμική αναγέννηση καίγονται οι απορροφημένες οργανικές ενώσεις. Για να αποφευχθεί η καύση του άνθρακα, θερμαίνεται στους 800 °C σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος αναγέννησης, αλλά έχει δύο μειονεκτήματα :
 - Απαιτεί υψηλές επενδύσεις για τον κλίβανο καύσης που είναι είτε περιστρεφόμενος κλίβανος είτε ρευστοποιημένο στρώμα. Ελέγχεται στη συνέχεια η ατμόσφαιρα του κλίβανου και πρέπει να υπάρχει πριν απ' αυτόν σύστημα απονέρωσης και μετά σύστημα σβησίματος του άνθρακα.
 - Προκαλεί απώλειες άνθρακα μέχρι 10%, που πρέπει να συμπληρώνονται.

Αναγέννηση Χημική : Με διαλυτικό σε θερμοκρασία 100 °C και υψηλό pH. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι για ίδια επένδυση χάνεται μόνο το 1% του άνθρακα. Πάντως έχει το μειονέκτημα της δημιουργίας ενός ρεύματος διαλυτικού, που περιέχει διάφορες οργανικές ενώσεις, οι οποίες είναι δυνατό να διαχωριστούν με απόσταξη [23].

9.3 Υφιστάμενη τεχνολογία

Στην αγορά κυκλοφορούν δεκάδες συστήματα επεξεργασίας νερού γνωστά με τον όρο φίλτρα νερού. Υπάρχουν φίλτρα επαγγελματικής αλλά και φίλτρα οικιακής χρήσης. Κύριος στόχος όλων αυτών των συσκευών είναι η αποτελεσματικότερη επεξεργασία του νερού ώστε να παραχθεί τελικά όσο το δυνατόν καθαρότερο νερό χωρίς βλαβερές ουσίες, μικροοργανισμούς, βακτήρια, ιούς κ.λ.π. τα οποία είναι ακατάλληλα για την ανθρώπινη υγεία.

Οι συσκευές αυτές βέβαια διαφέρουν σε πολλά σημεία όπως στον τρόπο λειτουργίας, στην ποιότητα κατασκευής, στις τεχνικές προδιαγραφές / χαρακτηριστικά, στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν για την επεξεργασία του νερού, στις πιστοποιήσεις που έχουν λάβει και από ποιους οργανισμούς, στους ρυπαντές που απομακρύνουν και σε ποια ποσοστά, στο κόστος, στη διάρκεια ζωής κ.α.

Από τα παραπάνω λοιπόν γίνεται αντιληπτό ότι η διαδικασία επιλογής ενός συστήματος καθαρισμού του νερού είναι μια αρκετά δύσκολη υπόθεση και απαιτεί από τον εκάστοτε καταναλωτή την δέουσα προσοχή διότι η πόση καθαρού νερού είναι ίσως το σημαντικότερο αγαθό που δικαιούται να έχει ο κάθε άνθρωπος [21].

9.3.1 Τεχνολογίες φίλτρων νερού

Κάθε μια από τις επιχειρήσεις κατασκευής φίλτρων παράγει προϊόντα που καθαρίζουν το νερό συνήθως με συνδυασμό ορισμένων από τις γνωστές μεθόδους επεξεργασίας πόσιμου νερού. Το τελικό αποτέλεσμα πρέπει να είναι η παροχή εύγευστου και καθαρού νερού χωρίς μικροοργανισμούς, μικρόβια ή ιούς. Τα φίλτρα που κυκλοφορούν στο εμπόριο συνήθως συνδυάζουν δύο ή περισσότερες τεχνολογίες επεξεργασίας νερού.

Οι κυριότερες από αυτές τις συσκευές χαρακτηρίζονται ως: φίλτρα καθίζησης, φίλτρα ρητινών, φίλτρα ενεργού άνθρακα, φίλτρα διέλευσης από θαλάμους υπεριώδους ακτινοβολίας, βακτηριοστατικά φίλτρα με ενεργό άνθρακα εμβαπτισμένο σε άργυρο, συσκευές μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης, κεραμικά φίλτρα κτλ. και παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακατω:

- Φίλτρα αποστείρωσης με ρητίνες.

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

- Φίλτρα αντίστροφης όσμωσης.

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

- Φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας και ενεργού άνθρακα.

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

- Βακτηριοστατικά φίλτρα με ενεργό άνθρακα.

Το νερό περνά πρώτα από το φίλτρο ενεργού άνθρακα. Ο άνθρακας που είναι εμβαπτισμένος σε άργυρο λέγεται ότι σταματά την ανάπτυξη βακτηριδίων στις κλίνες άνθρακα. Το νερό γίνεται άοσμο και εύγευστο. Απορροφά το χλώριο και εξασφαλίζει νερό εύγευστο και άοσμο. Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται το γεγονός ότι δε σκοτώνει τα βακτηρίδια και τους άλλους μικροοργανισμούς, περιορίζει την ανάπτυξη των βακτηριδίων

αλλά δεν εμποδίζει τη διέλευση βακτηριδίων, ιών και παρασίτων στο επεξεργασμένο νερό. Το νερό περιέχει ίχνη αργύρου που είναι δυνατό να έχουν δυσμενή επίδραση στην υγεία. Έχει περιορισμένη ικανότητα απορρόφησης των επικίνδυνων χημικών, βιομηχανικών ή αγροτικών ουσιών. Η κοκκώδης σύσταση του άνθρακα περιορίζει την αποτελεσματικότητά του. Οι έρευνες που έχουν γίνει δε δείχνουν σημαντική στατιστική διαφορά στον αριθμό των βακτηριδίων που εξουδετερώνονται σε σύγκριση με μονάδες φίλτρων που περιλαμβάνουν μόνο φίλτρο ενεργού άνθρακα. .

- Κεραμικά φίλτρα.

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

- Ειδικές συσκευές αποσκλήρυνσης

Πολλές φορές απαιτείται να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες οικιακές χρήσεις νερό που έχει άλατα σε μεγάλο ποσοστό. Πρέπει κατά συνέπεια πριν αυτό γίνει ικανό για διάφορες οικιακές δραστηριότητες να υποστεί μια ιδιαίτερη επεξεργασία. Είναι γνωστό ότι το νερό που έχει άλατα δεν πλένει καλά και σχηματίζει στρώματα αλάτων κυρίως ασβεστίου στις εγκαταστάσεις και στις συσκευές. Με τις επικαθήσεις αυτές περιορίζονται οι δυνατότητες εναλλαγής θερμότητας, μειώνεται η απόδοση των συσκευών και περιορίζεται η διάρκεια ζωής τους. Έτσι για παράδειγμα στα πλυντήρια ρούχων όταν χρησιμοποιείται νερό με άλατα σχηματίζονται επικαλύψεις από αυτά στις ίνες των ρούχων με αποτέλεσμα να γίνονται σκληρά και να φθείρονται σύντομα, στα πλυντήρια πιάτων σχηματίζονται επικαθήσεις στις αντιστάσεις θέρμανσης νερού και αποθέσεις αλάτων στα σκεύη. Άλατα ακόμη επικαθονται στα είδη υγιεινής, στα θερμαντικά σώματα κτλ. Οι συσκευές επεξεργασίας του νερού σε αυτές τις περιπτώσεις λειτουργούν με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα με προσθήκη χημικών υλικών όπως η σόδα, η υδράσβεστος ή με τη βοήθεια εναλλακτών ιόντων με ζεόλιθο (Permutit), κοινό αλάτι, και διάφορα συνθετικά οργανικά προϊόντα. Γενικά οι διαδικασίες αποσκλήρυνσης στα οικιακά πλυντήρια είτε καλύπτονται με προσθήκη αποσκλήρυντικών ουσιών (πλυντήρια ρούχων) είτε με πρόσθετες συσκευές αποσκλήρυνσης με ζεόλιθο οπότε από καιρό σε καιρό απαιτείται η προσθήκη αλατιού (πλυντήρια πιάτων).

Εφαρμογή για την αποφυγή σχηματισμού επικαθήσεων σε πολλές εγκαταστάσεις έχουν και τα μαγνητικά φίλτρα. Με τη διέλευση του νερού μεταξύ των πόλων μαγνητικού ή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου εξασφαλίζεται μια ιόντωση των αλάτων με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση σχηματισμού σταθερών επικαθήσεων στις σωληνώσεις ή στις συσκευές. Τα μαγνητικά φίλτρα εγκαθίστανται πριν από τις συσκευές και ουσιαστικά δεν αλλοιώνουν τα άλατα που περιέχονται στο νερό αλλά εμποδίζουν την ανάπτυξη επικαθήσεων τους στις επιφάνειες [21].

9.4 Τρόπος λειτουργίας φίλτρων

Στην αγορά κυκλοφορούν δεκάδες φίλτρα νερού, τα οποία διαφέρουν ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους . Άλλα λειτουργούν χρησιμοποιώντας τέσσερα στάδια επεξεργασίας του νερού άλλα χρησιμοποιώντας περισσότερα και άλλα πάλι χρησιμοποιώντας λιγότερα έτσι ώστε να παράγουν το επιθυμητό αποτέλεσμα που δεν είναι άλλο από την παραγωγή της μέγιστης ποιότητας του πόσιμου νερού. Κάποιοι από τους διάφορους τρόπους λειτουργίας των φίλτρων παρουσιάζονται παρακάτω:

Στο φίλτρο νερού οικιακής χρήσης της παρακάτω εικόνας το φιλτράρισμα του νερού διεξάγεται σε 7 διαδοχικές φάσεις :



Εικόνα 19 : Φίλτρο νερού της εταιρίας interastra, όπου ο καθαρισμός του νερού διεξάγεται σε επτά διαδοχικά στάδια φιλτραρίσματος.

Στο πρώτο στάδιο το νερό διαπερνά από συμπαγή άνθρακα, ο οποίος αφαιρεί πτητικά οργανικά μίγματα άνθρακα (VOC), εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα, μικροβιοκτόνα και βιομηχανικά απόβλητα. Στο δεύτερο και έβδομο στάδιο, το νερό περνάει μέσα από στρώματα διαμέτρου ενός μικρού (1/10.000 του εκατοστού), που αφαιρούν αιωρούμενες ουσίες όπως λάσπη, ιζήματα, άμμος, ακαθαρσίες, σκουριά, αλλά και μικροοργανισμούς όπως κύστες, κρυπτοσπορίδια, κωλοβακτηρίδια κλπ. Στο τρίτο και τέταρτο στάδιο, το νερό περνάει από τα υλικά KDF 55 και KDF 85, που αφαιρούν μέταλλα όπως σίδηρος, υδράργυρος, χαλκός, νικέλιο, χρώμιο, κάδμιο, αλουμίνιο, μόλυβδο και άλλα αδιάλυτα μέταλλα. Επίσης περιορίζουν και αναχαιτίζουν την ανάπτυξη βακτηριδίων, μυκήτων και άλλων ανεπιθύμητων μικροοργανισμών. Στο πέμπτο στάδιο το νερό διέρχεται από ρητίνη ανταλλαγής ιόντων όπου αφαιρούνται ολοκληρωτικά βαριά μέταλλα και τα άλατα που προκαλούν σκληρότητα. Τέλος στο έκτο στάδιο το νερό περνά από κοκκοειδή ενεργό άνθρακα όπου περιορίζεται το χλώριο, οι δυσάρεστες γεύσεις και οσμές, εντομοκτόνα και χημικά που ευθύνονται για καρκινογενέσεις [24].

Ένα άλλο φίλτρο (όπως αυτό της εταιρίας CRYSTAL QUEST) καθαρίζει το νερό χρησιμοποιώντας τέσσερα στάδια φιλτραρίσματος.



Εικόνα 20 : Φίλτρο νερού της εταιρίας Crystal Quest.

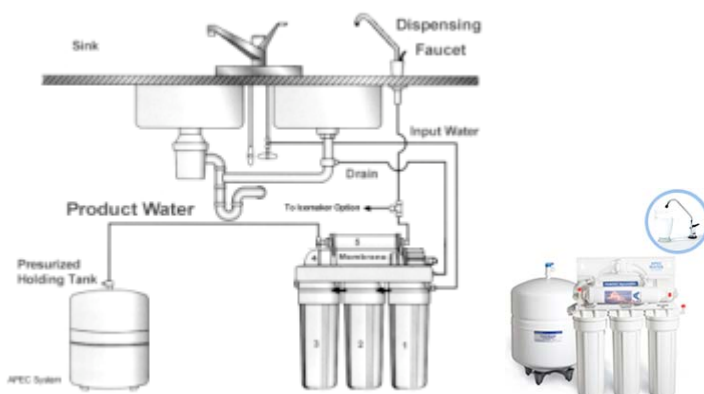
Στο πρώτο στάδιο το νερό περνά από πρόφιλτρο διαμέτρου 1 micron και αφαιρεί ορατά σωματίδια. Στη συνέχεια και στο δεύτερο πλέον στάδιο το νερό περνά από ειδικό στρώμα μείγματος ενεργού φυσικού άνθρακα και KDF. Στο τρίτο στάδιο για ακόμα μια φορά το νερό

περνά από ένα στρώμα κοκκώδους ενεργού άνθρακα. Η διαδικασία επεξεργασίας του νερού ολοκληρώνεται στο τέταρτο στάδιο όπου το νερό περνά ξανά από φίλτρο διαμέτρου 1 micron [25].

Το σύστημα επεξεργασίας νερού της εταιρείας Dometic by Electrolux χρησιμοποιεί τρία στάδια για τον καθαρισμό του νερού. Το πρώτο στάδιο καθαρισμού γίνεται με ένα φίλτρο που αφαιρεί σκουριά, άμμο, χρώμα και άλλα μεγάλα σωματίδια. Στο δεύτερο στάδιο καθαρισμού αφαιρούνται μέσω ενός φίλτρου ενεργού φαρμακευτικού άνθρακα, μικρότερα σωματίδια, χλώριο, χρωστικές ουσίες, χημικά όπως επίσης ανεπιθύμητες γεύσεις και οσμές. Το τρίτο στάδιο καθαρισμού γίνεται μέσω μιας λάμπας υπεριώδους ακτινοβολίας που σκοτώνει τα μικρόβια και τα βακτήρια, που υπάρχουν στους σωλήνες της ύδρευσης, λόγω ανεπαρκούς χλωρίωσης. Επίσης αντιμετωπίζεται το θέμα των μικροοργανισμών, που μπορεί να αναπτύσσονται στη δεξαμενή. Επιπλέον ένας αισθητήρας UV ανιχνεύει την ένταση της απολύμανσης μέσω της υπεριώδους ακτινοβολίας. Αν η λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας λειτουργεί κάτω από τα αποδεκτά επίπεδα, ο αισθητήρας UV κλείνει αυτόματα το σύστημα καθαρισμού [26].

Ανάλογος αριθμός σταδίων υπάρχει στο φίλτρο της εταιρείας Clevermarket τα οποία περιλαμβάνουν: 1) μηχανικό καθαρισμό, όπου η εξωτερική επιφάνεια της μονάδας του φίλτρου συγκρατεί χρώμα σκουριά, άμμο και λοιπά αιωρούμενα σωματίδια 2) χημικό καθαρισμό κατά τον οποίο βαρέα μέταλλα, ραδιενεργές ουσίες, υπολείματα χλωρίου, χλωριόντα, φωσφορικά και παρασιτοκτόνα αφαιρούνται από το νερό μέσω ειδικής χημικής δέσμευσης και 3) βακτηριο-στατικός καθαρισμός όπου ο ενεργός άργυρος που βρίσκεται ενσωματωμένος στο υλικό κατασκευής του φίλτρου εμποδίζει τον πολλαπλασιασμό βακτηριδίων και ιών [27].

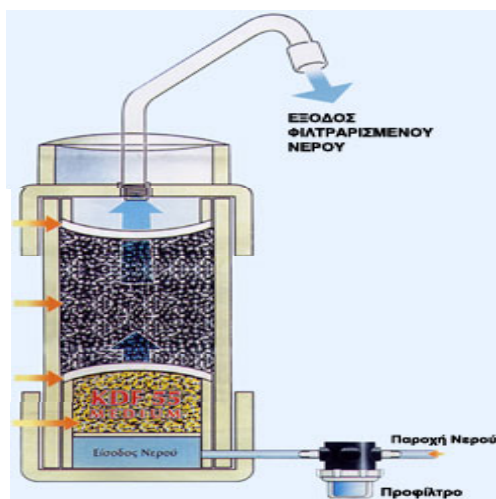
Ο τρόπος λειτουργίας των συστημάτων της εταιρείας Apec εντοπίζεται σε φιλτραρίσμα πέντε σταδίων επεξεργάζοντας το νερό με την μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης.



Εικόνα 21 : Σύστημα επεξεργασίας νερού με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης της εταιρείας Apec.

Έτσι στο πρώτο στάδιο συναντάμε το φίλτρο πολυπροπυλενίου (Osmonics 5 micron 10'') το οποίο αφαιρεί σκόνη, μικροσωματίδια και σκουριές, στο δεύτερο στάδιο υπάρχει το Extruded Carbon Block 5 micron 10'' το οποίο αφαιρεί την δυσάρεστη γεύση, την οσμή του χλωρίου και την θαμπάδα, στο τρίτο στάδιο το Extruded Carbon Block 5 micron 10'' αφαιρεί υπόλοιπα χλωρίου, γεύσεων και οσμών, ενισχύει την αποτελεσματικότητα των προ-φίλτρων και επιμηκύνει την διάρκεια ζωής της μεμβράνης αντίστροφης όσμωσης, στο τέταρτο στάδιο υπάρχει η μεμβράνη αντίστροφης όσμωσης η οποία είναι η καρδιά του συστήματος και παράγει πόσιμο νερό με ρυθμό 160 λίτρων την ημέρα (στους 25C θερμοκρασία και 4 atm πίεση νερού) και τέλος στο πέμπτο στάδιο με το Total Polishing Carbon 10'' αφαιρείται η πιθανή οσμή ή η γεύση του ντεπόζιτου [28].

Στο παρακάτω φίλτρο χρησιμοποιούνται δύο βασικά στάδια καθαρισμού του νερού όπως φαίνεται και απ' το σχήμα:

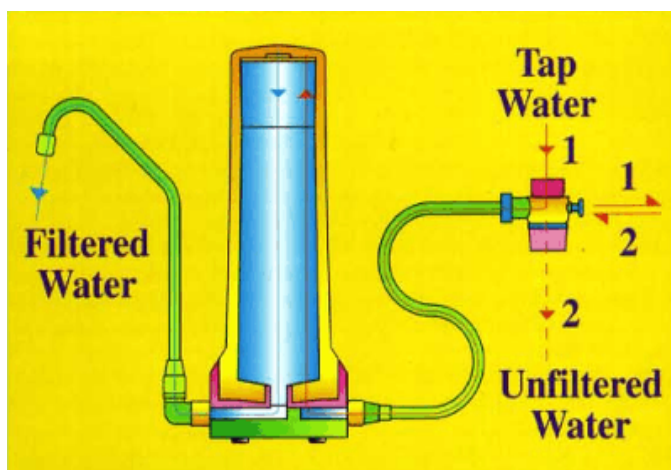


Εικόνα 22 : Φίλτρο νερού της εταιρίας Paragon, το οποίο χρησιμοποιεί τη μέθοδο της οξειδοαναγωγής σε συνδιασμό με τη μέθοδο της επιφανειακής απορρόφησης.

Στο πρώτο στάδιο υπαχει το βακτηριοκτόνο υλικό K.D.F. - 55 το οποίο είναι υψηλής καθαρότητας Zn-Cu σε κοκκώδη μορφή, δρά με τη μέθοδο οξειδοαναγωγής και ανταλλαγής ιόντων. Το υλικό αυτό έχει την δυνατότητα παρακράτησης βαρέων μετάλλων (Fe, Pb, Hg, Co, Mn κ.λ.π.), άλγης, χλωρίου και καταπολέμηση διαφόρων βακτηριδίων. Επίσης κάνει μερική αποσκλήρυνση του νερού. Παρατείνει τη ζωή του φίλτρου και το καθιστά βακτηριοστατικό βακτηριοκτόνο. Στο δεύτερο στάδιο υπάρχει ο κοκκώδης ενεργός φαρμακευτικός άνθρακας (gac) ο οποίος απαλλάσσει το νερό από το χλώριο και τις ενώσεις του, από μυρωδιές, από το Giardia το Cryptosporidium, από λιπάσματα, φυτοφάρμακα, οργανικά και ανόργανα χημικά χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της επιφανειακής απορρόφησης. Μισό κιλό του GAC ισοδυναμεί με απορροφητικότητα εδάφους 420 στρεμμάτων [29].

Σε ένα άλλο φίλτρο νερού η εξασφάλιση υγιεινού, διαυγές νερού, με φυσική γεύση, απαλλαγμένο από ρύπους επιτυγχάνεται σε τέσσερα στάδια. Στο πρώτο στάδιο υπάρχει το μηχανικό φίλτρο το οποίο συγκρατεί σωματίδια όπως χώμα ή σκουριά, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στο φίλτρο ενεργού άνθρακα. Στο δεύτερο στάδιο ένα Προηγμένο Μηχανικό φίλτρο συγκρατεί σωματίδια όπως χώμα ή σκουριά, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στο φίλτρο ενεργού άνθρακα, στο τρίτο στάδιο ένα ειδικό φίλτρο micromesh αφαιρεί και τα πιο ελάχιστα σωματίδια και στο τέταρτο στάδιο η Λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) εξαλείφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς (βακτήρια), καθιστώντας το νερό ασφαλές, τη στιγμή ακριβώς που καταναλώνεται [30].

Στο φίλτρο νερού της εταιρίας Livacosm η διαδικασία φιλτραρίσματος περιλαμβάνει δυο στην σειρά ανεξάρτητα στάδια, τα οποία εξασφαλίζουν την μέγιστη ικανότητα φιλτραρίσματος αυτού του τύπου φίλτρου. Στο πρώτο στάδιο υπάρχει το προ-φίλτρο και λειτουργεί για την αφαίρεση της σκουριάς, των βαριών μετάλλων, της άμμου και άλλων ακαθαρσιών ενώ στο δεύτερο στάδιο το κυρίως φίλτρο λειτουργεί για την αφαίρεση του υπερβολικού χλωρίου, την θολούρα, την δυσάρεστη γεύση και τη μυρωδιά [31].



Εικόνα 23 : Φίλτρο νερού δύο σταδίων της εταιρίας Livacosm.

Δώδεκα στάδια χρησιμοποιούνται στο φίλτρο της εταιρίας Camelot για τον καθαρισμό του νερού και είναι τα ακόλουθα :

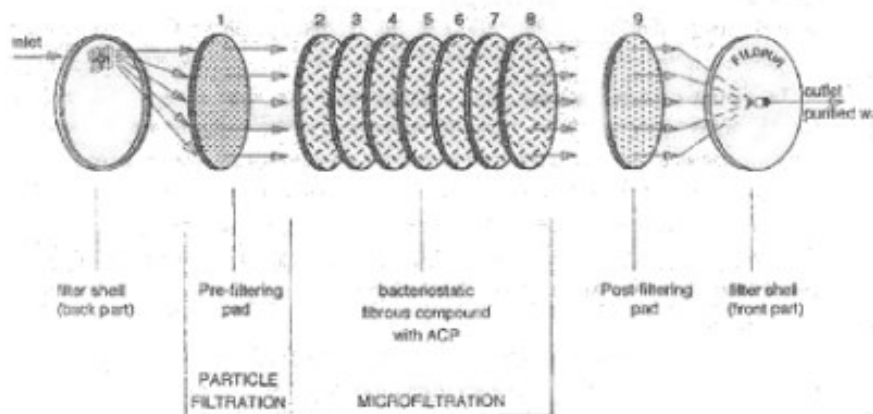


Εικόνα 24 : Φίλτρο νερού δώδεκα σταδίων της εταιρίας Camelot.

Το νερό περνάει από το πρώτο στάδιο που αποτελείται από 5 μεμβράνες που αφαιρούν αρχικά τα σωματίδια μεγαλύτερης διαμέτρου και προχωρώντας τα μικρότερης διαμέτρου. Μετά περνάει από το δεύτερο στάδιο που αποτελείται από 5 μεμβράνες που αφαιρούν τη βρωμιά, τη λάσπη, τη σκουριά, τη θολότητα, τις ίνες αμιάντου, τον θειώδη σίδηρο, σωματίδια μαγγανίου και άλλους ρύπους. Στο τρίτο στάδιο, το νερό περνάει από ειδικά επεξεργασμένο φαρμακευτικό άνθρακα που η δυνατότητα απορρόφησης του ισούται με 405.000 τετραγωνικά μέτρα, έτσι αφαιρεί με αποτελεσματικότητα οργανικούς και ανόργανους μολυντές όπως φυτοφάρμακα, υπολειμματικό χλώριο, τα υψηλής τοξικότητας τριχαλομεθάνια, μόλυβδο και οποιοδήποτε άλλο ρύπο. Στην καρδιά του συστήματος υπάρχουν το τέταρτο και το πέμπτο στάδιο που αποτελούνται από ειδικές μεμβράνες υψηλής τεχνολογίας 0.1 μαϊκρον, δηλαδή 1/10 του μικρού. Αυτές οι μεμβράνες είναι ειδικά σχεδιασμένες να απομακρύνουν όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς από το νερό όπως τύφου, δυσεντερίας, σαλμονέλας κ.λ.π. Η μικρότερη διάμετρος ενός παθογόνου μικροοργανισμού είναι 0.7 μαϊκρον. Το φίλτρο αυτό έχει μεμβράνες 0.1 μαϊκρον δηλαδή επτά φορές μικρότερη διάμετρο [32].

Ορισμένα άλλα φίλτρα όπως αυτά της εταιρίας Filpur είναι πολυστρωματικές μικροδυλιστικές καθαριστικές μεμβράνες με βακτηριοστατική λειτουργία . Το φίλτρο C1B, καθώς και το C1G , αποτελούνται από εννέα διαφορετικές μεμβράνες που σκοπό έχουν να πετύχουν 3 στάδια καθαρισμού . Η βασική δομή είναι:

Construction of the FILOPUR® C1B filter (filter precision below 0.45 microns)



Εικόνα 25 : Οικιακό σύστημα καθαρισμού του νερού της εταιρίας Filopur το οποίο περιέχει πολυστρωματικές μικροδυσλυστικές καθαριστικές μεμβράνες με βακτηριοστατική λειτουργία.

- 1) Προ-φιλτράρισμα (κατακράτηση σωματιδίων).
- 2) Κατακράτηση βακτηρίων, μικροοργανισμών, μικροβίων κλπ.
- 3) Μετά-φιλτράρισμα.

Η κατακράτηση βακτηριδίων επιτυγχάνεται με 3 ταυτόχρονες τεχνικές:

- Μικροδιύλιση από μικρομεμβράνες. Μόρια κάτω των 0.45 μικρόν (1 μικρόν = ένα εκατομμυριοστό του μέτρου) κατακρατούνται (π.χ. τα βακτήρια).
- Απορρόφηση από σκόνη ενεργοποιημένου άνθρακα (ACP). Οι οργανικές ουσίες που μπορεί να προκαλέσουν δυσοσμία καθώς και ιοί, όπως Ηπατίτιδα Α, που είναι ένας από τους μικρότερους ιούς (0,03-0,02 μικρόν), κατακρατούνται.
- Βακτηριοστατική λειτουργία. Μέσω απόλυτα υπολογισμένων ιόντων αργύρου, το φίλτρο διαθέτει την επονομαζόμενη δυνατότητα για « αυτοκαθαρισμό », που σημαίνει ότι τα βακτήρια και οι ιοί που έχουν περιοριστεί, σκοτώνονται και είναι αδύνατος ο πολλαπλασιασμός τους.

Το βαθύ μικροφιλτράρισμα επιτυγχάνεται με πολλές διαφορετικές επιστρώσεις της ίδιας μικρομεμβράνης. Αυτό αναγκάζει το νερό να διανύσει μια σημαντική απόσταση μέσα και ανάμεσα στα διαφορετικά επικαλύμματα. Οι μικρομεμβράνες του φίλτρου λειτουργούν σε διάστημα μεταξύ 1 και 0,1 μικρομέτρων. Αυτό επιτρέπει να κατακρατηθούν βακτήρια, μικρόβια κλπ. Ιοί (μεγέθους 0.0 - 0.005 μικρομέτρων) κατακρατούνται γιατί απορροφώνται από τον ενεργό άνθρακα. Τα μεταλλικά στοιχεία παραμένουν στο νερό καθώς βρίσκονται σαν ιόντα και μόρια διαστάσεων μικρότερων του 0,001 μικρόν.

Συμπερασματικά η λειτουργία του παραπάνω αναφερομένου φίλτρου βασίζεται στις εξής διαφορετικές τεχνολογίες: μοριακή διύλιση, μικροδιύλιση και μετά διύλιση προσφέρουν φιλτράρισμα, απορρόφηση και βακτηριο-στατική λειτουργία [34].

Στο φίλτρο νερού της εταιρίας Ταγάρας διακρίνουμε πέντε στάδια καθαρισμού του νερού. Στο πρώτο στάδιο υπάρχει φίλτρο ιζήματος 5 εκατομμυριοστών. Αυτό το φίλτρο ιζήματος 5 εκατομμυριοστών είναι κατασκευασμένο από 100% καθαρές ίνες πολυπροπυλενίου. Φίλτρο υψηλής χωρητικότητας αφαιρεί σκόνες, σωματίδια και σκουριές.

Στο δεύτερο στάδιο υπάρχει το κοκκώδες φίλτρο ενεργού άνθρακα. Αυτό το κοκκώδες φίλτρο ενεργού άνθρακα αποτελείται από ενεργό άνθρακα υψηλής απόδοσης που αφαιρεί το 99% του ελεύθερου χλωρίου, μυρωδιά, οργανικά μολυντικά σωματίδια, εντομοκτόνα και χημικά που συμβάλλουν στη γεύση και στη μυρωδιά. Στο τρίτο στάδιο συναντάμε φίλτρο ιζήματος ενός εκατομμυριοστού το οποίο είναι κατασκευασμένο από 100% καθαρές ίνες πολυπροπυλενίου. Είναι φίλτρο υψηλής χωρητικότητας και αφαιρεί σκόνες, σωματίδια και σκουριές.

Στο τέταρτο στάδιο υπάρχει η μεμβράνη TFC η οποία είναι υψηλής απόρριψης με δυνατότητα παραγωγής ογδόντα γαλονιών ανά ημέρα. Αφαιρεί το 99,9% των περισσοτέρων χημικών, διαλυμένων στερεών, μετάλλων, βακτηρίων, και μικροβίων, όπως μόλυβδος, χαλκός, βάριο, χρώμιο, υδράργυρος, νάτριο, κάδμιο, φθόριο, νιτρώδη άλατα και σελήνιο.

Τελος στο πέμπτο στάδιο είναι τοποθετημένο ένα φίλτρο εκροής με άνθρακα. Αυτό το φίλτρο είναι σχεδιασμένο να βελτιώνει τη γεύση. Αφαιρεί όλες τις ακαθαρσίες και μυρωδιές από τη δεξαμενή και παρέχει καλύτερη κατάσταση στο καθαρό νερό [33].

Στο φίλτρο νερού της εταιρίας Hyundai ο καθαρισμός του νερού διεξάγεται σε τέσσερα στάδια:

Στο πρώτο στάδιο είναι τοποθετημένο το Sediment filter, το οποίο αφαιρεί τα συνηθισμένα ιζήματα που υπάρχουν στο νερό όπως: άργιλος, σκουριά, άμμος κτλ. Διαθέτει πόρους που συγκρατούν όλα τα σωματίδια μεγέθους από 1~10 micron* (1/1,000mm). Στο επόμενο στάδιο υπάρχει το Pre-carbon filter το οποίο χρησιμοποιεί την φυσική μέθοδο απορρόφησης και αποβολής από το νερό του χλωρίου και των παραγώγων του, με τη χρήση υψηλής ποιότητας άνθρακα. Αφαιρεί παράλληλα τις μυρωδιές από διάφορες χημικές ουσίες οι οποίες είναι διαλυτές στο νερό και προέρχονται από γεωργικά χημικά και απορρυπαντικά. Στο τρίτο στάδιο είναι τοποθετημένο το ACF filter (Φίλτρο από αρίστης ποιότητας Ενεργό Άνθρακα) το οποίο έχει μεγαλύτερη επιφάνεια απορρόφησης, άρα μεγαλύτερη και ταχύτερη ικανότητα (σε ποσότητα) κατακράτησης ουσιών. Εξασφαλίζει νερό απαλλαγμένο από όλων των ειδών τους μικροοργανισμούς και το χλώριο και προσδίδει στο νερό τη φυσική του γεύση. Τελος στο τέταρτο στάδιο υπάρχει το Post carbon filter το οποίο λειτουργεί με χρήση ενεργού φαρμακευτικού άνθρακα και αποτρέπει την δημιουργία μικροοργανισμών αφαιρώντας παράλληλα δυσάρεστες οσμές και γεύση [34].

Τελος στο παρακατω φίλτρο διακρινουμε τρία στάδια καθαρισμού :



Εικόνα 25 : κεραμικό φίλτρο της εταιρίας columbia.

1. Το κεραμεικό ανταλλακτικό φίλτρο Columbia – μικρότερο από 0,4 micron.

Το υψηλής ποιότητας κεραμεικό ανταλλακτικό φίλτρο Columbia είναι κατασκευασμένο από ειδικό υλικό. Το ανταλλακτικό αυτό έχοντας λιγότερη από 0,4 micron ακρίβεια διύλισης μπορεί να αφαιρεί βλαβερές ουσίες όπως είναι: σκόνη, σωματίδια, ίνες αμιάντου βακτηρίδια κλπ. Εξασφαλίζει μεγάλη ροή, μεγάλη διάρκεια ζωής και χημική σταθερότητα. Το πλεονέκτημα αυτού του ανταλλακτικού είναι: ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί βούρτσα στο πλύσιμο του όταν το ανταλλακτικό είναι βρώμικο.

2. Ανταλλακτικό φίλτρο Columbia – 2 micron.

Αυτό το πολύφιλτρο ανταλλακτικό ενεργού άνθρακα είναι κατασκευασμένο και εμπεριέχει υψηλής ποιότητας ενεργό φαρμακευτικό άνθρακα. Συνήθως, είναι δυνατόν να κατασκευαστεί από ποικιλία μέσων άνθρακα όπως είναι: ο άνθρακας από κέλυφος κουκουτσιών φρούτων, άνθρακας προερχόμενος από κέλυφος καρύδας κλπ. Το ανταλλακτικό φίλτρο Columbia 2 micron είναι κατάλληλο για την επεξεργασία του νερού ώστε να απομακρύνονται το χλώριο, η κακή γεύση, η οσμή και άλλα χημικά όπως: ίνες αμιάντου, μόλυβδος, εντομοκτόνα κλπ. Τα πολύτιμα μεταλλικά στοιχεία δεν αφαιρούνται από το νερό.

3. Το ανταλλακτικό φίλτρο Columbia

Το ανταλλακτικό πολύφιλτρο άνθρακα είναι κατασκευασμένο από μέσα με ενεργό κοκκωειδή φαρμακευτικό άνθρακα και με υλικά υψηλού φιλτραρίσματος. Είναι δυνατόν να αφαιρεί το χλώριο, την κακή γεύση, οσμή και τις χημικές ουσίες από το νερό [35].

Συμπερασματικά είναι προφανές από την ανωτέρω παρουσίαση της λειτουργίας διαφόρων φίλτρων νερού ότι ο τρόπος λειτουργίας καθαρισμού του νερού διαφέρει από φίλτρο σε φίλτρο. Η επιλογή λοιπόν του κατάλληλου για κάθε καταναλωτή προϊόντος είναι υποκειμενική υπόθεση και πρέπει να λαμβάνεται με βάση τις απαιτήσεις του κάθε καταναλωτή. Επιπλέον επειδή το νερό διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, βασικό κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου φίλτρου είναι η ποιότητα του νερού που προέρχεται από το δίκτυο στις εκάστοτε περιοχές.

9.5 Ποιότητα προϊόντων

Τα τελευταία χρόνια η ποιότητα καθιερώνεται ως βασικό κριτήριο καταναλωτικής και επιχειρηματικής συμπεριφοράς. Οι καταναλωτές ευαισθητοποιούνται όλο και περισσότερο για τη ποιότητα και τη θεωρούν από τα σημαντικότερα κριτήρια στις επιλογές τους. Οι επιχειρήσεις συνειδητοποιούν αυτή την αλλαγή στην καταναλωτική συμπεριφορά και προσαρμόζονται στα νέα δεδομένα. Η ποιότητα είναι πλέον ένας από τους δυναμικότερους παράγοντες και το κλειδί για τη δημιουργία ανταγωνιστικών προϊόντων και υπηρεσιών σε μια καταναλωτική κοινωνία, όπου η ανταγωνιστικότητα παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομία μιας χώρας.

Στη σημερινή εποχή υπάρχει πληρότητα των προϊόντων, ανεξάρτητα από το είδος τους, με αποτέλεσμα η ζήτηση του καταναλωτή να υπερκαλύπτεται. Αυτό συνεπάγεται μεγάλο ανταγωνισμό μεταξύ των εταιριών. Έτσι θέτεται ως έμμεσος στόχος η ποιότητα. Μπορεί ο καταναλωτής να εστιάζει συνήθως στη τιμή για την αγορά ενός προϊόντος, αλλά εάν η ποιότητα του συγκεκριμένου αγαθού είναι χαμηλή, τότε δεν υπάρχει «μέλλον» για το συγκεκριμένο προϊόν. Το «φθηνό δεν επιζεί αν δεν καλύπτει τον πελάτη»(με την 2^η φορά). Αν δεν υπάρχει ποιότητα, δεν υπάρχει και πώληση.

Ο πελάτης απαιτεί την ασφάλεια και την αξιοπιστία σε κάθε τι που αγοράζει. Αυτό επιτυγχάνεται με το να:

- Ικανοποιούνται οι προσδοκίες του πελάτη από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος.
- Ικανοποιούνται δεδομένες προδιαγραφές.
- Συμμορφώνονται τα στοιχεία marketing, η κατασκευή, η παραγωγή και η συντήρηση με τις απαιτήσεις του πελάτη.
- Συμμορφώνεται το προϊόν σε μεγάλο βαθμό με τις προδιαγραφές του.

Επίσης, να:

- Υπάρχει σύγχρονος, ευέλικτος και αποτελεσματικός τρόπος διοίκησης της επιχείρησης
- Υπάρχει καταλληλότητα του προϊόντος για χρήση
- Ικανοποιούνται οι ανάγκες του πελάτη με κάθε δραστηριότητα
- Γίνεται κάτι σωστά κάθε φορά
- Παίρνει ο πελάτης ότι πληρώνει

Αν μια εταιρία δεν έχει ποιότητα προσβάλλει τη φήμη της, το κόστος και το μερίδιο της αγοράς, την υπευθυνότητα για το προϊόν και τη διεθνή της εικόνα.

Οι περισσότεροι σημερινοί πελάτες ζητούν από την αγορά όχι τόσο το φθηνότερο αλλά το «καλύτερης ποιότητας» προϊόν, έστω κι αν χρειάζεται να πληρώσουν κάτι παραπάνω. Το σημαντικότερο κριτήριο για την ποιότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ικανοποίηση του πελάτη. Ότι ικανοποιεί πλήρως τον πελάτη μέσα σε ορισμένα όρια κόστους παραγωγής, είναι ποιοτικό. Η ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών εξαρτάται καθοριστικά από την εφαρμογή ενός ορθολογικού συστήματος διοίκησης-διαχείρισης της παραγωγικής διαδικασίας. Ένα τέτοιο σύστημα εκφράζει τις αρχές διασφάλισης της ποιότητας και τις εφαρμόζει για να επιτύχει την ολική ποιότητα.

Δεν υπάρχει συγκεκριμένος ορισμός για την ποιότητα. Εξαρτάται από την εκάστοτε οπτική πλευρά. Δεν είναι εύκολο να προσδιορισθεί αντικειμενικά, δεδομένου ότι κάθε εποχή της αποδίδει ποικίλα και διαφορετικά χαρακτηριστικά. Σήμερα, και με όρους της αγοράς, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8402, "Ποιότητα είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών μιας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος, που ικανοποιούν εκφρασμένες ή συνεπαγόμενες ανάγκες".

Για παράδειγμα ποιότητα ενός προϊόντος θα μπορούσε να σημαίνει, το πόσο αυτό εκπληρεί τους σκοπούς για τους οποίους έχει φτιαχτεί. Ή το πόσο ικανοποιεί τον πελάτη, ποιες προδιαγραφές ασφαλείας έχει και αν είναι ανάλογο της αξίας του.

Ποιότητα περιγράφεται ως ένα προβλεπόμενο επίπεδο ομοιομορφίας και αξιοπιστίας στα μέτρα της αγοράς.

Απόλεια στην ποιότητα συμβαίνει όταν μια διαδικασία παράγει προϊόντα ή υπηρεσίες των οποίων τα χαρακτηριστικά παρεκκλίνουν από τις ανάγκες των ατόμων (ή ομάδων ατόμων στην αγορά), και αυτό συμβαίνει όταν τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες και /ή οι τιμές δεν ταιριάζουν στις προσδοκίες της αγοράς [36].

9.5.1 Παρουσίαση των προτύπων

Ιστορικά

Όταν μιλάμε για ποιότητα σε ένα προϊόν, αναφερόμαστε κυρίως στις ιδιότητες του, που μας ενδιαφέρουν να μετρήσουμε. Γι' αυτό και στις καθημερινές μας συναλλαγές αντιλαμβανόμαστε ευκολότερα την ποιότητα από την απουσία της παρά από την ύπαρξή της. Στο παρελθόν αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν αρκετοί κανόνες και πρότυπα ποιότητας από εθνικούς οργανισμούς, εξειδικευμένους στη δημιουργία προτύπων. Η σταθερή όμως εφαρμογή Προτύπων Ποιότητας ξεκίνησε από την αμυντική βιομηχανία στη δεκαετία του 1950, εξαιτίας της κρισιμότητας των παραγόμενων προϊόντων. Ιστορικά, η διασφάλιση της ποιότητας άρχισε τη δεκαετία του 60, ύστερα από την ανάγκη για καλύτερες τεχνικές ελέγχων σε πολύπλοκα και υψηλής τεχνολογίας αμυντικά προγράμματα(σειρά προτύπων NATO κτλ.).

Ακολούθως, και λόγω της μεγάλης επιτυχίας τους, επεκτάθηκε και στις μη στρατιωτικές βιομηχανίες. Το 1987 ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης ISO αποδέχτηκε το πρότυπο BS 5790(1) σαν σειρά προτύπων ISO 9000. Τα πρότυπα της σειράς ISO 9000(ισοδύναμα με τη σειρά EN29000 για την ΕΕ και με τη σειρά ANSI για τις ΗΠΑ), χρησιμοποιούνται ως οδηγός για τη διασφάλιση της ποιότητας αλλά και ως μέτρο για την αξιολόγηση της πορείας μιας επιχείρησης.

Η Μ. Βρετανία, το 1992 είχε 18.030 πιστοποιημένες επιχειρήσεις και ήταν η πρώτη χώρα με διαφορά η οποία αναγνώρισε την πληθώρα των ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων που θα προσέφερε η πιστοποίηση στις επιχειρήσεις της. Η Ελλάδα το 1992 είχε μόνο 8 επιχειρήσεις πιστοποιημένες από τον ΕΛΟΤ. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον για πιστοποίηση δείχνουν επιχειρήσεις που ανήκουν στον κατασκευαστικό τομέα, λόγω νέων, αυξημένων απαιτήσεων των πελατών τους και λόγω απαιτήσεων εξαγωγής.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια, η ικανότητα ενός προϊόντος να ανταποκρίνεται στο σκοπό για τον οποίο προοριζόταν (ο σχεδιασμός και η κατασκευή του, ώστε να κάνει τη δουλειά του σωστά, η ποιότητά του και η εν γένει ανταγωνιστικότητά του), εξασφαλιζόταν από τη συμμόρφωσή του στα υπάρχοντα τεχνικά πρότυπα.

Η σημερινή αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας, με την επακόλουθη αυξανόμενη διεθνοποίηση των αγορών και των εμπορικών συναλλαγών, οδήγησε στην καθιέρωση κοινά αποδεκτών προτύπων, όχι μέσω της εναρμόνισης των υπαρχόντων τεχνικών προτύπων, αλλά με την ανάπτυξη συστημάτων διασφάλισης της ποιότητας (ΣΔΠ). Τα πρότυπα της σειράς ISO είναι ειδικές σειρές προτύπων, που δημιουργήθηκαν από το διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης για να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις που αποφασίζουν να διασφαλίσουν τη ποιότητα της παραγωγικής τους διαδικασίας, αλλά και για να υπάρξει μια κοινή γλώσσα διεθνώς. Οι σειρές αυτές βασίστηκαν στις ανάγκες που απαιτούνται για τη πιστοποίηση των επιχειρήσεων και οι οποίες καθορίζονται από εθνικούς ή από άλλους φορείς [36].

9.5.2 Διεθνή Πρότυπα

Η ανάπτυξη διεθνών προτύπων είναι μία ιδιαίτερα σημαντική δραστηριότητα για κάθε τομέα επιστημονικών και τεχνολογικών εφαρμογών επειδή προσφέρει κοινά αποδεκτές βάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη και δημιουργία νέων εφαρμογών και προϊόντων. Η προτυποποίηση επιταχύνει την τεχνολογική ανάπτυξη επειδή υποβοηθά την διάδοση της χρήσης νέων τεχνολογιών και δίνει κατευθύνσεις για την μελλοντική ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και εφαρμογών.

Η ανάπτυξη προτύπων κατά κανόνα γίνεται από ειδικούς διεθνείς φορείς με την συμμετοχή ειδικών από την βιομηχανία, πανεπιστημιακούς και ερευνητικούς φορείς, ομάδες χρηστών, κλπ. Επίσης ανάλογη δραστηριότητα με τις αντίστοιχες διαφορές και ιδιαιτερότητες γίνεται και σε εθνικό επίπεδο με στόχο την ανάπτυξη εθνικών προτύπων. Συχνά ένα εθνικό πρότυπο μπορεί να εξελιχθεί σε διεθνές αλλά ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή η προσαρμογή ενός διεθνούς προτύπου στο εθνικό πλαίσιο μιας χώρας και η υιοθέτησή του στην συνέχεια σαν εθνικό πρότυπο.

Λόγω της πληθώρας των υφισταμένων επιστημονικών και τεχνολογικών τομέων, η ανάπτυξη προτύπων γίνεται κατά τομέα και έχει ιδιαίτερα εξειδικευμένο χαρακτήρα. Επίσης οι οργανισμοί προτυποποίησης συχνά εξειδικεύονται κατά τομέα (πχ CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardisation, IEC: International Electrotechnical Commission, ETSI - European Telecommunications Standards Institute, IEEE-Institute of Electrical and Electronics Engineers, κλπ). Από την άλλη πλευρά υπάρχουν οργανισμοί οι οποίοι καλύπτουν πολλούς διαφορετικούς βιομηχανικούς τομείς (πχ ISO-International Organisation for Standardisation, CEN - European Committee for Standardisation, BSI-British Standards Institution, κλπ) [36].

9.5.3 Πιστοποίηση στα φίλτρα νερού

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν είναι σαφές ότι ένα από τα βασικότερα κριτήρια επιλογής ενός φίλτρου νερού είναι η ποιότητα του.

Σήμερα στην αγορά υπάρχουν πολλά συστήματα φιλτραρίσματος νερού και φυσικά σχεδόν όλα δηλώνουν καλή απόδοση της λειτουργίας τους . Αλλά πώς μπορεί να γνωρίζει ο καταναλωτής ποιοι ισχυρισμοί ισχύουν στη πραγματικότητα ;

Ο τρόπος για να είναι ο εκάστοτε καταναλωτής σίγουρος για την ποιότητα και την απόδοση του προϊόντος που αγοράζει είναι να εξετάσει αν το προϊόν αυτό είναι πιστοποιημένο και αν πληρεί όλες τις προδιαγραφές / πρότυπα που το καθιστούν κατάλληλο για χρήση.

Υπάρχουν αναγνωρισμένες και συγκεκριμένες προδιαγραφές / πρότυπα για τα συστήματα επεξεργασίας νερού που επιτρέπουν στους καταναλωτές να συγκρίνουν την απόδοση ενός συστήματός σε σχέση με ένα άλλο.

Οι προδιαγραφές / πρότυπα που αφορούν το κάθε προϊόν πρέπει να είναι πιστοποιημένες από διάφορους διεθνείς οργανισμούς οι οποίοι θα αναγράφονται πάνω στο προς πώληση φίλτρο νερού για να είναι οι αγοραστές σίγουροι ότι το προϊόν που θα αγοράσουν είναι ελεγμένο , πιστοποιημένο και και άρα κατάλληλο να προσφέρει υγιεινό νερό.

Οι οργανισμοί πιστοποίησης αξιολογούν, εγκρίνουν και πιστοποιούν τα προϊόντα μόνο αν πληρούν τις προδιαγραφές / πρότυπα που ορίζονται από τη νομοθεσία. Σκοπός δηλαδή ενός συστήματος ποιότητας είναι η διασφάλιση ότι το προϊόν της εκάστοτε επιχείρησης / εταιρίας (και σε αυτό συμπεριλαμβάνεται ο εξοπλισμός, το hardware, το software, οι πρώτες ύλες, το τελικό προϊόν και οι υπηρεσίες) ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις / προδιαγραφές.

Για να αποκτήσει μια ετερεία κατασκευής φίτρων νερού πιστοποίηση θα πρέπει να ελεγχθεί για πολύ περισσότερες λειτουργίες από τη δυνατότητα που έχει να παγιδεύει μολυντές. Πρέπει επίσης να πληρεί πέντε βασικά κριτήρια.

1) Η απομάκρυνση των μολυντών πρέπει να αποδειχθεί μέσα από διάφορους ελέγχους που θα πραγματοποιηθούν στα εργαστήρια του οργανισμού που πιστοποιεί.

2) Το εκάστοτε σύστημα επεξεργασίας νερού δεν πρέπει να προσθέτει καμιά βλαβερή ουσία στο νερό και οι πρώτες ύλες που έρχονται σε έπαφή με το νερό θα πρέπει να περνάνε αυστηρούς αποσπασματικούς ελέγχους.

3) Το σύστημα πρέπει να είναι κατασκευαστικά ορθό και να έχει κατάλληλο σχεδιασμό για υδραυλική εγκατάσταση με συγκεκριμένες απαιτήσεις, όπως μπορεί να είναι οι διαφορετικές διακυμάνσεις της πίεσης.

4) Η διαφήμιση, το έντυπο υλικό και οι ετικέτες δεν πρέπει να αναφέρουν κανένα ψευδές στοιχείο ή παραπλανητικές δηλώσεις.

5) Τα υλικά κατασκευής και η παραγωγική διαδικασία πρέπει να είναι συνεπή και αντικειμενικά ετήσιας επανεξέτασης.

Επίσης θα πρέπει τα προϊόντα της εκαστοτε ετερείας να πλήρουν τρία βασικά πρότυπα ποιότητας του νερού τα οποία είναι τα εξής :

Το πρότυπο 42, το οποίο αφορά τα αισθητικά αποτελέσματα και ελέγχει τα συστήματα για την ικανότητα τους να αφαιρούν μολυντές που επιρεάζουν τη γεύση, τις οσμές και τη διαύγεια του πόσιμου νερού.

Το πρότυπο 53, το οποίο ελέγχει τα συστήματα για την ικανότητα τους να αφαιρούν ευρέως φάσματος υδρόβιους μολυντές από το πόσιμο νερό, συμπεριλαμβανομένου και του μολύβδου, του αμιάντου, των πτητικών οργανικών ενώσεων και παραπροϊόντων της απολύμανσης.

Το πρότυπο 55, το οποίο εφαρμόζεται σε συστήματα επεξεργασίας που χρησιμοποιούν την υπεριώδη ακτινοβολία για τον έλεγχο του μικροβιακού φορτίου του νερού.

Συμπερασματικά τα προϊόντα νερού πρέπει να είναι πιστοποιήμενα, και αυτό συνεπάγεται ελεγμένα και συμμορφομένα με τα πρότυπα που ορίζονται από τη νομοθεσία για να είναι και οι καταναλωτές σίγουροι γι αυτό που αγοράζουν [36].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ –
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

10.1 Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις

Τα τελευταία πενήντα χρόνια, ο άνθρωπος με τα χημικά λιπάσματα, τα χημικά φυτοφάρμακα που χρησιμοποιεί για να αυξήσει και να προστατεύσει την παραγωγή, τα βιομηχανικά απόβλητα, την όξινη βροχή, τις εκατοντάδες υπόγειες δεξαμενές καυσίμων που δημιούργησε από τις περισσότερες των οποίων υπάρχουν διαρροές στο υπέδαφος, τις μολύβδινες και αμιαντοτσιμεντένιες σωληνώσεις με τις οποίες μεταφέρεται το νερό μέχρι το σπίτι, με τις χλωματερές κ.λπ., μόλυνε τόσο τα επίγεια νερά λιμνών, ποταμών, όσο και τα υπόγεια νερά με χιλιάδες χημικά δηλητήρια. Πολλοί μάλιστα επιστήμονες πιστεύουν ότι το νερό ευθύνεται άμεσα για την αρτηριοσκλήρωση, τις νεφρικές παθήσεις, τις καρδιοπάθειες, την επάρατο νόσο, αλλά και για άλλες εκφυλιστικές ασθένειες.

Μακροπρόθεσμα το νερό της βρύσης με την υπάρχουσα μορφή του θα μας δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία μας. Σωματίδια όπως άμμος, λάσπη, πουρί, σκουριά, προϊόντα διάβρωσης, χλωριούχο βινύλιο από σωλήνες PVC και παθογόνοι μικροοργανισμοί απειλούν την υγεία μας. Οι τελευταίοι μάλιστα προκαλούν διάρροια, γαστρεντερίτιδα, λοιμώδεις και ιογενείς νόσους, ηπατίτιδα Α και Ε. Το χλώριο που προστίθεται για την καταστροφή των ιών και βακτηρίων, μπορεί να προκαλέσει βλαβερά παραπροϊόντα με συνέπεια βλάβες στα νεφρά και το συκώτι, νευρικές παθήσεις, αρτηριοσκλήρυνση.

Όσο αναφορά το εμφιαλωμένο έρευνες απέδειξαν ότι μπορεί να περιέχει μεγαλύτερο αριθμό επικίνδυνων μολυντών απ' ό,τι το νερό της βρύσης. Επιπρόσθετα, μπορεί να συναντήσουμε και επικίνδυνες χημικές ουσίες που προέρχονται από το πλαστικό. Εάν διαβάσουμε την ετικέτα που βρίσκεται πάνω στο μπουκάλι, αναγράφεται η ένδειξη: "Να φυλάσσεται σε δροσερό και σκιερό μέρος, σε θερμοκρασίες, όχι μεγαλύτερες των 18 βαθμών Κελσίου". Όμως, τα μπουκάλια μεταφέρονται, τις περισσότερες φορές, με ανοιχτά φορτηγά και αποθηκεύονται ή είναι σε ράφια σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να το αγοράζουμε ήδη αλλοιωμένο. Εάν δούμε επίσης την ημερομηνία λήξης, βλέπουμε ότι αυτό το νερό μπορεί να μείνει στο πλαστικό μπουκάλι για μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι να το χρησιμοποιήσουμε.

Οπότε, όταν θεωρείται επικίνδυνο το νερό της βρύσης, αλλά και το εμφιαλωμένο, το οικιακό φίλτρο νερού είναι η μόνη λύση. Οι ειδικοί επιστήμονες συνιστούν ότι ο πιο ασφαλής τρόπος για να έχουμε καθαρό, υγιεινό νερό είναι να έχουμε σπίτι μας ένα καλό σύστημα καθαρισμού του νερού υψηλής τεχνολογίας, το οποίο εγγυημένα να καθαρίζει το νερό μας από οτιδήποτε είναι επικίνδυνο για την υγεία μας, τόσο τους επικίνδυνους ρύπους όσο και τους παθογόνους μικροοργανισμούς, αφήνοντας όμως μέσα σε αυτό τα χρήσιμα μεταλλικά άλατα.

Υπάρχουν πάρα πολλά φίλτρα στην αγορά από 100 € περίπου μέχρι 1500 €. Όλα τα συστήματα φίλτρων νερού, παρέχουν από στοιχειώδη μέχρι αρκετά καλή αφαίρεση πολλών ρυπαντών από το νερό της βρύσης.

Το φλέγον θέμα είναι πιο από όλα είναι το καλύτερο. Η διαδικασία επιλογής ενός συστήματος καθαρισμού του νερού είναι μια αρκετά δύσκολη υπόθεση και απαιτεί από τον εκάστοτε καταναλωτή την δέουσα προσοχή διότι η πόση καθαρού νερού είναι ίσως το σημαντικότερο αγαθό που δικαιούται να έχει ο κάθε άνθρωπος.

Υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να λάβει κανείς υπόψιν προκειμένου να επιλέξει το καταλληλότερο σύστημα καθαρισμού του νερού όπως τα πιστοποιητικά που έχει λάβει και από ποιούς οργανισμούς, τους ρυπαντές που απομακρύνει, την τεχνολογία που κρύβεται από πίσω, τον τρόπο που δουλεύει, την ευκολία και την ξεγνοιασιά που προσφέρει, την ποιότητα των υλικών κατασκευής (είδος και προέλευση ενεργού άνθρακα, εγκεκριμένα υλικά-κατάλληλα για τρόφιμα), το κόστος του φίλτρου και του ανταλλακτικού, την διάρκεια ζωής του ανταλλακτικού, Την αξιοπιστία του οίκου και του αντιπροσώπου που εξασφαλίζουν την διαρκή και αποτελεσματική υποστήριξη κ.α.

Αφήνεται λοιπόν στη κρίση του κάθε καταναλωτή η επιλογή και η χρήση των οικιακών φίλτρων νερού όμως πρέπει να υπάρχει η δέουσα προσοχή διότι αυτά τα συστήματα όσο αξιόπιστα και αποτελεσματικά είναι τόσο επικίνδυνα για την υγεία μπορούν να γίνουν. Η

λανθασμένη χρήση των συσκευών αυτών όχι μόνο δεν απομακρύνει τα τυχόν παθογόνα του νερού αλλά αντιθέτως ευνοεί τον πολλαπλασιασμό τους.

Για παράδειγμα ένα φίλτρο που κατακρατεί μικροοργανισμούς και βακτηρίδια και δεν αντικαθίσταται σε κανονικά διαστήματα αντί να καθαρίζει, μολύνει το νερό, αφού το αναγκάζει να περάσει μέσα από αυτά.

Από τα ανωτέρω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα φίλτρα νερού οικιακής χρήσης είναι όντως η μόνη λύση που υπάρχει για να πίνουμε καθαρό νερό έχοντας ασφάλεια και σιγουριά για την υγεία μας, αρκεί να επιλέξουμε όμως το κατάλληλο φίλτρο και να το χρησιμοποιούμε σωστά διότι σε διαφορετική περίπτωση τα αποτελέσματα θα είναι πολύ πιο δυσάρεστα για τον οργανισμό μας και απ' το να πίνουμε το νερό που τρέχει από την βρύση μας ή από κάποιο εμφιαλωμένο μπουκάλι [37-38].

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) http://www.iahhellas.geol.uoa.gr/iahhellas_announce_extended.php?lang=gr&id=1102689847
- 2) <http://www.kepka.org/Grk/info/Inveroment/inv005.htm>
- 3) http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/water/source/first_ie.htm
- 4) <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C#.CE.A3.CF.8D.CF.83.CF.84.CE.B1.CF.83.CE.B7>
- 5) <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>
- 6) <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C>
- 7) <http://www.food-info.net/gr/qa/qa-wat09.htm>
- 8) <http://www.food-info.net/gr/qa/qa-wat01.htm>
- 9) <http://www.medsos.gr/content/view/215/92/>
- 10) <http://www.thermoydravlikos.gr/printArticle.php?ID=65>
- 11) <http://health.in.gr/environ/Article.asp?ArticleId=18445&CurrentTopId=18436&IssueTitle=%D4%EF+%D0%E5%F1%E9%E2%DC%EB%EB%EF%ED+%EC%E1%F2>
- 12) http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/velonakis_e.pdf
- 13) <http://www.hydro.ntua.gr/labs/sanitary/postgraduate/waterTreatment1.pdf>
- 14) http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/pappa_g.pdf
- 15) http://www.e-telescope.gr/gr/cat08/art08_011120.htm
- 16) <http://health.in.gr/print.asp?lngArticleID=31337>
- 17) <http://www.goldengreece.com/contents/magazine/deltia/deltiowater.htm>
- 18) <http://www.lifeofquality.gr/arthra/katharonero.htm>
- 19) <http://www.h2o.gr/filtra.htm>
- 20) http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update51_data.htm
- 21) http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORY_CODE=13&ARTHRO_NAME=76-43.TXT
- 22) <http://www.thermoydravlikos.gr/article.php?ID=66>
- 23) Λέκκας .Θ.Δ. 1996. Περιβαλλοντική μηχανική I, Διαχείριση υδατικών πόρων. Εκδόσεις ΚΟΣΜΟΣ ΠΕΜΕΡ. Σελ. 507-628
- 24) <http://www.interastra.gr/prod01.htm>
- 25) <http://www.hydrotherm.gr/index.php?act=viewProd&productId=66&ccSID=7b655e984cf36030ebf82087e6b9858c>

- 26) [http://www.water air.gr/default.aspx?content=products&cid=668&lid=](http://www.waterair.gr/default.aspx?content=products&cid=668&lid=)
- 27) <http://www.clevermarket.gr/ViewShopCategory.aspx?id=19503>
- 28) http://www.reallifehellas.gr/products_uv.htm
- 29) <http://www.paragonwater.gr/pelates.html>
- 30) <http://www.dynamicfilters.gr/general.htm>
- 31) <http://watersolution.livacosm.com/filtro.html>
- 32) http://www.camelot.gr/water_filter.php
- 33) <http://www.tagaras.gr/tech.html>
- 34) [http://www.water air.gr/default.aspx?content=products&cid=668&lid=1](http://www.waterair.gr/default.aspx?content=products&cid=668&lid=1)
- 35) http://www.camelot.gr/water_shower.php
- 36) [www.syros.aegean.gr/de/dpsd00046.doc#<http://www.syros.aegean.gr/de/dpsd00046.doc>#]
- 37) <http://www.politis-news.com/cgi-bin/hweb?-A=757909&-V=archivecolumns&-p>
- 38) <http://www.ngmed.gr/waterwise3.htm>
- 39) <http://www.nestle.gr/online/life/Mineral/index.asp?a8=index.htm&bt1=bottom.html>
- 40) <http://www.vikoswater.gr/greek/faq.htm>