



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Ταμπακίδης Χαράλαμπος

Διπλωματική Εργασία:

**Συγκριτική Μελέτη και Αξιολόγηση των Παραμέτρων
Ποιότητας των Υδάτων και των Αστικών Λυμάτων**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Χαραλάμπους Αικατερίνη

ΑΘΗΝΑ 2012

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Στους γονείς μου, αφ' ενός μεν επειδή μου ενεφύσησαν τις πανανθρώπινες αξίες και τις αρχές, αφ' ετέρου δε επειδή πάντα μου επέτρεψαν να είμαι ο εαυτός μου και να ακολουθώ τα όνειρά μου. Επειδή, εν τέλει, μου προσέφεραν όχι μόνο το ζην, αλλά και το ευ ζην.

Σε όλους τους Διδάσκοντες της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, που με δίδαξαν την ουσιαστική έννοια του Μηχανικού: την κατανόηση και την επίλυση των προβλημάτων, προς όφελος της Κοινωνίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ ab imo pectore:*

Την Καθηγήτριά μου *Αικατερίνη Χαραλάμπους*, η οποία με εμπιστεύτηκε και μου ανέθεσε να εκπονήσω την Διπλωματική Εργασία μου σε ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα, που άπτεται του προβλήματος της Προστασίας του Περιβάλλοντος

Τις Καθηγήτριες *Μαρία Λοϊζίδου* και *Ευαγγελία Παυλάτου*, οι οποίες δέχτηκαν να συναποτελέσουν μαζί με την κυρία Χαραλάμπους την τριμελή επιτροπή αξιολόγησης της Διπλωματικής μου Εργασίας

Τους Υποψήφιους Διδάκτορες *Εβίνα Κάτσου*, *Μάρκο Μαργαρίτη* και *Θανάση Θάνο*, για την άψογη συνεργασία μας, αλλά και για την υπομονή και την προθυμία τους να μου επισημαίνουν τα όποια λάθη και ελλείψεις παρουσιάζονταν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου

Τον φίλτατο και Μεταπτυχιακό φοιτητή στο Δ.Π.Μ.Σ. «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. *Ανδρέα Κατσιγιάννη*, για την άψογη συνεργασία μας, και για την συμβολή του στην εργασία μου με το να μου παρέχει κατ' επανάληψη δείγμα νερού από την πηγή της Πεντέλης

Τον φίλτατο και Υποψήφιο Διδάκτορα *Παναγιώτη Σφακιανάκη*, για την άψογη συνεργασία μας, και για την στήριξη της εργασίας μου

Την βιομηχανία Επεξεργασίας Υφασμάτων στην περιοχή των Οινοφύτων Βοιωτίας, που μου επέτρεψε να λάβω δείγμα από τα υγρά απόβλητα της μονάδας καθαρισμού που διαθέτει

Την *οικογένειά μου* και τους *συγγενείς μου*, η στήριξη των οποίων υπήρξε καθοριστική, προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου σε προπτυχιακό επίπεδο και να λάβω το πτυχίο του Χημικού Μηχανικού Ε.Μ.Π.

(**ab imo pectore: εκ βάθους καρδιάς*)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό αποτελεί το σημαντικότερο αγαθό για την ζωή στον πλανήτη γη. Μάλιστα, το 70% της επιφάνειας του πλανήτη κατακλύζεται από το νερό των ωκεανών, οι οποίοι ρυθμίζουν το παγκόσμιο κλίμα και αποτελούν τον υδροβιότοπο πολλών οργανισμών. Επιπλέον, το νερό αποτελεί σημαντικό ποσοστό της μάζας των οργανισμών, περίπου το 60%. Το νερό είναι απαραίτητο στην Γεωργία, στην Βιομηχανία, στις Μεταφορές, στην Αναψυχή, και κυρίως στην ύπαρξη και στην επιβίωση των ζώντων οργανισμών.

Όμως, τα συνολικά αποθέματα νερού, σε συντριπτικό ποσοστό που ξεπερνάει το 99%, είναι μη εκμεταλλεύσιμα και μη πόσιμα από τον άνθρωπο. Το μεγαλύτερο μέρος τους, σε ποσοστό 97% και άνω επί του συνόλου, βρίσκεται στους ωκεανούς με μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα, ενώ το 2,1% επί του συνόλου είναι έγκλειστα στους παγετώνες και τα παγόβουνα ή σε μεγάλα βάθη στο υπέδαφος, και άρα μη αξιοποιήσιμα. Απομένει το 0,6% επί του συνόλου των υδάτων σε αξιοποιήσιμη μορφή στις λίμνες, στους ποταμούς και στην υγρασία του εδάφους. Το φαινομενικά μικρό αυτό ποσοστό είναι στην πραγματικότητα επαρκές για την διατήρηση της Ζωής, αρκεί να υπάρχει σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων.

Στην σημερινή εποχή, όμως, παρατηρείται σε πολλές περιοχές του πλανήτη έλλειψη του πόσιμου νερού, και η κατάσταση αυτή πιθανόν να εξελιχθεί σε παγκόσμιο Κοινωνικό, Οικονομικό, Περιβαλλοντικό και Πολιτικό πρόβλημα. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, ειδικά στις αναπτυσσόμενες περιοχές του πλανήτη, μειώνει την κατά κεφαλήν δικαιούμενη ποσότητα νερού, όταν το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού (κυρίως στις αναπτυσσόμενες περιοχές) δεν έχει επαρκές νερό ακόμα και για την υποτυπώδη υγιεινή. Στην συνέχεια, η μαζική κατανάλωση και κατάχρηση του νερού, ως απόρροια του υλισμού και ευδαιμονισμού που χαρακτηρίζει σήμερα τον ανεπτυγμένο κόσμο, συντελεί στην ίδια κατεύθυνση. Σαν να μην επαρκούσαν τα παραπάνω, η ρύπανση των υδάτων από ρύπους διαφόρων ειδών (απορρίμματα, αστικά λύματα, ραδιενεργά και τοξικά απόβλητα, και άλλα) μειώνει την ποιότητα των διαθέσιμων υδάτων για ανθρώπινη χρήση, και συντελεί στην εμφάνιση και εξάπλωση ασθενειών. Τέλος, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω των εκπομπών αερίων του Θερμοκηπίου, έχει ως αποτέλεσμα την διατάραξη του υδρολογικού κύκλου και την μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων και την πτώση της στάθμης των υδατικών ταμιευτήρων. Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, στις προσεχείς δεκαετίες η κατά κεφαλήν ποσότητα νερού σε παγκόσμιο επίπεδο αναμένεται να μειωθεί κατά 30%.

Το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό ανά την υφήλιο και θα αποτελέσει αιτία για πολλές πολιτικές διενέξεις και πιθανώς ακόμα και ένοπλες

συρράξεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σχέδιο για χτίσιμο φράγματος στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη από την Τουρκία (Πρόγραμμα Νοτιοανατολικής Ανατολίας) που κατά το παρελθόν οδήγησε την Συρία και το Ιράκ να διαμαρτυρηθούν εντόνως στην Τουρκική κυβέρνηση, διότι το φράγμα θα περιόριζε τα αποθέματα νερού που θα κατέληγαν σ' αυτές τις χώρες. Το πρόγραμμα αυτό δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί λόγω διακοπής της χρηματοδότησης του έργου από την Παγκόσμια Τράπεζα εξ αιτίας της μη υπογραφής οριστικής συμφωνίας μεταξύ των τριών Κρατών. [Jongerden, Joost (2010), "Dams and Politics in Turkey: Utilizing Water, Developing Conflict", *Middle East Policy*, Volume 17]

Πολλοί αναλυτές έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το πετρέλαιο του μέλλοντος. Με αυτό το δεδομένο, χώρες του Αρκτικού Κύκλου όπως ο Καναδάς και η Ρωσία με την παγωμένη Σιβηρία, διαθέτοντας τεράστια και πλεονάζοντα αποθέματα νερού, αναμένεται να αναρριχηθούν οικονομικά, ανταγωνιζόμενες τις πιο πλούσιες χώρες του πλανήτη (Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, Κίνα, Ευρωπαϊκή Ένωση).

Όλα αυτά αναμένεται να προκαλέσουν προβλήματα διαφόρων εκφάνσεων στον παγκόσμιο πληθυσμό (δίψα, ασθένειες, κακή υγιεινή, έλλειψη τροφής), και αναζητούνται τρόποι τόσο για την άμβλυση των επιπτώσεων των παραπάνω, όσο και για την ουσιαστική αντιμετώπιση του προβλήματος.

Στην κατεύθυνση της διατήρησης της υφιστάμενης ποιότητας των Υδάτων καθώς και της βελτίωσης αυτής, οι Κυβερνήσεις των Κρατών και διάφοροι Διεθνείς Οργανισμοί έχουν συστήσει και προτείνει διάφορες μεθόδους και πρακτικές, τόσο για τον καθαρισμό των Υδατικών Πόρων από κάθε ανθρώπινη επιβάρυνση, όσο και για την διαπίστωση με επιστημονικά μέσα της ακριβούς σύστασης και ποιότητας των ελεγχόμενων Υδάτων. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, μέσω της Ε.Ρ.Α., και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω του Συμβουλίου της Ευρώπης, έχει καθοριστεί συγκεκριμένο Νομικό Πλαίσιο για την προστασία των Υδάτων από κάθε επιβαρυντική ανθρώπινη δραστηριότητα και για την αποτελεσματική διαχείρισή τους, καθώς επίσημα το Νερό αντιμετωπίζεται ως μέγιστη παγκόσμια κληρονομιά και όχι εμπορικό προϊόν.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την συγκριτική μελέτη ορισμένων παραμέτρων ποιότητας των υδάτων, όπως αυτές ορίζονται από τις Κοινοτικές Οδηγίες, με τις τιμές που μετρήθηκαν σε δείγματα νερού και σε επεξεργασμένα αστικά λύματα και υγρά απόβλητα για να εξαχθούν συμπεράσματα για το πώς η απόρριψη επεξεργασμένων λυμάτων σε φυσικούς αποδέκτες, η χρήση και η προέλευση νερού και η επεξεργασία νερού και λυμάτων επηρεάζουν τις τιμές των παραμέτρων και την καταλληλότητα των διαφόρων δειγμάτων νερού και των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	16
ABSTRACT.....	18
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ</u>	22
1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ – ΕΝΝΟΙΕΣ.....	22
1.2 Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	25
1.2.1 ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	26
1.2.2 ΕΙΔΗ ΡΥΠΩΝ.....	27
1.2.2.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ.....	27
1.2.2.2 ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ.....	29
1.2.2.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	32
1.2.2.4 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	32
1.2.2.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	34
1.3 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΩΝ.....	35
1.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	35
1.3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	36
1.3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	37
1.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	38
1.4.1 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	39
1.4.1.1 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	39
1.4.1.2 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	39
1.4.1.3 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	40
1.4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	40
1.4.2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ (ACTIVATED SLUDGE).....	40
1.4.2.2 ΒΙΟ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ (MEMBRANE BIO-REACTOR, MBR).....	42

1.4.2.3 ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ (ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS).....	45
1.5 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	48
1.5.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	48
1.5.1.1 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	48
1.5.1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ.....	50
1.5.1.3 ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ/ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	50
1.5.1.4 ΑΣΤΙΚΗ/ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ.....	51
1.5.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	56
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΚΑΙ Η ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΟΙΝΟΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ.....</u>	<u>59</u>
2.1 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	59
2.1.1 Η ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ “ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΣΠΙΣΗ ΚΟΙΝΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ”	61
2.1.2 ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ.....	62
2.1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ-ΜΕΛΩΝ.....	66
2.1.3.1 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ (ΑΡΘΡΟ 3)	66
2.1.3.2 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	66
2.1.3.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ (ΑΡΘΡΟ 4).....	67
2.1.3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ, ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΎΔΑΤΟΣ [ΑΡΘΡΟ 5]...67	
2.1.3.5 ΜΗΤΡΩΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ [ΑΡΘΡΟ 6].....	67
2.1.3.6 ΥΔΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΑΝΤΛΗΣΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ [ΑΡΘΡΟ 7].....	68
2.1.3.7 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ [ΑΡΘΡΟ 8]	68
2.1.3.8 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ [ΑΡΘΡΟ 11].....	68
2.1.3.9 ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΕΙΣ [ΑΡΘΡΟ 14]	69

2.1.3.10 ΥΠΟΒΟΛΗ ΕΚΘΕΣΕΩΝ [ΑΡΘΡΟ 15].....	69
2.1.3.11 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ [ΑΡΘΡΟ 16].....	69
2.1.3.12 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ [ΑΡΘΡΟ 17].....	69
2.1.3.13 ΣΧΕΔΙΑ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΟΙΝΟΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ [ΑΡΘΡΟ 19].....	70
2.1.4 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ.....	70
2.1.5 ΤΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ.....	71
2.2 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΔΙΑΚΗΡΥΞΗ ΓΙΑ ΜΙΑ ΝΕΑ ΚΟΥΛΤΟΥΡΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ.....	73
2.3 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ Η ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΟ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ.....	75
2.3.1 Ο ΝΟΜΟΣ 3199/2003.....	75
2.3.2 ΤΟ ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 51/2007.....	79
2.3.3 ΑΛΛΟΙ ΝΟΜΟΙ ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΔΙΚΑΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ....	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2 ^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	82
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</u>	84
3.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	84
3.1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	84
3.1.2 ΡΗ.....	85
3.1.3 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	86
3.2 ΣΤΕΡΕΑ.....	86
3.2.1 ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	86
3.2.2 ΟΛΙΚΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	86
3.2.3 ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	87
3.2.4 ΕΞΑΤΜΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	87
3.2.5 ΚΑΘΙΖΑΝΟΝΤΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	87
3.3 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	88
3.3.1 ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (C.O.D.).....	88
3.3.2 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (DISSOLVED OXYGEN).....	89
3.3.3 ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (T.O.C.).....	90

3.3.4 ΦΑΙΝΟΛΕΣ (PH ⁻).....	91
3.3.5 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ.....	91
3.3.6 ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ – ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.....	92
3.3.6.1 ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ (NH ₄ ⁺).....	93
3.3.6.2 ΝΙΤΡΩΔΗ (NO ₂ ⁻).....	93
3.3.6.3 ΝΙΤΡΙΚΑ (NO ₃ ⁻).....	94
3.3.7 ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ (PO ₄ ³⁻).....	94
3.3.8 ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (CL ⁻).....	96
3.3.9 ΘΕΙΙΚΑ (SO ₂ ⁻).....	96
3.3.10 ΚΥΑΝΙΟΥΧΑ (CN ⁻).....	96
3.4 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	97
3.4.1 ΣΙΔΗΡΟΣ (FE).....	97
3.4.2 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ (ZN).....	97
3.4.3 ΧΑΛΚΟΣ (CU).....	97
3.4.4 ΚΑΔΜΙΟ (CD).....	98
3.4.5 ΧΡΩΜΙΟ (CR).....	98
3.4.6 ΝΙΚΕΛΙΟ (NI).....	99
3.4.7 ΜΟΛΥΒΔΟΣ (PB).....	99
3.4.8 ΜΑΓΓΑΝΙΟ (MN).....	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	100
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u>	101
PH.....	104
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (CONDUCTIVITY).....	105
ΟΛΙΚΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (SUSPENDED SOLIDS).....	106
ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΤΟΥΣ 180 ^Ο C (TOTAL DISSOLVED SOLIDS).....	107
ΕΞΑΤΜΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (VOLATILE SOLIDS).....	108
ΚΑΘΙΖΑΝΟΝΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΤΑ ΙΜΗΟΦΦ.....	110
ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (CHEMICAL OXYGEN DEMAND, C.O.D.).....	111

ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (DISSOLVED OXYGEN).....	112
ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOTAL ORGANIC CARBON).....	113
ΦΑΙΝΟΛΕΣ (PH ⁻).....	115
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (HARDNESS).....	116
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ (TOTAL NITROGEN).....	117
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ ΙΟΝΤΑ (NH ₄ ⁺).....	119
ΝΙΤΡΩΔΗ ΙΟΝΤΑ (NO ₂ ⁻).....	120
ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ (NO ₃ ⁻).....	121
ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ (PO ₄ ³⁻).....	122
ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (CL ⁻).....	123
ΘΕΙΙΚΑ (SO ₄ ²⁻).....	124
ΚΥΑΝΙΟΥΧΑ (CN ⁻).....	125
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ.....	127
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	136
PH.....	136
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	138
ΟΛΙΚΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	140
ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΤΟΥΣ 180 ^o C.....	142
ΕΞΑΤΜΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	144
ΚΑΘΙΖΑΝΟΝΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΤΑ ΙΜΗΟΦΦ.....	145
ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ.....	146
ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ.....	148
ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ.....	150
ΦΑΙΝΟΛΕΣ.....	151
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ.....	153
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.....	155
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	157
ΝΙΤΡΩΔΗ	159

ΝΙΤΡΙΚΑ	160
ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ	162
ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ.....	164
ΘΕΙΙΚΑ	166
ΚΥΑΝΙΟΥΧΑ	168
ΣΙΔΗΡΟΣ.....	170
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ.....	172
ΧΑΛΚΟΣ.....	174
ΚΑΔΜΙΟ.....	176
ΧΡΩΜΙΟ.....	177
ΝΙΚΕΛΙΟ.....	179
ΜΟΛΥΒΔΟΣ.....	181
ΜΑΓΓΑΝΙΟ.....	183
<u>ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</u>	<u>185</u>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5 ^ο Υ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	190

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</u>	191
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΕ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ).....	191
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ 76/464/ΕΟΚ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΟΠΩΣ ΑΝΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΗΚΕ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ 2/1.2.2001).....	191
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ (ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ 91/271/ΕΟΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ).....	192
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ (ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΠΟΥ ΠΡΟΟΡΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΟ).....	192
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε (ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΕΔΑΦΗ, ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΟ).....	192
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ (ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ 75/440/ΕΟΚ, ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΟΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΟΥ ΠΡΟΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΤΑ ΚΡΑΤΗ-ΜΕΛΗ).....	193
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ (ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2008/105/ΕΚ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ, ΟΠΩΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΤΗΚΕ ΣΤΗΝ ΑΠΟΦΑΣΗ ΑΡ. 20488/31.05.2010).....	194
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η (ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ).....	196

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Κατηγορίες Συμβατικών Ρύπων και Συσχετιζόμενα Προβλήματα Ρύπανσης.....	29
Πίνακας 1.2: Είδη μη συμβατικών ρύπων.....	31
Πίνακας 1.3 Σύγκριση των δύο μεθόδων M.B.R.	43
Πίνακας 1.4 Σύγκριση των δύο μεθόδων επεξεργασίας λυμάτων	44
Πίνακας 1.5: Τυπικά πρότυπα ποιότητας απορροής, αναλόγως της επιθυμητής χρήσης.....	52
Πίνακας 1.6: Επιλεγμένα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους, καθώς και οι ελάχιστες απαιτούμενες μέθοδοι επεξεργασίας, για τα επαναχρησιμοποιούμενα υγρά απόβλητα [ΚΥΑ 145116/2011].....	55
Πίνακας 1.7: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις επιλεγμένων μετάλλων [ΚΥΑ 145116/2011]...55	
Πίνακας 3.1: Συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC.....	91
Πίνακας 4.1: Η μέγιστη αποδεκτή απόκλιση των συγκεντρώσεων των μετρούμενων μετάλλων.....	132
Πίνακας 4.2: Τα όρια ανίχνευσης των εφαρμοζόμενων εργαστηριακών μεθόδων.....	133
Πίνακας 5.1: οι μετρήσεις των τιμών pH των δειγμάτων.....	136
Πίνακας 5.2: οι μετρήσεις των τιμών αγωγιμότητας των δειγμάτων.....	138
Πίνακας 5.3: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων ολικών αιωρούμενων στερεών των δειγμάτων.....	140
Πίνακας 5.4: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων ολικών διαλυμένων στερεών των δειγμάτων.....	142
Πίνακας 5.5: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων εξαμιζόμενων στερεών των δειγμάτων.....	144
Πίνακας 5.6: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων καθιζανόντων στερεών των δειγμάτων.....	145
Πίνακας 5.7: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου των δειγμάτων....	146
Πίνακας 5.8: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Διαλυμένου Οξυγόνου των δειγμάτων.....	148
Πίνακας 5.9: Η διαλυτότητα του Οξυγόνου στο νερό συναρτήσει της θερμοκρασίας των δειγμάτων.....	148
Πίνακας 5.10: Τα ποσοστά κορεσμού Διαλυμένου Οξυγόνου των δειγμάτων.....	148
Πίνακας 5.11: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα των δειγμάτων.....	150
Πίνακας 5.12: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Φαινολών των δειγμάτων.....	151
Πίνακας 5.13: οι μετρήσεις της κατανάλωσης EDTA των δειγμάτων.....	153
Πίνακας 5.14: οι συγκεντρώσεις Ανθρακικού Ασβεστίου των δειγμάτων.....	153
Πίνακας 5.15: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ολικού Αζώτου των δειγμάτων.....	155
Πίνακας 5.16: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Αμμωνιακών των δειγμάτων.....	157

Πίνακας 5.17: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νιτρωδών των δειγμάτων.....	159
Πίνακας 5.18: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νιτρικών των δειγμάτων.....	160
Πίνακας 5.19: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Φωσφορικών των δειγμάτων.....	162
Πίνακας 5.20: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χλωριόντων των δειγμάτων.....	164
Πίνακας 5.21: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Θεϊκών των δειγμάτων.....	166
Πίνακας 5.22: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Κυανιούχων των δειγμάτων.....	168
Πίνακας 5.23: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Σιδήρου των δειγμάτων.....	170
Πίνακας 5.24: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ψευδαργύρου των δειγμάτων.....	172
Πίνακας 5.25: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χαλκού των δειγμάτων.....	174
Πίνακας 5.26: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Καδμίου των δειγμάτων.....	176
Πίνακας 5.27: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χρωμίου των δειγμάτων.....	177
Πίνακας 5.28: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νικελίου των δειγμάτων.....	179
Πίνακας 5.29: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Μολύβδου των δειγμάτων.....	181
Πίνακας 5.30: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Μαγγανίου των δειγμάτων.....	183
Πίνακας 5.31: οι συγκεντρωτικές μετρήσεις.....	185

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Οι συνηθέστεροι τρόποι ρύπανσης των υπογείων υδάτων.....	26
Σχήμα 1.2 Διαγράμματα ροής για σύστημα Ενεργού Ιλύος και για σύστημα MBR.....	42
Σχήμα 1.3 Η μεμβράνη συγκρατεί τα στερεά και τους μικροοργανισμούς.....	43
Σχήμα 1.4 Η εναπόθεση μικροοργανισμών και στερεών πάνω στην μεμβράνη και η διαφυγή τους...45	
Σχήμα 1.5: Φωτογραφίες Περιστρεφόμενων Βιολογικών Δίσκων.....	46
Σχήμα 4.1: Νερό του ποταμού Ασωπού, στην περιοχή των Οιοφύτων.....	101
Σχήμα 4.2: Υπόγειο νερό από την Πηγή της Πεντέλης.....	102
Σχήμα 4.3: Επεξεργασμένα απόβλητα του βαφείου-φινιριστηρίου στην περιοχή των Οιοφύτων Βοιωτίας.....	102
Σχήμα 4.4: Ειδική διάταξη για την πραγματοποίηση της χώνευσης.....	128
Σχήμα 4.5: Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Perkin Elmer 2380, AAS-EM.....	128
Σχήμα 5.1: η σύγκριση των τιμών pH των δειγμάτων.....	136
Σχήμα 5.2: η σύγκριση των τιμών αγωγιμότητας των δειγμάτων.....	138
Σχήμα 5.3: η σύγκριση των συγκεντρώσεων ολικών αιωρούμενων στερεών των δειγμάτων.....	140
Σχήμα 5.4: η σύγκριση των συγκεντρώσεων ολικών διαλυμένων στερεών των δειγμάτων.....	142
Σχήμα 5.5: η σύγκριση των συγκεντρώσεων εξαμιζόμενων στερεών των δειγμάτων.....	144
Σχήμα 5.6: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου των δειγμάτων.....	146
Σχήμα 5.7: η σύγκριση των ποσοστών κορεσμού Διαλυμένου Οξυγόνου των δειγμάτων.....	149
Σχήμα 5.8: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα των δειγμάτων.....	150
Σχήμα 5.9: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Φαινολών των δειγμάτων.....	151
Σχήμα 5.10: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ανθρακικού Ασβεστίου των δειγμάτων.....	153
Σχήμα 5.11: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ολικού Αζώτου των δειγμάτων.....	155
Σχήμα 5.12: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Αμμωνιακών των δειγμάτων.....	157
Σχήμα 5.13: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Νιτρωδών των δειγμάτων.....	159
Σχήμα 5.14: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Νιτρικών των δειγμάτων.....	160
Σχήμα 5.15: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Φωσφορικών των δειγμάτων.....	162
Σχήμα 5.16: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χλωριόντων των δειγμάτων.....	164
Σχήμα 5.17: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Θεϊκών των δειγμάτων.....	166

Σχήμα 5.18: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Κυανιούχων των δειγμάτων.....	168
Σχήμα 5.19: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Σιδήρου των δειγμάτων.....	170
Σχήμα 5.20: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ψευδαργύρου των δειγμάτων.....	172
Σχήμα 5.21: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χαλκού των δειγμάτων.....	174
Σχήμα 5.22: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χρωμίου των δειγμάτων.....	177
Σχήμα 5.23: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Νικελίου των δειγμάτων.....	179
Σχήμα 5.24: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Μολύβδου των δειγμάτων.....	181
Σχήμα 5.25: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Μαγγανίου των δειγμάτων.....	183

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί το αποτέλεσμα της προσπάθειας του υπογραφόμενου σπουδαστή να παρουσιάσει με ολοκληρωμένο τρόπο τις παραμέτρους που επηρεάζουν την ποιότητα και την καταλληλότητα των υδάτων, αναλόγως της κατηγορίας χρήσης. Για τον σκοπό αυτό, λήφθηκαν διάφορα δείγματα υδάτων και μετρήθηκαν οι παράμετροι αυτές στο εργαστήριο. Παράλληλα, μελετήθηκε η Κοινοτική Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ, καθώς και το νομικό καθεστώς της Ελλάδος αναφορικά με την ποιότητα των Υδάτων.

Η παρούσα εργασία απαρτίζεται από πέντε κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο έχει σκοπό να παρουσιάσει στον αναγνώστη εννοιολογικά ζητήματα των υδατικών πόρων και της διαδικασίας καθαρισμού αυτών, καθώς και της ιδιαίτερης σημασίας τους για το ανθρώπινο είδος και για τη διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος. Έμφαση δίνεται στους τρόπους επαναχρησιμοποίησης των υδάτων και των αστικών λυμάτων, σε χρήσεις όπου δεν απαιτείται ιδιαίτερα υψηλή καθαριότητα του νερού, προκειμένου να μην πραγματοποιείται σπατάλη πόσιμου νερού.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει την Κοινοτική Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ, όπου ορίζονται επισήμως και λεπτομερώς οι έννοιες, οι απαιτήσεις και οι διαδικασίες εκείνες, που συντελούν στην διατήρηση και προστασία των Υδάτων, ενώ γίνεται και αναφορά στην Ευρωπαϊκή Διακήρυξη για μια Νέα Κουλτούρα για το Νερό που ανακοινώθηκε στην Μαδρίτη το 2005. Επίσης, παρουσιάζεται η νομοθεσία του Ελληνικού Κράτους, όπως εκφράζεται από τον Νόμο 3199/2003 και το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007 πάνω στο ίδιο ζήτημα, και εξετάζεται το κατά πόσο έχει εναρμονισθεί με το Κοινοτικό Δίκαιο και τις αντίστοιχες Οδηγίες.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τις παραμέτρους ποιότητας που εξετάστηκαν εργαστηριακά. Περιγράφονται οι επιπτώσεις στην ποιότητα και την καταλληλότητα του νερού από την παρουσία ή/και την αυξημένη συγκέντρωση αυτών των παραμέτρων στο υπό εξέταση δείγμα ύδατος.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τις εργαστηριακές μεθόδους που εφαρμόστηκαν για την μέτρηση των επιλεγμένων παραμέτρων ποιότητας των δειγμάτων. Περιγράφονται οι μεθοδολογίες, τα τυχόν απαιτούμενα αντιδραστήρια, μηχανήματα και σκεύη.

Το πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα τελικά συμπεράσματα. Συνοπτικά, παρουσιάζονται οι πίνακες με τις μετρήσεις των παραμέτρων στα δείγματα και η σύγκρισή τους, ώστε να διαπιστωθεί η διακύμανση των τιμών των μετρούμενων παραμέτρων ποιότητας και η καταλληλότητα των δειγμάτων για διάφορες χρήσεις.

Λέξεις-Κλειδιά: Φυσικοχημικές παράμετροι ποιότητας διαφόρων δειγμάτων νερού (εμφιαλωμένο νερό, πόσιμο νερό, νερό του ποταμού Ασωπού, υπόγειο νερό, νερό γεώτρησης), υγρού αποβλήτου, και αστικών λυμάτων (ανεπεξέργαστα και επεξεργασμένα)

ABSTRACT

This case study is the outcome of the signatory's student effort to present thoroughly the parameters that affect the quality and adequacy of water, depending on the category of use. For this reason, various samples of water were taken and the parameters in question were measured in the laboratory. In parallel, this study presents the Water Framework Directive 2000/60 of the European Union and the Laws of the Greek Government for the welfare of Water.

The present study is comprised of five chapters.

The first chapter discusses contextual topics about the water resources and the purification procedures, along with the exceptional importance of water to the human race and the preservation of Nature. Attention is given to the recycling of water resources and wastewater as well, in uses where no extra-purity is needed, in order not to waste pure water.

The second chapter deals with the Water Framework Directive 2000/60 of the European Union, which defines officially and clearly the contexts, the demands and the procedures that contribute to the preservation and protection of natural water resources, while also mentioning the European Declaration for a New Water Culture. Along with it, the Greek Government's Laws on the subject are presented, particularly the Law 3199/2003 and the Presidential Order 51/2007, regarding issues about compatibility of European Laws in Greece.

The third chapter presents the parameters of water quality which were measured in the laboratory. The chapter discusses the consequences of the presence and/or excessive concentration of those parameters in the samples used in the laboratory.

The fourth chapter presents the test methods which were used in order to measure the parameters of water quality to the samples and the subsequent results, according to the spirit and scope of the study and the capabilities of the laboratory. Photometric methods were primarily used, along with some analytical and spectrometer test methods.

The fifth chapter discusses the final results of the study. The graphs present the measured parameters of the samples and are compared with each other, in order to evaluate the adequacy of the water samples.

Key-Words: Physicochemical quality parameters of various water samples (bottled water, potable water, Asopos river water, underground water, drilling water), wastewater, and sewage water (treated and non treated).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί το σημαντικότερο αγαθό για την ζωή στον Πλανήτη Γη. Μάλιστα, το 70% της επιφάνειας του πλανήτη κατακλύζεται από το νερό των ωκεανών, οι οποίοι ρυθμίζουν το παγκόσμιο κλίμα και αποτελούν τον υδροβιότοπο πολλών οργανισμών. Επιπλέον, το νερό αποτελεί σημαντικό ποσοστό της μάζας των οργανισμών, περίπου το 60%. Το νερό είναι απαραίτητο στην γεωργία, στην βιομηχανία, στις μεταφορές, στην αναψυχή, και κυρίως στην διατήρηση της ζωής.

Όμως, τα συνολικά ύδατα, σε συντριπτικό ποσοστό, που ξεπερνάει το 99%, είναι μη εκμεταλλεύσιμα και μη πόσιμα από τον άνθρωπο. Το μεγαλύτερο μέρος τους, σε ποσοστό 97% και άνω επί του συνόλου, βρίσκεται στους ωκεανούς με μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα, ενώ το 2,1% επί του συνόλου είναι έγκλειστα στους παγετώνες και τα παγόβουνα ή σε μεγάλα βάθη στο υπέδαφος, και άρα μη αξιοποιήσιμα. Απομένει το 0,6% επί του συνόλου των υδάτων σε αξιοποιήσιμη μορφή στις λίμνες, στους ποταμούς και στην υγρασία του εδάφους. Το φαινομενικά μικρό αυτό ποσοστό είναι στην πραγματικότητα επαρκές για την διατήρηση της ζωής, αρκεί να υπάρχει σωστή διαχείριση των υδάτων. Στην σημερινή εποχή, όμως, παρατηρείται σε πολλές περιοχές του πλανήτη έλλειψη του πόσιμου νερού, και η κατάσταση αυτή πιθανόν να εξελιχθεί σε παγκόσμιο Κοινωνικό, Οικονομικό, Περιβαλλοντικό και Πολιτικό πρόβλημα.

Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, ειδικά στις αναπτυσσόμενες περιοχές του Πλανήτη, μειώνει την κατά κεφαλήν δικαιούμενη ποσότητα Νερού, όταν το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού (κυρίως στις αναπτυσσόμενες περιοχές) δεν έχει επαρκές νερό ακόμα και για την υποτυπώδη υγιεινή. Στην συνέχεια, η μαζική κατανάλωση και κατάχρηση του Νερού, ως απόρροια του υλισμού και ευδαιμονισμού που χαρακτηρίζει σήμερα τον ανεπτυγμένο κόσμο, συντελεί στην ίδια κατεύθυνση.

Σαν να μην επαρκούσαν τα παραπάνω, η ρύπανση των υδάτων από ρύπους διαφόρων ειδών που περιέχονται σε απορρίμματα, αστικά λύματα, ραδιενεργά και τοξικά απόβλητα, και άλλα υποβαθμίζει την ποιότητα των διαθέσιμων υδάτων για ανθρώπινη χρήση, και συντελεί στην εμφάνιση και εξάπλωση ασθενειών.

Τέλος, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη εξ αιτίας της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και των εκπομπών αερίων του Θερμοκηπίου, έχει ως αποτέλεσμα την διατάραξη του υδρολογικού κύκλου, και μειώνει την ποσότητα των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, στις προσεχείς δεκαετίες η κατά κεφαλήν ποσότητα νερού σε παγκόσμιο επίπεδο αναμένεται να μειωθεί κατά 30%.

Πολλοί άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες που σχετίζονται με την κατανάλωση ακατάλληλου νερού ή λόγω έλλειψης νερού. Ενδεικτικά για το έτος 2010-2011 η μή κερδοσκοπική οργάνωση WaterAid αναφέρει στην ετήσια έκθεσή της ότι στις αναπτυσσόμενες χώρες 4000 παιδιά πεθαίνουν κάθε μέρα από ασθένειες που σχετίζονται με το νερό, 884 εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό, και 2,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν απολαμβάνουν τις κατάλληλες συνθήκες υγιεινής. [Annual Review 2010-2011, WaterAid]

Το πόσιμο νερό - τώρα πολυτιμότερο από κάθε άλλη φορά στην ιστορία λόγω της εντατικής χρησιμοποίησης του στη γεωργία, στη σύγχρονη βιομηχανία και στην παραγωγή ενέργειας - χρειάζεται καλύτερη διαχείριση και λογική χρήση εάν δεν επιθυμούμε να ζήσουμε τραγικές καταστάσεις στο μέλλον.

Το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό ανά την υφήλιο και θα αποτελέσει αιτία για πολλές πολιτικές διενέξεις και πιθανώς ένοπλες συρράξεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το Πρόγραμμα της Νοτιοανατολικής Ανατολίας, με την κατασκευή φραγμάτων στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, που αποτέλεσε επί σειρά ετών αντικείμενο διένεξης μεταξύ Τουρκίας, Ιράκ και Συρίας. [Kolars, John F.; Mitchell, William A. (1991), *The Euphrates River and the Southeast Anatolia Development Project*, Carbondale] Πολλοί αναλυτές έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το πετρέλαιο του μέλλοντος, καθιστώντας τον Καναδά με τα πλεονάζοντα αποθέματα νερού την πιο πλούσια χώρα του πλανήτη.

Όλα αυτά αναμένεται να προκαλέσουν προβλήματα διαφόρων εκφάνσεων στον παγκόσμιο πληθυσμό (δίψα, ασθένειες, κακή υγιεινή, έλλειψη τροφής), και αναζητούνται τρόποι τόσο για την άμβλυση των επιπτώσεων των παραπάνω, όσο και για την ουσιαστική αντιμετώπιση του προβλήματος.

Στην κατεύθυνση της διαφύλαξης και της βελτίωσης της ποιότητας των Υδάτων, οι Κυβερνήσεις των Κρατών και διάφοροι Διεθνείς Οργανισμοί έχουν προτείνει διάφορες μεθόδους και πρακτικές, τόσο για τον καθαρισμό των υδατικών πόρων από κάθε επιβάρυνση που προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όσο και για την διαπίστωση με επιστημονικά μέσα της ακριβούς σύστασης και ποιότητας των ελεγχόμενων Υδάτων.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, μέσω της E.P.A., και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω του Συμβουλίου της Ευρώπης, έχει καθοριστεί συγκεκριμένο Νομικό Πλαίσιο για την προστασία των Υδάτων από κάθε επιβαρυντική ανθρώπινη δραστηριότητα και για την αποτελεσματική διαχείρισή τους, καθώς επίσημα το Νερό αντιμετωπίζεται ως μέγιστη παγκόσμια κληρονομιά και όχι εμπορικό προϊόν.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να μελετήσει και να συγκρίνει ορισμένες από τις παραμέτρους ποιότητας των υδάτων, όπως αυτές ορίζονται στις Κοινοτικές Οδηγίες, και να παρουσιάσει το πώς η διακύμανση των τιμών των παραμέτρων αυτών επηρεάζεται από την απόρριψη υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες, την χρήση και την προέλευση νερού, την επεξεργασία νερού και λυμάτων και ταυτόχρονα επηρεάζει την καταλληλότητα διαφόρων κατηγοριών νερού και αστικών αποβλήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Οι Υδατικοί Πόροι είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση της Ανθρωπότητας, αλλά και για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και την προστασία του περιβάλλοντος. Όμως, η τεχνολογική εξέλιξη και η πρόοδος που έχει συντελεστεί από την Βιομηχανική Επανάσταση και εντεύθεν, δημιούργησε πηγές ρύπανσης του Περιβάλλοντος που υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδάτων, γεγονός που επηρεάζει αναπόφευκτα την ζωή στον πλανήτη.

Τις τελευταίες δεκαετίες, μετά από αναρίθμητες πρωτοβουλίες ανθρώπων και οργανισμών, έχουν θεσπιστεί νόμοι προστασίας των υδάτων από την βιομηχανική ρύπανση, σε μια προσπάθεια διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας και βελτίωσης της ποιότητας ζωής των ανθρώπων. Κορυφαίες πρωτοβουλίες είναι η **Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ** (Water Framework Directive 2000/60/EC) και η **Ευρωπαϊκή Διακήρυξη της Νέας Κουλτούρας για το Νερό** (European Declaration for a New Water Culture) το 2005, σύμφωνα με τις οποίες το νερό δεν αντιμετωπίζεται ως εμπορικό προϊόν και θεωρείται ακρογωνιαίος λίθος τόσο για την επιβίωση του ανθρώπου όσο και για την οικονομική ανάπτυξη.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, δημιουργήθηκε η ανάγκη διαπίστωσης με επιστημονικά μέσα της ποιότητας των υδάτων και ακριβούς προσδιορισμού των επιβαρυντικών παραγόντων. Απαντώντας σ' αυτή την ανάγκη, η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε κριτήρια καταλληλότητας των υδάτων και μεθόδους μέτρησης των ρυπογόνων ουσιών μέσω των Κοινοτικών Οδηγιών που τα Κράτη-Μέλη καλούνται να υιοθετήσουν στην νομοθεσία των, συμβάλλοντας στην προσπάθεια τόσο της προστασίας του περιβάλλοντος όσο και της αναβάθμισης της ποιότητας της ανθρώπινης ζωής.

1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ - ΕΝΝΟΙΕΣ

Οι **Υδατικοί Πόροι** ενός Κράτους είναι το σύνολο των Επιφανειακών και των Υπόγειων Υδάτων της. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (ΟΠΥ) 2000/60/ΕΚ, **Επιφανειακά Ύδατα** είναι τα Εσωτερικά Ύδατα (πλην των Υπογείων, που εξηγούνται παρακάτω), τα Μεταβατικά Ύδατα και τα Παράκτια Ύδατα. Ως **Υπόγεια Ύδατα** ορίζονται εκείνα που βρίσκονται στη ζώνη κορεσμού, κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος.

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ:

- Εσωτερικά Ύδατα είναι το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων και όλα τα υπόγεια ύδατα που βρίσκονται προς την πλευρά της ξηράς σε σχέση με τη γραμμή βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων.

- **Μεταβατικά Ύδατα** είναι τα συστήματα επιφανειακών υδάτων, πλησίον του στομίου ποταμών, τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά, λόγω της γειτνίασής τους με τα παράκτια ύδατα, αλλά και τα οποία επηρεάζονται σημαντικά από ρεύματα γλυκού νερού.

- **Παράκτια Ύδατα** είναι τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μιας γραμμής, όπου το κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία κατά περίπτωση, επεκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων.

Η **Θάλασσα** είναι μια σχετικά περιορισμένη υδάτινη έκταση που περιβάλλεται από ξηρά και αποτελείται από αλμυρό νερό και διαφέρει από τους ανοικτούς ωκεανούς. Οι επιμέρους θάλασσες, όπως επί παραδείγματι η Μεσόγειος θάλασσα, επικοινωνούν μεταξύ τους και καλύπτουν σχεδόν το 70% της επιφάνειας του πλανήτη Γη. Το θαλασσινό νερό αλληλεπιδρά με τα λιμνάζοντα ύδατα και τα υπόγεια ύδατα μέσω διαύλων στο έδαφος, επηρεάζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την ποιότητα του γλυκού νερού.

Η **Λίμνη** αποτελεί ένα σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων. Στην Ελλάδα, οι περισσότερες λίμνες είναι γλυκού νερού και σχηματίζονται μακριά από τις ακτές της θάλασσας. Υπάρχουν και λίμνες με αλμυρό ή υφάλμυρο νερό, όταν το υπόστρωμά τους περιέχει πολλά διαλυτά άλατα ή όταν δέχονται εισροές αλμυρού νερού. Από τη στιγμή της δημιουργίας τους, οι λίμνες παρουσιάζουν μια σειρά προκαθορισμένων διαδοχικών σταδίων, από την δημιουργία μέχρι τον θάνατό τους, ενώ ο ευτροφισμός αποτελεί μια φυσική διαδικασία. Ειδικότερα, μια λίμνη είναι αποδέκτης λασπωδών προσχώσεων μέσω της ροής του νερού με το οποίο τροφοδοτείται, και ο πυθμένας ανυψώνεται σταδιακά λόγω της καθιζάνουσας ιλύος. Στην διάρκεια της ζωής της λίμνης αναπτύσσονται οικοσυστήματα και αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου η παραγωγικότητά της. Η γεωλογική ιστορία μιας λίμνης αρχίζει από την χαμηλή παραγωγικότητα (ολιγοτροφισμός), συνεχίζεται με την μέτρια παραγωγικότητα (μεσοτροφισμός) και καταλήγει στην υψηλή παραγωγικότητα (ευτροφισμός). Το φαινόμενο του ευτροφισμού επιταχύνει την ροή ιλύος στην λίμνη, με αποτέλεσμα αυτή να μετατρέπεται πρώτα σε έλος και εν τέλει να εξαφανίζεται. Η γήρανση της λίμνης έχει χρονική διάρκεια που κυμαίνεται από εκατοντάδες χρόνια έως και χιλιετίες, και εξαρτάται από τις εδαφικές και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Οι **Λιμνοθάλασσες** είναι παράκτιες υδατοσυλλογές με ήρεμα και αβαθή νερά, τα οποία επικοινωνούν με τη θάλασσα διαμέσου στενών διαύλων. Οι λιμνοθάλασσες σχηματίζονται είτε στις εκβολές ποταμών είτε σε κοραλλιογενείς υφάλους.

Ο **Ποταμός** είναι ένα σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το πλείστον, στην επιφάνεια του εδάφους αλλά δύναται, για ένα μέρος της διαδρομής του, να ρέει και υπογείως. Διακρίνονται οι ποταμοί με συνεχή ροή και με περιοδική ροή. Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές απαντώνται πολλοί ποταμοί με περιοδική ροή, συχνά εντελώς ακανόνιστη, όταν το υπόστρωμά τους αποτελείται από ασβεστολιθικά υλικά. Ο χειμαρρος αποτελεί ένα υδάτινο ρεύμα παροδικής ροής, ακαθόριστης χρονικά, και εξαρτώμενης από τις βροχοπτώσεις. Το νερό των ποταμών προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχοπτώσεις), την επιφανειακή απορροή υδάτων, την ροή υπογείων υδάτων ή/και από ύδατα λιμνών. Οι σημαντικότεροι φυσικοί παράγοντες που ρυθμίζουν την ποιότητα του νερού ενός ποταμού είναι η φύση της κοίτης του και της Λεκάνης Απορροής του, καθώς και η ποιότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Η **Λεκάνη Απορροής** ενός ποταμού είναι η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.

Ο **Υδροφόρος ορίζων** είναι το υπόγειο στρώμα, ή στρώματα βράχων, ή άλλες γεωλογικές στοιβάδες, επαρκώς πορώδεις και διαπερατές, ώστε να επιτρέπουν είτε σημαντική ροή υπόγειων υδάτων είτε την άντληση σημαντικών ποσοτήτων υπόγειων υδάτων.

Τα **Υπόγεια Ύδατα** είναι το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος [*Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα: Άρθρο 2*]. Τα υπόγεια ύδατα συγκεντρώνονται στα πορώδη στρώματα των υπόγειων πετρωμάτων. Παρ' ότι τα ύδατα ανανεώνονται διαμέσου της διήθησης του νερού που προέρχεται από τις βροχοπτώσεις, εν τούτοις το μεγαλύτερο μέρος αυτών συγκεντρώθηκε κατά την διάρκεια της εξέλιξης της γεωλογικής ιστορίας της περιοχής και ως εκ τούτου, δεν μπορεί να αναπληρωθεί σε περίπτωση που εξαντληθεί. [*Τάτσης Λάζαρος: 19*] Σε διεθνές επίπεδο, η ποσότητα των υπόγειων υδάτων αντιμετωπίζει σοβαρότατο πρόβλημα εξαιτίας της υπέρμετρης άντλησης, και η στάθμη των υπόγειων υδάτων τα τελευταία χρόνια υποχωρεί σε πολλές περιοχές της Γης. Στις ΗΠΑ μάλιστα, οι μείζονες περιοχές της Νότιας Αριζόνας, των υψιπέδων από τη Νεμπράσκα μέχρι το Τέξας και της Καλιφόρνιας, έχουν υποστεί μεγάλη μείωση των υπόγειων υδάτων. [*Tietenberg Thomas: 302-3*]

Η κατακρήμνιση και η εξατμισοδιαπνοή συνιστούν τις κύριες κλιματικές μεταβλητές, οι οποίες σε συνδυασμό με τα φυσικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων, καθορίζουν την ποσότητα των εσωτερικά παραγόμενων υδατικών πόρων μιας χώρας. Η κατακρήμνιση, μάλιστα, αποτελεί την ουσιωδέστερη συνιστώσα εμπλουτισμού των Επιφανειακών και των Υπόγειων Υδροφορέων.

1.2 Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Ρύπανση των Υδάτων ονομάζεται η, ελέω ανθρώπινης δραστηριότητας, μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού των θαλασσών, των ποταμών και των λιμνών, λόγω της παρουσίας σε αυτό ουσιών σε συγκέντρωση που υπερβαίνει τα φυσιολογικά αποδεκτά όρια. Η μεταβολή αυτή δύναται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στους άλλους ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς, και γενικότερα να διαταράξει την ισορροπία των οικοσυστημάτων σε μικρή ή μεγάλη γεωγραφική κλίμακα.

Οι ουσίες αυτές διαλύονται στο νερό, επιπλέουν στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού, ή κατακάθονται στον πυθμένα ως ίζημα, και προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η διαρροή πετρελαίου από δεξαμενές στο έδαφος ή από πετρελαιοφόρα πλοία στις θάλασσες και τους ωκεανούς, και η απορρόφηση αγροτικών λιπασμάτων από το υπέδαφος. Επιπροσθέτως, είναι πιθανή η απελευθέρωση ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας ή ραδιενέργειας, η οποία προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας του νερού, οπότε συντελείται η θερμική ρύπανση των Υδάτων.

Η Κοινοτική Οδηγία 2000/60/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζει ως ρύπανση των υδάτων την "συνεπεία ανθρωπίνων δραστηριοτήτων άμεση ή έμμεση εισαγωγή στον αέρα, το νερό ή και το έδαφος, ουσιών ή θερμότητας που ενδέχεται να είναι επιζήμια για την υγεία του ανθρώπου ή για την ποιότητα των υδατικών οικοσυστημάτων ή των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από αυτά, και συντελούν στην φθορά της υλικής ιδιοκτησίας ή επηρεάζουν δυσμενώς ή παρεμβαίνουν σε λειτουργίες αναψυχής ή και σε λοιπές νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος". [Τάτσης Λάζαρος: 23]

Τα υπόγεια ύδατα, απ' όπου τροφοδοτείται ο ανθρώπινος πολιτισμός για να καλύψει τις βιοτικές ανάγκες του, ρυπαίνονται από πολλές διαφορετικές πηγές. Κατ' αρχήν, τα λιπάσματα (fertilizers) και τα φυτοφάρμακα (pesticides) που χρησιμοποιούνται στις αγροτικές καλλιέργειες απορροφούνται από το υπέδαφος. Έπειτα, οι διαρροές πετρελαίου (oil) από τις δεξαμενές αποθήκευσης (storage tanks), διαλυτών (solvents) από τις βιομηχανικές μονάδες και στραγγισμάτων (leachate) από τις χωματερές ακολουθούν το ίδιο δρομολόγιο, έως ότου αναμειχθούν με την ροή των υπογείων υδάτων (groundwater flow). Σε παράκτιες περιοχές, είναι δυνατόν το αλμυρό θαλασσινό νερό να εισέλθει σε υπόγειο ταμειυτήρα πόσιμου γλυκού νερού και να ανακατευτεί με αυτό (sea water intrusion), καθιστώντας το τελευταίο υφάλμυρο.



Σχήμα 1.1: Οι συνηθέστεροι τρόποι ρύπανσης των υπογείων υδάτων

[Πηγή: *Our Planet*, Vol. 8, No.3, 1996]

1.2.1 Πηγές ρύπανσης

Σημειακές πηγές ρύπανσης χαρακτηρίζονται όλες οι πηγές που εκβάλλουν ρύπους σε εντοπισμένα μεμονωμένα σημεία. Τέτοια είναι τα άκρα αγωγών ή αποχετευτικών δικτύων που καταλήγουν σε υδάτινους αποδέκτες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι βιομηχανικές μονάδες, οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τα ενεργά ή εγκαταλελειμμένα ορυχεία, οι πετρελαιοπηγές και τα τάνκερ. Επειδή αυτά βρίσκονται σε συγκεκριμένο μέρος, συνήθως σε αστικές περιοχές, είναι σχετικά εύκολος ο εντοπισμός τους και η παρακολούθησή τους. [Αικ. Χαράλαμπος: 97]

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 ύδατα και η διαρροή τους στο έδαφος μέσα από χωράφια, υλοτομημένα δάση, ζωοτροφές, δρόμους, αποχετεύσεις κ.ά. Εκτιμάται ότι σε χώρες με αγροτική παραγωγή, όπως οι Μεσογειακές, 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. [Αικ. Χαράλαμπος: 97]

1.2.2 Είδη Ρύπων

1.2.2.1 Συμβατικοί ρύποι

Συμβατικοί Ρύποι είναι ουσίες, όπως η οργανική ύλη, τα αμμωνιακά, τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα, τα οποία όταν απαντώνται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε έναν αποδέκτη δεν αποτελούν ένδειξη ρύπανσης. Είναι δυνατόν εξ αιτίας των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων η συγκέντρωσή τους να αυξάνεται σε επίπεδο που να προκαλούνται σημαντικά προβλήματα ρύπανσης στο υδατικό σύστημα. [Τάτσης Λάζαρος: 24] Οι ουσίες αυτές απαντώνται τόσο στις σημειακές πηγές ρύπανσης (π.χ., τα αστικά λύματα, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα βιομηχανικά απόβλητα χαμηλής όχλησης), όσο και στις μη σημειακές πηγές ρύπανσης (π.χ. οι επιφανειακές απορροές από τις γεωργικές εκτάσεις με υπερβολικό λίπασμα) και συμβάλλουν στην ρύπανση των υδάτων.

Πιο συγκεκριμένα, η **Οργανική Ύλη** συνιστά έναν από τους σημαντικότερους και συχνότερους ρύπους. Βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα αστικά και στα βιομηχανικά απόβλητα, αλλά και στα στερεά απόβλητα. Οι οργανικές ενώσεις, λόγω της αποικοδόμησής τους από τους μη παθογόνους μικροοργανισμούς του νερού, προκαλούν την κατανάλωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου. Ως εκ τούτου, οι αερόβιοι οργανισμοί του νερού, όπως τα ψάρια, ασφυκτιούν και πεθαίνουν [Μαμάης Δ.: 10], ενώ αναπτύσσονται αναερόβιοι οργανισμοί που δεν χρειάζονται οξυγόνο για να ζήσουν, οι οποίοι παράγουν ανεπιθύμητα προϊόντα του μεταβολισμού των, όπως δύσσομα αέρια (υδρόθειο, μεθάνιο).

Στην συνέχεια, τα **Θρεπτικά Συστατικά** συμμετέχουν στις λειτουργικές διεργασίες των ζώντων οργανισμών και με αυτόν τον τρόπο ρυθμίζουν την παραγωγικότητα της τροφικής αλυσίδας. Εκτός αυτού οι θρεπτικές ουσίες και ιδίως το Άζωτο (N) και ο Φώσφορος (P), απαντώνται στα φυσικά ύδατα σε μικρές ποσότητες και αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες, επειδή καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την πληθυσμιακή αύξηση των αλγών. [Φάττα Δ.] Η εκρηκτική πληθυσμιακή ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών αλγών και η αυξημένη παραγωγή οξυγόνου, όμως, επιτρέπει την ανάπτυξη των καταναλωτών (φυτοπλαγκτόν), που καταναλώνουν το οξυγόνο και μειώνουν την συγκέντρωσή του στο νερό. Η αύξηση του πληθυσμού καταναλωτών απαιτεί αντίστοιχη ανάπτυξη των αποικοδομητών, των οποίων οι αποικοδομητικές διεργασίες καταναλώνουν ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες οξυγόνου, μέχρι το σημείο που το νερό από-οξυγονώνεται εντελώς, οπότε οι υδρόβιοι οργανισμοί ασφυκτιούν και πεθαίνουν. Το παραπάνω φαινόμενο ονομάζεται ευτροφισμός. Παρ' όλο που ο ευτροφισμός είναι φυσικό φαινόμενο (λόγω της φυσικής αποσάθρωσης του εδάφους και της απορροής θρεπτικών συστατικών που καταλήγουν στις λίμνες), εν τούτοις οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιταχύνουν κατά πολύ την εμφάνιση του φαινομένου, από τον χρονικό ορίζοντα χιλιετιών σε μια δεκαετία μόνο. [Χαραλάμπος Αικ.: 86-87]

Η ρύπανση με **ανόργανα άλατα**, τα οποία περιέχουν άζωτο (με τη μορφή αμμωνιακών ή νιτρικών αλάτων) ή φώσφορο δύναται να βλάψει τα επιφανειακά ύδατα. Τέτοια ρυπαντικά φορτία περιέχονται κυρίως στις γεωργικές απορροές, στα αστικά λύματα (περιπτώματα και απορρυπαντικά) και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Το σημαντικότερο πρόβλημα εξ αιτίας του αζώτου και του φωσφόρου είναι ο ευτροφισμός, γεγονός που αποτελεί σοβαρή διαταραχή του υδατικού οικοσυστήματος με ποικίλες δυσμενείς επιπτώσεις, μεταξύ των οποίων είναι η μείωση της διαφάνειας του νερού και η απο-οξυγόνωση. Επιπλέον, τα υπόγεια ύδατα είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στη ρύπανση, καθώς έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη γεωργικών απορροών ή αστικών λυμάτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως επακόλουθο την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων με αποτέλεσμα τα υπόγεια ύδατα να καθίστανται τοξικά για τον άνθρωπο και για τους ζωικούς οργανισμούς. [Μαμάης Δ.]

Τα **Νιτρικά Ιόντα** αντιστοιχούν στην ανώτατη οξειδωτική κατάσταση του αζώτου. Από άποψη θερμοδυναμικής είναι σταθερά και οι μεταβολές της συγκέντρωσής τους στα νερά, οφείλονται σε διάφορες βιολογικές δράσεις. Επισημαίνεται ότι η συγκέντρωση των Νιτρικών Ιόντων στα φυσικά νερά είναι πολύ μικρή, ενώ ορισμένα υπόγεια νερά εμφανίζουν αυξημένες συγκεντρώσεις. [Φάττα Δ.] Υδατα που η συγκέντρωσή τους υπερβαίνει τα 50 mg/lt είναι τοξικά για πόση.

Τέλος, τα **στερεά**, είναι οι στερεές ουσίες που βρίσκονται σε πολύ λεπτό διαμερισμό. Αποτελούνται από οργανικές και ανόργανες ουσίες. Τα ολικά στερεά αναφέρονται στο άθροισμα των στερεών ουσιών που υπάρχουν σε ένα δείγμα νερού, είτε ως αιωρούμενα είτε ως διαλυμένα. [Τάτσης Λάζαρος: 25]

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται συνοπτικά τα σημαντικότερα είδη των ρύπων που εντάσσονται στην κατηγορία των συμβατικών ρύπων, καθώς και το ρυπαντικό αποτέλεσμα που προκαλούν.

Είδη Ρύπων	Ρυπαντικό Αποτέλεσμα
Οργανική Ύλη	Απο-οξυγόνωση Αποδέκτη (κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου)
Θρεπτικές Ουσίες (κυρίως άζωτο και φώσφορος)	Ευτροφισμός
Συγκέντρωση αμμωνιακών ιόντων (NH ₃)	Τοξικότητα σε Υδρόβιους Οργανισμούς Απο-οξυγόνωση των Λιμνών
Συγκέντρωση Νιτρικών ιόντων (NO ₃ -N)	Ασφυξία σε Βρέφη Είναι τοξικά για πόση στην περίπτωση που η συγκέντρωσή τους υπερβαίνει τα 50 mg/lit
Στερεά σωματίδια: Αιωρούμενα Στερεά (Suspended Solids, SS), και Ολικά Στερεά (Total Solids, TS)	Δημιουργία Ιζημάτων Αύξηση της Θολότητας της Λίμνης Μείωση της Αισθητικής Αξίας της Λίμνης

Πίνακας 1.1: Κατηγορίες Συμβατικών Ρύπων και Συσχετιζόμενα Προβλήματα Ρύπανσης [Πηγή: Τάτσης Λάζαρος: 24]

Τα επιφανειακά ύδατα (θάλασσα, ποταμοί, λίμνες, χείμαρροι, λιμνοθάλασσες) είναι ευαίσθητα σε ρύπανση από συμβατικούς ρύπους, ανάλογα με τη δυνατότητα ανανέωσης της υδάτινης μάζας τους. Αντίθετα με την ατμόσφαιρα, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι κατά κανόνα σταθερή ανεξάρτητα από τη ρύπανση, στην περίπτωση των υδάτων (ειδικά σε κλειστά υδατικά συστήματα, όπως σε θαλάσσιους κόλπους ή σε λίμνες) υπάρχει ο κίνδυνος (λόγω της μη ικανοποιητικής ανανέωσης της υδατικής μάζας) στέρησης του απαραίτητου για την αναπνοή των υδρόβιων οργανισμών οξυγόνου, ως αποτέλεσμα της απο-οξυγόνωσης και του ευτροφισμού, φαινόμενο που περιγράφηκε προηγουμένως. Τα ύδατα έχουν συνήθως χαμηλή συγκέντρωση κορεσμού σε οξυγόνο, και αυτή μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού. Όταν υπάρχουν οργανικές ύλες στον υδάτινο αποδέκτη ως αποτέλεσμα ρύπανσης, τότε το διαλυμένο οξυγόνο καταναλώνεται με υψηλό ρυθμό λόγω της αποικοδομητικής δράσης των μη παθογόνων μικροοργανισμών που τις αποσυνθέτουν, με συνέπεια να προκαλείται ασφυξία στους υδρόβιους οργανισμούς. [Τάτσης Λάζαρος: 26] Αυτό το γεγονός καθιστά τις οργανικές ύλες επικίνδυνα επιβαρυντικό ρύπο για τα ύδατα, ικανό να υποβαθμίσει την ποιότητά τους και να απειλήσει σοβαρά το οικοσύστημα που φιλοξενεί.

1.2.2.2 Μη συμβατικοί ρύποι

Στους ρύπους αυτούς περιλαμβάνονται τοξικές ουσίες, οι οποίες υπό φυσιολογικές συνθήκες απαντώνται σε πολύ μικρές ή μηδενικές συγκεντρώσεις στους υδάτινους αποδέκτες. Η εν λόγω κατηγορία αποτελείται από συνθετικές

οργανικές ενώσεις (όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, τα παρασιτοκτόνα), βαρέα μέταλλα (όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το κάδμιο), τα φθοριούχα και τα ραδιενεργά υλικά. Οι ουσίες αυτές είναι δυνατόν να βρεθούν όχι μόνο στο νερό, αλλά και στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα. Το νικέλιο, το χρώμιο, το αρσενικό, το σελήνιο, τα θειούχα, τα κυανιούχα και τα διάφορα οξέα έχουν επίσης τοξικές ιδιότητες, όταν η συγκέντρωσή τους στο νερό υπερβεί τα καθορισμένα όρια.

Οι τοξικοί ρύποι είναι δυνατόν να μεταφερθούν στον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας, μέσω του φαινομένου της Βιοσυσώρευσης, όπου οι χημικές ενώσεις μπορούν να συσσωρεύονται στα μέλη μιας τροφικής αλυσίδας με ολοένα αυξανόμενη συγκέντρωση. [Χαραλάμπος Αικ.: 75] Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του προβλήματος αποτελούν τα μεγάλα ψάρια, που η σάρκα τους περιέχει συνήθως υψηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου, κάτι που οφείλεται στην ρύπανση των υδάτων. Με την χρόνια κατανάλωση τέτοιων ψαριών, συσσωρεύεται υδράργυρος στο αίμα του καταναλωτή, όπως συνέβη στην Ιαπωνία στον κόλπο Minamata. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επηρεάσει την υγεία των εμβρύων κατά την διάρκεια της κύησης, σε περίπτωση που η μητέρα εμφανίζει στο αίμα της υψηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου ή ενώσεων αυτού (όπως μέθυλο-υδραργύρου) και το βρέφος να παρουσιάσει νευρολογικές ανωμαλίες άμεσα, ή αργότερα στην εφηβεία. [Χαραλάμπος Αικ.: 77-78]

Τα οργανικά συστατικά προέρχονται είτε από την φυσική αποικοδόμηση υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, είτε από βιομηχανική, αστική αγροτική ρύπανση. Στο πόσιμο νερό σπανίως συναντώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, αλλά μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες βλάβες στην υγεία του ανθρώπου σε μικρές συγκεντρώσεις, δρώντας σωρευτικά. Ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί και αποβάλλει τις φυσικές οργανικές ενώσεις λόγω της ιστορικής εξέλιξής του, κάτι που δεν συμβαίνει με τις ενώσεις που κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο. Επομένως, ο ρυθμός πρόσληψης αυτών των ουσιών μέσω της διατροφής είναι μεγαλύτερος από την ικανότητα του οργανισμού να τις αποβάλλει, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται. Η έκθεση του ανθρώπου σε οργανικούς ρύπους για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλεί προβλήματα στην υγεία, ακόμα και καρκίνο. Κυριότεροι οργανικοί ρυπαντές είναι τα παρασιτοκτόνα, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΡΑΗ), οι φαινόλες, τα απορρυπαντικά, και διάφορες χλωριωμένες και πολυχλωριωμένες αρωματικές ενώσεις. [Μήτρακας Μανασσής: 511-520]

Το πετρέλαιο αποτελεί έναν ρύπο των υδάτων που δύσκολα μπορεί να ανακτηθεί και να απομακρυνθεί σε περίπτωση διαρροής του από δεξαμενές αποθήκευσης ή από τάνκερ. Προκαλεί την από-οξυγόνωση του νερού και είναι τοξικό στην κατανάλωση από τους οργανισμούς. Ειδικά σε περίπτωση εισροής πετρελαίου σε θαλάσσια ή άλλα οικοσυστήματα, οι υδρόβιοι οργανισμοί

ρυπαίνονται με την σειρά τους και παρουσιάζουν αλλοιωμένες οσμές και γεύσεις εξ αιτίας της επαφής των με τους υδρογονάνθρακες του πετρελαίου. Χαρακτηριστικά, το πρόσφατο ατύχημα σε εξέδρα άντλησης πετρελαίου της εταιρίας BP στον Κόλπο του Μεξικού στις 20 Απριλίου του 2010, όπου διέρρευσε σημαντική ποσότητα πετρελαίου από υποθαλάσσιο κοίτασμα στον Ατλαντικό Ωκεανό, έχει προκαλέσει ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά ατυχήματα όλων των εποχών, με συνέπειες που θα αργήσουν να αξιολογηθούν πλήρως, και επιπλέον προκαλεί ανησυχίες για τους θαλάσσιους υδροβιότοπους της περιοχής, τόσο από την οπτική της επιβίωσης των οικοσυστημάτων και των πληθυσμών, όσο και για την ποιότητα των τροφών που καταναλώνονται σήμερα και στο εγγύς μέλλον. [1] [2]

Στον κάτωθι πίνακα συνοψίζονται τα σημαντικότερα είδη μη συμβατικών ρύπων, όπως περιγράφηκαν νωρίτερα.

Είδη Ρύπων	Επίδραση
Βαρέα Μέταλλα (Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Cu)	Άμεση και μακροπρόθεσμη (σωρευτική) τοξική επίδραση σε υδρόβιους οργανισμούς και στον άνθρωπο. Ορισμένα από αυτά, όπως το Cd είναι καρκινογόνες ουσίες Αποτελούν Οργανικά Σύμπλοκα και παρουσιάζουν βιο-συσσώρευση
- Σύνθετες Οργανικές Ενώσεις - Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες - Οργανοφωσφορικές Ενώσεις - Τριαλογονωμένα Μεθάνια	Έχουν κυρίως μακροπρόθεσμη σωρευτική τοξική επίδραση στην υγεία. Χαρακτηρίζονται από ελαττωμένη βιοδιασπασιμότητα, με αποτέλεσμα να συμμετέχουν στα φαινόμενα της Βιολογικής Συσσώρευσης και Μεγέθυνσης. Αρκετά από αυτά είναι ύποπτα για καρκινογένεσις.
- NO _x - SO ₂	Συμβάλλουν στο φαινόμενο της Όξινης Βροχής. Αυξάνουν την ποσότητα του Αζώτου στους αποδέκτες.
Πετρέλαιο	Έχει Τοξική και άμεση επίδραση. Παράγει Καρκινογόνες Ενώσεις. Συμβάλλει στο φαινόμενο της απο-οξυγόνωσης.

Πίνακας 1.2: Είδη μη συμβατικών ρύπων [Τάτσης Λάζαρος: 27]

1.2.2.3 Θερμική ρύπανση

Θερμική Ρύπανση καλείται η πέραν του φυσιολογικού άνοδος της θερμοκρασίας των υδάτινων σωμάτων εξ αιτίας της αποχέτευσης θερμών αποβλήτων, συνήθως νερού ψύξης ενεργειακών σταθμών και άλλων εργοστασίων. Η άνοδος της θερμοκρασίας επιφέρει την απο-οξυγόνωση των υδάτων, εξ αιτίας του αυξημένου μεταβολισμού των οργανισμών, και την υποβάθμιση της ποιότητάς των. Τα ψάρια και τα ερπετά, όντας ποικιλόθερμοι οργανισμοί, δεν μπορούν να διατηρήσουν σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός τους ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, όπως καταφέρνουν οι ομοιόθερμοι οργανισμοί (πτηνά, θηλαστικά). Η θερμοκρασία του υδάτινου περιβάλλοντος ρυθμίζει την θερμοκρασία του σώματος των ψαριών, και επηρεάζει τον μεταβολισμό τους, ο οποίος διπλασιάζεται σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας των υδάτων κατά 10°C. Με την επιτάχυνση του μεταβολισμού αυξάνονται και οι ενεργειακές απαιτήσεις σε οξυγόνο, στις οποίες δεν μπορεί να ανταποκριθεί το αναπνευστικό σύστημα των ψαριών, με αποτέλεσμα το θάνατό τους λόγω ασφυξίας. Για ηπιότερες αυξήσεις της θερμοκρασίας, έχουν παρατηρηθεί ανωμαλίες στην αναπαραγωγή και αυξημένη ευαισθησία σε τοξικές ύλες. [Τάτσης Λάζαρος: 27]

Οι Κοινοτικές Οδηγίες δεν επιτρέπουν να αυξάνεται η θερμοκρασία των γλυκών υδάτων περισσότερο από 1,5°C και 3°C στο 98% της διάρκειας του χρόνου για σαλμονίδες και κυπρινίδες αντίστοιχα. Ειδικότερα, σε περιοχές καλλιέργειας οστρακοειδών προτείνεται να μην ανυψώνεται η θερμοκρασία του νερού περισσότερο από 2°C στο 75% της διάρκειας του χρόνου.

1.2.2.4 Μικροβιολογική ρύπανση

Οι μικροοργανισμοί αποτελούνται από τους οργανισμούς που δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι (διάμετρος μικρότερη από 1mm). Μπορούν να αξιοποιηθούν για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού. Η επεξεργασία οργανικών αποβλήτων πραγματοποιείται με την χρήση μικροοργανισμών, και η αφομοίωση αποβλήτων που καταλήγουν σε ποταμούς επιτυγχάνεται με βιολογικό αυτοκαθαρισμό. Παρ' όλ' αυτά, οι μικροοργανισμοί ευθύνονται για την ύπαρξη και διάδοση διαφόρων παθήσεων και ασθενειών (όπως ο τύφος), για την αλλοίωση της γεύσης και της οσμής του νερού, για την διάβρωση πετρωμάτων, μετάλλων και σκυροδέματος, ενώ δύνανται με την πληθυσμιακή τους αύξηση να συντελέσουν στο φαινόμενο του ευτροφισμού. [Μήτρακας Μανασσής: 71]

Μικροβιολογική ρύπανση καλείται η εισαγωγή στο υδάτινο περιβάλλον διαφόρων μικροοργανισμών υποβαθμίζοντας την ποιότητά του. Από την ρύπανση αυτή επηρεάζεται η υγεία των φιλοξενούμενων οργανισμών, και προκαλούνται διάφορες ασθένειες, ακόμη και θάνατος. Οι εν λόγω μικροοργανισμοί είναι ικανοί να επιβιώσουν στο νερό και να διατηρήσουν τις μολυσματικές ιδιότητές τους για

μεγάλες χρονικές περιόδους. Τέτοιοι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι τα Βακτήρια, οι Ιοί και τα Πρωτόζωα.

Τα **Βακτήρια** είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, συνήθως άχρωμοι, με σχήμα ραβδοειδές, σφαιρικό ή σπιράλ, και χωρίζονται σε αερόβιους και αναερόβιους. Η αναπαραγωγή τους γίνεται με δυαδική διάσπαση, σε χρόνο 20 λεπτών. Κάποια βακτήρια υπό αντίξοες συνθήκες σχηματίζουν ανθεκτικά σπόρια και εισέρχονται σε λανθάνουσα κατάσταση, και ενεργοποιούνται εκ νέου όταν υπάρξουν ευνοϊκότερες συνθήκες. Τα βακτήρια είναι ευάλωτα σε αλλαγές του pH και ευδοκιμούν σε ουδέτερες τιμές, αν και υπάρχουν περιπτώσεις όπως τα βακτήρια του θείου που επιβιώνουν σε όξινο περιβάλλον. Επιπλέον επηρεάζονται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, και για κάθε βακτήριο υπάρχει μια βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης. [Μήτρακας Μανασσής: 75-76] Πολλές ασθένειες μεταδίδονται μέσω παθογόνων βακτηρίων, όπως, για παράδειγμα, η χολέρα, η οποία δυστυχώς εμφανίζεται ακόμη σε χώρες του τρίτου κόσμου. Άλλες ασθένειες που προκαλούνται από βακτήρια είναι ο τυφοειδής πυρετός, η πνευμονία, η μηνιγγίτιδα, η ουρολοίμωξη και η δυσεντερία. [3]

Οι **Ιοί** είναι οι απλούστερες γνωστές βιολογικές δομές, έχοντας μέγεθος μικρότερο από 0,3μm. Δρουν ως παράσιτα και χρησιμοποιούν άλλους οργανισμούς ως ξενιστές για να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν, αφού στερούνται μεταβολικών διεργασιών. Οι ιοί απαντώνται στα αστικά λύματα και στα μολυσμένα ύδατα. [Μήτρακας Μανασσής: 74] Ιός ευθύνεται για τη μετάδοση της λοιμώδους ηπατίτιδας μέσω του νερού. Άλλες ασθένειες που προκαλούνται από ιούς είναι η εγκεφαλίτιδα, η μηνιγγίτιδα, η βρογχίτιδα και AIDS. [3]

Τα **Πρωτόζωα** είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, με μέγεθος 10-100μm, με πιο σύνθετη δομή από τα βακτήρια τα οποία και καταναλώνουν, και αναπαράγονται με δυαδική διάσπαση. Διακρίνονται δύο κατηγορίες πρωτοζώων, τα πλασμόδρομα (διαθέτουν ψευδοπόδια ή μαστίγια για να κινούνται) και τα κυλιοφόρα (διαθέτουν αισθητήρες που μοιάζουν με βλεφαρίδες για να κινούνται, ενώ παρατηρούνται και στοματίδια για την λήψη τροφής). [Μήτρακας Μανασσής: 82-83] Δύνανται να δράσουν παρασιτικά ή μη, και είναι δυνητικά παθογόνοι. Από παρασιτικά πρωτόζωα μεταδίδεται η αμοιβαδική δυσεντερία, η γαστρεντερίτιδα, η μηνιγοεγκεφαλίτιδα, η τρυπανοσωμίαση και η ελονοσία. [4]

Ως δείκτης μικροβιολογικής ρύπανσης παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών χρησιμοποιείται το κολοβακτηρίδιο. Τα κολοβακτηρίδια διαβιούν στο έντερο του ανθρώπου, αποβάλλονται καθημερινά και δεν προκαλούν παθήσεις. Όταν απαντώνται στο νερό όμως, πιθανότατα υπάρχουν κι άλλοι παθογόνοι μικροοργανισμοί, επομένως ο προσδιορισμός τους αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο της ποιότητας του νερού. Για τον προσδιορισμό κολοβακτηριδίων χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι, η ζύμωση σε πολλαπλούς σωλήνες και η τεχνική με φίλτρο

μεμβράνης. Το νομοθετημένο όριο για το πόσιμο νερό είναι 0 κολοβακτηρίδια ανά 100ml δείγματος. Συμπληρωματικά, μπορούν να προσδιορίζονται και εντερόκοκκοι, σαλμονέλες και άλλα παθογόνα μικρόβια. [Χαραλάμπους Αικ.: 81]

Κύρια πηγή μικροβιολογικής ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων αποτελούν τα αστικά λύματα, τα αγροτικά απόβλητα και τα περιττώματα ανθρώπων και ζώων που περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Επειδή αυτοί απαντώνται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και δύσκολα ανιχνεύονται, χρησιμοποιούνται τα κολοβακτηρίδια ως ένδειξη της ύπαρξης αυτών των οργανισμών. Οι σημαντικότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί στο νερό είναι τα βακτηρίδια του τύφου, του παρατύφου, της δυσεντερίας, της χολέρας, αλλά και διάφοροι ιοί, ιδίως ο ιός της λοιμώδους ηπατίτιδας, που δύναται να μολύνει τα οστρακόδερμα και να μεταδώσει την ρύπανση στον καταναλωτή, και της πολιομυελίτιδας. [Χαραλάμπους Αικ.: 81.]

Στα υπόγεια ύδατα, η μικροβιολογική ρύπανση προκαλείται από την εισαγωγή διαφόρων μικροοργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες. Οι οργανισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως αυτόχθονες ή ενδογενείς, αλλά μπορούν να εισέλθουν στα ύδατα μέσω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Εκτός των ανωτέρω, υπάρχει και η αισθητική όπως και η φυσική ρύπανση ενός υδάτινου αποδέκτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα **αισθητικής ρύπανσης** αποτελεί η αλλοίωση του χρώματος του νερού (σε κίτρινο, πράσινο ή άλλο), η εμφάνιση δυσοσμίας, η θολότητα και η συσσώρευση στερεών αποβλήτων στην υδάτινη μάζα. Στην **φυσική ρύπανση** εντάσσονται η επιβάρυνση των ποταμών με χώμα που απελευθερώνεται από τις πλημμύρες, οι κατολισθήσεις λόγω έντονης σεισμικότητας ή/και λόγω διάβρωσης των πετρωμάτων, όπου χώμα και πέτρες καταλήγουν σε υδάτινο αποδέκτη, και η έκρηξη ηφαιστείων, όπου η εκτοξευόμενη σκόνη και τέφρα καταλήγει στα ύδατα, αυξάνοντας την συγκέντρωση διαλυμένων στερεών. [Τάσης Λάζαρος: 28]

1.2.2.5 Επιπτώσεις

Ως ρύπανση των υδάτων ορίζεται η ύπαρξη στο νερό ουσιών πέρα από τα φυσιολογικά όρια εξ αιτίας ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ενώ ως ποιότητα ύδατος ορίζεται το σύνολο των χαρακτηριστικών που καθιστούν το νερό αποδεκτό για ανθρώπινη χρήση. Η επιβάρυνση της ποιότητας των υδάτων προκαλείται από μεγάλο αριθμό ρυπαντών, σχεδόν απεριόριστων, οπότε λαμβάνονται υπ' όψιν κυρίως οι παράμετροι εκείνες που απαντώνται συχνότερα και επηρεάζουν περισσότερο την ποιότητα του νερού, ανάλογα με την επιθυμητή χρήση. [Χαραλάμπους Αικ.: 35]

Οι συνέπειες της ρύπανσης των Υδάτων δύνανται να είναι οικολογικές, αισθητικές ή/και υγειονομικές. Στην πρώτη περίπτωση, οι ρύποι προκαλούν

δυσμενείς διαταραχές στα υδατικά οικοσυστήματα. Στην δεύτερη περίπτωση η ρύπανση αποτελεί αιτία δυσάρεστων οσμών, χρωματισμού ή θολότητας του νερού, γεγονός που εμποδίζει τη χρήση του για σκοπούς αναψυχής. Στην τρίτη περίπτωση, το νερό μετατρέπεται σε φορέα παθογένειας και τοξικότητας για τον άνθρωπο και τους οργανισμούς που το χρησιμοποιούν, και επιβαρύνει τους υδρόβιους οργανισμούς, οι οποίοι χρησιμεύουν ως τροφή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα ψάρια, όπου στην σάρκα τους περιέχεται υδράργυρος σε υψηλές συγκεντρώσεις, καθώς και τα οστρακοειδή που είναι μολυσμένα με τον ιό της λοιμώδους ηπατίτιδας, εξ αιτίας της ρύπανσης των υδάτων.

Οι αστικές συγκεντρώσεις, καθώς και οι βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, προκαλούν την ρύπανση των υδάτων με τα στερεά και κυρίως με τα υγρά απόβλητά τους. Τα αστικά λύματα προέρχονται από τις αποχετεύσεις και αποτελούν τον κύριο όγκο των υγρών αποβλήτων μιας πόλης. Σε αυτά περιέχονται οργανικές ύλες και ορισμένα ανόργανα άλατα, όπως τα αμμωνιακά, τα νιτρικά, και τα φωσφορικά. Τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών και των βιοτεχνικών μονάδων περιέχουν συχνά ρύπους, ανάλογους με τα αστικά λύματα, αλλά συχνά περιέχουν περισσότερες τοξικές οργανικές ενώσεις και διάφορα μέταλλα, όπως ο Μόλυβδος και ο Υδράργυρος.

Οι αστικές δραστηριότητες ρυπαίνουν και τα όμβρια ύδατα τα οποία, διερχόμενα από τους δρόμους της πόλης, παρασύρουν μια σειρά ρύπων, όπως χώμα, μέταλλα όπως ο Μόλυβδος και το Κάδμιο, πλαστικά. Το γεγονός ότι τα υγρά απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς ή/και στους υπόγειους υδατικούς αποδέκτες, οφείλει να μας προβληματίζει για την ποιοτική κατάσταση των υπογείων και επιφανειακών υδάτων, από όπου ανατροφοδοτείται ο ανθρώπινος πολιτισμός.

1.3 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΩΝ

Το νερό, είτε επιφανειακό είτε υπόγειο, καταναλώνεται από τον άνθρωπο και τα έμβια όντα. Δεδομένης της ρύπανσης του περιβάλλοντος, θεωρείται αναγκαίος ο έλεγχος της ποιότητας των υδάτων και του καθαρισμού τους από επιβαρυντικούς παράγοντες.

Για τον σκοπό αυτό, υπάρχουν εγκαταστάσεις που καθαρίζουν το νερό σε αποδεκτά για κατανάλωση επίπεδα. Η επεξεργασία του νερού πραγματοποιείται σε στάδια, και σε κάθε στάδιο αντιστοιχεί μια διεργασία. Συχνά, ένα στάδιο μπορεί να αποτελείται από συνδυασμό δύο ή παραπάνω διεργασιών.

1.3.1 Συστήματα επεξεργασίας νερού

Το προς επεξεργασία νερό περιέχει διάφορα συστατικά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από το κανονικό. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος

επεξεργασίας για το νερό γίνεται συναρτήσει των χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου ύδατος και των επιθυμητών ιδιοτήτων του.

Υπάρχουν 4 γενικές κατηγορίες υδάτων προς επεξεργασία. Σε περιπτώσεις πολύ μικρών πληθυσμών, ή μεμονωμένων κατοικιών, όπου αντλείται υπόγειο νερό από γεώτρηση, τότε αυτό δεν υφίσταται επεξεργασία. Όταν το νερό αυτό χρησιμοποιείται από μεγαλύτερους πληθυσμούς και έχει μικρή σκληρότητα, τότε πραγματοποιείται απολύμανση, διαφορετικά επεξεργάζεται συνδυαστικά με απολύμανση και αποσκλήρυνση. Το νερό από λίμνες και ποταμούς χαμηλών περιοχών απαιτεί προεπεξεργασία, καθίζηση μετά από ιζηματοποίηση, διύλιση και απολύμανση. Νερό που προέρχεται συνήθως από βιομηχανικές μονάδες επεξεργάζεται με χημική οξείδωση, τεχνολογία μεμβράνης, ενεργό άνθρακα, και άλλες μεθόδους. [Τσώνης Στυλιανός: 107-108]

1.3.2 Επεξεργασία επιφανειακών υδάτων

Η πλέον σημαντική χρήση των επιφανειακών υδάτων είναι η παραγωγή πόσιμου νερού.

Τα επιφανειακά νερά εμφανίζουν συνήθως αλλοιωμένη οσμή, χρώμα και γεύση, μικροβιολογικό φορτίο, αιωρούμενα στερεά. Η επεξεργασία τους βασίζεται στην διήθηση μετά από κροκίδωση, θρόμβωση και καθίζηση. Προστίθεται οξειδωτικό (όζον, υπερμαγγανικό κάλιο, διοξείδιο του χλωρίου) πριν την ταχεία ανάδευση για να εμποδιστεί η ανάπτυξη φυκών, να ελεγχθούν οι μικροοργανισμοί και να αποκατασταθούν η οσμή και η γεύση. Στην κροκίδωση χρησιμοποιούνται άλατα αργιλίου και σιδήρου, αλλά και πολυηλεκτρολύτες. Μετά την διήθηση το νερό απολυμαίνεται, και χρησιμοποιείται χλώριο για την αντιμετώπιση μικροβίων και την προστασία του νερού στο δίκτυο διανομής. [Τσώνης Στυλιανός: 109-110]

Η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων που προορίζονται για ύδρευση πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Κοινοτικής Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ. Η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας έγινε το με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 46399/1352/86. Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 75/440/ΕΟΚ περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα Κράτη Μέλη, τα επιφανειακά ύδατα χωρίζονται σε 3 κατηγορίες, ανάλογα με την κατάλληλη μέθοδο επεξεργασίας.

Συγκεκριμένα, τα ύδατα χωρίζονται σε:

- Κατηγορία Α1: απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση (π.χ. ταχεία διύλιση και απολύμανση)
- Κατηγορία Α2: συνήθης ομαλή φυσική επεξεργασία, χημική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. προ-χλωρίωση, πήξη, κροκίδωση, καταστάλαξη, διήθηση, απολύμανση (τελική χλωρίωση).
- Κατηγορία Α3: εντατική φυσική και χημική επεξεργασία, τελική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. χλωρίωση μέχρι σημείου ρήξεως, πήξη, κροκίδωση, καταστάλαξη, διήθηση, τελική επεξεργασία (ενεργός άνθρακας), απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση). [Παράρτημα 1 της οδηγίας]

Κάποια χαρακτηριστικά του νερού, όπως η αγωγιμότητα, τα χλωριόντα, τα θειικά και το νάτριο, δεν μπορούν να βελτιωθούν με τις ανωτέρω διεργασίες επεξεργασίας. [Τσώνης Στ.: 118]

Στο παράρτημα ΣΤ της παρούσης εργασίας παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά επιφανειακών νερών, όπως ορίζονται από την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ.

1.3.3 Επεξεργασία υπογείων υδάτων

Τα υπόγεια νερά εμφανίζουν μεγάλη σκληρότητα και αυξημένη συγκέντρωση σιδήρου και μαγγανίου. Για την αποσκλήρυνση του νερού χρησιμοποιούνται κυρίως 3 μέθοδοι.

Στην αποσκλήρυνση νερού με προσθήκη περίσσειας υδροξειδίου του ασβεστίου και επανθράκωση δύο σταδίων, χρησιμοποιούνται δύο στάδια διεργασιών που περιλαμβάνουν ταχεία ανάμιξη, βραδεία ανάμιξη, καθίζηση και επανθράκωση. Προστίθεται υδροξείδιο του ασβεστίου σε δόση μεγαλύτερη της στοιχειομετρικά απαιτούμενης. Στο πρώτο στάδιο η περίσσεια υδροξειδίου του ασβεστίου διαμορφώνει το pH στην περιοχή τιμών 10,8-11,0. Το υπερκείμενο υγρό από την δεξαμενή καθίζησης του πρώτου σταδίου δεν περιέχει ιζήματα, αλλά έχει βασικό pH και περιέχει διαλυμένο υδροξείδιο του ασβεστίου, και για να αφαιρεθεί μετατρέπεται σε αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο. Αυτό γίνεται την χρήση διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το pH να γίνει 9,5. Το προκύπτον ανθρακικό ασβέστιο αφαιρείται στο δεύτερο στάδιο επανθράκωσης, όπου το pH ρυθμίζεται σε 8,2-8,3 ώστε να διαλυτοποιηθεί το ανθρακικό ασβέστιο και να αποφευχθεί η ασβεστοποίηση των κόκκων του πληρωτικού υλικού του διυλιστηρίου.

Συχνά ακολουθείται μια απλούστερη μέθοδος, η αποσκλήρυνση νερού με επανθράκωση ενός σταδίου. Εδώ το νερό αερίζεται πριν την προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου για να αφαιρεθεί διοξείδιο του άνθρακα, κάτι που μειώνει την απαίτηση υδροξειδίου του ασβεστίου.

Υπάρχει και η αποσκλήρυνση νερού σε δύο στάδια με προσθήκη περίσσειας υδροξειδίου του ασβεστίου σε ένα μέρος της παροχής στο πρώτο στάδιο και παράκαμψη του υπόλοιπου της παροχής. Εδώ στο πρώτο στάδιο εισέρχεται μέρος μόνο της προς επεξεργασία παροχής και το υπόλοιπο παρακάμπτεται. Στο δεύτερο στάδιο τροφοδοτείται όλη η παροχή. Αυτή η μέθοδος ακολουθείται όταν η σκληρότητα δεν είναι μεγάλη, και δεν υπάρχουν προβλήματα οσμής, γεύσης και χρώματος στο νερό. Στην τροφοδοσία του πρώτου σταδίου προστίθεται περίσσεια υδροξειδίου του ασβεστίου και στην δεξαμενή καθίζησης πραγματοποιείται αφαίρεση ανθρακικού ασβεστίου και υδροξειδίου του μαγνησίου. Η εκροή της πρώτης δεξαμενής καθίζησης δεν υποβάλλεται σε επανθράκωση για την εξουδετέρωση του ανθρακικού ασβεστίου αλλά αναμιγνύεται με το ρεύμα παροχής που προηγουμένως παρέκαμψε το πρώτο στάδιο. Τα δύο αναμιγνυόμενα ρεύματα έχουν ως αποτέλεσμα το υδροξείδιο του ασβεστίου της εκροής του πρώτου σταδίου να εξουδετερώνεται από το αλκαλικό ρεύμα που παρέκαμψε το πρώτο στάδιο, οπότε προκύπτει ανθρακικό ασβέστιο το οποίο αφαιρείται στο δεύτερο στάδιο επεξεργασίας. [Τσώνης Στυλιανός: 111-114]

1.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Κατά την διάρκεια του 20ού αιώνα, με την ανάπτυξη της Βιομηχανίας σε παγκόσμιο επίπεδο προκλήθηκε η ρύπανση του περιβάλλοντος. Το νερό χρησιμοποιήθηκε ευθύς εξ αρχής στις ανθρώπινες δραστηριότητες (βιομηχανικές, αστικές), με αποτέλεσμα η χρήση του αυτή να υποβαθμίζει την ποιότητά του. Η απόρριψη αυτού του χρησιμοποιημένου νερού (δηλαδή αστικό λύμα) επιφέρει την ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών. Η ρύπανση των υδάτων προκάλεσε πρόβλημα υγείας και υγιεινής στην ανθρωπότητα αλλά και ισορροπίας των υδατικών συστημάτων.

Η επεξεργασία και διαχείριση των αστικών λυμάτων αποτελεί αντικείμενο έρευνας από την αρχαιότητα, σε περιοχές όπως η Ρώμη, η Έφεσος, η Πέργαμος, η Κνωσός. [Μήτρακας Μ.: 35] Στις μέρες μας διάφορες ερευνητικές ομάδες ανά τον κόσμο ασχολήθηκαν με το πρόβλημα και επινόησαν και εξέλιξαν διάφορες μεθόδους καθαρισμού των αστικών λυμάτων, με διαφορετικό βαθμό επιτυχίας, ενώ οι σχετικές έρευνες συνεχίζονται. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η συλλογή, επεξεργασία και απόρριψη των αστικών λυμάτων πραγματοποιείται σύμφωνα με όσα προβλέπει η Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Τα αστικά λύματα παρουσιάζουν μια μέση παροχή της τάξης των 175-250 l/ημέρα*κάτοικο. Τυπικά χαρακτηριστικά των λυμάτων αποτελούν τα ολικά αιωρούμενα στερεά, η οργανική ύλη (C.O.D. και B.O.D.₅) που προκαλεί αποξυγόνωση, το άζωτο (το αμμωνιακό προκαλεί αποξυγόνωση και το νιτρικό είναι

τοξικό στο πόσιμο νερό), και ο φώσφορος που αποτελεί παράγοντα του φαινομένου του ευτροφισμού. Επιπλέον υπάρχουν και τα κολοβακτηρίδια, που μπορούν να προκαλέσουν παθολογικές. [Ανδρεαδάκης Α., Πανταζίδου Μ., Σταθόπουλος Α., Χατζημπίρος Κ.: 131]

1.4.1 Στάδια επεξεργασίας λυμάτων

Σήμερα οι μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων χωρίζονται σε φυσικές διεργασίες (κυριαρχούν οι φυσικές δυνάμεις) και βιοχημικές (η απομάκρυνση ρυπογόνων ουσιών βασίζεται σε βιολογικές και χημικές αντιδράσεις). Οι διεργασίες αυτές ομαδοποιούνται σε στάδια ώστε να πραγματοποιούνται διάφοροι βαθμοί επεξεργασίας (προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία, τριτοβάθμια επεξεργασία).

Ακολουθώς παρουσιάζονται συνοπτικά τα διάφορα στάδια επεξεργασίας και οι συνήθεις μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των αστικών λυμάτων.

1.4.1.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία τα ογκώδη στερεά απομακρύνονται με εσχάρωση της άμμου και εξάμμωση των επιπλεόντων υλικών. Τα λίπη και τα έλαια αφαιρούνται με λιποσυλλογή, και η ιλύς απομακρύνεται με πρωτοβάθμια καθίζηση. [Μαρκαντωνάτος Γ.]

1.4.1.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και στοχεύει στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών, ενώ στοχεύει και στην μείωση των ενώσεων αζώτου και φωσφόρου που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Καθώς το ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά 70% οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία καθιζάνουν και απομακρύνονται.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία διακρίνεται, ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στην αποικοδόμηση των ρυπαντικών ουσιών, σε αερόβια (κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς), αναερόβια (κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς) και αερόβια-αναερόβια (κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών δηλαδή αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες). [Νταρακάς Ευθύμιος: 117]

1.4.1.3 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία, αφαιρούνται στερεά, οργανικό φορτίο και το χρώμα που το λύμα έχει αποκτήσει από πριν. Επιπλέον, πραγματοποιείται απολύμανση των επεξεργασμένων αποβλήτων με προσθήκη κατάλληλων οξειδωτικών μέσων ή με υπεριώδη ακτινοβολία. [Λιάκου Μαρία: 8]

1.4.2 Τεχνολογίες Αερόβιας Δευτεροβάθμιας Επεξεργασίας Λυμάτων

Παρουσιάζονται οι συνηθέστερες μέθοδοι αερόβιας δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων.

1.4.2.1 Τεχνολογία Ενεργού Ιλύος (Activated Sludge)

Το σύστημα ενεργού ιλύος είναι το πιο διαδεδομένο και αποτελεσματικό σύστημα βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων, και διαθέτει τον υψηλότερο δείκτη κόστους/απόδοσης. Αναπτύχθηκε από τους Arden και Lockett στο Manchester της Αγγλίας στις αρχές του 20ού αιώνα και ο πρωταρχικός στόχος του ήταν η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των λυμάτων με μηχανισμούς βιολογικής οξείδωσης, σύνθεσης και προσρόφησης. Η ευρεία εφαρμογή του άρχισε μετά το 1940. Σημαντική εξέλιξη του σχεδιασμού των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων αποτέλεσε η χρήση ανοξικών και αναερόβιων αντιδραστήρων για τη βιολογική απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Οι έρευνες της δεκαετίας του 1980, στόχευαν στη διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και των κλασμάτων της οργανικής ύλης που ευνοούν την ανάπτυξη βακτηρίων, τα οποία είναι υπεύθυνα για την απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα, του αζώτου και του φωσφόρου. [Πουλοπούλου Τρισεύγενη], [Μίσσα Βασιλική]

Περιγραφή της μεθόδου

Κατά την λειτουργία μιας εγκατάστασης ενεργού ιλύος, χρησιμοποιείται μια δεξαμενή αερισμού στην οποία το εισερχόμενο απόβλητο αναμιγνύεται και αερίζεται με παροχή του απαιτούμενου οξυγόνου. Τα λύματα έρχονται σε επαφή με ένα μίγμα μικροοργανισμών (σε μορφή αιωρούμενων συσσωματωμάτων), στο οποίο προσροφώνται τα αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά. Τα οργανικά στερεά διασπώνται μέσω υδρολυτικών ενζύμων σε απλούστερες οργανικές ενώσεις και μαζί με τις προϋπάρχουσες οργανικές ενώσεις των λυμάτων διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και καταναλώνονται. Κατά τον αερόβιο μεταβολισμό, μέρος των οργανικών ενώσεων διασπάται σε ανόργανες ενώσεις και εκλύεται ενέργεια που χρησιμεύει στους οργανισμούς για τις βιολογικές ανάγκες τους, ιδίως για την σύνθεση νέων κυττάρων. Κατά τον αναβολισμό αυτόν συντίθενται τα συστατικά του κυττάρου (πρωτεΐνες, λίπη, DNA, RNA, κλπ), δημιουργώντας δηλαδή νέα κύτταρα.

Το μίγμα μικροοργανισμών, λυμάτων και προσροφημένων στερεών, που ονομάζεται ανάμεικτο υγρό, εισέρχεται σε δεξαμενή τελικής καθίζησης. Στην δεξαμενή διαχωρίζονται μέσω βαρύτητας οι μικροοργανισμοί και τα προσροφημένα στερεά (βιοκροκίδες) από την μη χρησιμοποιηθείσα τροφή, η οποία με υπερχειλίση οδηγείται σε υδάτινο αποδέκτη, ή επεξεργάζεται περαιτέρω. Οι καθιζάνοντες βιοκροκίδες επανακυκλοφορούν στην δεξαμενή αερισμού για να επαναχρησιμοποιηθούν σε ανεπεξέργαστα λύματα.

Η υπερχειλίση της δεξαμενής καθίζησης αποτελεί την έξοδο του επεξεργασμένου αποβλήτου, και ακολουθεί η απομάκρυνση τυχόν στερεών και η απολύμανση πριν την τελική διάθεση. Από τον πυθμένα της δεξαμενής τελικής καθίζησης απομακρύνεται μέρος της συσσωρευμένης λάσπης (βιομάζα), για να αντισταθμιστεί η διαρκώς αυξανόμενη συγκέντρωση της βιομάζας. [Ανδρεαδάκης Ανδρέας]

Η απόδοση μίας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος εξαρτάται άμεσα από την ικανότητα της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης να επιτρέπει την ταχεία καθίζηση της εισερχόμενης σε αυτή βιομάζας και τον διαχωρισμό της από τα επεξεργασμένα λύματα (διαύγαση). Καθοριστικό ρόλο παίζει επίσης και η επαρκής συμπύκνωση της βιομάζας, έτσι ώστε να είναι αποτελεσματική και οικονομική η επανακυκλοφορία της. Τόσο η ταχύτητα καθίζησης της βιομάζας όσο και ο βαθμός συμπύκνωσής της, εξαρτώνται από τη φύση των βιοκροκίδων. [Μίσα Βασιλική]

Σε αντίθετη περίπτωση, η βραδεία καθίζηση που συνοδεύεται με θολότητα στο αιώρημα αποτελεί ένδειξη λειτουργικών προβλημάτων. Τέτοια προβλήματα παρουσιάζονται συνήθως στην ανακύκλωση της λάσπης καθώς και στον αερισμό ο οποίος μπορεί να καταστεί προβληματικός από την επικάθιση ανόργανων στερεών στους διαχυτήρες αέρος.

Σε μεγάλο ποσοστό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων παγκοσμίως (40-50%) παρατηρούνται δύο μεγάλα εμπόδια στην ομαλή λειτουργία των συστημάτων. Το πρώτο και μεγαλύτερο πρόβλημα οφείλεται στην υπερβολική ανάπτυξη μίας ομάδας βακτηριδίων που ονομάζονται νηματοειδή. Παρατηρείται το φαινόμενο της διόγκωσης της ιλύος, η οποία καθιζάνει με αργούς ρυθμούς και παρουσιάζει μικρή συμπύκνωση. Συχνά παρουσιάζεται και το πρόβλημα της δημιουργίας ενός μεγάλου στρώματος βιολογικού αφρού στην επιφάνεια των δεξαμενών αερισμού. Ο αφρός οφείλεται στα υδροφοβικά χαρακτηριστικά της κυτταρικής μεμβράνης των νηματοειδών και μπορεί να οδηγήσει σε σωρεία λειτουργικών προβλημάτων. Ενδεικτικά προβλήματα είναι η δυσκολία ελέγχου του χρόνου παραμονής λόγω παγίδευσης των στερεών στο στρώμα του αφρού, προβλήματα αισθητικής και οσμών λόγω πιθανής διαφυγής του αφρού εκτός των μονάδων, ακόμα και η πιθανή ολική αστοχία της εγκατάστασης λόγω διαφυγής των

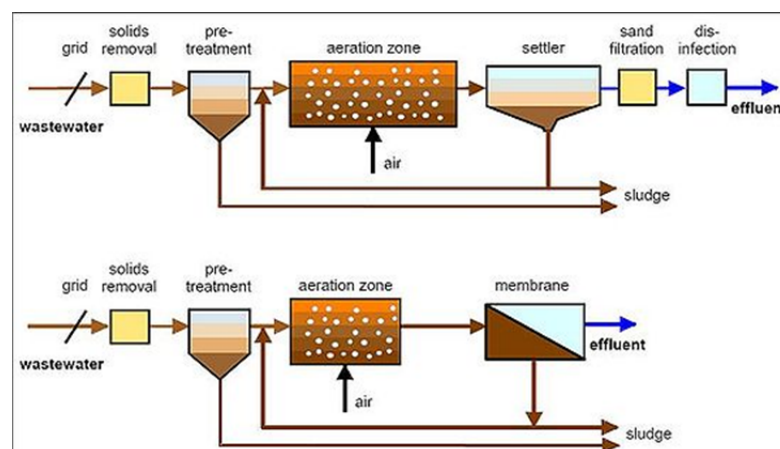
στερεών από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης στην τελική εκροή. [Πουλοπούλου Τρισεύγενη], [Μίσσα Βασιλική]

Η σωστή και ομαλή λειτουργία του συστήματος ενεργού ιλύος απαιτεί ο λόγος BOD:N:P να είναι ίσος με 100:5:1, ενώ το pH του συστήματος πρέπει να κυμαίνεται σε ουδέτερες ως ελαφρά αλκαλικές περιοχές (από 6.5 έως 8). Σε χαμηλότερες ή υψηλότερες τιμές μειώνουν ή αναστέλλουν τη δράση των μικροοργανισμών και την απόδοση του συστήματος. Επιπλέον, η παρουσία τοξικών ουσιών στα απόβλητα καταστρέφει το βακτηριακό πληθυσμό και η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική. [Λοϊζίδου Μαρία: 36] Τέλος για να είναι επιτυχής ο σχεδιασμός της εγκατάστασης ενεργού ιλύος πρέπει να είναι γνωστές οι εξισώσεις βιοχημικής κινητικής και να γίνεται σωστή επιλογή της παραμέτρου ελέγχου.

1.4.2.2 Βιο-αντιδραστήρας Μembrάνης (Membrane Bio-Reactor, MBR)

Η Τεχνολογία MBR αποτελεί την πλέον σύγχρονη και αναπτυσσόμενη μέθοδο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων σε αστικό και βιομηχανικό επίπεδο, φιλοδοξώντας να αντικαταστήσει την συμβατική τεχνολογία δεξαμενών Ενεργού Ιλύος (Active Sludge Process, ASP). Σημειώνεται ότι το κόστος κατασκευής και λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας είναι παραπλήσιο μιας κλασικής εγκατάστασης Ενεργού Ιλύος, με σαφείς τάσεις μείωσης, ενώ για την κατασκευή της απαιτείται μόλις το 10% σε έκταση εδάφους συγκριτικά με την κλασική εγκατάσταση. Το γεγονός αυτό καθιστά την τεχνολογία μεμβράνης ιδιαίτερα ελκυστική για τουριστικές περιοχές. [Ζαχαρίας Μ.]

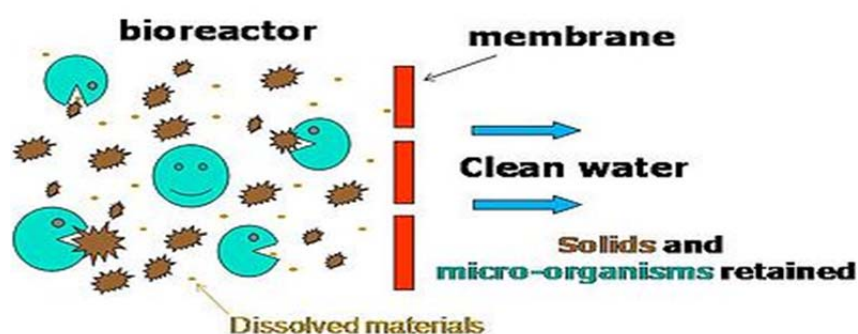
Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων MBR συνίσταται στην χρησιμοποίηση ενός βιολογικού αντιδραστήρα και της διήθησης μέσω ειδικών μεμβρανών, για την δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, ενώ το παλαιότερο σύστημα Ενεργού Ιλύος στηρίζεται στην χρησιμοποίηση ενός βιολογικού αντιδραστήρα και της δεξαμενής τελικής καθίζησης.



Σχήμα 1.2 Διαγράμματα ροής για σύστημα Ενεργού Ιλύος (πάνω) και για σύστημα MBR (κάτω)

Στα συστήματα MBR πραγματοποιούνται οι συνήθεις βιολογικές διεργασίες και ακολουθεί ο διαχωρισμός της τελικής εκροής από τα στερεά με διήθηση των υγρών αποβλήτων μέσω των μεμβρανών. Η μεμβράνη (membrane) αποτελεί ένα φυσικό εμπόδιο στα αιωρούμενα στερεά της ροής (solids), και συγκρατεί τους μικρο-οργανισμούς, με αποτέλεσμα η τελική εκροή (effluent) να είναι πολύ υψηλής ποιότητας, συγκρίσιμης με τα επιφανειακά ύδατα.

Επιπλέον, στα εν λόγω συστήματα εξαλείφεται η ανάγκη ύπαρξης της δεξαμενής τελικής καθίζησης (settler). Εφόσον, πλέον, δεν απαιτείται η καλή καθιζησιμότητα της ιλύος, εξαφανίζονται τα αντίστοιχα προβλήματα που εμφανίζονται στα συστήματα Ενεργού Ιλύος.



Σχήμα 1.3 Η μεμβράνη συγκρατεί τα στερεά και τους μικροοργανισμούς

Υπάρχουν δύο κύριες διαμορφώσεις για αντιδραστήρες MBR: η εσωτερική όπου η μεμβράνη είναι βυθισμένη στο εσωτερικό του βιο-αντιδραστήρα (s.M.B.R.), και η εξωτερική, όπου η μεμβράνη ανήκει σε ξεχωριστή μονάδα επεξεργασίας και απαιτείται ενδιάμεσο στάδιο (side-stream M.B.R.).

Τύπος M.B.R.	s.M.B.R.	side-stream M.B.R
Κόστος Αερισμού	Υψηλό (90%)	Χαμηλό (20%)
Κόστος Άντλησης	Πολύ χαμηλό (28%)	Υψηλό (60-80%)
Απαιτούμενη Έκταση	Μεγαλύτερη	Μικρότερη
Συχνότητα Καθαρισμού Μεμβράνης	Μικρότερη	Μεγαλύτερη
Λειτουργικά Έξοδα	Μικρότερα	Μεγαλύτερα
Κόστος Κατασκευής	Μεγαλύτερο	Μικρότερο

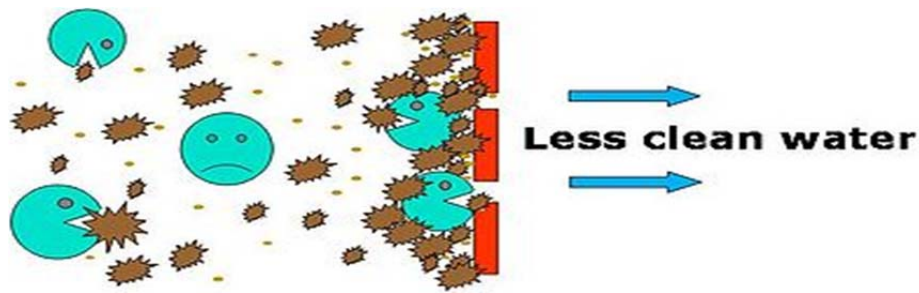
Πίνακας 1.3 Σύγκριση των δύο μεθόδων M.B.R. [Πηγή: Ζαχαρίας Μ.]

Ενδεικτικά, συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους (Ενεργού Ιλύος και Βιολογικής Μεμβράνης, αντίστοιχα ASP και MBR), στην απομάκρυνση COD η μέθοδος Ενεργού Ιλύος επιτυγχάνει απομάκρυνση 95%, ενώ μια τυπική εγκατάσταση MBR επιτυγχάνει απομάκρυνση 96-99%.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ASP	MBR
SRT (Solid Retention Times)	d	10-25	<30
HRT (Hydraulic Retention Times)	h	4-8	6-8
MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids)	(Kg/m ³)	5	12-16
Απομάκρυνση BOD ₅ (Συγκέντρωση εκροής)	% (mg/l)	85-95 (15)	98-99 (-)
Απομάκρυνση COD (Συγκέντρωση εκροής)	% (mg/l)	94,5 (-)	99 (<30)
Απομάκρυνση TSS	%	60,9	99,9
Απομάκρυνση NH ₄ ⁺ (Συγκέντρωση N _{total} εκροής)	% (mg/l)	98,9 (<13)	99,2 (<13)
Απομάκρυνση P _{total} (Συγκέντρωση εκροής)	% (mg/l)	88,5 (0,8-1,0)	96,6 (<0,3)

Πίνακας 1.4 Σύγκριση των δύο μεθόδων επεξεργασίας λυμάτων [Πηγή: M. Kraume, U. Bracklow, M. Vocks, A. Drews, Nutrients Removal in MBRs for Municipal Wastewater Treatment. Wat. Sci. Tech. 51 (2005)]

Επιπλέον, οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις επέφεραν την μείωση του κόστους των μεμβρανών, με αποτέλεσμα η τεχνολογία MBR να είναι κυρίαρχη και ταυτοχρόνως οικονομικά ελκυστική επιλογή στην επεξεργασία των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, ενώ προβλέπεται αύξηση της συνολικής αγοράς στο μεσοπρόθεσμο μέλλον. Ενδεικτικά, υπάρχει στην Brescia της Ιταλίας μονάδα M.B.R. δυναμικότητας 42.000 κ.μ. ημερησίως, και στο Muskat του Ομάν αντίστοιχη μονάδα δυναμικότητας 76.000 κ.μ. ημερησίως, με προοπτική επέκτασης στα 220.000 κ.μ. ημερησίως. Το μειονέκτημα της μεμβράνης είναι ότι απαιτεί συχνό καθαρισμό, καθώς εξ αιτίας της εναπόθεσης των διαλυμένων στερεών και μικροοργανισμών στην επιφάνειά της διαφεύγουν του φίλτρου, με αποτέλεσμα η ποιότητα της εκροής να ελαττώνεται.



Σχήμα 1.4 Η εναπόθεση μικροοργανισμών και στερεών πάνω στην μεμβράνη και η διαφυγή τους

Το σύστημα MBR επιτυγχάνει τέτοια ποιότητα εκροής, που είναι ανώτερη όλων των συμβατικών συστημάτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, και είναι συγκρίσιμη ή ανώτερη των συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Το γεγονός αυτό αυξάνει τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων (άρδευση, αστική χρήση πλην πόσης, εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα κλπ), και είναι πολύ σημαντικό για περιοχές με περιορισμένα υδατικά αποθέματα και βροχοπτώσεις, όπως είναι η Ελλάδα και οι Μεσογειακές χώρες, η Βόρειος Αφρική, η Μέση Ανατολή.

1.4.2.3 Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι (Rotating Biological Contactors)

Οι Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι (Rotating Biological Contactors) αποτελούν ένα σύστημα βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκει εφαρμογή στον καθαρισμό αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Η θεωρητική σύλληψη του συστήματος των βιολογικών δίσκων ξεκινάει το 1900 στη Γερμανία από τον Weigand, ωστόσο οι πρώτες πρακτικές δοκιμές δεν είναι αποδοτικές και οι προσπάθειες τερματίζονται σύντομα. Η μετέπειτα εξέλιξη του συστήματος καθίσταται δυνατή λόγω της ανακάλυψης και εφαρμογής διάφορων νέων υλικών κατασκευής των εν λόγω δίσκων.

Στην δεκαετία του 1960 χρησιμοποιήθηκαν μεγάλα φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης που οδήγησαν στην κατασκευή εγκαταστάσεων βιολογικών δίσκων για δημοτικά και βιομηχανικά λύματα μικρής κλίμακας, ενώ το κόστος κατασκευής του συστήματος συγκριτικά με τα συστήματα ενεργού ιλύος είναι ακόμα πολύ υψηλό. Αργότερα στη δεκαετία του 1970 χρησιμοποιήθηκε σαν υλικού κατασκευής των δίσκων το ρυτιδοειδές φύλλο αδρανούς PVC, που με κατάλληλη επεξεργασία και διάταξη εξασφαλίζει πολυάριθμα κανάλια ροής, με εσωτερικές διασυνδέσεις και μεγάλη ειδική επιφάνεια, επιτρέποντας την κατασκευή εγκαταστάσεων μεγαλύτερης κλίμακας για την επεξεργασία αστικών (για πληθυσμούς μέχρι 100.000 κατοίκους) και βιομηχανικών λυμάτων.

Τα τελευταία χρόνια το ερευνητικό ενδιαφέρον για μία περαιτέρω εξέλιξη του συστήματος των περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων έχει γίνει πιο έντονο

λόγω της ενεργειακής κρίσης. Έτσι το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος που είναι η σχετικά μικρή απαιτούμενη ενέργεια κατά την λειτουργία του, αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα στις οικονομοτεχνικές συγκρίσεις για την επιλογή διάφορων συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων.

Περιγραφή του συστήματος

Η βασική μονάδα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους είναι οι κυκλικοί δίσκοι μεγάλης διαμέτρου κατασκευασμένοι από ελαφρύ πλαστικό υλικό περασμένοι εν σειρά σε έναν οριζόντιο άξονα, και τοποθετημένοι σε μία δεξαμενή, συνήθως κατασκευασμένη από σκυρόδεμα.



Σχήμα 1.5: Φωτογραφίες Περιστρεφόμενων Βιολογικών Δίσκων (Πηγή: Νταρακάς Ευθύμιος)

Ο οριζόντιος άξονας περιστρέφεται αργά, ενώ περίπου το 40-45% της επιφάνειας του πλαστικού υλικού βρίσκεται βυθισμένο στα λύματα. Με την περιστροφή γίνεται αλληπάλληλη βύθιση διαδοχικών τμημάτων της επιφάνειας των δίσκων μέσα στα διερχόμενα από την λεκάνη ροής λύματα και μετέπειτα ανάδυση και έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Κατά την έναρξη της λειτουργίας οι μικροοργανισμοί των λυμάτων προσαρτώνται στις περιστρεφόμενες επιφάνειες, πολλαπλασιάζονται και σε διάστημα μιας περίπου εβδομάδας (ανάλογα και με την

ποιότητα των λυμάτων) όλη η επιφάνεια των δίσκων καλύπτεται από ένα στρώμα βιομάζας πάχους μερικών χιλιοστών και συγκεντρώσεως δεκάδων χιλιάδων mg/l.

Κατά την περιστροφή, οι δίσκοι αναδύονται παρασέρνοντας ένα λεπτό στρώμα λυμάτων στον αέρα έτσι ώστε το ατμοσφαιρικό οξυγόνο να διαλύεται στο λεπτό υγρό στρώμα. Στην συνέχεια, οι μικροοργανισμοί της επιφάνειας προσλαμβάνουν το διαλυμένο οξυγόνο καθώς και τις οργανικές ουσίες του στρώματος των λυμάτων και με τον τρόπο αυτό επιτελούν την διαδικασία της σύνθεσης νέου πρωτοπλάσματος. Με την διαδικασία αυτή επιτυγχάνονται υψηλοί βαθμοί απομάκρυνσης οργανικής τροφής από την υγρή φάση, περίπου 90 έως 95% ως προς το απομακρυνόμενο BOD.

Η νέα μικροβιακή μάζα που δημιουργείται κατά τη σύνθεση συσσωρεύεται στην επιφάνεια, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό το πάχος του στρώματος των μικροοργανισμών. Για μόνιμες συνθήκες λειτουργίας το μικροβιακό στρώμα φτάνει σε μία οριακή κατάσταση που εκδηλώνεται με την διατήρηση ενός σταθερού πάχους βιομάζας που εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας. Η σταθεροποίηση αυτή επιτυγχάνεται από την κατάσταση δυναμικής ισορροπίας που επικρατεί με την απόσπαση μικροοργανισμών από την επιφάνεια και την αναπλήρωσή τους από την νέα συντιθέμενη βιομάζα που προκύπτει από τον μεταβολισμό των οργανικών ουσιών.

Η απομάκρυνση των μικροοργανισμών προκαλείται από τις διατμητικές δυνάμεις που ασκούνται στο μικροβιακό στρώμα κατά την περιστροφή των δίσκων. Οι δυνάμεις αυτές υπερνικούν τις δυνάμεις επιφανείας του στρώματος στις περιοχές όπου αυτές εξασθενούν λόγω του μεγάλου πάχους του στρώματος, με αποτέλεσμα να έχουμε την αποκόλληση μικρών συνόλων μικροοργανισμών. Ο τρόπος αυτός αποκόλλησης δημιουργεί μία τραχεία και κατακερματισμένη εξωτερική επιφάνεια μικροβιακού στρώματος που διευκολύνει τη μεταφορά και χρησιμοποίηση τόσο των οργανικών ουσιών όσο και του οξυγόνου. Ο μηχανισμός αποκόλλησης της βιομάζας διαφέρει από τον αντίστοιχο μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για την αποκόλληση της βιομάζας στα βιολογικά φίλτρα και αποτελεί λειτουργικό πλεονέκτημα στους περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους.

Η βιομάζα που αποκολλάται από την επιφάνεια των δίσκων εισέρχεται στα λύματα της δεξαμενής και παραμένει σε αιώρηση λόγω της ανάμιξης που προκαλείται από την περιστροφή των δίσκων. Έτσι οι μικροοργανισμοί αυτοί έρχονται σε επαφή με τις οργανικές ουσίες των λυμάτων και υπό αερόβιες συνθήκες αναμένεται ότι οι βιολογικές διεργασίες συνεχίζονται στο ανάμικτο υγρό και επομένως επιτελείται περαιτέρω απομάκρυνση οργανικών ουσιών.

Λόγω της παρουσίας των αιωρούμενων μικροοργανισμών στην υγρή φάση, γίνεται αναγκαία η παρεμβολή δεξαμενών τελικής καθίζησης πριν από την τελική

διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων, κατ' αναλογία με τα συστήματα ενεργού ιλύος και βιολογικών φίλτρων. Στην περίπτωση όμως των βιολογικών δίσκων, η αυξημένη πυκνότητα των αιωρούμενων μικροβιακών συσσωρευμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας καθίζησής τους, με συνέπεια την δυνατότητα σχεδιασμού της δεξαμενής τελικής καθίζησης με σχετικά υψηλό οργανικό και υδραυλικό φορτίο. Επιπρόσθετα στις δεξαμενές τελικής καθίζησης επιτυγχάνεται συνήθως ικανοποιητική συμπύκνωση της ιλύος (4-5%) και έτσι είναι δυνατό σε πολλές περιπτώσεις να αποφευχθεί η εγκατάσταση παχυντών ιλύος.

Μία τυπική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους απαρτίζεται από διάφορες εν σειρά τοποθετημένες μονάδες περιστρεφόμενων δίσκων, που η κάθε μία αποτελεί ένα διακριτό στάδιο επεξεργασίας. Το ανάμικτο υγρό καθώς περνά διαδοχικά από κάθε στάδιο υφίσταται έναν προοδευτικά αυξανόμενο βαθμό καθαρισμού λόγω των μικροοργανισμών του κάθε σταδίου. Σε κάθε στάδιο οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται προσαρμόζονται τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά στα χαρακτηριστικά του ανάμικτου υγρού του κάθε σταδίου. Έτσι στα πρώτα στάδια, όπου συναντώνται υψηλές συγκεντρώσεις τροφής στα λύματα, η βιομάζα των δίσκων αποτελείται κυρίως από μία μεγάλη ποσότητα και ποικιλία βακτηριδίων ενώ στα μεταγενέστερα στάδια εμφανίζονται και υψηλότερες μορφές ζωής συμπεριλαμβανομένων των πρωτοζώων και των νιτροποιητικών βακτηριδίων.

Ο συνηθέστερα εφαρμοζόμενος αριθμός σταδίων σε μία εγκατάσταση βιολογικών δίσκων κυμαίνεται από 3-6 στάδια. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ένας υψηλός βαθμός νιτροποίησης, είναι δυνατόν να προστεθούν περισσότερα στάδια. Τα τελευταία στάδια επεξεργασίας όπου η βιομάζα των δίσκων αποτελείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από νιτροποιητικά βακτηρίδια, δεν επιτυγχάνουν σε σοβαρό βαθμό απομάκρυνση οργανικών ουσιών, ο δε σκοπός τους είναι η επίτευξη της νιτροποίησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να ακολουθεί και ένα τελευταίο στάδιο από περιστρεφόμενους δίσκους που ως στόχο έχει την επίτευξη της απονιτροποίησης, αν και αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί και στα πρώτα στάδια μέσω της επανακυκλοφορίας της νιτροποιημένης εκροής. [Ανδρεαδάκης Α.]

1.5 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Τα επιφανειακά ύδατα, και σε δεύτερο βαθμό τα υπόγεια, αποτελούν τον αποδέκτη των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας (ρύποι) και των πόλεων (αστικά λύματα). Για την προστασία του περιβάλλοντος, έχουν επιβληθεί στους ρυπαντές από τις Κυβερνήσεις των Χωρών και από διάφορους διεθνείς οργανισμούς μέγιστα αποδεκτά επίπεδα των ρύπων για τα ποτάμια, τα ρέματα, τον υδροφόρο ορίζοντα, τις λίμνες και τη θάλασσα. Οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων διαθέτουν το

παραγόμενο νερό σε διάφορες χρήσεις, όπως: νερό ψύξης σε βιομηχανική διεργασία, πότισμα γκαζόν, εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα.

Σε περιοχές ή σε Κράτη όπου τα αποθέματα νερού δεν επαρκούν για να καλύψουν την γενικότερη ζήτηση, τα αστικά απόβλητα πρέπει να θεωρούνται πηγές νερού, και να αξιοποιούνται σε κατάλληλο σκοπό. Χαρακτηριστικά, η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε αγροτικές καλλιέργειες αποτελεί μια ολοένα και πιο διαδεδομένη εφαρμογή. Μια μελέτη διαχείρισης των υδάτινων πόρων μιας περιοχής, δεν δύναται πλέον να μην περιλαμβάνει στο σχεδιασμό της και την κατάλληλη αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων. Η χρήση, όμως, των αποβλήτων αυτών εμπεριέχει και κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία των κατοίκων της περιοχής, και είναι επιβεβλημένη η τήρηση αυστηρών κριτηρίων ποιότητας.

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 145116/2011 *Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις* τροποποιεί την διαχείριση αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, ώστε να ανακτηθούν ως νερό για επαναχρησιμοποίηση.

1.5.1 Δυνατότητες αξιοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων

Η ΚΥΑ 145116/2011 θεσπίζει τέσσερις βασικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων: άρδευση, βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση, τροφοδότηση/εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων, και αστική/περιαστική επαναχρησιμοποίηση [ΚΥΑ 145116/2011, άρθρα 4-7]. Ταυτοχρόνως προσδιορίζονται όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους ανάλογα με την προβλεπόμενη επαναχρησιμοποίηση, ο ελάχιστος βαθμός επεξεργασίας, και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών.

1.5.1.1 Άρδευση

Σε παγκόσμια κλίμακα, τουλάχιστον το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού χρησιμοποιείται για γεωργικές εφαρμογές. Στις ΗΠΑ η άρδευση αντιπροσωπεύει το 34% - 40% της συνολικής χρήσης νερού, αλλά ειδικά στις πολιτείες Καλιφόρνια και Αριζόνα το 80 με 85%. Στο Ισραήλ αποτελεί το 73.1% και στην Ελλάδα το 83.7%. [Μπούσουλας Άγγελος: 70] Με γνωστό το πρόβλημα της λειψυδρίας λόγω και της κλιματικής αλλαγής, γίνεται κατανοητό ότι απαιτείται καλύτερη και αποδοτικότερη κατανάλωση νερού, σε συνδυασμό με την σωστή διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

Η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα διακρίνεται σε περιορισμένη και απεριόριστη. Η *περιορισμένη άρδευση* αφορά μόνο καλλιέργειες τα προϊόντα των οποίων καταναλώνονται μετά από ειδική επεξεργασία, δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, ή οι καρποί δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος κατά την συλλογή τους (π.χ. καλλιέργειες ζωοτροφών), ενώ απαγορεύεται ο

καταιονισμός και το κοινό απαγορεύεται να έχει πρόσβαση στην καλλιεργούμενη έκταση. Η *απεριόριστη άρδευση* αφορά σε καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά (π.χ. λαχανικά), επιτρέπεται ο καταιονισμός και το κοινό μπορεί να έχει πρόσβαση στην καλλιεργούμενη έκταση.

Όταν οι υδατικοί πόροι δεν επαρκούν για τις αγροτικές εφαρμογές, είναι δυνατόν αυτοί να εμπλουτιστούν με κατάλληλα επεξεργασμένα απόβλητα. Πέραν της εξοικονόμησης υδάτινων πόρων, σε πολλές περιπτώσεις η επιλογή αυτή μπορεί να επηρεάσει θετικά την αγροτική παραγωγή, όπως αποδεικνύεται από την πειραματική μελέτη καλλιέργειας μελιτζάνας στην Κύπρο. Σε αυτές τις καλλιέργειες, τα φυτά που αρδεύτηκαν με επεξεργασμένα απόβλητα εμπλουτισμένα σε άζωτο παρουσίασαν αυξημένη παραγωγικότητα σε σχέση με τα φυτά που αρδεύτηκαν με νερό εμπλουτισμένο με την ίδια ποσότητα αζώτου.

1.5.1.2 Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση

Η Βιομηχανία αναμένεται να αποτελέσει μελλοντικά πολύ σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων. Τα αστικά λύματα είναι χρήσιμα στις βιομηχανίες γιατί θα αντικαταστήσουν το καθαρό νερό σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται να έχουν την καθαρότητα και ποιότητα του πόσιμου. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι:

- το νερό ψύξης
- το νερό τροφοδοσίας/συμπλήρωσης λεβήτων
- το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό.

Η βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε εκτάσεις που παράγουν προϊόντα ανθρώπινης κατανάλωσης.

1.5.1.3 Τροφοδότηση/εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων

Η τροφοδότηση των υπογείων υδροφορέων πραγματοποιείται με δύο μεθόδους, τον άμεσο εμπλουτισμό (μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα), και τον εμπλουτισμό με διήθηση διαμέσου του εδαφικού στρώματος (με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος). Επιπλέον, η τροφοδότηση γίνεται και με υπεδάφια και επιφανειακή διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (ακόμα και με τελική διάθεση σε απορροφητικό βόθρο).

Ο εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων επιτρέπεται στις περιπτώσεις που τα ύδατα δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του Προεδρικού Διατάγματος 51/2007.

1.5.1.4 Αστική/περιαστική επαναχρησιμοποίηση

Τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης και επεξεργασίας των αστικών λυμάτων παρέχουν νερό για οποιαδήποτε χρήση πέραν της άμεσης και έμμεσης πόσης σε αστικές περιοχές. Παρ' ότι η αστική χρήση ανακτημένων υγρών αποβλήτων παγκοσμίως είναι περιορισμένη, και προβλέπεται ότι θα παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα στο βραχυπρόθεσμο μέλλον, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα αυτό έχουν μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον και κοινωνικές προεκτάσεις.

Σ' αυτή την κατεύθυνση συμβάλλουν μερικές μικρές κοινότητες που αναπτύσσουν συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων. Κάποιες αστικές χρήσεις είναι το πότισμα χώρων (π.χ. δημόσια πάρκα, κέντρα αναψυχής, παραθεριστικά κέντρα, αθλητικοί χώροι, κήποι σε δημόσια κτίρια και σε κατοικίες), γενικό πλούσιμο και εργασίες συντήρησης, συμπύκνωση των εδαφών, πυροπροστασία η δημιουργία τεχνητών και η διατήρηση φυσικών υδροβιότοπων, η δημιουργία χώρων αναψυχής, η αύξηση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων και διάφορες άλλες χρήσεις.

Κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων υγρών αποβλήτων για αστική χρήση, η αξιοπιστία και η προστασία της δημόσιας υγείας είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες σχεδιασμού.

1.5.2 Τεχνικές απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με στόχο την παροχή καθαρού νερού στην φύση είναι μια πολύπλοκη διεργασία, και σ' αυτό συντελούν δύο βασικοί παράγοντες. Πρώτον, τόσο η μικροβιολογική όσο και η χημική σύσταση των αστικών λυμάτων δεν είναι καθορισμένες και παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα να μην ορίζεται το είδος της βέλτιστης επεξεργασίας, και δεύτερον, η επεξεργασία τεράστιων όγκων αστικών λυμάτων απαιτεί την κατασκευή και λειτουργία μιας αντίστοιχα μεγάλης εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

Η συνήθης πρακτική συνίσταται στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία των αστικών λυμάτων, με τελικό στάδιο την εφαρμογή κάποιας διεργασίας απολύμανσης. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί οι διεργασίες καθαρισμού με την χρήση μεμβρανών και, όσο οι σχετικές τεχνολογίες θα εξελίσσονται, θα είναι εφικτή η βιομηχανικού επιπέδου παραγωγή υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένου ύδατος προς πόση, σε προσιτό κόστος.

Εναλλακτικά από τις μεμβράνες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κι άλλες τρεις μέθοδοι απολύμανσης: η χλωρίωση, ο οζονισμός και υπεριώδης ακτινοβολήση. Η κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, συνεπώς απαιτείται τεχνικο-οικονομική μελέτη για την επιλογή και εφαρμογή της

πλέον κατάλληλης. Συχνά εφαρμόζεται ο συνδυασμός δύο τεχνολογιών, προκειμένου η διάταξη να αποδώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του επεξεργασμένου λύματος και την επιθυμητή ποιότητα, αναλόγως της κατηγορίας χρήσης του. Ο ποιοτικός έλεγχος της εκροής στοχεύει στην προστασία της δημόσιας υγείας, στην διατήρηση των επιπέδων οξυγόνου, την αποφυγή του ευτροφισμού και την αποτροπή εισόδου τοξικών ενώσεων στο νερό και την τροφική αλυσίδα.

Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων ακολουθεί κάποια πρότυπα ποιότητας, τα οποία διαφέρουν από χώρα σε χώρα ή και από περιοχή σε περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχουν παντού οι ίδιες τεχνικές και οικονομικές δυνατότητες. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου το 75% του πληθυσμού ζει σε αγροτικές περιοχές, προτείνεται να εφαρμόζονται σχετικά απλές μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων (με δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης της εγκατάστασης, φιλικές στο περιβάλλον και συμβατές με τις ιδιαιτερότητες της τοπικής κοινωνίας) και όρια αποδοχής με κύριο γνώμονα την σχέση κόστους προς απόδοση. [Helmer R. & Hespahol I.: 58-59]

Μεταβλητή	Απορροή σε επιφανειακό νερό υψηλής ποιότητας	Απορροή σε επιφανειακό νερό χαμηλής ποιότητας	Απορροή σε νερό ευάλωτο σε ευτροφισμό	Απορροή σε καλλιέργειες και άρδευση
B.O.D. (mg/l)	20	50	10	100
T.S.S. (mg/l)	20	50	10	<50
Kjeldahl-N (mg/l)	10	-	5	-
Total N (mg/l)	-	-	10	-
Total P (mg/l)	1	-	0,1	-
Faecal coliform (number per 100ml)	-	-	-	<1000
Nematode eggs per Litre	-	-	-	<1
S.A.R.	-	-	-	<5
T.D.S. (salts) (mg/l)	-	-	-	<500

BOD = Biochemical oxygen demand, TSS = Total suspended solids, SAR = Sodium adsorption ratio, TDS = Total dissolved solids

Πίνακας 1.5: Τυπικά πρότυπα ποιότητας απορροής, αναλόγως της επιθυμητής χρήσης [Helmer R. & Hespahol I.: 59]

Στην Ελλάδα, με την έκδοση της Κοινής Υπουργικής Απόφασης (ΚΥΑ) 145116/2011, τίθενται όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους για τις διάφορες μεθόδους επαναχρησιμοποίησης, καθώς και ο αντίστοιχος βαθμός της κατ' ελάχιστον απαιτούμενης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών.

Σκοπός της ΚΥΑ είναι αφ' ενός μεν η προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και εξοικονόμηση υδατικών πόρων, αφ' ετέρου δε η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου μέσω της τροφοδότησης των υπογείων υδροφορέων. [Άρθρο 1]

Με την νέα ΚΥΑ καταργείται η μελέτη επεξεργασίας και διάθεσης των υγρών αποβλήτων που προβλεπόταν από την ΚΥΑ Ε1β/221/1965. Αντ' αυτής εισάγεται η μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής του προτεινόμενου συστήματος επαναχρησιμοποίησης, που θα κατατίθεται προς έγκριση και έκδοση αδείας επαναχρησιμοποίησης στην Διεύθυνση Υδάτων της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης. Η διάρκεια ισχύος της εν λόγω αδείας δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 8 έτη από την ημέρα έκδοσής της. [Άρθρο 9]

Θεσπίζεται ο τακτικός και έκτακτος έλεγχος εκ μέρους της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης, προκειμένου να διαπιστωθεί η τήρηση των όρων και των απαιτήσεων που προβλέπονται από την άδεια επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. [Άρθρο 13]

Προβλέπεται η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε τέσσερις τομείς:

- Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση [Άρθρο] 4
- Τροφοδότηση και εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων [Άρθρο 5]
- Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση [Άρθρο 6]
- Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση [Άρθρο 7]

Ειδικά την περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης για αρδευτικούς σκοπούς, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην επιλογή του τύπου των αρδευόμενων καλλιεργειών, και βάσει αυτού η άρδευση χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: την *περιορισμένη άρδευση*, η οποία αφορά καλλιέργειες με προϊόντα που δεν τρώγονται ωμά, και την *απεριόριστη άρδευση*, η οποία μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε τύπο καλλιέργειας αλλά και για άλλες χρήσεις όπως το πότισμα γηπέδων και πάρκων, μεταξύ άλλων.

Η ΚΥΑ εφαρμόζεται για την σκόπιμη, ελεγχόμενη και προγραμματισμένη επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων:

- υγρών οικιακών ή αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών λυμάτων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997, ασχέτως μεγέθους εγκατάστασης, και
- υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που προέρχονται από άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ασχέτως μεγέθους, που να είναι μη επικίνδυνα, ή να έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μετά από προβλεπόμενη επεξεργασία

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997 είναι οι εξής:

- Επεξεργασία του γάλακτος
- Παραγωγή οπωροκηπευτικών προϊόντων
- Παραγωγή και εμφιάλωση μη αλκοολούχων ποτών
- Μεταποίηση γεώμηλων
- Βιομηχανία κρέατος
- Ζυθοποιία
- Παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών
- Παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα
- Παραγωγή ζελατίνας και κόλλας από δέρματα και οστά ζώων
- Μονάδες παραγωγής βύνης
- Μεταποιητική βιομηχανία ιχθύων

Ακολουθούν πίνακες με τα προτεινόμενα όρια μικροβιολογικών και συμβατικών παραμέτρων, οι ελάχιστες απαιτούμενες μέθοδοι επεξεργασίας καθώς και μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεων μετάλλων.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia Coli (EC/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	Αιωρούμενα στερεά (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία
Περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση (νερό ψύξης μιας χρήσης), τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων που δεν εμπύττουν στο ΠΔ 51/2007	<200 διάμεση τιμή	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ5673/400/1997	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, απολύμανση
Απεριόριστη άρδευση, βιομηχανική χρήση (πλην νερού ψύξης μιας χρήσης)	<5 για το 80% των δειγμάτων <50 για το 95% των δειγμάτων	<10 για το 80% των δειγμάτων	<10 για το 80% των δειγμάτων	<2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση
Αστική χρήση, εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων, περιαστικό πράσινο	<2 για το 80% των δειγμάτων και <20 για το 95% των δειγμάτων	<10 για το 80% των δειγμάτων	<2 για το 80% των δειγμάτων	<2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από προχωρημένη επεξεργασία και απολύμανση

Πίνακας 1.6: Επιλεγμένα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους, καθώς και οι ελάχιστες απαιτούμενες μέθοδοι επεξεργασίας, για τα επαναχρησιμοποιούμενα υγρά απόβλητα [ΚΥΑ 145116/2011]

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Κάδμιο	0,01
Χρώμιο	0,1
Χαλκός	0,2
Σίδηρος	3,0
Μαγγάνιο	0,2
Νικέλιο	0,2
Μόλυβδος	0,1
Ψευδάργυρος	2,0

Πίνακας 1.7: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις επιλεγμένων μετάλλων [ΚΥΑ 145116/2011]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ***Βιβλία, Άρθρα, Παρουσιάσεις σε Συνέδρια και Διπλωματικές Εργασίες*****Ελληνόγλωσσα**

Ανδρεαδάκης Ανδρέας, σημειώσεις του μαθήματος του Δ.Π.Μ.Σ. Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων *Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων*

Ανδρεαδάκης Α., Πανταζίδου Μ., Σταθόπουλος Α., Χατζημίρος Κ., *Περιβαλλοντική Τεχνολογία*, Αθήνα 2003

Ζαχαρίας Μ., *Νέες Τεχνολογίες Επεξεργασίας Λυμάτων – Η Τεχνολογία M.B.R.*, Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας, Καρδίτσα, 14-15 Οκτ., 2005

Λιάκου Μαρία, *Παρακολούθηση μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και τεχνικές μείωσης ρυπαντικού φορτίου με την χρήση μεμβρανών*, Αθήνα 2011

Λοιζίδου Μαρία, *Υγρά Απόβλητα*, Αθήνα 2006

Μαμάης Δανιήλ, *Τύποι Υδατικών Οικοσυστημάτων*. Αθήνα. Ε.Μ.Π. Σημειώσεις του Μαθήματος "Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη" του Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", 2006

Μαμάης Δανιήλ, *Ρύπανση Υδατικών Οικοσυστημάτων*. Αθήνα. Ε.Μ.Π. Σημειώσεις του Μαθήματος "Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη" του Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", 2006

Μαρκαντωνάτος Γ., *Επεξεργασία και διάθεση Υγρών Αποβλήτων: Αστικά Λύματα, Βιομηχανικά Απόβλητα, Ζωικά Απορρίμματα*, Β' Έκδοση, Αθήνα 1990

Μήτρακας Μανασσής, *Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού*, 2^η Έκδοση, 2001

Μίσσα Βασιλική, *Μελέτη της επίδρασης λιπών και λιπαρών οξέων στη λειτουργία συστημάτων ενεργού ιλύος με απομάκρυνση θρεπτικών*, 2005

Μπούσουλας Άγγελος, *Μελέτη επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση ενεργειακών φυτών*, ΕΜΠ, Αθήνα 2008

Νταρακάς Ευθύμιος, σημειώσεις του μαθήματος *Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος*, Θεσσαλονίκη 2011

Πουλοπούλου Τρισεύγενη, *Διερεύνηση της επίδρασης εναλλακτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων με απομάκρυνση θρεπτικών στα χαρακτηριστικά καθιζησιμότητας και αφρισμού της ιλύος*, 2005

Τάτσης Λάζαρος, *Κοινοτική Νομοθεσία για την Προστασία και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων*, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη ΕΜΠ, 2008

Τσώνης Στυλιανός, *Καθαρισμός Νερού*, εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2003

Φάττα Δ., *Αρχές Δειγματοληψίας και Παράμετροι Ελέγχου Νερών*. Σημειώσεις του Μαθήματος "Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος" του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Κύπρου, 2004

Χαραλάμπους Αικατερίνη, *Υδατικό Περιβάλλον*, Αθήνα 2006

Tietenberg Thomas, *Οικονομική του Περιβάλλοντος - Τόμος Α' (Β' Έκδοση - Μετάφραση Π. Γρεβενίτης)* Αθήνα 2002, εκδόσεις Gutenberg

Ξενόγλωσσα

Helmer R. & Hespanhol I., *Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management Principles*, 1997

Νομοθεσία

Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/EK (Water Framework Directive 2000/60/EC)

Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμόν 145116, όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 354, 8 Μαρτίου 2011, Τεύχος δεύτερο

Διαδίκτυο

[1] *Evaluating the Health Impacts of the Gulf of Mexico Oil Spill:*

<http://www.fda.gov/NewsEvents/Testimony/ucm215494.htm>

[2] *Gulf of Mexico Oil Spill Update*

<http://www.fda.gov/Food/ucm210436.htm>

[3] *Τι είναι τα βακτήρια και οι ιοί;*

http://app.esac.ua.ac.be/public/index.php/el_gr/double-edged-ribbon/bugs

[4] *Πρωτόζωα*

<http://www.hellenica.de/Biologia/Protozoa.html>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΚΑΙ Η ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΟΙΝΟΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

2.1 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Το νομοθετικό πλέγμα της Ε.Ε. στον τομέα του περιβάλλοντος, και ειδικότερα στον κλάδο των υδατικών πόρων, έχει ως αφετηρία το έτος 1975, με την θέσπιση της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ *"Περί της Απαιτούμενης Ποιότητας των Υδάτων Επιφανείας που Προορίζονται για την Παραγωγή Πόσιμου Ύδατος"* στις 25 Ιουλίου του 1975. Ακολούθησαν κι άλλες οδηγίες, όπως η Οδηγία 75/440/ΕΟΚ *"περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα Κράτη μέλη"*, η Οδηγία 76/464/ΕΟΚ *"περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον"*, η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ *"Για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων"*, η Οδηγία 98/83/ΕΕ *"σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης"*.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ *"Για τη Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων"* αποτελεί μια σημαντική στιγμή στην ιστορία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς αποτελεί το πλαίσιο για την περαιτέρω συνεργασία των Κρατών-Μελών στον τομέα της προστασίας των υδάτων αλλά και ανάληψης ευθυνών και δράσεων από τις Ευρωπαϊκές Κυβερνήσεις για την διαφύλαξή τους.

Ακολούθησε η Οδηγία 2008/105/ΕΚ *"σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων"*.

Ιστορική Αναδρομή

Η σημαντικότερη χρήση των επιφανειακών υδάτων είναι η παραγωγή πόσιμου ύδατος. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) αναγνωρίζοντας την σημασία ενός κοινού καθορισμού των ελάχιστων ποιοτικών απαιτήσεων για την παραγωγή πόσιμου νερού στην επικράτεια της εξέδωσε την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ. Η οδηγία προσδιορίζει τις απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί η ποιότητα των γλυκών επιφανειακών υδάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας έγινε με την Υπουργική Απόφαση 46399/1352/86.

Η οδηγία ορίζει δύο τιμές για κάθε ποιοτική παράμετρο: την ενδεικτική τιμή ή τιμή οδηγό, και την επιτακτική. Η ενδεικτική τιμή θα πρέπει να τηρείται, ωστόσο η παραβίασή της δεν είναι καθοριστική όπως στην περίπτωση των επιτακτικών ορίων. Τα επιφανειακά ύδατα θεωρούνται ότι πληρούν τα κριτήρια ποιότητας αν το 95% των δειγμάτων του εξεταζόμενου υδάτινου σώματος ικανοποιούν όλες τις επιτακτικές παραμέτρους και το 90% των δειγμάτων τις υπόλοιπες συνιστώμενες παραμέτρους. Η απόκλιση από τα συνιστώμενα ή επιτακτικά όρια κατά 10% ή 5%

αντίστοιχα είναι αποδεκτή μόνο στην περίπτωση, που η υπέρβαση αυτή δεν δημιουργεί κινδύνους στην δημόσια υγεία και δεν ξεπερνά κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 50% τα συνιστώμενα ή επιτακτικά όρια.

Επέκταση της ανωτέρω Οδηγίας αποτελεί η Οδηγία 79/869/ΕΟΚ, που καθορίζει την απαιτούμενη συχνότητα δειγματοληψιών για την παρακολούθηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επιφανειακών υδάτων, καθώς και τις προτεινόμενες αναλυτικές μεθόδους προσδιορισμού.

Η πρώτη οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού είναι η 80/778/ΕΟΚ. Η Ελληνική Νομοθεσία εναρμονίστηκε με αυτήν την οδηγία βάσει της υπ' αριθμόν Α5/288 Υγειονομικής Διάταξης.

Η νεότερη οδηγία σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού, η 98/83/ΕΚ, κατήργησε την προγενέστερη 80/778/ΕΟΚ. Η Ελληνική Νομοθεσία εναρμονίστηκε με την νεότερη Οδηγία το 2001 βάσει της Κοινής Υπουργικής Απόφασης υπ' αριθμόν Υ2/2600/2001. Η οδηγία αυτή (όπως και η προηγούμενη) αφορά στο πόσιμο νερό, ανεξάρτητα από το αν έχει υποστεί επεξεργασία ή όχι καθώς και την προέλευση του (δίκτυο διανομής, βυτίο, φιάλες ή δοχεία), με εξαίρεση τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα φαρμακευτικά ιδιοκατασκευάσματα. Το νερό που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες τροφίμων κατά την παραγωγή προϊόντων εμπίπτει επίσης στις διατάξεις της οδηγίας. Επειδή η πρακτική των δύο παράλληλων ορίων (ενδεικτικών–επιτακτικών) της οδηγίας 75/440/ΕΟΚ κρίθηκε αμφιλεγόμενη, η νέα οδηγία περιορίζεται σε μία μόνο τιμή (παραμετρική).

Οι παράμετροι κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες (Παράρτημα Ι της Οδηγίας): μικροβιολογικές, χημικές και ενδεικτικές. Οι παραμετρικές τιμές των μικροβιολογικών και χημικών παραμέτρων έχουν επιτακτικό χαρακτήρα και δεν θα πρέπει να παραβιάζονται. Οι ενδεικτικές παράμετροι έχουν οι τιμές που καθορίζονται μόνο για λόγους παρακολούθησης, ενώ τα Κράτη-Μέλη εξετάζουν το κατά πόσον αυτή η μη τήρηση δημιουργεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

Τα περιθώρια για ευρεία ερμηνεία του όρου *παρέκκλιση* που παρέχονταν στο Άρθρο 9 της οδηγίας 80/778 και που αποτελούσε αιτία καταστρατήγησης της οδηγίας περιορίζονται στη νέα οδηγία. Το αντίστοιχο άρθρο ορίζει ότι οποιαδήποτε παρέκκλιση από τις παραμετρικές τιμές δεν θα ξεπερνά τα εννέα το πολύ έτη, ωστόσο ανά τριετία θα πρέπει να επανεξετάζεται η παρέκκλιση και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διευκρινίζονται η αιτία της παρέκκλισης, η συγκεκριμένη παράμετρος, η γεωγραφική περιοχή, η παροχή του νερού και ο θιγόμενος πληθυσμός, θα πρέπει να προσδιορίζεται κατάλληλο σύστημα παρακολούθησης, οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες (χρονοδιάγραμμα εργασιών, εκτίμηση κόστους) και τέλος η διάρκεια της παρέκκλισης. Στη νέα οδηγία απαγορεύεται (όπως και στην προηγούμενη) παρέκκλιση για τις μικροβιολογικές παραμέτρους,

παρέχεται όμως η δυνατότητα παρέκκλισης για τις τοξικές παραμέτρους (που απαγορευόταν από την προηγούμενη οδηγία 80/778/ΕΟΚ) η οποία σε κάθε περίπτωση ωστόσο θα πρέπει να αιτιολογηθεί με βάση τα αναφερόμενα προηγουμένως. [LIFE04/ENV/GR/000099: 32-39]

2.1.1 Η Κοινοτική Οδηγία 2000/60/ΕΚ "Για τη Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων"

Η Κοινοτική Οδηγία 2000/60 δημιουργεί ένα νομοθετικό πλέγμα για την προστασία όλων των κατηγοριών Υδάτινων Σωμάτων, ενώ συγχρόνως λειτουργεί ως ένα εργαλείο για τη μακροπρόθεσμη αειφόρο διαχείριση των υδάτων και των οικοσυστημάτων στη χωρική επικράτεια της Ευρώπης. Στο πλαίσιο της Οδηγίας, το νερό δεν αντιμετωπίζεται ως εμπορικό αγαθό, αλλά αντίθετα ως κληρονομιά της φύσης και για αυτό θα πρέπει να προστατεύεται επαρκώς και να τυγχάνει κατάλληλης μεταχείρισης.

Τα κριτήρια και οι στόχοι της Οδηγίας προωθούν μια νέα κουλτούρα στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου και αυτό διότι παρατηρείται στροφή από τις παραδοσιακές στρατηγικές ενίσχυσης της προσφοράς, σε στρατηγικές διαχείρισης της ζήτησης, δίνοντας προτεραιότητα στην εξοικονόμηση, στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και στην εισαγωγή νέων τεχνολογιών, καθώς και στις στρατηγικές προστασίας των υπόγειων υδάτων, μέσω ολοκληρωμένων προσεγγίσεων. Στην ίδια κατεύθυνση, η εν λόγω οδηγία δημιουργεί και εισάγει νέες αντιλήψεις στη αντιμετώπιση κινδύνων από τα ακραία καιρικά φαινόμενα (πλημμύρες, ξηρασία). [Τάτσης Λάζαρος]

Η επιτυχία της εφαρμογής της Οδηγίας θα εξαρτηθεί από την εναρμόνιση των ανθρωπογενών παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων που επιδρούν στον κύκλο του νερού στα χωρικά πλαίσια μιας Λεκάνης Απορροής, αλλά και από την λήψη των κατάλληλων μέτρων από τα Κράτη-Μέλη.

Οι βασικές αρχές του Κοινοτικού Δικαίου από τις οποίες διέπεται η Οδηγία είναι οι ακόλουθες:

- Η αρχή της αειφορίας, η οποία μάλιστα αποτελεί και την βασική αρχή της Οδηγίας. Προωθείται η βιώσιμη χρήση του νερού, με στόχο τη μακροπρόθεσμη προστασία των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Η εν λόγω αρχή ορίζει την διαχείριση των υδατικών πόρων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην εξαντλούνται οι ποσότητες νερού και να μην επηρεάζεται η ικανότητα ανανέωσης των υδάτινων αποδεκτών. [Άρθρο 1 της Οδηγίας]

- Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» [Άρθρο 9 της Οδηγίας]. Η αρχή αυτή σημαίνει ότι όποιος επιβαρύνει το περιβάλλον υποχρεώνεται, βάσει της κείμενης νομοθεσίας, να αναλάβει το κόστος για την αποκατάσταση της περιβαλλοντικής

επιβάρυνσης που προξένησε ή για τη μελλοντική αποφυγή της επιβάρυνσης ή ακόμη να καταβάλει χρηματικό πρόστιμο για την βλάβη, την οποία προξένησε. Οι δαπάνες για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος δε θα πρέπει να επιβαρύνουν αμέτοχους τρίτους.

- Η αρχή ο «χρήστης πληρώνει». Η αρχή αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι οι υδατικοί πόροι βρίσκονται σε ανεπαρκή ποσότητα, σε σχέση με τις ανάγκες. Κατά συνέπεια, η χρήση των υδάτων οφείλει να είναι λελογισμένη και απαιτείται να οργανωθεί ένα συλλογικό σύστημα πρόληψης ή επανόρθωσης της τυχόν υποβάθμισης του αγαθού αυτού.

- Η «αρχή της αναλογικότητας», βάσει της οποίας το σύνολο των εκπομπών των εγκαταστάσεων που δραστηριοποιούνται σε έναν συγκεκριμένο χώρο δεν θα πρέπει να επιβαρύνουν τον υδάτινο αποδέκτη περισσότερο από τα καθορισμένα όρια. Συνεπώς, προκειμένου να επιτραπεί η λειτουργία μιας νέας εγκατάστασης, είναι απαραίτητο να μειωθούν με αναλογικά οι επιβαρυντικές εκπομπές από τις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

- Η «αρχή της πρόληψης». Κύρια επιδίωξη της αρχής αυτής είναι η αποφυγή ή η πρόληψη δυσμενών για το περιβάλλον επιπτώσεων. [Άρθρο 1 της Οδηγίας]

2.1.2 Οι Στόχοι και τα Κύρια Σημεία της Οδηγίας

Βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η επίτευξη *καλής κατάστασης* για τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα. Στο άρθρο 2 η καλή κατάσταση ορίζεται ως εκείνη που είναι αποδεκτή από χημική και οικολογική άποψη, σύμφωνα με το Παράρτημα V της οδηγίας. Σύμφωνα με τους ορισμούς της Οδηγίας ως *κατάσταση επιφανειακών υδάτων* ορίζεται η συνολική έκφραση της κατάστασης ενός επιφανειακού υδατικού συστήματος, η οποία καθορίζεται από τις χαμηλότερες τιμές της οικολογικής και χημικής του κατάστασης. Ως *οικολογική κατάσταση* ορίζεται η ποιοτική έκφραση της διάρθρωσης και της λειτουργίας υδατίνων οικοσυστημάτων που συνδέονται με επιφανειακά ύδατα και η οποία ταξινομείται σύμφωνα με το Παράρτημα V της Οδηγίας. Ως *καλή χημική κατάσταση* ορίζεται η κατάσταση που έχει επιτύχει ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων όπου οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα περιβαλλοντικής ποιότητας όπως αυτά ορίζονται στο Παράρτημα ΙΧ της Οδηγίας καθώς και σε άλλα κοινοτικά νομοθετήματα που θεσπίζουν ποιοτικά περιβαλλοντικά πρότυπα σε κοινοτικό επίπεδο.

Η μέχρι πρότινος ακολουθούμενη διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας των υδατίνων σωμάτων ήταν στενά συνδεδεμένη με διάφορες Οδηγίες που αφορούν στην καταλληλότητα χρήσης των υδάτων για συγκεκριμένους σκοπούς

(π.χ. διαβίωση ιχθύων, λήψη ύδατος προς πόση, κολύμβηση κλπ) και στηρίζεται σε φυσικοχημικές παραμέτρους οι οποίες πρέπει να τηρούν τα επιτακτικά ή ενδεικτικά όρια. Η Οδηγία-Πλαίσιο εισάγει μια διαφορετική αντίληψη. Χωρίς να καταργούνται οι υφιστάμενες δεσμεύσεις από τις επιμέρους Οδηγίες, θεσπίζεται η αξιολόγηση και κατάταξη των υδατίνων σωμάτων χωρίς δεσμευτική αναφορά σε χρήσεις αλλά στο πλαίσιο της προστασίας των υδατίνων οικοσυστημάτων. Δηλαδή η κατάταξη των υδατίνων σωμάτων γίνεται με βάση τόσο την οικολογική κατάσταση όσο και την χημική κατάστασή τους.

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο η οικολογική κατάσταση ενός υδάτινου σώματος καθορίζεται από τα ποιοτικά στοιχεία τα οποία περιλαμβάνουν εκτός από τα αβιοτικά στοιχεία (υδρομορφολογικά και φυσικοχημικά) για πρώτη φορά και βιοτικά στοιχεία (φυτοπλαγκτόν, μακρόφυτα, βενθικά ασπόνδυλα, ιχθυοπανίδα), με πιο καθοριστικά τα τελευταία. Κάθε βιοτικό στοιχείο εκφράζεται με έναν αριθμό βιολογικών παραμέτρων που με τη σειρά τους μπορούν να εκφραστούν με έναν ή περισσότερους δείκτες, οι οποίοι ωστόσο δεν προσδιορίζονται στην Οδηγία. Η επιλογή των δεικτών θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να χαρακτηρίζουν τόσο την οικολογική κατάσταση ενός υδάτινου σώματος, όσο και τις μεταβολές της.

Τα φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης των υδατίνων σωμάτων χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Γενικά φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία (Παράρτημα V, Πίνακας 1.1 Οδηγίας). Δηλαδή Βιολογικά στοιχεία, Υδρομορφολογικά στοιχεία που υποστηρίζουν τα βιολογικά, χημικά και φυσικοχημικά στοιχεία που υποστηρίζουν τα βιολογικά, γενικά στοιχεία και συγκεκριμένοι ρύποι.
- Συγκεκριμένοι, μή προτεραιότητας ρύποι οι οποίοι αναγνωρίζονται από τα Κράτη-Μέλη ότι απορρίπτονται σε σημαντικές ποσότητες στο υδατικό σύστημα.
- Συγκεκριμένες ουσίες προτεραιότητας που απορρίπτονται στο υδατικό σύστημα και οι οποίες έχουν καθοριστεί με την Απόφαση υπ' αριθμόν 2455/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (Παράρτημα X της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ).

Η Οδηγία ορίζει ότι τα επιφανειακά υδάτινα σώματα πρέπει να αξιολογηθούν και να καταταγούν σε πέντε κατηγορίες ποιότητας (υψηλή, καλή, μέτρια, φτωχή, κακή). Η υψηλή ποιότητα αντιστοιχεί σε ένα πρακτικά αδιατάρακτο και ανεπηρέαστο από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες οικοσύστημα. Οι υπόλοιπες κατηγορίες αντιπροσωπεύουν μικρότερες ή μεγαλύτερες αποκλίσεις από την οριζόμενη υψηλή ποιότητα. Καθώς κύρια απαίτηση της Οδηγίας είναι η επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης στα υδάτινα σώματα, τα διαχειριστικά

προγράμματα αφορούν κυρίως εκείνα που χαρακτηρίζονται ως μέτρια, φτωχά ή κακά, με στόχο την βελτίωση της κατάστασής των. [LIFE04/ENV/GR/000099: 59-63]

Σκοπός της οδηγίας είναι να συμβάλλει:

- στην εξασφάλιση επαρκούς παροχής επιφανειακού και υπογείου νερού καλής ποιότητας που απαιτείται για τη βιώσιμη, ισόρροπη και δίκαιη χρήση του νερού
- σε σημαντική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων
- στην προστασία των χωρικών και θαλασσίων υδάτων
- στην επίτευξη των στόχων των σχετικών διεθνών συμφωνιών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αποσκοπούν στην πρόληψη και την εξάλειψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, με Κοινοτική δράση δυνάμει του άρθρου 16 παράγραφος 3 για τη παύση ή την σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών επικινδύνων ουσιών προτεραιότητας, με απώτατο στόχο να επιτευχθούν συγκεντρώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον οι οποίες, για τις μεν φυσικώς απαντώμενες ουσίες να πλησιάζουν το φυσικό βασικό επίπεδο, για τις δε τεχνητές συνθετικές ουσίες να είναι σχεδόν μηδενικές.

Οι κύριοι στόχοι συνοψίζονται στο Άρθρο 1 της Οδηγίας ως εξής:

- Η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης των υδάτων, καθώς και η προστασία και βελτίωση των υδατικών πόρων και των χερσαίων οικοσυστημάτων που τους περιέχουν ή τους περιβάλλουν.
- Η προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης του νερού, βάσει μιας μακροπρόθεσμης προστασίας των υδατικών αποθεμάτων.
- Η βελτίωση του υδατικού περιβάλλοντος, μέσω της εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων για τη σταδιακή μείωση της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών προτεραιότητας και την εξάλειψη της απόρριψης τοξικών ρυπαντικών ουσιών προτεραιότητας.
- Η διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και η αποφυγή της περαιτέρω ρύπανσής τους.
- Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων πλημμυρών και ξηρασίας.

Σύμφωνα με τους ανωτέρω στόχους είναι δυνατόν να συμπεράνουμε ότι ο κύριος άξονας δράσης της Οδηγίας είναι η αειφόρος διαχείριση, σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, σε συνδυασμό με την αποκατάσταση των ήδη

επιβαρυνμένων (από πλευράς ρύπανσης ή υδατικού ελλείμματος) υδατικών πόρων (Τάσης Λάζαρος).

Διαβάζοντας κανείς προσεκτικά το κείμενο της Οδηγίας, είναι δυνατόν να διακρίνει ορισμένα σημεία, τα οποία ουσιαστικά σφραγίζουν το χαρακτήρα της και στα οποία στηρίζεται η όλη φιλοσοφία της. Έτσι λοιπόν, ο βασικός δομικός ιστός της Οδηγίας αναλύεται ως ακολούθως:

- Το νερό είναι μη εμπορικό προϊόν, αποτελεί κληρονομιά της φύσης και πρέπει να προστατεύεται. Με άλλα λόγια, η Οδηγία διευκρινίζει ότι το νερό αποτελεί κοινωνικό αγαθό και για αυτό δεν πρέπει να θεωρείται ως αντικείμενο προς εκμετάλλευση. Η δυσκολία που έγκειται ωστόσο στην προκειμένη περίπτωση είναι ότι το νερό εδώ και πολλά χρόνια αντιμετωπίζεται στη διεθνή πολιτική σκηνή όχι μόνο ως εμπορικό αγαθό με απώτερο σκοπό την εξυπηρέτηση των οικονομικών συμφερόντων, αλλά και ως διαπραγματευτικό χαρτί στις διακρατικές σχέσεις (π.χ. φράγμα Νοτιοανατολικής Ανατολίας στην Τουρκία, βλέπε Εισαγωγή). Η στάση που προτείνεται από την Οδηγία θεωρείται δύσκολο να υιοθετηθεί στην πράξη.

- Ο βασικός στόχος δίνει έμφαση στην ποιοτική προσέγγιση των υδατικών πόρων, και λιγότερο σε ποσοτικά ζητήματα. Παρ' όλο που αρκετές Ευρωπαϊκές Κυβερνήσεις διαθέτουν ένα οργανωμένο σύστημα διάθεσης ποσοτικών δεδομένων, η Ελλάδα ωστόσο δεν διαθέτει καμία βάση δεδομένων για τα ποσοτικά στοιχεία των επιφανειακών της υδάτων, ενώ παράλληλα το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) δε διαθέτει επαρκή στοιχεία για τον προσδιορισμό των ορίων των υπόγειων υδάτων. Προβλέπεται ότι η Ελλάδα θα δυσκολευτεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της Οδηγίας.

- Γίνεται εκτίμηση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων και απαιτείται μακροπρόθεσμος σχεδιασμός έργων για την προστασία τους.

- Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων επιτελείται στο πλαίσιο της ενιαίας Λεκάνης Απορροής ενός ποταμού.

- Παράλληλα με την προστασία και τη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ε.Ε., η Οδηγία εισάγει επιπρόσθετα περαιτέρω τομείς της κοινοτικής πολιτικής, όπως η περιβαλλοντική πολιτική, η ενεργειακή πολιτική, η πολιτική των μεταφορών, η γεωργική πολιτική, καθώς και η πολιτική χωρικής ανάπτυξης.

- Απαιτείται η αναστροφή της ανοδικής τάσης συγκέντρωσης των ρύπων.

- Η κατάσταση της ποιότητας των υδάτων παρακολουθείται σε συγκρίσιμη βάση για όλα τα Κράτη-Μέλη της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

- Εξασφαλίζεται η συστηματική ενημέρωση και η συμμετοχή του κοινού στις αποφάσεις. [Άρθρο 14 της Οδηγίας] Ειδικότερα, τα Κράτη-Μέλη καλούνται να ενθαρρύνουν την ενεργό συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων φορέων κατά τη διάρκεια των επιμέρους σταδίων εφαρμογής της Οδηγίας και κατά τη διάρκεια σύνταξης των Διαχειριστικών Προγραμμάτων.

Πέραν αυτών, τα Κράτη-Μέλη οφείλουν να ενημερώνουν και να συμβουλεύονται το κοινό, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών, για τα ακόλουθα ζητήματα:

1. Το χρονοδιάγραμμα και το πρόγραμμα δράσεων για τη σύνταξη των Διαχειριστικών Σχεδίων, το αργότερο έως το 2006.
2. Την επισκόπηση των σημαντικών ζητημάτων διαχείρισης, το αργότερο έως το 2007.
3. Την πρώτη προσέγγιση των Διαχειριστικών Σχεδίων, το αργότερο έως το 2009.

Οι διατάξεις της Οδηγίας φαίνεται ότι εισάγουν την έννοια του συμμετοχικού σχεδιασμού, η οποία προωθείται ολοένα και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου από την Ε.Ε., ιδίως σε ζητήματα που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος και το χωρικό σχεδιασμό.

2.1.3 Ενέργειες των Κρατών-Μελών

2.1.3.1 Συντονισμός των Διοικητικών Ρυθμίσεων στις Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμών (Άρθρο 3)

Στην περίπτωση αυτή κάθε Κράτος-Μέλος είναι υποχρεωμένο να καθορίσει στην επικράτειά του τις λεκάνες απορροής ποταμών, ώστε να προσδιοριστούν με αυτόν τον τρόπο οι διοικητικές και διαχειριστικές ενότητες. Σημειώνεται ότι δύναται να συνδυαστούν μικρότερες ή μεγαλύτερες υδρολογικές λεκάνες. Επιπλέον, υπάρχει υποχρέωση συντονισμού των δράσεων στην περίπτωση ποταμών που διαρρέουν σε περισσότερα του ενός Κράτη-Μέλη, οπότε αναφερόμαστε πλέον σε διεθνή περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού. Πέραν αυτού, τα Κράτη-Μέλη είναι υποχρεωμένα να προσδιορίσουν με σαφήνεια την "αρμόδια αρχή", που μπορεί να είναι ένας υπάρχων εθνικός είτε και διεθνής οργανισμός, ο οποίος ουσιαστικά θα είναι αρμόδιος για την επίτευξη των σκοπών της Οδηγίας.

2.1.3.2 Κατάρτιση Διαχειριστικών Σχεδίων Υδρολογικής Λεκάνης

Τα Κράτη-Μέλη είναι υποχρεωμένα μέχρι το τέλος του 2009 να δημοσιεύσουν τα σχέδια διαχείρισης για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού. Διευκρινίζεται ότι τα εν λόγω σχέδια λειτουργούν ως μοντέλα για την πλήρη

προστασία και ανάπτυξη κάθε λεκάνης απορροής ποταμού, συμπεριλαμβανομένων όλων των ανθρώπινων και περιβαλλοντικών παραγόντων, οι οποίοι δρουν συνδυαστικά, και λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις αντίστοιχες οικονομικές αναλύσεις. Σύμφωνα με τις αρχές των εν λόγω σχεδίων, θα διαχειρίζεται όλο το υδατικό σύστημα κάθε λεκάνης, θα προστατεύεται, θα ανατάσσεται και θα υλοποιούνται όλες οι ρυθμιστικές ενέργειες για τη βιώσιμη χρήση του. Επιπλέον, προβλέπονται συστήματα συνεχούς ελέγχου και παρακολούθησης. Έμφαση θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι τα Κράτη-Μέλη είναι υποχρεωμένα στην κοινή ανάπτυξη διαχειριστικών μοντέλων σε διεθνείς λεκάνες, μεταξύ των Κρατών-Μελών της Ε.Ε., αλλά και μεταξύ τρίτων κρατών.

2.1.3.3 Περιβαλλοντικοί Στόχοι (Άρθρο 4)

Για την εφαρμογή των διαχειριστικών σχεδίων και την επίτευξη των στόχων, τα Κράτη-Μέλη είναι υποχρεωμένα να εξασφαλίζουν τα εξής:

- Για τα επιφανειακά ύδατα να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό οικολογικό δυναμικό και η καλύτερη δυνατή χημική κατάσταση, και
- Για τα υπόγεια ύδατα να επιτυγχάνεται η καλή τους κατάσταση, με όσο το δυνατό λιγότερες μεταβολές. Σημειώνεται ότι οι περιβαλλοντικοί στόχοι αναθεωρούνται ανά έξι έτη.

2.1.3.4 Χαρακτηριστικά της Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού, Επισκόπηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των Ανθρώπινων Δραστηριοτήτων και Οικονομική Ανάλυση της Χρήσης Ύδατος [Άρθρο 5]

Ειδικότερα, το κάθε Κράτος-Μέλος οφείλει να εξασφαλίζει για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού τα κάτωθι:

- Την ανάλυση των ποιοτικών, ποσοτικών και οικονομικών χαρακτηριστικών της.
- Την επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων.
- Την οικονομική ανάλυση της χρήσεως του ύδατος. Σημειώνεται ότι τα παραπάνω χαρακτηριστικά δύναται να τα αναθεωρήσει το κάθε κράτος-μέλος μέχρι το έτος 2013 και εν συνεχεία ανά έξι έτη.

2.1.3.5 Μητρώο Προστατευόμενων Περιοχών [Άρθρο 6]

Συγκεκριμένα, θα πρέπει να γίνει ο καθορισμός των χρήσεων των νερών ανά λεκάνη ποταμού και κατά συνέπεια ένα μητρώο που θα περιέχει για κάθε περιοχή

την αναγκαιότητα προστασίας της, δίδοντας ωστόσο προτεραιότητα ανάλογα με τις κατηγορίες χρήσεων του νερού.

2.1.3.6 Υδατα που Χρησιμοποιούνται για Άντληση Πόσιμου Νερού [Άρθρο 7]

Συγκεκριμένα γίνεται διαχωρισμός των εξής κατηγοριών υδάτων:

- Εκείνα που χρησιμοποιούνται για ύδρευση. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα ύδατα που υδρεύουν περισσότερα από πενήντα άτομα ή έχουν παροχή μεγαλύτερη των 10m^3 /ημέρα και για τα οποία παράλληλα εφαρμόζεται η οδηγία 80/778/ΕΟΚ, όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 98/83/ΕΚ "σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης".

- Εκείνα που προορίζονται για μελλοντική υδρευτική χρήση. Στην κατηγορία αυτή δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στις μεθόδους προστασίας τους, προκειμένου έτσι να μπορέσουν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν για ύδρευση χωρίς ιδιαίτερο κόστος.

Σημειώνεται ότι προβλέπεται παρακολούθηση των ποιοτικών στοιχείων όλων των κατηγοριών υδάτων με παροχή μεγαλύτερη των 100m^3 /ημέρα, είτε αυτά είναι επιφανειακά ή υπόγεια.

2.1.3.7 Παρακολούθηση της Κατάστασης των Επιφανειακών και Υπογείων Υδάτων και των Προστατευομένων Περιοχών [Άρθρο 8]

Επιτυγχάνεται με προγράμματα παρακολούθησης, τα οποία έχουν ως στόχο να καλύψουν τον έλεγχο του όγκου, της στάθμης, της ροής, της οικολογικής και χημικής κατάστασης, καθώς και το οικολογικό δυναμικό των επιφανειακών υδάτων. Αντίστοιχα, για τα υπόγεια ύδατα καλύπτεται η χημική και ποσοτική τους κατάσταση.

2.1.3.8 Πρόγραμμα Μέτρων [Άρθρο 11]

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της Οδηγίας, κάθε Κράτος-Μέλος θεσπίζει πρόγραμμα μέτρων. Επισημαίνεται ότι το κάθε πρόγραμμα περιλαμβάνει βασικά και συμπληρωματικά μέτρα. Αναλυτικότερα, στα βασικά μέτρα συνίστανται τα εξής:

- Η εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας για την προστασία των υδάτων.
- Η ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος.
- Η αποτελεσματική και μακροπρόθεσμη χρήση του ύδατος.
- Ο έλεγχος των πόσιμων υδάτων.

- Ο έλεγχος και η τήρηση του μητρώου άντλησης γλυκών υδάτων.
- Ο έλεγχος της ανατροφοδότησης των υπογείων υδάτων.
- Ο έλεγχος των σημειακών πηγών απόρριψης.
- Ο έλεγχος των διάχυτων πηγών απόρριψης.
- Ο έλεγχος της κατάστασης των υπόγειων υδάτων.
- Η απαγόρευση των απορρίψεων ρύπων απευθείας σε υπόγεια ύδατα.

Επιπλέον, απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις η εξάλειψη της ρύπανσης των Υδάτων, η οποία επιτυγχάνεται με περαιτέρω μέτρα πρόληψης για την αποφυγή της σημαντικής διαρροής ρύπων από τεχνικές εγκαταστάσεις.

Τα συμπληρωματικά μέτρα αντίστοιχα συνίστανται σε περαιτέρω μέτρα για την επίτευξη των στόχων, όπως διοικητικά, νομοθετικά, διαχειριστικά, κατασκευαστικά και ενημερωτικά. Διευκρινίζεται ότι τα προγράμματα μέτρων καταρτίζονται το αργότερο μέχρι το τέλος του 2009 και εφαρμόζονται το αργότερο μέχρι το τέλος του 2012. Είναι δυνατόν να αναθεωρηθούν μέχρι το 2015, ενώ συγχρόνως τα Κράτη-Μέλη έχουν υποχρέωση να τα αναθεωρούν και να λαμβάνουν επιπρόσθετα μέτρα όταν δεν επιτυγχάνονται οι βασικοί στόχοι.

2.1.3.9 Πληροφόρηση του Κοινού και Διενέργεια Διαβουλεύσεων [Άρθρο 14]

Εξασφαλίζεται η κατάρτισή τους από τα Κράτη-Μέλη, το αργότερο μέχρι το τέλος του 2009 και η αναθεώρησή τους μέχρι το τέλος του 2015.

2.1.3.10 Υποβολή Εκθέσεων [Άρθρο 15]

Πραγματοποιείται από τα Κράτη-Μέλη για να εξασφαλιστεί, εκτός της ενημέρωσης του κοινού, και η συμμετοχή του στην εκπόνηση των διαχειριστικών σχεδίων λεκάνης απορροής ποταμού.

2.1.3.11 Στρατηγικές Κατά της Ρύπανσης των Υδάτων [Άρθρο 16]

Θεσπίζονται από τα Κράτη-Μέλη της Επιτροπής και δύνανται να ενδιαφέρουν και κράτη, τα οποία δεν ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

2.1.3.12 Στρατηγικές για την Πρόληψη και τον Έλεγχο της Ρύπανσης των Υπόγειων Υδάτων [Άρθρο 17]

Θεσπίζονται από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, ύστερα από πρόταση της Επιτροπής. Με αυτόν τον τρόπο καθορίζεται κατάλογος ουσιών προτεραιότητας, με βασικό άξονα τον κίνδυνο για το υδατικό περιβάλλον.

2.1.3.13 Σχέδια για Μελλοντικά Κοινοτικά Μέτρα [Άρθρο 19]

Η Επιτροπή δημοσιεύει Έκθεση για την πορεία υλοποίησης της Οδηγίας, το αργότερο μέχρι το τέλος του 2012, ενώ προηγουμένως προβλέπεται η δημοσίευση εκθέσεων για τα χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών και την παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων.

Συμπεραίνεται ότι η θεματολογία της Οδηγίας περιλαμβάνει τέσσερα αυτοτελή μέρη, τα οποία αλληλεξαρτώνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, και είναι τα εξής:

- Το στάδιο της επεξεργασίας των υδάτων,
- Το στάδιο της αξιοποίησης των υδάτων,
- Το στάδιο της επισκόπησης των υδάτων, και
- Το στάδιο της διακυβέρνησης των υδάτων.

2.1.4 Η Διαδικασία Υλοποίησης της Οδηγίας

Ο προγραμματισμός που θέτει η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για την επίτευξη του βασικού της στόχου περιλαμβάνει την υιοθέτηση εννέα βασικών βημάτων από όλα τα Κράτη-Μέλη. Τα βήματα αυτά είναι τα εξής:

1. Γίνεται η διάκριση των υδατικών διαμερισμάτων.
2. Πραγματοποιείται η διάκριση των Λεκανών Απορροής.
3. Γίνεται η διάκριση των Υδάτινων Σωμάτων(Υ.Σ.).
4. Καθορίζεται η τυπολογία των Υδάτινων Σωμάτων.
5. Προσδιορίζονται οι Συνθήκες Αναφοράς(Σ.Α.) για τον κάθε τύπο Υδάτινου Σώματος.
6. Καταγράφονται οι πιέσεις και γίνεται μια αρχική εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
7. Αξιολογείται η κατάσταση του Υδάτινου Σώματος.
8. Συντάσσονται οι διαχειριστικοί στόχοι για το κάθε Υδάτινο Σώμα.
9. Τέλος, αξιολογείται η δυνατότητα υλοποίησης των επιμέρους στόχων της Οδηγίας για κάθε ένα από τα Υδάτινα Σώματα και πραγματοποιείται μια διαρκής ανάδραση της όλης διαδικασίας. [Τάτσης Λάζαρος]

2.1.5 Το Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης της Οδηγίας

Το χρονικό περιθώριο για την εφαρμογή της Οδηγίας είναι εξαιρετικά δεσμευτικό και απαιτητικό, και σε κάθε περίπτωση απαιτεί συντονισμένη προσπάθεια από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς των Κρατών-Μελών, καθώς και υλοποίηση παράλληλων δράσεων. Διευκρινίζεται ότι τα πρώτα εννέα έτη από την δημοσίευση της Οδηγίας αναμένεται να έχουν προπαρασκευαστικό χαρακτήρα, προκειμένου έτσι να δημιουργήσει το κάθε Κράτος-Μέλος τις απαραίτητες υποδομές και έργα αξιοποίησης. Αναλυτικότερα, τα χρονικά όρια ορίζονται ως ακολούθως:

Έτος 2002:

- Υποβάλλεται από την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων πρόταση θέσπισης μέτρων με στόχο τον περιορισμό της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.
- Διαβιβάζεται προς την Επιτροπή ο κατάλογος με τις αρμόδιες αρχές των Κρατών-Μελών για κάθε υδατική περιφέρεια.

Έτος 2003:

- Ολοκληρώνεται η διαδικασία εναρμόνισης της εθνικής νομοθεσίας των Κρατών-Μελών με την Οδηγία. [Άρθρο 23]

Έτος 2004:

- Ολοκληρώνεται η ανάλυση των πιέσεων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα Υδάτινα Σώματα, καθώς και η οικονομική ανάλυση των χρήσεων του Ύδατος. [Άρθρο 5]
- Ολοκληρώνεται ο κατάλογος με τα Μητρώα Προστατευόμενων Περιοχών.
- Επανεξετάζεται από την Επιτροπή ο κατάλογος με τις ουσίες προτεραιότητας.

Έτος 2006:

- Ολοκληρώνονται τα προγράμματα παρακολούθησης της Ποιοτικής και Ποσοτικής Κατάστασης των Υδάτων. [Άρθρο 8]
- Πραγματοποιούνται με το κοινό οι διαβουλεύσεις για τα Διαχειριστικά Σχέδια σε κάθε υδατική περιφέρεια. [Άρθρο 14]

Έτος 2007:

- Καταργούνται οι Οδηγίες 75/440/ΕΟΚ, 79/869/ΕΟΚ και η Απόφαση 77/795/ΕΟΚ, η οποία αφορά την ανταλλαγή πληροφοριών για τα επιφανειακά ύδατα. [Άρθρο 22]

Έτος 2009:

- Προσδιορίζονται από τα Κράτη-Μέλη τα μέτρα που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας με οικονομικά βιώσιμο τρόπο, αφού προηγουμένως έχουν ληφθεί υπόψη τα προγράμματα παρακολούθησης και οι αναλύσεις των χαρακτηριστικών των υδατικών περιφερειών και οι επιπτώσεις από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις και δραστηριότητες. [Άρθρο 11]

- Δημοσιεύονται τα Προγράμματα Διαχείρισης για την κάθε υδατική περιφέρεια στα οποία περιλαμβάνεται επιπρόσθετα ο χαρακτηρισμός των ιδιαίτερως τροποποιημένων Υδατικών Σωμάτων. [Άρθρο 13]

Έτος 2010:

- Εφαρμόζεται τιμολογιακή πολιτική για τις διάφορες χρήσεις των υδάτων με απώτερο στόχο την βιωσιμότητα των υδατικών πόρων. [Άρθρο 9]

Έτος 2012:

- Τίθενται σε λειτουργία τα Προγράμματα Μέτρων. [Άρθρο 11]
- Καθιερώνονται έλεγχοι ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων με βάση τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές και τις βέλτιστες περιβαλλοντικές πρακτικές.
- Υποβάλλεται από την επιτροπή προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έκθεση σχετικά με την πρόοδο υλοποίησης της Οδηγίας.

Έτος 2013:

- Καταργούνται οι παλαιότερες Οδηγίες: 78/659/ΕΟΚ, 79/923/ΕΟΚ, 80/68/ΕΟΚ και 76/464/ΕΟΚ. [Άρθρο 22]

Έτος 2015:

- Πλήρης εφαρμογή των προγραμμάτων διαχείρισης και της επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας. [Άρθρο 4]

2.2 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΔΙΑΚΗΡΥΞΗ ΓΙΑ ΜΙΑ ΝΕΑ ΚΟΥΛΤΟΥΡΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ

Η Ευρωπαϊκή Διακήρυξη για μια Νέα Κουλτούρα για το Νερό δεν αποτελεί νόμο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πρόκειται για πρωτοβουλία Ευρωπαίων επιστημόνων, που συνεδρίασαν στην Μαδρίτη το 2005 και δημοσίευσαν την θέση τους σχετικά με την ποιοτική κατάσταση των Υδάτων σε παγκόσμιο επίπεδο, το πρόβλημα της λειψυδρίας σε μεγάλο μέρος του πλανήτη και τις προκλήσεις του μεσοπρόθεσμου μέλλοντος για την αποτελεσματική διαχείριση του νερού.

Στην διακήρυξη αυτή αναγνωρίζεται ότι είναι αδύνατη η βιώσιμη και συστηματική διαχείριση των υδατικών πόρων χωρίς την κατάλληλη διακυβέρνηση, δηλαδή το πρόβλημα είναι κυρίως πολιτικό, και απαιτείται η συνεργασία των κατά τόπους Αρχών, του ιδιωτικού τομέα, των διαφόρων περιβαλλοντικών οργανώσεων αλλά και των απλών πολιτών.

Η Νέα Κουλτούρα βασίζεται στην «οικουμενική αρχή του σεβασμού προς την Ζωή», όπου οι υδατικοί αποδέκτες θεωρούνται ως «Κληρονομιά της Βιόσφαιρας» και πρέπει να προστατεύονται από τις Κοινότητες και Δημόσια Ινστιτούτα, ώστε να επιτευχθεί μια δίκαιη και βιώσιμη διαχείριση.

Η Διακήρυξη αυτή έχει σκοπό να προωθήσει τον διάλογο στην Ευρωπαϊκή Επιστημονική Κοινότητα, τις Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις και Διεθνή Ινστιτούτα, και απευθύνεται στις Ευρωπαϊκές Κυβερνήσεις αλλά και στα Διεθνή Ινστιτούτα και τις κυβερνήσεις όλου του κόσμου, προκειμένου να αναλάβουν τις ευθύνες τους για τις αναγκαίες δράσεις που θα επιτρέψουν την βιώσιμη διαχείριση των παγκόσμιων Υδατικών πόρων.

Στην διακήρυξη, σημειώνεται ότι πολλές φιλελεύθερες κυβερνήσεις του 19^{ου} αιώνα επέτρεψαν το ξεπούλημα της φυσικής κληρονομιάς, με την ιδιωτικοποίηση των εδαφών, των δασών και των φυσικών πόρων (συμπεριλαμβανομένου του νερού), για χάρη της Βιομηχανίας. Παρ' όλα αυτά, τα έργα άρδευσης που απαιτούντο και το τεράστιο κόστος συχνά οδηγούσε τους ιδιώτες σε χρεοκοπία, με αποτέλεσμα οι Κυβερνήσεις να αναλαμβάνουν την διαχείριση των έργων, για λόγους δημοσίου συμφέροντος (π.χ. κατασκευή υδροηλεκτρικών φραγμάτων). Αυτή η αντίληψη του δημοσίου συμφέροντος για την διαχείριση των υδατικών πόρων από το Κράτος συνεχίστηκε στον 20ό αιώνα, κατά την διάρκεια του οποίου με χρηματοδότηση της Παγκόσμιας Τράπεζας κατασκευάστηκαν πάνω από 45.000 φράγματα παγκοσμίως.

Σημειώνεται ότι στις τελευταίες δεκαετίες εμφανίστηκαν προβλήματα που επηρέασαν τα υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης των υδατικών πόρων:

- Η οικολογική κρίση των υδάτινων οικοσυστημάτων
- Η μη βιώσιμη εκμετάλλευση πολλών υδάτινων αποδεκτών
- Επιδείνωση της ποιότητας των υδάτων
- Προβλήματα οικονομικής φύσεως
- Προβλήματα διακυβέρνησης (αδιαφάνεια και επιρροή πολιτών)
- Οι κλιματικές αλλαγές

Η Διακήρυξη προτείνει την αλλαγή της οπτικής μας για το νερό, όχι σαν κανάλια νερού ή αποθήκες νερού (όπως τα δάση δεν πρέπει να θεωρούνται αποθήκες ξυλείας), αλλά σαν οικουμενική κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται συλλογικά.

Ένα βήμα προς την σωστή κατεύθυνση είναι η θεωρία της κλιματικής ποικιλότητας, όπου γίνεται η παραδοχή ότι το νερό δεν είναι παντού άμεσα διαθέσιμο στον ίδιο βαθμό, και πρέπει να σχεδιαστεί η βιώσιμη και ισορροπημένη διαχείριση των υδάτων ανάλογα με τις κλιματικές ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής. Στο πλαίσιο αυτό, πρέπει να υπάρχει πρόγραμμα διαχείρισης της ζήτησης, ανάλογα με τις δυνατότητες της περιοχής.

Η Διακήρυξη κρίνει ανεπαρκή την κατηγοριοποίηση του νερού ως μπλε και πράσινου όπως ορίζει η Παγκόσμια Επιτροπή Υδάτων (World Water Council) και προτείνει την θεσμοποίηση των προτεραιοτήτων για τα Ύδατα ως εξής:

- Νερό για την Ζωή, όπου το νερό θεωρείται απαραίτητο για την επιβίωση κάθε μορφής ζωής, και αποτελεί ανθρωπινό δικαίωμα.
- Νερό για το Δημόσιο Συμφέρον, όπου το νερό συμβάλλει στην διατήρηση της δημόσιας υγείας, και πρέπει να διαχειρίζεται με τρόπο υπεύθυνο και κοινωνικά δίκαιο, ανάλογα με τα δικαιώματα των πολιτών και το γενικότερο δημόσιο συμφέρον.
- Νερό για την Οικονομική Ανάπτυξη, όπου το νερό συμβάλλει στην βιομηχανική παραγωγή, και πρέπει να συνδέεται με το δικαίωμα όλων στην βελτίωση της ποιότητας ζωής τους και να διαχειρίζεται κατά τρόπο οικονομικά ορθολογικό.

Η Διακήρυξη αναφέρει ότι οι υποστηρικτές των φιλελεύθερων πολιτικών έχουν διαπιστώσει πολλάκις την ανεπάρκεια των Κυβερνήσεων και των Δημοσίων

Αρχών στην ορθή διαχείριση των έργων, ενώ ο ιδιωτικός τομέας έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά του. Ο αντίλογος, όμως, των αρνητών του φιλελευθερισμού είναι ότι υπάρχουν πολλά έργα ανά τον κόσμο με δημόσια διαχείριση που λειτουργούν αποτελεσματικά, ενώ ιδιωτικές επενδύσεις απέτυχαν, και πολλές φορές ιδιωτικές επενδύσεις επέφεραν την εγκαθίδρυση μονοπωλίων για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με ό,τι συνεπάγεται αυτό το φαινόμενο.

Η Διακήρυξη θεωρεί την Κοινοτική Οδηγία 2000/60/ΕΚ ως ένα επιπλέον βήμα προς την σωστή κατεύθυνση, όμως επισημαίνει τις ελλείψεις της Οδηγίας:

- Πρέπει να επιβληθεί αυστηρά η αρχή της μη υποβάθμισης.
- Η ποιότητα των βαρέως επιβαρυσμένων υδάτων πρέπει να είναι «σε καλή περιβαλλοντική κατάσταση», όχι απλώς «καλή».
- Η Οδηγία εισάγει επιστημονικές μεθόδους για την διαπίστωση της κατάστασης των Υδάτων, θεωρώντας δεδομένη την μη δεσμευτική συνεργασία των Ευρωπαϊκών Κυβερνήσεων, οι οποίες πιθανόν αποκρύπτουν καταστάσεις διαφθοράς ή/και κακοδιαχείρισης των υδατικών πόρων.
- Η έλλειψη ακρίβειας στον τρόπο που οι κυβερνήσεις θα πραγματοποιούν την ανάκτηση κόστους ίσως οδηγήσει σε μια κατάσταση όπου Κοινοτικοί πόροι δαπανώνται σε προγράμματα που δεν σέβονται την αρχή της ανάκτησης κόστους.

2.3 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ Η ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΟ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ

2.3.1 Ο Νόμος 3199/2003

Σύμφωνα με το Άρθρο 1, οι διατάξεις του Νόμου 3199/2003 και οι κανονιστικές του πράξεις εναρμονίζουν την εθνική μας νομοθεσία με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Ο νόμος 3199/2003 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας αποτελείται από 17 άρθρα και θεωρητικά έχει ως στόχο να εισάγει στη χώρα μας το πνεύμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης και προστασίας των υδάτων, βάσει των επιταγών της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα.

Σημειώνεται ότι ο Νόμος 3199/2003 αντικατέστησε τον προηγούμενο νόμο της χώρας μας για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, τον Νόμο 1739/87, και έτσι η διαχείριση των υδατικών πόρων περνάει από το Υπουργείο Ανάπτυξης στο Υ.ΠΕ.Κ.Α. (πρώην Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.), επαναλαμβάνεται η υποχρεωτική έκδοση άδειας για κάθε έργο αξιοποίησης υδατικών πόρων, ενώ παράλληλα προβλέπεται η ουσιαστική συμμετοχή του κοινού στις διαδικασίες προστασίας και διαχείρισης των υδάτων, ιδίως στη διαδικασία εκπόνησης, ενημέρωσης και αναθεώρησης των Διαχειριστικών Σχεδίων. Όσον αφορά τα υπόλοιπα, ο νέος νόμος παραπέμπει στην έκδοση εκτελεστικών πράξεων, προκειμένου έτσι να μεταφερθούν όλες οι απαιτήσεις τις

Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Στον εν λόγω νόμο ορίζονται ως Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού τα δεκατέσσερα υδατικά διαμερίσματα της χώρας μας, των οποίων η διάκριση είχε υλοποιηθεί στα πλαίσια του Νόμου 1739/87.

Οι κυριότεροι στόχοι του Νόμου 3199/2003 συνοψίζονται στους εξής:

- Να αποτελέσει ένα σύγχρονο και αποτελεσματικό νομοθετικό πλαίσιο στον τομέα διαχείρισης και προστασίας των υδάτων.
- Να αναπτύξει έναν μακροπρόθεσμο σχεδιασμό στη διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας.
- Να αποκεντρωθούν οι αρμοδιότητες από τη βασική υπηρεσία που είναι αρμόδια για τη χάραξη πολιτικής στον τομέα των υδατικών πόρων και να ενισχύσει τις περιφερειακές δομές.
- Να επιτευχθεί ο βασικός στόχος της Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στα πλαίσια των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του ελληνικού χώρου.

Οι βασικές αρχές του εν λόγω νόμου είναι:

- Να επιτευχθεί η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας.
- Η ανάκτηση του κόστους για τις παρεχόμενες υπηρεσίες υδάτων, καθώς και του περιβαλλοντικού και του κοινωνικού κόστους, θα πρέπει να γίνεται στα πλαίσια της αρχής "ο ρυπαίνων πληρώνει", αφού πρώτα όμως συνεκτιμηθούν τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα της ανάκτησης, καθώς και οι κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής.
- Να συμμετάσχουν στη διαδικασία διαχείρισης και προστασίας του νερού όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη και φορείς.
- Να εντάσσονται και να συμμετέχουν στη λήψη των αποφάσεων όλοι οι φορείς της τοπικής κοινωνίας και όλοι οι χρήστες του νερού.

Στοιχεία του νόμου διαφοροποιούνται από τις βασικές διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Το Άρθρο 5 αναφέρει: «Οι αρμοδιότητες προστασίας και διαχείρισης κάθε λεκάνης απορροής ανήκουν στην Περιφέρεια και στα διοικητικά όρια της οποίας εκτείνεται. Στην περίπτωση που η λεκάνη απορροής εκτείνεται στα διοικητικά όρια περισσότερων περιφερειών, τότε οι αρμοδιότητες ασκούνται από κοινού.»

Οι διατάξεις του νέου νόμου προβλέπουν την ίδρυση και λειτουργία των ακόλουθων υπηρεσιών:

1. Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, η οποία θα αποτελέσει και την βασική υπηρεσία για τη χάραξη της πολιτικής στην προστασία και διαχείριση των υδάτων. Παράλληλα, είναι υπεύθυνη για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της εφαρμογής των διατάξεων του νόμου, ενώ μετά την εισήγηση του Υπουργού ΠΕ.Κ.Α. και του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων εγκρίνει τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας μας.

2. Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων με πρόεδρο τον Υπουργό ΠΕ.Κ.Α. Σημειώνεται ότι στο εν λόγω Συμβούλιο συμμετέχουν επιπρόσθετα και άλλοι οργανισμοί, όπως το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (Ε.Κ.Β.Υ.), το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Κ.Π.Α.Α.) και το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ε.Ε.).

3. Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, η οποία εδράζεται στο Υ.ΠΕ.Κ.Α. και αποτελεί ενιαίο διοικητικό τομέα, ενώ εντός αυτής συνίσταται η γνωμοδοτική επιτροπή υδάτων.

4. Η Διεύθυνση Υδάτων, η οποία συνίσταται σε κάθε περιφέρεια και διαμέσου της οποίας ασκούνται οι αρμοδιότητες της περιφέρειας για την προστασία και την διαχείριση των υδάτων εντός των ορίων της.

Σημειώνεται ότι σε κάθε Περιφέρεια συνίσταται επιπρόσθετα το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων, το οποίο αποτελεί όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων.

Αναλυτικότερα, οι αρμοδιότητες ενός Περιφερειακού Συμβουλίου Υδάτων είναι οι εξής:

- Προβλέπει Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμού.
- Προβλέπει την κατάρτιση προγραμμάτων μέτρων και παρακολούθησης των υδάτων.
- Προβλέπει την κατάρτιση ειδικών μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων.
- Θέτει κανόνες για την κάθε κατηγορία χρήσεων των υδάτων, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στα Διαχειριστικά Σχέδια.
- Επιβάλλει την αδειοδότηση για τη χρήση του νερού και την εκτέλεση των έργων αξιοποίησής του.

- Καθορίζει τις διαδικασίες ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος για τις διάφορες χρήσεις.
- Προβλέπει την έκδοση σχετικού Προεδρικού Διατάγματος, το οποίο θα ρυθμίζει όλα όσα προβλέπονται στις διατάξεις του εν λόγω νόμου, καθώς και κάθε άλλο θέμα, σχετικό με την προστασία των υδατικών πόρων και την ενσωμάτωση των διατάξεων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.
- Καταργεί όλες τις προηγούμενες διατάξεις σε θέματα που ρυθμίζονται από τον Ν.3199/2003, καθώς και κάθε άλλη τροποποίηση η οποία αντιτίθεται στις διατάξεις του.

Η διοικητική δομή που ορίζει ο Νόμος 3199/2003 έχει ως εξής:

- Το πρόγραμμα μέτρων και το πρόγραμμα παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων αποτελούν υποχρεωτικά μέρη του Διαχειριστικού Σχεδίου της οικείας περιφέρειας.
- Κάθε Περιφέρεια καταρτίζει πρόγραμμα ειδικών μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων από μεμονωμένους ρύπους ή ομάδες ρύπων που αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για το υδάτινο περιβάλλον.
- Η σύνταξη εθνικών προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού της χώρας αποτελεί αρμοδιότητα της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων. Η ίδια Υπηρεσία άλλωστε επεξεργάζεται και τους γενικούς κανόνες τιμολόγησης και κοστολόγησης των υδάτων και παρακολουθεί σε τακτά χρονικά διαστήματα την τήρησή τους.
- Το Σχέδιο Διαχείρισης εκπονείται από κάθε περιφέρεια για τις λεκάνες απορροής της αρμοδιότητάς της και καταρτίζεται από την Περιφερειακή Διεύθυνση Υδάτων.
- Η κάθε χρήση των υδάτων θα πρέπει να αποβλέπει στη βιώσιμη και ισόρροπη ικανοποίηση των αναπτυξιακών αναγκών και να διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων, την επάρκεια των αποθεμάτων τους και τη διατήρηση της ποιότητάς τους.
- Η ικανοποίηση της ζήτησης του νερού γίνεται σύμφωνα με τα όρια και τις δυνατότητες των υδατικών αποθεμάτων.
- Για την παροχή νερού, τη χρήση του νερού και την εκτέλεση έργων για την αξιοποίηση των υδατικών πόρων από κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα, απαιτείται άδεια, η οποία εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας περιφέρειας.

- Σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα που προκαλούν οποιαδήποτε ρύπανση ή άλλη υποβάθμιση των υδάτων ή παραβαίνουν τις διατάξεις του Νόμου επιβάλλεται πρόστιμο, το ύψος του οποίου εξαρτάται από την σοβαρότητα της παράβασης.

- Σε επιχειρήσεις ή δραστηριότητες που προκαλούν ρύπανση ή άλλη υποβάθμιση των υδάτων μπορεί να επιβληθεί προσωρινή ή ακόμη και οριστική διακοπή της λειτουργίας τους. Σημειώνεται μάλιστα ότι εκτός από τις διοικητικές, προβλέπονται επιπρόσθετα ποινικές κυρώσεις στην περίπτωση ρύπανσης ή υποβάθμισης των υδάτων ή παραβίασης των διατάξεων του Νόμου (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2006).

Σημειώνεται ότι ο Νόμος 3199/2003 αποτέλεσε το αποτέλεσμα της προσπάθειας να συγκροτηθούν καινούρια όργανα σε περιφερειακό και Εθνικό Επίπεδο, καθώς και να αποφευχθούν οι αλληλοεπικαλύψεις των αρμοδιοτήτων μεταξύ των φορέων, στο πλαίσιο της εκπλήρωσης των δεσμεύσεων απέναντι στις Κοινοτικές Οδηγίες.

2.3.2 Το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007

Επισημαίνεται ότι σημαντική πρόοδος γίνεται με το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007, το οποίο εναρμονίζει περαιτέρω τα σημαντικά θέματα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Η πλήρης εφαρμογή του Προεδρικού Διατάγματος θα οδηγήσει αναντίρρητα στην ολοκληρωμένη προστασία και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας. Ειδικότερα, οι δράσεις που απαιτούνται σε εφαρμογή του Προεδρικού Διατάγματος, περιλαμβάνουν τα εξής:

- Προσδιορισμός των υδατικών διαμερισμάτων και καθορισμός και ένταξη των υδάτινων σωμάτων σε αυτά.

- Προσδιορισμός των περιβαλλοντικών στόχων.
- Εκτίμηση των πιέσεων και ανάλυση των επιπτώσεων.
- Οικονομική ανάλυση.
- Σύνταξη μητρώου προστατευόμενων περιοχών.
- Σχέδια διαχείρισης υδατικών διαμερισμάτων.
- Σύνταξη και εφαρμογή Προγραμμάτων Παρακολούθησης.
- Σύνταξη Προγραμμάτων Μέτρων.
- Δημοσιοποίηση των Σχεδίων Διαχείρισης.
- Εκπλήρωση υποχρεώσεων στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Η καθυστέρηση της εναρμόνισης της κοινοτικής με την ελληνική νομοθεσία, είχε ως επακόλουθο την καθυστέρηση στην εφαρμογή των επιμέρους διατάξεων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, με βάση το χρονοδιάγραμμα της Ευρωπαϊκής Ενώσεως. Η Ελλάδα έχει ανταποκριθεί πλήρως στο Άρθρο 3 της Οδηγίας, που ορίζει τα υδατικά διαμερίσματα, τους φορείς διαχείρισης και την ένταξη των λεκανών στα υδατικά διαμερίσματα. Η σημαντικότερη καθυστέρηση αφορά στην εφαρμογή του Άρθρου 5, το οποίο προσδιορίζει τα υδάτινα σώματα ανά κατηγορίες και τύπους, την ανάλυση και περιγραφή των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, την εκτίμηση των πιέσεων και ανάλυση επιπτώσεων, τον προκαταρκτικό χαρακτηρισμό των ιδιαίτερως τροποποιημένων υδάτινων σωμάτων, τον χαρακτηρισμό των υδάτινων σωμάτων (επιφανειακών, υπογείων, παράκτιων και μεταβατικών) και την αξιολόγηση του κινδύνου μη επίτευξης των στόχων της Οδηγίας και την προκαταρκτική οικονομική ανάλυση. Το έργο αυτό έπρεπε να είχε ολοκληρωθεί ως τον Μάρτιο του 2005. [Τάτσης Λάζαρος: 182]

Καθυστέρηση σημειώνεται και στην εφαρμογή του Άρθρου 8, το οποίο αφορά στην κατάστρωση των προγραμμάτων εποπτικής, λειτουργικής και διερευνητικής παρακολούθησης των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων σωμάτων, τα οποία, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν τον τεκμηριωμένο προσδιορισμό των θέσεων δειγματοληψίας, των μετρούμενων βιολογικών και χημικών παραμέτρων και των συχνοτήτων αναλύσεων. Βάσει του χρονοδιαγράμματος, το έργο έπρεπε να έχει ολοκληρωθεί στο τέλος του 2006, ώστε από το 2007 να είναι δυνατόν να τεθούν σε λειτουργία τα προγράμματα παρακολούθησης.

Κάποια προγράμματα παρακολούθησης που βρίσκονται σε λειτουργία από διάφορους φορείς είναι αποσπασματικά, συχνά επικαλυπτόμενα και ελλιπή ως προς τις θέσεις, την συχνότητα και τις μετρούμενες παραμέτρους. Επιπλέον, υπάρχουν σοβαρές ελλείψεις σε ό,τι αφορά τις βιολογικές παραμέτρους και τις χημικές ουσίες προτεραιότητας.

2.3.3 Άλλοι Νόμοι Εναρμόνισης του Ελληνικού Δικαίου με το Κοινοτικό Δίκαιο

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμόν 46399/1352/27.6.1986 "απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για: πόσιμα, κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών, μέθοδος μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, εναρμόνισε την Ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, αλλά και τις 76/160, 77/659, 79/923 και 79/869/ΕΟΚ.

Η Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμόν 2/2.1.2001, όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 15, 2 Φεβρουαρίου 2001, εναρμόνισε την Ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ, σχετικά με την ρύπανση που προκαλείται από επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον.

Η Υπουργική Απόφαση και Έγκριση ΟΙΚ. 5673/400, όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 192, 14 Μαρτίου 1997, εναρμόνισε την Ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 "Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 892, 11 Ιουλίου 2001 (διορθώθηκε στο φύλλο 1082, 14 Αυγούστου 2001), εναρμόνισε την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 98/83/ΕΚ σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμόν 20488 "Καθορισμός Περιβαλλοντικών προτύπων στον ποταμό Ασωπό και οριακών τιμών εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην λεκάνη απορροής του Ασωπού", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 749, 31 Μαΐου 2010 εναρμόνισε την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ, σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμόν 145116 "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 354, 8 Μαρτίου 2011, εναρμόνισε περαιτέρω την ελληνική νομοθεσία με τις Οδηγίες 91/271/ΕΟΚ, 2000/60/ΕΚ, 2004/35/ΕΚ, και 2006/118/ΕΚ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**Κοινοτικές Οδηγίες, Διακηρύξεις και Νόμοι του Ελληνικού Κράτους**

Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000

Ευρωπαϊκή Διακήρυξη για μια Νέα Κουλτούρα για το Νερό, Μαδρίτη 2005

Νόμος υπ' αριθμόν 3199 «Προστασία και διαχείριση των Υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000», όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 280, 9 Δεκεμβρίου 2003

Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθμόν 51, όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 54, 8 Μαρτίου 2007

Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμόν 2/2.1.2001, όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 15, 2 Φεβρουαρίου 2001

Υπουργική Απόφαση και Έγκριση ΟΙΚ. 5673/400, όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 192, 14 Μαρτίου 1997

Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 "Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 892, 11 Ιουλίου 2001 (διορθώθηκε στο φύλλο 1082, 14 Αυγούστου 2001)

Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμόν 20488 "Καθορισμός Περιβαλλοντικών προτύπων στον ποταμό Ασωπό και οριακών τιμών εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην λεκάνη απορροής του Ασωπού", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 749, 31 Μαΐου 2010, Τεύχος δεύτερο

Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμόν 145116 "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 354, 8 Μαρτίου 2011, Τεύχος δεύτερο

Διπλωματικές εργασίες

Τάτσης Λάζαρος, *Κοινοτική Νομοθεσία για την Προστασία και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη ΕΜΠ, 2008*

Μελέτες

LIFE04/ENV/GR/000099: *Ανάπτυξη και εφαρμογή πολιτικής ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων σε μια υδρολογική λεκάνη με την εφαρμογή μιας δημόσιας κοινωνικής συμφωνίας στη βάση των αρχών της Agenda 21 και των κατευθύνσεων της οδηγίας πλαίσιο 2000/60/ΕΚ. 2^η δράση. Παραδοτέο 2.2: Αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και κατηγοριοποίηση των υδατίνων σωμάτων σε συνδυασμό με τους προτεινόμενους περιβαλλοντικούς στόχους. ΕΜΠ, Αθήνα, 2005*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Γενικά

Η σχετική νομοθεσία ορίζει τις προς μέτρηση παραμέτρους που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Επίσης, καθορίζει τις μεθόδους μέτρησης των παραμέτρων αυτών, αναλόγως της κατηγορίας ύδατος (νερό κολύμβησης, νερό για οστρακοειδή, πόσιμο νερό, παράκτιο νερό, νερό άρδευσης, και άλλα), τις συνθήκες διεξαγωγής των μετρήσεων, και ορίζει αυστηρά τις επιτρεπόμενες τιμές αυτών.

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής επιλέχθηκαν 29 παράμετροι και ως οδηγός χρησιμοποιήθηκαν τα όρια που ορίζουν οι Κοινοτικές Οδηγίες 98/93/ΕΕ, 76/464/ΕΟΚ, 91/271/ΕΟΚ, και 76/160/ΕΟΚ, Απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμόν 20488-31/05/2010 καθώς και προτεινόμενα όρια από τον Food and Agriculture Organization (FAO) των Ηνωμένων Εθνών [*Λοιζίδου Μαρία: 67-74*].

3.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

3.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στις διεργασίες και τα φυσικά φαινόμενα των υδατικών συστημάτων (δημιουργία ρευμάτων, οξυγόνωση του νερού, μεταβολισμός των υδρόβιων οργανισμών, και άλλα). Εκ των κυριότερων μορφών ρύπανσης των Υδάτων είναι η θερμική ρύπανση (βλέπε Κεφάλαιο 1), επηρεάζοντας κυρίως τα επιφανειακά νερά των ποταμών και λιμνών, τα οποία χρησιμοποιούνται για ψύξη σε βιομηχανικές εφαρμογές. Το νερό αυτό αποκτά θερμότητα και επιστρέφει στον υδάτινο αποδέκτη σημαντικά θερμότερο, αυξάνοντας την θερμοκρασία του νερού του συστήματος.

Η άνοδος της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, απαραίτητου για την επιβίωση των φιλοξενούμενων οργανισμών, και μειώνει την πυκνότητα του νερού. Το ελαφρύτερο νερό ανέρχεται στην επιφάνεια και εμποδίζει την διάλυση του οξυγόνου στην υδατική μάζα, μειώνοντας και την συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα κατώτερα στρώματα. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να αποβεί μοιραίο για τους οργανισμούς που φιλοξενούνται στο νερό ή συντηρούνται από αυτό (πλαγκτόν, ψάρια, όστρακα, αμφίβια, και άλλα).

Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων είναι πολύ σπουδαία φυσική παράμετρος εξαιτίας της επίδρασής της στο ρυθμό των βιοχημικών αντιδράσεων. Όλες οι βιοχημικές αντιδράσεις εκτελούνται με ταχύτερο ρυθμό σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνδέεται άμεσα με τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό (είναι λιγότερο διαλυτό στο θερμό νερό από ό τι στο ψυχρό). Ιδιαίτερα τονίζεται η σχέση της θερμοκρασίας με τη διαλυτότητα του οξυγόνου το οποίο προσδίδεται στα

απόβλητα κατά την αερόβια βιολογική επεξεργασία στις δεξαμενές ενεργού ιλύος. Η διάθεση τέλος θερμών υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες επηρεάζει άμεσα το οικοσύστημα. *[Νταρακάς Ευθύμιος]*

Η σχετική νομοθεσία ορίζει τα επιτρεπτά όρια διακύμανσης της θερμοκρασίας του νερού. Το πόσιμο νερό συνιστάται να έχει θερμοκρασία 7-11 °C, αν όμως υπερβεί τους 25 °C αλλοιώνει την γεύση του νερού.

3.1.2 pH

Το pH είναι μια άκρως σημαντική παράμετρος για ένα υδατικό σύστημα, και αποτελεί μέτρο ελέγχου για πολλούς παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, το pH εξαρτάται άμεσα από το είδος των χημικών ενώσεων που περιέχονται στο νερό, ρυθμίζει τις χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται σ' αυτό, και επιταχύνει ή παρεμποδίζει τις βιοχημικές διεργασίες. Για παράδειγμα, η επιβίωση των κυττάρων είναι εφικτή σε pH με εύρος τιμών 5-9, ενώ υψηλή τιμή pH μειώνει την διαλυτότητα των ουσιών στο νερό, οπότε καθιζάνουν στον πυθμένα. *[Χαραλάμπος Αιακτερίνη]*

Η νομοθεσία ορίζει τα επιτρεπόμενα όρια για το pH στο πεδίο τιμών 6,6–8,5 για το πόσιμο νερό. Το φυσικό γλυκό νερό έχει ελαφρά αλκαλικό pH, λόγω της παρουσίας ανθρακικών και δισανθρακικών ιόντων.

Ο συνήθης τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου γίνεται με τον προσδιορισμό της τιμής του pH, που ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των υδρογονοϊόντων στο νερό, δηλαδή $pH = -\log_{10}^+ (H^+)$. Το pH σε θερμοκρασία 25°C μετράται στο εύρος τιμών 0 – 14, με ουδέτερο σημείο την τιμή 7, όπου τα ιόντα υδρογόνου και υδροξυλίου βρίσκονται σε ίσες συγκεντρώσεις. Ύδατα με τιμές pH μικρότερες από 7 ορίζονται ως όξινα και με τιμές μεγαλύτερες από 7, ως αλκαλικά. Έντονα όξινα ή αλκαλικά ύδατα και απόβλητα δημιουργούν προβλήματα κατά την επεξεργασία και πρέπει να γίνεται ρύθμιση του pH στα επιθυμητά ανά περίπτωση όρια (π.χ. η βιολογική επεξεργασία αποβλήτων πρέπει να γίνεται σε τιμές pH που κυμαίνονται στην ουδέτερη περιοχή, μεταξύ 6 – 8). *[Λοιζίδου Μαρία]*

Το pH είναι πολύ σημαντική παράμετρος και χαρακτηρίζει τόσο τα φυσικά νερά όσο και τα υγρά απόβλητα τα οποία είναι συνήθως αλκαλικά. Ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου και επηρεάζει όλες τις βιοχημικές αντιδράσεις. Το κατάλληλο εύρος για τη διατήρηση των περισσότερων μικροοργανισμών είναι συνήθως μεταξύ 6 και 9. Πολύ όξινα ή πολύ αλκαλικά απόβλητα είναι δύσκολο έως αδύνατο να υποστούν βιολογική επεξεργασία. Η αναερόβια επεξεργασία της ιλύος απαιτεί σταθερές τιμές pH (7,0 – 7,5) για να υπάρξει ισορροπία μεταξύ της όξινης και της αλκαλικής ζύμωσης. Οι τιμές pH των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων πρέπει να κυμαίνονται από 6,5 –

8,5 ώστε να μην μεταβάλλονται οι αντίστοιχες τιμές των φυσικών νερών. [Νταρακάς Ευθύμιος]

3.1.3 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα αποτελεί το μέτρο της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ενός αγωγού (το αντίθετο φαινόμενο ονομάζεται ηλεκτρική αντίσταση). Σε υδατικό διάλυμα, η τιμή της ειδικής αγωγιμότητας αποτελεί δείκτη παρουσίας διαλυμένων αλάτων. [Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ.: 131]

Η αγωγιμότητα η οποία εκφράζεται σε mS/cm, χρησιμοποιείται ως αντιπροσωπευτικό μέτρο της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) στα υγρά απόβλητα. Χρησιμοποιείται επίσης για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων αποβλήτων που προορίζονται για άρδευση και συνδέεται άμεσα με την αλατότητα, η οποία εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις χιλίοις (%). [Νταρακάς Ευθύμιος]

Συχνότερα χρησιμοποιείται η ειδική αγωγιμότητα k (σε μmhos/cm), η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού. Η συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) εξαρτάται από την ειδική αγωγιμότητα ως εξής: $TDS=k \cdot f$. Ο δείκτης f εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού, και την πηγή προέλευσής του, ενώ κυμαίνεται στο εύρος τιμών 0,54-0,90. Ενδεικτικά, η καθαρή βροχή έχει ειδική αγωγιμότητα 20-50 μmhos/cm, ενώ η βροχή σε περιοχές με αυξημένη ρύπανση έχει 500 μmhos/cm. [Χαραλάμπους Αικατερίνη]

3.2 ΣΤΕΡΕΑ

Τα διαλυμένα ή αδιάλυτα στερεά στα ύδατα και στα απόβλητα επηρεάζουν την χρήση τους. Τα στερεά που απαντώνται στα ύδατα μπορούν να ταξινομηθούν σε επιμέρους κατηγορίες όπως αιωρούμενα, διαλυμένα, ολικά, καθιζάνοντα.

3.2.1 Ολικά στερεά

Το σύνολο των στερεών που υπάρχουν στα ύδατα (αιωρούμενα, διαλυμένα, καθιζάνοντα) αποτελούν τα ολικά στερεά, η μέτρηση των οποίων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο επιβάρυνσης που έχει υποστεί ο υδατικός αποδέκτης. Προσδιορίζονται με ζύγιση ως το υπόλειμμα ορισμένου όγκου δείγματος νερού μετά από εξάτμιση σε θερμοκρασία 102-105°C.

3.2.2 Ολικά Αιωρούμενα στερεά

Τα αιωρούμενα στερεά (λεπτομερή σωματίδια και κolloειδή) είναι ανόργανης ή οργανικής φύσης και έχουν είτε φυσική προέλευση είτε προέρχονται από τη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Η παρουσία τους στα ύδατα οδηγεί στη δημιουργία θολότητας η οποία εκτρέπει ή απορροφά το ηλιακό φως. Ως συνέπεια

του γεγονότος αυτού είναι πέρα από την αισθητική υποβάθμιση του νερού, η παρεμπόδιση της διέλευσης του ηλιακού φωτός και ο περιορισμός των διαδικασιών φωτοσύνθεσης και παραγωγής του φυτοπλαγκτόν. Ακόμη, τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών και να παρέχουν προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς έναντι των διαδικασιών καταστροφής τους.

Επιπλέον, τα αιωρούμενα στερεά επηρεάζουν τη μεταφορά συστατικών, όπως του οξυγόνου, μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού. Η παράμετρος των αιωρούμενων στερεών είναι σημαντική στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, αφού αποτελεί μέτρο ελέγχου του βαθμού απόδοσης των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Ο διαχωρισμός γίνεται με διήθηση και ξήρανση στους 105°C. [*Χαραλάμπους Αικατερίνη*]

3.2.3 Ολικά Διαλυμένα στερεά

Τα διαλυμένα στερεά οφείλονται στην παρουσία κυρίως ευδιάλυτων ανόργανων αλάτων όπως χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά κ.λπ. Η προέλευσή τους είναι είτε φυσική είτε οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Μερικοί κανονισμοί πόσιμο νερού συνιστούν ή επιβάλλουν ανώτατο όριο για την ολική συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, όμως τα προβλήματα που δημιουργούν τα στερεά αυτά οφείλονται περισσότερο στα ειδικά χημικά χαρακτηριστικά των ενώσεων που τα αποτελούν παρά στην ολική συγκέντρωσή τους. Ο διαχωρισμός γίνεται με διήθηση και ξήρανση στους 105°C. [*Χαραλάμπους Αικατερίνη*]

3.2.4 Εξατμιζόμενα στερεά

Τα εξατμιζόμενα στερεά (ή πτητικά στερεά) είναι το ποσοστό των ξηρών στερεών που χάνονται με ανάφλεξη στους 550°C, και είναι μια χρήσιμη παράμετρος για την μέτρηση της οργανικής ύλης. Πρακτικά το σύνολο των παραγόμενων οξειδωμένων πτητικών ενώσεων κατά την πειραματική διαδικασία προέρχεται από οργανικές ενώσεις, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό που προέρχεται από ανόργανες ενώσεις είναι μικρότερο από 1% του συνολικού βάρους. Το ποσοστό μείωσης των πτητικών στερεών αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείκτη για τον βαθμό βιο-αποδόμησης. [*Μάστακα Βασιλική: 90*]

3.2.5 Καθιζάνοντα στερεά

Τα καθιζάνοντα στερεά σχηματίζουν πυθμενική ιλύ η οποία μπορεί να δημιουργήσει δυσμενείς επιπτώσεις για τους πληθυσμούς των ασπόνδυλων οργανισμών και να φράξει πυθμενικά στρώματα χαλικιού όπου τα ψάρια αποθέτουν τα αυγά τους. Επίσης, τα στερεά αυτά όταν υπάρχουν στο αρδευτικό νερό, αποτίθενται στις δεξαμενές και τους αγωγούς, φράσσουν το επιφανειακό

στρώμα του εδάφους εμποδίζοντας έτσι την διείσδυση του νερού και του ατμοσφαιρικού αέρα και μπορούν να σχηματίζουν επιστρώματα στα φύλλα των φυτών, γεγονός που εμποδίζει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. [Χαράλαμπος Αικατερίνη]

3.3 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

3.3.1 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (C.O.D.)

Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand - COD) είναι η παράμετρος που προσδιορίζει έμμεσα το συνολικό οργανικό φορτίο που υπάρχει στα ύδατα ή τα απόβλητα (βιοαποικοδομήσιμο και μη). Συγκεκριμένα, προσδιορίζει το οξυγόνο που απαιτείται για την πλήρη διάσπαση-οξείδωση του συνολικού οργανικού φορτίου προς νερό και διοξείδιο του άνθρακα. [Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ.: 218]

Η οξείδωση πραγματοποιείται με ισχυρά οξειδωτικά μέσα, υπό όξινες συνθήκες και λόγω του γεγονότος ότι ορισμένες οργανικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στις διαδικασίες πλήρους οξείδωσής τους (π.χ. αρωματικές ενώσεις), η διεργασία αναπτύσσεται παρουσία καταλύτη. Το COD αποτελεί επίσης βασική παράμετρο για το σχεδιασμό και έλεγχο της λειτουργίας μονάδων βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση μιας ποσότητας οργανικών ουσιών (της τροφής) μπορεί να μετρηθεί και με χημικές μεθόδους. Πρόκειται για το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο το οποίο συμβολίζεται ως COD. Με τον όρο COD εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O). Η οξείδωση αφορά το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα και μπορούν να οξειδωθούν με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Σαν τέτοιο οξειδωτικό χρησιμοποιείται το διχρωμικό κάλιο (K₂Cr₂O₇) σε όξινο περιβάλλον. Η οξείδωση του οργανικού φορτίου γίνεται σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και χαμηλού pH παρουσία θειικού αργύρου (Ag₂SO₄) σαν καταλύτη. Η εξουδετέρωση των χλωριούχων ιόντων που συνήθως υπάρχουν στο δείγμα, γίνεται με θειικό υδράργυρο (HgSO₄). Η εξουδετέρωση της περίσσειας των διχρωμικών (Cr₂O₇²⁻) ιόντων γίνεται με διάλυμα θειικού αμμωνιούχου σιδήρου (FeSO₄(NH₄)₂SO₄ * 6H₂O) γνωστής κανονικότητας. Για την ογκομετρική ανάλυση (τιτλοδότηση) χρησιμοποιείται δείκτης Ferroin. Η οξείδωση της οργανικής ύλης μπορεί να παρασταθεί από την παρακάτω στοιχειομετρική εξίσωση: $C_xH_yO_z + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow Cr^{3+} + CO_2 + H_2$

Η μέτρηση του COD χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί της μέτρησης του BOD ή συμπληρωματικά. Η ταχύτητα της μέτρησης είναι το μεγάλο πλεονέκτημά της αφού ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες, σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD₅, η

οποία διαρκεί 5 ημέρες. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι με το COD μετριέται όχι μόνο η βιοδιασπάσιμη αλλά και η μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη. Συνεπώς, η μέτρηση του COD είναι κατά κάποιο τρόπο λιγότερο αντιπροσωπευτική από τη μέτρηση του BOD₅ όταν πρόκειται για προσδιορισμό του οργανικού φορτίου που υπάρχει στα τυπικά αστικά λύματα. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/l COD. Κατά κανόνα το COD είναι πάντα μεγαλύτερο από το BOD₅ και για τα αστικά λύματα ο λόγος COD / BOD₅ είναι 1,2 - 1,5. [Νταρακάς Ευθύμιος]

3.3.2 Διαλυμένο οξυγόνο (Dissolved Oxygen)

Το διαλυμένο οξυγόνο διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο για τα υδατικά οικοσυστήματα. Οι περισσότερες μορφές ζωής χρειάζονται οξυγόνο για να επιβιώσουν. Μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου σε επίπεδα μικρότερα από την τιμή κορεσμού οδηγεί σε αποδόμηση της οργανικής ύλης και νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου, ενώ οι φιλοξενούμενες μορφές ζωής επηρεάζονται σημαντικά, ή ακόμα θανατώνονται.

Το περισσότερο οξυγόνο των φυσικών νερών προέρχεται από την ατμόσφαιρα όπου υπάρχει σε ποσοστό 20,95% κ.ο., και με αυτόν τον τρόπο υπάρχει δυνατότητα οξυγόνωσης των υδάτων απλώς με την επαφή με την ατμόσφαιρα. Το οξυγόνο μπορεί να προέρχεται από την φωτοσυνθετική δράση των αλγών, σε μικρό ποσοστό. [Χαραλάμπος Αικατερίνη]

Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από την μερική πίεση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, από την θερμοκρασία του νερού, και την περιεκτικότητα του νερού σε άλατα. Ισχύει ο νόμος του Henry: $X(g) \longleftrightarrow X(aq)$.

Τα αστικά λύματα όπως και συγκεκριμένες κατηγορίες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου, αμμωνιακού και οργανικού αζώτου. Η μη αποτελεσματική επεξεργασία τους πριν την τελική τους διάθεση, οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση των συγκεντρώσεων των ενώσεων αυτών στα φυσικά ύδατα όπου λαμβάνουν χώρα οι εξής διεργασίες: Το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα τα οποία είναι άμεσα διαθέσιμο για νιτροποίηση (μετατροπή σε νιτρικά). Η διαδικασία αυτή απαιτεί την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων διαλυμένου οξυγόνου. Επίσης, το άζωτο και ο φώσφορος που περιέχονται στα λύματα, ως θρεπτικά συστατικά, ενεργοποιούν την παραγωγή νέας ζωντανής οργανικής ύλης στον υδάτινο αποδέκτη η οποία μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής της αποσυντίθεται καταναλώνοντας διαλυμένο οξυγόνο.

Επομένως, η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στα ύδατα είναι δείκτης της ρυπαντικής επιβάρυνσης που έχει επέλθει σε αυτά, λόγω κυρίως της παρουσίας οργανικών ενώσεων και ενώσεων του αζώτου. [Λοιζίδου Μαρία]

Ο βαθμός ελάττωσης της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου εξαρτάται επίσης από την υφιστάμενη σχέση των ρυθμών αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης του συγκεκριμένου οικοσυστήματος (συχνά η αναπλήρωση του οξυγόνου γίνεται μόνο από εισρέουσες μάζες νερού πλουσιότερες σε διαλυμένο οξυγόνο). Σύμφωνα με τις κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, η ενδεικνυόμενη ελάχιστη μέση τιμή διαλυμένου οξυγόνου για τη διαβίωση σαλμονίδων πρέπει να είναι τα 9 mg/l και η οριακή ελάχιστη τιμή τα 7 mg/l, ενώ για τις κυπρινίδες 7 mg/l και 5 mg/l, αντίστοιχα. Για οικοσυστήματα καλλιέργειας οστρακοειδών η ελάχιστη συγκέντρωση στο 95 % του χρόνου πρέπει να είναι ίση με 70% της τιμής κορεσμού, ενώ για περιοχές κολύμβησης συνιστάται ελάχιστη τιμή στο 90% του χρόνου ίση με τα 80% της τιμής κορεσμού.

3.3.3 Ολικός Οργανικός Άνθρακας (T.O.C.)

Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon – TOC) είναι παράμετρος άμεσης μέτρησης του συνολικού οργανικού άνθρακα που περιέχεται στα ύδατα και τα απόβλητα, ανεξάρτητα από το είδος των ενώσεων στις οποίες περιέχεται και από τις βαθμίδες οξείδωσής τους. [Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ.: 225] Ως εκ τούτου παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα και το επίπεδο ρύπανσης των υδάτων ως προς την παρουσία οργανικών συστατικών.

Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) αποτελεί μια άλλη παράμετρο μέτρησης (έκφρασης) του οργανικού φορτίου. Είναι ένα μέτρο κατάλληλο για μετρήσεις μικρών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού. Με τις σύγχρονες αναλυτικές συσκευές ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα είναι πολύ απλή διαδικασία. Ένας αυτόματος αναλυτής TOC απαιτεί ελάχιστη ποσότητα υγρού δείγματος το οποίο εισάγεται σε ειδική στήλη με καταλύτη όπου καίγεται σε υψηλή θερμοκρασία προς διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Η ανάλυση του TOC έχει το πλεονέκτημα ότι ολοκληρώνεται σε 5 με 10 λεπτά. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/l TOC.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC. Εάν ο λόγος BOD/COD για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα είναι ίσος με 0,5 ή μεγαλύτερος, τότε τα απόβλητα θεωρούνται ότι είναι εύκολα επεξεργάσιμα με βιολογικές μεθόδους. Εάν ο λόγος είναι μικρότερος από 0,3, τότε τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν ορισμένα τοξικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα προσαρμοσμένοι μικροοργανισμοί απαιτούνται για τη σταθεροποίησή τους. Ο αντίστοιχος λόγος BOD/TOC για ανεπεξέργαστα απόβλητα ποικίλλει από 1,2 έως 2,0. [Νταρακάς Ευθύμιος]

Είδος αποβλήτων	BOD/COD	BOD/TOC
Ανεπεξέργαστα	0,3 – 0,8	1,2 – 2,0
Μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία	0,4 – 0,6	0,8 – 1,2
Εκροή	0,1 – 0,3	0,2 – 0,5

Πίνακας 3.1: Συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC [πηγή: Νταρακάς Ευθύμιος]

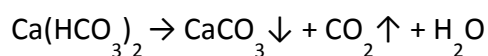
3.3.4 Φαινόλες (Ph)

Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης των υδάτων με φαινόλες είναι τα βιομηχανικά απόβλητα και τα αστικά λύματα. Κατά την χλωρίωση, αν το νερό περιέχει φαινόλες, το χλώριο αντικαθιστά τα άτομα υδρογόνου του φαινολικού δακτυλίου και σχηματίζονται χλωροφαινόλες, οι οποίες προσδίδουν άσχημη γεύση και οσμή στο νερό. [Χαραλάμπους Αικατερίνη]

3.3.5 Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού αποτελεί την παράμετρο προσδιορισμού της συγκέντρωσης κυρίως των αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου και είναι συνάρτηση της φύσης και της σύστασης των γεωλογικών σχηματισμών με τους οποίους έχει έρθει σε επαφή το νερό κατά την κίνησή του. Ανάλογα με τη μορφή στην οποία βρίσκονται τα άλατα ασβεστίου και μαγνησίου, η σκληρότητα του νερού διακρίνεται σε παροδική και μόνιμη.

Η παροδική σκληρότητα οφείλεται στην παρουσία ευδιάλυτων ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου και αίρεται με το βρασμό του νερού, αφού κατά τη διεργασία αυτή, τα διαλυμένα όξινα ανθρακικά άλατα των δύο μετάλλων καταβυθίζονται ως αδιάλυτα ανθρακικά άλατα, με παράλληλη αποδέσμευση διοξειδίου του άνθρακα, ως εξής:



Η μόνιμη σκληρότητα οφείλεται στην παρουσία χλωριούχων και θεικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου και δεν αίρεται με το βρασμό, αφού κατά τη διεργασία αυτή δεν είναι δυνατόν να καταβυθισθούν τα αντίστοιχα άλατα των δύο μετάλλων.

Το σύνολο της παροδικής και μόνιμης σκληρότητας αποτελεί την ολική σκληρότητα του νερού. Η τιμή της σκληρότητας εκφράζεται σε:

- ppm (μέρη διαλυμένης ουσίας ανά εκατομμύριο μερών του διαλύματος) ισοδύναμης ποσότητας CaCO_3 , δηλαδή σε $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ νερού

- ειδικές μονάδες μέτρησης που καλούνται σκληρομετρικοί βαθμοί που ορίζονται ως εξής:

ι. γερμανικός βαθμός σκληρότητας (1 d^0): αντιπροσωπεύει 10 mg CaO/l νερού

ιι. γαλλικός βαθμός σκληρότητας (1 f^0): αντιπροσωπεύει 10 mg CaCO₃/l νερού

Νερό με βαθμούς σκληρότητας από 30 – 50, θεωρείται σκληρό και χρησιμοποιείται ως πόσιμο μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, ενώ είναι ακατάλληλο για πλύσιμο με χρήση των κοινών σαπουνιών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα διαλυμένα όξινα ανθρακικά ή θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου σχηματίζουν αδιάλυτα άλατα με τα οργανικά ανιόντα των λιπαρών οξέων που περιέχονται στα κοινά σαπουνία (παλμιτικού, στεατικού και ελαϊκού), με αποτέλεσμα την αναστολή της απορρυπαντικής τους δράσης. Επίσης, το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την τροφοδοσία ατμολεβήτων, θερμαντικών σωμάτων και σωλήνων μεταφοράς θερμού νερού επειδή κατά τη θέρμανση αποτίθενται στα τοιχώματα τους ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται ο προσδιορισμός της σκληρότητας του νερού και όπου είναι απαραίτητο να λαμβάνονται μέτρα για την αποσκλήρυνσή του. [Χαραλάμους Αικατερίνη]

3.3.6 Αζωτούχες ενώσεις – Ολικό Άζωτο

Οι ενώσεις του αζώτου αποτελούν σημαντική παράμετρο στην αξιολόγηση της ρύπανσης των υδάτων. Το άζωτο συντελεί στο φαινόμενο του ευτροφισμού των υδάτων, ιδιαίτερα σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Το άζωτο, με βαθμίδες οξειδωσης από +5 ως -3, απαντάται σε διάφορες μορφές στα ύδατα. Κυρίως ως νιτρικά ιόντα, νιτρώδη ιόντα, αμμωνιακά ιόντα και οργανικό άζωτο. Οι ενώσεις αυτές, μαζί με το διαλυμένο αέριο άζωτο, καταναλώνονται από τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στον κύκλο του αζώτου. [Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ.: 228]

Η παρουσία αμμωνίας και νιτρικών στα ύδατα αποτελεί ένδειξη ρύπανσης των υδάτων από γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, η ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων αμμωνίας υποδηλώνει πρόσφατη ρύπανση ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών που αποτελούν και το τελικό προϊόν της οξειδωσης της αμμωνίας και γενικά των αζωτούχων ενώσεων, υποδηλώνει ρύπανση μεγαλύτερης διάρκειας.

Το άζωτο είναι βασικό στοιχείο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και οι γνώσεις για τη μορφή με την οποία βρίσκεται στα απόβλητα καθώς επίσης και οι

συγκεντρώσεις του σε οποιαδήποτε μορφή, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Στα υγρά απόβλητα το άζωτο βρίσκεται σε διάφορες μορφές κυριαρχεί όμως η μορφή του πρωτεϊνικού υλικού και της ουρίας (NH_2CONH_2). Ανεπαρκής ποσότητα αζώτου μπορεί να επιβάλλει την προσθήκη αζώτου προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Οι ευαίσθητοι φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα. Το οργανικό κλάσμα, το οποίο βρίσκεται στα απόβλητα σε διαλυτή ή σωματιδιακή μορφή, αποτελείται από αμινοξέα, αμινοσακχαρίτες και πρωτεΐνες. Η κατανομή της αμμωνίας και των αμμωνιακών ιόντων εξαρτάται συνήθως από το pH. Σε απόβλητα με χαμηλό pH κυριαρχεί το άζωτο με τη μορφή των αμμωνιακών (NH_4^+), ενώ σε υψηλότερες τιμές pH κυριαρχεί η αμμωνία (NH_3).

Τα νιτρώδη (NO_2^-) ιόντα αποτελούν ένα δείγμα προϋπάρχουσας ρύπανσης, ενώ σπάνια συναντάται υψηλή συγκέντρωση αυτών των ιόντων στα υγρά απόβλητα. Τα νιτρώδη θεωρούνται σημαντικά για τα υγρά απόβλητα γιατί είναι ιδιαίτερα τοξικά. Συνήθως όμως οξειδώνονται πολύ γρήγορα σε νιτρικά (NO_3^-) ιόντα. Τα νιτρώδη που βρίσκονται στις εκροές των υγρών αποβλήτων οξειδώνονται από το χλώριο κατά την απολύμανση και αυτό οδηγεί στην αύξηση της δόσης του χλωρίου και επομένως και στο κόστος της απολύμανσης. Η υπέρσχυση των νιτρικών (NO_3^-) ιόντων, τα οποία αποτελούν τη πιο οξειδωμένη μορφή του αζώτου στα υγρά απόβλητα, υποδηλώνει ότι τα απόβλητα σταθεροποιήθηκαν αναφορικά με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο. *[Νταρακάς Ευθύμιος]*

3.3.6.1 Αμμωνιακά (NH_4^+)

Η αμμωνία, με τη μορφή NH_4^+ , NH_4OH και NH_3 , βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε όλα τα επιφανειακά ύδατα και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα αστικά λύματα και σε απόβλητα συγκεκριμένων βιομηχανικών κλάδων (ως αποτέλεσμα της υδρόλυσης της ουρίας και της αποδόμησης αζωτούχων ενώσεων). Στα υπόγεια νερά η συγκέντρωσή της είναι πολύ μικρή, ενώ η παρουσία της υποδηλώνει ότι το περιβάλλον έχει αποκτήσει αναγωγικό χαρακτήρα. *[Χαραλάμπος Αικατερίνη]*

3.3.6.2 Νιτρώδη (NO_2^-)

Τα νιτρώδη προέρχονται είτε από την οξείδωση της αμμωνίας είτε από την αναγωγή των νιτρικών και είναι ενώσεις ασταθείς και βραχύβιες. Βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στα φυσικά ύδατα και η συγκέντρωσή τους συνεχώς μειώνεται λόγω οξείδωσής τους προς νιτρικά. Επίσης απαντώνται στα νερά ψύξης βιομηχανικών μονάδων, όπου προστίθενται ως αντιδιαβρωτικό μέσο, σε απόβλητα

συγκεκριμένων βιομηχανικών κλάδων και στα αστικά λύματα. Θεωρούνται επικίνδυνα για τους οργανισμούς δεδομένου ότι σε όξινο περιβάλλον, αντιδρούν με τις δευτεροταγείς αμίνες σχηματίζοντας νιτροζαμίνες που είναι δυνητικά καρκινογόνες. [Χαραλάμπους Αικατερίνη]

3.3.6.3 Νιτρικά (NO_3^-)

Τα νιτρικά αποτελούν την ανώτατη οξειδωτική βαθμίδα των ενώσεων του αζώτου, είναι θερμοδυναμικώς σταθερά και οι μεταβολές της συγκέντρωσής τους στα ύδατα οφείλονται κυρίως σε βιοχημικές δράσεις. Η συγκέντρωσή τους στα φυσικά ύδατα είναι πολύ μικρή, ενώ σε ορισμένα υπόγεια ύδατα εμφανίζουν αυξημένες συγκεντρώσεις. Όταν το νερό που προορίζεται για πόσιμο περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και υπόκειται σε καθαρισμό με ενεργό άνθρακα, τότε είναι δυνατό να παρατηρηθεί αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη που όπως αναφέρθηκε είναι επικίνδυνα για την υγεία. Κύρια πηγή των νιτρικών αποτελούν τα γεωργικά λιπάσματα. Επίσης, ανάγονται στον οργανισμό σε νιτρώδη και στη συνέχεια απορροφώνται από το αίμα και οξειδώνουν το σίδηρο της αιμογλοβίνης. Αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών στα ύδατα παρουσιάζουν τον κίνδυνο πρόκλησης στα βρέφη της νόσου της κυάνωσης, ενώ στο όξινο περιβάλλον του στομάχου των οργανισμών ενδέχεται να μετατραπούν όπως και τα νιτρώδη, σε νιτροζαμίνες που είναι δυνητικά καρκινογόνες ουσίες. [Λοϊζίδου Μαρία]

3.3.7 Φωσφορικά (PO_4^{3-})

Ο φώσφορος ανήκει στα θρεπτικά συστατικά και συντελεί στο φαινόμενο του ευτροφισμού των υδάτων. Ο φώσφορος δεν απαντάται ελεύθερος στο φυσικό περιβάλλον, αλλά σε τρεις μορφές, τα ορθοφωσφορικά, τα πολυφωσφορικά ιόντα και τα φωσφορικά που είναι δεσμευμένα με οργανικές ενώσεις. [Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ.: 244] Τα φωσφορικά στα ύδατα προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες (κυρίως από τη χρήση λιπασμάτων) καθώς και από την απόρριψη αστικών λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Καθορισμένες ποσότητες φωσφορικών είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των φυτών και των ζώων, σε μεγάλες όμως συγκεντρώσεις και σε συνδυασμό με την παρουσία νιτρικών προκαλείται το φαινόμενο του ευτροφισμού. Κύρια πηγή φωσφορικών στα νερά είναι τα συνθετικά απορρυπαντικά, στα οποία προστίθενται μεγάλες ποσότητες τριφωσφορικού νατρίου ($\text{STP-Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$).

Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο, αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, των φυτών και των ζώων. Η συνιστώμενη ημερήσια κατανάλωση για ενήλικους είναι 800mg. Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού που δημιουργεί στα επιφανειακά νερά πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα, τα οποία μπορεί να περιέχουν από 4 – 16 mg/l φωσφόρου. Για την αξιολόγηση της έκτασης του ευτροφισμού χρησιμοποιούνται οι απόλυτες

συγκεντρώσεις των ανόργανων ενώσεων του αζώτου και του φωσφόρου, και ο λόγος N/P. Η τιμή του λόγου αυτού στα μη ρυπασμένα εδάφη είναι 16:1 (στα φυτοπλαγκτονικά κύτταρα). Όταν η τιμή του λόγου είναι μεγαλύτερη από 16:1, περιοριστικός παράγων θεωρείται ο φώσφορος, και σε αντίθετη περίπτωση το άζωτο. [Χαραλάμπους Αικατερίνη]

Στη βιοτεχνολογία ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετατροπή των διαφόρων ανόργανων φωσφορικών αλάτων του εδάφους από τα φυτά σε διάφορες οργανικές ενώσεις του φωσφόρου, ο μεταβολισμός των οργανοφωσφορικών ενώσεων από τα ζώα, και η μετατροπή των οργανοφωσφορικών ενώσεων με τη βοήθεια διαφόρων ετεροτροφικών μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες κ.λ.π.) σε ανόργανα φωσφορικά άλατα. Οι μορφές του φωσφόρου στη φύση, καθώς και οι τρόποι με τους οποίους οι διάφορες μορφές μετασχηματίζονται στο υδατικό περιβάλλον απεικονίζονται στο σχήμα για τον κύκλο του φωσφόρου.

Στα υγρά απόβλητα ο φώσφορος απαντάται (περίπου 4 gr / κάτοικο την ημέρα) κυρίως στις οργανικές ενώσεις και αποτελεί το 75 % περίπου του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου. Ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) διαλυτών ιόντων από 70 - 90 % και πολυφωσφορικών ($\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα. Τα ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω. Τα πολυφωσφορικά ιόντα υφίστανται υδρόλυση για να επανέλθουν στην ορθοφωσφορική μορφή. Η διαδικασία αυτή είναι συνήθως πολύ αργή.

Ο φώσφορος αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος και για την μεταφορά ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ποσοστό της τάξης του 10% έως 30% της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου να απομακρύνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα. Η συγκέντρωση του φωσφόρου στην εκροή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων καθορίζεται από τον χαρακτηρισμό (ωφέλιμες χρήσεις) του αποδέκτη όπως ισχύει και για τους άλλους ρύπους. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέγεται είναι άμεσα συνυφασμένη με τον αποδέκτη και τις χρήσεις του. Σε γενικές γραμμές, όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες θεωρείται ικανοποιητική η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα 2 mg/l. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95 %. [Νταρακάς Ευθύμιος]

3.3.8 Χλωριόντα (Cl^-)

Τα χλωριόντα αποτελούν μία από τις κύριες κατηγορίες ανόργανων συστατικών των φυσικών υδάτων και η συγκέντρωσή τους ποικίλλει ανάλογα με την κατηγορία και την προέλευσή τους. Τα χλωριούχα ιόντα στα απόβλητα οφείλονται στα χλωριούχα των νερών της περιοχής και επηρεάζουν την τελική χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων. [Νταρακάς Ευθύμιος] Ο έλεγχος της παρουσίας των χλωριόντων στα ύδατα (πόσιμο, άρδευσης, νερό για βιομηχανική χρήση) είναι απαραίτητος προκειμένου να καθορισθεί η ενδεικνυόμενη χρήση τους. Αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριούχων συστατικών στα υπόγεια ύδατα είναι σοβαρή ένδειξη ρύπανσης των υδάτων αυτών από χώρους τελικής διάθεσης στερεών αποβλήτων. Νερό με συγκέντρωση χλωριόντων μεγαλύτερη από 250mg/l αποκτά αλμυρή γεύση.

3.3.9 Θειικά (SO_4^{2-})

Από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στη βιομηχανία είναι το θειικό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και άλλα θειούχα και θειικά άλατα. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην παρουσία σημαντικών ποσοτήτων θειούχων και θειικών στα παραγόμενα απόβλητα και στην περίπτωση που δεν λαμβάνει χώρα αποτελεσματική απομάκρυνσή τους, ρυπαίνουν τα φυσικά ύδατα στα οποία καταλήγουν άμεσα ή έμμεσα. Τονίζεται ότι η ύπαρξη αερόβιων συνθηκών ευνοεί τη μετατροπή των θειικών σε θειικά, ενώ η ύπαρξη αναερόβιων συνθηκών την αντίστροφη αντίδραση (μετατροπή θειικών προς θειώδη). [Χαραλάμπος Αικατερίνη]

Το θείο είναι απαραίτητο στοιχείο στη σύνθεση των πρωτεϊνών και απελευθερώνεται κατά την αποικοδόμησή τους. Τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}) διασπώνται βιολογικά κάτω από αναερόβιες συνθήκες σε θειούχα (S_2), τα οποία στη συνέχεια σχηματίζουν υδρόθειο (H_2S). Το υδρόθειο εκτός του ότι είναι τοξικό, είναι και επικίνδυνο γιατί οξειδώνεται σε θειικό οξύ (H_2SO_4) το οποίο ευθύνεται για τη διάβρωση των αγωγών αποχέτευσης. [Νταρακάς Ευθύμιος]

3.3.10 Κυανιούχα (CN^-)

Παρά το γεγονός ότι τα κυανιούχα είναι μία από τις πιο επικίνδυνες ομάδες ενώσεων, εν τούτοις περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στα απόβλητα διάφορων βιομηχανικών μονάδων. Οι πιο διαδεδομένες κυανιούχες ενώσεις που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι τα κυανιούχα άλατα νατρίου και καλίου τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στην εξόρυξη μεταλλευμάτων ψευδαργύρου, χρυσού, αργύρου και μολύβδου, σε διεργασίες επιμεταλλώσεων, στον καθαρισμό των μετάλλων, στη θερμική επεξεργασία μετάλλων κ.λπ. Επίσης χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες στην παρασκευή βαφών, εντομοκτόνων και απολυμαντικών. Επίσης, το

κυανιούχο ασβέστιο χρησιμοποιείται ευρέως ως απολυμαντικό, παρά το γεγονός ότι αποδεσμεύεται υδροκυάνιο όταν έρθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

3.4 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Τα μέταλλα (Κ, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Zn, Sn, Pb, Cr κ.λ.π.) σε ίχνη είναι απαραίτητα για όλα τα έμβια όντα, είναι όμως τοξικά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Πολλά από αυτά χαρακτηρίζονται σαν ρύποι προτεραιότητας. Οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να ελέγχονται για την ύπαρξη μετάλλων, ιδιαίτερα εάν οι εκροές προορίζονται για άρδευση.

3.4.1 Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος αποτελεί σε μικρές ποσότητες, απαραίτητο συστατικό για την ανάπτυξη των οργανισμών. Η ημερήσια συνιστώμενη ποσότητα για ενήλικες είναι 10mg για τους άνδρες και 18mg για τις γυναίκες [*Χαραλάμπος Αικατερίνη*]. Υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου παρατηρούνται συνήθως στα υπόγεια ύδατα λόγω της διέλευσής τους από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Συνεχής κατανάλωση νερού με μεγάλη περιεκτικότητα σε σίδηρο μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο και ειδικότερα στα παιδιά, βλάβες στους ιστούς. Επίσης, υπόγεια ύδατα πλούσια σε σίδηρο, όταν εξέρχονται στην επιφάνεια του εδάφους γίνονται θολά λόγω οξείδωσης του δισθενούς σιδήρου σε τρισθενή που σχηματίζει κολλοειδές ίζημα. Πηγές σιδήρου είναι τα απόβλητα που προέρχονται από μεταλλευτικές δραστηριότητες και μονάδες επιφανειακής κατεργασίας μετάλλων (αποξείδωση σιδηρούχων επιφανειών). [*Λοιζίδου Μαρία*]

3.4.2 Ψευδάργυρος (Zn)

Σε μικρές ποσότητες αποτελεί απαραίτητο ιχνοστοιχείο για την αποτελεσματική δράση ορισμένων ενζύμων στον οργανισμό του ανθρώπου και των ζώων. Η μέση ημερήσια κατανάλωση ψευδαργύρου μέσω των τροφών είναι της τάξης των 4 – 15mg, ενώ ημερήσιες δόσεις μεγαλύτερες των 150 mg προκαλούν απορρύθμιση στο μεταβολισμό του σιδήρου και του χαλκού στον ανθρώπινο οργανισμό, χωρίς όμως να έχει επιβεβαιωθεί η πρόκληση κάποιας μόνιμης βλάβης. Πηγές ψευδαργύρου είναι τα απόβλητα που προέρχονται από μεταλλευτικές δραστηριότητες, επιμεταλλωτήρια καθώς και η διάβρωση γαλβανισμένων σωλήνων. [*Λοιζίδου Μαρία*]

3.4.3 Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός σε μικρές ποσότητες διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον ανθρώπινο μεταβολισμό και ειδικότερα στην παραγωγή των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Επίσης συμβάλλει στην απελευθέρωση του σιδήρου που βρίσκεται στους ιστούς, στην ανάπτυξη των οστών και στη σωστή λειτουργία του νευρικού

συστήματος. Η συνιστώμενη ημερήσια ποσότητα για ενήλικες είναι 2mg. [Χαραλάμπους Αικατερίνη] Η υπερβολική λήψη χαλκού από τον άνθρωπο εκδηλώνεται με ερεθισμό των βλεννογόνων, αγγειακά προβλήματα και ερεθισμό του νευρικού και γαστρεντερικού συστήματος. Κύριες πηγές χαλκού είναι τα απόβλητα που προέρχονται από τα επιμεταλλωτήρια, την ηλεκτρονική βιομηχανία και τη βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικών καλωδίων. [Λοϊζίδου Μαρία]

3.4.4 Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο είναι ένα από τα πιο επικίνδυνα μέταλλα και χρησιμοποιείται στην κατασκευή συσσωρευτών, ξηρών μπαταριών, χρωμάτων και πλαστικών. Ο άνθρωπος λαμβάνει το κάδμιο μέσω της αναπνοής και της τροφής και ένα μέρος του αποβάλλεται αλλά η ημιπερίοδος ζωής του στον ανθρώπινο οργανισμό κυμαίνεται από 10 έως 30 έτη. Με υψηλές ποσότητες πρόσληψης, εναποτίθεται στο ήπαρ, τα νεφρά, το θυρεοειδή και άλλα όργανα προκαλώντας σοβαρές παθήσεις. [Λοϊζίδου Μαρία]

Χαρακτηριστικό περιστατικό ρύπανσης αποτελεί το συμβάν στην Ιαπωνία το 1947, όπου απόβλητα μεταλλείου ψευδαργύρου που περιείχαν κάδμιο εκχέοντο στα νερά ποταμού που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Εκδηλώθηκε η νόσος Itai-Itai (ωχ-ωχ), και ονομάστηκε έτσι από τους ισχυρούς πόνους που προκαλούσε, και συνοδεύτηκε από νεφροπάθειες, αλλοιώσεις στον σκελετό και εξαθένιση του ανοσοποιητικού συστήματος. [Χαραλάμπους Αικατερίνη]

3.4.5 Χρώμιο (Cr)

Το τρισθενές χρώμιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για το μεταβολισμό των σακχάρων και των λιπιδίων και συντελεί στην πρόληψη του διαβήτη και της αρτηριοσκλήρυνσης. Στα φυσικά ύδατα απαντάται συνήθως με τη μορφή εξασθενούς χρωμίου το οποίο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, αφού σε συγκεντρώσεις της τάξης των 10mg/Kg βάρους προκαλεί νέκρωση ιστών και νεφρική ανεπάρκεια, ενώ χαμηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν ερεθισμό του γαστρικού και εντερικού βλεννογόνου. [Χαραλάμπους Αικατερίνη]

Περιστατικά ρύπανσης των υδάτων με εξασθενές χρώμιο έχουν καταγραφεί στις ΗΠΑ, την Αυστραλία, το Ιράκ, ενώ στην Ελλάδα ανιχνεύτηκαν ανεβασμένα επίπεδα εξασθενούς χρωμίου στον ποταμό Ασωπό. [Vasilatos Charalampos et al.]

Το χρώμιο περιέχεται στα απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες αφού χρησιμοποιείται ως συστατικό κραμάτων, ως προστατευτικό διάβρωσης μετάλλων και ως μέσο για την προστασία αντλιών και εναλλακτών θερμότητας.

3.4.6 Νικέλιο (Ni)

Το νικέλιο περιέχεται σε απόβλητα επιμεταλλωτηρίων και γενικά βιομηχανιών κατεργασίας μετάλλων. Στον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές δερματίτιδες και άσθμα. Έρευνες έδειξαν ότι τα περισσότερα προβλήματα προκαλούνται από παράγωγα του νικελίου όπως το οξειδίο του νικελίου και τα κρυσταλλικά του σύμπλοκα π.χ. Ni_3S_2 . Λόγω του γεγονότος ότι δεν έχει ακόμη καθορισθεί η σχέση μεταξύ της δόσης του μετάλλου αυτού και της αντίδρασης του ανθρώπινου οργανισμού, τα όρια έκθεσης στο νικέλιο είναι ιδιαίτερα αυστηρά. [Λοϊζίδου Μαρία]

3.4.7 Μόλυβδος (Pb)

Τα οργανικά παράγωγα του μολύβδου, όπως το τετρα-μεθύλιο και το τετρα-αιθύλιο, χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στα καύσιμα, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα έκθεσης του ανθρώπου στο συστατικό αυτό. Επίσης παλαιότερα χρησιμοποιείτο σε σωλήνες μεταφοράς νερού, με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του σε αυτό και τη δημιουργία δυσμενών επιπτώσεων στον άνθρωπο. Ο μόλυβδος επεμβαίνει στη λειτουργία ενός ευρέως φάσματος ενζύμων, με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνος για όλους τους οργανισμούς. Ενδεικτικά για τον άνθρωπο έχουν αναφερθεί επιδράσεις στο νευρικό σύστημα, το ήπαρ και στην αναπαραγωγή ακόμη και σε περιπτώσεις έκθεσης μικρής διάρκειας. Κύριες πηγές μολύβδου είναι τα απόβλητα επιμεταλλωτηρίων, βιομηχανιών παραγωγής μπαταριών και χρωμάτων. [Λοϊζίδου Μαρία]

3.4.8 Μαγγάνιο (Mn)

Το Μαγγάνιο είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών και των ζωικών οργανισμών. Η ημερήσια συνιστώμενη ποσότητα για ενήλικες είναι 4mg. Είναι αρκετά διαδεδομένο σε πετρώματα και εισέρχεται στα νερά παρομοίως με τον Σίδηρο. Σε αναγωγικές συνθήκες προκύπτει διαλυτό μαγγάνιο και εμπλουτίζει τα υπόγεια ύδατα. Το διοθενές μαγγάνιο όταν έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα οξειδώνεται και προκαλεί τα ίδια προβλήματα με τον Σίδηρο (χρωματισμός νερού, δυσσομία), αλλά πιο έντονα. [Χαραλάμπος Αικατερίνη]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ***Νόμοι, Βιβλία, δημοσιεύσεις, διπλωματικές εργασίες και σημειώσεις*****Ελληνόγλωσσα**

Απόφαση υπ' αριθμόν 20488 "Καθορισμός Ποιοτικών Περιβαλλοντικών Προτύπων στον ποταμό Ασωπό και Οριακών Τιμών Εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 749, 31 Μαΐου 2010

Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ., *Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2004

Λοϊζίδου Μαρία, *Υγρά Απόβλητα*, Αθήνα 2006

Μάστακα Βασιλική, *Μικροβιακή διαδοχή κατά την κομποστοποίηση ιλύος από τον βιολογικό καθαρισμό Ηρακλείου με την μέθοδο των αναστρεφόμενων σωρών*, διπλωματική εργασία για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Βιώσιμη Ανάπτυξη του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα 2007

Νταρακάς Ευθύμιος, σημειώσεις του μαθήματος *Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος*, Θεσσαλονίκη 2011

Χαραλάμπους Αικατερίνη, *Υδατικό Περιβάλλον*, Αθήνα 2006

Ξενόγλωσσα

Vasilatos Charalampos, Megremi, Ifigeneia, Economou-Eliopoulos Maria, Mitsis Ioannis, *Hexavalent Chromium and other toxic elements in natural waters in the Thiva-Tanagra-Malakasa Basin*, Hellenic Journal of Geosciences, vol. 43, p 57-66, Greece 2008

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας είναι να προσδιοριστούν ορισμένες βασικές παράμετροι ποιότητας για δείγματα ύδατος διαφορετικής προέλευσης και δειγμάτων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και αστικών λυμάτων. Επομένως, από την μελέτη αποκλείστηκαν κάποιες κατηγορίες υδάτων που περιλαμβάνονται στις Κοινοτικές Οδηγίες (ύδατα κολύμβησης, ύδατα κατάλληλα για οστρακοειδή, και άλλα) και δεν συμβαδίζουν με αυτό το πνεύμα. Οι κατηγορίες υδάτων που μελετήθηκαν είναι:

- Πόσιμο νερό (Νερό του δικτύου της ΕΥΔΑΠ, από την περιοχή της Νέας Μάκρης Αττικής, το 2009)
- Εμφιαλωμένο νερό
- Νερό ποταμού (από τον ποταμό Ασωπό)
- Υπόγειο νερό (από την πηγή της Πεντέλης, κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση)
- Νερό από γεώτρηση (από εργαστήριο στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ)
- Πρωτοβάθμια επεξεργασμένο υγρό απόβλητο (από Βαφείο-φινιριστήριο στην περιοχή των Οινοφύτων Βοιωτίας)
- Πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα αστικά λύματα (δεδομένα εισροής και εκροής από σύστημα MBR)

Ακολουθούν φωτογραφίες των δειγμάτων και των πηγών λήψης:



Σχήμα 4.1: Νερό του ποταμού Ασωπού, στην περιοχή των Οινοφύτων



Σχήμα 4.2: Υπόγειο νερό από την Πηγή της Πεντέλης



Σχήμα 4.3: Επεξεργασμένα υγρά απόβλητα του βαφείου-φινιριστηρίου στην περιοχή των Οиноφύτων Βοιωτίας

Η λήψη δείγματος νερού από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ (περιοχή Νέας Μάκρης Αττικής), νερού γεώτρησης από το εργαστήριο στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ και του εμφιαλωμένου νερού πραγματοποιήθηκε την 26^η Οκτωβρίου 2009.

Η λήψη δείγματος νερού από τον ποταμό Ασωπό (περιοχή Οιοφυτών Βοιωτίας), υπογείου νερού από την Πηγή της Πεντέλης και υγρού αποβλήτου (από Βιομηχανία στην περιοχή τω Οιοφυτών Βοιωτίας που λειτουργεί ως βαφείο-φινιριστήριο) πραγματοποιήθηκε την 23^η Νοεμβρίου 2009.

Τα δεδομένα από πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα αστικά λύματα (είσοδος και έξοδος MBR) προέρχονται από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το 2009 στο πιλοτικό σύστημα MBR στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι συνοπτικά οι εξής: Βαρέα Μέταλλα (π.χ. Σίδηρος, Ψευδάργυρος), Στερεά (π.χ. ολικά στερεά), Βιοχημικές παράμετροι (π.χ. συγκεντρώσεις χλωριόντων, νιτρικών ιόντων), Φυσικοχημικές παράμετροι (π.χ. pH, αγωγιμότητα). Κάθε παράμετρος είχε επαναληψιμότητα των 4 μετρήσεων, και στα αποτελέσματα παρουσιάζονται πίνακες με τον μέσο όρο των μετρήσεων.

Στα παραρτήματα του παρόντος βιβλίου παρουσιάζονται πίνακες με τα όρια αποδοχής των επιλεγμένων παραμέτρων ποιότητας των οδηγιών 75/440/ΕΟΚ, 76/464/ΕΟΚ, 91/271/ΕΟΚ 98/83/ΕΕ, 2008/105/ΕΚ, καθώς και πίνακες με τις υποδείξεις του FAO για τις συγκεντρώσεις μετάλλων στο νερό που προορίζεται για άρδευση και επιδράσεις στις καλλιέργειες, και την επίδραση συγκεκριμένων παραμέτρων στην ποιότητα του νερού στα εδάφη. Τα αντίστοιχα όρια της ΚΥΑ 145116/2011 παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 1.

Οι εργαστηριακές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν, πραγματοποιήθηκαν βάσει των οδηγιών που αναφέρονται στο βιβλίο «Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton editors, 1998, American Public Health Association», καθώς και σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσης των φωτομετρικών kit της παρασκευάστριας εταιρίας Merck.

Ακολουθούν η περιγραφή των εργαστηριακών μεθόδων και τα αποτελέσματα των μετρήσεων (Κεφάλαιο 5).

Σημειώσεις για την πειραματική διαδικασία: Στον προσδιορισμό στερεών, χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικοί ζυγοί, μάρκας METTLER-TOLEDO και KERN αντίστοιχα, επειδή διαθέτουν διαφορετικό εύρος τιμών προσδιορισμού βάρους. Ενδεικτικά, ο πρώτος ζυγός διαθέτει υψηλότερο άνω όριο τιμών, κάτι που επέτρεψε την ζύγιση του πυρίμαχου σκεύους, ενώ ο δεύτερος αδυνατούσε. Για την ζύγιση, όμως, των φίλτρων διήθησης προτιμήθηκε ο δεύτερος ζυγός, καθώς διέθετε μεγαλύτερη ακρίβεια. Συγκεκριμένα, ο ζυγός KERN είχε ακρίβεια 4 δεκαδικών ψηφίων, ενώ ο METTLER-TOLEDO είχε ακρίβεια 3 δεκαδικών ψηφίων.

pH

Το pH μετράται με την χρήση πεχαμέτρου, και αποτελεί μέτρο της οξύτητας ενός υγρού δείγματος. Η μέτρηση πρέπει να πραγματοποιείται κατά προτίμηση αμέσως μετά την δειγματοληψία, ή όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Επειδή η θερμοκρασία του δείγματος επηρεάζει την τιμή του pH, πρέπει να αναφέρεται η θερμοκρασία τόσο κατά την δειγματοληψία όσο και κατά την μέτρηση.

Εφαρμόστηκε η μέθοδος 4500 B, από το βιβλίο Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton editors, 1998, American Public Health Association.

Όργανα - Σκεύη

- Πεχάμετρο
- Ποτήρι ζέσεως

Αντιδραστήρια

- Απιονισμένο νερό
- Δείγμα προς μέτρηση

Διαδικασία

Λαμβάνεται αρκετή ποσότητα δείγματος και τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως. Ξεπλένεται το άκρο του pH-μέτρου με απιονισμένο νερό και στην συνέχεια βυθίζεται στο δείγμα, το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου. Λαμβάνεται η ένδειξη του οργάνου.

Αγωγιμότητα (Conductivity)

Η Αγωγιμότητα μετράται με την χρήση ενός αγωγιμόμετρου. Η μέτρηση πρέπει να πραγματοποιείται κατά προτίμηση αμέσως μετά την δειγματοληψία, ή όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Επειδή η θερμοκρασία του δείγματος επηρεάζει την τιμή της αγωγιμότητας, πρέπει να αναφέρεται η θερμοκρασία τόσο κατά την δειγματοληψία όσο και κατά την μέτρηση.

Εφαρμόστηκε η μέθοδος 2510 B, από το βιβλίο Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton editors, 1998, American Public Health Association.

Όργανα - Σκεύη

- Αγωγιμόμετρο
- Ποτήρι ζέσεως

Αντιδραστήρια

- Απιονισμένο νερό
- Δείγμα προς μέτρηση

Διαδικασία

Λαμβάνεται ποσότητα δείγματος και τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως. Ξεπλένεται το άκρο του αγωγιμομέτρου με απιονισμένο νερό και στην συνέχεια βυθίζεται στο δείγμα, το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου. Λαμβάνεται η ένδειξη του οργάνου.

Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (Suspended Solids)

Εναιωρούμενα στερεά είναι όλα τα σωματίδια που κατακρατούνται σε φίλτρο Goosh ή φίλτρο με γυάλινες ίνες, οπής διαμέτρου 1μ, και παραμένουν μετά από ξήρανση του φίλτρου, στους 103-105°C.

Εφαρμόστηκε η μέθοδος 2540 D, από το βιβλίο Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton editors, 1998, American Public Health Association.

Όργανα – Σκεύη

- Φίλτρο διήθησης
- Διάταξη διήθησης (αντλία πίεσης, κωνική φιάλη, μεταλλικό πλέγμα στο στόμιο της φιάλης, φίλτρο, χωνί για την ροή του δείγματος)
- Φούρνος με ικανότητα σταθερής θέρμανσης στους 103-105°C
- Φούρνος με ικανότητα σταθερής θέρμανσης στους 540°C
- Ξηραντήρας
- Ζυγός KERN

Αντιδραστήρια

- Δείγμα

Διαδικασία

Στην προετοιμασία του πειράματος, το διηθητικό φίλτρο τοποθετείται σε φούρνο θερμοκρασίας 540°C για χρονικό διάστημα 20 λεπτών, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία. Έπειτα, το φίλτρο τοποθετείται στον ξηραντήρα για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Το φίλτρο ζυγίζεται και λαμβάνεται η μέτρηση.

Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η διήθηση 250ml δείγματος σε ειδική διάταξη που περιλαμβάνει μια αντλία πίεσης συνδεδεμένη με κωνική φιάλη στο στόμιο της οποίας τοποθετείται το μεταλλικό πλέγμα στήριξης του φίλτρου διήθησης, ενώ ένα χωνί επιτρέπει την ροή του δείγματος από το φίλτρο στην κωνική φιάλη. Το φίλτρο αφαιρείται από την διάταξη, και τοποθετείται σε φούρνο θερμοκρασίας 105°C για χρονικό διάστημα 90 λεπτών. Το φίλτρο αφαιρείται από τον φούρνο και τοποθετείται σε ξηραντήρα για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Τέλος, το φίλτρο ζυγίζεται και ακολουθεί η σύγκριση των βαρών του φίλτρου.

Ολικά Διαλυμένα Στερεά στους 180°C (Total Dissolved Solids)

Τα ολικά διαλυμένα στερεά είναι τα σωματίδια που βρίσκονται διαλυμένα ή σε κολλοειδή μορφή σε ένα διάλυμα και δύνανται να διέλθουν από πόρο διαμέτρου 1 μm (φίλτρο Goosh ή φίλτρο με γυάλινες ίνες) και παραμένουν μετά από εξάτμιση και ξήρανση, στους 180°C.

Εφαρμόστηκε η μέθοδος 2540 C, από το βιβλίο Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton editors, 1998, American Public Health Association.

Όργανα – Σκεύη

- Πυρίμαχα σκεύη
- Ξηραντήρας
- Ζυγός Mettler-Toledo
- Φούρνος με ικανότητα σταθερής θέρμανσης στους 180°C

Αντιδραστήρια

- Δείγμα

Διαδικασία

Στην προετοιμασία του πειράματος, το πυρίμαχο σκεύος καθαρίζεται καλά από σκόνη και από τυχόν υπολείμματα άλλων ουσιών. Έπειτα, τοποθετείται στον φούρνο σε θερμοκρασία 180°C για χρονικό διάστημα 60 λεπτών, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία. Αφαιρείται από τον φούρνο και τοποθετείται σε ξηραντήρα για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Το σκεύος αφαιρείται από τον ξηραντήρα, ζυγίζεται κενό, και λαμβάνεται η μέτρηση.

Στην συνέχεια, 100ml δείγματος τοποθετούνται στο ζυγισμένο πυρίμαχο σκεύος, και το σκεύος τοποθετείται προσεκτικά στον φούρνο σε θερμοκρασία 180°C για χρονικό διάστημα 24 ωρών. Το σκεύος αφαιρείται από τον φούρνο και τοποθετείται σε ξηραντήρα για χρονικό διάστημα 15 λεπτών, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Το σκεύος αφαιρείται από τον ξηραντήρα, ζυγίζεται με το ίζημα των στερεών, και λαμβάνεται η μέτρηση. Συγκρίνονται τα βάρη των σκευών.

Εξατμιζόμενα Στερεά (Volatile Solids)

Ο προσδιορισμός των εξατμιζομένων στερεών είναι χρήσιμος στον σχεδιασμό και τον έλεγχο εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων γιατί επιτρέπει, κατά προσέγγιση, τον υπολογισμό της περιεκτικότητας οργανικής ύλης στα απόβλητα, της ενεργοποιημένης βιομάζας, των ιζημάτων σε λίμνες, κλπ.

Όργανα – Σκεύη

- Φίλτρο διήθησης
- Διάταξη διήθησης (αντλία πίεσης, κωνική φιάλη, μεταλλικό πλέγμα στο στόμιο της φιάλης, χωνί για την ροή του δείγματος)
- Φούρνος με ικανότητα σταθερής θέρμανσης στους 103-105°C
- Φούρνος με ικανότητα σταθερής θέρμανσης στους 540°C
- Ξηραντήρας
- Ζυγός KERN

Αντιδραστήρια

- Δείγμα

Διαδικασία

(Το πείραμα αποτελεί ουσιαστικά την συνέχεια της μεθόδου των εναιωρουμένων στερεών, όπως περιγράφηκε προηγουμένως.)

Στην προετοιμασία του πειράματος, το διηθητικό φίλτρο τοποθετείται σε φούρνο θερμοκρασίας 540°C για χρονικό διάστημα 20 λεπτών, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία. Έπειτα, το φίλτρο τοποθετείται στον ξηραντήρα για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Το φίλτρο ζυγίζεται και λαμβάνεται η μέτρηση.

Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η διήθηση 250ml δείγματος σε ειδική διάταξη που περιλαμβάνει μια αντλία πίεσης συνδεδεμένη με κωνική φιάλη στο στόμιο της οποίας τοποθετείται το μεταλλικό πλέγμα στήριξης του φίλτρου διήθησης, ενώ ένα χωνί επιτρέπει την ροή του δείγματος από το φίλτρο στην κωνική φιάλη. Το φίλτρο αφαιρείται από την διάταξη, και τοποθετείται σε φούρνο

θερμοκρασίας 105°C για χρονικό διάστημα 90 λεπτών. Το φίλτρο αφαιρείται από τον φούρνο και τοποθετείται σε ξηραντήρα για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Τέλος, το φίλτρο ζυγίζεται και ακολουθεί η σύγκριση των βαρών του φίλτρου.

Το ίδιο φίλτρο μετά την ζύγιση, τοποθετείται σε φούρνο σε θερμοκρασία 540°C για χρονικό διάστημα 20 λεπτών. Έπειτα, το φίλτρο τοποθετείται στον ξηραντήρα για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου προστατευμένο από την υγρασία. Το φίλτρο ζυγίζεται και η τελευταία μέτρηση συγκρίνεται με την αμέσως προηγούμενη, οπότε υπολογίζονται τα εξατμιζόμενα στερεά.

Καθιζάνοντα στερεά κατά Imhoff

Τα καθιζάνοντα στερεά αποτελούν το μέρος των στερεών, που λόγω μεγέθους ή βάρους, καθιζάνουν σε χρονικό διάστημα μιας ώρας σε ογκομετρικό κώνο Imhoff.

Όργανα - Σκεύη

- Ογκομετρικός Κώνος Imhoff των 1000ml

Αντιδραστήρια

- Δείγμα

Διαδικασία

Το δείγμα αναδεύεται καλά και γεμίζεται ο κώνος Imhoff μέχρι την χαραγή του ενός λίτρου. Το δείγμα αφήνεται για χρονικό διάστημα 60 λεπτών, και σημειώνεται ο όγκος (ml) των στερεών που έχουν συγκεντρωθεί στον πυθμένα του κώνου. Τυχόν επιπλέοντα στερεά δεν υπολογίζονται.

Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, C.O.D.)

Για την μέτρηση του C.O.D. των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14541 και 1.14560, λόγω της μεταξύ των διαφοράς στο εύρος προσδιοριζόμενων τιμών.

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήριο C.O.D. του kit

Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας με αντιδραστήριο C.O.D.
- Θερμοαντιδραστήρας
- Κυψελίδα αναφοράς
- Κυψελίδα των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Με πιπέτα λαμβάνονται 3,0ml δείγματος. Συνιστάται η χρήση μάσκας για την προστασία του προσώπου. Το δείγμα προστίθεται αργά και προσεκτικά σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα του kit που περιέχει συγκεκριμένη ποσότητα υγρού αντιδραστηρίου από την παρασκευάστρια εταιρία. Ο σωλήνας θερμαίνεται λόγω της εξώθερμης αντίδρασης που προκλήθηκε από την παραπάνω ανάμιξη, και αναδεύεται καλά κρατώντας τον από το καπάκι. Ο σωλήνας τοποθετείται σε θερμοαντιδραστήρα στους 148°C για χρονικό διάστημα 120 λεπτών. Με το τέλος της θέρμανσης ο σωλήνας αφαιρείται από την συσκευή. 10 λεπτά μετά την αφαίρεση ο σωλήνας αναδεύεται ελαφρώς, και αφήνεται ξανά να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς να ψυχανθεί τεχνητά (π.χ. με υδατόλουτρο), για τουλάχιστον 30 λεπτά (χρόνος ψύχρανσης).

Στην συνέχεια, λαμβάνεται ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώνεται η κυψελίδα των 10mm ή 50mm (αναλόγως του δείγματος), οπότε τοποθετείται στο φωτόμετρο και λαμβάνεται η ζητούμενη μέτρηση.

Διαλυμένο Οξυγόνο (Dissolved Oxygen)

Εφαρμόστηκε η μέθοδος 4500-O G, από το βιβλίο Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton editors, 1998, American Public Health Association.

Αντιδραστήρια

- Δείγμα

Όργανα – Σκεύη

- Οξυγονόμετρο
- Φιάλη B.O.D. με εσφυρισμένο πώμα χωρητικότητας 300ml

Διαδικασία

Το οξυγονόμετρο πρέπει πρώτα να ελεγχθεί και να βαθμονομηθεί, πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Συγκεκριμένα, βυθίζεται σε φιάλη B.O.D. που περιέχει απεσταγμένο νερό, και βαθμονομείται για την μηδενική τιμή.

Στην συνέχεια, προστίθεται στην φιάλη B.O.D. ποσότητα δείγματος τέτοια ώστε να μην ξεχειλίζει από το στόμιο της φιάλης. Το οξυγονόμετρο βυθίζεται στην φιάλη B.O.D. ώστε να γεμίσει το άνω μέρος του στομίου, προσέχοντας να μην παγιδευτεί κάποια φυσαλίδα αέρα στον θόλο της μεμβράνης του οργάνου. Ελέγχεται η τιμή μέτρησης της θερμοκρασίας του δείγματος που μετράει το οξυγονόμετρο.

Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon)

Με τη μέτρηση της τιμής του ολικού οργανικού άνθρακα προσδιορίζεται η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την οξείδωση των ανθρακούχων ουσιών που περιέχονται στο δείγμα. Ο προσδιορισμός αυτής της παραμέτρου είναι σημαντικός όταν πρόκειται για απόβλητα που περιέχουν σημαντικές ποσότητες ανθρακούχων ενώσεων.

Περιγράφεται ο τρόπος μέτρησης του ολικού οργανικού άνθρακα σε υδατικά διαλύματα με τη χρήση της συσκευής Total Organic Analyzer (TOC-V). Το όργανο είναι συνδεδεμένο με την μονάδα στερεών δειγμάτων (SSM-5000A) της εταιρίας Shimadzu. Η διαδικασία μέτρησης πραγματοποιήθηκε με βάση το εγχειρίδιο χρήσης του κατασκευαστή.

Διαδικασία

Για την μέτρηση του Ολικού Οργανικού Άνθρακα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος $T.O.C. = N.P.O.C. + P.O.C.$, δηλαδή το άθροισμα του Μη Πτητικού Οργανικού Άνθρακα (Non Purgeable Organic Carbon) και του Πτητικού Οργανικού Άνθρακα (Purgeable Organic Carbon) αντίστοιχα. Ακολουθεί η περιγραφή των αντίστοιχων διαδικασιών μέτρησης των δύο επιμέρους παραμέτρων.

Αρχή προσδιορισμού του Μη Πτητικού Οργανικού Άνθρακα (N.P.O.C.)

Το δείγμα οξινίζεται με φωσφορικό οξύ (H_3PO_4 25%) σε pH 2 έως 3. Ακολούθως διαβιβάζεται φέρον αέριο (υπερκάθαρος αέρας) το οποίο απομακρύνει το διαλυμένο στο δείγμα διοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα ανθρακικά άλατα που περιέχονται στο δείγμα. Στο δείγμα παραμένει μόνο ο οργανικός μη πτητικός άνθρακας. Αν στο δείγμα περιέχεται και πτητικός οργανικός άνθρακας, αυτός απομακρύνεται με αυτή τη διαδικασία.

Κατόπιν το δείγμα (το οποίο περιέχει πλέον μόνο τον μη πτητικό οργανικό άνθρακα), εισάγεται στο σωλήνα καύσης όπου οξειδώνεται και σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το φέρον αέριο ρέει μέσα από το σωλήνα καύσης και παραλαμβάνει το διοξείδιο του άνθρακα και τα υπόλοιπα προϊόντα της καύσης τα οποία μεταφέρει σε ένα αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία ενώ ταυτόχρονα ψύχονται τα αέρια της καύσης. Ακολούθως το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από μια παγίδα αλογόνων, (όπου κατακρατούνται τα αλογόνα που ίσως περιέχει) για να καταλήξει στην κυψελίδα του ανιχνευτή NDIR (Non Dispersive Infra Red gas analyzer), όπου το διοξείδιο του άνθρακα ανιχνεύεται.

Αρχή προσδιορισμού Πτητικού Οργανικού Άνθρακα (P.O.C.)

Το δείγμα οξινίζεται με φωσφορικό οξύ (H_3PO_4) σε pH 2 έως 3. Ακολούθως διαβιβάζεται φέρον αέριο (υπερκάθαρος αέρας) το οποίο απομακρύνει το διαλυμένο στο δείγμα διοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα ανθρακικά άλατα που περιέχονται στο δείγμα. Το φέρον αέριο παρασέρνει επίσης και τον οργανικό άνθρακα ο οποίος είναι πτητικός και οδηγείται σε μια παγίδα υδροξειδίου του λιθίου ($LiOH$), όπου κατακρατείται το διοξείδιο του άνθρακα που προέρχεται από τον ανόργανο άνθρακα του δείγματος. Στην συνέχεια το φέρον αέριο που ακόμα περιέχει τον πτητικό οργανικό άνθρακα του δείγματος εισάγεται στο σωλήνα καύσης.

Ο πτητικός άνθρακας του δείγματος οξειδώνεται και σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το φέρον αέριο παρασέρνει το διοξείδιο του άνθρακα και τα υπόλοιπα προϊόντα της καύσης τα οποία μεταφέρει σε ένα αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία ενώ ταυτόχρονα ψύχονται τα αέρια της καύσης. Ακολούθως το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από μια παγίδα αλογόνων, (όπου κατακρατούνται τα αλογόνα που ίσως περιέχει) για να καταλήξει στην κυψελίδα του ανιχνευτή NDIR (Non Dispersive Infra Red gas analyzer), όπου το διοξείδιο του άνθρακα ανιχνεύεται.

Φαινόλες(PH⁻)

Για την μέτρηση των Φαινολικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.00856

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια Ph-1, Ph-2, και Ph-3 στο kit

Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 1,0ml και 5,0ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Διάταξη διήθησης (αντλία πίεσης, κωνική φιάλη, μεταλλικό πλέγμα στο στόμιο της φιάλης, φίλτρο, χωνί για την ροή του δείγματος)
- Κυψελίδες των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Ελέγχεται πρώτα αν το pH του δείγματος κυμαίνεται στο εύρος τιμών 2-11, και αναλόγως ρυθμίζεται με διάλυμα θεικού οξέος ή υδροξειδίου του νατρίου. Θολερά δείγματα πρέπει να υφίστανται διήθηση, για να κατακρατηθούν διαλυμένα σωματίδια που επηρεάζουν το φωτόμετρο.

Λαμβάνονται με πιπέτα 10ml δείγματος και τοποθετούνται σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται με πιπέτα 1,0ml αντιδραστηρίου Ph-1, και ο σωλήνας αναδεύεται. Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου Ph-2 με το ειδικό κουταλάκι και ο σωλήνας αναδεύεται καλά, μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς. Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου Ph-3 με το ειδικό κουταλάκι και ο σωλήνας αναδεύεται καλά, μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για χρονικό διάστημα 10 λεπτών (χρόνος αντίδρασης). Συμπληρώνεται με δείγμα η κυψελίδα των 10mm κα των 50mm (ανάλογα με το δείγμα), και τοποθετείται για μέτρηση στο φωτόμετρο

Σκληρότητα (Hardness)

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας με την παρούσα μέθοδο βασίζεται στην από κοινού δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από το δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος (EDTA) σε αλκαλικό περιβάλλον (pH περίπου 10), παρουσία δείκτη Eriochrome Black T.

Αντιδραστήρια

- Διάλυμα E.D.T.A. 0,01 M
- Ρυθμιστικό διάλυμα pH 10
- Δείκτης E.B.T.
- Δείγμα

Όργανα – Σκεύη

- Προχοΐδα 50 ml
- Σταγονόμετρο
- Σιφώνια πλήρωσης των 25 ml και 10 ml
- Κωνική φιάλη των 250 ml

Διαδικασία

Πριν την ανάλυση, τα θολά δείγματα λόγω ύπαρξης διαλυμένων στερεών πρέπει να υφίστανται διήθηση, ώστε τα σωματίδια αυτά να απομακρυνθούν.

Αρχικά, λαμβάνονται με σιφώνιο πλήρωσης 25 ml δείγματος και τοποθετούνται σε κωνική φιάλη των 250 ml. Στο δείγμα προστίθενται με σιφώνιο πλήρωσης 10 ml ρυθμιστικού διαλύματος pH 10 και 2-3 σταγόνες δείκτη E.B.T., οπότε το διάλυμα αποκτά ιώδες χρώμα. Το δείγμα τιτλοδοτείται με διάλυμα E.D.T.A. 0,01 M μέσω της προχοΐδας των 50 ml, ως το σημείο όπου το διάλυμα αλλάξει χρώμα από ιώδες σε κυανό, σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 5 λεπτών από την προσθήκη του ρυθμιστικού διαλύματος. Σημειώνονται τα ml διαλύματος E.D.T.A. που καταναλώθηκαν στην τιτλοδότηση.

Ολικό Άζωτο (Total Nitrogen)

Για την μέτρηση του Ολικού Αζώτου των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14537

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια N-1K, N-2K, και N-3K

Σκεύη – Όργανα

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Θερμοαντιδραστήρας
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Κυψελίδα (cell) των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Πρώτα πραγματοποιείται χώνευση στα δείγματα. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται με πιπέτα 10ml δείγματος και τοποθετούνται σε άδειο δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου N-1K με τον ειδικό μηχανισμό που περιλαμβάνεται στην συσκευασία του kit, και ο σωλήνας αναδεύεται. Έπειτα, με το ειδικό σταγονόμετρο προστίθενται 6 σταγόνες αντιδραστηρίου N-2K, ο σωλήνας κλείνεται καλά και αναδεύεται. Στην συνέχεια, ο σωλήνας θερμαίνεται σε θερμοαντιδραστήρα στους 120°C για χρονικό διάστημα 60 λεπτών, και με το τέλος της θέρμανσης αφήνεται να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χωρίς να ψυχρανθεί τεχνητά (π.χ. με υδατόλουτρο). Ο σωλήνας αναδεύεται σύντομα 10 λεπτά μετά το τέλος της χώνευσης, και συνεχίζεται η φυσική ψύχρασή του.

Στην συνέχεια, προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου N-3K με το ειδικό κουταλάκι σε δοκιμαστικό σωλήνα του kit (που περιέχει υγρό), και αναδεύεται καλά μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς. Από τον σωλήνα της χώνευσης, λαμβάνονται με πιπέτα 1,5ml δείγματος και προστίθενται στον προηγούμενο δοκιμαστικό σωλήνα με προσοχή, ενώ αυτός θερμαίνεται απότομα, και κλείνεται αμέσως. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών γυαλιών. Κρατώντας τον σωλήνα από το καπάκι, αναδεύεται καλά και αφήνεται σε ηρεμία για χρονικό διάστημα 10 λεπτών (χρόνος αντίδρασης). Χωρίς να ψυχρανθεί τεχνητά, το τελικό μίγμα συμπληρώνεται σε κυψελίδα των 10mm και 50mm (αναλόγως του δείγματος) με κατάλληλη ποσότητα, και αυτή τοποθετείται σε φωτόμετρο για να μετρηθεί η παράμετρος.

Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+)

Για την μέτρηση των Αμμωνιακών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14752

Αντιδραστήρια

- Αντιδραστήρια NH_4 -1, NH_4 -2, και NH_4 -3 στο kit
- Δείγμα

Όργανα - Σκεύη

- Πιπέτα των 5 ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα (cell) των 10 mm
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Λαμβάνονται με πιπέτα 5 ml δείγματος και προστίθενται εντός στεγνού δοκιμαστικού σωλήνα. Στην συνέχεια, λαμβάνονται με πιπέτα 0,6 ml NH_4^+ και προστίθενται εντός του σωλήνα με ανάδευση. Προστίθεται 1 δόση αντιδραστηρίου NH_4^+ (2) με το ειδικό κουταλάκι εντός του σωλήνα. Ακολουθεί ζωηρή ανάδευση έως ότου διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο, και αφήνεται για 5 λεπτά (χρόνος αντίδρασης Α) σε κατάσταση ηρεμίας. Στην συνέχεια, προστίθενται 4 σταγόνες αντιδραστηρίου NH_4^+ (3) με το ειδικό σταγονόμετρο που παρέχεται από την κατασκευάστρια εταιρία του kit, ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται, και αφήνεται πάλι για 5 λεπτά (χρόνος αντίδρασης Β) σε κατάσταση ηρεμίας. Ύστερα, λαμβάνεται ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώνεται η κυψελίδα. Τέλος, η κυψελίδα τοποθετείται στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς, και λαμβάνεται η μέτρηση σε NH_4^+ -N. Θολερά δείγματα πρέπει να υφίστανται διήθηση, για να κατακρατηθούν διαλυμένα σωματίδια που επηρεάζουν το φωτόμετρο.

Νιτρώδη ιόντα (NO₂⁻)

Για την μέτρηση των Νιτροδών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14776

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήριο NO₂-1 Όργανα - Σκεύη
- Πιπέτα των 5 ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα (cell) των 10 mm και των 50mm
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Λαμβάνονται με πιπέτα 5 ml δείγματος και προστίθενται εντός του δοκιμαστικού σωλήνα που περιέχει NO₂-1 σε μορφή σκόνης και συγκεκριμένη ποσότητα, βάσει των προδιαγραφών της παρασκευάστριας εταιρίας, εντός δοκιμαστικού σωλήνα του kit.

Στην συνέχεια, κλείνεται το καπάκι στον σωλήνα καλά και αυτός αναδεύεται ζωηρά μέχρι να διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο στο δείγμα, οπότε αφήνεται σε κατάσταση ηρεμίας για 10 λεπτά (χρόνος αντίδρασης). Ύστερα, λαμβάνεται ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώνεται η κυψελίδα (διαφορετική κατά περίπτωση). Τέλος, η κυψελίδα τοποθετείται με καθαρή εξωτερική επιφάνεια στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς του kit, και λαμβάνεται η μέτρηση σε NO₂⁻-N.

Νιτρικά ιόντα (NO_3^-)

Για την μέτρηση των Νιτρικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.09713

Αντιδραστήρια

- Αντιδραστήρια NO_3^- -1 και NO_3^- -2 του kit
- Δείγμα

Όργανα - Σκεύη

- Πιπέτα των 5 ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα (cell) των 10 mm και των 50mm
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Λαμβάνονται με πιπέτα 4 ml NO_3^- και προστίθενται εντός στεγνού και καθαρού δοκιμαστικού σωλήνα. Στην συνέχεια, λαμβάνονται με πιπέτα 0,5 ml δείγματος και προστίθενται εντός του σωλήνα, χωρίς ανάδευση. Λαμβάνονται με πιπέτα 0,5 ml NO_3^{2-} και προστίθενται εντός του σωλήνα. Ακολουθεί ανάδευση κρατώντας το πάνω μέρος του σωλήνα, λόγω ανάπτυξης θερμότητας, και αφήνεται σε ηρεμία για 10 λεπτά (χρόνος αντίδρασης). (Να αποφεύγεται η τοποθέτηση του σωλήνα σε υδατόλουτρο ώστε να μειωθεί γρηγορότερα η θερμοκρασία του.) Ύστερα, λαμβάνεται ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώνεται η κυψελίδα (διαφορετική κατά περίπτωση). Τέλος, η κυψελίδα τοποθετείται με καθαρή εξωτερική επιφάνεια στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς του kit, και λαμβάνεται η μέτρηση σε $\text{NO}_3\text{-N}$.

Φωσφορικά (PO₄³⁻)

Για την μέτρηση των Φωσφορικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14848

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια PO₄-1 και PO₄-2 στο kit

Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδες των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Ελέγχεται πρώτα αν το pH του δείγματος κυμαίνεται στο εύρος τιμών 0-10, και αναλόγως ρυθμίζεται με διάλυμα θειικού οξέος.

Στην συνέχεια, λαμβάνονται με πιπέτα 5,0ml δείγματος και τοποθετούνται σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθενται 5 σταγόνες αντιδραστηρίου PO₄-1 και ο σωλήνας αναδεύεται. Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου PO₄-2 με το ειδικό κουταλάκι του kit, κα ο σωλήνας αναδεύεται καλά μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για χρονικό διάστημα 5 λεπτών (χρόνος αντίδρασης). Συμπληρώνεται με δείγμα η κυψελίδα των 10mm κα των 50mm (ανάλογα με το δείγμα), και τοποθετείται για μέτρηση στο φωτόμετρο.

Χλωριούχα (Cl⁻)

Για την μέτρηση των Χλωριούχων ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14897

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια Cl-1 και Cl-2 στο kit

Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 1,0 και 5,0ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Κυψελίδες των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Αρχικά ελέγχεται το pH του δείγματος, που πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1 έως 12, αλλιώς ρυθμίζεται με διάλυμα αμμωνίας ή νιτρικού οξέος. Τυχόν θολερά δείγματα πρέπει να υφίστανται διήθηση, για να απομακρυνθούν σωματίδια που παρεμποδίζουν τον προσδιορισμό της προς μέτρηση παραμέτρου.

Λαμβάνονται με πιπέτα 1,0ml δείγματος και προστίθενται σε άδειο δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθενται 2,5ml αντιδραστήριου Cl-1 και ο σωλήνας αναδεύεται. Προστίθενται 0,50ml αντιδραστήριου Cl-2 και ο σωλήνας αναδεύεται. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 1 λεπτό (χρόνος αντίδρασης), συμπληρώνεται η κυψελίδα των 10mm με δείγμα και τοποθετείται στο φωτόμετρο.

Θειικά (SO₄²⁻)

Για την μέτρηση Θεικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14548

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήριο SO₄-1K

Σκεύη – Όργανα

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Κυψελίδα (cell) των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Αρχικά, ελέγχεται το pH του δείγματος, που πρέπει να κυμαίνεται από 2 έως 10, αλλιώς ρυθμίζεται με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου ή υδροχλωρικού οξέος, αναλόγως. Πρώτα παρασκευάζεται ένα «τυφλό» διάλυμα, με την προσθήκη 5ml δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα με λευκό καπάκι που παρέχεται ειδικά για αυτόν τον σκοπό στο kit από την παρασκευάστρια εταιρία Merck.

Με πιπέτα λαμβάνονται 5ml δείγματος και προστίθενται σε δοκιμαστικό σωλήνα του kit που περιέχει υγρό αντιδραστήριο, και αναδεύεται. Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου SO₄-1K με το ειδικό κουταλάκι, ο σωλήνας κλείνεται καλά και αναδεύεται μέχρι να διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 2 λεπτά (χρόνος αντίδρασης), συμπληρώνεται η κυψελίδα με ποσότητα δείγματος και τοποθετείται στο φωτόμετρο.

Κυανιούχα (CN⁻)

Για την μέτρηση των Κυανιούχων ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.09701

Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια CN-1K, CN-2K, CN-3K και CN-4K

Σκεύη – Όργανα

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Θερμοαντιδραστήρας
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Κυψελίδα (cell) των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

Διαδικασία

Πρώτα πραγματοποιείται χώνευση στα δείγματα. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται με πιπέτα 10ml δείγματος και τοποθετούνται σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται μια δόση αντιδραστήριου CN-1K με τον ειδικό μηχανισμό που περιλαμβάνεται στην συσκευασία του kit, και ο σωλήνας αναδεύεται για λίγο. Έπειτα, ο σωλήνας θερμαίνεται σε θερμοαντιδραστήρα στους 120°C για χρονικό διάστημα 30 λεπτών, και αφήνεται να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χωρίς να ψυχανθεί τεχνητά (π.χ. με υδατόλουτρο). Ο σωλήνας αναδεύεται για λίγο και ανοίγεται. Αμέσως προστίθενται σ' αυτόν 3 σταγόνες αντιδραστήριου CN-2K με προσοχή. Ο σωλήνας κλείνεται καλά και αναδεύεται, ενώ το pH του περιεχομένου πρέπει να κυμαίνεται από 4,5 ως 8, αλλιώς ρυθμίζεται αναλόγως με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου ή θειικού οξέος. Ο σχετικός έλεγχος πραγματοποιείται με το πεχάμετρο.

Στην συνέχεια, από τον προηγούμενο σωλήνα λαμβάνονται με πιπέτα 5ml δείγματος και τοποθετούνται σε άδειο δοκιμαστικό σωλήνα. Έπειτα, προστίθεται μια δόση αντιδραστήριου CN-3K με το ειδικό κουταλάκι που περιέχεται στο kit, και ο σωλήνας αναδεύεται για λίγο. Στην συνέχεια, προστίθεται μια δόση αντιδραστήριου CN-4K με το ειδικό κουταλάκι που περιέχεται στο kit, και ο σωλήνας αναδεύεται μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς και αφήνεται σε ηρεμία για χρονικό διάστημα 10 λεπτών (χρόνος αντίδρασης). Έχοντας υπ' όψιν ότι το χρώμα του δείγματος διατηρείται σταθερό για άλλα 20 λεπτά, συμπληρώνεται κυψελίδα των 10mm και 50mm (αναλόγως του δείγματος) με κατάλληλη ποσότητα δείγματος και αυτή τοποθετείται σε φωτόμετρο για να μετρηθεί η παράμετρος.

Προσδιορισμός μετάλλων με Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης

Χρησιμοποιήθηκε το Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Perkin Elmer 2380, AAS – ΕΜ για τον προσδιορισμό Χρωμίου (Cr), Καδμίου (Cd), Χαλκού (Cu), Νικελίου (Ni), Μολύβδου (Pb), Ψευδαργύρου (Zn), Μαγνησίου (Mn) και Σιδήρου (Fe) στα δείγματα.

Μέθοδος

Προετοιμασία δείγματος:

Σε περίπτωση στερεού δείγματος ή υγρού με μεγάλη περιεκτικότητα σε στερεά, απαιτείται προεπεξεργασία του δείγματος όπως περιγράφεται από την παρακάτω διαδικασία χώνευσης:

- 0,5g στερεού τοποθετούνται σε ειδική κωνική φιάλη και προστίθενται 4ml H₂SO₄ καθαρότητας 97%
- Ακολούθως η φιάλη τοποθετείται σε ειδική συσκευή χώνευσης που φτάνει σε θερμοκρασία 440°C
- σε 5min προστίθενται 16,7ml υπεροξειδίου του υδρογόνου 30% και σε διάστημα ενός λεπτού από την στιγμή που θα πέσει η τελευταία σταγόνα υπεροξειδίου σταματάει η χώνευση
- αφού κρυώσει εντελώς η κωνική φιάλη, διηθείται υπό κενό το υγρό διάλυμα (V₂) που περιέχει με φίλτρα GF/C 1,2μm και μετριέται η περιεκτικότητα του (C₂) σε μέταλλο (γίνεται προσθήκη απιονισμένου νερού για πλήρη απομάκρυνση του διαλύματος από την ειδική κωνική φιάλη).

Όταν το δείγμα είναι υγρό ή σε μορφή υδαρής λάσπης (MLSS < 6 g/l) δεν απαιτείται η παραπάνω προεπεξεργασία. Πραγματοποιείται μόνο διήθηση με φίλτρα GF/C 1,2μm και η κατάλληλη αραιώση του δείγματος.

Για να υπολογιστεί η περιεκτικότητα του δείγματος σε μέταλλο (C₁) γίνεται χρήση του τύπου $C_1 * V_1 = C_2 * V_2$, όπου:

C₁: συγκέντρωση μετάλλου στο δείγμα (σε ppm)

V₁: ο αρχικός όγκος βιομάζας που ξηράθηκε στο φούρνο (σε ml)

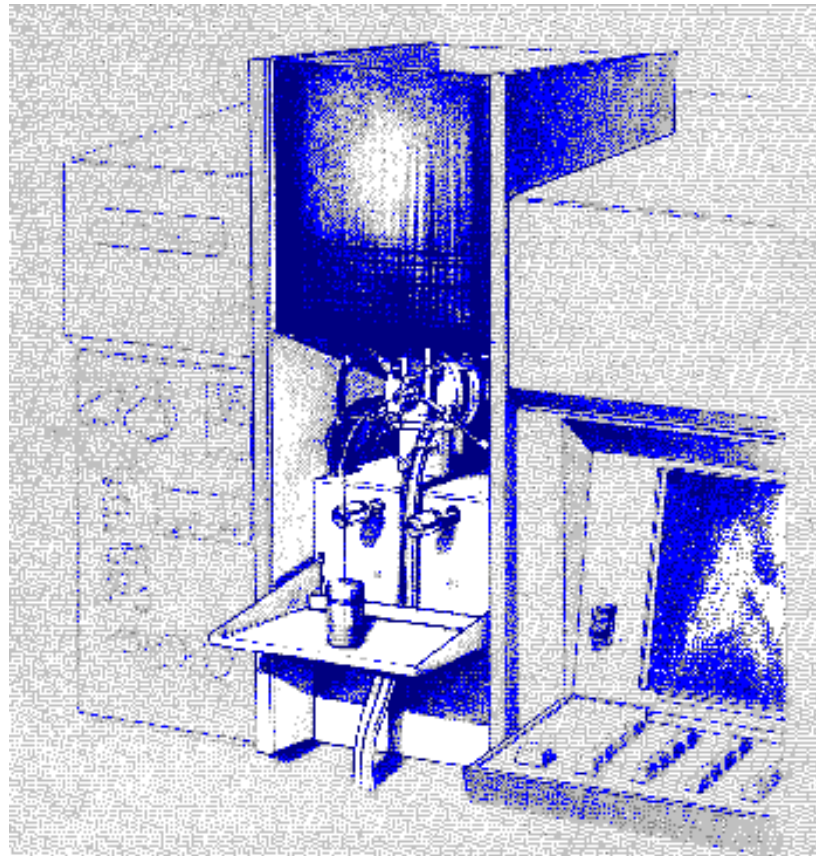
C₂: συγκέντρωση μετάλλου στο διήθημα μετά την χώνευση (σε ppm)

V₂: τελικός όγκος διηθήματος (σε ml)



Σχήμα 4.4: Ειδική διάταξη για την πραγματοποίηση της χώνευσης

Ακολουθεί η μέτρηση του μετάλλου με τη μέθοδο της Ατομικής Απορρόφησης.



Σχήμα 4.5: Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Perkin Elmer 2380, AAS-EM

Το μηχάνημα ρυθμίζεται ως εξής:

- Mode – continuous
- BG Corrector –AA
- Signal – lamp
- Recorder – absorbance
- Lamp, Gain – πλήρως αριστερά
- (V – vertical, H – horizontal, R – rotational)

Ευθυγράμμιση Λυχνίας

1. Τοποθετούμε την λυχνία στην αντίστοιχη θέση και με το κουμπί LAMP (στο LAMP/ENERGY) ρυθμίζουμε την ένταση του ρεύματος στην τιμή λειτουργίας της λυχνίας. (το μήκος κύματος που αναγράφεται ως operating current continuous στη λυχνία)
2. Θέτουμε το κουμπί SIGNAL στη θέση SET UP. Επιλέγουμε με τα ανάλογα κουμπιά το SLIT και το WAVELENGTH (COARSE)
3. Με το κουμπί GAIN ρυθμίζουμε την ένδειξη στον πίνακα LAMP/ENERGY στην τιμή 65 – 70
4. Με το FINE ADJUST του μήκους κύματος βρίσκουμε επίσης την max τιμή
5. Με τα δύο κουμπιά της λυχνίας βρίσκουμε την άριστη θέση, ώστε το LAMP/ENERGY να δείχνει το max (Αν στην οθόνη εμφανίζεται ΕΕ, τότε επαναφέρουμε με το κουμπί GAIN στη τιμή 65 – 70)
6. Μετά τις άριστες θέσεις της λυχνίας και του μήκους κύματος ρυθμίζουμε με το GAIN την τιμή του πίνακα LAMP/ENERGY στο 75

Ρύθμιση καυστήρα (εάν απαιτηθεί)

1. Τοποθετούμε το flow spoiled ή το glass bed και χαμηλώνουμε τον καυστήρα (V) κάτω από τη φωτεινή ακτίνα
2. Θέτουμε το SIGNAL στη θέση ABS και μηδενίζουμε την ένδειξη του πίνακα με το AZ
3. Ανυψώνουμε τον καυστήρα (V) μέχρι ο πίνακας να δείχνει ABS. Χαμηλώνουμε (V) μέχρι η ABS να γίνει 0 και κατά $\frac{1}{4}$ της περιστροφής του κατάλληλου κουμπιού (V) ακόμα
4. Ανοίγουμε το AIR, την AC και τον απαγωγό (P_{ac} εξόδου = 1bar)
[ΠΡΟΣΟΧΗ: ποτέ μόνο καύσιμο. Ανοίγω πρώτα αέρα και μετά καύσιμο]
5. Ανάβουμε τη φλόγα πιέζοντας το IGNITE και μηδενίζουμε με το AZ. Αναρροφάμε το standard solution και ρυθμίζουμε το nebulizer καθώς και τον καυστήρα (H, R), ώστε να έχουμε την max ABS
6. Μετά τις ρυθμίσεις, αναρροφάμε το τυφλό και πιέζουμε το AZ για να μηδενίσουμε

Βαθμονόμηση

1. Θέτουμε το κουμπί SIGNAL στο CONC και το κουμπί MODE στο HOLD
2. Θέτουμε 1t – 3 AVE [\Rightarrow κάθε 1 sec κάνει μέτρηση και μετά από τρεις μετρήσεις στο readout βγάζει το M.O.]
3. Εισάγουμε τις τιμές των standards κατά αύξουσα σειρά στα S_1, S_2, S_3 [Βάζουμε το std και πατάμε την τιμή του με 2 ή 3 δεκαδικά και μετά πατάμε 2 φορές το αντίστοιχο κουμπί του std S_1, S_2, S_3]
4. Αναρροφάμε το τυφλό και μηδενίζουμε με το AZ
5. Αναρροφάμε τα standards και πιέζουμε κατά σειρά τα S_1, S_2, S_3

Ανάλυση

1. Μηδενίζουμε με το τυφλό (blanc, AZ)
2. Αναρροφάμε το δείγμα και πιέζουμε το READ. Στον πίνακα διαβάζουμε τη συγκέντρωσή του
3. Κλείνουμε πρώτα καύσιμο από βαλβίδα, μετά διακόπτη καυσίμου. Ακολούθως κλείνουμε το διακόπτη του αέρα, μετά τον απαγωγό και τέλος το κομπρεσέρ
4. Όλα τα κουμπιά στρέφονται αριστερά και το μηχάνημα κλείνεται
5. Η λάμπα αφαιρείται και φυλάσσεται

Μέτρηση εκπομπής (Χωρίς λυχνία)

Βαθμονόμηση

1. Θέτουμε το SIGNAL στη θέση EM και τα ανάλογα SLIT και WAVELENGTH. Ρυθμίζουμε τις παροχές των αερίων και ανάβουμε τη φλόγα
2. Αναρροφάμε το blanc και πιέζουμε το AZ
3. Αναρροφάμε το πυκνό standard και αριστοποιούμε το WAVELENGTH, ώστε να έχουμε τη max τιμή στον πίνακα LAMP/ENERGY. Με το GAIN, συνεχίζοντας την αναρρόφηση του standard ρυθμίζουμε την ένδειξη στο 75
4. Επιλέγουμε το χρόνο $t = 0.2 \div 60 \text{ sec}$
5. Θέτουμε το MODE στη θέση HOLD, αναρροφάμε το blanc και πιέζουμε το AZ
6. Εκτελούμε τη βαθμονόμηση κατά τα γνωστά, εισάγοντας τις τιμές συγκέντρωσης, αλλά έχοντας πάντοτε το SIGNAL στη θέση EM
7. Αναλύουμε τα δείγματα

Η μέγιστη αποδεκτή απόκλιση των συγκεντρώσεων των μετρούμενων μετάλλων παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα (βάσει των Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).

Στοιχείο	Μέγιστη Απόκλιση Μετάλλων (%)
Cd	6,9
Cu	8,3
Fe	5,8
Pb	4,7
Mn	7,8
Ni	9,8
Zn	8,2
Ca	4,2
Mg	10,5
Na	4,5
Cr	10,0

Πίνακας 4.1: Η μέγιστη αποδεκτή απόκλιση των συγκεντρώσεων των μετρούμενων μετάλλων

Παρατίθενται τα όρια ανίχνευσης των εφαρμοζόμενων εργαστηριακών μεθόδων στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, στην Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.

Πίνακας 4.2: Τα όρια ανίχνευσης των εφαρμοζόμενων εργαστηριακών μεθόδων

α/α	Παράμετροι	Μέθοδος	Όργανο μέτρησης	Όριο ανίχνευσης
1	pH	Standard Methods: 4500, 2510	Mettler Toledo MCC 227	-
2	BOD	Standard Methods: 5210	YSI ProODO	-
3	TDS	Standard Methods: 2540C	Ζυγός Mettler Toledo PB 303-S	0,0200 mg/l
4	TSS	Standard Methods: 2540D		0,0200 mg/l
5	VSS	Standard Methods: 2540E		0,0200 mg/l
6	TS	Standard methods: 2540B		0,0200 mg/l
7	²⁰⁸ Pb	Standard methods: 3125B	Agilent 7700X Series ICP-MS	0,005 µg/l
8	⁶³ Cu			0,003 µg/l
9	⁶⁵ Cu			0,004 µg/l
10	⁶⁶ Zn			0,017 µg/l
11	⁶⁸ Zn			0,020 µg/l
12	¹¹¹ Cd			0,006 µg/l
13	¹¹⁴ Cd			0,003 µg/l
14	⁵² Cr			0,04 µg/l
15	⁵³ Cr			0,03 µg/l
16	⁶⁰ Ni			0,004 µg/l
17	⁶² Ni			0,025 µg/l
18	¹¹⁸ Sn		0,04 µg/l	
19	Pb	Standard methods: 3111	Varian AA240 FS Flame atomic absorption spectroscopy	0,05 mg/l
20	Cu			0,01 mg/l
21	Zn			0,005 mg/l
22	Cd			0,002 mg/l
23	Cr			0,02 mg/l
24	Sn			0,08 mg/l
25	Fe			0,02 mg/l

26	K	Standard methods: 3111	Varian AA240 FS Flame atomic absorption spectroscopy	0,005 mg/l
27	Na			0,002 mg/l
28	Ca			0,003 mg/l
29	Mg			0,0005 mg/l
30	Mn			0,01 mg/l
31	Ni			0,02 mg/l
32	Χρώμα	Χρώμα Hazen: (Pt - Co Standard method)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0 Pt-Co
33	NH₄ - N	EPA 350,1 , APHA 4500-NH ₃ D and ISO 7150/1 Ammonium Test Kit : Merck (No 114752)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,0100 mg/l
34	SO₄	Sulfate Cell test Kit , Merck No 114548, 114564 (EPA 375.4 and St. M. 4500)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	5 mg/l
35	F	Fluoride Test Kit, Merck No 114598 (EPA 340.3 , St. M. 4500)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,10 mg/l
36	Cl	Chloride Test Kit , Merck No 1145897	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	2,5 mg/l
37	Cl₂	Chlorine Cell Test Kit, Merck No 100597 (EPA 330.5, St. M. 4500, ISO 7393)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,03 mg/l
38	NO₂ - N	Nitrite Test Kit , Merck No 114776 (EPA 354.1 , St. M. 4500)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,002 mg/l
39	NO₃ - N	Nitrate Test Kit, Merck No 1.09713.0001 1.09713.0002 (ISO 7890/1)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,10 mg/l
40	NO₃ - N (seawater)	Nitrate Test in seawater Kit: Merck (No 114942)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,2000 mg/l

41	P_{total}	Phosphate Cell Test Kit, Merck No 114543 (EPA 365.2, St. M. 4500, ISO 6878)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,05 mg/l
42	$PO_4 - P$	EPA 365.2+3 , US Standard methods 4500-P E, ISO 6878/1and EN 1189 Phosphate Test Kit : Merck (No 114848)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,0100 mg/l
43	Φαινόλες	EPA 420,1 US Standard Methods 5530 and ISO 6439 Phenols Test Kit: Merck (No 100856)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,025 mg/l
44	COD	EPA 410,4 Us Standard Methods 5220 D and ISO 15705 COD Cell Test Kit: Merck (No 114560,114540,114541)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	4 mg/l
45	CN^-	Cyanide Test Kit , Merck No 109701 (EPA 335.2 , ISO 6703)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,002 mg/l
46	Λίπη - Έλαια	Standards Methods: 5520B	Ζυγός Mettler Toledo PB 303-S	0,5 mg/l
47	TOC	Total Organic Analyzer (TOC _{V_{CSH}})	TOC-V _{CSH} Shimadzu	4 µg/l
48	TOC	Total Organic Analyzer (TOC-V _{SH}) Solid Sample Module 5500	TOC-V _{CSH} Shimadzu SSM 5500	0.1 mg
48	TN	Total Organic Analyzer (TOC- V _{CSH}) Total Nitrogen Measurement Unit	TOC-V _{CSH} Shimadzu TNM-1	1 µg/l

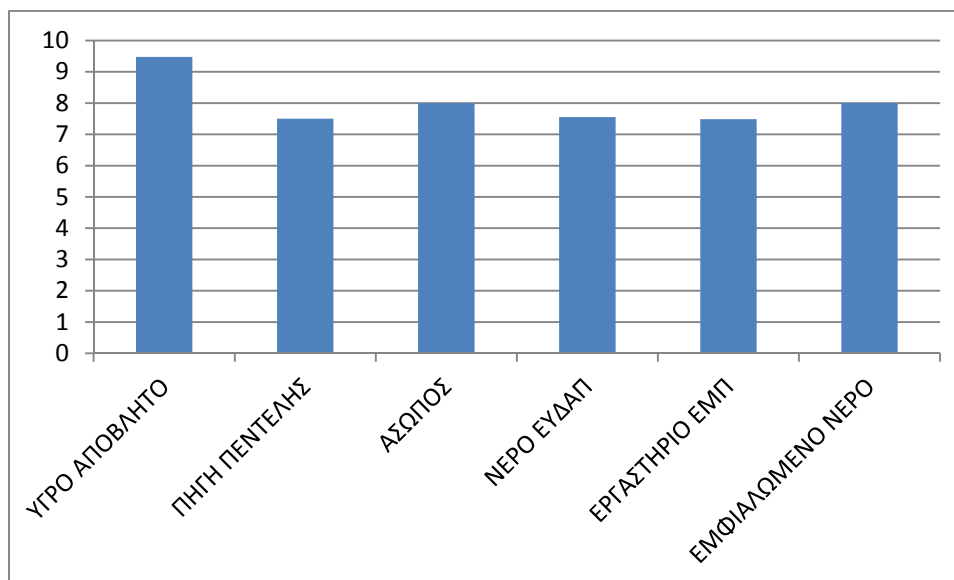
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**pH**

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.1: οι μετρήσεις των τιμών pH των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασπίος	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή	9,48	7,505	8,00	7,555	7,485	8,005
(διακύμανση)	(9,45-9,51)	(7,48-7,53)	(7,96-8,04)	(7,53-7,58)	(7,40-7,57)	(7,95-8,06)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών pH στα δείγματα



Σχήμα 5.1: η σύγκριση των τιμών pH των δειγμάτων

Σύμφωνα με τον πίνακα της επίδρασης της ποιότητας του νερού στα εδάφη κατά τον FAO, ανάλογα με τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων, η τιμή του pH πρέπει να μικρότερη από 7 έως 8. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η τιμή του pH πρέπει να κινείται στο εύρος τιμών 6,5 έως 9,5. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η τιμή του pH πρέπει να κινείται στο εύρος τιμών 6,5 έως 8,5. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ η τιμή του pH πρέπει να κινείται στο εύρος τιμών 6,5 έως 8,5 (ύδατα A1), ή 5,0 ως 9,0 (ύδατα A2 και A3).

Το δείγμα του υγρού αποβλήτου με τιμή pH 9,48 υπερβαίνει τα όρια των οδηγιών 2008/105/ΕΚ και 75/440/ΕΟΚ καθώς και τις υποδείξεις του FAO, ενώ αγγίζει το ανώτατο επιτρεπτό όριο της οδηγίας 98/83/ΕΕ. Το δείγμα αυτό έχει βασικό pH λόγω των πρώτων υλών (σταθεροποιητές βαφής, χρώματα, πρόσθετα, κλπ) που χρησιμοποιούνται στα διαφορετικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας της εν λόγω βιομηχανίας.

Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν τιμές pH που κυμαίνονται στο εύρος τιμών 7,5-8,0 και είναι αποδεκτές από τις οδηγίες.

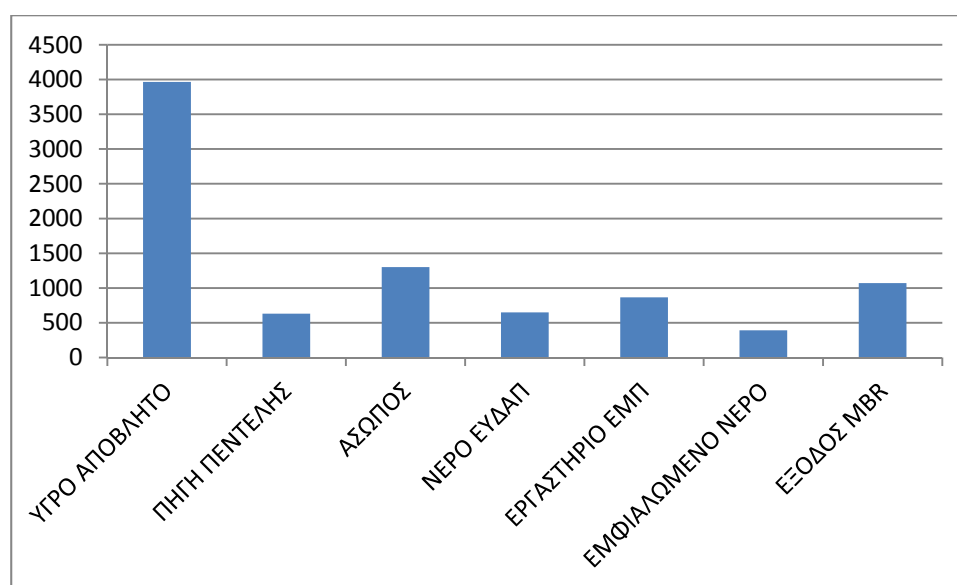
Αγωγιμότητα

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.2: οι μετρήσεις των τιμών αγωγιμότητας των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή μS/cm (°C) (διακύμανση)	3.965 (3.950- 3.980)	631 (628- 634)	1.302 (1.293- 1.311)	650,5 (647-654)	866,5 (857-876)	392 (388-396)	(δεν μετρήθηκε)	1.071 (881-1177)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών αγωγιμότητας στα δείγματα



Σχήμα 5.2: η σύγκριση των τιμών αγωγιμότητας των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η αγωγιμότητα του δείγματος πρέπει να είναι μικρότερη από 2.500 μS/cm στους 20°C. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ η τιμή της αγωγιμότητας πρέπει να είναι μικρότερη από 1000 μS/cm στους 20°C (ύδατα Α1, Α2 και Α3).

Το δείγμα του υγρού αποβλήτου με τιμή αγωγιμότητας 3.965 μS/cm υπερβαίνει κατά πολύ τα όρια των οδηγιών 98/83/ΕΕ και 75/440/ΕΟΚ. Τα δείγματα Ασωπού και Εξόδου ΜΒΡ με τιμή αγωγιμότητας 1.302 μS/cm και 1.071 μS/cm αντίστοιχα υπερβαίνουν τα όρια της οδηγίας 75/440/ΕΟΚ αλλά είναι εντός των επιτρεπτών ορίων της οδηγίας 98/83/ΕΕ. Τα υπόλοιπα δείγματα με τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται στο εύρος τιμών 392-866,5 μS/cm είναι εντός αποδεκτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την σχετικά υψηλότερη αγωγιμότητα πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή, ενώ το νερό του εργαστηρίου ΕΜΠ παρουσιάζει αυξημένη αγωγιμότητα επειδή προέρχεται από γεώτρηση.

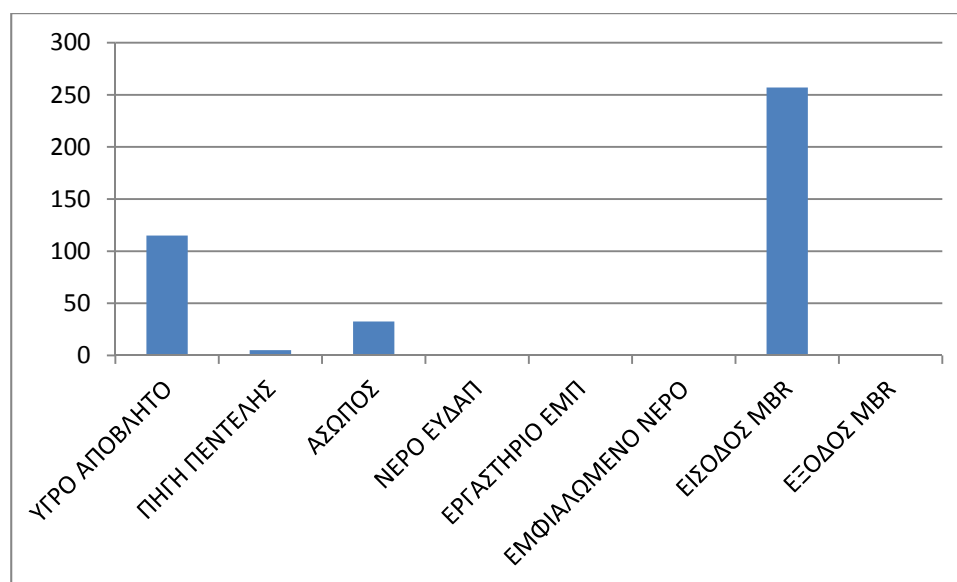
Ολικά αιωρούμενα στερεά

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.3: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων ολικών αιωρούμενων στερεών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμέ νο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l) (διακύμανση)	115 (107-123)	5 (4,7-5,3)	32,5 (30,5-34,5)	1,0 (0,9-1,1)	0,5 (0,45-0,55)	0,75 (0,7-0,8)	257 (157-380)	<0,5 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών ολικών αιωρούμενων στερεών στα δείγματα



Σχήμα 5.3: η σύγκριση των συγκεντρώσεων ολικών αιωρούμενων στερεών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 35mg/l. Σύμφωνα με τον πίνακα της επίδρασης της ποιότητας του νερού στο έδαφος του FAO, η συγκέντρωση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 50mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 10mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 25mg/l (ύδατα Α1). Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 10mg/l για την απεριόριστη άρδευση και

βιομηχανική χρήση (πλην νερού ψύξης μιας χρήσης), και μικρότερη από 2mg/l για αστική χρήση, εμπλουτισμό υπογείων υδροφορέων και περιαστικό πράσινο.

Τα δείγματα υγρού αποβλήτου και εισόδου MBR με τιμές συγκέντρωσης ολικών αιωρούμενων στερεών 115 και 257 mg/l αντίστοιχα ξεπερνούν τα όρια των οδηγιών καθώς και των υποδείξεων του FAO. Το δείγμα του Ασωπού με συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών 32,5 mg/l υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια των οδηγιών 2008/105/ΕΚ, 75/440/ΕΟΚ και της ΚΥΑ 145116/2011, προσεγγίζει το ανώτατο όριο της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ και είναι σύμφωνο με τις υποδείξεις του FAO. Το δείγμα της πηγής Πεντέλης με συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών 5,0 mg/l υπερβαίνει τα όρια της ΚΥΑ 145116/2011 για αστική χρήση, εμπλουτισμό υπογείων υδροφορέων και περιαστικό πράσινο, αλλά είναι σύμφωνη με τις οδηγίες 2008/105/ΕΚ, 75/440/ΕΟΚ, 91/271/ΕΟΚ και την ΚΥΑ 145116/2011 για την απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση (πλην νερού ψύξης μιας χρήσης), καθώς και με τις υποδείξεις του FAO. Τα υπόλοιπα δείγματα με τιμές συγκέντρωσης ολικών αιωρούμενων στερεών που κυμαίνονται στο εύρος τιμών 0,5-1,0 mg/l είναι εντός επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα υγρού αποβλήτου και επεξεργασμένων λυμάτων, διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε πλήρως τα ολικά αιωρούμενα στερεά. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών, πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

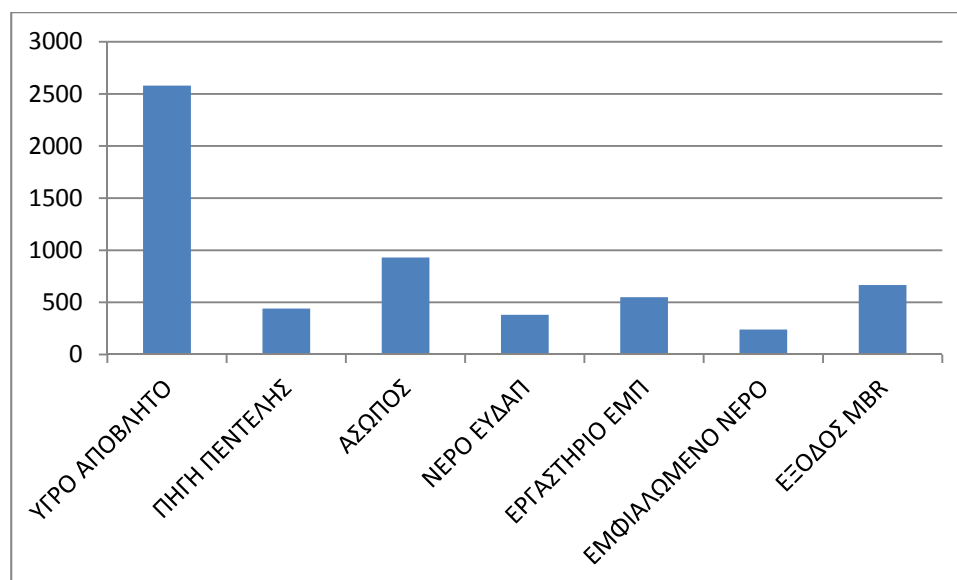
Ολικά διαλυμένα στερεά στους 180°C

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.4: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων ολικών διαλυμένων στερεών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	2.580	440	930	380	550	240	(δεν μετρήθηκε)	667
(διακύμανση)	(2.562- 2.598)	(434-446)	(922- 938)	(368- 392)	(546-554)	(247-253)		(547-753)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών ολικών διαλυμένων στερεών στα δείγματα



Σχήμα 5.4: η σύγκριση των συγκεντρώσεων ολικών διαλυμένων στερεών των δειγμάτων

Σύμφωνα με τον πίνακα της επίδρασης της ποιότητας του νερού στο έδαφος του FAO, η συγκέντρωση των Ολικών Διαλυμένων στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 450mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/EK σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση των Ολικών Διαλυμένων Στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 1500mg/l.

Το δείγμα υγρού αποβλήτου με τιμή συγκέντρωσης ολικών διαλυμένων στερεών 2.580 mg/l ξεπερνά τα όρια της οδηγίας καθώς και των υποδείξεων του FAO. Τα δείγματα του Ασωπού, του εργαστηρίου ΕΜΠ και το δείγμα εξόδου MBR με τιμές συγκέντρωσης ολικών διαλυμένων στερεών 930, 550 και 667 mg/l αντίστοιχα υπερβαίνουν τα όρια αποδοχής του FAO. Τα δείγματα της πηγής Πεντέλης και του νερού ΕΥΔΑΠ με τιμές συγκέντρωσης ολικών διαλυμένων στερεών 440 και 380 mg/l

αντίστοιχα προσεγγίζουν το ανώτατο όριο αποδοχής του FAO αν και δεν το υπερβαίνουν. Το δείγμα εμφιαλωμένου νερού είναι εντός επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα υγρού αποβλήτου και επεξεργασμένων λυμάτων, διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR δεν απομάκρυνε αποτελεσματικά τα ολικά διαλυμένα στερεά.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση ολικών διαλυμένων στερεών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή, το νερό του εργαστηρίου ΕΜΠ επειδή προέρχεται από γεώτρηση, και το νερό της πηγής Πεντέλης επειδή είναι υπόγειο.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συνάδουν με τις αντίστοιχες μετρήσεις της αγωγιμότητας.

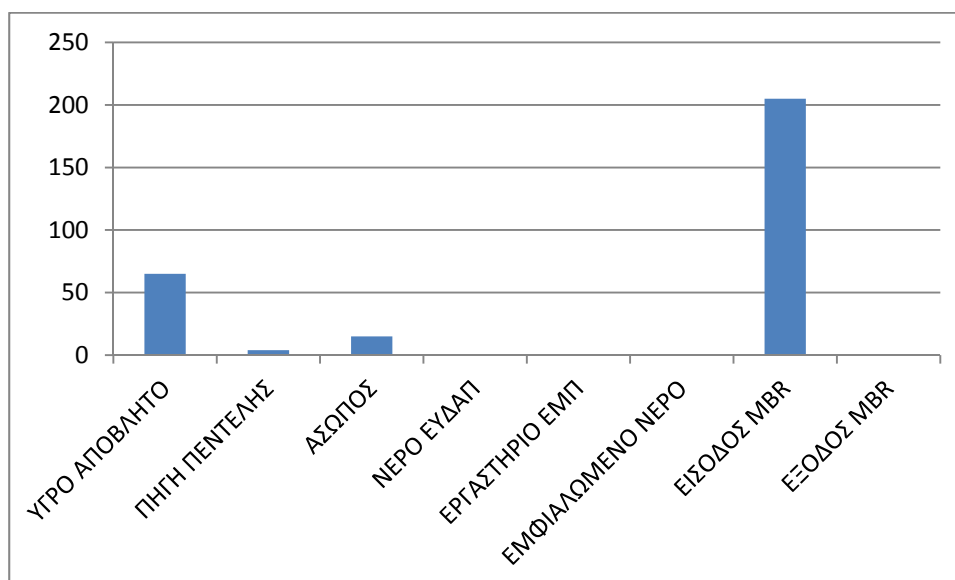
Εξαμιζόμενα στερεά

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.5: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων εξαμιζόμενων στερεών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l) (διακύμανση)	65 (62-68)	4 (3,4-4,6)	15 (14-16)	0,75 (0,6-0,9)	0,5 (0,45-0,55)	0,75 (0,7-0,8)	205 (109-307)	<0,02 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών εξαμιζόμενων στερεών στα δείγματα



Σχήμα 5.5: η σύγκριση των συγκεντρώσεων εξαμιζόμενων στερεών των δειγμάτων

Συγκρίνοντας τα δείγματα υγρού αποβλήτου και επεξεργασμένων λυμάτων, διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε πλήρως τα εξαμιζόμενα στερεά. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση εξαμιζόμενων στερεών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

Καθιζάνοντα στερεά κατά Imhoff

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.6: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων καθιζανόντων στερεών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	0	0	0	0	0	0

Διαπιστώθηκε ότι στα δείγματα δεν υπάρχουν καθιζάνοντα στερεά.

Χημικά απαιτούμενο Οξυγόνο

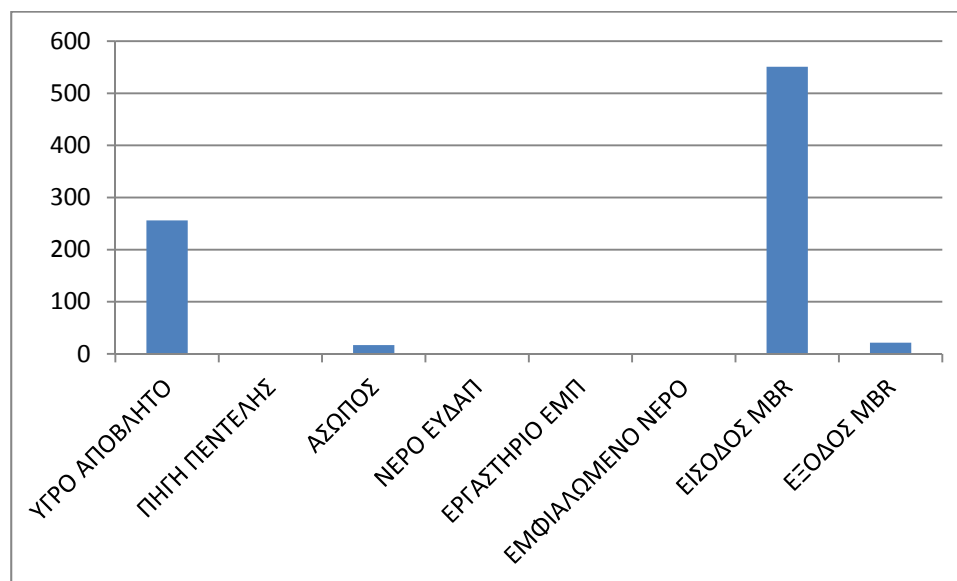
Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.7: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	256	<25	16,8	<4,0	<4,0	<4,0	551	21,4
(διακύμανση)	(252-260)	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]	(16,5- 17,1)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(389- 717)	(17,5- 24,1)

(Σημείωση: τα δείγματα υγρού αποβλήτου και της πηγής Πεντέλης προσδιορίστηκαν με το kit 1.14541, ενώ τα δείγματα του Ασωπού, του νερού ΕΥΔΑΠ, του Εργαστηρίου ΕΜΠ και του εμφιαλωμένου νερού προσδιορίστηκαν με το kit 1.14560)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών της συγκέντρωσης χημικά απαιτούμενου οξυγόνου στα δείγματα



Σχήμα 5.6: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση του Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου πρέπει να είναι μικρότερη από 125mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση C.O.D. πρέπει να είναι μικρότερη από 125mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία

75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση του Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου πρέπει να είναι μικρότερη από 30mg/l.

Τα δείγματα υγρού αποβλήτου και εισόδου MBR με τιμές συγκέντρωσης Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου 256 κα 551 mg/l αντίστοιχα υπερβαίνουν κατά πολύ τα όρια αποδοχής των οδηγιών 91/271/ΕΟΚ, 2008/105/ΕΚ και 75/440/ΕΟΚ. Τα υπόλοιπα δείγματα, με τιμές συγκέντρωσης Χημικά απαιτούμενου Οξυγόνου που κυμαίνονται στο εύρος τιμών (<4,0)-25,0 mg/l είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα υγρού αποβλήτου και επεξεργασμένων λυμάτων, διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε σε σημαντικό βαθμό το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011. Το δείγμα υγρού αποβλήτου έχει σχετικά χαμηλή συγκέντρωση C.O.D., και ίσως απαιτηθεί εμπλουτισμός του οργανικού φορτίου σε περίπτωση που ακολουθήσει βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων. Το δείγμα εισόδου MBR βρίσκεται στο εύρος των συγκεντρώσεων C.O.D. που χαρακτηρίζει τα τυπικά αστικά λύματα που έχουν υποστεί πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση χημικά απαιτούμενου οξυγόνου πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

Διαλυμένο Οξυγόνο

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.8: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Διαλυμένου Οξυγόνου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l) (°C) (διακύμανση)	3.17 (21.4) (3,05-3,29)	9.14 (19.2) (9,07-9,21)	8.11 (20.9) (8,05-8,17)	8.60 (19.4) (8,53-8,67)	6.00 (19.4) (5,94-6,06)	8.95 (19.5) (8,90-9,00)

Από τους πίνακες για την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, όπως παρουσιάζονται στο βιβλίο U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations Book 9, 1998, οι τιμές της διαλυτότητας του οξυγόνου στο νερό (για ατμοσφαιρική πίεση 760mm Hg) είναι κατά προσέγγιση:

Πίνακας 5.9: Η διαλυτότητα του Οξυγόνου στο νερό συναρτήσει της θερμοκρασίας των δειγμάτων

Δείγμα	Θερμοκρασία (°C)	Διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό (mg/l)
Υγρό απόβλητο	21,4	8,8
Πηγή Πεντέλης	19,2	9,3
Ασωπός	20,9	8,9
Νερό ΕΥΔΑΠ	19,4	9,2
Εργαστήριο ΕΜΠ	19,4	9,2
Εμφιαλωμένο νερό	19,5	9,2

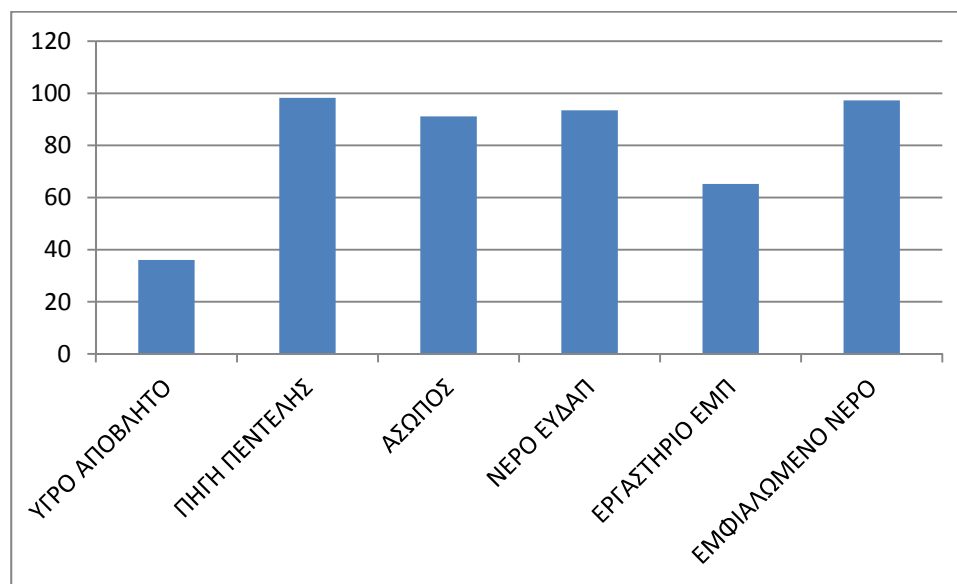
Το ποσοστό κορεσμού του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο στα δείγματα για συγκεκριμένη θερμοκρασία υπολογίζεται ως εξής: (% ποσοστό κορεσμού) = [(τιμή μέτρησης συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου)/(τιμή διαλυτότητας του οξυγόνου στο νερό)]*100.

Επομένως, το ποσοστό κορεσμού του οξυγόνου στα δείγματα είναι:

Πίνακας 5.10: Τα ποσοστά κορεσμού Διαλυμένου Οξυγόνου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
% Ποσοστό κορεσμού διαλυμένου Οξυγόνου (Μέση τιμή)	36,02	98,28	91,12	93,48	65,22	97,28

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών του ποσοστού κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου στα δείγματα.



Σχήμα 5.7: η σύγκριση των ποσοστών κορεσμού Διαλυμένου Οξυγόνου των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου πρέπει να έχει μέση ετήσια τιμή 70%, με ελάχιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση 50% (και ελάχιστη οριακή τιμή συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου 4 mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου πρέπει να είναι άνω του 70% (ύδατα Α1), 50% (ύδατα Α2) και 30% (ύδατα Α3).

Το δείγμα υγρού αποβλήτου με ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο 36,02% και μέση συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου 3,17 mg/l είναι εκτός επιτρεπτών ορίων για τα ύδατα Α1 και Α2, ενώ αποτυγχάνει να ικανοποιήσει την απαίτηση της οδηγίας 2008/105/ΕΚ. Τα δείγματα πηγής Πεντέλης, Ασωπού, νερού ΕΥΔΑΠ, και εμφιαλωμένου νερού ικανοποιούν τις απαιτήσεις των Οδηγιών 2008/105/ΕΚ και 75/440/ΕΟΚ. Το δείγμα εργαστηρίου ΕΜΠ με ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο 65,22% είναι εκτός ορίων αποδοχής της κατηγορίας υδάτων Α1 της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ, αλλά πλησιάζει την απαιτούμενη μέση ετήσια τιμή της οδηγίας 2008/105/ΕΚ.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό της πηγής Πεντέλης εμφάνισε υψηλό ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο. Θα απαιτηθούν επαναληπτικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό αυτής της παραμέτρου στο νερό της πηγής.

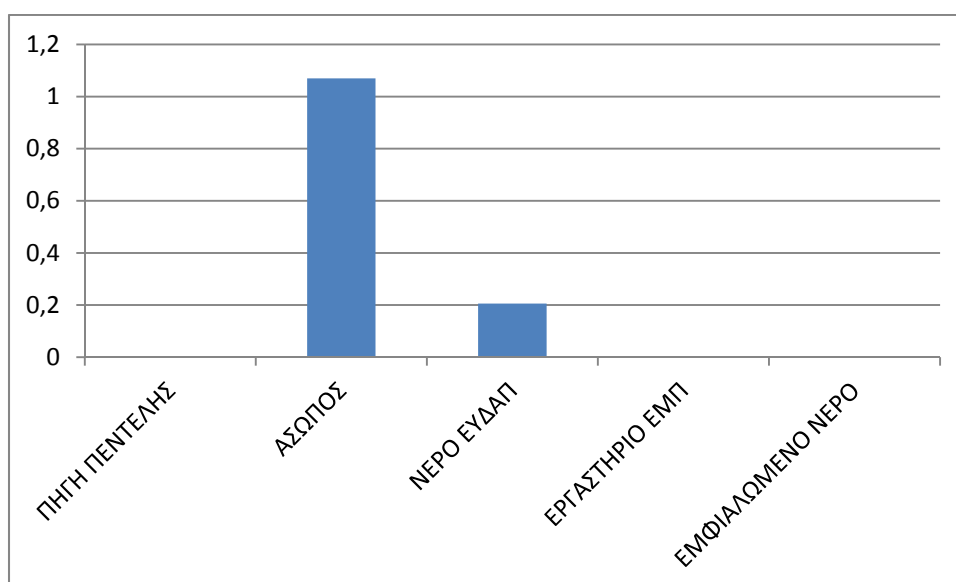
Ολικός Οργανικός Άνθρακας

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.11: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l) (διακύμανση)	[δεν μετρήθηκε]	1,070 (1,044-1,096)	0,206 (0,203-0,209)	[δεν μετρήθηκε]	[δεν μετρήθηκε]

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών ολικού οργανικού άνθρακα στα δείγματα



Σχήμα 5.8: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα των δειγμάτων

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (ΕΥΔΑΠ, Ασωπός) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση ολικών οργανικού άνθρακα πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

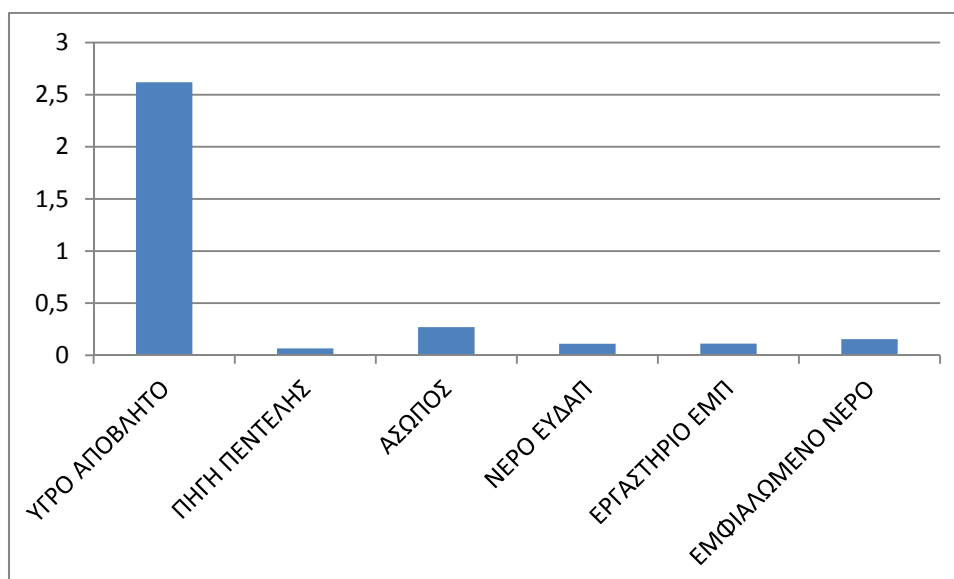
Φαινόλες

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.12: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Φαινολών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	2,62	0,066	0,27	0,111	0,1125	0,155
(διακύμανση)	(2,61-2,63)	(0,050-0,082)	(0,25-0,29)	(0,098-0,124)	(0,110-0,115)	(0,14-0,17)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών συγκέντρωσης φαινολών στα δείγματα



Σχήμα 5.9: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Φαινολών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση φαινολικών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,05mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση φαινολικών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,001, 0,005 και 0,1mg/l για ύδατα Α1, Α2 και Α3 αντίστοιχα.

Τα δείγματα υγρού αποβλήτου, Ασωπού, Νερού ΕΥΔΑΠ, εργαστηρίου ΕΜΠ και εμφιαλωμένου νερού με τιμές συγκέντρωσης φαιολών 2,62, 0,27, 0,111, 0,1125 και 0,155 mg/l παραβιάζουν τις οδηγίες 2008/105/ΕΚ και 75/440/ΕΟΚ. Ειδικά το δείγμα του υγρού αποβλήτου ξεπερνάει τα όρια αποδοχής σε σημαντικότατο βαθμό. Το δείγμα της πηγής Πεντέλης με τιμή συγκέντρωσης φαιολών 0,066 mg/l υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια των ως άνω οδηγιών, πλην της κατηγορίας ύδατος Α3 της οδηγίας 2008/105/ΕΚ.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση φαιολών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

Σκληρότητα

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.13: οι μετρήσεις της κατανάλωσης EDTA των δειγμάτων

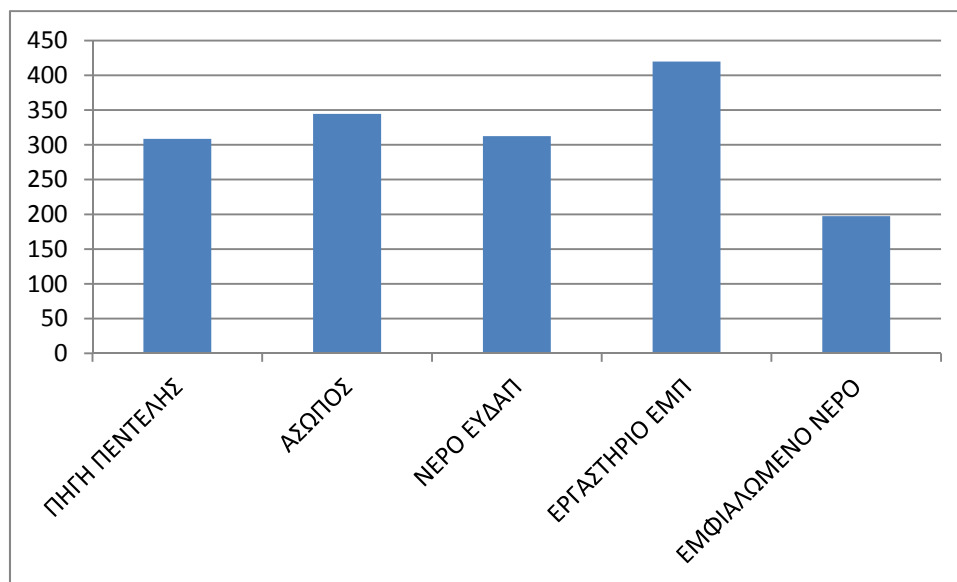
Δείγμα/ Παράμετρος	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση κατανάλωση EDTA (ml)	7.7	8.6	7,8	10,475	4,925
(διακύμανση)	(7,6-7,8)	(8,4-8,8)	(7,7-7,9)	(10,40-10,55)	(4,85-5,00)

Σύμφωνα με τον κανόνα, στα 100ml δείγματος, η τιτλοδότηση 1ml EDTA αντιστοιχεί σε 1,0018 °f (γαλλικός σκληρομετρικός βαθμός), ενώ 1 °f=10ppm CaCO₃. Επειδή η τιτλοδότηση έγινε στα 25ml δείγματος, υπολογίστηκε αναλογικά ότι η σκληρότητα των δειγμάτων είναι:

Πίνακας 5.14: οι συγκεντρώσεις Ανθρακικού Ασβεστίου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	308,5	344,6	312,5	419,75	197,35

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών σκληρότητας στα δείγματα



Σχήμα 5.10: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ανθρακικού Ασβεστίου των δειγμάτων

Το νερό με ολική σκληρότητα 0-60 mg CaCO₃/l χαρακτηρίζεται μαλακό. Το νερό με ολική σκληρότητα 60-120 mg CaCO₃/l χαρακτηρίζεται μέτρια σκληρό. Το νερό με ολική σκληρότητα 120-200 mg CaCO₃/l χαρακτηρίζεται σκληρό. Το νερό με ολική σκληρότητα μεγαλύτερη από 200 mg CaCO₃/l χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό.

[Χαραλάμπους Αικατερίνη]

Το δείγμα του εμφιαλωμένου νερού χαρακτηρίζεται οριακά ως σκληρό. Τα υπόλοιπα δείγματα, με συγκεντρώσεις άνω των 300mg CaCO₃/l, χαρακτηρίζονται πολύ σκληρά.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του εργαστηρίου ΕΜΠ εμφανίζει την υψηλότερη σκληρότητα καθώς πρόκειται για νερό γεώτρησης, ενώ ακολουθεί το νερό του Ασωπού, πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή. Τα δείγματα νερού της ΕΥΔΑΠ και της πηγής Πεντέλης εμφανίζουν υψηλή σκληρότητα επειδή πρόκειται για υπόγεια ύδατα, ενώ ειδικά το νερό ΕΥΔΑΠ δεν έχει υποστεί επαρκή επεξεργασία (αποσκλήρυνση).

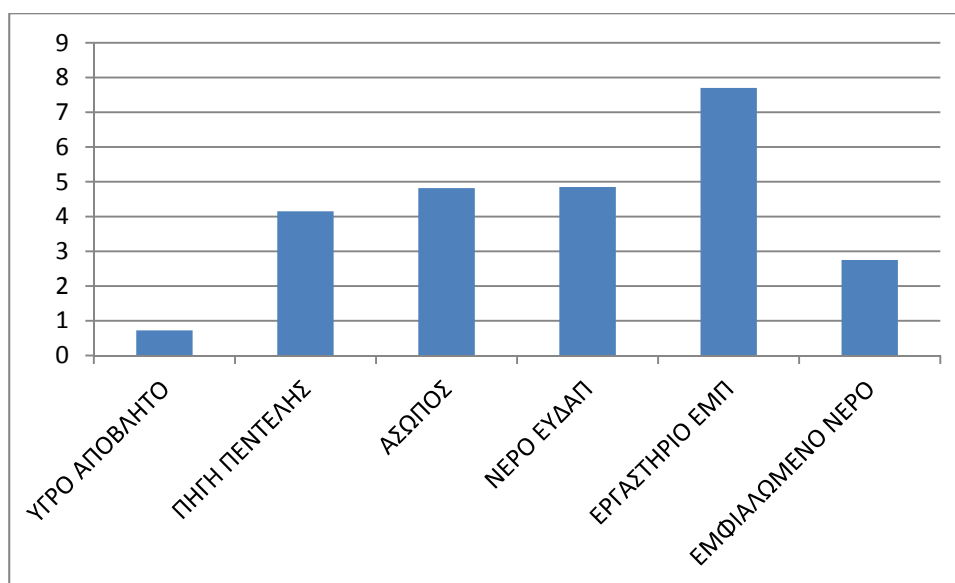
Ολικό Άζωτο

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.15: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ολικού Αζώτου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Ολικό Άζωτο (mg/l) (διακύμανση)	0,72 (0,69-0,75)	4,15 (4,0-4,3)	4,8 (4,7-4,9)	4,85 (4,7-5,0)	7,7 (7,4-8,0)	2,75 (2,5-3,0)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών ολικού αζώτου στα δείγματα



Σχήμα 5.11: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ολικού Αζώτου των δειγμάτων

Το ολικό άζωτο ισούται με το άθροισμα του οργανικού αζώτου, του αμμωνιακού αζώτου, του νιτρικού αζώτου και του νιτρώδους αζώτου.

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση του Ολικού Αζώτου πρέπει να είναι μικρότερη από 15mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Ολικού Αζώτου πρέπει να είναι μικρότερη από 10mg/l. Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση του Ολικού Αζώτου πρέπει να είναι μικρότερη από 1, 2 και 3 mg/l για τα ύδατα Α1, Α2 και Α3 αντίστοιχα.

Τα δείγματα του Ασωπού, της ΕΥΔΑΠ, της πηγής Πεντέλης και του εργαστηρίου ΕΜΠ υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια των οδηγιών. Το δείγμα του εμφιαλωμένου νερού υπερβαίνει τα όρια της οδηγίας 75/440/ΕΟΚ για τα ύδατα Α1 και Α2. Το δείγμα του υγρού αποβλήτου είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του εργαστηρίου ΕΜΠ εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου όντας νερό γεώτρησης, ενώ ακολουθούν το νερό του Ασωπού, πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή, και της ΕΥΔΑΠ που δεν έχει υποστεί επαρκή επεξεργασία.

Η υψηλή συγκέντρωση ολικού αζώτου στο νερό της ΕΥΔΑΠ οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση των $\text{NO}_3\text{-N}$, όπως θα δειχθεί στην συνέχεια.

Αμμωνιακά

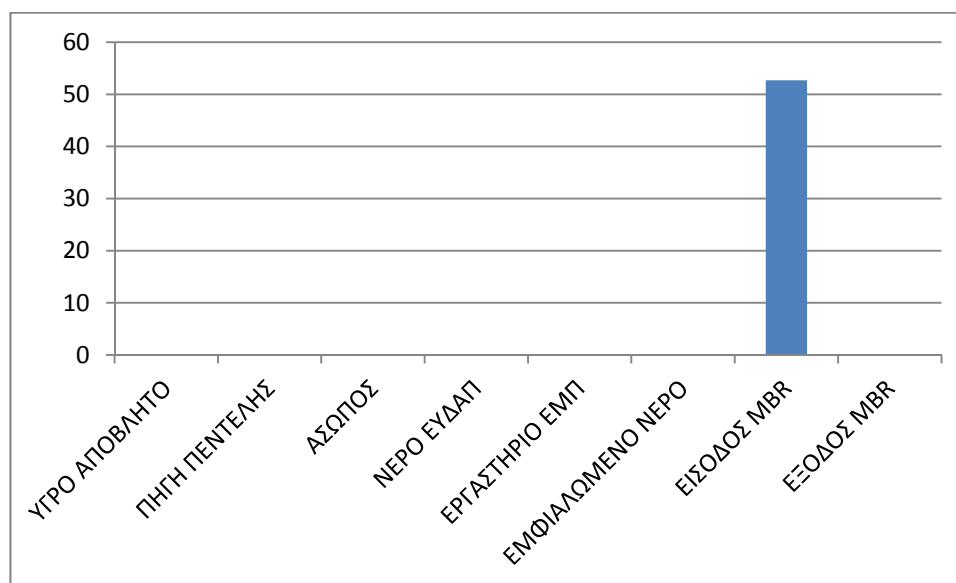
Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.16: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Αμμωνιακών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμέ νο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,05	<0,05	0,186	<0,05	<0,05	<0,05	52,7	<0,05
(διαύμανση)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,178- 0,194)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(39,7-63,5)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]

Σημείωση: πραγματοποιήθηκε διήθηση στα δείγματα του υγρού αποβλήτου, της πηγής Πεντέλης και του Ασπού, ώστε να απομακρυνθούν τυχόν στερεά σωματίδια που θα επηρέαζαν την τελική μέτρηση.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών αμμωνιακών ιόντων στα δείγματα



Σχήμα 5.12: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Αμμωνιακών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Αμμωνιακών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,50mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Αμμωνίας πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2mg/l.

Το δείγμα εισόδου MBR εμφανίζει συγκέντρωση αμμωνιακών που είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών. Τα υπόλοιπα δείγματα έχουν αποδεκτές συγκεντρώσεις.

Συγκρίνοντας τα δείγματα υγρού αποβλήτου και αστικών λυμάτων διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομακρύνει αποτελεσματικά τα αμμωνιακά ιόντα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην επιτυχή νιτροποίηση των αμμωνιακών ιόντων που επιτεύχθηκε κατά την επεξεργασία.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση αμμωνιακών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

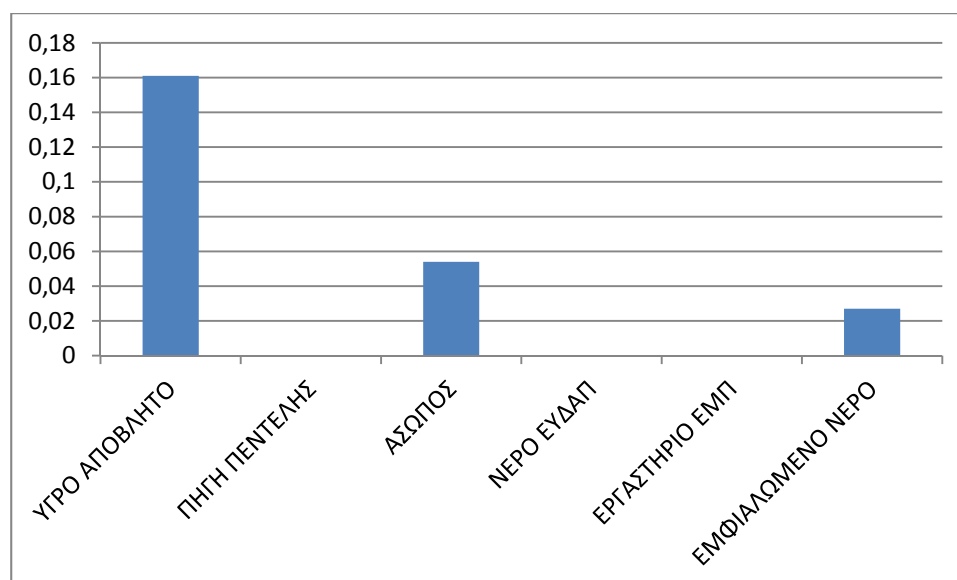
Νιτρώδη

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.17: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νιτρωδών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	0,161	<0,02	0,054	<0,02	<0,02	0,027
(διακύμανση)	(0,154-0,168)	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]	(0,050-0,058)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,023-0,031)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών νιτρωδών ιόντων στα δείγματα



Σχήμα 5.13: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Νιτρωδών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Νιτρωδών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,5 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Νιτρωδών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,5 mg/l.

Διαπιστώθηκε ότι όλα τα δείγματα είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση νιτρωδών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή. Η χαμηλή συγκέντρωση των νιτρωδών που μετρήθηκαν στα δείγματα οφείλεται στην ασταθή φύση των ιόντων αυτών, καθώς μετατρέπονται σε νιτρικά.

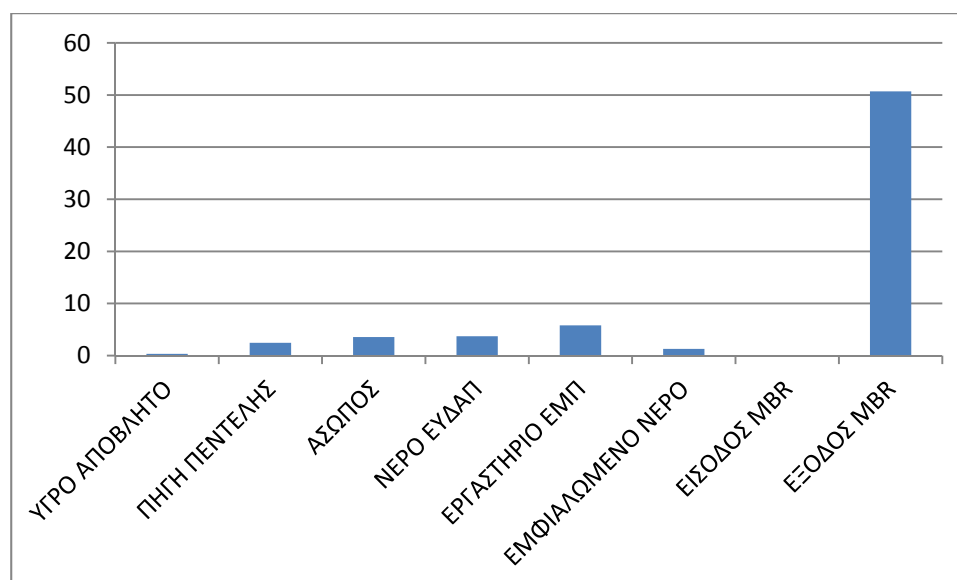
Νιτρικά ιόντα

Ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 5.18: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νιτρικών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l) (διακύμανση)	0,35 (0,31-0,39)	2,45 (2,3-2,6)	3,55 (3,2-3,9)	3,70 (3,5-3,9)	5,80 (5,5-6,1)	1,3 (1,2-1,4)	<0,5 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	50,7 (38,4-61,2)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών νιτρικών ιόντων στα δείγματα



Σχήμα 5.14: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Νιτρικών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Νιτρικών πρέπει να είναι μικρότερη από 50mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση νιτρικών πρέπει να είναι μικρότερη από 7mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση Νιτρικών πρέπει να είναι μικρότερη από 50mg/l σε περιπτώσεις ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών, με ενδεικτική τιμή τα 25mg/l.

Το δείγμα εξόδου MBR εμφανίζει συγκέντρωση νιτρικών που είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων. Τα υπόλοιπα δείγματα έχουν αποδεκτές τμές.

Συγκρίνοντας τα δείγματα αποβλήτων, διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων αυξήθηκε. Αυτό οφείλεται στην απουσία ανοξικής δεξαμενής, στην οποία διενεργείται η απονιτροποίηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άζωτο N στην μορφή $\text{NO}_3\text{-N}$, που προέρχεται από την νιτροποίηση που γίνεται στην δεξαμενή αερισμού του συστήματος MBR κατά την βιολογική επεξεργασία, να μην απομακρύνεται και να εμφανίζεται στην έξοδο MBR.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του εργαστηρίου ΕΜΠ εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών, ενώ ακολουθούν το νερό του Ασωπού, που έχει επιβαρυνθεί με ρυπογόνες ουσίες, και της ΕΥΔΑΠ που δεν έχει υποστεί επαρκή επεξεργασία.

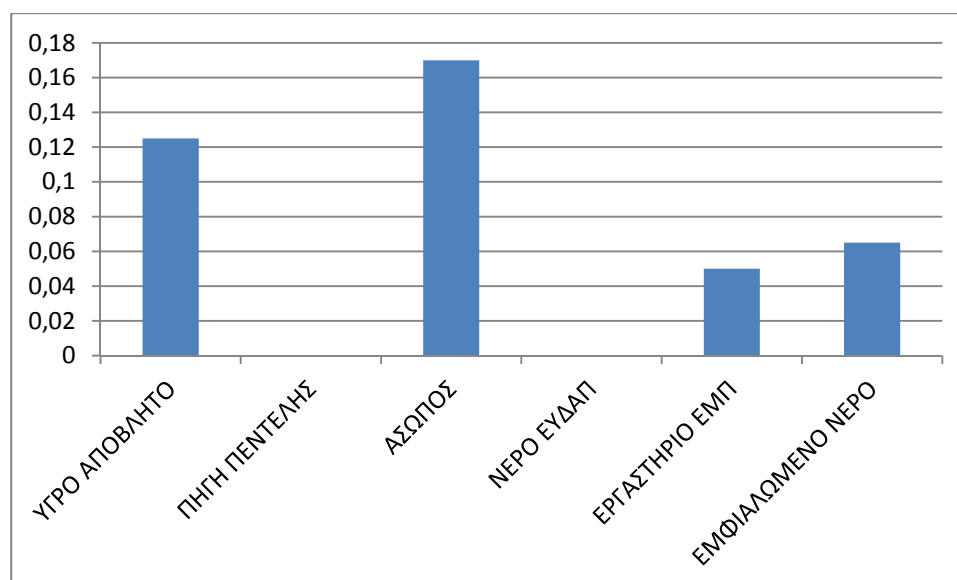
Φωσφορικά

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.19: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Φωσφορικών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	0,125	<0,010	0,17	<0,05	0,05	0,065
(διακύμανση)	(0,110-0,140)	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]	(0,15-0,19)	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]	(<0,05-0,06)	(0,060-0,070)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών φωσφορικών ιόντων στα δείγματα:



Σχήμα 5.15: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Φωσφορικών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση του Ολικού Φωσφόρου πρέπει να είναι μικρότερη από 2,0mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση ολικού Φωσφόρου πρέπει να είναι μικρότερη από 1mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση φωσφορικών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,4 (ύδατα Α1) και 0,7 mg/l (ύδατα Α2 και Α3).

Διαπιστώθηκε ότι όλα τα δείγματα εμφανίζουν αποδεκτές συγκεντρώσεις φωσφορικών, εντός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση φωσφορικών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

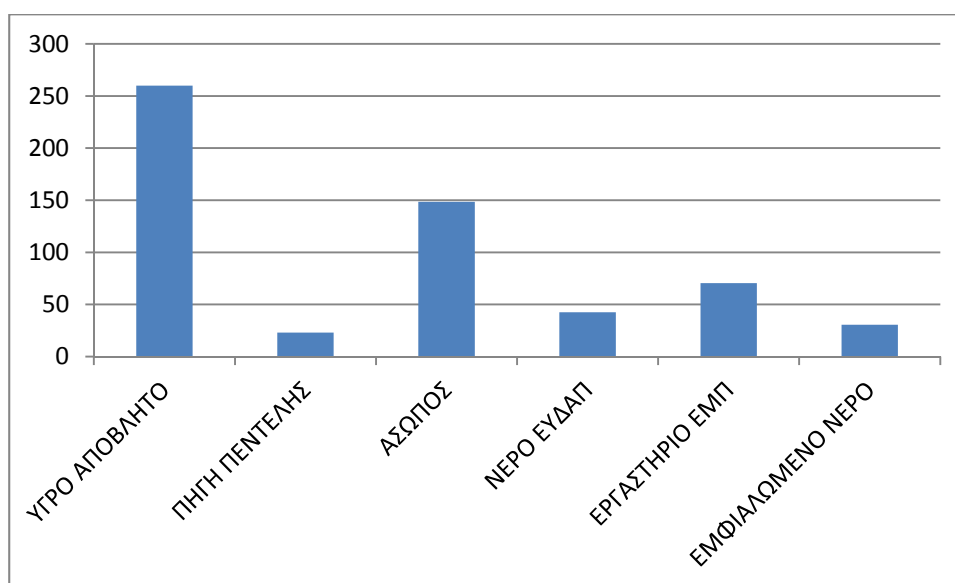
Χλωριόντα

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.20: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χλωριόντων των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	260	23	148,5	42,5	70,5	30,5
(διακύμανση)	(254-266)	(21-25)	(146-151)	(42-43)	(70-71)	(29-32)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών χλωριούχων ιόντων στα δείγματα:



Σχήμα 5.16: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χλωριόντων των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Χλωριούχων αλάτων πρέπει να είναι μικρότερη από 250mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Χλωριόντων πρέπει να είναι μικρότερη από 500mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση Χλωριόντων πρέπει να είναι μικρότερη από 200mg/l (για τα ύδατα Α1, Α2 και 3).

Το δείγμα υγρού αποβλήτου υπερβαίνει τα όρια της οδηγίας 98/83/ΕΕ. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν συγκεντρώσεις χλωριόντων που είναι αποδεκτές από τις οδηγίες.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση χλωριόντων πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή. Το εμφιαλωμένο νερό εμφανίζει χαμηλή συγκέντρωση χλωριόντων επειδή έχει υποστεί απολύμανση με όζον ή υπεριώδη ακτινοβολία (όχι χλωρίωση).

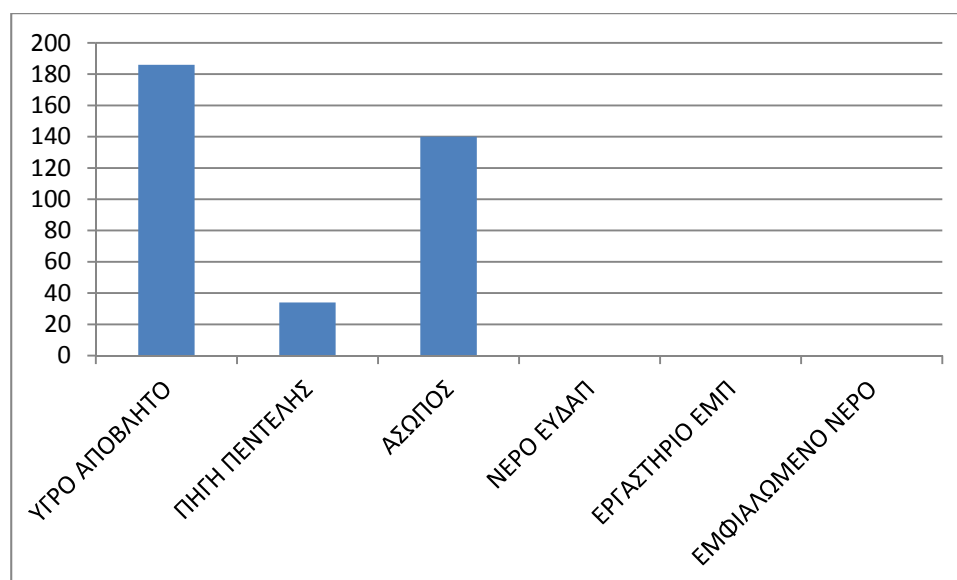
Θειικά

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.21: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Θεικών των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	186	34	140	<5,0	<5,0	<5,0
(διακύμανση)	(181-191)	(32-36)	(137-143)	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]	[κάτω του ορίου ανίχνευσης]

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών θεικών ιόντων στα δείγματα:



Σχήμα 5.17: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Θεικών των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Θεικών αλάτων πρέπει να είναι μικρότερη από 250mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Θεικών πρέπει να είναι μικρότερη από 200mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση Θεικών πρέπει να είναι μικρότερη από 250mg/l, με ενδεικτική τιμή τα 150mg/l (για τα ύδατα Α1, Α2 και Α3).

Το δείγμα υγρού αποβλήτου υπερβαίνει την ενδεικτική τιμή της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ, αλλά είναι εντός ορίων. Το δείγμα του Ασωπού παρ' ότι εμφανίζει συγκέντρωση θεικών που αγγίζει το ενδεικτικό όριο της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ, εν τούτοις είναι εντός ορίων. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν τιμές που είναι εντός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση θεικών πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

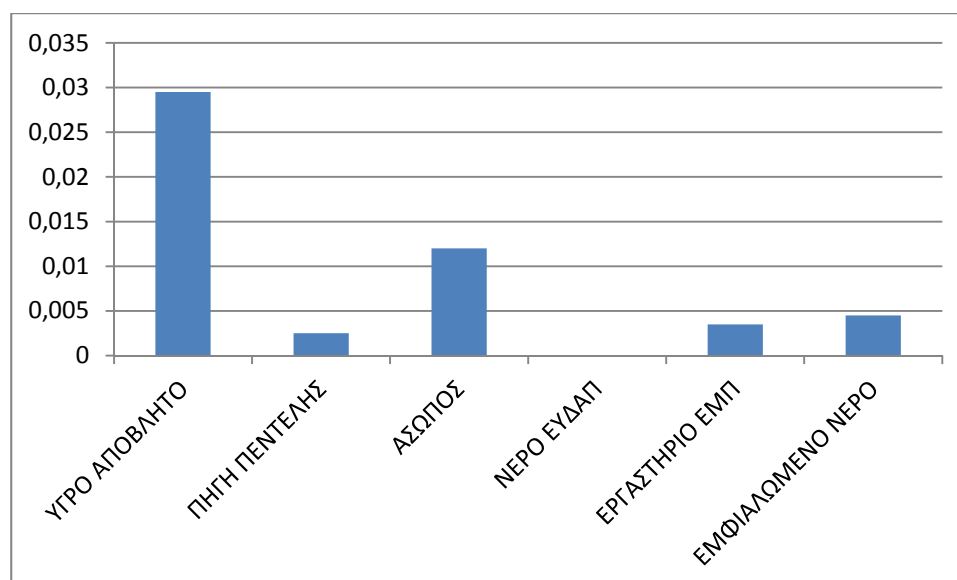
Κυανιούχα

Ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.22: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Κυανιούχων των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	0,0295	0,0025	0,012	<0,002	0,0035	0,0045
(διακύμανση)	(0,028-0,031)	(0,002-0,003)	(0,010- 0,014)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,003-0,004)	(0,003-0,006)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών κυανιούχων ιόντων στα δείγματα



Σχήμα 5.18: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Κυανιούχων των δειγμάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Κυανιούχων αλάτων πρέπει να είναι μικρότερη από 50μg/l (0,5mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Κυανιούχων πρέπει να είναι μικρότερη από 200μg/l (0,2mg/l), με Ετήσια Μέση Συγκέντρωση 10μg/l (0,01mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση Κυανιούχων πρέπει να είναι μικρότερη από 0,05mg/l.

Τα δείγματα υγρού αποβλήτου και Ασωπού, παρ' ότι ξεπερνούν την ετήσια μέση συγκέντρωση της οδηγίας 2008/105/ΕΚ, εν τούτοις είναι εντός των επιτρεπτών ορίων. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν αποδεκτές συγκεντρώσεις κυανιούχων που είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερών (πηγή Πεντέλης, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, Ασωπός, εργαστήριο ΕΜΠ) διαπιστώνεται ότι το νερό του Ασωπού εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση κυανιούχων ιόντων, πιθανόν λόγω της βιομηχανικής ρύπανσης στην περιοχή.

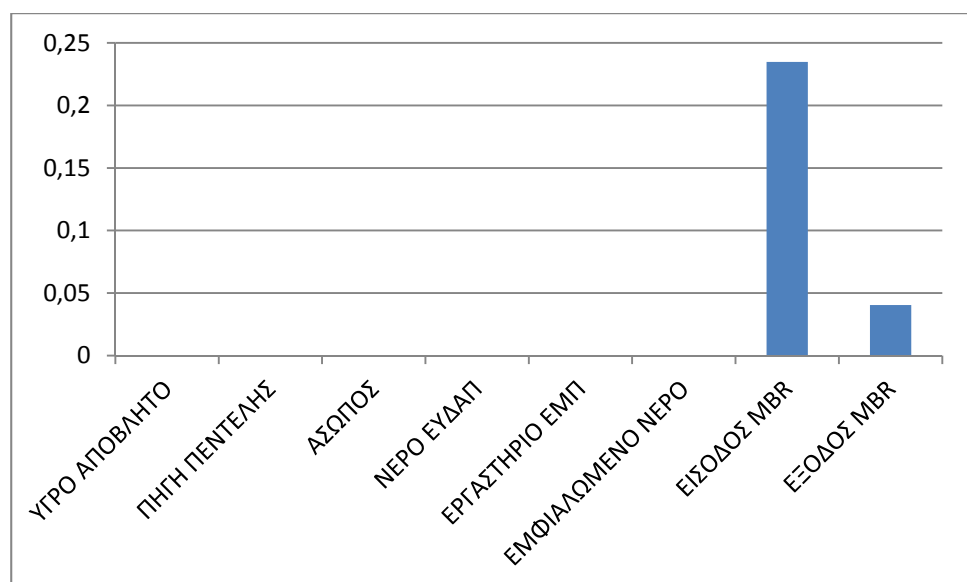
Σίδηρος

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.23: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Σιδήρου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,2348	0,0404
	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,046- 0,582)	(0,0010- 0,155)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών σιδήρου στα δείγματα



Σχήμα 5.19: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Σιδήρου των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Σιδήρου πρέπει να είναι μικρότερη από 5,0mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Σιδήρου πρέπει να είναι μικρότερη από 200μg/l (0,2mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Σιδήρου πρέπει να είναι μικρότερη από 200μg/l (0,2mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση ολικού Σιδήρου πρέπει να είναι μικρότερη από 3000μg/l (3mg/l). Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Σιδήρου πρέπει να είναι μικρότερη από 3,0mg/l.

Το δείγμα εισόδου MBR είναι εκτός ορίων των οδηγιών 98/83/ΕΕ και 76/464/ΕΟΚ. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν συγκεντρώσεις σιδήρου που είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξεργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε αποτελεσματικά τον σίδηρο. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

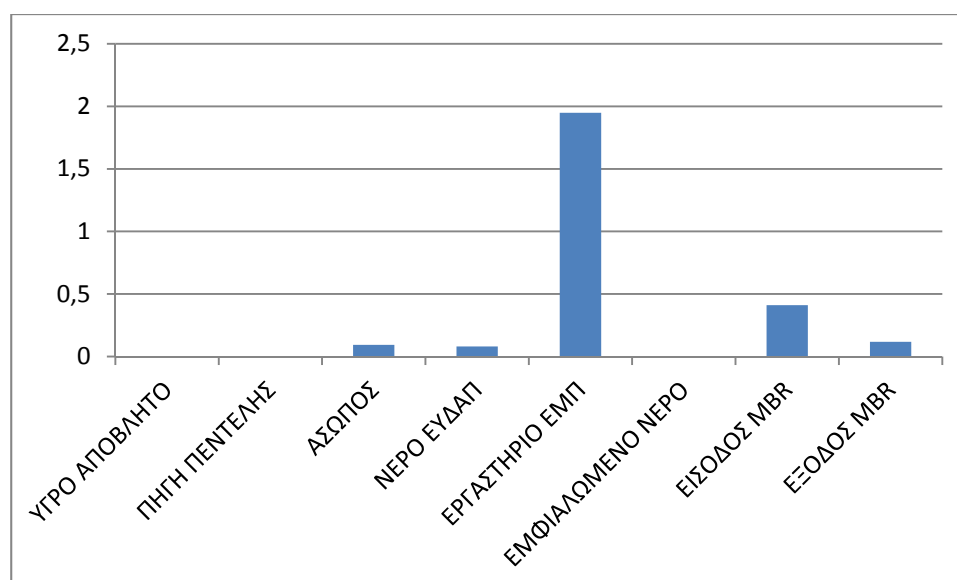
Ψευδάργυρος

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.24: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ψευδαργύρου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,005 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,091	0,0937	0,081	1,948	<0,005 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,4111 (0,117- 0,940)	0,1178 (0,003- 0,435)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών ψευδαργύρου στα δείγματα



Σχήμα 5.20: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Ψευδαργύρου των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Ψευδαργύρου πρέπει να είναι μικρότερη από 2,0mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Ψευδαργύρου πρέπει να είναι μικρότερη από 1000μg/l (1,0mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Ψευδαργύρου πρέπει να είναι μικρότερη από 2000μg/l (2,0mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η συγκέντρωση Ψευδαργύρου πρέπει να είναι μικρότερη από 3mg/l (για ύδατα A1) με ενδεικτική τιμή 0,5mg/l, και 5mg/l (για ύδατα A2 και A3) με ενδεικτική τιμή 1,0mg/l. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Ψευδαργύρου πρέπει να είναι μικρότερη από 2,0mg/l.

Το δείγμα εργαστηρίου ΕΜΠ υπερβαίνει τα όρια της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ και τις ενδεικτικές τιμές της οδηγίας 75/440/ΕΟΚ για ύδατα Α1, Α2 και Α3. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν αποδεκτές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξεργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος ΜΒR απομάκρυνε αποτελεσματικά τον ψευδάργυρο. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των νερών (Ασωπός, ΕΥΔΑΠ, εμφιαλωμένο, εργαστήριο ΕΜΠ, πηγή Πεντέλης), διαπιστώνεται ότι το δείγμα του εργαστηρίου ΕΜΠ εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου, πιθανώς λόγω ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα.

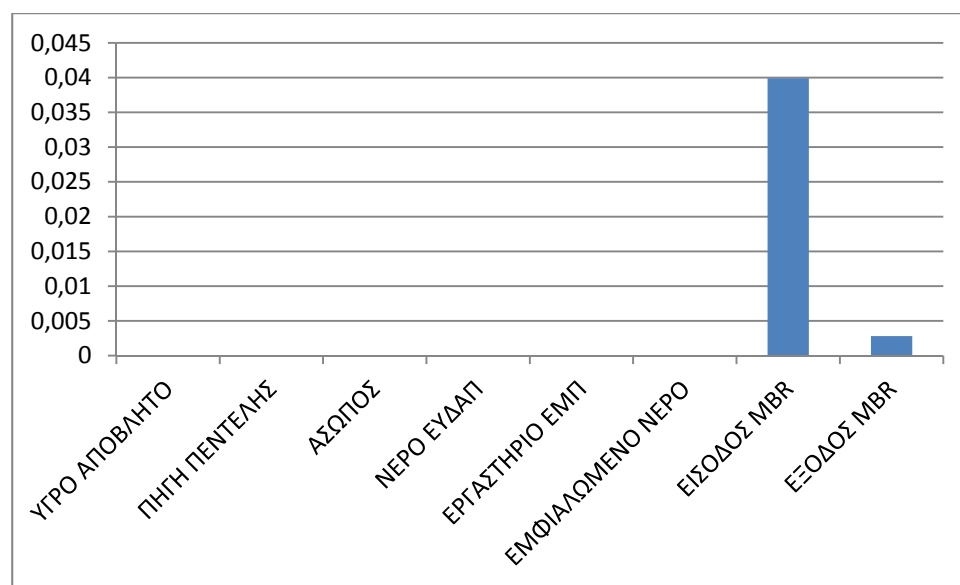
Χαλκός

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.25: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χαλκού των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0399	0,0028
	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,0042- 0,0873)	(0,0006- 0,0071)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών χαλκού στα δείγματα:



Σχήμα 5.21: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χαλκού των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Χαλκού πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Καδμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 2μg/l (0,002mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Χαλκού πρέπει να είναι μικρότερη από 50μg/l (0,05mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Χαλκού πρέπει να είναι μικρότερη από 200μg/l (0,2mg/l). Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση Χαλκού πρέπει να είναι μικρότερη από 0,02, 0,05 και

1,0 mg/l (ενδεικτική τιμή) για τα ύδατα A1, A2 και A3 αντίστοιχα. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Χαλκού πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2mg/l.

Το δείγμα εισόδου MBR είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών 98/83/ΕΕ και 75/440/ΕΟΚ για τα ύδατα A1, ενώ το δείγμα εξόδου MBR υπερβαίνει τα όρια της οδηγίας 98/83/ΕΕ. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν συγκεντρώσεις χαλκού που είναι εντός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξεργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε αποτελεσματικά τον χαλκό. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

Κάδμιο

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.26: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Καδμίου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό
Μέση τιμή (mg/l)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Καδμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,01 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Καδμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 5μg/l (0,005mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Καδμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 4μg/l (0,004mg/l). Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση Καδμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,005mg/l (ενδεικτική τιμή 0,001mg/l) για τα ύδατα Α1, Α2 και Α3. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Καδμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,01mg/l.

Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει ανιχνεύσιμο Κάδμιο στα εν λόγω δείγματα.

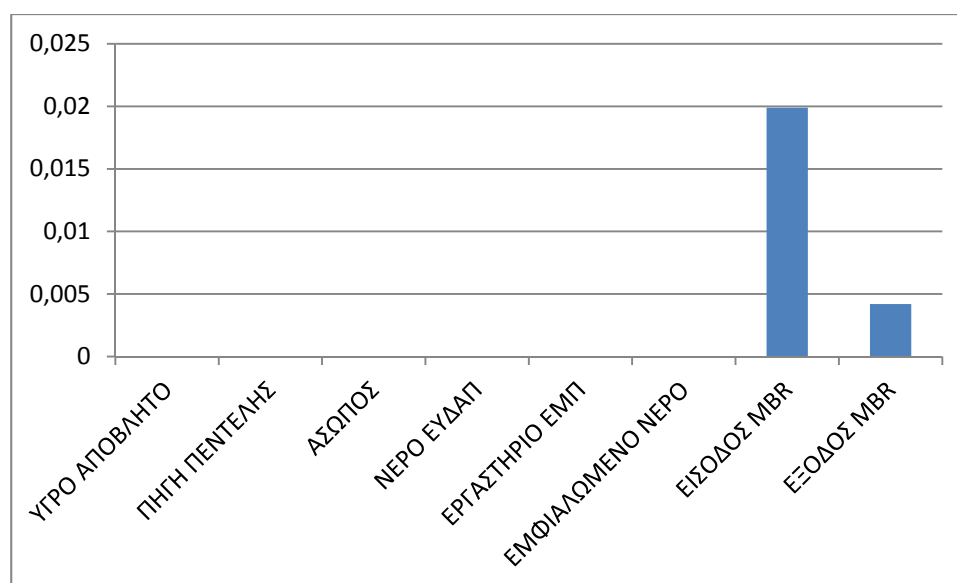
Χρώμιο

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.27: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Χρωμίου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,0199	0,0042
	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[(κάτω του ορίου ανίχνευσης)- 0,0545)	[(κάτω του ορίου ανίχνευσης)- 0,017)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών χρωμίου στα δείγματα



Σχήμα 5.22: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Χρωμίου των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,1 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 50μg/l (0,05mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 50μg/l (0,05mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση ολικού Χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 200μg/l (0,2mg/l). Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση ολικού Χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από

0,05mg/l για τα ύδατα A1, A2 και A3. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,1mg/l.

Διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα δεν υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξέργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε αποτελεσματικά το χρώμιο. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

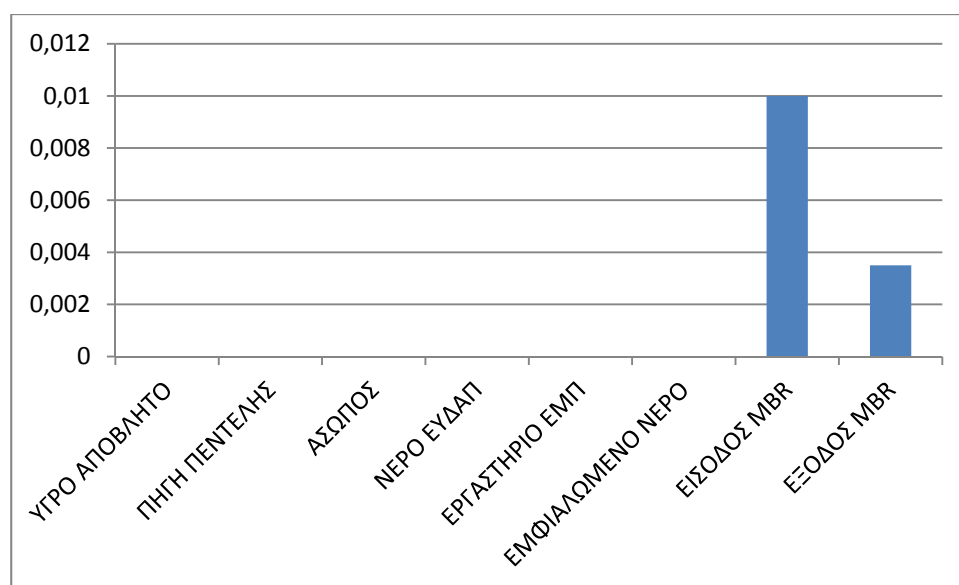
Νικέλιο

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.28: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νικελίου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,0100	0,0035
	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[(κάτω του ορίου ανίχνευσης)- 0,0358)	[(κάτω του ορίου ανίχνευσης)- 0,0151)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών νικελίου στα δείγματα



Σχήμα 5.23: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Νικελίου των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Νικελίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Νικελίου πρέπει να είναι μικρότερη από 20μg/l (0,02mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Νικελίου πρέπει να είναι μικρότερη από 100μg/l (0,1mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Νικελίου πρέπει να είναι μικρότερη από 200μg/l (0,2mg/l). Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Νικελίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2mg/l.

Διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα δεν υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξέργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε αποτελεσματικά το νικέλιο. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

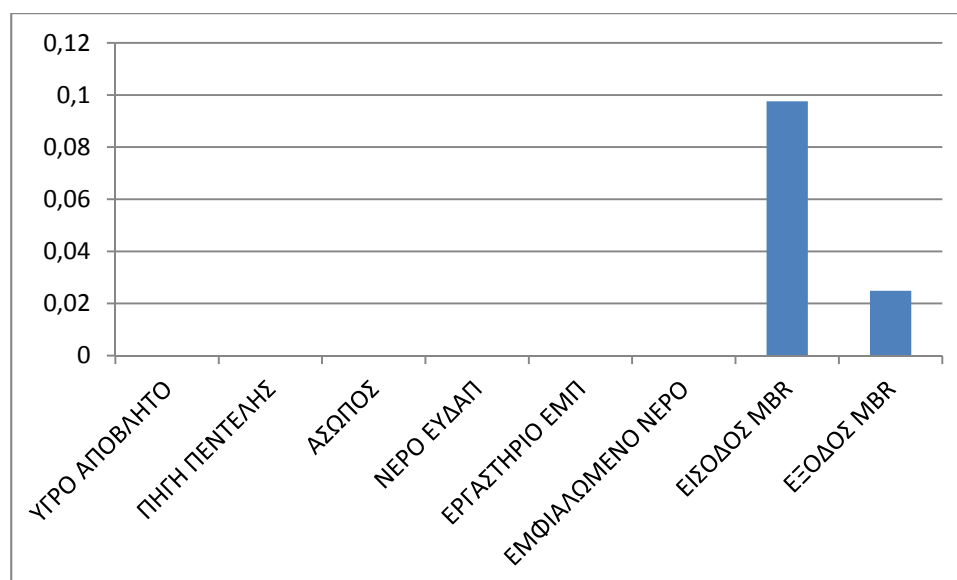
Μόλυβδος

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.29: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Μολύβδου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,0976	0,0249
	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,0093- 0,3290)	(0,0009- 0,0870)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών μολύβδου στα δείγματα



Σχήμα 5.24: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Μολύβδου των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Μολύβδου πρέπει να είναι μικρότερη από 5 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Μολύβδου πρέπει να είναι μικρότερη από 10μg/l (0,01mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Μολύβδου πρέπει να είναι μικρότερη από 20μg/l (0,02mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Μολύβδου πρέπει να είναι μικρότερη από 100μg/l (0,1mg/l). Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση μολύβδου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,05mg/l για τα ύδατα Α1, Α2 και Α3. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Μολύβδου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,1mg/l.

Διαπιστώθηκε ότι το δείγμα εισόδου MBR υπερβαίνει τα όρια των οδηγιών 98/83/ΕΕ, 76/464/ΕΟΚ, 2008/105/ΕΚ και 75/440/ΕΟΚ και της ΚΥΑ 145116/2011. Το δείγμα εξόδου MBR υπερβαίνει τα όρια των οδηγιών 98/83/ΕΕ, 76/464/ΕΟΚ, 75/440/ΕΟΚ. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν συγκεντρώσεις μολύβδου που είναι εντός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξέργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε αποτελεσματικά τον μόλυβδο. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

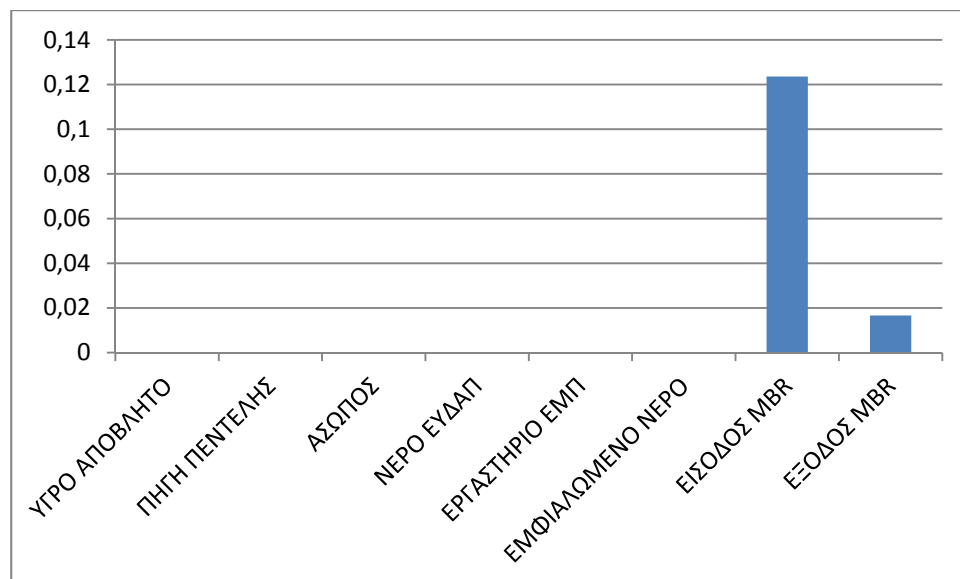
Μαγγάνιο

Συνολικά, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις:

Πίνακας 5.30: οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Μαγγανίου των δειγμάτων

Δείγμα/ Παράμετρος	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
Μέση τιμή (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1236	0,0166
(διακύμανση)	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	[κάτω από το όριο ανίχνευσης]	(0,0192- 0,4000)	(0,0068- 0,0500)

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύγκριση των τιμών μαγγανίου στα δείγματα



Σχήμα 5.25: η σύγκριση των συγκεντρώσεων Μαγγανίου των δειγμάτων

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του Μαγγανίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, η συγκέντρωση Μαγγανίου πρέπει να είναι μικρότερη από 50μg/l (0,05mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση Μαγγανίου πρέπει να είναι μικρότερη από 100μg/l (0,1mg/l). Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση Μαγγανίου πρέπει να είναι μικρότερη από 1000μg/l (1,0mg/l). Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ η συγκέντρωση μαγγανίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,05, 0,10 και 1mg/l (ενδεικτική τιμή) για τα ύδατα Α1, Α2

και Α3 αντίστοιχα. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση Μαγγανίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2mg/l.

Διαπιστώθηκε ότι το δείγμα εισόδου MBR υπερβαίνει τα όρια των οδηγιών 98/83/ΕΕ, 76/464/ΕΟΚ, και 75/440/ΕΟΚ (για τα ύδατα Α1 και Α2). Το δείγμα εξόδου MBR δεν υπερβαίνει τα όρια των οδηγιών. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν συγκεντρώσεις μαγγανίου που είναι εντός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών.

Συγκρίνοντας τα δείγματα των αστικών λυμάτων (ανεπεξεργαστα και επεξεργασμένα) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR απομάκρυνε αποτελεσματικά το μαγγάνιο. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατίθεται ο συγκεντρωτικός πίνακας με όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 5.31: οι συγκεντρωτικές μετρήσεις

Δείγμα/ Παράμετρος	Μονάδες	Υγρό απόβλητο	Πηγή Πεντέλης	Ασωπός	Νερό ΕΥΔΑΠ	Εργαστήριο ΕΜΠ	Εμφιαλωμένο νερό	Είσοδος MBR	Έξοδος MBR
pH		9,48	7,505	8,00	7,555	7,485	8,005		
Αγωγιμότητα	μS/cm	3.965	631	1.302	650,5	866,5	392	(δεν μετρήθηκε)	1.071
Ολικά αιωρούμενα στερεά	mg/l	115	5	32,5	1,0	0,5	0,75	257	<0,5 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]
Ολικά διαλυμένα στερεά	mg/l	2.580	440	930	380	550	240	(δεν μετρήθηκε)	667
Εξαμιζόμενα στερεά	mg/l	65	4	15	0,75	0,5	0,75	205	<0,02 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]
Καθιζάνοντα στερεά	mg/l	0	0	0	0	0	0		
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο	mg/l	256	<25 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	16,8	<4,0 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<4,0 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<4,0 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	551	21,4
Ποσοστό κορεσμού Διαλυμένου Οξυγόνου	%	36,02	98,28	91,12	93,48	65,22	97,28		
Ολικός Οργανικός Ανθρακας	mg/l	[δεν μετρήθηκε]	[δεν μετρήθηκε]	1,070	0,206	[δεν μετρήθηκε]	[δεν μετρήθηκε]		
Φαινόλες	mg/l	2,62	0,066	0,27	0,111	0,1125	0,155		
Σκληρότητα	mg/l	78,14	308,5	344,6	312,5	419,75	197,35		
Ολικό Αζωτο	mg/l	0,72	4,15	4,8	4,85	7,7	2,75		

Αμμωνιακά	mg/l	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,186	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	52,7	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]
Νιτρώδη	mg/l	0,161	<0,02 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	0,054	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,027		
Νιτρικά	mg/l	0,35	2,45	3,55	3,70	5,80	1,3	<0,5 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	50,7
Φωσφορικά	mg/l	0,125	<0,010 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	0,17	<0,05 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	0,05	0,065		
Χλωριούχα	mg/l	260	23	148,5	42,5	70,5	30,5		
Θειικά	mg/l	186	34	140	<5,0 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	<5,0 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]	<5,0 [κάτω του ορίου ανίχνευσης]		
Κυανιούχα	mg/l	0,0295	0,0025	0,012	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,0035	0,0045		
Σίδηρος	μg/l	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,2348	0,0404
Ψευδάργυρος	μg/l	<0,005 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,091	0,0937	0,081	1,948	<0,005 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,4111	0,1178
Χαλκός	μg/l	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,0399	0,0028
Κάδμιο	μg/l	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,002 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]		

Χρώμιο	μg/l	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,0199	0,0042
Νικέλιο	μg/l	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,02 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,0100	0,0035
Μόλυβδος	μg/l	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,05 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,0976	0,0249
Μαγγάνιο	μg/l	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	<0,01 [κάτω από το όριο ανίχνευσης]	0,1236	0,0166

Συνοψίζοντας, από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα για τα διάφορα δείγματα:

Το δείγμα του πρωτοβάθμια επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου του βαφείου-φινιριστηρίου παρουσιάζει αυξημένο pH, μεγάλη αγωγιμότητα, μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών, διαλυμένων στερεών, χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, χαμηλό ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο, υψηλή συγκέντρωση φαιολών, υψηλή συγκέντρωση χλωριόντων, ανεβασμένη αλλά αποδεκτή συγκέντρωση θειικών ιόντων, ανεβασμένη αλλά αποδεκτή συγκέντρωση κυανιούχων ιόντων, και χαρακτηρίζεται μέτρια σκληρό.

Το δείγμα υπογείου νερού της πηγής Πεντέλης παρουσιάζει μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών, αυξημένο ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο (που χρήζει επαναληπτικών μετρήσεων), μεγάλη συγκέντρωση φαιολών, και χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό (αυξημένη συγκέντρωση αλάτων).

Το δείγμα του πόσιμου νερού ΕΥΔΑΠ παρουσιάζει αυξημένο ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο, μεγάλη συγκέντρωση φαιολών, ολικού αζώτου, και χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό (αυξημένη συγκέντρωση αλάτων).

Το δείγμα του ποταμού Ασωπού παρουσιάζει μεγάλη αγωγιμότητα (δείχνει ότι υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση αλάτων), μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών, διαλυμένων στερεών, αυξημένο ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο, μεγάλη συγκέντρωση φαιολών, ολικού αζώτου, αμμωνιακών, ανεβασμένη αλλά αποδεκτή συγκέντρωση θειικών ιόντων, ανεβασμένη αλλά αποδεκτή συγκέντρωση κυανιούχων ιόντων, και χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό.

Το δείγμα του νερού γεώτρησης του εργαστηρίου ΕΜΠ παρουσιάζει μεγάλη συγκέντρωση διαλυμένων στερεών, υψηλό μέσο ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο, μεγάλη συγκέντρωση φαιολών, ολικού αζώτου, νιτρικών, ψευδαργύρου και χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό (αυξημένη συγκέντρωση αλάτων).

Το δείγμα του πόσιμου εμφιαλωμένου νερού χαρακτηρίζεται σκληρό καθώς εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση ανθρακικών αλάτων, εμφανίζει αυξημένο ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο, ανεβασμένη συγκέντρωση ολικού αζώτου και μεγάλη συγκέντρωση φαιολών.

Το δείγμα πρωτοβάθμια επεξεργασμένων αστικών λυμάτων παρουσιάζει μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών, χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, αμμωνιακών, σιδήρου, ψευδαργύρου, χαλκού, χρωμίου, νικελίου, μολύβδου και μαγγανίου. Πρόκειται για ανεπεξέργαστο απόβλητο και όλα αυτά θεωρούνται αναμενόμενα.

Το δείγμα δευτεροβάθμια επεξεργασμένων αστικών λυμάτων παρουσιάζει μεγάλη αγωγιμότητα (υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση αλάτων), μεγάλη συγκέντρωση διαλυμένων στερεών, νιτρικών, χαλκού, μολύβδου. Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων μειώθηκαν μετά την επεξεργασία, καθώς επιτεύχθηκε απομάκρυνση των εν λόγω μετάλλων.

Συγκρίνοντας τα δείγματα υγρών αποβλήτων και αστικών λυμάτων, διαπιστώνεται ότι η μέθοδος MBR κατάφερε να απομακρύνει αποτελεσματικά τα αιωρούμενα στερεά, το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο και τα μέταλλα. Επιπλέον, τα επεξεργασμένα λύματα δεν είναι επιβαρυνμένα όπως τα δείγματα πρωτοβάθμια επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου (φαινόλες, αμμωνιακά, χλωριόντα, θειικά, κυανιούχα), και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σύμφωνα με όσα ορίζει η ΚΥΑ 145116/2011.

Συγκρίνοντας τα δείγματα νερού (νερό Ασωπού, εμφιαλωμένο νερό, νερό ΕΥΔΑΠ, νερό της πηγής Πεντέλης, νερό του εργαστηρίου ΕΜΠ), διαπιστώνεται ότι:

- Το εμφιαλωμένο πόσιμο νερό χαρακτηρίζεται σκληρό. Εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις σε φαινόλες, ολικό άζωτο, ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο. Το εμφιαλωμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο σύγκρισης για τα επιφανειακά ύδατα.
- Τα υπόγεια ύδατα (νερό ΕΥΔΑΠ Νέας Μάκρης, εργαστήριο ΕΜΠ και πηγή Πεντέλης) χαρακτηρίζονται πολύ σκληρά. Εμφανίζουν αυξημένες τιμές σε ορισμένες παραμέτρους (φαινόλες, ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο, στερεά), και ειδικά το δείγμα του εργαστηρίου ΕΜΠ περιέχει νιτρικά και ψευδάργυρο. Το νερό ΕΥΔΑΠ της Νέας Μάκρης προέρχεται από γεώτρηση και δεν είχε υποστεί πλήρη επεξεργασία καθαρισμού.
- Το επιφανειακό νερό του Ασωπού χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό. Επιπλέον, είναι επιβαρυνμένο με πολλές ρυπογόνες ουσίες, λόγω της βιομηχανικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Ασωπού. Εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις σε ορισμένες παραμέτρους (στερεά, φαινόλες, ολικό άζωτο, αμμωνιακά, θειικά, κυανιούχα, ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο). Η ακριβέστερη μελέτη της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων του Ασωπού απαιτεί την λήψη δειγμάτων από πολλά και διαφορετικά σημεία κατά μήκος του ποταμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ***Κοινοτικές Οδηγίες και Νόμοι του Ελληνικού Κράτους***

Απόφαση υπ' αριθμόν 20488 "Καθορισμός Ποιοτικών Περιβαλλοντικών Προτύπων στον ποταμό Ασωπό και Οριακών Τιμών Εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού", όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 749, 31 Μαΐου 2010

Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμόν 2/1.2.2001 (εναρμόνιση με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται το υδάτινο περιβάλλον), όπως δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 15, 2 Φεβρουαρίου 2001

Οδηγία 76/160/ΕΚ του Συμβουλίου της 8ης Δεκεμβρίου 1975 σχετικά με την ποιότητα του νερού κολύμβησης

Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων

Οδηγία 2006/7/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15ης Φεβρουαρίου 2006 σχετικά με τη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ (από 31/12/2014)

Βιβλία

Μαρία Λοϊζίδου, *Υγρά απόβλητα*, 2006

Χαραλάμπους Αικατερίνη, *Υδατικό Περιβάλλον*, 2006

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (πίνακας επιλεγμένων τιμών από την Οδηγία 98/83/ΕΕ σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	μg/l
Κυανιούχα άλατα	50	mg/l
Χλωριούχα άλατα	250	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά άλατα	50	mg/l
Νιτρώδη άλατα	0,50	mg/l
Αμμώνιο	0,50	mg/l
Αγωγιμότητα	2.500	μS/cm στους 20 °C
Σίδηρος	200	μg/l
Μαγγάνιο	50	μg/l
Θειικά άλατα	250	mg/l
pH (Συγκέντρωση Ιόντων Οξυγόνου)	6,5 έως 9,5	Μονάδες pH

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (πίνακας επιλεγμένων τιμών από την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, όπως αναδημοσιεύτηκε στην Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου 2/1.2.2001)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Χρώμιο	50	mg/l
Χαλκός	50	mg/l
Μόλυβδος	20	mg/l
Νικέλιο	100	mg/l
Σίδηρος (διαλυτό κλάσμα)	200	mg/l
Μαγγάνιο	100	mg/l
Ψευδάργυρος	1000	mg/l

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ (πίνακας επιλεγμένων τιμών από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
B.O.D. στους 25 °C	25	mg/l O ₂
C.O.D.	125	mg/l O ₂
Ολικά αιωρούμενα στερεά	35	mg/l
Ολικός φώσφορος	2,0	mg/l
Ολικό Άζωτο	15	mg/l

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ (επιλεγμένες τιμές από τα προτεινόμενα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για άρδευση και επιδράσεις στις καλλιέργειες, σύμφωνα με τις υποδείξεις του FAO)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Κάδμιο	0,01	mg/l
Μαγγάνιο	0,20	mg/l
Μόλυβδος	5,0	mg/l
Νικέλιο	0,20	mg/l
Σίδηρος	5,0	mg/l
Χαλκός	0,20	mg/l
Χρώμιο	0,10	mg/l
Ψευδάργυρος	2,0	mg/l

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε (Επίδραση της ποιότητας του νερού στα εδάφη, ανάλογα με τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων, σύμφωνα με τις υποδείξεις του FAO)

Παράμετρος	Καμία επίδραση	Ελάχιστη έως μέτρια επίδραση	Μεγάλη επίδραση
pH	<7	7-8	>8
Αιωρούμενα στερεά	<50 mg/l	50-100 mg/l	>100 mg/l
Ολικά διαλυμένα στερεά	<450 mg/l	450-2.000 mg/l	>2.000 mg/l

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ (πίνακας επιλεγμένων τιμών από την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα Κράτη-Μέλη)

Παράμετρος	Μονάδες	Κατηγορία επιφανειακού νερού					
		Α1		Α2		Α3	
		Ενδεικτικό	Υποχρεωτικό	Ενδεικτικό	Υποχρεωτικό	Ενδεικτικό	Υποχρεωτικό
pH		6,5-8,5		5,5-9,0		5,5-9,0	
Θερμοκρασία	°C	22	25 (Ο)	22	25 (Ο)	22	25 (Ο)
Αγωγιμότητα	μS/cm (20 °C)	1000		1000		1000	
Ολικά αιωρούμενα στερεά	mg/l	25					
Νιτρικά	mg/l	25	50 (Ο)	25	50 (Ο)	25	50 (Ο)
Φθόριο	mg/l	0,7-1,0	1,5	0,7-1,0		0,7-1,0	
Σίδηρος	mg/l	0,1	0,3	1	2	1	
Μαγγάνιο	mg/l	0,05		0,1		1	
Χαλκός	mg/l	0,02	0,05 (Ο)	0,05		1	
Ψευδάργυρος	mg/l	0,5	3	1	5	1	5
Κάδμιο	mg/l	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
Ολικό Χρώμιο	mg/l		0,05		0,05		0,05
Μόλυβδος	mg/l		0,05		0,05		0,05
Κυανιούχα	mg/l		0,05		0,05		0,05
Θειικά	mg/l	150	250	150	250 (Ο)	150	250 (Ο)
Χλωριόντα	mg/l	200		200		200	
Φωσφορικά	mg/l	0,4		0,7		0,7	
Φαινόλες	mg/l		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
C.O.D.	mg/l					30	
Βαθμός κορεσμού σε Οξυγόνο	%	>70		>50		>30	
Ολικό Άζωτο κατά Kjeldahl	mg/l	1		2		3	
Αμμωνιακό Άζωτο	mg/l	0,05		1	1,5	2	4 (Ο)

[Ο: ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες]

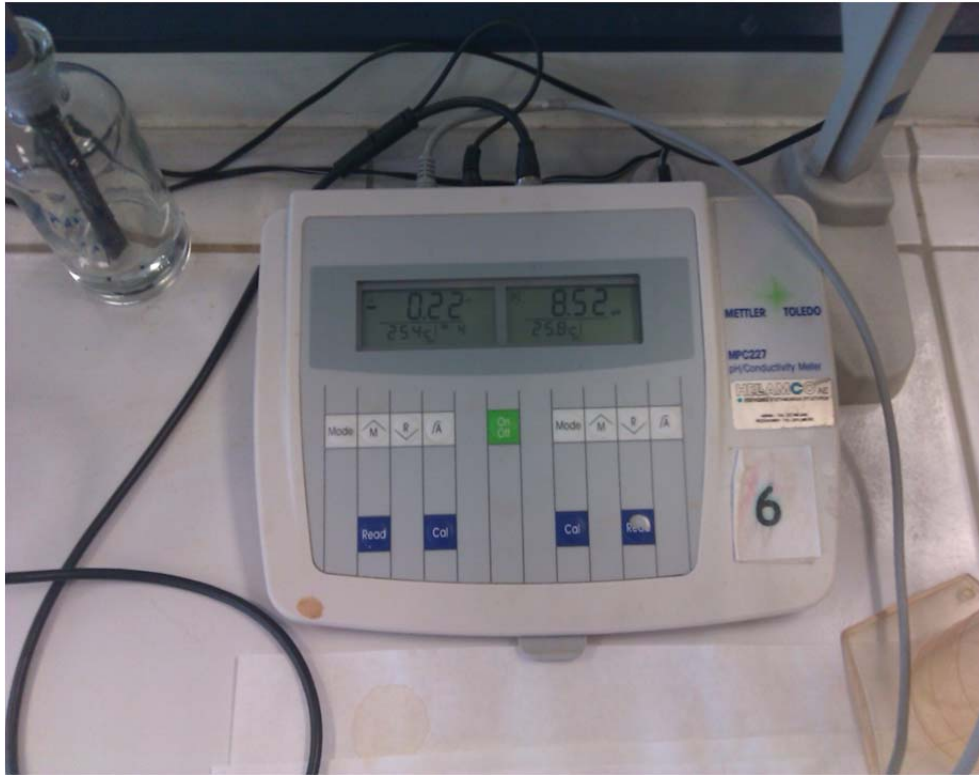
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ (πίνακας επιλεγμένων τιμών από την Κοινοτική Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, όπως δημοσιεύτηκε στην Κοινή Υπουργική Απόφαση αρ. 20488/31.05.2010)

Ποιοτικά Περιβαλλοντικά Πρότυπα (Ετήσια Μέση Συγκέντρωση και Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση) και Οριακές Τιμές Εκπομπών

Παράμετρος	Μονάδα	Ετήσια Μέση Συγκέντρωση	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση	Οριακές Τιμές Εκπομπών
Κάδμιο	μg/l	0,08 (<40mg CaCO ₃ /l) 0,08 (40-50mg CaCO ₃ /l) 0,09 (50-100mg CaCO ₃ /l) 0,15 (100-200mg CaCO ₃ /l) 0,25 (>200mg CaCO ₃ /l)	0,45 (<40mg CaCO ₃ /l) 0,45 (40-50mg CaCO ₃ /l) 0,60 (50-100mg CaCO ₃ /l) 0,90 (100-200mg CaCO ₃ /l) 1,50 (>200mg CaCO ₃ /l)	4
Μόλυβδος	μg/l	7,2	[δεν εφαρμόζεται]	100
Νικέλιο	μg/l	20	[δεν εφαρμόζεται]	200
Κυανιούχα	μg/l	10	[προς θέσπιση σε επίπεδο χώρας]	200
Ολικές Φαινόλες	μg/l	50	[προς θέσπιση σε επίπεδο χώρας]	150
Φαινόλη	μg/l	8	46	50
Μαγγάνιο	μg/l	100	[προς θέσπιση σε επίπεδο χώρας]	1000
Σίδηρος Ολικός	μg/l	1000	[προς θέσπιση σε επίπεδο χώρας]	3000
Σίδηρος διαλυτός	μg/l	200	[προς θέσπιση σε επίπεδο χώρας]	1000
Χαλκός	μg/l	3 (<40mg CaCO ₃ /l) 6 (40-50mg CaCO ₃ /l) 9 (50-100mg CaCO ₃ /l) 17 (100-200mg CaCO ₃ /l) 26 (>200mg CaCO ₃ /l)	3,5 (<40mg CaCO ₃ /l) 7,5 (40-50mg CaCO ₃ /l) 12 (50-100mg CaCO ₃ /l) 23 (100-200mg CaCO ₃ /l) 37 (>200mg CaCO ₃ /l)	200

Χρώμιο Ολικό	μg/l	23 (<40mg CaCO ₃ /l) 42 (40-50mg CaCO ₃ /l) 50 (>50mg CaCO ₃ /l)	110	200
Χρώμιο VI	μg/l	3	11	30
Ψευδάργυρος	μg/l	8 (<50mg CaCO ₃ /l) 50 (50-100mg CaCO ₃ /l) 75 (100-200mg CaCO ₃ /l) 125 (>200mg CaCO ₃ /l)	[προς θέσπιση σε επίπεδο χώρας]	2000
pH		6,5-8,5		6,5-8,5
Διαλυμένο Οξυγόνο	%	70		4 [ελάχιστη οριακή τιμή]
BOD ₅	mg/l	2,5	4	10
Ολικός Φώσφορος	mg/l	0,165	0,31	1
Ολικό Αμμωνιακό Άζωτο	mg/l	0,15	0,3	2
Ελεύθερη Αμμωνία	mg/l	0,01	0,02	0,2
Νιτρώδη	mg/l	0,05	0,10	0,5
Νιτρικά	mg/l	3,5	6,0	7
Φθοριούχα	mg/l	1	1,7	5
Χλωριόντα	mg/l	200		500
Ολικά αιωρούμενα στερεά	mg/l			10
Ολικά διαλυμένα στερεά	mg/l			1500
COD	mg/l			125
Ολικό Άζωτο	mg/l			10
Θειικά	mg/l			200

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η (Εργαστηριακός Εξοπλισμός)



Πεχάμετρο/Αγωγιμόμετρο MPC227 TOLEDO



Πιπέτες Eppendorf των 0,1ml (κίτρινο), 1,0ml (μπλε), και 5,0ml (μωβ)



Διάταξη τιτλοδότησης, όπου η προχοΐδα είναι πάνω από την κωνική φιάλη



Οξυγονόμετρο βυθισμένο σε ειδική φιάλη



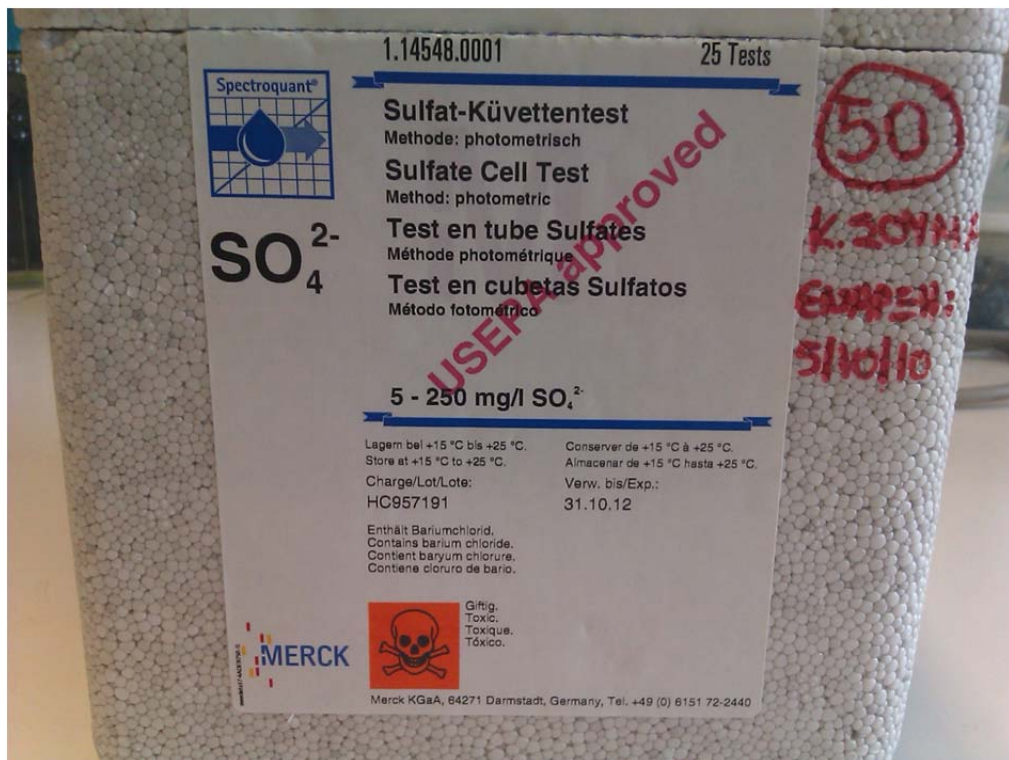
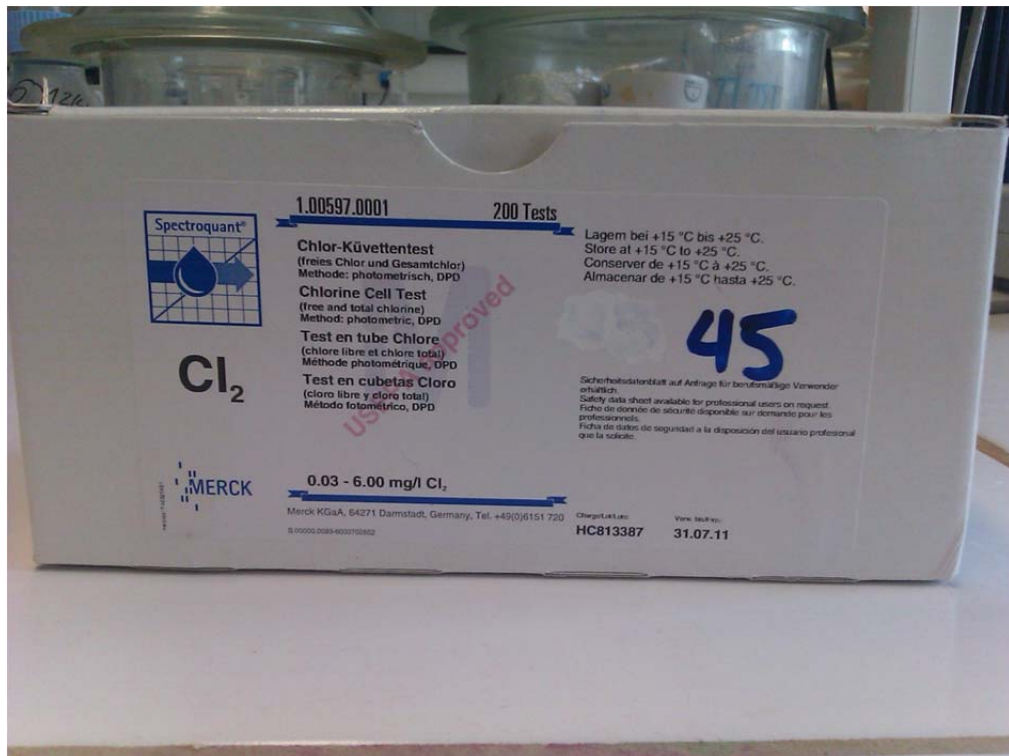
Θάλαμος επώασης μικροοργανισμών, για τον προσδιορισμό B.O.D.



Θερμο-αντιδραστήρας, κατάλληλος για την χώνευση δειγμάτων σε δοκιμαστικούς σωλήνες



Φωτόμετρο Merck Nona 60, με τις κυψελίδες των 50mm (μαύρο) 10mm(διαφανές)



Ενδεικτικά δείγματα kit της Merck για τον προσδιορισμό συγκεντρώσεων παραμέτρων στο φωτόμετρο



Φούρνος Barnstead Thermolyne



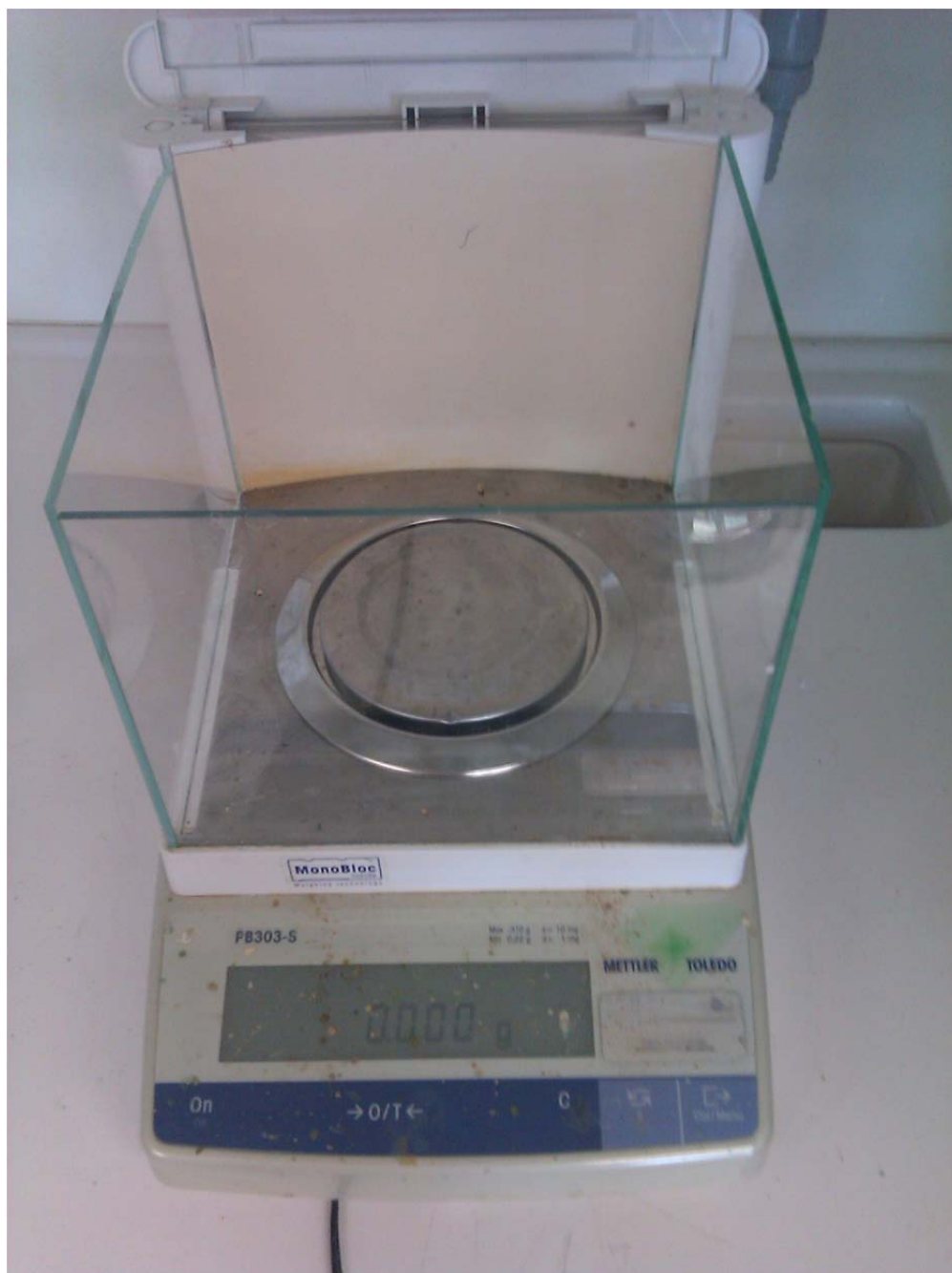
Φούρνος Carbolite



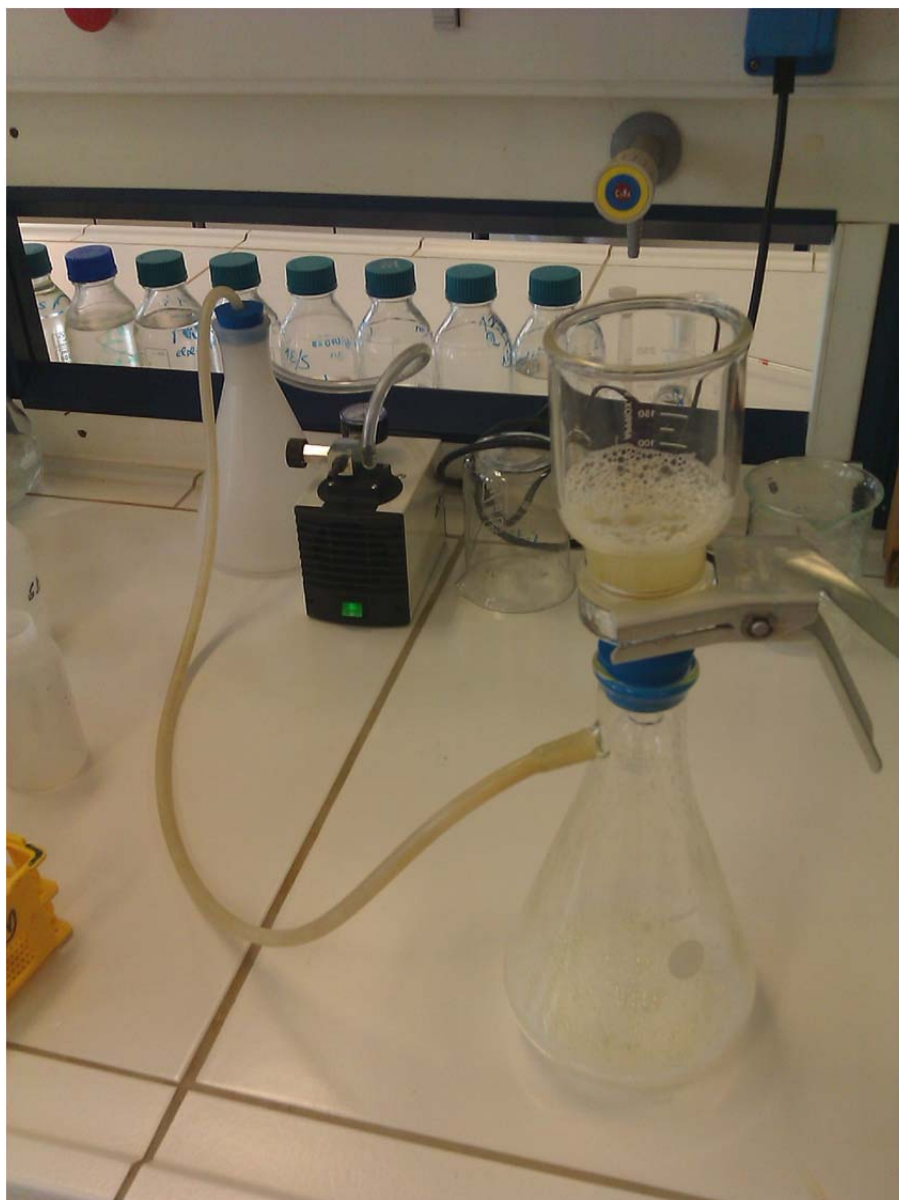
Υδατόλουτρο



Ζυγός KERN



Ζυγός METTLER TOLEDO



Διάταξη διήθησης, με την κωνική φιάλη συνδεδεμένη με αντλία πίεσης



Ογκομετρικός σωλήνας Imhoff



Μηχάνημα για την μέτρηση του ολικού οργανικού άνθρακα (T.O.C.)



Μηχάνημα Ατομικής Απορρόφησης, για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των μετάλλων