



**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επαναδραστηριοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών μετά
από χλωρίωση σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα



**Σπουδάστρια: Χουσά Στυλιανή
Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μανιός Θρασύβουλος**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

1.Εισαγωγή.....	σελ.3
1.1Ιστορική αναδρομή.....	σελ.3
1.2Ανάγκη επεξεργασίας αποβλήτων.....	σελ.4
1.3Ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων.....	σελ.5
1.3.1Βιολογικά χαρακτηριστικά αποβλήτων.....	σελ.6
1.3.2Οργανικές ουσίες.....	σελ.8
1.3.2.1Βιοχημική αποδόμηση.....	σελ.8
1.3.2.2Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο.....	σελ.8
1.3.3Στερεές ουσίες.....	σελ.9
1.3.45Φυσικά χαρακτηριστικά.....	σελ.10
1.3.4.1Οσμμή.....	σελ.10
1.3.4.2 Θερμοκρασία.....	σελ.10
1.3.4.3 Χρώμα.....	σελ.11
1.4 Είδη-κατηγορίες μικροοργανισμών.....	σελ.11
1.5 Χημική σύσταση μικροοργανισμών.....	σελ.11
1.6Φυσιολογία κυττάρων-Μεταβολισμός μικροοργανισμών.....	σελ.12
1.7Ανάπτυξη μικροοργανισμών.....	σελ.13
1.8 Επίδραση του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη μικροοργανισμών.....	σελ.14
1.8.1Θερμοκρασία.....	σελ.14
1.8.2PH-Αλκαλικότητα.....	σελ.15
1.8.3Ακτινοβολία.....	σελ.15
1.9Ισχύον θεσμικό πλαίσιο.....	σελ.16
1.10Προτεινόμενο θεσμικό πλαίσιο για την Ελλάδα.....	σελ.17

Κεφάλαιο 2

2.1Επεξεργασία αποβλήτων.....	σελ.21
2.1.1Προεπεξεργασία.....	σελ.22
2.1.2Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	σελ.23
2.1.3Δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	σελ.23
2.1.4Απολύμανση.....	σελ.26
2.1.4.1Μηχανισμοί απολύμανσης.....	σελ.26
2.1.4.2Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης.....	σελ.26
2.1.4.2.1 Χαρακτηριστικά του μέσου απολύμανσης.....	σελ.26
2.1.4.2.2Χρόνος επαφής.....	σελ.27
2.1.5Τριτοβάθμια επεξεργασία.....	σελ.28
2.1.5.1Γραμμή επεξεργασίας ιλύος.....	σελ.28
2.1.5.2Σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων.....	σελ.28

Κεφάλαιο 3

3.1Χλωρίωση.....	σελ.29
3.1.1Τρόπος δράσης του χλωρίου.....	σελ.30

3.1.2Εξοπλισμός χλωρίωσης-αποχλωρίωσης.....	σελ.31
3.1.3Υπολογισμός-προσθήκη χλωρίου.....	σελ.33
3.2Άλλες μέθοδοι απολύμανσης.....	σελ.34
3.2.1Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία.....	σελ.34
3.2.2Απολύμανση με όζον.....	σελ.34

Κεφάλαιο 4

4.1Υλικά και μέθοδοι.....	σελ.36
4.2Δειγματοληψίες-Προετημασία δειγμάτων.....	σελ.36
4.2.1Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.....	σελ.37
4.2.2Υπολογισμός μικροοργανισμών/100mlδείγματος.....	σελ.37
4.2.3Υπολογισμός ολικού-υπολειμματικού χλωρίου.....	σελ.40
4.2.4Μέτρηση pH δείγματος.....	σελ.41
4.2.5Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας δείγματος.....	σελ.42
4.2.6Υπολογισμός COD.....	σελ.43
4.2.7Διαδικασία ανίχνευσης Σαλμονέλας.....	σελ.44

Κεφάλαιο 5

5.1Αποτελέσματα.....	σελ.46
5.1.1Αποτελέσματα ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου.....	σελ.47
5.1.2Αποτελέσματα θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου.....	σελ.51
5.1.3Αποτελέσματα εντερόκοκκων και υπολειμματικού χλωρίου.....	σελ.55.
5.1.4Αποτελέσματα pH-EC.....	σελ.59
5.1.5Αποτελέσματα COD.....	σελ.63
5.1.6Αποτελέσματα ανίχνευσης Σαλμονέλας.....	σελ.67
5.2Σύγκριση αποτελεσμάτων δειγματοληψιών.....	σελ.67
5.3Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα.....	σελ.70

Κεφάλαιο 6

6.1Βιβλιογραφία.....	σελ.72
6.2Παράρτημα.....	σελ.75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

1.Εισαγωγή

Ως υγρά απόβλητα χαρακτηρίζονται όλες οι ποσότητες υδάτων οι οποίες αφού χρησιμοποιηθούν σε διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (οικιακές, βιομηχανικές, αγροτικές) αποβάλλονται από το χώρο παραγωγής τους. Επειδή όμως αναγκαστικά επιστρέφονται (διοχετεύονται) στο φυσικό περιβάλλον, μιας και δεν έχουν πλέον καμία χρησιμότητα στον άνθρωπο, αυτομάτως γεννιέται η ανάγκη επεξεργασίας τους λόγω της μεγάλης ποσότητάς τους, της σύνθεσής τους και της προοπτικής επαναχρησιμοποίησής τους.

Ως επεξεργασία ορίζεται το σύνολο των διεργασιών που έχουν σκοπό να μειώσουν τις βλαβερές επιδράσεις των υγρών αποβλήτων στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Από τα βιολογικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων το σημαντικότερο είναι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες, ιοί), οι οποίοι συναντώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και θεωρούνται επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία. Για αυτό το λόγο η απολύμανση αποτελεί ένα πολύ σημαντικό στάδιο, το οποίο πραγματοποιείται αμέσως μετά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

1.1 Η ανάγκη επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων

Η ανάγκη αυτή θεωρείται άμεση καθώς τα υγρά απόβλητα έχουν ως κύρια βάση τους το νερό, το βασικότερο συστατικό της ζωής. Το νερό στη φύση ανακυκλώνεται συνεχώς. Αρχικά το νερό της θάλασσας και των ηπείρων (λίμνες, ποτάμια, έδαφος) εξατμίζεται με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, σχηματίζουν σύννεφα τα οποία δίνουν βροχή, χιόνι, χαλάζι (κατακρημνίσματα) τα οποία συλλέγει η γη. Το νερό επιφανειακό ή υπόγειο, καταλήγει πάλι στη θάλασσα όπου μία νέα εξάτμιση θα συνεχίσει αυτό που ονομάζουμε 'υδρολογικό κύκλο'. Υπολογίζετε κατά προσέγγιση ότι κάθε χρόνο 453.000-500.000 km³ νερού εξατμίζονται από τις θάλασσες του πλανήτη μας. Από αυτή την ποσότητα το 90% επιστρέφει με κατακρημνίσματα στη θάλασσα, ενώ το

10%, περίπου 41.000 m³ μεταφέρεται στο ηπειρωτικό τμήμα, όπου προστίθενται και 72.000m³ εξατμιζόμενου νερού από την ηπειρωτική επιφάνεια της γης. Οι ποσότητες αυτές δημιουργούν τις ηπειρωτικές βροχές. Είναι φανερό ότι τα $\frac{3}{4}$ των βροχοπτώσεων πέφτουν στους ωκεανούς και μόνο το $\frac{1}{4}$ πέφτει στη γη, το οποίο είναι άμεσα διαθέσιμο για χρήση (παραγωγική διεργασία, πόση, άρδευση, καθαριότητα κ.τ.λ) και ανάλογη είναι και η απαιτούμενη ποιότητα.

Η εξέλιξη της ημερήσιας κατανάλωσης νερού για οικιακή χρήση στη Ελλάδα από την αρχαιότητα μέχρι τη σημερινή εποχή παρουσιάζει διακυμάνσεις. Στην αρχαιότητα υπήρχε υψηλή κατανάλωση που οφειλόταν κυρίως στις τότε οικιακές ανάγκες (π.χ ζώα). Κατά το 1950 σημειώθηκε χαμηλή κατανάλωση νερού, που απεικονίζει το βιοτικό επίπεδο της εποχής αυτής. Η σημερινή κατανάλωση νερού στην Ελλάδα υπολογίζεται συνολικά 136 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα και είναι σχεδόν ίδια με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες.

Ως αποτέλεσμα, η δημιουργία υγρών αποβλήτων γίνεται με ρυθμούς μεγαλύτερους από τους φυσικούς ρυθμούς αυτοκαθαρισμού και διατρέχουμε σοβαρότατο κίνδυνο ανεπίστρεπτης διαταραχής των ισορροπιών με πιθανά καταστροφικά αποτελέσματα. Πέρα από την τεράστια αύξηση σε ποσότητα των υγρών αποβλήτων, τα τελευταία χρόνια έχει σημαντικά αυξηθεί και η τοξικότητα των αποβλήτων, εξαιτίας της ανεξέλεγκτης διάθεσης νέων συνθετικών τοξικών ή/και μη βιοαποδομήσιμων ουσιών που παράγονται από την παραγωγική διαδικασία. Οι τοξικές ουσίες και οι παθογόνοι οργανισμοί που περιέχονται στα υγρά απόβλητα αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την δημόσια υγεία.

Έτσι λοιπόν είναι δεδομένη η ανάγκη απομάκρυνσης τόσο των χημικών ρύπων και μικρορυπαντών όσο και η απομάκρυνση των μικροοργανισμών (σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό) μέσω της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

1.2 Ιστορική αναδρομή επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Το 100 μ.χ υπήρχαν στη Ρώμη, Έφεσσο, Πέργαμο αλλά και αρχαιότερα στη Κνωσό εγκαταστάσεις για τον καθαρισμό λυμάτων.

Υπάρχουν ιστορικές Αιγυπτιακές αναφορές που χρονολογούνται στα 1500 π.Χ για χρήση ενώσεων του αργιλίου προκειμένου να υποβοηθείται η καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων και να προκύπτει διαυγές νερό. Από τον 16^ο αιώνα είχε τεκμηριωθεί η αποτελεσματικότητα της διήθησης στην αφαίρεση αιωρούμενων υλικών και κατά τον 17^ο αιώνα άρχισε να γίνεται στην Ευρώπη επεξεργασία με φίλτρα άμμου που λειτουργούσαν με χαμηλή υδραυλική φόρτιση.

Μια από τις πρώτες αναφορές υδατογενών λοιμώξεων από αναποτελεσματική επεξεργασία έχουμε το 1855. Ο επιδημιολόγος Dr. John Snow τεκμηρίωσε ότι η χολέρα είναι μια ασθένεια που μεταφέρεται δια μέσο του νερού. Η τεκμηρίωση αυτή βασίστηκε κυρίως στο συσχετισμό μιας επιδημίας χολέρας στο Λονδίνο με ένα πηγάδι άρδευσης, το οποίο είχε επιμολυνθεί από αστικά λύματα.

Προδιαγραφές για την μικροβιολογική ποιότητα του πόσιμου νερού θεσπίστηκαν στις Η.Π.Α από το 1914. Οι προδιαγραφές αυτές αρχικά αφορούσαν μόνο το νερό που διατίθεται σε διαπολιτικά μεταφορικά μέσα, όμως η Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας των Η.Π.Α αναθεώρησε αυτές τις προδιαγραφές το 1925, 1946, 1962. Το 1974 τέθηκε σε εφαρμογή το Νομοσχέδιο για το Ασφαλές Πόσιμο Νερό που αναφέρεται και στα νερά που χρησιμοποιούνται για παραγωγή και επεξεργασία τροφίμων. Από το 1980 μέχρι και σήμερα έχουν γίνει επίσης αρκετές τροποποιήσεις στην οδηγία αυτή.

1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες :

- α) Βιολογικά χαρακτηριστικά
- β) Οργανικές ουσίες
- γ) Περιεκτικότητα σε στερεά
- δ) Φυσικά χαρακτηριστικά

1.3.1 Βιολογικά χαρακτηριστικά

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν διάφορους μικροοργανισμούς, ορισμένοι εκ των οποίων μπορεί να είναι παθογόνοι ή δυνητικά παθογόνοι. Επειδή η αναγνώριση του κάθε μικροοργανισμού παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες και επειδή ο αριθμός των παθογόνων μικροοργανισμών σε σχέση με άλλους μικροοργανισμούς είναι πολύ μικρός, για το προσδιορισμό της πιθανότητας που έχει το νερό να μεταδώσει ασθένειες χρησιμοποιούνται οργανισμοί που ονομάζονται **μικροβιακοί δείκτες**. Η ύπαρξή τους επιβεβαιώνει τη μόλυνση του νερού. Τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι οι εντερόκοκκοι, παθογόνα εντεροβακτηρίδια, όπως για παράδειγμα η σαλμονέλα του τυφοειδούς πυρετού, κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι, πυοκυανική ψευδομονάδα του τυφοειδούς πυρετού. Η ομάδα αυτή των βακτηρίων περιλαμβάνει gram-θετικούς κόκκους. Ο φυσιολογικός χώρος διαβίωσής τους είναι ο εντερικός σωλήνας του ανθρώπου και θερμόαιμων ζώων και από εκεί πήραν την ονομασία τους. Έχουν μικρή βιωσιμότητα στο περιβάλλον και για αυτό η χρήση τους γεν είναι αποκλειστική για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού. Παρόλα αυτά επειδή κάποια είδη (*S.bovis*, *S.equinus*) έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής έξω από το φυσικό τους περιβάλλον, η παρουσία τους στο νερό φανερώνει πρόσφατη μόλυνση.

Όμως οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται σε σημαντικές συγκεντρώσεις είναι τα λεγόμενα κολοβακτηρίδια. Κάθε άτομο παράγει 100 έως 400 δισ. κολοβακτηρίδια την ημέρα. Ανήκουν στην οικογένεια των εντεροβακτηριακών που περιλαμβάνει τα είδη *E.Coli*, *citrobacter*, *klebsiella*, *enterobacter*. Η ομάδα των ολικών κολοβακτηριδίων περιλαμβάνει gram-αρνητικά είδη, τα οποία απομονώνονται εύκολα και με εξοπλισμό χαμηλού κόστους, οπότε αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο δείκτη για τη πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων βακτηρίων και ιών στο νερό. Για να τα διαχωρίσουμε από αυτά του εδάφους, χρησιμοποιείται το σύνολο των κολοβακτηριδίων (Total Coliforms TC) και τα κολοβακτηρίδια περιττωματικής προέλευσης (Fecal Coliforms FC). Επιδημιολογικές-Μικροβιολογικές έρευνες έχουν δείξει ότι τα είδη *E.Coli* και εντερόκοκκοι είναι καλύτερη δείκτες από τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηρίδια σε σχέση με τη δυνατότητα επιβίωσής τους και τη μολυσματικότητά τους. Επίσης έχει αναφερθεί ότι τα *Clostridium perfringens* ως

επιπλέον δείκτης μπορεί να εξομοιώσει καλύτερα την επιβίωση και την αντοχή τόσο των εντερικών πρωτόζωων όσο και διάφορων ιών.

Στους **Πίνακες 1.3.1.1 και 1.3.1.2** που ακολουθούν παρουσιάζονται οι χρόνιο ημιζωής διάφορων βακτηρίων και ορισμένα είδη βακτηρίων σε αντιστοιχία με τις ασθένειες που προκαλούν καθώς και με τον τρόπο μετάδοσής τους.

Πίνακας 1.3.1.1 : Χρόνοι ημιζωής διάφορων βακτηρίων

Βακτήρια	Χρόνοι ημιζωής (hr)
<u>Δείκτες</u>	
Coliform	19,5
Enterococci	22,0
Streptococci	19,5
<u>Παθογόνα βακτήρια</u>	
Shingella entaritidiw ser.	22,4
Sh.sonneri	24,5
Sh.flexneri	26,8
Salmonela enteritidis ser.	16,0

Πίνακας 1.3.1.2 : Παθογόνα βακτήρια που είναι σημαντικά για τη δημόσια υγεία

Γένος	Ασθένεια	Μετάδοση
Salmonella	Τυφοειδής πυρετός, Σαλμονέλωση, διάρροια	Με τροφή, νερό
Shingella	Βακιλλική δυσεντερία, Πυρετός, διάρροια	Με την επαφή, μολυσμένες τροφές
Leptospira	Οξεία φλεγμονή στα νεφρά, στο ήπαρ και στο κεντρικό νευρικό σύστημα	Με το αίμα, ερχόμενο σε επαφή με ζώα φορείς ή μολυσμένα νερά
Pasturella	Ρίγη, πυρετός, με έλκος στη θέση μόλυνσης, πρήξιμο λεμφικών αδένων	Έντομα, μολυσμένα ζώα με τσίμπημα-δάγκωμα
Vibrio	Χολέρα	Με την επαφή, μολυσμένο νερό

Enteropathogenetic	Διάρροια, λοιμώξεις ούρων	Με την επαφή, μολυσμένη τροφή, νερό
E.Coli		
Yersinia	Διάρροια, πυρετός, ανορεξία, σηψαιμία	Ζώα στον άνθρωπο, άνθρωπος στον άνθρωπο, μολυσμένο νερό
Mycobacterium	Πνευμονική ή δερματική φυματίωση	Συνήθως με τον αέρα

1.3.2 Οργανικές ουσίες

1.3.2.1 Βιοχημική αποδόμηση

Οι οργανικές ουσίες που βρίσκονται στα λύματα σε συνδυασμό με ορισμένα ανόργανα συστατικά αποτελούν το θρεπτικό υπόστρωμα ανάπτυξης ολόκληρης σειράς σαπροφυτικών οργανισμών. Για την αφομοίωση αυτών των ουσιών μπαίνει σε λειτουργία ένας πολυσύνθετος βιοχημικός μηχανισμός, που οδηγεί σε μια πλευρά σε στη σύνθεση των απαραίτητων ουσιών για την ανάπτυξη του κυττάρου και από την άλλη στην αποσύνθεση για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ενέργειας. Ο μηχανισμός αυτός καταλήγει τελικά στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών και στη μετατροπή τους σταδιακά στην πιο σταθερή μορφή άλλων απλούστερων χημικών ενώσεων, ανόργανων αλάτων και αερίων.

1.3.2.2 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (C.O.D)

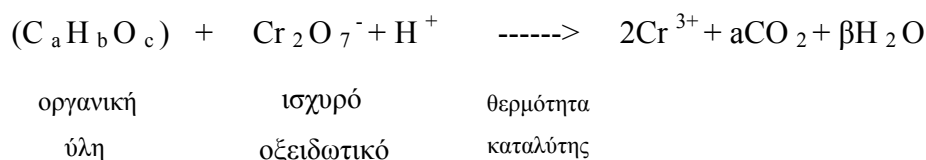
Είναι η ποσότητα του οξειδωτικού παράγοντα που χρειάζεται για την οξείδωση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων.

Το C.O.D χρησιμοποιείται εναλλακτικά για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε οργανικά σε περιπτώσεις ουσιών που αποδομούνται δύσκολα βιολογικά (π.χ κυτταρίνη) ή που είναι τοξικές. Είναι μια ακριβής και γρήγορη μέτρηση, χρήσιμη στην εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για τον έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

Χρησιμοποιείται ευρύτατα καθώς θεωρείται αξιόπιστη για το προσδιορισμό του οργανικού κλάσματος στα υγρά απόβλητα, για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 30-50 mg/L.

Σύμφωνα με την νομοθεσία μας τα απόβλητα που αποχετεύονται σε επιφανειακά ρέματα ή τη θάλασσα πρέπει να έχουν COD μικρότερο από **120mg/L** , ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν καθοριστεί ακόμα αυστηρότερα όρια .

Για την εκτίμηση του απαιτούμενου οξυγόνου γίνεται χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών.



Το $Cr_2O_7^{2-}$ που απομένει αφού οξειδωθούν τα οργανικά μετράτε με τιτλοδότηση με εναμμώνιο θεικό σίδηρο $Fe(NH_4^+)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, απ' όπου προσδιορίζετε τη χημική απαίτηση σε οξυγόνο.

1.3.3 Στερεές ουσίες

Μια βασική παράμετρος κατά τον χαρακτηρισμό των υγρών αποβλήτων είναι τα ολικά στερεά (ΟΣ) [Total solids TS]. Ορίζονται ως η ύλη που απομένει μετά από εξάτμιση στους 103-105° και είναι μια μέτρηση όλων των ιόντων που υπάρχουν σε διάλυση. Η μέτρησή τους γίνεται με διήθηση του νερού για απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, εξάτμιση μέχρι ξηρού του διηθήματος και ζύγιση του στερεού υπολείμματος. Αν και τα ολικά διαλυόμενα στερεά δε φαίνεται να είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία συνήθως συνίσταται να είναι λιγότερα από **500mg/L** στο πόσιμο νερό. Χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες και υποκατηγορίες

- | | | | |
|------|------------------------------------|---|---|
| (i) | αιωρούμενα στερεά (μεγέθους > 1μm) | } | καθιζάνοντα Στερεά
μη καθιζάνοντα Στερεά |
| (ii) | διηθούμενα στερεά (μεγέθους < 1μm) | { | κολλοειδή στερεά
διαλυμένα στερεά |

1.3.4 Φυσικά χαρακτηριστικά

1.3.4.1 Οσμή

Προκαλείται από αέρια που απελευθερώνονται με την διάσπαση οργανικής ύλης. Η οσμή γίνεται πιο έντονη με την πάροδο του χρόνου. Κύριες ενώσεις που προκαλούν δυσοσμία είναι: *αμμίνες, αμμωνία, διαμίνες, υδρόθειο, μερκαπτάνες (π.χ. CH₃SH) οργανικά σουλφίδια, σκατόλη (C₈H₅NHCH₃) και άλλα.*

Για τον έλεγχο των οσμών είναι απαραίτητη η μέτρηση και η ποσοτικοποίησή τους. Αν είναι γνωστή η σύνθεση του ρεύματος αερίων, είναι δυνατόν να καθοριστεί αναλυτικά τη συγκέντρωση των συστατικών που προκαλούν δυσοσμία με τη χρήση χημικών και αναλυτικών μεθόδων. Όταν οι ελάχιστες συγκεντρώσεις αερίων (κάτω όριο, threshold) που προκαλούν οσμές είναι γνωστές για τα διάφορα συστατικά, τότε μπορεί να καθοριστεί η απαιτούμενη μέθοδος επεξεργασίας. Οι περισσότερες πηγές οσμών, ωστόσο, χαρακτηρίζονται από ευρύ φάσμα συστατικών, που η σύνθεσή τους είναι συνήθως άγνωστη. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, το οσφρητικό σύστημα του ανθρώπου αποτελεί το μοναδικό αποδεκτό μέτρο για την ανίχνευση και τον καθορισμό της έντασης της δυσοσμίας (οργανοληπτικές μέθοδοι).

1.3.4.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των απόνερων είναι συνήθως μεγαλύτερη της θερμοκρασίας του παρεχόμενου νερού, εξαιτίας της προσθήκης ζεστού νερού κατά τη χρήση. Τυπικά ποικίλλει από 10°C σε 21,1°C. Μία αντιπροσωπευτική τιμή είναι 15,6°C. Η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική για τις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων, διότι επηρεάζει:

1. την διαλυτότητα του οξυγόνου και
2. την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Χρώμα

Τα "φρέσκα" απόνερα είναι συνήθως χρώματος γκρι. Η διάσπαση οργανικών ενώσεων οδηγεί σε μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και σταδιακή αλλαγή του χρώματος σε μαύρο. Τότε το απόβλητο το θεωρούμε σηπτικό. Η μέτρηση του χρώματος γίνεται με τη φασματοφωτομετρική μέθοδο. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η χροιά εκφράζεται με τον όρο χαρακτηριστικό μήκος κύματος (dominant wavelength), ο βαθμός λαμπρότητας με τον όρο φωτεινότητα (luminance) και ο βαθμός κορεσμού με τον όρο καθαρότητα (purity). Οι τιμές αυτές προσδιορίζονται από μετρήσεις της απορρόφησης σε μια σειρά από διαφορετικά μήκη κύματος.

1.4 Είδη και κατηγορίες μικροοργανισμών

Οι μικροοργανισμοί παίζουν σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της ποιότητας του νερού και αυτό γιατί :

- Η επεξεργασία και σταθεροποίηση των οργανικών αποβλήτων επιτυγχάνεται με μικροοργανισμούς
- Είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες , προσδίδουν ανεπιθύμητη οσμή ή γεύση στο πόσιμο νερό και επιφέρουν σημαντική αλλαγή στη ποιότητα του νερού των λιμνών.

Ως μικροοργανισμοί θεωρούνται οι οργανισμοί στους οποίους δε μπορούμε να διακρίνουμε με γυμνό μάτι λεπτομέρειες (διάμετρος μικρότερη του 1mm). Για αυτό το λόγο και η ύπαρξη του μικροβιακού κόσμου ήταν άγνωστη πριν από την ανακάλυψη του μικροσκοπίου που έγινε στις αρχές του 17^{ου} αιώνα.

1.5 Χημική Σύσταση Μικροοργανισμών

Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν και τη βάση της κυτταρικής δομής είναι C, H, O, N καθώς και P, S. Τα υπόλοιπα στοιχεία όπως K, Na, Ca, Mg, Cl, Fe κλπ, ανευρίσκονται σε μικρές ποσότητες. Τα διάφορα οργανίδια, οι μεμβράνες και οι λοιπές δομές του κυττάρου αποτελούνται από τέσσερα βασικά είδη μακρομορίων (πολυμερών):

- Τα νουκλεϊνικά οξέα: το RNA (ριβοζονουκλεϊνικό οξύ) και DNA (δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ) λέγονται και πληροφορικά μακρομόρια, καθώς είναι υπεύθυνα για την μεταβίβαση (DNA) και μετάφραση (RNA) των πληροφοριών που απαιτούνται για κάθε κυτταρική λειτουργία.
- Τα λιπίδια αποτελούν κυρίως τρόπο αποθήκευσης ενέργειας, αλλά έχουν και δομικό ρόλο.
- Οι πολυσακχαρίτες έχουν δομικό (π.χ. κυτταρίνη) αλλά και αποθηκευτικό ρόλο.
- Οι πρωτεΐνες είναι τα πιο διαδεδομένα μακρομόρια στο κύτταρο (30 με 70% του ξηρού βάρους) και παίζουν πολλούς ρόλους :
 1. Καταλυτικό (τα ένζυμα)
 2. Ρυθμιστικό (π.χ. ορμόνες)
 3. Μεταφορικό (π.χ. αιμοσφαιρίνη)
 4. Προστατευτικό (αντισώματα, θρομβίνη)
 5. Τοξικό (τοξίνες)
 6. Αποθηκευτικό
 7. Συσταλτικό (για κίνηση)
 8. Δομικό (κολλαγόνο, γλυκοπρωτεΐνες)

1.6 Φυσιολογία Κυττάρων και Μεταβολισμός

Οι μικροοργανισμοί αποτελούνται βασικά από C, H, O και N. Για την σύνθεσή τους επομένως απαιτούν κάποιες πηγές για αυτά τα στοιχεία, που ονομάζονται υποστρώματα, καθώς και ενέργεια, που παίρνουν είτε φωτοσυνθετικά είτε από την διάσπαση των δεσμών οργανικών ενώσεων. Συνολικά την ανάπτυξη των οργανισμών μπορούμε να την δούμε σαν μια συνολική αντίδραση:

οργανισμοί + υποστρώματα + ενέργεια ==> περισσότεροι οργανισμοί + μεταβολικά προϊόντα

Το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα μέσα στο κύτταρο ονομάζεται μεταβολισμός. Πολλές αντιδράσεις είναι καταβολικές, όταν οδηγούν σε διάσπαση υποστρωμάτων για απόδοση ενέργειας και βασικών ουσιών που χρειάζονται στη βιοσύνθεση, και άλλες αναβολικές, όταν οδηγούν στην βιοσύνθεση των μακρομορίων και λοιπών κυτταρικών συστατικών. Όλες οι μεταβολικές αντιδράσεις καταλύονται από τα περίπου 2000 διαφορετικά και ειδικά ένζυμα που υπάρχουν μέσα στο κυτταρόπλασμα. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε μορφή ομοιοπολικού δεσμού στην ουσία ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη) η οποία παράγεται από την ADP (διφωσφορική αδενοσίνη) με την προσθήκη ενός φωσφορικού, δεσμεύοντας περίπου 7,4 Kcal/mole. Το ATP μετατρέπεται στη συνέχεια πάλι σε ADP, αποδίδοντας την αποθηκευμένη ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για τις συνθετικές αντιδράσεις.

Διεργασίες που αποδίδουν ενέργεια (εξώθερμες) είναι συνήθως οι εξής:

1. αναπνοή
2. μεθανογένεση
3. νιτροποίηση
4. απονιτροποίηση

Όταν το οργανικό υπόστρωμα περιοριστεί αρκετά, τα κύτταρα χρησιμοποιούν κυτταρική ύλη ως πηγή ενέργειας. Αυτή η διεργασία, η οποία πιστεύεται ότι σε κάποιο βαθμό λαμβάνει πάντα χώρα, λέγεται ενδογενής αναπνοή (ή ενδογενής μεταβολισμός).

1.7 Ανάπτυξη Μικροοργανισμών (Microbial Growth)

Σε κλειστό χώρο οι οργανισμοί (σε αριθμό) παρουσιάζουν εξέλιξη (καθαρή καλλιέργεια ενός τύπου μικροοργανισμού) που διανύει τις παρακάτω φάσεις :

1. Λανθάνουσα φάση (Lag Phase): στο χρονικό αυτό διάστημα προετοιμάζεται ο μικροοργανισμός για ανάπτυξη στο συγκεκριμένο θρεπτικό μέσο (εγκλιματίζεται).

2. Φάση εκθετικής ανάπτυξης (Exponential growth Phase): στο χρονικό αυτό διάστημα οι οργανισμοί αναπτύσσονται με ρυθμό που εξαρτάται από το περιβάλλον τους. Ο αριθμός τους αυξάνεται εκθετικά.
3. Στάσιμη φάση (Stationary Phase): ο πληθυσμός εδώ παραμένει σταθερός λόγω του ότι ο ρυθμός ανάπτυξης είναι ίσος με τον ρυθμό ενδογενούς αναπνοής (θανάτου).
4. Φάση αποκλίσεως (θανάτου) (death Phase): ο πληθυσμός μειώνεται εκθετικά καθώς αποσυντίθενται τα κύτταρα.

1.8 Επίδραση του περιβάλλοντος στους μικροοργανισμούς

⇒Θερμοκρασία

⇒Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου(pH)-Αλκαλικότητα

⇒Ακτινοβολία

1.8.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επηρεάζει το βαθμό όλων των λειτουργιών των μικροοργανισμών και για το λόγο αυτό μπορεί να καθορίσει την αναπαραγωγή, τη μορφολογία και τις θρεπτικές απαιτήσεις τους. Για κάθε συγκεκριμένο οργανισμό υπάρχει κάποια περιοχή θερμοκρασιών, η οποία καθορίζει την αύξησή του. Βέλτιστη θερμοκρασία είναι αυτή στην οποία ο ρυθμός αύξησης είναι μέγιστος.

Ανάλογα με την αντοχή του κάθε μικροοργανισμού στη θερμοκρασία κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες :

A)Θερμόφιλοι, B)Μεσόφιλοι, Γ)Ψυχρόφιλοι

Οι μικροοργανισμοί είναι στη πλειοψηφία τους μεσόφιλοι, δηλαδή αναπτύσσονται σε ήπιες θερμοκρασίες.

Οι ψυχρόφιλοι μικροοργανισμοί πιστεύεται ότι αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες όχι εξαιτίας κάποιας ιδιαιτερότητας των ενζυμικών τους συστημάτων αλλά επειδή έχουν βελτιωμένο το σύστημα μεταφοράς διαλυτών μορίων διαμέσου της κυτταρικής τους μεμβράνης.

1.8.2 ΡΗ-Αλκαλικότητα

Το pH είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των αποβλήτων από το οποίο εξαρτάται ένα πλήθος φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών του υδάτινου περιβάλλοντος.

Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών είναι δυνατή μόνο σε μια συγκεκριμένη περιοχή του pH, στο μέσο της οποίας βρίσκεται πάντα το βέλτιστο για την ανάπτυξή τους. Γενικά η ελάχιστη τιμή που επιτρέπει την ανάπτυξή τους είναι 2,5, η μέγιστη 9 και η άριστη κυμαίνεται μεταξύ του 5 και του 7,5.

Η αλκαλικότητα οφείλεται στην παρουσία ιόντων HCO_3 , CO_3 , OH^- που βρίσκονται ενωμένα με τα Ca, Mg, Na, K. Η παρουσία των παραπάνω ιόντων στα αστικά απόβλητα οφείλεται στο πόσιμο νερό καθώς και στις εισροές από το αποχετευτικό σύστημα. Η αλκαλικότητα των αποβλήτων είναι σημαντική παράμετρος γιατί ρυθμίζει το pH των αποβλήτων και κατά συνέπεια επηρεάζει διάφορες διεργασίες επεξεργασίας. Το pH των αστικών αποβλήτων πριν τη διάθεσή τους στη θάλασσα και τους υπονόμους πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ **6,5-8,5**.

1.8.3 Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος (250-1100nm) επηρεάζει τους μικροοργανισμούς με τέσσερις τρόπους :

- 1) Προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση
- 2) Προκαλεί προσανατολισμένη ανταπόκριση (κινήσεις τακτισμού-τροπισμού)
- 3) Ενεργοποιεί τη σπορίωση στους μύκητες
- 4) Είναι σε αρκετούς μικροοργανισμούς τοξική ή και θανατηφόρα

Η δομή των χρωστικών ουσιών δεν είναι η ίδια σε όλους τους μικροοργανισμούς γ'αυτό και όλα τα στελέχη δεν έχουν τα ίδια φάσματα απορρόφησης. Οι μικροοργανισμοί που θα αναπτυχθούν εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός. Για τους περισσότερους μικροοργανισμούς που δε φωτοσυνθέτουν το φως είναι

περιττό και σε πολλές περιπτώσεις ιδιαίτερα βλαβερό όμως μερικοί που κανονικά περιέχουν χρωστικές δε μπορούν να τις συνθέσουν ή τις συνθέτουν σε μικρές ποσότητες αν αναπτυχθούν στο σκοτάδι.

Η ακτινοβολία που θα περάσει από το κύτταρο και δε θα απορροφηθεί, δε θα έχει καμία επίδραση, όπως επίσης και η ορατή (400-750nm) επειδή απορροφάται από λίγα συστατικά των μικροοργανισμών που φωτοσυνθέτουν. Αντίθετα όμως η υπεριώδης ακτινοβολία 200-300nm που απορροφάται από τις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα, ακόμα και σε χαμηλές δόσεις προκαλεί χημικές μεταβολές, γενετικές μεταλλάξεις και πολλές φορές το θάνατο.

1.9 Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία, αντιφατικότητα και έλλειψη εκσυγχρονισμού. Χαρακτηριστικό είναι ότι από το 1900 μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί περίπου 300 Νόμοι και νομοθετικά, βασιλικά και προεδρικά διατάγματα, γενικής, ειδικής και τοπικής έκτασης που συνθέτουν το νομικό πλαίσιο διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας (Αγγελάκης, 2000).

Ο Ν1739 / 87 είναι το τελευταίο και βασικότερο νομοθέτημα που έχει εκδοθεί στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Με τον Νόμο αυτό καταργούνται πολλές από τις διατάξεις των προαναφερθέντων νόμων και εκσυγχρονίζεται σε κάποιο βαθμό η ισχύουσα νομοθεσία σε ό,τι αφορά στην ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος - χρήση του». Ο νόμος αυτός διαμορφώνει ένα νέο θεσμικό πλαίσιο και τους αναγκαίους μηχανισμούς για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που ανακύπτουν.

Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των εκροών των υγρών αποβλήτων δεν υπάρχει ειδικό νομοθέτημα στη χώρα μας. Θα μπορούσαμε να αρκестούμε στην ενδεχόμενη έκδοση νομοθετήματος σε επίπεδο Ε.Ε. (Οδηγία ή Κανονισμός) με συνακόλουθη ενσωμάτωση του στο εθνικό δίκαιο. Όμως, οι νομοθετικές διαδικασίες

στην Ε.Ε. είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες. Έτσι, λαμβανομένου υπόψη ότι οι ελλειμματικές περιοχές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους εντοπίζονται κυρίως στον Ευρωπαϊκό Νότο και όχι στο σύνολο της Ε.Ε., πιθανόν να υπάρξει σχετική ολιγωρία και καθυστέρηση.

Σήμερα το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων που εξαρτάται από αυτούς στην Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 60/2000/Ε.Κ Η εναρμόνιση του ελληνικού δικαίου με αυτή την οδηγία πραγματοποιήθηκε με το Ν.3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α/9-12-2003). Παρόλο που στην οδηγία αυτή δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, πιστεύεται ότι η ευαισθητοποίηση των Ευρωπαίων πολιτών σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος θα συμβάλει θετικά στην προώθηση, ανάπτυξη και θέσπιση κριτηρίων για χρήση περιθωριακών νερών (Τσαγκαράκης και λοιποί, 2003).

Είναι αξιοσημείωτο ότι στην χώρα μας χρησιμοποιούνται κριτήρια διάθεσης για δευτεροβάθμια εκροή βάση απόφασης των Υπουργείων Εσωτερικών και Δημόσιας Υγείας του 1965 (ΦΕΚ 138Β/24 – 2 – 65, Κ.Υ.Α Ε1β. 221/65, *Παράρτημα 5*).

1.10 Προτεινόμενο θεσμικό πλαίσιο για την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, όπως και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση και τις διεθνείς ή εθνικές οδηγίες ή κριτήρια. Όμως, σήμερα, όπως προαναφέρεται, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει εθνικές οδηγίες ή κανονισμούς προσαρμοσμένες στις τοπικές κοινωνικοοικονομικές και φυσικές συνθήκες ή έχουν εναρμονισθεί με αυτές διεθνών οργανισμών (WHO, EPA και άλλων). Γενικά, ο όρος οδηγίες δεν αναφέρεται σε νομικούς κανονισμούς που έχουν θεσπισθεί, όμως συμβάλλουν θετικά στην ανάπτυξη προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης. Αυτό γίνεται γιατί η χώρα μας για παράδειγμα καλείται να εναρμοήσει την Ελληνική νομοθεσία, συμμορφώμενη προς ορισμένες οδηγίες που εξεδίδει η

Ε.Επιτροπή. Επίσης, αυτές είναι χρήσιμες σε αντικείμενα μελέτης, πραγματογνωμοσύνης, σχεδιασμού, λειτουργίας, και διαχείρισης εγκαταστάσεων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων. Αντίθετα, ο όρος κανονισμοί αναφέρεται σε νομικούς θεσμοθετημένους κανόνες, που επιβάλλονται από κυβερνητικούς οργανισμούς και υπηρεσίες. (Αγγελάκης, 2000).

Όπως προαναφέρεται, οι κύριες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η αστική, η βιομηχανική, η γεωργική, ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, η ενίσχυση ταμιευτήρων υδατοπρομήθειας και διάφορες άλλες που σχετίζονται με αναψυχή και αναβάθμιση και προστασία του περιβάλλοντος.

Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.ά.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων σε συνδυασμό με την προστασία παράκτιων υδροφορέων. Για κάθε κατηγορία όμως, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ποσοτικοποιητικά κριτήρια καθώς επίσης σε κάθε ιδιαίτερη θεώρηση που μια παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακτώμενο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε κατηγορίες που συνεπάγονται αυξημένη επαφή με τον άνθρωπο. Έτσι, τα αναγκαία κριτήρια ποιότητας θα πρέπει να διαφοροποιούνται όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης αλλά ακόμη και στην ίδια κατηγορία ανάλογα με τις επιμέρους χρήσεις (π.χ. άρδευση βρώσιμων και βιομηχανικών φυτικών ειδών).

Στη μελέτη για την «Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Αποβλήτων» που συντάχθηκε το 2000, προτείνεται να υιοθετηθούν τα ποιοτικά κριτήρια που αναφέρονται στον Πίνακα 3.17. Τα κριτήρια αυτά ουσιαστικά είναι τα ίδια μ' αυτά που προτείνονται στην Ισπανία και άλλες Μεσογειακές χώρες με μικρές βελτιώσεις. Πιστεύεται ότι η χώρα μας θα πρέπει να συμπαραταχθεί με άλλες Μεσογειακές χώρες, έτσι ώστε να υιοθετηθούν τα κριτήρια αυτά τόσο από την Ε.Ε., όσο και από άλλες χώρες και άλλους φορείς στην περιοχή. Τα κριτήρια αυτά προσομοιάζουν επίσης με αυτά της Κύπρου και του Ισραήλ.

Επαναδραστηριοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών μετά από χλωρίωση σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Πίνακας 1.10.1: Προτεινόμενα ελάχιστα μικροβιολογικά και φυσικοχημικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση ανακτώμενων εκροών επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα (Μελέτη με θέμα «Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Αποβλήτων», 2000)

Επαναχρησιμοποίηση Εκροών Υγρών Αποβλήτων"		Ποιοτικά κριτήρια				
		Μικροβιολογικά		Φυσικο-χημικά		Άλλα κριτήρια
		<u>Αυγά νηματωδών</u> ^β	<u>Ολικά κολοβακτηρίδια</u>	<u>SS</u> ²	<u>Θολότητα</u>	
1.	Αστική χρήση					
	α) Οικιακές χρήσεις: ιδιωτική άρδευση κήπου, χρήση σε εργαλεία, συστήματα υδροσυστημ	< 1 αυγό/ 10 L	0 MPN / 100 mL	< 10 mg/L	< 2 NTU	
	β) Αστικές χρήσεις και εγκαταστάσεις: ελεύθερης εισόδου σε αρδευόμενες περιοχές (Δημόσια πάρκα, χώρους στάθμευσης, γήπεδα κολω. αθλητικά γήπεδα κ.ά.)	< 1 αυγό / L	< 10 MPN / 100 mL	< 20 mg/L	< 5 NTU	
2.	Γεωργική Χρήση ^{η,θ}					
	α) Άρδευση θερμοκηπίων	< 1 αυγό / L	< 10 MPN / 100 mL	< 20 mg/L	< 5 NTU	Legionella PHeumoP Hila 0 MPN / 100 mL

Επαναδραστηριοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών μετά από χλωρίωση σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Επαναχρησιμοποίηση Εκροών Υγρών Αποβλήτων"		Ποιοτικά κριτήρια				
		Μικροβιολογικά		Φυσικο-χημικά		Άλλα κριτήρια
		<u>Αυγά νηματωδών</u> ^β	<u>Ολικά κολοβακτηρίδια</u>	<u>SS</u> ²	<u>Θολότητα</u>	
β)	Άρδευση λαχανικών για νωπή κατανάλωση. Άρδευση οπωροφόρων δέντρων με καταιονισμό	< 1 αυγό / L	< 10 MPN / 100mL	< 20 mg/L	< 5 NTU	
γ)	Άρδευση κτηνοτροφικών φυτών	< 1 αυγό / L	< 1000 MPN / 100 mL	< 35 mg/L	Δεν προτείνεται όριο	Taenia Saginata και Taenia solium < 1
δ)	Άρδευση καλλιεργειών: α) κονσερβοβιομηχανίας, β) παραγωγή λαχανικών μη νωπής κατανάλωσης και γ) οπωροφόρων δέντρων (εκτός άρδευση με καταιονισμό)	< 1 αυγό / L	< 1000 MPN / 100mL	< 35 mg/L	Δεν προτείνεται όριο	
ε)	Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών, φυτώρια,	< 1 αυγό / L	< 1000 MPN / 100 mL	< 35mg/L	Δεν προτείνεται όριο	
	δημητριακά και ελαιωδών σπόρων					
	κτηνοτροφές για αποθήκευση,					

Επαναδραστηριοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών μετά από χλωρίωση σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

<i>Επαναχρησιμοποίηση Εκροών Υγρών Αποβλήτων"</i>		<i>Ποιοτικά κριτήρια</i>				
		<i>Μικροβιολογικά</i>		<i>Φυσικο-χημικά</i>		<i>Άλλα κριτήρια</i>
		<i><u>Αυγά νηματωδών</u></i> ^β	<i><u>Ολικά κολοβακτηρίδια</u></i>	<i><u>SS</u></i> ²	<i><u>Θολότητα</u></i>	
	ζ) Άρδευση δασικών περιοχών, βιομηχανικών περιοχών, ζωνών πρασίνου ή άλλων περιοχών όπου δεν επιτρέπεται η είσοδος ανθρώπων	< 1 αυγό/ L	<10000 MPN / 100 mL	< 35mg/L	Δεν προτείνεται όριο	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

2.1 Επεξεργασία αποβλήτων

Χαρακτηρίζεται η κάθε τεχνική που καθαρίζει τα απόβλητα από διάφορες ουσίες και συστατικά σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις από τη διάθεσή τους στο χώρο που πρόκειται να καταλήξουν.

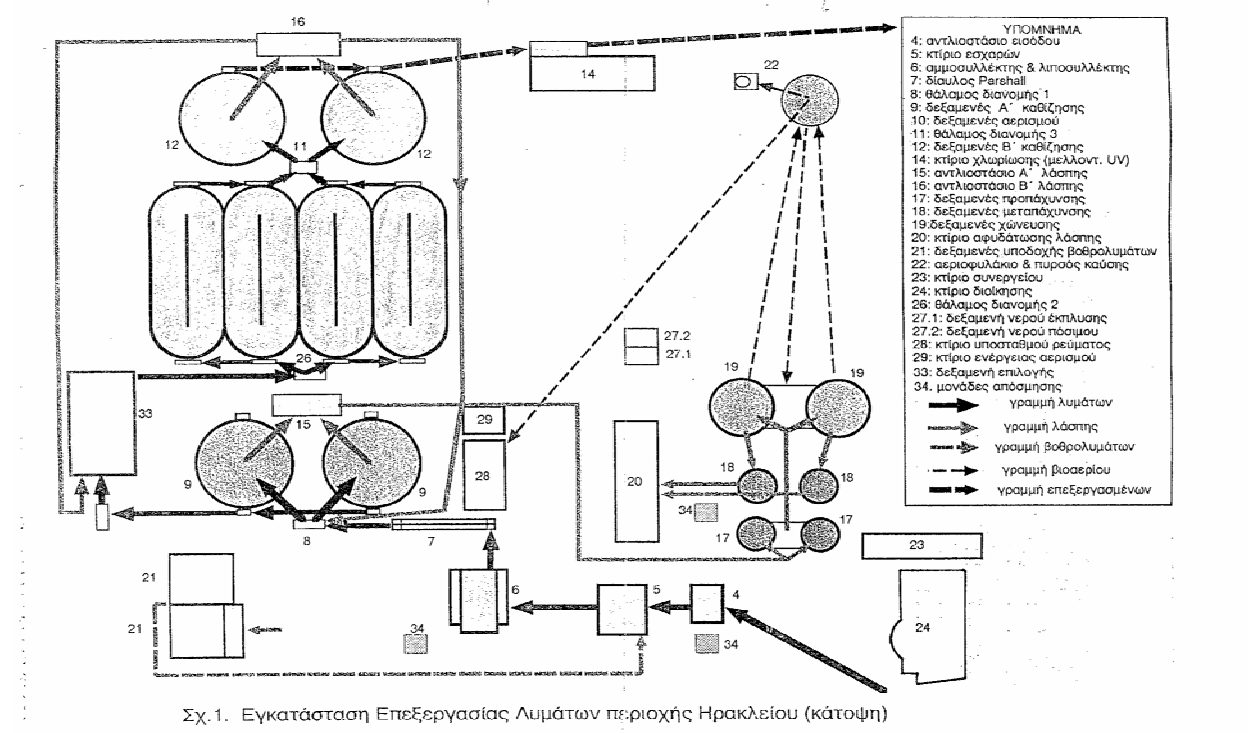


Εικόνα2.1 Είσοδος Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου



Εικόνα2.2 Κτήριο διοίκησης Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου

Ο ΒΚ Ηρακλείου μπορεί να δεχθεί λύματα και βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής των Δήμων Ηρακλείου, Ν. Αλικαρνασού και Γαζίου. Μπορεί να καθαρίζει τα λύματα 164.000 ισοδ. κατοίκων περίπου (λύματα μέχρι 30.500 κ.μ./ημέρα και βοθρολύματα μέχρι 1.500 κ.μ./ημέρα). Προς το παρόν παραλαμβάνει μέχρι 9.000 κ.μ./ημέρα λύματα και μέχρι 3.000 κ.μ./ημέρα βοθρολύματα.



Εικόνα 2.3 Κάτοψη εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων περιοχής Ηρακλείου

2.1.1 . Προεπεξεργασία

Η προ-επεξεργασία ή προκαταρκτική επεξεργασία σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων γίνεται με στόχο να προστατευτούν οι επόμενες κύριες διαδικασίες επεξεργασίας από υλικά που περιέχονται στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. αντλίες) και δυσλειτουργίας των μονάδων που ακολουθούν (Ανδρεαδάκης, 2000).

Στο Βιολογικό καθαρισμό του Ηρακλείου το στάδιο της προ-επεξεργασίας περιλαμβάνει:

- Μονάδα μέτρησης παροχής
- Μονάδα εσχάρωσης
- Μονάδα εξάμμιωσης – απολίπανσης



Εικόνα2.4 Κατάληξη εσχάρισμού

2.1.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, που περιλαμβάνει τη λειτουργία δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης (Δ.Π.Κ.), είναι η απομάκρυνση αξιόλογου μέρους του οργανικού υλικού των λυμάτων που βρίσκεται σε σωματιδιακή μορφή. Το μέρος αυτό του οργανικού υλικού μπορεί να απομακρυνθεί με καθίζηση και συλλογή των επιπλεόντων. Τυπικά 50 - 70% των συνολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) και 30 - 40 % του οργανικού φορτίου (BOD_5) απομακρύνονται στην προκαθίζηση.

Στο βιολογικό του Ηρακλείου το στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνει:

- Θάλαμος διανομής
- Δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης



Εικόνα2.5 Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου

2.1.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Σε αυτό το στάδιο γίνεται απομάκρυνση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων, με βιολογικές διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί που καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες, είτε με οξείδωση και απόληψη ενέργειας, είτε για σύνθεση (δημιουργία νέας μικροβιακής μάζας). Στη συνέχεια οι μικροοργανισμοί απομακρύνονται από τα απόβλητα, μαζί με αιωρούμενα στερεά με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία.

Η μέθοδος που εφαρμόζεται στον βιολογικό Ηρακλείου, είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με βιολογική απομάκρυνση αζώτου και χημική απομάκρυνση φωσφόρου, με κάποιες αλλαγές ανάμεσα στη θερινή και στη χειμερινή περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, κατά τους θερινούς μήνες η μέθοδος είναι ταχέως αερισμού με ξεχωριστή αερόβια χώνευση της ιλύος, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες χρησιμοποιείται μια παραλλαγή της μεθόδου της ενεργού ιλύος, που είναι ο παρατεταμένος αερισμός.

Οι διαφοροποιήσεις της μεθόδου κατά τους χειμερινούς μήνες που ακολουθείται η παραλλαγή παρατεταμένου αερισμού είναι οι εξής (Ανδρεαδάκης 1986):

- Η φάση της πρωτοβάθμιας καθίζησης παρακάμπτεται και, όπως προαναφέρθηκε, οι αντίστοιχες δεξαμενές απομονώνονται διαμέσου κατάλληλων θυροφραγμάτων.
- Η μία από τις δυο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας τίθεται εκτός λειτουργίας αφού είναι μειωμένες κατά πολύ και οι εισερχόμενες στην εγκατάσταση παροχές.
- Έχουμε υψηλό χρόνο παραμονής των στερεών ($\theta_c = 20 - 30$ d). Έτσι, επιτυγχάνεται συνεχής προσφορά οξυγόνου χωρίς την ανάλογη τροφή, με αποτέλεσμα τη σχεδόν πλήρη διάσπαση της εισερχόμενης βιοδιασπάσιμης οργανικής ύλης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία λιγοστής ή καθόλου περίσσειας ιλύος, λόγω της αυτοκατανάλωσης της ιλύος.
- Η περίσσεια ιλύος, εφ' όσον υφίσταται αερόβια οξείδωση στη δεξαμενή αερισμού, είναι πολύ πιο σταθεροποιημένη από την ιλύ του τυπικού συστήματος, με την έννοια ότι το ποσοστό της σε οργανική είναι χαμηλό, περίπου 50 - 60% (Ανδρεαδάκης, 1986). Για το λόγο αυτό δε γίνεται σταθεροποίηση της ιλύος κατά τη μετέπειτα επεξεργασία της και η υπάρχουσα δεξαμενή χώνευσης της ιλύος παρακάμπτεται.



Εικόνα2.6 Δεξαμενή αερισμού Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου

Οι αλλαγές αυτές στη μέθοδο βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων γίνονται για να μπορεί η εγκατάσταση να είναι ευέλικτη και να μην παρουσιάζονται προβλήματα λόγω των απότομων εποχικών ποιοτικών και ποσοτικών αυξομειώσεων των λυμάτων που εισέρχονται από το δίκτυο αποχέτευσης της περιοχής στην εγκατάσταση. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία στην εν λόγω εγκατάσταση περιλαμβάνει δυο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας. Η κάθε γραμμή επεξεργασίας αποτελείται από μια δεξαμενή χωρισμένη σε τρία τμήματα (βιολογικός αντιδραστήρας) και από μια δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.

- Θάλαμος διανομής
- Επιλογέα (SELECTOR)
- Ζώνη απονιτροποίησης
- Ζώνη αερισμού
- Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης



Εικόνα2.7 Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου

2.1.4 Απολύμανση

Η απολύμανση είναι το στάδιο εκείνο της επεξεργασίας που στοχεύει στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των αποβλήτων (αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας) και στη μείωση του φορτίου τους σε αποδεκτά επίπεδα, έτσι ώστε να εξαλείφεται ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών από τη διάθεση των αποβλήτων σε κάποιον αποδέκτη.

2.1.4.1 Μηχανισμοί απολύμανσης

Η μικροβιοκτόνος δράση των απολυμαντικών επιτυγχάνεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους :

- Με καταστροφή ή εξασθένηση της οργάνωσης της κυτταρικής δομής
- Με παρέμβαση στο μεταβολισμό που είναι υπεύθυνος για την παραγωγή ενέργειας
- Με παρέμβαση στη βιοσύνθεση και την ανάπτυξη

2.1.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης

2.1.4.2.1 Χαρακτηριστικά του μέσου απολύμανσης

Ένας τρόπος μέτρησης της ικανότητας του απολυμαντικού να οξειδώνει οργανική ύλη είναι το κανονικό δυναμικό αναγωγής. Το ηλεκτροχημικό αυτό χαρακτηριστικό διαφέρει ανάλογα το οξειδωτικό μέσο. Όσο μεγαλύτερο είναι το δυναμικό οξείδωσης τόσο πιο εύκολα η ένωση οξειδώνει την οργανική ύλη.

Με βάση την οξείδωση η σειρά ικανότητας απολύμανσης είναι :

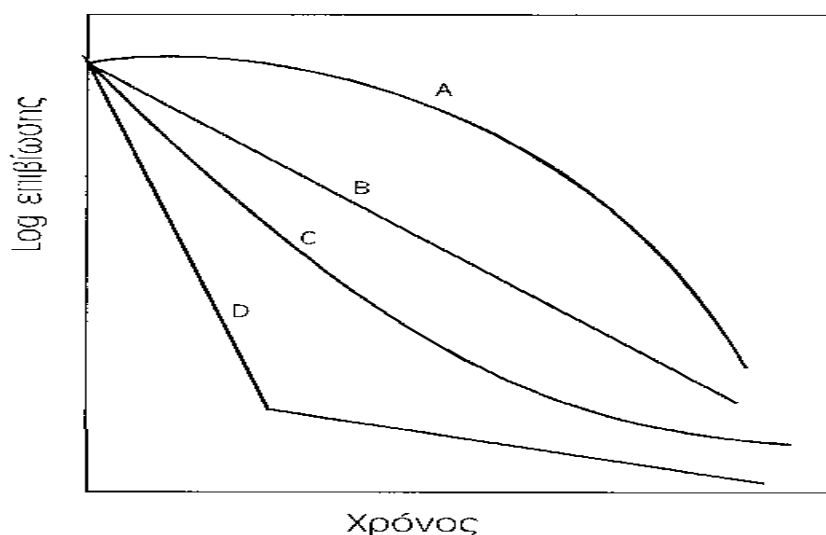
Οζον > διοξείδιο του χλωρίου > υποχλωριώδες νάτριο > βρώμιο > ιώδιο

Η επιλογή του απολυμαντικού είναι μια σύνθετη διαδικασία γιατί λαμβάνονται υπόψη η διάχυση μέσα στο κύτταρο, η διαπερατότητα του κυττάρου και οι μικροβιοκτόνες ικανότητες.

2.1.4.2.2 Χρόνος επαφής

Ο χρόνος επαφής είναι ένας σημαντικός, ελεγχόμενος παράγοντας στην απολύμανση που επηρεάζει την αποτελεσματικότητά της.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες εμπειρικές σχέσεις που δείχνουν ότι η καταστροφή ενός ποσοστού, συγκεκριμένου μικροοργανισμού μπορεί να επιτευχθεί με τη ρύθμιση του χρόνου επαφής και τις συγκεντρώσεις του απολυμαντικού.



Τύποι καμπυλών επιβίωσης των μικροοργανισμών.

Εικόνα 2.8 Διάφοροι τύποι καμπυλών επιβίωσης των μικροοργανισμών ανάλογα με τη μέθοδο απολύμανσης που χρησιμοποιείται.

⇒ Η Καμπύλη A απεικονίζει την αύξηση του ρυθμού καταστροφής των κολοβακτηριοειδών σε σχέση με το χρόνο υπό την επίδραση του διοξειδίου του χλωρίου.

⇒ Η ευθεία B ανταποκρίνεται στο μοντέλο Chick-Watson που αναφέρεται σε σταθερούς ρυθμούς καταστροφή των μικροοργανισμών.

⇒ Η καμπύλη C αντιπροσωπεύει την επίδραση του χλωρίου στη μείωση των μικροοργανισμών σε σχέση με το χρόνο.

⇒ Τέλος η καμπύλη D αντιστοιχεί στο ρυθμό καταστροφής από τη χρήση όζοντος.

2.1.5 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της τριτοβάθμιας ή προχωρημένης επεξεργασίας αποβλήτων, είναι η απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών που δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας όπως διάφορες ανόργανες ουσίες (χλωριούχα, θειικά κ.α.), ιχνοστοιχείων, ρυπαντών προτεραιότητας και πτητικών ενώσεων. Πολλές από τις ενώσεις αυτές είναι τοξικές στον άνθρωπο και στο υδρόβιο περιβάλλον. Έτσι αποκτούν ιδιαίτερη σημασία όταν περιέχονται σε επεξεργασμένα απόβλητα που διατίθενται σε επιφανειακά ή υπόγεια νερά που μπορούν στη συνέχεια να εισέλθουν στο δίκτυο του πόσιμου νερού. Η απομάκρυνση αυτή αποσκοπεί στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από ορισμένες ουσίες ή στην προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση.

Το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας επιτυγχάνεται με αμμοδιύλιση της επεξεργασμένης εκροής και περιλαμβάνει:

- Αμμόφιλτρο - Αντλίες – Αεροσυμπιεστές

2.1.5.1 Γραμμή επεξεργασίας ιλύος

- Φρεάτιο συλλογής και ανύψωσης δευτεροβάθμιας ιλύος
- Φρεάτιο συλλογής και ανύψωσης ανάμικτης ιλύος
- Μονάδα πάχυνσης ιλύος
- Δεξαμενή χώνευσης ιλύος
- Μονάδα αφυδάτωσης ιλύος
- Αντλιοστάσιο στραγγιδίων



2.1.5.2 . Σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων

- Σταθμός υποδοχής – Δεξαμενές εξισορρόπησης
- Αντλιοστάσιο ανύψωσης

Εικόνα 2.9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

3.1 Χλωρίωση

Η περισσότερο διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος απολύμανσης, που χρησιμοποιείται και στον Βιολογικό καθαρισμό του Ηρακλείου, είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο (NaOCL). Διατίθεται στο εμπόριο σε υγρή μορφή με περιεκτικότητα χλωρίου κατά βάρος μικρότερη από 15%.

Η επαφή του υποχλωριώδους νατρίου με τα λύματα γίνεται στη δεξαμενή χλωρίωσης η οποία συνήθως έχει μαιανδρική κάτοψη και μεγάλες διαστάσεις (μήκος-πλάτος) ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη ροή που επιδρά ευεργετικά στην απόδοση της χλωρίωσης.

Πρέπει να εξασφαλίζεται ο απαιτούμενος χρόνος επαφής του υποχλωριώδους νατρίου με τα απόβλητα ώστε να επιτυγχάνεται ο επιθυμητός βαθμός απομάκρυνσης των παθογόνων μικροοργανισμών :

- Χρόνος παραμονής ταχείας ανάμειξης < 2 sec
- Διατήρηση ενός θεωρητικού χρόνου επαφής χλωρίου 120min με ένα τυπικό χρόνο 90min στη διάρκεια της παροχής αιχμής υγρών αποβλήτων με σκοπό την επίτευξη στην εκροή < 2,2 TC/100cm³
- Διατήρηση ενός θεωρητικού χρόνου επαφής χλωρίου 30min με ένα τυπικό χρόνο 90min στη διάρκεια της παροχής αιχμής υγρών αποβλήτων με σκοπό την επίτευξη στην εκροή < 23TC/100cm³



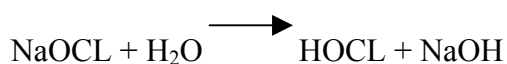
Εικόνα3.1 Δεξαμενή χλωρίωσης Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου

Η ταχύτητα ροής στη δεξαμενή χλωρίωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 2-4 min για να μη γίνεται καθίζηση των αιωρούμενων στερεών. Επίσης πρέπει να διενεργείται ταχεία ανάμειξη στο σημείο εφαρμογής του χλωρίου προκειμένου να επιτευχθεί διασπορά του σε όλο τον όγκο του υγρού αποβλήτου. Ακόμα κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων πρέπει να θεωρείται αυτόματος έλεγχος της δοσολογίας έτσι ώστε να διατηρείται υπόλειμμα χλωρίου 5-8 mg/l.

3.1.1 Τρόπος δράσης του χλωρίου

Ο τρόπος δράσης του χλωρίου που περιέχεται στο NaOCl είναι ότι το υποχλωριώδες νάτριο διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και αδρανοποιεί ορισμένα ένζυμα τα οποία είναι απαραίτητα για την επιβίωσή τους. Επειδή όμως η αντίδραση χλωρίου-ενζύμου είναι αντιστρέψιμη σε χαμηλές συγκεντρώσεις χλωρίου, είναι δυνατόν τα ένζυμα να επανασχηματιστούν και να συνεχίσουν τη λειτουργία τους.

Η βασική αντίδραση κατά τη διοχέτευση υποχλωριώδους νατρίου στο νερό είναι



Το υποχλωριώδες νάτριο με το νερό σχηματίζει υποχλωριώδες οξύ το οποίο είναι η βασικότερη μορφή του χλωρίου που δρα ως απολυμαντικό μέσο και χαρακτηρίζεται ως «ελεύθερο χλώριο».

Όμως κατά τη διοχέτευση του υποχλωριώδους νατρίου στα επεξεργασμένα απόβλητα δεν πραγματοποιείται από την αρχή η παραπάνω αντίδραση αλλά συμβαίνουν οι ακόλουθες διεργασίες :

A) Το υποχλωριώδες νάτριο που διατίθεται καταναλώνεται αποκλειστικά για την οξείδωση των συστατικών των αποβλήτων χωρίς να περισσεύει για απολυμαντική δράση.

B) Το υποχλωριώδες νάτριο, που ακολουθεί να προστίθεται, αντιδρά με την αμμωνία και τα αμμωνιακά άλατα που περιέχονται στα απόβλητα σχηματίζοντας ενώσεις όπως χλωραμίνες. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν το ενωμένο υποχλωριώδες νάτριο και είναι απολυμαντικές αλλά όχι όσο το ελεύθερο υποχλωριώδες νάτριο. Η συγκέντρωση του ενωμένου χλωρίου μειώνεται.

Γ) Το υποχλωριώδες νάτριο που προστίθεται οξειδώνει τις χλωραμίνες σε άζωτο και οξείδια του αζώτου και ανάγεται σε χλωριούχα.

$$\text{NH}_2\text{Cl} + \text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \implies \text{N}_2\text{O} + 4\text{HCl}$$
$$4\text{NH}_2\text{Cl} + 3\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \implies \text{N}_2\text{O} + \text{N}_2 + 10\text{HCl}$$
$$2\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \implies \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{HCl}$$
$$\text{NH}_2\text{Cl} + \text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \implies \text{N}_2 + 3\text{HCl}$$

Δ) Το υποχλωριώδες νάτριο που προστίθεται ακολουθεί την πιο πάνω αντίδραση και παραμένει ως ελεύθερο. Το σύνολο του ελεύθερου και του ενωμένου χλωρίου αποτελεί το υπολειμματικό χλώριο

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χλωρίωση έχει το βασικό μειονέκτημα της δυσμενούς επίδρασης του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον που διοχετεύονται τα χλωριωμένα απόβλητα. Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής π.χ στα ψάρια, εξαιτίας της τοξικότητας του χλωρίου, ή έμμεσα με το σχηματισμό οργανοχλωριούχων ενώσεων που πιθανολογείται ότι είναι καρκινογόνες.

Σήμερα λαμβάνονται διάφορα μέτρα για τη βελτίωση της απόδοσης της χλωρίωσης ώστε να αποφεύγεται η ανεξέλεγκτη χρήση του. Ένα από αυτά είναι η διαδικασία της αποχλωρίωσης με διοξείδιο του θείου.

3.1.2 Εξοπλισμός χλωρίωσης-αποχλωρίωσης

Ο εξοπλισμός ενός συστήματος χλωρίωσης-αποχλωρίωσης αποτελείται από τα παρακάτω μέρη

1) Δεξαμενές αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου που είναι εξοπλισμένες με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής πλήρωσή τους από βυτιοφόρα οχήματα και η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας διαρροής.

2) Δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης που είναι συνήθως δυο και έχουν όγκο ικανό για την αποθήκευση της ημερήσιας κατανάλωσης του NaOCL. Τροφοδοτούνται με βαρύτητα από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Υπάρχει περίπτωση τα δοχεία αυτά να παραλείπονται.

3) Δοσομετρικές αντλίες (χλωριωτές), οι οποίες είναι διαφραγματικού τύπου με μεταβλητή παροχή. Οι αντλίες λειτουργούν συνέχεια δίνοντας παροχή NaOCL που είναι ανάλογη της παροχής των αποβλήτων ώστε η συγκέντρωση του χλωρίου στη δεξαμενή χλωρίωσης να διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα.

4) Χαλύβδινοι κύλινδροι αποθήκευσης του υγροποιημένου υπο πίεση διοξειδίου του θείου.

5) Δοσομετρικές διατάξεις (θειωτές) παροχέτευσης του διοξειδίου του θείου.

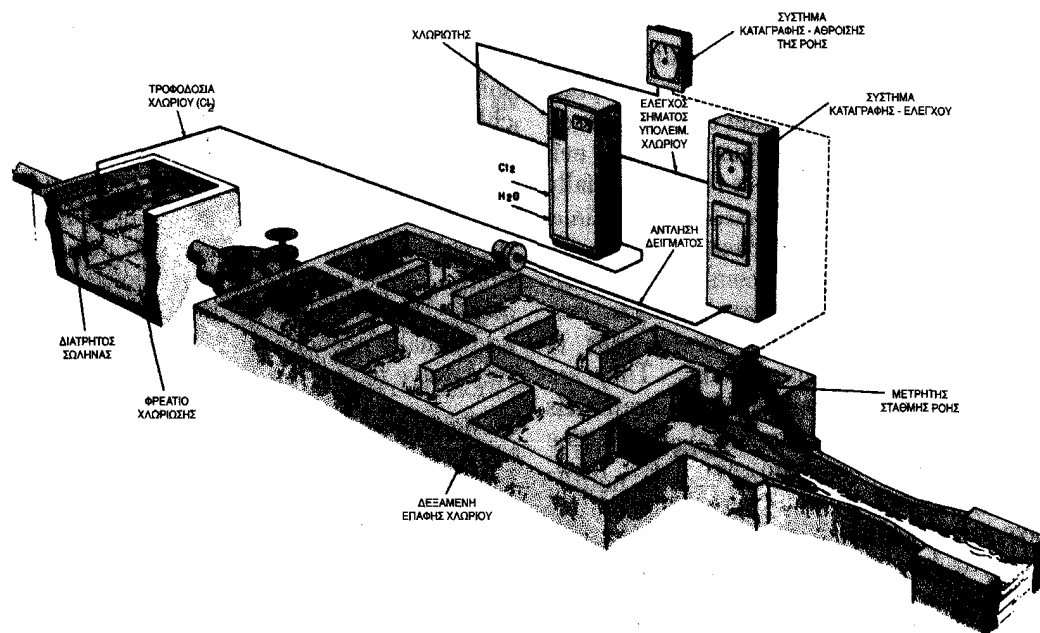
6) Διατάξεις διοχέτευσης του χλωρίου και του διοξειδίου του θείου σε θέσεις όπου εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη με κατάλληλα μέσα (αναμικτήρες).

7) Σύστημα ελέγχου των χλωριωτών και θειωτών με βάση το υπολειμματικό υποχλωριώδες νάτριο και την παροχή.

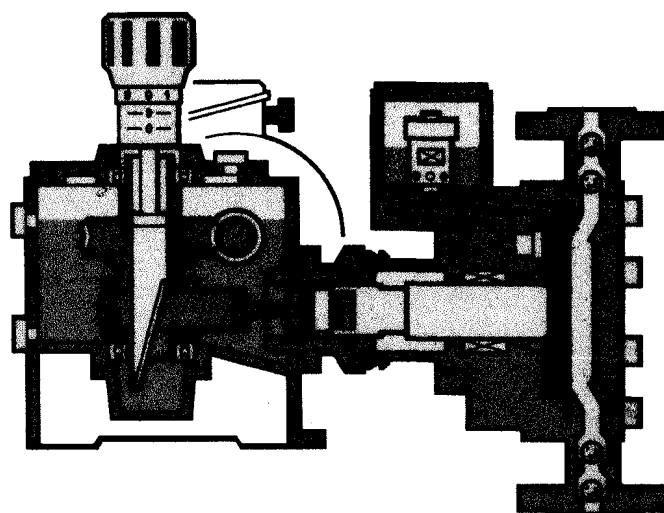
Ωστόσο, οι αντιδράσεις του διοξειδίου του θείου με το υποχλωριώδες νάτριο γίνονται σχεδόν ακαριαία και έτσι δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει χωριστά δεξαμενή αποχλωρίωσης. Η αποχλωρίωση γίνεται με την τοπική διοχέτευση του διοξειδίου του θείου σε περιοχές με ισχυρή ανάμιξη και χρόνο παραμονής στην παροχή αιχμής 30-60''. Οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις είναι 1,0-1,6mg/l στη μέση παροχή και 2,0-5,0mg/l στην παροχή αιχμής.

Επαναδραστηριοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών μετά από χλωρίωση σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Στα Σχήματα 3.2 και 3.4 παρουσιάζονται αντίστοιχα, μια τυπική δεξαμενή επαφής χλωρίου και μία ενδεικτική τομή δοσομετρικής αντλίας υποχλωριώδους νατρίου.



Εικόνα 3.2 : Τυπική δεξαμενή επαφής χλωρίου (Διαλυνάς κ.ά., 1994)



Εικόνα 3.3 : Τομή δοσομετρικής αντλίας υποχλωριώδους νατρίου (χλωριωτής) (Διαλυνάς κ.ά., 1994)

3.1.3 Υπολογισμός – Προσθήκη απαιτούμενης ποσότητας χλωρίου

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης ποσότητας χλωρίου γίνεται λαμβάνοντας υπόψη ότι η τελική συγκέντρωσή του στο δείγμα θα πρέπει να είναι 5mg/L.

Για τον υπολογισμό αυτής της ποσότητας χρησιμοποιείται ο τύπος :

$$C \text{ (gr/L)} * V_{Cl}(l) = 5\text{mg/L} * V_{\text{Δείγματος}}(l)$$

Όπου \Rightarrow C : η συγκέντρωση του χλωρίου

V_{Cl} : ο όγκος του χλωρίου που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε

$V_{\text{Δείγματος}}$: ο όγκος του δείγματός μας

3.2 Άλλες μέθοδοι απολύμανσης

3.2.1 Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία UV

Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται διέλευση του νερού μέσα από ειδικές συσκευές που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή περιλαμβάνει μήκη κύματος από 200 έως 400nm και υποδιαιρείται σε τρεις περιοχές .Οι περιοχές αυτές αντιστοιχούν στις ακτινοβολίες UVA, UVB και UVC. Η ακτινοβολία UVC είναι αυτή που έχει βρεθεί αποτελεσματική για την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών.

Η υπεριώδης ακτινοβολία δε σκοτώνει τους μικροοργανισμούς, όπως τα οξειδωτικά απολυμαντικά. Τα μικροβιοκτόνα αποτελέσματά της οφείλονται στη φωτοχημική προσβολή του RNA και DNA των μικροοργανισμών ,δηλαδή στην απορρόφηση της ακτινοβολίας από το γενετικό υλικό των κυττάρων με αποτέλεσμα να μη λειτουργεί ο αναπαραγωγικός μηχανισμός τους.

Η μέγιστη καταστροφική ικανότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτυγχάνεται σε μήκος κύματος 240-380nm όπου αναφέρεται η μέγιστη απορρόφησή της από τα νουκλεϊνικά οξέα.

Η ακτινοβολία UV παράγεται από κατάλληλες λάμπες ατμών υδραργύρου. Οι λάμπες αυτές διαφέρουν από τις λάμπες φθορισμού στο ότι η επιφάνεια του γυαλιού δεν είναι καλυμμένη και έτσι εξέρχεται η ακτινοβολία UV αφού φυσικά απορροφηθεί ένα σχετικά μικρό ποσοστό από το γυαλί της λάμπας.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι :

- Δεν προστίθεται κάποια ουσία στο νερό
- Ο χρόνος έκθεσης είναι μικρός
- Η χρήση δόσεων μεγαλύτερων από τις ενδεδειγμένες δεν δημιουργεί προβλήματα

Όμως επειδή δε περιέχει υπολειμματικό απολυμαντικό πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους απολύμανσης.

3.2.2 Απολύμανση με όζον

Το όζον είναι το ισχυρότερο οξειδωτικό από όλα τα κοινά απολυμαντικά. Σε θερμοκρασία και πίεση του περιβάλλοντος είναι ένα ασταθές αέριο όμως σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 350 C γίνεται οξυγόνο γι' αυτό και πρέπει να παράγεται στο σημείο χρήσης του. Μετά τη τροφοδοσία του παραμένει για ένα μικρό χρονικό διάστημα, αρκετό για την απολυμαντική δράση του, και μετά αποσυντίθεται. Η απολυμαντική δράση του όζοντος οφείλεται σε οξειδωτικές αντιδράσεις που καταστρέφουν βασικές δομές του μικροβιακού κυττάρου. Έχει επίδραση σε ευρεία κατηγορία μικροοργανισμών αρκεί όμως να μην υπάρχει αυξημένη θολότητα γιατί τα αιωρούμενα σωματίδια προφυλάσσουν τα κύτταρα των μικροοργανισμών από την οξειδωτική επίδραση του όζοντος.

Πίνακας 3.1 : Σύγκριση ορισμένων χαρακτηριστικών μεταξύ των τριών μεθόδων απολύμανσης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ		
	ΟΖΟΝΩΣΗ	U.V.	ΧΛΩΡΙΩΣΗ
απομάκρυνση κολοβακτηριδίων	πολύ καλή	πολύ καλή	πολύ καλή
απομάκρυνση ιών	πολύ καλή	καλή	μέτρια
πιθανότητες επανανάπτυξης μικροοργανισμών	καμία	σημαντική	ελάχιστη

επίδραση στο υδάτινο περιβάλλον του αποδέκτη	καμία	καμία	αύξηση διαλυτών στερεών
παραπροϊόντα απολύμανσης	κανένα	κανένα	αλογονοφόρμια
επικινδυνότητα παραπροϊόντων	μηδενική	μηδενική	μεγάλη
επικινδυνότητα χρησιμοποιούμενων χημικών	καμία	καμία	μεγάλη
κόστος εγκατάστασης	σημαντικό	σημαντικό	μέσο
κόστος λειτουργίας και συντήρησης	μέσο	σημαντικό	μέσο
προσωπικό λειτουργίας	δεν απαιτείται επιπλέον προσωπικό	1 άτομο/βάρδια	1 άτομο/βάρδια
απαιτούμενη έκταση	μέση	μικρή	μεγάλη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

4. Υλικά και μέθοδοι

Δειγματοληψία - Προετοιμασία δείγματος

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις δειγματοληψίες που για τη κάθε μια έγιναν αντίστοιχα οι απαιτούμενες αναλύσεις που διαρκούσαν τρεις ημέρες.

Στον **Πίνακα 4.1** παρουσιάζονται αναλυτικά οι ημερομηνίες κατά τις οποίες έγιναν οι δειγματοληψίες.

Πίνακας 4.1 Ημερομηνίες δειγματοληψιών και αναλύσεων.

Δειγματοληψίες	Ημερομηνίες δειγματοληψιών
1 ^η	15 Ιουνίου-18 Ιουνίου
2 ^η	10 Ιουλίου-13 Ιουλίου
3 ^η	20 Αυγούστου-23 Αυγούστου
4 ^η	3 Νοεμβρίου- 6 Νοεμβρίου

Οι εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων που συλλέγονταν από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας (όλα σε πρωινές ώρες 8:00-8:30πμ.) πραγματοποιούνταν αμέσως μετά το τέλος κάθε δειγματοληψίας στους χώρους του εργαστηρίου Διαχείρισης στερεών και υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων.

Σε κάθε δειγματοληψία το δείγμα μεταφέρθηκε από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, του βιολογικού καθαρισμού του Ηρακλείου, σε πλαστικό δοχείο χωρητικότητας 12λίτρων με τη βοήθεια ειδικής αντλίας. Το δείγμα μεταφέρθηκε στον εργαστηριακό χώρο και ελήφθησαν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να διατηρηθεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες

- Θερμοκρασία δωματίου (25C)
- Συνεχή ανάδευση, για αποφυγή καθίζησης των αιωρούμενων στερεών του δείγματος.



Εικόνα 4.1 Δειγματοληψία από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας του βιολογικού καθαρισμού του Ηρακλείου.

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις πρότυπες μεθόδους για την ανάλυση νερού και υγρών αποβλήτων (ΑΡΗΑ, 1995) και αφορούσαν τις ακόλουθες φυσικοχημικές παραμέτρους : ολικά κολοβακτηρίδια (TC), θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια (FC) εντερόκοκκοι (ENT), pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), ολικό-ελεύθερο χλώριο (RCLH), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο(COD) και σαλμονέλα(SAL).

4.2 Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δευτεροβάθμια και χλωριωμένα απόβλητα

4.2.1 Υπολογισμός μικροοργανισμών στα 100ml δείγματος



Εικόνα 4.2

1. Προετοιμασία των θρεπτικών υποστρωμάτων (διάλυση σε απιονισμένο νερό συγκεκριμένης ποσότητας υποστρώματος μέσα σε γυάλινες φιάλες των 500ml που σφραγίζουν καλά και αποστείρωση στους 120 βαθμούς για 20 min περίπου)

2. Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά αποστειρωμένα τρυβλία μιας χρήσης **Εικόνα2.2**. Σε κάθε αποστειρωμένο τρυβλίο 5,5cm μεταγγίζεται μικρή ποσότητα θρεπτικού υλικού, μέχρι να καλυφθεί καλά ο πάτος του. Κατά τη διάρκεια της μετάγγισης το στόμιο της φιάλης αποστειρώνεται ανά τακτικά χρονικά διαστήματα με καμινέτο.

Το θρεπτικό υπόστρωμα αφήνεται να σταθεροποιηθεί σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια είναι έτοιμο για χρήση.



Εικόνα 4.3

3. Αποστειρώνουμε τη λαβίδα και αφαιρούμε τη μεμβράνη από την αποστειρωμένη συσκευασία της.

Εικόνα 4.3

4. Στη συνέχεια η μεμβράνη τοποθετείται προσεκτικά πάνω στην πορώδη επιφάνεια της βάσης της υποδοχής διήθησης. Το χωνί προσαρμόζεται μαγνητικά πάνω στη βάση με τη μεμβράνη.



Εικόνα 4.4

5. Η τοποθέτηση του δείγματος γίνεται με την αυτόματη ρυθμιζόμενη πιπέτα, όταν πρόκειται να διηθηθούν ποσότητες 1ml. Ενώ για ποσότητες 10, 20 και 50ml χρησιμοποιήθηκαν αποστειρωμένα σιφόνια των 10, 20, και 50ml αντίστοιχα. Για τις αραιώσεις που απαιτούσε το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν μικρά αποστειρωμένα μπουκαλάκια των 20ml που περιείχαν 9ml μικροποσότητας αλατιού (1gr αλάτι σε 1λίτρο

απιονισμένο νερό) και 1ml δείγματος (αραίωση 1:10).

Εικόνα 4.5



Εικόνα 4.5

6.Μαζί με την ποσότητα του δείγματος προσθέτουμε και μια μικρή ποσότητα αποστειρωμένου νερού.

7.Ανοίγουμε τη βαλβίδα και επιτρέπουμε στο δείγμα να περιβρέξει όλη την επιφάνεια του φίλτρου. Πριν η μεμβράνη στεγνώσει τελείως διακόπτουμε τη λειτουργία της αντλίας

8.Αποστειρώνουμε τη λαβίδα και αφαιρούμε προσεκτικά τη μεμβράνη από το χωνί, χωρίς να τη μολύνουμε.

9. Οι μεμβράνες τοποθετούνται ακριβώς πάνω στο υπόστρωμα ώστε να έρθουν σε πλήρη επαφή με αυτό.

Εικόνα 4.6



Εικόνα 4.6

10. Τα τρυβλία σφραγίζονται με εργαστηριακό parafilm και τοποθετούνται ανάποδα μέσα σε πλαστικά δοχεία που περιέχουν νωπό διηθητικό χαρτί για την ύπαρξη υγρασίας και τοποθετούνται σε επωαστικό θάλαμο στην κατάλληλη θερμοκρασία για το απαιτούμενο χρονικό διάστημα. T.Colifirms στους 35⁰C για 24h. Enterococci στους 35⁰C για 24h. MFC στους 45⁰C για 24h.

11.Μετά την επώαση τα τρυβλία ανοίγονται προσεκτικά και καταμετρούνται οι αποικίες που αναπτύχθηκαν. **Εικόνα 4.7** Για τον υπολογισμό μετράμε τις αποικίες στα τρία τρυβλία που προέρχονται από το ίδιο δείγμα και βγάζουμε τον μέσο όρο. Στα τρυβλία όπου το δείγμα είχε υποστεί αραίωση κάνουμε αναγωγή ώστε να υπολογίσουμε τις αποικίες στα 100ml μη αραιωμένου δείγματος.



Εικόνα 4.7

Παράδειγμα : Έστω ότι εξετάζουμε ένα δείγμα με τα ακόλουθα αποτελέσματα αποικιών:

	<i>Αποικίες χωρίς αραίωση</i>			<i>Αποικίες με αραίωση 1:100</i>		
<i>Επαναλήψεις*</i>	12	20	18	1	0	2
<i>Μέσος όρος</i>	$(12+20+18)/3$			$(1+0+2)/3$		
<i>Αποτέλεσμα</i>	16,6			1		

$$\text{Ολικός αριθμός κολοβακτηρίων /100ml δείγματος} = \frac{16,6 + (1 \times 100)}{2} \times 100 = 5830$$

4.2.2 Υπολογισμός ολικού και ελεύθερου χλωρίου στο δείγμα

Πραγματοποιήθηκε με τη χρήση φωτομέτρου Phomometer Photolab 512.WTW (μέθοδος 14828). Ο προσδιορισμός του ολικού χλωρίου έγινε με βάση τα παρακάτω βήματα που αναγράφονται στις οδηγίες της κατασκευαστικής εταιρίας ODYSSEY του φωτομέτρου.



Εικόνα 4.8 Phomometer Photolab 512.WTW

Σε 5ml δείγματος προστέθηκαν

- 1 μεζούρα αντιδραστηρίου CL2-1A
- 2 σταγόνες αντιδραστηρίου CL2-3A

Μετά από 1λεπτό (αφού το δείγμα έχει αποκτήσει ένα ρόδινο χρωματισμό) μεταφέρεται σε κυψελίδα η οποία τοποθετείται στην ειδική υποδοχή της συσκευής.

Στην οθόνη της συσκευής αναγράφεται η μέτρηση (mg/lit).

Ο προσδιορισμός του ελεύθερου χλωρίου έγινε με βάση τα παρακάτω βήματα που αναγράφονται στις οδηγίες της κατασκευαστικής εταιρίας ODYSSEY του φωτομέτρου.

Σε 5ml δείγματος προστέθηκαν

- 1 μεζούρα αντιδραστηρίου CL2-1A
- 2 σταγόνες αντιδραστηρίου CL2-2A

Μετά από 1λεπτό (αφού το δείγμα έχει αποκτήσει ένα πιο ανοιχτό ρόδινο χρωματισμό από το προηγούμενο) μεταφέρεται σε κυψελίδα και τοποθετείται στην ειδική υποδοχή της συσκευής .

Στην οθόνη της συσκευής αναγράφεται η μέτρηση(mg/lit).

4.2.3 Μέτρηση pH του δείγματος

Το pH ενός δείγματος προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ειδικού οργάνου, γνωστό ως πεχάμετρο.(PH METER GLP 21, Crison).

Τ όργανο αποτελείται από ποτενσιόμετρο, με αισθητήριο από ηλεκτρόδιο υάλου και θερμοστοιχείο για αυτόματη διόρθωση της θερμοκρασίας.

Πριν τη μέτρηση γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου με δυο έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα που έχουν τιμές PH : 7 και 4.

Μικρή ποσότητα δείγματος τέτοια ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου (περίπου 50ml) μεταφέρονται σε ποτήρι ζέσεως.

Τα δυο ηλεκτρόδια της συσκευής τοποθετούνται μέσα στο δείγμα, αφού πρώτα έχουν ξεπλυθεί με απιονισμένο νερό και έχουν σκουπιστεί με απορροφητικό χαρτί.

Παίρνουμε την ένδειξη της συσκευής (δε χρειάζεται διόρθωση της τιμής).



Εικόνα 4.9 (PH METER GLP 21, Crison)

4.2.4 Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε στις συγκεκριμένες μετρήσεις είναι το Crison conductimeter 525. Το συγκεκριμένο όργανο διαθέτει ηλεκτρόδιο μέτρησης της θερμοκρασίας του δείγματος τη στιγμή ακριβώς που υπολογίζεται και η αγωγιμότητα. Στη συνέχεια η θερμοκρασία αντιστοιχίζεται με ένα συντελεστή με τον οποίο πολλαπλασιάζουμε την ένδειξη του αγωγιμόμετρου και καταλήγουμε στη πραγματική τιμή της αγωγιμότητας.

Μικρή ποσότητα δείγματος, τέτοια ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου (περίπου 50ml) μεταφέρονται σε ποτήρι ζέσεως.

Τα δυο ηλεκτρόδια της συσκευής τοποθετούνται μέσα στο δείγμα, αφού πρώτα έχουν ξεπλυθεί με απιονισμένο νερό και έχουν σκουπιστεί με απορροφητικό χαρτί .

Παίρνουμε την ένδειξη της συσκευής και γίνεται διόρθωση της τιμής με βάση τη θερμοκρασία που δείχνει το όργανο ώστε να καταλήξουμε στην πραγματική τιμή της.



Εικόνα 4.10 Crison conductimeter 525

4.2.5 Υπολογισμός του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD)

Χρησιμοποιήθηκε το σύστημα θέρμανσης (WTW GR3200) που αποτελείται από ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα και διαμορφωμένες θέσεις για την τοποθέτηση 24σωλήνων. (βλ. Εικόνα 2.11).

Αρχικά για κάθε μέτρηση παρασκευάστηκαν τρία διαλύματα στους ειδικούς

σωλήνες 1) "Δείγμα": που περιέχει 2,5ml δείγματος, 3,5ml καταλύτη και 1,5ml διαλύματος πέψης.

2) "Blank" : που περιέχει 2,5ml απιονισμένο νερό, 3,5ml καταλύτη και 1,5ml διαλύματος πέψης.

3) "Τυφλό": που περιέχει 2,5ml απιονισμένο νερό, 3,5ml καταλύτη και 1,5ml διαλύματος πέψης.



Εικόνα 4.11



Εικόνα 4.12

Τα δυο πρώτα διαλύματα αφού παρασκευαστούν κλείνονται καλά και αναστρέφονται για την πλήρη ανάμειξή τους. Τοποθετούνται στη συσκευή πέψης στους 150 C και

παραμένουν εκεί για 1ώρα. Το τρίτο διάλυμα, το Τυφλό, δεν τοποθετείται στη συσκευή.

Μετά το πέρας της 1ώρας οι σωλήνες αφαιρούνται από τη συσκευή και περιμένουμε μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια ακολουθεί τιτλοδότηση με αμμωνιακό Fe (βλ. Εικόνα 4.12)

- Κάθε διάλυμα μεταφέρεται σε κωνική φιάλη των 50ml, ξεπλένουμε το σωλήνα με απεσταγμένο νερό, το οποίο μεταφέρεται στην κωνική.
- Προσθέτουμε 2σταγόνες από δείκτη Ferronin στο καθένα. Με την προσθήκη του δείκτη τα διαλύματα αποκτούν ένα ρόδινο χρωματισμό.
- Ξεκινά η τιτλοδότηση του τυφλού διαλύματος, η οποία τερματίζεται όταν το διάλυμα αποκτήσει έναν μπλε-πράσινο χρωματισμό. Καταγράφονται τα ml που καταναλώθηκαν.

Ακολουθούν η τιτλοδότηση του Blank και στη συνέχεια του Δείγματος κατά τον ίδιο τρόπο και καταγράφονται τα ml που καταναλώθηκαν για το καθένα.

Με βάση τον παρακάτω τύπο μπορούμε να υπολογίσουμε την τελική τιμή COD του δείγματός μας :

$$\text{COD} = \frac{B - S}{T} \times 1000 \times D$$

Όπου \Rightarrow B : τα ml του αμμωνιακού Fe που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του Blank διαλύματος

S: τα ml του αμμωνιακού Fe που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του Δείγματός μας.

T : τα ml του αμμωνιακού Fe που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του Τυφλού διαλύματος.

D : συντελεστής διάλυσης (σε περίπτωση που το δείγμα έχει υποστεί αραίωση).

4.2.6 Διαδικασία ανίχνευσης Σαλμονέλας στο δείγμα

- Διηθείται ποσότητα 1L δείγματος.(Στο σύστημα των χωνιών τοποθετήθηκαν συνολικά 20μεμβράνες, που στην κάθε μια έγινε διήθηση ποσότητας 50ml δείγματος)

- Μετά τη διήθηση κάθε μεμβράνη μεταφέρεται, με αποστειρωμένη λαβίδα, σε 250ml διαλύματος Buffered Peptone Water

- Το διάλυμα με τις μεμβράνες παραμένει για 24 ώρες σε θερμοκρασία 35 C

Τα δυο προηγούμενα στάδια αποτελούν τον προεμπλουτισμό.

- Ακολουθεί εμβολιασμός ποσότητας 1ml του παραπάνω διαλύματος σε σωλήνες που περιέχουν ποσότητα 10ml Mannitol Selenite broth (Sel) και ποσότητας 0,1ml διαλύματος σε 10ml Rappaport – Vassiliadis (RV)

- Οι εμβολισμένοι σωλήνες παραμένουν για 24ώρες σε διαφορετικές θερμοκρασίες ανάλογα το υγρό μέσο που περιέχουν

→ Sel : 35⁰C

→ RV : 42⁰C

- Για να απομονωθούν οι αποικίες γίνεται σπορά τους σε στερεό μέσο. Από το Sel και το RV μεταφέρεται μικρή ποσότητα δείγματος με αποστειρωμένο εργαλείο και απλώνεται πάνω σε θρεπτικό υπόστρωμα Brilliant Green Agar (BGA).

Επίσης από το Sel μεταφέρεται και σε Salmonella-Shigella Agar (SSA).

Πάνω στα υποστρώματα εμφανίζονται χαρακτηριστικές αποικίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για να γίνει η επιβεβαιωτική δοκιμή .

- Άχρωμες και ροζ ποικιλίες από το BGA και με μαύρο κέντρο από το SSA μεταφέρονται, με αποστειρωμένο σύρμα , σε κεκλιμένους σωλήνες Kligler iron agar. Η καλλιέργεια γίνεται στην κεκλιμένη επιφάνεια και στο εσωτερικό του σωλήνα με νύξη του υποστρώματος με ένα ευθύ σύρμα .

- Οι σωλήνες επωάζουν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 35 C.

- Η τυπική εικόνα που βλέπουμε μετά είναι : στο πυθμένα του σωλήνα παρατηρείται παρουσία αερίου, μαύρισμα του υποστρώματος λόγω παραγωγής υδρόθειου στο κάτω μέρος ενώ στην κεκλιμένη επιφάνεια παρατηρείται ανάπτυξη χωρίς σημαντική αλλαγή του χρώματος.

Στην **Εικόνα 4.13** παρουσιάζεται η τυπική εικόνα σωλήνα Kligler iron agar πριν και μετά τη καλλιέργεια αποικιών Σαλμονέλας .

A B



Εικόνα 4.13 Kligler iron agar σωλήνες πριν (A) και μετά (B) τη καλλιέργεια αποικιών Σαλμονέλας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

5.1 Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται πίνακες και συγκριτικά διαγράμματα των υπό εξέταση παραμέτρων, όλων των επαναλήψεων που έγιναν στον χώρο του εργαστηρίου και συγκεκριμένα οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στις τιμές των ολικών κολοβακτηριδίων, των θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων, των εντερόκοκκων, του υπολειμματικού και ελεύθερου χλωρίου, του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, του pH, της αγωγιμότητας και της Σαλμονέλας.

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αρχικοί πληθυσμοί των μικροοργανισμών που υπολογίστηκαν για κάθε δείγμα πριν ακόμα προστεθεί το υποχλωριώδες νάτριο ώστε να μας βοηθήσουν να ερμηνεύσουμε τα αποτελέσματα.

Πίνακας 5.1 : Αρχικοί πληθυσμοί μικροοργανισμών των τεσσάρων δειγμάτων πριν τη προσθήκη χλωρίου.

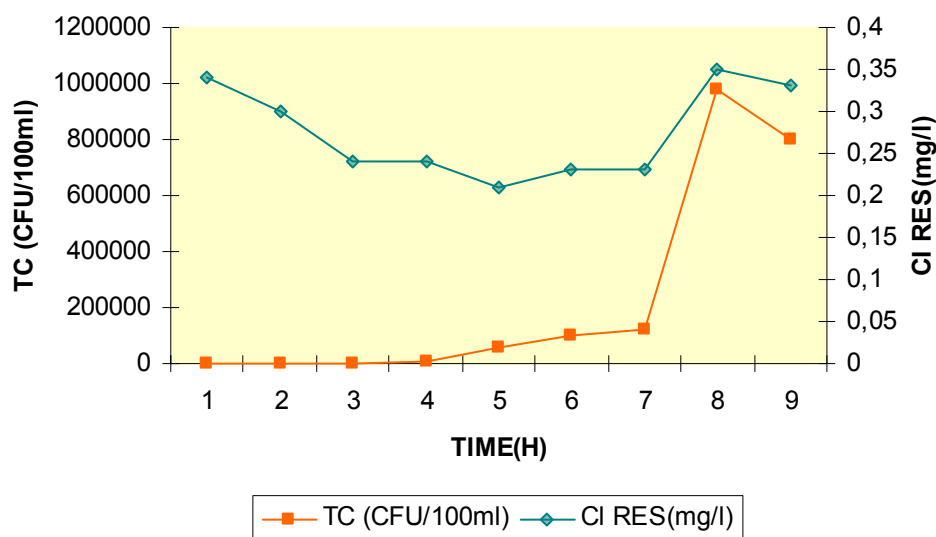
Δείγματα	TC (CFU/100ml)	FC (CFU/100ml)	ENT (CFU/100ml)
1 ^ο δείγμα	-	-	-
2 ^ο δείγμα	2,55 X 10 ⁵	-	2,75 X 10 ⁵

3 ^ο δείγμα	6,6 X 10 ⁴	5,7 X10 ³	1,5 X10 ⁴
4 ^ο δείγμα	1,9 X10 ⁷	6,9 X10 ⁷	5,4 X10 ⁹

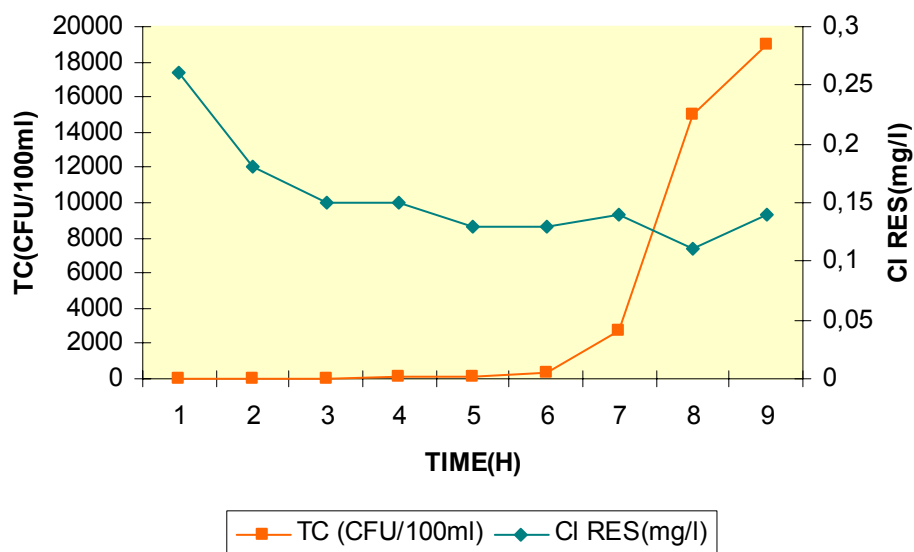
Η παρουσίαση των παραμέτρων σε διαγράμματα έγινε ανά δύο, στηριζόμενη στην σχέση που έχουν μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα τα ολικά κολοβακτηριδία με το υπολειμματικό χλώριο, με σκοπό την κατανοητή και αποτελεσματική μελέτη τους.

Περιμένουμε ότι το χρονικό διάστημα που θα μεσολαβήσει από τη στιγμή που θα γίνει η προσθήκη του χλωρίου μέχρι και το στάδιο της θανάτωσης των μικροοργανισμών θα εξαρτηθεί άμεσα από το αρχικό COD και το υπολειμματικό χλώριο του δείγματος. Μια επίσης σημαντική παράμετρος που θα καθορίσει το παραπάνω στάδιο είναι ο αριθμός των μικροοργανισμών πριν ακόμα γίνει η προσθήκη του χλωρίου. Και αυτό γιατί μια ποσότητα χλωρίου θα δράσει σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα μεταξύ δυο δειγμάτων που ο αρχικός πληθυσμός τους διαφέρει.

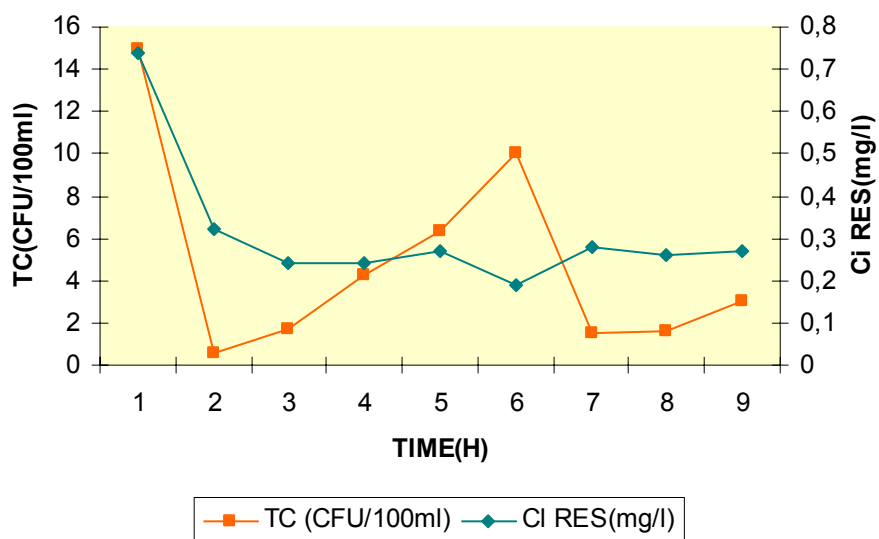
5.1.1 Αποτελέσματα ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου



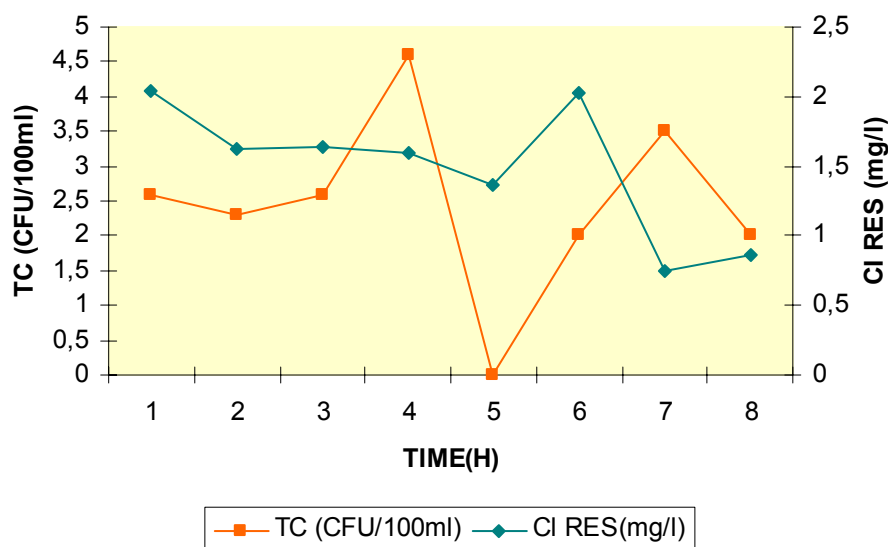
Διάγραμμα 5.1.1.1 : Μεταβολή ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την πρώτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.1.2 : Μεταβολή ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την δεύτερη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.1.3 : Μεταβολή ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τρίτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.1.4 : Μεταβολή ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα βώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Κατά την πρώτη δειγματοληψία λόγω πειραματικού σφάλματος δεν καταγράφηκαν οι αρχικοί πληθυσμοί των μικροοργανισμών πριν να προστεθεί το υποχλωριώδες νάτριο και έτσι δε μπορούμε να έχουμε μια πλήρη εικόνα του πληθυσμού του αρχικού μας δείγματος.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι τα ολικά κολοβακτηρίδια στις τέσσερις δειγματοληψίες που έγιναν, μετά τη προσθήκη χλωρίου μηδενίστηκαν ή σχεδόν μηδενίστηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στο πρώτο δείγμα η θανάτωση των μικροοργανισμών έγινε σε χρόνο 0. Από πειραματικό σφάλμα δεν έχουμε ακριβή αρχικό αριθμό κολοβακτηριδίων. Ωστόσο, μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα πιθανό συμπέρασμα για τον αριθμό αυτό εξετάζοντας παράλληλα το πρώτο και το τέταρτο δείγμα. Στο τέταρτο δείγμα προστέθηκε ποσότητα χλωρίου μεγαλύτερη από αυτή που έπρεπε για να έχει τελικά συγκέντρωση χλωρίου 5mg γι'αυτό και σε χρόνο μηδέν η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου είναι αρκετά υψηλή σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα. Αυτό που θα περιμέναμε, εάν δε είχαμε λάβει υπόψη τον αρχικό αριθμό των κολοβακτηριδίων, θα ήταν να πραγματοποιηθεί μηδενισμός τους σε χρόνο 0, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης χλωρίου και COD κοντά στα επίπεδα του πρώτου δείγματος.

Πίνακας 5.1.1.1 Αποτελέσματα των τιμών TC ,COD, CI RES της πρώτης μέτρησης ανα βώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	10	264	0,34
6	151,7	235	0,3
12	71,5	180	0,24
18	7760	175	0,24
24	56000	108	0,21
30	99000	105	0,23
36	120000	111	0,23
42	980000	97	0,35
48	800000	88	0,33

Όμως μηδενισμός των κολοβακτηριδίων έγινε 24ώρες μετά τη προσθήκη χλωρίου και οφείλεται στον αρχικό πληθυσμό τους. Έτσι μπορούμε να κάνουμε μια υπόθεση για τον αρχικό πληθυσμό του πρώτου δείγματος και να κρίνουμε ότι κυμαινόταν σε πολύ πιο χαμηλά επίπεδα σε σχέση με το τέταρτο. Στις 48ώρες και στα δυο δείγματα υπήρξε επαναδραστηριοποίηση των κολοβακτηριδίων. Συγκριτικά στο τέταρτο δείγμα η επαναδραστηριοποίηση ήταν αρκετά μικρότερη καθώς στις 48ώρες το δείγμα περιείχε σχεδόν 3πλάσια ποσότητα χλωρίου από το πρώτο.

Πίνακας 5.1.1.2 Αποτελέσματα των τιμών TC ,COD, Cl RES της τέταρτης μέτρησης ανα ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	2,6	121,093	2,04
6	2,3	35,53	1,63
12	2,6	105,058	1,64
18	4,6	3,93701	1,6
24	0		1,36
30	2	73,3507	2,02
36	3,5	74,80315	0,75
42	2	39,68254	0,86
48	2,6	121,093	2,04

Συγκρίνοντας το δεύτερο με το τρίτο δείγμα, στα οποία είναι γνωστά τα αρχικά επίπεδα των κολοβακτηριδίων και επίσης η ποσότητα του χλωρίου έχει καθοριστεί στα 5mg/l, παρατηρούμε μηδενισμό σε χρονικές στιγμές 12 και 6ώρες αντίστοιχα. Ακόμα στο διάστημα των 48ωρών στο δεύτερο δείγμα υπήρξε μεγάλη επαναδραστηριοποίηση ενώ στο τρίτο αισθητά πιο μικρή.

Οι διαφορές αυτές μεταξύ των δυο δειγμάτων οφείλονται στο συνδυασμό του αρχικού αριθμού των κολοβακτηριδίων, των τιμών του C.O.D και του ελεύθερου χλωρίου.

Πίνακας 5.1.1.3 Αποτελέσματα των τιμών TC ,COD, Cl RES της δεύτερης μέτρησης ανα βώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

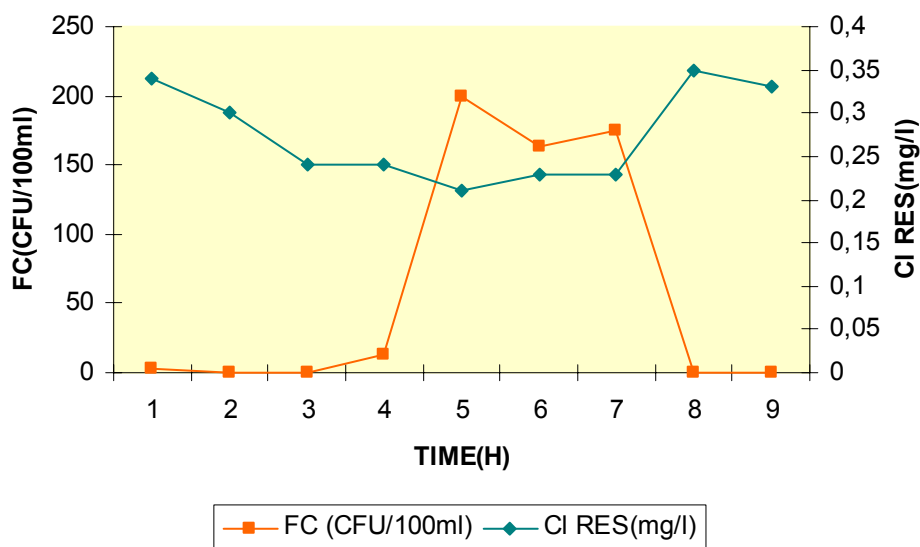
TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	6	96	0,26
6	3,8	80	0,18
12	1,2	117	0,15
18	65	60	0,15
24	133	57	0,13
30	300	107	0,13
36	2765	113	0,14
42	15000	67	0,11
48	19000	80	0,14

Στο δεύτερο δείγμα η οργανική ουσία ήταν σε αυξημένα επίπεδα και το ελεύθερο χλώριο αρκετά μικρό. Έτσι μεγάλη ποσότητα χλωρίου καταναλώθηκε στην οξείδωση της οργανικής ουσίας και αυτό που τελικά απέμεινε για την απολύμανση των μικροοργανισμών δεν ήταν επαρκές ώστε να εμποδίσει την επαναδραστηριοποίησή τους. Στο τρίτο δείγμα αντίθετα που η οργανική ουσία του ήταν μικρότερη και το ελεύθερο χλώριο σε υψηλότερη τιμή δεν παρατηρήθηκε τόση μεγάλη επαναδραστηριοποίηση.

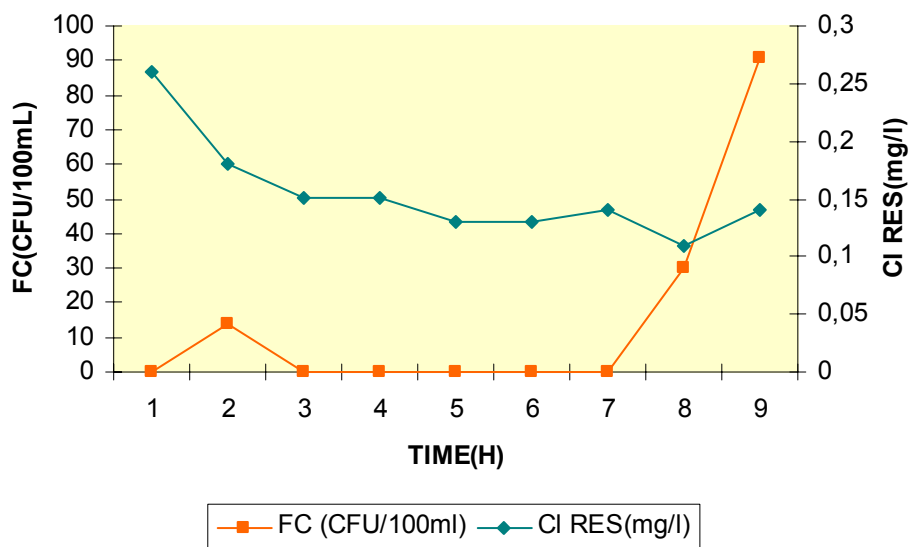
Πίνακας 5.1.1.4 . Αποτελέσματα των τιμών TC ,COD, Cl RES της τρίτης μέτρησης ανα βώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	15	33,333333	0,74
6	0,6	32,258065	0,32
12	1,66	21,367521	0,24
18	4,3	30,042918	0,24
24	6,3	33,333333	0,27
30	10	17,93722	0,19
36	1,5	17,316017	0,28
42	1,6	21,73913	0,26
48	3	29,166667	0,27

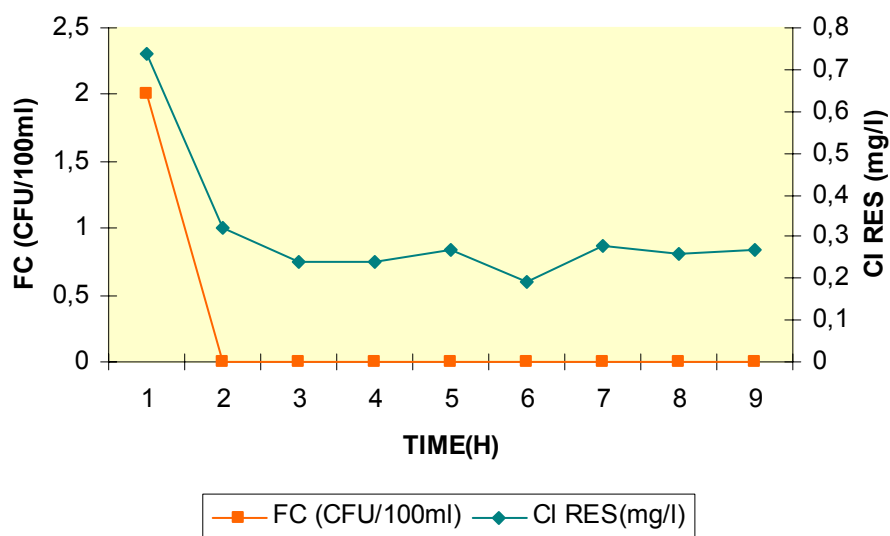
5.1.2 Αποτελέσματα θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου



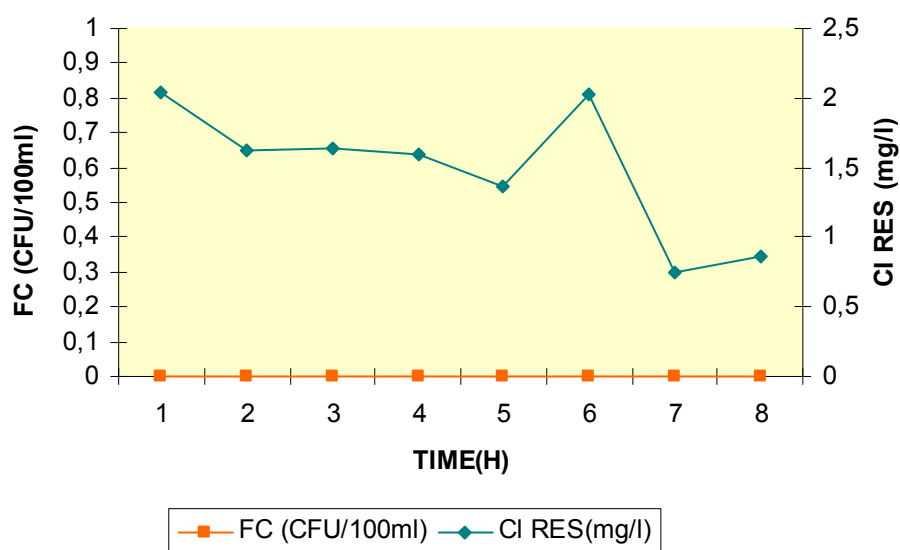
Διάγραμμα 5.1.2.1: Μεταβολή θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την πρώτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.2.2 : Μεταβολή θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την δεύτερη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.2.3 : Μεταβολή θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τρίτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.2.4 : Μεταβολή θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι στο τρίτο και τέταρτο δείγμα ο μηδενισμός των θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων έγινε σχεδόν αμέσως τη προσθήκη του χλωρίου στα δείγματα. Ενδιαφέρον παρουσιάζεται στο τρίτο δείγμα

όπου στο συνολικό διάστημα των 48ωρών δεν παρατηρήθηκε επαναδραστηριοποίηση των μικροοργανισμών παρόλο που ο αρχικός αριθμός τους ήταν πάρα πολύ μεγάλος. Από την άλλη πλευρά στο τέταρτο δείγμα η μη επαναδραστηριοποίηση ήταν αναμενόμενη δεδομένου ότι υπήρχε ποσότητα χλωρίου πάνω από τα επιθυμητά επίπεδα.

Πίνακας 5.1.2.1 Αποτελέσματα των τιμών FC, COD και CI RES, της τρίτης μέτρησης ανα ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	FC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	2	33,333333	0,74
6	0	32,258065	0,32
12	0	21,367521	0,24
18	0	30,042918	0,24
24	0	33,333333	0,27
30	0	17,93722	0,19
36	0	17,316017	0,28
42	0	21,73913	0,26
48	0	29,166667	0,27

Πίνακας 5.1.2.2 Αποτελέσματα των τιμών FC, COD και CI RES της τέταρτης μέτρησης ανα ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	FC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	0	121,093	2,04
6	0	35,53	1,63
12	0	105,058	1,64
18	0	3,93701	1,6
24	0		1,36
30	0	73,3507	2,02
36	0	74,80315	0,75
42	0	39,68254	0,86
48	0	121,093	2,04

Στο δεύτερο δείγμα παρατηρήθηκε μηδενισμός των θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων σε χρόνο 0 μετά τη προσθήκη του χλωρίου. Στις 6ώρες η μέτρηση που πήραμε έδειξε ότι υπήρχαν 14αποικίες ανά 100ml δείγματος αμέσως μετά όμως σημειώθηκε και πάλι μηδενισμός τους μέχρι και τις 42ώρες όπου και τελικά αρχίζει να επέρχεται σταδιακή επαναδραστηριοποίηση.

Η ένδειξη αυτή στις 6ώρες (με COD 80 mg/l και RES Cl 0,18mg/l) δε μπορεί να δικαιολογηθεί με βάση τις παραμέτρους στις 12ώρες (με COD 117 mg/l και RES Cl 0,15mg/l).

Πίνακας 5.1.2.3 Αποτελέσματα των τιμών FC, COD και Cl RES της δεύτερης μέτρησης ανα 6ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	FC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	0	96	0,26
6	14	80	0,18
12	0	117	0,15
18	0	60	0,15
24	0	57	0,13
30	0	107	0,13
36	0	113	0,14
42	30	67	0,11
48	91	80	0,14

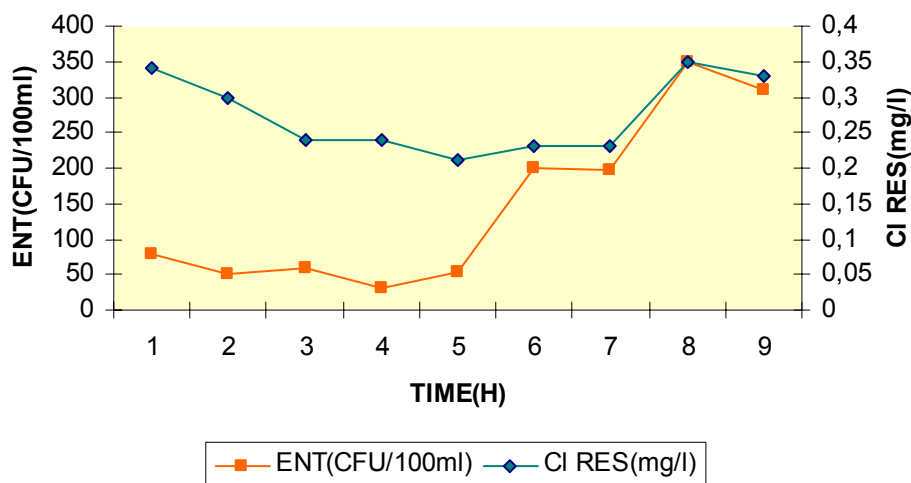
Τα αποτελέσματα του πρώτου δείγματος δε μπορούν να μας οδηγήσουν σε ένα ευκρινές συμπέρασμα και αυτό γιατί: αν και σημειώθηκε αρχικά θανάτωση και στη συνέχεια επαναδραστηριοποίηση στις 42ώρες πραγματοποιήθηκε για δεύτερη φορά μηδενισμός. Οι τιμές των παραμέτρων PH, EC, COD μεταβάλλονταν σε φυσιολογικά επίπεδα σε αντίθεση με τις τιμές του υπολειμματικού χλωρίου(στις 42 και 48ώρες). Στο διάστημα αυτών των δυο διαστημάτων παρατηρήθηκε αύξηση του υπολειμματικού χλωρίου που πλησίαζε την τιμή του στο χρόνο 0. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι αντίστοιχες τιμές COD, Cl RES, και FC για κάθε χρονική στιγμή.

Πίνακας 5.1.2.4 Αποτελέσματα των τιμών FC, COD και Cl RES της πρώτης μέτρησης ανα 6ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

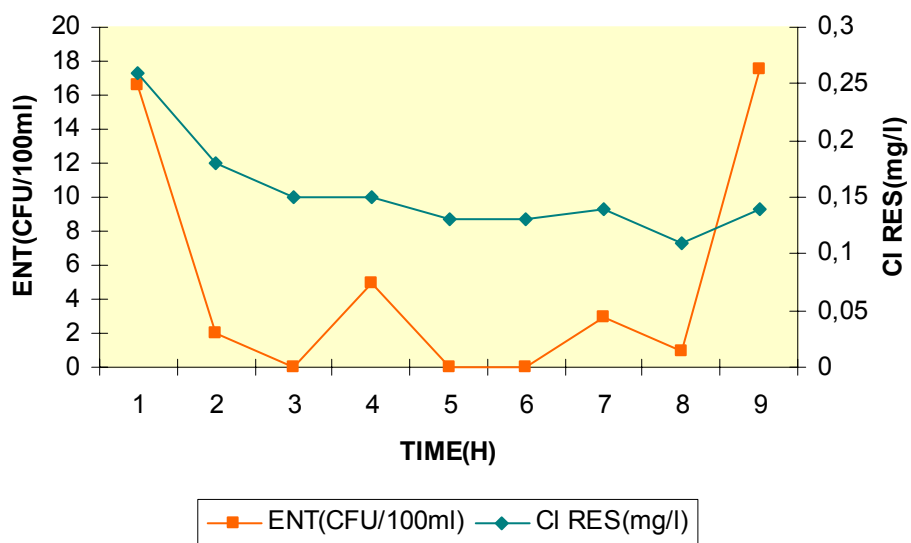
TIME(h)	FC (CFU/100ml)	Cl RES(mg/l)	COD (mg/l)
0	3,3	0,34	264
6	0	0,3	235
12	0	0,24	180
18	13,3	0,24	175
24	200	0,21	108
30	163,3	0,23	105
36	174,4	0,23	111
42	0	0,35	97

48	0	0,33	88
----	---	------	----

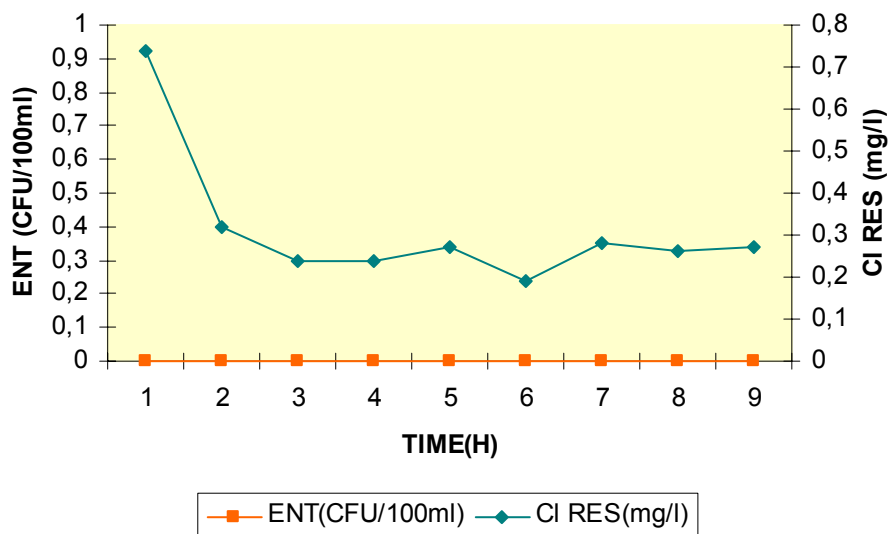
5.1.3 Αποτελέσματα εντερόκοκκων και υπολειμματικού χλωρίου



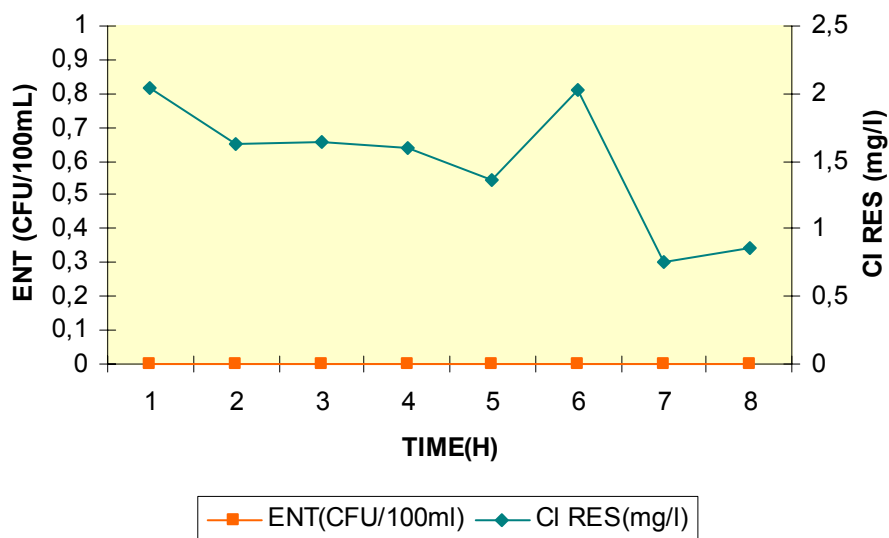
Διάγραμμα 5.1.3.1: Μεταβολή εντερόκοκκων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την πρώτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.3.2: Μεταβολή εντερόκοκκων και υπολειμματικού χλωρίου ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την δεύτερη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.3.3 : Μεταβολή εντερόκοκκων και υπολειμματικού χλωρίου ανα δώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τρίτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.3.4 : Μεταβολή εντερόκοκκων και υπολειμματικού χλωρίου ανα δώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Από το γράφημα της πρώτης δειγματοληψίας φαίνεται ότι οι εντερόκοκκοι δε θανατώθηκαν με τη προστιθέμενη ποσότητα χλωρίου. Στις 18ώρες είχαν μειωθεί

αρκετά(30) και από τις 24ώρες ξεκίνησε η επαναδραστηριοποίησή τους που είναι κατανοητή εάν λάβουμε υπόψη τις υπόλοιπες παραμέτρους. Από τις 30ώρες μέχρι και τις 48ώρες το υπολειμματικό χλώριο αυξάνεται και επειδή το COD στις αντίστοιχες ώρες μειώνεται περιμέναμε να δούμε και αύξηση των εντεριόκκοκων.

Πίνακας 5.1.3.1 Αποτελέσματα των τιμών ENT, COD, και CI RES της πρώτης μέτρησης ανα 6ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	ENT (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	79	264	0,34
6	51,5	235	0,3
12	60	180	0,24
18	30	175	0,24
24	53,3	108	0,21
30	199,9	105	0,23
36	198,3	111	0,23
42	348,3	97	0,35
48	309,9	88	0,33

Στο δεύτερο δείγμα οι εντερόκοκκοι θανατώθηκαν στις 12ώρες μετά τη προσθήκη χλωρίου. Μέχρι τις 42ώρες παρέμειναν σε πολύ χαμηλά επίπεδα και τελικά στις 48ώρες άρχισαν να επαναδραστηριοποιούνται καθώς το υπολειμματικό χλώριο είχε μειωθεί και τοCOD ήταν χαμηλότερο από το αρχικό.

Πίνακας 5.1.3.2 Αποτελέσματα των τιμών ENT, COD, και CI RES της δεύτερης μέτρησης ανα 6ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών

TIME(h)	ENT (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	16,6	96	0,26
6	2	80	0,18
12	0	117	0,15
18	5	60	0,15
24	0	57	0,13
30	0	107	0,13
36	3	113	0,14
42	1	67	0,11
48	17,5	80	0,14

Κατά τη μελέτη του τρίτου δείγματος οι μικροοργανισμοί θανατώθηκαν αμέσως μετά τη προσθήκη του χλωρίου και μέχρι τις 48ώρες δεν αναπτύχθηκε καμία αποικία εντεριόκκοκων από το δείγμα αυτό. Καταλαβαίνουμε ότι το υποχλωριώδες νάτριο που προστέθηκε ήταν ικανοποιητικό για να οξειδώσει την οργανική ουσία του δείγματος αλλά και για να εμποδίσει την επαναδραστηριοποίηση των εντεριόκκοκων.

Πίνακας 5.1.3.3 Αποτελέσματα των τιμών ENT, COD, και CI RES της τρίτης μέτρησης ανα 6 ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	ENT (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	0	33,333333	0,74
6	0	32,258065	0,32
12	0	21,367521	0,24
18	0	30,042918	0,24
24	0	33,333333	0,27
30	0	17,93722	0,19
36	0	17,316017	0,28
42	0	21,73913	0,26
48	0	29,166667	0,27

Τέλος στο τέταρτο δείγμα υπήρξε από την αρχή θανάτωση των μικροοργανισμών και ήταν αναμενόμενο να παραμείνει σταθερή μέχρι και τις 48ώρες εξαιτίας της μεγάλης ποσότητας του χλωρίου που είχαμε προσθέσει.

Πίνακας 5.1.3.4 Αποτελέσματα των τιμών ENT, COD, και CI RES της τέταρτης μέτρησης ανα 6 ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών

TIME(h)	ENT (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	0	121,093	2,04
6	0	35,53	1,63
12	0	105,058	1,64
18	0	3,93701	1,6
24	0		1,36
30	0	73,3507	2,02
36	0	74,80315	0,75
42	0	39,68254	0,86
48	0		

5.1.4 Μοντέλο απενεργοποίησης – ενεργοποίησης μικροοργανισμών για την εκτίμηση του κινδύνου μόλυνσης και πρόκλησης υδατογενούς ασθένειας.

Εξισώσεις που περιγράφουν την καμπύλη απενεργοποίησης – ενεργοποίησης των μικροοργανισμών έχουν τη γενική μορφή :

$$\left[\log_{10} \left(\frac{N_t}{N_0} \right) \right] / t = k$$

Όπου : N_t ο αριθμός των μικροοργανισμών τη χρονική στιγμή t .

N_0 ο αρχικός αριθμός των μ.ο.

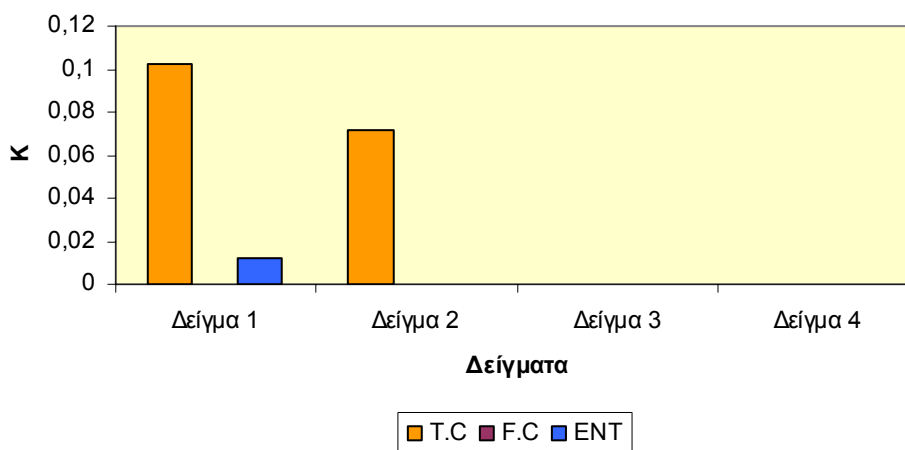
t ο χρόνος που έχει παρέλθει από τη στιγμή 0.

k η ταχύτητα απενεργοποίησης – Ενεργοποίησης.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω συνάρτηση στα αποτελέσματά μας προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

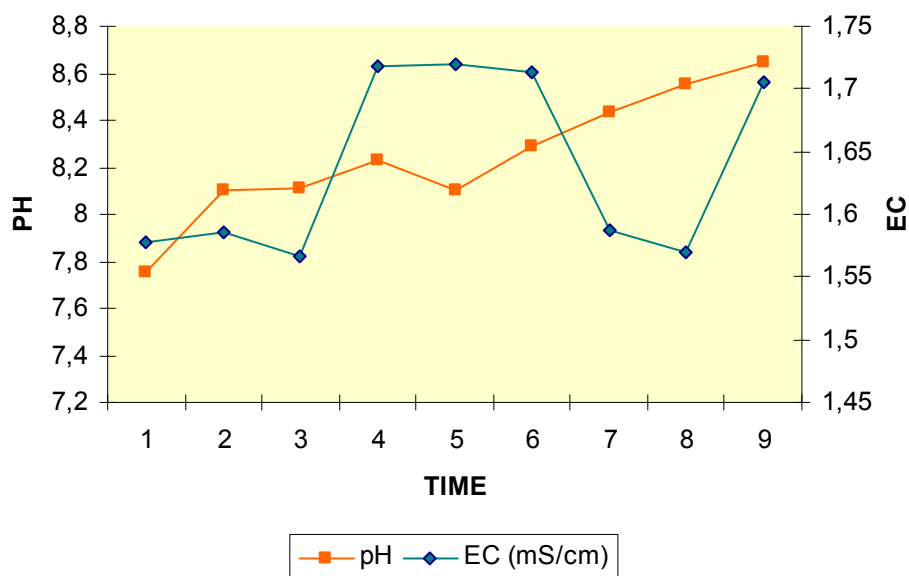
Πίνακας 5.1.4.1 Ταχύτητα ενεργοποίησης – απενεργοποίησης μικροοργανισμών.

M.O	T.C	F.C	ENT	
K	Δείγμα 1	0,102	Δεν υπήρξε επ/ση	0,012
	Δείγμα 2	0,072	Δεν υπήρξε επ/ση	0,0004
	Δείγμα 3	- 0,014	Δεν υπήρξε επ/ση	Δεν υπήρξε επ/ση
	Δείγμα 4	Δεν υπήρξε επ/ση	Δεν υπήρξε επ/ση	Δεν υπήρξε επ/ση

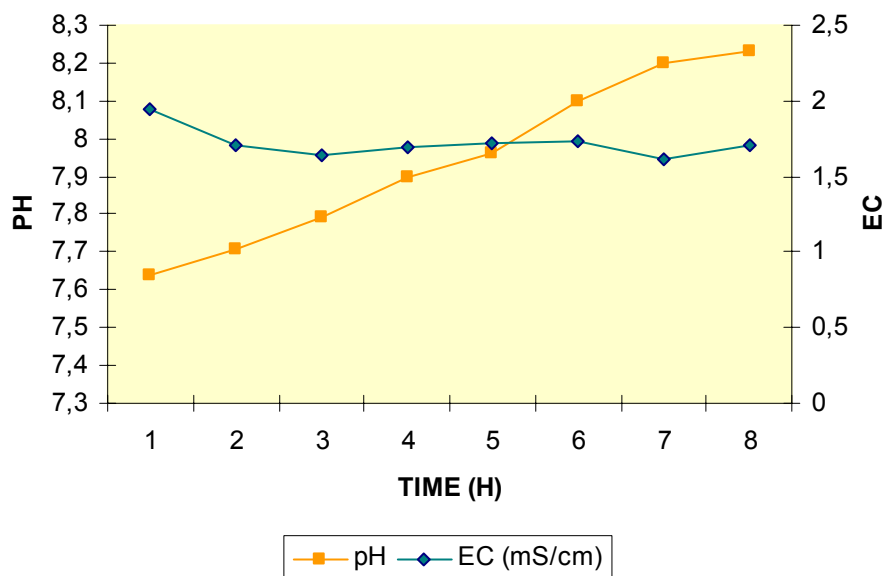


Διάγραμμα 5.1.4.1 : Ταχύτητα ενεργοποίησης – απενεργοποίησης μικροοργανισμών

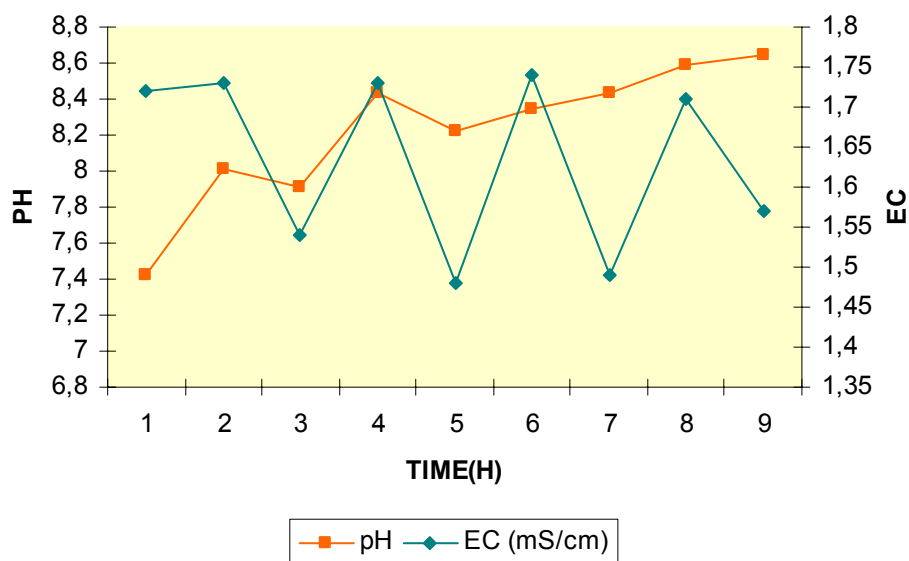
5.1.4 Αποτελέσματα ΡΗ και αγωγιμότητας



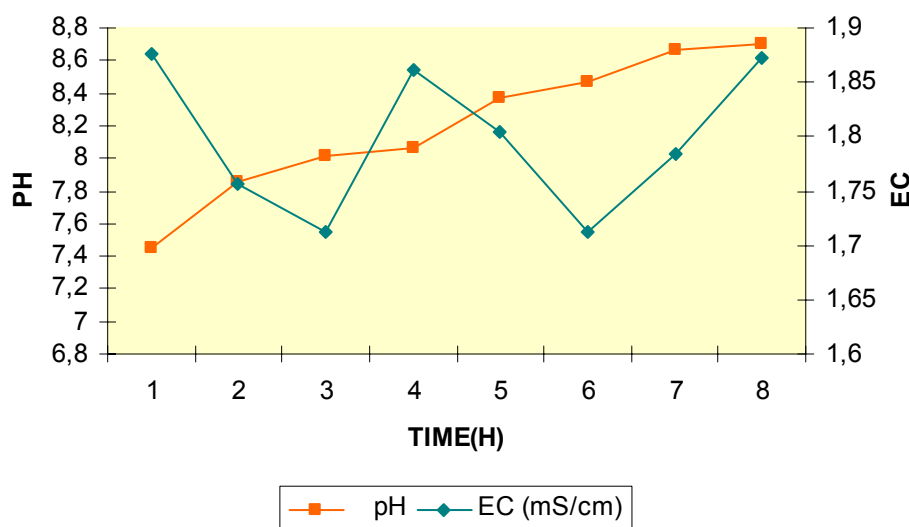
Διάγραμμα 5.1.4.1: Μεταβολή ΡΗ και EC ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την πρώτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.4.2: Μεταβολή ΡΗ και EC ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την δεύτερη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.4.3: Μεταβολή PH και EC ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τρίτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.4.4: Μεταβολή PH και EC ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Κατά τη διάρκεια όλης της δειγματοληπτικής περιόδου (τέσσερις δειγματοληψίες) οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμάνθηκαν (κατά μέσο όρο) από 7,56 έως 8,21 και από 1,77 έως 1,69 mS/cm αντίστοιχα, τηρώντας στην πλειοψηφία τους τα θεσμοθετημένα όρια.

Το βέλτιστο pH για την πλειοψηφία των βακτηρίων είναι το ουδέτερο σημείο pH=7, ενώ ένας τυπικός μύκητας έχει άριστο pH αύξησης στην όξινη περιοχή. Υπάρχουν,

βεβαίως, εξαιρέσεις όπως π.χ. τα νιτροποιά που έχουν βέλτιστο pH αύξησης 8,6. Ενώ μερικά βακτήρια έχουν βέλτιστο pH πάνω από 7.

Είναι προφανές ότι το pH των υγρών αποβλήτων προς επεξεργασία θα καθορίσει το είδος των βακτηρίων που θα αναπτυχθούν. Πάντως για να είναι δυνατή η βιολογική αύξηση και επομένως η βιοαποδόμηση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων, πρέπει το pH να είναι κοντά στο ουδέτερο και όταν τα υγρά απόβλητα είναι όξινα ή αλκαλικά πρέπει να εξουδετερώνονται πριν τη βιολογική επεξεργασία.

Πίνακας 5.1.4.1. Αποτελέσματα των τιμών PH και EC πρώτου και δεύτερου δείγματος ανα 6 ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

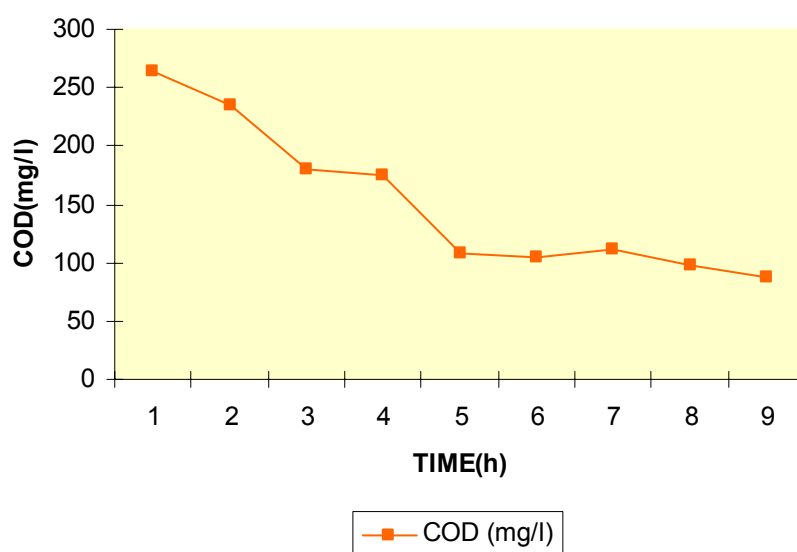
TIME(h)	1 ^ο δείγμα		2 ^ο δείγμα	
	PH	EC	PH	EC
0	7,75	1,577	7,64	1,95
6	8,1	1,586	7,71	1,71
12	8,11	1,567	7,79	1,64
18	8,23	1,718	7,9	1,69
24	8,1	1,72	7,96	1,72
30	8,29	1,713	8,1	1,73
36	8,43	1,588	8,2	1,62
42	8,55	1,569	8,23	1,71
48	8,65	1,706	8,13	1,63

Πίνακας 5.1.4.2 Αποτελέσματα των τιμών PH και EC τρίτου και τέταρτου δείγματος ανα 6 ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	3 ^ο δείγμα		4 ^ο δείγμα	
	PH	EC	PH	EC
0	7,42	1,72	7,45	1,8768
6	8,01	1,73	7,85	1,75617

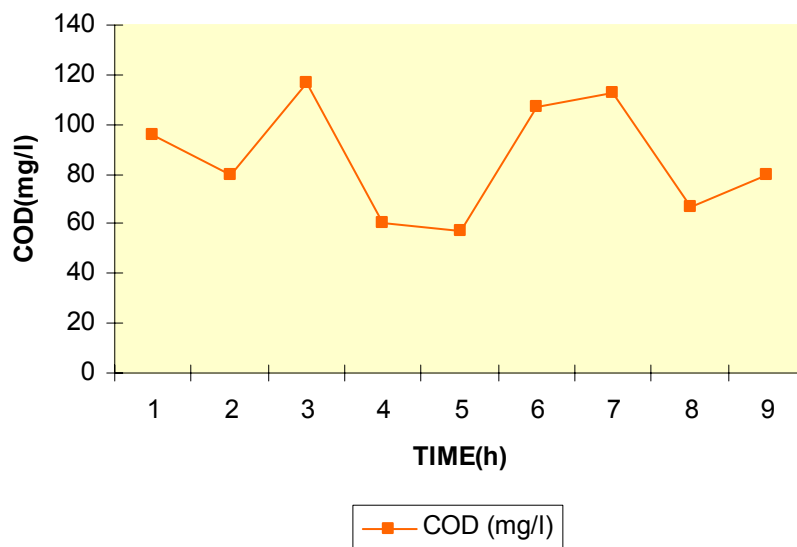
12	7,91	1,54	8,01	1,7127
18	8,43	1,73	8,06	1,8612
24	8,22	1,48	8,37	1,804
30	8,34	1,74	8,47	1,71175
36	8,43	1,49	8,66	1,78356
42	8,59	1,71	8,7	1,8725
48	8,64	1,57	7,45	1,8768

5.1.5 Αποτελέσματα COD και CI Res

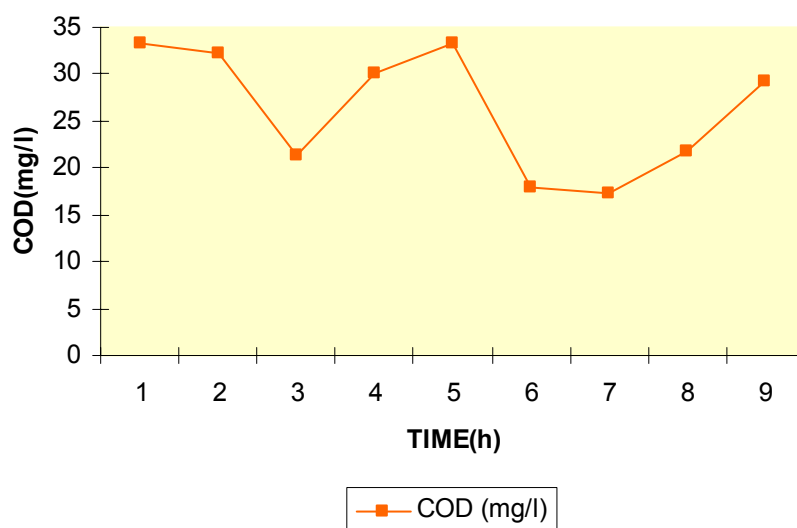


Διάγραμμα 5.1.5.1 : Μεταβολή του COD ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την πρώτη δειγματοληψία.

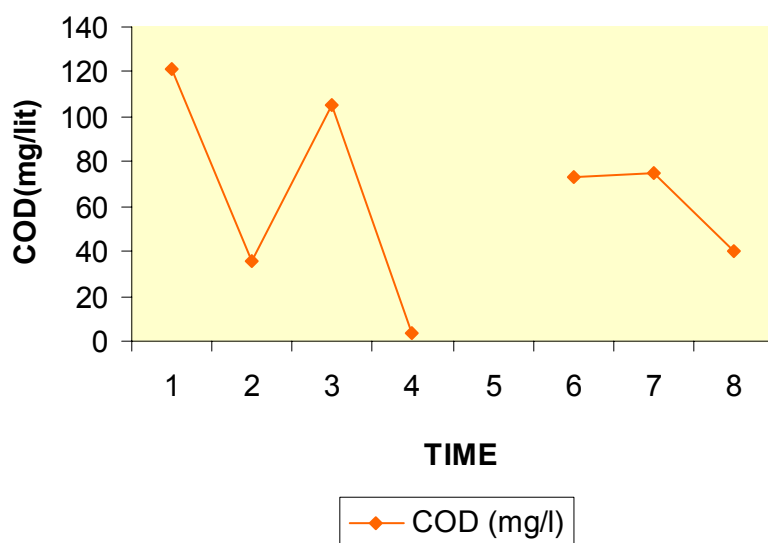
Επαναδραστηριοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών μετά από χλωρίωση σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.



Διάγραμμα 5.1.5.2 : Μεταβολή του COD ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την δεύτερη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.5.3 : Μεταβολή του COD ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τρίτη δειγματοληψία.



Διάγραμμα 5.1.5.4: Μεταβολή του COD ανα ώρες στο διάστημα των 48ωρών κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Η οργανική ουσία που περιέχεται στα υγρά απόβλητα αποτελεί μια σημαντική πηγή τροφής για τους μικροοργανισμούς. Αυτό φαίνεται εάν συσχετίσουμε τις αρχικές τιμές του COD των δειγμάτων με τις αντίστοιχες αποικίες μικροοργανισμών που υπήρχαν πριν ακόμα επιδράσει το υποχλωριώδες νάτριο σε αυτά.

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται όλες οι τιμές του COD κάθε ώρες για τα τέσσερα δείγματα που μελετήθηκαν.

Πίνακας 5.1.5.1 Αποτελέσματα των τιμών COD των τεσσάρων δειγμάτων ανα ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	COD (mg/l)			
	1 ^ο δείγμα	2 ^ο δείγμα	3 ^ο δείγμα	4 ^ο δείγμα
0	264	96	33,333333	121,093
6	235	80	32,258065	35,53
12	180	117	21,367521	105,058
18	175	60	30,042918	3,93701
24	108	57	33,333333	-
30	105	107	17,93722	73,3507
36	111	113	17,316017	74,80315
42	97	67	21,73913	39,68254
48	88	80	29,166667	-

Το πρώτο που πρέπει να παρατηρηθεί είναι ότι το COD των δειγμάτων που μελετήθηκαν δε ξεπερνά τα **120mg/L** μέχρι τις 48ώρες (εκτός του πρώτου δείγματος

0-18 ώρες) . Οι περισσότερες μεταβολές μεταξύ των ολικών κολοβακτηριδίων, του COD και του υπολειμματικού χλωρίου κατανοούνται με βάση τη σχέση που τα συνδέει. Όπως αναφέραμε οι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται γρηγορότερα όταν στο περιβάλλον τους υπάρχει αρκετή οργανική ουσία. Το υποχλωριώδες νάτριο που προστίθεται μοιράζεται ώστε από τη μία να θανατώσει τους μικροοργανισμούς και από την άλλη πλευρά να οξειδώσει την οργανική ουσία του δείγματος.

Κατά τις μετρήσεις που έγιναν υπήρξαν και περιπτώσεις όπου ενώ το COD και το υποχλωριώδες νάτριο μειώνονταν οι μικροοργανισμοί σημείωναν αύξηση (☼) και άλλες που ενώ το υποχλωριώδες νάτριο ήταν υψηλό και το COD χαμηλό οι μικροοργανισμοί ήταν επίσης σε υψηλά επίπεδα (☼).

Πίνακας 5.1.5.2 Αποτελέσματα των τιμών TC, COD και CI RES του πρώτου δείγματος ανα δώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC(CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	10	264	0,34
6	151,7	235	0,30 ☼
12	71,5	180	0,24
18	7760	175	0,24 ☼
24	56000	108	0,21 ☼
30	99000	105	0,23
36	120000	111	0,23
42	980000	97	0,35 ☼
48	800000	88	0,33

Πίνακας 5.1.5.3 Αποτελέσματα των τιμών TC, COD και CI RES του δεύτερου δείγματος ανα δώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	CI RES(mg/l)
0	6	96	0,26
6	3,8	80	0,18
12	1,2	117	0,15 ☼
18	65	60	0,15
24	133	57	0,13 ☼
30	300	107	0,13
36	2765	113	0,14
42	15000	67	0,11 ☼
48	19000	80	0,14

Πίνακας 5.1.5.4 Αποτελέσματα των τιμών TC, COD και CI RES του τρίτου δείγματος ανα δώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	15	33,333333	0,74
6	0,6	32,258065	0,32
12	1,66	21,367521	0,24 ✖
18	4,3	30,042918	0,24
24	6,3	33,333333	0,27
30	10	17,93722	0,19
36	1,5	17,316017	0,28
42	1,6	21,73913	0,26
48	3	29,166667	0,27

Πίνακας 5.1.5.5 Αποτελέσματα των τιμών TC, COD και Cl RES του τέταρτου δείγματος ανα 6 ώρες στο συνολικό διάστημα των 48ωρών.

TIME(h)	TC (CFU/100ml)	COD (mg/l)	Cl RES(mg/l)
0	2,6	121,093	2,04
6	2,3	35,53	1,63
12	2,6	105,058 ?	1,64
18	4,6	3,93701	1,60 ✖
24	0		1,36
30	2	73,3507	2,02 ?
36	3,5	74,80315	0,75
42	2	39,68254	0,86
48			

Παρατηρούμε ότι και στις τέσσερις δειγματοληψίες το υπολειμματικό χλώριο αρχικά μειώνεται όπως περιμέναμε, λόγω κατανάλωσής του από τους μικροοργανισμούς και την οργανική ουσία, όμως μετά τις 24ώρες σημειώνεται μια αύξηση για περίπου 12ώρες μετά. Στη συνέχεια παρατηρείται και πάλι μείωση.

5.1.6 Αποτελέσματα ανίχνευσης Σαλμονέλας

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πήραμε μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας για την ανίχνευση Σαλμονέλας στα δείγματά μας.

Σε κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις στις ακόλουθες χρονικές στιγμές : 0- 24- 48ώρες.

Πίνακας 5.1.6.1: Αποτελέσματα ανίχνευσης Σαλμονέλας στα τέσσερα δείγματα

Δείγματα	Σαλμονέλα
----------	-----------

	0(h)	24(h)	48(h)
1 ^ο δείγμα	-	+	+
2 ^ο δείγμα	-	+	+
3 ^ο δείγμα	-	+	-
4 ^ο δείγμα	-	-	-

Στα δυο πρώτα δείγματα αποικίες Σαλμονέλας εμφανίστηκαν 24ώρες μετά τη προσθήκη του χλωρίου και μέχρι τις 48ώρες είχαμε ενδείξεις για την ύπαρξή τους. Στο τρίτο δείγμα εντοπίσαμε Σαλμονέλα στις 24ώρες αλλά η επανάληψη που έγινε στις 48ώρες δεν έδωσε το ίδιο αποτέλεσμα.

5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων δειγματοληψιών

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις δυο από τις τέσσερις δειγματοληψίες που έγιναν ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριδίων, μέχρι τις 48ώρες μετά τη χλωρίωση, ήταν μεγαλύτερος από τα όρια που έχουν τεθεί για τη λειτουργία της μονάδας (500 cfu/100ml). Τα θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια και οι εντερόκοκκοι που υπάρχουν σε μικρότερες συγκεντρώσεις στα υγρά απόβλητα δεν ξεπέρασαν τα 200 cfu/100ml μέχρι τις 48ώρες, με εξαίρεση τους εντερόκοκκους στη πρώτη δειγματοληψία. Η εξέλιξη αυτή μπορεί να δικαιολογηθεί, όπως και για τα ολικά κολοβακτηρίδια της ίδιας δειγματοληψίας, καθώς παρατηρήσαμε ότι ο αρχικός πληθυσμός των μικροοργανισμών στο συγκεκριμένο δείγμα ήταν εξ αρχής πολύ μεγάλος. (Αυτό μπορούμε να υποθέσουμε ότι συμβαίνει τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω μεγάλης κατανάλωσης νερού και τουρισμού εκείνης της περιόδου.) Αντίθετα, στα δείγματα που ακολούθησαν τα θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια και οι εντερόκοκκοι, που από την αρχή ο πληθυσμός τους είχε απόκλιση από το πρώτο δείγμα, σχεδόν μηδενίστηκαν στο τέλος των μετρήσεων. Με βάση το ίδιο κριτήριο παρατηρήθηκε Σαλμονέλα στο πρώτο δείγμα και στη συνέχεια ανιχνεύτηκε και στο δεύτερο.

Κοινό χαρακτηριστικό των μετρήσεων είναι πως ο πληθυσμός των ολικών κολοβακτηριδίων αυξάνεται σταδιακά μετά το πέρας των 12ωρών, γεγονός που αποδεικνύει ότι περίπου μετά τις 12ώρες το υποχλωριώδες νάτριο δε θανατώνει τους μικροοργανισμούς. Το αποτέλεσμα του μπορεί να είναι ο τραυματισμός κάποιων κυττάρων τους, πως όμως αυτό δεν αποτελεί εμπόδιο στην αναπαραγωγή τους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια των δυο τελευταίων δειγματοληψιών (Αύγουστος-Νοέμβριος) οι δύο δεξαμενές δεν ήταν συνεχώς γεμάτες με νερό και αυτό αποδεικνύει ότι το σύστημα διαχείρισης δεν ήταν το πλέον κατάλληλο, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην ποιότητα της εκροής και αναδεικνύει την ευπάθεια του συστήματος σε ελλειπείς ή λάθος ανθρωπογενείς χειρισμούς.

Κατά τη διάρκεια όλης της δειγματοληπτικής περιόδου οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμάνθηκαν (κατά μέσο όρο) 7,56 έως 8,21 και από 1,77 έως 1,69 mS/cm αντίστοιχα, τηρώντας στην πλειοψηφία τους τα θεσμοθετημένα όρια.

Οι αριθμοί ολικών κολοβακτηριδίων σε σχέση με τις συγκεντρώσεις υπολειμματικού χλωρίου και την οργανική ουσία ποικίλουν σε κάποιες μετρήσεις που έγιναν και δεν μπορούν να βγουν ξεκάθαρα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Για παράδειγμα υπήρξαν περιπτώσεις που ενώ το υποχλωριώδες νάτριο ήταν υψηλό και το COD χαμηλό οι μικροοργανισμοί ήταν σε υψηλά επίπεδα (Πίνακας 5.1.5.2). Το λογικό θα ήταν η παρουσία χλωρίου να έχει ως αποτέλεσμα την απουσία των κολοβακτηριδίων. Μια πιθανή εξήγηση είναι το μικρό μέγεθος των τιμών με αποτέλεσμα να επηρεάζονται από την ακρίβεια της μεθόδου, και τη συχνή παρουσία στα δείγματα αιωρούμενων μικροσωματιδίων που επίσης επηρεάζουν την ακρίβεια της. Κατά τη μέτρηση του COD είναι δυνατό να υπάρξει σφάλμα εξαιτίας της εμφάνισης κάποιων παρεμποδιστικών ουσιών, όπως είναι τα χλωριόντα, τα οποία είτε δεσμεύουν τον άργυρο και ελαττώνουν την καταλυτική δράση του Ag_2SO_4 , είτε οξειδώνονται από διχρωμικό κάλιο σε Cl_2 , αυξάνοντας έτσι πλασματικά την τιμή του COD του δείγματος.

Άλλα επίσης πειραματικά σφάλματα είναι :

- Μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του πειράματος
- Σφάλμα κατά τη δειγματοληψία λόγω ανεπαρκούς ανάδευσης
- Απουσία κατάλληλου υποστρώματος για καταμέτρηση ολικού μικροβιακού φορτίου συμπεριλαμβανομένων και των τραυματισμένων μικροοργανισμών.

Επίσης το COD αποτελεί την «ασπίδα» των μικροοργανισμών μια και στην οργανική ουσία καταναλώνεται το περισσότερο από το προστιθέμενο υποχλωριώδες νάτριο που αποτελεί μέρος της τροφής των μικροοργανισμών. Όμως με αυτές τις ουσίες πιθανότατα να λαμβάνονται και τοξικές που αναστέλλουν την ανάπτυξή τους. Άρα η σχέση αριθμού μικροοργανισμών που επαναδραστηριοποιούνται και COD σίγουρα δεν είναι γραμμική.

5.3 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Ο στόχος αυτής της έρευνας, ήταν να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του χλωρίου ως μέσο απολύμανσης σε υγρά απόβλητα μελετώντας την εξέλιξη των μικροοργανισμών, τις φυσικοχημικές παραμέτρους και πως αυτές μεταβάλλονται στο διάστημα των 48ωρών παίρνοντας σαν σημείο αναφοράς την αρχική ποιότητά τους.

Παλιότερες μελέτες έχουν αναφερθεί στη θανάτωση των μικροοργανισμών υπό την επίδραση του χλωρίου και στην επίδραση των φυσικοχημικών παραμέτρων κατά τη διαδικασία της χλωρίωσης. Σε αυτή τη μελέτη παρουσιάζεται μια πλήρης εικόνα της πορείας τριών διαφορετικών ειδών μικροοργανισμών κάτω από την επίδραση ίδιας ποσότητας υποχλωριώδες νατρίου και συνθηκών ανάπτυξης. Ακόμα μελετάται ο βαθμός επαναδραστηριοποίησής τους με βάση τις διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων.

Παρατηρήσαμε ότι :

- Η παροχή των αποβλήτων, κατά τους μήνες των δειγματοληψιών, δεν ήταν σταθερή καθώς η στάθμη της δεξαμενής διέφερε.
- Ο αρχικός πληθυσμός των μικροοργανισμών στα υγρά απόβλητα κάθε φορά μπορεί να κυμαίνεται σε διαφορετικά επίπεδα. Τα επίπεδα αυτά μπορεί να είναι τόσο υψηλά που ακόμα και ποσότητα χλωρίου πάνω από το επιτρεπτά όρια να μην φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Το κάθε είδος μικροοργανισμού που μελετήθηκε απαιτεί διαφορετικό χρονικό διάστημα για να ολοκληρώσει τις τέσσερις φάσεις του (Λανθάνουσα- Εκθετική ανάπτυξη –Στάσιμη - Αποκλίσεως).
- 24ώρες μετά τη προσθήκη του, το υποχλωριώδες νάτριο (5mg/l) δε θανατώνει τους μικροοργανισμούς αλλά προκαλεί τραυματισμό των κυττάρων τους, κάτι που τελικά δεν εμποδίζει την επαναδραστηριοποίησή τους. Στο τελευταίο όμως δείγμα που προστέθηκε συγκέντρωση ολικού χλωρίου() παρατηρήσαμε ότι η απενεργοποίηση των μικροοργανισμών ήταν μόνιμη.

- Και τέλος, ότι κάθε μικροοργανισμός αναπτύσσει διαφορετικό επίπεδο αντίστασης στους εξωτερικούς του κινδύνους (υπογλωριώδες νάτριο).

Γενικά μπορούμε να συμπεράνουμε πως το υπογλωριώδες νάτριο ως απολυμαντικό δεν μπορεί σε κάθε περίπτωση να αποδώσει το επιθυμητό επίπεδο απολύμανσης τηρώντας τα επιτρεπτά όρια καθώς μετά από ένα χρονικό διάστημα (24ώρες) παρατηρείται επαναδραστηριοποίηση των μικροοργανισμών. Η αποτελεσματικότητά του καθορίζεται από διάφορες παραμέτρους. Τέτοιου είδους παράμετροι είναι :

- η παροχή των αποβλήτων,
- ο αρχικός πληθυσμός των μικροοργανισμών,
- η ευαισθησία των μικροοργανισμών στο υπογλωριώδες νάτριο,
- η ταχύτητα επαναδραστηριοποίησής τους.

Ως μέτρα για την ορθότερη χρήση του χλωρίου θα μπορούσαμε να προτείνουμε

Όσον αφορά την ποιότητα της εκροής θα μπορούσε να βελτιωθεί από την αναβάθμιση του συστήματος διαχείρισης ως ακολούθως :

- i Καλύτερη κατά το δυνατόν ενημέρωση και εκπαίδευση του εμπλεκόμενου προσωπικού ενός Βιολογικού Καθαρισμού με τη διαχείριση του συστήματος.
- ii Βελτίωση των μεθόδων ανίχνευσης των μικροοργανισμών, έτσι ώστε να υπάρχει μια σαφή εικόνα εκτίμησης χωρίς να προκύπτουν σφάλματα.
- iii Καλύτερη παρακολούθηση του συστήματος διάθεσης για τον εντοπισμό τυχόν βλαβών (π.χ. διαρροών από οπές σε αγωγούς) και την άμεση αποκατάστασή τους.
- iv Καλύτερη παρακολούθηση και επίβλεψη τόσο της ποσότητας όσο και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των διοχετευόμενων στο σύστημα επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Έτσι θα αποφευχθούν φαινόμενα υπερτροφοδοσίας του συστήματος και πιθανής υπερπλήρωσης των δεξαμενών και ανεξέλεγκτης διαφυγής από αυτές στις γύρω εκτάσεις υγρών αποβλήτων ή φαινόμενα διοχέτευσης στο σύστημα υγρών αποβλήτων που δεν πληρούν τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά εκροής.

Γενικότερα όμως πρέπει να γίνει επανεκτίμηση της αποτελεσματικότητας του χλωρίου, ως απολυμαντικό μέσο στους παθογόνους μικροοργανισμούς και να επεκταθεί η χρήση των υπόλοιπων μεθόδων απολύμανσης σε περιοχές που σημειώνεται μεγάλη συνεχής παροχή υγρών αποβλήτων με σκοπό τη διατήρηση των παθογόνων μικροοργανισμών στα επιθυμητά επίπεδα και την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Βιβλιογραφία

1. Αγγελάκης Α.Ν., Ε. Αθανασιάδης, Π. Κουκουλόπουλος, Α. Λαμπρούλης, Κ. Μαυρομάτης, Δ. Παπανικολάου και Φ. Φίλιος (1992). Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ελλάδος. 5^ο Πάνελ. Συνέδριο ΕΥΕ, Λάρισα.
2. Αγγελάκης Α.Ν. (2001). Η Σημασία ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Εκροών Αστικών Υγρών Αποβλήτων. 2001, Περιβάλλον – Environment & Engineering, Αθήνα.
3. Αγγελάκης Α.Ν. και G. Tchobanoglous (1995). Υγρά Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επεξεργασία και Διάθεση Εκροών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
4. Αγγελάκης Α. Ν. και Ε. Διαμαντόπουλος (1999). Διαχείριση Αστικών Υγρών και Στερεών Αποβλήτων Με Έμφαση: Στα Έργα Αποχέτευσης, Επεξεργασίας και Διάθεσης Υγρών Αποβλήτων και στη Διαχείριση των Παραγομένων Βιοστερεών. Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης – Αποχέτευσης (Ε.Δ.Ε.Υ.Α), Λάρισα.
5. Ανδρεαδάκης Α. (1986). Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Αστικών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
6. Ανδρεαδάκης Α. (2001). Απολύμανση Λυμάτων με Όζον. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
7. Ανδρεαδάκης Α. (2001). Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
8. Διαλυνάς Γ., Α.Ν. Αγγελάκης, Μ. Κουμάκης και Χ. Παπαδογιάννης (1994). PETRA II : Λειτουργία και συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. European Action Group Publishing Dept., Αθήνα.
9. Ζανάκη Κ., Έλεγχος Ποιότητας Νερού, Εκδόσεις ΙΩΝ, δεύτερη έκδοση, 2001.
10. Μανιός Θρ. (2001). Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων, Τ.Ε.Ι Ηρακλείου, Τμήμα Φυσικών Πόρων, Χανιά

11. Μαρκαντωνάτος Γ. «Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων», Αθήνα (1990).
12. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου με θέμα «Συστήματα Επεξεργασίας Οικιακών Λυμάτων και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών τους για Μικρούς ΟΤΑ (Σχεδιασμός, Μελέτη, Κατασκευή και Λειτουργία)». Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΤΕΔΚ, ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε., Τ.Ε.Ε. / Τ.Α.Κ., Ο.Α.Ν.Α.Κ. Ηράκλειο, 26 – 27 Σεπτεμβρίου, 1997.
13. Σεμινάριο με θέμα «Σχεδιασμός και λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων». Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων. Αθήνα, 13 – 14 Ιουνίου, 1996.
14. Στάμου Α.Ι, Βιολογικός καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1995.
15. Τεχνική Έκθεση (1997). Έργο: Κατασκευή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Περιοχής Χερσονήσου Ηρακλείου Κρήτης. Κοινοπραξία Cons. Coop. – Α.Τ.Ε. Γνώμων Α.Ε., Αθήνα
16. Τραγανίτης ΣΤ., και Σκουμπούρης Ι. (1995). Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων, Σειρά: Επεξεργασία Νερού 1. Εκδόσεις Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης Α.Ε., Αθήνα.
17. Τσαγκαράκης Κ.Π., Β. Δεσποτάκης, και Α. Αγγελάκης (1999). Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων: Προβλήματα, Αδυναμίες και Προοπτικές. In: Heleco '99, Θεσσαλονίκη.
18. Τσαγκαράκης Κ.Π., Ν. Παρανυχιανάκης και Α. Ν. Αγγελάκης (2003). Προτεινόμενα Κριτήρια Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα, Πρακτικά Έκθεσης Heleco 2003, Αθήνα.
19. Μανασσής Μήτρακας. Δρ. Χημικός μηχανικός . Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού. Θεσσαλονίκη 1996.
20. Στυλιανός Π. Τσώνης. Καθαρισμός νερού. Αθήνα 2003
21. Γρηγόρη Μαρκαντωνάτου. Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων. Αστικά λύματα, Βιομηχανικά απόβλητα, Ζωικά απορρίμματα. Πολιτικός μηχανικός. Αθήνα 1990.
22. Αλέξη Καραγιάνη. Το νερό. Εισαγωγή στο θέμα του νερού από γεωχημική, βιολογική, οικονομική σκοπιά.
23. Αγγελάκης Α.Ν., Κ.Π. Τσαγκαράκης, Β. Δεσποτάκης και Ν. Παπαδογιαννάκης (1999). Τεχνική Έκθεση Καταγραφής και Χαρτογράφησης Έργων Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Αθήνα.

1. Act Wastewater Reuse for Irrigation, Environment Protection Policy, Environment Act, 1999
2. Angelakis A.N. and E. Diamadopoulos (1995). Water Resources Management in Greece: Current Status and Prospective Outlook. Water Sci. and Techn.
3. Angelakis A.N. and S.V. Spyridakis (1996). The status of water resources in Minoan times – A preliminary study. In: Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region, (A.N. Angelakis and A. Issar, Eds.). Springer – Verlag, Heidelberg, Germany.
4. Angelakis A.N., M. Salgot, A. Bahri, M.H.F. Marecosdo Monte, F.Brissaud, U.Neis, G.Oron, and T.Asano (1997). Wastewater Reuse in Mediterranean Regions: Need for Guidelines. WEF Special Conf. On Beneficial Reuse of Water and Biosolids. Marbella, Spain, April 6 – 9, 1997.
5. Angelakis A.N., L. Bontoux and V. Lazarova (2002). Wastewater recycling and reuse in EU countries: With emphasis on criteria used. In: Proceeding of 3rd International Forum, Integrated Water Management – The Key to Sustainable Water Resources (EYΔΑΠ A.E. Eds.), Athens, Greece, March 21 – 22, 2002.
6. Angelakis A.N., Marecos Do Monte, M.H.F., Bontoux, L. and Asano, T. (1999). The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. *Water Res.* **33**, 2201-2217
7. APHA (1995). Standard methods: for the examination of water and wastewater. Published jointly by: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 19th Edition, Washington DC.
8. Argo D.G. (1984). Use of Lime Clarification and Reverse Osmosis in Water Reclamation. J. Water Pollution Control Federation.
9. Asano T. and A.D. Levine (1996). Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present, and Future. Water Sci. and Techn.
10. Asano T., Schroeder, E.D. and Tchobanoglous, G. (1998). Estimating the safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. *Water Environ. Res.* **70**, 39-51.
11. Asano T., G. Tchobanoglous, and R.C. Cooper (1984). Significance of Coagulation – Flocculation and Filtration Operations in Wastewater Reclamation and Reuse. In: Proceeding of Water Reuse Symposium III, Future of Water Reuse, American Water Works Association Resources Foundation, San Diego, USA.
12. Ayers R.S. and D.W. Westcot (1985). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United

Nations, Rome, Italy.

13. Blatchley E.R., K.C. Bastian, R.K. Duggirala, J.E. Alleman, M. Moore, P. Schuerch (1996). Ultraviolet irradiation and chlorination / dechlorination for municipal wastewater disinfection: Assessment of performance limitations. *J. Water Env. Res.*, vol. 68, pp. 194 – 204.
14. Borboudaki K.E., Vretoudakis I. E., and Dialynas G. E., Wastewater management in the Hersonissos area, Crete, Greece.
15. Bouwer H. (1991). Role of Groundwater Recharge in Treatment and Storage of Wastewater for Reuse, In: *Wastewater Reclamation and Reuse*, (R. Mujeriego and T. Asano. Eds.), IAWPRC, Water Sci. and Techn., Pergamon Press, New York, USA.
16. Cagliado et al. (1996). Optimization of reclamation and repurification at San Diego North City. *Water Reuse Conf. Proc. Amer. Water Works Assoc.*, San Diego, USA.
17. Chartzoulakis K.S., Paranychinakis, N.V. and Angelakis, A.N. (2001). Water resources management in the island of Crete, Greece with emphasis on the agricultural use. *Water Policy* **3**, 193-205.
18. Gates D., Harrington R. «Drinking water Disinfection practices: Chlorine dioxide in the nineties», *Proceedings of the Fifth National Conference on Drinking Water*, Winnipeg Canada, (1992).
19. Gates D., Harrington R., Romano R., Ridgway P. «Subchronic Toxicity of Sodium Chlorite in the Rat», *Journal of the American College of Toxicology*, Raven Press Ltd, New York, (1995).
20. Gehr R., Wagner, M., Veerasubramanian, P. and Payment, P. (2003). Disinfection efficiency of peracetic acid, UV and ozone after enhanced primary treatment of municipal wastewater. *Water Res.* **37**, 4573-4586.
21. Higgins J., Warnken, J., Sherman, P.P. and Teasdale, P.R. (2002). Survey of users and providers of recycled water: quality concerns and directions for applied research, *Water Res.* **36**, 5045-5056.
22. Hillel I. Shuval, Judith Cohen and Robert Kolodney, Regrowth of coliforms and fecal coliform in chlorinated wastewater effluent, 2003.
23. Jancanelo J. et al, «WERF Study Compares UV to Chlorine Disinfection», *Water Environment Federation*, (March 1995).
24. Lindenauer, K. G. and Darby, J.L. (1994). Ultraviolet disinfection of wastewater: Effect of dose on subsequent photoreactivation. *Water Res.* **28**, 805-817.
25. Macur G.J. et al «Oxidation of Organic Compounds in Concentrated Industrial Wastewater with Ozone and U.V. Light», *35th Industrial Waste Conference*, West Lafayette, Ind. (1981).

26. Marecos do Monte, M.H.F., A. N. Angelakis, and T. Asano (1996). Necessity and basis for the Establishment of European Guidelines on Wastewater Reclamation and Reuse in the Mediterranean Region. In: Wastewater Reclamation and Reuse: Planning and Technologies (A. Angelakis et al., Eds.). IAWQ, Water Sci. and Techn.
27. Papadopoulos I. (1995). Present and Perspective Use of Wastewater For Irrigation in the Mediterranean Basin. In: Proceeding of 2nd Intern. Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse (A.N. Angelakis et al., Eds.), IAWQ, Iraklio, Greece, October, 1995.
28. Prengle H.W. et al. «Ozone / U.V. Process Effective Wastewater Treatment», Hydrocarbon Processing, 10, 82, (1975).
29. Richard D., T. Asano, and G. Tchobanoglous (1992). The Cost of Wastewater Reclamation in California. Dept. of Civil Eng., Univ. of Calif., Davis, USA.
30. Salgot M. and A.N. Angelakis (2000). Guidelines and regulations on wastewater reuse. Water Sci. and Techn.
31. Scoville P. «Ozone goes for the quick kill», International ground water technology, (October 1995).
32. Shelef G. and Y. Azov (1996). The Coming Era of Intensive Wastewater Reuse in the Mediterranean Region. *Water Sci. Technol.* **33**, 115-125
33. Shuval H.I., Cohen, J. and Kolodney, R. (1973). Regrowth of coliforms and fecal coliforms in chlorinated wastewater effluent. *Water Res.*, **7**, 537-546.

Ευχαριστώ πολύ τον κ.Θρασύβουλο Μανιό και όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων για την πολύτιμη βοήθειά τους και την ουσιαστική συνεργασία που είχαμε κατά την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.