



ΤΕΙ Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Πούγιας Μιχάλης ΑΜ:5770

**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ
ΑΣΤΙΚΑ ΟΙΚΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ.
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΓΚΡΙ ΚΑΙ ΜΑΥΡΩΝ ΝΕΡΩΝ.**



Πτυχιακή Μελέτη
Εισηγητής: Θρασύβουλος Μανιός

Ηράκλειο 2016



Περίληψη:

Η πτυχιακή αφορά την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείριση νερού, που αφορά το εισερχόμενο φρέσκο (fresh water), το γκρι (grey water), από μπάνιο, νιπτήρες, πλυντήρια και το μαύρο νερό (black water), από τουαλέτες και νεροχύτες, καθώς και τις απορροές από επιφάνειες όπως τaráτσες και μπαλκόνια (runoff), με στόχο τη μεγιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης (πχ πράσινα δώματα) και την ελαχιστοποίηση της χρήσης, σε οικιστικά όμως συγκροτήματα αστικού τύπου (πολυκατοικίες).

Σε οικιστικό συγκρότημα που αποτελείται από τέσσερα διαμερίσματα 120 τ.μ. εγκαταστάθηκαν μία μονάδα επεξεργασίας για τα γκρι νερά και μία για τα μαύρα. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται για την άρδευση φυτεμένου δώματος στην στέγη του οικιστικού συγκροτήματος καθώς και ως εναλλακτική πηγή νερού στο καζανάκι της τουαλέτας .

Αντικείμενο της πτυχιακής είναι η αξιολόγηση του συστήματος επεξεργασίας των γκρι και μαύρων νερών, πραγματοποίηση δειγματοληψιών και φυσικοχημικών αναλύσεων.



Thesis title: Integrated water management in urban residential buildings. System processing evaluation for black and grey Waters.

Abstract:

In this thesis we describe the development of an integrated water management system on the incoming fresh water, gray water from bathrooms, sinks, washing machines and black water from toilets and sinks, as well as runoff from surfaces such as terraces and balconies, in order to maximize the reuse of this water in green roofs and minimize of use, (all that in) in urban residential type complexes such as apartment buildings. This work is based on the program of water reuse system 'Holistic', which is the collection of samples in the block where this system is installed and the chemical study done in the laboratory of Technological educational institute of Crete for analysis before and after treatment of water for reuse. This thesis also presents the characteristics of gray and black water, their differences and all processing stages from collection to their disposal.

Keywords: wastewater, black water, grey water, reused water, Holistic.



1. Κατάλογος Περιεχομένων

1. Κατάλογος Περιεχομένων	4
Πίνακας Εικόνων	6
Πίνακας Διαγραμμάτων:	7
2. Εισαγωγή	8
3. Αντικείμενο της μελέτης	10
4. Νομοθεσία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού	11
4.1. Νομικά θέματα και ισχύοντες κανονισμοί	11
4.2. Οδηγία Π.Ο.Υ.	11
4.3. Κανονισμός Καλιφόρνιας	13
4.4. Κανονισμοί και νομοθεσίες άλλων χωρών	13
4.5. Σχετική Νομοθεσία της ευρωπαϊκής ένωσης	14
5. Υγρά Απόβλητα	15
5.1. Ορισμός των υγρών αποβλήτων	15
5.2. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων	15
5.3. Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων	16
5.4. Χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων	17
5.5. Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων	19
6. Επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ως εναλλακτική πηγή νερού	20
6.1. Τομείς επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων	20
6.2. Άρθρο 9 της νομοθεσίας επαναχρησιμοποίησης	22
7. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα	25
7.1. Ιστορική Αναδρομή	25
7.2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα	25
8. Συστήματα Επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων	27
8.1. Επιδιώξεις από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων	27
8.2. Συστήματα επεξεργασίας για μικρές παροχές	27
8.2.1. Συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων	28
8.2.2. Εδαφικά συστήματα	28
8.2.3. Συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης	28
8.2.4. Συστήματα υδρόχαρων φυτών	29
8.2.5. Συστήματα τεχνητών υγροτόπων	29
8.2.6. Συστήματα επεξεργασίας για μεγάλες περιοχές	30
9. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	31
9.1. Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	31
9.2. Τα βασικά συστήματα επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων	32
10. Περιγραφή των γκρι νερών	34
11. Περιγραφή των μαύρων νερών	35
12. Διαφορά μαύρου - γκρι νερού	35
13. Φυσικοχημικές αναλύσεις ελέγχου ποιότητας εκροής	35
14. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού ύδρευσης του Δήμου Ηρακλείου	36



14.1.	Μέσοι Όροι Χημικών και Μικροβιολογικών αναλύσεων δικτύων Ηρακλείου (Αύγουστος 2016)	37
15.	Το πρόγραμμα Holistic	38
15.1.	Στόχοι του Έργου.....	38
15.2.	Η περιγραφή του προγράμματος Holistic	39
16.	Υλικά και μέθοδοι	41
16.1.	Μέτρηση ΡΗ, Αγωγιμότητας	41
16.2.	Μέτρηση Χημικός Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD)	42
16.2.1.	Φωτομετρική Μέθοδος Προσδιορισμού χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου	43
16.3.	Άζωτο (NH)	44
16.4.	Φώσφορος (P)	45
16.5.	Μέτρηση νιτρικού (NO ₃)	46
16.6.	Θολότητα	46
16.7.	Ολικά αιωρούμενα στερεά – Total suspended solids (TSS).....	46
17.	Παράγοντες παρακολούθησης	47
17.1.	Συστήματα επεξεργασίας γκρι και μαύρου νερού	47
17.1.1.	Μεμβράνες	48
17.1.2.	Βιοαντιδραστήρες Μεμβρανών – Mbr.....	48
17.1.3.	Σύστημα βιολογικού καθαρισμού ADVANTEX AX-10	48
17.2.	Επεξεργασία γκρι και μαύρου νερού	49
18.	Δειγματοληπτικός έλεγχος.....	50
18.1.	Ποιότητα - Παρακολούθηση Εκροής	50
18.1.1.	Δοκιμή, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης γκρι νερού.....	50
18.1.2.	Δοκιμή, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης μαύρου νερού	55
19.	Αποτελέσματα.....	60
19.1.	Γκρι Νερά	60
19.1.1.	Επαναχρησιμοποίηση γκρι νερού στα καζανάκια	60
19.2.	Μαύρα νερά	61
20.	Συμπεράσματα.....	62
21.	Συζήτηση	63
22.	Βιβλιογραφία - Πηγές	64



Πίνακας Εικόνων

- Σχήμα 1: Αλυκή Καλλονής, Μυτιλήνη, ενταγμένη στο πρόγραμμα διαχείρισης υδάτινων πόρων, για την υλοποίηση του προγράμματος «Αποστολή Νερό».
- Σχήμα 2: Ταρατσόκηπος Holistic. Πράσινη στέγη.
- Σχήμα 3: Επεξεργασμένο μαύρο νερό που καταλήγει στον υπόγειο υδροφορέα.
- Σχήμα 4: Άρδευση Καλλιεργειών Με Επεξεργασμένα Λύματα Της Ευαθ.
- Σχήμα 5: Δεξαμενές δειγματοληψίας γκρι νερών ταρατσόκηπου.
- Σχήμα 6: Ρύπανση της λίμνης της Καστοριάς - ευτροφισμός.
- Σχήμα 7: Σύστημα διάθεσης επεξεργασίας αποβλήτων με άρδευση η/και εμπλουτισμό υπόγειου ορίζοντα.
- Σχήμα 8: Ψυτάλεια, εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των κατοίκων του νομού Αττικής.
- Σχήμα 9: Σχηματική παράσταση λειτουργίας Σηπτικού Βόθρου με Καθαριζόμενο Μηχανικό Φίλτρο στην έξοδο.
- Σχήμα 10: Δεξαμενές Συλλογής μαύρων και γκρι νερών.
- Σχήμα 11: Αλμυρός ποταμός, υγρότοπος WWF.
- Σχήμα 12: Δεξαμενές δειγματοληψίας μαύρων νερών ταρατσόκηπου.
- Σχήμα 13: Διάγραμμα μιας μονάδας ενεργού ιλύος χωρίς βιολογική αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου.
- Σχήμα 14: Κύκλος ολοκληρωμένης διαχείρισης νερού με συστήματα First Flush και RunOff.
- Σχήμα 15: Δεξαμενή συλλογής υγρών αποβλήτων του Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου.
- Σχήμα 16: Αεροφωτογραφία Εγκατάστασης ερευνητικού φυτεμένου δώματος στην πειραματική μονάδα.
- Σχήμα 17: Αρχιτεκτονική συστήματος HOLISTIC.
- Σχήμα 18: Συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο για την μέτρηση pH.
- Σχήμα 19: Συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο για την μέτρηση αγωγιμότητας.
- Σχήμα 20: Φάσματα απορρόφησης μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης από το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$). Τα διαφορετικά φάσματα αντιστοιχούν σε δείγματα με διαφορετική τιμή COD.
- Σχήμα 21: Μεταβολή του χρώματος του δείγματος, μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης από το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$), σε σχέση με την τιμή του COD. Από αριστερά προς τα δεξιά: 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.5 g/L O_2 .
- Σχήμα 22: Φασματομετρητής Hachlange DR 280.
- Σχήμα 23: Δεξαμενή Μembrάνης Υπερδιήθησης.
- Σχήμα 24: Βιολογικό φίλτρο προσκολλημένης βιομάζας.
- Σχήμα 25: Σημείο δειγματοληψίας επεξεργασμένων μαύρων νερών.
- Σχήμα 26: Δεξαμενή επεξεργασμένων μαύρων νερών. (καθαρά)
- Σχήμα 27: Συστήματα επεξεργασίας μαύρων νερών.
- Σχήμα 28: Φωτοβολταϊκό πάρκο παραγωγή ενέργειας για υδροδότηση γηπέδων ποδοσφαίρου στις εγκαταστάσεις της πανεπιστημιούπολης του Πανεπιστημίου Κύπρου.
- Σχήμα 29: Πράσινο δώμα με φυτεμένα ντόπια φυτά όπως δίκταμο και ρίγανη.



Πίνακας Διαγραμμάτων:

- Διάγραμμα 1. Μεταβολή του pH κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 2. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 3. Μεταβολή του COD κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού
- Διάγραμμα 4. Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 5. Μεταβολή του αζώτου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 6. Μεταβολή του φωσφόρου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 7. Μεταβολή των τασιενεργών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 8. Μεταβολή της θολότητας κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.
- Διάγραμμα 9. Μεταβολή του pH κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.
- Διάγραμμα 10. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.
- Διάγραμμα 11. Μεταβολή του COD κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.
- Διάγραμμα 12. Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.
- Διάγραμμα 13. Μεταβολή του αζώτου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.
- Διάγραμμα 14. Μεταβολή του φωσφόρου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.
- Διάγραμμα 15. Μεταβολή των τασιενεργών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



2. Εισαγωγή

Το νερό, ως στοιχείο του φυσικού περιβάλλοντος, συστατικό όλων των έμβιων όντων, αλλά και σημαντικός παράγων κάθε αναπτυξιακής διεργασίας, βρίσκεται, από τη φύση του, στον πυρήνα της βιώσιμης ανάπτυξης. Έχει λεχθεί ότι η διαχείριση της ζήτησης, είναι η μόνη λύση για βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων σε πλανητική κλίμακα. (Tate, 2001)

Η μείωση της ζήτησης μέσω διαχείρισης θεωρείται ισοδύναμη με την αύξηση της προσφοράς νερού και μάλιστα, ως η πρώτη λύση επιλογής, όταν οι πλέον εύκολα εκμεταλλεύσιμοι (κοντινοί) υδάτινοι πόροι έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί πλήρως και οι διαθέσιμες λύσεις έχουν μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Ο σύγχρονος ορισμός της «διαχείρισης των υδάτινων πόρων» περιλαμβάνει το σύνολο των δράσεων του ανθρώπου με στη «χρήση» του νερού, αλλά και την προστασία του, για διατήρηση των υδατικών αποθεμάτων και της ποιότητας του νερού σε μελλοντικές χρονικές περιόδους.

Η διαχείριση υδατικών πόρων καθίσταται «βιώσιμη» με την εφαρμογή των βασικών αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης:

Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών συστημάτων στην κατάλληλη χωρική κλίμακα (λεκάνη απορροής, υδατικό διαμέρισμα) με ενιαία αντιμετώπιση των τεχνικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων της διαχείρισης του νερού, σε αντίθεση με την παραδοσιακή τομεακή προσέγγιση (συνήθως σε κλίμακα μεμονωμένου έργου) και την απαράδεκτη σε επιστημονικό επίπεδο, ανεξάρτητη θεώρηση των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων.

1. Διαχείριση της ζήτησης του νερού, για βελτίωση της προσφοράς και ζήτησης έναντι της παραδοσιακής προσέγγισης της συνεχούς αύξησης της προσφοράς δια της αναζήτησης και αξιοποίησης νέων υδατικών πόρων.
2. Οικονομική θεώρηση του νερού, ώστε να αποφεύγεται η αναποτελεσματική χρήση, η σπατάλη του πόρου καθώς και τα συνεπαγόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα από τη θεώρηση του νερού ως δωρεάν κοινωνικού αγαθού.
3. Αποκεντρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων με συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Η ανάγκη λήψης μέτρων για διασφάλιση της ισορροπίας μεταξύ της άντλησης και ανατροφοδότησης των υπογείων υδάτων και την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και της ξηρασίας αλλά και των αυξανόμενων επιπτώσεων τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και η αναμενόμενη επιδείνωση του προβλήματος εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, έκανε απαραίτητη την εξέλιξη της τεχνολογίας για την διαχείριση νερού σε αστικά συγκροτήματα. (Μάλαμος Ν. και Ναλμπάντης Ι, Ιούνιος 2005)

Σήμερα, με τον όρο διαχείριση της ζήτησης εννοείται ένα πλέγμα μέτρων όπως είναι τα ακόλουθα:

1. Εξοικονόμηση νερού άρδευσης μέσω κατάλληλης διαχείρισης αρδευτικών δικτύων.
2. Εξοικονόμηση νερού ύδρευσης μέσω κατάλληλης ολοκληρωμένης διαχείρισης του αστικού νερού στο επίπεδο της λεκάνης απορροής.
3. Έλεγχος και μείωση αφανών διαρροών δικτύων διανομής υδρευτικού νερού.
4. Έλεγχος της πιεζομετρίας δικτύων διανομής υδρευτικού νερού.
5. Κίνητρα για εξοικονόμηση νερού.
6. Κίνητρα (δάνεια και φοροαπαλλαγές) για την εγκατάσταση οικιακών συσκευών μειωμένης κατανάλωσης.
7. Πρόστιμα για ρύπανση του νερού.
8. Επιχορηγήσεις και φοροαπαλλαγές για εγκατάσταση και χρησιμοποίηση «καθαρών» τεχνολογιών παραγωγής στη βιομηχανία.
9. Αυστηροί κανονισμοί ύδρευσης για νέα κτίρια.
10. Κίνητρα για εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού αποβλήτων, ανακύκλωσης του νερού, και επαναχρησιμοποίησης του νερού στη βιομηχανία.



11. Φορολογική επιβάρυνση επικίνδυνων ουσιών (τοξικές ουσίες, γεωργικά φάρμακα, λιπάσματα, εντομοκτόνα).
12. Φορολογική επιβάρυνση προϊόντων παραγόμενων με υδροβόρες διεργασίες.
13. Τιμολόγηση του νερού με μεγαλύτερη τιμή μονάδας για τις μεγάλες καταναλώσεις και πρόστιμα σε περιπτώσεις μεγάλης σπατάλης.
14. Εκστρατείες ενημέρωσης του κοινού (ΜΜΕ, εκπαίδευση όλων των βαθμίδων, Διαδίκτυο).
15. Επαναχρησιμοποίηση του νερού.
16. Αστική χρήση (π.χ. χρήση διπλών δικτύων διανομής υδρευτικού νερού διπλής ποιότητας).
17. Αρδευτικό νερό.

Τα παραπάνω μέτρα θα μπορούσαν να ενταχθούν κάτω από τη γενική επικεφαλίδα «Πρακτικές διαχείρισης της ζήτησης με βάση οικονομικά εργαλεία». Για να είναι όμως δυνατή η εφαρμογή τους, θα πρέπει να υφίσταται το κατάλληλο οργανωτικό πλαίσιο (θεσμικό και τεχνικό) και συγκεκριμένα, οργανωμένος φορέας ή φορείς διαχείρισης του νερού.

Ένα τέτοιο τυπικό πλαίσιο καθορίζει:

1. τις χρήσεις νερού,
2. τη διαδικασία μέτρησης των ποσοτήτων νερού (παρακολούθηση) για κάθε χρήση, κάθε χρονική περίοδο που ενδιαφέρει και κάθε χωρική ενότητα που ενδιαφέρει,
3. τα προγράμματα δημοσκοπήσεων για παρακολούθηση της συμπεριφοράς των χρηστών νερού σε τακτικά χρονικά διαστήματα,
4. το πλαίσιο διαχείρισης και επεξεργασίας σχετικών δεδομένων,
5. το μεθοδολογικό πλαίσιο για πρόβλεψη της ζήτησης μέσω μαθηματικών μοντέλων, με σκοπό το μακροπρόθεσμο προγραμματισμό δράσεων,
6. το μεθοδολογικό πλαίσιο για πρόγνωση της ζήτησης σε πραγματικό χρόνο, μέσω μαθηματικών μοντέλων, με σκοπό το βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό δράσεων,
7. τα οικονομικά εργαλεία για την τιμολόγηση του νερού και
8. τη συμμετοχή των ενδιαφερομένων (π.χ. καταναλωτών) στις αποφάσεις.



Σχήμα 1:

Αλυκή Καλλονής, Μυτιλήνη, ενταγμένη στο πρόγραμμα διαχείρισης υδάτινων πόρων, για την υλοποίηση του προγράμματος «Αποστολή Νερό».



3. Αντικείμενο της μελέτης

Αντικείμενο της μελέτης είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείριση νερού, που αφορά το εισερχόμενο φρέσκο (fresh water), το γκρι (grey water), από μπάνιο, νιπτήρες, πλυντήρια) και το μαύρο νερό (black water), από τουαλέτες και νεροχύτες, καθώς και τις απορροές από επιφάνειες όπως ταράτσες και μπαλκόνια (runoff), με στόχο τη μεγιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης (πχ πράσινα δώματα) και την ελαχιστοποίηση της χρήσης, σε οικιστικά όμως συγκροτήματα αστικού τύπου (πολυκατοικίες). Αντικείμενο της πτυχιακής είναι η αξιολόγηση του συστήματος επεξεργασίας των γκρι και μαύρων νερών, πραγματοποίηση δειγματοληψιών και φυσικοχημικών αναλύσεων

Σε οικιστικό συγκρότημα που αποτελείται από τέσσερα διαμερίσματα 120 τ.μ. εγκαταστάθηκαν μία μονάδα επεξεργασίας για τα γκρι νερά και μία για τα μαύρα. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται για την άρδευση φυτεμένου δώματος στην στέγη του οικιστικού συγκροτήματος καθώς και ως εναλλακτική πηγή νερού στο καζανάκι της τουαλέτας .

Το έργο χωρίστηκε σε υποενότητες για την αναλυτική μελέτη της λειτουργίας του συστήματος ως εξής:

1. Εγκατάσταση και λειτουργία 6 μονάδων επεξεργασίας νερού (γκρι και μαύρα).
2. Δοκιμή του συστήματος απορροών με φυσικά και τεχνητά μέσα.
3. Σχεδίαση και εγκατάσταση πειραματικού φυτοδώματος.
4. Ανάπτυξη και λειτουργία κεντρικής πειραματικής μονάδας
5. Βελτιστοποίηση συστημάτων αξιοποίησης και επαναχρησιμοποίησης με την παρακολούθηση της ποιότητας εκροής.
6. Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση του συστήματος ελέγχου και λειτουργίας, Holistic.
7. Περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση της βιωσιμότητας της εγκατάστασης Holistic.



Σχήμα 2:

Ταρατσόκηπος Holistic. Πράσινη στέγη.



4. Νομοθεσία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού

4.1. Νομικά θέματα και ισχύοντες κανονισμοί

Ο σχεδιασμός έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών, που θα προλαμβάνουν τη δημιουργία προβλημάτων που συνδέονται με τη δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι κανονισμοί αυτοί θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

1. Σύστημα χορήγησης αδειών για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Επιπλέον, τεχνικούς ελέγχους για την παραπάνω διαδικασία.
2. Προδιαγραφές ποιότητας για το ανακτώμενο νερό που προορίζεται για διάφορες χρήσεις.
3. Ελέγχους που μειώνουν την ανθρώπινη έκθεση σε κινδύνους που προέρχονται από το ανακτώμενο νερό, καθώς και περιορισμούς στις διάφορες χρήσεις του ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.
4. Ελέγχους όσον αφορά την πρόσβαση στο σύστημα συλλογής των υγρών αποβλήτων και προληπτικούς ελέγχους για την αποφυγή της σύνδεσης μεταξύ του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.
5. Υποχρεωτικούς Μηχανισμούς και θα δίνουν ανταγωνιστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς συμπεριλαμβανομένων και των αρμοδιοτήτων για διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών στις περιπτώσεις παραβιάσεων.

Μεταξύ των κανονισμών και των οδηγιών που έχουν προταθεί και εφαρμόζονται σε διάφορες χώρες, ενδιαφέρον παρουσιάζουν η οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.), ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας και ο κανονισμός της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.A, E.P.A.). Η οδηγία του Π.Ο.Υ βασίζεται κυρίως στα δεδομένα των επιδημιολογικών ερευνών σε συνδυασμό με μια εμφανή προσπάθεια ρεαλιστικής αντιμετώπισης των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες και θέτει όχι ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια, τα οποία όμως έχουν υποστεί και εξακολουθούν να υφίστανται έντονη κριτική στις αναπτυγμένες χώρες.

Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας δίνει έμφαση στην αντιμετώπιση των θεωρητικών κινδύνων από την επαναχρησιμοποίηση και δεν θεωρεί ότι οι επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατόν, προς το παρόν τουλάχιστον, να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Τα κριτήρια που τίθενται με το σκεπτικό αυτό είναι αυστηρά και η τήρησή τους πολύ συχνά προϋποθέτει την εφαρμογή δαπανηρής τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων. Οι κανονισμοί των περισσότερων χωρών ακολουθούν συνήθως ένα από τους δύο προαναφερθέντες κανονισμούς, ενδεχομένως με κάποιες διαφοροποιήσεις ή εξειδικεύσεις. Ο κανονισμός του (U.S.) E.P.A. ισχύει για τις πολιτείες της Αμερικής που δεν έχουν δικά τους κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων για άρδευση και δεν διαφέρει πολύ από αυτόν της Καλιφόρνια.

4.2. Οδηγία Π.Ο.Υ.

Κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης των νέων κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων από τον Π.Ο.Υ. το 1989 με την υποστήριξη της Παγκόσμιας Τράπεζας και άλλων διεθνών οργανισμών διερευνήθηκαν τέσσερις κατηγορίες μέτρων για την εξάλειψη ή έστω τη μείωση των κινδύνων μετάδοσης ασθενειών κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση.

1. Επεξεργασία των λυμάτων.
2. Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών.
3. Επιλογή μεθόδου άρδευσης.
4. Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους μικροοργανισμούς των λυμάτων του εδάφους ή των καλλιεργειών.



Η αποτελεσματικότητα των μέτρων αυτών (αυτόνομα ή σε συνδυασμούς) στη μείωση της μετάδοσης των παθογόνων διερευνήθηκε από τους Blumanthal et al. Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής μπορούν να συνοψισθούν ως εξής: Η χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων άρδευση με ακατέργαστα λύματα εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών.

Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για να αποφευχθεί η ανθρώπινη επαφή με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο, ο οποίος όμως αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται.

Αποτελεσματικότερο μέτρο, τουλάχιστον για τους καταναλωτές, να εφαρμοστεί η άρδευση σε περιορισμένους τύπους καλλιέργειών και σε καλλιέργειες που δεν παράγουν προϊόντα που τρώγονται ωμά (περιορισμένη άρδευση). Αποτελεσματικότερο μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος. Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιέργειών (απεριόριστη άρδευση).

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην επιλογή του τύπου των αρδευόμενων καλλιέργειών και στον βάση αυτού διαχωρισμό της άρδευσης σε δύο κατηγορίες. Την «περιορισμένη άρδευση», η οποία αφορά καλλιέργειες με προϊόντα που δεν τρώγονται ωμά και την «απεριόριστη», η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε τύπο καλλιέργειας, αλλά και για πότισμα γηπέδων, πάρκων κλπ. Στην πρώτη περίπτωση ουσιαστικά δεν τίθενται μικροβιολογικά κριτήρια, συνίσταται όμως η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας η οποία μπορεί να αποτελείται από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή από επεξεργασμένα σε λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής 8 – 10 ημέρες.



Σχήμα 3: Επεξεργασμένο μαύρο νερό που καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρα.

Για την περιορισμένη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ή απεριόριστη, απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης, ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή.

Επισημαίνεται πάντως ότι βασική προϋπόθεση για την περιορισμένη άρδευση είναι η αποφυγή άμεσης επαφής των καρπών με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μέσω επιλογής κατάλληλης μεθόδου άρδευσης (επιφανειακή και όχι με καταιονισμό) και με αποφυγή συλλογής των καρπών από το έδαφος. Τέλος, ως πρόσθετο μέτρο ασφάλειας συνίσταται η διακοπή της άρδευσης δύο βδομάδες πριν από τη συλλογή των καρπών.



4.3. Κανονισμός Καλιφόρνιας

Η πολιτεία της Καλιφόρνιας θεσμοθέτησε τον πρώτο σχετικό κανονισμό επαναχρησιμοποίησης λυμάτων το 1918. Ο κανονισμός αυτός έχει υποστεί αναθεωρήσεις και επεκτάσεις μέχρι σήμερα. Όπως διαμορφώθηκε το 1978, αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης όχι μόνο στην Καλιφόρνια αλλά και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. και χώρες του κόσμου. Τα μικροβιολογικά κριτήρια και τα συνεπαγόμενα σχήματα επεξεργασίας όπως ήδη αναφέρθηκε δεν βασίζονται τόσο σε επιδημιολογικές έρευνες όσο και σε μια προσπάθεια ελαχιστοποίησης των θεωρητικών κινδύνων από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων.

Βασική παράμετρος θεωρείται η πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα η οποία καθορίζει και το μέγεθος του κινδύνου.

Έμμεσα με τον τρόπο αυτό αναγνωρίζεται η διάκριση σε περιορισμένη και απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση. Κατά την περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση για άρδευση ζωοτροφών και υπό όρους οπωροκηπευτικών, μη βρώσιμων καλλιεργειών, και αμπελώνων δεν τίθενται μικροβιολογικά όρια και προτείνεται κατ' ελάχιστο η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων, σε αναλογία με τις αντίστοιχες απαιτήσεις της οδηγίας του Π.Ο.Υ. για τις κατηγορίες Β και Γ.

Ωστόσο στον κανονισμό της Καλιφόρνιας και για την κατηγορία της περιορισμένης άρδευσης γίνονται περαιτέρω διαφοροποιήσεις που αφορούν επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, βοσκοτόπους, πότισμα γηπέδων, γκολφ, νεκροταφείων και άλλα καθώς και ορισμένες κατηγορίες τεχνητών λιμνών, όπου αναγνωρίζεται μια σχετικά περιορισμένη πιθανότητα επαφής με παθογόνους μικροοργανισμούς. Στις περιπτώσεις αυτές τα μικροβιολογικά όρια, εκφρασμένα σε οδούς διαμέσων τιμών ολικών κολοβακτηριδίων κυμαίνονται από 2,2/100 ml έως 23/100ml βασίζονται στη βιολογική επεξεργασία με λιγότερο ή περισσότερο έντονη απολύμανση (συνήθως με χλώριο).

Τέλος, στην περίπτωση της απεριόριστης επαναχρησιμοποίησης (η οποία περιλαμβάνει και την απεριόριστη άρδευση) κατά την οποία αναγνωρίζεται μεγάλη πιθανότητα άμεσης επαφής με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό (είτε μέσω κολύμβησης ή μέσω κατανάλωσης προϊόντων που ήρθαν σε επαφή με το νερό άρδευσης), ο κανονισμός απαιτεί λύματα τα οποία πρακτικά είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς με όριο για ολικά κολοβακτηρίδια τα 2,2/100 ml ως διαθέσιμη τιμή και τα 23/100 ml ως μέγιστη τιμή.

Εκ πρώτης όψεως τα όρια αυτά δεν φαίνονται να διαφέρουν πολύ από αυτά της προηγούμενης κατηγορίας (2,2/100 ml διαθέσιμη τιμή) στην πραγματικότητα όμως το προτεινόμενο σχήμα επεξεργασίας, το οποίο εκτός της βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνει πλήρη τριτοβάθμια επεξεργασία με κροκίδωση, καθίζηση, δύλιση και απολύμανση, υποδηλώνει σαφώς πιο προχωρημένη επεξεργασία, η οποία στοχεύει στην απομάκρυνση όλων σχεδόν των ιών.

4.4. Κανονισμοί και νομοθεσίες άλλων χωρών

Η ανάγκη θέσπισης Ενιαίων Ευρωπαϊκών και Ελληνικών προδιαγραφών ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών αποβλήτων είναι προφανής και αναγκαία. Έτσι ολοένα και αυστηρότεροι νόμοι θεσπίζονται για τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούν τα υδατικά απόβλητα πριν αυτά καταλήξουν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη.

Οι οδηγίες και οι κανονισμοί ποικίλουν αρκετά από πολιτεία σε πολιτεία. Πολιτείες όπως η Καλιφόρνια, η Αριζόνα, η Φλόριντα και το Τέξας έχουν αναπτύξει εκτεταμένους κανονισμούς οι οποίοι προωθούν την επαναχρησιμοποίηση του νερού ως μια εναλλακτική πηγή νερού και ως μια στρατηγική εξοικονόμησης υδατικών αποθεμάτων. Σ' αυτές τις τέσσερις Πολιτείες οι κανονισμοί έχουν αναπτυχθεί για τις προδιαγραφές ποιότητας του νερού, τις διαδικασίες επεξεργασίας και για τον έλεγχο και την παρακολούθηση όλου του εύρους των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης του νερού.



Στο Ισραήλ η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλιεργειών βαθμιαία άρχισε από πολύ νωρίς και πιο συγκεκριμένα στη δεκαετία του 1970. Από τότε έχει αποκτηθεί τεράστια εμπειρία και σήμερα όλα σχεδόν τα γεωργικά είδη αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Εξαιτίας του υψηλού ποσοστού χρήσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σ' αυτή τη χώρα και της εμπειρίας και τεχνογνωσίας που έχει αποκτηθεί, το Ισραήλ θεωρείται παγκοσμίως πρωτοπόρο σ' αυτόν τον τομέα. Γι' αυτό το λόγο, από πολύ νωρίς έχουν θεσπιστεί κανονισμοί επαναχρησιμοποίησης εκροών αστικών υγρών αποβλήτων. Εκτός από το Ισραήλ, που όπως προαναφέρεται πρωτοπορεί σε σχετικά αντικείμενα η επικρατούσα κατάσταση σε άλλες Μεσογειακές χώρες αναφέρεται παρακάτω.



Σχήμα 4: Άρδευση Καλλιεργειών Με Επεξεργασμένα Λύματα Της Ευαθ.

Στην Κύπρο τα κριτήρια είναι αυστηρότερα από τις κατευθυντήριες οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (W.H.O.) και λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες της Κύπρου. Τα κριτήρια αυτά ακολουθούνται από ένα κώδικα πρακτικής που εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των εκροών για άρδευση. Ωστόσο αυτά τα κριτήρια είναι εκτός από τη φιλοσοφία του κανονισμού της Καλιφόρνιας.

Στην Τυνησία και στην Αλγερία ο νόμος για το Νερό απαγορεύει τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την άρδευση λαχανικών που μπορούν να καταναλωθούν ωμά. Απαιτείται σχετική άδεια χρήσης μη συμβατικών πηγών νερών.

Στην Αίγυπτο δεν έχουν ακόμα υιοθετηθεί οδηγίες αλλά ο στρατιωτικός νόμος του 1984 απαγόρευσε την χρήση εκροών για την άρδευση καλλιεργειών, εκτός αν ήταν επεξεργασμένα σύμφωνα με τα απαιτούμενα ποιοτικά κριτήρια του αρδευτικού νερού. Επίσης, απαγορεύεται η άρδευση λαχανικών που καταναλώνονται ωμά, με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, ανεξάρτητα από την ποιότητα τους.

Στην Ιορδανία τα κριτήρια για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων συστάθηκαν για πρώτη φορά το 1982 υπό μορφή στρατιωτικού νόμου. Το 1989 ενισχύθηκε μια πιο απελευθερωμένη άποψη αυτού του στρατιωτικού νόμου.

4.5. Σχετική Νομοθεσία της ευρωπαϊκής ένωσης

Γενικά η διαχείριση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα όπως και στα υπόλοιπα κράτη – μέλη της Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 91/271/EEC. Με την αριθ. 5673/400/14.3.97 Κοινή Υπουργική Απόφαση, η επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα εναρμονίζεται πλήρως με



αυτή της Ε.Ε. Σύμφωνα με αυτήν, έχουν τεθεί κάποια χρονικά όρια προσαρμογής και τήρησης των όρων επεξεργασίας.

Όπως προαναφέρεται, ευρωπαϊκές οδηγίες για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων είναι βέβαιο ότι θα θεσπιστούν σύντομα. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στη διαφορετικότητα Νοτίων και Βορείων Χωρών σε ότι αφορά τη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων. Στην οδηγία 31/ 271/ EEC, άρθρο 12 παρ.1, αναφέρεται ρητά ότι «επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα επαναχρησιμοποιούνται οποτεδήποτε θεωρούνται κατάλληλα».

5. Υγρά Απόβλητα

5.1. Ορισμός των υγρών αποβλήτων

Την σημερινή εποχή θεωρείται απαραίτητη η επάρκεια πόσιμου νερού για έναν οικισμό, η ύπαρξη συστήματός διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων και η διασφάλιση αποδεκτής ποιότητας για το περιβάλλον. Το πόσιμο νερό, που αποτελεί θείο δώρο για την ανθρωπότητα και γενικότερα για την ζωή στην γη, μετατρέπεται μετά την χρήση του σε υγρά απόβλητα που δεν αξιοποιούνται.

Ως υγρά απόβλητα ονομάζονται οι ποσότητες νερού που όταν αξιοποιηθούν από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, καταλήγουν μέσω του αποχετευτικού συστήματος στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους. Προέρχονται από τις κατοικίες, από τα κτίρια που στεγάζονται διάφορες υπηρεσίες, από βιοτεχνικές και εμπορικές δραστηριότητες και πιθανόν από βιομηχανικές μονάδες. Επίσης, το σύστημα αποχέτευσης μιας πόλης παραλαμβάνει τα όμβρια ύδατα και δέχεται εισροές από υπόγεια ή επιφανειακά νερά.

Ανάλογα την χρήση που προηγήθηκε προτού τα υγρά απόβλητα καταλήξουν για επεξεργασία διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Οικιακά υγρά απόβλητα, που παράγονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο, η κουζίνα τόσο σε οικιακό και ξενοδοχειακό όσο και σε εμπορικό επίπεδο.
2. Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που προέρχονται από διάφορες βιομηχανίες όπως για παράδειγμα μεταλλουργικές ή ηλεκτροπαραγωγικές.
3. Γεωργικά υγρά απόβλητα, τα οποία παράγονται από κάθε γεωργική δραστηριότητα όπως οι εντατικές κτηνοτροφικές μονάδες.

5.2. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων μπορούν να διακριθούν σε φυσικά, χημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά. Είναι απαραίτητα για την παρακολούθηση λειτουργίας διαφόρων σημείων της εγκατάστασης επεξεργασίας. Ακόμη, θα πρέπει να είναι γνωστά προκειμένου να γίνει αξιολόγηση των επιπτώσεων από την διάθεσή τους σε διάφορους αποδέκτες.



Σχήμα 5:

Δεξαμενές δειγματοληψίας γκρι νερών ταρατσόκηπου.

Προκειμένου να είναι επιτυχής ο προσδιορισμός κάποιου χαρακτηριστικού είναι απαραίτητο να γίνουν κατανοητές οι λεπτομέρειες της πειραματικής μεθόδου και να λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα. Από την στιγμή παραλαβής του δείγματος θα πρέπει να συντηρείται με κατάλληλο τρόπο ώστε να παραμένουν αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά του. Η σωστή συντήρηση του δείγματος είναι καθοριστικής σημασίας για αρκετά ποιοτικά χαρακτηριστικά.

5.3. Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Στην κατηγορία των φυσικών χαρακτηριστικών οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι εξής:

1. Θερμοκρασία

Έχει σημαντική επίπτωση στο ρυθμό των βιολογικών κυρίως αντιδράσεων. Η θερμοκρασία των λυμάτων στο δίκτυο υπονόμων είναι συνήθως υψηλότερη από την θερμοκρασία του νερού ύδρευσης. Αυτό συμβαίνει λόγω της προσθήκης ενέργειας από τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η μέτρησή της είναι αρκετά απλή και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

2. Οσμή

Οφείλεται στην εκπομπή πτητικών συστατικών που περιέχονται στα λύματα ή προκύπτουν από την αποδόμηση οργανικού υλικού τους κάτω από ανοξικές ή αναερόβιες συνθήκες. Η πιο χαρακτηριστική οσμή είναι εκείνη που αντιστοιχεί στο υδρόθειο που προκύπτει έπειτα από αναερόβια μικροβιακή μετατροπή των θεικών.

Οι κυριότερες ουσίες που ευθύνονται για την οσμή των αστικών λυμάτων είναι οι αμίνες, η αμμωνία, το υδρόθειο, οι μερκαπτάνες και η σκατόλη. Η έκλυση οσμών από την λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις ματαίωσης κατασκευής εγκαταστάσεων λόγω έντονων αντιδράσεων όσον αφορά τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ανάδυσης οσμών.

3. Στερεά

Τα στερεά που βρίσκονται στα λύματα μπορεί να είναι διαλυμένα, κolloειδή και αιωρούμενα. Για πρακτικούς λόγους στην περίπτωση των αστικών λυμάτων γίνονται προσδιορισμοί δύο κύριων κατηγοριών. Η μία κατηγορία είναι τα ολικά στερεά και η άλλη είναι τα αιωρούμενα στερεά. Τα στερεά (ολικών και αιωρούμενων) αποτελούνται από δύο επιμέρους ομάδες. Η μία ομάδα αντιστοιχεί σε οργανικό υλικό (πητικά στερεά) και η άλλη ομάδα σε ανόργανο υλικό (μη πητικά στερεά).

4. Χρώμα

Ο όρος πραγματικό χρώμα αντιστοιχεί στο χρώμα του δείγματος μετά από την αφαίρεση των σωματιδίων που προκαλούν θολότητα ενώ ο όρος φαινομενικό χρώμα παραπέμπει στο χρώμα του αρχικού δείγματος.



Το χρώμα που παρουσιάζουν μερικά επιφανειακά νερά οφείλεται στην επαφή τους με το φυτικό υλικό (χορτάρια, φύλλα, φλοιοί, και ρίζες δένδρων) καθώς και με το εδαφικό υλικό. Το χρώμα των επιφανειακών νερών ενδέχεται όμως να είναι διαφορετικό από το φυσικό σύνηθες χρώμα τους σε περίπτωση που έχουν ρυπανθεί από έγχρωμα απόβλητα (π.χ. από χαρτοβιομηχανίες ή βαφεία).

Συνδέεται άμεσα με την ηλικία (το πόσο φρέσκα είναι) των υγρών αποβλήτων. Τα φρέσκα αστικά υγρά απόβλητα έχουν συνήθως ένα ελαφρύ καφέ-γκρίζο χρώμα. Καθώς οι αναερόβιες διαδικασίες λαμβάνουν χώρα με την πάροδο του χρόνου, το χρώμα αυτό αλλάζει, σκουραίνοντας για να καταλήξει σε μαύρο.

5.4. Χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Ένα πρώτος διαχωρισμός των χημικών ουσιών που βρίσκονται στα λύματα είναι σε οργανικό και σε ανόργανο υλικό. Οι κυριότερες ομάδες οργανικού υλικού στα αστικά λύματα είναι οι πρωτεΐνες με ποσοστό 40 έως 60%, οι υδατάνθρακες με ποσοστό 25 έως 50%, τα λίπη και τα έλαια με ποσοστό περίπου 10%. Η ουρία, η οποία αποτελεί το κυριότερο συστατικό των ούρων και είναι επίσης, μια άλλη σημαντική οργανική ένωση των αστικών λυμάτων.

1. Οργανικές ουσίες

1. Πρωτεΐνες: Προέρχονται από τροφές φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Είναι μόρια πολύπλοκα και ασταθή που μπορούν να διασπαστούν από μία πλειάδα διαδικασιών αποδόμησης. Άλλες είναι διαλυτές στο νερό και άλλες όχι. Όταν οι πρωτεΐνες βρίσκονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις κατά την αποσύνθεση τους εκλύουν δυνατές οσμές, κυρίως λόγω της ύπαρξης θείου στα μόρια τους, ενώ αποτελούνται και από άζωτο που δημιουργεί φαινόμενα ευτροφισμού.
2. Λίπη και έλαια: Με γενικό όρο τα λιπίδια περιέχονται και αυτά σε διάφορα τρόφιμα φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Είναι εστέρες που προέρχονται από την ένωση αλκοολών ή γλυκερόλης με λιπαρά οξέα. Είναι γενικά ενώσεις που δύσκολα διασπώνται από βακτήρια. Αν δεν απομακρυνθούν από τα απόβλητα πριν την απελευθέρωση τους στη φύση μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα, δημιουργούν αφρό και διάφορα φιλμ στην επιφάνεια του νερού των λιμνών, ποταμών και θαλασσών, επιδρώντας έτσι αρνητικά σε μια πλειάδα ζώντων οργανισμών.
3. Οργανικά χημικά: Δύο ομάδες συνθετικών οργανικών χημικών ενώσεων αποτελούν πηγή μόλυνσης στα υγρά απόβλητα: τα φυτοφάρμακα (και γενικά τα γεωργικά χημικά) και τα οργανικά πτητικά χημικά (αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό του οργανικού φορτίου των αστικών αποβλήτων).

Τα φυτοφάρμακα (τόσο τα ζιζανιοκτόνα όσο και τα μυκητοκτόνα βακτηριοκτόνα) περιέχουν τοξικές ουσίες για την πλειονότητα των ζώντων οργανισμών. Η παρουσία τους στα υγρά απόβλητα δημιουργεί πρόβλημα μια και υπάρχει σημαντικός κίνδυνος μόλυνσης ποταμών, λιμνών και θαλασσών. Το πιο σημαντικό πρόβλημα προκύπτει όταν αυτές οι ουσίες, που διασπώνται σχετικά αργά και δύσκολα, εισέλθουν στα υπόγεια νερά μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα δημιουργώντας σημαντικούς κινδύνους για τη δημόσια υγεία.



Σχήμα 6:

Ρύπανση της λίμνης της Καστοριάς - ευτροφισμός.

Τέλος τα χημικά λιπάσματα, τα περισσότερα των οποίων περιέχουν άζωτο, φώσφορο και κάλιο σε ανόργανη μορφή, θεωρούνται υπεύθυνα για σημαντικό ποσοστό του φαινομένου του ευτροφισμού των λιμνών και θαλασσών.

2. Ανόργανες ουσίες

1. Άζωτο – Φώσφορος: Τα στοιχεία του φωσφόρου και αζώτου είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη μιας πλειάδας οργανισμών μεταξύ των οποίων είναι και οι μικροοργανισμοί. Για αυτό τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα σε μια ελάχιστη ποσότητα, για τη βιολογική επεξεργασία. Η έλλειψη αυτής της ελάχιστης συγκέντρωσης μπορεί να απαιτήσει ακόμη και την προσθήκη τους ως μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας. Από την άλλη φαινόμενα, όπως αυτό του ευτροφισμού, έχουν κάνει τη μέτρηση της συγκέντρωσης των δύο αυτών στοιχείων απαραίτητη μια και αποτελεί σημαντική παράμετρο της ποιότητας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Το άζωτο που μετριέται σε ένα δείγμα υγρών αποβλήτων είναι το άθροισμα του αμμωνιακού, νιτρικού, νιτρώδους και φυσικά του οργανικού αζώτου και ονομάζεται ολικό άζωτο. Γενικά στα λύματα το ολικό άζωτο κυμαίνεται από 10 έως 30 με 40 mg/l. Το άζωτο και ο φώσφορος εισέρχονται στον κύκλο του νερού είτε μέσω των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων είτε μέσω της έκπλυσης χημικών συνθετικών λιπασμάτων από γεωργικές εκτάσεις με το νερό της βροχής.

Καθώς η ανάγκη επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων κυρίως στη γεωργία έχει αυξηθεί, υπάρχει μια σκέψη αποφυγής μείωσης της συγκέντρωσης του αζώτου και του φωσφόρου σε απόβλητα που θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για άρδευση καλλιεργειών, αντικαθιστώντας μερικώς τη χημική λίπανση.

2. Βαρέα μέταλλα: Στα υγρά απόβλητα τα βαρέα μέταλλα προέρχονται κυρίως από λύματα βιομηχανικών δραστηριοτήτων και σε πολύ μικρότερο ποσοστό από οικιακά λύματα. Τα βαρέα μέταλλα είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες για την ανάπτυξη της πλειονότητας των οργανισμών. Σε μεγαλύτερες όμως συγκεντρώσεις γίνονται τοξικά προκαλώντας διάφορες βλάβες. Στον ανθρώπινο οργανισμό η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση καρκίνων.



5.5. Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μεταφέρονται στα αστικά λύματα κυρίως με τα ούρα και τα κόπρανα ασθενών ανθρώπων. Οι κύριες κατηγορίες που υπάρχουν στα λύματα είναι τα βακτήρια, οι ιοί, οι μύκητες, τα πρωτόζωα και οι ελμίνθες. Μερικές ασθένειες που μπορεί να προκληθούν από την πόση μολυσμένου νερού από τα λύματα είναι δυσεντερία, χολέρα, κ.τ.λ. Οι παθογόνοι όμως μικροοργανισμοί αποτελούν ένα πάρα πολύ μικρό ποσοστό συνολικά στα αστικά λύματα (Τσώνης Σ., 2004). Αντίθετα, τα κολοβακτηρίδια εμφανίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα.

1. Βακτήρια: Μονοκύτταροι προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί στους οποίους το γενετικό υλικό δεν περικλείεται από μεμβράνη (δεν υπάρχει σχηματισμένος πυρήνας). Η δράση και η σημασία τους στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι πολύ σημαντική. Η πλειονότητα των διεργασιών οφείλεται στη δράση τους, την ποικιλομορφία τους και την ικανότητα τους να αναπτύσσονται με γεωμετρικούς ρυθμούς.
2. Μύκητες: Πολυκύτταροι ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί στους οποίους το γενετικό υλικό περικλείεται από πυρηνική μεμβράνη (υπάρχει σχηματισμένος πυρήνας). Είναι κυρίως σαπροφυτικοί οργανισμοί οι οποίοι μπορούν να αναπτυχθούν σε περιοχές μειωμένης υγρασίας και μειωμένου ΡΗ (Μανιός Θ., 2007).
3. Ιοί: Οι ιοί είναι μια κατηγορία οργανισμών που φέρει DNA ή RNA περιστοιχισμένο από μία μεμβράνη πρωτεϊνικής φύσεως. Έχουν την ανάγκη ενός ζωντανού φορέα τον οποίο μολύνουν και τον χρησιμοποιούν για να αναπαραχθούν.
4. Κολοβακτηρίδια: Τα κολοβακτηρίδια αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη ομάδα μικροοργανισμών. Η ύπαρξη ή όχι των μικροοργανισμών αυτών στα υγρά απόβλητα είναι ενδεικτικά της ύπαρξης και άλλων παθογόνων μικροοργανισμών. Για το λόγο αυτό τα ονομάζουμε και δείκτες του μικροβιακού φορτίου. Ουσιαστικά αντιπροσωπεύονται από τα *Escherichia Coli* ή για συντομία *E. Coli* και αυτή των θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων *Faecal coliforms* (Μανιός Θ., 2007).



6. Επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ως εναλλακτική πηγή νερού

6.1. Τομείς επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων

Οι τομείς επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων καθώς και οι δυνατοί περιορισμοί που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία χρήσης	Περιορισμοί
1) Άρδευση Γεωργικών εκτάσεων	Ποιότητα νερού, κυρίως ως προς την επίδραση αλάτων στο έδαφος και τα φυτά
α)φυτικές καλλιέργειες	
β)εμπορικά φυτώρια	
2)Άρδευση κοινόχρηστων και χώρων αναψυχής	Προστασία δημόσιας υγείας, κυρίως σε σχέση με παθογόνα, όπως παράσιτα, βακτήρια και ιοί. Ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων νερών όταν δεν υφίσταται κατάλληλο σύστημα διαχείρισης. Εμπορικότητα και δημόσια αποδοχή των παραγόμενων προϊόντων.
α)πάρκα	
β)σχολικοί χώροι	
γ)εθνικοί δρόμοι	
δ)ιπποδρόμια	
ε)νεκροταφεία	
στ) ελεύθεροι κοινοτικοί χώροι	
ζ)περιφερειακές ζώνες πρασίνου	
3)Βιομηχανική Χρήση	Συστατικά του νερού που ανακτώνται και μπορούν να προξενήσουν διάβρωση, εναπόθεση, βιολογική ανάπτυξη και γενικά προβλήματα ρύπανσης. Δημόσια υγεία, ιδιαίτερα σε σχέση με μεταφερόμενα οργανικά ή παθογόνα με aerosol.
α)ψύξη	
β)μεταποίηση	
γ)βαριά βιομηχανία	
4)Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων	Ίχνη οργανικών και άλλων χημικών και παθογόνων στο ανακτώμενο νερό υγρών αποβλήτων με υψηλό δυναμικό τοξικότητας. Συνολικά διαλυμένα στερεά μέταλλα και παθογόνα στο ανακτώμενο νερό.
α)αναπλήρωση	
β)προστασία	
γ)ιζηματολογικός έλεγχος	
5)Αναψυχή και άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις.	Προστασία της δημόσιας υγείας από βακτήρια και ιούς. Ευτροφισμός οφειλόμενος στο N και P. Αισθητικές ενοχλήσεις συμπεριλαμβανομένων των οσμών.
α)λίμνες και δεξαμενές	
β)αποκατάσταση ελωδών χώρων	
γ)αύξηση παροχής υδατορευμάτων	
δ)ανάπτυξη αλιευτικών χώρων	
ε)δημιουργία πάγου	
6)Μη πόσιμες αστικές χρήσεις	Προστασία της δημόσιας υγείας από τη μεταφορά παθογόνων με aerosols. Ποιοτικές επιδράσεις σε εναπόθεση, διάβρωση, βιολογική ανάπτυξη και γενικά
α)Πυροπροστασία	
β)Κλιματισμός	



γ)Καθαρισμός WC (Διπλά συστήματα υδροδότησης)	ρύπανση. Προβλήματα σε πιθανές διαστρώσεις με το σύστημα υδροδότησης, πιθανές εισροές στα δίκτυα πόσιμου νερού.
7)Πόσιμες χρήσεις	Ίχνη οργανικών και άλλων χημικών στο ανακτώμενο νερό υγρών αποβλήτων με υψηλό δυναμικό τοξικότητας. Δημόσια και αισθητική αποδοχή. Προστασία δημόσιας υγείας κυρίως σε σχέση με τη μεταφορά παθογόνων και κυρίως ιών.
α)Εμμεση χρήση (Προηγούμενη ανάμειξη με το νερό υδροδότησης)	
β)Άμεση χρήση	

Με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση, διακρίνονται δύο τύποι άρδευσης με βάση το είδος των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στην αρδευόμενη περιοχή:

1. Την άρδευση με περιορισμούς (περιορισμένη), η οποία αφορά μόνο καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική επεξεργασία και δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος.
2. Ως προς το σύστημα της άρδευσης, δεν επιτρέπεται η μέθοδος του καταιονισμού. Δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού στην αρδευόμενη έκταση και σε περίπτωση που υπάρχει προσβασιμότητα σε ανθρώπους ή ζώα, εκτός των χρηστών, πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση πρόσθετα μέτρα, όπως ορισμός απαγορευτικής ζώνης για ορισμένες χρήσεις από τα όρια της αρδευόμενης έκτασης, περίφραξη και απαγόρευση βοσκής ζώων για ορισμένο χρόνο μετά την άρδευση.
3. Η άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη) αφορά όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες, των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι χρήσης του ανακτημένου νερού, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού και δεν απαιτούνται περιορισμοί στην πρόσβαση.

Για την περιορισμένη ή απεριόριστη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απαιτείται η εκπόνηση μελέτης του συστήματος ως προς το σχεδιασμό και εφαρμογής της άρδευσης, ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή.

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

1. το υδατικό ισοζύγιο, σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,
2. τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης,
3. τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών
4. τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κ.λπ.), καθώς και
5. τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού. Μεταξύ των μέτρων αυτών μπορεί να υιοθετούνται αυτόματα ή ημιαυτόματα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και
6. τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

Κατά την υπεδάφια ή επιφανειακή άρδευση, μέρος των υγρών αποβλήτων καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρα για αυτό η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων εξετάζεται λόγω των ιδιαίτερων



χαρακτηριστικών της άρδευσης και στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων προσλαμβάνεται από τα φυτά ή εξατμίζεται.

Στις περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση, αστική ή περιαιστική χρήση και εφόσον, σύμφωνα με τη σχετική μελέτη, οι ποσότητες των διατιθέμενων αποβλήτων πλεονάζουν σε αντίθεση με της απαιτήσεις των φυτών και κατεισδύουν προς τον υπόγειο υδροφόρα, έστω και για ορισμένη εποχή του έτους (χειμώνα), η επαναχρησιμοποίηση εμπίπτει και στις προβλέψεις των άρθρων 5 και 8 για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.

Στην ισχύουσα νομοθεσία παρατίθενται τα επιτρεπόμενα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους και τα επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά, καθώς και η εκάστοτε απαιτούμενη επεξεργασία, το είδος και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση.



Σχήμα 7:

Σύστημα διάθεσης επεξεργασίας αποβλήτων με άρδευση η/και εμπλουτισμό υπόγειου ορίζοντα.

Για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης γνωμοδοτούν η Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και οι Αρμόδιες Διευθύνσεις Υγείας και Αγροτικής Οικονομίας και Περιφέρειας, στο πλαίσιο της διαδικασίας έκδοσης της άδειας επαναχρησιμοποίησης που προβλέπεται στο άρθρο 9.

6.2. Άρθρο 9 της νομοθεσίας επαναχρησιμοποίησης.

Για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για τις χρήσεις και δραστηριότητες που προβλέπονται στο άρθρο 3 της παρούσας απόφασης απαιτείται άδεια.

Η άδεια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων εκδίδεται από το Γενικό Γραμματέα της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης, μετά από εισήγηση της οικείας Διεύθυνσης Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και γνωμοδότηση των κατά περίπτωση αρμόδιων υπηρεσιών που αναφέρονται στα άρθρα 4,5,6,7 και 8 και παρέχεται στο χρήστη ή τον φορέα διαχείρισης του ανακτημένου νερού.

Σε περίπτωση συναρμοδιότητας, σύμφωνα με την υπ' αριθ. 706/2010 απόφαση (ΦΕΚ 1383/Β'2010), η ανωτέρω άδεια εκδίδεται από τους Γενικούς Γραμματείς των συναρμόδιων Αποκεντρωμένων Διοικήσεων.



Όταν ο φορέας παροχής ανακτημένου νερού είναι και ο τελικός χρήστης ή φορέας διαχείρισής του και το έργο/ δραστηριότητα κατατάσσεται στην Α' κατηγορία σύμφωνα με την υπ' αριθ. 1958/2012 κοινή υπουργική απόφαση που εκδόθηκε κατ' εφαρμογή της παραγράφου 4 του άρθρου 1 του Ν. 4014/2011, η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από την απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) του έργου/ δραστηριότητας, όπως προβλέπεται στην παράγραφο 1 του άρθρου 12 νόμου αυτού.

Η προβλεπόμενη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), πρέπει να περιλαμβάνει τις πληροφορίες που κατά περίπτωση προβλέπονται στα άρθρα 4 (παρ. 2), 5 (παρ. 3 και 4), 6 (παρ. 3), 7 (παρ. 2), 8 (παρ. 1), ανάλογα με το είδος της επαναχρησιμοποίησης του ανακτημένου νερού, χωρίς να απαιτείται η υποβολή της μελέτης που προβλέπεται στις ανωτέρω διατάξεις.

Η αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, εκτός των υπηρεσιών και φορέων που προβλέπονται στο άρθρο 3 (2)(β) (γγ) και στο άρθρο 4 (3)(γ) του Ν. 4014/2011, αποστέλλει το φάκελο της ΜΠΕ για γνωμοδότηση και στη Διεύθυνση Υδάτων της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης καθώς και στις υπηρεσίες που προβλέπονται στα άρθρα 4–8 της παρούσας απόφασης προκειμένου να γνωμοδοτήσουν για την προτεινόμενη επαναχρησιμοποίηση.

Στους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους (ΑΕΠΟ), περιλαμβάνονται και όροι τήρησης των απαιτήσεων ποιότητας του ανακτημένου νερού, ανάλογα με τη συγκεκριμένη χρήση του, καθώς και των υποχρεώσεων του πάροχου, του χρήστη ή του φορέα διαχείρισης του ανακτημένου νερού που προβλέπονται στην παρούσα απόφαση. Η ανωτέρω απόφαση κοινοποιείται και στην αρμόδια Διεύθυνση Υδάτων.

Όταν ο φορέας παροχής ανακτημένου νερού είναι και ο τελικός χρήστης ή φορέας διαχείρισης και το έργο/ δραστηριότητα κατατάσσεται στη Β' κατηγορία σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 4014/2011, η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από τις Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (Π.Π.Δ.), στις οποίες πρέπει να περιλαμβάνονται και όροι τήρησης των απαιτήσεων της παρούσας απόφασης ανάλογα με τη χρήση του ανακτημένου νερού και να εξασφαλίζεται η συμβατότητα του προτεινόμενου τρόπου επαναχρησιμοποίησης με το εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων του αντίστοιχου Υδατικού Διαμερίσματος καθώς και με το μητρώο προστατευόμενων περιοχών του αρ. 6 του Π.Δ. 51/2007. Οι ανωτέρω Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις κοινοποιούνται και στην αρμόδια Διεύθυνση Υδάτων.

Στην περίπτωση που δεν έχουν ακόμη εκδοθεί οι προβλεπόμενες στο άρθρο 8 του Ν. 4014/2011 υπουργικές αποφάσεις για τις Π.Π.Δ., η απαιτούμενη για την Β' κατηγορία έργων και δραστηριοτήτων περιβαλλοντική έκθεση, που προβλέπεται στο άρθρο 11(1) της υπ' αριθ. 11014/703/2003 κοινή υπουργική απόφαση (Β' 332), πρέπει να περιλαμβάνει αντίστοιχα πληροφορίες και στοιχεία που τεκμηριώνουν την τήρηση των απαιτήσεων της παρούσας απόφασης ανάλογα με το είδος της επαναχρησιμοποίησης του ανακτημένου νερού, χωρίς να απαιτείται η έκδοση άδειας επαναχρησιμοποίησης.

Σε κάθε περίπτωση από τις αναφερόμενες στις παραγράφους 3 και 4 πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις διασφάλισης της δημόσιας υγείας, για τις οποίες θα πρέπει να υπάρχει αναλυτική περιγραφή στην Μ.Π.Ε., στην Α.Ε.Π.Ο. και στις Π.Π.Δ. (ή στην περιβαλλοντική έκθεση).

Σε περιπτώσεις που για τον χρήστη ή φορέα διαχείρισης του ανακτημένου νερού προβλέπεται από τις κείμενες διατάξεις περιβαλλοντική αδειοδότηση, η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από την ΑΕΠΟ ή τις Π.Π.Δ., κατ' αναλογία των παραγράφων 3 και 4 του παρόντος άρθρου.»

Για τις παρακάτω εγκαταστάσεις, οι οποίες έχουν δυναμικότητα μέχρι 50 Μ.Ι.Π. (μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού), κατά το άρθρο 2 της κοινής υπουργικής απόφασης 5673/400/1997):

1. μικρών ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μεμονωμένων κατοικιών ή πολυκατοικιών,
2. ξενοδοχειακών καταλυμάτων (με την επιφύλαξη των περιπτώσεων που εμπίπτουν στην παρ. Ζ1 του άρθρου 8 του από 6.10.1978 Π.Δ/τος (ΦΕΚ 538Δ) όπως αυτό έχει τροποποιηθεί και ισχύει),



3. επεξεργασίας λυμάτων αμιγώς οικιακού χαρακτήρα και σαφώς διαχωρισμένων του προσωπικού των βιομηχανικών και άλλων δραστηριοτήτων

Δεν απαιτείται άδεια επαναχρησιμοποίησης στις περιπτώσεις:

1. περιορισμένης άρδευσης μέσω υπεδάφιου συστήματος και
2. τροφοδότησης υπόγειων υδροφορέων, οι οποίοι δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του Π.Δ. 51/2007, μόνο μέσω διήθησης και όχι μέσω γεώτρησης, αλλά θα λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις διάθεσης λυμάτων που περιλαμβάνονται στην οικοδομική άδεια των ανωτέρω εγκαταστάσεων.»

Η παράγραφος 1 του άρθρου 10 αντικαθίσταται ως εξής:

«1. Για την έκδοση της άδειας επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων απαιτείται η υποβολή σχετικής αίτησης από το χρήστη ή τον φορέα διαχείρισης του ανακτημένου νερού στην αρμόδια Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης. Για τις περιπτώσεις του άρθρου 4 της παρούσας η σχετική αίτηση υποβάλλεται από τον φορέα διαχείρισης του ανακτημένου νερού. Η αίτηση αυτή συνοδεύεται από τη μελέτη που κατά περίπτωση προβλέπεται στα άρθρα 4–8 της παρούσας απόφασης.»

Η παράγραφος 3 του άρθρου 10 αντικαθίσταται ως εξής:

Κατά τη διαδικασία αλλά και μετά την περιβαλλοντική αδειοδότηση της δραστηριότητας/έργου που περιλαμβάνει επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, η Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης καθώς και οι κατά περίπτωση αρμόδιες υπηρεσίες που αναφέρονται στα άρθρα 4, 5, 6, 7 και 8 διενεργούν σχετικό έλεγχο προκειμένου να διαπιστωθεί ότι η οργάνωση, κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης συμφωνούν με την υποβληθείσα σχετική μελέτη.»

Η παράγραφος 4 του άρθρου 10 αντικαθίσταται ως εξής:

«Η άδεια επαναχρησιμοποίησης εκδίδεται μέσα σε 45 ημέρες από την υποβολή πλήρους φακέλου.»



7. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα

7.1. Ιστορική Αναδρομή

Κυριότερες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης ανακτώμενων εκροών από υγρά απόβλητα με βάση τις χρησιμοποιούμενες παροχές τους, θεωρούνται διεθνώς: η γεωργική, η βιομηχανική και ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων. Γενικά, από αυτές τις κατηγορίες, η άρδευση γεωργικών, δασικών και άλλων χώρων πρασίνου είναι ο σημαντικότερος τομέας χρήσης νερού και στη χώρα μας εκτιμάται ότι προσεγγίζει το 85% τις συνολικής κατανάλωσης νερού.

Η άρδευση των αγροτικών εκτάσεων με εκροές αστικών υγρών αποβλήτων έχει εφαρμοστεί στην πράξη σε πολλές χώρες, επί αιώνες μέχρι σήμερα. Η διάθεση εκροών αστικών αποβλήτων στο έδαφος αποτελεί μία πρακτική τεχνολογία, που φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στον Μινωικό Πολιτισμό (Angelakis and Spiridakis, 1996).

Τα περισσότερα από τα έργα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων στη χώρα μας, είναι πολύ σύγχρονα, λειτουργούν με προωθημένες διεργασίες, είναι τεχνολογικά ισοδύναμα των χωρών της Ε.Ε. και άλλων αναπτυγμένων χωρών και γενικά πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για την προώθηση έργων ανάκτησης κι επαναχρησιμοποίησης των εκροών τους. Ήδη έχουν ολοκληρωθεί τα έργα των μεγάλων αστικών κέντρων κυρίως αυτά της ΕΥΔΑΠ, ΕΥΑΘ και των διαφόρων ΔΕΥΑ. (Angelakis and Diamandopoulos, 1995)



Σχήμα 8.

Ψυττάλεια, εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των κατοίκων του νομού Αττικής

7.2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών αστικών υγρών αποβλήτων βρίσκεται σε προκαταρκτικό στάδιο. Τα πιο γνωστά σε ερευνητικό πεδίο έργα είναι:

1. Η άρδευση με εκροές πειραματικού αμπελώνα υπό ελεγχόμενες συνθήκες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στο Ινστιτούτο Α.Λ.Α. Ηρακλείου και
2. Η άρδευση πειραματικών θερμοκηπιακών καλλιέργειών με εκροές επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (με φυσικά συστήματα) της ΜΕΑΥΑ της ΕΥΑ Θεσσαλονίκης.

Άλλα έργα σε πιλοτικό και/ή εφαρμόσιμο στάδιο είναι:

1. στη Λειβαδιά χρησιμοποιούνται περίπου 3.500 m³/d εκροών για άρδευση καλλιέργειών βαμβακιού,
2. στην Άμφισσα χρησιμοποιούνται 400 m³/d εκροών για άρδευση καλλιέργειών ελαίας,
3. στο Παλαιόκαστρο Κρήτης χρησιμοποιούνται 280 m³/d εκροών για άρδευση καλλιέργειών ελαίας,
4. στην Κω σχεδιάζεται η άρδευση γεωργικών εκτάσεων με τη χρήση 4.000 m³/d εκροών,



5. στη Χαλκίδα είναι σε ολοκλήρωση έργο άρδευσης δασικών εκτάσεων 300 στρεμμάτων περίπου με τη χρήση 14.000 m³/d εκροών της ΜΕΑΥΑ,
6. τέλος, μικρότερα έργα ευρίσκονται στο Πεουχωόρι, Χανιώτη και Καλλιθέα Χαλκιδικής και στον Κύλινδρο Πιερίας (Αγγελάκης et al, 1999).''

''Οι περισσότερες ΔΕΥΑ της χώρας έχουν σχεδόν στο σύνολο τους εκτελέσει και λειτουργούν επιτυχώς ή έχουν προωθήσει σχεδιασμούς, μελέτες και άλλες διαδικασίες εκτέλεσης έργων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων. Οι εκροές τους σήμερα διατίθενται σε φυσικούς αποδέκτες (θάλασσα 45%, ποταμούς 12%, χείμαρρους 32%, έδαφος 7%, άλλους 4%). Σημειώνεται ότι το κόστος αυτών των εγκαταστάσεων είναι σε πολλές περιπτώσεις πολλαπλάσιο αυτού που απαιτείται για την ανάκτηση (τριτοβάθμια επεξεργασία) της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εκροών.''

''Η χρήση περιθωριακών νερών θα μπορούσε να συμβάλει καθοριστικά, στην εξοικονόμηση και διατήρηση πηγών νερού, όσο και στην αύξηση της αρδευόμενης γεωργικής γης. Ακόμα, υπολογίζεται πως με περαιτέρω επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των μονάδων που βρίσκονται σε περιοχές ελλειμματικές ως προς τους υδάτινους πόρους, θα ήταν δυνατό να αρδευτούν 1,4 εκατομμύρια στρέμματα γεωργικής γης μέσα σε δύο χρόνια. Σε επίπεδο χώρας, υπολογίστηκε ότι μπορούν να εξοικονομηθούν 3,2% του συνόλου του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού (Αγγελάκης, 1999).''

''Η μεγαλύτερη ποσότητα επεξεργασμένων αποβλήτων προέρχεται από την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και κατευθύνεται προς τις εγκαταστάσεις καθαρισμού της Ψυττάλειας στο Σαρωνικό. Ίσως στο μέλλον θεωρηθεί σκόπιμη και συμφέρουσα η μεταφορά με υποθαλάσσιους αγωγούς ή με μεγάλα φουσκωτά πλωτά (νέα τεχνολογία μεταφοράς νερού) μέρος του επεξεργασμένου νερού από την Ψυττάλεια προς τα άνυδρα νησιά του Αιγαίου για άρδευση και εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων τους (Αγγελάκης, 1999).''



8. Συστήματα Επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων

8.1. Επιδιώξεις από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Η απομάκρυνση όσο το δυνατόν περισσότερων αιωρούμενων στερεών, πριν τα λύματα διοχετευθούν ξανά στο περιβάλλον είναι η βασική επιδίωξη της επεξεργασίας λυμάτων, όπου διασπώνται τα στερεά υλικά, χρησιμοποιώντας οξυγόνο. Το διαλυμένο οξυγόνο που υπάρχει έστω και σε μικρές ποσότητες (10 μέρη ανά εκατομμύριο στους 20 ° C), απαιτείται από όλη τη υδρόβια ζωή για την επιβίωση της. Η Πρωτοβάθμια επεξεργασία αφαιρεί περίπου το ποσοστό των 60 % των αιωρούμενων στερεών από τα λύματα. Η επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει επίσης τον αερισμό των λυμάτων, δηλαδή την επαφή των λυμάτων με οξυγόνο (αναμόχλευση). Η Δευτεροβάθμια επεξεργασία απομακρύνει περισσότερο από το 90 % των αιωρούμενων στερεών όπως η απομάκρυνση μη επιθυμητών αντικειμένων, βαρέων μετάλλων και θρεπτικών ουσιών.

Η επεξεργασία λυμάτων είναι απαραίτητη γιατί προστατεύει το περιβάλλον από τις αρνητικές επιπτώσεις των αστικών λυμάτων και τις απορρίψεις λυμάτων από βιομηχανικούς κλάδους τροφίμων και ποτών. Μερικά είδη φυτών μπορούν επίσης να παράγουν απόβλητα που έχουν παρόμοια ρυπογόνο επίδραση με τα ανεπεξέργαστα λύματα. Η συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στην προστασία της δημόσιας υγείας, των υδάτινων πόρων και την άγρια ζωή. Πλέον πρέπει να υπάρχει σύστημα αποχέτευσης σε όλες τις αστικές περιοχές που υπερβαίνουν ένα συγκεκριμένο αριθμό κατοίκων και η συλλογή των λυμάτων πρέπει να υπόκειται σε δευτεροβάθμια επεξεργασία (βιολογική) πριν την απόρριψή τους στο περιβάλλον.

Σε περιπτώσεις «ευαίσθητων» περιοχών, όπως αυτές με «ευτροφισμό», απαιτείται επιπλέον επεξεργασία πριν από την απόρριψη αφού θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φωσφόρος, διεγείρουν την ανάπτυξη των φυκιών και άλλων φυτών, καταστρέφοντας το φυσικό περιβάλλον. Τέλος αποτελεί σημαντικό στόχο η ανακύκλωση και η ανάκτηση των πολύτιμων συστατικών των λυμάτων, όπως ο φώσφορος αλλά και διάφορα μέταλλα, έτσι ώστε να μειώνεται ο όγκος των αποβλήτων ενώ ταυτόχρονα να επαναχρησιμοποιούνται πολύτιμοι πόροι προς όφελος της οικονομίας.

Οι επιδιώξεις από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι:

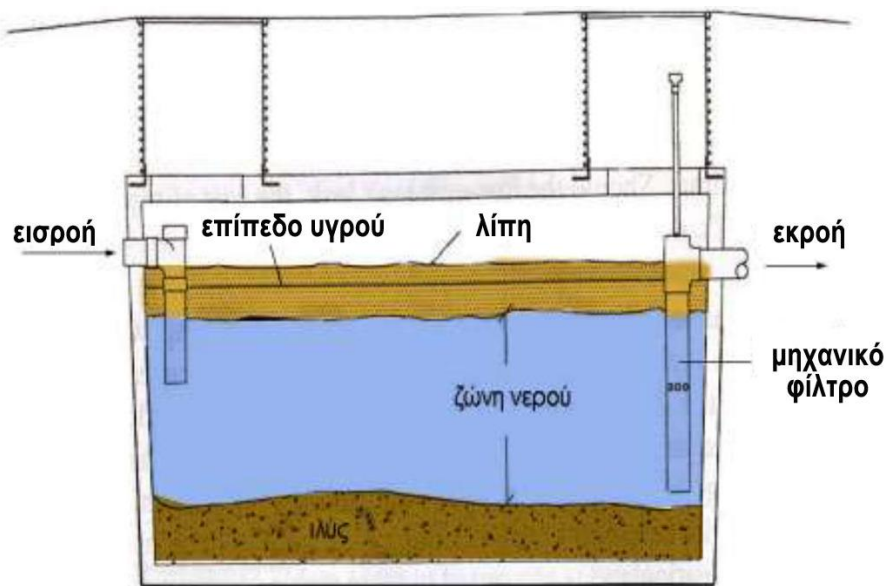
1. Η μετατροπή των υλικών που υπάρχουν στα λύματα σε ένα προϊόν με σταθερό οξυγόνο που θα μπορεί να διατεθεί σε εσωτερικά ύδατα, χωρίς οποιαδήποτε δυσμενή οικολογική επίδραση.
2. Η διάθεση λυμάτων σε τακτική και αξιόπιστη βάση
3. Η ανακύκλωση και η ανάκτηση των πολύτιμων συστατικών των λυμάτων
4. Η ανάπτυξη μιας οικονομικής μεθόδου διάθεσης
5. Η συμμόρφωση με τις νομικές προδιαγραφές που επιβάλλονται για την απόρριψη λυμάτων
6. Η προστασία της δημόσιας υγείας

8.2. Συστήματα επεξεργασίας για μικρές παροχές

Οι εγκαταστάσεις για την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων από μικρές κοινότητες απαιτούν κάποιες σημαντικά διαφορετικές εκτιμήσεις σχεδιασμού από εκείνες των μεγάλων μονάδων. Η συνολική σχεδιαστική φιλοσοφία της απλούστευσης της εγκατάστασης είναι πολύ πιο σημαντική από ό, τι σε μεγάλες μονάδες. Η βασική επιλογή σχεδιασμού των έργων αποχέτευσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη το υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησής τους, τα οποία οι τοπικοί φορείς αδυνατούν να καλύψουν. Έτσι βάση τεχνοοικονομικών μελετών αναπτύχθηκαν μέθοδοι με χαμηλό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης που ταυτόχρονα να είναι φιλικές προς το περιβάλλον.

Τέτοιες μέθοδοι είναι οι εξής:

1. Συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων
2. Εδαφικά συστήματα
3. Συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης
4. Συστήματα τεχνητών υγροτόπων
5. Συστήματα υδρόχαρων φυτών



Σχήμα 9. Σχηματική παράσταση λειτουργίας Σηπτικού Βόθρου με Καθαριζόμενο Μηχανικό Φίλτρο στην έξοδο

8.2.1. Συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων

Είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και εφαρμόζονται, σε μεμονωμένες οικίες ή σε μικρά οικιστικά συγκροτήματα. Εδώ επιτυγχάνεται η καθίζηση μέρους των αιωρούμενων στερεών και ταυτόχρονα αναερόβια χώνευση της λάσπης στον πυθμένα. Πρόκειται για απαρχαιωμένη μέθοδο που σήμερα αντικαθίσταται από στεγανούς βόθρους και εφαρμόζονται μόνο για πολύ μικρές παροχές λυμάτων για λόγους μεγαλύτερης προστασίας των υπόγειων νερών.

8.2.2. Εδαφικά συστήματα

Στα εδαφικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, μετά την προεπεξεργασία τους, τα λύματα διατίθενται στο έδαφος με ρυθμούς συμβατούς με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα επί του εδάφους και εντός του εδάφους.

Ο τεχνικός σχεδιασμός του συστήματος εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο εφαρμογής των λυμάτων, καθώς και τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Οι παράμετροι των λυμάτων που θα πρέπει να εξεταστούν με προσοχή είναι τα διαλυμένα άλατα, τα αιωρούμενα στερεά, τα θρεπτικά συστατικά, όπως το άζωτο και ο φώσφορος, η οργανική ύλη και οι τοξικές ουσίες.

Η χειρσαία επεξεργασία των λυμάτων με βάση τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Τα συστήματα βραδείας διήθησης ή εφαρμογής (Slow Rate Systems-SRS)
2. Τα συστήματα επιφανειακής απορροής (Overland Flow Systems-OFS)
3. Στα συστήματα ταχείας διήθησης (Rapid Infiltration Systems-RIS)
4. Στα συστήματα συνδυασμένων τύπων (Competition Land Systems – CLS).

8.2.3. Συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης

Στα συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης πραγματοποιούνται μία ή περισσότερες σειρές διεργασιών που οφείλονται στη μικροβιακή ζωή καθώς και στα κατώτερα φυτά και ζώα που αναπτύσσονται στο σύστημα. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία διαδραματίζεται στην αναερόβια δεξαμενή, η οποία έχει σχεδιαστεί κυρίως για την αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών, και κάποιου μέρους του BOD. Στη δεξαμενή της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας το μεγαλύτερο μέρος του



υπόλοιπου BOD απομακρύνεται με τη βοήθεια των φυκιών και ετερότροφων βακτηρίων και στη τριτοβάθμια επεξεργασία στην δεξαμενή ωρίμανσης γίνεται η απομάκρυνση των παθογόνων και των θρεπτικών συστατικών (κυρίως του αζώτου).



Σχήμα 10. Δεξαμενές Συλλογής μαύρων και γκρι νερών.

Τα συστήματα των δεξαμενών σταθεροποίησης περιλαμβάνουν τους επιμέρους τύπους:

1. Τις αερόβιες δεξαμενές (aerobic ponds)
2. Τις επαμφοτερίζουσες δεξαμενές (facultative ponds)
3. Τις μερικής ανάμειξης αεριζόμενες δεξαμενές (partial-mix aerated ponds)
4. Τις δεξαμενές ελεγχόμενης παροχής (controlled discharge ponds).

8.2.4. Συστήματα υδρόχαρων φυτών

Τα συστήματα υδρόχαρων φυτών είναι παρόμοια με τα συστήματα των δεξαμενών σταθεροποίησης με τη διαφορά ότι με την καλλιέργεια υδρόχαρων φυτών γίνεται επιπλέον επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Κατηγοριοποιούνται σε:

1. Συστήματα με επιπλέοντα υδροχαρή φυτά
2. Συστήματα με βυθισμένα υδροχαρή φυτά

8.2.5. Συστήματα τεχνητών υγροτόπων

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων επεξεργασίας λυμάτων όπως και τα προηγούμενα φυσικά συστήματα χρησιμοποιούνται για επιπλέον επεξεργασία προεπεξεργασμένων λυμάτων και έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται όταν αλληλοεπιδρούν το νερό, το έδαφος, ο αέρας και τα φυτά. Τέτοιες διεργασίες είναι το φιλτράρισμα, η καθίζηση και η μεταφορά αερίων.

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων είναι δύο τύπων:

1. Συστήματα Ελεύθερης Επιφάνειας ή Επιφανειακής Ροής (Free Water Surface, (FWS))
2. Συστήματα Υποεπιφανειακής Ροής (Subsurface Flow systems (SSF))



Σχήμα 11.

Αλμυρός ποταμός, υγρότοπος WWF

8.2.5.1. Συστήματα Ελεύθερης Επιφάνειας ή Επιφανειακής Ροής (FWS)

Τα συστήματα επιφανειακής ροής είναι λεκάνες με μεταβλητό βάθος και επίμηκες σχήμα, ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα μακρόφυτα και της επεξεργασίας που χρειάζεται. Για την αφαίρεση των μεγαλύτερων σωματιδίων και την μείωση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων απαιτείται προεπεξεργασία με διήθηση. Τα συστήματα FWS τροφοδοτούνται συνεχώς και τα λύματα που εισέρχονται στην λεκάνη είναι σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα.

Το ανώτερο στρώμα του ποταμού είναι σε αερόβια κατάσταση, ενώ τα βαθύτερα στρώματα είναι σε αναερόβιες συνθήκες. Αερόβιοι και αναερόβιοι μικροοργανισμοί καταστρέφουν το οργανικό υλικό, που αιωρείται ή καθιζάνει στο κάτω μέρος. Το άζωτο αφαιρείται με νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Ο φώσφορος αφαιρείται μόνο στην επιφάνεια επαφής μεταξύ του νερού και του εδάφους, με απορρόφηση και καθίζηση ενώ το αλουμίνιο, ο σίδηρος, το ασβέστιο και τα αργιλώδη μέταλλα που υπάρχουν στο έδαφος και με άμεση απορρόφηση. Η μείωση της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών, πραγματοποιείται μέσω της συνδυασμένης δράσης φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών (ακτινοβολία UV, καθίζηση, οξείδωση).

8.2.5.2. Συστήματα Υποεπιφανειακής Ροής (SSF)

Είναι η πιο χρησιμοποιούμενη μέθοδος στην Ευρώπη. Αδρανές υλικό τοποθετείται στη λεκάνη για να υποστηρίξει την ανάπτυξη των μακρόφυτων φυτών. Το βάθος του είναι γενικά μεταξύ 0,2 και 0,8 m ανάλογα με τον τύπο των μακρόφυτων. Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται πιο συχνά από ότι τα Συστήματα Επιφανειακής Ροής(FWS) επειδή έχουν υψηλότερη απόδοση, και απαιτούν μικρότερη επιφάνεια για να παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η αποτελεσματικότητά τους είναι σχεδόν η ίδια κατά τη διάρκεια όλου του έτους, επειδή αποφεύγεται η υψηλή θερμική διαρροή. Όμως η θετική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν είναι παρούσα και η ανταλλαγή οξυγόνου με την ατμοσφαιρικού αέρα είναι αποκλεισμένη. Για να αποφευχθεί η απόφραξη του υποστρώματος απαιτείται μια προεπεξεργασία των λυμάτων.

8.2.6. Συστήματα επεξεργασίας για μεγάλες περιοχές

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες και η απ' ευθείας διάθεσή τους σε έναν φυσικό, συνήθως υδάτινο, αποδέκτη εγκυμονεί κινδύνους τόσο για τον φυσικό περιβάλλον όσο και για τα υπόλοιπα έμβια όντα, κυρίως όμως για τον άνθρωπο. Τα υγρά απόβλητα μιας πόλης συλλέγονται με το σύστημα αποχέτευσης στο οποίο εκτός από τα απόβλητα που προκύπτουν από τις οικιακές δραστηριότητες μπορεί να δέχεται όμβρια ύδατα, εισροές από υπόγεια ή επιφανειακά νερά, βοθρολύματα, αφού ακόμα και σήμερα ένα ποσοστό του πληθυσμού δεν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετείται με σηπτικούς κυρίως βόθρους, και υπό προϋποθέσεις κάποιες



κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων τα οποία όμως έχουν οπωσδήποτε υποστεί κάποιου είδους προεπεξεργασία.

Το δίκτυο του συστήματος αποχέτευσης συμβάλλει σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α.) ο οποίος καταλήγει σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) όπου τα λύματα υφίστανται επεξεργασία με σκοπό τη δέσμευση και την εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών τους.



Σχήμα 12.

Δεξαμενές δειγματοληψίας μαύρων νερών ταρατσόκηπου.

9. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

9.1. Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα εξής:

1. Προεπεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνονται υλικά όπως πανιά, χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπη κ.λ.π. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία της Ε.Ε.Λ. (εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων).
2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών και ένα μέρος των οργανικών ουσιών. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης.
3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών. Σημειώνεται ότι και η απολύμανση περιλαμβάνεται στον τυπικό ορισμό της συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.
4. Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση των θρεπτικών ουσιών, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες, τα αιωρούμενα στερεά και οι θρεπτικές ουσίες του αζώτου και του φωσφόρου και πάλι με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών.
5. Τριτοβάθμια επεξεργασία κατά την οποία απομακρύνονται οι εναπομείνουσες από την δευτεροβάθμια επεξεργασία αιωρούμενες ουσίες, συνήθως με χρήση μέσου διήθησης.
6. Προχωρημένη επεξεργασία, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία, όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών, αντίστροφη ώσμωση, προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή κ.ά.



Υπάρχουν και διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων που στηρίζονται στο έδαφος και ονομάζονται φυσικά συστήματα επεξεργασίας. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς μηχανισμούς επεξεργασίας και επιτυγχάνουν ικανοποιητική ποιότητα εκροής. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά συστήματα επεξεργασίας. (Ευθύμιος Νταρακάς, Θεσσαλονίκη 2010)''

9.2. Τα βασικά συστήματα επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων

Συστήματα προεπεξεργασίας ή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας:

1. Εσχάρωση – Κοσκίνισμα
2. Εξάμμιση (αμμοσυλλέκτης)
3. Λιποσυλλογή (ελαιοδιαχωριστήρες)
4. Επίπλευση
5. Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Συστήματα δευτεροβάθμιας ή βιολογικής επεξεργασίας

1. Αερόβια συστήματα
 1. Αντιδραστήρες ενεργού ιλύος
 2. Βιολογικοί υμένες (Χαλικοδυλιστήρια, Δισκοδυλιστήρια)
2. Αναερόβια συστήματα
 1. Σηπτικές δεξαμενές
 2. Δεξαμενές Imhoff
3. Λίμνες και δεξαμενές σταθεροποίησης

Συστήματα χημικής επεξεργασίας

1. Οξείδωση
2. Αναγωγή
3. Χημική κατακρήμνιση (κροκίδωση – ιζηματοποίηση)

Συστήματα τρίτοβάθμιας επεξεργασίας

1. Διήθηση σε πολλαπλή κλίνη
2. Μεμβράνες – Αντίστροφη ώσμωση
3. Προσρόφηση
4. Ιοντοεναλλαγή

Μέθοδοι απολύμανσης

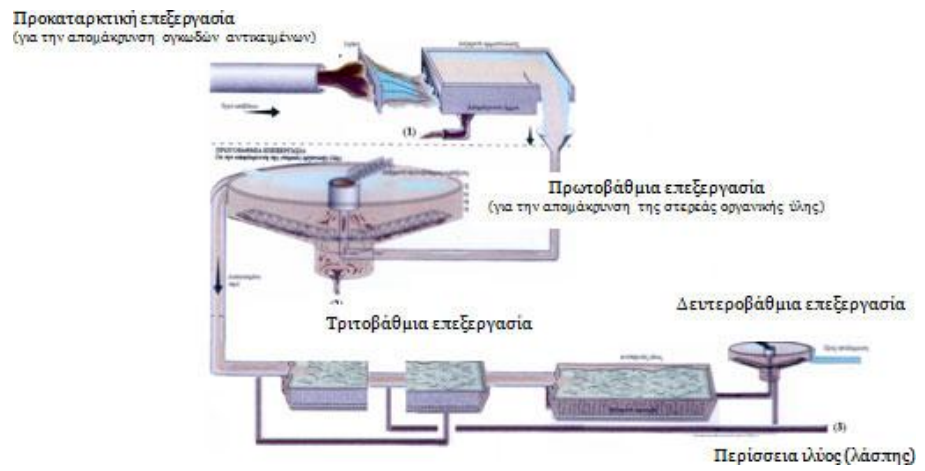
1. Χλωρίωση
2. Οζόνωση
3. Υπεριώδης ακτινοβολία

Μέθοδοι διάθεσης της επεξεργασμένης εκροής

1. Διάθεση σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες
2. Διάθεση στο έδαφος (επιφανειακή απορροή, διήθηση στο έδαφος, άρδευση)

Τεχνολογίες επεξεργασίας ιλύος

1. Πάχυνση
2. Βιολογική χώνευση (αναερόβια ή αερόβια)
3. Αφυδάτωση (κλίνες ξήρανσης, ταινιοφιλτρόπρεςες, φυγοκέντριση)



Σχήμα 13.

Διάγραμμα μιας μονάδας ενεργού ιλύος χωρίς βιολογική αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου.



10. Περιγραφή των γκρι νερών

Στατιστικές έρευνες έχουν δείξει ότι το μισό νερό από αυτό που καταναλώνουμε καθημερινά στο σπίτι μας, δεν είναι απαραίτητο να είναι και πόσιμο. Μόνο για το καζανάκι του μπάνιου, το ποσοστό της κατανάλωσης νερού είναι σχεδόν ποσοστό 28%.

Η μέθοδος ανακύκλωσης ημιακάθαρτου νερού βασίζεται στην συγκέντρωση απόνερων από οικιακές δραστηριότητες, όπως το ντους, τους νιπτήρες και το πλύσιμο των ρούχων και επαναχρησιμοποίηση αυτών, μετά από απλή επεξεργασία. Το ημιακάθαρο νερό που απορρέει από την αποχέτευση του πλυντηρίου, του νιπτήρα, της μπανιέρας, της ντουζιέρας και αλλού, ονομάζεται γκρι, λόγω της θολερότητάς του και της σύστασής του και είναι απαλλαγμένο από επικίνδυνους ρυπαντές.

Το επεξεργασμένο γκρι νερό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα καζανάκια του μπάνιου, σε γενικούς καθαρισμούς, στο πλύσιμο αυτοκινήτων, σε πλυντήρια ρούχων και για πότισμα κήπων ή/και γκαζόν. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εξοικονομηθεί το 50-80% του νερού που χρησιμοποιείται σε ένα μέσο νοικοκυριό.

Η ανακύκλωση των ημιακάθαρτων νερών, γίνεται με τη συλλογή των νερών και τη μεταφορά τους με χωριστό δίκτυο σωληνώσεων σε μια δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης. Ακολουθεί η επεξεργασία και ο καθαρισμός του με απλά συστήματα και η μεταφορά του σε μια δεξαμενή αποθήκευσης, απ' όπου διοχετεύεται όταν υπάρχει ανάγκη, συνήθως στο καζανάκι της τουαλέτας ή για άρδευση κήπων και επιλεγμένων καλλιεργειών.

Το σύστημα ανακύκλωσης του γκριζου νερού μπορεί να συνδεθεί με το αντίστοιχο σύστημα εκμετάλλευσης του βρόχινου νερού, εφόσον υπάρχει. Κατά τον τρόπο αυτό μπορούν να ανακτηθούν ακόμα μεγαλύτεροι όγκοι νερού, υψηλότερης καθαρότητας. Στην περίπτωση που οι ανάγκες σε νερό δεν καλύπτονται από τις αντίστοιχες του επεξεργασμένου γκριζου νερού, η δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης τροφοδοτείται αυτόματα με καθαρό πόσιμο νερό, από το οικιακό δίκτυο ύδρευσης.

Η αγορά και η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος ξεκινάει περίπου από τα 3500€ και εξαρτάται από τον όγκο ημιακάθαρτου νερού που θέλουμε να ανακυκλώνεται τη μέρα. Η παραπάνω τιμή αφορά μια συνήθη κατοικία, δυναμικότητας 1000 λίτρων ημερησίως. Η μέθοδος αυτή μπορεί να λειτουργήσει και σε υπάρχοντα κτίρια, εφόσον υπάρχουν ξεχωριστοί αγωγοί αποχέτευσης και ένας από αυτούς μπορεί να μεταφέρει τα γκριζα νερά στις δεξαμενές του συστήματος. Στην αντίθετη περίπτωση θα χρειαστεί καινούργια υδραυλική εγκατάσταση που θα αυξήσει αρκετά το τελικό κόστος, σε συνδυασμό και με τα διάφορα μερεμέτια που θα προκύψουν (δάπεδα, πλακάκια, αλλαγής σωληνώσεων κ.λπ.)

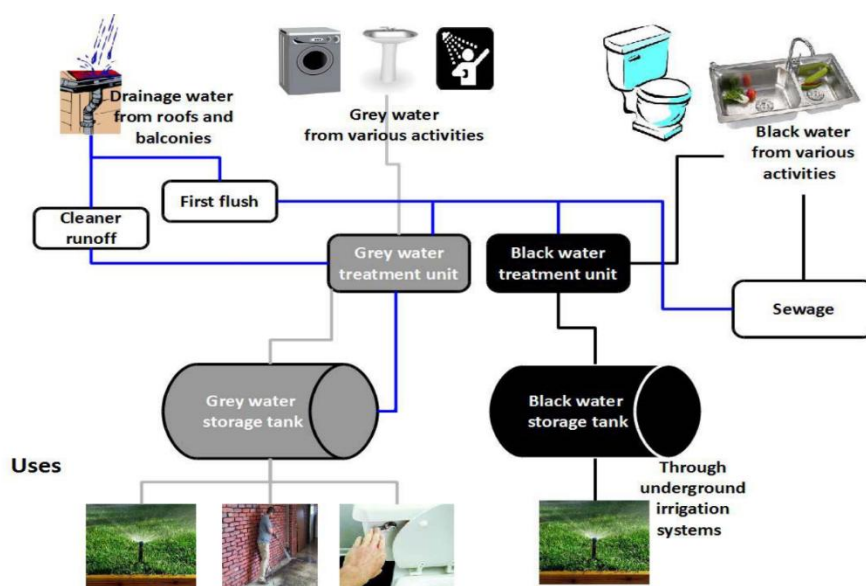
Το σύστημα ανακύκλωσης ημιακάθαρτου νερού δεν χρειάζεται συντήρηση από εξειδικευμένο συνεργείο. Το πιο σημαντικό για την ορθή λειτουργία του, είναι να γίνεται σωστός σχεδιασμός εξ' αρχής. Αρχικά, θα πρέπει η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος να γίνεται από εξειδικευμένα και έμπειρα συνεργεία. Η δεξαμενή του γκριζου νερού να τοποθετείται σε στεγνό, σταθερό και επίπεδο έδαφος, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος ανατροπής. Σε ενδεχόμενη υπερχειλίση, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη ώστε να οδηγούνται τα ημιακάθαρτα νερά στο δίκτυο αποχέτευσης, καθώς επίσης να γίνεται τακτικός καθαρισμός των σωληνώσεων και των βαλβίδων που χρησιμοποιούνται.

Η πρακτική αυτή έχει ήδη επιβληθεί σε πολλές χώρες (π.χ. Γερμανία, ΗΠΑ, Αυστραλία, Ισραήλ, Κύπρο) και σε πολλές περιπτώσεις παρέχεται επιδότηση για εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Μελέτες για την Ελλάδα έδειξαν ότι σε άνυδρες περιοχές (π.χ. Κάλυμνος), συμφέρει η επιδότηση για την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων, σε σχέση με το κόστος κάλυψης των αναγκών σε νερό. Ας ελπίσουμε ότι σύντομα και η δική μας χώρα θα ακολουθήσει το παράδειγμα των άλλων χωρών, προτού μειωθούν τα υδάτινα αποθέματα. (Μαρία Νικολαΐδη, Πολ. Μηχανικός Ε.Μ.Π.)



11. Περιγραφή των μαύρων νερών

Τα μαύρα νερά αποτελούνται από ανθρώπινα λύματα από τις λεκάνες και από την κουζίνα και προέρχονται από τις σωληνώσεις των αποχετεύσεων. Έχουν σκούρο χρώμα και δυσάρεστη οσμή. Το μαύρο νερό είναι βασικά μολυσμένο νερό με περιπτώματα και άλλα σωματικά απόβλητα. Είναι το νερό που διοχετεύεται από τις λεκάνες και είναι επίσης γνωστό ως καφέ νερό. Στην πραγματικότητα, περιέχει βακτήρια που μπορεί να είναι επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό. Γι' αυτό πρέπει να αποθηκεύονται σε χωριστές δεξαμενές για ξεχωριστή επεξεργασία. Ωστόσο, το μαύρο νερό δεν είναι ασφαλές για κατανάλωση από τον άνθρωπο και η επαναχρησιμοποίησή του γίνεται συνήθως σε περιπτώσεις λιπάσματος.



Σχήμα 14.

Κύκλος ολοκληρωμένης διαχείρισης νερού με συστήματα First Flush και RunOff.

12. Διαφορά μαύρου - γκρι νερού

Τόσο το γκρι όσο και το μαύρο νερό είναι είδη υγρών αποβλήτων. Το γκρι προέρχεται από νερό που χρησιμοποιείται για οικιακούς σκοπούς, όπως ο καθαρισμός και το πλύσιμο των ρούχων, ενώ το μαύρο περιέχει κόπρανα, ούρα και άλλα σωματικά απόβλητα. Οπότε το γκρι νερό μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί καθώς δεν περιέχει τόσα πολλά βακτήρια σε σχέση με το μαύρο νερό.

Το μαύρο νερό περιέχει πληθώρα θανατηφόρων βακτηριδίων. Τόσο τα γκρι όσο και τα μαύρα νερά αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο, με τα μαύρα να χρειάζονται πιο ειδική επεξεργασία για να σκοτωθούν τα βακτήρια που μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες.

Τα ανακυκλωμένα γκρι νερά, επίσης, τείνουν να γίνουν μαύρα νερά μετά από τη χρήση τους, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα καζανάκια. Η κύρια διαφορά μεταξύ των γκρι και μαύρων νερών είναι αυτό που κάνει το μαύρο 'βρώμικο'.

13. Φυσικοχημικές αναλύσεις ελέγχου ποιότητας εκροής

Η υλοποίηση όλων εκείνων των μελετών και ερευνητικών δράσεων έχει ως αποτέλεσμα να εντοπιστούν τυχόν ατέλειες και προβλήματα (τεχνικής και όχι μόνο φύσεως) στο σύστημα επαναχρησιμοποίησης, ώστε να ακολουθήσουν διορθωτικές κινήσεις και να παραχθεί ένα βέλτιστο σύστημα επαναχρησιμοποίησης / εξοικονόμησης νερού.



Η διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος διαχείρισης υδάτινων απορροών από τις διαφορετικές επιφάνειες του οικιστικού συγκροτήματός με βάση την φιλοσοφία First Flush για τον διαχωρισμό της ροής σε μαύρο και γκρι νερό χωρίστηκε σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος πραγματοποιήθηκε εκτός της κεντρικής πειραματικής μονάδας και το δεύτερο στην πειραματική μονάδα.

Για να προσδιοριστεί το σημείο όπου η απορροή των βρόχινων νερών της ταράτσας θα θεωρηθεί ως μαύρο νερό ή γκρι, έγιναν ποιοτικές αναλύσεις των απορροών από τις σκάφες μετά από παροχή τεχνητής βροχής ύψους (0mm-0,8mm, 0,8mm-2mm, 2mm-4mm), σε τρία διαφορετικά υλικά ταράτσας (επιφάνεια με γρανίτη, επιφάνεια με ελαστομερούς και επιφάνεια με πισσόχαρτο) μετά από διαφορετικά διαστήματα ξηρής περιόδου. Οι ποιοτικές αναλύσεις που διεξήχθησαν, αφορούσαν τον προσδιορισμό του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητάς EC, των ολικών κολοβακτηριδίων E.Coli, των χλωριόντων, του οργανικού φορτίου και της θολερότητας των αποπλύσεων των επιφανειών με βροχόνερα από τεχνητή βροχή.

14. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού ύδρευσης του Δήμου Ηρακλείου

Σε όλες τις ζώνες παροχής, το νερό του Ηρακλείου και των Δημοτικών διαμερισμάτων δεν περιέχει Βαριά Μέταλλα, Φυτοφάρμακα, Οργανικούς μικρορύπους ή άλλες τοξικές ουσίες, σύμφωνα με τις αναλύσεις που διενεργεί το Εργαστήριο της ΔΕΥΑΗ αλλά και σε συνεργασία με ιδιωτικά διαπιστευμένα Εργαστήρια.

Πρωταρχική φροντίδα της Δ.Ε.Υ.Α.Η. είναι ο συνεχής έλεγχος και η σωστή διαχείριση των υδροφόρων οριζόντων, από τους οποίους αντλείται νερό για τις ανάγκες υδροδότησης της πόλης.



Σχήμα 15.

Δεξαμενή συλλογής υγρών αποβλήτων του Βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου.

Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιούνται καθημερινές μετρήσεις της στάθμης τους, αλλά και συνεχείς δειγματοληψίες και αναλύσεις, ούτως ώστε να διατηρηθεί η καλή ποιότητα των νερών και να προστατευτούν οι υδροφόροι ορίζοντες από υπεραντλήσεις, οι οποίες ενδέχεται να επιφέρουν δυσάρεστες συνέπειες.



14.1. Μέσοι Όροι Χημικών και Μικροβιολογικών αναλύσεων δικτύων Ηρακλείου (Αύγουστος 2016)

Ζώνη Παροχής Νερού (ΖΠΝ)	PH	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Ολ. Σκληρ/τα (Γερμ. Βαθμοί)	Χλωριόντα (mg/L Cl)	Θειικά (mg/L SO ₄ ²⁻)	Νιτρικά (mg/L NO ₃)	Νιτρώδη (mg/L NO ₂)	Αμμωνιακά (mg/L NH ₄ ⁺)	Θολότητα (NTU)	Χρώμα (mg/L Pt/Co)	Ολικά Κολοβειδή (απ./100ml)	Escherichia Coli. (απ./100ml)	Κοπρανώδεις Στρεπτόκοκκοι (απ./100ml)
Ζώνη Μέσα Καρτερού	7,98	992	23,5	85,2	95,0	11,0	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνη 7, Ν. Αλικαρνασός (από δεξαμενή Δ7 και αγωγό Μαλίων)	8,09	778	15,9	108,3	25,0	3,5	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνη Καλιθέας-Πρασάς (από αγωγό Μαλίων)	8,10	698	12,9	115,3	24,0	4,4	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνη 10, Καταμαπός (δεξαμενή Δ7 και αγωγό Μαλίων)	7,91	792	13,4	134,9	20,0	3,5	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνη 8, Βιομηχανική Περιοχή Ηρακλείου (από αγωγό Μαλίων)	8,05	673	12,3	118,9	24,0	4,8	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνες 6X (Εντός Τειχών, Πατέλες, Πόρος, Χρυσοπηγή) & 6Y (Αί Γιάννης) (δεξαμενή Παπά Τίπου & Δ3Α)	7,90	656	12,0	101,2	24,0	4,5	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνες 5.1 & 5.2 (από δεξαμενές Δ5 και Δ6, Πάνω και Κάτω Φορτέσα)	7,91	913	18,2	108,3	68,0	28,8	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνες 4.1 (Θέρισσος), 4.2 (Ατσαλένιο) 4.3 (Μασταμπάς) 11.1 (Ερυθραίας), 11.2 (Πιπσουλάκη), 11.3 (Μνησικλή) από δεξαμενή Δ4 (Φράγμα Αποσελέμη)	7,96	387	8,7	35,5	14,0	0,9	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνες 3Α.3 (Καμίνα), 3Α.2 (Δειλινά) & 3Β (Μαλάδες) και Φοινικιά, από δεξαμενή Δ3 (γεωτρήσεις Δαφνών)	8,01	549	15,0	17,7	128,0	1,9	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνες 1.5 (Στάδιο) 1.4 (Δειλινά) 1.2 (3 Βαγιές) 1.3 (ΤΕΙ Εσταυρομένος) 1.1 (Αλμπερτ Σβάιτσερ) και δημ. διαμ. Βουτών, Σταυρακίων, Αθανάτων (δεξαμενές Δ1, Δ2) (γεωτρήσεις Δαφνών)	8,17	476	11,5	17,7	68,0	2,6	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0
Ζώνη 9 (Βασιλές, Αγ. Βλάσης, Σίλαμος), Λοφούπολη, Μαραθτή, (από δεξαμενή Βασιλειών-γεώτρηση Γιούχτα)	7,99	950	21,0	110,1	138,0	2,0	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 1	0	0	0	0



15. Το πρόγραμμα Holistic

Το Holistic αποτελεί την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείριση νερού, που αφορά το εισερχόμενο φρέσκο (fresh water), το γκρι (grey water), από μπάνιο, νιπτήρες, πλυντήρια και το μαύρο νερό (blackwater), από τουαλέτες και νεροχύτες, καθώς και τις απορροές από επιφάνειες όπως ταράτσες και μπαλκόνια (runoff), με στόχο την επαναχρησιμοποίηση σε πράσινα δώματα και την ελαχιστοποίηση της χρήσης, σε οικιστικά συγκροτήματα αστικού τύπου (πολυκατοικίες). (Holistic, 2009)

15.1. Στόχοι του Έργου

Οι επιμέρους στόχοι του έργου, που οριοθετούν ταυτόχρονα και τα προς διερεύνηση αντικείμενα, είναι η επιλογή του πλέον κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας γκρι νερού, για αστικά συγκροτήματα, λαμβάνοντας υπόψη την εισροή από διαφορετικά διαμερίσματα, με διαφορετικά χαρακτηριστικά χρήσης νερού και παραγωγής λυμάτων (διαφορετικά pick). Αντίστοιχα θα γίνει η επιλογή και του πλέον κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας μαύρου νερού.

Η ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης των απορροών με τη λογική του first flush, δηλαδή τη διαχείριση της πρώτης ποσότητας απορροών ως «black», λόγω του μεγάλου φορτίου σε ρύπους (συσσώρευση στις επιφάνειες) και της μετέπειτα ροής ως «grey», λόγω του μικρότερου φορτίου.

Η ανάπτυξη διαφορετικών συστημάτων χρήσης των διαφορετικών ποιοτήτων νερού, που θα περιλαμβάνουν τη χρήση στα καζανάκια, χρήση στο πλύσιμο εξωτερικών χώρων, την άρδευση του κοινόχρηστου κήπου, την άρδευση πρασίνου στο κάθε διαμέρισμα και την άρδευση των πράσινων δωματίων.

Στόχος είναι να καταγραφούν και να αντιμετωπιστούν προβλήματα όπως:

1. Πιθανά θέματα υγιεινής και ασφάλειας.
2. Θέματα επαρκών ποσοτήτων για κάλυψη αναγκών (σωστή διαστασιολόγηση συστήματος αποθήκευσης νερού), διαχείριση των αναγκών με αυτοματισμούς και ανάπτυξη συστημάτων overflow / bypass.
3. Συσχέτιση της κατανάλωσης με το μέγεθος των οικογενειών και άλλων κοινωνικών και πολιτιστικών επιλογών.



Σχήμα 16.

Αεροφωτογραφία Εγκατάστασης ερευνητικού φυτεμένου δώματος στην πειραματική μονάδα.

Η επιλογή των κατάλληλων δομών στα πράσινα δώματα, οι οποίες που θα μπορούν να διαχειριστούν τα μαύρα και γκρι νερά ως πηγές άρδευσης, να επιτρέπουν τη συλλογή της απορροής, χωρίς αυτή να



συγγέεται με την απορροή κατά την άρδευση. Περιλαμβάνει την επιλογή κατάλληλων φυτικών ειδών προκειμένου να δημιουργηθεί ένα βιώσιμο φυτοδώμα αρδευόμενο με γκρι και μαύρο νερό, καθώς και τους απαραίτητους αυτοματισμούς για την υπέρδευση του φυτοδώματος. (Holistic, 2009)

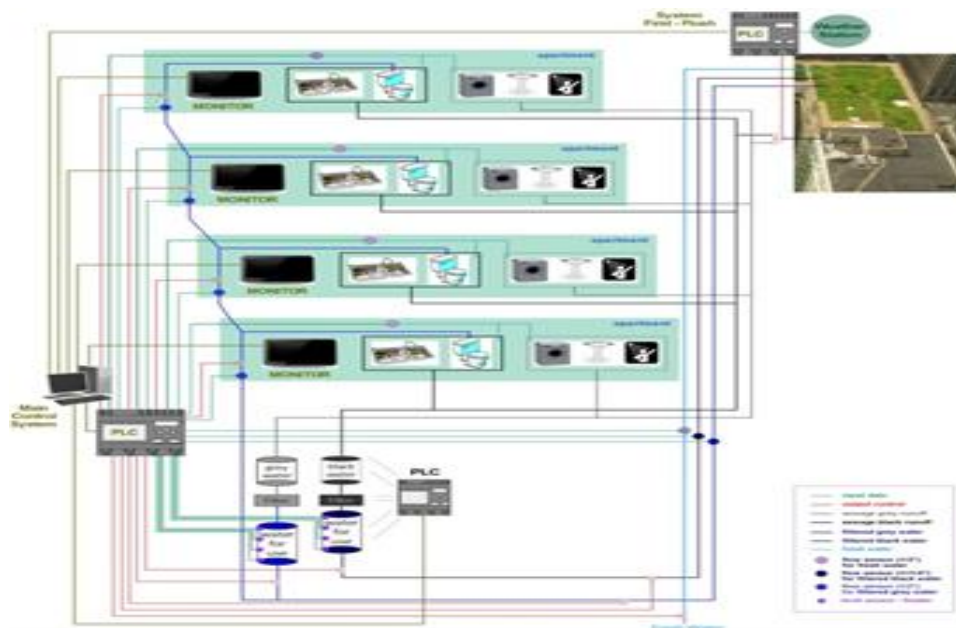
Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου λειτουργίας που θα επιτρέψει τη λειτουργία όλων των δομών με συντονισμένο και ασφαλή τρόπο καθώς θα συλλέγει και θα αναλύει δεδομένα από όλους τους αισθητήρες. Θα έχει επίσης ενσωματωμένο ένα DSS (Decision Support System), που θα είναι ικανό να απαντάει στο ερώτημα που αφορά τις βέλτιστες ρυθμίσεις του συστήματος ανάλογα με τις προτεραιότητες του χρήστη. Οι τελευταίες θα μπορούν να περιλαμβάνουν την εξοικονόμηση νερού ανά διαμέρισμα ή συνολικά, την ελαχιστοποίηση του κόστους, την εξοικονόμηση νερού άρδευσης, την βέλτιστη κατανομή των διαθέσιμων υδάτων καθώς και κάθε δυνατή επιλογή.

Ένα λογισμικό σχεδιασμού, που με βάση συγκεκριμένα δεδομένα που θα εισάγονται σε αυτό (inputs), θα επιστρέφει σχεδιαστικές παραμέτρους, εκτιμήσεις κόστους / οφέλους, βέλτιστων φυτικών ειδών καθώς και άλλα δεδομένα που θα επιτρέπουν την εκτίμηση της εφαρμοστικότητας του Holistic σε διαφορετικές περιπτώσεις αστικών κτηρίων (όχι μόνο κατοικιών).

Η εκτίμηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος, τόσο με περιβαλλοντικούς όσο και οικονομικούς όρους, σε ότι έχει να κάνει με εξοικονόμηση νερού και αντίστοιχη μείωση ποσότητας λυμάτων που θα τροφοδοτηθεί το αποχετευτικό δίκτυο, κατανάλωση ενέργειας (και από τη βελτίωση της βιοκλιματικής επίδοσης λόγω πράσινων δωματίων), ανάγκη σε ανταλλακτικά, συντήρηση και αντικατάσταση στοιχείων κοκ. (Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νερού σε Αστικά Οικιστικά Συγκροτήματα. Holistic, 2009).

15.2. Η περιγραφή του προγράμματος Holistic

Το «Holistic – Ολοκληρωμένο Σύστημα διαχείρισης Νερού Σε Αστικά Οικιστικά Συγκροτήματα» συλλέγει τις απορροές εξωτερικών επιφανειών (ταράτσα – σύστημα First Flush) καθώς και των εσωτερικών καταναλώσεων (γκρι – ντους, νιπτήρες, και μαύρων – τουαλέτες, νεροχύτες), και τις κατευθύνει στις ειδικές μονάδες επεξεργασίας. Μετά την επεξεργασία τους προωθούνται για κατανάλωση στα διαμερίσματα (καζανάκια) και για άρδευση στον κήπο του δώματος (ταρατσόκηπος). (Holistic, 2009)



Σχήμα 17.

Αρχιτεκτονική συστήματος HOLISTIC



Η ανάπτυξη ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος διαχείρισης Νερού, που ελέγχει τόσο τις απορροές (εσωτερικές και εξωτερικές), όσο και τις καταναλώσεις νερού (φρέσκου και επεξεργασμένου) ενός οικιστικού συγκροτήματος, απαιτεί την σχεδίαση και υλοποίηση ενός Πληροφοριακού Συστήματος ελέγχου και λειτουργίας (ΠΣ) που πρέπει να επιτρέπει την συντονισμένη και ασφαλή λειτουργία όλων των επιμέρους δομών.

Για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος αυτού, υλοποιήθηκε ένα ΠΣ το οποίο διαχειρίζεται πληθώρα αισθητήρων, εξόδων ελέγχου και δύο αυτόνομα συστήματα. Το πρώτο αυτόνομο σύστημα αποτελεί ο μετεωρολογικός σταθμός Aercus Instruments WS3083 που είναι εγκατεστημένος στην ταράτσα του οικοδομικού συγκροτήματος και παρέχει πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, ενώ το δεύτερο αυτόνομο σύστημα, βρίσκεται στον ισόγειο χώρο του οικοδομήματος και είναι αυτό της επεξεργασίας των γκρι και μαύρων απορροών. Το ΠΣ συμπεριλαμβάνει επίσης μία εύχρηστη διεπαφή χρήστη - συστήματος (web εφαρμογή) που προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του συστήματος, ιστορικών καταναλώσεως και εξοικονόμησης νερού, καθώς και τμηματικό ή συνολικό έλεγχο του συστήματος Holistic.

Το ΠΣ καταγράφει την συνολική εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται από το σύστημα, τόσο στα επιμέρους τμήματα του (κήπος, διαμέρισμα1, κτλ.) , όσο και συνολικά σε όλο το οικιστικό συγκρότημα, διατηρώντας στατιστικά στοιχεία της κατανάλωσης φρέσκου και επεξεργασμένου νερού, υπολογίζοντας εύκολα την εξοικονόμηση νερού ύδρευσης αλλά και άρδευσης. (Holistic, 2009)



16. Υλικά και μέθοδοι

Μετά τη συλλογή των δειγμάτων, γίνονται στο εργαστήριο οι παρακάτω μετρήσεις:

1. μέτρηση PH,
2. ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC),
3. φώσφορος (PO₄),
4. άζωτο (N),
5. νιτρικά (NO₃),
6. Θολότητα (FNU)
7. ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS),
8. χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).

16.1. Μέτρηση PH, Αγωγιμότητας

Η μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας των δειγμάτων υγρών αποβλήτων πραγματοποιήθηκε με πεχάμετρο της εταιρείας CRISON (pHMeterGLP21) και με αγωγιμόμετρο της ίδιας εταιρείας (ConductivityMeterS25).

Ο βαθμός οξύτητας (pH) είναι από τα πλέον σημαντικά χημικά χαρακτηριστικά του νερού και των υγρών αποβλήτων. Ως pH ορίζεται «ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. Η κλίμακα μέτρησης του pH εκτείνεται από 0 ως 14. Η ενεργός οξύτητα (pH) επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές αντιδράσεις και πολλές φορές χρησιμεύει σαν δείκτης ρύπανσης. Το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων πραγματοποιείται σε ουδέτερο pH στο εσωτερικό των κυττάρων.



Σχήμα 18.

Συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο για την μέτρηση pH.

Όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα δυσχεραίνουν την πορεία των αντιδράσεων ή αναστέλλουν την πραγματοποίησή τους. Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4 και 9, ενώ τιμές 6,5 - 8,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι εξ ορισμού η ικανότητα ενός υλικού να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Ιδιαίτερα η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει άγεηλεκτρικά φορτία.

Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από:

1. την παρουσία ιόντων (κατ' επέκταση αλάτων),



2. τη συγκέντρωση των ιόντων,
3. την ευκινησία των ιόντων,
4. το σθένος των ιόντων και
5. τη θερμοκρασία του διαλύματος.



Σχήμα 19.

Συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο για την μέτρηση αγωγιμότητας.

Οι τιμές της αγωγιμότητας για την ποιότητα των φυσικών νερών είναι ενδεικτικές σε αντίθεση με τα απόβλητα και τους ρύπους που εισέρχονται στους υδάτινους αποδέκτες και τροποποιούν την αγωγιμότητα. Αυτοί οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου. Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη αποτελεί ένδειξη ρύπανσης και συνδέεται με την ενηλικίωση (παλαίωση) μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός). Η τιμή της αγωγιμότητας (S/cm ή με υποδιαιρέσεις: mS/cm και μ S/cm) προκύπτει με πολλαπλασιασμό της ένδειξης του οργάνου με ένα συντελεστή διόρθωσης με βάση τη θερμοκρασία.

16.2. Μέτρηση Χημικός Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD)

Το χημικός απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση του συνόλου των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στο νερό και που μπορούν να οξειδωθούν με ισχυρό χημικό οξειδωτικό μέσο.

Ο προσδιορισμός του COD έχει ιδιαίτερη αξία για νερά και απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, οι οποίες σκοτώνουν τους μικροοργανισμούς και εμποδίζουν τον προσδιορισμό του βιοχημικός απαιτούμενου οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand, BOD). Έτσι μόνο με το COD ή τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού άνθρακα (Total Organic Carbon, TOC), μπορεί να προσδιοριστεί η ολική φόρτιση ενός αποβλήτου σε οργανικές ενώσεις.

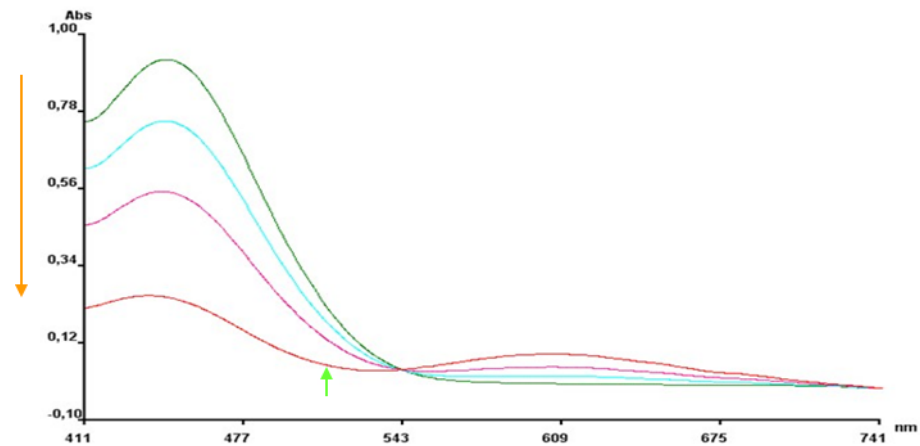
Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (Dissolved Oxygen, DO) στο νερό αλλά και στα λύματα (mg/l) συσχετίζεται άμεσα με το οργανικό τους φορτίο καθώς τα συστατικά που περιέχουν καταναλώνουν οξυγόνο για να σταθεροποιηθούν, ενώ παράλληλα απαιτείται και για την πραγματοποίηση κάθε αερόβιας δράσης.

Το COD όπως και το BOD αποτελούν σημαντικούς περιβαλλοντικούς δείκτες και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του επιπέδου ρύπανσης των αποδεκτών αλλά και του οργανικού ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων. (Ευάγγελος γ. Φουντουκίδης, Δρ. Χημικός μηχανικός, 2008)



16.2.1. Φωτομετρική Μέθοδος Προσδιορισμού χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου

Το δείγμα θερμαίνεται για 2 ώρες στους 148 οC (ή για 30 λεπτά στους 160 οC) παρουσία περίσσειας διχρωμικού καλίου και θεικού αργύρου ως καταλύτη σε ισχυρά όξινο περιβάλλον (πυκνό θειικό οξύ). Η οργανική ύλη του δείγματος ανάγει ένα μέρος του διχρωμικού καλίου, ενώ η περίσσεια διχρωμικού προσδιορίζεται φωτομετρικά με μετρήσεις της απορρόφησης των ιόντων εξασθενούς χρωμίου στα 436 nm τόσο στο τυφλό (δείγμα ελέγχου) όσο και στο δείγμα. Τα ιόντα χρωμίου ανάγονται από Cr(VI) σε Cr(III) με πρόσληψη ηλεκτρονίων που απελευθερώνονται από τις αντιδράσεις οξείδωσης των οργανικών ενώσεων του δείγματος.



Σχήμα 20.

Φάσματα απορρόφησης μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης από το διχρωμικό κάλιο (K₂Cr₂O₇). Τα διαφορετικά φάσματα αντιστοιχούν σε δείγματα με διαφορετική τιμή COD.

Στη φωτομετρική μέθοδο η συγκέντρωση των εξασθενών ιόντων Cr(VI) που καταναλώθηκαν κατά την αντίδραση οξειδοαναγωγής προσδιορίζεται με μετρήσεις της απορρόφησης του τυφλού και του δείγματος, ενώ με περαιτέρω υπολογισμούς μπορεί να υπολογισθεί και η συγκέντρωση του οξυγόνου που καταναλώθηκε (COD).

Τα εξασθενή ιόντα χρωμίου Cr(VI) εμφανίζουν ισχυρή απορρόφηση στην περιοχή των 400 nm (πορτοκαλί χρώμα), όπου η απορρόφηση των τρισθενών ιόντων χρωμίου είναι αμελητέα. Αντίθετα, στην περιοχή των 600 nm τα τρισθενή εμφανίζουν ισχυρή απορρόφηση (κυανοπράσινο χρώμα) ενώ τα εξασθενή σχεδόν μηδενική.

(Ευάγγελος γ. Φουντουκίδης, Δρ. Χημικός μηχανικός, 2008)



Σχήμα 21.

Μεταβολή του χρώματος του δείγματος, μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης από το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$), σε σχέση με την τιμή του COD. Από αριστερά προς τα δεξιά: 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.5 g/L O_2 .

16.3. Άζωτο (NH)

Το άζωτο, ένα από τα κυριότερα συστατικά του ζωντανού πρωτοπλάσματος επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων αφού αποτελεί το 1-10% του βάρους των φυτών και περισσότερο από 20-30% του βάρους των ζώων.

Το άζωτο υπάρχει στο νερό ως:

1. Διαλυμένο αέριο άζωτο
2. άζωτο δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, ουρία κ.ά.
3. αμμωνία, κυρίως ως αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+ και NH_4OH^-)
4. νιτρώδη ιόντα
5. νιτρικά ιόντα

Το άζωτο είναι βασικό στοιχείο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και οι γνώσεις για τη μορφή με την οποία βρίσκεται στα απόβλητα καθώς επίσης και οι συγκεντρώσεις του σε οποιαδήποτε μορφή, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Το ολικό άζωτο (Total Nitrogen, TN) κατανέμεται σε ανόργανο άζωτο (Total Inorganic Nitrogen, TIN) το οποίο περιλαμβάνει τα νιτρώδη (NO^*) και τα νιτρικά (NO^*) άλατα και σε οργανικό άζωτο (Total Organic Nitrogen, TON). Στο οργανικό άζωτο ανήκει η αμμωνία στην αέρια μορφή (NH^*) ή στην ιοντική της μορφή (NH^*), ή ούρια (NH^*CONH^*) και το άζωτο των πρωτεϊνών. Το αμμωνιακό και το οργανικό άζωτο αποτελούν το άζωτο Kjeldahl (TKN).

Το οργανικό κλάσμα του αζώτου, το οποίο βρίσκεται στα απόβλητα σε διαλυτή ή σωματιδιακή μορφή, αποτελείται κυρίως από αμινοξέα, αμινοσακχαρίτες, πρωτεΐνες και ουρία (NH^*CONH^*). Ανεπαρκής ποσότητα αζώτου στα αστικά λύματα μπορεί πολλές φορές να επιβάλλει την προσθήκη αζώτου προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία τους. Η κατανομή της αμμωνίας και των αμμωνιακών ιόντων στα υγρά απόβλητα εξαρτάται συνήθως από το pH. Σε απόβλητα με χαμηλό pH κυριαρχεί το άζωτο με τη μορφή των αμμωνιακών ιόντων (NH^*), ενώ σε υψηλότερες τιμές pH κυριαρχεί η αμμωνία (NH^*).

Τα νιτρώδη ιόντα (NO^*) τα οποία είναι ιδιαίτερα τοξικά και αποτελούν δείκτη προϋπάρχουσας ρύπανσης στα φυσικά νερά, σπάνια υπάρχουν σε υψηλή συγκέντρωση στα υγρά απόβλητα. Συνήθως



οξειδώνονται πολύ γρήγορα σε νιτρικά ιόντα (NO^*). Τα νιτρώδη που τυχόν βρίσκονται στις εκροές των Ε.Ε.Λ. οξειδώνονται από το χλώριο κατά την απολύμανση και αυτό οδηγεί στην αύξηση της δόσης του χλωρίου και επομένως και στο κόστος της απολύμανσης. Η υπέρσχυση των νιτρικών (NO^*) ιόντων, τα οποία αποτελούν την πιο οξειδωμένη μορφή αζώτου στα υγρά απόβλητα, υποδηλώνει ότι τα απόβλητα σταθεροποιήθηκαν αναφορικά με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Το αζωτούχο (TKN) ρυπαντικό φορτίο των φρέσκων ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων κυμαίνεται από 35 – 100 mg/l ή 10 gr/κατ. ημ. Οι ευαίσθητοι φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα (δηλαδή N^* 3,0 mg/l) επειδή το άζωτο όπως και ο φωσφόρος σαν θρεπτικά συστατικά, προκαλούν το πρόβλημα του ευτροφισμού και τελικά της αποξυγόνωσης των φυσικών νερών. Ο ευτροφισμός συνίσταται στην υπερβολική αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας μιας υδάτινης μάζας, με δυσμενή αποτελέσματα στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των νερών και της χρήσης της.

Η μέτρηση των TNb πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACHLANGE τεστ σε φιαλίδια (LATON ΟλικόΆζωτο, τεστ σε φιαλίδια 5-40mg/lTNb, Αριθμός προϊόντος: LCK238). Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετρητή της ίδιας εταιρείας: Hachlange DR 2800 στα 340 nm



Σχήμα 22.

Φασματομετρητής Hachlange DR 280

16.4. Φώσφορος (P)

Η συγκέντρωση του φωσφόρου (P) ο οποίος αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών, στα φρέσκα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5 – 30 mg/l. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75% του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25% περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO^* , HPO^* , H^*PO^* , H^*PO^*) διαλυτών ιόντων από 70 – 90 % και πολυφωσφορικών (P^*O^*) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων.

Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω.

Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου 2 – 4 gr/κατ. ημ. Ένα ποσοστό της τάξης του 10% έως 30% της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου απομακρύνεται από τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις



δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα.

Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού που δημιουργεί ο φώσφορος στα επιφανειακά νερά πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα. Η συγκέντρωσή του στην εκροή των Ε.Ε.Λ. καθορίζεται από τον χαρακτηρισμό και τις ωφέλιμες χρήσεις του αποδέκτη όπως ισχύει και για τους άλλους ρύπους. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέγεται είναι άμεσα συνυφασμένη με τον αποδέκτη και τις χρήσεις του.

Σε γενικές γραμμές, όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες, δηλαδή γλυκά επιφανειακά νερά, θεωρείται ικανοποιητική η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα 2,0 mg/l. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95%.

Η μέτρηση των PO₄ πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LCK350 Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά, τεστ σε φιαλίδια 2.0-20.0mg/IPO₄-P, Αριθμός προϊόντος: LCK350). Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετρητή της ίδιας εταιρείας: στα 800 nm

16.5. Μέτρηση νιτρικού (NO₃)

Η μέτρηση των νιτρικών (Nitrate) NO₃- πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LCK339 Νιτρικά, τεστ σε φιαλίδια 0.23-13.5mg/INO₃-N, Αριθμός προϊόντος: LCK3). Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετρητή της ίδιας εταιρείας: Hachlange DR 2800 στα 340 nm.

16.6. Θολότητα

Η Θολότητα στα υγρά εμφανίζεται από τα αιωρούμενα και αδιάλυτα σωματίδια. Η μονάδα μέτρησης καθιερώθηκε από το ISO Standard και είναι: FNU (Formazine Nephelometric Unit) και από το EPA: NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Η σχέση FTU και NTU είναι η εξής: 1 FTU = 1 NTU.

Στην επεξεργασία νερού, η παρακολούθηση του επιπέδου της θολότητας καθορίζει την σωστή φίλτραση στα διάφορα στάδια της διαδικασίας. Στο πόσιμο νερό, η μέτρηση της θολότητας είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού, καθώς οι απαιτήσεις για πολύ χαμηλά επίπεδα θολότητας καθιστούν απαραίτητη την μέτρησή της με ηλεκτρονικά όργανα.

16.7. Ολικά αιωρούμενα στερεά – Total suspended solids (TSS)

Με τον όρο ολικά αιωρούμενα στερεά ορίζεται το κλάσμα των ολικών στερεών τα οποία συγκρατούνται στην επιφάνεια ενός φίλτρου με μέγεθος πόρων 0,45 μm. Η διαδικασία μέτρησης συνίσταται στην διήθηση του δείγματος με συσκευή διήθησης υπό κενό χρησιμοποιώντας προζυγισμένο ξηρό φίλτρο χαμηλής περιεκτικότητας σε τέφρα (συνήθως από ίνες υάλου μεγέθους πόρων 0,45μm).

Για τη διαδικασία αυτή απαιτείται η διήθηση συγκεκριμένου όγκου δείγματος, το δε φίλτρο μετά τη διήθηση ξεραίνεται, ψήχεται και ζυγίζεται εκ νέου. Η διαφορά βάρους του φίλτρου πριν και μετά τη διήθηση ανάγεται στα mg αιωρούμενων στερεών ανά λίτρο δείγματος που διηθήθηκε. Η διαδικασία μέτρησης των αιωρούμενων στερεών είναι απλή, οικονομική και διαρκεί περίπου δύο ώρες.

Τα αποτελέσματα της μέτρησης των αιωρούμενων στερεών δίνουν πληροφορίες για τη ποσότητα των στερεών ενός δείγματος που μπορεί να απομακρυνθεί με διαδικασίες καθίζησης, επίπλευσης ή διήθησης



17. Παράγοντες παρακολούθησης

17.1. Συστήματα επεξεργασίας γκρι και μαύρου νερού

Στο χώρο του ΤΕΙΚ και συγκεκριμένα του υπεργολάβου ΕΔΣΥΥΑ μεταφέρθηκαν, εγκαταστάθηκαν και λειτούργησαν έξι μονάδες επεξεργασίας νερού. Αναλυτικότερα, για την επεξεργασία των μαύρων νερών εγκαταστάθηκαν τρεις διαφορετικές μονάδες επεξεργασίας:

1. μια compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού Bio-kinetic,
2. μια compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού Biogrock 5 και
3. μια compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού Advantex-10.

Οι μονάδες επεξεργασίας των μαύρων νερών δέχονται πρωτοβάθμια επεξεργασμένα αστικά λύματα από την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) Ηρακλείου που εισέρχονται στο ΤΕΙΚ με ειδικό αγωγό.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτής της διαδικασίας προτάθηκαν να εγκατασταθούν στην κεντρική πειραματική μονάδα ένα σύστημα AdvanTex AX-10 για την επεξεργασία των μαύρων νερών για περαιτέρω παρακολούθηση.

Αντίστοιχα, για τα γκρι νερά μεταφέρθηκαν και συνδέθηκαν στις εγκαταστάσεις του ΤΕΙΚ

1. μια compact μονάδα Bio-kinetic,
2. μια compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού Biogrock 5 και
3. μια compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού Advantex-20. Παράλληλα λειτούργησε και μελετήθηκε ένα υπάρχον σύστημα επεξεργασίας γκρι νερών με βιο-αντιδραστήρα μεμβρανών υπερδιήθησης Siclaro 611.

Για την τροφοδοσία των μονάδων χρησιμοποιήθηκε συνθετικό γκρι νερό. Έπειτα, έγιναν δοκιμές και δειγματοληπτικοί έλεγχοι στην είσοδο και έξοδο των συστημάτων για την παρακολούθηση της απόδοσης τους ως προς το βαθμό επεξεργασίας.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτής της διαδικασίας προτάθηκαν να εγκατασταθούν στην κεντρική πειραματική μονάδα, μια μεμβράνη υπερδιήθησης (MBR) με χλωριωτή για την επεξεργασία των γκρι νερών.



Σχήμα 23.

Δεξαμενή Μεμβράνης Υπερδιήθησης.



17.1.1. Μεμβράνες

Μια σχετικά νέα τεχνολογία πολύ υποσχόμενη είναι εφαρμογή των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων και κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων διεργασιών αλλά με ένα βασικό μειονέκτημα το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Οι μεμβράνες κατασκευάζονται συνήθως από οξική κυτταρίνη (rayon) ή από ιδιοσκευάσματα πολυμερών όπως τα πολυαμίδια. Κάθε μεμβράνη παρουσιάζει βέλτιστες τιμές απόδοσης σε ορισμένο εύρος θερμοκρασίας, pH και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός υγρού, γεγονός που απαιτεί πειραματικά στοιχεία για την επιλογή της. Ενδεικτικά, στις μεθόδους διαχωρισμού στερεών με μεμβράνες αναφέρεται η μικροδιήθηση (MF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,05 – 2,0 μm, η υπερδιήθηση (UF), με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 2,0 – 0,05 μm, και η νανοδιήθηση (NF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,5 – 2,0 nm. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη ώσμωση (RO) θεωρητικά δεν έχουν πόρους.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης μεμβρανών κατά την τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι:

1. ο μεγάλος βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου και διαλυτών αλάτων, ενώ τα σημαντικότερα μειονεκτήματα τα οποία περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή της, είναι:
 1. το υψηλό κόστος των διατάξεων
 2. το υψηλό κόστος λειτουργίας που οφείλεται κυρίως στις μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας για την επίτευξη της απαιτούμενης υπερπίεσης
 3. οι απαιτήσεις για τακτικές αντικαταστάσεις ή καθαρισμό των μεμβρανών,
 4. η δυσκολία και το υψηλό κόστος στην επεξεργασία και διάθεση του παραγόμενου πυκνού διαλύματος.

Το διάλυμα αυτό αντιπροσωπεύει σε όγκο το 20 – 25% του αρχικά διηθούμενου υγρού, ενώ η περιεκτικότητά του σε διαλυτά άλατα είναι περίπου τετραπλάσια της αρχικής γεγονός που καθιστά δυσχερή την τελική του διάθεση.

17.1.2. Βιοαντιδραστήρες Μεμβρανών – Mbr

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές της τεχνολογίας μεμβρανών στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Οι μεμβράνες αποτελούν εναλλακτική λύση ως προς τις κλασικές βιολογικές και φυσικοχημικές μεθόδους επεξεργασίας, όπως η καταβύθιση ή χημική καθίζηση, η συσσωμάτωση, ο αερισμός και η προσρόφιση. Οι κλασικές μέθοδοι παρουσιάζουν περιορισμένη δυνατότητα για πλήρη απορρύπανση των υγρών αποβλήτων και ιδιαίτερα μειωμένα χαρακτηριστικά ανάκτησης και ανακύκλωσης στην παραγωγική διαδικασία χρήσιμων χημικών μέσων και νερού καλής ποιότητας. Η μέθοδος διήθησης που χρησιμοποιείται περισσότερο στην τεχνολογία περιβάλλοντος είναι η υπερδιήθηση. Οι περισσότερες εφαρμογές βιοαντιδραστήρων με διήθηση διαμέσου μεμβρανών έχουν γίνει με την χρήση μεμβρανών υπερδιήθησης.

Οι μεμβράνες είναι γενικά ανθεκτικές στο ενεργό χλώριο σε συγκέντρωση μέχρι 1.000 mg/L. Αυτό δίνει τη δυνατότητα της απολύμανσης πριν από τη επεξεργασία για καλύτερο μικροβιακό έλεγχο. Ακόμη είναι ανθεκτικές και σε όλα τα τυπικά οξειδωτικά που χρησιμοποιούνται. Αυτό σημαίνει ότι είναι αδύνατο να γίνει χλωρίωση πριν από την επεξεργασία. Εκτός εάν συμπεριληφθεί στάδιο απομάκρυνσης του χλωρίου με ενεργό άνθρακα (AC) είτε με τη χρήση όξινου θειώδους νατρίου. Η αντοχή στο χλώριο βοηθάει στην εύκολη απολύμανση της μεμβράνης. Η μεμβράνη είναι ανθεκτική στις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται συνήθως σε αυτήν τη μορφή επεξεργασίας.

17.1.3. Σύστημα βιολογικού καθαρισμού ADVANTECH AX-10

Το σύστημα βιολογικού καθαρισμού στηρίζεται στην τεχνολογία των φίλτρων προσκολλημένης βιομάζας (trickling filters), όπου μέσω της παροχής, το εισερχόμενο μαύρο νερό προεπεξεργάζεται σε



σηπτική δεξαμενή και αντλείται στο compact σύστημα βιολογικού καθαρισμού ADVANTECH AX-10, αφού διοχετευθεί μέσα από κατάλληλο φίλτρο-κόσκινο για την απομάκρυνση των στερεών.



Σχήμα 24.

Βιολογικό φίλτρο προσκολλημένης βιομάζας.

17.2. Επεξεργασία γκρι και μαύρου νερού

Τα συστήματα επεξεργασίας των γκρι και μαύρων νερών εφόσον συνδέθηκαν με τις αποχετεύσεις των τεσσάρων διαμερισμάτων, επεξεργάζονται τα νερά και τα διαθέτουν για επαναχρησιμοποίηση στην τουαλέτα (καζανάκι) αλλά και για την άρδευση του φυτεμένου δώματος.

Το σύστημα επεξεργασίας για τα γκρι νερά εγκαταστάθηκε σε επιφάνεια 10m² και αποτελείται από μια δεξαμενή συλλογής των 5m³, ένα προφίλτρο αγροτικού τύπου, μια δεξαμενή 2.7m³ στην οποία βρίσκεται μέσα η μεμβράνη υπερδιήθησης, ένας αναλογικός χλωριωτής ξηρών ταμπλετών LF1000, μια δεξαμενή καθαρών 1m³ μέσα στην οποία υπάρχει μια αντλία διάθεσης καθαρών νερών.

Στην αποχέτευση των γκρι νερών έχει τοποθετηθεί ένα ταφ με δυο βάνες. Η πρώτη βάνα ελέγχει την ροή των γκρι νερών προς την κεντρική αποχέτευση/βόθρος και η δεύτερη βάνα ελέγχει την ροή προς το σύστημα επεξεργασίας. Κάτι ανάλογο έχει γίνει και με μαύρα νερά.

Από την δεξαμενή συλλογής καθαρού νερού με την χρήση αντλίας και πιεστικού τα επεξεργασμένα γκρι νερά διοχετεύονται στα καζανάκια της τουαλέτας και στο φυτεμένο δώμα προς άρδευση.

Για την εγκατάσταση του συστήματος των μαύρων νερών χρειάστηκε επιφάνεια περίπου 8m² και αποτελείται από τρεις δεξαμενές του 1m³. Η πρώτη είναι σηπτική δεξαμενή στην οποία βρίσκεται ένα φίλτρο-κόσκινο RT μέσω του οποίου τα υγρά λύματα οδηγούνται στη δεξαμενή επανακυκλοφορίας. Από αυτήν τη δεξαμενή με άντληση τροφοδοτούν το σύστημα advantex, επεξεργάζονται και από εκεί οδηγούνται στον αναλογικό χλωριωτή ξηρών ταμπλετών LF1000 και στην συνέχεια στην δεξαμενή των επεξεργασμένων μαύρων λυμάτων.



18. Δειγματοληπτικός έλεγχος

Έγινε παρακολούθηση της ποιότητας των γκρι και μαύρων νερών πριν και μετά την επεξεργασία για μια σειρά από παραμέτρους όπως : pH, Ηλεκτρική αγωγιμότητα, Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο, Ολικά αιωρούμενα στερεά, άζωτο, φώσφορος, ανιονικά επιφανειοδραστικά, θολότητα, ολικά κολοβακτηρίδια και *Escherichia coli* που καθορίζουν την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τους για διαφορετικές χρήσεις με βάση την ελληνική και τη διεθνή νομοθεσία. Η δειγματοληψία γινόταν σε καθημερινή βάση τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο κατά τις πρωινές ώρες όπου τα βαρέλια της δειγματοληψίας ήταν ρυθμισμένα να συμπληρώνονται με νέο δείγμα και μετά την συλλογή αδειάζονταν στην αποχέτευση ώστε να μην σμίγονται τα νερά της κάθε μέρας και να υπάρχει νέα μέτρηση κατά της φυσικοχημικές αναλύσεις στο εργαστήριο. Η όλη διαδικασία της δειγματοληψίας, των φυσικοχημικών αναλύσεων και η καταγραφή των αποτελεσμάτων διαρκούσε 3 ώρες.



Σχήμα 25.

Σημείο δειγματοληψίας επεξεργασμένων μαύρων νερών.

18.1. Ποιότητα - Παρακολούθηση Εκροής

18.1.1. Δοκιμή, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης γκρι νερού

Μετά από την εγκατάσταση των συστημάτων επεξεργασίας υπήρξε συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας της εισροής και εκροής. Έγινε παρακολούθηση της ποιότητας των νερών πριν και μετά την επεξεργασία για μια σειρά από παραμέτρους όπως : pH, Ηλεκτρική αγωγιμότητα, Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο, Ολικά αιωρούμενα στερεά, άζωτο, φώσφορος, ανιονικά επιφανειοδραστικά, θολότητα, ολικά κολοβακτηρίδια και *Escherichia coli*.





Σχήμα 26.

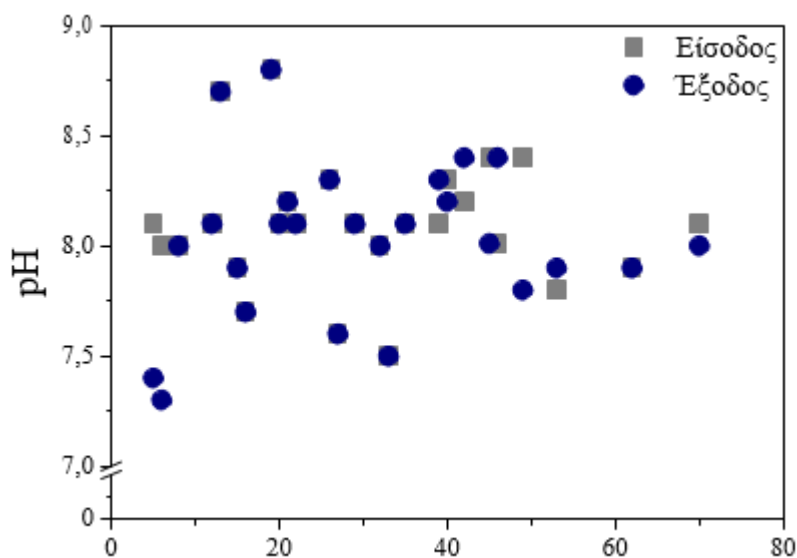
Δεξαμενή επεξεργασμένων μαύρων νερών. (καθαρά)

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η ποιότητα της εκροής των συστημάτων επεξεργασίας στην πειραματική μονάδα.

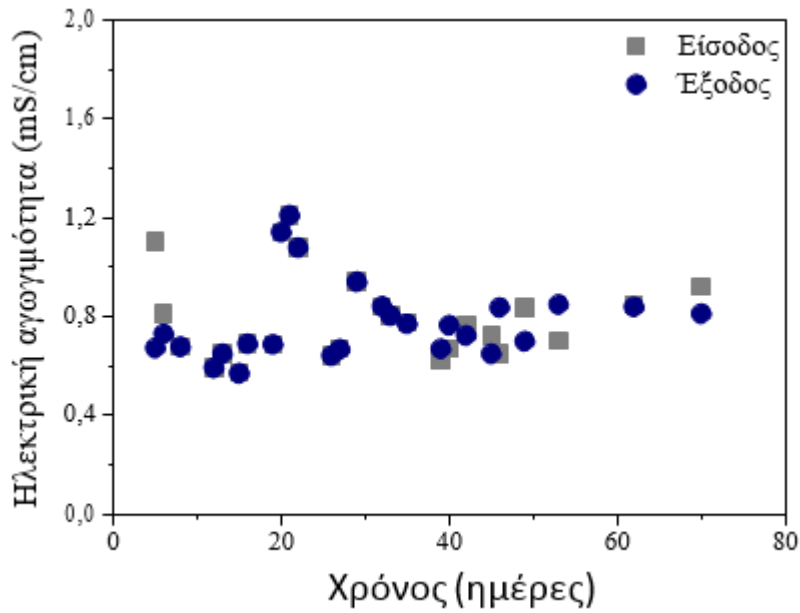
Πίνακας 1.

Παράμετρος	Γκρι νερά	Μαύρα νερά	Περιορισμένη άρδευση	Απεριόριστη άρδευση
pH	8.0 ± 0.4	7.4 ± 0.4	-	-
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	0.8 ± 0.2	0.9 ± 0.2	-	-
Θολότητα (NTU)	4 ± 2	-	-	<2
Αιωρούμενα Στερεά	35 ± 27	39 ± 18	35	<10 για το 80%
ΧΑΟ (mg/l)	98 ± 59	65 ± 17	125	-
Άζωτο	10 ± 5	64 ± 30	15	15
Φώσφορος	0.1 ± 0.1	18 ± 4	2	2
Τασιενεργά	1.8 ± 1.3	-	-	-
E.coli (number/100ml)	<1	<1	<200	<5
Total coliforms (MPN/100ml)	1.8 ± 1.1	8.4 ± 5.2	-	-

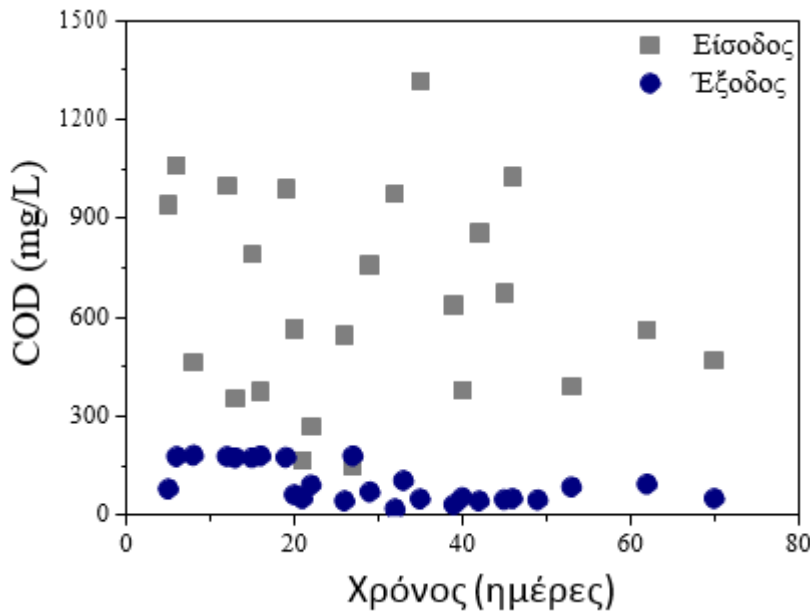
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:



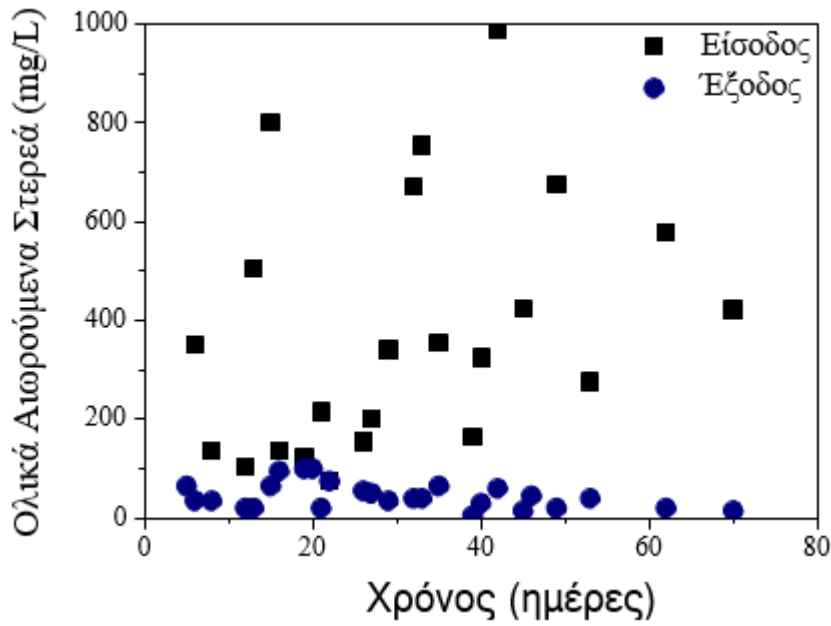
Διάγραμμα 1. Μεταβολή του pH κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.



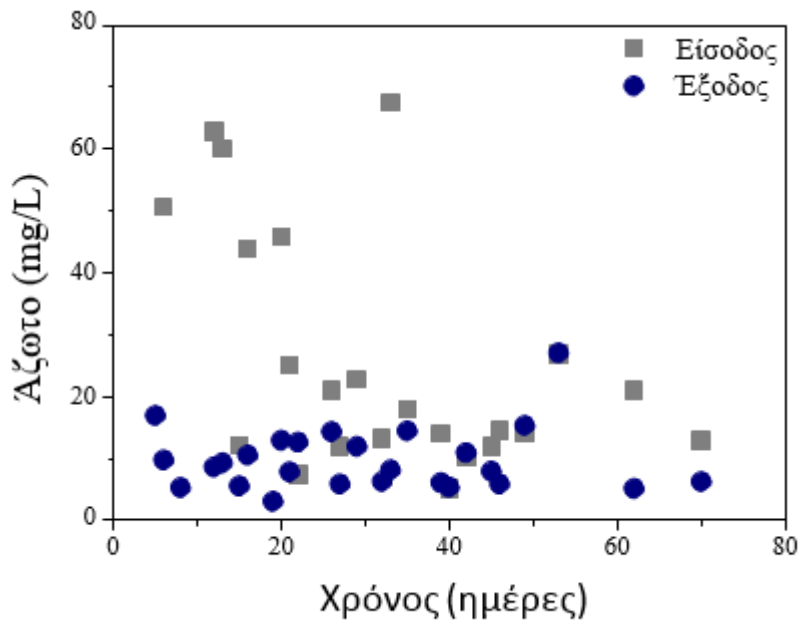
Διάγραμμα 2. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.



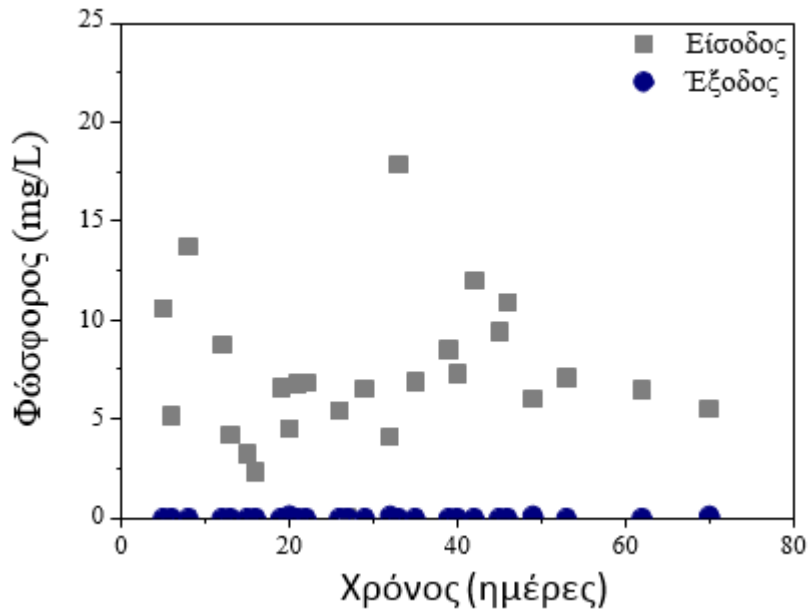
Διάγραμμα 3. Μεταβολή του COD κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού



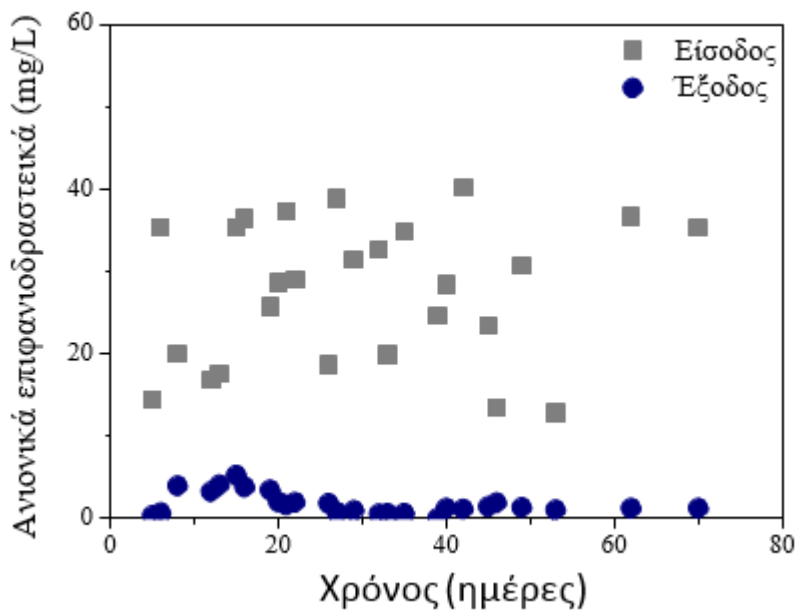
Διάγραμμα 4. Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.



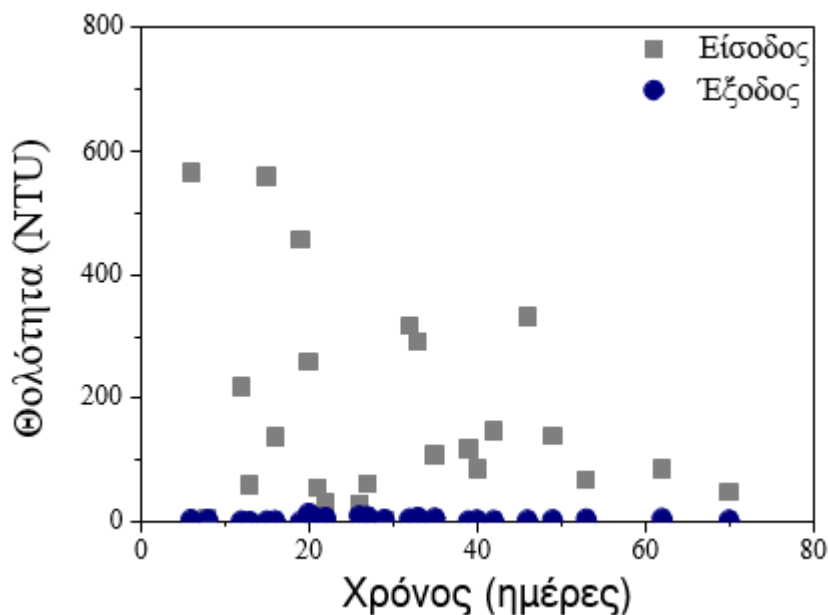
Διάγραμμα 5. Μεταβολή του αζώτου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.



Διάγραμμα 6. Μεταβολή του φωσφόρου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.



Διάγραμμα 7. Μεταβολή των τασιενεργών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.

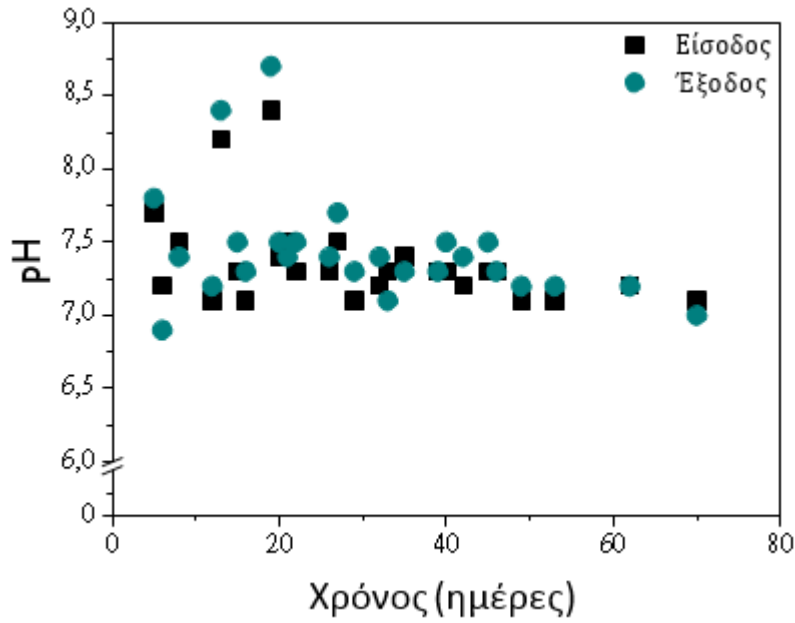


Διάγραμμα 8. Μεταβολή της θολότητας κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας γκρι νερού.

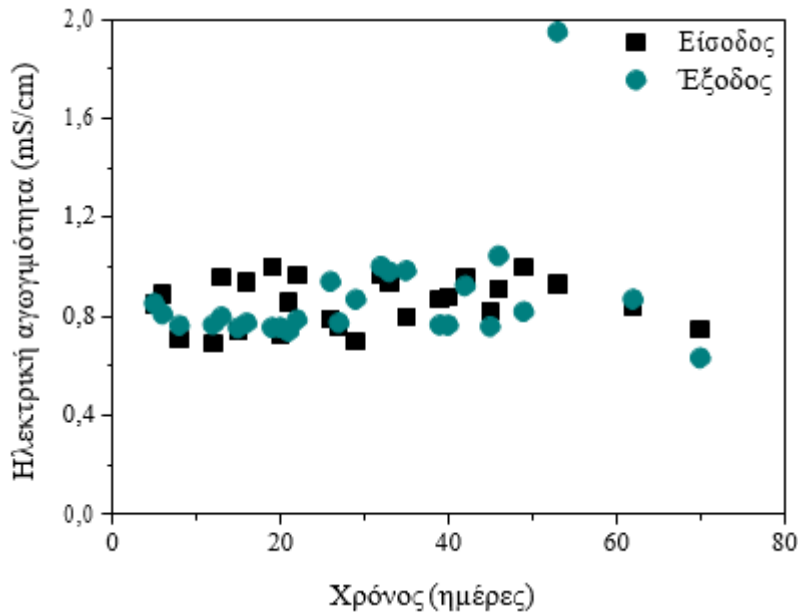
18.1.2. Δοκιμή, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης μαύρου νερού

Μετά από την εγκατάσταση των συστημάτων επεξεργασίας υπήρξε συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας της εισροής και εκροής. Έγινε παρακολούθηση της ποιότητας των νερών πριν και μετά την επεξεργασία για μια σειρά από παραμέτρους όπως : pH, Ηλεκτρική αγωγιμότητα, Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο, Ολικά αιωρούμενα στερεά, άζωτο, φώσφορος, ανιονικά επιφανειοδραστικά, θολότητα, ολικά κολοβακτηρίδια και Escherichia coli.

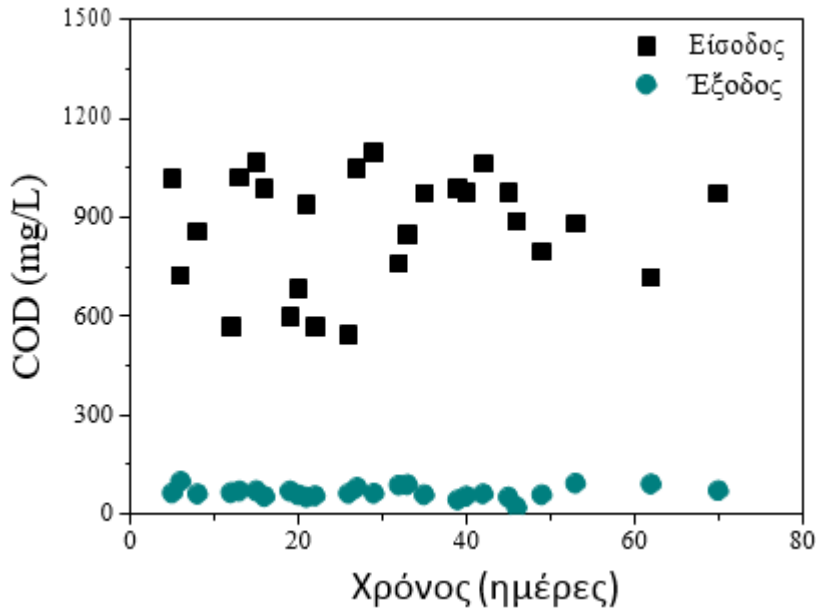
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:



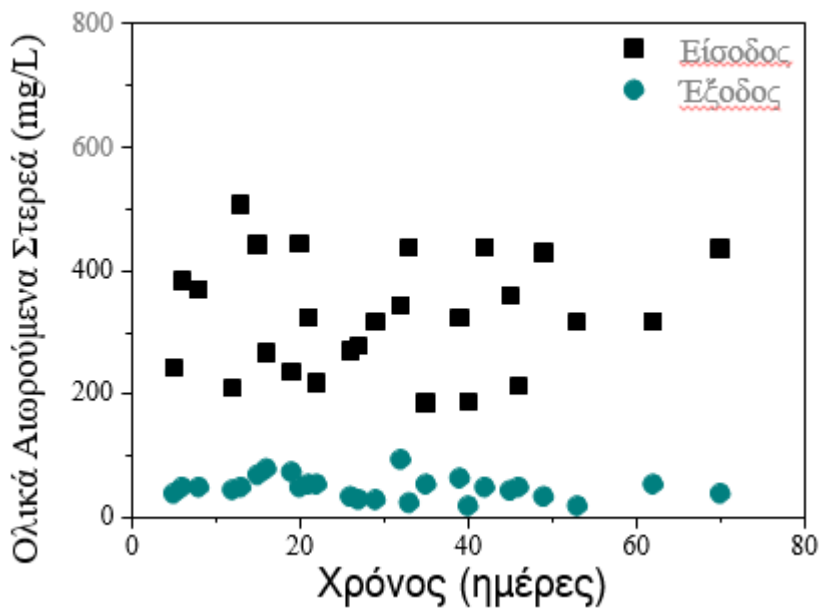
Διάγραμμα 9. Μεταβολή του pH κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



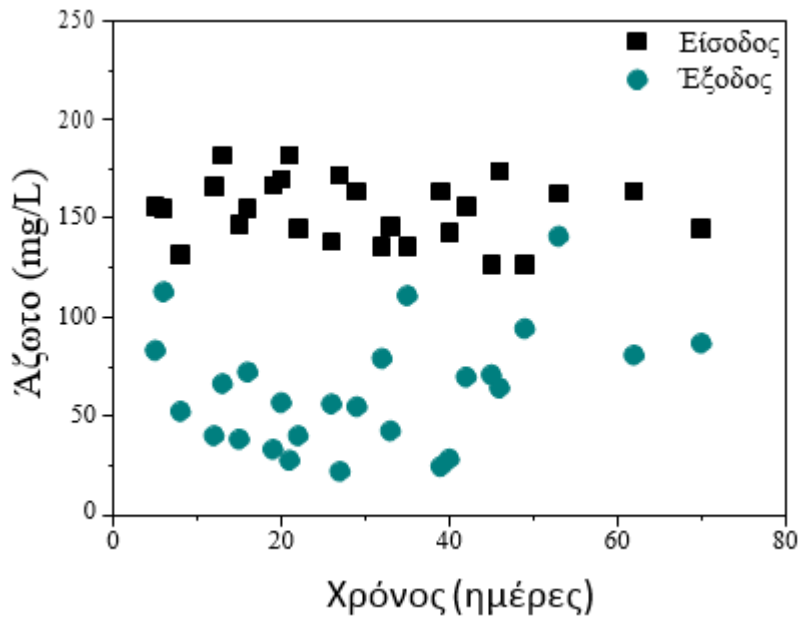
Διάγραμμα 10. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



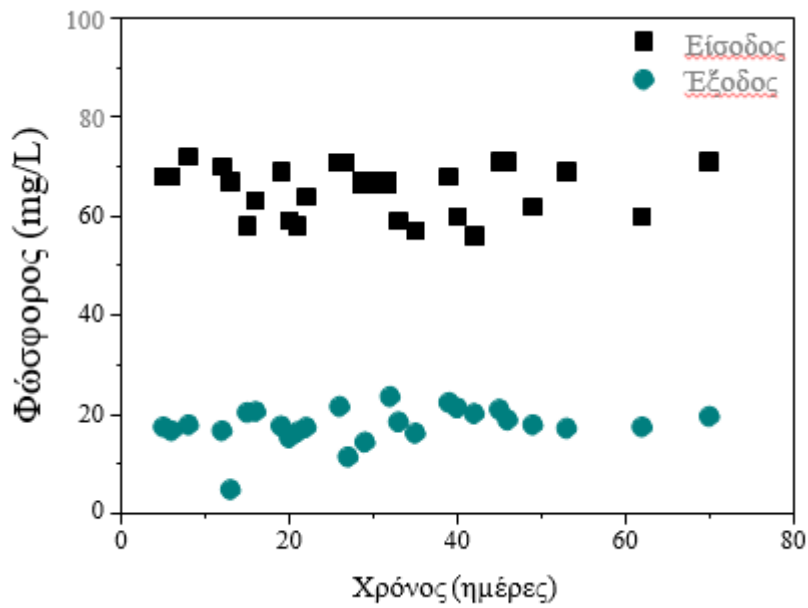
Διάγραμμα 11. Μεταβολή του COD κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



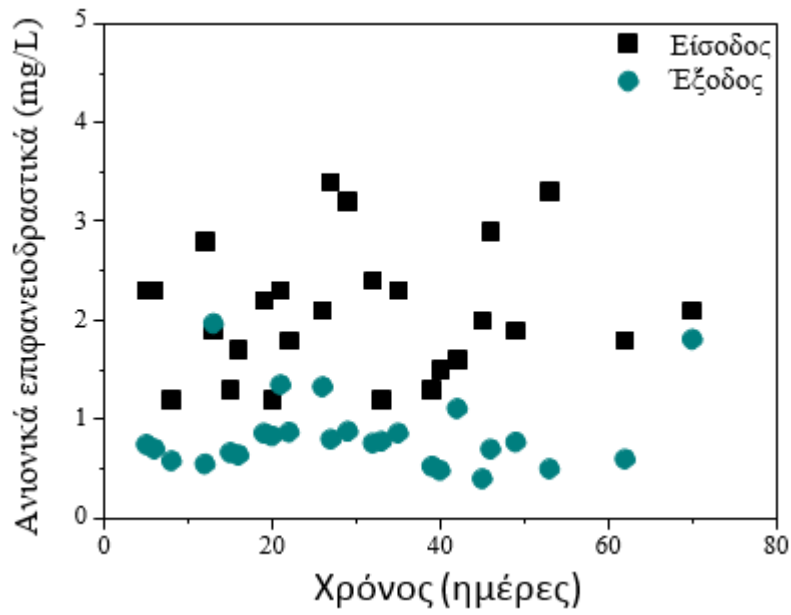
Διάγραμμα 12. Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



Διάγραμμα 13. Μεταβολή του αζώτου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



Διάγραμμα 14. Μεταβολή του φωσφόρου κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



Διάγραμμα 15. Μεταβολή των τασιενεργών κατά την διάρκεια λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας μαύρου νερού.



19. Αποτελέσματα

19.1. Γκρι Νερά

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι τα συστήματα επεξεργασίας που τοποθετήθηκαν στην πειραματική μονάδα επιτυγχάνουν αποτελεσματική απομάκρυνση του μικροβιακού φορτίου. Σύμφωνα με την ελληνική Νομοθεσία (ΦΕΚ 354/2011) για αστική χρήση των επεξεργασμένων νερών θα πρέπει ο μικροβιακός δείκτης να είναι <2 για το 80% των δειγμάτων και <20 για το 95% των δειγμάτων.

Σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους που εξετάστηκαν η εκροή των γκρι νερών πληροί τα απαραίτητα κριτήρια για απεριόριστη άρδευση. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχει νομοθεσία για επαναχρησιμοποίηση νερών εντός της οικίας (καζανάκι) σε αντίθεση με πολλές χώρες παγκοσμίως (ΗΠΑ, Ιαπωνία, Ισραήλ, Αυστραλία κλπ).

19.1.1. Επαναχρησιμοποίηση γκρι νερού στα καζανάκια

Στην πειραματική μονάδα διερευνήθηκε για πρώτη φορά η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης γκρι νερού εντός της οικίας και συγκεκριμένα στα καζανάκια της τουαλέτας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων γκρι νερών σε παγκόσμιο επίπεδο για επαναχρησιμοποίηση στο καζανάκι της τουαλέτας. Τα χαρακτηριστικά αυτά ποικίλουν από <20 έως <2 NTU για τη θολότητα και από <100 έως <1 MPN/100ml για τα E. coli.

Τα επεξεργασμένα γκρι νερά της παρούσας μελέτης ικανοποιούν όλα τα κριτήρια για την Αγγλία και το Ισραήλ. Για την Αυστραλία και την Καλιφόρνια τα όρια για τη θολότητα και τα αιωρούμενα στερεά είναι μικρότερα. Η τιμή του BOD που απαιτείται από τις Αυστραλιανές οδηγίες δεν μετρήθηκε στη παρούσα εργασία. Σημειώνεται ωστόσο ότι τα όρια στην Αυστραλία επιτρέπουν τη χρήση του νερού και σε πλυντήρια επομένως είναι πολύ αυστηρά.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά γκρι νερού για επαναχρησιμοποίηση στα καζανάκια

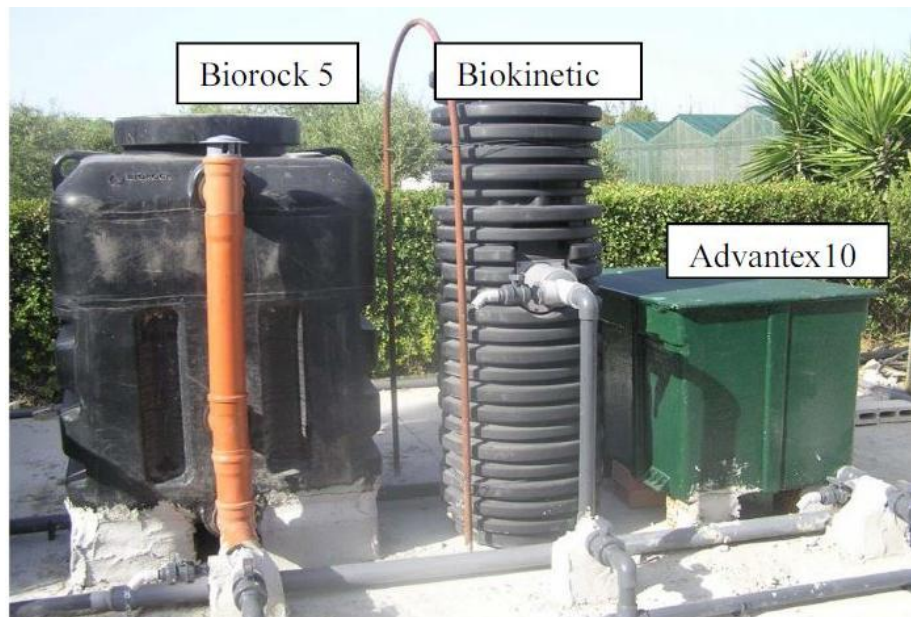
Παράμετρος	1 Αγγλία	2 Αυστραλία	3 ΗΠΑ	4 Ισραήλ	Παρούσα μελέτη
pH	5.0-9.5	6.5-8.5	-	-	8.0
Θολότητα (NTU)	<10	<2 (95%) <5 (max)	<2 (μεσ.) <5 (μεγ.)	<20 (mean<10)	4.0 (μεσ.) 9.9 (μεγ.)
BOD (mg/l)	-	<10	-	-	-
TSS (mg/l)	-	<10	-	-	35
E.coli (number/100ml)	<25	<1	<100	<400 (mean <100)	<1
Total coliforms (MPN/100ml)	-	-	<2.2 (μεσ.) <23 (μεγ.)	-	1.8 (μεσ.) 18 (μεγ.)
Εφαρμογή	Καζανάκι	Καζανάκι/ Πλυντήριο	Καζανάκι	Καζανάκι	Καζανάκι

1British standards Institute BS8525-2-2011 [39], 2Government of Western Australia [40], 3California Title 22, 4SI-6147.



19.2. Μαύρα νερά

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι τα συστήματα επεξεργασίας που τοποθετήθηκαν στην πειραματική μονάδα επιτυγχάνουν αποτελεσματική απομάκρυνση του μικροβιακού φορτίου. Σύμφωνα με την ελληνική Νομοθεσία (ΦΕΚ 354/2011) για αστική χρήση των επεξεργασμένων νερών θα πρέπει ο μικροβιακός δείκτης να είναι <2 για το 80% των δειγμάτων και <20 για το 95% των δειγμάτων. Σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους που εξετάστηκαν στην εκροή για τα μαύρα νερά δεν επιτυγχάνονται τα κριτήρια όσο αφορά το άζωτο. Σημειώνεται ότι για πληθυσμό <50 κατοίκους (πχ πολυκατοικία) δεν απαιτείται άδεια για επαναχρησιμοποίηση σε περίπτωση υπεδάφιας διάθεσης.



Σχήμα 27.

Συστήματα επεξεργασίας μαύρων νερών



20. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων αναδεικνύεται το γεγονός ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των αντλιών της εγκατάστασης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας ο οποίος συντελεί στις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που προκαλεί η επεξεργασία του μαύρου και γκρι ύδατος. Αξιοσημείωτη είναι η τιμή των 3,02 kg CO₂ ανά m³ επεξεργασμένου ύδατος, η οποία συνιστά το ανθρακικό αποτύπωμα της εγκατάστασης Holistic. Ως μέτρο βελτίωσης της περιβαλλοντικής απόδοσης της εγκατάστασης Holistic προτείνεται η ηλεκτροδότησή της από φωτοβολταϊκό πάνελ.



Σχήμα 28.

Φωτοβολταϊκό πάρκο παραγωγή ενέργειας για υδροδότηση γηπέδων ποδοσφαίρου στις εγκαταστάσεις της πανεπιστημιούπολης του Πανεπιστημίου Κύπρου.



21. Συζήτηση

Το όλο αντικείμενο της πτυχιακής ήταν μετά από την μελέτη και την λειτουργία να δείξει πως είναι εφικτή η εξοικονόμηση νερού με την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος. Αυτό όμως οδήγησε στην εμφάνιση νέων προβλημάτων που οδήγησαν στην περαιτέρω αναβάθμιση του συστήματος.

Αυτά τα προβλήματα ήταν η ενέργεια και ο τρόπος που μπορεί να οδηγήσει στην εξοικονόμηση της όπου μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Αυτό όμως αυξάνει και το κόστος της όλης εγκατάστασης και επίσης φέρνει στην επιφάνεια ένα άλλο πρόβλημα που στην περίπτωση αυτή είναι ο χώρος που θα εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά αφού δεν υπάρχει επαρκής χώρος στην ταράτσα.

Ένα άλλο πρόβλημα ήταν η οχληρία που προκαλούσε το σύστημα και έτσι έπρεπε να προσαρμοστεί σε ώρες που δεν θα ενοχλούσαν τους ενοίκους και την γύρο περιοχή σε ώρες κοινής ησυχίας είτε τις βραδινές ώρες. Αυτό είναι θέμα του πληροφοριακού συστήματος το οποίο ρυθμίζεται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Ακόμα αντιμετωπίστηκαν προβλήματα στις ηλεκτροβάνες που οδήγησαν σε προβλήματα όπως το μη πότισμα του ταρατσόκηπου που δυσκόλεψε το έργο της συλλογής δειγμάτων αφού δεν γέμιζαν τα βαρέλια συλλογής δειγμάτων και καθυστερούσε η μελέτη. Έτσι έπρεπε να γίνεται πιο συχνή παρακολούθηση και συντήρηση του συστήματος.



Σχήμα 29.

Πράσινο δώμα με φυτεμένα ντόπια φυτά όπως δίκταμο και ρίγανη.



22. Βιβλιογραφία - Πηγές

1. Έκθεση Φυσικού αντικειμένου Holistic για την Ολοκληρωμένη διαχείριση νερού σε αστικά οικιστικά συγκροτήματα
2. Παραδοτέα της έκθεσης του προγράμματος Holistic
3. Ιστοσελίδα Υπεκα www.ypeka.gr/
4. Ιστοσελίδα ΕΛΙΝΥΑΕ <http://www.elinyae.gr/>
5. Ιστοσελίδα <https://envimablog.wordpress.com/2013/04/29/programma-leitourgia-diaxeirisi-ardeysis/>
6. Πτυχιακές εργασίες και Παρουσιάσεις
7. Επεξεργασία Λυμάτων Στη Δημοτική Ενότητα Πεταλούδων Του Δήμου Ρόδου Με Τη Χρήση Ρευστοποιημένης Κλίνης Βιομάζας Υψηλής Φόρτισης - Χατζηκαντής Στέργος 2015.
8. Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο – Υπάρχουσα νομοθεσία στη χώρα μας - Ανδρέου Βασίλειος 2012.
9. Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων υγρών αποβλήτων και υδάτων (DO - BOD - COD - TOC) - Χ. Βασιλάτος
10. Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων – Συστήματα Mbr - Σταυρουλάκης Νικόλαος
11. Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο - Δρ. Θεόδωρος Τριάντης
12. Εργαστηριακές μέθοδοι αποτίμησης ποιότητας νερού & λυμάτων - Ευθύμιος Νταρακάς
13. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων- Ευθύμιος Νταρακάς
14. Επεξεργασία Αγρο-Βιομηχανικών Αποβλήτων Και Απομόνωση Πολυφαινολων Με Τεχνολογία Μεμβρανών - Ζάγκλης Δημήτρης 2012
15. Ανάλυση των πρακτικών διαχείρισης της ζήτησης νερού - Ν. Μαλάμος, Ι. Ναλμπάντης
16. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων - περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων - Άλκηστης- Θεοδώρα Λέκκα 2013
17. Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση σημειώσεις μαθήματος Τμήματος Μηχανολογίας Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης - Μανιός Θ. (2007)
18. Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23/10/2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (L 327 EL 22.12.2000)
19. Βιολογική επεξεργασία λυμάτων, University StudioPress, Θεσσαλονίκη 2009, Ανδρέας Θ. Δεληγιάννης
20. Επεξεργασία λυμάτων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου - Σ. Τσώνης, (2004)
21. Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού, Εκδόσεις Τζιόλα - Μ. Μήτρακας (2001)
22. Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε καλλιέργεια γαρύφαλλου - Σταυρουλάκη Νίκη 2013
23. Μονάδα Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων – Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Εκροών - Ραφαέλλα Βαρνάβα 2014
24. Χρήση αλόφυτων για την επεξεργασία αστικών λυμάτων με τεχνητό υδροβιότοπο υπό-επιφανειακής ροής. - Ζαφείρης Πέτρος 2014
25. Σημειώσεις υγιεινής περιβάλλοντος ΤΕΙ Αθήνας ΣΕΥΠ, Αθήνα 2013, Αρτίν Χατζηκιοσεγιάν Δρ Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ.