



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ
ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ »**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΑΝΔΡΟΥΛΑΚΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ
ΚΟΥΤΑΛΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΦΟΥΝΤΟΥΛΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	6
1.1 Αστικά λύματα.....	6
1.1.1 Προέλευση αστικών λυμάτων.....	6
1.1.2 Παροχή αστικών λυμάτων.....	8
1.1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων.....	9
1.1.4 Προεπεξεργασία των αστικών λυμάτων.....	11
1.2 Υγροβιότοποι.....	12
1.2.1 Φυσικοί υγροβιότοποι.....	13
1.2.2 Υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS).....	13
1.2.3 Συστήματα υποεπιφανειακής ροής (SSF).....	14
1.2.4 Υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VFS).....	15
1.2.5 Τοπογραφία.....	17
1.2.6 Εδαφολογία.....	17
1.2.7 Χρήση γης.....	18
1.2.8 Υδρολογία.....	18
1.2.9 Κλίμα.....	18
1.2.10 Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις.....	19
1.2.11 Δυνατότητες αξιοποίησης επεξεργασμένου νερού και ιλύος.....	20
1.2.12 Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή.....	20
1.3 Βιοδίσκοι.....	20
1.3.1 Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις	22
1.3.2 Δυνατότητες αξιοποίησης επεξεργασμένου νερού και ιλύος.....	22
1.3.3 Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή.....	23
1.4 Χαλικόφιλτρα.....	23
1.5 Βιολογικά φίλτρα.....	25

1.5.1 Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις.....	26
1.5.2 Δυνατότητες αξιοποίησης επεξεργασμένου νερού και ιλύος.....	27
1.5.3 Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή.....	27
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	28
2.1 COD Χρημικά απαιτούμενο οξυγόνο.....	28
2.2 Προσδιορισμός ολικού αζώτου TN.....	29
2.3 Μέτρηση ολικών αιωρούμενων στερεών TSS.....	29
2.4 Περιγραφή συστημάτων.....	30
2.4.1 Υγροβιότοπος ελεύθερης επιφάνειας.....	30
2.4.2 Υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής.....	31
2.4.3 Βιοδίσκος.....	31
2.4.3.1 Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της μονάδας βιοδίσκων.....	31
2.4.4 Χαλκόφιτρα.....	32
2.4.5 Σύστημα Advantex.....	32
2.5 Λειτουργία υβριδικού υγροβιότοπου.....	35
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	36
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41
5.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	42

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο για τον περιορισμό των επιπτώσεων από τη διάθεση τους σε διάφορους αποδέκτες. Με τον ορό λύματα αναφερόμαστε είτε στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) είτε στα υγρά απόβλητα από τις συνήθεις δραστηριότητες μιας πόλης (αστικά λύματα). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν σημαντικά ποσοστά υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε δε τα ονομάζουμε αστικά λύματα αλλά υγρά αστικά απόβλητα. Τα οικιακά λύματα και τα αστικά λύματα παρουσιάζουν συνήθως μικρές μόνο διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά τους και αντιμετωπίζονται ως μια κοινή κατηγορία υγρών αποβλήτων όσον αφορά την επεξεργασία τους.

Το αποχετευτικό δίκτυο οδηγεί τα αστικά λύματα στην εγκατάσταση επεξεργασίας τους. Η επεξεργασία που είναι απαραίτητη εξαρτάται τόσο από την παροχή των λυμάτων όσο και από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διασφαλίζονται για τον αποδέκτη διάθεσης τους. Όταν η παροχή των διατιθέμενων λυμάτων είναι μικρή, είναι δυνατόν να επαρκεί το δυναμικό φυσικού αυτοκαθαρισμού του αποδέκτη και να μην απαιτείται επεξεργασία προκειμένου να μην παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας του αποδέκτη.

Η επεξεργασία των λυμάτων έχει ως στόχο την επιτάχυνση των διεργασιών με τις οποίες επιτυγχάνεται ο καθαρισμός τους στη φύση. Διακρίνουμε δυο κύρια στάδια επεξεργασίας που η πρωτοβάθμια και η δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η πρωτοβάθμια στοχεύει στην αφαίρεση αιωρούμενου υλικού και η δευτεροβάθμια αποβλέπει στην αφαίρεση και του διαλυτού υλικού. Σε μερικές περιπτώσεις ειδικών απαιτήσεων είναι απαραίτητη και περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. τριτοβάθμια επεξεργασία).

Τα τροφοδοτούμενα λύματα διέρχονται από εσχάρες όπου κατακρατώντας διάφορα ευμεγέθη στερεά και στη συνέχεια ακολουθεί ο αμμοσυλλέκτης όπου αφαιρείται η άμμος. Η πρωτοβάθμια καθίζηση αφαιρεί τα καθιζάνοντα

στερεά υπό μορφή πρωτοβάθμιας ιλύος και το υπερκείμενο υγρό αποτελεί την πρωτοβάθμια επεξεργασμένη εκροή. Η εκροή αυτή συνήθως δεν είναι κατάλληλης ποιότητας για διάθεση και έτσι ακολουθεί η δευτεροβάθμια επεξεργασία.

Στα δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα έχει επιτευχθεί σημαντική αφαίρεση οργανικού υλικού (80-85%). Η αφαίρεση αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε διεργασίες αιρούμενης βιομάζας (ενεργός ιλύς) ή προσκολλημένης βιομάζας (αντιδραστήρες με πληρωτικό υλικό ή μέσα επαφής). Κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία προκύπτει βιολογική λάσπη για την οποία απαιτείται (όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της πρωτοβάθμιας λάσπης) κατάλληλη επεξεργασία και διάθεση.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία συμπληρώνεται με την απολύμανση. Όταν το υπολειπόμενο χλώριο δημιουργεί προβλήματα (ψάρια, υδρόβια ζωή, βλάστηση) ακολουθεί αποχλωρίωση πριν από την τελική διάθεση. Σε μερικές περιπτώσεις πάντως η απολύμανση γίνεται χωρίς τη χρησιμοποίηση χλωρίου(π.χ. με όζον ή υπεριώδη ακτινοβολία). Η αφαίρεση θρεπτικών συστατικών (αζώτου και φωσφόρου) απαιτεί εμπλοκή επιπλέον διεργασιών ή σταδίων στη δευτεροβάθμια επεξεργασία ή μπορεί να γίνεται σε περαιτέρω στάδια επεξεργασίας. Για καλύτερη αφαίρεση αιωρούμενων στερεών γίνεται, σε περιπτώσεις, διύλιση των δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία για την αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών είναι επιθυμητή συνήθως όταν η συνιστώσα των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που περιέχουν τα αστικά λύματα είναι αισθητή και στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων (π.χ. στη βιομηχανία, για άρδευση, για αναψυχή). Στη τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να εμπλακούν διεργασίες κροκίδωσης-ιζηματοποίησης και διύλισης ή διεργασίες προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα ή ακόμη και διεργασίες με μεμβράνες.

Στα συστήματα μικρής κλίμακας είναι δυνατό να εφαρμοσθούν όλες οι μέθοδοι διάθεσης που ισχύουν εν γένει για ΕΕΛ. Η υπεδάφια διάθεση ωστόσο λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων επεξεργασίας, είναι πλεονεκτικότερη εξασφαλίζοντας τη συνεχή και αδιάλειπτη διάθεση των λυμάτων στο έδαφος, η οποία δεν επηρεάζεται από μικρές διακυμάνσεις της ποιότητας της εκροής. Σε πολλές περιπτώσεις είναι αναγκαίος ο περιορισμός της απαιτούμενης εδαφικής έκτασης, που μπορεί να εξασφαλισθεί από συστήματα υψηλής υδραυλικής φόρτισης.

Ειδικότερα για τα συστήματα μικρής κλίμακας θα πρέπει πάντα να εξετάζεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων εκροών, κατά κανόνα για άρδευση. Η επαναχρησιμοποίηση προϋποθέτει την υιοθέτηση των απαιτούμενων από την σχετική νομοθεσία ποιοτικών χαρακτηριστικών ώστε να επιτυγχάνεται:

- Προστασία της δημόσιας υγείας. Το επαναχρησιμοποιούμενο νερό θα πρέπει να είναι ασφαλές και η χρήση του να μην εγκυμονεί κινδύνους, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τους παθογόνους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα λύματα.
- Προστασία του περιβάλλοντος. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η αποφυγή ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, καθώς και η προστασία της φυσικής πανίδας και χλωρίδας στην και περί την, αρδευόμενη περιοχή.
- Προστασία των αρδευόμενων φυτών. Θα πρέπει να εξετάζονται ενδεχόμενες δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά που αρδεύονται και στο έδαφος από την παρουσία χημικών ενώσεων και στοιχείων στα λύματα (π.χ βαρέα μέταλλα, νάτριο κλπ.)

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 Αστικά λύματα

1.1.1 Προέλευση αστικών λυμάτων

Στις ημέρες μας θεωρείται απαραίτητη ανάγκη για έναν οικισμό η επάρκεια πόσιμου νερού, η ύπαρξη συστήματος διαχείρισης των παραγομένων αποβλήτων και η διασφάλιση αποδεκτής ποιότητας για το περιβάλλον. Το πόσιμο νερό, που αποτελεί θείο δώρο για τον άνθρωπο, μετατρέπεται μετά από τη χρήση του σε υγρά απόβλητα τα οποία είναι ενοχλητικά.

Εκεί που τελειώνει το δίκτυο ύδρευσης αρχίζει η παραγωγή των υγρών αποβλήτων που τροφοδοτούν το δίκτυο αποχέτευσης. Η απ' ευθείας αποχέτευση (διάθεση) των υγρών αποβλήτων σε ένα φυσικό (συνήθως υδάτινο) αποδέκτη δεν αποτελεί λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα περιέχουν διάφορους τύπους ρύπων που βρίσκονται σε αιωρούμενη ή κολλοειδή ή διαλυτή μορφή. Οι ρυπαντικές ουσίες εγκυμονούν κινδύνους για τους φυσικούς αποδέκτες και η απ' ευθείας διάθεση των υγρών αποβλήτων δε θεωρείται σήμερα αποδέκτη πρακτική.

Τα υγρά απόβλητα πρέπει να υποβάλλονται πριν από τη διάθεσή τους σε κατάλληλη επεξεργασία ώστε να αμβλύνονται οι επιπτώσεις στους αποδέκτες. Ο καθαρισμός των υγρών αποβλήτων έχει κυρίως ως στόχο την προστασία των υδάτινων πόρων. Για την επιτυχή διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητη η γνώση της προέλευσής τους και των χαρακτηριστικών τους ώστε να υποβληθούν σε κατάλληλη επεξεργασία που είναι αποδεκτή από τους ρυθμούς αυτοκαθαρισμού του αποδέκτη διάθεσής τους. Οι υδάτινοι αποδέκτες επιτυγχάνουν αποδόμηση των οργανικών συστατικών με τα οποία φορτίζονται (από τη διάθεση υγρών αποβλήτων) εφόσον η φόρτιση που δέχονται διατηρείται κάτω από το επίπεδο που αντιστοιχεί στην ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους.

Εάν ένας υδάτινος αποδέκτης έχει φορτίσει πέραν των επιπέδων που αντιστοιχούν στην ικανότητα αυτοκαθαρισμού του αρχίζει η εμφάνιση προβλημάτων και παύει να είναι υγιής. Όταν λοιπόν ο υδάτινος αυτός αποδέκτης χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και ως υδάτινος πόρος, απ' όπου γίνεται υδροληψία που προορίζεται για πόσιμο, απαιτούνται πολυδάπανες διεργασίες για την κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές που ισχύουν για την ποιότητα του πόσιμου νερού.

Η αποχέτευση των οικιακών λυμάτων είναι μια γνωστή πρακτική από την αρχαιότητα. Η επεξεργασία (καθαρισμός) όμως των οικιακών λυμάτων όπως εφαρμόζεται σήμερα αποτελεί σχετικά πρόσφατη εξέλιξη. Διάφορες ασθένειες που ταλαιπώρησαν την ανθρωπότητα κατά το παρελθόν αφού εκδηλώθηκαν υπό μορφή επιδημιών είναι δυνατόν να μεταδοθούν μέσω του πόσιμου νερού. Μόλις όμως πριν από 100 χρόνια κατάλαβαν οι άνθρωποι. Αυτό το γεγονός και συνειδητοποίησαν ότι το πόσιμο νερό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από κάθε είδους ρύπανση. Το πόσιμο νερό όμως δε λαμβάνεται μόνο από σχετικά καλά προστατευμένους υπόγειους υδατικούς πόρους αλλά και από επιφανειακά νερά τα οποία είναι συνήθως οι πιο πρόσφοροι αποδέκτες για τα υγρά απόβλητα.

Η λύση θα ήταν να κρατηθούν τα υγρά απόβλητα μακριά από τα επιφανειακά νερά αλλά κάτι τέτοιο σε έναν αριθμό περιπτώσεων δεν ήταν δυνατόν και έτσι προέκυψε η ανάγκη για την επεξεργασία (καθαρισμό) των υγρών αποβλήτων. Το πρόβλημα των υγρών αποβλήτων γινόταν όλο και πιο έντονο από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και ιδιαίτερα μετά από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο οπότε παρατηρήθηκε έντονη συγκέντρωση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη.

1.1.2 Παροχή αστικών λυμάτων

Η τροφοδοτούμενη παροχή καθώς και οι διακυμάνσεις της αποτελούν στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για τον επιτυχή σχεδιασμό της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Τα αστικά λύματα προκύπτουν κατά μεγάλο ποσοστό από το πόσιμο νερό το οποίο τροφοδοτείται στην πόλη με το δίκτυο ύδρευσης. Ένα μέρος όμως από το πόσιμο νερό δε φτάνει στο δίκτυο αποχέτευσης. Το μέρος αυτό αντιστοιχεί κυρίως στο νερό που χρησιμοποιείται για πότισμα των κήπων, για πλύσιμο των δρόμων και στις διαρροές του δικτύου ύδρευσης. Ένα μικρό μέρος από το νερό ύδρευσης ενσωματώνεται σε διάφορα προϊόντα τα οποία παράγονται σε βιοτεχνικές και βιομηχανικές δραστηριότητες.

Επίσης μερικές κατοικίες και άλλες δραστηριότητες που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο αποχέτευσης χρησιμοποιούν νερό από το δίκτυο άρδευσης. Αντίθετα οι εισχωρήσεις / εισροές στο δίκτυο αποχέτευσης καθώς και οι συνδέσεις στο δίκτυο δραστηριοτήτων που διαθέτουν ιδιωτικά συστήματα ύδρευσης (γεωτρήσεις) αντιστοιχούν σε συνεισφορές στην παροχή των λυμάτων από πηγές ανεξάρτητες από το νερό που τροφοδοτείται στην πόλη με το δίκτυο ύδρευσης.

Γενικά η παροχή λυμάτων μπορεί να κυμαίνεται στην περιοχή 60-130% της παροχής νερού που τροφοδοτείται στην πόλη. Όπως όμως παρατηρούνται διακυμάνσεις στη ζήτηση νερού σε μια πόλη έτσι παρατηρούνται και διακυμάνσεις στην αντίστοιχη παραγωγή λυμάτων.

Σε εκτεταμένες πόλεις απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα (μερικές φορές πιο πολύ από 6-12h) μέχρι να φτάσουν τα λύματα από τα πιο απομακρυσμένα σημεία στην εγκατάσταση επεξεργασίας. Όταν το σύστημα αποχέτευσης είναι μικτό, τότε σε περιόδους βροχοπτώσεων παρατηρείται σημαντική αύξηση στην παροχή των λυμάτων λόγω εισόδου επιφανειακών απορροών από την πόλη. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας που εξυπηρετούν μικτά συστήματα

αποχέτευσης σχεδιάζονται συνήθως για να επεξεργάζονται μέχρι τρεις φορές την παροχή ξηρής περιόδου και με δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης (σε λίμνες κράτησης) μέχρι και έξι φορές την παροχή ξηρής περιόδου για χρονικό διάστημα 2 h. Όταν γεμίσουν οι δεξαμενές κράτησης τότε η επιπλέον παροχή διοχετεύεται στον αποδέκτη. Εάν ο αποδέκτης είναι το παρακείμενο ποτάμι τότε βρίσκεται υπό συνθήκες πολύ αυξημένης παροχής και έτσι αμβλύνονται οι επιπτώσεις αφού παρατηρείται μεγάλη αραίωση του ρυπαντικού φορτίου.

Σε πόλεις με χωριστικό σύστημα αποχέτευσης τα όμβρια οδηγούνται απ' ευθείας στους πλησιέστερους παρακείμενους αποδέκτες και στην εγκατάσταση επεξεργασίας φτάνει μόνο η παροχή που αντιστοιχεί στην παραγωγή των λυμάτων μαζί φυσικά με τις παρατηρούμενες εισχωρήσεις/εισροές αλλά χωρίς επαυξήσεις από επιφανειακές απορροές. Έτσι σε πόλεις με χωριστικό σύστημα αποχέτευσης παρατηρούνται μικρότερες διακυμάνσεις στην παροχή των αστικών λυμάτων που φτάνουν στην εγκατάσταση επεξεργασίας και αυτό έχει ως συνέπεια να θεωρείται επαρκής ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων που δέχονται μέχρι δύο φορές την παροχή ξηρής περιόδου.

1.1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων

Εκτός από την ποσότητα (παροχή) των αστικών λυμάτων που φτάνουν στην εγκατάσταση επεξεργασίας πρέπει να είναι γνωστή και η ισχύ τους για να είναι δυνατόν να γίνει επιτυχής σχεδιασμός των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας. Με τον όρο ισχύ των λυμάτων αναφερόμαστε συνήθως στο επίπεδο συγκέντρωσης του οργανικού υλικού. Εκτός όμως από το οργανικό υλικό και άλλα συστατικά που περιέχονται στα λύματα παρουσιάζουν ενδιαφέρον όσον αφορά την επεξεργασιμότητα τους και την αναμενόμενη ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων μπορούν να διακριθούν σε φυσικά, χημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά. Επίσης το δείγμα από τη στιγμή της παραλαβής του μέχρι τη στιγμή του προσδιορισμού θα πρέπει να συντηρείται με κατάλληλο τρόπο ώστε να παραμένουν αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά του. Η σωστή συντήρηση του δείγματος είναι καθοριστικής σημασίας για αρκετά χαρακτηριστικά και σε μερικές περιπτώσεις είναι απαιτητός ο προσδιορισμός τους στο πεδίο κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των κυριότερων χαρακτηριστικών των αστικών λυμάτων

Κατηγορία	Παράμετρος
Φυσικά	Ολικά στερεά (ΟΣ)
	Αιωρούμενα στερεά (ΑΣ)
	Θολότητα
	Χρώμα
	Οσμή
	Θερμοκρασία
Χημικά	Υδατάνθρακες
	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (ΧΑΟ),
	Θρεπτικά συστατικά (N και P)
	Διάφορα κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+)
	Διάφορα ανιόντα (NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^-)
	Υδροθείο
	Βαρέα μέταλλα
	Ιχνοστοιχεία
Βιοχημικά	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών (BAO_5)
Μικροβιολογικά	Βακτήρια
	Ιοί
	Πρωτόζωα
	Ελμίνθες (Helminths)
	Κολοβακτηρίδια

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων σε διάφορα σημεία της εγκατάστασης επεξεργασίας είναι απαραίτητα για την παρακολούθηση της λειτουργίας της. Επίσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων θα πρέπει να είναι γνωστά προκειμένου να γίνει αξιολόγηση των επιπτώσεων από τη διάθεση τους σε διάφορους αποδέκτες.

1.1.4 Προεπεξεργασία των αστικών λυμάτων

Η προεπεξεργασία αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Εάν δεν έχει σχεδιασθεί σωστά επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση των επόμενων σταδίων. Στόχος της προεπεξεργασίας είναι η αφαίρεση ευμεγέθους αιωρούμενου υλικού (εσχαρισμός), η αφαίρεση άμμου (αμμοσυλλογή) καθώς και η αντιμετώπιση διαφόρων άλλων συστατικών ή χαρακτηριστικών (όπως λιπών και ελαίων). Επίσης σε μερικές περιπτώσεις στόχος είναι και η διαμόρφωση συνθηκών (π.χ. εξισορρόπηση) που βελτιώνουν την απόδοση των επόμενων σταδίων επεξεργασίας.

Το στάδιο της προεπεξεργασίας περιλαμβάνει έναν αριθμό από φυσικές διεργασίες όπως π.χ. άντληση για ανύψωση των λυμάτων στην είσοδο της εγκατάστασης (ώστε να εξασφαλίζεται ροή με βαρύτητα διαμέσου των διαφόρων σταδίων), εξισορρόπησης της παροχής, μέτρηση της παροχής, εσχαρισμό των λυμάτων, τεμαχισμό ευμεγέθους αιωρούμενου υλικού, αμμοσυλλογή και λιποσυλλογή.

Στην περιοχή της προεπεξεργασίας θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση πιθανών οσμών. Οι οσμές προέρχονται κυρίως από λύματα τα οποία έχουν μετατραπεί σε σηπτικά (π.χ. λύματα που έχουν παραμείνει επί μακρό χρονικό διάστημα στο σύστημα αποχέτευσης ή και από βοθρολύματα που τροφοδοτούνται στην είσοδο της εγκατάστασης). Επίσης οσμές ενδέχεται να προέρχονται από τα χαρίσματα καθώς και από την ελαφρά ανάδευση των λυμάτων καθώς διέρχονται από τις

διάφορες διατάξεις στην κεφαλή της εγκατάστασης (περιοχή προεπεξεργασίας).

1.2 Υγροβιότοποι

Οι υγροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους κατακλυζόμενα με νερό συνήθως μικρού βάθους (<0,6 m), στα οποία αναπτύσσονται φυτά όπως: διάφορα είδη κύπερης (φυτά της οικογένειας *Cyperaceae* κυρίως του γένους *Carex spp.*), καλάμια (φυτά του γένους *Phragmites* κυρίως του είδους *P. communis*), είδη βούρλων (φυτά του γένους *Scirpus*) και άλλα όπως είδη ψαθιού και αφράτου (φυτά του γένους *Typha*).

Η φυτική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηριδίων, βοηθά στο φιλτράρισμα και την προσρόφηση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στη μάζα νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών με τον έλεγχο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο τεχνητοί όσο και φυσικοί υγροβιοτοποί.

Οι φυσικοί ή και τεχνητοί υγροβιοτοποί αποτελούν μία απλή και αποτελεσματική λύση για την δευτεροβάθμια επεξεργασία αποβλήτων οικισμών έως και 2000 κατοίκων, για την απαίτηση τριτοβάθμιας επεξεργασίας, όταν απαιτούνται εκροές πολύ χαμηλές σε οργανικό φορτίο ($BOD_5 < 5 \text{ mg/L}$) και στερεά ($TSS < 10 \text{ mg/L}$), για την επεξεργασία πλημμυρικών απορροών, για τη σταθεροποίηση της ιλύος, ακόμα και για τις ειδικές περιπτώσεις επεξεργασίας απορροών από αυτοκινητόδρομους και αγροτικών απορροών πλούσιων σε θρεπτικά και φυτοφάρμακα.

1.2.1 Φυσικοί υγροβιότοποι

Από μια κανονιστική άποψη οι φυσικοί υγροβιότοποι μπορούν να θεωρηθούν ως υδατικοί αποδέκτες. Έτσι, στις περισσότερες περιπτώσεις, που οι φυσικοί υγροβιότοποι δέχονται εκροές δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας, πληρούν κανονιστικές απαιτήσεις.

Επιπλέον, το κύριο αντικείμενο χρησιμοποίησης φυσικών υγροβιότοπων ως αποδεκτών εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, είναι η ενίσχυση προϋπάρχοντος εθίμου. Τροποποιήσεις σε υπάρχοντες υγροβιότοπους με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών επεξεργασίας πρέπει γενικά να αποφεύγονται, γιατί μπορεί να προξενήσουν προβλήματα στο φυσικό οικοσύστημα.

1.2.2 Υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS)

Στους υγροβιότοπους επιφανειακής ροής τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται από τη μία άκρη του βιότοπου και οδηγούνται στην έξοδο (αντιδιαμετρικά της εισόδου) καλύπτοντας μία οριζόντια πορεία. Κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας έρχονται σε επαφή με ένα σύστημα αερόβιων, ανοξικών και αναερόβιων ζωνών. Οι αερόβιες ζώνες βρίσκονται γύρω από τις ρίζες των αναπτυσσόμενων φυτών του υγροβιότοπου. Το φυτό που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το *Phragmites australis*, το κοινώς λεγόμενο καλάμι, το οποίο έχει την ικανότητα να μεταφέρει οξυγόνο από τα φύλλα και μέσω των ριζωμάτων στις ρίζες. Φαίνεται ότι στην περιοχή γύρω από τα ριζώματα, στη λεγόμενη ριζόσφαιρα, αναπτύσσονται οι βακτηριδιακοί πληθυσμοί.

Το οργανικό φορτίο οξειδώνεται από τους ετερότροφους μικροοργανισμούς, ενώ οι νιτροποιητές οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά. Σε περιοχές γύρω και μακριά από τις ρίζες, όπου οι συνθήκες είναι ανοξικές γίνεται η απονιτροποίηση, δηλαδή η μετατροπή των νιτρικών

και νιτρωδών ενώσεων σε αέριο άζωτο. Αυτός είναι και ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης αζώτου αφού η πρόσληψη του από τα φυτά θεωρείται αμελητέα. Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται μέσω καθίζησης και σε μικρές αποστάσεις από το σημείο εισροής του αποβλήτου στο σύστημα , ενώ η απομάκρυνση φωσφόρου σε τέτοια συστήματα είναι εξαιρετικά περιορισμένη, λόγω της περιορισμένης επαφής του αποβλήτου με το έδαφος.

Οι υγροβιότοποι οριζόντιας ροής έχουν περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς οξυγόνου και δεν μπορούν να νιτροποιήσουν σε υψηλούς ρυθμούς, ούτε και να επεξεργαστούν αποτελεσματικά απόβλητα με μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικού φορτιού. Η αδυναμία αυτή οδήγησε τα τελευταία χρόνια στον σχεδιασμό υγροβιότοπων κατακόρυφης ροής.

1.2.3 Συστήματα υποεπιφανειακής ροής (SSF)

Τα συστήματα τύπου (SSF) σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται επίσης συστήματα «ριζόσφαιρας» ή «φίλτρων εδάφους-καλαμιών» και αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της αναπτυσσόμενης (επιφανειακά) φυτικής βλάστησης. Στα συστήματα αυτά η επιφάνεια του νερού διατηρείται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους ή του χρησιμοποιούμενου μέσου.

Η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου οφείλεται σε φυσικές και βιοχημικές αποκρίσεις του μέσου, καθώς επίσης στην επαφή του με το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα επίπεδα απομάκρυνσης των ρυπαντών είναι ισοδύναμα των συστημάτων FWS και παρουσιάζουν μειωμένα προβλήματα, σχετικά με την ανάπτυξη κουνουπιών και δυσάρεστων οσμών. Για την κατασκευή των υποστρωμάτων χρησιμοποιείται κυρίως έδαφος, άμμος και διάφορα άλλα χονδρόκοκκα ή ακόμη και πλαστικά ή άλλα αδρανή υλικά.

Η απομάκρυνση BOD και στερεών συστατικών σε αιώρηση διενεργείται με διήθηση, καθίζηση και αποδόμηση από αερόβιους και αναερόβιους μικροοργανισμούς. Η απομάκρυνση του αζώτου σε τέτοια συστήματα, διενεργείται με τους μηχανισμούς νιτροποίησης και απονιτροποίησης. Η απομάκρυνση του φωσφόρου εξαρτάται, κυρίως, από το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα. Η απομάκρυνση μετάλλων ποικίλλει και επιτυγχάνεται, κυρίως, με κατακρήμνιση και προσρόφησή τους. Τέλος η απομάκρυνση των παθογόνων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής.

1.2.4 Υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VFS)

Οι υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής αποτελούνται συνήθως από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών (έδαφος, άμμος, χονδρόκοκκα, αδρανή, πλαστικά κ.λ.π) ενώ τα καλάμια φυτεύονται στην άνω στρώση που είναι συνήθως από άμμο. Τα υγρά απόβλητα διερχόμενα κατακόρυφα του υγροβιότοπου συλλέγονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης τοποθετημένο στη βάση του. Οι στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών αποστραγγίζουν πλήρως και έτσι επιτρέπεται η είσοδος νέου αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών.

Η επόμενη δόση υγρών αποβλήτων που θα διέλθει του υγροβιότοπου, παγιδεύει τον αέρα στους πόρους, που σε συνδυασμό με τον αερισμό που δημιουργείται από την απότομη εφαρμογή της δόσης δημιουργεί άριστες συνθήκες οξυγόνωσης, διάσπασης του οργανικού φορτίου και νιτροποίησης. Η απομάκρυνση του αζώτου επιτυγχάνεται και στην περίπτωση αυτή μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης, ενώ η απομάκρυνση φωσφόρου εξαρτάται από τη φύση του εφαρμοζόμενου υποστρώματος. Η απομάκρυνση μετάλλων ποικίλλει και επιτυγχάνεται κυρίως με κατακρήμνιση και προσρόφηση, ενώ η απομάκρυνση των παθογόνων οργανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής.

Οι υδροβιότοποι κατακόρυφης ροής πλεονεκτούν ως προς τη μεταφορά οξυγόνου, ωστόσο απαιτείται προσεκτική μελέτη της ποσότητας των υγρών αποβλήτων που θα εφαρμοστεί και της χρονικής περιόδου εφαρμογής της επόμενης δόσης. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι το σύστημα δεν είναι και τόσο αποτελεσματικό, όσον αφορά την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών, με αποτέλεσμα τις περισσότερες περιπτώσεις να συνδυάζεται με υδροβιότοπο οριζόντιας ροής.

Η φύτευση μπορεί να γίνει με φύτευση ριζών, υπόγειων βλαστών, βολβών, νεαρών ή ώριμων βλαστών. Επίσης μπορεί να γίνει σπορά με σπόρους, που προέρχονται από το εμπόριο ή από άλλους υδροβιότοπους. Μία τρίτη μέθοδος μέθοδος στηρίζεται στη μεταφορά υποστρώματος χώματος και ιλύος, που ήδη περιέχει σπόρους υδρόβιας βλάστησης από άλλους υδροβιότοπους. Τέλος η εποίκιση του υδροβιότοπου μπορεί να γίνει χωρίς ανθρώπινη επέμβαση, από την ήδη υπάρχουσα μέσα στο έδαφος τράπεζα σπόρων από άλλους υδροβιότοπους με τη βοήθεια του αέρα, νερού, πουλιών κ.λ.π.

Για τη δημιουργία ενός υδροβιότοπου που θα λειτουργεί ως ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας, προτείνεται η φύτευση με μεταφορά συστάδων υδρόβιας χλωρίδας από τους γειτνιάζοντες υδροβιότοπους. Υδροτοπικά είδη που έχουν αποδειχθεί κατάλληλα για τη διαχείριση απορροών είναι τα *Typha spp.* και *Phragmites australis*, επειδή έχουν ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης και εξαπλώνονται εύκολα. Οι συστάδες αποτελούνται από 5-10 υπέργειους βλαστούς. Κατά την εκσκαφή τους συμπεριλαμβάνεται αρκετό υπόστρωμα και σημαντικό μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών. Για καλύτερα αποτελέσματα πρέπει το ύψος των υπέργειων βλαστών να είναι 20-30cm και η μεταφύτευση να γίνεται την άνοιξη ή το φθινόπωρο.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της θέσης, που πρέπει να θεωρούνται κατά το σχεδιασμό συστημάτων τεχνητών υδροβιότοπων, είναι η τοπογραφία, η εδαφολογία, η χρήση γης, η υδρολογία και το κλίμα της περιοχής.

1.2.5 Τοπογραφία

Με δεδομένο ότι τα συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων με ελεύθερη επιφάνεια (FWS) σχεδιάζονται σε επίπεδες λεκάνες ή κανάλια και αυτά με βυθισμένη βάση (SRS) σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με κλίσεις 1% ή και μεγαλύτερες, απαιτείται γενικά ομοιόμορφη τοπογραφία. Είναι φανερό ότι τέτοια συστήματα μπορούν να κατασκευαστούν και σε ανομοιόμορφες εκτάσεις με μεγάλες κλίσεις, αλλά σε τέτοιες περιπτώσεις το κόστος εκσκαφής ίσως να είναι απαγορευτικό. Γενικά μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κατάλληλες θέσεις για υδροβιότοπους θεωρούνται αυτές με κλίσεις μικρότερες από 5%.

1.2.6 Εδαφολογία

Θέσεις με εδάφη ή υπεδάφη με μικρή σχετικά διαπερατότητα (<5mm/h) είναι κατάλληλες για συστήματα υδροβιότοπων, αφού ο αντικειμενικός σκοπός τους είναι η επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε μια υδατική στρώση πάνω από το χρησιμοποιούμενο εδαφικό υπόστρωμα. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειές του εφαρμοζόμενου υγρού αποβλήτου με τη διήθηση του στο έδαφος. Σε συστήματα υδροβιότοπων, οι πόροι στο επιφανειακό έδαφος τείνουν να κλείνουν, εξαιτίας της κατακράτησης στερεών και των αναπτυσσόμενων αποικιών βακτηριδίων.

Επίσης σε φυσικά εδάφη είναι δυνατή η μείωση της διαπερατότητας τους με συμπίεση τους στη φάση κατασκευής του έργου. Θέσεις με εδάφη με μεγάλη διαπερατότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο στην περίπτωση κατασκευής μικρών συστημάτων με αργλικές βάσεις ή άλλα τεχνητά υποστρώματα.

1.2.7 Χρήση Γης

Γενικά προτιμώνται ανοικτές γεωργικές εκτάσεις, ιδιαίτερα εκείνες που βρίσκονται σε υπάρχοντες φυσικούς υγροβιότοπους. Οι τεχνητοί υγροβιότοποι επιδρούν αυξητικά και βελτιωτικά σε υπάρχοντες φυσικούς υγροβιότοπους με προσθήκη υδρόβιας δραστηριότητας και εξασφάλιση σταθερής υδατοτροφοδοσίας. Σε πολλές περιπτώσεις επιδρούν θετικά στην αναβάθμιση της ποιότητας των περιοχών που κατασκευάζονται.

1.2.8 Υδρολογία

Οι υγροβιότοποι πρέπει να βρίσκονται έξω από περιοχές στις οποίες παρατηρούνται έντονες πλημμύρες εκτός όταν παρέχεται ιδιαίτερη πλημμυρική προστασία. Σε περιπτώσεις μικρής έκτασης πλημμυρικά επεισόδια, ιδιαίτερα τη περίοδο του χειμώνα που η λειτουργία των υγροβιότοπων περιορίζεται, δεν χρειάζεται ιδιαίτερη αντιπλημμυρική προστασία.

1.2.9 Κλίμα

Η εφαρμογή τεχνητών υγροβιότοπων είναι δυνατή ακόμα και σε ψυχρά κλίματα (π.χ σύστημα FWS στο Ontario, Καναδά). Γενικά όμως η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τη θερμοκρασία του υγρού αποβλήτου και τον επιδιωκόμενο σκοπό της επεξεργασίας, δεδομένου ότι οι κύριοι μηχανισμοί επεξεργασίας είναι βιολογικής φύσης εξαρτώνται άμεσα από τις θερμοκρασιακές συνθήκες.

1.2.10 Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις

Οι υγροβιότοποι αποτελούν ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων, στο οποίο έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή τα τελευταία χρόνια. Η ελκυστικότητα του συστήματος σχετίζεται με το χαμηλό λειτουργικό κόστος, αλλά και τα οικολογικά του χαρακτηριστικά, καθώς οι διαδικασίες απορρύπανσης πραγματοποιούνται με φυσικούς μηχανισμούς. Με την έννοια αυτή οι υγροβιότοποι συχνά, αν και πολλές φορές άκριτα, θεωρείται ότι μπορεί να συμβάλλουν στην αναβάθμιση και διεύρυνση των φυσικών οικοσυστημάτων και με τον τρόπο αυτό στην αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η θετική αυτή αποτίμηση είναι βάσιμη υπό ορισμένες προϋποθέσεις που συχνά δεν λαμβάνονται επαρκώς υπόψη. Μία βασική προϋπόθεση είναι η ορθή επιλογή των υγροτοπικών φυτικών ειδών που θα χρησιμοποιηθούν, τόσο ως προς την αντιρρυπαντική τους αποτελεσματικότητα, όσο και ως προς τη δυνατότητα ανάπτυξης και επιβίωσης υπό τις δεδομένες τοπικές συνθήκες.

Συχνά παραβλέπεται το γεγονός ότι οι τεχνητοί υγροβιότοποι είναι πιο αποτελεσματικοί όταν συνδέονται με φυσικούς υγροβιότοπους. Κρίσιμες παράμετροι είναι επίσης η θερμοκρασία και τα τοπογραφικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Τέλος, δεν έχει δοθεί η πρέπουσα σημασία στην αναγκαιότητα ορθής διαχείρισης των παραγόμενων φυτών. Η εξασφάλιση όλων αυτών των προϋποθέσεων απαιτεί την προσεκτική και τεκμηριωμένη αξιολόγηση της καταλληλότητας κάθε δεδομένης θέσης και τον συνυπολογισμό όλων των απαιτούμενων ενεργειών είτε κατά τη φάση κατασκευής είτε κατά τη φάση λειτουργίας που συχνά συνεπάγονται αρκετά αξιολογες δαπάνες.

Συμπερασματικά ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και σε συνάρτηση με τις ορθές επιλογές και εκτιμήσεις που προαναφέρθηκαν, αυτές μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές. Δεν είναι λίγα τα παραδείγματα κακοσχεδιασμένων

ή παραμελημένων υγροβιότοπων που αντί να αναβαθμίζουν το περιβάλλον της περιοχής, να αποτελούν εστίες σοβαρής περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

1.2.11 Δυνατότητες αξιοποίησης επεξεργασμένου νερού και ιλύος

Υπό κανονικές περιπτώσεις οι εκροές από έναν υγροβιότοπο είναι κατάλληλες για υπεδάφια διάθεση και καταρχήν κατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση μετά από πρόσθετη επεξεργασία. Η δυνατότητα απομάκρυνσης αζώτου είναι περιορισμένη και με έντονες διακυμάνσεις.

1.2.12 Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή

Οι υγροβιότοποι αποτελούν ένα σύστημα που απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλες εκτάσεις αλλά έχουν χαμηλό αρχικό κόστος κατασκευής και αρκετά χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Τα πλεονεκτήματα αυτά συχνά αντισταθμίζονται από τον περιορισμένο βαθμό επεξεργασίας και το κίνδυνο περιβαλλοντικών οχλήσεων από ενδεχόμενο σχεδιαστικής αστοχίας και ανεπαρκούς συντήρησης και παρακολούθησης.

1.3 Βιοδίσκοι

Οι βιολογικοί δίσκοι είναι ένα σύστημα που συνδυάζει αρκετά από τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών συστημάτων της ενεργού ιλύος (σχετικά μικρή απαιτούμενη έκταση) και των βιολογικών φίλτρων (απλότητα λειτουργίας, χαμηλό λειτουργικό κόστος). Με την περιστροφή των βιολογικών δίσκων πραγματοποιείται αποτελεσματικός αερισμός και ικανοποιητική επαφή λυμάτων και βιομάζας ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου και σε ορισμένες περιπτώσεις νιτροποίηση.

Σε μια περίοδο που η εξοικονόμηση ενέργειας έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία, το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος που είναι η σχετικά μικρή απαιτούμενη ενέργεια κατά την λειτουργία του, αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα στις οικονομοτεχνικές συγκρίσεις για την επιλογή διάφορων συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων.

Οι περιστρεφόμενοι δίσκοι έχουν σημαντικές ομοιότητες με τα βιολογικά φίλτρα καθώς και τα δύο συστήματα βασίζονται στη δημιουργία στρώματος προσκολλημένης βιομάζας για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων. Σε αντίθεση με τα βιολογικά φίλτρα όμως, οι περιστρεφόμενοι δίσκοι απαιτούν πολύ μικρότερες εκτάσεις καθώς η διαμόρφωση των δίσκων επιτρέπει τη συγκράτηση μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας σε σχετικά περιορισμένο όγκο και δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα προσέλευσης εντόμων γιατί η εναλλασσόμενη βύθιση των δίσκων στο υγρό εμποδίζει την ανάπτυξη εντόμων.

Λόγω της παρουσίας των αιωρούμενων μικροοργανισμών στην υγρή φάση, γίνεται αναγκαία η παρεμβολή δεξαμενών τελικής καθίζησης πριν από τη τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων κατ' αναλογία με τα συστήματα ενεργού ιλύος και βιολογικών φίλτρων. Στην περίπτωση όμως των βιολογικών δίσκων η αυξημένη πυκνότητα αιωρούμενων μικροβιακών συσσωρευμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας καθίζησης τους με συνέπεια τη δυνατότητα σχεδιασμού της δεξαμενής τελικής καθίζησης επιτυγχάνεται συνήθως ικανοποιητική συμπύκνωση της ιλύος (4-5%) και έτσι είναι δυνατό σε πολλές περιπτώσεις να αποφευχθεί η εγκατάσταση παχυντών ιλύος.

Οι βιολογικοί δίσκοι αντιμετωπίζουν λειτουργικά προβλήματα που σχετίζονται κυρίως με καταστροφή του μηχανισμού στήριξης και περιστροφής των δίσκων και παραγωγής δυσοσμίων. Καταστροφή του μηχανισμού στήριξης και περιστροφής των φίλτρων προκαλείται συνήθως από υπερβολική ανάπτυξη βιομάζας στους, μη ικανοποιητική λίπανση του

μηχανισμού περιστροφής, υπερβολική καταπόνηση του άξονα περιστροφής και ατελή στήριξη. Για τον περιορισμό αυτών των προβλημάτων συνηθίζεται τα τελευταία χρόνια η αυξημένη βύθιση των δίσκων ώστε να ελαττώνονται τα φορτία λόγω άνωσης.

Προβλήματα δυσοσμιών οφείλονται κυρίως σε υπερβολική οργανική φόρτιση του πρώτου σταδίου επεξεργασίας με βιοδίσκους. Για την αποφυγή εμφράξεων των δίσκων και ελάττωσης της οργανικής φόρτισης τα συστήματα αυτά συνοδεύονται από προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων.

1.3.1 Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις

Τα παραγόμενα επεξεργασμένα απόβλητα από τους περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους έχουν χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και κατάλληλα για περαιτέρω διάθεση χωρίς δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σε αντίθεση με τα συστήματα ενεργού ιλύος, οι τυπικές διατάξεις βιολογικών δίσκων δεν έχουν τη δυνατότητα απομάκρυνσης αζώτου, ωστόσο είναι εφικτές τροποποιήσεις του συστήματος ώστε αν δίνουν τη δυνατότητα μίας τέτοιας απομάκρυνσης. Όπως και στην περίπτωση των βιολογικών φίλτρων δυνητικά μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα οσμών και εντόμων τα οποία μπορεί να αντιμετωπισθούν με κάλυψη των βιοδίσκων, κάτι που ωστόσο αυξάνει σε αξιόλογο βαθμό το αρχικό κόστος κατασκευής.

1.3.2 Δυνατότητες αξιοποίησης επεξεργασμένου νερού και ιλύος

Τα επεξεργασμένα λύματα από τους βιολογικούς δίσκους είναι κατάλληλα για υπεδάφια διάθεση. Ως προς τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, ισχύουν σε κάποιο βαθμό αν και όχι απόλυτα οι ενδοιασμοί που αναφέρθηκαν για την περίπτωση των βιολογικών φίλτρων. Η παραγόμενη

ιλύς συνήθως δεν είναι επαρκώς σταθεροποιημένη και κατά συνέπεια η διάθεση της μπορεί να γίνει μόνο σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων για περαιτέρω επεξεργασία.

1.3.3 Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή

Η διεθνής εμπειρία από την εφαρμογή των περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων, αν και αρκετά εκτεταμένη υπολείπεται της αντίστοιχης εμπειρίας για τα συστήματα ενεργού ιλύος, κάτι που δυσκολεύει αφενός μεν τη κοινωνική αποδοχή, αφετέρου δε την εξεύρεση έμπειρου προσωπικού για τη λειτουργία τους. Από άποψη έκτασης το σύστημα είναι συγκρίσιμο με τα συστήματα ενεργού ιλύος αν και με κάπως μεγαλύτερες απαιτήσεις. Το κόστος για προσωπικό είναι αξιόλογο, ωστόσο το κόστος για συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και ενεργειακές καταναλώσεις είναι αρκετά μειωμένο.

1.4 Χαλικόφιλτρα

Τα σταλαγματικά φίλτρα (trickling filters) είναι αερόβιες διατάξεις μη πλημμυρισμένου πληρωτικού που χρησιμοποιούνται κυρίως για την δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων και άλλων ασθενών υγρών αποβλήτων. Τα αρχικά χαλικόφιλτρα (χαλικοδυλιστήρια) έφεραν χαλίκια διαστάσεων 3-5 in ως πληρωτικό υλικό. Τα σταλαγματικά φίλτρα έχουν σημαντικό βάθος (συνήθως μέχρι 12m) και είναι γνωστά ως βιολογικοί πύργοι. Το βάθος του πληρωτικού υλικού σε σταλαγματικά φίλτρα με χαλίκια είναι γύρω στα 2m.

Η τροφοδότηση των λυμάτων στη επιφάνεια του πληρωτικού υλικού γίνεται με περιστροφικό διανομέα δύο ή περισσότερων βραχιόνων. Κάθε βραχίονας

φέρει έναν αριθμό από ακρισία για εκροή των λυμάτων. Τα ακρισία αυτά είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση που είναι οριζόντια και κάθετη προς τον φέροντα βραχίονα. Η εκροή των λυμάτων, εφ' όσον γίνεται με την κατάλληλη ορμή, προκαλεί προώθηση και περιστροφική κίνηση του βραχίονα. Το ύψος στήλης υγρού που απαιτείται για περιστροφή των βραχιόνων είναι συνήθως 0,5-0,6m.

Όταν η παροχή λυμάτων είναι μικρή (π.χ τις νυχτερινές ώρες) η ροή διαμέσου των ακροφυσίων δεν είναι επαρκής για περιστροφική κίνηση των βραχιόνων διανομής. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση ανάντη δεξαμενής κατάλληλης χωρητικότητας που είναι εξοπλισμένη με σίφωνα εκκένωσης. Σημειώνεται πάντως ότι σήμερα σε αρκετές περιπτώσεις η κίνηση των βραχιόνων του διανομέα γίνεται και με ηλεκτρικό κινητήρα(είτε αποκλειστικά είτε εφεδρικά).

Σε μερικές περιπτώσεις η τροφοδότηση των λυμάτων γίνεται από ακροφύσια που είναι συνδεδεμένα με σταθερό σύστημα σωληνώσεων το οποίο είναι τοποθετημένο έτσι ώστε να διαβρέχεται όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας του πληρωτικού υλικού. Και στην περίπτωση αυτή για να μην παρατηρούνται προβλήματα με βουλώματα των ακροφυσίων προβλέπεται η τοποθέτηση ανάντη δεξαμενής κράτησης που είναι εξοπλισμένη με σίφωνα εκκένωσης ώστε τα ακροφύσια να τροφοδοτούνται κατά διαστήματα με σημαντική παροχή και έτσι να αποφεύγονται προβλήματα από βουλώματα.

Το στραγγιστήριο του πυθμένα σχεδιάζεται ώστε να επιτυγχάνονται δύο στόχοι. Ο ένας είναι η ελεύθερη εκροή των επεξεργασμένων λυμάτων τα οποία περιέχουν και τα στερεά της βιολογικής ιλύος (που αποκόπτεται από το πληρωτικό υλικό) και ο άλλος στόχος είναι η ανεμπόδιστη κυκλοφορία ατμοσφαιρικού αέρα δια μέσου των διακένων του πληρωτικού υλικού.

Χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα στοιχεία τα οποία τοποθετούνται στο δάπεδο του πυθμένα και διαμορφώνουν το σύστημα στράγγισης. Τα

στοιχεία αυτά φέρουν κατάλληλες οπές τόσο για την εκροή της υγρής φάσης και για την ανεμπόδιστη κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα.

Ο αερισμός σε φίλτρα με μικρό βάθος πληρωτικού υλικού γίνεται συνήθως με φυσική μεταφορά αέρα λόγω ρευμάτων κυκλοφορίας που επάγονται από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των λυμάτων και του ατμοσφαιρικού αέρα. Όταν όμως το βάθος του φίλτρου γίνεται αρκετά μεγάλο (και αντίστοιχα το οργανικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας είναι μεγάλο) τότε δεν επαρκεί η φυσική κυκλοφορία και επιβάλλεται τεχνητός αερισμός είτε με εμφύσηση είτε με αναρρόφηση ατμοσφαιρικού αέρα.

1.5 Βιολογικά φίλτρα

Στα μικρής κλίμακας συστήματα επεξεργασίας με βιολογικά φίλτρα, προηγείται συνήθως δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης ή σηπτική δεξαμενή, η εκροή της οποίας διοχετεύεται στο φίλτρο. Οι μικροοργανισμοί που αποκολλώνται και καθιζάνουν στη δεξαμενή τελικής καθίζησης συνήθως επιστρέφουν στην δεξαμενή καθίζησης ή στη σηπτική δεξαμενή. Ανάλογα με το υλικό πλήρωσης τα βιολογικά φίλτρα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα από χαλίκια και τα πλαστικά φίλτρα.

Συνήθως τα βιολογικά φίλτρα για μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, γεμίζονται με πλαστικό υλικό, το οποίο αν και ακριβό είναι ελαφρότερο, πιο ανθεκτικό και επιτρέπει μεγαλύτερες φορτίσεις. Σε μικρές εγκαταστάσεις η επανακυκλοφορία των λυμάτων στο φίλτρο δεν είναι συνηθισμένη, λόγω των υψηλών δαπανών των αντλήσεων. Εντούτοις πολλές φορές η επανακυκλοφορία είναι απαραίτητη σε περιόδους χαμηλών παροχών για να διατηρείται η ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα διαβροχής των μικροοργανισμών.

Τα φίλτρα αυτά είναι σκόπιμο να σκεπάζονται για να προστατεύονται από τις κλιματολογικές μεταβολές. Το κόστος κατασκευής τους είναι υψηλό, αλλά είναι σχετικά απλά στη λειτουργία και απαιτούν λιγότερη συντήρηση από ότι τα συστήματα του παρατεταμένου αερισμού.

Σε σχέση με τα συστήματα επεξεργασίας αιωρούμενης βιομάζας παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι απαιτείται η πρωτοβάθμια μη σταθεροποιημένη ιλύς που πρέπει να αποθηκεύεται με κατάλληλο τρόπο ώστε να αποφεύγονται περιβαλλοντικές οχλήσεις. Επίσης σε αρκετές εγκαταστάσεις βιολογικών φίλτρων δεν μπορεί να αποκλεισθούν οχλήσεις από παρουσία εντόμων.

1.5.1 Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις

Τα παραγόμενα επεξεργασμένα απόβλητα από τα βιολογικά φίλτρα έχουν κατά κανόνα χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων, αν και με συχνές αρκετά έντονες διακυμάνσεις τελικής εκροής. Κατά κανόνα πάντως κατάλληλα για περαιτέρω διάθεση χωρίς δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σε αντίθεση με τα συστήματα ενεργού ιλύος, οι τυπικές διατάξεις βιολογικών φίλτρων δεν έχουν τη δυνατότητα εύκολης απομάκρυνσης και αζώτου, κάτι που μπορεί να είναι σημαντικό για την περίπτωση διάθεσης σε ευαίσθητα ή ευπρόσβλητα επιφανειακά ή υπόγεια υδάτινα σώματ. Η λειτουργία των βιολογικών φίλτρων συχνά δημιουργεί οχλήσεις που κυρίως σχετίζονται με την παρουσία εντόμων, ενώ συχνότερη είναι και η έκλυση οσμών, αν και τα προβλήματα αυτά είναι σαφώς λιγότερα έντονα στην περίπτωση των πλαστικών φίλτρων.

1.5.2 Δυνατότητες αξιοποίησης επεξεργασμένου νερού και ιλύος

Κατά κανόνα τα επεξεργασμένα λύματα από τα βιολογικά φίλτρα είναι κατάλληλα για υπεδάφια διάθεση. Ως προς τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, αν και θεωρητικά ως δευτεροβάθμια συστήματα επεξεργασίας ισχύουν οι προϋποθέσεις οι αναφερόμενες στα συστήματα ενεργού ιλύος, στην πράξη διαφαίνεται μία σαφής προτίμηση για τα συστήματα ενεργού ιλύος ως απαραίτητης βαθμίδας πριν από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Η παραγόμενη ιλύς συνήθως δεν είναι επαρκώς σταθεροποιημένη και κατά συνέπεια η διάθεση της μπορεί να γίνει μόνο σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων για περαιτέρω επεξεργασία.

1.5.3 Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή

Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα με χαλίκια απαιτούν αρκετά μεγάλη έκταση και όπως αναφέρθηκε μπορεί να προκαλέσει αξιόλογες οχλήσεις με τη μορφή οσμών και εντόμων. Για τους λόγους αυτούς παρά το γεγονός ότι σε σύγκριση με τα συστήματα ενεργού ιλύος έχουν λιγότερες απαιτήσεις για λειτουργικές παρεμβάσεις, έμπειρο προσωπικό και λειτουργικές δαπάνες δεν γίνονται εύκολα αποδεκτά από το κοινωνικό σύνολο, γεγονός που αντανακλάται και στην σχετικά σπάνια πλέον υιοθέτηση τους διεθνώς. Τα πλαστικά βιολογικά φίλτρα είναι απαλλαγμένα από τα παραπάνω μειονεκτήματα των τυπικών βιολογικών φίλτρων με χαλίκια, ωστόσο σε αντίθεση με τα τελευταία έχουν υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και εξαρτώνται από την παρουσία και τις λειτουργικές επεμβάσεις έμπειρου προσωπικού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 COD Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (chemical oxygen demand, COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για τη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών νερών ή λυμάτων, δηλαδή τη πλήρη οξείδωση τους σε ανόργανα τελικά προϊόντα.

Το COD είναι μια σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση της ρύπανσης. Περιλαμβάνεται στις παραμέτρους για τις οποίες έχουν τεθεί ανώτατες επιτρεπτές τιμές προκειμένου τα λύματα-απόβλητα να διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες.

Ο προσδιορισμός του COD γίνεται γρήγορα, σε τρεις περίπου ώρες, γεγονός σημαντικό για ένα γρήγορο έλεγχο του οργανικού φορτίου λυμάτων-αποβλήτων ως ακολούθως:

Συλλογή δειγμάτων και προκατεργασία:

Η ανάλυση για COD πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατό. Το δείγμα ομογενοποιείται αν έχει καθιζάνοντα ή αιωρούμενα στερεά. Το δείγμα διατηρείται στους 4-5 βαθμούς μέχρι την ανάλυση. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα αντιδραστήρια της εταιρείας Merck

1.14540.0001 για COD 10 - 150 mg/l 1.14690.0001 για COD 50 - 500 mg/l

Η μέτρηση γίνεται με χώνευση του αντιδραστηρίου με 3 ml αδιάηθτου δείγματος για 2 ώρες στους 148 °C και μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο στα 449 nm για τα αντιδραστήρια με εύρος 50 – 500 και στα 447 nm για τα αντιδραστήρια με εύρος 10 – 150.

2.2 Προσδιορισμός ολικού αζώτου TN

Το Άζωτο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Περίσσεια αζώτου οδηγεί σε ανάπτυξη άλγεων (ευτροφισμός) στα νερά και ιδιαίτερα στο θαλασσινό νερό αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα, ενώ έλλειψη αζώτου οδηγεί σε μη κατάλληλο νερό για ανάπτυξη μικροβίων (βιολογικός καθαρισμός).

Οι κύριες μορφές του αζώτου στα νερά και λύματα είναι τα νιτρικά ,τα νιτρώδη , οι οργανικές ενώσεις του αζώτου (ουρία , αμινοξέα, πρωτεΐνες, νουκλεοτίδια κ.α.), η αμμωνία και το ελεύθερο άζωτο. Το άζωτο που μετράμε σε ένα για παράδειγμα δείγμα υγρών αποβλήτων είναι το άθροισμα των παραπάνω αυτών διαφορετικών μορφών και ονομάζεται ολικό άζωτο.

Μέτρηση:

Το δείγμα αναλύεται αμέσως μετά την δειγματοληψία. Η μέθοδος στηρίζεται στη μετατροπή των οργανικών και ανόργανων ενώσεων του αζώτου σε νιτρικά με την χώνευση του δείγματος 10 ml στους 120 °C επί 1 ώρα, με ένα οξειδωτικό αντιδραστήριο. Για κάθε μέτρηση απαιτούνται 1 ml δείγματος και 9 ml απιονισμένου νερού.

Χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα αντιδραστήρια της εταιρείας Merck 1.14537.0001 για εύρος τιμών από 0,5 – 15,0 mg/l. Στη συνέχεια ακολουθεί προσδιορισμός με φασματοφωτόμετρο στα 338 nm.

2.3 Μέτρηση ολικών αιωρούμενων στερεών TSS

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στα στερεά υλικά που αιωρούνται στο νερό, επειδή βρίσκονται σε πολύ λεπτό διαμερισμό. Αποτελούνται από υλικά ανόργανης και οργανικής προέλευσης.

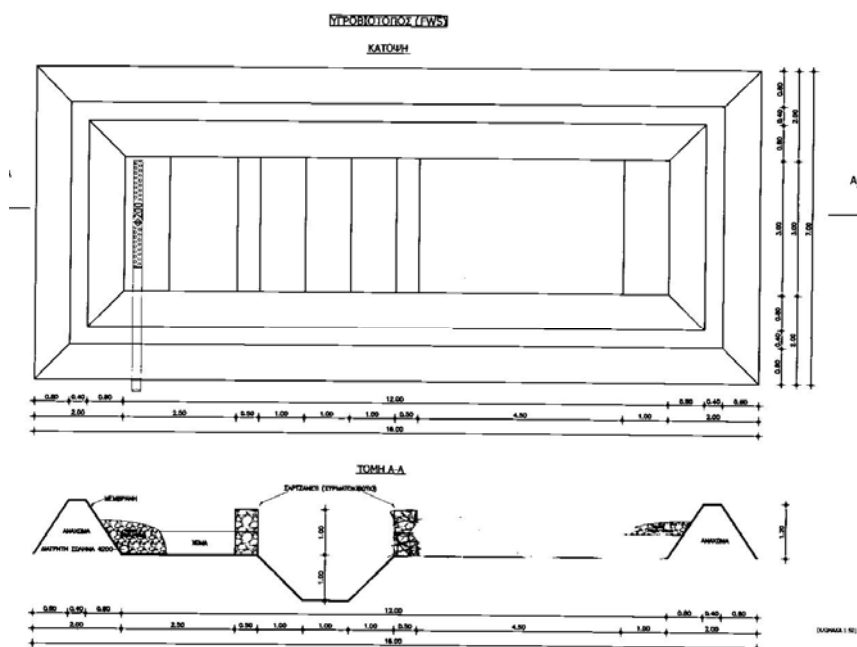
Ο προσδιορισμός γίνεται με διήθηση υπό κενό με την βοήθεια σχετικής αντλίας, συγκεκριμένου όγκου 10 ml, σε φίλτρα που έχουν ζυγιστεί πριν τη

διαδικασία. Στη συνέχεια τα φίλτρα μεταφέρονται σε ένα προ-πυρωμένο δίσκο αλουμινίου και τοποθετούνται σε φούρνο ξήρανσης στους 105°C, για 30 με 60 λεπτά. Το δείγμα αφήνεται να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου, ακολουθεί νέα ζύγιση του φίλτρου και από τη διαφορά του βάρους και με τη διαίρεσή της με τον όγκο του δείγματος υπολογίζεται η συγκέντρωση. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L δείγματος.

2.4 Περιγραφή συστημάτων

2.4.1 Υγροβιότοπος Ελεύθερης επιφάνειας

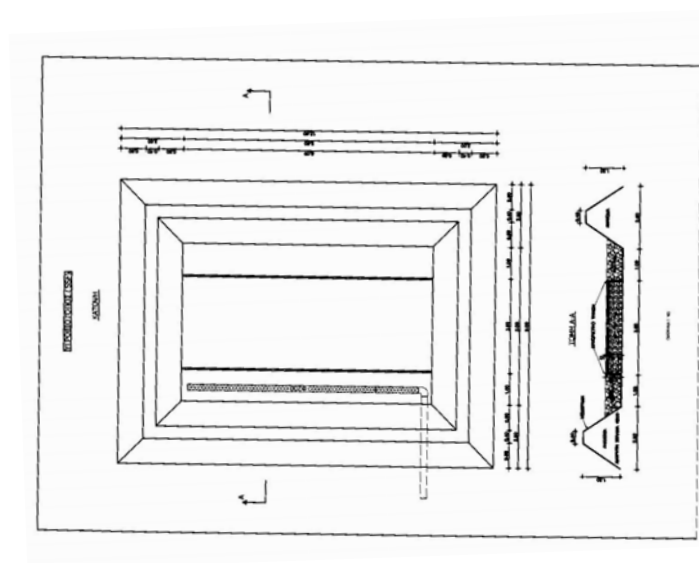
Για να πληρούνται τα όρια ασφαλείας του υγροβιότοπου αποφασίστηκε να σχεδιαστεί σε επιφάνεια 36 m² με πλάτος 3.0 m και μήκος 12.0 m στην οποία συμπεριλαμβάνεται η είσοδος με το χαλίκι, η έξοδος και η βαθιά ανοξική ζώνη στο κέντρο. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται το τελικό σχέδιο του υγροβιότοπου ελεύθερης επιφάνειας.



Σχήμα 1. Υγροβιότοπος ελεύθερης επιφάνειας (FWS)

2.4.2 Υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής

Η μέση περατότητα του χαλικιού είναι 0.45 και το βάθος της λεκάνης 0.45 m. Έτσι με βάση και ότι ο HRT είναι 0.5d όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση (1) η επιφάνεια του υγροβιότοπου βρέθηκε 37 m². Για ασφάλεια και κατασκευαστικούς λόγους η επιφάνεια έγινε στα 40 m² με πλάτος 8 m και μήκος 5 m. Αρχικά 1 m κατά μήκος είναι με χαλίκι 60-100mm καθώς και το τελευταίο 1 m (ζώνη εξόδου). Στην μέση τοποθετήθηκε χαλίκι 30 mm με την κορυφή να καλύπτεται για 5 cm με χαλίκι 10 mm για την φύτευση των καλαμιών. Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται τα σχέδια του υγροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής.



Σχήμα 2. Υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής (SSF).

2.4.3 Βιοδίσκος

2.4.3.1 Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της μονάδας βιοδίσκων είναι:

1. Δευτεροβάθμια εκροή BOD₅ < 25 mg/l και S.S. < 30 mg/l, για εισροή με BOD έως 400 mg/l
2. Ελάχιστες απαιτήσεις σε επίβλεψη συντήρηση

- 3.Μικρό βάρος και διαστάσεις
- 4.Χαμηλές απαιτήσεις σε ενέργεια
- 5.Όλα τα μέρη της μονάδας είναι πλαστικά
- 6.Αθόρυβο και πλήρως άοσμο
- 7.Μπορεί να λειτουργεί ακόμη κι αν έχουμε ελάχιστο πληθυσμό για κάποιες περιόδους
- 8.Προσαρμόζεται εύκολα σε μεγάλες διακυμάνσεις φορτίου.
- 9.Δεν παράγει σημαντική ποσότητα βιολογικής λάσπης που να χρειάζεται συχνή απομάκρυνση

2.4.4 Χαλικόφιλτρο

Το χαλικόφιλτρο είναι ένα σύστημα κάθετης ροής στο οποίο η εισροή των λυμάτων διαχέεται αρχικά από χαλίκι διαμέτρου 60-100 mm με συνολική επιφάνεια 2 m² (2.0 m πλάτος και 1.0 m μήκος). Στην συνέχεια η ροή των λυμάτων περνάει από βάθος 2.5 m και στον πυθμένα από ένα ανοικτό κανάλι εισέρχεται στο δεύτερο διαμέρισμα της δεξαμενής που υπάρχει χαλίκι 30mm και σε υψός ξανά 2.5 m . Τελικά τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στο τελευταίο διαμέρισμα της δεξαμενής στο οποίο με αντλία μεταφέρονται σε άλλη μονάδα επεξεργασίας. Η συνολική επιφάνεια του χαλικόφιλτρου είναι 5.0 m² και ο όγκος του 12.5 m³. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται το σχέδιο για το χαλικόφιλτρο.

2.4.5 Σύστημα Advantex

Η βιολογική επεξεργασία αποτελείται από βιολογικά φίλτρα ADVANTEX (από την εταιρεία ORENCO SYSTEMS, USA). Είναι μονάδες προσκολλημένης βιομάζας (attached growth) με πληρωτικά υλικά μεγάλης ενεργής επιφάνειας, τύπου πορώδους υφάσματος, από πλαστικό υλικό

υψηλής αντοχής και μεγάλων αποδόσεων επεξεργασίας. Η απόδοση των συστημάτων ADVANTECH είναι σε επίπεδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Συνολικά το ADVANTECH μαζί με τη σηπτική δεξαμενή δίνει αποδόσεις:

- Για τα BOD₅ (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) και S.S. (αιωρούμενα στερεά) > 98% (συνήθως >99%)
- Για άζωτο και φώσφορο 60-90% (ανάλογα με την εποχή και τις φορτίσεις)
- Για τα μικρόβια συνολικά αφαίρεση 99,0-99,9% ή > 99,999% με απλή χλωρίωση ή UV.

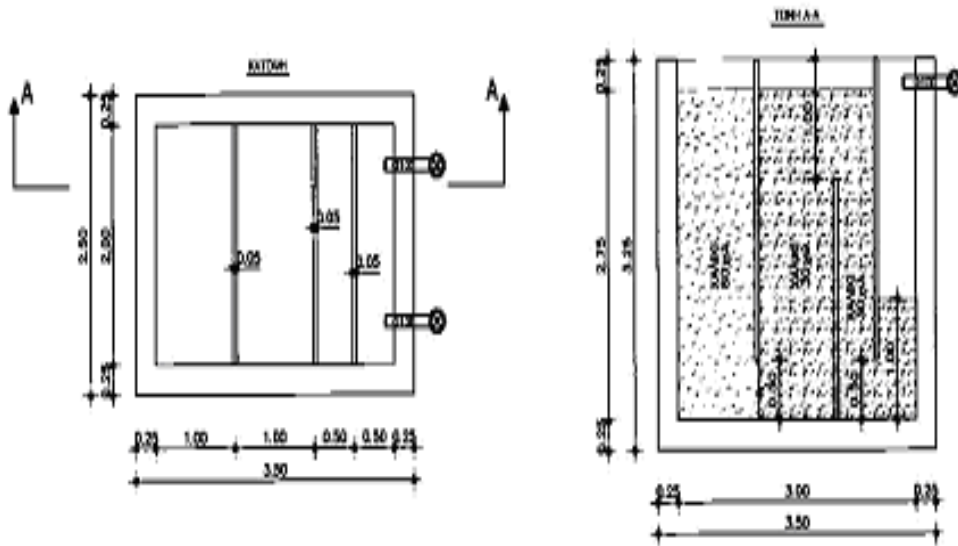
Η επεξεργασία είναι αερόβια και η οξυγόνωση γίνεται με φυσικό τρόπο (με απορρόφηση οξυγόνου από τον αέρα, ενώ ο προσφερόμενος εξοπλισμός εξασφαλίζει απλά ανανέωση του αέρα στο χώρο του ADVANTECH). Τα προεπεξεργασμένα λύματα τροφοδοτούνται με μία αντλία (ανοξείδωτη) προς τα φίλτρα ADVANTECH σε μικρές ποσότητες κατά διάστημα 1-3 min κάθε 20-30 min. Με το δίκτυο σωληνώσεων διαμοιράζονται σε όλη την επιφάνεια και διέρχονται (κατεισδύουν) μέσα στο φίλτρο με βαρύτητα, ενώ ταυτόχρονα έχουμε εισροή οξυγόνου (αέρα) με φυσικό εφελκυσμό. Τα λύματα κατά τη διέλευσή τους από το φίλτρο διέρχονται από το πορώδες των υφασμάτων και επιφανειακά όπου έχει προσκολληθεί βιομάζα (μικρόβια) η οποία μεταβολίζει (καταναλώνει για τροφή) τις οργανικές ουσίες των λυμάτων παράγοντας τελικά διοξείδιο του άνθρακα, νερό και αέριο άζωτο. Οι φορτίσεις είναι πολύ χαμηλές ανά μονάδα βιομάζας με αποτέλεσμα τον πλήρη μεταβολισμό των οργανικών ρύπων ενώ δεν παράγεται λάσπη από τα φίλτρα ADVANTECH.

Τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

- 1.Συνολική ποσότητα λυμάτων: 3,5 m³/d (αιχμή - 4 m³/d)
- 2.Εκτιμώμενη ποιότητα λυμάτων: COD = 700-900 ppm, BOD₅ = 450-600 ppm
- 3.Η μονάδα έχει μια ανοχή υπέρβασης 30-40% για περιόδους αιχμής

ΧΑΛΙΚΟΦΙΛΤΡΟ

ΣΥΛΛΕΞΕΙΣ ΕΜΠΛΑΣΤΑ (ΜΑΚΕΔ-1.0μ, ΠΑΓΙΟ-1.0μ, ΥΛΟΣ-0.75μ)

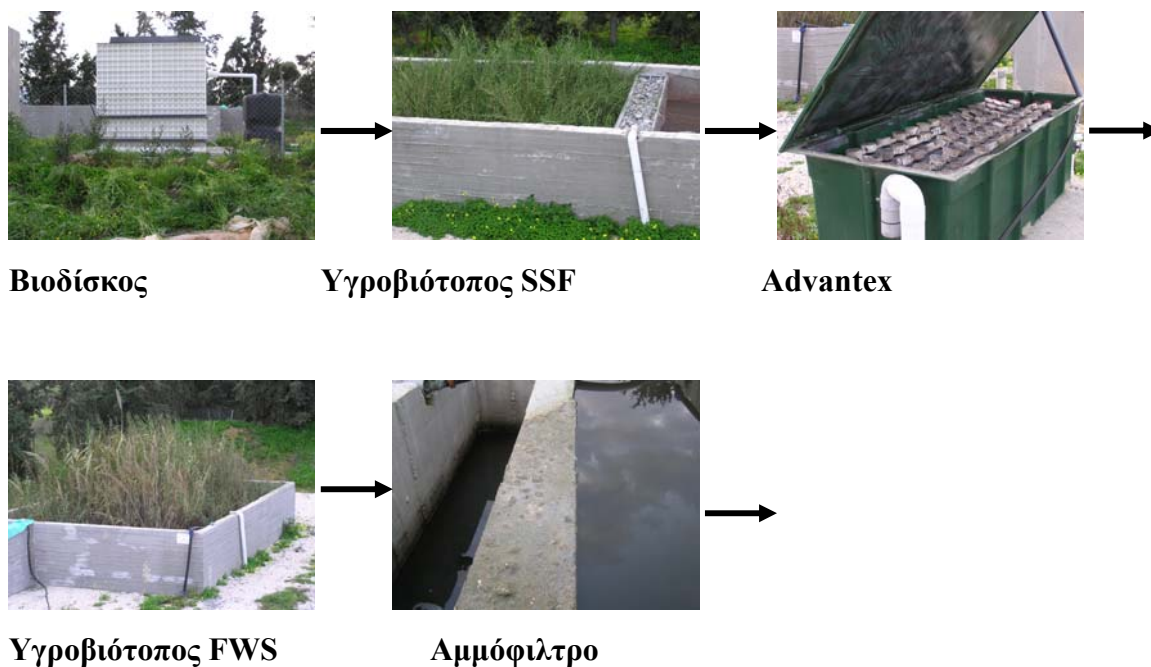


(ΣΧΗΜΑ 1.10)

Σχήμα 3. Χαλικόφιλτρο.

2.5 Λειτουργία υβριδικού υδροβιότοπου

Τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων λειτούργησαν σε σειρά με βάση την διάταξη που παρουσιάζεται στο σχήμα 4. Μετά την είσοδο των λυμάτων στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης εισέρχονταν στο βιοδίσκο και ακολούθως περνούσαν από τον υδροβιότοπο υποεπιφανειακής ροής (SSF). Η απορροή του SSF εισέρχονταν στο σύστημα προσκολλημένης βιομάζας (Advantex) από το οποίο μετά την επεξεργασία περνούσε στον υδροβιότοπο επιφανειακής ροής (FWS) και τελικά κατέληγε στο αμμόφιλτρο.



Σχήμα 4. Τρόπος λειτουργίας των συστημάτων σε σειρά.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

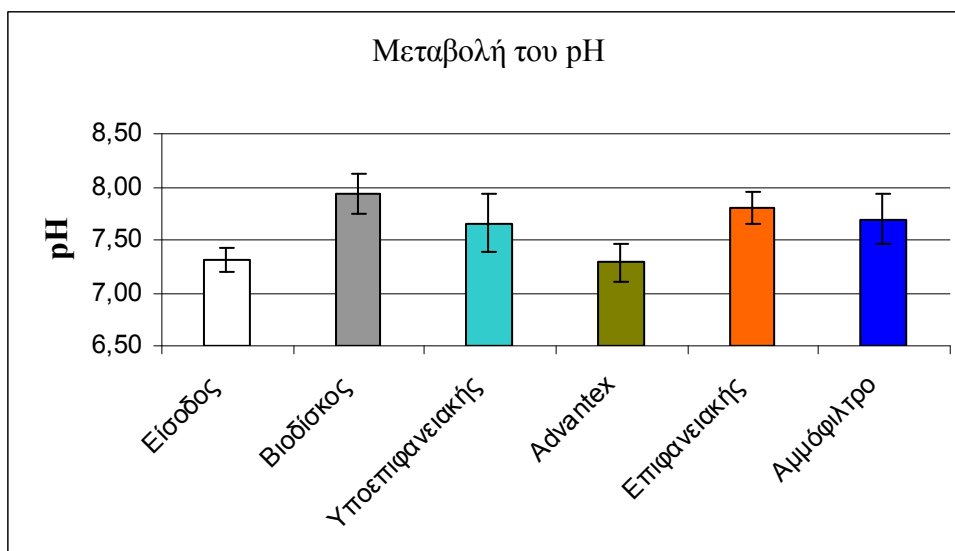
Στο πίνακα 1 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της εισόδου των λυμάτων στον υβριδικό υγροβιότοπο. Όπως είναι φανερό, πρόκειται για τυπικά πρωτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα.

Πίνακας 1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των λυμάτων.

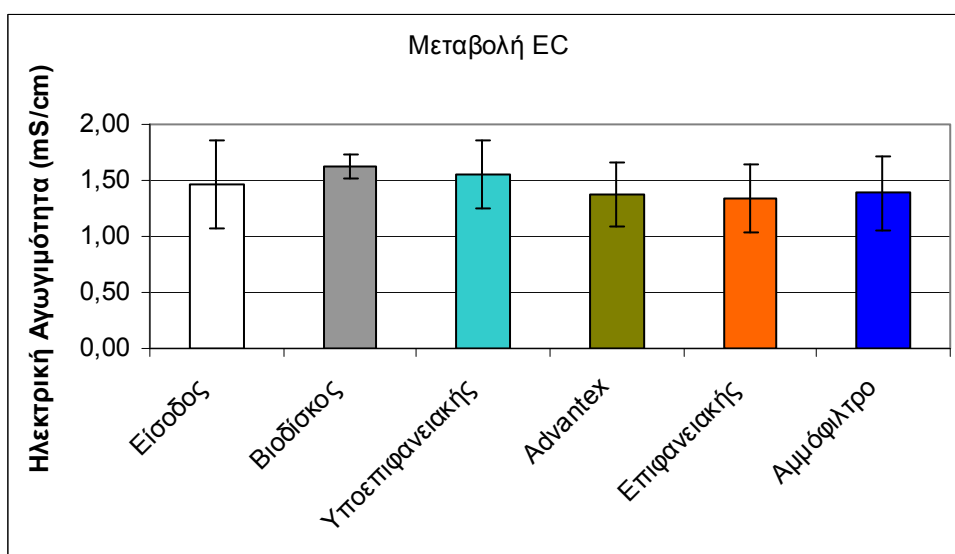
Παράμετρος	Τιμή
pH	7,32
EC (mS/cm)	1,46
COD (mg/l)	623,4
TN (mg/l)	86
TSS (mg/l)	122

Στα διαγράμματα 1 και 2 παρουσιάζεται η μέση μεταβολή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα επιμέρους συστήματα κατά την διάρκεια λειτουργίας του υβριδικού υγροβιότοπου. Γενικά δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή του pH, ωστόσο φαίνεται η τιμή του να μειώνεται όταν εισέρχεται στον υγροβιότοπο επιφανειακής ροής (SSF) και στο Advantex και να αυξάνεται όταν εισέρχεται στον βιοδίσκο και τον υγροβιότοπο επιφανειακής ροής.

Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρείται και για την ηλεκτρική αγωγιμότητα στα συστήματα. Η τιμή της δεν παρουσιάζει αξιόλογη μεταβολή πριν και μετά την επεξεργασία.



Διάγραμμα 1. Μεταβολή του pH κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.

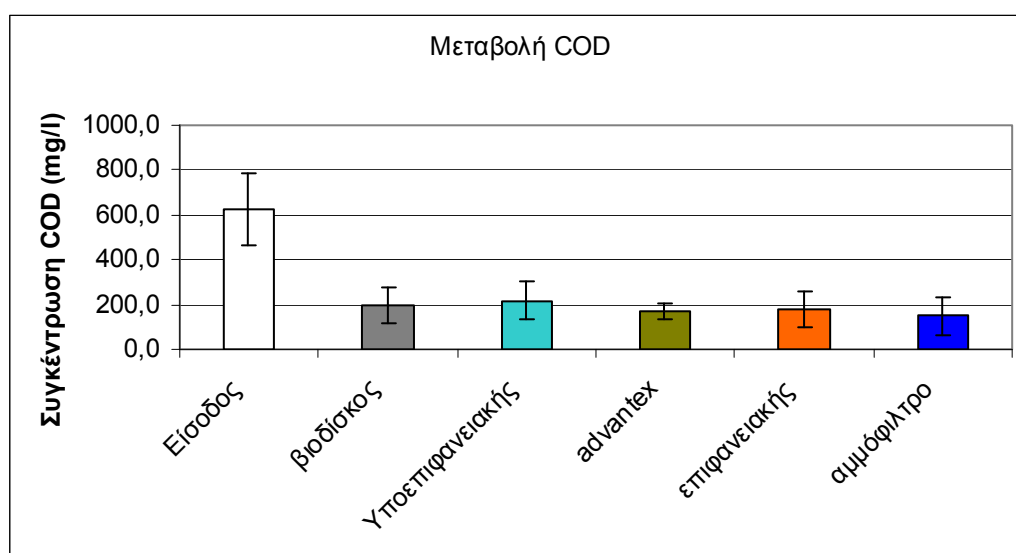


Διάγραμμα 2. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο μειώνεται σε μεγάλο βαθμό ήδη από το πρώτο σύστημα επεξεργασίας που εφαρμόζεται στην μονάδα, τον βιοδίσκο. Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζεται αναλυτικά η μέση μεταβολή του COD στο σύστημα. Η συγκέντρωση του από 623 mg/l στην είσοδο μειώνεται σε 197 mg/l στην απορροή του βιοδίσκου ενώ η τελική απορροή

μετά το αμμόφιλτρο είναι 149,6 mg/l. Επομένως το 90% της συνολικής απομάκρυνσης του COD που επιτυγχάνεται οφείλεται στον βιοδίσκο.

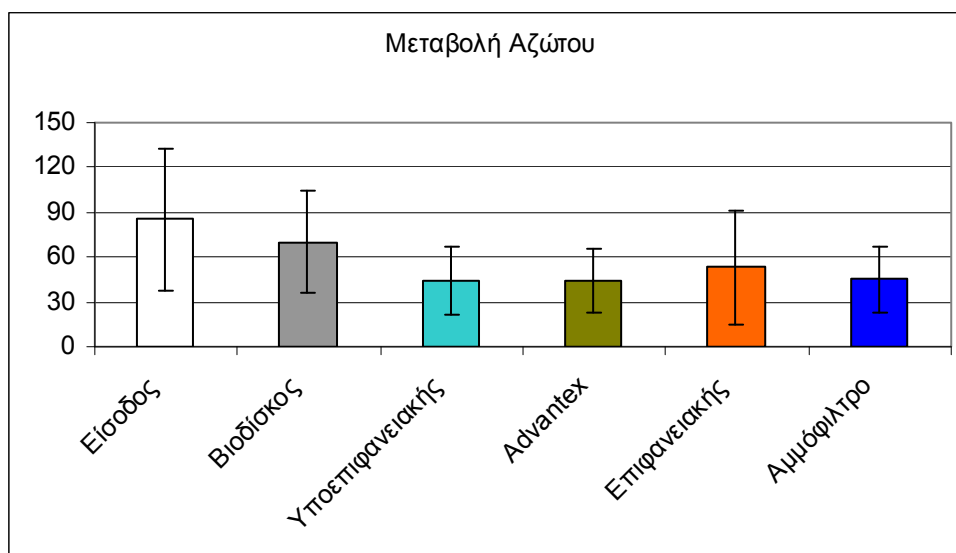
Αναλυτικότερα όπως φαίνεται στον πίνακα 2. η απομάκρυνση του COD στον βιοδίσκο ήταν 68.9% και τελικά στο αμμόφιλτρο 76%. Ο κατασκευαστής του συστήματος με τον βιοδίσκο θεωρεί ότι το σύστημα είναι ικανό να απομακρύνει οργανικό φορτίο (COD) σε ποσοστό πάνω από 90% όταν λειτουργεί με παροχή λυμάτων 4 m³/ημέρα. Στην διάταξη που χρησιμοποιήθηκε η παροχή ήταν 10.5 m³/ημέρα επομένως είναι λογικό να αναμένονται μικρότερες αποδόσεις απομακρύνσεις.



Διάγραμμα 3. Μεταβολή της συγκέντρωσης του COD κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.

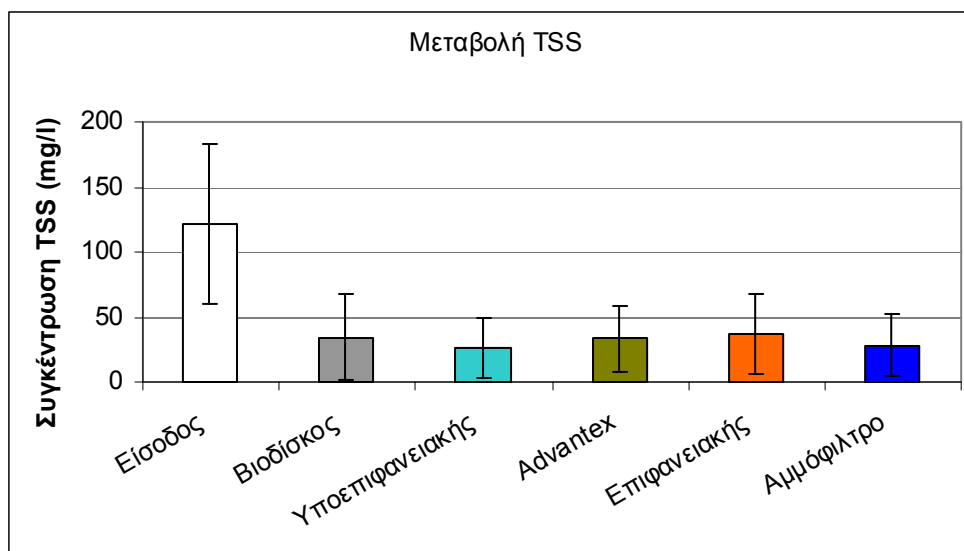
Η μεγάλη ογκομετρική παροχή στα συστήματα έχει σαν αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται σημαντική μεταβολή του αζώτου από το πρώτο σύστημα του βιοδίσκου (Διάγραμμα 4). Συγκεκριμένα η συγκέντρωση του αζώτου μειώνεται σε ποσοστό 18.3% στον βιοδίσκο, δηλαδή από 86 mg/l σε 70 mg/l. Αντίθετα η συγκέντρωση του αζώτου στην απορροή του υγροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής (SSF) είναι 44mg/l. Είναι

αξιοσημείωτο ότι ο υγροβιότοπος επιφανειακής ροής (FWS) έχει αρνητική επίδραση στην απομάκρυνση του αζώτου. Αυτό οφείλεται πιθανώς στο ότι τα καλάμια που βρίσκονται σε αυτόν αποσυντίθεται και επαναδιαλύουν άζωτο στα λύματα.



Διάγραμμα 4. Μεταβολή της συγκέντρωσης του αζώτου κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.

Η μεταβολή των ολικών αιωρούμενων στερερών παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά με το COD. Η συγκέντρωση του από 122 mg/l στην είσοδο μειώνεται σε 34 mg/l στην απορροή του βιοδίσκου ενώ η τελική απορροή μετά το αμμόφιλτρο είναι 28 mg/l. Επομένως το 93% της συνολικής απομάκρυνσης των TSS που επιτυγχάνεται οφείλεται στον βιοδίσκο.



Διάγραμμα 5. Μεταβολή της συγκέντρωσης κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.

Πίνακας 2. Απομάκρυνση οργανικών ρύπων στον υβριδικό υγροβιότοπο.

	% απομάκρυνση COD	% απομάκρυνση TN	% απομάκρυνση TSS
Βιοδίσκος	68.9	18.3	71.9
SSF	64.9	48.2	78.2
Advantex	73.0	48.3	72.8
FWS	71.6	37.9	69.7
Αμμόφιλτρο	76.0	47.3	76.9

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι τα συστήματα που λειτουργούν με χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων δεν μπορούν να πετύχουν σημαντική περαιτέρω μείωση των ουσιών αυτών. Ένα σύστημα σε σειρά που θα λειτουργούσε με τεχνολογία βιοδίσκων και στη συνέχεια με υγροβιότοπο υποεπιφανειακής ροής (SSF) μπορεί να επιτύχει τις ίδιες αποδόσεις απομάκρυνσης ρύπων. Ο υγροβιότοπος SSF απαιτείται για να επιτύχουμε μείωση της συγκέντρωσης του ολικού αζώτου.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλμπαντάκης Δημήτριος, (2006) Προσδιορισμός των Βέλτιστων Σχεδιαστικών και Λειτουργικών Παραμέτρων Τεχνητών Υγροβιότοπων για την Επεξεργασία Υδάτινων Εκροών Αυτοκινητοδρόμων. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Μανιός Θρασύβουλος, (2007) Επεξεργασία και αξιοποίηση υγρών αποβλήτων. Σημειώσεις, ΤΕΙ Κρήτης.
- Τσώνης Στυλιανός, (2004) Επεξεργασία λυμάτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Akratos C.S., Tsihrintzis, V.A. Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 2007; 29:173-91.
- APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. American Public Health Association, 1995; Washington DC, USA.
- Brix, H. Constructed wetlands for municipal wastewater treatment in Europe. *Global wetlands.* 1994; 325-33.
- EPA (2002) Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment. Design Manual, Environmental Protection Agency - USA.
- Chung, A.K.C., Wu, Y., Tam, N.F.Y., Wong, M.H. Nitrogen and phosphate mass balance in a sub-surface flow constructed wetland for treating municipal wastewater. *Ecol. Eng.* 2008; 32:81-89.

5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Φωτογραφίες



Εικόνα 1. Γενική άποψη του υγροβιότοπου



Εικόνα 2. Σύστημα αντλιών στην δεξαμενή απορροής.



Εικόνα 3. Υγροβιότοπος ελεύθερης επιφανείας (FWS) σε πλήρη λειτουργία



Εικόνα 4. Υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής (SSF) σε πλήρη λειτουργία.



Εικόνα 5. Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας με τεχνολογία προσκολλημένης βιομάζας Advantex.



Εικόνα 6. Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας με τεχνολογία βιοδίσκων EKOL.



Εικόνα 7. Σύστημα απολύμανσης UV με σκέπαστρο και ροόμετρα



Εικόνα 8. Αποψη του χαλικόφιλτρου.



Εικόνα 9. Άποψη του αμμόφιλτρου.



Εικόνα 10. Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 11. Οικίσκος στέγασης αυτοματισμών λειτουργίας του υγροβιοτόπου.