

Προμελέτη Διαχείρισης Αστικών Λυμάτων του Δήμου Ανάφης

Υπ' όψη του Δημάρχου Ανάφης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**
- 2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΪΣΙΟ**
- 3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ**
 - a. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
 - 3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ & ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥΣ**
 - 3.2.1. Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος
 - 3.2.2. Σύστημα παρατεταμένου αερισμού
 - 3.2.3. Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης
 - 3.2.4. Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR)
 - 3.2.5. Αντιδραστήρας αιωρούμενου βιοφίλμ (MBBR)
 - 3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**
 - 3.3.1. Σύστημα Βιοαντιδραστήρων με Μεμβράνες (MBR)
 - 3.3.2. Σύστημα συνδυασμού αιωρούμενου βιοφίλμ και βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης (MBMR)
 - 3.3.3. Συνδυασμός συστημάτων βιολογικής και τριτοβάθμιας επεξεργασίας
 - 3.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ**
 - 3.4.1 Γενικά
 - 3.4.2. Βραδύφιλτρα
 - 3.4.3. Φίλτρα σύνθετων μέσων
 - 3.5. ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ (RBC)-ΒΙΟΡΟΤΟΡΕΣ**
- 4. ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ**
 - 4.1 ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
 - 4.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ
 - 4.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ
 - 4.4 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ
 - 4.4.1. Τεχνητοί υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS)
 - 4.4.2. Τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (SWS)
- 5. ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟ**
 - 5.1. ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ
 - 5.2. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΙΜΗΟΦΦ
 - 5.3. ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ ΥΠΕΔΑΦΙΑΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ
 - 5.4. ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΩ ΧΑΛΙΚΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ-ΑΜΜΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ
- 6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΧΩΡΑΣ ΑΝΑΦΗΣ**
 - 6.1 Βασικά στοιχεία σχεδιασμού
 - 6.2 Εφαρμογή εναλλακτικών συστημάτων πλήρους επεξεργασίας λυμάτων

- 6.3 Εφαρμογή σηπτικού βόθρου και πεδίου υπεδάφιας διάθεσης
- 6.4 Ενδεικτικό κόστος εναλλακτικών λύσεων
- 6.5 Απαιτούμενες μελέτες & λοιπές ενέργειες

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη αφορά την διαχείριση των αστικών λυμάτων στο νησί της Ανάφης προκειμένου για την ασφαλή διάθεση των λυμάτων που προέρχονται από το αποχετευτικό δίκτυο του οικισμού της Χώρας.

Σκοπός της μελέτης είναι να προσδιορίσει τις εναλλακτικές δυνατότητες επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων μικρών οικισμών ή και απλών και οικονομικών συστημάτων επεξεργασίας που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε σχέση και με τις τοπικές συνθήκες και τη διαθέσιμη έκταση για την επεξεργασία και διάθεση των λυμάτων και την ενδεικτική κοστολόγηση για την κατασκευή και λειτουργία των έργων αυτών. Στη συνέχεια αφού γίνουν οι σχετικές διαβουλεύσεις σε επίπεδο Δήμου και σε συνεργασία με τις αρμόδιες υπηρεσίες και αφού επιλεγεί το σύστημα επεξεργασίας και διάθεσης θα πρέπει να εκπονηθούν οι απαιτούμενες μελέτες και να χορηγηθεί περιβαλλοντική αδειοδότηση για το έργο και εν συνεχεία να εξασφαλιστεί πίστωση για την υλοποίησή του.

Η **Ανάφη** βρίσκεται ανατολικά της Σαντορίνης με την οποία και αποτελούν τα νοτιοανατολικότερα νησιά των Κυκλάδων, και απέχει από τον Πειραιά 150 μίλια. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η Ανάφη (Χώρα), έδρα της ομώνυμης κοινότητας που έχει χαρακτηριστεί παραδοσιακός οικισμός και βρίσκεται στο νότιο τμήμα της νήσου. Επίγειο και κύριος λιμένας της νήσου είναι ο Άγιος Νικόλαος. Η Ανάφη έχει σχήμα περίπου τριγωνικό με μία ανατολική χερσόνησο και η συνολική της επιφάνεια ανέρχεται στα 38,636 km² με συνολικό ανάπτυγμα ακτών 38 χιλιόμετρα. Είναι γενικά ορεινό νησί με έντονο ακτογραφικό διαμελισμό χωρίς όμως μεγάλες κολπώσεις. Μεγαλύτερη κορυφή είναι η Βίγλα στο μέσον του νησιού με υψόμετρο τα 582 μ. Άλλες αξιόλογες κορυφές είναι ο Κάλαμος, 386 μ., που βρίσκεται στη ΝΑ χερσόνησο, ο Άγιος Ιωάννης ο Θεολόγος, περίπου 350 μ., που βρίσκεται στο βόρειο άκρο, το Καστέλι και ο Προφήτης Ηλίας. Δεν υφίστανται ποταμοί αλλά μόνο χείμαρροι.

Η Ανάφη υπάγεται στο Υδατικό Διαμέρισμα EL-14 των Νήσων Αιγαίου και ειδικότερα στη λεκάνη EL-1400880 επιφάνειας 38,2 km² που αφορά στο σύνολο του νησιού και ισχύ έχει η πρόσφατη εγκεκριμένη 1^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ (Δεκέμβριος 2017). Σύμφωνα με αυτήν η ποσοτική και η χημική (ποιοτική) κατάσταση των υπόγειων νερών χαρακτηρίζεται ως **καλή** με λίγο αυξημένα τα

χλωρίοντα, ενώ ακόμα η ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών νερών χαρακτηρίζεται ως καλή. Επίσης ως καλή χαρακτηρίζεται η χημική κατάσταση των παράκτιων υδάτων σε συνδυασμό με την υψηλή οικολογική τους κατάσταση.

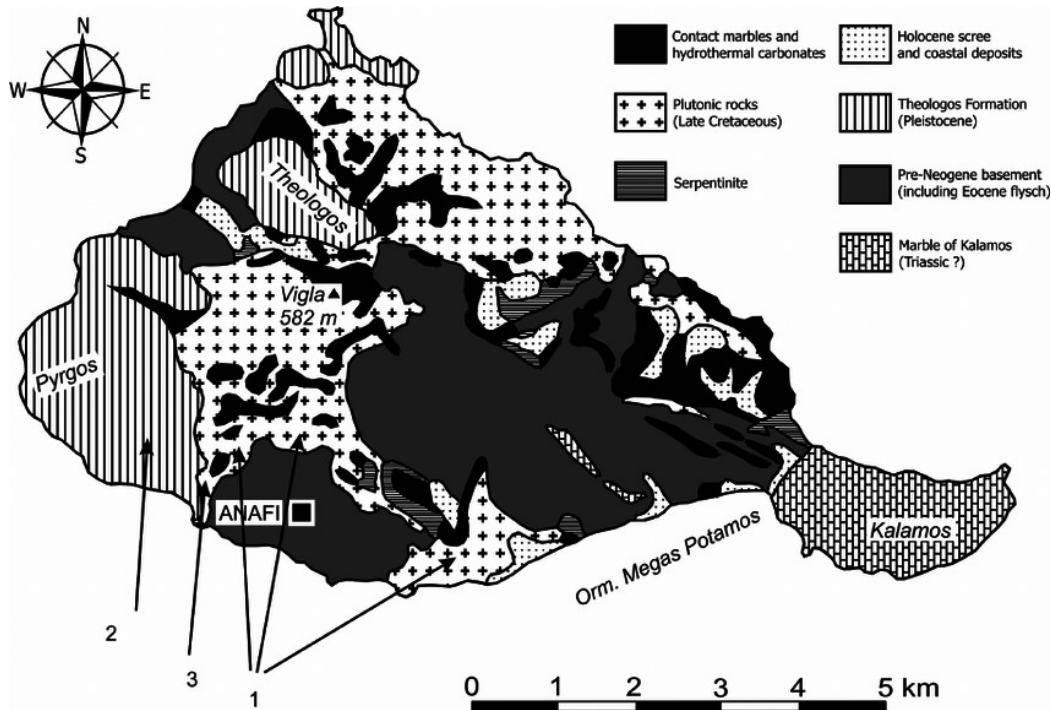
Η γεωλογική σύσταση του νησιού όπως φαίνεται και στο σχηματικό γεωλογικό χάρτη, είναι στο κέντρο γρανιτική ενώ στη περιφέρεια κρυσταλλική νεογενής. Εντοπισμοί ελαφρόπετρας που παρατηρούνται στο νησί φέρονται ως προϊόντα της μεγάλης έκρηξης του ηφαιστείου της Σαντορίνης περί το 1500 π.Χ. Στο υπέδαφος της Ανάφης έχει διαπιστωθεί ύπαρξη μεταλλευμάτων κυρίως γαληνίτη, σμιθσονίτη, σιδήρου καθώς και μολύβδου. Στην περιοχή Βάγια παρά τη δυτική ακτή υφίσταται ιαματική θειούχα πηγή. Τέλος στην περιοχή στα ΝΔ της Χώρας ο γεωλογικός σχηματισμός αναφέρεται ως σερπεντινίτης.

Στο ανατολικό άκρο του νησιού δεσπόζει ο Βράχος, ένας ασβεστολιθικός μονόλιθος με ψηλότερη κορυφή τον Κάλαμο. Ο Βράχος θεωρείται ως δεύτερος μεγαλύτερος μονόλιθος της Μεσογείου μετά το Γιβραλτάρ. Αποτελεί το εντυπωσιακότερο φυσικό αξιοθέατο του νησιού και πρόκληση για τους αναρριχητές. Τέλος να σημειωθεί ότι στην Ανάφη υπάρχουν μικρές περιοχές Natura στα ανατολικά και νότια του νησιού, που βρίσκονται εκτός της προτεινόμενης περιοχής μελέτης, με τους κωδικούς GR4220002-SCI και GR42200023-SPA.

Η χώρα της Ανάφης διαθέτει αποχετευτικό δίκτυο το οποίο κατέρχεται στον κεντρικό ασφαλτοστρωμένο δρόμο προς το λιμάνι και σταματά σε κάποια θέση στο όριο της προτεινόμενης έκτασης για την κατασκευή κατάλληλου συστήματος διαχείρισης των λυμάτων.



Άποψη Χώρας Ανάφης και θέσης για ΕΕΛ



Σχηματικός γεωλογικός χάρτης της Ανάφης

2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την Κοινοτική και Εθνική νομοθεσία για το Περιβάλλον και την διαχείριση των αστικών λυμάτων συνοψίζεται στην κάτωθι νομοθεσία.

Κοινοτική νομοθεσία

- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ «Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων».
- Οδηγία 98/15/ΕΚ Τροποποίηση της 91/271/ΕΟΚ.
- Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων».

Εθνική νομοθεσία

- Το Ν. 4042/2012 (ΦΕΚ 24Α/13.02.2012) «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ - Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- Το Ν. 4014/2011 (ΦΕΚ 209Α/21-9-2011) «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος».
- Το Ν.3199/2003 (ΦΕΚ 280Α/9-12-2003) «Προστασία και διαχείριση των υδάτων -Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000», όπως τροποποιήθηκε με την παράγραφο 1 του άρθρου 9 του Ν.3481/06 (ΦΕΚ 162Α/2-8-2006) «Τροποποιήσεις στη νομοθεσία για το Εθνικό Κτηματολόγιο, την ανάθεση και εκτέλεση συμβάσεων έργων και μελετών και άλλες διατάξεις».
- Υ.Α. οικ. 5673/400/1997_ (ΦΕΚ 192/Β'/14.3.1997) Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων.
- Υ.Α. 19661/1982/1999_ (ΦΕΚ 1811/Β'/29.9.1999) Τροποποίηση της 5673/400/97 κοινής υπουργικής απόφασης «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων» (Β/192) - Κατάλογος ευαίσθητων περιοχών για τη διάθεση αστικών λυμάτων σύμφωνα με το άρθ. 5 (παρ. 1) της απόφασης αυτής.
- Υ.Α. 48392/939/2002_ (ΦΕΚ 405/Β'/3.4.2002) Συμπλήρωση της 19661/1982/99 κοινής υπουργικής απόφασης «τροποποίηση της 5673/400/97 κοινής υπουργικής απόφασης...κ.λπ.» (Β/192) - Κατάλογος ευαίσθητων περιοχών για τη διάθεση αστικών λυμάτων σύμφωνα με το άρθ. 5 (παρ. 1) της απόφασης αυτής (Β/1811) και ειδικότερα του άρθ. 2 (παρ. Β) αυτής.

- Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ 54/Α`/8.3.2007) Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.
- Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α`/9.12.2003) Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.
- Την ΚΥΑ 145116/2-02-2011 (ΦΕΚ 354/Β/8-03-2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις».
- Την Εγκύκλιο α.π.οικ. 145447/23-06-2011 «Διευκρινίσεις σχετικά με την ορθή εφαρμογή της ΚΥΑ 145116/2-02-2011 (ΦΕΚ 354/Β/8-03-2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις».
- Την Εγκ. οικ. 191645/2013 - Διευκρινίσεις για τη διάθεση υγρών αποβλήτων σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες μετά την έκδοση του Ν. 4042/2012.
- Την με Αρ. Πρωτ. ΔΥΓ2/Γ.Ρ. 22601/2014 - Εφαρμογή και ισχύς της Ε1β/221/1965 Υγειονομικής Διάταξης «Περί Διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων» μετά την έκδοση του άρθρου 59 παρ.2 του Ν. 4042/2012.
- Εγκεκριμένη 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (ΕΛ14), ΕΓΥ, ΥΠΕΚΑ, Δεκέμβριος 2017.

2.2 Ανάλυση της Οδηγίας 91/271/ΕΕ

Το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τις απαιτήσεις διαχείρισης των αστικών λυμάτων καθορίζεται από την Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΕ και την εναρμόνισή της στην Ελληνική Νομοθεσία με την Υ.Α 5673/400 (ΦΕΚ 192Β`/14.3.97) «Μέτρα και Όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων».

Η παραπάνω Οδηγία αφορά στην συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αστικών λυμάτων και την επεξεργασία και διάθεση ορισμένων τύπων βιομηχανικών αποβλήτων.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία τα Κράτη - Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να διασφαλίσουν ότι θα διαθέτουν πλήρη αποχετευτικά συστήματα:

- μέχρι 31 /12/2000 όλοι οι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 15.000 ατόμων
- μέχρι 31 /12/2005 όλοι οι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 και 15.000 ατόμων.

Για οικισμούς άνω των 10.000 ισοδυνάμων ατόμων, που αποχετεύονται σε "ευαίσθητους αποδέκτες", τα Κράτη Μέλη θα μεριμνήσουν για την κατασκευή αποχετευτικών συστημάτων το αργότερο μέχρι 31 /12/1998.

Επίσης, τα Κράτη - Μέλη θα εξασφαλίσουν ότι θα υφίστανται τουλάχιστον «δευτεροβάθμια επεξεργασία» :

- μέχρι 31 /12/2000 όλες οι απορροές οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 15.000 ατόμων.
- μέχρι 31 /12/2005 όλες οι απορροές οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000 και 15.000 ατόμων.
- μέχρι 31 /12/2005 όλες οι απορροές οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 και 10.000 ατόμων, που διατίθενται σε "ευαίσθητους αποδέκτες" ή σε γλυκά νερά και εκβολές ποταμών.

Ακόμα, μέχρι τις 31/12/2005, τα αστικά λύματα θα πρέπει να υφίστανται «κατάλληλη επεξεργασία» στις περιπτώσεις :

- διάθεσης σε γλυκά νερά και εκβολές ποταμών από οικισμούς κάτω των 2.000 ατόμων
- διάθεσης σε παράκτια νερά από οικισμούς κάτω των 10.000 ατόμων.

Ως «κατάλληλη επεξεργασία» θεωρείται αυτή που επιτρέπει στον υδάτινο αποδέκτη να ανταποκρίνεται στους σχετικούς ποιοτικούς στόχους με βάση την προκαθορισμένη χρήση και τις σχετικές διατάξεις της νομοθεσίας.

Η Οδηγία δίνει την δυνατότητα, σε περιπτώσεις όπου η κατασκευή δικτύων, κρίνεται υπερβολικά δαπανηρή, να προτιμηθούν ισοδύναμα συστήματα, π.χ. συλλογή και επεξεργασία βοθρολυμάτων.

Θεωρούμε απαραίτητο η ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων να είναι η καλύτερη δυνατή που προσφέρεται από τη σήμερα εφαρμοζόμενη ευρέως τεχνολογία.

Ήδη, τα συστήματα βιολογικού καθαρισμού με ενεργό ιλύ μπορούν πάντα να επιτύχουν πολύ καλό βαθμό αφαίρεσης οργανικών φορτίων. Για την αφαίρεση θρεπτικών συστατικών όπως το άζωτο και ο φώσφορος, πρέπει να σημειωθεί ότι η αφαίρεσή τους επιβάλλεται με βάση τη νομοθεσία όταν ο αποδέκτης είναι ευαίσθητος. Στην πράξη το περιβαλλοντικό όφελος είναι σχετικά περιορισμένο, όταν τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά της περιοχής κατακλύζονται από άζωτο και φωσφόρο αγροτικής προέλευσης. Σημασία θα έχει η αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου από τα αστικά λύματα μόνον όταν η χρήση γεωργικών λιπασμάτων αρχίσει να γίνεται κατά ελεγχόμενο τρόπο.

Βέβαια, η Κοινοτική οδηγία 91/271/EOK συνιστά στην έξοδο των εγκαταστάσεων επεξεργασίας για μεν το άζωτο νιτρικών (NO₃-N) να μην

υπερβαίνει τα 15 mg/l για δε τον φώσφορο να μην υπερβαίνει τα 2 mg/l. Σε περιπτώσεις όπου ο αποδέκτης είναι είτε λίμνη γλυκού νερού ή βραδέως κινούμενος ποταμός ή τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό υπεδάφινων οριζόντων, συνιστάται και αφαίρεση φωσφόρου στο βαθμό που θα κριθεί απαραίτητος από την ευαισθησία του αποδέκτη και τη φύση του υπεδάφους.

Συγκεκριμένα η Οδηγία αυτή για την περίπτωση απόρριψης από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε υδάτινους αποδέκτες, καθορίζει τις εξής απαιτήσεις:

- Ο σχεδιασμός ή η μετασκευή των σταθμών επεξεργασίας λυμάτων γίνεται έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα των εισερχομένων και των επεξεργασμένων λυμάτων προτού απορριφθούν σε υδάτινους αποδέκτες,
- Οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, οι οποίες υποβάλλονται σε επεξεργασία, σύμφωνα με τα άρθρα 4 και 5 της παρούσας οδηγίας, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που παρατίθενται στον πίνακα 2.1.
- Επιπλέον, οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων προς τις ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που παρατίθενται στον πίνακα 2.2.
- Όπου πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι υδάτινοι αποδέκτες ανταποκρίνονται σε τυχόν άλλες σχετικές οδηγίες ισχύουν αυστηρότερες απαιτήσεις από όσες παρατίθενται στους πίνακες 2.1 ή και 2.2.
- Τα σημεία απόρριψης των αστικών λυμάτων επιλέγονται ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο δυνατό οι επιπτώσεις στους υδάτινους αποδέκτες.

Τα κριτήρια προσδιορισμού ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων περιοχών σύμφωνα με την προαναφερθείσα οδηγία είναι τα εξής:

A. Ευαίσθητες περιοχές

Μια υδάτινη μάζα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητη περιοχή, αν εμπίπτει σε μία από τις εξής ομάδες:

α) φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια ύδατα όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή όπου μπορεί, στο εγγύς μέλλον, να παρουσιαστεί ευτροφισμός αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.

Όταν εξετάζεται ποια θρεπτικά συστατικά πρέπει να μειωθούν με περαιτέρω επεξεργασία, μπορούν να λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

ι) λίμνες και ρέματα τα οποία καταλήγουν σε λίμνες / ταμιευτήρες / κλειστούς όρμους που διαπιστώνεται ότι έχουν ασθενή εναλλαγή ύδατος, οπότε μπορεί να συμβεί συσσώρευση. Στις περιοχές αυτές, η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την αφαίρεση του φωσφόρου, εκτός εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι η αφαίρεση δεν θα επηρεάσει το επίπεδο ευτροφισμού. Όπου πραγματοποιούνται απορρίψεις από μεγάλους οικισμούς, μπορεί επίσης να εξεταστεί η αφαίρεση του αζώτου.

ii) εκβολές ποταμών, όρμοι και άλλα παράκτια ύδατα που διαπιστώνεται ότι έχουν ασθενή εναλλαγή ύδατος ή που δέχονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών. Οι απορρίψεις από μικρούς οικισμούς συνήθως είναι δευτερεύουσας σημασίας στις περιοχές αυτές, αλλά, για τους μεγάλους οικισμούς, η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την αφαίρεση του φωσφόρου ή/και του αζώτου, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι η αφαίρεση αυτή δεν θα επηρεάσει το επίπεδο ευτροφισμού.

β) επιφανειακά γλυκά ύδατα προοριζόμενα για την άντληση πόσιμου νερού τα οποία θα μπορούσαν να περιέχουν νιτρικά ιόντα σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από εκείνη που προβλέπουν οι συναφείς διατάξεις της οδηγίας 75/440/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1975 περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος στα κράτη μέλη αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.

γ) περιοχές όπου περαιτέρω επεξεργασία από την προδιαγραφόμενη στο άρθρο 4 της παρούσας οδηγίας είναι αναγκαία, για την τήρηση των οδηγιών του Συμβουλίου.

B. Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές

Μια θαλάσσια υδάτινη μάζα ή περιοχή μπορεί να χαρακτηρίζεται ως λιγότερο ευαίσθητη περιοχή, αν τα απορριπτόμενα λύματα δεν θίγουν το περιβάλλον λόγω της μορφολογίας, της υδρογεωλογίας ή των ειδικών υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή.

Κατά τον προσδιορισμό των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών, τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη τον κίνδυνο μεταφοράς του απορριπτόμενου φορτίου σε γειτονικές περιοχές όπου μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς το περιβάλλον. Τα κράτη μέλη αναγνωρίζουν τις ευαίσθητες περιοχές που υπάρχουν εντός της εθνικής τους δικαιοδοσίας.

Κατά τον προσδιορισμό των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών, πρέπει να

λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

Ανοικτοί όρμοι, εκβολές ποταμών και άλλα παράκτια ύδατα με καλή εναλλαγή ύδατος και στα οποία δεν παρουσιάζεται ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου, ή στα οποία θεωρείται απίθανο να παρουσιαστεί ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου εξαιτίας της απόρριψης αστικών λυμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διέπονται από τα άρθρα 4 και 5 της προαναφερθείσας οδηγίας (μη ευαίσθητους αποδέκτες).

Παράμετροι	Συγκέντρωση	Ελάχιστη εκατοστιαία μείωση (1)
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD ₅ στους 20°C) χωρίς νιτροποίηση (2)	25 mg/l O ₂	70-90% 40(α)
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	125 mg/l O ₂	75%
Ολικά αιωρούμενα στερεά	35 mg/l (3) 35 (α) (άνω των 1.000 Ι.Π) 60 (α) (2000-10.000 Ι.Π)	90% (3) 90 (α) (άνω των 1.000 Ι.Π) 70 (α) (2000-10.000 Ι.Π)

(1) Μείωση ανάλογα με το φορτίο των εισρεόντων λυμάτων.

(2) Η παράμετρος αυτή μπορεί να αντικατασταθεί από άλλη: ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) ή θεωρητική απαίτηση οξυγόνου (TOD) αν μπορεί να ευρεθεί σχέση μεταξύ του BOD₅ και της υποκατάστασης παραμέτρου.

(3) Η απαίτηση αυτή είναι προαιρετική.

(α) Άρθρο 4, Παράγραφος 2

Τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε ύδατα ορεινών περιοχών (υψομέτρου άνω των 1500 μέτρων), όπου, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, η βιολογική επεξεργασία είναι δυσεφάρμοστη, μπορούν να υποβάλλονται σε λιγότερο αυστηρή επεξεργασία από εκείνη που ορίζεται στην παράγραφο 1 (δηλαδή δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία) εφόσον λεπτομερείς μελέτες αποδεικνύουν ότι οι εν λόγω απορρίψεις δεν επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον .

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, μπορεί να εφαρμόζεται η μία ή και οι δύο παράμετροι. Εφαρμόζεται η Τιμή συγκέντρωσης ή το ποσοστό μείωσης.

Παράμετροι	Συγκέντρωση	Ελάχιστη εκατοστιαία μείωση (1)
Ολικός φώσφορος	2 mg/l P (10.000-100.000 I.Π) 1 mg/l P (άνω των 100.000 I.Π)	80%
Ολικό άζωτο (2)	15 mg/l N (10.000-100.000 I.Π) 10 mg/l N (άνω των 100.000 I.Π) (3)	70-80%

(1) Μείωση ανάλογα με το φορτίο των εισρεόντων λυμάτων.

(2) Ολικό άζωτο σημαίνει το άθροισμα του ολικού αζώτου κατά Kjeldahl (οργανικό άζωτο και NH₃) του αζώτου των νιτρικών ιόντων (NO₃) και του αζώτου των νιτρωδών ιόντων (NO₂).

(3) Εναλλακτικά, ο ημερήσιος μέσος όρος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mg/l N. Η απαίτηση αυτή αναφέρεται σε θερμοκρασία ύδατος τουλάχιστον 12 °C κατά τη λειτουργία του βιοαντιδραστήρα της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Αντί για την προϋπόθεση της θερμοκρασίας μπορεί να εφαρμοστεί ένας περιορισμένος χρόνος λειτουργίας ανάλογος με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Αυτή η εναλλακτική λύση ισχύει εφόσον αποδεδειγμένα πληρούνται οι προϋποθέσεις που καθορίζονται στο σημείο Δ 1, στο οποίο αναφέρεται ότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και άλλες μέθοδοι, διαφορετικές από εκείνες που ορίζει η οδηγία υπό την προϋπόθεση ότι οι εν λόγω μέθοδοι αποδεδειγμένα παράγουν ισοδύναμα αποτελέσματα.

Η ίδια οδηγία προτείνει την κατά το δυνατόν αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων και της λάσπης, κάτω από αυστηρή παρακολούθηση και έλεγχο, ενώ θέτει και τους όρους για τη συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας των απορροών των διαφόρων εγκαταστάσεων.

3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων μικρών οικισμών κατατάσσονται στις ακόλουθες γενικές κατηγορίες σύμφωνα και με το «Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για τη Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών» του ΕΠΠΕΡΑΑ/ΥΠΕΚΑ (Απρίλιος 2012) :

- Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας (Attached Growth Systems).

- **Τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας (Suspended Growth Systems).** Στα συστήματα αυτά η βιομάζα διατηρείται σε αιώρηση.
- **Τα Υβριδικά συστήματα** τα οποία συνδυάζουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των προαναφερόμενων δύο κατηγοριών.

Τα συστήματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων επίσης, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- **Συμβατικά ή μηχανικά συστήματα επεξεργασίας** (αναφερόμενα συχνά και ως εντατικά συστήματα)
- **Φυσικά συστήματα επεξεργασίας** (αναφερόμενα συχνά και ως εκτατικά συστήματα)

Και στις δύο κατηγορίες οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μεγάλο ποσοστό είναι παρόμοιες. Η κύρια διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι οι διεργασίες στα φυσικά συστήματα πραγματοποιούνται με φυσικό τρόπο, ήτοι με χαμηλές ταχύτητες, ενώ στα συμβατικά συστήματα οι διεργασίες πραγματοποιούνται με αυξημένη ταχύτητα, εξαιτίας των επιβαλλόμενων τεχνητών συνθηκών. Τα βασικότερα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων που εξετάστηκαν είναι:

1. Συστήματα Ενεργού Ιλύος ή παραλλαγές τους

- i. Συμβατικό σύστημα
- ii. Σύστημα παρατεταμένου αερισμού
- iii. Αντιδραστήρας ρευστοποιημένης κλίνης (ή αιωρούμενης βιομάζας)
- iv. Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR)
- v. Σύστημα συνδυασμού αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας (Moving Bed Bio-Reactor, MBBR)

2. Συστήματα προχωρημένης επεξεργασίας

- i. Σύστημα Βιομεμβρανών (MBR)
- ii. Σύστημα συνδυασμού αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας και διαχωρισμό ανάμικτου υγρού σε μεμβράνες υπερδιήθησης (Moving Bed Membrane Reactor, MBMR)
- iii. Συνδυασμός συστημάτων επεξεργασίας με τριτοβάθμια επεξεργασία

3. Βιολογικά Φίλτρα

- i. Τυπικά βιολογικά φίλτρα : Βραδύφιλτρα / Ταχύφιλτρα
- ii. Φίλτρα σύνθετων μέσων : Πλαστικά φίλτρα, Φίλτρα υφάσματος (textile filters)
- iii. Αναερόβια φίλτρα

4. Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι

Τα **φυσικά συστήματα** και τα **απλά τύπου ιδιωτικά συστήματα διάθεσης** λυμάτων εξετάζονται αναλυτικά στα κεφάλαια 4 και 5 αντίστοιχα.

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ & ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥΣ

3.2.1. Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο λόγω της ευελιξίας του και της προσαρμοστικότητάς του σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Αποτελείται από τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη μονάδα τελικής καθίζησης, τη διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος.

Ανάλογα με την εφαρμογή, το συμβατικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει πρωτοβάθμια καθίζηση. Στο συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος εφαρμόζεται, συνήθως, η πρωτοβάθμια καθίζηση, δεδομένου ότι η δευτεροβάθμια λάσπη δεν είναι επίσης σταθεροποιημένη και ως εκ τούτου απαιτείται, σε κάθε περίπτωση, η περαιτέρω επεξεργασία λάσπης. Συνήθως, σε συστήματα μικρών οικισμών παραλείπεται η πρωτοβάθμια καθίζηση, κάνοντας απλούστερο το σύστημα. Στη δεξαμενή αερισμού επιτελείται η διεργασία της αερόβιας διάσπασης των οργανικών ενώσεων που περιέχουν τα λύματα. Τα λύματα εισερχόμενα στη δεξαμενή αερισμού, έρχονται σε επαφή με μίγμα μικροοργανισμών, οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Ο αερισμός, ήτοι η τροφοδοσία του απαιτούμενου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό, και παράλληλα η διατήρηση της αιώρησης, γίνεται συνήθως με τη χρήση φυσητήρων – διαχυτών (υποβρύχια διάχυση) ή επιφανειακών αεριστήρων. Χαρακτηριστικό στοιχείο της ενεργού ιλύος είναι η διάταξη των βακτηρίων σε συσσωματώματα που ονομάζονται βιοκροκίδες. Οι βιοκροκίδες από την δεξαμενή αερισμού εισέρχονται στην δεξαμενή τελικής καθίζησης όπου και καθιζάνουν στον πυθμένα αυτής, ενώ το υπερκείμενο υγρό υπερχειλίζει προς την έξοδο. Η βιομάζα που συγκεντρώνεται στον πυθμένα της δεξαμενής αποτελεί την ενεργό ιλύ, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας ανακυκλοφορεί στην δεξαμενή αερισμού για την διατήρηση στο ανάμικτο υγρό της επιθυμητής συγκέντρωσης βιομάζας. Η ανακυκλοφορία αυτή αυξάνει το μέσο χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών (χρόνος παραμονής) στο σύστημα, η δε πλεονάζουσα ιλύς (περίσσεια) απομακρύνεται από το σύστημα.

Το συμβατικό σύστημα της ενεργού ιλύος εφαρμόζεται κατά κανόνα για την επεξεργασία αστικών λυμάτων χαμηλού φορτίου. Η εφαρμογή του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος, ακόμα και σε σχετικά μικρές τιμές του χρόνου παραμονής των στερεών, σε περιοχές με τα κλιματολογικά δεδομένα της Ελλάδας, οδηγεί στην μερική και σε ορισμένες περιπτώσεις πλήρη νιτροποίηση των λυμάτων, που μπορεί να προκαλέσει λειτουργικά προβλήματα λόγω ανύψωσης της ιλύος στη δεξαμενή τελικής καθίζησης. Για την αποφυγή του φαινομένου της ανύψωσης της ιλύος το μόνο δραστικό μέτρο είναι η προσθήκη ανοξικών αντιδραστών για την επίτευξη ελεγχόμενης απονιτροποίησης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται, επίσης, μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου

(περίπου κατά 50% της ποσότητας που χρειάζεται για τη νιτροποίηση) και φυσικά επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του αζώτου και η συμμόρφωση προς τα όρια για το άζωτο της οδηγίας 91/271 της Ε.Ε. για ευαίσθητες περιοχές.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι:

- Σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με αυτό του παρατεταμένου αερισμού.
- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD5 .
- Συχνά επίτευξη πλήρους νιτροποίησης σε θερμά κλίματα (καλοκαίρι και φθινόπωρο στην Ελλάδα).
- Δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.
- Απαιτεί μικρές σχετικά εκτάσεις (σε σχέση με την παραλλαγή του παρατεταμένου αερισμού).

Τα κύρια μειονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Σχετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού.
- Σχετικά ευαίσθητο σύστημα σε τοξικές ουσίες.
- Απαιτήση περαιτέρω επεξεργασίας για σταθεροποίηση τόσο της περίσσειας της ενεργού ιλύος, όσο και της ιλύος που προέρχεται από την πρωτοβάθμια καθίζηση (όταν αυτή χρησιμοποιείται).
- Εμφάνιση προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης της ιλύος.
- Έλλειψη σταθερότητας σε περιπτώσεις μεταβαλλόμενων φορτίων εισόδου.

3.2.2. Σύστημα παρατεταμένου αερισμού

Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι ένα σύστημα ενεργού ιλύος που λειτουργεί σε υψηλές τιμές του χρόνου παραμονής των στερεών, ήτοι σε χαμηλή οργανική φόρτιση. Κατά τα λοιπά ο σχεδιασμός του είναι αντίστοιχος ως προς τις βασικές αρχές του με το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος. Με την χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου έχουμε μικρή παραγωγή περίσσειας ιλύος, η οποία είναι σχετικά σταθεροποιημένη, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις ανάγκες για την περαιτέρω επεξεργασία της (συνήθως απαιτείται πριν την διάθεση της μόνο η αφυδάτωσή της για μείωση του όγκου της και την εύκολη διαχείρισή της). Το σύστημα στην βασική του μορφή περιλαμβάνει την μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη μονάδα τελικής καθίζησης, τη διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος.

Κατά κανόνα τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού δεν συνδυάζονται με δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Μερικές φορές και για μικρό μέγεθος έργου, τα συστήματα αυτά είναι προκατασκευασμένα, σαν ενιαίο σύνολο όπου οι επιμέρους μονάδες (βιολογικός αντιδραστήρας, δεξαμενή τελικής καθίζησης

και δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης όταν υπάρχει) χωρίζονται με κοινά τοιχώματα. Ο αερισμός πραγματοποιείται με σύστημα υποβρύχιας διάχυσης (φυσητήρες – διαχυτές) ή με επιφανειακούς αεριστήρες. Η περίσσεια ιλύος είναι σταθεροποιημένη και απομακρύνεται, συνήθως για περαιτέρω απλή επεξεργασία (πάχυνση – αφυδάτωση). Ο μεγάλος χρόνος παραμονής έχει ως συνέπεια την νιτροποίηση των λυμάτων, ενώ με την ενσωμάτωση ανοξικής δεξαμενής μπορεί να επιτευχθεί και απονιτροποίηση. Η απαιτούμενη ανακυκλοφορία νιτροποιημένου υγρού στη μονάδα απονιτροποίησης επιτυγχάνεται με άντληση ανάμικτου υγρού από την έξοδο του αερισμού.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι τα εξής:

- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD5.
- Δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.
- Απλούστερο από το τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος.
- Μεγάλη ευστάθεια στις μεταβολές του υδραυλικού και οργανικού φορτίου αλλά και τοξικών λόγω του μεγάλου υδραυλικού χρόνου παραμονής.
- Περιορισμένη παραγωγή περίσσειας ιλύος και παράλληλα σταθεροποίηση αυτής εντός της δεξαμενής αερισμού, έτσι ώστε να μην απαιτεί περίπλοκα συστήματα επεξεργασίας.
- Δίνει την δυνατότητα για την εισαγωγή των ακατέργαστων λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού χωρίς να παρεμβληθεί πρωτοβάθμια καθίζηση.
- Στην Ελλάδα υπάρχει σημαντική εμπειρία στο σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων επεξεργασίας παρατεταμένου αερισμού καθώς λόγω των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως τυγχάνει ευρείας εφαρμογής.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Υψηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού.
- Εμφάνιση λειτουργικών προβλημάτων που εντοπίζονται κύρια στα φαινόμενα της νηματοειδούς διόγκωσης ιλύος και αφρισμού.

3.2.3. Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης (αιωρούμενης βιομάζας)

Το εν λόγω σύστημα είναι τύπου ενεργού ιλύος και στο πλαίσιο της παρούσας αποτελεί παραλλαγή αυτού, με ταυτόχρονη σταθεροποίηση της παραγόμενης ιλύος και απομάκρυνση θρεπτικών. Ο βιοαντιδραστήρας είναι υψηλής συγκέντρωσης σε βιομάζα (>4.000mg/l), η οποία βρίσκεται σε αιώρηση και η διαύγαση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε ενσωματωμένη διάταξη

διαχωρισμού εντός της μονάδας της βιολογικής επεξεργασίας (δεν απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητων δεξαμενών καθίζησης).

Οι διαδικασίες που συντελούνται είναι η οξείδωση του οργανικού φορτίου, η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση των αζωτούχων ενώσεων.

Ο αντιδραστήρας είναι κατάλληλα διαμερισματοποιημένος σε χώρο αερισμού, χώρο αιωρούμενης βιομάζας (απονιτροποίησης-διαύγασης), και χώρο συλλογής της εκροής.

Στο σύστημα αυτό, η απαιτούμενη ανακυκλοφορία νιτροποιημένου υγρού εξασφαλίζεται μέσω της συνεχούς ανακυκλοφορίας μεταξύ της ζώνης αερισμού και της ζώνης απονιτροποίησης και συνεπώς δεν απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητου αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας νιτροποιημένου υγρού. Η επαφή των λυμάτων και των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος είναι ιδανική λόγω της μορφής της αιωρούμενης βιομάζας που επιτυγχάνεται μέσα στον αντιδραστήρα. Η βιομάζα υπάρχει ως αιωρούμενο στρώμα, το οποίο δρα επίσης και ως φίλτρο, παρέχοντας εξαιρετική διαύγαση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Πριν την τροφοδοσία των λυμάτων στον βιολογικό αντιδραστήρα είναι δυνατόν να κατασκευαστεί δεξαμενή εξισορρόπησης των εισερχόμενων παροχών η οποία εξασφαλίζει το πλεονέκτημα της εξομάλυνσης της ροής σε περίπτωση μεγάλων διακυμάνσεων αλλά και της εξοικονόμησης της ενέργειας, διότι υπάρχει σταθερή κατανάλωση σε όλο το 24ωρο. Τα λύματα οδηγούνται στην δεξαμενή αερισμού, όπου εισάγεται με διάχυση σε αντίθετη ροή με τα λύματα και ο αέρας και αναμειγνύονται με την ενεργό ιλύ. Στη ζώνη αυτή υπάρχουν έντονες συνθήκες ανάμιξης για την βελτιστοποίηση και μεγιστοποίηση της απόδοσης μεταφοράς του οξυγόνου στο μίγμα λυμάτων - ενεργού ιλύος. Το μίγμα, κατόπιν, οδηγείται στις δεξαμενές αιώρησης της βιομάζας. Στην δεξαμενή αερισμού υπάρχει ελεύθερη ζώνη απαερισμού, όπου η κατανάλωση οξυγόνου είναι μεγάλη, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ανοξική συνθήκη στην ζώνη της βιομάζας και κατ' επέκταση η απονιτροποίηση.

Το σύστημα σε σχέση με τα κλασσικά συστήματα, παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως:

- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Χαμηλή παραγωγή ιλύος.
- Απλούστερη λειτουργία με λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης (απουσία δεξαμενών καθίζησης, αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος).
- Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Μικρότερος απαιτούμενος όγκος λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιομάζας και μεγαλύτερης επιτρεπόμενης φόρτισης λειτουργίας.
- Μικρότερη απαιτούμενη επιφάνεια εγκατάστασης.

Στα αρνητικά του συγκεκριμένου συστήματος συγκαταλέγονται τα εξής:

- Το σύστημα για υψηλούς βαθμούς απόδοσης χάνει τα οικονομικά του πλεονεκτήματα.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης, λόγω μικρών χρόνων παραμονής, ήτοι έλλειψη ευελιξίας σε μεγάλες υδραυλικές διακυμάνσεις.
- Σε μεγάλους χρόνους παραμονής το σύστημα λειτουργεί μάλλον ως συμβατικό αφού η δεξαμενή αερισμού τείνει να λάβει τα χαρακτηριστικά της αντίστοιχης της ενεργού ιλύος, με διάσπαση τροφής και σύνθεση βιομάζας, ενώ και ο χώρος της ρευστοποιημένης κλίνης μετατρέπεται σε δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης της ιλύος η οποία χάνει έτσι τις προσροφητικές ιδιότητές της.
- Περιορισμένη σχετικά εφαρμογή.

3.2.4. Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR)

Το σύστημα, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί και σε μεγάλους οικισμούς, είναι ιδιαίτερα ελκυστικό στην περίπτωση των μικρών οικισμών, λόγω της απλότητάς του και της ικανότητάς του να ανταποκρίνεται πολύ καλά στις μεγάλες διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων που ιδιαίτερα χαρακτηρίζουν τους μικρούς οικισμούς. Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ο συνδυασμός σε κοινή δεξαμενή των λειτουργιών του βιολογικού αντιδραστήρα ενεργού ιλύος και της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης. Έχει τρεις (3) κύριες εναλλασσόμενες φάσεις λειτουργίας I, II και III.

Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας ενός συστήματος SBR αποτελείται από τέσσερις διαδοχικές φάσεις.

Στη Φάση I (Φάση εισροής) εισέρχονται τα προς επεξεργασία λύματα στη δεξαμενή. Στη Φάση II (φάση αντιδράσεων) κατά τη διάρκεια της οποίας αποκαθίστανται εναλλακτικές και ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας, αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες με ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διατάξεων ανάμιξης και αερισμού.

Μετά το πέρας της φάσης των αντιδράσεων, απενεργοποιείται το σύστημα ανάμιξης ή/και αερισμού για την επίτευξη συνθηκών ηρεμίας και την καθίζηση των καθιζήσιμων στερεών στον πυθμένα της δεξαμενής (Φάση III – καθίζηση).

Κατά την Φάση IV (φάση εκκένωσης) η οποία αποτελεί και την τελευταία φάση, απομακρύνονται υπό συνθήκες ηρεμίας τα επεξεργασμένα λύματα. Στη ίδια φάση απομακρύνεται και η περίσσεια λάσπης.

Το σύστημα χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, ο οποίος μπορεί να ξεπεράσει και τα 95%. Ο βαθμός απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου εξαρτάται από τις εναλλαγές των επιμέρους φάσεων αντιδράσεων, εισροής και λοιπών λειτουργιών. Η σχετική εμπειρία είναι περιορισμένη αλλά φαίνεται ότι δεν είναι δύσκολο να επιτυγχάνονται μέσες απομειώσεις της τάξης του 70-80%.

Για τον αερισμό χρησιμοποιούνται διαχυτές αέρα και λιγότερο συχνά επιπλέοντες μηχανικοί αεριστήρες. Για την παρεμπόδιση εισόδου αφρών στο σύστημα εκκένωσης, το στόμιο ή ο υπερχειλιστής εκροής περιβάλλονται από κατάλληλο διάφραγμα.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι:

- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Ικανοποιητική απομάκρυνση αζώτου και δυνατότητα απομάκρυνσης φωσφόρου.
- Μικρή απαιτούμενη έκταση.
- Η σχετική απλότητα του συστήματος. Απουσιάζουν δεξαμενές καθίζησης, αγωγοί διακίνησης λυμάτων και ανακυκλοφορίας και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας.
- Η απαίτηση για ελάχιστη απασχόληση προσωπικού, διότι η κατά φάσεις λειτουργία εύκολα αυτοματοποιείται.
- Το σύστημα ελάχιστα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της εισρέουσας παροχής και ρυπαντικών φορτίων.
- Λειτουργική ευελιξία του συστήματος.
- Τα προβλήματα διόγκωσης της ιλύος που συχνά ταλαιπωρούν τα τυπικά συστήματα ενεργού ιλύος είναι εδώ σχεδόν ανύπαρκτα και σε κάθε περίπτωση ευκόλως ελεγχόμενα.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου του αντιδραστήρα εναλλασσόμενων λειτουργιών είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος, αλλά εν γένει χαμηλότερο από τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και παρατεταμένου αερισμού.
- Η ενεργειακή κατανάλωση.
- Η απαίτηση αξιόλογου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και συστημάτων αυτοματισμού.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.

3.2.5. Αντιδραστήρας αιωρούμενου βιοφίλμ (Moving Bed Bio-Reactor, MBBR)

Η μέθοδος επεξεργασίας MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) αποτελεί μια δοκιμασμένη και αποτελεσματική τεχνολογία για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων. Η βιολογική επεξεργασία λαμβάνει χώρα τόσο στο υπό αιώρηση ανάμικτο υγρό, αλλά κυρίως στο βιοφίλμ που αναπτύσσεται στο ειδικό υλικό (βιοφορείς) με το οποίο πληρώνεται ο βιολογικός αντιδραστήρας.

Το σύστημα MBBR συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας με αυτά των συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας. Συγκεκριμένα, δεν απαιτεί ανακυκλοφορία της ιλύος, ενώ χρησιμοποιεί το

σύνολο του όγκου του βιολογικού αντιδραστήρα. Επιπλέον, το σύστημα MBBR εμφανίζει χαμηλή παραγωγή ιλύος, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του μικροβιακού πληθυσμού αναπτύσσεται στο πληρωτικό υλικό και όχι στο ανάμικτο υγρό. Η κατανάλωση ενέργειας είναι μειωμένη σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος (EI) λόγω των υψηλών ρυθμών αντίδρασης και της απουσίας ανακυκλοφορίας της ιλύος. Επίσης ο απαιτούμενος όγκος των βιολογικών αντιδραστήρων είναι πολύ περιορισμένος σε σύγκριση με τα συστήματα EI, λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειας που εξασφαλίζεται από το προστιθέμενο πληρωτικό υλικό. Τέλος, το σύστημα MBBR μπορεί να ανταπεξέλθει σε απότομες αυξομειώσεις του υδραυλικού φορτίου με την κατάλληλη προσθήκη πληρωτικού υλικού και παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία σε τυχόν αυξανόμενες απαιτήσεις δυναμικότητας με την αύξηση του ποσοστού πλήρωσης της δεξαμενής.

Η μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας MBBR είναι ευέλικτη και μπορεί να συνδυαστεί πολύ καλά με την δόκιμη μέθοδο της ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος και να δημιουργηθεί μια σταθερή και αποδοτική διεργασία που είναι γνωστή ως MBBR-IFAS (Moving Bed Biofilm Reactor) - (Integrated Fixed-Film Activated Sludge), η οποία έχει ακόμη υψηλότερο βαθμό απόδοσης και σημαντικά καλύτερη ποιότητα εκροής καθώς βελτιώνεται σημαντικά η καθιζηματικότητα της περίσσειας ιλύος.

Για την επίτευξη αυτών των χαρακτηριστικών οι δεξαμενές βιολογικών διεργασιών γεμίζονται με ειδικό πληρωτικό υλικό που παίζει τον ρόλο του φορέα ανάπτυξης της βιομάζας (βιοφορείς), το οποίο κινείται μαζί με τα λύματα μέσα στον αντιδραστήρα. Η κίνηση προκαλείται από το σύστημα αερισμού στους αερόβιους αντιδραστήρες και από κατάλληλη ανάδευση στους ανοξικούς αντιδραστήρες. Το πληρωτικό υλικό είναι κατασκευασμένο από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο με πυκνότητα ελαφρά μικρότερη αυτής του νερού και σε σχήμα μικρών κυλίνδρων ή δίσκων περί τα 9- 64 mm σε διάμετρο, ανάλογα με την εφαρμογή και μεγάλη ενεργή επιφάνεια επαφής (> 500 m²/m³).

Ο ρυθμός πλήρωσης των βιοφορέων στον αντιδραστήρα ποικίλει από 10% έως 65%, ανάλογα την εφαρμογή. Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται στους βιοφορείς σε βιοφίλμ. Στο βιοφίλμ, οι μικροοργανισμοί είναι καλά προστατευμένοι, πράγμα που καθιστά τη διεργασία ανεκτική στις μεταβολές και διαταράξεις ακόμη και σε ακραία φορτία. Με τους αιωρούμενους βιοφορείς, το σύστημα γίνεται πολύ συμπαγές (compact), καθώς οι μικροοργανισμοί στο βιοφίλμ είναι πολύ αποδοτικοί. Η ενεργή βιομάζα που αναπτύσσεται είναι αυτορυθμιζόμενη και εξαρτάται από το εισερχόμενο φορτίο και τον υδραυλικό χρόνο παραμονής. Καθώς οι βιοφορείς βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, η διεργασία δεν επηρεάζεται από τα εισερχόμενα αιωρούμενα σωματίδια.

Λόγω της μικρής απαίτησης ωφέλιμου όγκου από τα συστήματα αυτά, ο χρόνος παραμονής ενδεικτικά κυμαίνεται σε συγκριτικά χαμηλά επίπεδα της τάξης των 15-90 λεπτών της ώρας, εξαρτώμενος πάντα από το οργανικό και λοιπό ρυπαντικό φορτίο των εισερχομένων υγρών αποβλήτων. Τέλος, οι τιμές της οργανικής φόρτισης για το σχεδιασμό του συστήματος ενδεικτικά θα κυμαίνονται μεταξύ 7 – 10 gBOD₅/m².d για θερμοκρασία 10°C.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή ενός συστήματος MBBR συνοψίζονται στη συνέχεια:

- Συμπαγής διάταξη: Μικρή απαιτούμενη έκταση
- Λειτουργική αξιοπιστία: Σταθερότητα σε υψηλές μεταβολές φορτίων, ανεκτικότητα σε διακυμάνσεις, γρήγορη επαναφορά μετά από μεγάλες διαταράξεις, οι αντιδραστήρες δεν φράσσουν, δεν υπάρχει κίνδυνος διόγκωσης της ιλύος.
- Ευελιξία: Ευελιξία στα σχήματα αντιδραστήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε τυχόν αυξανόμενες απαιτήσεις δυναμικότητας με την αύξηση του ποσοστού πλήρωσης της δεξαμενής, δυνατότητα χρήσης υφιστάμενων δεξαμενών για βιοαντιδραστήρες, ευκολία σε μελλοντικές επεκτάσεις
- Άλλα χαρακτηριστικά του συστήματος: Δεν απαιτείται ανακυκλοφορία της ιλύος, χαμηλό φορτίο κατά το στάδιο του διαχωρισμού, χαμηλή παραγωγή ιλύος, μειωμένη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου του αντιδραστήρα MBBR είναι:

- Η καθίζηση απαιτεί χρήση κροκιδωτικού για καλύτερα αποτελέσματα εκροής αναφορικά με την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών. Στις περιπτώσεις όπου η χρήση χημικών δεν είναι θεμιτή χρησιμοποιείται η παραλλαγή του MBBR-IFAS με πολύ καλά αποτελέσματα.
- Υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.
- Περιορισμένη εφαρμογή δεδομένου ότι αποτελεί σχετικά σύγχρονη τεχνολογία.

3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.3.1. Σύστημα Βιοαντιδραστήρων με Μεμβράνες (Membrane Bioreactor MBR)

Το Σύστημα Βιοαντιδραστήρων με Μεμβράνες (MBR) αποτελεί σχετικά πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα της Επεξεργασίας Λυμάτων. Η μέθοδος αυτή, ουσιαστικά, αποτελεί τον συνδυασμό της κλασσικής και ευρέως διαδεδομένης μεθόδου ενεργού ιλύος με την διύλιση (Μικροδιύλιση ή Υπερδιύλιση MF-UF), καταργώντας έτσι την χρήση δεξαμενών τελικής καθίζησης ως μέσο διαύγασης της τελικής εκροής και συμπύκνωσης της παραγόμενης ιλύος.

Αναλυτικότερα, η καινοτομία της μεθόδου έγκειται στη χρήση ειδικών μεμβρανών νέας τεχνολογίας οποίες βρίσκονται βυθισμένες στο ανάμικτο υγρό και μέσω των οποίων διακινούνται τα λύματα.

Το σύστημα MBR εφαρμόζει σε γενικές γραμμές τις αρχές λειτουργίας ενός τυπικού συστήματος Ενεργού Ιλύος με τη διαφορά ότι οι συγκεντρώσεις ανάμικτου υγρού κυμαίνονται από 10 έως 20kg/m³, ενώ η ηλικία της λάσπης διαμορφώνεται στις 30-60 μέρες ελαχιστοποιώντας τον υδραυλικό χρόνο παραμονής και την πλεονάζουσα ιλύ που προκύπτει πλήρως σταθεροποιημένη. Οι δεξαμενές τελικής καθίζησης του συστήματος ενεργού ιλύος αντικαθίστανται από μονάδες διύλισης μέσω μεμβρανών (τύπου MF ή UF) με πόρους από 0,01μm έως 1μm και κατά μέσο όρο κατά 0,4μm. Η ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος γίνεται με ταχείς ρυθμούς της τάξης των 5Q (όπου Q η παροχή σχεδιασμού) σε αντίθεση με τα κλασσικά συστήματα ενεργού ιλύος που η ανακυκλοφορία παίρνει τιμές από 0,5-1,5Q.

Η υψηλή συγκέντρωση της βιομάζας στο βιολογικό αντιδραστήρα, έχει ως συνέπεια την επίτευξη πλήρους διάσπαση της οργανικής ύλης (μικρή ποσότητα πλεονάζουσας ιλύος) και της νιτροποίησης μέσα σε περίπου 3 ώρες.

Το πρόβλημα της έμφραξης των μεμβρανών χρήζει προσοχής καθώς μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία της εγκατάστασης και αντιμετωπίζεται τόσο με την βελτιωμένη ποιότητα μεμβρανών όσο και με την κατάλληλη προεπεξεργασία των λυμάτων. Ως τέτοια νοείται ο αερισμός και η μικροεσχάρωση των εισερχόμενων λυμάτων.

Ο καθαρισμός των μεμβρανών επιτυγχάνεται συνήθως μέσω του αερισμού (μεγάλες φυσαλίδες, sMBR) ή με αντίστροφη έκπλυση και κατά τακτά χρονικά διαστήματα με χρήση χημικών διαλυμάτων. Ο αναμενόμενος μέσος χρόνος ζωής μιας τέτοιας μεμβράνης κυμαίνεται από 3-10 χρόνια, γεγονός που εξαρτάται από την ποιότητα των εισερχόμενων λυμάτων, την ποιότητα της μεμβράνης και την μέθοδο προεπεξεργασίας.

Δεδομένου ότι η ιλύς ανακυκλοφορεί συνεχώς στον βιοαντιδραστήρα, που λειτουργεί κάτω από συνθήκες έντονης βιοδιάσπασης της οργανικής ύλης, η πλεονάζουσα ιλύς είναι ποσοτικά πάρα πολύ λίγη σε σχέση με την κλασσική μονάδα ενεργού ιλύος και σημαντικά περιορισμένη σε σχέση με τον παρατεταμένο αερισμό.

Η μέθοδος MRB παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα :

- Εκροή υψηλής ποιότητας (απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅ > 95%).
- Η τελική απορροή εκπληρώνει τα κριτήρια της Οδηγίας 91-271/ΕΟΚ ακόμη και για ευαίσθητο αποδέκτη. Τέλος αυξάνει τις επιλογές επαναχρησιμοποίησης του ανακτημένου νερού σύμφωνα με την ισχύουσα σχετική Κ.Υ.Α.

- Δεν παρουσιάζει προβλήματα καθιζησιμότητας της ιλύος .
- Μειωμένες απαιτήσεις του συστήματος σε όγκο.
- Λειτουργεί άριστα και ως αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλη ευελιξία ανάλογα με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.
- Απαιτεί περιορισμένο αλλά ειδικευμένο προσωπικό.
- Προκαλεί την ελάχιστη δυνατή όχληση (δεν παρουσιάζει οσμές κ.λπ. καθώς η λειτουργία γίνεται σε κλειστό κύκλωμα).

Ανάμεσα στα σημαντικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται τα εξής :

- Υψηλό πάγιο κόστος των μεμβρανών.
- Αυξημένο λειτουργικό κόστος (λόγω της απαίτησης αντικατάστασης των μεμβρανών μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας).
- Περιορισμένη εφαρμογή (σχετικά σύγχρονη τεχνολογία).
- Απαίτηση λεπτοεσχάρωσης ανάντη των μεμβρανών για την αποφυγή προβλημάτων έμφραξης.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης.

3.3.2. Σύστημα συνδυασμού αιωρούμενου βιοφίλμ και βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης (Moving Bed Membrane Reactor, MBMR)

Το εν λόγω σύστημα βασίζεται στην εφαρμογή της μεθόδου επεξεργασίας MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) που έχει ήδη περιγραφεί, με βασική διαφοροποίηση στην εφαρμοζόμενη μέθοδο διαχωρισμού στερεών, όπου αντί κάποιας τυπικής διάταξης καθίζησης, η διαύγαση των επεξεργασμένων λυμάτων επιτυγχάνεται με την εφαρμογή βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης.

Βασικό πλεονέκτημα του εν λόγω συστήματος, πέραν των όσων έχουν αναφερθεί στο τυπικό σύστημα βιοαντιδραστήρα αιωρούμενων βιοφορέων, είναι η παραγωγή εκροής κατάλληλη, έπειτα από απολύμανση, για εφαρμογές απεριόριστης άρδευσης ή εμπλουτισμού υπογείων υδροφορέων.

3.3.3. Συνδυασμός συστημάτων βιολογικής και τριτοβάθμιας επεξεργασίας

Η επίτευξη προωθημένη επεξεργασίας λυμάτων, μπορεί να εξασφαλιστεί με συνδυασμένη λειτουργία ενός συμβατικού συστήματος επεξεργασίας με μετέπειτα τριτοβάθμια επεξεργασία, για περαιτέρω απομάκρυνση φορτίου. Η τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί εναλλακτικά να είναι:

- **Συμβατικά συστήματα φίλτρανσης**
- **Σύστημα υπερδιήθησης**

3.3.3.1. Συμβατικά συστήματα Φίλτρανσης (Διύλισης)

Η διύλιση είναι μία φυσική διαδικασία κατά την οποία απομακρύνονται από κολλοειδή και λεπτά αιωρούμενα στερεά καθώς διέρχονται από ένα πορώδες μέσο όπως είναι το στρώμα άμμου ή άλλου κοκκώδους υλικού, προκαλώντας ταυτόχρονα ταπείνωση της τιμής της θολότητας. Στην περίπτωση εφαρμογής της διύλισης σε δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα, είναι δυνατό να επιτευχθεί πρόσθετη απομάκρυνση BOD κατά 50-70% και αιωρούμενων στερεών κατά 80-90%. Η διύλιση εφαρμόζεται, επίσης, και για την βελτίωση της απόδοσης καταστροφής των παθογόνων στη διαδικασία της απολύμανσης.

Σκοπός της διύλισης είναι να απομακρύνει σωματίδια όπως ανόργανα αιωρούμενα στερεά, κολλοειδή και μικροοργανισμούς, (βακτηρίδια, ιούς, άλγη). Τα σωματίδια έχουν μεγέθη που ποικίλουν. Τυπικά μεγέθη για τα αιωρούμενα στερεά είναι τα 50 μm , τα βακτηρίδια 5 μm ενώ για τους ιούς 0,05 μm και για τα κολλοειδή από 0,001-1 μm . Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα μεγέθη των πόρων ενός τυπικού διυλιστηρίου είναι της τάξεως του 0,1-0,6 mm. Κατά συνέπεια, δεν αναμένεται σημαντική συγκράτηση σωματιδίων κατά την διαδικασία της διύλισης βιολογικά επεξεργασμένων λυμάτων, κάτι που έχει επαληθευθεί και στην πράξη.

Η αναγκαία προεπεξεργασία πριν από την διύλιση είναι η διαδικασία της κροκίδωσης με στόχο τη συσσωμάτωση των σωματιδίων του νερού και την δημιουργία μεγάλων κροκίδων με μεγέθη στο διάστημα 0,1-2,0 mm έτσι ώστε να είναι δυνατή η συγκράτησή τους κατά την διύλιση. Συχνά η διαδικασία της κροκίδωσης ακολουθείται από καθίζηση με στόχο την απομάκρυνση της ποσότητας των καθιζήσιμων σωματιδίων που θα φορτίσουν το διυλιστήριο.

3.3.3.2. Σύστημα υπερδιήθησης

Στα συστήματα μεμβρανών, τα λύματα κατά τη φάση διήθησης διέρχονται από τους πόρους των μεμβρανών και εισέρχονται στο εσωτερικό των κοίλων ινών. Το παραγόμενο διήθημα χαρακτηρίζεται από χαμηλή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών (<2 mg/l) και θολότητας (<1NTU). Το μικρό μέγεθος πόρων απομακρύνει αιωρούμενα σωματίδια συμπεριλαμβανομένων κάποιων ιών και βακτηρίων τα οποία αφαιρούνται από ένα συνδυασμό προσρόφησής τους στα στερεά και κατακράτησής τους από τις μεμβράνες.

Τα παραπάνω συστήματα διύλισης εφαρμόζονται συνήθως ως τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων για την περαιτέρω μείωση των στερεών και λοιπών ρύπων.

3.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

3.4.1 Γενικά

Το βιολογικό φίλτρο, όπως και το σύστημα ενεργού ιλύος, έχει σαν στόχο την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών από τα λύματα μέσω των διαδικασιών της οξειδωσης και της σύνθεσης. Η βασική διαφορά των δύο συστημάτων έγκειται στο ότι ενώ στο σύστημα ενεργού ιλύος η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση

(suspended growth), στα βιολογικά φίλτρα οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε ένα σταθερό φορέα (attached growth).

Αναλυτικότερα, τα βιολογικά φίλτρα έχουν τη μορφή συνήθως κυκλικής κλίνης, πληρωμένης με ένα πορώδες υλικό, στους πόρους του οποίου είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι διασπούν το οργανικό φορτίο των λυμάτων που διανέμονται στην επιφάνεια του φίλτρου.

Τα επεξεργασμένα λύματα εκρέουν από τον πυθμένα και οδηγούνται στην δεξαμενή τελικής καθίζησης. Η διατήρηση των αερόβιων συνθηκών στα βιολογικά φίλτρα γίνεται με φυσικό τρόπο και συγκεκριμένα με την κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στα κενά του φίλτρου.

Ανάλογα με το υλικό πλήρωσης τα βιολογικά φίλτρα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα από χαλίκια ή άμμο και
- Τα φίλτρα με σύνθετα μέσα από αδρανή υλικά (πλαστικά φίλτρα, φίλτρα υφάσματος, τύρφης, κεραμικά υλικά, κ.λπ.).

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 ανακυκλοφορία των λυμάτων στο φίλτρο δεν είναι συνηθισμένη, λόγω των υψηλών δαπανών των αντλήσεων. Εν τούτοις πολλές φορές η επανακυκλοφορία είναι απαραίτητη σε περιόδους χαμηλών παροχών για να διατηρείται η ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα διαβροχής των μικροοργανισμών. Τα φίλτρα είναι σκόπιμο να σκεπάζονται για να προστατεύονται από τις κλιματολογικές μεταβολές. Το κόστος κατασκευής τους είναι σχετικά υψηλό, αλλά είναι σχετικά απλά στη λειτουργία και απαιτούν λιγότερη συντήρηση από τα συστήματα του παρατεταμένου αερισμού.

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

Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα διαχωρίζονται σε δύο κύριους τύπους :

- Τα βραδύφιλτρα
- Τα ταχύφιλτρα

Η βασική τους διαφορά έγκειται στο ότι στα ταχύφιλτρα καθιερώθηκε η ανακυκλοφορία μέρους ή του συνόλου της τελικής εκροής δια μέσου του φίλτρου, δεδομένου ότι με την αύξηση της υδραυλικής φόρτισης, βελτιώνεται η ικανότητα επεξεργασίας σχετικά ισχυρών λυμάτων χωρίς τον κίνδυνο έμφραξης.

Αναλυτικότερα:

3.4.2. Βραδύφιλτρα

3.4.2.1. Χαλικόφιλτρα

Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα αποτελούνται από θραυστό υλικό μεγέθους 2,5-10 cm με πιο συνηθισμένο μέγεθος τα 5 cm. Η ειδική επιφάνεια του υλικού πλήρωσης είναι περίπου 100 m²/m³ με 50% ποσοστό κενών. Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των χαλικιών τόσο αυξάνει η ειδική επιφάνεια, αλλά μικραίνει το ποσοστό κενών. Το βάθος του φίλτρου κυμαίνεται από 1,0-2,5 m. Το περίβλημα είναι συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα ή άλλο ανθεκτικό υλικό, που να μπορεί να συγκρατεί τα χαλίκια στη θέση τους και να μπορεί να δεχθεί την υδροστατική πίεση σε περίπτωση πλήρωσης των φίλτρων με υγρό. δύο παράμετροι που έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης του βιολογικού φίλτρου είναι το υδραυλικό φορτίο και το οργανικό φορτίο. Τα βραδύφιλτρα είναι κατάλληλα για την επεξεργασία λυμάτων με μικρό οργανικό φορτίο.

Από την συναξιολόγηση των κριτηρίων υδραυλικής και οργανικής φόρτισης διαπιστώνεται ότι καθοριστικό ρόλο στον βαθμό απόδοσης παίζει η επιφάνεια του φίλτρου και όχι το βάθος. Έτσι, για την επίτευξη υψηλών βαθμών απόδοσης δεν εξυπηρετεί η αύξηση του βάθους (που εξάλλου δημιουργεί κατασκευαστικά προβλήματα), αλλά η αύξηση της επιφάνειας ή η κατασκευή φίλτρων σε σειρά (διύλιση διπλής βαθμίδας). Η μικρή επίδραση που έχει το βάθος διύλισης (από κάποιο τυπικό βάθος και μετά π.χ. > 2 m) οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στο σχετικά μικρό ποσοστό κενών των βιολογικών φίλτρων με χαλίκια (= 50%), καθώς και στη δημιουργία της βιομάζας στα ανώτερα στρώματα και στη διατήρηση αερόβιων συνθηκών.

Χαρακτηριστική είναι η συμπεριφορά των βιολογικών φίλτρων σε μεταβαλλόμενα φορτία (υδραυλικά και οργανικά). Αν το φίλτρο έχει σχεδιασθεί με συντηρητικό τρόπο και εξασφαλίζει σημαντική εφεδρεία (π.χ. μεγάλη επιφάνεια έτσι ώστε μόνο ένα μικρό μέρος του βάθους του να χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό) τότε έχει τη δυνατότητα να αντεπεξέλθει με ικανοποιητικό τρόπο στις μεταβολές του φορτίου και δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή της ποιότητας εκροής.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των βραδύφιλτρων είναι:

- Ικανοποιητική απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Η απλότητα, ευκολία και χαμηλή δαπάνη λειτουργίας, πλεονεκτήματα που τα καθιστούν κατάλληλα για επεξεργασία λυμάτων απομακρυσμένων ή μικρών πόλεων.
- Ο τρόπος αποκόλλησης της ιλύος έχει σαν συνέπεια τη μεγάλη πυκνότητα και εύκολο διαχωρισμό της στη δεξαμενή τελικής καθίζησης.

- Η ταυτόχρονη νιτροποίηση, χωρίς τη χρήση ξεχωριστών μονάδων.
- Η μεγαλύτερη ανθεκτικότητα που παρουσιάζει, σε σχέση με την ενεργό ιλύ, στην επίδραση τοξικών εισροών, ανθεκτικότητα που οφείλεται στο μικρό χρόνο επαφής λυμάτων-βιομάζας ή στο γεγονός ότι λόγω της ύπαρξης των τοξικών ουσιών μόνον το επιφανειακό στρώμα της βιομάζας καταστρέφεται, αποκολλάται και απομακρύνεται, και εμφανίζεται το υποκείμενο στρώμα μικροοργανισμών που δεν έχει υποστεί φθορά.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των τυπικών βιολογικών φίλτρων είναι:

- Το υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής
- Η απαίτηση μεγάλης επιφάνειας
- Η δυσκολία επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο ($BOD_5 > 300 \text{mg/lit}$) λόγω της
- αδυναμίας τους να επεξεργαστούν ισχυρά λύματα.
- Η απαραίτητη ύπαρξη πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (π.χ. σιπτική δεξαμενή ή πρωτοβάθμια καθίζηση σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις) που αυξάνει το κόστος και το μέγεθος της μονάδας.
- Η αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου, ώστε αυτό να προσαρμοζόταν σε τυχόν μεταβολές των συνθηκών λειτουργίας (πράγμα που επιτυγχάνεται με την επανακυκλοφορία στο σύστημα ενεργού ιλύος).
- Η αδυναμία ελέγχου της ποσότητας του παρεχόμενου οξυγόνου (εκτός αν προστεθεί τεχνητός αερισμός, οπότε χάνεται σημαντικό μέρος της λειτουργικής απλότητας).
- Οχλήσεις από οσμές και έντομα

3.4.2.2. Ταχύφιλτρα

Σε μία προσπάθεια για να ξεπεραστούν οι αδυναμίες των βιολογικών φίλτρων καθιερώθηκε η ανακυκλοφορία μέρους ή του συνόλου της τελικής εκροής δια μέσου του φίλτρου, όταν διαπιστώθηκε ότι αυξάνοντας με τη μέθοδο αυτή την υδραυλική φόρτιση, μπορούσε να βελτιωθεί η ικανότητα επεξεργασίας σχετικά ισχυρών λυμάτων χωρίς τον κίνδυνο έμφραξης.

Η εφαρμογή της επανακυκλοφορίας καθιέρωσε έναν νέο τύπο βιολογικού φίλτρου με χαλίκια, το ταχύφιλτρο, σε αντιδιαστολή με τον καθιερωμένο μέχρι τότε τύπο, το βραδύφιλτρο. Όπως φαίνεται και από την ονομασία τους, τα ταχύφιλτρα λειτουργούν με πολύ αυξημένες υδραυλικές φορτίσεις, αλλά και πολύ μεγαλύτερα οργανικά φορτία. Η αυξημένη φόρτιση των φίλτρων μειώνει σημαντικά την απαιτούμενη επιφάνεια (περίπου στο 1/3)

σε σχέση με τα βραδύφιλτρα. Τα συνήθη βάθη των ταχυφίλτρων κυμαίνονται από 1-2,5 m και η παρατήρηση που έγινε για τα βραδύφιλτρα, σε σχέση με την επίδραση του βάθους στο βαθμό απόδοσης, ισχύει και εδώ. Παράγοντες που

αντισταθμίζουν συχνά το χαμηλότερο κόστος, λόγω μειωμένου όγκου φίλτρων αποτελούν το κόστος και οι δαπάνες της επανακυκλοφορίας, ιδίως για μεγάλες τιμές του συντελεστή ανακυκλοφορίας.

Τα ταχύφιλτρα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Το σχετικά μικρό λειτουργικό κόστος (μεγαλύτερο από τα βραδύφιλτρα)
- Μειωμένη απαιτούμενη επιφάνεια σε σχέση με τα βραδύφιλτρα
- Δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων με ισχυρό οργανικό φορτίο
- Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και επεξεργασμένων λυμάτων
- Μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ταχύφιλτρα εμφανίζουν τα κάτωθι μειονεκτήματα:

- Υψηλότερο κόστος κατασκευής σε σχέση με τα βραδύφιλτρα
- Ο βαθμός απόδοσης των ταχυφίλτρων είναι μέτριος και χαμηλότερος από τον αντίστοιχο των βραδύφίλτρων
- Στα ταχύφιλτρα δεν πραγματοποιείται ικανοποιητική νιτροποίηση.
- Αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου
- Αδυναμία ελέγχου της ποσότητας του παρεχόμενου οξυγόνου (εκτός αν προστεθεί τεχνητός αερισμός, οπότε χάνεται σημαντικό μέρος της λειτουργικής απλότητας).
- Οχλήσεις από οσμές και έντομα

3.4.3. Φίλτρα σύνθετων μέσων

Ενδεικτικά στην κατηγορία αυτή παρουσιάζονται τα πλαστικά φίλτρα και τα φίλτρα συνθετικού υφάσματος.

3.4.3.1 Πλαστικά Φίλτρα

Σύμφωνα με τη περιγραφή των τυπικών βιολογικών φίλτρων που αναφέρθηκε προηγούμενα, ένα κοινό γνώρισμα των βιολογικών φίλτρων με χαλίκια ή άμμο είναι το μικρό τους βάθος και η καθοριστική σημασία της επιφάνειας του φίλτρου. Όπως αναφέρθηκε, αυτό οφείλεται στο μικρό ποσοστό κενών των κόκκων. Η δυσκολία εξασφάλισης διαθέσιμης γης και το υψηλό κόστος απόκτησής της, οδήγησαν στην εμφάνιση των πλαστικών φίλτρων.

Τα διάφορα πλαστικά μέσα πλήρωσης των φίλτρων έχουν ειδικές επιφάνειες αντίστοιχες με τις ειδικές επιφάνειες των φίλτρων χαλικιού (περίπου 100 m²/m³) ή σημαντικά μεγαλύτερες (μέχρι 350 m²/m³), δύο όμως είναι οι σημαντικές διαφορές τους, το ποσοστό κενών, που κυμαίνεται μεταξύ 93% και 95% (σε σύγκριση με το 50% των φίλτρων χαλικιού) και το βάρος τους που είναι πολύ μικρότερο.

Το υψηλό ποσοστό κενών επιτρέπει την επεξεργασία ισχυρών λυμάτων χωρίς κίνδυνο έμφραξης καθώς και καλύτερη διακίνηση του οξυγόνου. Έτσι είναι δυνατόν να αυξηθεί το ωφέλιμο βάθος του φίλτρου και κατά συνέπεια να μειωθεί η επιφάνεια. Από την άποψη των βιολογικών διεργασιών δεν φαίνεται

να υπάρχει περιορισμός ως προς το βάθος λόγω του μεγάλου ποσοστού κενών που επιτρέπει την διατήρηση αερόβιων συνθηκών και την ανάπτυξη βιομάζας και σε μεγάλα βάθη. Για κατασκευαστικούς και οικονομικούς (αυξημένες δαπάνες επανακυκλοφορίας, για μεγάλα βάθη) λόγους τα πλαστικά φίλτρα δεν υπερβαίνουν τα 12 m.

Το πλαστικό φίλτρο έχει επίσης δυνατότητες εφαρμογής και για ιδιαίτερα υψηλές οργανικές φορτίσεις χωρίς κίνδυνο έμφραξης, δυνατότητα που δεν έχουν τα ταχυφίλτρα χαλικιών.

Η σημαντικότερη επίδραση της επανακυκλοφορίας στα ταχυφίλτρα χαλικιών είναι η αραίωση της τροφής, και η αποφυγή έμφραξης του φίλτρου. Για τα πλαστικά φίλτρα με το μεγάλο ποσοστό κενών τέτοιο πρόβλημα δεν υπάρχει και επομένως από πρώτη άποψη η εφαρμογή επανακυκλοφορίας φαίνεται περιττή. Στα πλαστικά φίλτρα υψηλής οργανικής φόρτισης (Roughing Filter) εάν το υψηλό οργανικό φορτίο οφείλεται σε ισχυρά λύματα με όχι ιδιαίτερα μεγάλες παροχές τότε η επανακυκλοφορία είναι συνήθως απαραίτητη. Αντίθετα δεν χρειάζεται αν η υψηλή φόρτιση οφείλεται σε τυπικά λύματα με μεγάλες όμως παροχές.

Τα πλαστικά φίλτρα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων με ισχυρό οργανικό φορτίο, μάλιστα χωρίς την απαίτηση ανακυκλοφορίας της εκροής
- Μειωμένη απαίτηση σε επιφάνεια
- Μειωμένο βάρος μονάδας
- Δυνατότητα ικανοποιητικής επεξεργασίας σε μεγάλο βάθος φίλτρου (έως και 12m)
- Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και επεξεργασμένων λυμάτων
- Μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των πλαστικών φίλτρων είναι:

- Μέση απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Το σημαντικά υψηλότερο κόστος του υλικού πλήρωσης των πλαστικών φίλτρων σε σχέση με αυτό το τυπικών.
- Αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου
- Αδυναμία ελέγχου της ποσότητας του παρεχόμενου οξυγόνου (εκτός αν προστεθεί τεχνητός αερισμός, οπότε χάνεται σημαντικό μέρος της λειτουργικής απλότητας).
- Περιορισμένη νιτροποίηση

3.4.3.2. Φίλτρα συνθετικού υφάσματος (textile filters)

Η χρήση φίλτρων υφάσματος στην επεξεργασία αστικών λυμάτων αποτελεί σχετικά πρόσφατη τεχνολογία. ως μέσο χρησιμοποιείται είναι ισχυρό συνθετικό ινώδες ύφασμα, ανθεκτικό στην βιοαποικοδόμηση. Το μέσο αυτό βρίσκεται

τοποθετημένο σε προκατασκευασμένη δεξαμενή από κατάλληλο ανθεκτικό στη διάβρωση υλικό (π.χ. fiberglass). Μέσω της χρήσης υφάσματος εξασφαλίζεται μεγάλη επιφάνεια για την ανάπτυξη μικροοργανισμών σε περιορισμένες συνολικές διαστάσεις συστήματος επεξεργασίας. Στα φίλτρα υφάσματος προβλέπεται ανακυκλοφορία. Μέσω των συστημάτων αυτών επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου και στερεών (μεγαλύτερη από 90% σε όρους BOD₅ και αιωρούμενων στερεών). Μειονέκτημα της χρήσης των φίλτρων υφάσματος αποτελεί η περιορισμένη απονιτροποίηση και η αδυναμία βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου. Το πρόβλημα της απονιτροποίησης μπορεί να επιλυθεί με την πρόβλεψη δεύτερου σταδίου φίλτρανσης με ανεξάρτητη δεύτερη μονάδα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα φίλτρα υφάσματος παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Υψηλή απόδοση ως προς την απομάκρυνση οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και επεξεργασμένων λυμάτων
- Γρήγορη έναρξη αποδοτικής λειτουργίας (startup)
- Υψηλή αντοχή σε διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων
- Δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων με ισχυρό οργανικό φορτίο
- Μειωμένη απαίτηση σε επιφάνεια
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών
- Έλλειψη οχλήσεων από οσμές και έντομα

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των φίλτρων είναι:

- Υψηλότερο κόστος του υλικού πλήρωσης των φίλτρων σε σχέση με αυτό το τυπικών.
- Αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου
- Αδυναμία βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου

3.5. ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ (RBC)-ΒΙΟΡΟΤΟΡΕΣ

Οι βιολογικοί δίσκοι και οι βιορότορες είναι ένα σύστημα που συνδυάζει αρκετά από τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών συστημάτων της ενεργού ιλύος (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.

Η εξέλιξη του συστήματος των βιολογικών δίσκων βρίσκεται σε στενή συσχέτιση με την ανακάλυψη και δυνατότητα χρησιμοποίησης διάφορων νέων υλικών κατασκευής των δίσκων. Νέα ώθηση και εφαρμογή του συστήματος σε εγκαταστάσεις μεγαλύτερης κλίμακας επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση, σαν υλικού κατασκευής των δίσκων ρυτιδοειδών φύλλων αδρανούς υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, HDPE, με μεγάλη ειδική επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό διευρύνθηκαν τα πεδία εφαρμογής του συστήματος, έτσι ώστε στα τέλη της δεκαετίας του 70 να χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ οι δίσκοι με ικανοποιητικά αποτελέσματα, σε εγκαταστάσεις για την επεξεργασία αστικών (για πληθυσμούς μέχρι 100.000 κατοίκους) και βιομηχανικών λυμάτων. Στην Ευρώπη η χρήση των δίσκων περιορίζεται κυρίως σε μικρά συστήματα επεξεργασίας καθώς το κατασκευαστικό τους κόστος κρίνεται ασύμφορο για μεγάλα συστήματα σε σχέση με τα συστήματα της ενεργού ιλύος.

Οι περιστρεφόμενοι δίσκοι έχουν σημαντικές ομοιότητες με τα βιολογικά φίλτρα καθώς και τα δύο συστήματα βασίζονται στη δημιουργία στρώματος προσκολλημένης βιομάζας για την 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.

Η βασική μονάδα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους είναι οι κυκλικοί μεγάλης διαμέτρου δίσκοι (μέχρι 4 m) από ελαφρύ πλαστικό υλικό περασμένοι εν σειρά σε έναν οριζόντιο άξονα, και τοποθετημένοι σε μία δεξαμενή, συνήθως κατασκευασμένη από σκυρόδεμα. Το πλαστικό υλικό των δίσκων διακρίνεται ανάλογα με το τύπο σε κανονικού τύπου, και σε μέσης ή υψηλής πυκνότητας υλικά. Τα κανονικού τύπου πλαστικά μέσα διακρίνονται από μικρότερη ειδική επιφάνεια που φθάνει τα 1.100m² επιφάνειας/m μήκους άξονα και χρησιμοποιούνται κυρίως στα ανάντη στάδια της εγκατάστασης όπου λόγω των υψηλών φορτίων αναπτύσσεται στρώμα βιομάζας μεγάλου πάχους. Τα μέσης και υψηλής πυκνότητας υλικά χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ειδική επιφάνεια που κυμαίνεται από 1.400 – 2.000 m² επιφάνειας ανά m μήκους άξονα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατάντη στάδια επεξεργασίας όπου η αναπτυσσόμενη βιομάζα έχει μικρότερο πάχος. Σύμφωνα με τη διεθνή

βιβλιογραφία και πρακτική ο όγκος των δεξαμενών των δίσκων ανέρχεται σε $0,0049 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ επιφάνειας.

Ο οριζόντιος άξονας περιστρέφεται αργά ενώ περίπου το 40% της επιφάνειας του πλαστικού υλικού βρίσκεται βυθισμένο στα λύματα. Τα συνήθη βάθη των δεξαμενών των βιοδίσκων κυμαίνονται μεταξύ 1,4 – 1,8 m. Με την περιστροφή γίνεται αλληπάλληλη βύθιση διαδοχικών τμημάτων της επιφάνειας των δίσκων μέσα στα διερχόμενα από την λεκάνη ροής λύματα και μετέπειτα ανάδυση και έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα στρώμα βιομάζας πάχους μερικών χιλιοστών και συγκεντρώσεως δεκάδων χιλιάδων mg/l.

Κατά τη λειτουργία με την περιστροφή οι δίσκοι κατά την ανάδυσή τους παρασέρνουν ένα λεπτό στρώμα λυμάτων στον αέρα έτσι ώστε ατμοσφαιρικό οξυγόνο διαλύεται στο λεπτό υγρό στρώμα.

Στη συνέχεια οι μικροοργανισμοί της επιφάνειας προσλαμβάνουν το διαλυμένο οξυγόνο καθώς και τις οργανικές ουσίες του στρώματος των λυμάτων και με τον τρόπο αυτό επιτελούν αερόβια την διαδικασία της σύνθεσης νέου πρωτοπλάσματος και την βιοαποικοδόμηση του οργανικού φορτίου.

Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνονται υψηλοί βαθμοί απομάκρυνσης οργανικής τροφής από την υγρή φάση, που κυμαίνονται από 90 έως 95% ως προς το BOD₅.

Η περιστροφή αποτελεί επίσης και το μηχανισμό απομάκρυνσης της περίσσειας βιομάζας καθώς κατά τη περιστροφή δημιουργούνται διατμητικές δυνάμεις που υπερνικούν τις δυνάμεις συνάφειας στην επιφάνεια των δίσκων με αποτέλεσμα να έχουμε την αποκόλληση στρωμάτων μικροοργανισμών. Ο τρόπος αυτός αποκόλλησης δημιουργεί μία τραχεία και κατακερματισμένη εξωτερική επιφάνεια μικροβιακού στρώματος που διευκολύνει τη μεταφορά και χρησιμοποίηση τόσο των οργανικών ουσιών όσο και του οξυγόνου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο μηχανισμός αυτός αποκόλλησης της βιομάζας διαφέρει σημαντικά από τον αντίστοιχο μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για την αποκόλληση της βιομάζας στα βιολογικά φίλτρα και δημιουργεί λειτουργικά πλεονεκτήματα στους περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους.

Η βιομάζα που αποκολλάται από την επιφάνεια των δίσκων εισέρχεται στα λύματα της δεξαμενής και παραμένει σε αιώρηση λόγω της ανάμιξης που προκαλείται από την περιστροφή των δίσκων. Η διατήρηση των μικροοργανισμών σε αιώρηση έχει διττό αποτέλεσμα καθώς αφενός αυτοί έρχονται σε επαφή με τις οργανικές ουσίες των λυμάτων και συνεχίζουν τη βιολογική επεξεργασία και αφετέρου είναι δυνατή η απομάκρυνσή τους με υπερχειλίση προς τη δεξαμενή τελικής καθίζησης.

Γενικά πάντως γίνεται δεκτό ότι λόγω της χαμηλής συγκεντρώσεως των μικροοργανισμών στο ανάμικτο υγρό (της τάξεως των 100 mg/l) σε σύγκριση με τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών της επιφάνειας των δίσκων η επίδραση των πρώτων στην απόδοση του συστήματος είναι πολύ μικρή.

Μία τυπική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με περιστρεφόμενους δίσκους απαρτίζεται από διάφορες σε σειρά τοποθετημένες μονάδες περιστρεφόμενων δίσκων, που η κάθε μία αποτελεί ένα διακριτό στάδιο επεξεργασίας. Ο συνηθέστερα εφαρμοζόμενος αριθμός σταδίων σε μία εγκατάσταση βιολογικών δίσκων κυμαίνεται από 3-6 στάδια. Σε κάθε στάδιο οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται προσαρμόζονται τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά στα χαρακτηριστικά του ανάμικτου υγρού του κάθε σταδίου. Έτσι στα πρώτα στάδια, όπου συναντώνται υψηλές συγκεντρώσεις τροφής στα λύματα η βιομάζα των δίσκων αποτελείται κυρίως από μία μεγάλη ποσότητα και ποικιλία βακτηρίων ενώ στα μεταγενέστερα στάδια εμφανίζονται και υψηλότερες μορφές ζωής συμπεριλαμβανομένων των πρωτόζωων και των νιτροποιητικών βακτηρίων. Τα τελευταία στάδια επεξεργασίας όπου η βιομάζα των δίσκων αποτελείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από νιτροποιητικά βακτήρια, δεν επιτυγχάνουν σε αξιόλογο βαθμό απομάκρυνση οργανικών ουσιών, ο δε σκοπός τους είναι η επίτευξη της νιτροποίησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να ακολουθεί και ένα τελευταίο στάδιο από περιστρεφόμενους δίσκους που στόχο έχει την επίτευξη της απονιτροποίησης. Στο στάδιο αυτό λόγω των απαιτούμενων αναερόβιων συνθηκών οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι βρίσκονται πλήρως βυθισμένοι στο ανάμικτο υγρό.

Οι βιολογικοί δίσκοι αντιμετωπίζουν λειτουργικά προβλήματα που σχετίζονται κυρίως με καταστροφή του μηχανισμού στήριξης και περιστροφής των δίσκων και παραγωγής δυσσομιών.

Οι βιολογικοί δίσκοι παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου.
- Μικρή απαιτούμενη έκταση.
- Απλότητα λειτουργίας.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος.
- Δυνατότητα νιτροποίησης.
- Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και εκροής.
- Σταθερότητα του συστήματος τόσο σε υδραυλικές διακυμάνσεις όσο και σε διακυμάνσεις του οργανικού φορτίου.
- Ευελιξία συστήματος.
- Δυνατότητα απονιτροποίησης με τη χρήση κατάλληλης διάταξης.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των βιολογικών δίσκων είναι:

- Εμφάνιση λειτουργικών προβλημάτων, κύρια στο μηχανισμό στήριξης και περιστροφής των δίσκων.
- Πρόβλημα οσμών.

4. ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Τα φυσικά συστήματα κάνουν χρήση των διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν στην φύση για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Το σύνολο των διεργασιών αυτών στα φυσικά συστήματα λαμβάνουν χώρα σε ένα «οικοσυστηματικό» αντιδραστήρα. Στα φυσικά συστήματα οι ταχύτητες των βιοχημικών διεργασιών είναι κατά κανόνα χαμηλές (και μικρότερες σε κάθε περίπτωση από αυτές των μηχανικών συστημάτων).

Τέτοια φυσικά συστήματα είναι:

- a. Συστήματα Βραδείας εφαρμογής
- b. Συστήματα Ταχείας Διήθησης
- c. Συστήματα επιφανειακής απορροής
- d. Τεχνητοί Υγροβιότοποι
- e. Συστήματα επιπλέοντων υδροχαρών φυτών
- f. Τεχνητές λίμνες σταθεροποίησης

Τα συστήματα αυτά αναλύονται παρακάτω πλην των περιπτώσεων (e) και (f) που δεν έχουν καμία δυνατότητα εφαρμογής στην περίπτωση της Ανάφης κυρίως λόγω της απαίτησης σε πολύ ομαλή μορφολογία εδάφους για τη διαμόρφωση λιμνών ή ρηχών συστημάτων με επιπλέοντα φυτά.

4.1 ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Η βραδεία εφαρμογή περιλαμβάνει την ελεγχόμενη εφαρμογή των προεπεξεργασμένων λυμάτων σε έδαφος με φυτική βλάστηση, με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία των με ταυτόχρονη ικανοποίηση των εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών της φυτικής βλάστησης. Επιπλέον τα εφαρμοζόμενα λύματα διηθούνται και κατεισδύουν στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Πιθανή επιφανειακή απορροή των λυμάτων συγκεντρώνεται και εφαρμόζεται ξανά στο σύστημα.

Η επεξεργασία των λυμάτων διενεργείται με τη διήθηση αυτών στο έδαφος. Η εφαρμογή των αποβλήτων γίνεται με μια ποικιλία μεθόδων όπως οι επιφανειακές (λεκάνες, αύλακες κ.α.) ή με καταιονισμό. Για την εφαρμογή των λυμάτων χρησιμοποιούνται διάφορα φυτικά συστήματα που μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες.

- Γεωργικά συστήματα. Η εφαρμογή γίνεται σε ξηροθερμικές περιοχές όπου υπάρχει σημαντική έλλειψη νερού. Σε υγρές περιοχές η εφαρμογή γίνεται με σκοπό την χρησιμοποίηση των θρεπτικών συστατικών των λυμάτων.
- Χλοοτάπητες. Η εφαρμογή σε τέτοια συστήματα απαιτεί ιδιαίτερα αυξημένα ποιοτικά κριτήρια με συνέπεια την χρήση εξελιγμένης προεπεξεργασίας και την λήψη ειδικών μέτρων στο χώρο εφαρμογής.
- Δασικά συστήματα. Η διάθεση σε δασικά συστήματα προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα αφού η διηθητική ικανότητα τους είναι συνήθως μεγαλύτερη, τα συστήματα διανομής εγκαθίσταται ευκολότερα κ.α. Όμως τα δασικά συστήματα έχουν μικρότερες ανάγκες σε νερό και μικρότερη ανεκτικότητα στα άλατα, ενώ και η απομάκρυνση αζώτου είναι περιορισμένη.

Η διήθηση και η προσρόφηση είναι πρωταρχικής σημασίας για την απομείωση του οργανικού φορτίου, όμως η βακτηριδιακή αποδόμηση είναι η τελική διεργασία. Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης αζώτου είναι η πρόσληψή του από τις ρίζες των φυτών και η απονιτροποίηση του. Σημαντικός παράγοντας για την απομάκρυνση του αζώτου είναι η επιλογή των σωστών φυτών. Η απομάκρυνση του φωσφόρου γίνεται με την προσρόφηση του στο έδαφος αλλά και στην χημική κατακρήμνιση του. Η απομάκρυνση αυτή εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους.

Τα συστήματα διάθεσης-επεξεργασίας με βραδεία εφαρμογή ταξινομούνται στους παρακάτω βασικούς τύπους:

1. Άρδευσης. Που εφαρμόζονται κύρια σε ξηρικές και ημιξηρικές περιοχές, με σκοπό την ικανοποίηση των υδατικών αναγκών της χρησιμοποιούμενης καλλιέργειας.

2. Διήθησης. Εφαρμόζονται σε υγρές περιοχές, και εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

3. Εξειδικευμένα συστήματα. Εφαρμόζονται στις περιπτώσεις παρουσίας κάποιου επικίνδυνου τοξικού ρύπου.

Η αποφυγή του κορεσμού του εδάφους επιβάλλει την μη συνεχή εφαρμογή των λυμάτων. Τα βασικότερα στοιχεία για την σωστή και αποδοτική λειτουργία των συστημάτων βραδείας εφαρμογής είναι και η ανεύρεση κατάλληλου εδάφους και η επιλογή της κατάλληλης φυτικής βλάστησης.

Για την αποδοτική λειτουργία ενός συστήματος βραδείας εφαρμογής απαιτούνται εδάφη με μέση υδραυλική αγωγιμότητα (5-50 mm/h), αφού εξισορροπούν το ποσοστό της εκροής που κατακρατείται στο έδαφος με αυτό που στραγγίζει. Τα συστήματα βραδείας εφαρμογής θα πρέπει να εγκαθίσταται σε περιοχές με επαρκές βάθος εδάφους (ελάχιστο 0.9-1.2 m) και χαμηλό

υδροφόρο ή που διαθέτουν αδιαπέραστη στρώση. Το επιθυμητό pH του εδάφους κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 8,4.

Σημειώνεται ότι αναλόγως του στόχου του συστήματος επιλέγονται και τα επιθυμητά φυτά. Έτσι για το σύστημα της διήθησης συμβατά είναι είδη φυτών με υψηλές αζωτούχες ανάγκες, ενώ στο σύστημα της άρδευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ποικιλία φυτών και δένδρων.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των συστημάτων βραδείας εφαρμογής είναι:

- Η υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου.
- Η υψηλή απομάκρυνση αζώτου, υπό την προϋπόθεση της προσεκτικής επιλογής της φυτικής καλλιέργειας.
- Ταυτόχρονη επεξεργασία λυμάτων και διάθεση αυτών.
- Απλό σύστημα κατασκευαστικά και λειτουργικά με χαμηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης.
- Δεν οδηγεί στην παραγωγή ιλύος.
- Γονιμοποίηση εδάφους.
- Άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Τα κύρια μειονεκτήματα αφορούν την:

- Χαμηλή εφαρμοζόμενη υδραυλική φόρτιση, με συνέπεια την ανάγκη ανεύρεσης εκτεταμένων εκτάσεων για εφαρμογή της μεθόδου .
- Αναγκαία ύπαρξη φυτικής βλάστησης.
- Εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες και ποιότητα εδάφους.
- Πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων οσμών, εντόμων.
- Κίνδυνος για την δημόσια υγεία από την εφαρμογή του σε καλλιέργειες χωρίς (έστω περιορισμένη) εποπτεία και έλεγχο.
- Μείωση εφαρμογής ή και διακοπή σε περιόδους βροχοπτώσεων.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.

4.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

Η ταχεία διήθηση είναι η ελεγχόμενη διάθεση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων (π.χ. μετά από σηπτική δεξαμενή / καθίζηση) σε αβαθείς λεκάνες κατάκλισης που έχουν δημιουργηθεί **σε εδάφη μέσης και υψηλής διαπερατότητας**. Τα λύματα κατεισδύουν και διηθούνται μέσα στο εδαφικό στρώμα και αποδομούνται με τη βοήθεια των βακτηρίων του εδάφους. Σχεδόν πάντοτε εφαρμόζεται ένα κυκλικό σχήμα φόρτισης των λεκανών έτσι ώστε να

υπάρχει χρόνος για την αποκατάσταση των αερόβιων συνθηκών στη ζώνη διήθησης και τη μεγιστοποίηση της βιολογικής δράσης.

Λόγω των σχετικώς υψηλών φορτίσεων που επιβάλλονται στα συστήματα αυτά και της μεγάλης διαπερατότητας του εδάφους είναι απαραίτητη η λεπτομερής γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής ώστε να αποφευχθεί τυχόν μόλυνση των υπογείων νερών, πηγών, φρεάτων κ.λπ.

Η ύπαρξη βλάστησης δεν είναι απαραίτητη στη λειτουργία των συστημάτων ταχείας διήθησης αλλά η ανάπτυξη χλόης ή ζιζανίων δεν προκαλεί προβλήματα. Ο απαιτούμενος βαθμός προεπεξεργασίας των λυμάτων είναι τουλάχιστον πρωτοβάθμια καθίζηση ή μερική βιολογική επεξεργασία με αεριζόμενες λίμνες. Εδάφη κατάλληλα για την εφαρμογή της ταχείας διήθησης είναι αυτά με διαπερατότητες της τάξης των 0,05 - 0,2 m/h. Οι δόσεις εφαρμογής των λυμάτων κυμαίνονται αντίστοιχα 0,03 - 0,4 m/ημέρα. Συνήθως, αφού έχει εκτιμηθεί η ταχύτητα διήθησης του εδάφους εφαρμόζεται ένας συντελεστής ασφαλείας που κυμαίνεται από 4-10%. Έτσι προσδιορίζεται η δόση εφαρμογής και στην συνέχεια η απαιτούμενη επιφάνεια.

Η συνολική επιφάνεια χωρίζεται συνήθως σε επτά ή περισσότερες επιμέρους κλίνες έτσι ώστε να φορτίζεται η κάθε κλίση επί μία ημέρα και να παραμένει ελεύθερη τις υπόλοιπες ώστε να αποκατασταθεί η αφομοιωτική της ικανότητα. Οι κλίνες σχηματίζονται με χωμάτινα φράγματα όσο το δυνατόν χαμηλότερου ύψους. Το φράγμα προς την εξωτερική πλευρά έχει αρκετό πλάτος ώστε να επιτρέπει τη κυκλοφορία οχημάτων. Το υγρό βάθος δεν ξεπερνά 0,5-0,9m. Ειδικά όταν χρησιμοποιούνται λεκάνες, η εφαρμογή των λυμάτων πραγματοποιείται για μια περίοδο 1-7 ημερών και διακόπτεται για 6-20 ημέρες. Στο σημείο της εισόδου των λυμάτων θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλη διάταξη ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση του πυθμένα. Κατά την κατασκευή των κλινών θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την απομάκρυνση λεπτόκοκκων υλικών που θα μειώσουν τη διαπερατότητα. Τα κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος είναι γενικά παρόμοια με αυτά της βραδείας εφαρμογής (εκτός από την χαμηλότερη απομάκρυνση παθογόνων), επιπλέον όμως εμφανίζει:

- Οι σχετικά περιορισμένες αναγκαίες εκτάσεις (4-60 στρ./103m³d), σε σύγκριση με τα συστήματα βραδείας εφαρμογής.
- Η δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου και σε εκτάσεις χωρίς φυτική κάλυψη.
- Η σχετικά υψηλή απόδοση στην απομάκρυνση τόσο του οργανικού φορτίου.
- Δυνατότητα εφαρμογής και σε εκτάσεις με μεγαλύτερες κλίσεις.
- Εφαρμογή καθ' όλη την περίοδο του έτους.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι γενικά παρόμοια με αυτά της βραδείας εφαρμογής (εκτός από τις μικρότερες απαιτούμενες εκτάσεις) αφορούν:

- Στην ανάγκη διαμόρφωσης των εκτάσεων που θα γίνει η εφαρμογή της μεθόδου (λεκάνες διήθησης, αύλακες).
- Στην μέτρια απομάκρυνση των παθογόνων.
- Εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.
- Στην πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων με νιτρικά.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.

Στην περίπτωση της επιλεγείσας έκτασης, που χαρακτηρίζεται από συνθήκες μέσης προς χαμηλής υδροπερατότητας δεν έχει εφαρμογή η λύση αυτή.

4.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ

Με τα συστήματα επιφανειακής ροής είναι δυνατό να επιτευχθεί δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Με τέτοια συστήματα μπορούν να απομακρυνθούν σημαντικές ποσότητες BOD₅ (80-95%), αιωρούμενων στερεών (80-95%) και αζώτου (75-90%). Αντίθετα, η απομάκρυνση φωσφόρου και παθογόνων είναι σχετικά περιορισμένη.

Τα συστήματα αυτά αποδίδουν καλά αποτελέσματα σε εδάφη με **μικρή έως μέτρια υδραυλική αγωγιμότητα και σχετικά αδιαπέρατες** στρώσεις σε κάποιο βάθος τους. Πριν από την εφαρμογή του αποβλήτου, το έδαφος διευθετείται σε τμήματα **με ομαλές κλίσεις και αναπτύσσεται σε αυτά φυτική βλάστηση**. Η εκροή, που ανακτάται από τέτοια συστήματα, είναι κατάλληλη για διάθεση σε ελεύθερους αποδέκτες ή άλλες χρήσεις. Με την επιφανειακή ροή το υγρό απόβλητο εφαρμόζεται στην πλευρά με το μεγαλύτερο υψόμετρο μιας κεκλιμένης εδαφικής επιφάνειας με φυτοκάλυψη. Η επεξεργασία διενεργείται κατά τη διάρκεια ροής του αποβλήτου στην επιφάνεια του εδάφους και τη συλλογή του σε στραγγιστικό αυλάκι, που βρίσκεται κατά μήκος της πλευράς με το μικρότερο υψόμετρο. Η ανάκτηση του υγρού αποβλήτου γίνεται με φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, καθώς αυτό ρέει στην εδαφική επιφάνεια με φυτική βλάστηση. Η διήθηση του απόβλητου στο έδαφος είναι περιορισμένη, εξαιτίας της μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους ή και του υπεδάφους της υφιστάμενης επιφανειακής κλίσης. Το σύστημα έχει μεγάλες απαιτήσεις σε έκταση, και εμφανίζει συχνά έκλυση έντονων οσμών. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος της επιφανειακής ροής είναι γενικά παρόμοια με αυτά της ταχείας διήθησης (με την διαφορά της παραγωγής εκροής που πρέπει να διατεθεί σε αποδέκτη) και επιπλέον έχει:

- Χαμηλότερη εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του εδάφους
- Ικανοποιητική απόδοση της απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου καθώς και των αιωρούμενων στερεών, αλλά και του αζώτου.

Τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι παρόμοια με της ταχεία διήθησης, ενώ παρουσιάζει και:

- Περιορισμένη απομάκρυνση φωσφόρου και παθογόνων
- Απαιτήση μεγάλων εκτάσεων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (κλίσεις) και διαμόρφωσή τους.
- Η συχνή εμφάνιση έντονων οσμών.
- Εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.
- Παραγωγή εκροής που χρειάζεται διάθεση.

Η λύση αυτή θα μπορούσε να θεωρηθεί ιδεώδης για τις επικρατούσες συνθήκες στην προτεινόμενη θέση, σε συνδυασμό με το κατά πολύ μικρότερο κόστος κατασκευής και λειτουργίας, όμως δεν εξασφαλίζει επαρκή επεξεργασία των λυμάτων και ενδέχεται να προκαλέσει ανθυγιεινές συνθήκες όπως έκλυση δυσοσμίας, ανάπτυξη εντόμων, κίνδυνος μόλυνσης ανθρώπων ή ζώων, κλπ. Ακόμα παράγει εκροή στο κατάντη άκρο της έκτασης που απαιτεί κατάλληλη διάθεση πχ. σε σύστημα απορροφητικών βόθρων. Έτσι το συγκεκριμένο σύστημα δεν προτείνεται.

4.4 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι υγροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους κατακλυζόμενα με νερό συνήθως μικρού βάθους (<0,6m), 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 είναι είδη ψαθιού και αφράτου (φυτά του γένους *Typha*). Η φυτική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηρίων, 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 υγροβιότοποι.

Τα συστήματα των τεχνητών υγροβιοτόπων διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

- **Τεχνητοί υγροβιότοποι επιφανειακής ροής** ή ελεύθερης επιφάνειας (Free Water Surface Treatment Wetlands-FWS) και

- **Τεχνητοί υδροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής** (Subsurface Flow Systems-SFS). Οι τεχνητοί υδροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες:
- Τεχνητοί υδροβιότοποι οριζόντιας ροής (HF) και
- Τεχνητοί υδροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VF).

4.4.1. Τεχνητοί υδροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS)

Αποτελούνται από λεκάνες μικρού βάθους, στις οποίες τοποθετείται μια εδαφική στρώση ή οποιοδήποτε άλλο υλικό που υποστηρίζει την ανάπτυξη βλάστησης και μια υδάτινη στήλη μικρού βάθους και καλλιεργούνται διάφορα υδροχαρή φυτά, όπως είναι οι κοινές καλαμιές (*Phragmites communis*), τα διάφορα είδη βούρλων (*Juncus spp.*), οι σύρφες (*Scripus spp.*) και διάφορα είδη ψαθών (*Typha spp.*).

Η στεγανότητά τους επιτυγχάνεται με την κάλυψη του πυθμένα και των πρανών των λεκανών με γεωμεμβράνες ή με άλλα κατάλληλα υλικά με μικρή διαπερατότητα στο νερό (π.χ. αργιλική στρώση), καθώς επίσης και με τη χρήση του ίδιου του φυσικού εδάφους των λεκανών, όταν η μηχανική του σύσταση εξασφαλίζει μικρή διαπερατότητα. Το νερό που εφαρμόζεται ρέει επιφανειακά, πάνω από το εδαφικό στρώμα και τα καθιζάνοντα στερεά. Στους FWS ο εφοδιασμός της υδάτινης στήλης με οξυγόνο είναι περιορισμένος συγκριτικά με τους υδροβιότοπους υποεπιφανειακής ροής, καθώς το ριζικό σύστημα βρίσκεται στο εδαφικό υπόστρωμα και κάτω από την στήλη των υγρών και το μεταφερόμενο σε αυτό οξυγόνο καταναλώνεται στο εκτεταμένο βενθικό περιβάλλον. Επιπλέον, λόγω της πυκνής φυτικής βλάστησης η μεταφορά οξυγόνου διαμέσου της επιφάνειας είναι περιορισμένη. Σημαντικό ζήτημα σχετικά με την χωροθέτηση τέτοιων συστημάτων, είναι το ότι οι FWS αποτελούν ιδεώδεις κατοικίες αναπαραγωγής κουνουπιών (που μπορούν να γίνουν φορείς μεταδόσεως νόσων στις γειτονικές περιοχές).

Τα πλεονεκτήματα του FWS συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Χαμηλό κόστος κατασκευής.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος.
- Αντοχή σε διακυμάνσεις υδραυλικού και ρυπαντικού φορτίου (πολύ μικρές παροχές – έως αρκετά μεγάλες).
- Προσαρμογή στο ευρύτερο οικοσύστημα και την αισθητική της περιοχής.
- Φυσική διεργασία -> πράσινη τεχνολογία.

Τα μειονεκτήματα του FWS, μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Επιτυγχάνεται χαμηλή απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου.
- Πραγματοποιείται φτωχή οξυγόνωση της υγρής στήλης.
- Δημιουργούνται προβλήματα οσμών και κουνουπιών.

- Απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις για την κατασκευή.

4.4.2. Τεχνητοί υδροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (SWS)

4.4.2.1. Τεχνητοί υδροβιότοποι οριζόντιας ροής (HF)

Στους υδροβιότοπους οριζόντιας ροής τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται από τη μία άκρη του υδροβιότοπου 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 υδροβιότοπου. 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 πληθυσμοί των βακτηρίων. Το οργανικό φορτίο οξειδώνεται από τους ετεροτροφικούς 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 πρόσληψή 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.

Τα πλεονεκτήματα του υδροτόπου οριζόντιας ροής είναι:

- Συστήματα χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας.
- Σχετικά αξιόπιστα συστήματα.
- Έχουν ικανοποιητική απόδοση στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των διαλυμένων στερεών.

Τα μειονεκτήματα του υδροτόπου οριζόντιας ροής είναι:

- Η αδυναμία υψηλού ρυθμού νιτροποίησης.
- Η αδυναμία επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο.
- Η περιορισμένη απομάκρυνση φωσφόρου.
- Απαιτήση για περιοδική καταστροφή της ξηρής βλάστησης με σκοπό την διατήρηση των συνθηκών ελεύθερης ροής.
- Απαιτήση ικανών εκτάσεων με ήπιες κλίσεις.
- Ισχυρή εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.

4.4.2.2. Τεχνητοί υδροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VF)

Οι υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής αποτελούνται συνήθως από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών (έδαφος, άμμος, χονδρόκοκκα, αδρανή, πλαστικά κ.λπ.), 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.

Τα πλεονεκτήματα του υγροτόπου κατακόρυφης ροής είναι:

- Συστήματα χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας.
- Σχετικά αξιόπιστα συστήματα.
- Ικανοποιητική απόδοση στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των διαλυμένων στερεών.
- Λόγω του σχεδιασμού δεν παρατηρούνται οχλήσεις από έντομα.

Τα μειονεκτήματα του υγροτόπου κατακόρυφης ροής είναι:

- Η αδυναμία υψηλού ρυθμού νιτροποίησης.
- Η αδυναμία επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο.
- Η περιορισμένη απομάκρυνση φωσφόρου.
- Απαιτήση για περιοδική καταστροφή της ξηρής βλάστησης με σκοπό την διατήρηση των συνθηκών ελεύθερης ροής.
- Απαιτήση ικανών εκτάσεων με ήπιες κλίσεις.
- Αναμενόμενες μικρές οχλήσεις από οσμές.
- Ισχυρή εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.

Είναι καλή και οικονομική λύση επεξεργασίας λυμάτων χωρίς μηχανολογικό εξοπλισμό, όμως η μορφολογία του εδάφους είναι αρκετά δυσχερής για τη διαμόρφωση επίπεδων επιμήκων λεκανών που απαιτούνται για τη δημιουργία των τεχνητών υγροτόπων, συνεπώς θα απαιτούσε σημαντικές εκσκαφές για διαμόρφωση πολλαπλών αναβαθμίδων σε όλη την έκταση της πλαγιάς. Εφόσον υπάρχει ενδιαφέρον μπορεί να εξεταστεί περαιτέρω η λύση των τεχνητών υγροτόπων οριζόντιας ή κατακόρυφης ροής με ανάπτυξη καλάμιών που θα τροφοδοτούνται μετά από σύστημα σηπτικής δεξαμενής στην είσοδο για συγκράτηση μέρους των φερτών υλικών.

5. ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟ

Ένα σύστημα επεξεργασίας λυμάτων στην απλούστερη μορφή του περιλαμβάνει:

- **Σηπτική δεξαμενή.** Η δεξαμενή μπορεί να αποτελεί προκατασκευασμένο και τυποποιημένο προϊόν εμπορίου ή μπορεί να κατασκευαστεί επιτόπου με

συμβατικές μεθόδους (οπλισμένο σκυρόδεμα). Αντί σηπτικής δεξαμενής μπορεί να εφαρμοστεί δεξαμενή Imhoff, για μεγαλύτερα συνήθως μεγέθη.

- **Υπεδάφια διάθεση** με απορροφητική τάφρο, η οποία υλοποιείται μέσω διήθησης στο έδαφος.

5.1. ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Η σηπτική δεξαμενή αποτελεί το πλέον διαδεδομένο αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ο χρόνος συγκράτησης ορίζεται εν γένει σε 24 ώρες. Η σηπτική δεξαμενή εφαρμόζεται, κυρίως, σε μεμονωμένες οικίες ή σε μικρά συγκροτήματα οικιών, δεδομένου ότι για μεγαλύτερους πληθυσμούς απαιτείται δυσανάλογα μεγάλος όγκος δεξαμενής. Αποτελείται από μια κλειστή ορθογωνική δεξαμενή εντός της οποίας συντελείται η καθίζηση των βαρύτερων αιωρούμενων

στερεών, η επίπλευση των λιπών και ελαίων και η εν μέρει αναερόβια χώνευση (υπό θερμοκρασίες περιβάλλοντος) του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Η δεξαμενή λειτουργεί ως ένας αντιδραστήρας εμβολοειδούς ροής (plug flow reactor).

Στην σηπτική δεξαμενή παρατηρούνται τρεις ζώνες: η ζώνη των επιπλεόντων στην επιφάνεια των υγρών, η ζώνη της λάσπης στον πυθμένα και η ενδιάμεση ζώνη των (μερικώς) επεξεργασμένων λυμάτων. Οι συνθήκες στη ζώνη αυτή χαρακτηρίζονται κατά κανόνα από χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου ενώ στην επιφανειακή ζώνη και στην ζώνη της λάσπης οι συνθήκες είναι καθαρά αναερόβιες.

Τα εισερχόμενα λύματα, οδηγούνται στην ενδιάμεση ζώνη όπου αναμιγνύονται με το μίγμα των ήδη μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων και μικροοργανισμών. Μικροοργανισμοί (κυρίως ετεροτροφικά βακτήρια) οξειδώνουν και διαλυτοποιούν τον οργανικό άνθρακα, ο οποίος στη συνέχεια μετατρέπεται (από επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς) σε πτητικά οργανικά οξέα και ακολούθως σε αέρια (μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, κ.α.).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, τα στερεά που καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής υφίστανται μερική αναερόβια χώνευση η οποία πραγματοποιείται με αργό ρυθμό, κυρίως λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν. Το αποτέλεσμα της αναερόβιας χώνευσης είναι η μείωση της ποσότητας ιλύος έτσι ώστε να απαιτείται απομάκρυνση της ιλύος σε αραιά χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε 12 μήνες). Κατά την περιοδική εκκένωση της δεξαμενής, κρίνεται σκόπιμο να μη γίνεται πλήρης απομάκρυνση της λάσπης, αλλά να παραμένει περίπου το 1/6 αυτής έτσι ώστε να παραμένει μέρος των μικροοργανισμών για την εκτέλεση των απαραίτητων για την διάσπαση του οργανικού φορτίου, μικροοργανισμών.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις του υδραυλικού φορτίου, μπορούν κατά τη διάρκεια της παροχής αιχμής να προκαλέσουν επαναιώρηση των καθιζήσιμων στερεών και τη διαφυγή τους με την εκροή. Ο κίνδυνος αυτός αντιμετωπίζεται συνήθως με κατασκευή στην είσοδο και έξοδο της δεξαμενής κατάλληλων τοιχωμάτων που μειώνουν τις ταχύτητες ροής και τη διαφυγή των στερεών. Σκόπιμο είναι για μεγαλύτερα μεγέθη δεξαμενών, να κατασκευάζονται μονάδες με δύο διαμερίσματα. Στις περιπτώσεις αυτές συνίσταται όπως ο ωφέλιμος όγκος του πρώτου διαμερίσματος είναι διπλάσιος από το ωφέλιμο όγκο του δευτέρου διαμερίσματος.

Οι σηπτικές δεξαμενές κατασκευάζονται συνήθως από σκυρόδεμα επί τόπου ή αποτελούν προκατασκευασμένη κατασκευή από κατάλληλα υλικά (π.χ. οπλισμένο σκυρόδεμα, fiberglass ή πολυαιθυλένιο).

Η απόδοση μιας σηπτικής δεξαμενής είναι 30-50% μείωση του BOD₅, 50-80% μείωση των αιωρούμενων στερεών και 60-80% μείωση των λιπών. Κατά συνέπεια η σηπτική δεξαμενή είναι μέθοδος επεξεργασίας που δίνει εκροή με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις BOD και αιωρούμενων στερεών. Οι δυνατότητες για μια τέτοια εκροή είναι ή η υπεδάφια διάθεση ή η πρόσθετη μετέπειτα επεξεργασία τους. Τα κριτήρια για τον σχεδιασμό των σηπτικών δεξαμενών ποικίλουν.

Η γενικότερη πρακτική (US EPA) βασίζεται στην εφαρμογή του παρακάτω τύπου:

$$V=(qxP+2.000)$$

όπου: V= ο όγκος της δεξαμενής (σε λίτρα)

P= ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός

q= μέση ημερήσια κατά κάτοικο παροχή λυμάτων (lt/κατ.-ημέρα).

Εναλλακτικά, οι σηπτικές δεξαμενές σχεδιάζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται χρόνος παραμονής για την ενδιάμεση ζώνη της υγρής φάσης (ήτοι, εξαιρουμένων των ζωνών επιπλεόντων και λάσπης) τουλάχιστον μιας ημέρας στην μέση ημερήσια παροχή λυμάτων. Βάσει αυτής της πρακτικής και θεωρώντας ότι μετά από περίοδο ενός περίπου έτους ο συνολικός όγκος της ζώνης επιφανείας και πυθμένα θα ισούται με τον όγκο της ενδιάμεσης ζώνης των υγρών, ο συνολικός ωφέλιμος όγκος της δεξαμενής θα πρέπει να είναι διπλάσιος της μέσης ημερήσιας παροχής. Η ελάχιστη χωρητικότητα της σηπτικής δεξαμενής προτείνεται να είναι 2,50m³.

Οι σηπτικές δεξαμενές κατασκευάζονται κατά κανόνα ορθογωνικές με βάθος 1,5-2,0m και σχέση μήκους/πλάτους περίπου 3/1. Είναι σκεπασμένες με οπές - εξαεριστικά στην οροφή για να διαφεύγουν τα παραγόμενα κατά την αναερόβια χώνευση αέρια. Το ελεύθερο ύψος από την ανώτατη στάθμη των λυμάτων πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο 0,3m.

5.2. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ IMHOFF

Εναλλακτικά της σηπτικής δεξαμενής μπορεί να εφαρμοστεί δεξαμενή Imhoff. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για μεγαλύτερες παροχές συγκριτικά με την σηπτική δεξαμενή. Οι δεξαμενές Imhoff αποτελούνται από δύο κατακόρυφες λεκάνες τετραγωνικής ή κυκλικής διατομής με κωνικούς πυθμένες. Οι δεξαμενές αυτές επιτελούν δύο λειτουργίες ταυτόχρονα. Ο άνω θάλαμος λειτουργεί σαν δεξαμενή καθίζησης διευκολύνοντας την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων ενώ ο κάτω θάλαμος λειτουργεί σαν περιοχή αναερόβιας χώνευσης. Γενικά, επιτυγχάνεται απομάκρυνση του BOD₅ της τάξης του 25 -35% και των στερεών σωματιδίων πάνω από 50%.

Οι δεξαμενές Imhoff χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις σαν αυτόνομη βαθμίδα επεξεργασίας ή σαν πρωτοβάθμια επεξεργασία που ακολουθείται από πρόσθετη επεξεργασία.

Ο κατακόρυφος σχεδιασμός του συστήματος το καθιστά ιδανικό για μέρη όπου ο χώρος είναι περιορισμένος. Επίσης η δεξαμενή Imhoff αποτελεί αξιόπιστο σύστημα με απλή λειτουργία.

5.3. ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ ΥΠΕΔΑΦΙΑΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε η σηπτική δεξαμενή είναι μέθοδος επεξεργασίας που δίνει εκροή με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις BOD και αιωρούμενων στερεών. Με τα χαρακτηριστικά αυτά η εκροή είναι ακατάλληλη για διάθεση σε επιφανειακούς αποδέκτες χωρίς περαιτέρω καθαρισμό. Εν τούτοις η ποιότητά τους πολύ συχνά κατάλληλη - βάσει των ειδικών τοπικών εδαφικών συνθηκών - για υπεδάφια διάθεση, η οποία συνήθως πραγματοποιείται με σύστημα απορροφητικών τάφρων.

Τα εκρέοντα λύματα από την σηπτική δεξαμενή, οδηγούνται με σωληνωτό αγωγό στην απορροφητική τάφρο όπου και διανέμονται με τη βοήθεια κατά μήκος οπών. Συχνά το όλο μήκος της τάφρου μοιράζεται σε δύο ή περισσότερους κλάδους, στο βαθμό που ο διαθέσιμος χώρος απαιτεί. Η συνιστώμενη ελάχιστη αξονική απόσταση μεταξύ παράλληλων τάφρων σε περίπτωση τροφοδοσίας της τάφρου με βαρύτητα είναι 2,50m για πλάτος τάφρου 0,50-0,55m. Για την αποφυγή ρυπάνσεως του υπόγειου νερού θεωρείται συνήθως ως επιβαλλόμενη ελάχιστη απόσταση του πυθμένα της τάφρου από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα ίση με 1,2m. Σε περίπτωση πολύ υψηλής στάθμης υπόγειου νερού, το σύστημα των τάφρων μπορεί να κατασκευασθεί σε επίχωμα (υπερυψωμένη τάφρος) ή η εφαρμογή των λυμάτων να γίνει σε φίλτρα άμμου διακοπτόμενης συνήθως λειτουργίας, ώστε να

εξασφαλίζεται ο πρόσθετος καθαρισμός των λυμάτων πριν την είσοδό τους στον υπόγειο υδροφόρο.

Το εδαφικό στρώμα μέχρι τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα πραγματοποιεί δύο λειτουργίες, ήτοι λειτουργεί ως αγωγός των λυμάτων καθώς και ως μέσο καθαρισμού. Το στερεό φορτίο που περιέχουν τα λύματα αλλά και το διαλυμένο οργανικό φορτίο, προκαλούν μεγάλη ελάττωση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδαφικού στρώματος. Το έργο καθαρισμού που πραγματοποιεί το άνω στρώμα γίνεται σε βάρος της υδραυλικής του λειτουργίας. Τα στερεά των λυμάτων φράζουν τους πόρους του εδάφους αν και όπως φαίνεται η απόφραξη προκαλείται κυρίως από ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς που βρίσκοντας άφθονη τροφή πραγματοποιούν στα πρώτα εκατοστόμετρα του εδάφους μεγάλη ανάπτυξη. Έτσι δημιουργείται ένας αποφρακτικός μανδύας κατά τη βρεχόμενη περίμετρο της τάφρου ο οποίος στις πλείστες περιπτώσεις έχει πολύ μικρή διαπερατότητα και ταπεινώνει σημαντικά την όλη αγωγιμότητα του στρώματος. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η πτώση της αγωγιμότητας στην περίπτωση των περισσότερο διαπερατών εδαφών. Στις περιπτώσεις αυτές αναπτύσσονται συνήθως υποπίεσεις στους πόρους του εδάφους, γεμίζουν με αέρα οι μεγαλύτεροι πόροι, με αποτέλεσμα η ροή να πραγματοποιείται ως μη κορεσμένη, δια μέσου των μικρότερων πόρων, πράγμα που συνεπάγεται πολύ μεγάλη ελάττωση της διαπερατότητας.

Η ακόρεστη ροή έχει μεν το άνω μεγάλο υδραυλικό μειονέκτημα, αλλά έχει το πλεονεκτήματα της βραδείας διελεύσεως ρύπων δια μέσου του εδαφικού στρώματος και μάλιστα υπό συνθήκες που ευνοούν τον αερόβιο μεταβολισμό. Το αποτέλεσμα είναι ότι πραγματοποιείται προηγούμενος καθαρισμός των λυμάτων προτού αυτά φθάσουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Η ανάπτυξη του μανδύα απαιτεί σημαντικό χρόνο ενώ η διακοπή της λειτουργίας της τάφρου για μερικές εβδομάδες μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή του. Εξ άλλου τοπικές θραύσεις του μανδύα ή οπές ανοιγμένες από σκουλήκια δεν είναι σπάνιες.

Ένα μέτρο για τη διατήρηση της υδραυλικής αντίστασης του μανδύα σε χαμηλά επίπεδα είναι η κατασκευή δύο τάφρων που θα εργάζονται εναλλακτικά. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας έχει πολλές ομοιότητες με τη διάθεση λυμάτων στο έδαφος με τη μέθοδο της ταχείας διήθησης. Κατά τη περίοδο λειτουργίας της τάφρου δημιουργείται ο αποφρακτικός μανδύας. Κατά τη περίοδο μη λειτουργίας της τάφρου (οπότε τα λύματα διοχετεύονται στη δεύτερη τάφρο), επιτυγχάνεται στράγγιση στο έδαφος, δημιουργία αερόβιων συνθηκών και ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών που αποσυνθέτουν τις οργανικές ουσίες που συνιστούν τον μανδύα. Οι προτεινόμενες απαιτήσεις και περιορισμοί στον

σχεδιασμό των απορροφητικών τάφρων τροφοδοσίας με βαρύτητα, παρουσιάζονται σε σχετικό πίνακα.

A/A	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
A.1	ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΛΑΔΟΥ - ΤΑΦΡΟΥ	18,0 m
A.2	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΑΦΡΩΝ	2,50 m
A.3	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΚΛΑ_ΟΥ - ΤΑΦΡΟΥ	0,50 m
A.4	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΘΟΣ ΤΑΦΡΟΥ (ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ)	0,85 m
A.5	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΑΦΡΟΥ – ΥΛΙΚΑ ΕΝΤΟΣ ΑΥΤΗΣ (ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΗΣ ΤΑΦΡΟΥ)	1. ΕΠΙΧ_ΣΗ ΠΑΧΟΥΣ 0,30m 2. ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΗ ΣΤΕΓΑΝ_ΣΗΣ 3. ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΟΣ ΑΓ_ΓΟΥ ΔΙΗΘΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 0,55mm ΜΕ ΧΑΛΙΚΕΣ 8-32mm
A.6	ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	1. ΑΠΟ ΘΕΜΕΛΙΑ ΚΤΙΡΙ_Ν : 10m 2. ΑΠΟ ΟΡΙΑ ΟΙΚΟΠΕ_ΟΥ : 3m 3. ΑΠΟ _ΕΝ_ΡΑ : 3m 4. ΑΠΟ ΕΝΤΟΝΑ ΠΡΑΝΗ : 4m 5. ΑΠΟ ΠΟΤΑΜΟΥΣ - ΤΑΦΡΟΥΣ : 10m 6. ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ - ΔΙΜΝΕΣ : 50m
B	ΑΓΩΓΟΣ ΥΠΕΔΑΦΙΑΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	
B.1	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΛΑΔΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	100 mm (Φ110mm)
B.2	ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ ΑΓΩΓΟΥ	0,5%
B.3	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ ΑΓΩΓΟΥ	0,2%
B.4	ΥΛΙΚΟ ΑΓΩΓΟΥ	ΣΚΛΗΡΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ
B.5	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	1. ΔΙΑΤΡΗΤΟΣ ΑΓΩΓΟΣ : 1.1. ΟΠΕΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 8mm ΑΝΑ 75mm ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ 1.2. ΔΙΑΤΡΗΣΗ 3 ΟΠΩΝ ΑΝΑ ΘΕΣΗ ΣΤΟ ΚΑΤ_ΗΜΙΚΥΚΛΙΟ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ 2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ : ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ <u>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ</u> : ΣΤΟ ΠΕΡΑΣ ΚΑΘΕ ΚΛΑΔΟΥ ΘΑ ΠΡΟΒΛΕΠΕΤΑΙ ΕΞΑΕΡΙΣΤΙΚΟ

Κατά τα τελευταία χρόνια έχει πραγματοποιηθεί σοβαρή ερευνητική εμβάθυνση στο πρόβλημα της υπεδάφιας διαθέσεως αλλά δεν έχουν ακόμη προκύψει κριτήρια σχεδιασμού ικανοποιητικής πληρότητας και αποτελεσματικότητας. Οι απορροφητικές τάφροι εξακολουθούν να σχεδιάζονται με βάση εμπειρικά κριτήρια που στηρίζουν την ονομαζόμενη "δοκιμή διήθησεως" που πραγματοποιείται ως εξής :

Στο προβλεπόμενο πεδίο διάθεσης θα διανοίγονται τρεις τουλάχιστον κυκλικές οπές διαμέτρου 30cm ή τετραγωνικές οπές διαστάσεων 30x30cm (μήκος x πλάτος), με βάθος 90cm περίπου. Κατόπιν, θα πραγματοποιείται πλήρωση της κάθε οπής με νερό και αναμονή για διάρκεια περίπου 24ωρών. Στη συνέχεια θα πραγματοποιείται η επαναπλήρωση της οπής με νερό και η μέτρηση της ταχύτητας καθόδου της στάθμης σε κάθε οπή. Βάσει της μετρηθείσας ταχύτητας καθόδου θα υπολογίζεται σε κάθε οπή ο χρόνος διήθησης (σε μονάδες μέτρησης: χρόνος / απόσταση π.χ. min/cm) και στη συνέχεια η μέση τιμή του χρόνου διήθησης (Μέσος χρόνος διήθησης <<T>>) για όλες τις οπές.

Για μη διαπερατά εδάφη με χρόνο διήθησης μεγαλύτερο από 50 min/inch (120 sec/mm), δεν ενδείκνυται η διάθεση σε απορροφητική τάφρο μετά από προεπεξεργασία σε σηπτική δεξαμενή, ενώ το όριο αυτό αυξάνεται στη τιμή των 90 min/inch (210 sec/mm), όταν εκτός από τη σηπτική δεξαμενή έχει υιοθετηθεί και πρόσθετη επεξεργασία πριν την διάθεση. Συνιστάται να μην κατασκευάζονται απορροφητικές τάφροι σε πολύ διαπερατά εδάφη, όπως σε εδάφη με χρόνο διήθησης μικρότερο από 3 min/inch (7 sec/mm) προς αποφυγή ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Η συσχέτιση του χρόνου διήθησης με την απαιτούμενη επιφάνεια διήθησης, μπορεί να γίνει μέσω εμπειρικής σχέσης της μορφής:

$$A = P \times V_p \times C$$

όπου :

A = απαιτούμενη ενεργή επιφάνεια διήθησης, m²

P = αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων, ι.κ.

V_p = χρόνος διήθησης, sec/mm

C = διορθωτικός συντελεστής του χρόνου διήθησης.

Με την παραδοχή ειδικής παροχής λυμάτων ίσης με 150 lt/ι.κ.-ημέρα, ο συντελεστής C για διάθεση εκροής από σηπτική δεξαμενή, μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,20.

Πρόσφατες υποδείξεις για μεμονωμένα συστήματα επεξεργασίας (CODE OF PRACTICE – Wastewater treatment Manuals, Treatment Systems for Single Houses - p.e. ≤ 10, EPA, 2009) συνιστούν για εκροή από σηπτική δεξαμενή, ελάχιστο μήκος απορροφητικής τάφρου (πλάτους 0,50m) ίσο με 18,0m ανά

ισοδύναμο κάτοικο (για την περίπτωση απορροφητικής τάφρου που τροφοδοτείται με βαρύτητα), ήτοι ελάχιστη επιφάνεια ίση με $9\text{m}^2/\text{ι.κ.}$ Βάσει των μεγεθών αυτών και υιοθετώντας την αξονική απόσταση μεταξύ των τάφρων (τροφοδοσίας με βαρύτητα) ίση με $2,50\text{m}$, για την υπεδάφια διάθεση εκροών από σηπτική δεξαμενή για την κάλυψη 10ι.κ. , απαιτούνται σύμφωνα με τα προαναφερόμενα περίπου $400\text{-}500\text{m}^2$ συνολικής έκτασης πεδίου διάθεσης. Όπως προκύπτει από των ως άνω πίνακα, για εδάφη χαμηλής διαπερατότητας με υψηλό χρόνο διήθησης, η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια τάφρου διήθησης, μπορεί να ανέλθει στην τάξη των $15\text{-}25\text{ m}^2/\text{ι.κ.}$ Η απαιτούμενη επιφάνεια μπορεί να μειωθεί περίπου στο ήμισυ, για εκροή από σύστημα που επιτυγχάνει πρόσθετη επεξεργασία λυμάτων πριν την υπεδάφια διάθεση.

5.4. ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΩ ΧΑΛΙΚΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ-ΑΜΜΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ

Στην ουσία το σύστημα αποτελεί επέκταση του τυπικού συστήματος σηπτικής δεξαμενής - απορροφητικής τάφρου, το οποίο αποτελεί μία τυπική λύση για ιδιωτικά (on-site) συστήματα σε επίπεδο μεμονωμένων κατοικιών χωρίς δίκτυα συλλογής στην κοινότητα. Μειονέκτημα του συστήματος σηπτικής δεξαμενής - απορροφητικής τάφρου αποτελεί η απαίτηση για μεγάλα μήκη απορροφητικών τάφρων, μειονέκτημα που καθιστά την εφαρμογή του συστήματος προβληματική σε αρκετές περιπτώσεις. Η εκροή από τη σηπτική δεξαμενή έχει υψηλές συγκεντρώσεις τόσο BOD_5 όσο και αιωρούμενων στερεών, η απομάκρυνση των οποίων επαφίεται στην διυλιστική ικανότητα του εδάφους. Η απομάκρυνση των υλών αυτών, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, προκαλεί την δημιουργία του αποφρακτικού μανδύα με συνέπεια τη μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδαφικού στρώματος. Ένας τρόπος για να επιβραδυνθεί η δημιουργία του αποφρακτικού μανδύα, είναι να επιδιωχθεί η βελτίωση της ποιότητας των διατιθέμενων στις τάφρους επεξεργασμένων λυμάτων, έτσι ώστε να μειωθούν οι συγκεντρώσεις του BOD_5 και των αιωρούμενων στερεών σε αυτό. Η διαδικασία που μπορεί να υιοθετηθεί για τον περαιτέρω καθαρισμό της εκροής από τη σηπτική δεξαμενή, σκόπιμο είναι να είναι φθηνή και λειτουργικά απλή, έτσι ώστε να διατηρείται το χαμηλό κόστος και η απλότητα του όλου συστήματος. Ένα τέτοιο απλό σύστημα είναι το σύστημα χαλικόφιλτρου ακολουθούμενο από εναλλακτικά λειτουργούντα αμμόφιλτρα και τάφρους.

Το μέτρο της πρόσθετης επεξεργασίας αν και επιβραδύνει τη δημιουργία του μανδύα δεν λύνει οριστικά το πρόβλημα, δεδομένου ότι έστω και μετά πάροδο μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος, ο μανδύας θα σχηματισθεί και θα οδηγήσει τελικά σε μείωση της διαπερατότητας. Αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού μπορεί να γίνει με την εφαρμογή απορροφητικών τάφρων που λειτουργούν εναλλακτικά. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας έχει πολλές ομοιότητες με τη διάθεση

λυμάτων στο έδαφος με τη μέθοδο της ταχείας διήθησης. Κατά τη περίοδο λειτουργίας της τάφρου δημιουργείται ο αποφρακτικός μανδύας. Κατά τη περίοδο μη λειτουργίας της τάφρου (οπότε τα λύματα διοχετεύονται στη δεύτερη τάφρο), επιτυγχάνεται στράγγιση στο έδαφος, δημιουργία αερόβιων συνθηκών και ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών που αποσυνθέτουν τις οργανικές ουσίες που συνιστούν τον μανδύα. Συνέπεια των ανωτέρω είναι να διατηρείται μια σχετικά υψηλή διαπερατότητα, με συνέπεια τη σοβαρή μείωση του απαιτούμενου μήκους της τάφρου. Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερέστερη περιγραφή του συστήματος, το οποίο μπορεί να αποτελέσει βασική επιλογή όχι μόνο σε Ιδιωτικά Συστήματα, **αλλά και σε κοινοτικές εγκαταστάσεις σχετικά μικρού μεγέθους.**

Σχετικά με το ανεστραμμένο χαλικοδυλιστήριο ο απαιτούμενος όγκος χαλικιών -τα μεγέθη των οποίων μπορούν να ποικίλουν από 18 mm στο πυθμένα μέχρι 6 mm στην επιφάνεια-είναι μικρός, ίσος με 0,05m³ ανά κάτοικο το δε βάθος του είναι περίπου 50 cm. Το χαλικοδυλιστήριο επιτυγχάνει με μικρή δαπάνη κατασκευής και λειτουργίας απομάκρυνση BOD₅ κατά 40-75% και απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών κατά 40-65%. Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στη περίπτωση ισχυρότερων λυμάτων (BOD₅=200-250 mg/l) ενώ οι μικρότερες αποδόσεις αντιστοιχούν σε ασθενέστερα λύματα (BOD₅=100-120 mg/l). Έμφραξη του χαλικοδυλιστηρίου δεν πρέπει να αναμένεται ενωρίτερα από 18-24 μήνες συνεχούς λειτουργίας, ο δε καθαρισμός του μπορεί να πραγματοποιηθεί απλά με έκπλυση από πάνω, και να συνδυαστεί με την απομάκρυνση της ιλύος από τη σηπτική δεξαμενή.

Το αμμοδυλιστήριο κατασκευάζεται με βάθος ανάλογο με το βάθος του χαλικοδυλιστηρίου. Η άμμος του δυλιστηρίου έχει αποτελεσματικό μέγεθος περίπου 0,6 mm και συντελεστή ομοιομορφίας 1.5-2.0. Το υπόστρωμα χολικού, πάχους 0,30 m πραγματοποιεί δύο λειτουργίες:

εμποδίζει τη διαφυγή της άμμου και παράλληλα δημιουργεί το σύστημα αποχέτευσης των εκροών. Για φόρτιση ενός αμμοδυλιστηρίου με τα παραπάνω χαρακτηριστικά με παροχές από 1,5-2.0 m³/m² και ημέρα μπορούν να αναμένονται βαθμοί απόδοσης ως προς απομάκρυνση BOD₅ της τάξεως του 70% και ως προς αιωρούμενα στερεά της τάξεως του 60%. Έμφραξη του αμμοδυλιστηρίου παρατηρείται μετά από συνεχή λειτουργία 3-5 μηνών. Η άμμος του δυλιστηρίου μπορεί να είναι πιο λεπτόκοκκη και με τον τρόπο αυτό να επιτυγχάνονται υψηλότερες αποδόσεις (80%), η έμφραξη όμως του αμμοδυλιστηρίου θα επέρχεται συντομότερα. Η αποκατάσταση της λειτουργικότητας του δυλιστηρίου πραγματοποιείται είτε με σκάλισμα είτε με αντικατάσταση του επιφανειακού στρώματος σε πάχος 5-10 cm, αφού πρώτα το δυλιστήριο έχει τεθεί εκτός λειτουργίας για μερικές εβδομάδες. Επομένως σκόπιμο είναι να προβλέπονται δύο φίλτρα με εναλλασσόμενη λειτουργία. Ο

συνδυασμός του χαλικοδιυλιστηρίου και του αμμοδιυλιστηρίου επιτυγχάνει υψηλό βαθμό καθαρισμού των λυμάτων. Οι συγκεντρώσεις τόσο του BOD₅ όσο και των αιωρούμενων στερεών στην εκροή από το σύστημα σηπτικής δεξαμενής - χαλικοδιυλιστηρίου- αμμοδιυλιστηρίου, είναι της τάξεως των 20 mg/l, ενώ επιπρόσθετα το σύστημα επιτυγχάνει σημαντική απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών.

Η εφαρμογή των παραπάνω υψηλών υδραυλικών φορτίων έχει σαν συνέπεια την μείωση των απαιτούμενων μηκών των απορροφητικών τάφρων κατά μία ή δύο τάξεις μεγέθους σε σύγκριση με τα μήκη των τάφρων του τυπικού συστήματος σηπτικής δεξαμενής - απορροφητικής τάφρου. Είναι δε φανερό ότι η μείωση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στην περίπτωση εδαφών με μέση ή μεγάλη διαπερατότητα, ενώ δεν προκύπτουν σοβαρές διαφορές για την περίπτωση αργιλικών εδαφών με μικρή διαπερατότητα.

Δεδομένου ότι η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν το χαλικοδιυλιστήριο και το αμμοδιυλιστήριο είναι σχετικά μικρή (0.5-0.6 m²/κάτοικο), η δραστική μείωση του μήκους των απορροφητικών τάφρων δίνει τη δυνατότητα για εφαρμογή του συστήματος σε περιοχές με σχετικά υψηλό συντελεστή δόμησης. Πρόσθετα πλεονεκτήματα του τροποποιημένου συστήματος προκύπτουν από την ελεγχόμενη διαδικασία καθαρισμού, και στην δυνατότητα απομάκρυνσης του αζώτου (κατά τα γνωστά από την ταχεία διήθηση). Αξιοσημείωτο επίσης είναι το γεγονός ότι η ποιότητα εκροής από το αμμοδιυλιστήριο δεν είναι κατά κανόνα χειρότερη από την ποιότητα των με βιολογικές μεθόδους επεξεργασμένων λυμάτων (BOD₅ και αιωρούμενα στερεά της τάξεως των 20 cm/l). Κατά συνέπεια είναι εφικτοί αντίστοιχοι τρόποι διάθεσης ή επαναχρησιμοποίησης των τελικών εκροών.

Γενικά περιβαλλοντικά οφέλη ή επιπτώσεις: Το σύστημα καταλαμβάνει μικρή έκταση, είναι υπεδάφιο και στερείται ουσιαστικά ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και κατά συνέπεια δεν δημιουργεί περιβαλλοντικές οχλήσεις (οπτική παρενόχληση, οσμές, έντομα, θόρυβο). Η ποιότητα της εκροής είναι ανάλογη των συστημάτων ενεργού ιλύος ως προς το BOD και τα στερεά, το δε σύστημα μπορεί να πετύχει και αξιόλογη απομάκρυνση αζώτου. Η ιλύς που συγκεντρώνεται στη σηπτική δεξαμενή θα πρέπει να απομακρύνεται περιοδικά (τυπικά μια φορά το έτος) και να οδηγείται σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων για περαιτέρω επεξεργασία.

Ευκολία εφαρμογής και κοινωνική αποδοχή: Το σύστημα δεν δημιουργεί περιβαλλοντικές οχλήσεις και καταλαμβάνει μικρή έκταση, αξίζει δε να σημειωθεί ότι όλη αυτή η έκταση είναι υπεδάφια, γεγονός που επιτρέπει την αξιοποίηση, όπου επιβάλλεται της υπερκείμενης επιφάνειας. Το αρχικό κόστος

κατασκευής είναι μικρότερο κατά 40-50% σε σύγκριση με το κόστος κατασκευής ενός συστήματος ενεργού ιλύος με την πρόσθετη παρατήρηση ότι το σύνολο του κόστους αφορά πρακτικά σε έργα πολιτικού μηχανικού. Το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος είναι η απλή και βάσιμη λειτουργία του που επιτυγχάνεται με στοιχειώδη παρακολούθηση και ελάχιστους χειρισμούς, πράγμα που ιδιαίτερα βαρύνει στην περίπτωση των μικρών εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Η σηπτική δεξαμενή και το χαλικοδυλιστήριο δεν απαιτούν λειτουργικούς χειρισμούς, παρά μόνο καθαρισμό κάθε περίπου δύο χρόνια. Οι λειτουργικοί χειρισμοί του αμμοδυλιστηρίου και της απορροφητικής τάφρου περιορίζονται στον χειρισμό των δικλίδων εναλλαγής της φόρτισης και της αντλίας στράγγισης μία φορά ανά δεκαπενθήμερο περίπου, ενώ η συντήρηση του αμμοδυλιστηρίου δεν θα είναι συχνότερη από 1-2 φορές το έτος.

Σχηματική παράσταση ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Τα κριτήρια για τον σχεδιασμό του συστήματος έχουν προκύψει από τη σχετική βιβλιογραφία, αλλά και από ερευνητική εργασία που έγινε στο Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π.

6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΧΩΡΑΣ ΑΝΑΦΗΣ

6.1 Βασικά στοιχεία σχεδιασμού

Με βάση τον πληθυσμό απογραφής της Χώρας και την εκτίμηση του θερινού πληθυσμού αιχμής γίνεται εκτίμηση του μελλοντικού πληθυσμού σχεδιασμού τουλάχιστον για την επόμενη 20-ετία σε 1.500 ΙΑ ως θερινό πληθυσμό αιχμής ή σχεδιασμού του έργου επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων. Εφαρμόζοντας τυπικές τιμές παραγωγής λυμάτων και φορτίων ανά ισοδύναμο κάτοικο, προκύπτουν τα ακόλουθα φορτία σχεδιασμού του συστήματος.

Προτεινόμενα τυπικά φορτία σχεδιασμού της ΕΕΛ Ανάφης

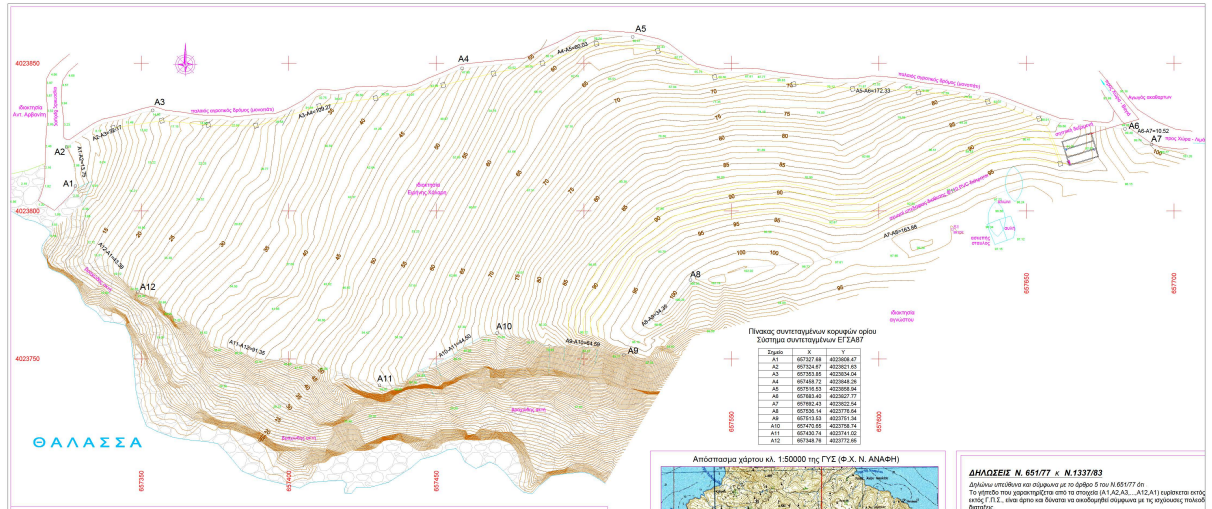
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΑΝΑΦΗ ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΑΝΑΦΗ ΘΕΡΟΣ	ΑΝΑΦΗ ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΑΝΑΦΗ ΘΕΡΟΣ
Έτος Σχεδιασμού	2018	2018	2038	2038
1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ				
Φορτία σχεδιασμού εγκατάστασης				
Ισοδύναμος πληθυσμός	300	1200	350	1500
Μέγιστη παροχή λυμάτων/κάτοικο (λιτά/ημ)	200	200	200	200
Εισροές (%)	0	0	0	0
Μέγιστη ημερήσια παροχή (μ ³ /ημ)	60	240	70	300
Συντελεστής αιχμής	3,00	3,00	3,00	2,84

Παροχή αιχμής (μ ³ /ώρα)	7,5	30,0	8,8	35,5
Επιλογή παροχής αιχμής (μ ³ /ώρα)	8,0	30,0	9,0	36,0
" " (λιτά/sic)	2,2	8,3	2,5	10,0
Φορτία ανά ισοδύναμο κάτοικο				
Οργανικό φορτίο (BOD ₅) (g/ημ)	60	60	60	60
Αιωρούμενα στερεά (SS) (g/ημ)	70	70	70	70
Ολικό άζωτο (N) (g/ημ)	10	10	10	10
Ολικός φώσφορος (P) (g/ημ)	2,5	2,5	2,5	2,5
Ημερήσια φορτία σχεδιασμού ΕΕΛ				
Οργανικό φορτίο (BOD ₅) (kg/ημ)	18,0	72,0	21,0	90,0
Αιωρούμενα στερεά (SS) (kg/ημ)	21,0	84,0	24,5	105,0
Ολικό άζωτο (N) (kg/ημ)	3,0	12,0	3,5	15,0
Ολικός φώσφορος (P) (kg/ημ)	0,8	3,0	0,9	3,8
Θερμοκρασία				
Συγκεντρώσεις εισερχόμενων λυμάτων				
Οργανικό φορτίο (BOD ₅) (mg/l)	300,0	300,0	300,0	300,0
Αιωρούμενα στερεά (SS) (mg/l)	350,0	350,0	350,0	350,0
Ολικό άζωτο (N) (mg/l)	50,0	50,0	50,0	50,0
Ολικός φώσφορος (P) (mg/l)	12,5	12,5	12,5	12,5

Η διαθέσιμη έκταση για την κατασκευή της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων και το σύστημα τελικής διάθεσης χορηγήθηκε σε τοπογραφικό διάγραμμα και αφορά σε χορτολιβαδική έκταση επικλινή με μέση κλίση εδάφους 30-40% από τα ανατολικά προς τα δυτικά σε πλαγιά, συνολικής επιφάνειας 24,42 στρ. όπως ενδεικτικά φαίνεται στην παρακάτω αεροφωτογραφία και τοπογραφικό διάγραμμα.



Αποψη μορφολογίας χώρου της ΕΕΛ Ανάφης



Τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου ΕΕΛ

6.2 Εφαρμογή εναλλακτικών συστημάτων πλήρους επεξεργασίας λυμάτων

Τα συστήματα πλήρους επεξεργασίας των λυμάτων που αναλύθηκαν διεξοδικά στο προηγούμενο κεφάλαιο 3 της παρούσας, προφέρουν είτε συμβατική δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία ή ακόμα και τριτοβάθμια επεξεργασία αυτών, η οποία θα μπορούσε να συνδυαστεί και με την επαναχρησιμοποίηση των καθαρών για άρδευση χώρων πρασίνου, δασικών εκτάσεων ή καλλιεργειών στην άμεσή περιοχή. Τα συστήματα αυτά είναι εφαρμόσιμα είτε σαν συμβατικές μονάδες επεξεργασίας οι οποίες πρέπει να μελετηθούν τουλάχιστον σε επίπεδο προμελέτης για δημοπράτηση με το σύστημα «Μελέτη-Κατασκευή» το οποίο σήμερα είναι παγωμένο σαν διαδικασία. Εναλλακτικά μπορεί να γίνει η μελέτη σε επίπεδο Οριστικής Μελέτης/μελέτης εφαρμογής με τα Τεύχη Δημοπράτησης για διενέργεια κλασσικού μειοδοτικού διαγωνισμού, όπως έγινε πρόσφατα για αντίστοιχη μονάδα ΕΕΛ στην Σαμοθράκη με σύστημα SBR και πρόσθετη τριτοβάθμια επεξεργασία για δυναμικότητα μονάδας 3.000 ΙΑ.

Εναλλακτικά για την προτεινόμενη δυναμικότητα των 1.500 ΙΑ μπορούν κάλλιστα να εφαρμοστούν και έτοιμες τύπου «Προκατασκευασμένες-συμπαγείς» μονάδες επεξεργασίας (compact) που μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα στις έντονες διακυμάνσεις φορτίου λυμάτων μεταξύ χειμώνα και θέρους. Η εγκατάσταση τέτοιων μονάδων μπορεί να γίνει εναλλακτικά με διαγωνισμό «προμήθειας» που

περιλαμβάνει και την εγκατάσταση και όλες τις υποστηρικτικές εργασίες και βοηθητικές εγκαταστάσεις της ΕΕΛ. Τέτοια συστήματα συνοψίζονται κατωτέρω και στηρίζονται στις κάτωθι μεθόδους όπως αναλύθηκαν ανωτέρω:

- **σύστημα MBBR** (Moving Bed Biological Reactor) βιοαντιδραστήρα αιωρούμενης κλίνης που προσφέρει καταρχήν δευτεροβάθμια επεξεργασία αλλά μπορεί να αναβαθμιστεί σε τριτοβάθμια επεξεργασία με την προσθήκη τριτοβάθμιου φίλτρου όποτε απαιτείται (πχ. για επαναχρησιμοποίηση της εκροής). Αποτελεί σύστημα υψηλής απόδοσης επεξεργασίας με σημαντικό εξοπλισμό και με αυξημένο ενεργειακό κόστος λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας από τον προμηθευτή του συστήματος.
- **σύστημα MBR** (membrane biological reactor) βιοαντιδραστήρας με μεμβράνες υπερδιήθησης που προσφέρει απευθείας πλήρη τριτοβάθμια επεξεργασία με εκροή κατάλληλη για όλες τις χρήσεις. Αποτελεί σύστημα πολύ υψηλής απόδοσης επεξεργασίας για πλήρη επαναχρησιμοποίηση της εκροής σημαντικό εξοπλισμό και κόστος της μονάδας αλλά και με αυξημένο ενεργειακό κόστος λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας από τον προμηθευτή του συστήματος.
- **σύστημα SBR (Sequencing batch reactor)** βιοαντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών που προσφέρει καταρχήν δευτεροβάθμια επεξεργασία αλλά μπορεί να αναβαθμιστεί σε τριτοβάθμια επεξεργασία με την προσθήκη τριτοβάθμιου φίλτρου όποτε απαιτείται (πχ. για επαναχρησιμοποίηση της εκροής). Αποτελεί σύστημα υψηλής απόδοσης επεξεργασίας με σημαντικό εξοπλισμό και με αυξημένο ενεργειακό κόστος λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας.
- **Άλλα συστήματα** που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά και αποτελούν αξιόπιστες λύσεις όπως σύστημα βιολογικών φίλτρων (biological filters), συστήματα ενεργού λύου σταθερής προσκολλημένης βιομάζας (Fixed Activated Sludge), σύστημα περιστρεφόμενων βιοδίσκων (Rotating Biological Contactor) ή βιορότορες, (biorotor), σύστημα προσκολλημένης βιομάζας επί συνθετικού υφάσματος (textile filter), κλπ τα οποία προσφέρουν τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία ή και τριτοβάθμια επεξεργασία με την προσθήκη τριτοβάθμιου φίλτρου. Αποτελούν συστήματα καλής έως πολύ υψηλής απόδοσης επεξεργασίας με σημαντικό εξοπλισμό και μέτριο έως σημαντικό ενεργειακό κόστος λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας, ανάλογα με το συγκεκριμένο σύστημα.

Συνεπώς τα παραπάνω συστήματα διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το κόστος κατασκευής, τις απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και τις απαιτήσεις τακτικής ή περιοδικής παρακολούθησης. Έτσι για την περίπτωση εφαρμογής σε απομονωμένο νησιωτικό χώρο έχει μεγάλη σημασία

Ωφέλιμο βάθος τάφρου 0,40 μ
(πλήρωση με θραυστό υλικό)
Πλάτος τάφρου 0,50 μ
Παράπλευρη επιφάνεια 2X0,40=0,80 μ²/ μ.μ

διήθησης τάφρου

Διάτρητος σωλήνας διήθησης PVC Φ110

Αξονική απόσταση μεταξύ αγωγών (min) 2,50μ

Οι αγωγοί θα ακολουθούν τις ισούψεις καμπύλες για διαμόρφωση κλίσης 0,5% σε παράλληλες αποστάσεις μεταξύ τους 2,50μ.

Για υπέδαφος αποτελούμενο επιφανειακά από αμμοιλυώδεις προσμίξεις ενώ βαθύτερα από συνεκτικούς βραχώδεις σχηματισμούς μέσης υδροπερατότητας με εκτιμώμενη απορροφητικότητα του εδάφους 25 m²/m³.d (ΚΥΑ Ε1β. 221) που αναμένεται στην επιλεγείσα περιοχή διάθεσης προκύπτει:

Απαιτούμενη επιφάνεια διήθησης 25 μ²/μ³/ημ

Συνολικά απαιτούμενη επιφάνεια 270 x 25,0 = 6.750 μ²

Διήθησης

Πλευρική επιφάνεια διήθησης 2x0,40 = 0,80m /m.m.

Απαιτούμενο μήκος τάφρων 6.750 / 0,80 = 8.440 μ

Θα απαιτηθεί διάταξη πολλαπλών τάφρων σε παράλληλες γραμμές για να καλύψουν όλο το πεδίο διάθεσης. Θεωρώντας ότι σε επιφάνεια πεδίου 1 στρ. (25x40m) θα έχουμε 10 παράλληλες γραμμές μήκους 40μ ήτοι 400μ αγωγών, τότε απαιτείται καθαρή έκταση

Καθαρή επιφάνεια πεδίου : E1 = 8.440 / 400 = 21,0 στρ

Ολική επιφάνεια πεδίου 10% προσαύξηση = 21,0 x 1,10 = 23,2 στρ.

Εναλλακτικά για τον υπολογισμό της επιφάνειας διήθησης χρησιμοποιείται η σχέση της EPA:

$$A = P \times V_p \times C$$

A = απαιτούμενη ενεργή επιφάνεια διήθησης, m²

P = αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων, ι.κ.=1.500

V_p = χρόνος διήθησης, έστω 72 sec/mm (για έδαφος μέσης-μικρής υδροπερατότητας)

C = διορθωτικός συντελεστής του χρόνου διήθησης, λαμβάνεται ίσος με 0,2

Οπότε A = 1.500 x 72 x 0,2 = 21.600 m²

Επομένως η διαθέσιμη έκταση των 24 στρ. καλύπτει τις ανάγκες υπεδάφιας διάθεσης για τον πληθυσμό αιχμής της 20-ετίας, με την προϋπόθεση ότι η υδροπερατότητα του εδάφους δεν ξεπερνά τα 25 m²/m³.d ή τα 72 sec/mm το οποίο πρέπει να διαπιστωθεί με επί τόπιες δοκιμές υδροπερατότητας.

Σηπτική δεξαμενή

Ο όγκος της σηπτικής δεξαμενής υπολογίζεται από τη σχέση της EPA :

$$V=(Q \times P + 2.000)$$

όπου: V = ο όγκος της δεξαμενής (σε λίτρα)

P = ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός = 1.500 ΙΑ

Q = μέση ημερήσια κατά κάτοικο παροχή λυμάτων = 180 lt/κατ.-ημέρα.

Οπότε $V = [180 \times 1500 + 2.000] / 1000 = 272 \text{ m}^3$

Επιλέγεται δεξαμενή 3 θαλάμων που επικοινωνούν μεταξύ τους με ανοίγματα με ενδεικτικές διαστάσεις θαλάμου 10,0μ μήκος, 2,50μ πλάτος και 3,60μ βάθος υγρών:

$$V = 10,0 \times 2,50 \times 3,60 \times 3 = 270 \text{ m}^3$$

Στο πρώτο διαμέρισμα και λιγότερο στο δεύτερο θα συγκεντρώνεται στον πυθμένα η ιλύς η οποία θα πρέπει να αφαιρείται κατά διαστήματα (2 φορές το χρόνο) με βυτιοφόρο όχημα και να οδηγείται σε κεντρική ΕΕΛ.

6.4 Ενδεικτικό κόστος εναλλακτικών λύσεων

1. Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων

α. Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονάδας τύπου MBBR για 1.500 ΙΑ
μαζί με τα έργα υποδομής. 1.500 x 460 Ευρώ/ΙΑ **690.000 Ευρώ**

β. Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονάδας τύπου SBR για 1.500 ΙΑ
μαζί με τα έργα υποδομής. 1.500 x 420 Ευρώ/ΙΑ **630.000 Ευρώ**

γ. Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονάδας τύπου MBR για 1.500 ΙΑ
μαζί με τα έργα υποδομής. 1.500 x 580 Ευρώ/ΙΑ **870.000 Ευρώ**

δ. Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονάδας τύπου φίλτρων
υφάσματος (textile filter) για 1.500 ΙΑ μαζί με τα έργα
υποδομής 1.500 x 520 Ευρώ/ΙΑ **780.000 Ευρώ**

ε. Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονάδας τύπου βιοφίλτρων,
βιοδίσκων, βιορότορες, κλπ για 1.500 ΙΑ μαζί με τα έργα
υποδομής 1.500 x 430 Ευρώ/ΙΑ **645.000 Ευρώ**

στ. απλή σηπτική δεξαμενή μαζί με βασικά έργα

υποδομής 1.500 x 60 Ευρώ/ΙΑ **90.000 Ευρώ**

ζ. Φυσικό σύστημα επεξεργασίας τεχνητών υγροτόπων
 με καλάμια οριζόντιας ή κατακόρυφης ροής με δημιουργία αναβαθμίδων
 1.500 x 230 Ευρώ/ΙΑ **345.000 Ευρώ**

η. Πρόσθετο κόστος προσθήκης τριτοβάθμιας επεξεργασίας
 1.500 x 60 Ευρώ/ΙΑ **90.000 Ευρώ**

2. Σύστημα διάθεσης με απορροφητικές τάφρους

Πλήρες σύστημα τάφρων μετά από σηπτική δεξαμενή
 1.500 x 180 Ευρώ/ΙΑ **270.000 Ευρώ**

Μειωμένο σύστημα τάφρων μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία
 1.500 x 125 Ευρώ/ΙΑ **187.500 Ευρώ**

Διάθεση στο κατάντη ρέμα/επαναχρησιμοποίηση
 μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία **58.000 Ευρώ**

Τελικό κόστος λύσεων (τελικές τιμές χωρίς ΦΠΑ)

Τριτοβάθμιο σύστημα και επαναχρησιμοποίηση/επιφ. Διάθεση
778.000 -928.000 Ευρώ

Προκατ. Δευτεροβάθμια μονάδα & σύστημα υπεδάφιας διάθεσης
817.500 – 877.500 Ευρώ

Φυσικό σύστημα (καλαμιές) & σύστημα υπεδάφιας διάθεσης
 και σηπτική δεξαμενή στην είσοδο 622.500 Ευρώ

Σηπτική δεξαμενή & σύστημα υπεδάφιας διάθεσης 360.000 Ευρω

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων υπάρχει στο κόστος λειτουργίας-συντήρησης των ως άνω συστημάτων που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας, την απαίτηση παρακολούθησης από μη εξειδικευμένο ή από εξειδικευμένο προσωπικό καθώς και τις απαιτήσεις τακτικής συντήρησης ή έκτακτης βλάβης που μπορεί να έχει το κάθε σύστημα.

Έτσι το πιο οικονομικό και με το μικρότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι το απλούστερο σύστημα της **σηπτικής δεξαμενής με το σύστημα υπεδάφιας** διάθεσης, που δεν έχει καθόλου Η/Μ εξοπλισμό και ενεργειακές απαιτήσεις ενώ η συντήρησή του θα είναι περιοδική από μη ειδικευμένο

προσωπικό, και ακολουθεί το **φυσικό σύστημα** το οποίο επίσης δεν έχει Η/Μ εξοπλισμό, αλλά απαιτεί λίγο πιο τακτική παρακολούθηση και συντήρηση των φυτών. Τα υπόλοιπα συστήματα που διαθέτουν από λίγο έως πολύ Η/Μ εξοπλισμό έχουν ενεργειακή κατανάλωση, απαίτηση τακτικής ή περιοδικής παρακολούθησης των μονάδων ανάλογα με το κάθε σύστημα και κατά περίπτωση απαίτηση ύπαρξης σύμβασης με εξειδικευμένο προμηθευτή εξοπλισμού για τη διενέργεια περιοδικής συντήρησης της μονάδας ή την αντιμετώπιση έκτακτων βλαβών γεγονός που θα έχει αυξημένο κόστος λόγω νησιωτικού χώρου.

6.5 Απαιτούμενες μελέτες & λοιπές ενέργειες

Κατ' αρχήν για την περιβαλλοντική αδειοδότηση της μονάδας θα απαιτηθεί η εκπόνηση **Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων** τύπου Α2 καθώς το έργο υπάγεται στην κατηγορία 4 «Περιβαλλοντικών Υποδομών» με α/α 20 (για διάθεση στο έδαφος) με δυναμικότητα μονάδας 1.500 ΙΑ και διάθεση στο έδαφος. Η Μ.Π.Ε. θα πρέπει να εξετάζει και εναλλακτικές λύσεις τόσο ως προς τη χωροθέτηση της μονάδας όσο και ως προς το επιλεγόμενο σύστημα επεξεργασίας και τον τρόπο τελικής διάθεσης βασιζόμενη σε στοιχεία της παρούσας Εισηγητικής Εκθεσης. Η ΜΠΕ θα συνταχθεί σύμφωνα με τις ισχύουσες Προδιαγραφές και θα υποβληθεί στη Δ/νση Περιβάλλοντος & Χωροταξίας της Αποκεντρωμένης Διοίκησης (στη Σύρο) για την έκδοση ΑΕΠΟ, αφού προηγουμένως γνωμοδοτήσουν διάφοροι συναρμόδιοι φορείς στα πλαίσια της ακολουθούμενης διαβούλευσης, όπως Δ/νση Υδάτων, Αρχαιολογία, Δασική Υπηρεσία, Δ/νση Περιβάλλοντος της Π.Ε. που θα εισηγηθεί προς το Περιφερειακό Συμβούλιο και άλλες κατά περίπτωση υπηρεσίες.

Για την επιβεβαίωση της υδροπερατότητας του εδάφους/υπεδάφους θα πρέπει να γίνουν απλές δοκιμές διήθησης με τη διάνοιξη μικρών ορθογωνικής διατομής λάκκων βάθους περίπου 1,0-1,20 μ με μία τσάπα, σε χαρακτηριστικές θέσεις εντός του γηπέδου (3-4 θέσεις), ακολουθεί η πλήρωσή τους με νερό μέχρι επάνω και στη συνέχεια ακολουθούν τακτικές μετρήσεις πτώσης στάθμης του νερού μέχρι η στάθμη να πέσει χαμηλά για τον υπολογισμό της ταχύτητας διήθησης.

Τέλος, θα πρέπει να συνταχθεί τεχνική μελέτη για το έργο επεξεργασίας και διάθεσης σε επίπεδο οριστικής μελέτης μαζί με τον αναλυτικό προϋπολογισμό του έργου και τα τεύχη Δημοπράτησης και να εγκριθούν από την αρμόδια Τεχνική υπηρεσία του Δήμου ή της Περιφερειακής Ενότητας και να εξασφαλιστεί η σχετική πίστωση προκειμένου για τη δημοπράτηση και υλοποίησή του.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Ο συντάξας
Για την WWTP Techs IKE
Νικόλαος Καλαμπαλίκης
Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.