ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τεχνικοοικονομική μελέτη για τη δημιουργία Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στην περιοχή της Αττικής

Δημήτριος Κοντοχρήστος

Μηχανικός Παραγωγής & Διοίκησης

Επιβλέπων: **Δρ. Ευάγγελος Καπετάνιος**

Εξεταστική Επιτροπή:

Ευάγγελος Καπετάνιος	Ιωάννης Αντωνιάδης	Δημήτριος Κουλοχέρης
Δρ. Χημικός Μηχανικός	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, 2017

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Δρ. Ευάγγελο Καπετάνιο που με την πολύτιμη βοήθεια του και τη σωστή καθοδήγηση, κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της, κατέστη δυνατή η υλοποίηση της.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον Δρ. Παναγιώτη Βουγιουκλάκη για τις γνώσεις, την άριστη και στενή συνεργασία και τη συμπαράσταση που μου προσέφερε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους μου συμπαραστάθηκαν και ιδιαίτερα τους φίλους και την οικογένεια μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την τεχνικοοικονομική μελέτη για τη δημιουργία ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων. Αρχικά, γίνεται μια εισαγωγή στο πρόβλημα της διαχείρισης των αστικών λυμάτων και στην υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα. Στη συνέχεια, περιγράφονται η νομοθεσία και οι μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Έπειτα, παρουσιάζονται τα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων που υπάρχουν στην περιοχή της Αττικής και ο τρόπος που γίνεται μια τεχνικοοικονομική μελέτη. Ακολουθεί ο υπολογισμός του συνολικού κόστους ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων και γίνεται αξιολόγηση της επένδυσης. Τέλος, αναζητείται η βέλτιστη ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων με οικονομικά κριτήρια κι εξάγονται τα συμπεράσματα της μελέτης.

Abstract

This thesis is concerned with the techno economic study for the establishment of a Wastewater Treatment Plant. Initially, there is an introduction as regards the treatment of municipal wastewater and the current situation in Greece. Afterwards, there is a description which is focused on the legislation and the wastewater treatment processes. Furthermore, the current thesis presents the already existed Wastewater Treatment Plants in Attica region and generally refers the main methods of investment appraisal. In addition, there are multiple calculations for all the costs in order to aptly illustrate the investment appraisal. Finally, this research seeks to demonstrate the optimal amount of incoming wastewater and all the relevant conclusions.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της δημιουργίας ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ) για την εξυπηρέτηση των αναγκών των κατοίκων της Αττικής με κριτήρια τεχνικοοικονομικά. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση στη συγκεκριμένη περιοχή στον τομέα της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων. Επιμέρους στόχοι είναι η συνοπτική παρουσίαση της διαθέσιμης τεχνολογίας στον τομέα της διαχείρισης των αστικών λυμάτων, η αποτίμηση της αξίας του ΚΕΛ και η αξιολόγηση του επενδυτικού κόστους σε σχέση με την ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων, τον αριθμό των κατοίκων που εξυπηρετούνται και τη μελλοντική χρήση των εγκαταστάσεων. Με τον τρόπο αυτό αξιολογείται η βιωσιμότητα και η απόσβεση της επένδυσης του ΚΕΛ για να γίνει δυνατή η σφαιρική θεώρηση του θέματος και να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Μεθοδολογία - Μέσα

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη συγγραφή της εργασία αυτής περιλαμβάνει την ανασκόπηση της ισχύουσας σχετικής νομοθεσίας (κοινοτικής κι εθνικής), την εξέταση της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων και των κυριότερων συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, τα οποία είναι δυνατόν να εφαρμοστούν στην Ελλάδα. Στη συνέχεια επιλέχθηκε η παρουσίαση μιας μελέτης που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα πρόκειται για την εξέταση δημιουργίας ΚΕΛ στην περιοχή της Αττικής.

Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή της εργασίας αυτής ήταν η βιβλιογραφική έρευνα σε συγκεκριμένες βιβλιοθήκες (βιβλιοθήκη ΤΕΕ, βιβλιοθήκη ΕΜΠ) και η αναζήτηση επιστημονικών άρθρων και πληροφοριών μέσω διαδικτύου. Για τη συλλογή στοιχείων εκτός από αυτά που προέκυψαν από βιβλιογραφική έρευνα, διενεργήθηκε έρευνα μέσω ερωτηματολογίων με τους φορείς που εμπλέκονται στην κατασκευή και λειτουργία του έργου.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες ... 2
Περίληψη ... 3
Abstract ... 3
Σκοπός ... 4
Μεθοδολογία - Μέσα ... 4
1. Διαχείριση λυμάτων ... 9
1.1. Το πρόβλημα και η ανάγκη αντιμετώπισης του – Ιστορική αναδρομή ... 9
1.1.1. Το πρόβλημα και η ανάγκη αντιμετώπισης του ... 9
1.1.2. Ιστορική αναδρομή ... 9
1.2. Η υφιστάμενη κατάσταση εγκαταστάσεων στην Ελλάδα ... 10
1.2.1. Χρονική και γεωγραφική κατανομή των εγκαταστάσεων ... 10
1.2.2. Δυναμικότητα εγκαταστάσεων ... 12
1.2.3. Βαθμός επεξεργασίας ... 12
1.2.4. Αρχές λειτουργίας των εγκαταστάσεων ... 13
1.3. Συντονισμένος σχεδιασμός δράσης ... 14
1.4. Βιολογικός καθαρισμός λυμάτων ... 15
2. Κανονιστικό πλαίσιο για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων ... 19
2.1. Εισαγωγή ... 19
2.2 Κοινοτικό δίκαιο ... 19
2.2.1 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ ... 19
2.2.2. Η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στην Ευρώπη ... 25
2.2.3. Οικονομικά στοιχεία ... 28
2.2.4 Συμπληρωματικές νομοθετικές διατάξεις ... 28
2.3. Εθνική νομοθεσία ... 30
2.3.1. Γενικά ... 30
2.3.2. Η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στη Ελλάδα ... 33
2.3.3. Ευαίσθητες περιοχές ... 34
2.3.4. Χρηματοδοτικά μέσα για την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ ... 37
3. Τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ... 40
3.1. Εισαγωγή ... 40
3.1.1. Βασικά στάδια επεξεργασίας ... 41
3.1.2. Διαδικασίες επεξεργασίας ... 42
3.1.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά ... 45

3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων 47
3.2.1. Εσχάρωση 48
3.2.2. Εξάμμωση και Λιποσυλλογή (Αμμοσυλλέκτες) 48
3.2.3. Καθίζηση (πρωτοβάθμια) 49
3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων 51
3.3.1. Αερόβια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων 51
3.3.2. Αναερόβια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων 51
3.4. Βιολογική επεξεργασία 52
3.4.1. Μέθοδος ενεργού ιλύος 52
3.4.2. Τα συστήματα SBR 55
3.4.3. Τα χαλικοδιυλιστήρια 56
3.4.4. Τα δισκοδιυλιστήρια 57
3.5. Απομάκρυνση θρεπτικών αλάτων 57
3.5.1. Απομάκρυνση αζώτου 58
3.5.2. Απομάκρυνση φωσφόρου 58
3.6. Τριτοβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων 58
3.6.1. Διήθηση 58
3.6.2. Μεμβράνες 59
3.6.3. Αντίστροφη ώσμωση 59
3.6.4. Χημικές διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων 59
3.7. Απολύμανση υγρών αποβλήτων 61
3.7.1. Χλωρίωση 62
3.7.2. Οζόνωση 62
3.7.3. Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία 63
3.8. Διαχείριση της ιλύος 63
3.8.1. Πάχυνση ιλύος 64
3.8.2. Σταθεροποίηση ιλύος 64
3.8.3. Αερόβια χώνευση 65
3.8.4. Αναερόβια χώνευση 66
3.8.5. Αφυδάτωση ιλύος 68
3.8.6. Θερμική επεξεργασία ιλύος (Ξήρανση και καύση) 69
3.8.7. Διάθεση – Αγροτική εκμετάλλευση ιλύος 69
4. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων 70
4.1. Εισαγωγή 70

4.2. Εδαφικά συστήματα 70
4.2.1. Συστήματα υποεπιφανειακής διάθεσης 71
4.2.2. Συστήματα βραδείας διήθησης ή εφαρμογής 71
4.2.3. Συστήματα ταχείας διήθησης σε λεκάνες κατάκλισης 72
4.3. Συστήματα τεχνητών λιμνών 73
4.3.1. Επαμφοτερίζουσες λίμνες 74
4.3.2. Αεριζόμενες λίμνες 74
4.3.3. Αερόβιες λίμνες 74
4.3.4. Αναερόβιες λίμνες 75
4.4. Συστήματα τεχνητών υγροτόπων 75
4.4.1. Υγρότοποι οριζόντιας ροής 77
4.4.2. Υγρότοποι κατακόρυφης ροής 78
4.4.3. Τεχνητοί υγρότοποι στην Ελλάδα 79
5. Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων στην Αττική 80
5.1 Γενικά 80
5.2. Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Μεταμόρφωσης 81
5.3. Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας 82
5.4. Σχεδιασμός και Υλοποίηση νέων Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων στο Θριάσιο Πεδίο και την Ανατολική Αττική 85
5.5. Ανάγκη δημιουργίας νέου Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στην περιοχή της Αττικής 86
6. Τεχνικοοικονομική μελέτη 88
6.1. Έννοια τεχνικοοικονομικής μελέτης 88
6.2. Σκοπός της τεχνικοοικονομικής μελέτης 88
6.3. Δομή της τεχνικοοικονομικής μελέτης 88
6.4. Κριτήρια αξιολόγησης 89
6.4.1. Καθαρή παρούσα αξία 90
6.4.2. Εσωτερικός βαθμός απόδοσης 91
6.4.3. Χρόνος Ανάκτησης Κεφαλαίου(Payback Period) 92
6.4.4. Αποτίμηση των μεθόδων 92
7. Μελέτη εγκατάστασης ΚΕΛ στην περιοχή της Αττικής 94
7.1. Παραδοχές και δεδομένα 94
7.2. Κοστολόγηση έργου 95
7.2.1. Κόστος κατασκευής 95

7.2.2. Κόστη λειτουργίας 96
8. Αξιολόγηση Επένδυσης 103
8.1. Αξιολόγηση επένδυσης με τη μέθοδο καθαρής παρούσας αξίας 103
8.2. Ανάλυση ευαισθησίας 110
8.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων 113
9. Συμπεράσματα – Επεκτάσεις 115
Βιβλιογραφία 118

1. Διαχείριση λυμάτων

1.1. Το πρόβλημα και η ανάγκη αντιμετώπισης του – Ιστορική αναδρομή

1.1.1. Το πρόβλημα και η ανάγκη αντιμετώπισης του

Μέχρι και το πρόσφατο ιστορικό παρελθόν ο άνθρωπος αδιαφορούσε για τα στερεά ή τα υγρά απόβλητα που παρήγαγαν η αστική συμβίωση ή οι οικονομικές του δραστηριότητες.

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων και ιδιαίτερα η επεξεργασία και η διάθεσή τους συνδέονται άμεσα με την υδατική ρύπανση, τη χρήση και γενικότερα με τη διαχείριση των υδατικών πόρων και αποτελεί σημαντικό αντικείμενο της προστασίας του περιβάλλοντος στις σύγχρονες κοινωνίες. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών λυμάτων είναι μια τεχνολογική απάντηση στις προκλήσεις της ίδιας της σύγχρονης τεχνολογίας. (Αυγητίδης Β. & Μπελενιώτης Ν., 2003)

1.1.2. Ιστορική αναδρομή

Η ανάγκη να διευθετηθεί το πρόβλημα της διάθεσης στερεών και υγρών αποβλήτων υπάρχει από τα αρχαία χρόνια. Όταν σχηματίστηκαν οι πρώτες πόλεις έπρεπε να βρεθούν εναλλακτικές μέθοδοι για τη διάθεση των αποβλήτων. (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

Ήδη από το 3500 π.Χ. στην αρχαία Μεσοποταμία τα απορρίμματα αποβάλλονταν στους δρόμους. Το 2000 π.Χ. στην Αίγυπτο οι εύπορες και θρησκευτικές κοινωνικές τάξεις απομάκρυναν τα απόβλητα έξω από τις περιοχές, συνήθως σε ποταμούς. Το 500 π.Χ. οι Έλληνες ανέπτυξαν τους πρώτους χώρους απόθεσης απορριμμάτων, ενώ στην Αθήνα το 320 π.Χ. απαγορεύτηκε η διάθεση απορριμμάτων στους δρόμους. Η ύπαρξη υπονόμων είχε καταγραφεί στην αρχαία Ελλάδα και στην αρχαία Ρώμη, καθώς ήδη από τον 6^{ο} αιώνα π.Χ. οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν δοχεία για να μεταφέρουν τα απόβλητά τους κοντά στον ποταμό Τίβερη μέσω ανοικτών υπονόμων.

Κατά το μεσαίωνα τα επίπεδα καθαριότητας χαμήλωσαν και άρχισαν να χρησιμοποιούνται ανοικτές τάφροι λυμάτων.

Κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα πραγματοποιήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην επεξεργασία λυμάτων. Το 1860 ο Louis Mourcas εφηύρε τη σηπτική μηχανή, η οποία ήταν μεγάλη και χρησιμοποιούταν για αστικά λύματα ολόκληρων κοινοτήτων. Το 1868 ο Edward Frankland ανέπτυξε την τεχνολογία φίλτρων άμμου και υπολόγισε με πειράματα την ικανότητα διαφορετικών μέσων στον καθαρισμό αποβλήτων.

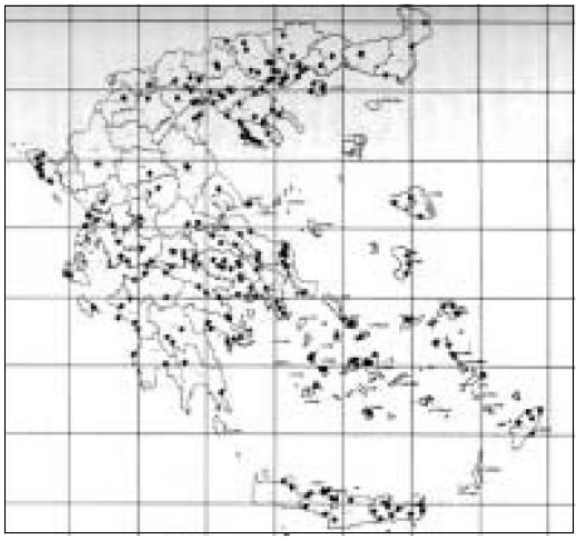
Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται συνεχώς με αποτέλεσμα την αύξηση των όγκων των παραγόμενων αποβλήτων και την εξάπλωση ασθενειών. Έτσι ο τομέας επεξεργασίας αποβλήτων εξελίχθηκε περαιτέρω και αναπτύχθηκαν τα σημερινά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των κινδύνων υγείας από τις μολυσματικές ασθένειες κι επίσης η αντιμετώπιση των χρόνιων κινδύνων υγείας και των επιπτώσεων των ρύπων στο περιβάλλον.

1.2. Η υφιστάμενη κατάσταση εγκαταστάσεων στην Ελλάδα

1.2.1. Χρονική και γεωγραφική κατανομή των εγκαταστάσεων

Στη Ελλάδα σημειώθηκε μεγάλη καθυστέρηση στη δημιουργία σύγχρονων υποδομών για την επεξεργασία των αστικών υγρών λυμάτων. Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στις αρχές της δεκαετίας του 90 οι εγκαταστάσεις ήταν ελάχιστες. Είχαν καταγραφεί 241 εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών μέχρι το τέλος του 1997. Το 1998 καταγράφηκαν περίπου 270 εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών και μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί αρκετοί περισσότεροι σε όλη τη χώρα και λειτουργούν ή τίθενται σε λειτουργία. Περίπου το 65% του συνόλου του ελληνικού πληθυσμού εξυπηρετείται από αυτές τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Το ποσοστό του συνολικά εξυπηρετούμενου πληθυσμού από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ξεπέρασε το 80% όταν ολοκληρώθηκε η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυτάλλεια. (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται η κατανομή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα.



Εικόνα 1. Κατανομή εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα

Παρατηρείται ότι στις τουριστικές περιοχές βρίσκεται ο μεγαλύτερος αριθμός μονάδων, αφού είναι πιο άμεση η ανάγκη για καθαρότερο περιβάλλον. Για αυτόν το λόγο στους νομούς Χαλκιδικής και Κυκλάδων υπάρχουν περισσότερες εγκαταστάσεις συγκριτικά με τους υπόλοιπους νομούς της χώρας. Αντίθετα είναι σαφώς λιγότερες οι εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών στους νομούς Δυτικής Μακεδονίας και Ηπείρου.

Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ, σήμερα λειτουργούν περίπου 350 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων σε επίπεδο χώρας κι εξυπηρετούν περισσότερο από το 60% του πληθυσμού της χώρας. Η ίδρυση και λειτουργία των ΔΕΥΑ συνέβαλλε δραστικά στην ολοκλήρωση πολλών έργων αποχέτευσης κι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Από αυτά τα έργα, τα 80 λειτουργούν με ευθύνη των ΔΕΥΑ. Για τον υπόλοιπο πληθυσμό εκτιμάται ότι απαιτούνται 2000 μονάδες που θα εξυπηρετούν το 20% και 3000 μονάδες που θα εξυπηρετούν περίπου το 14% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. (Τζανακούλης, 2005)

Υπολογίζεται επίσης ότι το 80% των πόλεων αλλά μόλις το 20% των οικισμών εξυπηρετούνται σήμερα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Μεγάλη έμφαση πρέπει να δοθεί:

- Στην εξυπηρέτηση απομακρυσμένων δημοτικών διαμερισμάτων στους νέους Δήμους που προέκυψαν μετά την εφαρμογή του προγράμματος «Καποδίστριας»,
- Στον έλεγχο της διάθεσης εκροών και ιλύος με εξέταση των δυνατοτήτων χρησιμοποίησης.

- Στη λειτουργία και συντήρηση όλων των συστημάτων με παράλληλη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών.

1.2.2. Δυναμικότητα εγκαταστάσεων

Η κατάταξη των εγκαταστάσεων σχετικά με τη δυναμικότητά τους ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων χωρών. Στην Ελλάδα δεν ακολουθείται μια καθορισμένη κατάταξη, κι έτσι στον παρακάτω πίνακα δίνεται μια εμπειρική κατάταξη της δυναμικότητας τους σε σχέση με το μέγεθος των περιοχών που εξυπηρετούνται. (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

Πίνακας 1. Δυναμικότητα εγκαταστάσεων σε σχέση με το μέγεθος των περιοχών που εξυπηρετούνται (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

εγκαταστάσεις	αριθμός	αριθ. ι.κ.	αριθ. σ.ι.κ
Χωριό (500 – 5000)	97	218.760	78.990
Κωμόπολη (5001 – 20000)	95	1.081.003	306.900
Μικρή πόλη (20001 – 40000)	23	736.850	300.300
Μέτρια πόλη (40001 – 100000)	17	1.150.500	646.500
Μεγάλη πόλη (100001 – 3500000)	9	5.007.800	4.322.600

Ο όρος σημερινοί ισοδύναμοι κάτοικοι (σ.ι.κ.) αναφέρεται στους ισοδύναμους κατοίκους (ι.κ.) που εξυπηρετούνται στη χρονική περίοδο μελέτης της εγκατάστασης. Παρατηρείται ότι οι μικρές μονάδες αντιμετωπίζουν περισσότερα προβλήματα εύρυθμης λειτουργίας. Είναι σημαντικό το ποσοστό της συνολικής δυναμικότητας που δεν αξιοποιείται. Όσο μικρότερη είναι μια μονάδα τόσο λιγότερο αξιοποιείται η δυναμικότητά της. Επομένως δε λειτουργούν πάντοτε ικανοποιητικά οι πιο μικρές εγκαταστάσεις.

1.2.3. Βαθμός επεξεργασίας

Οι διάφορες εγκαταστάσεις χωρίζονται ανάλογα με το βαθμό της επεξεργασίας που παρέχεται σε πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Πρωτοβάθμια επεξεργασία θεωρείται ο βαθμός επεξεργασίας που περιλαμβάνει την αφαίρεση χοντρών αντικειμένων, άμμου και λιπών με εσχάρωση, εξάμμωση και απολίπανση καθώς και αφαίρεση με πρωτοβάθμια καθίζηση των αιωρούμενων στερεών. Δευτεροβάθμια επεξεργασία θεωρείται κάθε βιολογική επεξεργασία και περιλαμβάνει το βιολογικό αντιδραστήρα και τη δευτεροβάθμια καθίζηση. Σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνονται επίσης η χλωρίωση και ανοξικές διεργασίες. Τριτοβάθμια

επεξεργασία θεωρείται όταν λαμβάνει χώρα μια από τις παρακάτω διεργασίες ως ξεχωριστή μονάδα επεξεργασίας: απομάκρυνση αζώτου, φωσφόρου (βιολογική και χημική) και παθογόνων (αμμόφιλτρα, υπεριώδης ακτινοβολία κ.ά.). (Τσώνης, 2004) Ο βαθμός της επεξεργασίας των λυμάτων κατά αριθμό ισοδύναμων κατοίκων (ι.κ.) και σημερινών ισοδύναμων κατοίκων (σ.ι.κ.) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Βαθμός επεξεργασίας λυμάτων κατά αριθμό ι.κ. και σ.ι.κ. (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

Βαθμός επεξεργασίας	Αριθμός	ι.κ.	σ.ι.κ.
πρωτοβάθμια	3	3.505.000	3.504.000
δευτεροβάθμια	199	3.586.763	1.862.990
τριτοβάθμια	39	1.103.150	288.300

1.2.4. Αρχές λειτουργίας των εγκαταστάσεων

Σε ποσοστό 92% των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων λειτουργούν σχάρες από τις οποίες το 67% βρίσκονται σε κλειστό χώρο στο 84% των οποίων υπάρχει εγκατάσταση απόσμησης. Έχει δηλωθεί ότι 84% των εγκαταστάσεων διαθέτει εξαμμωτές, το 40% των οποίων βρίσκονται σε κλειστούς χώρους που διαθέτουν στο σύνολό τους εγκατάσταση απόσμησης. Ο τύπος των εξαμμωτών που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι ο αεριζόμενος σε ποσοστό 78%, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιείται ο εξαμμωτής βαρύτητας σε ποσοστό 15%. Άλλου τύπου εξαμμωτές χρησιμοποιούνται στις υπόλοιπες εγκαταστάσεις. (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν το ακόλουθα στατιστικά στοιχεία:

- Στο 38% των εγκαταστάσεων λειτουργεί πρωτοβάθμια καθίζηση, στο 90% δευτεροβάθμια επεξεργασία και στο 51% τριτοβάθμια επεξεργασία.
- Η δευτεροβάθμια επεξεργασία γίνεται στο 93% με ενεργό ιλύ, στο 4% με αεριζόμενες λίμνες, ενώ σε άλλες περιπτώσεις γίνεται με βιολογικά φίλτρα.
- Η τριτοβάθμια επεξεργασία γίνεται στο 52% των εγκαταστάσεων με αφαίρεση αζώτου, στο 35% με αφαίρεση φωσφόρου και στο 14% με αφαίρεση στερεών. Στο 87% των εγκαταστάσεων γίνεται απολύμανση και γίνεται με υπερχλωριώδες νάτριο κατά κύριο λόγο.
- Στο 92% των βιολογικών καθαρισμών γίνεται πάχυνση ιλύος. Στο 41% εφαρμόζεται μηχανικός παχυντής και στο υπόλοιπο 59% εφαρμόζεται παχυντής βαρύτητας.

- Στο 44% των εγκαταστάσεων εφαρμόζεται αερόβια χώνευση ιλύος και στο 13% αναερόβια χώνευση ιλύος.
- Στο 86% των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων εφαρμόζεται αφυδάτωση κυρίως με ταινιοφιλτρόπρεσσες.
- Η τελική διάθεση ιλύος γίνεται κυρίως σε ΧΥΤΑ, σε ποσοστό 90%, και δευτερευόντως αποθηκεύονται στις εγκαταστάσεις ή διατίθενται για χρήση γεωργική.

1.3. Συντονισμένος σχεδιασμός δράσης

Σύμφωνα με το άρθρο 75 του νέου Κώδικα Δήμων και Κοινοτήτων (Ν. 3463/2006), η κατασκευή, συντήρηση και διαχείριση συστημάτων αποχέτευσης και βιολογικού καθαρισμού αποτελεί αρμοδιότητα των ΟΤΑ ά βαθμού. Επομένως, φορείς διαχείρισης και λειτουργίας των έργων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι οι Δήμοι και οι Κοινότητες, οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) για όσους Δήμους έχουν συστήσει τέτοιες επιχειρήσεις, καθώς και οι ειδικές υπηρεσίες του Υπουργείου Περιβάλλοντος για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, η ΕΥΔΑΠ και η ΕΥΑΘ αντίστοιχα.

Σήμερα υπάρχουν 200 περίπου ΔΕΥΑ που είναι Δημοτικές και Κοινοτικές Επιχειρήσεις και λειτουργούν ως ΝΠΙΔ. Τα κύρια αντικείμενα απασχόλησης των ΔΕΥΑ είναι η ύδρευση και αποχέτευση, η επεξεργασία και διάθεση των εκροών των υγρών αποβλήτων αστικών περιοχών. Οι ΔΕΥΑ προσφέρουν σήμερα τις υπηρεσίες τους σε 3,5 εκατομμύρια περίπου κατοίκους της χώρας μας.

Ωστόσο η λειτουργία των έργων αυτών έχει παρουσιάσει στο παρελθόν πολλά προβλήματα, κυρίως λόγω της δυσκολίας των μικρών φορέων να αντιμετωπίσουν τη πολυπλοκότητα των έργων. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μικρές ΔΕΥΑ είναι δύσκολο να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις λειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, όπως το υψηλό λειτουργικό κόστος, ο ακριβός εξοπλισμός, η εξειδίκευση και η ανεπάρκεια προσωπικού. Άλλωστε, οι υψηλές απαιτήσεις λειτουργίας των έργων αυτών αποδεικνύουν την ανάγκη διαδημοτικών συνεργασιών ή διαδημοτικών ΔΕΥΑ, ώστε να προκύψουν περισσότερο βιώσιμες συνθήκες λειτουργίας και καλύτερης αξιοποίησης του εξοπλισμού, του ειδικευμένου προσωπικού και των υποδομών κατά περιοχή. (Τζανακούλης, 2005)

Με το πρόγραμμα «Ι. Καποδίστριας» επιτεύχθηκε διοικητική αναδιάρθρωση η οποία δίνει τη δυνατότητα σε μικρούς οικισμούς να συντονιστούν και να αντιμετωπίσουν ενιαία τη διαχείριση των λυμάτων τους. Επομένως, απαιτείται η δημιουργία ισχυρών φορέων διαχείρισης που θα λειτουργούν ένα σύνολο έργων και οι οποίοι μπορούν να προέλθουν από συνενώσεις σημερινών ΔΕΥΑ, ή δημιουργία νέων μεγάλου μεγέθους, όπου αυτές δεν υπάρχουν.

Όσον αφορά τις περιοχές που δεν έχουν αποκτήσει τις σχετικές εγκαταστάσεις, οι βασικότερες αιτίες είναι οι ανεπαρκείς πόροι, η έλλειψη μελετών, η απουσία δικτύου αποχέτευσης, οι συνεχείς διαμάχες για τη χωροθέτηση της εγκατάστασης και η έλλειψη κοινωνικής αποδοχής. Τα προβλήματα λειτουργίας αποτελούν επίσης ένα συχνό φαινόμενο για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έλλειψη τεχνογνωσίας και στο υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησής τους, με αποτέλεσμα την υπολειτουργία ή τη σταδιακή αδράνεια των εγκαταστάσεων. Για αυτό το λόγο συχνά παρατηρείται ότι τα λύματα καταλήγουν ανεπεξέργαστα στις θάλασσες, στα ποτάμια και στις λίμνες σε περιοχή όπου υπάρχει μονάδα βιολογικού καθαρισμού. (Ανδρεαδάκης, Προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων, 2000)

Αυτοί οι λόγοι οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα να στραφεί σε εφικτές λύσεις αναπτύσσοντας μεθόδους οι οποίες απαιτούν χαμηλότερο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης και είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον.

1.4. Βιολογικός καθαρισμός λυμάτων

Βιολογικός καθαρισμός ονομάζεται η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, στην οποία με βιοτεχνολογικές διαδικασίες διαχωρίζονται οι ρύποι από το νερό. Το νερό που είναι απαλλαγμένο ρύπων διατίθεται στο περιβάλλον, ενώ οι ρύποι που διαχωρίστηκαν γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας, ώστε να διατεθούν και αυτοί σε δεύτερη φάση στο περιβάλλον χωρίς κίνδυνο.

Ο βιολογικός καθαρισμός έχει ως στόχο την απομάκρυνση και εξουδετέρωση των ρύπων και των μολυσματικών παραγόντων που περιέχουν τα απόνερα με το μικρότερο δυνατό κόστος και τις πιο αξιόπιστες εγκαταστάσεις από τεχνική άποψη. (Δεληγιάννης, 2009)

Η επιστήμη και η τεχνολογία που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία λυμάτων καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό επιστημονικών κλάδων και βασίζονται κυρίως στη μικροβιολογία, στη βιοχημεία, στη γενετική, στη βιοχημική και χημική μηχανική, αλλά και στη κλασσική υδραυλική, τη μηχανολογία και την επιστήμη κατασκευών. Οι βιολογικοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από ένα ευρύ φάσμα οργανισμών ή προϊόντων τους και ιδίως από μικροοργανισμούς, ένζυμα, φυτικά ή ζωικά κύτταρα αλλά και πολυκύτταρους οργανισμούς.

Θεμελιώδης αρχή της λειτουργίας των βιολογικών καθαρισμών είναι ο μετασχηματισμός των διαλυμένων οργανικών και ανόργανων ενώσεων που αποτελούν τους ρύπους του νερού, με μεταβολικές διαδικασίες, σε κύτταρα και εξωκυτταρικές ουσίες που έχουν την τάση να συσσωματώνονται. Τα συσσωματώματα δεσμεύουν, με φαινόμενα προσρόφησης και απορρόφησης, τους αιωρούμενους ρύπους. Με τον τρόπο αυτό το πολυφασικό μείγμα των λυμάτων μετατρέπεται σε διφασικό και μπορεί να διαχωρίζεται ο διαλύτης (νερό) με τεχνικές διαυγάσεις από τις αιωρούμενες ουσίες (βιομάζα).

Το απαλλαγμένο ρύπων νερό μπορεί να διατεθεί ακίνδυνα στο περιβάλλον. Η κυτταρική βιομάζα που απομακρύνεται από το νερό αποτελείται από οργανικές και ανόργανες ενώσεις, οι οποίες μπορούν να απλοποιηθούν παραπέρα με βιολογικές ή φυσικοχημικές διεργασίες ώστε κι αυτές να διατεθούν στο περιβάλλον χωρίς προβλήματα ρύπανσης, ως τελικά παραπροϊόντα του βιολογικού καθαρισμού.

Η μικροβιακή βιομάζα, που προωθεί τη δέσμευση και το μετασχηματισμό σε πρωτόπλασμα των ρύπων του νερού, μπορεί να αποτελείται από μικρό αριθμό κατηγοριών οργανισμών ή από πληθυσμούς μικροοργανισμών με μεγάλη ποικιλία συντελεστών, σε σημαντικές πάντα συγκεντρώσεις. Οι πληθυσμοί των οργανισμών μπορεί να είναι η ιθαγενής χλωρίδα και πανίδα των λυμάτων ή επιλεγμένες καλλιέργειες.

Η σύνθεση και η ποσότητα της βιοκοινωνίας που αποτελεί τη βιομάζα καθορίζουν το είδος των ρύπων που δεσμεύονται κατά τη δυνατότητα απλοποίησης τους σε επίπεδο ενώσεων. Αυτή καθορίζει την ποιοτική και ποσοτική απόδοση του βιολογικού καθαρισμού.

Στους βιολογικούς καθαρισμούς δημιουργείται μια βιοκοινωνία σε σχέσεις καταναλωτών όλων των βαθμίδων. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία των

συντελεστών τόσο σταθερότερες είναι οι μεταξύ τους ισορροπίες και τόσο απλούστερα τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού τους. Ο τελικός καταβολισμός των προϊόντων της βιομάζας (ανόργανα άλατα, διοξείδιο του άνθρακα) επιτρέπει την ακίνδυνη διάθεση των ενώσεων αυτών στο περιβάλλον σε μορφές που εισέρχονται κατευθείαν στους γεωφυσικούς κύκλους. Προφανώς, αντί για βιολογικές διεργασίες, για την απλοποίηση των οργανικών ενώσεων μπορούν να χρησιμοποιούν και φυσικοχημικές διεργασίες, όπως είναι η οξείδωση και η αποτέφρωση.

Τα βιοτεχνολογικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων επαναλαμβάνουν σε ελεγχόμενες συνθήκες τις διεργασίες που γίνονται στη φύση για την αποσύνθεση και ανακύκλωση των ρύπων. Μπορούν να είναι εκτατικά ή εντατικά. Τα εκτατικά συστήματα δημιουργούν τεχνικά το φυσικό περιβάλλον υγροτόπων, ενώ τα εντατικά, εκτός από τη δημιουργία του υγροτόπου, επιταχύνουν τους βιολογικούς μηχανισμούς απορρύπανσης.

Οι ελεγχόμενες συνθήκες αναπαραγωγής των κύκλων αποσύνθεσης και ανακύκλωσης των ρύπων, γίνονται σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο, που αποτελεί το βιολογικό αντιδραστήρα.

Τα λύματα παρουσιάζονται σαν ένα πολυφασικό μείγμα στο οποίο συνυπάρχουν στερεά τέλεια διαλύματα και κολλοειδείς διασπορές. Η κύρια μάζα των λυμάτων είναι το νερό ενώ οι οργανικές ενώσεις σε αυτά αποτελούνται από πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λιπαρές ενώσεις καθώς και τα προϊόντα αποσύνθεσής τους, δηλαδή αμινοξέα, αμμωνία, υδρόθειο, αλκοόλες, λιπαρά οξέα, νιτρικά και νιτρώδη άλατα, θείο και θειικά άλατα καθώς και απορρυπαντικά, οργανοφωσφορικά, πολυφωσφωρικά άλατα κ.λπ.

Εκτός από τη συνηθισμένη χλωρίδα και πανίδα των νερών και του εδάφους, στα λύματα μπορούν να βρεθούν όλοι οι οργανισμοί που συμβιούν ή παρασιτούν στους οργανισμούς. Το οργανικό υπόστρωμα επιτρέπει τη γρήγορη ανάπτυξη πληθυσμών μικροοργανισμών και την παράλληλη διατήρηση αρκετών μορφών τους που κατορθώνουν να επιζούν σε σχετικά αντίξοο περιβάλλον.

Ο βιολογικός καθαρισμός λυμάτων βασίζεται σε μικροβιακές ζυμώσεις ανομοιογενούς υποστρώματος από ετερογενείς μικροοργανισμούς που αποσυνθέτουν νεκρή οργανική ύλη (στο μεγαλύτερο μέρος της κοπρικής προέλευσης) με σκοπό τη διάσπασή της σε πιο απλές ουσίες ή σε διοξείδιο του άνθρακα.

Οι πιο γνωστές διαδικασίες είναι αυτές της αερόβιας και της αναερόβιας ζύμωσης. Με αυτόν τον τρόπο ένα μέρος του υποστρώματος μετατρέπεται σε αέρια που διαχέονται στην ατμόσφαιρα, ενώ ένα άλλο μέρος σχηματίζει ένα υπόλειμμα λάσπης, σε σηπτική κατάσταση, που απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία για να διατεθεί στο περιβάλλον χωρίς να προκαλέσει υγειονομικά ή περιβαλλοντολογικά προβλήματα. (Τσώνης, 2004)

Η βιομάζα επενεργεί στην απορρύπανση των λυμάτων αρχικά με εξωκυτταρικά ένζυμα που υδρολύουν τις αδιάλυτες ενώσεις. Στη συνέχεια, αν το περιβάλλον είναι αναερόβιο, επιδρούν πρώτα οξεοπαραγωγά βακτήρια που αποσυνθέτουν τις οργανικές ενώσεις σε πτητικά οργανικά οξέα και τα αντίστοιχα άλατα σε αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και νερό. Η επίδραση των οξεοπαραγωγών δημιουργεί τα προϊόντα εκείνα που επιτρέπουν σε μια άλλη κατηγορία βακτηρίων, να μετατρέπει τις ενώσεις αυτές σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα, προϊόντα που με τη σειρά τους, επιτρέπουν στα μεθανοβακτηρίδια την αποσύνθεση των ουσιών αυτών σε τελικά προϊόντα κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα καθώς και υδρόθειο, νερό, κύτταρα και άλλες μη αποσυνθέσιμες ενώσεις.

Σε αερόβιο περιβάλλον η πληθώρα των συντελεστών που αποτελούν τη βιομάζα με πιο προωθημένη ενζυματική υδρόλυση απλοποιούν τις σύνθετες οργανικές ενώσεις. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία περιβάλλον, που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών με εξεζητημένες τροφικές απαιτήσεις και τελικά μεταβολικά προϊόντα όπως το διοξείδιο του άνθρακα, νερό, κύτταρα και άλλες μη αποσυνθέσιμες ενώσεις. Η βιομάζα που επενεργεί στην αερόβια απορρύπανση λυμάτων αποτελείται κυρίως από βακτήρια, ακολουθούν τα φύκια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα και οι ιοί.

Ένα από τα υποπροϊόντα των παραπάνω μεταβολικών διαδικασιών είναι η βιολάσπη, η οποία χρησιμοποιείται σαν λίπασμα καλλιεργειών ή σαν καύσιμο.

2. Κανονιστικό πλαίσιο για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων

2.1. Εισαγωγή

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι ένας από τους τομείς που περιλαμβάνεται στο γενικότερο πλάνο της διαχείρισης των υδατικών πόρων μιας ευρύτερης περιοχής σύμφωνα με την αρχή της αειφόρου ανάπτυξης. Κατά την κατάρτιση ενός σχεδίου διαχείρισης των υγρών αποβλήτων σε μια συγκεκριμένη περιοχή απαιτείται να λαμβάνονται υπόψη το ισχύον θεσμικό πλαίσιο και όλες οι χωροταξικές, οικονομικές, τεχνικές και περιβαλλοντικές παράμετροι ώστε να προκύπτουν οι βέλτιστες λύσεις με τις ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πρακτικά η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός σχεδίου διαχείρισης υγρών αποβλήτων σε μια περιοχή περιλαμβάνει διαφορετικά στάδια κατάρτισης όπως τον καθορισμό όλων των δεδομένων που χαρακτηρίζουν την περιοχή-στόχο και ιδιαίτερα των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων που παράγονται στην περιοχή αυτή (αστικών και βιομηχανικών), τις προοπτικές ανάπτυξης και εξέλιξης της περιοχής, την καταγραφή των υφιστάμενων υποδομών και κυρίως των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων και σε τελικό στάδιο τη διαμόρφωση προτάσεων σχετικά με τα απαιτούμενα έργα που πρέπει να γίνουν σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία αλλά και τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η τελική πρόταση ενός τέτοιου σχεδίου είναι σημαντική αφού με αυτήν καθορίζονται οι άμεσες προτεραιότητες αναφορικά με τα απαιτούμενα έργα αλλά και οι μακροπρόθεσμες πολιτικές που πρέπει να εφαρμοστούν ώστε να υπάρχει συμβατότητα με τη νομοθεσία και κυρίως να εξασφαλιστούν οι συνθήκες της αειφόρου ανάπτυξης στην περιοχή δράσης.

2.2 Κοινοτικό δίκαιο

2.2.1 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 21^{ης} Μαΐου 1991, για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 98/15/ΕΚ της Επιτροπής της 27^{ης} Φεβρουαρίου 1998, συνιστά έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους της κοινοτικής πολιτικής για τα ύδατα και της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης γενικότερα. Η οδηγία αυτή αφορά τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη αστικών

λυμάτων και την επεξεργασία και απόρριψη λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς. Σκοπός της Οδηγίας είναι η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης αυτών των λυμάτων.

Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, επιβάλλει μια σειρά από υποχρεώσεις στα κράτη μέλη σχετικά με τη διαχείριση αστικών λυμάτων, οι οποίες θα πρέπει να τηρηθούν σε συγκεκριμένες προθεσμίες και αφορούν στους ακόλουθους τομείς: (Συμβούλιο, 1991)

Α) Δίκτυα Αποχέτευσης

Το άρθρο 3 της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, ορίζει τους οικισμούς που πρέπει να διαθέτουν δίκτυα αποχέτευσης αστικών λυμάτων μέχρι μια καθορισμένη ημερομηνία (προθεσμία συμμόρφωσης), ανάλογα με τον ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) τους, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3. Απαιτήσεις για δίκτυα αποχέτευσης σε οικισμούς ανάλογα με τον ισοδύναμο πληθυσμό (Συμβούλιο, 1991)

Προθεσμία συμμόρφωσης	Οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.)[1]
Έως 31-12-1998	>10.000, εάν η διάθεση των λυμάτων γίνεται σε υδάτινο αποδέκτη που έχει χαρακτηριστεί ως ευαίσθητος.
Έως 31-12-2000	>15.000
Έως 31-12-2005	2.000 – 15.000

Ως ισοδύναμος πληθυσμός σε ένα ρεύμα αποβλήτων ορίζεται το σύνολο των ατόμων που παράγουν απόβλητα με το ίδιο φορτίο οργανικά βιοαποδομήσιμων ουσιών με το αντίστοιχο φορτίο του ρεύματος των αποβλήτων.

Στις περιπτώσεις που η εγκατάσταση αυτών των δικτύων δε δικαιολογείται, λόγω του ότι δεν ωφελεί το περιβάλλον ή λόγω υπερβολικού κόστους, η Οδηγία επιτρέπει την κατασκευή μεμονωμένων συστημάτων επεξεργασίας ή άλλων κατάλληλων συστημάτων που εξασφαλίζουν το ίδιο επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

Β) Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

Σύμφωνα με το άρθρο 4, τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα, πρέπει πριν από τη διάθεσή τους να υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία, όπως προκύπτει από τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4. Προθεσμίες εφαρμογής δευτεροβάθμιας ή ισοδύναμης επεξεργασίας αστικών λυμάτων οικισμών ανάλογα με τον ισοδύναμο πληθυσμό (Συμβούλιο, 1991)

Προθεσμία συμμόρφωσης	Οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.)
Έως 31-12-2000	>15.000, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων
Έως 31-12-2005	10.000 - 15.000, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων
Έως 31-12-2005	2.000 – 10.000, για τα λύματα που αποβάλλονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών

Διευκρινίζεται επίσης ότι τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε ύδατα ορεινών περιοχών, όπου λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, η βιολογική επεξεργασία είναι δυσεφάρμοστη, μπορούν να υποβάλλονται σε πρωτοβάθμια επεξεργασία, εφόσον λεπτομερείς μελέτες αποδεικνύουν ότι οι απορρίψεις αυτές επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον.

Σύμφωνα με το άρθρο 7, όταν τα λύματα απορρίπτονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών από οικισμούς με λιγότερο από 2.000 κατοίκους ή όταν απορρίπτονται σε παράκτια ύδατα από οικισμούς με λιγότερο από 10.000 κατοίκους, πρέπει πριν την απόρριψή τους να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία, έως 31-12-2005. Ως κατάλληλη επεξεργασία ορίζεται η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο ή σύστημα διάθεσης που επιτρέπει στα ύδατα υποδοχής να ανταποκρίνονται στους σχετικούς ποιοτικούς στόχους και στις συναφείς διατάξεις της παρούσας Οδηγίας και άλλων συναφών κοινοτικών Οδηγιών.

Άρα, η υποχρέωση εγκατάστασης συστήματος επεξεργασίας λυμάτων δεν περιορίζεται στους οικισμούς που υπερβαίνουν τις 2.000 ι.π., καθώς διευκρινίζεται στην Οδηγία ότι τα υγρά απόβλητα μικρότερων οικισμών

πρέπει να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία, εφόσον υπάρχουν αποχετευτικά δίκτυα, έως 31/12/2005.

Επιπλέον, σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 6 της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, τα κράτη μέλη καλούνταν να προσδιορίσουν έως τις 31 Δεκεμβρίου 1993, τις ευαίσθητες και λιγότερο ευαίσθητες περιοχές, σύμφωνα με καθορισμένα κριτήρια. Βάσει των κριτηρίων αυτών διακρίνονται 3 ομάδες ευαίσθητων περιοχών:

I. φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια ύδατα όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή όπου μπορεί να παρουσιαστεί ευτροφισμός αν δε ληφθούν προστατευτικά μέτρα,
II. επιφανειακά γλυκά ύδατα προοριζόμενα για την άντληση πόσιμου νερού, τα οποία περιέχουν ή θα μπορούσαν να περιέχουν νιτρικά ιόντα σε συγκέντρωση μεγαλύτερη των 50 mg/l,
III. περιοχές όπου περαιτέρω επεξεργασία είναι αναγκαία για την τήρηση και άλλων οδηγιών του Συμβουλίου, όπως η Οδηγία περί της ποιότητας υδάτων κολύμβησης (76/160), η Οδηγία περί της απαιτουμένης ποιότητας υδάτων για οστρακοειδή (79/923), και η Οδηγία 92/43 για τη διατήρηση φυσικών βιοτόπων καθώς και της άγριας χλωρίδας και πανίδας.

Μια υδάτινη μάζα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητη περιοχή, αν εμπίπτει σε μια από τις προαναφερθείσες ομάδες. Ο χαρακτηρισμός μιας υδάτινης μάζας ως ευαίσθητης περιοχής είναι βασικό προαπαιτούμενο για την πρακτική εφαρμογή της Οδηγίας. Το άρθρο 5 ορίζει συγκεκριμένα ότι τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα, πριν από την απόρριψή τους σε ευαίσθητες περιοχές, πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία αυστηρότερη από δευτεροβάθμια, για όλους τους οικισμούς με ι.π. άνω των 10.000, το αργότερο έως 31-12-1998. Το ίδιο ισχύει και για τις απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκονται στις οικείες λεκάνες υδροσυλλογής ευαίσθητων περιοχών και συμβάλλουν στην περιοχή αυτών.

Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές: Ένας υδατικός αποδέκτης χαρακτηρίζεται ως λιγότερο ευαίσθητη περιοχή αν τα απορριπτόμενα λύματα δεν επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον λόγω της μορφολογίας, της υδρολογίας, ή των ειδικών υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή. Σύμφωνα με το άρθρο 6, τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε παράκτια ύδατα από οικισμούς με 10.000 έως 150.000 ι.π. ή σε ύδατα εκβολών ποταμών από οικισμούς με 2.000 έως 10.000 ι.π. μπορούν, αν οι

απορρίψεις γίνονται στις περιοχές αυτές, να υποβάλλονται σε επεξεργασία λιγότερο αυστηρή από δευτεροβάθμια. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ότι οι απορρίψεις αυτές υποβάλλονται σε τουλάχιστον πρωτοβάθμια επεξεργασία και ότι ολοκληρωμένες μελέτες δείχνουν ότι δεν επηρεάζεται αρνητικά το περιβάλλον.

Σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 6 της Οδηγίας, τα κράτη μέλη οφείλουν να επανεξετάζουν ανά τετραετία τουλάχιστον, τον κατάλογο των ευαίσθητων και των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών.

Κανονικές περιοχές: Χαρακτηρίζονται οι περιοχές που δεν έχουν προσδιοριστεί ως ευαίσθητες ούτε ως λιγότερο ευαίσθητες. Τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε κανονική περιοχή πρέπει πριν από την απόρριψή τους, να υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία, σύμφωνα με το άρθρο 4, ή σε κατάλληλη επεξεργασία, σύμφωνα με το άρθρο 7.

Γ) Διάθεση ιλύος

Ορίζεται στο άρθρο 14 της Οδηγίας ότι η λυματολάσπη (ιλύς) που παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων πρέπει να επαναχρησιμοποιείται όποτε είναι σκόπιμο. Ο τρόπος διάθεσης πρέπει να μειώνει στο ελάχιστο τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η διάθεση της ιλύος σε επιφανειακά ύδατα απαγορεύεται από 1-1-1999. Ορίζεται επίσης ότι οι αρμόδιες αρχές των κρατών μελών μεριμνούν ώστε η διάθεση της ιλύος από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκεινται σε γενικούς κανόνες ή να χορηγείται άδεια.

Δ) Παρακολούθηση – Έλεγχος

Σύμφωνα με το άρθρο 15 της Οδηγίας, οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα των κρατών μελών παρακολουθούν τις απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων καθώς και τους υδατικούς αποδέκτες που δέχονται τις απορρίψεις αυτές και δημοσιεύουν ανά διετία έκθεση για την κατάσταση της διάθεσης των αστικών λυμάτων και της ιλύος στην περιοχή τους. Καθορίζονται οι μέθοδοι δειγματοληψίας και μέτρησης των εξεταζόμενων παραμέτρων, ο ελάχιστος ετήσιος αριθμός δειγμάτων που λαμβάνονται και ο ανώτατος αριθμός δειγμάτων που μπορούν να αποκλίνουν ως προς τις απαιτήσεις ποιότητας.

Οι εξεταζόμενες παράμετροι είναι: το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS). Όταν οι απορρίψεις γίνονται στις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητες λόγω ευτροφισμού, απαιτείται επιπλέον η παρακολούθηση των παραμέτρων αζώτου (N) και φωσφόρου (P). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ποιότητας για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διέπονται από τα άρθρα 4 και 5 της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Πίνακας 5. Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Συμβούλιο, 1991)

Παράμετροι	Τιμή συγκέντρωσης	Ελάχιστη μείωση*
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο $(BOD)_5$	25 mg/l	70-90% 40 % για ορεινές περιοχές (1.500m υψόμετρο)
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	125 mg/l	75%
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)	35 mg/l (>10.000 ι.π.) 60 mg/l (2.000-10.000 ι.π.)	90% (>10.000 ι.π.) 70% (2.000-10.000 ι.π.)

*(*ανάλογα με το φορτίο των εισρεόντων λυμάτων)*

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές που παρουσιάζεται ευτροφισμός.

Πίνακας 6. Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές (Συμβούλιο, 1991)

Παράμετροι	Τιμή συγκέντρωσης	Ελάχιστη μείωση*
Ολικός φώσφορος (TP)	2 mg/l P (10.000- 100.000 ι.π.) 1 mg/l P (άνω των 100.000 ι.π.)	80 %
Ολικό άζωτο (TN)	15 mg/l N (10.000- 100.000 ι.π.) 10 mg/l N (άνω των 100.000 ι.π.)	70-80 %

*(*ανάλογα με το φορτίο των εισρεόντων λυμάτων)*

Επομένως συμπεραίνεται ότι η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ εστιάζεται στην ποιότητα των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και των υδάτινων αποδεκτών.

2.2.2. Η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στην Ευρώπη

Τα κράτη μέλη, για την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, καλούνταν να προβούν στις ακόλουθες ενέργειες:

- Να εκτιμήσουν ποιοι είναι οι ευαίσθητοι αποδέκτες χωρίς να επηρεάζονται από τις οικονομικές επιπτώσεις αυτής της επιλογής.
- Να προσδιορίσουν τα αστικά συγκροτήματα που χρειάζονται σύστημα αποχέτευσης και εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ή βελτίωση της υπάρχουσας.
- Να ορίσουν ένα σταδιακό πρόγραμμα υλοποίησης των αποχετευτικών δικτύων και μονάδων επεξεργασίας.
- Να αναπτύξουν και να υλοποιήσουν στρατηγικές για τη διάθεση και επαναχρησιμοποίηση της παραγόμενης ιλύος από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.
- Να εκτιμήσουν την ανάγκη εκπαίδευσης του προσωπικού στη λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων και στελεχών στη διοίκηση και οικονομική διαχείριση αυτών των έργων.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ έγινε κατάταξη των οικισμών σε προτεραιότητες όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 7. Κατάταξη των οικισμών σε προτεραιότητες (Συμβούλιο, 1991)

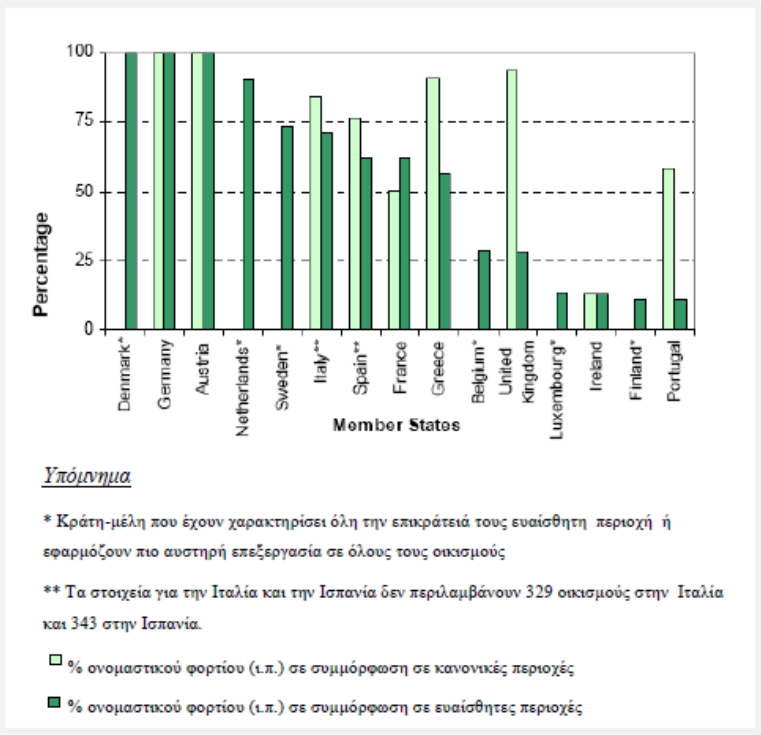
Προτεραιότητα	Οικισμοί με ι.π.	Αποδέκτης	Υποχρεώσεις	Προθεσμία συμμόρφωσης
Α	>10.000	Ευαίσθητος	Επεξεργασία ανώτερη από δευτεροβάθμια (αφαίρεση N/P)	31/12/1998
Β	>15.000	Κανονικός	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	31/12/2000
Γ	2.000-10.000	Κανονικός	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	31/12/2005
Γ΄	2.000-10.000	Γλυκά νερά και εκβολές ποταμών	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	31/12/2005
Δ	2.000-10.000	Παράκτια νερά και εκβολές ποταμών	Κατάλληλη επεξεργασία	31/12/2005

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τον Ιανουάριο του 1999 την πρώτη της έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ. Έπειτα ακολούθησαν άλλες 3 εκθέσεις και η 4^{η} δημοσιεύτηκε τον Μάρτιο του 2007. Η 4^{η} έκθεση της Επιτροπής για την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ περιέχει σημαντικές πληροφορίες για όλα τα κράτη μέλη. Όταν τέθηκε σε ισχύ η Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, καταβλήθηκαν σημαντικές προσπάθειες για τη μείωση της ρύπανσης των υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα, οι προσπάθειες στον τομέα της επεξεργασίας των λυμάτων έχουν οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση της ποιότητας των γλυκών υδάτων. Για παράδειγμα τα επίπεδα BOD_5 στους ευρωπαϊκούς ποταμούς έχουν μειωθεί κατά 20 – 30% από τη δεκαετία του 1990.

Όμως οι συνολικές συγκεντρώσεις αζώτου στους ευρωπαϊκούς ποταμούς παραμένουν υψηλές παρά τις προσπάθειες μείωσης του, ενώ υπολογίζεται ότι σχεδόν το 40% των ευρωπαϊκών ποταμών και λιμνών εμφανίζουν συμπτώματα ευτροφισμού. Στην έξαρση του φαινομένου συμβάλλουν, εκτός από τις απορρίψεις αστικών λυμάτων, και οι γεωργικές απορροές. Επιπρόσθετα ο ευτροφισμός των ευρωπαϊκών θαλάσσιων και παράκτιων υδάτων παραμένει σοβαρό πρόβλημα. (IPPC, 2007)

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα ποσοστά συμμόρφωσης για κάθε κράτος μέλος της ΕΕ σε όρους ονομαστικού φορτίου (ι.π.) για τις ευαίσθητες και τις κανονικές περιοχές την 1/1/2003. Λόγω των διαφορετικών

υδρολογικών και οικολογικών συνθηκών η Γερμανία, η Γαλλία, η Ισπανία, η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ιρλανδία, η Μεγάλη Βρετανία και η Πορτογαλία έχουν χαρακτηρίσει ευαίσθητες και κανονικές περιοχές, ενώ η Δανία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, το Λουξεμβούργο, η Αυστρία, η Σουηδία και η Φινλανδία εφαρμόζουν πιο αυστηρή επεξεργασία στην επικράτειά τους. Κατά την περίοδο σύνταξης αυτής της Έκθεσης η Επιτροπή δε διέθετε στοιχεία για την εφαρμογή της Οδηγίας στα νέα κράτη μέλη της ΕΕ.



Εικόνα 2. Συμμόρφωση των κρατών μελών στην Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

Συμπεραίνεται από την παραπάνω εικόνα ότι ορισμένα κράτη μέλη έχουν ήδη πετύχει υψηλά ποσοστά συμμόρφωσης, ενώ σε άλλα κράτη μέλη η εφαρμογή της Οδηγίας δεν είναι ολοκληρωμένη, αν και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος σε σχέση με προηγούμενες εκθέσεις της Επιτροπής. Όμως υπάρχουν ακόμη προβλήματα σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων σε αρκετά κράτη μέλη. Ένας μεγάλος αριθμός περιοχών που αντιμετωπίζουν πρόβλημα ευτροφισμού δεν έχουν ακόμα χαρακτηριστεί ως ευαίσθητες από τα κράτη μέλη. Επίσης έχει διαπιστωθεί ανεπαρκής επεξεργασία των λυμάτων που απορρίπτονται σε ευαίσθητες και σε κανονικές περιοχές ή ακόμα και απουσία συστήματος επεξεργασίας κυρίως στην Ιταλία, στην Ελλάδα, στο Βέλγιο και στην Ισπανία.

Επίσης συμπεραίνεται ότι κατά την περίοδο που έχει σημειωθεί εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές καθυστερήσεις στην εφαρμογή της

Οδηγίας σε αρκετά κράτη μέλη. Δεδομένου ότι τα αστικά λύματα είναι ένας από τους σοβαρότερους παράγοντες ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος, η επιτυχής εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των υδάτων σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ.

2.2.3. Οικονομικά στοιχεία

Η Οδηγία για την επεξεργασία αστικών λυμάτων αποδείχτηκε το πιο δαπανηρό περιβαλλοντικό νομοθέτημα της ΕΕ, λόγω της αυστηρής απαίτησης που θέτει για τη δημιουργία υποδομών επεξεργασίας λυμάτων στις αστικές περιοχές. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι 152 δις ευρώ επενδύθηκαν για την κατασκευή υποδομών κατά την περίοδο 1990 – 2010 και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χρηματοδοτεί με 5 δις ευρώ το χρόνο τα κράτη μέλη για την εφαρμογή της Οδηγίας. Επίσης, οι Εταιρείες Ύδρευσης – Αποχέτευσης σε όλη την ΕΕ έχουν προχωρήσει σε σημαντικές επενδύσεις για την κατασκευή υποδομών κι έργων αντιρρύπανσης για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και της ιλύος με αποτελέσματα πολύ θετικά για τη βελτίωση του περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, ο καθορισμός ευαίσθητων περιοχών με αποτέλεσμα την απαίτηση για απομάκρυνση του αζώτου ή φωσφόρου ή και των δύο συνεπάγεται ακόμα μεγαλύτερες επενδύσεις.

2.2.4 Συμπληρωματικές νομοθετικές διατάξεις

Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στις βασικότερες Οδηγίες που σχετίζονται με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

- **Οδηγία 86/278/ΕΟΚ** του Συμβουλίου της 12^{ης} Ιουνίου 1986, σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία.

Η Οδηγία αυτή έχει στόχο να ρυθμίσει τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία ώστε να αποφεύγονται τυχόν επιβλαβείς επιπτώσεις στο έδαφος, στον άνθρωπο, στη χλωρίδα και πανίδα, ενθαρρύνοντας και την ορθή χρήση της. Η χρησιμοποίηση ιλύος γίνεται σύμφωνα με ορισμένους κανόνες και αφού προηγηθεί κατάλληλη επεξεργασία.

- **Οδηγία 91/676/ΕΟΚ** του Συμβουλίου της 12^{ης} Δεκεμβρίου 1991, για την προστασία υδάτων από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης.

Σκοπός της Οδηγίας είναι η μείωση της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από νιτρικά ιόντα γεωργικής προελεύσεως και η πρόληψη της περαιτέρω ρύπανσης αυτού του είδους. Τα κράτη μέλη, για να εξασφαλίσουν ένα γενικό επίπεδο προστασίας όλων των υδάτων από τη ρύπανση, εντός 2 ετών από την κοινοποίηση της παρούσας Οδηγίας, θεσπίζουν κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής που θα εφαρμόζονται προαιρετικά από τους γεωργούς. Επίσης, τα κράτη μέλη καταρτίζουν πρόγραμμα προώθησης της εφαρμογής του ή των κωδίκων ορθής γεωργικής πρακτικής, το οποίο εμπεριέχει και πρόβλεψη για την επιμόρφωση κι ενημέρωση των γεωργών.

Αυτή η Οδηγία συμπληρώνει την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και στοχεύει στη μείωση της διείσδυσης στο νερό των νιτρικών που προέρχονται από πηγές όπως τα ζωικά απόβλητα και τα λιπάσματα, για τον περιορισμό της ρύπανσης των πηγών του πόσιμου νερού και του φαινομένου του ευτροφισμού των θαλάσσιων και γλυκών υδάτων.

- **Οδηγία 96/61/ΕΚ** του Συμβουλίου της 24^{ης} Σεπτεμβρίου 1996, σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη κι έλεγχο της ρύπανσης.

Αυτή η Οδηγία θεσπίζει την έκδοση άδειας για γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες υψηλού δυναμικού ρύπανσης. Για την έκδοσης αυτής της άδειας τίθεται ως προϋπόθεση η τήρηση ορισμένων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις να αναλαμβάνουν οι ίδιες την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης που πιθανόν να προξενήσουν. Στόχος είναι η μη ρύπανση ή η ελαχιστοποίηση των ρύπων στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος, καθώς και των αποβλήτων που προέρχονται από γεωργικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις για να επιτευχθεί η προστασία του περιβάλλοντος.

Η ολοκληρωμένη πρόληψη κι ο έλεγχος της ρύπανσης αφορούν γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες, νέες ή ήδη υπάρχουσες, υψηλού δυναμικού ρύπανσης. Η Οδηγία έχει τροποποιηθεί με τις ακόλουθες πράξεις τροποποίησης: Οδηγία 2003/35/ΕΚ, Οδηγία 2003/87/ΕΚ, Κανονισμός (ΕΚ) 1882/2003 και Κανονισμός (ΕΚ) 166/2006.

- **Οδηγία 2000/60/ΕΕ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στο τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Αυτή η Οδηγία δημιουργεί ένα πλαίσιο για την προστασία όλων των υδάτινων σωμάτων όπως φαίνεται από το πρώτο άρθρο της, ώστε να αποτρέπεται η περαιτέρω υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, να προστατεύονται και να βελτιώνονται οι υδατικοί πόροι και να προωθείται η βιώσιμη διαχείριση των υδάτων μέσω της μακροπρόθεσμης προστασίας των υδατικών πόρων. Επίσης, μέσω της εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων για τη σταδιακή μείωση και εξάλειψη της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών προτεραιότητας, να υποβοηθείται η βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, πρέπει να εξασφαλίζεται η προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, να αποτρέπεται η περαιτέρω ρύπανσή τους και να υποβοηθείται η αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων ξηρασίας και πλημμύρων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η κοινοτική Οδηγία 2000/60 αποτελεί ένα βασικό εργαλείο για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων και των οικοσυστημάτων στη χωρική επικράτεια της Ευρώπης. Τίθεται ως βασικός στόχος η επίτευξη της καλύτερης κατάστασης των υδάτων από πλευράς ποσότητας και ποιότητας. Επιπρόσθετα, σημαντικό συστατικό της Οδηγίας αυτής είναι η επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών ποιοτικών στόχων για τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Ο σπουδαιότερος περιβαλλοντικός ποιοτικός στόχος αφορά στην κατάκτηση και διατήρηση της καλής ποιότητας όλων των υδάτινων πόρων, που υπάγονται στην εδαφική επικράτεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε χρονικό ορίζοντα 15 ετών από τη θέση σε ισχύ της Οδηγίας. Η καλή κατάσταση των υδατικών πόρων προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο από το γεγονός ότι οι ανθρωπογενείς χρήσεις του ύδατος επιτρέπεται να επιβαρύνουν μόνο στο βαθμό που δεν προκαλείται σημαντική βλάβη στις βασικές λειτουργίες του.

Επομένως, συμπεραίνεται ότι η επίτευξη της καλής κατάστασης των υδάτινων πόρων εξαρτάται και προϋποθέτει την ορθή εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, αναδεικνύοντας έτσι τη σημασία της για την περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ.

2.3. Εθνική νομοθεσία

2.3.1. Γενικά

Ο βασικότερος νόμος για την προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα είναι ο Ν.1650/1986. Τα επόμενα χρόνια βέβαια ακολούθησε μια πληθώρα νομοθετικών διατάξεων που αφορούσαν στο περιβάλλον γενικότερα αλλά

και στην προστασία των υδατικών πόρων. Ήταν αναγκαία άλλωστε και η εναρμόνιση του ελληνικού νομικού πλαισίου με το αντίστοιχο κοινοτικό.

Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ ενσωματώθηκε στην ελληνική έννομη τάξη με την Κ.Υ.Α.5673/400/1997 «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων». Ειδικότερα σύμφωνα με το άρθρο 1, σκοπός της απόφασης αυτής ήταν η εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 10 του Ν.1650/1986 και συγχρόνως η εναρμόνιση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, ώστε με τον καθορισμό και τη λήψη αναγκαίων μέτρων να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας από τις αρνητικές επιπτώσεις της διάθεσης των αστικών λυμάτων. (ΥΠΕΚΑ)

Ο υπεύθυνος φορέας μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων είναι ο οικείος Δήμος ή Κοινότητα, στην περιφέρεια του οποίου βρίσκεται η εγκατάσταση αυτή. Σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 6 της εν λόγω απόφασης, το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης Υγείας και Γεωργίας, καταρτίζει κατάλογο στον οποίο ορίζονται, σύμφωνα με ορισμένα κριτήρια, οι ευαίσθητες και οι λιγότερο ευαίσθητες περιοχές. Ο προσδιορισμός αυτών των περιοχών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την πρακτική εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Σημαντικό σημείο της απόφασης είναι οι όροι για τη διάθεση λυμάτων και ιλύος από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, σύμφωνα με το άρθρο 10. Ορίζεται, συγκεκριμένα, ότι για την πραγματοποίηση της διάθεσης σε υδάτινο αποδέκτη ή της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων απαιτείται:

- Να έχουν προηγουμένως καθοριστεί από τον οικείο Νομάρχη οι χρήσεις του υδάτινου αποδέκτη σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της Υγειονομικής διάταξης Ειβ.221/1965.
- Ο υπεύθυνος φορέας του σταθμού επεξεργασίας να διαθέτει την προβλεπόμενη για την ίδρυση και λειτουργία του έγκριση περιβαλλοντικών όρων κατ’ εφαρμογή του άρθρου 4 του Ν.1650/86. Η έγκριση περιβαλλοντικών όρων αποτελεί προϋπόθεση για τη χορήγηση άδειας διάθεσης ή επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων.
- Να έχει χορηγηθεί στον υπεύθυνο φορέα του σταθμού επεξεργασίας των λυμάτων άδεια διάθεσης ή επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων. Η άδεια αυτή εκδίδεται από τον οικείο

Νομάρχη μετά από κοινή εισήγηση των αρμοδίων υπηρεσιών περιβάλλοντος και υγιεινής του Νομού, εφόσον προηγουμένως διενεργήσουν σχετικό έλεγχο για να διαπιστωθεί ότι η οργάνωση, κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης, συμφωνούν με την υποβληθείσα σχετική μελέτη και ότι τηρούνται οι παραπάνω περιβαλλοντικοί όροι.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με το άρθρο 11 αυτής της απόφασης, προβλέπεται παρακολούθηση της ποιοτικής κατάστασης των υδάτινων αποδεκτών από τις αρμόδιες περιφερειακές ή νομαρχιακές υπηρεσίες. Επιπλέον, στο άρθρο 12 αναφέρεται η υποχρέωση των περιφερειακών και νομαρχιακών υπηρεσιών γα υποβολή ενημερωτικών εκθέσεων προς τον Υπουργό ΧΩΔΕ. Το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με άλλα συναρμόδια Υπουργεία συντάσσει και δημοσιεύει εκθέσεις κάθε 2 χρόνια για το καθεστώς της διάθεσης των αστικών λυμάτων και της ιλύος στη χώρα, τις οποίες δημοσιοποιεί και διαβιβάζει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή με σκοπό τη σύνταξη συγκεντρωτικών αναφορών για την εφαρμογή της Οδηγίας.

Το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων συμπληρώνεται από τις ακόλουθες κυριότερες διατάξεις. (PROSODOL)

- **ΚΥΑ 5673/400/97 (ΦΕΚ 192Β)**: Καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για την επεξεργασία αστικών λυμάτων. Επίσης αφορά ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα περιέχοντα κυρίως οργανικό φορτίο και τα οποία μπορούν να διοχετευτούν σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, αφού προηγουμένως έχουν υποβληθεί σε προκαταρκτική επεξεργασία.
- **Υγειονομική Διάταξη Ε1β 221/65 (ΦΕΚ 138/Β)**: «Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων», όπως τροποποιήθηκε με την Υ.Α. Γ1/17831/71 (ΦΕΚ 986/Β) και Υ.Α. Γ4/1305/74 (ΦΕΚ 801/Β).
- **ΚΥΑ 4859/726/01 (ΦΕΚ 253/Β)**: «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από απορρίψεις και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο ΙΙ της Οδηγίας 74/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976».
- **ΚΥΑ 55648/2210/91 (ΦΕΚ 323Β)**: «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών και επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- **ΠΥΣ 255/94 (ΦΕΚ 123/Α)**: Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθ. 55648/2210/1991 ΚΥΑ «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και

ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών και επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».

- **ΥΑ 90461/2193/94 (ΦΕΚ 843/Β)**: Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθ. 55648/2210/1991 ΚΥΑ «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών και επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- **ΠΥΣ 73/90 (ΦΕΚ 90/Α)**: «Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών, που υπάγονται στον κατάλογο Ι του παραρτήματος Α του άρθρου 6 της αριθ. 144/2.11.1987 Πράξης του Υπουργικού Συμβουλίου».
- **ΠΥΣ 144/87 (ΦΕΚ 197/Α)**: «Προστασία υδάτινου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλείται από επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον».
- **ΚΥΑ 26857/553/88 (ΦΕΚ 196/Β)**: «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων νερών από απόρριψη επικίνδυνων ουσιών».
- **ΚΥΑ 18186/271/88 (ΦΕΚ 126/Β)**: «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικινδύνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- **ΥΑ 45/2280/83 (ΦΕΚ 720/Β)**: «Προστασία των νερών που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση της περιοχής Πρωτευούσης από ρυπάνσεις και μολύνσεις».
- **ΥΑ 15519/83 (ΦΕΚ 455/Β)**: «Περί των όρων διάθεσης λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμού των ανωτάτων επιτρεπτών ορίων ρυπαντών».
- **ΠΔ 179182/656/79 (ΦΕΚ 582/Β)**: «Περί διαθέσεως υγρών αποβλήτων από τις παραγωγικές διαδικασίες των βιομηχανιών περιοχής Μείζονος Περιοχής Πρωτευούσης δια του δικτύου υπονόμων και των ρευμάτων που εκτρέπονται στον Κ.Α.Α. και που εποπτεύονται από τον ΟΛΠ με αποδέκτη τη θαλάσσια περιοχή Κερατσινίου Πειραιώς».
- **Ν. 743/77 (ΦΕΚ 319/Α)**: «Περί προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος και ρυθμίσεως συναφών θεμάτων».

2.3.2. Η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στη Ελλάδα

Η Ελλάδα καθυστέρησε ιδιαίτερα στη δημιουργία σύγχρονων υποδομών για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 δεν είχε τις απαραίτητες υποδομές, σε αντίθεση με άλλες χώρες της ΕΕ. Η μόνη διέξοδος έως τότε ήταν ουσιαστικά η διοχέτευση των λυμάτων στη θάλασσα, στα ποτάμια και στις λίμνες ή η χρήση βόθρων. Όταν δρομολογήθηκε η κατασκευή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, έγιναν σημαντικά βήματα για την προστασία

των υδατικών πόρων και του φυσικού περιβάλλοντος από τη ρύπανση, καθώς και για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Έπειτα παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με την ανταπόκριση της χώρας μας στις απαιτήσεις της Οδηγίας.

2.3.3. Ευαίσθητες περιοχές

Προσδιορισμός ευαίσθητων περιοχών

Έγινε προσδιορισμός των ευαίσθητων περιοχών της επικράτειας στα τέλη Αυγούστου του 1999. Συγκεκριμένα χαρακτηρίστηκαν ευαίσθητες περιοχές 34 λίμνες, ποτάμια, εκβολές ποταμών και παράκτιες υδάτινες μάζες με κριτήριο τον ευτροφισμό. Ορισμένοι παραπόταμοι του Αλιάκμονα και του Αξιού χαρακτηρίστηκαν και αυτοί ως ευαίσθητοι. Η μελέτη επαλήθευσης της Επιτροπής του 2000 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι 16 πρόσθετες υδάτινες μάζες έπρεπε να έχουν χαρακτηριστεί ευαίσθητες με κριτήριο τον ευτροφισμό και την προστασία των υδάτων για την παροχή πόσιμου ύδατος. Μεταξύ αυτών ήταν το νότιο τμήμα του Σαρωνικού και ο Θερμαϊκός Κόλπος.

Οι ελληνικές αρχές χαρακτήρισαν ευαίσθητες περιοχές με υπουργικό διάταγμα τον Απρίλιο του 2002 το Θερμαϊκό Κόλπο και το πιο νότιο τμήμα του Σαρωνικού. Οι ευαίσθητες περιοχές επομένως ανέρχονται σε 36. Όμως, η Επιτροπή θεωρεί ότι 14 επιπλέον υδάτινες μάζες θα πρέπει να χαρακτηριστούν ευαίσθητες. Σημειώνεται ότι δεν έχει καταρτισθεί κατάλογος των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών. (IPPC, 2007)

Επεξεργασία λυμάτων σε οικισμούς που πραγματοποιούν απορρίψεις σε ευαίσθητες περιοχές

Οι οικισμοί που πραγματοποιούν απορρίψεις σε ευαίσθητες περιοχές ανέρχονται σε 19, συμπεριλαμβάνοντας την Αθήνα (3.500.000 ι.π.) και τη Θεσσαλονίκη (1.100.000. ι.π.). Από αυτούς τους οικισμούς, οι 12 πληρούν τις απαιτήσεις της Οδηγίας. Όμως σύμφωνα με τα στοιχεία 1/1/2003 δεν εφαρμόζεται η κατάλληλη επεξεργασία στην Άρτα (32.000. ι.π.) και στις Σέρρες (70.000. ι.π.), όπου δε γίνεται απομάκρυνση φωσφόρου, καθώς και στην περιοχή Ελευσίνα – Ασπρόπυργος (120.000. ι.π.), στα Γρεβενά (14.000. ι.π.) και στο Κιλκίς (26.000. ι.π.), όπου δεν υπάρχει σύστημα επεξεργασίας λυμάτων.

Μέχρι την 31/12/2002, 62 από τους 75 οικισμούς που πραγματοποιούν απορρίψεις σε κανονικές περιοχές διέθεταν τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία και σχεδόν όλοι είχαν επιδόσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας. Δεκατρείς οικισμοί δε διέθεταν καμία επεξεργασία των λυμάτων ή διέθεταν μόνο πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Επομένως συμπεραίνεται ότι στην Ελλάδα, η εφαρμογή της Οδηγίας έγινε σταδιακά με πολλές καθυστερήσεις και με παραβίαση σχετικών προθεσμιών. Αυτό επέφερε παραπομπές και καταδίκες από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο, καθώς αρχικά η Ελλάδα παραπέμφθηκε και καταδικάστηκε τον Ιούνιο του 2004 για την απουσία αποχετευτικού δικτύου και βιολογικού καθαρισμού στο Θριάσιο Πεδίο. Ακολούθησε δεύτερη παραπομπή τον Ιούνιο του 2006 για τη μη εξασφάλιση αποχετευτικού δικτύου και επαρκούς συστήματος επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε 24 οικισμούς με περισσότερους από 15.000 κατοίκους.

Η Επιτροπή επίσης κίνησε τη διαδικασία παράβασης κατά της Ελλάδας εξαιτίας αδυναμίας της τελευταίας να χαρακτηρίσει ως ευαίσθητες 10 υδάτινες περιοχές και να παράσχει στους οικισμούς που αποβάλλουν λύματα σε αυτές τις περιοχές την κατάλληλη υποδομή για τη συλλογή και την επεξεργασία των λυμάτων τους.

Η σημαντικότερη εξέλιξη στον τομέα διαχείρισης των αστικών λυμάτων είναι τα εγκαίνια της μονάδας ξήρανσης της λυματολάσπης στην Ψυτάλλεια τον Ιούνιο του 2007. Σημειώνεται ότι με καθυστέρηση πολλών ετών και υπό την απειλή νέας παραπομπής της Ελλάδας στο ΔΕΚ, οι εγκαταστάσεις λειτουργούν δοκιμαστικά. Η σωστή λειτουργία της μονάδας προσφέρει λύση στο πρόβλημα της συσσώρευσης εκατοντάδων χιλιάδων τόνων λάσπης και συμβάλλει αποφασιστικά στη σωστή εφαρμογή της σχετικής Κοινοτικής νομοθεσίας.

Κατάλληλη επεξεργασία

Τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα πριν από τη διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία ως εξής:

- ως τις 31 Δεκεμβρίου 2000, όλες οι απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) άνω των 15.000
- ως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, όλες οι απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000 και 15.000

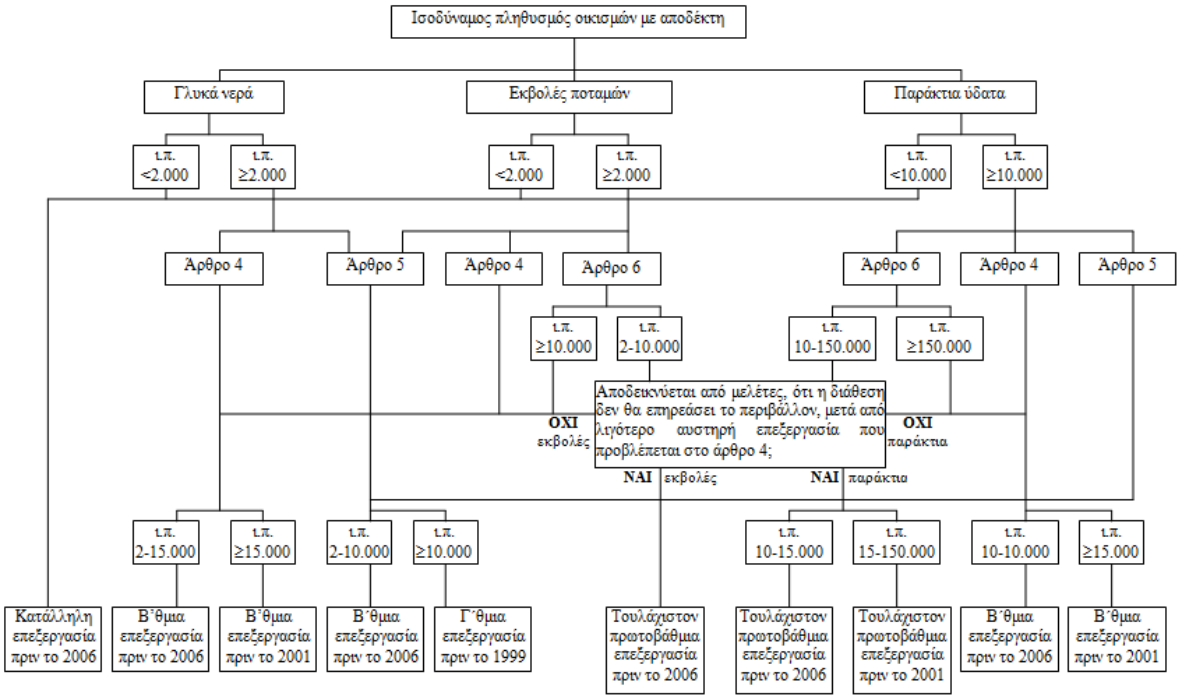
- ως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, τα λύματα που απορρίπτονται σε γλυκά νερά και σε εκβολές ποταμών από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 και 10.000.

Τα αστικά λύματα που διοχετεύονται στα αποχετευτικά δίκτυα, πριν από τη διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη, υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία μέχρι την 31-12-2005, στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- όταν η διάθεσή τους γίνεται σε γλυκά νερά και σε εκβολές ποταμών από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο από 2.000.

- όταν η διάθεσή τους γίνεται σε παράκτια νερά από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο από 10.000 κατοίκους.

Αναλυτικά, οι προδιαγραφές που καθορίζονται από τη νομοθεσία παρουσιάζονται στο σχήμα 1. (Αυγητίδης Β. & Μπελενιώτης Ν., 2003)



Σχήμα 1. Αναλυτική παράσταση των απαραίτητων έργων επεξεργασίας λυμάτων όπως ορίζονται από τη νομοθεσία

Σχετικά με τον προσδιορισμό των ευαίσθητων περιοχών το Υπουργείο ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία ορίζει κατάλογο των ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων περιοχών. Ο προσδιορισμός των περιοχών αυτών έχει τους εξής στόχους:

- τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα πριν απορριφθούν σε ευαίσθητες περιοχές και εφόσον προέρχονται από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 10.000 να υποβάλλονται σε επεξεργασία αυστηρότερη από αυτή που προβλέπεται στο άρθρο 7 της σχετικής ΚΥΑ. Εναλλακτικά οι απαιτήσεις που προβλέπονται δεν είναι αναγκαίο να εφαρμόζονται για διάθεση σε ευαίσθητες περιοχές από μεμονωμένες εγκαταστάσεις όταν αποδεικνύεται από το ελάχιστο ποσοστό μείωσης του συνολικού φορτίου από όλους τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή αυτή ότι είναι τουλάχιστον 75% για τον ολικό φώσφορο και τουλάχιστον 75% για το ολικό άζωτο.

- τα αστικά λύματα που διατίθενται σε λιγότερο ευαίσθητες περιοχές, δηλαδή σε παράκτια νερά, από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό 10.000 ως 150.000 κατοίκους ή σε νερά εκβολών ποταμών από οικισμούς με 2.000 ως 10.000 ισοδύναμο πληθυσμό να υποβάλλονται σε επεξεργασία λιγότερο αυστηρή από την επεξεργασία που προβλέπεται από το άρθρο 5 της σχετικής ΚΥΑ με τις εξής προϋποθέσεις:

1. να υποβάλλεται η διάθεση αυτή τουλάχιστον σε πρωτοβάθμια επεξεργασία με την έννοια που προσδιορίζεται στο άρθρο 2 της σχετικής ΚΥΑ.

2. να αποδεικνύεται με τεκμηριωμένες μελέτες ότι η διάθεση αυτή δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

2.3.4. Χρηματοδοτικά μέσα για την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ

Στη χώρα μας οι πόροι που έχουν διατεθεί μέχρι το 2000 ανέρχονται σε περίπου 670 εκ. ευρώ συνολικά και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8. Χρηματοδοτικά μέσα για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων κατά την περίοδο 1989 - 2000 (Χατζάκης, 2003)

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΜΕΣΑ	ΠΟΣΟ (εκ. €)
Α' Κ.Π.Σ. 1989 – 1993	37,08
ENVIREG 1993 – 1995	63,94
Ταμείο Συνοχής 1993 – 2000	457,00
Β' Κ.Π.Σ. 1994 – 2000	47,92
Άλλες Πηγές (ΜΟΠ, Εθνικοί πόροι, ίδιοι πόροι, κ.α.)	62,49
ΣΥΝΟΛΟ	**668,43**

Οι διαθέσιμοι πόροι για την επεξεργασία των λυμάτων κατά την περίοδο 2000 – 2008 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. (Χατζάκης, 2003)

Πίνακας 9. Χρηματοδοτικά μέσα για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων κατά την περίοδο 2000 - 2008 (Χατζάκης, 2003)

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΜΕΣΑ 2000 – 2008	ΠΟΣΟ (εκ. €)
Ταμείο Συνοχής 2000 – 2006	626,54
Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα (Π.Ε.Π.)	280,00
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον (Ε.Π.ΠΕΡ) – πιλοτικά προγράμματα εφαρμογής	15,00
Άλλες Πηγές (Εθνικοί πόροι, ίδιοι πόροι, κ.α.)	29,35
ΣΥΝΟΛΟ	**950,89**

Σύμφωνα με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2007 – 2013» οι στόχοι για την περίοδο 2007 – 2013 σχετικά με τη διαχείριση των αστικών λυμάτων είναι οι εξής:

- Συνολική κάλυψη των αναγκών των οικισμών Γ΄ προτεραιότητας κατά την Οδηγία 91/271 σε πλήρως λειτουργικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με τη δημιουργία όπου απαιτείται και της απαραίτητης υποδομής αποχετευτικών δικτύων.
- Επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων σε άλλες χρήσεις.

Ενδεικτικές κατηγορίες πράξεων:

Α) Έργα κατασκευής εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και δικτύων αποχέτευσης σε οικισμούς Γ’ Προτεραιότητας σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Β) Έργα ολοκλήρωσης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και αποχετευτικών δικτύων, η υλοποίηση των οποίων ξεκίνησε με πόρους της περιόδου 2000 – 2006 ή και προηγούμενων περιόδων.

Οι τελικοί δικαιούχοι είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ, οι Γενικές Γραμματείες Περιφερειών, οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) πρώτου και δεύτερου βαθμού και οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης – Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ).

Χρηματοδότηση για την περίοδο 2007 - 2013

Η συνολική δημόσια δαπάνη για έργα αποχέτευσης, επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων κατά την τρέχουσα προγραμματική περίοδο υπολογίζεται σε 996,86 εκατομμύρια ευρώ. (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2007)

3. Τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

3.1. Εισαγωγή

Λύματα είναι τα ακάθαρτα νερά που προέρχονται από οικιακή χρήση καθώς επίσης από εμπορικές ή διοικητικές δραστηριότητες της πόλης και περιέχουν αιωρούμενες και διαλυμένες οργανικές και ανόργανες ουσίες.

Οι ρυπαντικές ουσίες που περιέχονται στα λύματα περιλαμβάνουν οργανικές ουσίες, θρεπτικά άλατα, βαρέα μέταλλα, διαλυμένα ανόργανα στερεά, παθογόνα μικρόβια κ.ά. Τα λύματα ανάλογα με το βαθμό συγκέντρωσης των διαφόρων συστατικών που περιέχουν, κατατάσσονται σε 3 ρυπαντικές κατηγορίες: ισχυρά, μέσα κι ασθενή.

Η επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, εξουδετέρωση ή κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, ώστε να εξαλειφθούν ή να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς συνέπειες για τον τελικό αποδέκτη.

Τα **υγρά απόβλητα** δεν είναι τίποτα άλλο παρά νερό το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο σε μια πληθώρα εφαρμογών. Οι κύριες πηγές προέλευσης τους είναι οι κατοικίες, τα ιδρύματα και οι διαφορές εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από χώρους υγιεινής, κουζίνες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητος κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων κ.λ.π. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, ξενοδοχείων, δημοσίων υπηρεσιών, καταστημάτων, γραφείων κ.λ.π. Τα αστικά λύματα, αν δεν περιέχουν μεγάλο ποσοστό βιομηχανικών αποβλήτων, είναι σχετικά σταθερής ποιότητας και μπορούν να υποβληθούν σε τυποποιημένες μεθόδους επεξεργασίας καθαρισμού με δοκιμασμένα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα. Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλικών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα. Τα βιομηχανικά απόβλητα παρουσιάζουν ιδιάζοντα

χαρακτήρα και ποικιλία ποιοτήτων. Περιέχουν πολλές φορές δύσκολα βιοαποδομήσιμες ή τοξικές ουσίες, που παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα. Για το λόγο αυτό είναι πολλές φορές απαραίτητο τα βιομηχανικά απόβλητα, προτού οδηγηθούν στο γενικό δίκτυο συλλογής για επεξεργασία μαζί με τα αστικά λύματα, να υποστούν μέσα στο εργοστάσιο ειδική προεπεξεργασία για την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών τους.

Οι ρυπαντικές ουσίες που συλλέγονται σαν παραπροϊόντα της κύριας διαδικασίας καθαρισμού (ιλύς, άμμος, σχαρίσματα), συνήθως απαιτούν παραπέρα επεξεργασία πριν διατεθούν στο περιβάλλον.

Η επιλογή των διαδικασιών επεξεργασίας για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, εξαρτάται από την ποιότητα των προς επεξεργασία λυμάτων, την απαιτούμενη ποιότητα της τελικής εκροής, τις τοπικές συνθήκες, τις επιθυμητές χρήσεις του αποδέκτη και τέλος από τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους τόσο για την αρχική επένδυση κατασκευής όσο και για τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας.

3.1.1. Βασικά στάδια επεξεργασίας

Από την εφαρμογή των διαφόρων διαδικασιών επεξεργασίας λυμάτων έχουν διαμορφωθεί 5 στάδια επεξεργασίας: (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007)

Προκαταρκτική επεξεργασία: Προβλέπεται πάντα στην αρχή της όλης διαδικασίας επεξεργασίας και περιλαμβάνει σχαρισμό ή άλεση, εξάμμωση και απολίπανση. Στόχος της προεπεξεργασίας είναι η προστασία έργων όπως τα αντλιοστάσια και οι αγωγοί από άμμο και φθορές, αλλά και η αφαίρεση των λιπών και αφρολασπών τα οποία επηρεάζουν δυσμενώς τη βιολογική επεξεργασία.

Πρωτοβάθμια επεξεργασία: Περιλαμβάνει τη διαδικασία της καθίζησης, απλής ή χημικά υποβοηθούμενης. Αποτελεί το πρώτο βασικό στάδιο επεξεργασίας και συνήθως επιτυγχάνει 50-70% απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και 25-35% του BOD_5. Αποτελεί τον ελάχιστο βαθμό επεξεργασίας στις περιπτώσεις διάθεσης των λυμάτων στη θάλασσα με υποθαλάσσιο αγωγό.

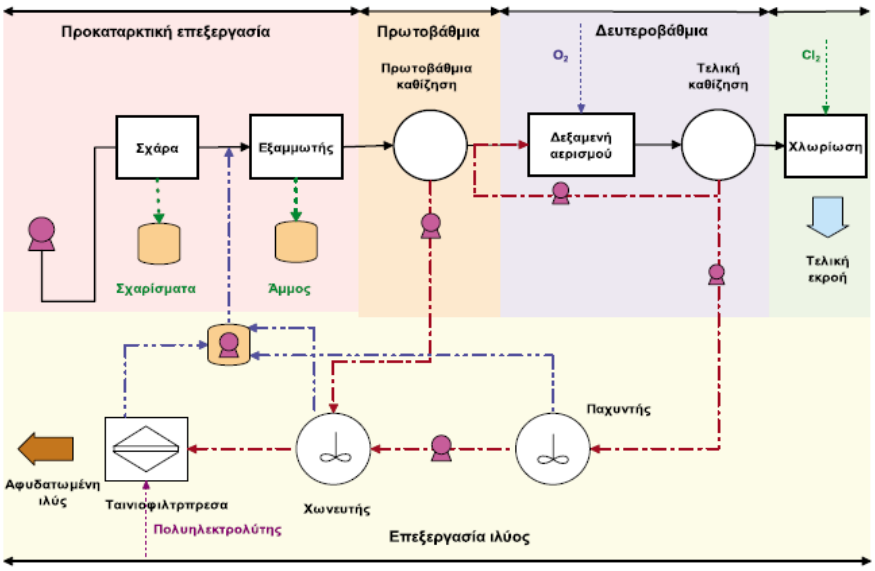
Δευτεροβάθμια επεξεργασία: Περιλαμβάνει τη βιολογική αποικοδόμηση των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών κι έπειτα την απομάκρυνση των αιωρημάτων που σχηματίζονται με τη δευτεροβάθμια καθίζηση. Ο

συνδυασμός πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αποτελεί το συμβατικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων. Το σύστημα αυτό επιτυγχάνει μεγαλύτερη από 95% απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των λυμάτων.

Τριτοβάθμια επεξεργασία: Ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας και επιτυγχάνει την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου για την αντιμετώπιση των κινδύνων ευτροφισμού στις λίμνες και στη θάλασσα.

Απολύμανση: Γίνεται μόνιμη ή περιοδική απολύμανση των λυμάτων, συνήθως με χλωρίωση, κι εφαρμόζεται μετά τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας λυμάτων με σκοπό την προστασία των αποδεκτών από τη μόλυνση των μικροβίων.

Στο σχήμα 2 απεικονίζονται τα στάδια επεξεργασίας λυμάτων.



Σχήμα 2. Στάδια επεξεργασίας λυμάτων

3.1.2. Διαδικασίες επεξεργασίας

Οι κύριες διαδικασίες επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- Εσχαρισμός ή άλεση, με λεπτές μέσες ή χοντρές σχάρες ή πολτοποιητές, για την απομάκρυνση των χοντρών υλικών που μεταφέρονται με τα λύματα και πιθανόν να παρεμποδίζουν την κυρίως επεξεργασία ή τη λειτουργία των αντλιοστασίων.
- Ξάφρισμα – λιποσυλλογή, για την αφαίρεση επιπλεόντων, ελαίων και λιπών.

- Αμμοσυλλογή, για την απομάκρυνση αδρανών υλικών μεγάλου ειδικού βάρους (π.χ. χαλίκια, άμμος).
- Καθίζηση, που είναι φυσική διεργασία για την απομάκρυνση από τα λύματα μέρους των αιωρούμενων σωματιδίων υπό συνθήκες ηρεμίας. Διακρίνεται σε απλή (πρωτοβάθμια), σε χημικά υποβοηθούμενη και σε μετά από βιολογική επεξεργασία (δευτεροβάθμια).
- Διύλιση, που είναι φυσική διεργασία για την απομάκρυνση λεπτών κολλοειδών ουσιών από την υγρή φάση με τη διέλευση διαμέσου ενός πορώδους μέσου όπως είναι το στρώμα άμμου.
- Κροκίδωση, που είναι χημική διεργασία για την απομάκρυνση λεπτών κολλοειδών ουσιών. Η προσθήκη χημικών ουσιών επιτυγχάνει τη συσσωμάτωση των λεπτόκοκκων σωματιδίων και τη δημιουργία μεγαλύτερων και βαρύτερων κροκίδων που τελικά απομακρύνονται με καθίζηση από την υγρή φάση.
- Προσρόφηση, που είναι φυσικοχημική διεργασία για την απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ενώσεων που προκαλούν χρωματισμό και οσμές στα λύματα και στα νερά. Η προσρόφηση λαμβάνει χώρα στη διεπιφάνεια μεταξύ ενός πορώδους όπως ο ενεργός άνθρακας και του διαλυτικού μέσου (νερό).
- Βιολογική επεξεργασία, για την απομάκρυνση πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ενώσεων με τη δράση μικροοργανισμών υπό ελεγχόμενες συνθήκες.
- Χημική επεξεργασία, για την απομάκρυνση διαλυμένων ανόργανων ουσιών με τη μετατροπή τους σε άλλες χημικές μορφές (οξείδωση) ή τη δέσμευσή τους από άλλες ουσίες που απομακρύνονται με καθίζηση (κατακρήμνιση).
- Απολύμανση, για τη μείωση του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα με την προσθήκη χημικών ουσιών με μικροβιοκτόνο δράση.

Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται συνοπτικά οι διεργασίες επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων, ενώ στον πίνακα 11 φαίνονται τα βασικά συστήματα επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων.

Πίνακας 10. Διεργασίες επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων (Τσώνης, 2004)

Διεργασίες αντιμετώπισης αιωρούμενων σωματιδίων (Suspended Solids, SS) και βιοαποικοδομήσιμων ουσιών σε αιωρούμενη μορφή	**Διεργασίες αντιμετώπισης οργανικού φορτίου (διαλυμένων βιοαποικοδομήσιμων ουσιών που έχουν αρνητική επίδραση στο ισοζύγιο του διαλυμένου οξυγόνου και μετρώνται με BOD και COD)**	**Διεργασίες αντιμετώπισης ουσιών που συμβάλλουν στον ευτροφισμό [Ενώσεις του αζώτου (NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-) και του φωσφόρου (PO_4^{3-})]**
- Εσχάρωση – Κοσκίνισμα - Εξάμμωση - Λιποσυλλογή - Επίπλευση - Καθίζηση - Φυγοκέντριση	- Προεπεξεργασία ή πρωτοβάθμια επεξεργασία - Βιολογική επεξεργασία - Χημική επεξεργασία - Φυσική επεξεργασία	- Βιολογική επεξεργασία - Χημική επεξεργασία

Πίνακας 11. Βασικά συστήματα επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων (Τσώνης, 2004)

Συστήματα προεπεξεργασίας ή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας	**Συστήματα δευτεροβάθμιας ή βιολογικής επεξεργασίας**	
- Εσχάρωση – Κοσκίνισμα - Εξάμμωση (αμμοσυλλέκτης) - Λιποσυλλογή (ελαιοδιαχωριστήρες) - Επίπλευση - Πρωτοβάθμια καθίζηση	**Αερόβια συστήματα**	**Αναερόβια συστήματα**
	- Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού ιλύος) - Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (Βιολογικοί υμένες) (Χαλικοδιυλιστήρια, Δισκοδιυλιστήρια)	- Σηπτικές δεξαμενές - Δεξαμενές Imhoff - Λίμνες και δεξαμενές σταθεροποίησης
Συστήματα χημικής επεξεργασίας	**Συστήματα τριτοβάθμιας επεξεργασίας**	
- Οξείδωση - Αναγωγή - Χημική κατακρήμνιση - Κροκίδωση – Ιζηματοποίηση	- Διήθηση - Μεμβράνες - Αντίστροφη ώσμωση - Προσρόφηση - Ιοντοεναλλαγή	
Μέθοδοι απολύμανσης	**Μέθοδοι διάθεσης της επεξεργασμένης εκροής**	**Τεχνολογίες επεξεργασίας ιλύος**
- Χλωρίωση (Cl_2, ClO_2, NaOCl, $NaOCl_2$) - Υπεριώδης ακτινοβολία (UV) - Οζόνωση (O_3)	- Διάθεση σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες - Διάθεση στο έδαφος (επιφανειακή απορροή, διήθηση στο έδαφος, άρδευση)	- Πάχυνση - Βιολογική σταθεροποίηση (αερόβια ή αναερόβια) - Αφυδάτωση (κλίνες ξήρανσης, ταινιοφιλτρόπρεσες, φυγοκέντριση)

3.1.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν κυρίως οργανικές ουσίες (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, έλαια, φαινόλες), ανόργανες ουσίες (άζωτο, φώσφορο, διάφορα άλατα), και διάφορα στερεά. Περιέχουν επίσης ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, μικροοργανισμούς, τοξικές ουσίες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία καθώς και διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία (NH3), υδρόθειο (H2S) κ.ά. (Merck)

Οι ουσίες αυτές χαρακτηρίζονται ως ρυπαντές του νερού και του περιβάλλοντος γενικότερα. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητη, επιβάλλεται από τη νομοθεσία και στοχεύει στην εξουδετέρωση και την απομάκρυνση αυτών των ρυπαντών.

Οι βασικές γνώσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων και η διάκριση των εννοιών «ρύπανση» και «μόλυνση» του νερού, θεωρούνται απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση των διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. (APHA-AWWA-WEF, 1999)

Ο άνθρακας

Ο άνθρακας υπάρχει στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των οργανικών ενώσεων (Total Organic Carbon, TOC), αλλά και με τη μορφή ανόργανων χημικών ενώσεων (Total Inorganic Carbon, TIC). Ο οργανικός άνθρακας (TOC) που κυρίως ενδιαφέρει, βρίσκεται στα απόβλητα είτε διαλυμένος (Dissolved Organic Carbon, DOC) είτε σε σωματιδιακή μορφή (Particulate Organic Carbon, POC) είτε σε πτητικές ενώσεις (Volatile Organic Carbon, VOC). Το οργανικό φορτίο των λυμάτων, δηλαδή η οργανική ύλη, αποτελεί τον συνηθέστερο και τον πιο σημαντικό ρύπο του νερού.

Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών ουσιών στα υγρά απόβλητα. Η ταχύτητα της βιολογικής αυτής οξείδωσης εξαρτάται από το είδος της οργανικής ύλης που περιέχεται στο προς εξέταση δείγμα. Υπάρχουν οργανικές ουσίες που οξειδώνονται ή αποικοδομούνται βιολογικά σχετικά εύκολα αλλά υπάρχουν και αυτές που δεν οξειδώνονται βιολογικά.

Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Με τον όρο COD (Chemical Oxygen Demand) εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO2 και H2O. Η οξείδωση αφορά το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα και μπορούν να οξειδωθούν με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Σαν τέτοιο οξειδωτικό χρησιμοποιείται το διχρωμικό κάλιο (K2Cr2O7) σε όξινο περιβάλλον.

Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας

Ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) είναι ένα μέτρο κατάλληλο για μετρήσεις πολύ χαμηλών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης, που ενδιαφέρει ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού. Με τις σύγχρονες αναλυτικές συσκευές ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα είναι πολύ απλή διαδικασία. Ένας αυτόματος αναλυτής TOC (Total Organic Carbon) απαιτεί ελάχιστη ποσότητα υγρού δείγματος το οποίο εισάγεται σε ειδική στήλη με καταλύτη όπου καίγεται σε υψηλή θερμοκρασία προς διοξείδιο του άνθρακα (CO2). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/lt TOC.

Το άζωτο

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

Ο φώσφορος

Η συγκέντρωση του φωσφόρου (P) ο οποίος αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών, στα φρέσκα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5 – 30 mg/lt. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75 % του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO43-, HPO42-, H2PO4-, H3PO4) διαλυτών ιόντων από 70 - 90 % και πολυφωσφορικών (P2O72-) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω.

Οι στερεές ουσίες στα υγρά απόβλητα

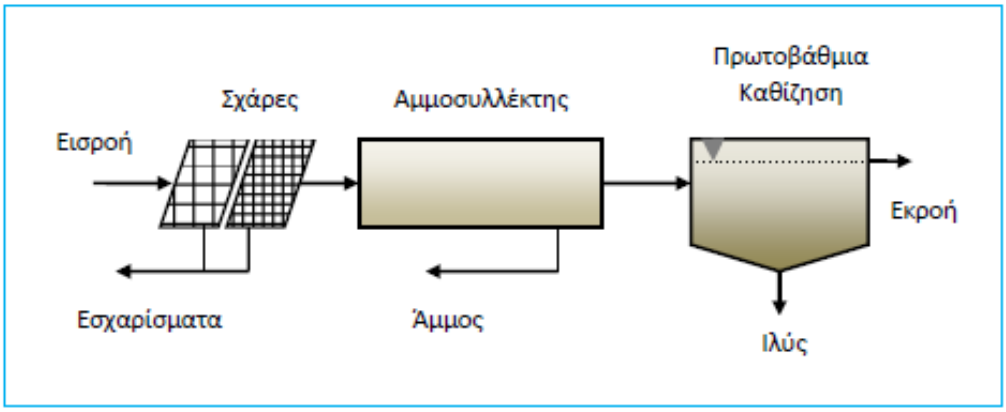
Οι στερεές ουσίες των υγρών αποβλήτων ανόργανες ή οργανικές, κατατάσσονται σε αδιάλυτες, και διαλυμένες. Υπάρχουν ακόμα και οι κολλοειδούς μορφής ουσίες. Ιδιαίτερο όμως ενδιαφέρον παρουσιάζει η περαιτέρω κατηγοριοποίηση των στερεών σε αιωρούμενα, διαλυμένα, καθιζάνοντα, πτητικά κ.λπ.

Οι μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της ποιότητας του νερού και των υγρών αποβλήτων. Είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες που μεταδίδονται μέσω των νερών, για την οσμή και τη γεύση του πόσιμου νερού, τη διάβρωση των μετάλλων και του σκυροδέματος καθώς επίσης και για τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η αφομοίωση των ρύπων, κυρίως των οργανικών ουσιών στα υδάτινα οικοσυστήματα, επιτυγχάνεται με βιολογικό αυτοκαθαρισμό του νερού χάρη στους μικροοργανισμούς. Αυτήν ακριβώς την δραστηριότητα των μικροοργανισμών, δηλαδή την αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών (ρύπων), εκμεταλλευόμαστε ευρύτατα στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων

Η **πρωτοβάθμια** ή **μηχανική** επεξεργασία περιλαμβάνει τον εσχαρισμό, την αμμοσυλλογή, τη λιποσυλλογή και την πρωτοβάθμια καθίζηση. Σ' αυτό το τμήμα της εγκατάστασης απομακρύνονται από τα λύματα όλες οι ανόργανες φερτές ύλες και από τις οργανικές ουσίες αυτές που καθιζάνουν και αυτές που επιπλέουν. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων.



Σχήμα 3. Πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία αστικών λυμάτων

3.2.1. Εσχάρωση

Με την είσοδό τους στην μονάδα επεξεργασίας τα λύματα διέρχονται από σχάρες όπου συγκρατούνται τα ευμεγέθη στερεά όπως τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιοί φρούτων και λαχανικών κ.λπ. τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις και τις αντλίες της εγκατάστασης παρεμποδίζοντας την επεξεργασία των λυμάτων. Έτσι προστατεύουν το μηχανολογικό εξοπλισμό και ειδικότερα τις αντλίες από φθορές κι εμφράξεις. Μερικές φορές τοποθετούνται στη σειρά διαδοχικά σχάρες με μεγάλο και μετά σχάρες με μικρό άνοιγμα. Ο βαθμός καθαρισμού των λυμάτων (απόδοση) είναι φυσικά διαφορετικός. Οι σχάρες είναι διατάξεις οι οποίες κατασκευάζονται συνήθως από κεκλιμένες ράβδους από ανοξείδωτο χάλυβα ορθογώνιας διατομής με στρογγυλεμένες ακμές. Η απόσταση των ράβδων ποικίλει από μερικά χιλιοστά έως μερικά εκατοστά. Υπάρχουν σχάρες με μεγάλο άνοιγμα (απόσταση ράβδων 40 – 100 mm) οι οποίες καθαρίζονται χειρονακτικά, σχάρες με μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 6 – 40 mm) και σχάρες με πολύ μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 3 – 6 mm) οι οποίες καθαρίζονται με μηχανικά μέσα. Οι διατάξεις που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες σχάρες. Σχάρες χρησιμοποιούνται όπου αλλού απαιτείται προστασία ευαίσθητων τμημάτων της Ε.Ε.Λ. (π.χ. σίφωνες).

3.2.2. Εξάμμωση και Λιποσυλλογή (Αμμοσυλλέκτες)

Η άμμος που υπάρχει στα λύματα πρέπει να απομακρυνθεί μόλις τα λύματα εισέλθουν στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων γιατί δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία της. Κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και φθείρει τον μηχανολογικό εξοπλισμό των δεξαμενών (αναδευτήρες, σαρωτές, αντλίες κ.λπ.). Επίσης αυξάνει τον απαιτούμενο όγκο των δεξαμενών επεξεργασίας ιλύος. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται είτε στην επίδραση της βαρύτητας είτε στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης.

Ο εξαμμωτής είναι ένα επίμηκες κανάλι ή δεξαμενή όπου η ταχύτητα ροής των λυμάτων διαμέσου του καναλιού είναι ρυθμισμένη έτσι ώστε μόνο τα βαρύτερα σωματίδια, όπως η άμμος, με μέγεθος μεγαλύτερο από 0,2 mm να καθιζάνουν και να απομακρύνονται, ενώ τα ελαφρότερα οργανικά σωματίδια να παρασύρονται από τη ροή και να αιωρούνται.

Πλέον κατασκευάζονται αεριζόμενοι εξαμμωτές που διαθέτουν ειδική διάταξη διαχυτών για την παροχή πεπιεσμένου αέρα κατά μήκος της μιας πλευράς της δεξαμενής που δημιουργεί μια ελικοειδή κίνηση των

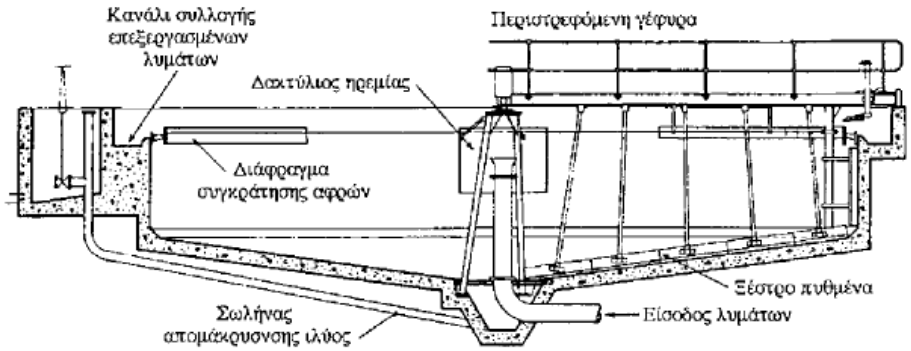
σωματιδίων και διευκολύνει την καθίζησή τους. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του αεριζόμενου εξαμμωτή είναι ότι δεν περιλαμβάνονται οργανικές ουσίες στην άμμο που συλλέγεται.

3.2.3. Καθίζηση (πρωτοβάθμια)

Κάθε σωματίδιο όταν βρίσκεται σε ένα υγρό μέσο καθιζάνει με μια χαρακτηριστική ταχύτητα που εξαρτάται από το μέγεθος και την πυκνότητα του σωματιδίου. Η δεξαμενή καθίζησης σχεδιάζεται κατά τρόπο ώστε όλα τα σωματίδια που έχουν ταχύτητα καθίζησης ίση ή μεγαλύτερη από μια κρίσιμη ταχύτητα να απομακρύνονται κατά 100%. Η κρίσιμη ταχύτητα ονομάζεται ταχύτητα υπερχείλισης ή επιφανειακή φόρτιση.

Οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης σχεδιάζονται ορθογώνιες ή κυκλικές. Η είσοδος των λυμάτων στις ορθογώνιες δεξαμενές γίνεται από ένα εγκάρσιο κανάλι στη μια άκρη της δεξαμενής, ενώ η έξοδος γίνεται από το άλλο άκρο με υπερχείλιση. Στις κυκλικές δεξαμενές, η είσοδος των λυμάτων γίνεται με σωλήνα στο κέντρο της δεξαμενής, από όπου τα λύματα αναβλύζουν και διανέμονται ομοιόμορφα σε όλες τις κατευθύνσεις. Η έξοδος των λυμάτων γίνεται με υπερχείλιση από την περίμετρο της δεξαμενής. Στο σχήμα 4 φαίνεται η τομή κυκλικής δεξαμενής καθίζησης.

Κατάλληλη διάταξη διαφραγμάτων προβλέπεται στην είσοδο των δεξαμενών οι οποίες αποσβένουν την ορμή των λυμάτων κι εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή και ήρεμες συνθήκες ροής. Ανεξάρτητα από το σχήμα και το μέγεθος όλες οι δεξαμενές είναι εξοπλισμένες με μηχανισμό συγκέντρωσης και αφαίρεσης της ιλύος από τον πυθμένα με ταυτόχρονη συλλογή του αφρού από την επιφάνεια.



Σχήμα 4. Σχηματική τομή κυκλικής δεξαμενής καθίζησης

Με την καθίζηση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός από τα λύματα των ουσιών που καθιζάνουν και αυτών που επιπλέουν. Πρόκειται για μια φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100 μm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/lt, η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού. Στηρίζεται στο φαινόμενο της βαρύτητας και εφαρμόζεται για την απομάκρυνση διαφόρων στερεών που καθιζάνουν. (Τσώνης, 2004)

Η καθίζηση εφαρμόζεται:

- για την απομάκρυνση της άμμου στους αμμοσυλλέκτες,
- για την απομάκρυνση των TSS (πρωτοβάθμια καθίζηση),
- για την απομάκρυνση των βιολογικών κροκίδων μετά από βιολογική επεξεργασία (δευτεροβάθμια καθίζηση),
- για την απομάκρυνση των χημικών κροκίδων (μετά από χημική κροκίδωση),
- για την πάχυνση (πύκνωση) των στερεών στους παχυντές ιλύος.

Η ευρεία χρήση της καθίζησης οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου, παρά τις περιπλοκές που παρουσιάζουν πολλές φορές διάφορες δεξαμενές καθίζησης, και στη μικρή κατανάλωση ενέργειας. Στην εικόνα 3 απεικονίζονται μια ορθογώνια και μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης.

Εικόνα 3. Ορθογώνια και κυκλική δεξαμενή καθίζησης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση, δηλαδή την απόδοση των δεξαμενών, είναι η μεταβολή της πυκνότητας του νερού (συγκέντρωση αλάτων, θολότητα, θερμοκρασία), οι διατάξεις ηρεμίας κατά την εισροή του νερού, οι άνεμοι, και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της ιλύος.

3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.), ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (σε ποσοστό περίπου 70 %) οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση.

3.3.1. Αερόβια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων

Η απομάκρυνση και η σταθεροποίηση της διαλυμένης και της σωματιδιακής οργανικής ύλης που βρίσκεται στα λύματα επιτυγχάνεται βιολογικά με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κυρίως βακτηρίων. Οι μικροοργανισμοί λαμβάνουν ενέργεια καταναλώνοντας στοιχειακό οξυγόνο (O_2) και οξειδώνουν το οργανικό υλικό των αποβλήτων (την τροφή τους) σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O) και επιπρόσθετη βιομάζα (νέα κύτταρα). Τα θρεπτικά συστατικά (N και P) απαιτούνται για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε απλά τελικά προϊόντα. Ο όρος νέα κυτταρική μάζα χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη βιομάζα που παράγεται ως αποτέλεσμα της οξείδωσης της οργανικής ύλης των υγρών αποβλήτων.

3.3.2. Αναερόβια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων

Κατά την αναερόβια διεργασία η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού πραγματοποιείται απουσία οξυγόνου με τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις. Τα βασικότερα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας, είναι μεθάνιο (CH_4), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), υδρόθειο (H_2S), υδρογόνο (H_2), αμμωνία (NH_3) και αναερόβια βιομάζα. Η δημιουργία των προϊόντων εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας και τα εμπλεκόμενα είδη των μικροοργανισμών.

Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι μια πολύ αργή και ευαίσθητη διαδικασία στην οποία συμμετέχουν υποχρεωτικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί όπως τα αρχαιοβακτήρια και τα μεθανοβακτήρια, τα οποία

χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, καθώς και μύκητες και πρωτόζωα.

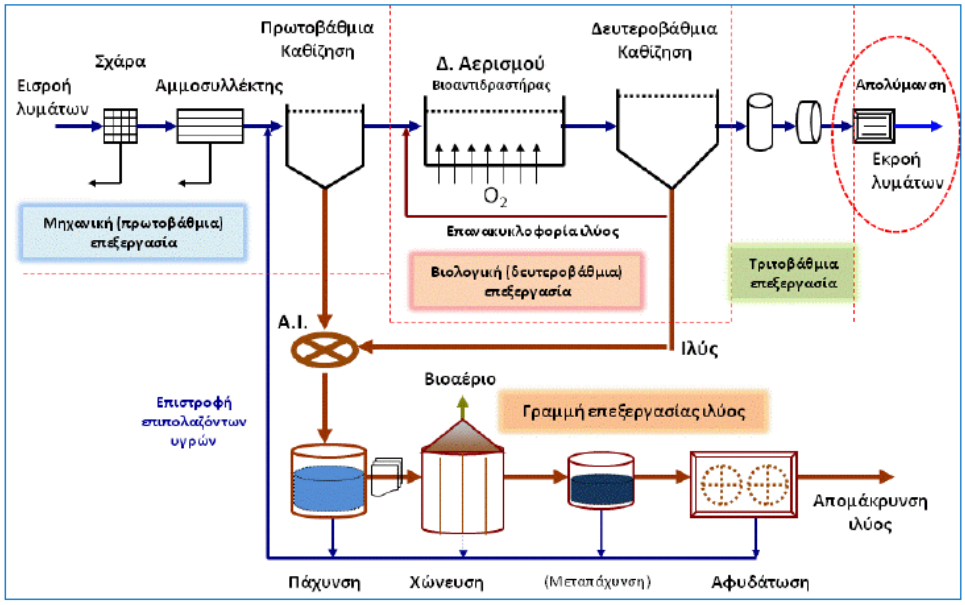
3.4. Βιολογική επεξεργασία

Η βιολογική επεξεργασία αποτελεί τη βασική μέθοδο καθαρισμού των λυμάτων. Ο σκοπός της είναι η βιοχημική αποδόμηση του οργανικού φορτίου που βρίσκεται στα λύματα κι εφαρμόζεται συνήθως μετά την προκαταρκτική και πρωτοβάθμια επεξεργασία όπου αφαιρούνται με φυσικές μεθόδους τα αδρανή και καθιζάνοντα στερεά. Τα σημαντικότερα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας είναι η ενεργός ιλύς, οι λίμνες σταθεροποίησης και τα βιολογικά φίλτρα. (Δεληγιάννης, 2009)

Τα εισερχόμενα λύματα στη βιολογική επεξεργασία έχουν συνήθως υποστεί προκαταρκτική και πρωτοβάθμια επεξεργασία, για να έχουν αφαιρεθεί επιπλέοντα στερεά, λίπη, αιωρούμενα σωματίδια και η οργανική τροφή να είναι σε διαλυμένη μορφή. Σε ορισμένους τύπους ενεργού ιλύος συχνά παραλείπεται το στάδιο της πρωτοβάθμιας καθίζησης.

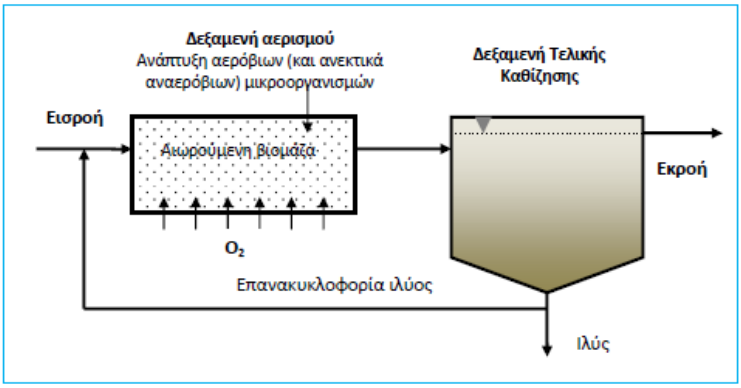
3.4.1. Μέθοδος ενεργού ιλύος

Το σύστημα ενεργού ιλύος είναι το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων που χρησιμοποιείται συνήθως. Πολλές παραλλαγές της κύριας μεθόδου έχουν αναπτυχθεί με αποτέλεσμα οι δυνατότητες εφαρμογής της να έχουν αυξηθεί. Η ενεργός ιλύς αποτελείται από μια συσσωμάτωση ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν επιδέχονται αποσύνθεση. Στο σχήμα 5 φαίνεται το διάγραμμα ροής της επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος.



Σχήμα 5. Τυπικό διάγραμμα ροής της επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος εφαρμόζεται σε έναν αριθμό παραλλαγών που παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, είναι όμως κατά περίπτωση επιλέξιμες για την ικανοποίηση των ιδιαιτεροτήτων κάθε εφαρμογής. Η διαδικασία συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες, τον αερισμό και την καθίζηση. (Τσώνης, 2004)



Σχήμα 6. Αερόβια βιολογική επεξεργασία

Τα λύματα εισέρχονται σε μια αεριζόμενη δεξαμενή με καθεστώς πλήρους μίξης κι έρχονται σε επαφή με μικροοργανισμούς, που βρίσκονται σε μορφή αιωρούμενων συσσωματωμάτων. Στη δεξαμενή αυτή γίνεται βιοχημική αποδόμηση του οργανικού φορτίου που τα λύματα περιέχουν. Ένα ποσοστό των οργανικών αυτών ουσιών, κατά το μεταβολισμό, διασπάται βιοχημικά σε ανόργανες ενώσεις και η εκλυόμενη ενέργεια κατά τις αντιδράσεις αυτές

χρησιμοποιείται για τη σύνθεση νέου πρωτοπλάσματος και γενικότερα τις ανάγκες τους.

Η αναπτυσσόμενη στη δεξαμενή αερισμού βιομάζα, ή ενεργός ιλύς, απαρτίζεται από μικροοργανισμούς που μεταβολίζουν τις οργανικές ουσίες σε ανόργανα παραπροϊόντα. Το 95% των μικροοργανισμών είναι βακτηρίδια και το 5% ανώτεροι οργανισμοί όπως μύκητες πρωτόζωα κ.ά. Ο βασικός ιστός της ενεργού ιλύος σχηματίζεται από βακτηρίδια και η οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων γίνεται από νιτροποιητικά βακτηρίδια.

Το μίγμα λυμάτων και μικροοργανισμών μετά τη δεξαμενή αερισμού εισέρχεται στη δεξαμενή τελικής καθίζησης. Εκεί γίνεται ο διαχωρισμός με βαρύτητα των μικροοργανισμών και των τυχόν προσροφημένων σωματιδίων από την υγρή φάση. Έπειτα η υγρή φάση με υπερχείλιση οδηγείται ή προς περαιτέρω επεξεργασία ή προς τον τελικό αποδέκτη ενώ οι μικροοργανισμοί από τον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης, με άντληση, οδηγούνται εκ νέου στη δεξαμενή αερισμού όπου έρχονται σε επαφή με τα νέα λύματα προκειμένου η ίδια διαδικασία να επαναληφτεί.

Υπό αερόβιες συνθήκες και παρουσία τροφής (οργανικές ουσίες) η βιομάζα συνεχώς αυξάνεται και για αυτό είναι απαραίτητο να απομακρύνεται συνεχώς μια ποσότητα ιλύος για να διατηρείται σταθερή η συγκέντρωσή της στο σύστημα.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές του συστήματος ενεργού ιλύος που δίνουν στη μέθοδο αυτή μια μεγάλη ευελιξία και προσαρμογή σχεδόν σε κάθε τύπο προβλήματος βιολογικής επεξεργασίας. Οι παραλλαγές διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το καθεστώς μίξης στο βιολογικό αντιδραστήρα, το σύστημα αερισμού και το επίπεδο φόρτισης.

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος αποτελείται από τη δεξαμενή αερισμού, τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης και τη γραμμή επανακυκλοφορίας ιλύος. Η δεξαμενή αερισμού είναι επιμήκης, ενώ είναι εμβολοειδής η ροή στη δεξαμενή αερισμού.

Τα λύματα και η ιλύς επανακυκλοφορίας εισάγονται στην αρχή της δεξαμενής αερισμού όπου και αερίζονται σταθερά και ομοιόμορφα για 6 ώρες περίπου με τη βοήθεια διαχυτών αέρα ή επιφανειακών αεριστήρων. Η οργανική φόρτιση στο συμβατικό σύστημα κυμαίνεται από 0,2 έως 0,5 kg BOD_5/kg MLSS.d, με τυπική τιμή 0,3 kg/kg.d. Η συγκέντρωση στερεών στη δεξαμενή αερισμού είναι 4000 έως 5000 mg/l. Η παραγωγή ιλύος εκτιμάται

σε 0,5 kg στερεών ανά kg BOD_5 που απομακρύνεται, ενώ η τυπική συγκέντρωση στερεών στην ιλύ είναι 8.000 έως 10.000 mg/l.

Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού εφαρμόζεται όταν είναι επιθυμητή η νιτροποίηση αμμωνιακού αζώτου. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλο χρόνο αερισμού (18 έως 24 ώρες), χαμηλή οργανική φόρτιση (0,08 έως 1,0 kg BOD_5/kg MLSS) και ηλικία ιλύος μέχρι και 25 μέρες. Η βιομάζα βρίσκεται στη φάση ενδογενούς αναπνοής όπου η ταχύτητα θανάτου υπερτερεί της ταχύτητας ανάπτυξης. Η παραγόμενη περίσσεια ιλύς είναι καλά σταθεροποιημένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς πρόσθετη επεξεργασία σαν λίπασμα.

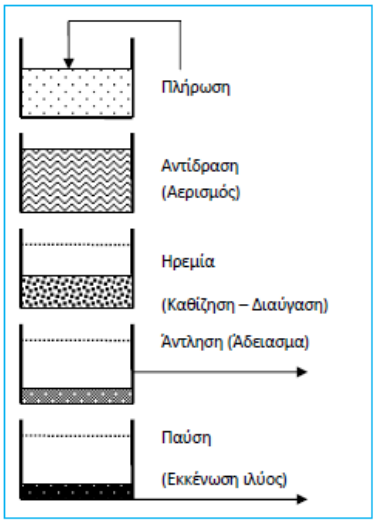
Η μέθοδος παρατεταμένου αερισμού επιτυγχάνει πολύ υψηλούς ρυθμούς απομάκρυνσης BOD_5, μεγαλύτερους από 95%, κι επίσης πλήρη νιτροποίηση του αζώτου. Η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης δεν περιλαμβάνεται στο σύστημα παρατεταμένου αερισμού.

3.4.2. Τα συστήματα SBR

Τα συστήματα SBR (Sequencing Batch Reactors ή Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας) χρησιμοποιούνται σαν παραλλαγή της μεθόδου της ενεργού ιλύος για την επεξεργασία αστικών λυμάτων αλλά και βιομηχανικών αποβλήτων. Είναι κατάλληλα κυρίως για εφαρμογές επεξεργασίας λυμάτων που χαρακτηρίζονται από χαμηλή ή διακεκομμένη ροή. Σε ένα τέτοιο σύστημα τα υγρά απόβλητα εισάγονται σε έναν μόνο αντιδραστήρα, επεξεργάζονται ώστε να απαλλαχθούν από τις ανεπιθύμητες ουσίες και εκρέουν. Εξισορρόπηση, αερισμός και καθίζηση μπορούν να επιτευχθούν σε ένα και μόνο αντιδραστήρα.

Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν 2 ή περισσότεροι αντιδραστήρες σε μια προκαθορισμένη αλληλουχία λειτουργιών. Πρόκειται για ένα σύστημα ενεργού ιλύος το οποίο λειτουργεί σε διαφορετικούς χρόνους και όχι σε διαφορετικούς χώρους, δηλαδή οι φάσεις της επεξεργασίας διαχωρίζονται χρονικά και όχι χωρικά. Η διαφορά μεταξύ των δύο τεχνολογιών είναι ότι οι αντιδραστήρες SBR εκτελούν εξισορρόπηση, βιολογική επεξεργασία και δευτεροβάθμια καθίζηση σε μια μόνο δεξαμενή με ελεγχόμενη χρονική αλληλουχία. Αφού ολοκληρωθεί η προεπεξεργασία των λυμάτων, αυτά εισέρχονται σε ένα μερικώς γεμάτο αντιδραστήρα, που περιέχει βιομάζα και έχει εγκλιματιστεί στα συστατικά των λυμάτων κατά τους προηγούμενους κύκλους. Μόλις ο αντιδραστήρας γεμίσει, συμπεριφέρεται όπως ένα συμβατικό σύστημα

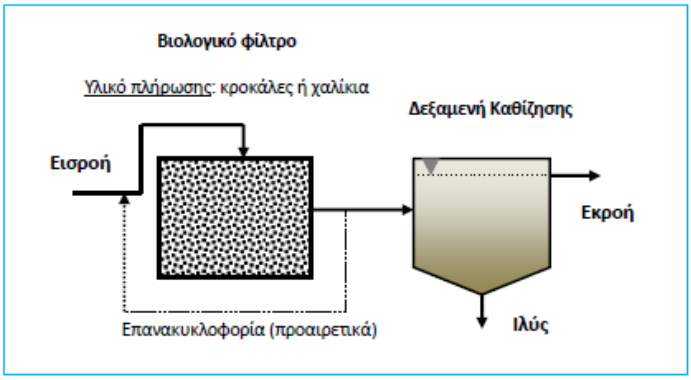
ενεργού ιλύος, αλλά χωρίς συνεχόμενη εισροή ή εκροή σταθερής παροχής λυμάτων. Ο αερισμός και η ανάμειξη διακόπτεται αφού οι βιολογικές αντιδράσεις ολοκληρωθούν, η βιομάζα καθιζάνει και το επεξεργασμένο υλικό από την επιφάνεια απομακρύνεται (σχήμα 7). Η περίσσεια της βιομάζας απομακρύνεται σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του κύκλου. Η συχνή απομάκρυνση έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση του δείκτη μάζας του υποστρώματος των εισρεόντων λυμάτων σε βιομάζα σχεδόν σταθερή από κύκλο σε κύκλο.



Σχήμα 7. Τα πέντε βήματα στη λειτουργία ενός συστήματος SBR

3.4.3. Τα χαλικοδιυλιστήρια

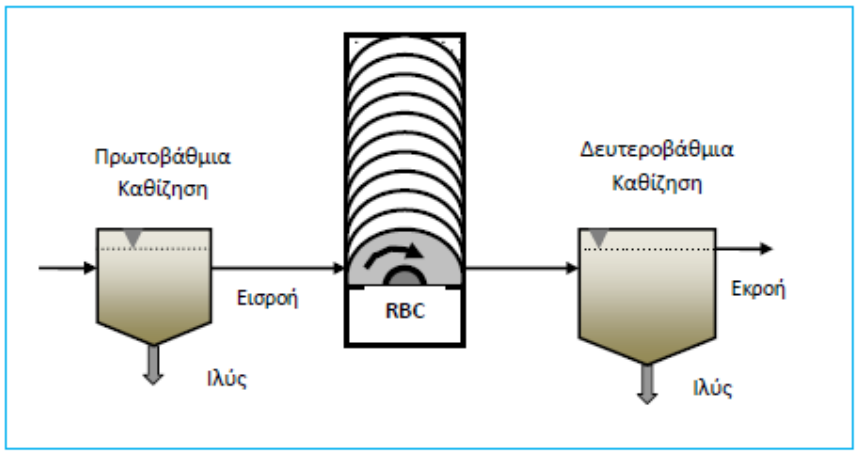
Τα **χαλικοδιυλιστήρια** (σχήμα 8) αποτελούν βιοαντιδραστήρες στα τοιχώματα των οποίων αναπτύσσεται με το χρόνο βιολογική μάζα η οποία περιβάλλει όλες τις ελεύθερες επιφάνειες και χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Είναι κατάλληλα διαμορφωμένες δεξαμενές μέσα στις οποίες τοποθετούνται τα χαλίκια. Οι βιολογικοί υμένες αναπτύσσονται πάνω στις στερεές επιφάνειες των υλικών πλήρωσης (χαλίκια). Τα κενά μεταξύ των χαλικιών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα προκειμένου να μην φράσσονται εύκολα από τη βιομάζα που αναπτύσσεται στις επιφάνειές τους. Συνεπώς η διάμετρος των χαλικιών δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ μεγάλη γιατί έτσι ελαττώνεται η επιφάνεια των στερεών, αλλά ούτε και πολύ μικρή γιατί έτσι ελαττώνεται ο όγκος των κενών χώρων.



Σχήμα 8. Βιολογικό φίλτρο με χαλίκια (Χαλικοδιυλιστήριο)

3.4.4. Τα δισκοδιυλιστήρια

Οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (Rotating Biological Contactors RBC) (σχήμα 9) ή **δισκοδιυλιστήρια** λειτουργούν με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας και αποτελούνται από μια ημικυλινδρική σκάφη κατά μήκος της οποίας υπάρχει ένας περιστρεφόμενος άξονας στον οποίο είναι στερεωμένοι κυκλικοί δίσκοι σε κατάλληλη μεταξύ τους απόσταση. Οι δίσκοι είναι ημιβυθισμένοι στη σκάφη εντός της οποίας εισέρχονται τα λύματα.



Σχήμα 9. Σχηματική διάταξη δισκοδιυλιστηρίου

3.5. Απομάκρυνση θρεπτικών αλάτων

Το άζωτο και ο φώσφορος είναι δυο πολύ σημαντικά στοιχεία με ιδιαίτερη σημασία στην επεξεργασία των λυμάτων. Τα θρεπτικά άλατα, δηλαδή οι αζωτούχες και οι φωσφορικές ενώσεις που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, αποτελούν απαραίτητα συστατικά για την επιβίωση των βακτηρίων στους βιοαντιδραστήρες, πρέπει όμως οπωσδήποτε να απομακρυνθούν ώστε να

μην δημιουργήσουν προβλήματα αποξυγόνωσης και ευτροφισμού στον τελικό αποδέκτη.

3.5.1. Απομάκρυνση αζώτου

Η απομάκρυνση του αζώτου, όταν απαιτείται για λόγους προστασίας του τελικού αποδέκτη επιτυγχάνεται με βιολογική διεργασία είτε μέσα στη δεξαμενή αερισμού με την κατάλληλη δημιουργία ανοξικών ζωνών είτε σε χωριστή ανοξική δεξαμενή που τοποθετείται πριν τη δεξαμενή αερισμού και στην οποία οδηγούνται τα λύματα μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση καθώς και η ανακυκλοφορία της ιλύος.

3.5.2. Απομάκρυνση φωσφόρου

Η απομάκρυνση του φωσφόρου επιτυγχάνεται είτε με την προσθήκη θειικού αργιλίου στην πρωτοβάθμια ή δευτεροβάθμια δεξαμενή καθίζησης οπότε ο φωσφόρος κατακρημνίζεται με τη μορφή αδιάλυτου άλατος είτε με βιολογικές μεθόδους. Στη δεύτερη περίπτωση κατασκευάζεται αναερόβια δεξαμενή πριν από τη δεξαμενή αερισμού και την τυχόν ανοξική δεξαμενή στην οποία οδηγούνται τα λύματα και η επανακυκλοφορία της ιλύος.

3.6. Τριτοβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Είναι προφανές ότι στα λύματα είναι δυνατόν να υπάρχουν και ουσίες οι οποίες προέρχονται από τη βιομηχανία και τη βιοτεχνία και οι οποίες δεν κατακρατούνται στις κοινές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Επίσης οι προδιαγραφές για τη διάθεση κατεργασμένων λυμάτων σε αποδέκτες τα νερά των οποίων χρησιμοποιούνται για την ύδρευση οικισμών, είναι πολύ αυστηρές. Στις περιπτώσεις αυτές επιβάλλεται η χρήση μεθόδων προχωρημένου καθαρισμού, δηλαδή συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2003)

Η τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία έπεται της δευτεροβάθμιας και αποσκοπεί στην περαιτέρω αφαίρεση στερεών, οργανικού φορτίου, χρώματος, αμμωνιακών, νιτρικών, φωσφορικών και άλλων ρυπαντών όπως τα βαριά μέταλλα, το αρσενικό (As), οι τοξικές οργανικές ενώσεις, τα θειούχα (S_2-), τα κυανιούχα (CN-) κ.λ.π.

3.6.1. Διήθηση

Η διήθηση περιλαμβάνει πολλές παραλλαγές όπως η διήθηση χώρου, η διήθηση επιφάνειας κ.λ.π. που βασίζονται στη διήθηση του νερού, με

βαρύτητα ή υπό πίεση, με διάφορους συνδυασμούς διηθητικών μέσων όπως η άμμος, ο ανθρακίτης και διάφορες συνθετικές ίνες και μεμβράνες. Η διήθηση σε πολλαπλή κλίνη αποτελεί την πιο διαδεδομένη διάταξη προχωρημένης επεξεργασίας και των υγρών απόβλητων και αποσκοπεί κυρίως στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία διαφεύγουν από τις δεξαμενές καθίζησης. Οι συνήθεις διατάξεις βασίζονται στη διήθηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, με βαρύτητα ή υπό πίεση, σε κλίνες αποτελούμενες από αλλεπάλληλα στρώματα άμμου και ανθρακίτη.

3.6.2. Μεμβράνες

Η εφαρμογή των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία πολλά υποσχόμενη, που κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων διεργασιών. Οι μεμβράνες κατασκευάζονται συνήθως από οξική κυτταρίνη (rayon) ή από ιδιοσκευάσματα πολυμερών όπως τα πολυαμίδια.

Βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης μεμβρανών κατά την τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι ο μεγάλος βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου και διαλυτών αλάτων

3.6.3. Αντίστροφη ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια μέθοδος αντιστροφής της φυσικοχημικής διεργασίας που καλείται ώσμωση. Είναι μια διεργασία κατά την οποία μια μεμβράνη δρα σαν μοριακό φίλτρο που συγκρατεί τα διαλυμένα συστατικά ενός υδατικού διαλύματος. Η διεργασία αυτή χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό διαλυτών συστατικών του νερού. Ωθούσα δύναμη είναι η πίεση που εφαρμόζεται σε ένα υδατικό διάλυμα η οποία υπερβαίνει την ωσμωτική πίεση του διαλύματος έναντι μιας ημιπερατής μεμβράνης. Η δύναμη αυτή εξαναγκάζει τη διέλευση καθαρού νερού διαμέσου της ημιπερατής μεμβράνης και όχι των διαλυτών συστατικών του. Η κύρια εφαρμογή της αντίστροφης ώσμωσης είναι η αφαλάτωση του νερού.

3.6.4. Χημικές διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η **εξουδετέρωση** συνίσταται στην απομάκρυνση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας με κάποιο χημικό αντιδραστήριο το οποίο έχει αντίθετη σύσταση. Στοχεύει δηλαδή στη ρύθμιση του pH των υγρών αποβλήτων σε μια

περιοχή μεταξύ 6,5 και 8,5 η οποία απαιτείται είτε για την βελτιστοποίηση των συνθηκών της κυρίως χημικής ή βιολογικής επεξεργασίας είτε για τη διόρθωση του pH των κατεργασμένων λυμάτων πριν αυτά διατεθούν στο φυσικό περιβάλλον.

Η **χημική κατακρήμνιση** ή **ιζηματοποίηση** (precipitation) είναι ταυτόχρονα φυσική και χημική διεργασία που εφαρμόζεται στην επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για διεργασία αδιαλυτοποίησης ορισμένων ανεπιθύμητων συστατικών του νερού με σχηματισμό αδιάλυτων ενώσεων, λόγω αλλαγής της διαλυτότητάς τους. Επιτυγχάνεται με:

- μεταβολή του pH (αύξηση ή μείωση),
- προσθήκη κατάλληλων αντιδραστηρίων,
- αλλαγή του αριθμού οξείδωσης των στοιχείων που θα μετατραπούν σε ίζημα.

Πρωτεύοντα ρόλο στη διεργασία αυτή παίζει η ιονική ισχύς του νερού και η οξειδωτική βαθμίδα των περιεχομένων στοιχείων.

Η **κροκίδωση** (coagulation) - **συσσωμάτωση** (flocculation) είναι φυσικοχημική - ηλεκτροχημική διεργασία, η οποία αποσκοπεί στην περαιτέρω απομάκρυνση οργανικού φορτίου ως COD και εφαρμόζεται για την κατακρήμνιση των αιωρούμενων – κολλοειδών ρύπων, οι οποίοι στη συνέχεια η απομακρύνονται στις δεξαμενές καθίζησης.

Κροκίδωση ή θρόμβωση ονομάζεται το φαινόμενο της εξουδετέρωσης του ηλεκτρικού φορτίου των μικκυλίων κολλοειδούς διασποράς, με αποτέλεσμα τη συνένωση των αποσταθεροποιημένων κολλοειδών και τη δημιουργία μεγάλων σχηματισμών, δηλαδή κροκίδων. Ακολουθεί η συσσωμάτωση και καταβύθιση. Συσσωμάτωση είναι η διεργασία κατά την οποία τα κολλοειδή και λεπτομερή αιωρούμενα υλικά ενός υδατικού διαλύματος προετοιμάζονται με κατάλληλα μέσα για συνένωση.

Προσρόφηση είναι το φαινόμενο μεταφοράς μάζας από την υγρή φάση στην επιφάνεια ενός στερεού. Πρόκειται για διεργασία συσσώρευσης των συστατικών τα οποία βρίσκονται σε ένα διάλυμα πάνω σε μια κατάλληλη επιφάνεια. Η προσρόφηση των συστατικών στο προσροφητικό μέσο πραγματοποιείται δια μέσου των ηλεκτροστατικών δυνάμεων που έλκουν το προσροφούμενο συστατικό από το διάλυμα στη στερεά επιφάνεια του προσροφητικού. Οι δυνάμεις ή ο μηχανισμός με τον οποίο το προσροφούμενο συστατικό έλκεται στην επιφάνεια του προσροφητικού

υλικού, μπορεί να είναι φυσικές ή χημικές χωρίς σαφή προσδιορισμό μεταξύ των φυσικών και χημικών ηλεκτροστατικών δυνάμεων που αναπτύσσονται.

Τα σπουδαιότερα προσροφητικά μέσα είναι ο ενεργός άνθρακας, τα συνθετικά πολυμερή και κάποια προσροφητικά μέσα που βασίζονται στο πυρίτιο. Όλα αυτά εφαρμόζονται για την απομάκρυνση οργανικών ενώσεων και ιχνοστοιχείων. Ο κονιορτοποιημένος ενεργός άνθρακας έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε ταμιευτήρες νερού και σε δεξαμενές καθίζησης, όπου ενεργεί τόσο σαν προσροφητικό μέσο των στοιχείων που προκαλούν οσμές.

Η **ιοντοεναλλαγή** είναι μια φυσικοχημική διεργασία με την οποία επιτυγχάνεται μεταφορά ιόντων από ένα αδιάλυτο στερεό σε μια υγρή φάση και αντίστροφα. Πιο απλά, ιόντα ενός είδους που βρίσκονται σε ένα αδιάλυτο μέσο ανταλλαγής αντικαθίστανται από ιόντα διαφορετικού είδους που βρίσκονται στο διάλυμα. Το αδιάλυτο στερεό διαθέτει ευκίνητα ανιόντα ή κατιόντα ικανά για αντιστρεπτή και στοιχειομετρική εναλλαγή με ιόντα ίδιου φορτίου από το διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη με το οποίο έρχεται σε επαφή. Η διεργασία αυτή βασίζεται στην ικανότητα κάποιων υλικών - ορυκτών (ζεόλιθοι) ή συνθετικών (ρητίνες) - να δεσμεύουν εκλεκτικά διάφορα ιόντα. Μέσα από μια υψίκορμη κυλινδρική δεξαμενή που περιέχει τον ιοντοεναλλάκτη, διέρχεται το νερό και ο ιοντοεναλλάκτης δεσμεύει τα προς απομάκρυνση ιόντα. Ένα ιόν ανταλλάσσεται με κάποιο άλλο, κρατείται προσωρινά στο μέσο και κατόπιν απελευθερώνεται στο διάλυμα αναγέννησης. Μετά από πολλές χρήσεις ο ιοντοεναλλάκτης (η ρητίνη) αναγεννιέται για να επαναχρησιμοποιηθεί.

3.7. Απολύμανση υγρών αποβλήτων

Η απολύμανση των υγρών αποβλήτων έχει ως στόχο την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών ώστε να προστατευτεί η δημόσια υγεία. Όλες οι μέθοδοι απολύμανσης στοχεύουν στην καταστροφή των βακτηρίων, των ιών και των λοιπών μικροοργανισμών που πιθανό να είναι φορείς ασθενειών, ή μπορούν να εξελιχθούν σε τέτοιους. (Ανδρεαδάκης & Μαμάης, Απολύμανση Λυμάτων, 2005)

Το απολυμαντικό μέσο πρέπει να είναι δραστικό σε όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών που παρουσιάζονται ή αναμένεται να παρουσιασθούν στο σύστημα, να συμφέρει οικονομικά η εφαρμογή του, να μην δημιουργεί παρενέργειες στο σύστημα και να μη διευκολύνει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων ειδών, να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το προσωπικό και το περιβάλλον.

3.7.1. Χλωρίωση

Το χλώριο (Cl_2) είναι ουσία τοξική για τον άνθρωπο και τα ζώα, σε χαμηλές όμως συγκεντρώσεις οι οποίες απαιτούνται για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών είναι αβλαβές.

Όταν το αέριο χλώριο αναμιγνύεται με το νερό σχηματίζεται υποχλωριώδες οξύ (HOCl) . Έχει διαπιστωθεί ότι το υποχλωριώδες οξύ είναι 80-100% πιο αποτελεσματικό απ' ότι τα υποχλωριώδη ιόντα.

Εάν για την απολύμανση χρησιμοποιηθεί χλωριώδες νάτριο ($NaOCl_2$) και αέριο χλώριο δημιουργείται διοξείδιο του χλωρίου το οποίο είναι το βακτηριοκτόνο μέσο.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος απολύμανσης των υγρών αποβλήτων είναι η χλωρίωση (με αέριο χλώριο ή με διοξείδιο του χλωρίου ή με υποχλωριώδες νάτριο) και η πιο σημαντική παράμετρος κατά τη χλωρίωση είναι ο χρόνος επαφής των αποβλήτων με το χλώριο.

Το πρόβλημα με τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών μέσων απολύμανσης όπως το χλώριο και οι διάφορες ενώσεις του είναι η παραγωγή ανεπιθύμητων παραπροϊόντων απολύμανσης, σπουδαιότερα από τα οποία είναι τα τριαλογονομεθάνια (trihalomethanes THM) και τα αλογονοοξικά οξέα (Halo Acetic Acids HAA). Τα παραπροϊόντα απολύμανσης έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία όπως χρωμοσωμικές διαταραχές, ανωμαλίες και καρκινογενέσεις. Γι αυτούς τους λόγους γίνονται προσπάθειες αντικατάστασης του χλωρίου με άλλα υλικά απολύμανσης. Έτσι σε πολλές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων εφαρμόζεται αποχλωρίωση των χλωριωμένων εκροών η οποία συνήθως επιτυγχάνεται με τη χρήση διοξειδίου του θείου (SO_2) ή του όξινου θειώδους νατρίου ($NaHSO_3$).

3.7.2. Οζόνωση

Το όζον (O_3) χρησιμοποιείται κυρίως για την απολύμανση του πόσιμου νερού. Όμως η υψηλή οξειδωτική του ικανότητα το καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικό για την αποικοδόμηση σύνθετων οργανικών ουσιών που παραμένουν στα υγρά απόβλητα μετά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Το όζον είναι χημικά ασταθές αέριο και διασπάται πολύ γρήγορα μετά την παραγωγή του. Γι αυτό παράγεται επί τόπου από υγρό οξυγόνο με τη μέθοδο των ηλεκτρικών εκκενώσεων. Η κατανάλωση ενέργειας είναι αρκετά μεγάλη.

Η αποτελεσματικότητα του όζοντος στη διάσπαση των υπολειμματικών οργανικών ουσιών εξαρτάται από τη δόση, το pH των αποβλήτων και την συγκέντρωση του οργανικού φορτίου. Το βασικό μειονέκτημα της χρήσης όζοντος είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων παραγωγής του και το υψηλό κόστος λειτουργίας τους. Η οζόνωση ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα δεν πρέπει να περιέχουν παραπροϊόντα χλωρίωσης και όταν απαιτείται μετά από τη χλωρίωση και ένα ακόλουθο στάδιο αποχλωρίωσης.

3.7.3. Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία

Η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) για την καταστροφή των μικροοργανισμών που περιέχονται στα υγρά απόβλητα οφείλεται στην απορρόφηση της ακτινοβολίας από το γενετικό υλικό (DNA) των κυττάρων. Η μέγιστη καταστροφική ικανότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτυγχάνεται στην περιοχή του UVC, σε μήκος κύματος 255 - 265 nm, όπου αναφέρεται η μέγιστη απορρόφησή της από τα νουκλεϊνικά οξέα των μικροοργανισμών. Μέτρο της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία αποτελεί η ποσότητα, δηλαδή η δόση της ενέργειας που απορροφάται από το μικροοργανισμό. Η ποσότητα αυτή είναι το γινόμενο του ρυθμού με τον οποίο η ενέργεια, δηλαδή η ένταση, παρέχεται επί τον χρόνο κατά τον οποίο ο μικροοργανισμός εκτίθεται σε αυτή. Παρ' όλα αυτά, αύξηση της δόσης οδηγεί συχνά σε μειωμένη απολυμαντική δράση, γεγονός που οφείλεται στην προσρόφηση των βακτηρίων στα αιωρούμενα σωματίδια.

3.8. Διαχείριση της ιλύος

Κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων παράγονται ταυτόχρονα και ορισμένα παραπροϊόντα.. Από τα παραπροϊόντα αυτά, το σημαντικότερο σε όγκο και δυσκολότερο σε χειρισμό και διάθεση είναι η ιλύς.

Λόγω του όγκου και των συστατικών της δημιουργεί δυσεπίλυτα προβλήματα τελικής διάθεσης και για το λόγο αυτό οι εφαρμοζόμενες διαδικασίες επεξεργασίας ιλύος όπως η συμπύκνωση, η βελτίωση και αφυδάτωση αποβλέπουν στην απομάκρυνση μέρους του νερού και μείωση του όγκου ενώ η χώνευση και καύση αποβλέπουν στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών. (Τσώνης, 2004)

Η ιλύς, όπως αποβάλλεται από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό και παθογόνους

μικροοργανισμούς. Η ακατέργαστη ιλύς η οποία περιέχει 70 % οργανικά συστατικά και 30 % ανόργανα συστατικά υποβάλλεται σε ιδιαίτερες επεξεργασίες, έτσι ώστε να αποκτήσει την κατάλληλη ποιότητα για τελική διάθεση, χωρίς να προκαλεί περαιτέρω προβλήματα ρύπανσης. Οι κύριοι στόχοι της επεξεργασίας συνίστανται στη μείωση του όγκου της, στην αφυδάτωση και στην αδρανοποίηση των οργανικών ουσιών που περιέχει.

3.8.1. Πάχυνση ιλύος

Η πάχυνση είναι διαδικασία που χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η περιεκτικότητα στερεών στην ιλύ με την απομάκρυνση κάποιας ποσότητας υγρού κλάσματος. Εάν για παράδειγμα η ιλύς από τη δευτεροβάθμια καθίζηση η οποία έχει περιεκτικότητα στερεών 0,7 - 0,8 %, μπορεί με πάχυνση να αποκτήσει περιεκτικότητα στερεών 4,0 %, επιτυγχάνεται πενταπλάσια μείωση του όγκου της ιλύος. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται απομάκρυνση των περιεχομένων υγρών, βελτίωση των χαρακτηριστικών της ιλύος και έτσι οι μετέπειτα διεργασίες καθίστανται πιο αποτελεσματικές. Η πάχυνση επιτυγχάνεται με φυσικούς τρόπους όπως με συνδυασμένη καθίζηση, με βαρύτητα, με επίπλευση, με φυγοκέντριση, με ταινίες βαρύτητας και με περιστρεφόμενα τύμπανα. Στην εικόνα 4 απεικονίζεται ο παχυντής βαρύτητας.

Εικόνα 4. Παχυντής βαρύτητας

3.8.2. Σταθεροποίηση ιλύος

Η ιλύς περιέχει πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες, πολλαπλασιάζονται με γρήγορους ρυθμούς. Το αποτέλεσμα είναι η σήψη της ιλύος και η απελευθέρωση δυσάρεστων οσμών στο περιβάλλον. Για να αποτραπούν τα παραπάνω η ιλύς πρέπει να σταθεροποιηθεί.

Η σταθεροποίηση σχετίζεται με τη μείωση των πτητικών ουσιών της ιλύος και μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη χημικών (συνήθως ασβέστη) ώστε να μετατραπεί σε ακατάλληλο υλικό (υπόστρωμα) για την επιβίωση των μικροοργανισμών. Η σταθεροποίηση με ασβέστη ονομάζεται αλκαλική σταθεροποίηση και συνίσταται στην προσθήκη υδρασβέστου ($Ca(OH)_2$) με σκοπό να διατηρηθεί υψηλά το επίπεδο του pH και να επηρεαστεί η βιωσιμότητα των παθογόνων μικροοργανισμών στο αντίξοο αυτό περιβάλλον. Όταν προστεθούν στην ιλύ επαρκείς ποσότητες υδρασβέστου το pH ανεβαίνει στο 12 και έτσι δημιουργείται ένα περιβάλλον πολύ εχθρικό για όλους τους μικροοργανισμούς. Η ιλύς δεν υφίσταται σήψη, δεν παράγονται οσμές και δεν απειλείται η δημόσια υγεία.

3.8.3. Αερόβια χώνευση

Η αερόβια σταθεροποίηση (αερόβια χώνευση) είναι η βιολογική μετατροπή της οργανικής ύλης της ιλύος, παρουσία οξυγόνου για τη διάσπαση των οργανικών ουσιών, που γίνεται συνήθως σε ανοιχτές δεξαμενές. Κατά την αερόβια σταθεροποίηση πραγματοποιείται ανάδευση και αερισμός της ιλύος για 15 - 20 περίπου ημέρες οπότε αποικοδομείται το 40 – 60 % των πτητικών στερεών και παράγεται σχετικά σταθεροποιημένη ιλύς. Η αδρανοποίηση της ιλύος μπορεί να γίνει και στις ίδιες δεξαμενές που γίνεται η βιολογική αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων. Για το λόγο αυτό επιλέγεται ιδιαίτερα μικρή οργανική φόρτιση των δεξαμενών. Μπορεί όμως να γίνει και σε ξεχωριστές δεξαμενές. Σε κάθε περίπτωση οι δεξαμενές αερόβιας αδρανοποίησης της ιλύος λειτουργούν όπως και οι δεξαμενές αερισμού των λυμάτων. Τα τελικά προϊόντα της αερόβιας χώνευσης είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό και μη βιοδιασπώμενες οργανικές ύλες.

Η αερόβια χώνευση έχει το πλεονέκτημα του μειωμένου αρχικού κόστους κατασκευής και τον απλούστερο τρόπο λειτουργίας, ενώ τα μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος λειτουργίας για την παροχή οξυγόνου και η μη παραγωγή βιοαερίου.

Η κομποστοποίηση είναι βιολογική μετατροπή των στερεών της οργανικής ύλης σε ένα σταθερό τελικό προϊόν είτε σε κλειστούς αντιδραστήρες είτε σε σειράδια είτε σε σωρούς. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος κομποστοποίησης είναι η αερόβια κομποστοποίηση, η οποία επιταχύνει την αποσύνθεση των υλικών και έχει ως αποτέλεσμα την υψηλότερη αύξηση της θερμοκρασίας

που είναι απαραίτητη για την καταστροφή των παθογόνων. Το προϊόν της σωστής κομποστοποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία ή σε κηπουρικές εφαρμογές.

3.8.4. Αναερόβια χώνευση

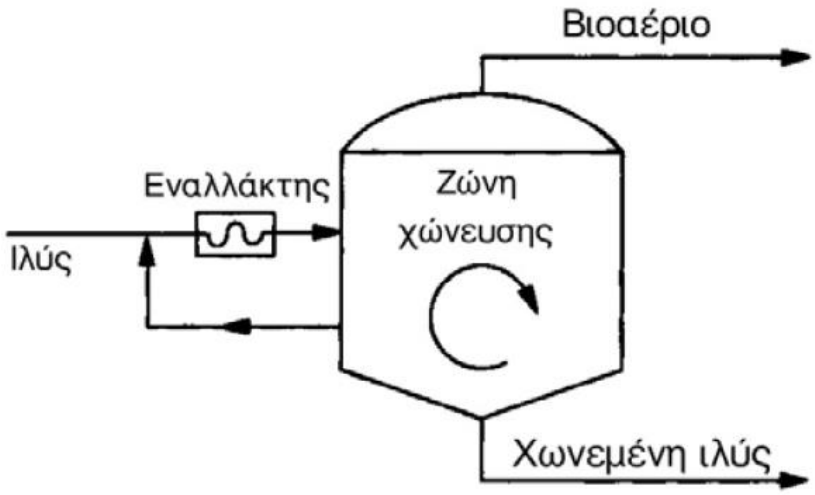
Η αναερόβια σταθεροποίηση (ή αναερόβια χώνευση ή αναερόβια ζύμωση) είναι η μια βιοχημική διαδικασία πολλαπλών διαδοχικών ζυμώσεων που εκτελούνται από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς εντός ειδικά κατασκευασμένων κλειστών δεξαμενών (θερμαινόμενοι αντιδραστήρες) ώστε να εξασφαλίζονται αναερόβιες συνθήκες. βιολογική μετατροπή της οργανικής ύλης της ιλύος, με ζύμωση μέσα σε χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Η ανάμιξη του περιεχομένου του αντιδραστήρα είναι συνεχής και υπάρχει συνεχής έλεγχος της θερμοκρασίας, του pH, και των αιωρούμενων στερεών. Ο χρόνος παραμονής κυμαίνεται από 15 έως 25 μέρες. Το ποσοστό των εξαερώσιμων στερεών που καταστρέφεται είναι περίπου 50%. Οι δεξαμενές είναι κυλινδρικές ή ωοειδείς με σιλό συλλογής της ιλύος στον πυθμένα.

Στην αναερόβια χώνευση η αποσύνθεση των οργανικών υλών συντελείται σε 2 βασικές φάσεις μεταβολισμού: (1) μετατροπή σε οργανικά οξέα και (2) παραγωγή μεθανίου.

Στην πρώτη φάση, επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμοί μετατρέπουν τις πολύπλοκες οργανικές ενώσεις σε απλά οργανικά οξέα και αλκοόλες. Στη δεύτερη φάση, αυστηρά αναερόβιοι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τα οργανικά οξέα και τις αλκοόλες σε μεθάνιο, 65-70%, διοξείδιο του άνθρακα, 25-30%, και νερό. Σε ένα αναερόβιο χωνευτή που λειτουργεί κανονικά οι 2 φάσεις αποσύνθεσης βρίσκονται σε μια δυναμική ισορροπία, δηλαδή η ταχύτητα παραγωγής μεθανίου είναι ίση με την ταχύτητα σχηματισμού των οργανικών οξέων με αποτέλεσμα η συγκέντρωση των οργανικών οξέων στο χωνευτή να διατηρείται χαμηλή. Οι μικροοργανισμοί παραγωγής μεθανίου έχουν ρυθμό ανάπτυξης πολύ μικρό σε σχέση με τους μικροοργανισμούς παραγωγής οργανικών οξέων και είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε μεταβολές του pH, του οργανικού φορτίου της θερμοκρασίας και της παρουσίας τοξικών.

Για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας 35 °C ο χωνευτής θερμαίνεται από εξωτερική πηγή με δίκτυο σωληνώσεων και θερμού νερού. Η ανάμιξη της ιλύος στο χωνευτή επιτυγχάνεται συνήθως με την επανακυκλοφορία του

παραγόμενου βιοαερίου (σχήμα 10). Η παραγωγή αερίου ανέρχεται σε 500 έως 600 l/kg αρχικών εξαερώσιμων στερεών.



Σχήμα 10. Διαδικασία χώνευσης

Η λειτουργία των δεξαμενών αναερόβιας χώνευσης (σταθεροποίησης) επιγραμματικά είναι η εξής:

- Κατά την διάρκεια του 24-ωρου το περιεχόμενο των δεξαμενών αναδεύεται για να συντελεστεί η ζύμωση.

- Μια ή δύο φορές την ημέρα η ανάδευση διακόπτεται προκειμένου να καθιζάνει η αδρανοποιημένη ιλύς και να γίνει ο διαχωρισμός της από τα επιπολάζοντα υγρά που καταλαμβάνουν το πάνω μέρος των δεξαμενών.

- Στη συνέχεια απομακρύνονται η αδρανοποιημένη ιλύς και τα επιπολάζοντα υγρά.

- Μετά γίνεται η πλήρωση της δεξαμενής με φρέσκια ιλύ και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

- Η ποσότητα της ιλύος που αφαιρείται κάθε φορά είναι ένα μικρό ποσοστό του όγκου των δεξαμενών ζύμωσης.

- Μ' αυτόν τον τρόπο ο μέσος χρόνος παραμονής της ιλύος στις δεξαμενές είναι πολλαπλάσιος των 24 ωρών.

- Τα επιπολάζοντα υγρά διοχετεύονται στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων προκειμένου να καθαριστούν μαζί με τα εισρέοντα στην εγκατάσταση ακατέργαστα λύματα.

Οι κρίσιμοι παράγοντες για την ομαλή και σωστή λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης (σταθεροποίησης) της ιλύος είναι:

- η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στο εσωτερικό της δεξαμενής (33 – 37 ^{o}C)
- η ισορροπία μεταξύ όξινης και αλκαλικής ζύμωσης, το pH πρέπει να είναι 7,0 - 7,5
- η συνεχής ανάδευση του περιεχομένου της δεξαμενής.

Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν έχει ενεργειακό κόστος, ενώ παράλληλα το παραγόμενο μεθάνιο μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος κατασκευής.

3.8.5. Αφυδάτωση ιλύος

Η ιλύς πριν και μετά την αδρανοποίησή της δεν αφυδατώνεται εύκολα. Ιδιαίτερα όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μέθοδος μηχανικής αφυδάτωσης καθίσταται αναγκαία μια προεπεξεργασία η οποία αποσκοπεί στη βελτίωση της ικανότητας αφυδάτωσής της. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται γι’ αυτό το σκοπό είναι η χημική και η θερμική, επεξεργασία με χρήση αντιδραστηρίων, δηλαδή θρομβωτικών υλικών.

Η αφυδάτωση της ιλύος επιτυγχάνει επιπλέον αφαίρεση υγρού, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η μεταφορά και η τελική διάθεσή της. Η αφυδάτωση είναι δυνατόν να γίνει είτε με φυσικές είτε με τεχνητές μεθόδους. Οι φυσικές μέθοδοι αφυδάτωσης βασίζονται στη βαρύτητα και την εξάτμιση και περιλαμβάνουν τις κλίνες ξήρανσης, την ηλιακή ακτινοβολία και τις χωμάτινες δεξαμενές ιλύος και οι τεχνητές μέθοδοι οι οποίες εκμεταλλεύονται δυνάμεις οι οποίες δημιουργούνται με τη βοήθεια μηχανημάτων, περιλαμβάνουν συνήθως τις ταινιοφιλτρόπρεσσες και τους φυγοκεντρικούς διαχωριστές. Πολλές φορές παρατηρείται ταυτόχρονη ύπαρξη και των δύο δυνατοτήτων, οπότε οι κλίνες χρησιμοποιούνται εφεδρικά, κυρίως για την αφυδάτωση της ενεργού, δηλαδή της μη σταθεροποιημένης ιλύος.

3.8.6. Θερμική επεξεργασία ιλύος (Ξήρανση και καύση)

Η ξήρανση της ιλύος αποτελεί προεπεξεργασία για την καύση ή πραγματοποιείται για την αντιμετώπιση της δυσοσμίας που αναδίνει η αφυδατωμένη μη αδρανοποιημένη ιλύς. Έχει αποδειχθεί ότι η καύση αποβαίνει οικονομική όταν έχει προηγηθεί η ξήρανση ώστε η περιεκτικότητα σε νερό να είναι μικρότερη του 10 %. Στην περίπτωση αυτή η θερμαντική ικανότητα της ιλύος είναι επαρκής για τη καύση της είτε πρόκειται για αδρανοποιηθείσα ιλύ είτε όχι. Στην αδρανοποιηθείσα ιλύ ένα μέρος της θερμαντικής ικανότητας έχει χαθεί κατά τη διαδικασία της αδρανοποίησης και έχει μετατραπεί σε μεθάνιο, το οποίο όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμη ύλη κατά τη καύση. Η ιλύς που δεν έχει αδρανοποιηθεί περιέχει πολλές οργανικές ουσίες και συνεπώς είναι δύσοσμη. Η δυσοσμία της ελαττώνεται όταν στερεοποιείται. Η ξήρανσή της λοιπόν είναι αναγκαία προκειμένου να είναι δυνατή η χρησιμοποίησή της στη γεωργία. Για την ξήρανση κυρίως χρησιμοποιούνται ξηραντήρες ξηρού τυμπάνου. Οι ξηραντήρες αυτού του τύπου είναι κυλινδρικά περιστρεφόμενα τύμπανα στα οποία η ιλύς εισέρχεται από το ένα άκρο. Από το άλλο άκρο εισέρχεται αέρας θερμοκρασίας 600 oC ο οποίος κατά τη διάρκεια της ξήρανσης ψύχεται στους 300 oC. Η ξήρανση γίνεται πιο αποτελεσματική όταν η περιεκτικότητα της ιλύος σε νερό είναι μικρότερη από 50 %. Για τον λόγο αυτό γίνεται ανάμιξη της προς ξήρανση ιλύος, η περιεκτικότητα σε νερό της οποίας είναι 70-80 %, με κατάλληλη ποσότητα ιλύος που ήδη έχει αποξηρανθεί. Η περιεκτικότητα του τελικού προϊόντος σε νερό είναι μικρότερη από 10 %.

3.8.7. Διάθεση – Αγροτική εκμετάλλευση ιλύος

Λόγω της σύνθεσής της και ιδίως λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς της σε οργανικό άνθρακα (C), άζωτο (N), φώσφορο (P), κάλιο (K) κ.λ.π. η ιλύς μπορεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, να υποκαταστήσει σε μεγάλο ποσοστό τη χρήση λιπασμάτων. Μπορεί δηλαδή να διοχετευθεί στους αγρούς σε υγρή ή σε ξηρή κονιορτοποιημένη κατάσταση. Στην πρώτη περίπτωση για τη μεταφορά και διάστρωσή της χρησιμοποιούνται βυτιοφόρα οχήματα ή κατασκευάζεται δίκτυο σωληνώσεων διανομής ιλύος στους αγρούς. Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούνται ειδικά οχήματα μεταφοράς και διάστρωσης του προϊόντος τα οποία πολλές φορές είναι ταυτόχρονα και ξηραντήρες. Βέβαια η λιπαντική της αξία σε σχέση με τα σύγχρονα λιπάσματα είναι περιορισμένη.

4. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

4.1. Εισαγωγή

Εκτός από τις διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3 υπάρχουν και άλλες οι οποίες στηρίζονται στο έδαφος και ονομάζονται φυσικά συστήματα επεξεργασίας. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς μηχανισμούς επεξεργασίας και επιτυγχάνουν ικανοποιητική ποιότητα εκροής και χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά συστήματα επεξεργασίας. (W.Crites, C.Reed, & Middlebrooks, 2006)

Ποικίλες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες συμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον με την αλληλεπίδραση του νερού, του εδάφους, της ατμόσφαιρας και των οργανισμών. Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων σχεδιάζονται έτσι ώστε να αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα αυτών των φυσικών διεργασιών. Οι διαδικασίες που εμπλέκονται στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι ίδιες με αυτές που συμβαίνουν στα μηχανικά ή συμβατικά συστήματα επεξεργασίας ή άλλες που είναι διαφορετικές, όπως είναι η φωτοσύνθεση. Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι οι εξής: (Παρανυχιάκης & Αγγελάκης, 2003)

- Εδαφικά συστήματα
- Συστήματα τεχνητών λιμνών
- Συστήματα τεχνητών υγροτόπων

4.2. Εδαφικά συστήματα

Τα εδαφικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων συνδυάζουν την επεξεργασία και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων και παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Χαρακτηρίζονται από απλότητα και συμβατότητα με το φυσικό περιβάλλον.
- Δεν απαιτούν πολύπλοκους κι ενεργοβόρους μηχανισμούς
- Έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.

- Είναι δυνατή η συμβολή τους στην αναβάθμιση του περιβάλλοντος και στη δημιουργία χώρων αναψυχής και είναι κοινωνικά αποδεκτά.

Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα για μικρούς οικισμούς. Συνιστάται στα εδαφικά συστήματα μια ελάχιστη προεπεξεργασία, όπως η πρωτοβάθμια καθίζηση, με σκοπό την απομάκρυνση των στερεών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα στα δίκτυα διανομής ή να δημιουργήσουν ενοχλητικές συνθήκες στο περιβάλλον. Έπειτα επιτυγχάνεται η περαιτέρω επεξεργασία των λυμάτων μέσω φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν στο έδαφος και στους βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Τα εδαφικά συστήματα διακρίνονται συστήματα που αναλύονται στη συνέχεια.

4.2.1. Συστήματα υποεπιφανειακής διάθεσης

Η απορροφητική τάφρος αποτελεί την συνηθέστερη μονάδα υπεδάφιας διάθεσης αστικών λυμάτων και μπορεί να θεωρηθεί ως μέθοδος δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων πριν τη διάθεσή τους στον υδροφόρο ορίζοντα και χρησιμοποιείται για μεμονωμένες κατοικίες.

Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από σειρές μικρών τάφρων και περιέχουν πορώδες μέσο προκειμένου να διατηρείται η δομή των τάφρων στο χώρο διάθεσης και να επιτυγχάνεται η επεξεργασία των λυμάτων. Επίσης το μέσο αυτό διανέμει τις εκροές στις εδαφικές επιφάνειες φίλτρανσης κι επιτυγχάνεται προσωρινή αποθήκευση σε περίπτωση μη πλήρωσης του μέσου με υγρά κατά τη διάρκεια παροχών αιχμής.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των λυμάτων διέρχεται από το έδαφος και κατευθύνεται προς τα κάτω καταλήγοντας έτσι στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό των λυμάτων χρησιμοποιείται από τα φυτά μέσω των ριζών ή εξαφανίζεται.

4.2.2. Συστήματα βραδείας διήθησης ή εφαρμογής

Η βραδεία εφαρμογή είναι ο επικρατέστερος τύπος φυσικού συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και η εφαρμογή του είναι δυνατή σε συγκροτήματα κατοικιών αλλά και σε μικρούς οικισμούς με αντίστοιχο σχεδιασμό κι εφόσον υπάρχει επάρκεια γης. Περιλαμβάνει την ελεγχόμενη εφαρμογή των επεξεργασμένων λυμάτων σε έδαφος με φυτική βλάστηση, με

σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία τους και την ταυτόχρονη ικανοποίηση των αναγκών της φυτικής βλάστησης.

Η εφαρμογή των λυμάτων στο έδαφος γίνεται με επιφανειακές μεθόδους, όπως είναι οι λεκάνες ή αύλακες, ή με καταιονισμό, που αποτελεί την συνηθέστερη μέθοδο εφαρμογής. Συνήθως τα λύματα κατευθύνονται στον υπόγειο υδροφορέα κι επίσης είναι δυνατή η κατάληξή τους σε επιφανειακά νερά και η ανάκτησή τους με στραγγιστικά ή φρεατικά έργα.

Αυτά τα συστήματα σε αγροτικές περιοχές μπορούν να συμβάλλουν στη συστηματική επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, γεγονός που επηρεάζει αποφασιστικά την προστασία κι εξοικονόμηση υδατικών πόρων στις αντίστοιχες περιοχές. Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η αναβάθμιση του περιβάλλοντος με τη δημιουργία χώρων πρασίνου.

Βασικό ρόλο στην απόδοση του συστήματος παίζει η σωστή επιλογή της θέσης, σε συνδυασμό με την καταλληλότητα του εδάφους , η οποία εξαρτάται από την υδραυλική αγωγιμότητα. Επιπλέον, τα συστήματα βραδείας εφαρμογής πρέπει να εγκαθίστανται σε θέσεις με επαρκές βάθος εδάφους μέχρι τον υδροφόρο ορίζοντα ή την αδιαπέραστη στρώση του που θα επιτρέπει την πλήρη επεξεργασία των λυμάτων με ταυτόχρονη συγκράτηση των συστατικών του για ανάπτυξη της βλάστησης. Επίσης, η θέση που θα επιλεχθεί δεν πρέπει να υπόκειται σε πλημμύρες και η πρόσβαση του κοινού να είναι περιορισμένη. (Τσομπάνογλου & Αγγελάκης, 1995)

Η βραδεία εφαρμογή των λυμάτων σε συνδυασμό με τη φυτική βλάστηση και την ενδογενή ικανότητα του εδαφικού οικοσυστήματος καθιστούν τα συστήματα αυτά ιδιαίτερα αποδοτικά ως προς το βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων.

4.2.3. Συστήματα ταχείας διήθησης σε λεκάνες κατάκλισης

Η ταχεία διήθηση είναι η ελεγχόμενη διάθεση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων σε αβαθείς λεκάνες κατάκλισης που έχουν δημιουργηθεί σε εδάφη μέσης και υψηλής διαπερατότητας. Τα λύματα κατευθύνονται και διηθούνται μέσα στο εδαφικό στρώμα όπου αποικοδομούνται με τη βοήθεια βακτηριδίων του εδάφους. Αν και οι βιολογικές και φυσικοχημικές διεργασίες επεξεργασίας των λυμάτων είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες της βραδείας εφαρμογής, στην ταχεία διήθηση το υδραυλικό φορτίο είναι

μεγαλύτερο και δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη φυτικών ειδών. Επίσης, το ποσοστό των λυμάτων που καταλήγει στον υπόγειο υδροφορέα είναι πολύ μεγαλύτερο.

Οι υψηλές φορτίσεις που επιβάλλονται στα συστήματα αυτά και η μεγάλη διαπερατότητα του εδάφους καθιστούν απαραίτητη την καλή γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής ώστε να αποφευχθεί τυχόν μόλυνση των υπόγειων νερών. Το σύστημα ταχείας διήθησης δέχεται πολύ μεγαλύτερο όγκο από τη βραδεία εφαρμογή και απαιτεί μικρότερη έκταση, ενώ χρησιμοποιείται για δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων.

Η λειτουργία του συστήματος περιλαμβάνει την περιοδική εναλλαγή περιόδων εφαρμογής των λυμάτων στο έδαφος και ξήρανσης. Η διάρκεια κάθε σταδίου εξαρτάται από το υδραυλικό φορτίο εφαρμογής και από το επιθυμητό επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων. Κατά την περίοδο ξήρανσης, τα λύματα διηθούνται στο έδαφος υπό αερόβιες συνθήκες και συντελούνται οι βιολογικές διεργασίες διάσπασης του οργανικού φορτίου. Η περίοδος ξήρανσης είναι συνήθως διπλάσια της περιόδου εφαρμογής.

Η εφαρμογή της ταχείας διήθησης χρησιμοποιείται όχι μόνο στη συμπληρωματική επεξεργασία των λυμάτων αλλά και στον εμπλουτισμό υδρόγειων υδροφορέων, στην ανάκτηση νερού για άλλες χρήσεις, στην προσωρινή αποθήκευση νερού και στην ενίσχυση επιφανειακών πηγών νερού.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της θέσης ενός συστήματος ταχείας διήθησης είναι η τοπογραφία, το βάθος του εδάφους μέχρι τον υδροφόρο ορίζοντα και τα χαρακτηριστικά του τελευταίου σε συνδυασμό με αυτά των γεωλογικών σχηματισμών. Κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά με βάθος μεγαλύτερο των 3 μέτρων αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μικρότερα βάθη με κατασκευή κατάλληλου συστήματος υποστράγγισης. (Παρανυχιάκης & Αγγελάκης, 2003)

4.3. Συστήματα τεχνητών λιμνών

Οι τεχνητές λίμνες ταξινομούνται στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και αποτελούν μια ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ. Χρησιμοποιούνται για δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων και αποτελούν απλή τεχνολογία με σχετικά υψηλές αποδόσεις απομάκρυνσης ρύπων και χαμηλό κόστος συντήρησης. Το βασικό

μειονέκτημά τους είναι ότι απαιτούν μεγάλες εκτάσεις σε σχέση με άλλα συστήματα επεξεργασίας για αυτό είναι κατάλληλες για αγροτικές περιοχές που έχουν χαμηλό κόστος γης.

Οι τεχνητές λίμνες ταξινομούνται στις παρακάτω 4 κατηγορίες με βάση τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτές και τις βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα. (Τσομπάνογλου & Αγγελάκης, 1995)

4.3.1. Επαμφοτερίζουσες λίμνες

Είναι ο συνηθέστερος τύπος τεχνητών λιμνών με βάθος από 1,5 έως 2,5 μέτρα και χρόνο παραμονής από 25 έως 180 ημέρες. Η επιφανειακή στρώση είναι αερόβια, ενώ επικρατούν αναερόβιες συνθήκες στη στρώση που βρίσκεται σε επαφή με τον πυθμένα. Ο εφοδιασμός της λίμνης με οξυγόνο γίνεται με επιφανειακό αερισμό και φωτοσυνθετικά άλγη. Η παρουσία ανέμου ευνοεί την κάθετη ανάμιξη των λυμάτων και την ομοιόμορφη κατανομή του οργανικού φορτίου, του διαλυμένου οξυγόνου και του στρώματος αλγών. Στον πυθμένα της λίμνης επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, αναερόβια σταθεροποίηση του οργανικού φορτίου και συσσώρευση λάσπης και καθιζήσιμων στερεών. Το κύριο πρόβλημα στις επαμφοτερίζουσες λίμνες είναι τα παραγόμενα άλγη και η υψηλή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην εκροή.

4.3.2. Αεριζόμενες λίμνες

Το απαραίτητο οξυγόνο στις αεριζόμενες λίμνες παρέχεται με μηχανικό αερισμό του συστήματος από επιφανειακούς αεριστήρες κοντά στον πυθμένα της λίμνης. Τα στερεά που καθιζάνουν στον πυθμένα υφίστανται αναερόβια διάσπαση. Οι αεριζόμενες λίμνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα και πλεονεκτούν σε σχέση με τις επαμφοτερίζουσες λίμνες καθώς έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε γη και μικρότερους χρόνους παραμονής των λυμάτων. Το μειονέκτημά τους είναι η κατανάλωση ενέργειας για τον αερισμό, για αυτό πρέπει πρώτα να γίνει μια ανάλυση κόστους για να επιλεγούν έναντι των επαμφοτεριζουσών λιμνών.

4.3.3. Αερόβιες λίμνες

Στις αερόβιες λίμνες η διατήρηση αερόβιων συνθηκών επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο και κυρίως μέσω της φωτοσυνθετικής ικανότητας των αλγών. Είναι παρόμοιες με τις επαμφοτερίζουσες λίμνες, μόνο που το μικρό τους

βάθος εξασφαλίζει αερόβιες συνθήκες σε όλη στήλη νερού. Γενικά οι αερόβιες λίμνες δεν εφαρμόζονται σε εύκρατα κλίματα. (Χατζάκης, 2003)

4.3.4. Αναερόβιες λίμνες

Οι αναερόβιες λίμνες είναι βαθιές τεχνητές λεκάνες με αρκετό όγκο για να επιτυγχάνουν καθίζηση στερεών, χώνευση λάσπης και αναερόβια διάσπαση μέρους του οργανικού φορτίου των λυμάτων. Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων είναι αρκετά σύντομος, από 1 έως 5 ημέρες. Έχουν καλύτερες επιδόσεις σε θερμά κλίματα, καθώς η αναερόβια αποικοδόμηση της ιλύος επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία, με βέλτιστη αποικοδόμηση στους 30 - 35 °C. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε σειρά με επαμφοτερίζουσες ή αερόβιες λίμνες. (Καρτέρης, 2005)

Γενικά οι τεχνητές λίμνες δεν αποτελούν την καλύτερη λύση για την απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους επεξεργασίας για τη βελτίωση της ποιότητας της εκροής.

4.4. Συστήματα τεχνητών υγροτόπων

Οι υγρότοποι είναι φυσικές ή τεχνητές περιοχές, μόνιμα ή προσωρινά κατακλυσμένες με νερό. Επίσης, περιλαμβάνονται οι περιοχές που καλύπτονται με θαλασσινό νερό, το βάθος του οποίου δεν υπερβαίνει τα 6 μέτρα.

Οι εξελίξεις και η τεχνογνωσία σε θέματα υγροτόπων έχει δώσει ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την εφαρμογή των συστημάτων αυτών σε μικρούς οικισμούς. Οι τεχνητοί υγρότοποι έχουν όλες τις δυνατότητες των φυσικών υγροτόπων αλλά χωρίς τους περιορισμούς που αφορούν τη διάθεση με φυσικά οικοσυστήματα. Αποτελούν μια σχετικά νέα τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που βασίζεται στην τεχνολογία φυτών που αναφύονται. Τα συστήματα αυτά έχουν όλα τα πλεονεκτήματα των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας κι επιπλέον συνδυάζουν:

- Απλότητα στην αρχική κατασκευή, στη λειτουργία και συντήρηση κι ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
- Μεγάλη αξιοπιστία και αντοχή στο σύστημα.
- Μεγάλη ελαστικότητα σε διακυμάνσεις φορτίων και εισροές όμβριων.
- Με κατάλληλο σχεδιασμό επικρατούν πλήρως αερόβιες συνθήκες χωρίς δυσοσμίες.

- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης εκροών επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση.

Σε σύγκριση με άλλα φυσικά συστήματα επεξεργασίας όπως βραδείας εφαρμογής και ταχείας διήθησης, πλεονεκτούν λόγω της μειωμένης απαίτησής τους σε χώρο, του χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας και των μικρών απαιτήσεων σε ενέργεια. (Διαλυνάς, 2003)

Ο βασικός ρόλος της φυτικής βλάστησης είναι η μεταφορά του οξυγόνου διαμέσου του ριζικού συστήματος στον πυθμένα των λεκανών επεξεργασίας, επομένως ευνοείται η ανάπτυξη και συγκράτηση των μικροοργανισμών που διενεργούν τη βασική επεξεργασία του αποβλήτου. Παράλληλα περιορίζει την ανάπτυξη αλγών, με τον περιορισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και τη σκίαση της επιφάνειας του υγροτόπου. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων σε υγροτόπους διενεργείται με φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες. Οι κύριοι μηχανισμοί απομάκρυνσης και μετασχηματισμού των συστατικών των αποβλήτων είναι οι εξής):

- Καθίζηση αιωρούμενων σωματιδίων.
- Διάχυση διαλυμένων θρεπτικών συστατικών στο ίζημα.
- Μετατροπή οργανικής ύλης σε ανόργανη.
- Κατανάλωση θρεπτικών συστατικών από φυτά και μικροοργανισμούς.
- Μικροβιακοί μετασχηματισμοί σε αέρια συστατικά.
- Φυσικοχημική προσρόφηση και καθίζηση στο ίζημα.

Τα στάδια επεξεργασίας σε ένα σύστημα τεχνητού υγροτόπου περιλαμβάνουν την προεπεξεργασία των λυμάτων, τη βιοχημική αποικοδόμηση των διαφόρων ρύπων τους και την απολύμανση της εκροής. Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει συχνά εσχάρωση και στη συνέχεια ακολουθεί πρωτοβάθμια επεξεργασία για την απομάκρυνση των σωματιδίων μεγαλύτερου μεγέθους, άμμου και λιπών, για να ελαχιστοποιηθούν προβλήματα στη μεταφορά και τροφοδοσία των δεξαμενών.

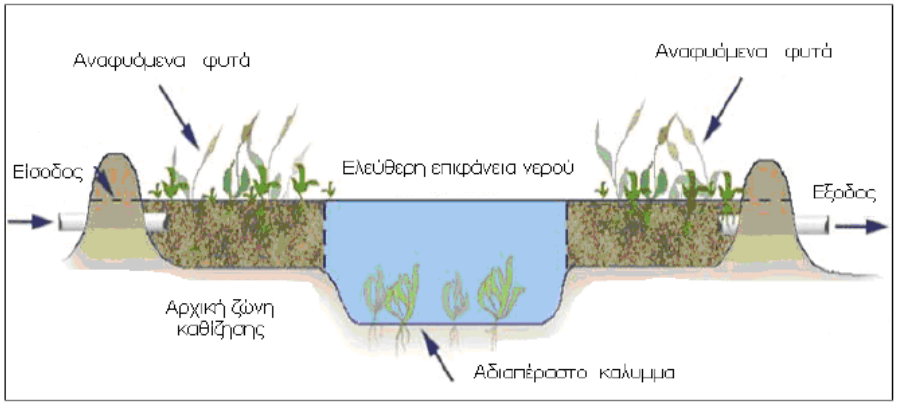
Σκοπός της απολύμανσης των λυμάτων είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών ώστε η διάθεση των λυμάτων στους υδάτινους αποδέκτες να μη δημιουργεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Σημαντική μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών γίνεται κατά την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη εξετάζεται η μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Στην περίπτωση διάθεσης των λυμάτων στη θάλασσα, η απολύμανση είναι συχνά περιττή,

λόγω της αραίωσης και της φυσικής φθοράς των μικροοργανισμών. Αντίθετα, η απολύμανση των λυμάτων είναι απαραίτητη σε περίπτωση διάθεσής τους σε κλειστά υδάτινα σώματα ή επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για άρδευση διαφόρων καλλιεργειών, για τεχνητό εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων ή για άλλες χρήσεις. (Ανδρεαδάκης & Μαμάης, Απολύμανση Λυμάτων, 2005)

Οι υγρότοποι χωρίζονται σε 2 βασικές κατηγορίες, σε υγροτόπους οριζόντιας ή κατακόρυφης ροής, ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής των λυμάτων σε αυτούς. Οι υγρότοποι οριζόντιας ροής χωρίζονται σε συστήματα ελεύθερης επιφανειακής ροής FWS (εικόνα 5) και σε συστήματα υποεπιφανειακής ροής SF (εικόνα 6).

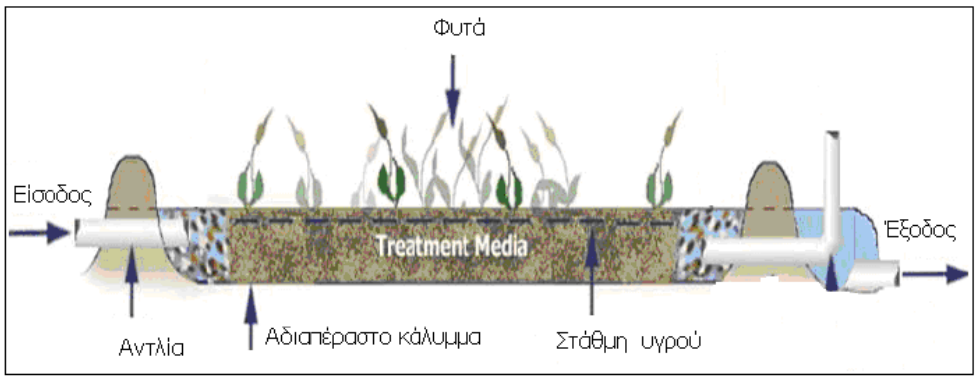
4.4.1. Υγρότοποι οριζόντιας ροής

Τα FWS συστήματα αποτελούνται από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέραστους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού, από 0,1 έως 0,6 μέτρα. Σε αυτά τα συστήματα η περαιτέρω επεξεργασία του υγρού αποβλήτου διενεργείται καθώς η εκροή του ρέει με μικρή ταχύτητα διαμέσου των ριζών της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης.



Εικόνα 5. Υγρότοπος επιφανειακής ροής (FWS)

Τα SF συστήματα αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλο μέσο υποστήριξης της αναφυόμενης φυτικής βλάστησης. Τα απόβλητα υφίστανται επεξεργασία κατά τη διέλευσή τους από το πορώδες μέσο. Η βλάστηση παρέχει οξυγόνο στο υπόστρωμα διαμέσου των ριζών, σταθεροποιεί την επιφάνεια της κλίνης κι εμποδίζει το σχηματισμό πάγου.



Εικόνα 6. Σύστημα υγρότοπου υποεπιφανειακής ροής

Οι υγροβιότοποι οριζόντιας ροής έχουν περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς οξυγόνου και δεν μπορούν να επεξεργαστούν αποτελεσματικά απόβλητα με μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου. Αυτή η αδυναμία οδήγησε στο σχεδιασμό υγροβιότοπων κατακόρυφης ροής. (Κατσίρη, 2004)

4.4.2. Υγρότοποι κατακόρυφης ροής

Οι υγρότοποι κατακόρυφης ροής αποτελούνται από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών, όπως είναι η άμμος και το έδαφος, ενώ τα καλάμια φυτεύονται στην άνω στρώση που συνήθως είναι από άμμο. Τα υγρά απόβλητα διερχόμενα κατακόρυφα του υγροβιότοπου συλλέγονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης τοποθετημένο στη βάση του. Οι στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών αποστραγγίζουν πλήρως κι έτσι επιτρέπεται η είσοδος νέου αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών. Η επόμενη δόση υγρών αποβλήτων που θα διέλθει από τον υγρότοπο παγιδεύει τον αέρα στους πόρους που σε συνδυασμό με τον αερισμό που δημιουργείται από την απότομη εφαρμογή της δόσης δημιουργεί άριστες συνθήκες οξυγόνωσης και διάσπασης του οργανικού φορτίου.

Οι υγρότοποι κατακόρυφης ροής πλεονεκτούν ως προς τη μεταφορά οξυγόνου ωστόσο απαιτείται προσεκτική μελέτη της ποσότητας των υγρών αποβλήτων και της χρονικής περιόδου. Οι τεχνητοί υγρότοποι κατακόρυφης ροής παρουσιάζουν περισσότερο ισοδύναμη κατανομή ριζών και λιγότερα προβλήματα κακοσμίας και πολλαπλασιασμού εντόμων, αφού δεν έχουν ελεύθερη επιφάνεια νερού.

4.4.3. Τεχνητοί υγρότοποι στην Ελλάδα

Στη χώρα μας υπάρχουν διάφορα συστήματα τεχνητών υγροτόπων για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, όπως το ερευνητικό έργο που αποπερατώθηκε το 1996 κοντά στις εγκαταστάσεις της μονάδας βιολογικού καθαρισμού λυμάτων Θεσσαλονίκης που αντιστοιχεί σε πληθυσμό 500 κατοίκων και το σύστημα τεχνητών υγροτόπων που έχει κατασκευαστεί στις καινούριες εγκαταστάσεις του τμήματος Δασολογίας του Α.Π.Θ. στο πανεπιστημιακό δάσος του Περτουλίου Τρικάλων.

Η μεγαλύτερη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με τεχνητούς υγροτόπους κατακόρυφης ροής βρίσκεται στη Νέα Μάδυτο, νότια της λίμνης Βόλβης στο νομό Θεσσαλονίκης, κι έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί 3.500 κατοίκους. Σύστημα τεχνητών υγροτόπων κατακόρυφης ροής λειτουργεί επίσης στον οικισμό Σαρανταπόρου Λαρίσης, στην κοινότητα Γοματίου του Δήμου Παναγιάς του Νομού Χαλκιδικής και στον οικισμό Ροδίτη του Δήμου Κομοτηνής.

Η ανάπτυξη τεχνογνωσίας σε φυσικά συστήματα, όπως οι υγρότοποι, έχει δώσει ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την εφαρμογή τους μόνο σε μικρούς οικισμούς. Τα φυσικά συστήματα είναι κατάλληλα για να ανταποκριθούν στις τεχνολογικές απαιτήσεις των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και παράλληλα συμφέρουν οικονομικά όσον αφορά το κόστος κατασκευής μόνο για μικρές δυναμικότητες, κυρίως κάτω των 5.000 κατοίκων. Για την εξυπηρέτηση μεγαλύτερου πληθυσμού απαιτούνται μεγαλύτερες εκτάσεις και είναι πιθανή η εμφάνιση προβλημάτων στη λειτουργία και συντήρησή τους.

5. Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων στην Αττική

5.1 Γενικά

Όσον αφορά την περιοχή της Αττικής, έχουν ήδη σχεδιαστεί και υλοποιηθεί, για την προστασία του περιβάλλοντος, ολοκληρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων στη Μεταμόρφωση Αττικής και στη νήσο Ψυττάλεια.

Στο **Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυττάλειας** (Κ.Ε.Λ.Ψ). καταλήγουν τα λύματα, μέσω του δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων, του λεκανοπεδίου των Αθηνών. Στον Ακροκέραμο και την Ψυττάλεια συρρέουν επίσης οι απορροές ομβρίων από το ιστορικό κέντρο των Αθηνών, όπου το δίκτυο αποχέτευσης είναι παντορροϊκό. Επίσης με τους υποθαλάσσιους αγωγούς που κατασκευάστηκαν πρόσφατα, συνδέθηκε με την Ψυττάλεια και η Σαλαμίνα, με προοπτική να διοχετεύονται τα λύματα της νήσου στο Κ.Ε.Λ.Ψ. προς επεξεργασία.

Στη Μεταμόρφωση Αττικής έχει κατασκευασθεί και λειτουργεί εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων των βορείων προαστίων και των βοθρολυμάτων περιοχών που δεν έχουν συνδεθεί ακόμη με το δίκτυο ακαθάρτων.

Το συνολικό μήκος του δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων του λεκανοπεδίου είναι 5.800 km περίπου και η συνολική επιφάνεια της λεκάνης απορροής του συστήματος αποχέτευσης περίπου 50.000 εκτάρια.

Ο σημερινός εξυπηρετούμενος από το δίκτυο αποχέτευσης που συρρέει στη Ψυττάλεια πληθυσμός εκτιμάται σε 3,3 εκατ. περίπου (με βάση τα στοιχεία της τελευταίας απογραφής της ΕΣΥΕ).

Εκτός από αστικά λύματα και περιορισμένη ποσότητα ομβρίων υδάτων κατά τις ημέρες με βροχές, στο αποχετευτικό δίκτυο συρρέουν και υγρά απόβλητα από βιομηχανίες που λειτουργούν στη λεκάνη απορροής του δικτύου αποχέτευσης της ΕΥΔΑΠ. Τα ακριβή χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων (ποσότητες, ποιοτικά χαρακτηριστικά - φορτία), καθώς και ο βαθμός επεξεργασίας που έχουν υποστεί πριν την διάθεσή τους στο δίκτυο, δεν μπορούν να εκτιμηθούν σήμερα με ικανοποιητική ακρίβεια.

5.2. Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Μεταμόρφωσης

Το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Μεταμόρφωσης (ΚΕΛΜ) (εικόνα 7) λειτουργεί από το 1986. Αποτελεί τη μοναδική εγκατάσταση υποδοχής και επεξεργασίας οικιακών βοθρολυμάτων στο Νομό Αττικής, εξυπηρετώντας Δήμους και Κοινότητες που στερούνται αποχετευτικού δικτύου. Με τη λειτουργία του απαλείφθηκαν οι ανεξέλεγκτες εκκενώσεις λυμάτων, κυρίως σε ρέματα, με αποτέλεσμα την αναβάθμιση και προστασία του περιβάλλοντος. (ΕΥΔΑΠ)

Εικόνα 7. Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Μεταμόρφωσης (ΚΕΛΜ)

Η λειτουργία της πρώτης φάσης με επεξεργασία αμιγών βοθρολυμάτων άρχισε τον Ιούλιο 1984. Το Μάρτιο 1986 τέθηκε σε λειτουργία ολόκληρο το Κέντρο με την επεξεργασία του συνόλου των βοθρολυμάτων της Αττικής και αστικών λυμάτων από τμήματα των βορείων προαστίων. Τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στο ρέμα της Πύρνας.

Η δυναμικότητα των εγκαταστάσεων ανέρχεται σε 24.000 κ.μ. βοθρολυμάτων ημερησίως και 20.000 κ.μ. ημερησίως αστικών λυμάτων, συνολικού οργανικού φορτίου 30.470 κιλά BOD ημερησίως που αντιστοιχεί σε ισοδύναμο πληθυσμό 500.000 κατοίκων. Με την πλήρη επεξεργασία των λυμάτων, το παραγόμενο νερό είναι απαλλαγμένο από το ρυπαντικό φορτίο σε ποσοστό 90%-95% και καταλήγει στη θάλασσα του Σαρωνικού εντελώς ακίνδυνο για την ισορροπία του θαλάσσιου οικοσυστήματος.

Σύμφωνα με πρόσφατα λειτουργικά στοιχεία, το ΚΕΛΜ δέχεται ημερησίως 700 βυτιοφόρα λυμάτων (μέσος ετήσιος όρος 550) που αντιστοιχούν σε 11.000 κ.μ. βοθρολυμάτων ημερησίως και περί τα 10.000 κ.μ. αστικών λυμάτων ημερησίως. Η απόδοση της εγκατάστασης είναι άνω του 97%.

Οι εγκαταστάσεις του ΚΕΛΜ περιλαμβάνουν:

- Χώρο Εκκένωσης Βυτιοφόρων
- Προεπεξεργασία βοθρολυμάτων - αστικών λυμάτων (εσχάρωση, εξάμμωση, λιποσυλλογή)
- Σύστημα απόσμησης κτηρίου προεπεξεργασίας με χημική πλυντηρίδα τριών σταδίων.

- Πρωτοβάθμια καθίζηση βοθρολυμάτων με προσθήκη κροκιδωτικού (διαχωριστές υγρών - στερεών)
- Πρωτοβάθμια καθίζηση αστικών λυμάτων
- Βιολογική επεξεργασία (μέθοδος ενεργού ιλύος)
- Απολύμανση
- Εγκατάσταση βιομηχανικού νερού (μονοστρωματικά αμμόφιλτρα)
- Αναερόβια χώνευση ιλύος
- Αφυδάτωση ιλύος (ταινιοφιλτρόπρεσσες)
- Σύστημα απόσμησης κτηρίου αφυδάτωσης με χημική πλυντηρίδα τριών σταδίων
- Σύστημα τηλεελέγχου - τηλεχειρισμού SCADA
- Χημικό - μικροβιολογικό εργαστήριο

5.3. Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας

Το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας (ΚΕΛΨ) (εικόνα 8) λειτουργεί από το 1994 και σήμερα είναι σε πλήρη λειτουργία. Η επεξεργασία λυμάτων στο ΚΕΛΨ περιλαμβάνει προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια επεξεργασία και προχωρημένη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου, επεξεργασία ιλύος και συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. (ΕΥΔΑΠ)

Εικόνα 8. Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυτάλλειας (ΚΕΛΨ)

Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα ΚΕΛ στην Ευρώπη και διεθνώς, με δυναμικότητα κάλυψης πληθυσμού 5.600.000 κατοίκων. Η μέση παροχή των εισερχόμενων λυμάτων είναι της τάξεως των 730.000 κ.μ. ημερησίως.

Οι εγκαταστάσεις του ΚΕΛΨ κατασκευάστηκαν με συγχρηματοδότηση από την Ε.Ε. και ολοκληρώθηκαν σε τρεις φάσεις. Η Α΄ Φάση έργων του ΚΕΛΨ λειτουργεί από το 1994, η Β΄ Φάση από το 2004, ενώ η Γ΄ και τελική Φάση έργων λειτουργεί από το 2007 με την κατασκευή της μονάδας θερμικής ξήρανσης της ιλύος.

Η Α΄ Φάση περιλαμβάνει:

1. Τα έργα προεπεξεργασίας (εσχάρωση και εξάμμωση),
2. Τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης,
3. Τους παχυντές βαρύτητας
4. Τους μεσοφιλικούς αναερόβιους χωνευτές της πρωτοβάθμιας ιλύος
5. Τη μονάδα αφυδάτωσης της ιλύος
6. Τα έργα διοχέτευσης των λυμάτων από τον Ακροκέραμο στην Ψυττάλεια και
7. Τα έργα τελικής διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων στη θάλασσα.

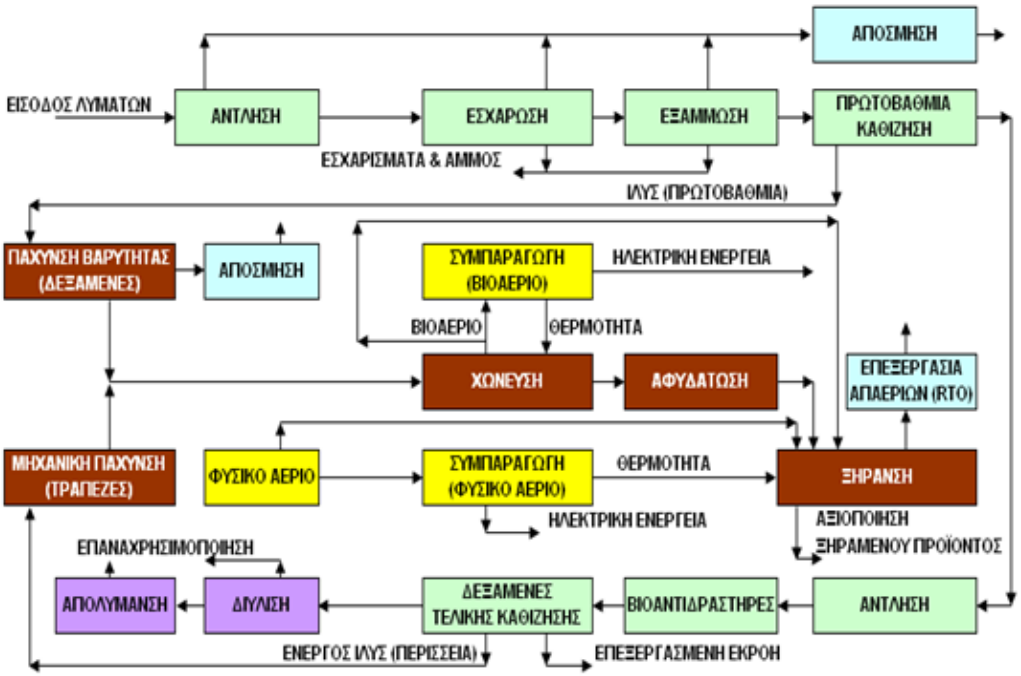
Τα έργα προεπεξεργασίας των λυμάτων έχουν κατασκευαστεί στον Ακροκέραμο. Τα υπόλοιπα έργα της Α΄ Φάσης καθώς και τα έργα της Β' Φάσης είναι κατασκευασμένα στη νήσο Ψυτάλλεια.

Τα έργα της Β΄ Φάσης περιλαμβάνουν:

I. Τους βιολογικούς αντιδραστήρες
II. Τις δεξαμενές τελικής καθίζησης και
III. Τα έργα επεξεργασίας της περίσσειας βιολογικής ιλύος που συμπληρώνουν τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας της πρωτοβάθμιας ιλύος.
IV. Τη μονάδα ξήρανσης.

Τα έργα έχουν κατασκευαστεί με χρονικό ορίζοντα το 2020. Εκτός των κύριων εγκαταστάσεων επεξεργασίας, έχουν κατασκευαστεί:

- Μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας με μηχανές Otto, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 11,6 MW περίπου (7,1 MWe) η οποία βρίσκεται σε λειτουργία από τα τέλη του 2001. Η μονάδα αυτή έχει δυναμικότητα καύσης 72.000 Nm^3/hr βιοαερίου και είναι σε θέση να απορροφήσει σημαντικό μέρος της συνολικής παραγωγής βιοαερίου του Κ.Ε.Λ.Ψ.
- Μονάδα ασβεστοποίησης, για την υγειονοποίηση και αδρανοποίηση της αφυδατωμένης ιλύος με προσθήκη οξειδίου του ασβεστίου



Σχήμα 11. Διάγραμμα ροής του ΚΕΛΨ

Η μέση ημερήσια παροχή λυμάτων που επεξεργάζεται το Κ.Ε.Λ.Ψ., ανέρχεται σήμερα σε περίπου 700 – 800 χιλιάδες m^3/d. Στο σχήμα 11 φαίνεται το διάγραμμα ροής του ΚΕΛΨ.

Η επεξεργασία των λυμάτων στο ΚΕΛ Ψυτάλλειας γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

- Η προεπεξεργασία αρχίζει στις εγκαταστάσεις του Ακροκεράμου, με απομάκρυνση των βαρέων στερεών, εσχάρωση, εξάμμωση και απόσμηση.
- Τα προεπεξεργασμένα λύματα μεταφέρονται με υποθαλάσσιους αγωγούς στην Ψυτάλλεια.
- Στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης συλλέγεται η πρωτοβάθμια ιλύς.
- Με την προχωρημένη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία με το σύστημα της ενεργού ιλύος επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και σημαντική ελάττωση του αζώτου.
- Ακολουθεί χώνευση, αφυδάτωση και θερμική ξήρανση της ιλύος.
- Η επεξεργασμένη εκροή του ΚΕΛΨ διαχέεται στον Σαρωνικό Κόλπο μέσω αγωγών βαθιάς διάχυσης, με μειωμένο το οργανικό φορτίο των λυμάτων κατά 93% περίπου και του αζώτου κατά 80%.

5.4. Σχεδιασμός και Υλοποίηση νέων Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων στο Θριάσιο Πεδίο και την Ανατολική Αττική

Το Θριάσιο Πεδίο και το θαλάσσιο περιβάλλον του είναι εδώ και χρόνια μια από τις πιο επιβαρυμένες περιβαλλοντικά ζώνες της Αττικής.

Η ΕΥΔΑΠ ανέλαβε την κατασκευή και λειτουργία του έργου «Βασικοί Συλλεκτήρες και Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων στο Θριάσιο Πεδίο» στην ευαίσθητη περιοχή του Θριασίου. Στόχος είναι η αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής των κατοίκων, η αποκατάσταση της ισορροπίας του οικοσυστήματος στη θάλασσα της Ελευσίνας και η συμβολή γενικότερα στην αειφόρο ανάπτυξη της περιοχής. (ΕΥΔΑΠ)

Το έργο του Θριασίου Πεδίου εξυπηρετεί τις οικιστικές περιοχές των Δήμων Ελευσίνας, Ασπροπύργου και των κοινοτήτων Μάνδρας και Μαγούλας, καθώς και βιομηχανικές και βιοτεχνικές περιοχές και αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση σε ένα χρόνιο πρόβλημα των κατοίκων, αλλά και των επαγγελματιών που δραστηριοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή.

Τα λύματα που σήμερα απορρέουν ανεπεξέργαστα στον κόλπο της Ελευσίνας ή συλλέγονται σε απορροφητικούς βόθρους καθιστώντας την περιοχή του Θριασίου Πεδίου ως μία από τις πιο επιβαρυμένες σε ρύπανση περιοχές της Αττικής, θα συλλέγονται και θα υποβάλλονται σε τριτοβάθμια επεξεργασία με αποτέλεσμα η τελική εκροή να είναι πλήρως ακίνδυνη για το θαλάσσιο αποδέκτη.

Τα έργα Α΄ Φάσης του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στο Θριάσιο Πεδίο για την εξυπηρέτηση ισοδύναμου πληθυσμού 117.000 κατοίκων έχουν ήδη ολοκληρωθεί και προβλέπεται η τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Συγχρόνως, έχει ολοκληρωθεί το μεγαλύτερο μέρος των κεντρικών συλλεκτήρων και του δικτύου αποχέτευσης σε συνεργασία με την αρμόδια Περιφέρεια.

Το συνολικό έργο περιλαμβάνει τρία επιμέρους έργα:

- Βασικοί Συλλεκτήρες Ακαθάρτων Δυτικού Τομέα Θριασίου Πεδίου
- Βασικοί Συλλεκτήρες Ακαθάρτων Ανατολικού Τομέα Θριασίου Πεδίου
- Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων στο Θριάσιο Πεδίο

5.5. Ανάγκη δημιουργίας νέου Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στην περιοχή της Αττικής

Η δημιουργία ενός νέου Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στην περιοχή της Αττικής είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς θα:

- ✓ Παράσχει ανακτημένο νερό, αντί για πόσιμο, για τις ανάγκες αναδάσωσης και πυρόσβεσης στα όρη και στις δασικές περιοχές της Αττικής, καθώς και για την άρδευση πάρκων και αστικής χρήσης στους Δήμους της Αττικής.
- ✓ Δράσει βοηθητικά ως προς την εξισορρόπηση του υδατικού ισοζυγίου στο Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής, το οποίο σήμερα είναι αρκετά επιβαρυμένο.
- ✓ Εξυπηρετήσει οικονομικά τόσο τις αστικές ανάγκες των κατοίκων της Αττικής όσο και τις βιομηχανικές ανάγκες, με αντίστοιχη αποσυμφόρηση της άντλησης υπόγειων υδάτων σε περιβαλλοντικά κρίσιμες περιοχές όπως είναι το παραλιακό μέτωπο.
- ✓ Οδηγήσει στη δημιουργία της υποδομής και των προϋποθέσεων για την σταδιακή ανάπτυξη ολοκληρωμένου δικτύου ανακτημένου νερού στην Αττική.
- ✓ Έχει μόνιμες θετικές επιπτώσεις στη δημιουργία θέσεων εργασίας που εντοπίζονται στη λειτουργία, συντήρηση και διαχείριση του δικτύου ανακτημένου νερού, στην κατασκευή δευτερογενών δικτύων διανομής, συνδέσεων με τελικούς χρήστες και εσωτερικών εγκαταστάσεων χρήσης του ανακτημένου νερού σε οικοδομές, μαρίνες, αμαξοστάσια κ.α.

Όπως είναι φυσικό, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένοι παράγοντες. Η επιλογή της βέλτιστης τεχνικής διαχείρισης των υγρών αποβλήτων από μια μονάδα επεξεργασίας τους απαιτεί τη συνεκτίμηση αρκετών παραμέτρων και επιβάλλει την υλοποίηση των παρακάτω σταδίων: (Edwards, 1995)

1. **Χαρακτηρισμός των ρευμάτων των υγρών αποβλήτων της μονάδας**. Ο καθορισμός των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ρευμάτων των υγρών αποβλήτων καθώς και η εκτίμηση των παραγομένων όγκων είναι απαραίτητα για την εξέταση των διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας τους και το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισής τους.

2. **Προσδιορισμός της φιλοσοφίας διαχείρισης των υγρών αποβλήτων**. Για την επιλογή της βέλτιστης τεχνικής διαχείρισης των υγρών αποβλήτων θα πρέπει να υιοθετηθεί μια φιλοσοφία διαχείρισης με βάση το επιθυμητό αποτέλεσμα που θα προκύψει από τη διαχείριση (ανακύκλωση νερού,

απόρριψη αποβλήτων, κλπ.) και λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες της παραγωγικής διαδικασίας και τις σχετικές νομοθετικές απαιτήσεις.

3. **Ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών για τη διαχείριση των αποβλήτων**. Η αναζήτηση όλων των υπαρχόντων μεθόδων για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης των αποβλήτων της μονάδας.
4. **Αξιολόγηση των εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης των αποβλήτων**.
5. **Επιλογή της βέλτιστης τεχνικής**. Η επιλογή της βέλτιστης τεχνικής διαχείρισης των αποβλήτων της μονάδας θα προκύψει από τη σύγκριση των διαφόρων εναλλακτικών τεχνικών, με βάση συγκεκριμένα κριτήρια βιωσιμότητας και αποτελεσματικότητας.
6. **Σχεδιασμός και εγκατάσταση του συστήματος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων της μονάδας**. Η λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης αποβλήτων απαιτεί σωστό σχεδιασμό και εγκατάσταση του εξοπλισμού, κατανόηση της διαδικασίας της επεξεργασίας και εκπαίδευση των εργαζομένων.

6. Τεχνικοοικονομική μελέτη

6.1. Έννοια τεχνικοοικονομικής μελέτης

Η απόφαση για την υλοποίηση μιας επένδυσης, συνεπάγεται την ανάληψη εκ μέρους των επενδυτών μικρού ή μεγάλου κινδύνου (ρίσκου), ανάλογα με το ύψος της επένδυσης. Για να μειωθεί ο επιχειρηματικός κίνδυνος που αναλαμβάνει ο επενδυτής, χωρίς βέβαια να καταργείται εντελώς, πρέπει η επενδυτική απόφαση να στηριχτεί και να τεκμηριωθεί σε μια μελέτη, μέσω της οποίας θα υπολογιστούν και θα εκτιμηθούν όλα τα δεδομένα, οι τάσεις του κλάδου και της αγοράς, το κόστος της επένδυσης, οι πηγές χρηματοδότησής της, τα αναμενόμενα οικονομικά αποτελέσματα και οι προοπτικές βιωσιμότητας και αποδοτικότητάς της.

6.2. Σκοπός της τεχνικοοικονομικής μελέτης

Μέσω της τεχνικοοικονομικής μελέτης, εξατομικεύονται επενδυτικές ευκαιρίες, που έχουν αρχικά εντοπιστεί και για τις οποίες τεκμηριώνεται ότι μπορεί δυνητικά κάποιος (επενδυτικός) φορέας (π.χ. μία επιχείρηση, το κράτος) να διαθέσει ένα χρηματικό κεφάλαιο προκειμένου να υλοποιήσει μία επένδυση στο πλαίσιο ενός σχεδίου ή έργου (project), γνωστού ως επενδυτικού σχεδίου ή έργου, που περιλαμβάνει την πρόταση (δυνατότητα) επένδυσης.

6.3. Δομή της τεχνικοοικονομικής μελέτης

Η τεχνικοοικονομική μελέτη αποτελείται από δύο κομμάτια το τεχνικό και το οικονομικό. Στον παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η οικονομική μελέτη. Η οικονομική μελέτη εξετάζει τη σκοπιμότητα της επένδυσης, τόσο από εμπορικής πλευράς, διερευνώντας δηλαδή την προοπτική των παραγόμενων προϊόντων ή των παρεχόμενων υπηρεσιών, όσο και της οικονομικής, εκτιμώντας τα μελλοντικά οικονομικά μεγέθη. Σκοπός της είναι η υποβοήθηση των φορέων της επιχείρησης στη λήψη της τελικής απόφασης για την υλοποίηση της επένδυσης.

Επίσης, η τεχνικοοικονομική μελέτη εξετάζει τους παράγοντες που προσδιορίζουν τη βιωσιμότητα της επιχείρησης, δίνοντας μια ξεκάθαρη εικόνα για τις προϋποθέσεις και τη δυνατότητα της επιχείρησης να ανταποκριθεί στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες υποχρεώσεις που θα δημιουργηθούν με την επένδυση. Το οικονομικό μέρος της μελέτης περιλαμβάνει τα εξής:

- ✓ Μέγεθος αγοράς, τις τάσεις και τις προοπτικές, την ζήτηση δηλαδή και την προσφορά των υπηρεσιών που θα παρέχονται.

- ✓ Ανάλυση του κόστους επένδυσης στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες που απαιτούνται για την επένδυση, οι οποίες αναλύονται με βάση τις προσφορές (προτιμολόγια) των προμηθευτών, και χρηματοδοτικό σχήμα στο οποίο προσδιορίζονται οι πηγές της χρηματοδότησης δηλαδή αναλύεται η άντληση των κεφαλαίων από τους επενδυτές, με βάση την ανάλυση του κόστους και μπορεί να περιλαμβάνει ίδια κεφάλαια, τραπεζικό δανεισμό, ή ακόμη και δημόσια επιχορήγηση.
- ✓ Προβλεπόμενοι ισολογισμοί με τα αποτελέσματα χρήσης και αναμενόμενες ταμειακές ροές. Ο ισολογισμός απεικονίζει την οικονομική κατάσταση της επιχείρησης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, όπου γίνεται η απογραφή και αποτίμηση της επαγγελματική περιουσίας.
- ✓ Ανάλυση ευαισθησίας αποτελεσμάτων (sensitivity analysis), νεκρό σημείο λειτουργίας (break even point). Νεκρό σημείο: είναι το ποσό εκείνο των πωλήσεων, με το οποίο μια επιχείρηση καλύπτει ακριβώς τόσο τα σταθερά όσο και τα μεταβλητά της έξοδα, χωρίς να πραγματοποιεί ούτε κέρδος ούτε ζημιά. Η βασική αρχή, πάνω στην οποία στηρίζεται η ανάλυση του «νεκρού σημείου» (break even point), είναι η συμπεριφορά του κόστους. Αυτό συμβαίνει γιατί ένα μέρος του κόστους είναι μεταβλητό και ανάλογο των πωλήσεων, ενώ ένα άλλο είναι σταθερό, τουλάχιστον για ένα μεγάλο εύρος πωλήσεων.
- ✓ Αξιολόγηση της επένδυσης, Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) - Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (IRR).

6.4. Κριτήρια αξιολόγησης

Στο περιβάλλον μιας επιχείρησης υπάρχουν πολλές επενδυτικές προτάσεις. Είναι σαφές ότι δεν είναι δυνατόν να χρηματοδοτηθούν όλες. Επομένως πρέπει να υπάρχει ένα κατάλληλο σύστημα ιεράρχησης των επενδυτικών προτάσεων έτσι ώστε ο εκάστοτε ενδιαφερόμενος να καταλήξει στην επιλογή της πιο συμφέρουσας για εκείνον επένδυσης.

Τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης μιας επένδυσης είναι αυτά της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ ή NPV) και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (ΕΒΑ ή IRR). Παρακάτω ακολουθεί η λεπτομερής ανάλυσή των ανωτέρω κριτηρίων. (Ζοπουνίδης, 2003)

6.4.1. Καθαρή παρούσα αξία

Η Καθαρή Παρούσα Αξία εκφράζει τη σημερινή αξία των χρημάτων που θα έχει επωφεληθεί ο επενδυτής στο τέλος της επένδυσης. Η τεχνική της Καθαρής Παρούσας Αξίας μετατρέπει όλα τα κόστη (εκροές) και τα οφέλη (εισροές) της επένδυσης σε σημερινές αξίες, δηλαδή εκφράζει το καθαρό όφελος ή κόστος στη χρονική στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση. Συγκεκριμένα, είναι η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων από το άθροισμα της παρούσας αξίας των ετήσιων εξόδων και την παρούσα αξία των επενδυτικών εξόδων. Για τον υπολογισμό της πρέπει να γίνει ένας πίνακας ταμειακών ροών.

Χρηματική ροή καλείται κάθε έσοδο ή δαπάνη που πραγματοποιείται μια δεδομένη χρονική στιγμή. Θετικού πρόσημου χρηματικές ροές θεωρούνται όλες οι εισροές μετρητών από χρηματοδοτικούς πόρους (κεφάλαια, δανεισμός, πιστώσεις, κ.τ.λ.), καθώς και τα έσοδα πωλήσεων (εισπράξεις). Αρνητικού πρόσημου χρηματικές ροές θεωρούνται όλες οι εκροές, δηλαδή τα συνολικά επενδυτικά έξοδα για την αγορά και εγκατάσταση κεφαλαιουχικών αγαθών, το λειτουργικό κόστος, η αποπληρωμή των δανείων, οι πληρωμές των φόρων, καθώς και όλες οι λοιπές πληρωμές που μπορεί να πραγματοποιηθούν.

Ο ακριβής τύπος είναι υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας είναι:

$$KΠA = \left[\sum_{i=1}^{\nu} \frac{KTPi}{(1+r)^i}\right] - Ko$$

Όπου:

ΚΠΑ: Καθαρή παρούσα Αξία του σχεδίου

ΚΤΡi : Καθαρή Ταμειακή Ροή του έτους i

Ko : Αρχική επένδυση του χρόνου i = 0

ν : Διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

r : Προεξοφλητικό επιτόκιο ή κόστος κεφαλαίου

Εάν η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική (δηλαδή NPV > 0), τότε η συγκεκριμένη επένδυση πρέπει να γίνεται αποδεκτή, γιατί η επένδυση θεωρείται βιώσιμη. Ωστόσο, εάν η καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική (δηλαδή NPV < 0), τότε η συγκεκριμένη επένδυση πρέπει να απορριφθεί. Εάν η καθαρή παρούσα αξία είναι μηδέν (δηλαδή NPV = 0), τότε η συγκεκριμένη επένδυση χαρακτηρίζεται αδιάφορη και πρέπει, προφανώς, επίσης να απορριφθεί, επειδή σε αυτήν την περίπτωση δεν έχει νόημα το επενδυτικό εγχείρημα.

Αναφορικά με τις επενδύσεις, υπάρχει μια σχέση κινδύνου – αποδεκτής απόδοσης (επιτοκίου) για την ανάληψη της επένδυσης. Όσο χαμηλότερου ρίσκου είναι η επένδυση, τόσο χαμηλότερη θα είναι η απαιτούμενη αποδοτικότητα της επένδυσης, δηλαδή το κατώφλι αποδοχής του επενδυτικού σχεδίου. Αντιστοίχως, όσο μεγαλώνει ο κίνδυνος της επένδυσης, τόσο μεγαλώνει και η απαιτούμενη αποδοτικότητα της επένδυσης, δηλαδή το κατώφλι αποδοχής του επενδυτικού σχεδίου.

Η σχέση κινδύνου – απόδοσης προσδιορίζει και την έννοια του ασφάλιστρο κινδύνου (risk premium). Αν κάποιος επενδυτής είναι αδιάφορος μεταξύ α) μιας επένδυσης μηδενικού κινδύνου με ετήσια απόδοση 8%, και β) μιας επένδυσης μη μηδενικού κινδύνου με αναμενόμενη απόδοση 11%, τότε θεωρούμε ότι η δεύτερη έχει ένα ασφάλιστρο κινδύνου ίσο με 3%. Επομένως το ασφάλιστρο κινδύνου (risk premium) είναι η πρόσθετη απόδοση που πρέπει να αποφέρει μια επένδυση με μη μηδενικό κίνδυνο σε σχέση με την απόδοση μιας επένδυσης μηδενικού κινδύνου, ούτως ώστε να είναι ισοδύναμες.

6.4.2. Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (ΕΒΑ) δείχνει την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος. Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης στηρίζεται στην ίδια λογική με το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (στην προεξόφληση των καθαρών χρηματικών ροών στο παρόν). Εκφράζει το επιτόκιο προεξόφλησης στο οποίο η Καθαρή Παρούσα Αξία μηδενίζεται. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαφορά μεταξύ επιτοκίου που δίνεται από τον ΕΒΑ και του επιτοκίου προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι το πρώτο προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών (για αυτό καλείται και εσωτερική απόδοση) ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται εξωγενώς από τον μελετητή ή από τον επενδυτή, προκειμένου αυτός να αποτιμήσει το επενδυτικό πρόγραμμα.

Εναλλακτικά ο ΕΒΑ ορίζεται ως εκείνο το επιτόκιο το οποίο έχει την ιδιότητα να εξισώνει την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών ροών της επένδυσης με το αρχικό κεφάλαιο. Υπολογίζεται με τον τύπο :

$$\left[\sum_{i=1}^{\nu} \frac{KTPi}{(1+EBA)^i}\right] - Ko = 0$$

όπου:

KTPi : Καθαρή παρούσα αξία του έτους i

Ko : Αρχική επένδυση το χρόνο t= 0

ν: Διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

ΕΒΑ : Επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά ΚΠΑ = 0

Με βάση το δείκτη ΕΒΑ η επένδυση αξιολογείται θετικά αν ο προκύπτων δείκτης i είναι μεγαλύτερος από το κόστος του κεφαλαίου (προεξοφλητικό επιτόκιο). Όταν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης και το κόστος του κεφαλαίου (προεξοφλητικό επιτόκιο) είναι ίσα, τότε η επένδυση θεωρείται αδιάφορη (αδιάφορος επενδυτής) και η επένδυση θα πρέπει να απορριφθεί, επειδή σε αυτήν την περίπτωση δεν έχει νόημα το επενδυτικό εγχείρημα. Τέλος, όταν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μικρότερος από το κόστος του κεφαλαίου (προεξοφλητικό επιτόκιο), τότε η επένδυση θα πρέπει να απορριφθεί.

6.4.3. Χρόνος Ανάκτησης Κεφαλαίου(Payback Period)

Το κριτήριο του χρόνου ανάκτησης του κεφαλαίου (Payback period) ανήκει στα καλούμενα ατελή κριτήρια. Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί η δαπάνη της αρχικής επένδυσης από τις ετήσιες ταμειακές ροές μετά φόρων.

Το συγκεκριμένο κριτήριο επικρίνεται ως προς δύο σημεία:

(α) δεν λαμβάνει υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος και

(β) δεν λαμβάνει υπόψη τις ταμειακές ροές που πραγματοποιούνται μετά την περίοδο επανείσπραξης του κεφαλαίου επένδυσης.

Το κριτήριο εφαρμόζεται ευρέως, καθώς κατά μία έννοια εκφράζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το επενδυμένο κεφάλαιο βρίσκεται «υπό κίνδυνο». Όσο μικρότερη είναι η περίοδος ανάκτησης του κεφαλαίου τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση. Γενικά, σχέδια με περίοδο ανάκτησης κεφαλαίου μεγαλύτερη από 7-8 χρόνια θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα.

6.4.4. Αποτίμηση των μεθόδων

Αυτές οι μέθοδοι κυριαρχούν και υπάρχουν περισσότερο από έναν αιώνα. Ιστορικά η πρώτη που αναπτύχθηκε ήταν η μέθοδος της Παρούσας Αξίας. Η μέθοδος του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης υπήρχε πάντα αφού έχει μια άμεση συγγένεια με την Παρούσα Αξία και είναι ελκυστικότερη διότι εκφράζεται σε ποσοστά. Όμως, η μέθοδος της ΚΠΑ είναι εγκυρότερη και θεωρητικά ανώτερη. Για το λόγο αυτό στη συγκεκριμένη εφαρμογή

επιλέγεται η χρήση της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας. (Μουστάκης, 2013)

7. Μελέτη εγκατάστασης ΚΕΛ στην περιοχή της Αττικής

7.1. Παραδοχές και δεδομένα

Για να γίνει η αποτίμηση της συνολικής αξίας του ΚΕΛ πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες παράμετροι.

Πίνακας 12. Παράμετροι αποτίμησης της αξίας του ΚΕΛ

Ανώτατη δυνατή ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (ΚΜ)	8.000
Έσοδα δικαιωμάτων χρήσης υπονόμων (ποσοστό των εσόδων κατανάλωσης νερού)	75%
Ωφέλιμη ζωή έργων Π-Μ των βασικών συλλεκτήρων αποχέτευσης λυμάτων & των δευτερευόντων αγωγών αποχέτευσης λυμάτων (σε έτη)	40
Ωφέλιμη ζωή έργων Π-Μ του ΚΕΛ (σε έτη)	40
Ωφέλιμη ζωή έργων Η-Μ του ΚΕΛ (σε έτη)	20
Διάρκεια χρονικής περιόδου εξέτασης των εκτιμώμενων οικονομικών αποτελεσμάτων του ΚΕΛ (σε έτη)	40
Συντελεστής φόρου εισοδήματος	29,00%
Μέσο ετήσιο σταθμισμένο κόστος κεφαλαίου (WACC)	10,00%
Ημερομηνία αποτίμησης της αξίας του ΚΕΛ	31/12/2015
Θεωρούμενος ετήσιος αριθμός ημερών	365
Καταληκτικό έτος της περιόδου εξέτασης των εκτιμώμενων οικονομικών αποτελεσμάτων	2055

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα στοιχεία για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη μελέτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι αποτιμάται η αξία του έργου για χρονική περίοδο 40 ετών, από το 2016 έως το 2055.

Έσοδα

Για τα έσοδα τα δεδομένα είναι τα εξής:

- Από τη συνολική κατανάλωση νερού, το 82% αφορά την κατανάλωση νερού με γενικό τιμολόγιο, ενώ το 18% αφορά τη συνολική ετήσια κατανάλωση νερού με όλα τα λοιπά τιμολόγια εκτός του γενικού τιμολογίου.

- Η τιμή ανά κυβικό μέτρο (ΚΜ) της κατανάλωσης νερού & χρήσης υπονόμων με γενικό τιμολόγιο είναι 1,01 €/ΚΜ, ενώ η τιμή ανά κυβικό μέτρο (ΚΜ) της κατανάλωσης νερού & χρήσης υπονόμων με όλα τα λοιπά τιμολόγια εκτός του γενικού τιμολογίου είναι 0,90 €/ΚΜ.

7.2. Κοστολόγηση έργου

7.2.1. Κόστος κατασκευής

Για να υλοποιηθεί η κατασκευή ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ) χρειάζεται να γίνουν έργα Πολιτικού Μηχανικού (Π-Μ) και Ηλεκτρολόγου Μηχανικού (Η-Μ). Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους κατασκευής του ΚΕΛ φαίνεται στον πίνακα 13. Το καθαρό κόστος προκύπτει από το αρχικό ακαθάριστο κόστος αφού αφαιρεθούν οι επιχορηγήσεις για το κάθε έργο ξεχωριστά. Το συνολικό κόστος κατασκευής ανέρχεται στα 11.000.000 €.

Πίνακας 13. Κόστη έργων κατασκευής ΚΕΛ

Κόστη / Έργα	Ακαθάριστο κόστος (σε €)	Επιχορηγήσεις (σε €)	Καθαρό κόστος (σε €)
Έργα Π-Μ των βασικών συλλεκτήρων & των δευτερευόντων αγωγών αποχέτευσης λυμάτων	10.000.000	6.000.000	4.000.000
Έργα Π-Μ για την κατασκευή του ΚΕΛ	10.000.000	5.000.000	5.000.000
Έργα Η-Μ για την κατασκευή του ΚΕΛ	5.000.000	3.000.000	2.000.000
Σύνολο	**25.000.000**	**14.000.000**	**11.000.000**

7.2.2. Κόστη λειτουργίας

Όσον αφορά το συνολικό κόστος λειτουργίας του ΚΕΛ, αποτελείται από 5 ξεχωριστά ετήσια κόστη λειτουργίας που αναλύονται στη συνέχεια.

I. Ετήσιο κόστος χημικών πρώτων υλών
II. Ετήσιο κόστος για τη μεταφορά αφυδατωμένης ιλύος & παραπροϊόντων επεξεργασίας (εσχαρίσματα, άμμος)
III. Ετήσιο μισθολογικό κόστος
IV. Ετήσιο κόστος έργων Π-Μ και Η-Μ
V. Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας
VI. Λοιπά ετήσια κόστη

Ετήσιο κόστος χημικών πρώτων υλών

Για την ορθή λειτουργία του ΚΕΛ χρησιμοποιούνται ορισμένα χημικά. Το Θειϊκό Αργίλιο χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του φωσφόρου. Το

Υποχλωριώδες Νάτριο χρησιμοποιείται τόσο για την απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων όσο και για την απόσμηση. Το Καυστικό Νάτριο και το Θειϊκό Οξύ χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την απόσμηση, ενώ ο πολυηλεκτρολύτης για την επεξεργασία της ιλύος. Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται τα κόστη ανά κατηγορία πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 14. Κόστος ανά κατηγορία πρώτης ύλης

Κατηγορία πρώτης ύλης	Κόστος ανά κιλό (σε €)
Θειϊκό Αργίλιο	0,20
Υποχλωριώδες Νάτριο	0,35
Καυστικό Νάτριο	0,35
Θειϊκό Οξύ	0,25
Πολυηλεκτρολύτης	3,50
Μεταφορά αφυδατωμένης ιλύος και παραπροϊόντων επεξεργασίας στη μονάδα ξήρανσης του ΚΕΛ	8,00

Στους πίνακες 15 και 16 φαίνονται αντίστοιχα οι εκτιμώμενες ποσότητες των χημικών που απαιτούνται και τα συνολικά κόστη τους ως προς την ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων.

Πίνακας 15. Εκτιμώμενες ποσότητες χημικών (σε kg) που απαιτούνται για τη λειτουργία του ΚΕΛ ως προς την ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων

Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε χιλιάδες ΚΜ) / Κατηγορία χημικού	0-3	3-4,5	4,5-6	6-8
Θειϊκό Αργίλιο	295,00	380,00	270,00	300,00
Υποχλωριώδες Νάτριο	28,00	48,00	58,00	60,00
Καυστικό Νάτριο	30,00	35,00	40,00	50,00
Θειϊκό Οξύ	20,00	25,00	30,00	40,00
Υποχλωριώδες Νάτριο	30,00	35,00	40,00	50,00
Πολυηλεκτρολύτης	5,00	7,00	8,00	10,00

Πίνακας 16. Εκτιμώμενο ετήσιο κόστος χημικών (σε €) που απαιτείται για τη λειτουργία του ΚΕΛ ως προς την ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων

Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε χιλιάδες ΚΜ) / Κατηγορία χημικού	0-3	3-4,5	4,5-6	6-8
Θειϊκό Αργίλιο	21.535	27.740	19.710	21.900
Υποχλωριώδες Νάτριο	3.577	6.132	7.410	7.665
Καυστικό Νάτριο	3.833	4.471	5.110	6.388
Θειϊκό Οξύ	1.825	2.281	2.738	3.650
Υποχλωριώδες Νάτριο	3.833	4.471	5.110	6.388
Πολυηλεκτρολύτης	6.388	8.943	10.220	12.775

Ετήσιο κόστος για τη μεταφορά αφυδατωμένης ιλύος & παραπροϊόντων επεξεργασίας (εσχαρίσματα, άμμος)

Για να γίνει η επεξεργασία των λυμάτων απαιτείται η μεταφορά αφυδατωμένης ιλύος & παραπροϊόντων επεξεργασίας (εσχαρίσματα, άμμος). Στον πίνακα 17 παρουσιάζονται η εκτιμώμενη ποσότητα και το ετήσιο κόστος μεταφοράς αφυδατωμένης ιλύος και παραπροϊόντων επεξεργασίας στη μονάδα ξήρανσης του ΚΕΛ ως προς την ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων.

Πίνακας 17. Εκτιμώμενη ποσότητα κι ετήσιο κόστος μεταφοράς αφυδατωμένης ιλύος και παραπροϊόντων επεξεργασίας στη μονάδα ξήρανσης του ΚΕΛ ως προς την ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων

Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε χιλιάδες ΚΜ) / Εξεταζόμενο μέγεθος	0-3	3-4,5	4,5-6	6-8
Ποσότητα (σε kg)	100,00	150,00	200,00	300,00
Ετήσιο κόστος (σε €)	292.000	438.000	584.000	876.000

Ετήσιο μισθολογικό κόστος

Όπως είναι φυσικό για την ομαλή λειτουργία του ΚΕΛ είναι αναγκαία η συνεργασία ατόμων με διαφορετική ειδικότητα. Στους πίνακες 18, 19 και 20 παρουσιάζονται το ετήσιο μισθολογικό κόστος ανά ειδικότητα, το πλήθος εργαζομένων ανά ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων και το ετήσιο μισθολογικό κόστος (σε €) ανά ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων αντίστοιχα.

Πίνακας 18. Ετήσιο μισθολογικό κόστος ανά ειδικότητα

Ειδικότητα	Ετήσιο μισθολογικό κόστος (σε €)
Προϊστάμενος ΚΕΛ	40.000
Αναπληρωτής Προϊστάμενος ΚΕΛ	30.000
Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός	20.000
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	20.000
Διπλωματούχος Χημικός για στελέχωση εργαστηρίου	18.000
Μηχανοτεχνίτης	15.000
Ηλεκτροτεχνίτης	15.000
Βοηθός χημείου - Παρασκευαστής	15.000
Χειριστής κεντρικού SCADA	15.000
Γραμματέας	12.000
Εργάτης	11.778

Πίνακας 19. Πλήθος εργαζομένων ανά ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων

Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε χιλιάδες ΚΜ) / Ειδικότητα	0-3	3-4,5	4,5-6	6-8
Προϊστάμενος ΚΕΛ	1	1	1	1
Αναπληρωτής Προϊστάμενος ΚΕΛ	1	1	1	1
Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός	1	1	1	1
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	1	1	1	1
Διπλωματούχος Χημικός για στελέχωση εργαστηρίου	1	1	1	1
Μηχανοτεχνίτης	2	3	3	3
Ηλεκτροτεχνίτης	2	3	3	3
Βοηθός χημείου - Παρασκευαστής	2	2	3	3
Χειριστής κεντρικού SCADA	1	1	1	1
Γραμματέας	1	1	1	1
Εργάτης	2	2	2	2
Σύνολο	**15**	**17**	**18**	**18**

Πίνακας 20. Ετήσιο μισθολογικό κόστος ανά ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων

Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε χιλιάδες ΚΜ) / Ειδικότητα	0-3	3-4,5	4,5-6	6-8
Προϊστάμενος ΚΕΛ	40.000	40.000	40.000	40.000
Αναπληρωτής Προϊστάμενος ΚΕΛ	30.000	30.000	30.000	30.000
Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός	20.000	20.000	20.000	20.000
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	20.000	20.000	20.000	20.000
Διπλωματούχος Χημικός για στελέχωση εργαστηρίου	18.000	18.000	18.000	18.000
Μηχανοτεχνίτης	30.000	45.000	45.000	45.000
Ηλεκτροτεχνίτης	30.000	45.000	45.000	45.000
Βοηθός χημείου - Παρασκευαστής	30.000	30.000	45.000	45.000
Χειριστής κεντρικού SCADA	15.000	15.000	15.000	15.000
Γραμματέας	12.000	12.000	12.000	12.000
Εργάτης	23.557	23.557	23.557	23.557
Σύνολο	**268.557**	**298.557**	**313.557**	**313.557**

Ετήσιο κόστος έργων Πολιτικού και Ηλεκτρολόγου Μηχανικού

Στον πίνακα 21 παρουσιάζονται τα αναμενόμενα ετήσια κόστη έργων Πολιτικού (Π-Μ) και Ηλεκτρολόγου Μηχανικού (Η-Μ) για τη συντήρηση κι έργων Ηλεκτρολόγου Μηχανικού (Η-Μ) για την αντικατάσταση, ως προς τη μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων.

Πίνακας 21. Ετήσιο κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού και Ηλεκτρολόγου Μηχανικού ως προς την ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων

Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε χιλιάδες ΚΜ) / Έργα	0-3	3-4,5	4,5-6	6-8
Συντήρηση έργων Π-Μ	50.000	50.000	50.000	50.000
Συντήρηση έργων Η-Μ	19.250	25.200	32.400	40.000
Αντικατάσταση έργων Η-Μ	15.750	14.800	12.600	10.000

Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

Το ημερήσιο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας $K_{\eta\lambda}$ που απαιτείται για την ορθή λειτουργία του ΚΕΛ υπολογίζεται από τον τύπο:

$$K_{\eta\lambda} = 35{,}097 \times \Pi\eta^{-0{,}604}$$

όπου $\Pi\eta$: η μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων.

Λοιπά ετήσια κόστη

Στον πίνακα 22 παρουσιάζονται τα υπόλοιπα κόστη, για ασφάλεια και φύλαξη, για καθαριότητα και για τη συντήρηση πρασίνου, τα οποία είναι σταθερά.

Πίνακας 22. Λοιπά ετήσια κόστη

Κατηγορία	Ετήσιο κόστος (σε €)
Ασφάλεια & φύλαξη	59.724
Καθαριότητα	14.028
Συντήρηση πρασίνου	14.100
Σύνολο	**87.852**

8. Αξιολόγηση Επένδυσης

8.1. Αξιολόγηση επένδυσης με τη μέθοδο καθαρής παρούσας αξίας

Εφαρμογή

Έστω ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση νερού είναι 2.600.000 ΚΜ. Σύμφωνα με στοιχεία της κατανάλωσης νερού, το 82% αφορά την κατανάλωση νερού με γενικό τιμολόγιο και το 18% την κατανάλωση νερού με όλα τα λοιπά τιμολόγια εκτός του γενικού τιμολογίου. Τα έσοδα της κατανάλωσης νερού με γενικό τιμολόγιο υπολογίζονται με συντελεστή 1,01 και τα αντίστοιχα για όλα τα λοιπά τιμολόγια εκτός του γενικού υπολογίζονται με συντελεστή 0,90. Το σύνολο των ετησίων εσόδων κατανάλωσης νερού είναι το άθροισμα των ετήσιων εσόδων των επιμέρους τιμολογίων. Το σύνολο ετησίων εσόδων δικαιωμάτων χρήσης υπονόμων υπολογίζεται με συντελεστή 0,75 επί του συνόλου ετησίων εσόδων κατανάλωσης νερού.

Σύμφωνα με στοιχεία της κατανάλωσης νερού, η ποσότητα λυμάτων που παροχετεύεται τελικά στο δίκτυο αποχέτευσης είναι το 88,1% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης νερού. Για να υπολογιστεί η ημερήσια ποσότητα λυμάτων, διαιρείται, προφανώς, η ετήσια ποσότητα λυμάτων με τον αριθμό των ημερών ενός έτους. Στον πίνακα 23 υπολογίζονται τα έσοδα και η ημερήσια ποσότητα λυμάτων.

Πίνακας 23. Υπολογισμός εσόδων και ποσότητας λυμάτων

Συνολική ετήσια κατανάλωση νερού (σε ΚΜ)	**2.600.000**
Συνολική ετήσια κατανάλωση νερού με γενικό τιμολόγιο (σε ΚΜ)	2.132.000
Συνολική ετήσια κατανάλωση νερού με όλα τα λοιπά τιμολόγια εκτός γενικού τιμολογίου (σε ΚΜ)	468.000
Ετήσια έσοδα κατανάλωσης νερού με γενικό τιμολόγιο (σε €)	2.153.320
Ετήσια έσοδα κατανάλωσης νερού με όλα τα λοιπά τιμολόγια εκτός γενικού τιμολογίου (σε €)	421.200
Σύνολο ετησίων εσόδων κατανάλωσης νερού (σε €)	2.574.520
Σύνολο ετησίων εσόδων δικαιωμάτων χρήσης υπονόμων (σε €)	**1.930.890**
Ετήσια ποσότητα λυμάτων που παροχετεύεται στο δίκτυο αποχέτευσης (σε ΚΜ)	2.290.600
Ημερήσια ποσότητα λυμάτων που εισέρχεται στο ΚΕΛ (σε ΚΜ)	**6.275**

Όσον αφορά τα έξοδα λειτουργίας του ΚΕΛ προκύπτουν ως άθροισμα των επιμέρους κοστών που φαίνονται στους πίνακες 16, 17, 20 και 22 και μεταβάλλονται ανάλογα με τη μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων. Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα έξοδα συντήρησης του ΚΕΛ που φαίνονται στον πίνακα 21. Το άθροισμα των 2 προαναφερθέντων εξόδων είναι το σύνολο εξόδων λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ και απεικονίζονται στον πίνακα 24.

Πίνακας 24. Ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ

Κόστος χημικών (σε €)	58.765
Κόστος μεταφοράς αφυδατωμένης ιλύος και παραπροϊόντων επεξεργασίας (σε €)	876.000
Μισθολογικό κόστος (σε €)	313.557
Κόστος συντήρησης (σε €)	90.000
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (σε €)	408.706
Λοιπά κόστη (σε €)	87.852
Σύνολο (σε €)	**1.834.880**

Επιπροσθέτως, σε ένα έργο υπάρχουν αποσβέσεις που πρέπει να υπολογιστούν. Η ακαθάριστη και η καθαρή απόσβεση ενός έργου υπολογίζονται από τους παρακάτω τύπους αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα για τις αποσβέσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 24.

$$Ακαθάριστη\ απόσβεση = \frac{Ακαθάριστο\ κόστος}{Ωφέλιμη\ ζωή}$$

$$Καθαρή\ απόσβεση = Ακαθάριστη\ απόσβεση - \frac{Επιχορήγηση}{Ωφέλιμη\ ζωή}$$

Πίνακας 25. Αποσβέσεις έργων

Αποσβέσεις / Έργα	Ακαθάριστες (σε €)	Καθαρές (σε €)
Κόστους κατασκευής των βασικών συλλεκτήρων αποχέτευσης λυμάτων	250.000	100.000
Κόστους κατασκευής έργων Πολιτικού Μηχανικού του ΚΕΛ	250.000	125.000
Κόστους κατασκευής έργων Ηλεκτρολόγου Μηχανικού του ΚΕΛ	250.000	100.000
Σύνολο	**750.000**	**325.000**

Τα κέρδη προ τόκων, φόρων και αποσβέσεων είναι η διαφορά των ετησίων εσόδων δικαιωμάτων χρήσης υπονόμων με τα ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ.

Τα κέρδη προ φόρων είναι η διαφορά των κερδών προ τόκων, φόρων και αποσβέσεων με τις αποσβέσεις.

Στη συνέχεια λαμβάνονται υπόψη οι φόροι (συντελεστής φόρου εισοδήματος 29%) και υπολογίζονται τα κέρδη μετά από φόρους. Το κόστος αντικαταστάσεων έργων Η-Μ του ΚΕΛ φαίνεται στον πίνακα 21.

Τα κέρδη προ τόκων, φόρων & αποσβέσεων (EBITDA) δίνονται από τον παρακάτω τύπο:

$$EBITDA = Σύλολο\ ετησίων\ εσόδων\ δικαιωμάτων\ χρήσης\ υπονόμων - Σύνολο\ ετησίων\ εξόδων\ λειτουργίας\ και\ συντήρησης\ του\ ΚΕΛ$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει τόκος. Τα κέρδη προ φόρων (EBT) δίνονται από τον παρακάτω τύπο.

$$EBT = EBITDA - Σύνολο\ καθαρών\ αποσβέσεων$$

Ο φορολογικός συντελεστής είναι 29% κι επομένως μπορούν να υπολογιστούν τα κέρδη μετά από φόρους (EAT).

Για να υπολογιστεί η ελεύθερη ταμειακή ροή (Free cash flow) αφαιρείται το κόστος αντικαταστάσεων έργων Ηλεκτρολόγου Μηχανικού του ΚΕΛ από το άθροισμα των καθαρών αποσβέσεων και των κερδών μετά από φόρους.

Τα αποτελέσματα για τον υπολογισμό της ελεύθερης ταμειακής ροής φαίνονται στον πίνακα 26.

Πίνακας 26. Υπολογισμός της ελεύθερης ταμειακής ροής

Κέρδη προ φόρων τόκων & αποσβέσεων (σε €)	96.010
Σύνολο καθαρών αποσβέσεων (σε €)	325.000
Κέρδη προ φόρων (σε €)	-228.990
Φόρος εισοδήματος 29% (σε €)	-66.407
Κέρδη μετά από φόρους (σε €)	-162.583
Κόστος αντικαταστάσεων έργων Η-Μ του ΚΕΛ (σε €)	10.000
Ελεύθερη ταμειακή ροή (σε €)	**152.417**

Η ελεύθερη ταμειακή ροή πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή παρούσας αξίας, ο οποίος μεταβάλλεται ανά έτος, και υπολογίζεται για κάθε έτος η παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής. Δηλαδή ο υπολογισμός της προκύπτει ως το γινόμενο της ελεύθερης ταμειακής ροής επί το συντελεστή προεξόφλησης με βάση το μέσο σταθμισμένο κόστος κεφαλαίου (προεξοφλητικό επιτόκιο). Το ετήσιο προεξοφλητικό επιτόκιο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 10%. Επομένως ο συντελεστής προεξόφλησης για το 1^{ο} έτος είναι 0,909, για το 2^{ο} έτος είναι 0,826 κ.ο.κ.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η σωρευτική παρούσα αξία της ελεύθερης ταμειακής ροής, η οποία προκύπτει ως το άθροισμα της παρούσας αξίας της ετήσιας ελεύθερης ταμειακής ροής όλων των ετών της θεωρούμενης περιόδου. Αν στο πέρας της εξεταζόμενης περιόδου εκμετάλλευσης η σωρευτική παρούσα αξία είναι θετική τότε η επένδυση είναι συμφέρουσα.

Στο τέλος πρέπει να ληφθεί υπόψη και να αφαιρεθεί το κόστος εγκατάστασης του έργου από τη σωρευτική παρούσα αξία για να εκτιμηθεί συνολικά αν η επένδυση είναι συμφέρουσα. Έτσι υπολογίζεται η συνολική σωρευτική παρούσα αξία.

Τα αποτελέσματα για το 2016, που είναι το πρώτο από τα 40 έτη εκμετάλλευσης της επένδυσης, παρουσιάζονται στον πίνακα 27.

Πίνακας 27. Υπολογισμός σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής για το έτος 2016

Ελεύθερη Ταμειακή ροή (σε €)	**152.417**
Συντελεστής παρούσας αξίας (προεξόφλησης) για ετήσιο προεξοφλητικό επιτόκιο 10%	0,909
Παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	138.547
Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**138.547**
Συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**-10.861.453**

Αντίστοιχα υπολογίζονται τα αποτελέσματα για κάθε έτος εκμετάλλευσης της επένδυσης. Τα αποτελέσματα για το 2055, που είναι και το τελευταίο από τα 40 έτη της εξεταζόμενης περιόδου, φαίνονται στον πίνακα 28.

Πίνακας 28. Υπολογισμός σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής για το έτος 2055

Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**1.397.174**
Συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**-9.602.826**

Επομένως η συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής είναι αρνητική κι επομένως σύμφωνα με το κριτήριο της ΚΠΑ η συγκεκριμένη επένδυση δεν είναι συμφέρουσα από οικονομική άποψη.

Ωστόσο είναι σημαντικό ότι η σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής είναι θετική οπότε αυτό σημαίνει ότι με τη μεταβολή ορισμένων παραμέτρων μπορεί η επένδυση να γίνει βιώσιμη. Αν για παράδειγμα αυξηθεί ο συντελεστής ανά κυβικό μέτρο νερού για γενικό τιμολόγιο και γίνει 1,90 τότε η επένδυση γίνεται βιώσιμη. Τα αποτελέσματα αυτής της αλλαγής για το έτος 2055 παρουσιάζονται στον πίνακα 29.

Πίνακας 29. Υπολογισμός νέας σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής με μεταβολή του συντελεστή γενικού τιμολογίου για το έτος 2055

Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**11.286.423**
Συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**286.423**

Μια άλλη παράμετρος που θα μπορούσε να μεταβληθεί είναι και τα ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 24. Αν αυτά μειωθούν για παράδειγμα κατά 146.790 € (μείωση 8%) τότε βελτιώνεται σημαντικά η συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής για το έτος 2055 όπως φαίνεται στον πίνακα 30.

Πίνακας 30. Υπολογισμός νέας σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής με μεταβολή των εξόδων λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ για το έτος 2055

Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**2.416.836**
Συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)	**-8.583.164**

Η τεχνικοοικονομική αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου στοχεύει στα εξής:

Α) Στην αποτίμηση της αξίας του έργου

Β) Στην χρηματοοικονομική εκτίμηση της σκοπιμότητας κατασκευής του και

Γ) Στην εκτίμηση του ενεχόμενου κινδύνου (ρίσκου).

Ωστόσο σε μια τέτοια επένδυση, όπως είναι η δημιουργία ενός ΚΕΛ, δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα επιστρεφόμενα κέρδη, δηλαδή η παρούσα αξία των κερδών, αλλά πρέπει να εξετάζεται η κοινωνική και περιβαλλοντική πλευρά της, καθώς και η επίδραση στην Εθνική οικονομία.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα έχει επιβληθεί τεράστιο πρόστιμο ανά ημέρα καθυστέρησης υλοποίησης περιβαλλοντικών έργων από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο εξαιτίας της μη δημιουργίας δικτύου εγκαταστάσεων επικίνδυνων αποβλήτων, των παράνομων χωματερών και των αστικών λυμάτων. Επομένως η δημιουργία ενός ΚΕΛ είναι επιβεβλημένη καθώς θα

εξοικονομηθούν εκατομμύρια ευρώ που δίνονται σε πρόστιμα.[1] Το πρόστιμο που καλείται να πληρώσει η χώρα μας για κάθε ημέρα καθυστέρησης του συγκεκριμένου έργου ανέρχεται περίπου στα 35.000 € ημερησίως και αντίστοιχα στα 12.775.000 € ετησίως. (enikonomia.gr, 2016)

8.2. Ανάλυση ευαισθησίας

Στη συνέχεια μελετάται η εξάρτηση της σωρευτικής παρούσας αξίας της ελεύθερης ταμειακής ροής από την μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων.

Επομένως, θεωρούμε την μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων ως μεταβαλλόμενη ποσότητα (ανεξάρτητη μεταβλητή). Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται στον πίνακα 31 και απεικονίζονται γραφικά στο σχήμα 12. Συγκεκριμένα μελετάται η σωρευτική παρούσα αξία της ελεύθερης ταμειακής ροής με μεταβολή της ποσότητας εισερχόμενων λυμάτων από 3.000 έως 7.500 κυβικά μέτρα (ΚΜ) με βήμα 500 κυβικά μέτρα (ΚΜ).

Πίνακας 31. Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής για μεταβαλλόμενη ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων από 3.000 έως 7500 ΚΜ με βήμα 500 ΚΜ

Μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε ΚΜ)	Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)
3.000	-1.740.270
3.500	-791.230
4.000	170.561
4.500	18.365
5.000	994.743
5.500	1.979.073
6.000	852.177
6.500	1.844.742
7.000	3.475.420
7.500	3.845.170

[1] Βλ. http://www.enikonomia.gr/timeliness/52732,Me-hmerhsio-prostimo-18-ekat-eyrw-apeileitai-h-Ellada-gia-ta-apovlhta.html

Σχήμα 12. Γραφική απεικόνιση σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής για μεταβαλλόμενη ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων από 3.000 έως 7500 ΚΜ με βήμα 500 ΚΜ

Έπειτα μελετάται η σωρευτική παρούσα αξία της ελεύθερης ταμειακής ροής για μεταβαλλόμενη μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων για ένα μικρότερο διάστημα τιμών, το οποίο αποτελεί υποδιάστημα της περίπτωσης που μελετήθηκε προηγουμένως. Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται παρακάτω στον πίνακα 32 κι απεικονίζονται γραφικά στο σχήμα 13. Συγκεκριμένα μελετάται η σωρευτική παρούσα αξία της ελεύθερης ταμειακής ροής με μεταβολή της ποσότητας εισερχόμενων λυμάτων από 4.500 έως 6.900 κυβικά μέτρα (ΚΜ) με βήμα 300 κυβικά μέτρα (ΚΜ).

Πίνακας 32. Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής για μεταβαλλόμενη ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων από 4.500 έως 6900 ΚΜ με βήμα 300 ΚΜ

Μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων (σε ΚΜ)	Σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής (σε €)
4.500	18.365
4.800	604.080
5.100	1.192.182
5.400	1.782.450
5.700	2.374.694
6.000	852.177
6.300	1.447.900
6.600	2.045.166
6.900	2.643.864

Σχήμα 13. Γραφική απεικόνιση σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής για μεταβαλλόμενη ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων από 4.500 έως 6900 ΚΜ με βήμα 300 ΚΜ

8.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Από την παραπάνω μελέτη προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Για ετήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων 2.600.000 κυβικών μέτρων (ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων 6.275 ΚΜ) η σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής είναι θετική. Αυτό είναι σημαντικό διότι σημαίνει ότι στο πέρας της περιόδου εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων του ΚΕΛ θα υπάρχουν άμεσα οικονομικά οφέλη από την επένδυση.
- Όμως, όταν λαμβάνεται υπόψη και το κόστος κατασκευής του ΚΕΛ η συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής είναι αρνητική. Άρα σύμφωνα με το κριτήριο της Καθαρής παρούσας αξίας η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.
- Όταν μεταβληθούν ορισμένες παράμετροι, για παράδειγμα να αυξηθεί ο συντελεστής ανά κυβικό μέτρο νερού για γενικό τιμολόγιο κατά 90% περίπου (από 1,01€/ΚΜ σε 1,90€/ΚΜ), τότε η επένδυση γίνεται βιώσιμη. Το κόστος αυτό επιβαρύνει τους καταναλωτές της περιοχής.
- Εκτός από τα έσοδα, μια άλλη παράμετρος που θα μπορούσε να μεταβληθεί είναι και τα ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ. Αν αυτά μειωθούν για παράδειγμα κατά 146.790 € (μείωση 8%) τότε βελτιώνεται η συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής κατά 10,6% (από -9.602.826€ σε -8.583.164€) στο πέρας της περιόδου εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων του ΚΕΛ.
- Ωστόσο, ακόμα και αν δε μεταβληθεί καμία παράμετρος το συγκεκριμένο έργο είναι κοινωνικό κι επομένως αξίζει να γίνει για την προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, έχει επιβληθεί πρόστιμο στην Ελλάδα από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο λόγω της μη συμμόρφωσης στους κανόνες της νομοθεσίας κι επομένως με αυτό το έργο θα εξοικονομηθούν εκατομμύρια ευρώ που δίνονται σε πρόστιμα.
- Η σωρευτική παρούσα αξία φαίνεται να παίρνει τη μέγιστη τιμή της όσο η μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων τείνει στα 8.000 κυβικά μέτρα, που όπως φαίνεται στον πίνακα 12 είναι και η ανώτατη δυνατή. Επομένως το ιδανικό από οικονομική άποψη είναι η μέση ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων να προσεγγίζει αυτήν την τιμή.
- Κατά τη μεταβολή της μέσης ημερήσιας ποσότητας εισερχόμενων λυμάτων παρατηρείται ότι η σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης

ταμειακής ροής αυξάνεται κατά διαστήματα μη γραμμικά. Ωστόσο η καμπύλη της σωρευτικής παρούσα αξίας δεν είναι συνεχώς αύξουσα σε όλο το διάστημα τιμών. Τα τμήματα της καμπύλης όπου η κλίση είναι φθίνουσα ερμηνεύονται πιθανώς από τη μεταβολή των οικονομικών δεδομένων (κόστος χημικών, μισθολογικό κόστος κ.λπ.) ανά ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων. Επίσης, από το διάγραμμα προκύπτει ότι η σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής αποκτά θετικό πρόσημο για ποσότητα μεγαλύτερη από 4.000 κυβικά μέτρα.

- Κατά τη μελέτη της σωρευτικής παρούσας αξίας ελεύθερης ταμειακής ροής στο σχήμα 13 παρατηρείται γραμμικότητα. Η κλίση είναι αύξουσα στο διάστημα από 4.500 έως 5.700 ΚΜ, φθίνουσα στο διάστημα από 5.700 έως 6.000 ΚΜ και αύξουσα στο διάστημα από 6.000 έως 6.900 ΚΜ.

9. Συμπεράσματα – Επεκτάσεις

Από την έρευνα που έγινε για τη δημιουργία ΚΕΛ στην περιοχή της Αττικής εξάγονται ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα.

Καταρχάς, η σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής είναι θετική. Αυτό είναι σημαντικό, διότι σημαίνει ότι στο πέρας της περιόδου εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων του ΚΕΛ θα υπάρχουν άμεσα οικονομικά οφέλη από την επένδυση.

Η υλοποίηση του συγκεκριμένου έργου είναι υποχρεωτική, αφού η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων απαιτεί την ύπαρξη αποχετευτικού δικτύου για τα αστικά λύματα που καταλήγουν σε ευαίσθητες περιοχές. Ειδικότερα, το άρθρο 5 επιβάλλει τα αστικά λύματα να αποτελούν το αντικείμενο επεξεργασίας αυστηρότερης από δευτεροβάθμια επεξεργασία πριν από την απόρριψη τους στις ευαίσθητες περιοχές.

Σύμφωνα με στοιχεία που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, το πρόστιμο που καλείται να πληρώσει η χώρα μας για κάθε ημέρα καθυστέρησης του συγκεκριμένου έργου ανέρχεται περίπου στο ποσό των 35.000 € ημερησίως και αντίστοιχα 12.775.000 € ετησίως. Το κόστος για την κατασκευή ενός ΚΕΛ, που ανέρχεται στα 11.000.000 €, σε συνδυασμό με το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ύψους 1.835.000 €, αντισταθμίζεται από τη μη καταβολή προστίμων σε διάστημα ενός έτους περίπου. Συνεπώς για το λόγο αυτό η επένδυση καθίσταται εξαιρετικά αποδοτική.

Αν ληφθεί υπόψη και το κόστος κατασκευής του ΚΕΛ η συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής είναι αρνητική. Άρα σύμφωνα με το κριτήριο της Καθαρής παρούσας αξίας η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Όταν ωστόσο μεταβληθούν ορισμένες παράμετροι, για παράδειγμα να αυξηθεί ο συντελεστής ανά κυβικό μέτρο νερού στο γενικό τιμολόγιο κατά 90% περίπου (από 1,01€/ΚΜ σε 1,90€/ΚΜ), τότε η επένδυση γίνεται βιώσιμη. Η επιβάρυνση αυτή όμως θα αφορά τους καταναλωτές της συγκεκριμένης περιοχής και συνεπώς θα έχει κοινωνικό κόστος.

Μια άλλη παράμετρος που θα μπορούσε να μεταβληθεί είναι και τα ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του ΚΕΛ. Αν αυτά μειωθούν για παράδειγμα κατά 146.790 € (μείωση 8%) τότε βελτιώνεται (μείωση 10,6%) η

συνολική σωρευτική παρούσα αξία ελεύθερης ταμειακής ροής κατά 1.000.000 € περίπου (από -9.602.826€ σε -8.583.164€) στο πέρας της περιόδου εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων του ΚΕΛ. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί είτε με μείωση του κόστους μεταφοράς της αφυδατωμένης ιλύος και των παραπροϊόντων επεξεργασίας είτε με εξοικονόμηση της ενέργειας μέσω συμπαραγωγής ή αξιοποίησης της ιλύος ως καύσιμο υλικό.

Επίσης, το συγκεκριμένο έργο συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, στην αξιοποίηση του υδατικού ισοζυγίου με τη χρήση ανακτημένου νερού και στη δημιουργία θέσεων εργασίας. Συνοπτικά αναφέρεται ότι η χρήση του ανακτημένου νερού αντί για πόσιμο, θα καλύψει τις ανάγκες αναδάσωσης και πυρόσβεσης στα όρη και στις δασικές περιοχές της Αττικής, θα χρησιμοποιηθεί για την άρδευση πάρκων και θα εξυπηρετήσει οικονομικά τόσο τις αστικές ανάγκες των κατοίκων της Αττικής όσο και τις βιομηχανικές ανάγκες, με αντίστοιχη αποσυμφόρηση της άντλησης υπόγειων υδάτων σε περιβαλλοντικά κρίσιμες περιοχές όπως είναι το παραλιακό μέτωπο. Επίσης, θα οδηγήσει στη δημιουργία της υποδομής και των προϋποθέσεων για τη σταδιακή ανάπτυξη ολοκληρωμένου δικτύου ανακτημένου νερού στην Αττική που θα περιλαμβάνει τη σύνδεση μέσω δευτερογενών δικτύων με τελικούς χρήστες και εσωτερικών εγκαταστάσεων χρήσης του ανακτημένου νερού σε οικοδομές, μαρίνες, αμαξοστάσια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.α. Συνεπώς, το έργο είναι χρήσιμο για κοινωνικούς λόγους αφού προσφέρει πολλαπλά οφέλη.

Επιπροσθέτως, η δημιουργία ενός επιπλέον ΚΕΛ στην περιοχή της Αττικής είναι σημαντική διότι θα υπάρχει η δυνατότητα μερικής λειτουργίας και συντήρησης του υπόλοιπου δικτύου αποχέτευσης κι επεξεργασίας λυμάτων. Συνεπώς, θα συμβάλλει ουσιαστικά στην καλύτερη και ολοκληρωμένη διαχείριση του προβλήματος των υγρών αποβλήτων, ειδικότερα αν υπάρχει η δυνατότητα συνέργειας και συνεργασίας με τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις της ευρύτερης περιοχής, τόσο στη διαδικασία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων όσο και στην αξιοποίηση των προϊόντων της επεξεργασίας των λυμάτων (ιλύς, ανακτημένο νερό κ.λπ.)

Σε περίπτωση μελλοντικής διασύνδεσης όλων των ΚΕΛ και του αποχετευτικού δικτύου της περιοχής της Αττικής θα υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας της επεξεργασίας των λυμάτων σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης κάποιας μονάδας.

Σημαντικά οφέλη μπορούν να προκύψουν από τη δυνατότητα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και την αξιοποίηση της ιλύος σαν καύσιμο υλικό ή για γεωργική χρήση (λίπασμα).

Βιβλιογραφία

1. APHA-AWWA-WEF. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*

2. Edwards, J. D. (1995). Industrial Wastewater Treatment. *CRC Press* .

3. enikonomia.gr. (2016). Ανάκτηση από http://www.enikonomia.gr/timeliness/52732,Me-hmerhsio-prostimo-18-ekat-eyrw-apeileitai-h-Ellada-gia-ta-apovlhta.html

4. IPPC. (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

5. Merck, E. *The testing of Water.* Darmstadt, Germany.

6. PROSODOL. (n.d.). *Νομοθεσία.* Ανάκτηση από http://www.prosodol.gr/?q=el/node/479

7. Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* Metcalf & Eddy.

8. W.Crites, C.Reed, & Middlebrooks, J. (2006). *Natural Wastewater Treatment Systems.* Taylor & Francis Group.

9. Ανδρεαδάκης, Α. (2000). *Προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων.* Αθήνα: Βιβλιοθήκη ΕΜΠ.

10. Ανδρεαδάκης, Α., & Μαμάης, Δ. (2005). *Απολύμανση Λυμάτων.* Βιβλιοθήκη ΤΕΕ.

11. Αυγητίδης Β., Σ. Π., & Μπελενιώτης Ν., Μ. Ν. (2003). *ΕΡΓΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.* Θεσσαλονική: ΤΕΕ.

12. Δεληγιάννης, Α. Θ. (2009). *Βιολογική επεξεργασία λυμάτων.* Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

13. Διαλυνάς, Γ. (2003). *Επεξεργασία λυμάτων με φυσικά συστήματα.* Αθήνα : Βιβλιοθήκη ΤΕΕ.

14. ΕΛΙΝΥΑΕ. (2007). *Εκτίμηση και πρόληψη των Επαγγελματικών Κινδύνων στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Υγρών Λυμάτων (Βιολογικών Καθαρισμών).* Αθήνα: Λιβάνη.

15. ΕΥΔΑΠ. (n.d.). *Επεξεργασία Λυμάτων.* Ανάκτηση από https://www.eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/Sewerage/

16. Ζοπουνίδης, Κ. (2003). *ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΟΥ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΜΑΝΑΤΖΜΕΝΤ.* Χανιά: Κλειδάριθμος.

17. Καρτέρης, Α. (2005). Αναερόβια δεξαμενή σταθεροποίησης επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων. *Διαχείριση Υγρών με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας.* Βιβλιοθήκη ΤΕΕ.

18. Κατσίρη, Α. (2004). *Αποκεντρωμένα συστήματα διαχείρισης λυμάτων.* Αθήνα: Βιβλιοθήκη ΕΜΠ.

19. Μουστάκης, Β. (2013). *Πρακτικός Οδηγός Οικονομικής Ανάλυσης.* Χανιά: Τζιόλα.

20. Παρανυχιάκης, Ν., & Αγγελάκης, Α. (2003). *Μικρά Αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας που βασίζονται σε γήινους σχηματισμούς.* Αθήνα: Βιβλιοθήκη ΤΕΕ.

21. Συμβούλιο. (1991). *Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21/5/91 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.* Βρυξέλες.

22. Τζανακούλης, Κ. (2005). Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας. Καρδίτσα: Βιβλιοθήκη ΤΕΕ.

23. Τσομπάνογλου, Γ., & Αγγελάκης, Α. (1995). *Υγρά απόβλητα: Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επεξεργασία και διάθεση εκροών.* Πανεπιστήμιο Κρήτης.

24. Τσώνης, Σ. (2004). *Επεξεργασία Λυμάτων.* Παπασωτηρίου.

25. ΥΠΕΚΑ. (n.d.). *Διαχείριση Λυμάτων.* Ανάκτηση 2017, από http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=251

26. ΥΠΕΧΩΔΕ. (2007). *ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ 2007-2013.* Αθήνα.

27. Χατζάκης, Μ. (2003). *Αξιολόγηση συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μικρής και μεσαίας κλίμακας.* Αθήνα: ΕΜΠ.