

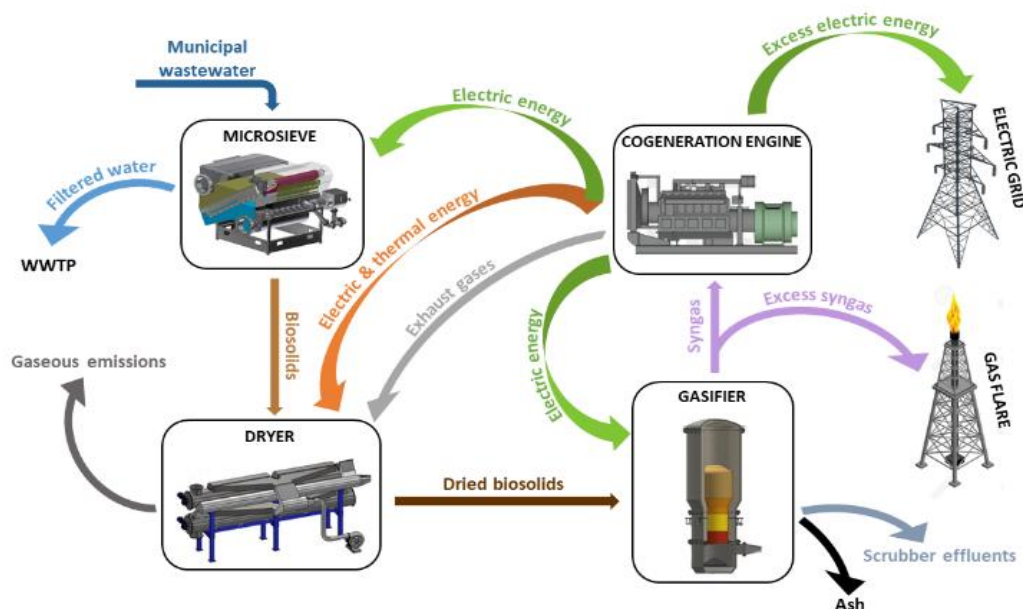


Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Σχεδιασμού Περιβαλλοντικών Διεργασιών

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΜΙΚΡΟΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ - ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΣΤΕΡΕΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ
ΝΟΜΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**



Διπλωματική Εργασία

Σύρπης Αναστάσιος

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

- 1) Καθηγητής, Γκίκας Πέτρος (επιβλέπων)
- 2) Καθηγητής, Χρυσικόπουλος Κωνσταντίνος
- 3) Καθηγητής, Στεφανάκης Αλέξανδρος

Χανιά, Φεβρουάριος 2023

“Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.”

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γκίκα Πέτρο για την εμπιστοσύνη του να μου αναθέσει μία τόσο σημαντική εργασία και για την βοήθειά του στην ολοκλήρωσή της.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την υποψήφια διδάκτωρ κα. Μάναλη Ανθή για την εξαιρετική συνεργασία, την πολύτιμη βοήθειά της και τον χρόνο που αφιέρωσε καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Χρυσικόπουλο Κωνσταντίνο και κ. Στεφανάκη Αλέξανδρο για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και στους φίλους που ήταν δίπλα μου και με στήριξαν όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζονται από τις σύγχρονες Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) είναι αφενός η ρύπανση των υδάτινων σωμάτων, αφετέρου τα υπέρογκα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία τους. Το γεγονός αυτό καθιστά την εκμετάλλευση του ενεργειακού περιεχομένου των λυμάτων μία πολλά υποσχόμενη λύση για την βελτίωση της λειτουργίας των παραδοσιακών ΕΕΛ.

Ένα καινοτόμο πιλοτικό σύστημα διαχείρισης βιοστερεών έχει εγκατασταθεί στην υφιστάμενη ΕΕΛ Ρεθύμνου. Το σύστημα έχει χωρητικότητα 5,000 m³/ημέρα (που αποτελεί περίπου το ένα τρίτο της μέσης ημερήσιας παροχής λυμάτων της ΕΕΛ) και αποτελείται από τις εξής διαδοχικές διαδικασίες: μικροκοσκίνιση, ζήρανση και αεριοποίηση. Αποτέλεσμα αυτής της επεξεργασίας είναι η παραγωγή ενέργειας μέσω των μικροκοσκινισμένων βιοστερεών. Κατά συνέπεια μειώνονται οι συνολικές ενεργειακές ανάγκες της ΕΕΛ, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιείται η απόρριψη ρύπων λόγω της διάθεσης λυματολάσπης.

Οι διαρκείς απορρίψεις λυμάτων πιέζουν ολοένα και περισσότερο την σύγχρονη οικολογική κατάσταση, με αποτέλεσμα πολλά υδάτινα σώματα ανά την Ευρώπη να μην συνάδουν με τις Οδηγίες - Πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα. Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η χαρτογράφηση των σχετικών νομοθεσιών, κανονισμών και οδηγιών έτσι ώστε να υποδείξει την συνεισφορά του έργου στη διαμόρφωση του νομικού πλαισίου διαχείρισης λυμάτων. Σε πρώτο στάδιο μελετήθηκε η συμβολή του καινοτομικού συστήματος στο πλαίσιο της Ελληνικής νομοθεσίας και ακολούθως σύμφωνα με τις οδηγίες που έχουν οριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπλέον, εκτιμάται η συνεισφορά του συστήματος στην διαμόρφωση νέων, περιβαλλοντικά φιλικότερων κανονισμών.

Η προτεινόμενη μέθοδος προ-επεξεργασίας λυμάτων και αξιοποίησης των παραγόμενων βιοστερεών συνεισφέρει στην βελτίωση των βασικών περιβαλλοντικών προβλημάτων που απορρέουν από τις παραδοσιακές ΕΕΛ. Βασικό στόχο αποτελεί η βελτιστοποίηση της απόδοσης εκροής της ΕΕΛ Ρεθύμνου κατά την απομάκρυνση των στερεών που βρίσκονται στα λύματα, με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά η ρύπανση των υδάτινων σωμάτων. Ακόμα, χάρη στην παραγωγή ενέργειας μέσω των βιοστερεών, το σύστημα μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης καθίσταται ενεργειακά συμφέρον, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικά τις ενεργειακές απαιτήσεις της υφιστάμενης ΕΕΛ.

Λέξεις - κλειδιά: βιοστερεά, διαχείριση λυμάτων, μικροκοσκίνιση, αεριοποίηση, νομοθεσία, κανονισμοί.

Abstract

The most prevalent environmental problems that are presented by modern Wastewater Treatment Plants (WWTPs) are, on the one hand the pollution of water bodies, on the other hand the excessive amounts of energy that are required for their proper operation. In the wake of these issues, the exploitation of the energy content of wastewater is a promising solution for improving the performance of traditional WWTPs.

An innovative treatment system of biosolids has been installed at the existing WWTP in Rethymno. The system has a capacity of 5,000 m³/day (which is approximately a third of the average daily wastewater supply) and consists of the following processes in sequence: microsieving, drying and gasification. As a result of this treatment there is energy production through microsieved biosolids. That leads to reduced total energy requirements of the WWTP, while simultaneously the discharge of pollutants due to the disposal of sewage sludge is minimized.

The continuous wastewater discharges are putting constant pressure on the modern ecological situation. As a result, many of the water bodies across Europe are not in line with the European Union's Water Directives. The scope of this thesis is to map the laws, regulations and directives for the project in order to indicate its contribution to the formation of the legal framework for wastewater management.

The proposed method of wastewater treatment and the utilization of the produced biosolids, contributes to the improvement of the environmental problems arising from the traditional WWTPs. The main objective of the project is the optimization of the output performance of the WWTP in Rethymno during the removal process of the solids contained in the wastewater, resulting in significant reduction of the pollution of water bodies. Furthermore, thanks to the energy production through biosolids, the microsieving - gasification system is energy effective, thus remarkably reducing the energy requirements of the existing WWTP.

Keywords: biosolids, wastewater management, microsieving, gasification, legislation, regulations.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Κατάλογος Εικόνων	8
Κατάλογος Πινάκων	8
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 2: Μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και διαχείρισης βιοστερεών	10
2.1 Υγρά απόβλητα & Βιοστερεά	10
2.2 Ενεργειακές απαιτήσεις	11
2.3 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων	11
2.3.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	12
2.3.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία	12
2.3.3 Τριτοβάθμια επεξεργασία	13
2.3.4 Απολύμανση	13
2.3.5 Διεργασίες μεμβρανών	14
2.3.6 Φυσικές μέθοδοι.....	14
2.4 Διαχείριση βιοστερεών.....	15
2.4.1 Αφυδάτωση.....	15
2.4.2 Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας	16
2.4.3 Κομποστοποίηση	17
Κεφάλαιο 3: Περιγραφή της ΕΕΛ Ρεθύμνου	19
3.1 Σχεδιασμός της εγκατάστασης.....	19
3.2 Μονάδες επεξεργασίας	21
3.2.1 Φρεάτιο λυμάτων	22
3.2.2 Εσχάρωση	22
3.2.3 Εξάμμωση.....	22
3.2.4 Βιολογική επεξεργασία	23
3.2.5 Απολύμανση & διάθεση λυμάτων.....	26
3.2.6 Επεξεργασία ιλύος	27
3.2.7 Υποδοχή και εξισορρόπηση βοθρολυμάτων	28
3.2.8 Υποδοχή βιομηχανικών αποβλήτων.....	29

3.2.9 Μονάδα βιομηχανικού νερού	30
Κεφάλαιο 4: Το έργο LIFE B2E4sustainable-WWTP	31
4.1 Σκοπός του έργου.....	31
4.2 Περιγραφή συστήματος	31
4.2.1 Μικροκοσκίνιση	32
4.2.2 Ξήρανση	33
4.2.3 Αεριοποίηση/Παραγωγή ενέργειας	33
Κεφάλαιο 5: Σκοπός της εργασίας.....	35
Κεφάλαιο 6: Το νομικό πλαίσιο.....	36
6.1 Ελλάδα	36
6.1.1 Εναρμόνιση – ΚΥΑ 5673/400/1997 (Β192): Μέτρα και Όροι για την επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων.	36
6.1.2 Νόμος 4042/2012: Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων.	36
6.1.3 Νόμος 4819/2021: Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων.	38
6.1.4 ΚΥΑ 80568/4225/1991: Μέθοδοι, όροι και περιορισμοί για την χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων. .	39
6.1.5 Κανονισμός 741/2020 - ΚΥΑ 145116/2011: Διατάξεις σχετικές με την επαναχρησιμοποίηση νερού.	40
6.2 Ευρωπαϊκή Ένωση.....	43
6.2.1: Η διαδικασία εναρμόνισης με το ευρωπαϊκό δίκαιο.....	43
6.2.2 Οδηγία 2000/60/EC για το νερό: Μείωση της ύφεσης των υδάτινων σωμάτων σε ολόκληρη την Ε.Ε.....	43
6.2.3 Οδηγία 91/271/ECC για τα αστικά λύματα: Ενίσχυση των δυνατοτήτων των ΕΕΛ.	44
6.2.4 Οδηγία 86/278/EEC για την παραγόμενη ιλύ: Ελαχιστοποίηση παραγωγής ιλύος.	45
6.2.5 Οδηγία 1999/31/EC για υγειονομική ταφή: Αποτροπή διάθεσης αποβλήτων.....	46
6.2.6 Οδηγία ενεργειακής απόδοσης 2012/27/EU.	47
6.2.7 European Innovation Partnership on Water: Ευρωπαϊκή Σύμπραξη Καινοτομίας για αντιμετώπιση προκλήσεων σε σχέση με το νερό.	48
6.2.8 Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN/TC 165), έργο Deep Purple: Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την τυποποίηση της μηχανικής λυμάτων στην Ε.Ε.	49
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα - Προτάσεις	52
Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία	53
8.1 Ξένη βιβλιογραφία	53

8.2 Ελληνική βιβλιογραφία.....	54
--------------------------------	----

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Ροή τυπικής ΕΕΛ (Wongburi, 2018).	10
Εικόνα 2.2: Δεξαμενή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (Γκίκας, 2020).....	12
Εικόνα 2.3: Ροή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας (Γκίκας, 2020).	13
Εικόνα 2.4: Τυπική διάταξη δεξαμενής χλωρίωσης (Γκίκας, 2020).	14
Εικόνα 2.5: Τυπική μονάδα ταινιοφιλτρόπρεσσας (Γκίκας, 2020).	15
Εικόνα 2.6: Αφυδάτωση με φυγοκέντρωση (Γκίκας, 2020).	16
Εικόνα 2.7: Διεργασία κομποστοποίησης (Γκίκας, 2020).....	18
Εικόνα 3.1: ΕΕΛ Ρεθύμνου - Τοποθεσία μονάδας LIFE (Τσαμουτσόγλου, 2020).	19
Εικόνα 3.2: Μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ρεθύμνου (Τσαμουτσόγλου, 2020).	21
Εικόνα 3.3: Εξαμμητής σταθερής ροής μίας τυπικής ΕΕΛ (Γκίκας, 2020).	23
Εικόνα 3.4: ΔΔΚ κυκλικής διατομής μίας τυπικής ΕΕΛ (Γκίκας, 2020).	25
Εικόνα 3.5: ΔΔΚ ορθογωνικής διατομής μίας τυπικής ΕΕΛ (Γκίκας, 2020).	25
Εικόνα 4.1: Διάγραμμα ροής του συστήματος του έργου LIFE B2E4sustainable-WWTP (Biosolids2energy, 2018).	32
Εικόνα 4.2: Σύστημα μικροκοσκίνισης RBF (Biosolids2energy, 2018).....	32
Εικόνα 4.3: Σύστημα ξήρανσης (Biosolids2energy, 2018).	33
Εικόνα 4.4: Σύστημα αεριοποίησης (Biosolids2energy, 2018).	34

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Ρυπαντικά και υδραυλικά φορτία σχεδιασμού ΕΕΛ Ρεθύμνου (ΑΕΠΟ, 2014). 19	
Πίνακας 3.2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου της ΕΕΛ Ρεθύμνου (ΑΕΠΟ, 2014).	20
Πίνακας 3.3: Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εξάμμωσης (Κεχαγιαδάκη, 2019).	22
Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστικά δεξαμενών αερισμού (Ματσούκα, 2003).....	24
Πίνακας 3.5: Χαρακτηριστικά ΔΔΚ κυκλικής διατομής (Ματσούκα, 2003).	24
Πίνακας 3.6: Χαρακτηριστικά δεξαμενής χλωρίωσης (Κεχαγιαδάκη, 2019).	26
Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά μονάδας βιομηχανικών αποβλήτων (ΑΕΠΟ, 2014).	29

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει την συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και τελική διάθεση ή επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων τα οποία προέρχονται από κατοικίες και εμπορικές/βιομηχανικές εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με τα όμβρια, υπόγεια και επιφανειακά ύδατα που ενδέχεται να υπάρχουν στην περιοχή.

Η επεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), οι οποίες έχουν ως βασικό στόχο την ελαχιστοποίηση των επιβλαβών ουσιών που περιέχονται στα λύματα, έτσι ώστε η απόρριψή τους στον τελικό υδάτινο αποδέκτη να μην επηρεάσει την ποιότητά του. Επιπλέον, οι ΕΕΛ στην Ελλάδα παράγουν σημαντική ποσότητα βιοστερεών τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αξιοποιηθούν ενεργειακά, με πρακτικές που είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον συγκριτικά με την απόρριψή τους.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις ΕΕΛ απαιτούν σημαντικά ποσά ενέργειας για την λειτουργία τους και η αύξηση του πληθυσμού έχει οδηγήσει στην επέκταση του μεγέθους των ΕΕΛ έτσι ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις αυξανόμενες ποσότητες εισερχόμενων λυμάτων, με αποτέλεσμα οι ΕΕΛ να αποτελούν σημαντικούς καταναλωτές ενέργειας. Οι ενεργειακές δαπάνες μίας ΕΕΛ αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους συντελεστές κόστους της και τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί λόγω της αύξησης του κόστους ενέργειας. Επιπλέον, εξαιτίας της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού και της ολοένα και μεγαλύτερης ζήτησης για επαναχρησιμοποίηση, οι απαιτήσεις ενέργειας των ΕΕΛ αναμένεται να αυξηθούν περισσότερο σε παγκόσμια κλίμακα.

Η μείωση της απόδοσης των εκροών των ΕΕΛ, η μείωση των ενεργειακών τους απαιτήσεων καθώς και η επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας των μονάδων αποτελούν σημαντικά εργαλεία τόσο για την βελτίωση της λειτουργίας των ΕΕΛ, όσο και για την βελτίωση της ποιότητας του υδάτινου περιβάλλοντος. Ακόμα, η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας μίας ΕΕΛ μετριάζει και την κλιματική αλλαγή, καθώς αφενός μειώνεται η κατανάλωση φυσικών πόρων για την παραγωγή ενέργειας, αφετέρου με την ανάκτηση ενέργειας από τα λύματα αντικαθίστανται ένα μέρος της ενέργειας που παράγεται από τα ορυκτά καύσιμα.

Κεφάλαιο 2: Μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και διαχείρισης βιοστερεών

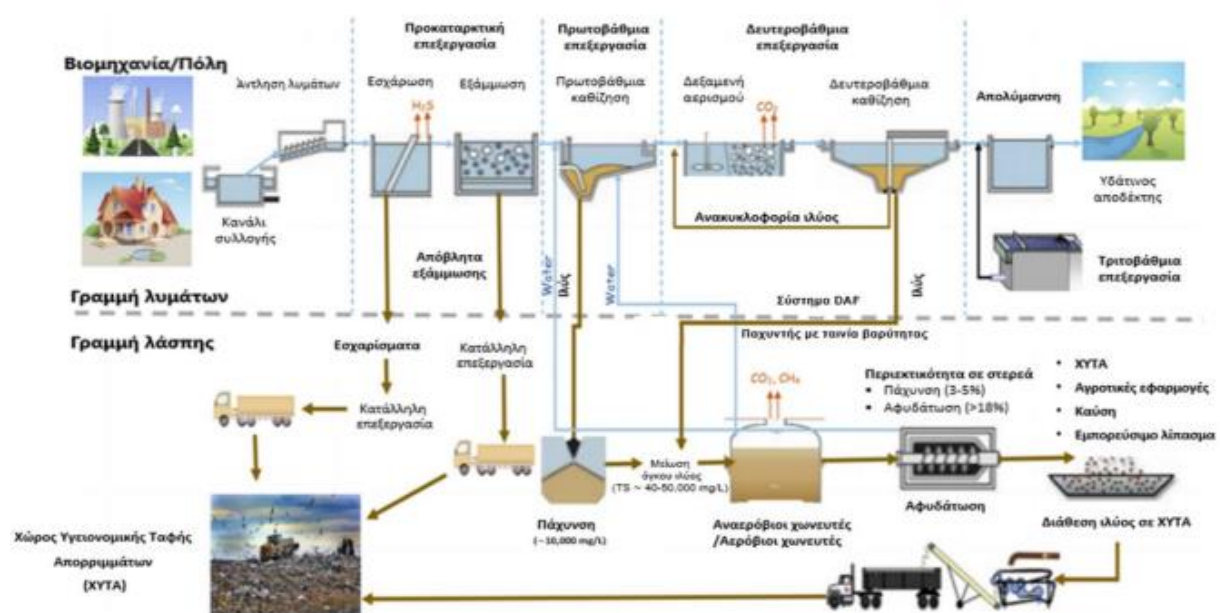
2.1 Υγρά απόβλητα & Βιοστερεά

Ως απόβλητα ορίζονται τα παραπροϊόντα της ανθρώπινης δραστηριότητας τα οποία δεν έχουν άμεση χρησιμότητα και διατίθενται άμεσα στο φυσικό περιβάλλον. Τα υγρά απόβλητα αποτελούν το σύνολο των υγρών απορροών και ρύπων των αποβλήτων, τα οποία μεταφέρονται και απομακρύνονται από την υγρή φάση (Κορνάρος, 2002)

Βιοστερεά ονομάζονται τα στερεά που περιέχονται στα υγρά απόβλητα και αποτελούνται από οργανικά και θρεπτικά συστατικά που χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό του εδάφους μέσω διεργασιών όπως η σταθεροποίηση και η κομποστοποίηση (WEF, 2010).

Με την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων (τα οποία είναι βεβαρημένα με τοξικές ουσίες) προκαλούνται σημαντικά προβλήματα ρύπανσης, όπως ευτροφισμός και ελάττωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των νερών. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αναπτύχθηκαν μέθοδοι καθαρισμού αστικών λυμάτων/βιομηχανικών αποβλήτων, ενώ παράλληλα θεσπίστηκαν νόμοι για την πρόληψη και περιορισμό της ρύπανσης. Επιπλέον, θεσπίστηκαν όρια για την απόρριψη αποβλήτων καθώς και για τα πρότυπα ποιότητάς τους (Κουϊμτζής κ.α, 1994; Οδηγία 91/271/ΕΟΚ; ΚΥΑ 80568/4225/91; ΚΥΑ 145116/2011).

Όλα τα συστήματα καθαρισμού αποβλήτων περιλαμβάνουν στάδια επεξεργασίας (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια) τα οποία αποτελούνται από διάφορες διεργασίες με τις οποίες καταλήγουμε στον απαραίτητο βαθμό καθαρισμού των λυμάτων. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των εκάστοτε λυμάτων επιλέγεται ο πιο κατάλληλος συνδυασμός μεθόδων για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού καθαρισμού με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Ακόμα, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται παραγωγή παραπροϊόντων (εσχαρίσματα, άμμος, ιλύς) τα οποία απαιτούν με την σειρά τους επεξεργασία πριν την τελική διάθεσή τους (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Ροή τυπικής ΕΕΛ (Wongburi, 2018).

2.2 Ενεργειακές απαιτήσεις

Βάσει πρόσφατων μελετών, εκτιμάται ότι η λειτουργία των ΕΕΛ απαιτεί περίπου το 1% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας μίας χώρας (Cao, 2011). Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μίας ΕΕΛ κυμαίνεται μεταξύ 0.3 - 2.1 kWh/m³ (Gandiglio et al., 2017). Επιπλέον, Electric Power Research Institute (EPRI) and Water Research Foundation (WRF) αναφέρουν παρόμοια κατανάλωση ενέργειας (0.413 έως 0.87 kWh/m³) που εξαρτάται από το μέγεθος της εκάστοτε ΕΕΛ (EPRI, 2013). Πρόσφατη μελέτη που διεξήχθη στην Ελλάδα και δημοσιεύτηκε το 2020 έδειξε ότι η κατανάλωση ενέργειας μίας ΕΕΛ κυμαίνεται μεταξύ 0.128 - 2.280 kWh/m³, γεγονός που επισημαίνει την μεγάλη διακύμανση των ενεργειακών απαιτήσεων και προειδοποιεί για την βελτίωση της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Το δείγμα της μελέτης αποτελούν ΕΕΛ με μέση παροχή λυμάτων 300 m³/d έως 27,000 m³/d και δυνατότητα εξυπηρέτησης αναγκών 1,100 έως 56,000 Ισοδύναμων Κατοίκων (Siatou et al., 2020).

2.3 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα οδηγούνται από το φρεάτιο συγκέντρωσης των εκροών των αποχετεύσεων στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ. Αρχικά, τα λύματα εισέρχονται μέσω αγωγών στην δεξαμενή βοθρολυμάτων (η οποία λειτουργεί ως χώρος υποδοχής) προτού μεταφερθούν στην κύρια γραμμή επεξεργασίας. Η δεξαμενή βοθρολυμάτων είναι εξοπλισμένη με σύστημα μηχανικής ανάδευσης και κλείνεται έτσι ώστε η εκπομπή οσμών να είναι η ελάχιστη δυνατή.

Ακολουθεί η διαδικασία της εσχάρωσης, η οποία επιτυγχάνεται με χρήση λεπτών ή χονδρών σχαρών (συνήθως εγκαθίστανται χονδρές σχάρες καθώς ο καθαρισμός τους γίνεται μηχανικά). Σκοπός της διεργασίας είναι η κατακράτηση και απομάκρυνση μεγάλων αντικειμένων (κλαδιά, πλαστικά) τα οποία προκαλούν προβλήματα δυσλειτουργίας στα συστήματα που ακολουθούν (εμφράξεις αγωγών, βλάβες κ.α). Τα ογκώδη στερεά συγκεντρώνονται στις σχάρες, απομακρύνονται, αποθηκεύονται σε κλειστούς χώρους και τελικά απορρίπτονται σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Απαραίτητο είναι να λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

- Ο απαιτούμενος βαθμός απομάκρυνσης.
- Η υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων.
- Ενδεχόμενες δυσάρεστες οσμές.
- Η κατάλληλη μεταφορά.
- Οι δυνατότητες διάθεσης.

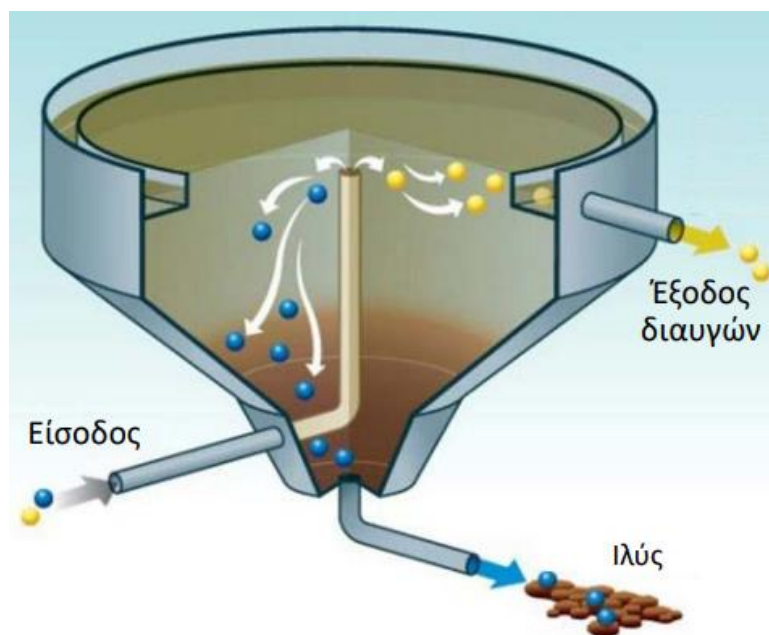
Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η διαδικασία της εξάμμωσης, σκοπός της οποίας είναι η απομάκρυνση άμμου, χαλικιών, αμμοχάλικου, τέφρας και άλλων στερεών με διάμετρο μεγαλύτερη των 2 mm. Τα βαρύτερα σωματίδια έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα καθίζησης, οπότε μόλις εισέλθουν στη δεξαμενή εξάμμωσης καθιζάνουν γρηγορότερα (η ταχύτητα καθίζησης επηρεάζεται και από την ταχύτητα περιστροφής ή ανάδευσης στον πυθμένα της δεξαμενής). Ο στόχος της εξάμμωσης είναι η προστασία του εξοπλισμού από μη φυσική φθορά, η ελαχιστοποίηση της συχνότητας καθαρισμού των χωνευτών και η μείωση του

σχηματισμού αποθέσεων στο σύστημα σωληνώσεων. Έπειτα, η συλλεγόμενη άμμος με τα στερεά στραγγίζονται και συλλέγονται σε δοχεία πριν την τελική διάθεσή τους σε ΧΥΤΑ.

Μετά από τις παραπάνω διεργασίες έχουν πλέον απομακρυνθεί τα μεγάλα στερεά από τα απόβλητα και ακολουθούν οι επεξεργασίες για την αφαίρεση των μικρότερων σωματιδίων καθώς και των οργανικών και ανόργανων υλικών.

2.3.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερεών διαμέτρου 0.1 - 0.01 mm που βρίσκονται στα απόβλητα (Εικόνα 2.2). Τα απόβλητα εισέρχονται στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης και παραμένουν σε συνθήκες ηρεμίας μέχρι τα σωματίδια να καθιζάνουν λόγω βαρύτητας. Στη συνέχεια τα καθιζάνοντα στερεά συλλέγονται με χρήση ξέστρων και οδηγούνται στη διάταξη επεξεργασίας ιλύος, ενώ παράλληλα τα λίπη και έλαια συλλέγονται από την επιφάνεια. Με το πέρας της διαδικασίας έχουν απομακρυνθεί τα Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (Total Suspended Solids, TSS) κατά 50-70% και το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD) κατά 20-40% (Στάμου & Βογιατζής, 1994). Οι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται είναι είτε κυκλικές, είτε ορθογώνιες και συνίσταται να υπάρχουν τουλάχιστον δύο έτσι ώστε η διεργασία να συνεχίζεται όταν μία από τις δεξαμενές δεν λειτουργεί λόγω συντήρησης ή προβλημάτων. Η απόδοση των δεξαμενών επηρεάζεται από την μεταβολή της πυκνότητας του νερού, τους μηχανισμούς απομάκρυνσης της ιλύος και τυχόν διαταράξεις της ηρεμίας της δεξαμενής (Νταλίκας, 2010).

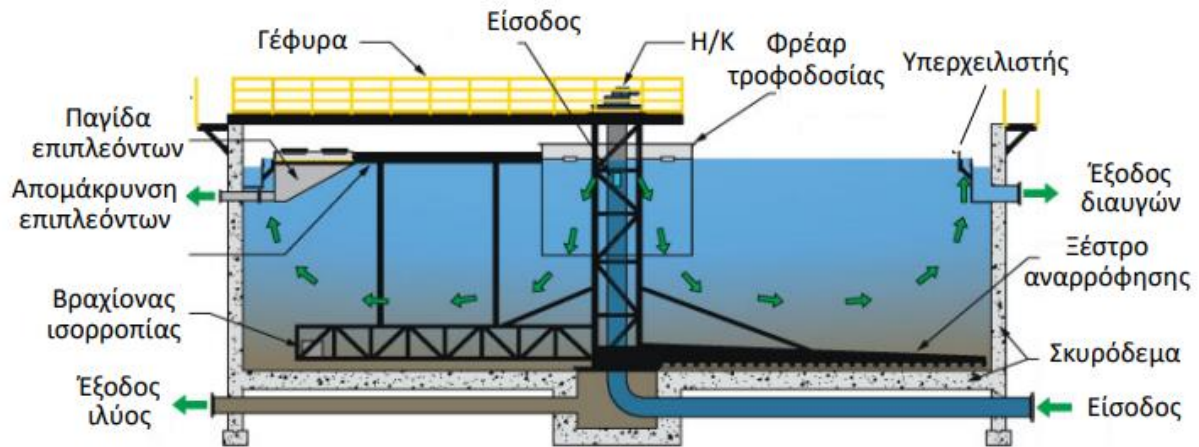


Εικόνα 2.2: Δεξαμενή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (Γκίκας, 2020).

2.3.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Κατά την δευτεροβάθμια επεξεργασία (Εικόνα 2.3) λαμβάνει χώρα η βιολογική αποδόμηση των οργανικών συστατικών έτσι ώστε η ποιότητα των αποβλήτων να είναι ικανοποιητική για διάθεση στον αποδέκτη. Επιπλέον, γίνεται οξείδωση των βιοαποδομήσιμων συστατικών και απομάκρυνση των μη βυθιζόμενων κolloειδών στερεών. Τα επιθυμητά αποτελέσματα επιτυγχάνονται με χρήση μικροοργανισμών οι οποίοι διασπούν και σταθεροποιούν την

οργανική ύλη και στη συνέχεια την χρησιμοποιούν ως τροφή με σκοπό την απόκτηση ενέργειας για αναπαραγωγή (Tchobanoglous et al., 2003).



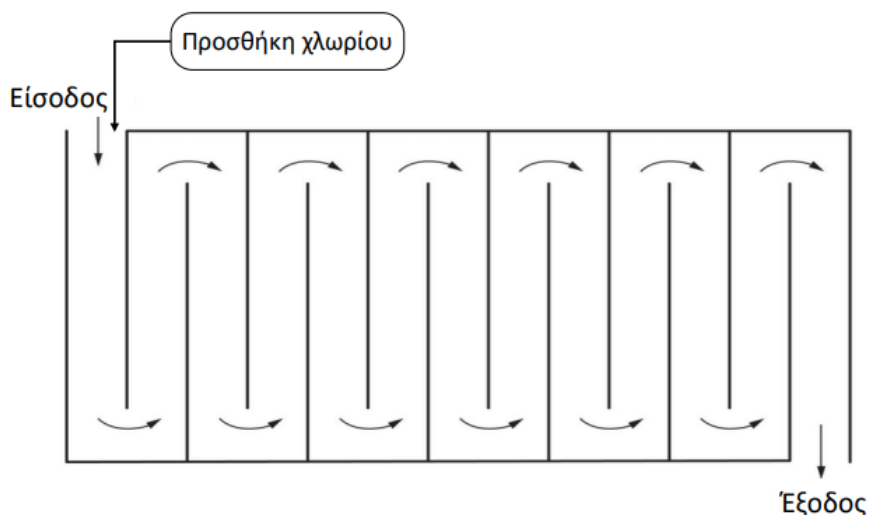
Εικόνα 2.3: Ροή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας (Γκίκας, 2020).

2.3.3 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σε αυτό το στάδιο λαμβάνει χώρα η απομάκρυνση αιωρούμενων, κολλοειδών και διαλυμένων συστατικών τα οποία παραμένουν μετά την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία (τα οποία αποτελούνται κυρίως από ανόργανα ιόντα και οργανικές ενώσεις). Επιπλέον, απομακρύνονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και οι τοξικές ουσίες που έχουν διαφύγει από την δευτεροβάθμια επεξεργασία. Πρέπει να σημειωθεί πως η τριτοβάθμια καθίζηση είναι αρκετά ακριβή διεργασία και δεν χρησιμοποιείται σε όλες τις ΕΕΛ (Τσαμουτσόγλου, 2020).

2.3.4 Απολύμανση

Η απολύμανση πραγματοποιείται με στόχο την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών σε τέτοιο βαθμό ώστε η διάθεση των εκροών να μην προκαλεί μόλυνση του αποδέκτη και μετάδοση ασθενειών (Εικόνα 2.4). Ήδη με την βιολογική επεξεργασία καταστρέφεται σημαντικό μέρος των μικροοργανισμών, αλλά παρόλα αυτά κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω απολύμανση. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι απολύμανσης (χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας), με την χλωρίωση να αποτελεί την επικρατέστερη λόγω του χαμηλού κόστους και της ευκολίας στην εφαρμογή. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι τα υπολείμματα χλωρίου είναι τοξικά για τους υδρόβιους μικροοργανισμούς και υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τα παραπροϊόντα της (Γκίκας, 2020).



Εικόνα 2.4: Τυπική διάταξη δεξαμενής χλωρίωσης (Γκίκας, 2020).

2.3.5 Διεργασίες μεμβρανών

Μεμβράνη είναι μία δομή με μεγαλύτερες πλευρικές διαστάσεις σε σχέση με το πάχος της και μέσω της οποίας μεταφέρεται μάζα υπό την επίδραση από ωθούσες δυνάμεις, λόγω της διαφορετικής πίεσης (Koros et al., 1996). Οι διεργασίες μεμβρανών πίεσης διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (Chollom, 2014):

- **Μικροδιήθηση (Microfiltration, MF):** Χρησιμοποιείται κυρίως για τον διαχωρισμό σωματιδίων και βακτηρίων από μικρότερες διαλυμένες ουσίες (Conidi et al., 2020).
- **Υπερδιήθηση (Ultrafiltration, UF):** Χρησιμοποιείται για συμπύκνωση μορίων, όπως πεπτιδία και πρωτεΐνες (Rosenberg, 1995).
- **Νανοδιήθηση (Nanofiltration, NF):** Με αυτή τη διεργασία γίνεται απόρριψη μόνο των πολλαπλά φορτισμένων ανιόντων, με τα μονοφορτισμένα ανιόντα να διέρχονται μέσω της μεμβράνης. Ακόμα, απορρίπτονται τα μη φορτισμένων διαλυμένων συστατικών και θετικά φορτισμένων ιόντων ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους (Koros et al., 1996).
- **Αντίστροφη Ωσμωση (Reverse Osmosis, RO):** Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για τον διαχωρισμό μικρών σωματιδίων, όπως βακτήρια και μονοσθενικά ιόντα (Muro et al., 2012).

2.3.6 Φυσικές μέθοδοι

Η πιο διαδεδομένη φυσική μέθοδος για επεξεργασία αποβλήτων είναι αυτή των τεχνητών υγροβιότοπων. Οι τεχνητοί υγροβιότοποι αναπαριστούν λειτουργία την φυσικών υγροβιότοπων, με μία ρηχή λεκάνη κατασκευασμένη από εδαφικό υλικό (ή άλλο υλικό το οποίο μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη βλάστησης) και μία υδάτινη στήλη σχετικά μικρού βάθους. Χωρίζονται στους εξής τύπους:

- Επιφανειακής ροής
- Υποεπιφανειακής ροής (οριζόντια ή κατακόρυφη ροή)

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι:

1. Χαμηλό κόστος κατασκευής.
2. Χαμηλό κόστος λειτουργίας.
3. Αντοχή σε διακυμάνσεις φορτίου.
4. Προσαρμογή στο οικοσύστημα, με αποτέλεσμα την βελτίωση αισθητικής και διαβίωσης της πανίδας.
5. Επεξεργασία πλημμυρικών απορροών.

Τα μειονεκτήματά τους είναι:

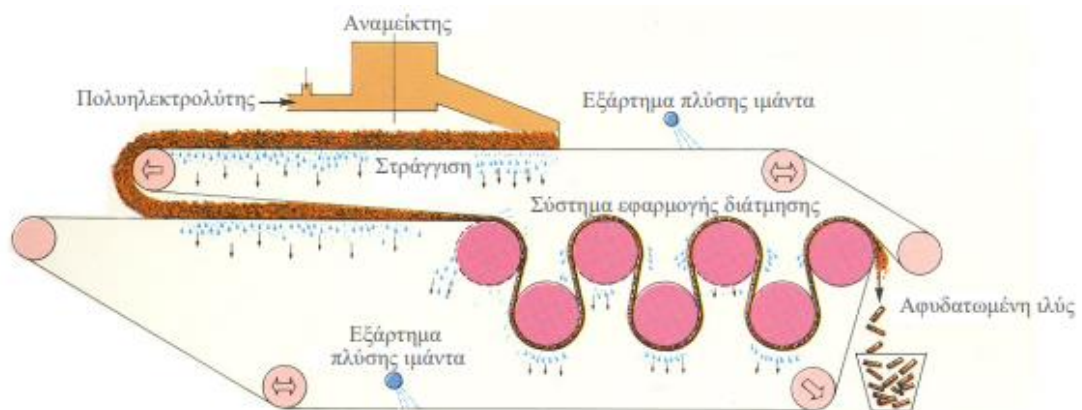
1. Απαιτούν μεγάλες εκτάσεις για την σωστή λειτουργία τους.
2. Η υγρή στήλη είναι εκτεθειμένη, με πιθανή επαφή με τον άνθρωπο.

2.4 Διαχείριση βιοστερεών

2.4.1 Αφυδάτωση

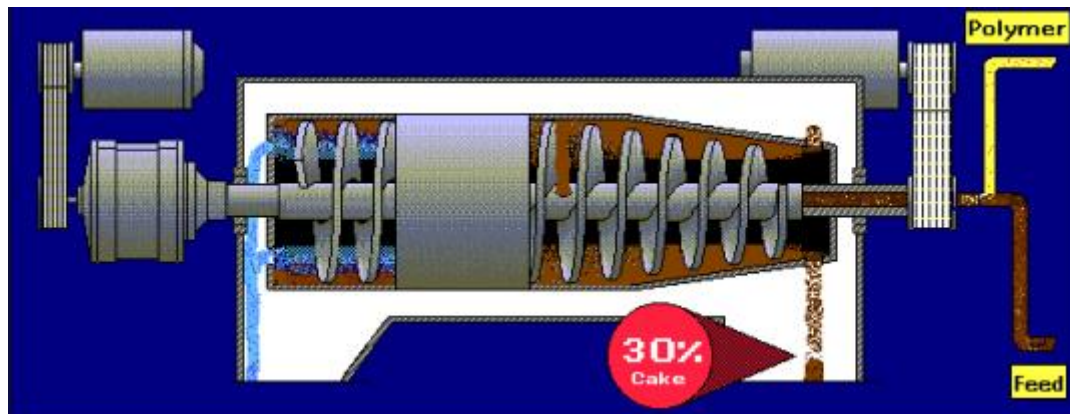
Η αφυδάτωση πραγματοποιείται για περαιτέρω απομάκρυνση της υγρασίας ιλύος και αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών στην ιλύ. Με το πέρας της διαδικασίας η ιλύς είναι παχύρρευστη με μειωμένο όγκο, καθιστώντας έτσι τη μεταφορά και την τελική της διάθεση φθηνότερη και γρηγορότερη και περιέχει ξηρά στερεά έως 45%. Οι βασικές μέθοδοι αφυδάτωσης της ιλύος είναι:

- **Ταινιοφιλτρόπρεσσα (Εικόνα 2.5):** Αρχικά προστίθενται στη ιλύ χημικά μέσα (πολυηλεκτρολύτες), αφήνεται να στραγγίξει με δυνάμεις βαρύτητας και στη συνέχεια οδηγείται ανάμεσα από δύο κυλιόμενες ταινίες όπου συμπιέζεται μέχρι να αφυδατωθεί. Η μέθοδος ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη λόγω της απλής εφαρμογής της, του χαμηλού κόστους και το καλό βαθμού αφυδάτωσης που παρέχει. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η χρήση πολυηλεκτρολυτών, απαιτείται μεγάλη κατανάλωση νερού και χρειάζεται συνεχής παρακολούθηση του συστήματος (Γκίκας, 2020).



Εικόνα 2.5: Τυπική μονάδα ταινιοφιλτρόπρεσσας (Γκίκας, 2020).

- **Φυγόκεντρος (Εικόνα 2.6):** Η παχυμένη ιλύς διαχωρίζεται από το υγρό κλάσμα της με χρήση φυγόκεντρου δύναμης. Κατά την περιστροφή τα βαρύτερα σωματίδια ωθούνται στην εσωτερική επιφάνεια του μηχανήματος, διαχωρίζονται από το νερό και εξέρχονται. Οι φυγοκεντρικές διατάξεις είναι απλές στη λειτουργία τους και η συγκέντρωση στερεών που επιτυγχάνεται φτάνει το 30%, αναλόγως με την φύση της ιλύος. Ωστόσο, απαιτούν υψηλά ποσά ενέργειας για την λειτουργία τους, παράγουν θόρυβο και είναι απαραίτητη η παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού για την σωστή λειτουργία τους (Γκίκας, 2020; TEE, 2005).



Εικόνα 2.6: Αφυδάτωση με φυγοκέντρωση (Γκίκας, 2020).

- **Μικροκοσκίνιση:** Μία πιο σύγχρονη μέθοδος που αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια, η οποία παράγει βιοστερεά με ποσοστό περιεκτικότητας σε στερεά έως και 45% ενώ χρειάζεται μόνο το 5% του χώρου που απαιτείται για έναν παραδοσιακό πρωτεύοντα διαυγαστή.
- **Ηλιακή ξήρανση:** Η ιλύς κατανέμεται στις κλίνες ξήρανσης και με διήθηση νερού μέσω στραγγιστηριού επιτυγχάνεται συγκέντρωση ξηρών στερεών 15-25% και απομάκρυνση νερού 20-55%, ανάλογα με τη συγκέντρωση και τα χαρακτηριστικά της ιλύος (Στάμου & Βογιατζής, 1994). Για μία με δύο εβδομάδες η ιλύς ξηραίνεται περαιτέρω μέσω εξάτμισης έτσι ώστε η συγκέντρωση των στέρεων να αυξηθεί στο 40%. Η αφυδάτωση με ξήρανση έχει μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης και δεν απαιτεί χρήση χημικών για μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αφυδατωμένης ιλύος, αλλά χρειάζονται μεγάλες εκτάσεις για την εγκατάστασή της και συχνά παρουσιάζονται φαινόμενα δυσοσμίας.

2.4.2 Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας

Στόχος της θερμικής επεξεργασίας της ιλύος είναι η απομάκρυνση του νερού από την ιλύ καθώς και η αντιμετώπιση της δυσοσμίας της αφυδατωμένης ιλύος. Με το πέρας της θερμικής ξήρανσης μειώνονται σε μεγάλο βαθμό ο όγκος και η μάζα της ιλύος, έχουν καταστραφεί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και παράλληλο έχει αυξηθεί η θερμική αξία της ιλύος, γεγονός το οποίο την καθιστά ως άριστο προϊόν για διοχέτευση στο περιβάλλον και γεωργική χρήση.

Οι θερμικοί ξηραντήρες χωρίζονται σε άμεσους και έμμεσους (ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς θερμότητας στη ιλύ). Με χρήση άμεσων ξηραντήρων η απαιτούμενη ενέργεια

διοχετεύεται στην ιλύ μέσω θερμού αέρα, ενώ με τους έμμεσους η ενέργεια παρέχεται στην ιλύ είτε με σύστημα ανταλλαγής θερμότητας είτε με επαφή σε θερμαινόμενες επιφάνειες. Με το πέρας της διεργασίας επιδιώκεται η παραγόμενη ιλύς να έχει υγρασία κάτω από 10%.

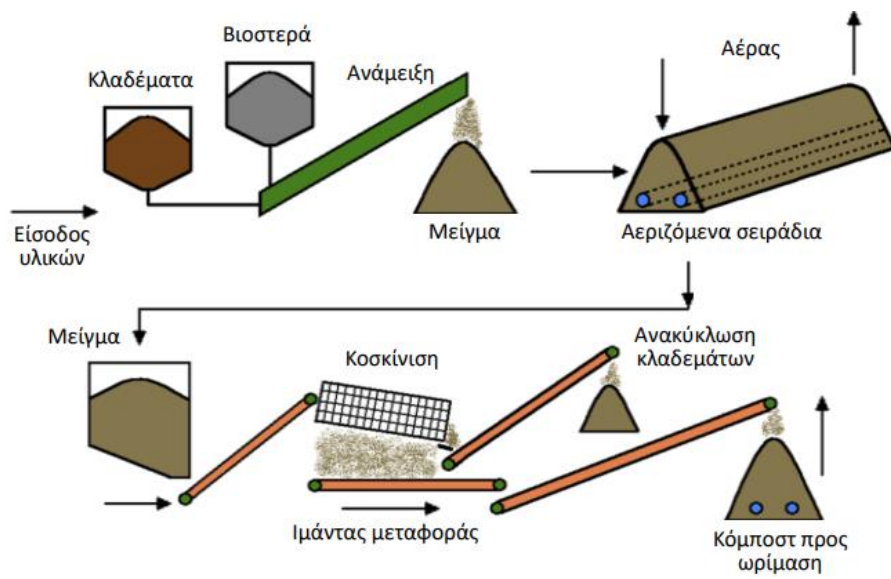
Διαδεδομένη θερμική διαδικασία αποτελεί η αποτέφρωση, η οποία οξειδώνει πλήρως τα οργανικά συστατικά της ιλύος, περιορίζοντας τον όγκο της στο μέγιστο δυνατό και μειώνοντας έτσι το κόστος μεταφοράς. Χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους όταν η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος είναι οικονομικά ασύμφορη. Εξίσου διαδεδομένη είναι η διαδικασία της αεριοποίησης, κατά της οποία η ιλύς μετατρέπεται με τη βοήθεια αέρα ή οξυγόνου σε ένα εύφλεκτο αέριο και αδρανές υπόλειμμα. Το αέριο που παράγεται (αέριο σύνθεσης/syngas) αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα, με ελάχιστες ποσότητες μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα.

2.4.3 Κομποστοποίηση

Είναι η διαδικασία αποικοδόμησης τις οργανικής ύλης της ιλύος σε χουμικά οξέα για την δημιουργία σταθεροποιημένου προϊόντος που χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό. Περίπου το 20 με 30% του οργανικού φορτίου μετατρέπεται σε H_2O και CO_2 ενώ παράλληλα καταστρέφεται μεγάλο μέρος των παθογόνων μικροοργανισμών. Για να ξεκινήσει η κομποστοποίηση η υγρασία της ιλύος πρέπει να είναι περίπου στο 60%, το οποίο επιτυγχάνεται με ανάμιξη της αφυδατωμένης ιλύος με ξηρά αδρανή υλικά (ροκανίδια, άχυρα, κλαδιά) (Εικόνα 2.7).

Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση η θερμοκρασία ανέρχεται στους $40^{\circ}C$, ενώ κατά την δεύτερη αυξάνεται έως και τους $70^{\circ}C$, το οποίο οφείλεται στις εξώθερμες βιολογικές αντιδράσεις. Στην τρίτη φάση, αφού έχουν ολοκληρωθεί οι βιολογικές διεργασίες το υλικό επανέρχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η κομποστοποίηση χωρίζεται σε τρεις βασικές μεθόδους (Γκίκας, 2020):

1. **Τεχνητά αεριζόμενοι σωροί:** Το μίγμα της ιλύος με τα αδρανή υλικά απλώνονται πάνω από σύστημα σωληνώσεων στους οποίους παροχετεύεται αέρας, για 3 με 4 εβδομάδες.
2. **Φυσικά αεριζόμενοι σωροί:** Το μίγμα της ιλύος με τα αδρανή υλικά στρώνονται σε σωρούς για την διάρκεια της διαδικασίας (3-4 εβδομάδες) και σε αυτό το διάστημα αναμοχλεύονται ισχυρά τουλάχιστον 5 φορές.
3. **Μηχανικά συστήματα κομποστοποίησης:** Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε αντιδραστήρια (εμβολικής ροής ή πλήρους ανάμιξης) για περίπου 2 εβδομάδες.



Εικόνα 2.7: Διεργασία κομποστοποίησης (Γκίκας, 2020).

Κεφάλαιο 3: Περιγραφή της ΕΕΛ Ρεθύμνου

3.1 Σχεδιασμός της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ Ρεθύμνου (Εικόνα 3.1), βρίσκεται 3 km δυτικά της πόλης και καταλαμβάνει έκταση 35 στρεμμάτων. Στην μονάδα μεταφέρονται τα βοθρολύματα του δήμου Ρεθύμνης καθώς και τα λύματα των βιομηχανιών του Ρεθύμνου, τα οποία έχουν υποστεί επεξεργασία έτσι ώστε η σύστασή τους να είναι παρόμοια με αυτή των αστικών λυμάτων.



Εικόνα 3.1: ΕΕΛ Ρεθύμνου - Τοποθεσία μονάδας LIFE (Τσαμουτσόγλου, 2020).

Οι παράμετροι σχεδιασμού της εγκατάστασης περιγράφονται στον Πίνακα 3.1, με βάση την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων, ΑΕΠΟ της ΕΕΛ Ρεθύμνου, Α.Π. οικ.175133/26-09-2014.

Πίνακας 3.1: Ρυπαντικά και υδραυλικά φορτία σχεδιασμού ΕΕΛ Ρεθύμνου (ΑΕΠΟ, 2014).

Παράμετρος	Χειμώνας	Θέρος	Αιχμή θέρους
Ισοδύναμος πληθυσμός	96,000	126,200	151,750
Μέση ημερήσια παροχή ($\frac{m^3}{d}$)	19,200	22,120	28,170
Παροχή αιχμής ($\frac{m^3}{h}$)	1,600	1,760	2,170
Παροχή βοθρολυμάτων ($\frac{m^3}{d}$)	100	150	200
Παροχή βιομηχανικών αποβλήτων ($\frac{m^3}{d}$)	440	300	100

BOD₅($\frac{kg}{d}$)	5,760	7,392	9,150
Αιωρούμενα στερεά ($\frac{kg}{d}$)	6,144	5,914	7,284
Ολικό άζωτο - μέθοδος Kjeldahl ($\frac{kg}{d}$)	768	885	1,147
Ολικός φώσφορος ($\frac{kg}{d}$)	288	370	455
Θερμοκρασία (°C)	15	24	28

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι μέγιστοι αποδεκτοί μέσοι όροι των συγκεντρώσεων, σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου της εγκατάστασης.

Πίνακας 3.2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου της ΕΕΛ Ρεθύμνου (ΑΕΠΟ, 2014).

Παράμετρος	Τιμή
BOD₅ ($\frac{mg}{L}$)	< 20
COD* ($\frac{mg}{L}$)	< 75
SS** ($\frac{mg}{L}$)	< 20
NO₄ - N ($\frac{mg}{L}$)	< 2
NO₃ - N ($\frac{mg}{L}$)	< 8
Ολικό άζωτο($\frac{mg}{L}$)	<10
Φώσφορος ($\frac{mg}{L}$)	< 10
Κολοβακτηριοειδή ($\frac{cfu}{100 mL}$)	< 500
Χλώριο ($\frac{mg}{L}$)	< 0.5
DO*** ($\frac{mg}{L}$)	< 5

*Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD)

**Αιωρούμενα Στερεά (Suspended Solids, SS)

***Διαλυμένο Οξυγόνο (Dissolved Oxygen, DO)

3.2 Μονάδες επεξεργασίας

Η προσαγωγή των λυμάτων στην ΕΕΛ Ρεθύμνου πραγματοποιείται με χρήση ενός δικτύου αποχετευτικών αγωγών, κεντρικών αντλιοστασίων και συλλεκτήριων αγωγών, ακολουθώντας την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) υπ' αριθμόν 175133/26-10-2014. Η υφιστάμενη ΕΕΛ Ρεθύμνου περιλαμβάνει τις παρακάτω μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων (Εικόνα 3.2):

1. Φρεάτιο άφιξης λυμάτων
2. Μονάδα εσχάρωσης
3. Μονάδα εξάμμωσης
4. Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας
 - Δεξαμενές αερισμού
 - Δεξαμενές Δευτεροβάθμιας Καθίζησης (ΔΔΚ)
 - Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος
5. Μονάδα απολύμανσης και αγωγός διάθεσης
6. Μονάδα επεξεργασίας ιλύος
 - Μηχανική προ-πάχυνση
 - Αερόβια χώνευση
 - Μετά-πάχυνση και μονάδα αφυδάτωσης ιλύος
 - Συνδυασμένη μονάδα ηλιακής ξήρανσης – κομποστοποίησης
7. Μονάδα υποδοχής-εξισορρόπησης βοθρολυμάτων
8. Μονάδα υποδοχής και προ-επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων
9. Μονάδα βιομηχανικού νερού



Εικόνα 3.2: Μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ρεθύμνου (Τσαμουτσόγλου, 2020).

3.2.1 Φρεάτιο λυμάτων

Τα λύματα, τα προ-επεξεργασμένα βιομηχανικά απόβλητα και τα στραγγίδια οδηγούνται μέσω του δικτύου αποχέτευσης στο φρεάτιο άφιξης της ΕΕΛ. Επιπλέον, υπάρχει διάταξη παράκαμψης (by-pass) που οδηγεί τα λύματα κατευθείαν στον αγωγό εκβολής σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης (Κεχαγιαδάκη, 2019).

3.2.2 Εσχάρωση

Η μονάδα εσχάρωσης βρίσκεται σε κλειστό κτήριο (κτίριο προ-επεξεργασίας) στο οποίο υπάρχει πλήρες σύστημα εξαερισμού και απόσμησης. Ακόμα, περιλαμβάνει το φρεάτιο άφιξης λυμάτων το οποίο αποτελείται από τρία κανάλια ανοξείδωτων ηλεκτροκίνητων θυροφραγμάτων. Η μονάδα περιλαμβάνει ευθύγραμμες αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Πλάτος καναλιού = 0.8 m
- Πάχος ράβδων σχάρας = 8 mm
- Πάχος διακένων σχάρας = 10 mm

Η ενεργοποίηση του μηχανισμού απομάκρυνσης των εσχαρισμάτων γίνεται μέσω ελέγχου διαφορικής στάθμης (ανάντη και κατόντη) των εσχάρων, είτε μέσω χρονοπρογράμματος. Από τη χοάνη τα εσχαρίσματα μεταφέρονται μέσω μεταφορικού ιμάντα σε ειδικούς κάδους αποκομιδής (Κεχαγιαδάκη, 2019; Δανδόλου, 2010).

3.2.3 Εξάμμωση

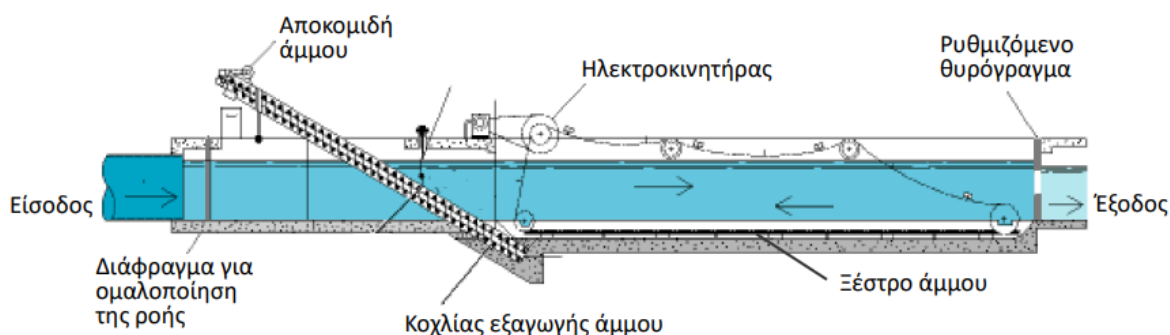
Αφού ολοκληρωθεί η εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται σε δίδυμο αεριζόμενο εξαμμωτή (Εικόνα 3.3), ο οποίος βρίσκεται εντός κλειστού κτιρίου με αεραγωγούς για σωστή απόσμηση του αέρα. Ο αερισμός των λυμάτων πραγματοποιείται με χρήση δύο φυσητήρων, δυναμικότητας $330 \left(\frac{\text{N} \cdot \text{m}^3}{\text{s}} \right)$ σε μανομετρικό ίσο με 400 mbar. Ακολουθώς ο αέρας παρέχεται στο δίδυμο αεριζόμενο εξαμμωτή μέσω διαχυτήρων χονδρής φυσαλίδας, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε βάθος περίπου 2 m (Κεχαγιαδάκη, 2019). Τα χαρακτηριστικά ενός τυπικού εξαμμωτή παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εξάμμωσης (Κεχαγιαδάκη, 2019).

Παράμετρος	Τιμή
Μήκος (m)	18.6
Ολικό πλάτος (m)	3.2
Πλάτος εξαμμωτή (m)	2
Πλάτος απολιπαντή (m)	1.05

Βάθος (m)	2.7
Ενεργός όγκος εξαμμωτή (m)	70
Ποσότητα άμμου ($\frac{m^3}{d}$)	6,513

Στο τέλος της διεργασίας η άμμος σαρώνεται με κινητή γέφυρα και καταλήγει στο αυτόματο σύστημα διαχωρισμού για να συλλεχθεί σε δοχεία αποκομιδής. Επιπλέον, εκτός από τον εξαμμωτή υπάρχει το κανάλι ηρεμίας ροής στο οποίο συλλέγονται τα λίπη (με χρήση ξέστρου κινητής γέφυρας) και στη συνέχεια οδηγούνται σε φρεάτιο προς αποκομιδή (Δανδόλου, 2010).



Εικόνα 3.3: Εξαμμωτής σταθερής ροής μίας τυπικής ΕΕΛ (Γκίκας, 2020).

3.2.4 Βιολογική επεξεργασία

Για την βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιείται η μέθοδος παρατεταμένου αερισμού, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου. Μετά το στάδιο της προ-επεξεργασίας τα λύματα οδηγούνται αρχικά στον μεριστή I και έπειτα στον μεριστή II, όπου υπερχειλίζουν στις δεξαμενές αερισμού (Κεχαγιαδάκη, 2019).

Δεξαμενή αερισμού: Τα λύματα υποβάλλονται σε βιολογική επεξεργασία (αερόβια και αναερόβια), με σκοπό την αποικοδόμηση και αδρανοποίηση των οργανικών, αζωτούχων και φωσφορούχων ενώσεων. Οι δεξαμενές αερισμού αποτελούνται από την αναερόβια ζώνη και την αερόβια ζώνη. Αρχικά, στην αναερόβια ζώνη, τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται σε αέριο άζωτο και στη συνέχεια, στην αερόβια ζώνη, οι αζωτούχες ενώσεις διασπώνται και μετατρέπονται σε νιτρικά άλατα. Οι διεργασίες πραγματοποιούνται με χρήση μικροοργανισμών.

Στην ΕΕΛ λειτουργούν τρεις δεξαμενές αερισμού οξειδωτικής τάφρου με την τέταρτη δεξαμενή βρίσκεται υπό κατασκευή. Ο αερισμός των λυμάτων πραγματοποιείται με 16 επιφανειακούς βραδύστροφους αεριστήρες οριζόντιου άξονα (ισχύος 30 kW) και η εκροή των αποβλήτων από κάθε δεξαμενή πραγματοποιείται με ηλεκτροκίνητο υπερχειλιστή (Τσαμουτσόγλου, 2020). Τα χαρακτηριστικά μίας τυπικής δεξαμενής αερισμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστικά δεξαμενών αερισμού (Ματσούκα, 2003).

Παράμετρος	Τιμή
Μέση παροχή ($\frac{m^3}{d}$)	6,400
Βάθος υγρού (m)	3
Πλάτος (m)	6.95
Μήκος (m)	45
Όγκος δεξαμενής (m^3)	1,600
Χρόνος παραμονής μικροοργανισμών (d)	5
Αιωρούμενα στερεά μικτού υγρού ($\frac{mg}{L}$)	6,000
Πτητικά Αιωρούμενα στερεά μικτού υγρού ($\frac{mg}{L}$)	3,900
Λόγος εσωτερικής ανακυκλοφορίας ($\frac{mg}{L}$)	2
DO ($\frac{mg}{L}$)	2

Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης (ΔΔΚ): Το μικτό υγρό οδηγείται στον μεριστή ΙΙΙ και κατανέμεται σε τρεις κυκλικές ΔΔΚ. Στις περισσότερες μονάδες χρησιμοποιούνται δεξαμενές κυκλικής διατομής (Εικόνα 3.4), αλλά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν δεξαμενές ορθογωνικής διατομής (Εικόνα 3.5). Τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται από τους περιμετρικούς υπερχειλιστές στο φρεάτιο εξόδου, ενώ παράλληλα η ιλύς από τις ΔΔΚ συγκεντρώνεται στον θάλαμο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος. Ένα ποσοστό της ιλύος επανακυκλοφορεί προς το μεριστή Ι και το υπόλοιπο αντλείται προς τη μονάδα μηχανικής προ-πάχυνσης. Τέλος, τα επιπλέοντα στερεά απομακρύνονται μέσω ακτινικού ξέστρου επιφανείας και διοχετεύονται στα φρεάτια επιπλεόντων (Τσαμουτσόγλου, 2020). Τα χαρακτηριστικά μίας τυπικής ΔΔΚ κυκλικής διατομής παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Χαρακτηριστικά ΔΔΚ κυκλικής διατομής (Ματσούκα, 2003).

Παράμετρος	Τιμή
Μέση παροχή ($\frac{m^3}{d}$)	6,400
Μέγιστη παροχή ($\frac{m^3}{d}$)	7,500

Διάμετρος (m)	32
Μέσο βάθος (m)	3.13
Πλευρικό βάθος (m)	2.65



Εικόνα 3.4: ΔΔΚ κυκλικής διατομής μίας τυπικής ΕΕΛ (Γκίκας, 2020).



Εικόνα 3.5: ΔΔΚ ορθογωνικής διατομής μίας τυπικής ΕΕΛ (Γκίκας, 2020).

Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος: Η ιλύς συγκεντρώνεται σε έναν υγρό θάλαμο του αντλιοστασίου με ένα μέρος της να επανακυκλοφορεί προς τις δεξαμενές αερισμού με χρήση υποβρύχιων αντλιών (δυναμικότητας 800 m³/d και ισχύος 15 kW). Ακολούθως, πραγματοποιείται απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος με την βοήθεια τριών υποβρύχιων αντλιών. Ένα κομμάτι της περίσσειας ιλύος οδηγείται στην μονάδα πράυνσης και το υπόλοιπο στους αερόβιους χωνευτές (Κεχαγιαδάκη, 2019).

3.2.5 Απολύμανση & διάθεση λυμάτων

Μετά την επεξεργασία στις ΔΔΚ, τα λύματα οδηγούνται αρχικά στη μονάδα μέτρησης παροχής και στη συνέχεια στη μονάδα απολύμανσης όπου και υφίστανται χλωρίωση για την απομάκρυνση του μικροβιακού φορτίου και στη συνέχεια αποχωρίσω για την εξουδετέρωση του υπολειμματικού χλωρίου.

Πρώτα, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στο φρεάτιο εισόδου της δεξαμενής χλωρίωσης (Πίνακας 3.6), με την τροφοδοσία του διαλύματος NaClO να πραγματοποιείται μέσω οδομετρικής αντλίας (δυναμικότητα 70 L). Πρέπει να σημειωθεί ότι η δεξαμενή χλωρίωσης μαιανδρικού τύπου είναι που καθιστά εφικτή την πλήρη επαφή των λυμάτων με το διάλυμα Cao για σωστή πραγματοποίηση της απολύμανσης (Κεχαγιαδάκη, 2019).

Ακολούθως, τα λύματα οδηγούνται στο φρεάτιο αποχλωρίωσης όπου χρησιμοποιείται όξινο θειώδες νάτριο (NaHSO₃) για δέσμευση του υπολειμματικού χλωρίου. Επιπλέον, στην έξοδο της δεξαμενής εγκαθίσταται ένας μετρητής υπολειμματικού χλωρίου ο οποίος ρυθμίζει τη δόση των οδομετρικών αντλιών.

Τέλος, η διάθεση των λυμάτων πραγματοποιείται με αγωγό εκβολής 580 m σε βάθος 20 m στη θαλάσσια περιοχή του κόλπου Ρέντα, σύμφωνα με την υπ' αριθμό 4603/12-9-1989 Απόφαση του Νομάρχη Ρεθύμνου.

Πίνακας 3.6: Χαρακτηριστικά δεξαμενής χλωρίωσης (Κεχαγιαδάκη, 2019).

Παράμετρος	Τιμή
Μέγιστη παροχή ($\frac{m^3}{d}$)	28,170
Όγκος δεξαμενής (m ³)	560
Αριθμός λωρίδων	6
Μήκος λωρίδας (m)	16.90
Πλάτος λωρίδας (m)	2
Χρόνος επαφής (min)	28.6

3.2.6 Επεξεργασία ιλύος

Μηχανική πάχυνση: Η παραγόμενη περίσσεια ιλύος μεταφέρεται μέσω καταθλιπτικού αγωγού από την μονάδα ανακυκλοφορίας στην μονάδα μηχανικής πράυνσης, η οποία αποτελείται από δύο συστήματα επίπλευσης διαλυμένου αέρα και τρεις δεξαμενές για αποθήκευση ιλύος.

Αρχικά, η ιλύς αποθηκεύεται σε τρεις ορθογωνικές δεξαμενές οπλισμένου σκυροδέματος (όγκος έκαστης 410 m³), στις οποίες παροχετεύεται αέρας μέσω διαχυτών λεπτής φυσαλίδας. Ακολούθως, με χρήση τριών αντλιών η ιλύς οδηγείται στα δύο συστήματα Επίπλευσης Διαλυμένου Αέρα (Dissolved Air Flotation, DAF), τα οποία είναι κατασκευασμένα από χάλυβα και έχουν ενεργή επιφάνεια 23 m². Τα συστήματα DAF αποτελούνται από:

- Δεξαμενές ανοξείδωτου χάλυβα με διάταξη ξέστρου επιφανείας τύπου αλυσίδας.
- Αντλίες τροφοδοσίας που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των μονάδων σε νερό, σε συνδυασμό με ένα μέρος της δευτεροβάθμιας εκροής.
- Ένα αυτόματο σύστημα παρασκευής και δοσομέτρησης πολυηλεκτρολύτη.
- Τρεις αντλίες εξόδου λάσπης και τρεις αντλίες θετικής εκτόπισης οι οποίες αναρροφούν την λάσπη από την χοάνη των μονάδων DAF.
- Δύο αντλίες εξόδου θολών νερών.

Αερόβια χώνευση: Σε αυτή την διαδικασία χρησιμοποιούνται οι προηγούμενες κυκλικές Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΠΚ). Η ιλύς οδηγείται από τα συστήματα DAF και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας στον μεριστή και από εκεί μοιράζεται στους δύο χωνευτές (Κεχαγιαδάκη, 2019).

Μεταπάχυνση και αφυδάτωση ιλύος: Η μονάδα μεταπάχυνσης αποτελείται από δύο κυκλικούς παχυντές βαρύτητας (διάμετρος 10 m, βάθος 4.5 m και ωφέλιμος όγκος 520 m³). Η τροφοδοσία της ιλύος γίνεται κεντρικά μέσω του τυμπάνου εισόδου του κινητού ξέστρου, ενώ μέσω των ειδικών κατακόρυφων ράβδων διευκολύνεται η άνοδος των υγρών και η καθίζηση της συμπυκνωμένης ιλύος. Η παχυμένη ιλύς αντλείται προς την μηχανική αφυδάτωση με αντλίες θετικής εκτόπισης, ενώ τα θολά νερά μέσω περιμετρικού καναλιού υπερχείλισης και υφιστάμενης εγκατάστασης απαγωγής επιστρέφουν στην είσοδο της ΕΕΛ (Τσαμουτσόγλου, 2020).

Ακόμα, στο κτήριο της μονάδας αφυδάτωσης βρίσκεται και ο εξοπλισμός για την μεταφορά των στραγγισμάτων της ιλύος στην μονάδα προ-επεξεργασίας λυμάτων. Από τους παχυντές η σταθεροποιημένη ιλύς μεταφέρεται με χρήση φυγόκεντρων διαχωριστών για αφυδάτωση, ενώ για η μεταφορά του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη γίνεται μέσω δύο αντλιών θετικής εκτόπισης. Τα στραγγίδια της μονάδας συγκεντρώνονται στο φρεάτιο των στραγγιδίων και από εκεί στην είσοδο της ΕΕΛ (Κεχαγιαδάκη, 2019).

Η αφυδατωμένη ιλύς οδηγείται μέσω μεταφορικού κοχλία στη μονάδα προσθήκης ασβέστη για την σταθεροποίηση της και στη συνέχεια μέσω αντλιών μεταφέρεται στις λεκάνες αφυδατωμένης ιλύος και μίγματος υλικών (Δανδόλου, 2010).

Μονάδα ηλιακής ξήρανσης – κομποστοποίησης: Ένα μέρος της αφυδατωμένης ιλύος μεταφέρεται από τις λεκάνες αφυδάτωσης στη μονάδα ηλιακής ξήρανσης όπου και αναμιγνύεται με την ξηραμένη ιλύ και με διογκωτικό υλικό και στη συνέχεια το μίγμα οδηγείται στη μονάδα κομποστοποίησης. Η συνδυασμένη μονάδα αποτελείται από τα εξής τμήματα:

1. Αντιδραστήρας κομποστοποίησης και βιοξήρανσης: Αποτελείται από τρία κανάλια (ενεργό πλάτος 3 m, μήκος 70 m και ύψος ιλύος 2 m) καθώς και από το σύστημα αερισμού, το οποίο με τη σειρά του αποτελείται από δίκτυο αγωγών και σύστημα διοχέτευσης αέρα δυναμικότητας 15,000 m³/h . Τέλος, ο ενεργός όγκος του αντιδραστήρα είναι 1,260 m³.
2. Δύο Ηλιακά ξηραντήρια: Τα ξηραντήρια είναι τύπου θερμοκηπίου με ενεργό πλάτος 24.50 m, μήκος 95 m και ελάχιστο ύψος ιλύος 4 m.
3. Μονάδα ωρίμανσης: Περιλαμβάνει χώρο κόσκινου (12.35 m x 9 m), χώρο αποθήκευσης χονδρόκοκκου υλικού διαστάσεων (12.35 m x 9 m), χώρος ωρίμανσης και αποθήκευσης (45.50 m x 18 m) και υπόστεγο κοσκίνισης και υπολειπόμενης ωρίμανσης (1,200 m²).
4. Μονάδα απόσπησης κομποστοποίησης: Εγκατεστημένη χημική πλυντηρίδα διασταυρούμενης ροής (95.65 m x 12.85 m).
5. Λεκάνες αφυδατωμένης ιλύος και μίγματος υλικών: Οι λεκάνες έχουν εμβαδό 450 m².
6. Υπόστεγο θρυμματισμού: Έχει επιφάνεια 450 m² και στο εσωτερικό του βρίσκεται θρυμματιστής διογκωτικού υλικού (5,050 tn/h).

3.2.7 Υποδοχή και εξισορρόπηση βοθρολυμάτων

Η δυναμικότητα της δεξαμενής υποδοχής/εξισορρόπησης είναι 90 m³/h και αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα (Δανδόλου, 2010):

- Χονδροεσχάρα: Αφαίρεση ογκωδών αντικειμένων.
- Αυτοκαθαριζόμενη λεπτοεσχάρα διακένων 6mm.
- Αεριζόμενος εξαμμωτής.
- Δεξαμενή εξισορρόπησης και προ-αερισμού (ενεργός όγκος 53 m³).
- Αντλιοστάσιο κατάθλιψης προς το φρεάτιο εισόδου.

Με την ολοκλήρωση της εξισορρόπησης τα βοθρολύματα οδηγούνται αρχικά στη δεξαμενή άντλησης και από εκεί στο μεριστή II, με χρήση δύο υποβρύχιων αντλιών (δυναμικότητας 82.3 m³/h).

3.2.8 Υποδοχή βιομηχανικών αποβλήτων

Η μονάδα υποδοχής και προ-επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων δέχεται τα απόβλητα από τις τοπικές βιομηχανίες (βυρσοδεψεία, σφαγεία, τυροκομία), τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά μονάδας βιομηχανικών αποβλήτων (ΑΕΠΟ, 2014).

Χαρακτηριστικά	Βυρσοδεψεία	Σφαγεία	Τυροκομία
Ημερήσια παροχή ($\frac{m^3}{d}$)	240	200	15
BOD ₅ ($\frac{kg}{d}$)	360	240	450
COD ($\frac{kg}{d}$)	960	500	975
SS ($\frac{kg}{d}$)	360	300	60
Θειούχα ($\frac{kg}{d}$)	36	-	-
Χρώμιο ($\frac{kg}{d}$)	9.6	-	-
Χλωριούχα ($\frac{kg}{d}$)	480	20	15
Ολικό άζωτο ($\frac{kg}{d}$)	33.6	40	25.8
Λίπη και έλαια ($\frac{kg}{d}$)	43.2	100	-

Προ-επεξεργασία αποβλήτων βυρσοδεψείων: Η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει οξείδωση των θειούχων, χημική κροκίδωση χρωμίου, αιωρούμενων στερεών και λιπών και αφαίρεση ελαίων με επίπλευση (Κεχαγιαδάκη, 2019). Η γραμμή επεξεργασίας των αποβλήτων από τα βυρσοδεψεία αποτελείται από:

- Δύο κόσκινα περιστρεφόμενου τυμπάνου (δυναμικότητα 50 m³/d).
- Μέτρηση παροχής ηλεκτρομαγνητικού τύπου.
- Διόρθωση του pH με διάλυμα καυστικής σόδας.

- Δεξαμενή εξισορρόπησης και οξείδωσης των θειούχων συστατικών με αερισμό, παρουσία θειικού μαγγανίου.
- Κροκίδωση και επίπλευση με χρήση διαλυμένου αέρα.

Προ-επεξεργασία αποβλήτων τυροκομίων/σφαγείων: Η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει χημική κροκίδωση των TSS, του χρωμίου αλλά την κροκίδωση των λιπών, με ακόλουθη αφαίρεση των λιπών με επίπλευση. Η γραμμή επεξεργασίας των αποβλήτων τυροκομείων αποτελείται από:

- Αεριζόμενη δεξαμενή για εξισορρόπηση και διόρθωση του pH με διάλυμα καυστικής σόδας.
- Διβάθμιο αεριζόμενο βιολογικό αντιδραστήρα.
- Διοχέτευση στην αεριζόμενη δεξαμενή των σφαγείων και στη συνέχεια στη μονάδα κροκίδωσης και επίπλευσης για περαιτέρω επεξεργασία.

Η γραμμή επεξεργασίας των αποβλήτων σφαγείων αποτελείται από:

- Δύο κόσκινα περιστρεφόμενου τυμπάνου (δυναμικότητας 50 m³/d.)
- Μέτρηση παροχής ηλεκτρομαγνητικού τύπου.
- Μία αεριζόμενη δεξαμενή για εξισορρόπηση η οποία ακολουθείται από κροκίδωση η οποία πραγματοποιείται με χρήση χλωριούχου πολυαργιλίου.
- Επίπλευση με διαλυμένο αέρα.

Στο τέλος όλων των διεργασιών τα απόβλητα οδηγούνται στην είσοδο της ΕΕΛ για επιπλέον επεξεργασία και η παχυμένη πλέον ιλύς στους δύο αερόβιους χωνευτές.

3.2.9 Μονάδα βιομηχανικού νερού

Η μονάδα αποτελείται από τρία τμήματα:

1. Μονάδα διήθησης
2. Μονάδα απολύμανσης
3. Μονάδα αποθήκευσης

Η διήθηση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε αμμοδιαλιστήρια καθοδικής ροής, με τα παραγόμενα νερά να υπερχειλίζουν σε πλευρικά κανάλια και να καταλήγουν στο αντλιοστάσιο αφρών και στη συνέχεια τα απόβλητα οδηγούνται στη δεξαμενή απολύμανσης. Επιπλέον, η μονάδα βιομηχανικού νερού τροφοδοτεί όλα τα υφιστάμενα τμήματα της ΕΕΛ καθώς χρησιμοποιείται και για κάλυψη των εξωτερικών αναγκών, όπως άρδευση χώρων πρασίνου και άλλα. (Δανδόλου, 2010).

Κεφάλαιο 4: Το έργο LIFE B2E4sustainable-WWTP

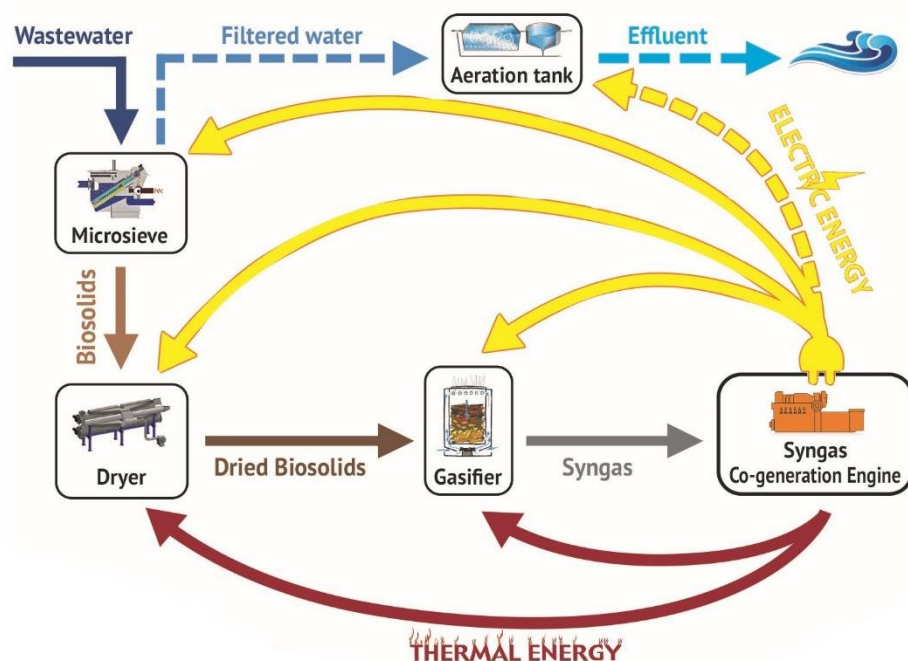
4.1 Σκοπός του έργου

Το LIFE B2E4sustainable-WWTP είναι ένα καινοτομικό έργο το οποίο αποσκοπεί στην βελτίωση απόδοσης του παρατεταμένου αερισμού στις ΕΕΛ, καθώς και στην προφύλαξη του υδάτινου περιβάλλοντος από την ρύπανση των αποβλήτων των ΕΕΛ. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, κατασκευάζεται ένα πιλοτικό σύστημα για την αφαίρεση στερεών πριν εισέλθουν στην δεξαμενή αερισμού. Επιπλέον, το σύστημα έχει χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις ενώ παράλληλα αξιοποιεί τα παραγόμενα βιοστερεά για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (μέσω της αεριοποίησης) με αποτέλεσμα την δραστική μείωση της ολικής κατανάλωσης ενέργειας της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.

4.2 Περιγραφή συστήματος

Η μονάδα έχει χωρητικότητα αποβλήτων για επεξεργασία ίση με 5,000 m³/d, ενώ παράγονται 0.5 - 1.0 ton/d βιοστερεά για τον σκοπό παραγωγής ενέργειας. Το σύστημα περιλαμβάνει τα στάδια της μικροκοσκίνισης, της ξήρανσης και της αεριοποίησης (Gikas & Manali, 2019b).

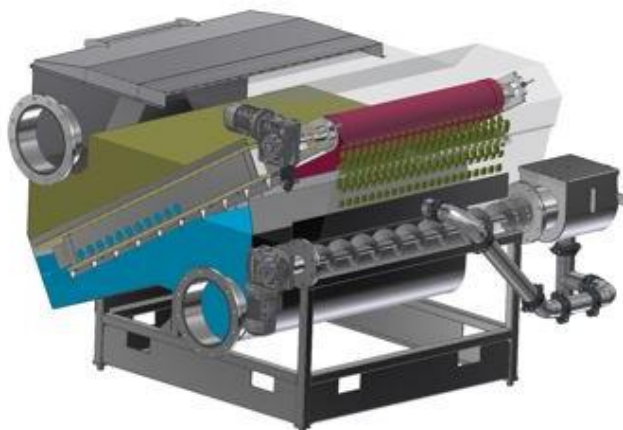
Το διάγραμμα ροής του συστήματος φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 4.1. Στο πρώτο στάδιο τα βιοστερεά αφαιρούνται κατάντη της δεξαμενής αερισμού με μικροκοσκίνιση. Τα Πρωτοβάθμια Κοσκινισμένα Στερεά (Primary Sieved Solids, PSS) περιέχουν 35-45% ξηρά στερεά και διαθέτουν Υψηλότερη Θερμογόνο Δύναμη (Higher Heating Value, HHV) ίση με 23 MJ/kg. Επιπλέον, πριν την εισαγωγή τους στον αεριοποιητή υπόκεινται σε ξήρανση έτσι ώστε η περιεκτικότητά τους σε στερεά να φτάσει στο 85%. Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης (syngas) χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με χρήση ηλεκτροκινητήρα εσωτερικής καύσης, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών της μονάδας και της ΕΕΛ Ρεθύμνου, καθώς και για την ξήρανση των PSS αντίστοιχα (Gikas & Manali, 2019a; Gikas & Manali, 2019b).



Εικόνα 4.1: Διάγραμμα ροής του συστήματος του έργου LIFE B2E4sustainable-WWTP (Biosolids2energy, 2018).

4.2.1 Μικροκοσκίνιση

Είναι μια σύγχρονη μέθοδος που βοηθά στην απομάκρυνση των πρωτοβάθμιων στερεών σε μία συμβατική ΕΕΛ (Εικόνα 4.2). Τα βιοστερεά που παράγονται έχουν ποσοστό περιεκτικότητας σε στερεά έως και 45%, ενώ χρειάζεται μόνο το 5% του χώρου που απαιτείται για μία παραδοσιακή ΔΠΚ. Το σύστημα που επιλέχθηκε για το έργο LIFE είναι σύστημα με Φίλτρο Περιστρεφόμενου Ιμάντα (Rotating Belt Filter, RBF). Τα απόβλητα εισέρχονται στο μικροκόσκινο μέσω υποβρύχιας φυγοκεντρικής αντλίας, όπου συγκρατούνται τα βιοστερεά μεγέθους μεγαλύτερου των 150 μm . Για τον αποτελεσματικό καθαρισμό της ταινίας στο μικροκόσκινο περιλαμβάνονται μηχανικό ξέστρο, μηχανισμός εισαγωγής αέρα καθώς και σύστημα εισαγωγής ζεστού νερού. Τέλος, περιλαμβάνεται σύστημα αφυδάτωσης ιλύος από όπου παράγονται τα PSS, τα οποία έχουν περιεκτικότητα 25-45% σε στερεά και HHV μεταξύ 23.5-24.4 Mj/kg (Gikas & Manali, 2018a; Gikas & Manali, 2018b).



Εικόνα 4.2: Σύστημα μικροκοσκίνισης RBF (Biosolids2energy, 2018).

4.2.2 Ξήρανση

Ο ξηραντής λειτουργεί με βάση ταυτόχρονη παροχή και ανάδευση θερμού αέρα από τον αεριοποιητή στο σύστημα αποχέτευσης (Εικόνα 4.3). Μέσω αγωγών μεταφοράς εξασφαλίζεται η σταθερότητα του υλικού στη ροή θερμού αέρα καθ' όλη την διάρκεια της διεργασίας. Το σύστημα αποτελείται από δύο γραμμές ξήρανσης (μήκους 6m) στις οποίες αναρροφάται υγρός αέρας από το κύκλωμα αναρρόφησης. Ακολουθώντας, μέσω του συστήματος διανομής θερμού αέρα, εισάγεται ξηρός και ζεστός αέρας στις δύο γραμμές. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω διεργασιών το κύκλωμα αναρρόφησης εκκενώνεται σε κυκλώνα δεσμεύοντας έτσι τα πτητικά και ελαφρά σωματίδια. Τέλος κατά την έξοδο το κατεργασμένο υλικό αναμιγνύεται με υλικό από τον κυκλώνα και οδηγείται στον αεριοποιητή (Biosolids2energy, 2018; Μαυράκης, 2018).



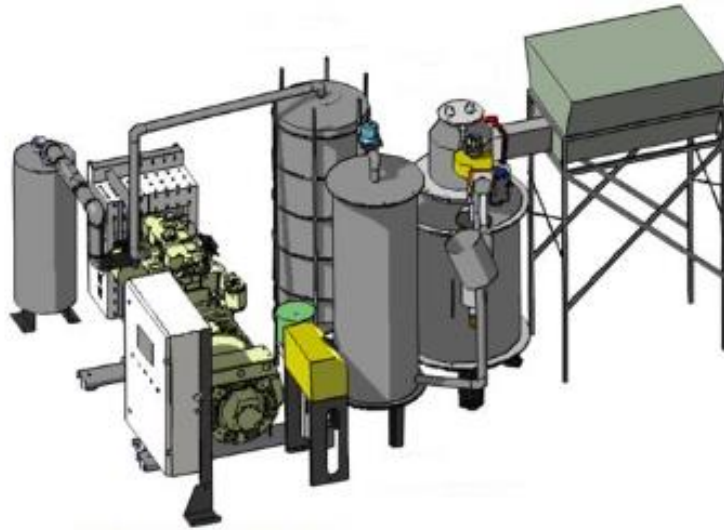
Εικόνα 4.3: Σύστημα ξήρανσης (Biosolids2energy, 2018).

4.2.3 Αεριοποίηση/Παραγωγή ενέργειας

Το ξηραμένο υλικό αρχικά μπρικετοποιείται, στη συνέχεια αποθηκεύεται σε δοχείο και τέλος τροφοδοτείται στον αεριοποιητή μέσω κοχλίας (Εικόνα 4.4). Ο αεριοποιητής λειτουργεί με σύστημα καθοδικού ρεύματος, το οποίο είναι ευνοϊκό περιβαλλοντικά καθώς διατηρεί στο ελάχιστο τα αιωρούμενα σωματίδια λόγω πίσσης και τέφρας στο παραγόμενο αέριο σύνθεσης (syngas), με αποτέλεσμα να είναι ενεργειακά αποδοτικότερο. Η μέγιστη τροφοδοσία του αεριοποιητή είναι 15 kg βιομάζας ανά μία ώρα, με θερμική απόδοση 50 kW και ηλεκτρική απόδοση στα 12-15 kW. Σε πρώτο στάδιο γίνεται διάσπαση της πρώτης ύλης με συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας, έως τους 600 °C (πυρόλυση). Ακολουθεί η αεριοποίηση, σε εύρος θερμοκρασιών 800-1200 °C με αποτέλεσμα την παραγωγή αερίου σύνθεσης.

Το αέριο σύνθεσης αποτελεί το κύριο προϊόν της αεριοποίησης (αποτελείται κυρίως από H_2 , CO και CH_4) και χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Η θερμότητα χρησιμοποιείται για την ξήρανση των βιοστερεών πριν γίνει η αεριοποίηση. Η αεριοποίηση αποτελεί έναν πολύ αποτελεσματικότερο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας σε σχέση με μία παραδοσιακή διεργασία αναερόβιας χώνευσης, καθώς παράγει διπλάσιο ποσοστό ενέργειας χρησιμοποιώντας σχεδόν το 100% του άνθρακα που είναι διαθέσιμος

στην λάσπη. Συγκριτικά η αναερόβια χώνευση αξιοποιεί μόλις το 50-60% το άνθρακα με αποτέλεσμα τα υπολείμματα της να περιέχουν μεγάλο κλάσμα οργανικής ύλης που απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 4.4: Σύστημα αεριοποίησης (Biosolids2energy, 2018).

Κεφάλαιο 5: Σκοπός της εργασίας

Οι βασικοί στόχοι της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθόδου προ-επεξεργασίας λυμάτων και αξιοποίησης των παραγόμενων βιοστερεών του καινοτομικού συστήματος του έργου LIFE είναι η βελτίωση απόδοσης του παρατεταμένου αερισμού, η προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος καθώς και η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΕΛ ενεργού ιλύος.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η χαρτογράφηση των νομοθεσιών, κανονισμών και οδηγιών, που σχετίζονται με την επεξεργασία λυμάτων και τη διαχείριση υδατικών πόρων, τόσο εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Με την μελέτη αυτή, διερευνάται η δυνατότητα ενσωμάτωσης των προτεινόμενων τεχνολογιών του έργου LIFE σε διάφορες ΕΕΛ ανά την Ελλάδα και την Ευρώπη. Ακόμη, εκτιμάται η συμβολή του συγκεκριμένου καινοτομικού συστήματος μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης βιοστερεών στη αναθεώρηση/ανανέωση του υπάρχοντος νομικού πλαισίου, καθώς και η συνεισφορά του στην διαμόρφωση νέων κανονισμών για πιο εκσυγχρονισμένη, ενεργειακά αποδοτική και περιβαλλοντικά φιλική διαχείριση λυμάτων.

Κεφάλαιο 6: Το νομικό πλαίσιο

6.1 Ελλάδα

6.1.1 Εναρμόνιση – ΚΥΑ 5673/400/1997 (Β192): Μέτρα και Όροι για την επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων.

Προϋποθέσεις διάθεσης των αστικών λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας: Τα αστικά λύματα των αποχετευτικών δικτύων υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία πριν την διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη. Ωστόσο, όσα οδηγούνται σε νερά ορεινών περιοχών μπορούν να υποβάλλονται σε επεξεργασία με λιγότερο αυστηρά μέτρα (λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών είναι δύσκολο να λάβει χώρα η βιολογική επεξεργασία), εφόσον η διάθεσή τους δεν προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στη γύρω περιοχή. Πρέπει να σημειωθεί ότι το φορτίο που εκφράζεται από τον ισοδύναμο πληθυσμό υπολογίζεται βάσει του μέγιστου εβδομαδιαίου φορτίου της μονάδας κατά την διάρκεια του έτος, εξαιρώντας ασυνήθιστες καταστάσεις (π.χ καταρακτώδης βροχή).

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Το καινοτομικό σύστημα μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης βιοστερεών του έργου LIFE ακολουθεί πιστά τις διατάξεις της παραπάνω ΚΥΑ επιτυγχάνοντας βελτίωση της απόδοσης της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με καλύτερη απομάκρυνση των TSS και του BOD και παράλληλα μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την διαχείριση της ιλύος, καθώς μετατρέπεται κυρίως σε ενέργεια για την εγκατάσταση και ελάχιστα απόβλητα (τέφρα). Με τη χρήση του συστήματος RBF για μικροκοσκίνιση αυξάνεται η απόδοση σε σχέση μία την παραδοσιακή ΔΠΚ και απομακρύνονται στον βέλτιστο βαθμό τα αιωρούμενα στερεά. Έτσι, τα στερεά που παραμένουν χρειάζονται λιγότερη βιολογική επεξεργασία, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η απόδοση της δεξαμενής αερισμού. Με αυτόν τον τρόπο, αντιμετωπίζονται τα κυριότερα προβλήματα των κλασσικών ΔΔΚ, όπως η δημιουργία πολύ μικρών κροκίδων βιομάζας και ο αφρισμός της ιλύος λόγω νηματοειδών μικροοργανισμών.

6.1.2 Νόμος 4042/2012: Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων.

Η διαχείριση αποβλήτων πραγματοποιείται έτσι ώστε να μη τίθενται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και ιδίως χωρίς:

- «Να δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα, το έδαφος, την χλωρίδα και την πανίδα.
- Να προκαλείται όχληση από θόρυβο ή οσμές.
- Να επηρεάζεται δυσμενώς το τοπίο ή οι τοποθεσίες ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.»

Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων (ΣΔΑ): Για την επίτευξη των στόχων της διαχείρισης αποβλήτων το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής σε συνεργασία με το εκάστοτε συναρμόδιο Υπουργείο, εκπονεί Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων «για κάθε ρεύμα αποβλήτων ή για σύνολο ρευμάτων αποβλήτων» τα οποία συνδυαστικά καλύπτουν το σύνολο της επικράτειας της χώρας για όλα τα είδη αποβλήτων. Με χρήση των ΣΔΑ αναλύονται η υπάρχουσα κατάσταση διαχείρισης αποβλήτων και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την βελτίωση των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση (π.χ ανακύκλωση, ανάκτηση ή διάθεση). Τα ΣΔΑ περιλαμβάνουν:

1. Τον τύπο, την ποιότητα και την πηγή των παραγόμενων αποβλήτων.
2. Υφιστάμενα προγράμματα συλλογής αποβλήτων για μεγάλες εγκαταστάσεις διάθεσης και ανάκτησης.
3. Τυχόν ρυθμίσεις για απόβλητα ελαίων, επικίνδυνων αποβλήτων και ρευμάτων αποβλήτων τα οποία ρυθμίζονται από συγκεκριμένες νομοθετικές πράξεις.
4. Αξιολόγηση της ανάγκης για δημιουργία νέων προγραμμάτων συλλογής, το κλείσιμο υφιστάμενων εγκαταστάσεων αποβλήτων και δημιουργία πρόσθετων υποδομών.
5. Επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τον εντοπισμό τοποθεσιών και τη δυναμικότητα των μελλοντικών εγκαταστάσεων διάθεσης.
6. Γενικές πολιτικές διαχείρισης αποβλήτων (συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών και μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων) για είδη απόβλητων που θέτουν συγκεκριμένα προβλήματα διαχείρισης.

Κατά την διαμόρφωση των ΣΔΑ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες αρχές:

1. «Περί προστασίας του περιβάλλοντος.
2. Προφύλαξης και της αειφορίας.
3. Τεχνικώς εφικτού.
4. Οικονομικής βιωσιμότητας.
5. Προστασίας των πόρων.
6. Συνολικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία, την οικονομία και την κοινωνία.»

Στην πρόληψη και τη διαχείριση των αποβλήτων ισχύει η κάτωθι ιεράρχηση:

1. Πρόληψη
2. Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση
3. Ανακύκλωση
4. Ανάκτηση (κυρίως ενέργειας)
5. Διάθεση

Σε πρακτικό επίπεδο λαμβάνονται μέτρα τα οποία προωθούν εναλλακτικές δυνατότητες έτσι ώστε να έχουμε το περιβαλλοντικά καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, επομένως ενδέχεται να απαιτείται η παρέκκλιση από τη ιεράρχηση για ορισμένα ρεύματα αποβλήτων.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Η πιλοτική μονάδα του έργου LIFE που έχει εγκατασταθεί στην ΕΕΛ Ρεθύμνου ακολουθεί τις αρχές των ΣΔΑ και βελτιώνει την απόδοση διαχείρισης αποβλήτων σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες. Αυτό πραγματοποιείται με την βελτίωση απόδοσης του παρατεταμένου αερισμού, λόγω της αφαίρεσης σημαντικού μέρους των TSS μέσω της μικροκοσκίνισης, που οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα υδάτων στην περιοχή, καθώς και με την μείωση του αποτυπώματος των αερίων του θερμοκηπίου, χάρη στην σημαντική μείωση ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός τεχνολογιών είναι πολύ βοηθητικός περιβαλλοντικά, καθώς ένα μεγάλο μέρος της ιλύος που θα παραγόταν υπό κανονικές συνθήκες και θα έπρεπε να διατεθεί σε κάποιον ΧΥΤΑ, τώρα μετατρέπεται σε ενέργεια και σε ανόργανο υπόλειμμα-τέφρα, το οποίο έχει σημαντικά μικρότερο όγκο και είναι ευκολότερα διαχειρίσιμο. Επιπλέον,

η πιλοτική μονάδα μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης βιοστερεών συνεισφέρει στην μείωση των ποσών ενέργειας που απαιτούν οι βιολογικές διεργασίες της ΕΕΛ αλλά και στην ανάκτηση πράσινης ενέργειας από τα βιοστερεά, με τελικό αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χάρη στην αεριοποίηση του οργανικού άνθρακα.

6.1.3 Νόμος 4819/2021: Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων.

Κατάλογος αποβλήτων: Περιλαμβάνει τα επικίνδυνα απόβλητα, λαμβάνοντας υπόψη την προέλευση, σύνθεση και τις οριακές τιμές συγκέντρωσης επικίνδυνων αποβλήτων. Ο κατάλογος είναι δεσμευτικός ως προς τον προσδιορισμό των αποβλήτων που θεωρούνται επικίνδυνα, όμως η καταχώριση μίας ουσίας δεν συνεπάγεται ότι συνιστά απόβλητο ενώ ορισμένα απόβλητα θεωρούνται επικίνδυνα ακόμα και αν δεν περιλαμβάνονται σε έναν τέτοιο κατάλογο. Υπάρχει δυνατότητα αποχαρκτηρισμού ενός αποβλήτου μόνο εφόσον υπάρχουν στοιχεία με βάση τα οποία αποδεικνύεται ότι δεν εμφανίζει καμιά από τις ιδιότητες επικίνδυνων αποβλήτων. Μόνο τότε μπορεί να θεωρηθεί ως μη επικίνδυνο απόβλητο από το αρμόδιο όργανο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας και όχι απλώς επιτυγχάνοντας μείωση των συγκεντρώσεων επικίνδυνων ουσιών χαμηλότερα από τις οριακές τιμές.

Προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος: Όπως ακριβώς αναφέρεται και στον Νόμο 4042/2012 (6.1.2), σύμφωνα με τον Νόμο 4819/2021 η διαχείριση των αποβλήτων πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς να βλάπτεται το περιβάλλον και χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα, πρέπει:

1. «Να μην προκαλείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα, το έδαφος, τη χλωρίδα και την πανίδα.
2. Να μην προκαλείται όχληση από θόρυβο και οσμές.
3. Να μην επηρεάζονται δυσμενώς το τοπίο και οι τοποθεσίες ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.»

Έλεγχος επικίνδυνων αποβλήτων: Η παραγωγή και διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων (διαδικασίες συλλογής, μεταφορά, αποθήκευση, επεξεργασία, τελική διάθεση) διεξάγονται σε συνθήκες οι οποίες προστατεύουν το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, από την 01/07/2022 επιβάλλεται η τοποθέτηση GPS σε όλα τα οδικά μέσα μεταφοράς επικίνδυνων αποβλήτων. Ακόμα, η Γενική Γραμματεία Συντονισμού Διαχείρισης Αποβλήτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας υποχρεούται να καταρτίζει έκθεση επικινδυνότητας διαχείρισης αποβλήτων έως την 31η Μαΐου κάθε έτους.

Βιολογικά απόβλητα (βιοαπόβλητα/βιοστερεά): Έως τις 31/12/2022 τα βιολογικά απόβλητα πρέπει «είτε να διαχωρίζονται και να ανακυκλώνονται στην πηγή, είτε να συλλέγονται χωριστά» (χωρίς να αναμινύονται με άλλα είδη αποβλήτων), έτσι ώστε να «επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας και το προϊόν που προκύπτει να πληροί τα σχετικά πρότυπα υψηλής ποιότητας». Ωστόσο, επιτρέπεται η κοινή συλλογή βιοαποβλήτων με άλλα απόβλητα παρόμοιων ιδιοτήτων βιοαποδόμησης και κομποστοποίησης. Επιπλέον, οι φορείς των επιχειρήσεων μαζικής εστίασης (ανεξάρτητα από την δυναμικότητά τους) υποχρεούνται να διασφαλίζουν χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων που προκύπτουν από τη δραστηριότητά τους με την επιφύλαξη των διατάξεων περί ζωικών προϊόντων.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Η προτεινόμενη μέθοδος προ-επεξεργασίας λυμάτων και αξιοποίησης των παραγόμενων βιοστερεών του LIFE συμβαδίζει με τις οδηγίες του νόμου 4819, όπως ακριβώς και με τον νόμο 4042 (βελτιωμένη ποιότητα υδάτων στην περιοχή, μειωμένη παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου, χαμηλότερη συγκέντρωση στερεών). Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι η διαχείριση των λυμάτων της ΕΕΛ είναι εξαιρετικά δαπανηρή και εάν γίνεται με ακατάλληλο τρόπο θέτει σε κίνδυνο τα περιβαλλοντικά και υγειονομικά πρότυπα που θέτονται από το κράτος. Η πιλοτική μονάδα του έργου LIFE διαχειρίζεται τα λύματα έτσι ώστε αφενός να επιτυγχάνονται χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφετέρου να υποστηρίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χάρη στην παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas).

6.1.4 ΚΥΑ 80568/4225/1991: Μέθοδοι, όροι και περιορισμοί για την χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων.

Μέτρα και διαδικασίες τήρησης των οριακών τιμών: Για την παραγωγή επεξεργασμένης ιλύος απαιτείται άδεια εγκατάστασης, η οποία χορηγείται μετά από έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Η διαδικασία πραγματοποιείται με κοινή απόφαση του Υπουργείου Υγείας, Πρόνοιας, Κοινωνικών Ασφαλίσεων, του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) καθώς και του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας. Παράλληλα, απαιτείται άδεια και για την χρήση της ιλύος η οποία χορηγείται από τον νομάρχη. Ο ενδιαφερόμενος πρέπει να υποβάλει αίτηση στην Διεύθυνση Γεωργίας ή στην Διεύθυνση Δασών του νομού, αναλόγως με τον τύπο της περιοχής χρήσης (γεωργική ή δασική).

Η αρμόδια νομαρχιακή διεύθυνση του Υπουργείου Γεωργίας εισηγείται στο Νομάρχη τη χορήγηση της άδειας για τη χρησιμοποίηση της επεξεργασμένης ιλύος, η οποία χορηγείται εντός 20 ημερών και αναφέρεται στα ακόλουθα:

- «Στις οριακές τιμές που προβλέπονται στην παρούσα απόφαση.
- Στον τρόπο διάχυσης ή διασποράς της ιλύος.
- Σε τυχόν πρόσθετους όρους για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.
- Στην έκταση και το είδος των καλλιεργειών.
- Στις ανώτατες ποσότητες της επεξεργασμένης ιλύος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην συγκριμένη περιοχή.
- Στις απαγορεύσεις που προβλέπονται για τις περιπτώσεις του άρθρου 5 της παρούσας απόφασης».

Πριν την χορήγηση της άδειας οι αρμόδιες αρχές έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιήσουν ελέγχους στην περιοχή χρήσης της ιλύος, έτσι ώστε να αποφευχθεί ενδεχόμενη υποβάθμιση των εδαφών καθώς και ρύπανση ή υποβάθμιση των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Επιπλέον, ενδέχεται η αρμόδια νομαρχιακή διεύθυνση να εισηγηθεί στον Νομάρχη για τη χορήγηση άδειας για τη χρησιμοποίηση μη επεξεργασμένης ιλύος, εφόσον αυτή εγχέεται ή παραχώνεται στο έδαφος. Στην προκειμένη περίπτωση η

χορηγούμενη άδεια περιλαμβάνει και τις προϋποθέσεις χρησιμοποίησης μη επεξεργασμένης ιλύος.

Όριο και προϋποθέσεις χορήγησης της άδειας χρησιμοποίησης επεξεργασμένης ιλύος στη γεωργία: Για αποφυγή της υπέρβασης των οριακών τιμών που καθορίζονται από την εκάστοτε απόφαση, η αρμόδια Νομαρχιακή Διεύθυνση του Υπουργείου Γεωργίας ακολουθεί μία από τις παρακάτω διαδικασίες:

- «Καθορίζει τις ανώτατες ποσότητες της ιλύος (σε τόνους ξηράς ουσίας) που μπορούν να προστίθενται στο έδαφος ανά μονάδα επιφάνειας και ανά έτος. Η διαδικασία ακολουθεί τις οριακές τιμές συγκέντρωσης σε βαρέα μέταλλα της ιλύος σύμφωνα με το παράρτημα 1B του άρθρου 12 της παρούσας απόφασης.
- Εξασφαλίζει την τήρηση των οριακών τιμών των ποσοτήτων μετάλλων που τα οποία προστίθενται στο έδαφος ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου».

Επιπλέον, για τη χορήγηση της άδειας χρησιμοποίησης της ιλύος η αρμόδια αρχή καθορίζει τους όρους βάσει:

- Των αναγκών θρέψεων των φυτών.
- Της αποφυγής δυσμενών επιπτώσεων στην ποιότητα του εδάφους και των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.
- Την αυξημένη κινητικότητα των βαρέων μετάλλων και την ευκολότερη απορρόφησή τους από τα φυτά.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Παρά το ότι η χρήση της παραγόμενης ιλύος για γεωργικές εκτάσεις είναι διαδεδομένη στην Ευρώπη και ρυθμίζεται από την νομοθεσία, τα τελευταία χρόνια υπάρχει τάση προς απαγόρευση της συγκεκριμένης πρακτικής, καθώς ενέχει κίνδυνο υποβάθμισης των εδαφών, σε περιπτώσεις που γίνεται επανειλημμένα και μη ακολουθώντας τον ενδεδειγμένο τρόπο. Ακολουθώντας αυτή την τάση προς απαγόρευση, το έργο LIFE προτείνει την ολοκληρωμένη διαχείριση της ιλύος εντός της ΕΕΛ, μέσω μίας καινοτομικής διαδοχικής εφαρμογής των τεχνολογιών μικροκοσκίνισης - ξήρανσης - αεριοποίησης, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας και ανόργανου υπολείμματος - τέφρας. Η τέφρα, εφόσον κριθεί κατάλληλη και τηρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις/προδιαγραφές, ενδέχεται να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γεωργικές εκτάσεις, για την ενίσχυση/λίπανση των καλλιεργειών.

6.1.5 Κανονισμός 741/2020 - ΚΥΑ 145116/2011: Διατάξεις σχετικές με την επαναχρησιμοποίηση νερού.

Κανονισμός 741/2020: Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων και θεσπίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις απαραίτητες για την ποιότητα των υδάτων, καθώς και διατάξεις για την ασφαλή χρήση ανακτημένου νερού. Επιπλέον, στοχεύει στην εγγύηση ότι το ανακτημένο νερό θα είναι ασφαλές για γεωργική άρδευση, επιτυγχάνοντας έτσι υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας των ανθρώπων και των ζώων, προάγοντας την κυκλική οικονομία και στηρίζοντας την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Ο φορέας λειτουργίας της εκάστοτε εγκατάστασης είναι υποχρεωμένος να διασφαλίζει ότι το ανακτημένο νερό το οποίο προορίζεται για γεωργική άρδευση ακολουθεί

τις ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας υδάτων καθώς και τυχόν επιπλέον όρους που καθορίζονται από την δημόσια αρχή.

Η εκάστοτε αρμόδια αρχή θεσπίζει σχέδιο διαχείρισης κινδύνου επαναχρησιμοποίησης νερού (παραγωγή, παροχή και χρήση), με το σχέδιο να καταρτίζεται από τον φορέα λειτουργίας της εγκατάστασης και τους τελικούς χρήστες. Οι βασικοί στόχοι του σχεδίου διαχείρισης είναι:

1. «Να καθορίζει τυχόν αναγκαίες απαιτήσεις για τον φορέα λειτουργίας εγκατάστασης έτσι ώστε να μετριαζονται τυχόν κίνδυνοι.
2. Να αναγνωρίζει πηγές κινδύνου ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα προληπτικά ή διορθωτικά μέτρα.
3. Να αναγνωρίζει επιπρόσθετους φραγμούς στο σύστημα επαναχρησιμοποίησης των υδάτων, ενώ παράλληλα καθορίζει τυχόν πρόσθετες απαιτήσεις έτσι ώστε το σύστημα επαναχρησιμοποίησης να είναι ασφαλές.»

Χρήσεις του ανακτημένου νερού: Το ανακτημένο νερό από τις ΕΕΛ χρησιμοποιείται κυρίως για την άρδευση των ακόλουθων τύπων καλλιεργειών:

- «Εδώδιμων φυτών τα οποία καταναλώνονται ωμά, δηλαδή καλλιέργειες για κατανάλωση από τον άνθρωπο ωμές ή μη επεξεργασμένες.
- Εδώδιμων φυτών που μεταποιοούνται δηλαδή καλλιέργειες που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση μετά από επεξεργασία (π.χ μαγείρεμα ή βιομηχανική μεταποίηση).
- Μη edώδιμων φυτών, δηλαδή καλλιέργειες που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο (π.χ βοσκότοποι, φυτά για παραγωγή ινών, διακοσμητικά φυτά, σπόροι προς σπορά, ενεργειακές καλλιέργειες και χλοοτάπητες)».

ΚΥΑ 145116/2011: Εφαρμόζεται για προγραμματισμένη επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων τα οποία χρησιμοποιούνται για άρδευση, τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων, αστική και βιομηχανική χρήση (εξαιρουμένων όσων αποβλήτων έχουν καταστεί ως επικίνδυνα). Η παρούσα απόφαση δεν αφορά τις ακόλουθες διεργασίες:

1. «Ανακύκλωση βιομηχανικών αποβλήτων.
2. Επαναχρησιμοποίηση για πόση.
3. Επαναχρησιμοποίηση για κολύμβηση (πισίνες).
4. Οικιακές χρήσεις.
5. Διάθεση σε υδάτινους αποδέκτες».

Επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση: Για να γίνει σωστή επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων στην άρδευση, «διακρίνουμε δύο τύπους (βάσει είδους των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στην περιοχή)»:

1. Περιορισμένη άρδευση: Αφορά στις καλλιέργειες τα προϊόντα των οποίων καταναλώνονται μετά από θερμική επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια,

δέντρα και καλλιέργειες σπόρων. Όσον αφορά το σύστημα άρδευσης απαγορεύεται η μέθοδος του καταιονισμού και δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού. Αν υπάρχει προσβασιμότητα σε ζώα τότε λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα (π.χ περίφραξη, απαγόρευση βοσκής) για τον περιορισμό της.

2. Άρδευση χωρίς περιορισμούς: Αφορά στα είδη καλλιεργειών που δεν έχουν αναφερθεί στην περιορισμένη άρδευση, όπως λαχανικά, αμπέλια, ανθοκομικά και καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά. Σε αυτήν την διαδικασία επιτρέπονται διάφορες χρήσεις του ανακτημένου νερού (συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού) και δεν υπάρχουν περιορισμοί στην πρόσβαση.

Τροφοδότηση/Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων: Για την σωστή τροφοδότηση/εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων είναι απαραίτητη η αποφυγή συσσώρευσης οργανικών τα οποία ενδέχεται να βλάψουν μελλοντικές χρήσεις του υδροφορέα. Για την σωστή εφαρμογή της διεργασίας απαιτείται:

1. Επαρκής βαθμός επεξεργασίας, σε περιπτώσεις εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων, έτσι ώστε να γίνει επαρκής απομάκρυνση των οργανικών. Η κατάλληλη επεξεργασία περιλαμβάνει προχωρημένες μεθόδους απομάκρυνσης διαλυτού οργανικού υλικού, σε συνδυασμό με τις καθιερωμένες διεργασίες της δευτεροβάθμιας βιολογικής και τριτοβάθμιας επεξεργασίας.
2. Η αποφυγή πρόσθετων προχωρημένων μεθόδων επεξεργασίας σε βαθμό που τεκμηριώνεται ότι επιτυγχάνεται επαρκής κατακράτηση οργανικών από το έδαφος, όταν πραγματοποιείται εμπλουτισμός με διήθηση.

Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση: Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες περιλαμβάνει το πράσινο των πόλεων, τις δασικές εκτάσεις, την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, την κολύμβηση και τις οικιακές δραστηριότητες. Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν την χρήση νερού για:

1. Το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου (δάση, άλση, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, εγκαταστάσεις αναψυχής).
2. Την κατάσβεση πυρκαγιών.
3. Τη συμπύκνωση εδαφών.
4. Τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων.
5. Τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών και υγροβιότοπων.
6. Την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση: Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και βιομηχανικές διεργασίες, όμως δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων προοριζόμενα για ανθρώπινη κατανάλωση. Ακόμα (με εξαίρεση τα νερά ψύξης μίας χρήσης) για την κατάλληλη επαναχρησιμοποίηση απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία που καθορίζεται με βάση το είδος της βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Το καινοτομικό σύστημα του έργου LIFE δεν έχει ως βασικό στόχο την επαναχρησιμοποίηση νερού. Όμως, αποφορτίζεται η διεργασία του αερισμού (αφού μειώνονται τα περιεχόμενα στερεά του

αποβλήτου), με συνέπεια την δημιουργία επεξεργασμένου αποβλήτου με μικρότερο κόστος, γεγονός που βοηθά σημαντικά στην ευκολότερη και οικονομικότερη διαδικασία ανάκτησης του νερού.

6.2 Ευρωπαϊκή Ένωση

6.2.1: Η διαδικασία εναρμόνισης με το ευρωπαϊκό δίκαιο.

Η ενσωμάτωση οδηγιών της Ε.Ε στην εθνική έννομη τάξη πραγματοποιείται είτε με τυπικό νόμο είτε με πράξη κανονιστικού περιεχομένου (προεδρικό διάταγμα, υπουργική απόφαση), με συγκεκριμένη προθεσμία. Το βασικό εργαλείο για την ενσωμάτωση οδηγιών αποτελεί ο νόμος 1338/1983, ο οποίος επιτρέπει την χρήση εξουσιοδοτήσεων της εθνικής νομοθεσίας για την έκδοση υπουργικών αποφάσεων και προεδρικών διαταγμάτων. Τα βασικά βήματα της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Εκκίνηση: Όταν μια οδηγία δημοσιευτεί στην Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε το Γραφείο Διεθνών και Κοινοτικών Θεμάτων ενημερώνει το εκάστοτε υπουργείο ενώ παράλληλα κοινοποιεί το έγγραφο στην Ειδική Νομική Υπηρεσία του Υπουργείου Εξωτερικών-Δίκαιο Ε.Ε. (ΕΝΥ-ΕΕ) και στην Μόνιμη Ελληνική Αντιπροσωπεία στην Ε.Ε (ΜΕΑ). Επιπλέον, το Υπουργείο πρέπει να ενημερώσει για τον για τον τρόπο ενσωμάτωσης της Οδηγίας, τις ενέργειες στις οποίες θα προβεί προκειμένου η ενσωμάτωση να γίνει εμπρόθεσμα και για το χρονοδιάγραμμα ολοκλήρωσης των σχετικών διαδικασιών.
2. Ολοκλήρωση: Όταν ο νόμος, το προεδρικό διάταγμα ή η υπουργική απόφαση δημοσιευτεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, τότε το Γραφείο Διεθνών και Κοινοτικών Θεμάτων ενημερώνει τις ΕΝΥ-ΕΕ και ΜΕΑ (καθώς και άλλους πιθανούς αρμόδιους φορείς) προκειμένου αυτές να κοινοποιήσουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το εθνικό μέτρο μεταφοράς.

6.2.2 Οδηγία 2000/60/ΕΚ για το νερό: Μείωση της ύφεσης των υδάτινων σωμάτων σε ολόκληρη την Ε.Ε.

Αποτελεί μία πολιτική διαχείρισης των υδατικών πόρων με σκοπό:

1. Την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων.
2. Την διατήρηση των υδατικών πόρων σε καλή κατάσταση.
3. Την πραγματοποίηση μίας ολοκληρωμένης διαχείρισης πόρων στην γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών.

Η κύρια προτεραιότητα της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων είναι η κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Το σχέδιο διαχείρισης αποτελεί ένα έγγραφο στρατηγικού σχεδιασμού με σκοπό την ολοκληρωμένη διαχείριση υδάτων σε μία λεκάνη απορροής. Σε αυτό περιλαμβάνονται:

1. Σύνοψη των πιέσεων και επιπτώσεων που ασκούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στα νερά.
2. Δίκτυο παρακολούθησης των νερών από το οποίο φαίνονται η οικολογική, χημική και ποσοτική κατάσταση των νερών.

3. Κατάλογος των περιβαλλοντικών στόχων.
4. Περίληψη της οικονομικής ανάλυσης χρήσεων του νερού.

Όσον αφορά το κόστος των υπηρεσιών νερού, τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη την ανάκτηση κόστους βάσει της οικονομικής ανάλυσης που διεξάγεται σύμφωνα με την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει". Οι τιμές που καταβάλουν οι χρήστες του νερού πρέπει να καλύπτουν το λειτουργικό κόστος, το κόστος συντήρησης, το κόστος των επενδύσεων και το περιβαλλοντικό κόστος. Σημαντικές οικονομικές αρχές αποτελούν:

- Οι χρήστες του νερού (π.χ βιομηχανίες, γεωργοί) καταβάλλουν το κόστος για τις υπηρεσίες υδάτων που απολαμβάνουν.
- Η χρήση οικονομικής ανάλυσης για αξιολόγηση υδατικών πόρων.
- Η εκτίμηση της οικονομικής αποτελεσματικότητας και του κόστους οφέλους πιθανών εναλλακτικών επιλογών.

Περιβαλλοντική ζημία: Η απόκλιση της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των υδατικών συστημάτων από την κατάσταση που θεωρείται "καλή". Η έκφρασή της σε οικονομικό κόστος εκτιμάται για κάθε χρήση ύδατος και ορίζεται ως "Περιβαλλοντικό Κόστος", το οποίο αφορά στο κόστος της απόκλισης της κατάστασης των υδάτων από την "καλή" κατάσταση που απαιτείται για τη βιώσιμη χρήση του υδατικού πόρου.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως στην Ευρώπη απαιτούνται πιο ευέλικτες και απλές τεχνολογίες προκειμένου να επιτευχθεί βελτίωση της αδύναμης απόδοσής τους και πρόληψη απόρριψης ρύπων στα υδάτινα σώματα. Το καινοτομικό σύστημα μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης βιοστερεών αποβλέπει στην βελτίωση της ποιότητας των υδατινών συστημάτων με ενίσχυση της απόδοσης του παρατεταμένου αερισμού και ενώ ταυτόχρονα βελτιστοποιείται η αποτελεσματικότητα διαχείρισης των λυμάτων. Επιπλέον επιτυγχάνεται μείωση των επιπτώσεων λόγω της διαχείρισης ιλύος με την χρήση του συστήματος επεξεργασίας, χάρη στο οποίο το μεγαλύτερο μέρος της ιλύος μετατρέπεται σε ενέργεια και όχι σε στερεά αδρανή απόβλητα (όπως στις συνηθισμένες μονάδες επεξεργασίας).

6.2.3 Οδηγία 91/271/ECC για τα αστικά λύματα: Ενίσχυση των δυνατοτήτων των ΕΕΛ.

Βασικός σκοπός της οδηγίας είναι η προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από δυσμενείς επιπτώσεις των αστικών λυμάτων (όπως ο ευτροφισμός), καθώς και η θέσπιση κανόνων για την συλλογή, επεξεργασία και απόρριψη των λυμάτων. Επιπλέον, η νομοθετική πράξη καλύπτει τα λύματα που δημιουργούνται από βιομηχανίες γεωργικών τροφίμων (π.χ μεταποίηση τροφίμων, ζυθοποιία). Σύμφωνα με την οδηγία οι χώρες της Ε.Ε υποχρεούνται:

1. Να συλλέγουν και να επεξεργάζονται λύματα σε αστικά κέντρα πληθυσμού 2,000 ατόμων και άνω, με εφαρμογή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.
2. Να εφαρμόζουν πιο προηγμένη επεξεργασία στα αστικά κέντρα με πληθυσμό άνω των 10,000 ατόμων.
3. Να διασφαλίζουν την σωστή συντήρηση των σταθμών επεξεργασίας έτσι ώστε να εξασφαλίζονται επαρκείς αποδόσεις και να λειτουργούν υπό όλες τις κλιματικές συνθήκες.

4. Να λάβουν μέτρα έτσι ώστε να περιοριστεί η ρύπανση υδάτων υποδοχής από όμβρια ύδατα.
5. Να παρακολουθούν τις επιδόσεις των σταθμών επεξεργασίας.
6. Να παρακολουθούν τη διάθεση και επαναχρησιμοποίηση της λυματολάσπης.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Ένα από τα κύρια προβλήματα που παρουσιάζουν οι συμβατικές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων αποτελεί δυσκολία στην αποτελεσματική εξάλειψη των απαραίτητων ουσιών με δευτεροβάθμια επεξεργασία. Οι περισσότερες ΕΕΛ βασίζονται σε παρατεταμένο αερισμό της ενεργούς ιλύος, διαδικασία η οποία είναι πολύ ενεργοβόρα. Επομένως, στην Ευρώπη απαιτούνται τεχνολογίες οι οποίες είναι πιο ευέλικτες και εφαρμόζονται εύκολα στις υπάρχουσες ΕΕΛ. Το καινοτομικό σύστημα μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης βιοστερεών αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την βελτιστοποίηση των κλασσικών ΕΕΛ καθώς καλυτερεύει την απόδοση της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με απομάκρυνση μεγαλύτερης ποσότητας του BOD και των TSS που περιέχονται στην ιλύ πριν από την δεξαμενή αερισμού. Επιπλέον, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασμένης ιλύος μετατρέπεται σε ενέργεια επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών αναγκών της μονάδας και αύξηση της αποδοτικότητάς της.

6.2.4 Οδηγία 86/278/EEC για την παραγόμενη ιλύ: Ελαχιστοποίηση παραγωγής ιλύος.

Η παραγόμενη ιλύς παρουσιάζει χρήσιμες γεωπονικές ιδιότητες ενθαρρύνοντας την ορθή χρήση της στη γεωργία. Βασικός στόχος της παρούσας οδηγίας η θέσπιση ορίων για την προστασία του περιβάλλοντος (ιδίως του εδάφους) και κατά την χρήση ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία, αποφεύγοντας επιβλαβείς επιπτώσεις.

Το σημαντικότερο μέρος που απαιτεί προσοχή κατά την χρήση ιλύος είναι οι τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στα εδάφη καθώς και οι ανώτατες ετήσιες ποσότητες αυτών των βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στα προς καλλιέργεια εδάφη. Η χρήση ιλύος πρέπει να ακολουθεί τους παρακάτω κανόνες:

1. Απαγορεύεται η χρήση ιλύος εάν η συγκέντρωση σε ένα ή περισσότερα βαρέα μέταλλα στο έδαφος υπερβαίνει τις οριακές τιμές.
2. Απαγορεύεται η χρήση ιλύος σε εκτάσεις καλλιέργειας ζωοτροφών.
3. Απαγορεύεται η χρήση ιλύος σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης.
4. Απαγορεύεται η χρήση ιλύος σε εδάφη που προορίζονται για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, για περίοδο δέκα μηνών πριν από τη συγκομιδή και κατά τη διάρκεια της συγκομιδής.
5. Λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα έτσι ώστε αν μην σημειώνεται υπέρβαση των οριακών αυτών τιμών λόγω της χρησιμοποίησης ιλύος.
6. Η ιλύς υφίσταται επεξεργασία πριν χρησιμοποιηθεί στη γεωργία.
7. Λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες θρέψης των φυτών.
8. Όταν χρησιμοποιείται ιλύς σε εδάφη με pH χαμηλότερο από 6 λαμβάνεται υπόψη η αυξημένη κινητικότητα των βαρέων μετάλλων καθώς και η ευκολότερη απορρόφησή τους από τα φυτά.

Επιπλέον, τα κράτη πρέπει να μεριμνούν ώστε να τηρούνται τα βιβλία στα οποία σημειώνονται:

1. Οι ποσότητες της παραγόμενης ιλύος και οι ποσότητες της ιλύος που παραδίδονται στη γεωργία.
2. Η σύνθεση και τα χαρακτηριστικά της ιλύος.
3. Το είδος της επεξεργασίας.
4. Τα ονόματα και οι διευθύνσεις των παραληπτών της ιλύος.
5. Οι τοποθεσίες χρήσης της ιλύος.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Η επεξεργασία και διάθεση της ιλύος αποτελεί δαπανηρό και περιβαλλοντικά ευαίσθητο πρόβλημα των ΕΕΛ το οποίο μεγαλώνει συνεχώς δεδομένου ότι η παραγωγή ιλύος αυξάνεται διαρκώς με την κατασκευή νέων έργων επεξεργασίας λυμάτων. Επιπλέον, οι μελλοντικές νομοθεσίες θα θέσουν αυστηρότερα όρια για την επεξεργασία και διάθεση της ιλύος στο περιβάλλον. Η πρόκληση που αντιμετωπίζει η Ευρώπη είναι να βρει οικονομικά αποδοτικές και καινοτόμες λύσεις που ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές, ρυθμιστικές και δημόσιες πιέσεις. Το σύστημα διαχείρισης ιλύος του καινοτομικού συστήματος του έργου LIFE ακολουθεί την τάση της νομοθεσίας και δίνει μία λύση στο πρόβλημα, αφού προτείνει την ολοκληρωμένη επεξεργασία της ιλύος εντός των ΕΕΛ, παράγοντας ενέργεια και τέφρα σαν τελικά προϊόντα.

6.2.5 Οδηγία 1999/31/EC για υγειονομική ταφή: Αποτροπή διάθεσης αποβλήτων.

Σκοπός της συγκεκριμένης οδηγίας είναι η πρόληψη ή μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της υγειονομικής ταφής αποβλήτων στα ύδατα (επιφανειακά και υπόγεια), το έδαφος, την ατμόσφαιρα και την ανθρώπινη υγεία. Επίσης, οι χώρες τις Ε.Ε υποχρεούνται να εφαρμόζουν στρατηγικές με σκοπό την μείωση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων τα οποία καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής. Οι χώροι υγειονομικής ταφής διακρίνονται σε:

1. Επικίνδυνων αποβλήτων
2. Μη επικίνδυνων αποβλήτων
3. Αδρανών αποβλήτων, τα οποία δεν αποσυντίθενται ούτε καίγονται (π.χ χαλίκι, άμμος και πέτρα).

Στους χώρους υγειονομικής ταφής πραγματοποιείται διάθεση μόνο αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία και ενδέχεται να μην δέχονται ορισμένα είδη αποβλήτων, όπως για παράδειγμα ελαστικά αυτοκινήτων, εύφλεκτα υλικά, εκρηκτικά, διαβρωτικά υλικά ή απόβλητα νοσοκομείων/ιατρικών εγκαταστάσεων. Για να γίνει χορήγηση άδειας οι φορείς εκμετάλλευσης του χώρου ταφής υποβάλουν αίτηση με τα εξής στοιχεία:

1. Στοιχεία ταυτότητας του αιτούντος και του φορέα εκμετάλλευσης.
2. Περιγραφή του τύπου και της ποσότητας αποβλήτων για απόθεση.
3. Χωρητικότητα και περιγραφή του χώρου ταφής (μαζί με προτεινόμενα σχέδια λειτουργίας).
4. Μέθοδοι πρόληψης και καταπολέμησης της ρύπανσης
5. Στοιχεία για τις διαδικασίες παύσης της λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας.

Το 2018 πραγματοποιήθηκε τροποποίηση της οδηγίας, έτσι ώστε να στηρίξει την μετάβαση της Ε.Ε σε κυκλική οικονομία. Σύμφωνα με την νέα οδηγία (ΕΕ 2018/850):

1. Από το 2030 θα υπάρχουν περιορισμοί της ταφής αποβλήτων τα οποία είναι κατάλληλα για ανακύκλωση ή ανάκτηση άλλων υλικών και ενέργειας.
2. Επιδιώκεται η μείωση της ποσότητας των αστικών αποβλήτων τα οποία καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής στο 10%, μέχρι το 2035.
3. Θεσπίζονται κανόνες σχετικά με την αποτίμηση της επίτευξης των στόχων για τα αστικά απόβλητα.
4. Απαιτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να συντάσσει εκθέσεις προειδοποίησης για τον εντοπισμό ανεπαρειών στην επίτευξη των στόχων και για προτεινόμενες δράσεις που πρέπει να αναληφθούν (3 έτη πριν από κάθε προθεσμία).
5. Θα δύνεται η δυνατότητα στις χώρες της Ε.Ε να χρησιμοποιούν οικονομικά και άλλα μέσα για να ενισχύουν την εφαρμογή ιεράρχησης των αποβλήτων.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Παρόλο που η υγειονομική ταφή αποβλήτων δεν αποτελεί βασικό αντικείμενο του έργου LIFE, υπάρχουν κάποια πλεονεκτήματα τα οποία προσφέρει στο συγκεκριμένο πεδίο. Συγκεκριμένα, σε αντίθεση με τις συμβατικές ΕΕΛ, στις οποίες η ιλύς διατίθεται στους ΧΥΤΑ για ταφή, στην περίπτωση του έργου LIFE αποφεύγεται αυτό, καθώς προτείνεται ολοκληρωμένη διαχείριση της ιλύος με ανάκτηση πράσινης ενέργειας από τα βιοστερεά, παράγοντας ανόργανο υπόλειμμα-τέφρα.

6.2.6 Οδηγία ενεργειακής απόδοσης 2012/27/EU.

Η παρούσα οδηγία θεσπίζει το πλαίσιο μέτρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των χωρών της Ε.Ε, καθώς και τους κανόνες οι οποίοι αποσκοπούν στην άρση των φραγμών στην αγορά ενέργειας και στην υπερνίκηση των αδυναμιών της αγοράς που παρεμποδίζουν την απόδοση στον εφοδιασμό και τη χρήση ενέργειας. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν κατάλληλα μέτρα για την άρση των ρυθμιστικών και μη ρυθμιστικών φραγμών στην ενεργειακή απόδοση, χωρίς όμως να θίγονται οι αρχές δικαίου για την ιδιοκτησία. Τα εν λόγω μέτρα περιλαμβάνουν:

- Παροχή κινήτρων.
- Κατάργηση ή τροποποίηση νομοθετικών διατάξεων.
- Έγκριση κατευθυντήριων γραμμών.
- Απλοποίηση διοικητικών διαδικασιών.

Υποχρέωση εξοικονόμησης ενέργειας: Βάσει των οδηγιών της Ε.Ε, τα κράτη μέλη:

1. Έχουν την δυνατότητα να συνυπολογίζουν την εξοικονόμηση ενέργειας που επιταχύνεται από τα μέτρα που θεσπίστηκαν έως τις 31/12/2020, εφόσον αυτά συντελούν σε νέες επιμέρους δράσεις που διεξάγονται μετά τις 31/12/2020.
2. Επιτυγχάνουν ετήσια εξοικονόμηση για κάθε δεκαετία μετά το 2030, εφόσον επιτευχθούν οι μακροπρόθεσμοι στόχοι που έχουν θετηθεί.
3. Αποφασίζουν τον τρόπο σταδιακής εισαγωγής της ποσότητας νέας εξοικονόμησης, μόνο εάν η απαιτούμενη συνολική σωρευτική εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική χρήση έχει επιτευχθεί έως τη λήξη κάθε περιόδου επιβολής της υποχρέωσης.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Η συμβατική επεξεργασία των μονάδων ΕΕΛ απαιτεί προμήθεια υπερόγκων ποσοτήτων αέρα στην βιολογική επεξεργασία, καθιστώντας την πολύ ενεργοβόρα διαδικασία. Παράλληλα η διαρκής αύξηση του πληθυσμού έχει ως αποτέλεσμα πλεόνασμα ιλύος που είναι δύσκολο να επεξεργαστεί κατάλληλα, με το κόστος της διαχείρισης να αυξάνεται ετησίως. Η αξιοποίηση ενέργειας αποτελεί πλέον την κύρια οδό για την βέλτιστη διαχείριση της ιλύος. Το καινοτομικό σύστημα μικροκοσκίνισης-αεριοποίησης βιοστερεών αποτελεί εργαλείο βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των μονάδων στις οποίες εγκαθίστανται και υποστηρίζει τις ευρωπαϊκές πολιτικές ενεργειακής απόδοσης. Πρώτον, γίνεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της αεριοποίησης οργανικού άνθρακα από τα βιοστερεά. Παράλληλα, πάλι χάρη στα βιοστερεά, ανακτάται πράσινη ενέργεια για την λειτουργία της μονάδας, ενώ ακόμα πραγματοποιείται μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων της ΕΕΛ. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες συμβάλουν στην δημιουργία ΕΕΛ με σημαντικά μικρότερες ενεργειακές ανάγκες, σε περίπτωση που εγκατασταθούν σε αυτές μονάδες σαν του έργου LIFE.

6.2.7 European Innovation Partnership on Water: Ευρωπαϊκή Σύμπραξη Καινοτομίας για αντιμετώπιση προκλήσεων σε σχέση με το νερό.

Η παρούσα οδηγία της Ε.Ε αφορά στην επεξεργασία αστικών λυμάτων και τέθηκε σε ισχύ από το 1991, με αποτέλεσμα η ποιότητα των ποταμών, λιμνών και θαλασσών να έχει βελτιωθεί δραματικά. Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει ρύπανση που πρέπει να αντιμετωπιστεί και δεν καλύπτεται από τους ισχύοντες κανόνες, κυρίως ρύπανση από μικρότερες πόλεις, υπερχειλίση ομβρίων υδάτων και μικρορύπους (όπως υπολείμματα φαρμακευτικών προϊόντων και καλλυντικών).

Αυτό οδήγησε την Επιτροπή (Commission) στη επικαιροποίηση την οδηγίας έτσι ώστε πλέον να υπάρχει απαίτηση από τις χώρες να διασφαλίσουν ότι οι πόλεις συλλέγουν και επεξεργάζονται σωστά τα λύματά τους. Οι βασικοί στόχοι είναι:

- Η προστασία του περιβάλλοντος από τις δυσμενείς επιπτώσεις των απορρίψεων αστικών λυμάτων.
- Να διασφαλίζει πως τα οικιακά και βιομηχανικά λύματα συλλέγονται, επεξεργάζονται και απορρίπτονται αποτελεσματικά.

Αναθεώρηση της Οδηγίας: Στις 26/10/2022 η Επιτροπή αναθεώρησε την οδηγία με βάση τα αποτελέσματα αξιολόγησης και εκτενούς εκτίμησης των επιπτώσεων. Η προσαρμογή αποσκοπεί να επιτύχει:

- Την μείωση της ρύπανσης, της χρήσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Την βελτίωση της ποιότητας του νερού.
- Την ανάπτυξη της βιομηχανίας αντιμετώπισης μικρορύπων.
- Την παρακολούθηση των παθογόνων παραγόντων από τις χώρες.

Βάσει της αναθεωρημένης οδηγίας μέχρι το 2040 θα έχουν επιτευχθεί:

- Εξοικονόμηση σχεδόν 3 δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως.

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά περισσότερο από 60% σε σύγκριση με το 1990.
- Μείωση της ρύπανσης των υδάτων κατά περισσότερο από 365,000 τόνους.
- Μείωση των εκπομπών μικροπλαστικών κατά 9%.

Για την παρακολούθηση της αναθεώρησης η Επιτροπή απαιτεί από τις χώρες να τηρούν ορισμένες απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων. Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να:

1. Διασφαλίζουν ότι οι εκθέσεις που αφορούν στη διάθεση των αστικών λυμάτων και της ιλύος δημοσιεύονται από τις αρμόδιες αρχές ή φορείς κάθε δύο χρόνια, με την Επιτροπή να λαμβάνει επίσης αντίγραφο.
2. Παρέχουν στην Επιτροπή πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση και το πρόγραμμα εφαρμογής της οδηγίας, με την πρώτη έκθεση να ενημερώνεται κάθε δύο χρόνια.
3. Συλλέγουν δεδομένα παρακολούθησης τα οποία διαθέτουν στην Επιτροπή εντός 6 μηνών από την παραλαβή του αιτήματος. Μέχρι σήμερα, η Επιτροπή έχει υποβάλει τέτοια αιτήματα κάθε δύο χρόνια.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Η προτεινόμενη μέθοδος προ-επεξεργασίας λυμάτων και αξιοποίησης των παραγόμενων βιοστερεών παρέχει σημαντική συμβολή στους στόχους της Ευρωπαϊκής Σύμπραξης Καινοτομίας, καθώς έχει σχεδιαστεί με σκοπό να αντιμετωπίσει πολλά από τα προβλήματα που απορρέουν από τις κλασσικές μονάδες επεξεργασίας. Αρχικά, προσφέρει καινούριες και φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους, αξιολογώντας τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που προκαλούνται από την επεξεργασία λυμάτων. Παράλληλα, χάρη στο προηγμένο σύστημα παρατεταμένου αερισμού, επιταχύνεται τόσο βελτίωση της ποιότητας του υδάτινου περιβάλλοντος όσο και βελτίωση της απόδοσης εκροών των ΕΕΛ. Παράλληλα, πραγματοποιείται μείωση των επιπτώσεων που είναι αποτέλεσμα της επεξεργασίας ιλύος (λόγω της μετατροπής της ιλύος κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της σε ενέργεια) και μείωση αποτυπώματος άνθρακα και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (χάρη στην ανάκτηση ενέργειας από βιοστερεά με χρήση της αεριοποίησης). Στο κομμάτι παραγωγής ενέργειας, έκτος από την πράσινη ενέργεια που παράγεται από την επεξεργασία ιλύος, πραγματοποιείται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αεριοποίησης οργανικού άνθρακα από βιοστερεά. Με αυτούς τους παράγοντες επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων της πιλοτικής μονάδας επεξεργασίας αλλά και της ΕΕΛ.

6.2.8 Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN/TC 165), έργο Deep Purple: Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την τυποποίηση της μηχανικής λυμάτων στην Ε.Ε.

Η Τεχνική Επιτροπή CEN αποτελεί φορέα λήψης αποφάσεων πάνω στον τομέα μηχανικής λυμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με βασικό στόχο την ανάπτυξη λειτουργικών προτύπων και συστημάτων. Το παρών έγγραφο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αναλύει τις διαδικασίες και τα πρότυπα που θεσπίζονται στα πλαίσια του έργου Deep Purple, για διευκόλυνση της αποδοχής και αξιοποίησης των παραπάνω προτύπων από την αγορά.

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα συμβάλουν στην επίτευξη «Βιώσιμης Ανάπτυξης» (όπως έχει οριστεί από την ατζέντα των Ηνωμένων Εθνών για το 2030), καθώς και στην ομαλή μετάβαση των επιχειρήσεων προς μία οικονομία κυκλική, κλιματικά ανθεκτική και χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η CEN, σε συνεργασία με την CENLEC (Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Τυποποίησης στον τομέα της ηλεκτρικής μηχανικής), αποσκοπεί στην εύρεση λύσεων για θέματα περιβαλλοντικής πολιτικής, καθώς και επιχειρηματικών/κοινωνικών αναγκών. Η τυποποίηση των προτύπων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς επηρεάζουν τις επιλογές που γίνονται στο πλαίσιο του σχεδιασμού προϊόντων και διαδικασιών. Οι κύριοι φορείς της CEN είναι:

1. Στρατηγικό Συμβουλευτικό Σώμα Περιβάλλοντος (SABE): Ο φορέας ο οποίος ενημερώνει την CEN για θέματα που σχετίζονται με το περιβάλλον, εντοπίζοντας διάφορα ζητήματα και προτείνοντας τρόπους αντιμετώπισης.
2. Γραφείο Υποστήριξης Περιβάλλοντος (EHD): Παρέχει υποστήριξη στους τεχνικούς φορείς της CEN σχετικά με τον τρόπο αντιμετώπισης περιβαλλοντικών πτυχών στα πρότυπα.
3. Η Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Οργάνωση Πολιτών (ECOS) και η Ένωση Συντονισμού Καταναλωτών (ANEC), συνεργάτες οι οποίοι δίνουν έμφαση στην τυποποίηση.

Παρακάτω συνοψίζονται οι διεθνείς και ευρωπαϊκές Επιτροπές Τυποποίησης οι οποίες εργάζονται σε περιβαλλοντικές πτυχές του έργου DEEP PURPLE:

- **CEN/TC 444 - Μέθοδοι δοκιμής περιβαλλοντικού χαρακτηρισμού στερεών:** Πραγματοποιείται η τυποποίηση των μεθόδων δοκιμής περιβαλλοντικού χαρακτηρισμού για το χώμα, τα στερεά και υγρά απόβλητα, τα βιολογικά απόβλητα και την παραγόμενη ιλύ. Καλύπτονται χημικές αναλύσεις, διασφάλιση ποιότητας, έλεγχος ποιότητας, δοκιμές έκπλυσης, μέθοδοι διαλογής, βιολογικές και μικροβιολογικές αναλύσεις.
- **CEN/TC 308 - Χαρακτηρισμός ιλύος:** Πεδίο εφαρμογής αποτελεί η τυποποίηση των μεθόδων χαρακτηρισμού και ταξινόμησης της ιλύος, καθώς και άλλων προϊόντων παρεμφερούς φύσης όπως όμβρια ύδατα, ακαθαρσίες, αστικά και βιομηχανικά λύματα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μεθόδων δειγματοληψίας, σύνταξης εγγράφων καλών πρακτικών για χρήση της ιλύος και χημικών/βιολογικών αναλύσεων.
- **ISO/TC 275 - Ανάκτηση, ανακύκλωση, επεξεργασία και διάθεση ιλύος:** Πεδίο εφαρμογής αποτελεί ο χαρακτηρισμός, η κατηγοριοποίηση, η προετοιμασία, η επεξεργασία, η ανακύκλωση και η διαχείριση της ιλύος, των όμβριων υδάτων και των αστικών/βιομηχανικών λυμάτων. Παρόμοια με την CEN/TC 308, πραγματοποιούνται μέθοδοι δειγματοληψίας, χημικές και βιολογικές αναλύσεις, αλλά και ανάλυση της φυσικής συμπεριφοράς της ιλύος. Όλα τα παραπάνω είναι απαραίτητα για την διευκόλυνση των αποφάσεων που αφορούν στην επιλογή των διαδικασιών επεξεργασίας και διάθεσης της ιλύος.
- **CEN/TC 292 - Χαρακτηρισμός αποβλήτων:** Σκοπός είναι ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων βάσει της τυποποιημένη μεθοδολογίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Περιλαμβάνει την σχετική τυποποιημένη ορολογία καθώς και επικυρωμένες μεθόδους δοκιμών που πραγματοποιούνται στα υπό εξέταση απόβλητα, με γνώμονα τις νομικές απαιτήσεις. Τα αποτελέσματα θα πρέπει να δίνουν την δυνατότητα στα Ευρωπαϊκά μέλη να επαληθεύσουν την ακεραιότητα των αποβλήτων, όσων αφορά

των τελικό προορισμό τους (επεξεργασία, επαναχρησιμοποίηση, αποτέφρωση, υγειονομική ταφή).

- **CEN/TC 165 - Μηχανική λυμάτων:** Στόχο αποτελεί η ανάπτυξη λειτουργικών συστημάτων απόδοσης πάνω στον τομέα της μηχανικής λυμάτων με δημιουργία προτύπων σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και χρήσης των επεξεργασμένων λυμάτων (κυρίως σε γεωργική άρδευση).
- **CEN/TC 230 και ISO/TC 147 - Ανάλυση και ποιότητα νερού:** Τα συγκεκριμένα πεδία εφαρμογής αφορούν στον τομέα ανάλυσης και ποιότητας του νερού. Περιλαμβάνουν δειγματοληψία υδάτων, μετρήσεις ποιότητας και σύνταξη αναφορών με αντικείμενο τα χαρακτηριστικά των υδάτων.

Σχολιασμός - συνεισφορά του LIFE B2E4sustainable-WWTP: Το καινοτομικό σύστημα μικροκοσκίνισης-αεριοποίησης βιοστερεών συμβάλει στην ανανέωση υπαρχόντων προτύπων για τον χαρακτηρισμό της ιλύος (CEN/TC 308), καθώς αναδεικνύει την παράμετρο της θερμογόνου δύναμης, ως καθοριστική για την περαιτέρω αξιοποίηση της ιλύος. Επίσης, σχετικά με την ανάκτηση, ανακύκλωση, επεξεργασία και διάθεση ιλύος (ISO/TC 275) και την μηχανική λυμάτων (CEN/TC 165), η πρόταση του έργου LIFE μπορεί να αποτελέσει παράδειγμα ενεργειακά και περιβαλλοντικά αποδοτικής λύσης, δίνοντας έτσι το κίνητρο στον νομοθέτη να μεταβεί στην θέσπιση νόμων/προτύπων που να υποχρεώνουν τις ΕΕΛ να διαχειρίζονται με παρόμοιες τεχνικές την ιλύ τους.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στη σύγχρονη εποχή ΕΕΛ δεν είναι πλέον αποτελεσματικές για την επεξεργασία των λυμάτων με περιβαλλοντικά ικανοποιητικούς τρόπους. Απαιτούνται τεχνολογίες οι οποίες είναι πιο ευέλικτες και απλές στην ενσωμάτωσή τους στις υπάρχουσες ΕΕΛ, έτσι ώστε να βελτιωθεί η απόδοσή τους και να μετριαστεί η απόρριψη ρύπων στα υδάτινα σώματα.

Το καινοτομικό έργο προ-επεξεργασίας λυμάτων και αξιοποίησης των παραγόμενων βιοστερεών του LIFE επιδιώκει στην εφαρμογή μίας νέας αποτελεσματικής μεθόδου, βιομηχανικής κλίμακας, η οποία θα βελτιώσει δραστικά την λειτουργία των παραδοσιακών ΕΕΛ. Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η εκτίμηση της συμβολής του έργου LIFE στην βελτίωση των ΕΕΛ, βάσει των θεσπισμένων νομοθεσιών.

Βασικοί στόχοι πιλοτικής μονάδας αξιοποίησης βιοστερεών είναι αφενός ο μετριασμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα υδάτινα σώματα, αφετέρου η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα των συμβατικών ΕΕΛ. Έτσι, όχι μόνο ακολουθεί τα είδη θεσπισμένα περιβαλλοντικά πρότυπα, αλλά κυρίως συνεισφέρει στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Σύμπραξης Καινοτομίας που αφορούν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων των παραδοσιακών μονάδων επεξεργασίας. Επιπλέον, συμβάλει στην θέσπιση μελλοντικών νομοθεσιών (τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο), καθώς θέτει νέα πρότυπα για τον εκσυγχρονισμό των κλασσικών ΕΕΛ σε βελτιωμένες περιβαλλοντικά μονάδες.

Ακόμα, αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου των βιοστερεών αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση για να επιτευχθεί αποδοτικότερη διαχείριση των λυμάτων στις σύγχρονες ΕΕΛ, αλλά και βελτιστοποίηση της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Χάρη στις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος μικροκοσκίνισης - αεριοποίησης βιοστερεών, μειώνονται σημαντικά τα υψηλά ποσά απαιτούμενης ενέργειας που είναι απαραίτητα για το πέρας των βιολογικών διεργασιών. Αυτό επιτυγχάνεται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αεριοποίησης του οργανικού άνθρακα καθώς και με την ανάκτηση πράσινης ενέργειας από τα επεξεργαζόμενα βιοστερεά.

Επιπλέον, η πιλοτική μονάδα του έργου LIFE συνεισφέρει έως ένα βαθμό στην τυποποίηση μηχανικής λυμάτων της Ε.Ε (έργο Deep Purple), στον τομέα που αφορά στην αύξηση της ποιότητας των υδατικών συστημάτων, καθώς επιτυγχάνεται βέλτιστη απομάκρυνση των TSS και BOD συγκριτικά με τις κλασσικές ΕΕΛ.

Τέλος, υπάρχουν σημαντικά θέματα που μπορούν να εξεταστούν σε μελλοντική έρευνα. Σημαντικότερο εξ αυτών αποτελεί η εφαρμογή της μονάδας του LIFE σε άλλες πόλεις ανά την Ελλάδα, καθώς και σε πόλεις της Ευρώπης ώστε να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα του συστήματος σε πόλεις με περισσότερο πληθυσμό, συνεπώς μεγαλύτερης ροής λυμάτων. Επίσης, χρήσιμο θα ήταν να πραγματοποιηθούν μελέτες για συστήματα τα οποία θα βελτιώνουν τις υπόλοιπες διεργασίες και να συνδυαστούν με την μονάδα του LIFE για βέλτιστη λειτουργία των ΕΕΛ ανά την Ευρώπη.

Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία

8.1 Ξένη βιβλιογραφία

Cao Y. (2011). *Mass Flow and Energy Efficiency of Municipal Wastewater Treatment Plants*, London. London: IWA Publishing.

CEN/Technical Committee 165. (2019). *Conversion of diluted mixed urban Bio-Wastes into sustainable materials and products*.

Chollom M. (2014). *Treatment and reuse of reactive dye effluent from textile industry using membrane technology*. Durban: Durban University of Technology.

EPRI. (2013). *Electricity Use and Management in the Municipal Water Supply and Wastewater*. Palo Alto: EPRI.

Gandiglio M., Lanzini A., Soto A., Leone P., & Santarelli M. (2017). Enhancing the energy efficiency of wastewater treatment plants through co-digestion and fuel cell systems. *Frontiers in Environmental Science*.

Gikas P. & Manali A. (2018b). Mass and Energy Balances for Gasification of Primary Sieved Solids. *5th International Conference on Small and Decentralized Water and Wastewater Treatment Plants (SWAT)* (σ. 1). Thessaloniki: 5th SWAT Conference.

Gikas P. & Manali A. (2019a). *Thermal And Electric Energy Production Using Primary Sieved Solids From Municipal Wastewater, As Gasification Feedstock*. Patra: Summer School on Wastewater and Biosolids Management (WWSS19).

Gikas P. & Manali A. (2019c). *Utilization of Primary Sieved Solids for Gasification and Energy Production*. Sardinia: 17th International Waste Management and Landfill Symposion.

Koros W., Ma Y., & Shimidzu T. (1996). Terminology for membranes and membrane processes (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and Applied Chemistry*, 68(7). 1479-1489.

Muro C., Riera F., & Carmen Díaz M. (2012). Membrane separation process in wastewater treatment of food industry. *Food industrial processes-methods and equipment* (σ.253-280). Rijeka: InTech.

Siatou A., Manali A., & Gikas P. (2020). *Energy Consumption and Internal Distribution in Activated Sludge Wastewater Treatment Plants of Greece*, 12(4).

Tchobanoglous G., Burton F., & Stensel H. (2003). *Metcalf & Eddy wastewater engineering: treatment and reuse*. New York: McGraw-Hill.

Water Environment Federation (WEF) and the American Society of Civil Engineers (2010). *"Design of Municipal wastewater treatment plants"*. New York: McGraw Hill.

Wongburi P. (2018). *Sustainable Wastewater Treatment Technologies for Thailand (Doctoral dissertation)*. Madison: University of Wisconsin – Madison.

8.2 Ελληνική βιβλιογραφία

Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) της ΕΕΛ Ρεθύμνου: Α.Π. οικ.175133/26-09-2014. Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr>

Biosolids2energy (2018). *Νέα Μέθοδος για την Ενεργειακά Αυτόνομη Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων και Διαχείριση Βιοστερεών*. Από <https://www.biosolids2energy.eu/archiki.html>. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Design of Environmental Processes Lab.

Γκίκας Π. (2020). *Διαλέξεις μαθήματος: Σχεδιασμός Περιβαλλοντικών Εγκαταστάσεων και Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων I & II*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Δανδόλου Ε. (2010). *Έλεγχος και αξιολόγηση λειτουργίας Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων Ρεθύμνου*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Ευρωπαϊκό Δίκαιο στην Ελλάδα: *Εγχειρίδιο Εναρμόνισης* (σ. 11-17). Εθνικό Τυπογραφείο, 4^η έκδοση, Αθήνα 2013.

Κανονισμός 741/2020 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων (25/05/2020).

Κεχαγιαδάκη Δ. (2019). *Τοξικές ουσίες στην Ιλύ της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Ρεθύμνου*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κορνάρος Μ. (2002). *Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων, Ενότητα 1: Εισαγωγή στα Υγρά Απόβλητα*. Πανεπιστήμιο Πατρών: Τμήμα Χημικών Μηχανικών.

Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιανός Κ., & Βουτσά Δ. (1994). *Έλεγχος ρύπανσης περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

ΚΥΑ 5673/400/1997: *Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων* (14/03/1997).

ΚΥΑ 145116/2011: *Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις* (08/03/2011).

ΚΥΑ 80568/4225/1991: *Μέθοδοι όροι και περιορισμοί για τη χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων* (07/08/1991).

Μαυράκης Ν. (2018). *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για το έργο «Πιλοτική Διάταξη Αεριοποίησης στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Ρεθύμνου»*. Ρέθυμνο: Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Ρεθύμνου (ΔΕΥΑΡ).

Νόμος 4042/2012 (13/02/2012): *Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων.*

Νόμος 4819/2021 (23/07/2021): *Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων.*

Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (21/05/1991).

Οδηγία 86/278/ΕΟΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και ιδίως του εδάφους κατά την ιλύος καθαρισμού λυμάτων για την γεωργία (12/05/1986).

Οδηγία 1999/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την επεξεργασία αστικών λυμάτων (21/05/1991).

Οδηγία 2000/60/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (23/10/2000).

Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ (25/10/2012).

Στάμος Α. & Βογιατζής Ζ. (1994). *Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων*. Αθήνα: Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.

Τσαμουτσόγλου Κ. (2020). *Ισοζύγια μάζας και ενέργειας του καινοτομικού συστήματος ενεργειακής αξιοποίησης βιοστερεών με τη μέθοδο της αεριοποίησης*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργαστήριο Σχεδιασμού Περιβαλλοντικών Διεργασιών.